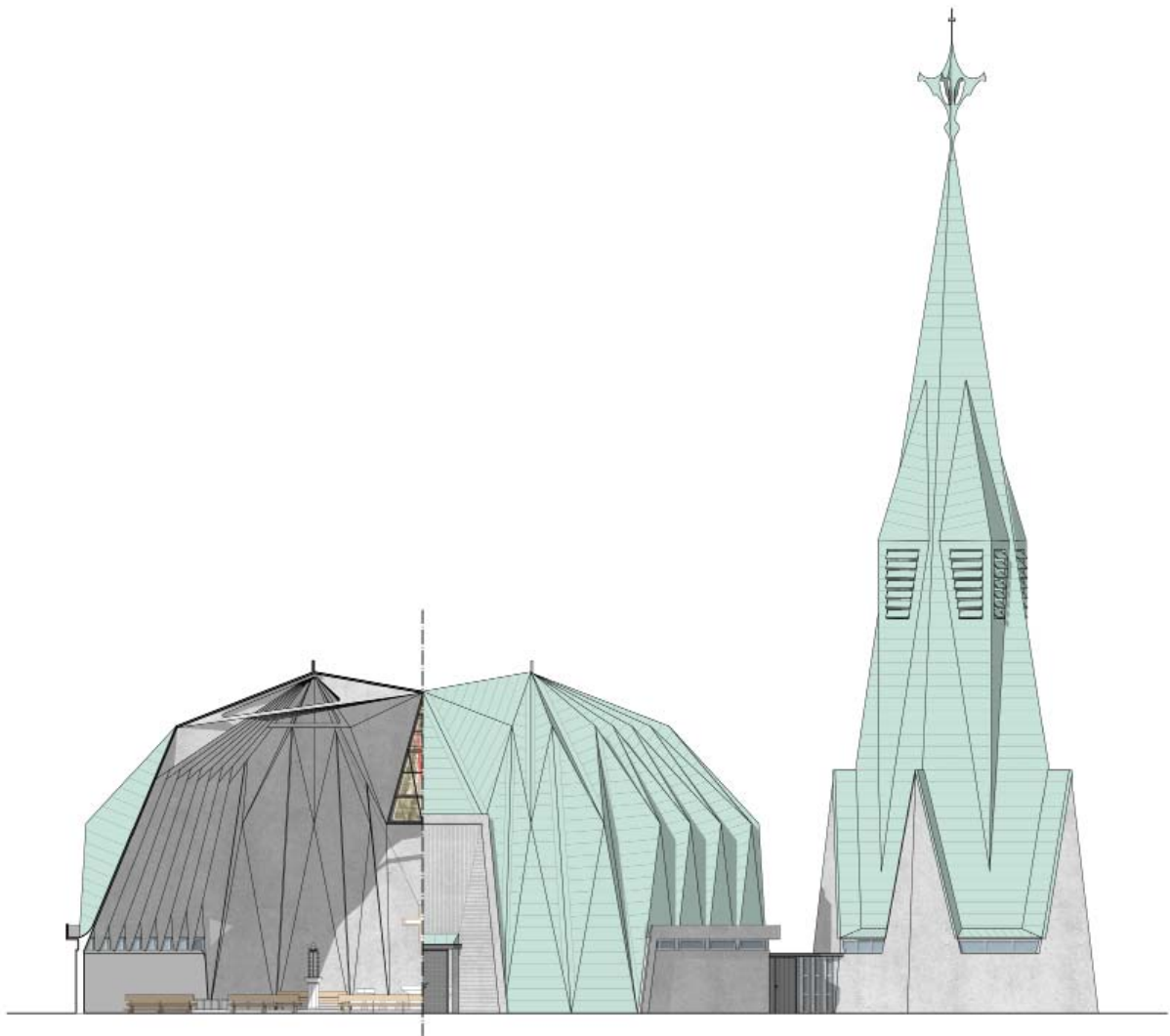


L'ESPERIENZA PROGETTUALE DI STEFAN POLÓNYI SULL'UTILIZZO DELLE FALTWERKE

RAPPORTO FORMA STRUTTURA NELLE STRUTTURE RESISTENTI PER FORMA



Volume I - Testo Critico

Immagine di copertina

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Paulus a Neuss, Weckhofen

Descrizione degli elaborati:

Relazione fra l'interno e l'esterno dell'aula liturgica

Fonte:

Elaborazione grafica dell'autore

ARCHITETTURA: INNOVAZIONE E PATRIMONIO

DOTTORATO DI RICERCA IN

XXX

CICLO DEL CORSO DI DOTTORATO

**L'ESPERIENZA PROGETTUALE DI STEFAN POLÓNYI
SULL'UTILIZZO DELLE FALTWERKE.**

**Rapporto forma-struttura nelle strutture
resistenti per forma.**

TITOLO DELLA TESI

Claudia D'Amore

Nome e Cognome del dottorando

firma

Vitangelo Ardito

Docente Guida/Tutor: Prof.

firma

Elisabetta Pallottino

Coordinatrice: Prof.

firma

INDICE - Index

VOLUME I – TESTO CRITICO

Volume I - Text

- o. Introduzione
1. L'ingegnere strutturale Stefan Polónyi
2. Le strutture corrugate e i porgetti di Stefan Polónyi
3. La progettazione dello spazio sacro

VOLUME II – ELABORAZIONI GRAFICHE ORIGINALI

Volume II - Original drawings

- o. Introduzione
1. Caso studio: *St. Paulus*, Neuss-Weckhofen, 1966-67
2. Caso studio: *St. Mariä Himmelfahrt*, Düsseldorf-Unterbach, 1963-64
3. Caso studio: *St. Hedwig*, Oberusel, 1963-65
4. Caso studio: *St. Suitbert*, Essen-Überruhr, 1964-65

VOLUME III – DOCUMENTAZIONE D'ARCHIVIO E APPARATI FOTOGRAFICI

Volume III - Pictures and archivist material

- o. Introduzione
1. Caso studio: *St. Paulus*, Neuss-Weckhofen, 1966-67
2. Caso studio: *St. Mariä Himmelfahrt*, Düsseldorf-Unterbach, 1963-64
3. Caso studio: *St. Hedwig*, Oberusel, 1963-65
4. Caso studio: *St. Suitbert*, Essen-Überruhr, 1964-65
5. *St. Remigius*, Wuppertal-Sonnborn, 1976. Analisi del primo progetto.
6. *Tribuna dello stadio di Colonia*
7. *Stazioni di servizio*
8. *St. Ewalde*, Wuppertal-Cronenberg, 1976

INDICE VOLUME I – TESTO CRITICO

Index Volume I - Text

INDICE DELLE ILLUSTRAZIONI

Index of illustrations

o. INTRODUZIONE

Introduction

o.1 Premessa

Preface

o.2 Definizione del tema e degli obiettivi

Definition of the subject and of the targets

o.3 Metodologia e articolazione della ricerca

Methodology and structure of the research

o.4 La consistenza dell'archivio e il lavoro svolto nel reperimento del materiale

The size of the archive and the retrieval of material

1. L'INGEGNERE STRUTTURALE STEFAN POLÓNYI

The structural engineer Stefan Polónyi

1.1. La vita

The life

1.2. La teoria e l'insegnamento

The theory and the teaching activity

1.2.1. L'importanza delle immagini e dell'aggiornamento continuo

The importance of images and of continuous training

1.2.2. L'attività didattica e la creazione del "Modello Dortmund"

The didactic activity and the creation of the "Dortmund Model for buildings science"

1.2.3. La scelta del metodo induttivo

The choice of the inductive method

1.3. La prassi e l'elaborazione del principio progettuale

The practice and the development of the project principle

1.3.1. La coerenza della forma strutturale

The coherence of the structural form

1.3.2. La costruibilità della forma complessa

The constructability of the complex shape

1.3.3. Il ruolo dei modelli nella pratica progettuale di Polónyi

The role of the models in Polónyi's design practice

1.4. Bibliografia del capitolo

Bibliography

2. LE STRUTTURE CORRUGATE E I PROGETTI DI STEFAN POLÓNYI

Folded plates and Stefan Polónyi's projects

2.1. Le strutture corrugate

Folded plates

2.1.1. Nascita e sviluppo delle strutture corrugate in calcestruzzo armato

Birth and development of folded plates in reinforced concrete

2.1.2. Resistenza per forma e massa

Strength based on shape and mass

2.1.3. Le superfici per la definizione della forma strutturale

The surfaces for the definition of structural shapes

2.1.4. Geometria e morfologia delle strutture corrugate

Geometry and morphology of folded plates

2.1.5. Altri materiali per le strutture corrugate: il legno

Other materials for folded plates: wood

2.1.6. Considerazioni sulle strutture corrugate nella contemporaneità

Considerations on folded structures in the recent period

2.2. L'opera di Polónyi fra linee e superfici portanti

Polónyi's work between lines and bearing surfaces

2.2.1. Ridisegno come strumento conoscitivo

The use of drawing as tool for the knowledge

2.3. Caso studio: St. Paulus, Neuss-Weckhoven, 1966-1967

Case of study: St. Paulus, Neuss-Weckhoven, 1966-1967

2.3.1. Il centro parrocchiale di St. Paulus

The St. Paulus parish center

2.3.2. La scelta dell'ingegner Polónyi come ingegnere strutturale e la genesi del progetto

The choice of engineer Polónyi as a structural engineer and the genesis of the project

2.3.3. La costruzione della chiesa di St. Paulus

St. Paulus' church construction

2.3.4. La costruzione della torre di Weckhoven

The construction of the Weckhoven bell tower

2.3.5. Il completamento del centro parrocchiale

The completion of the parish center

2.3.6. La configurazione interna di St. Paulus

The internal configuration of St. Paulus

2.3.7. La grammatica costruttiva della struttura corrugata

The constructive grammar of the folded plate structures

2.4. Altri edifici progettati con le strutture corrugate

Other buildings designed with folded plates

2.4.1. Primo progetto della chiesa di St. Remigius

First project of San Remigius' church

2.4.2. Tribuna dello stadio di Colonia e la prefabbricazione

Grandstand for the stadium in Cologne and prefabrication

2.4.3. Stazioni di servizio

Gasoline stations

2.4.4. Le strutture corrugate in legno: chiesa di St. Ewalde

Wooden folded plate structures: St. Ewalde Church

2.5 Bibliografia del capitolo

Bibliography

3. LA PROGETTAZIONE DELLO SPAZIO SACRO

The design of the sacred space

3.1. Lo spazio sacro.

Sacred space.

3.1.1. Comporre l'architettura sacra

Sacred architecture

3.1.2. Progettare con la luce

Design with sunlight

3.2. Strutture corrugate e gusci per la progettazione dello spazio sacro, un confronto.

Folded plates and shells for the design of sacred space, comparison.

3.2.1. Rapporto fra tipologia e sistema strutturale. Studio morfologico dello spazio sacro nelle architetture di Polónyi

The relationship between typology and structural system.

Morphological study of sacred space in the Polónyi's projects

3.2.2. Composizione delle parti dell'edificio

The buildings are composed by different parts

3.2.3. Relazione dell'edificio con l'esterno

Relationship of the building with the exterior

3.3 Caso studio: St. Mariä Himmelfahrt, Düsseldorf-Unterbach, 1963-1964

Case of study: St. Maria Himmelfahrt, Düsseldorf-Unterbach, 1963-1964

3.3.1. Elementi differenti costituiscono un'entità inscindibile

Different elements form an inseparable entity

3.3.2. La struttura della copertura

The structure of the roof

3.4 Caso studio: St. Hedwig, Oberursel, 1963-1965

Case of study: St. Hedwig, Oberursel, 1963-1965

3.4.1. Comporre per giustapposizione

Use of juxtaposition for organizing the church

3.4.2. L'esecuzione non sempre segue la progettazione strutturale

Execution does not always follow structural design

3.4.3. La funzione statica delle lamelle

The static function of the lamellae

3.4.4. Quando il "moderno" può essere considerato patrimonio?

Can "modern architecture" be considered part of heritage?

3.5 Caso studio: St. Suitbert, Essen-Überruhr, 1964-1965

Case of study: St. Suitbert, Essen-Überruhr, 1964-1965

3.5.1. Lo spazio unitario

Unitary space

3.5.2. Recingere con una 'tenda' in calcestruzzo armato

Enclose with a reinforced concrete 'tent'

3.5 Bibliografia del capitolo

Bibliography

APPENDICI

Attachments

Analisi del comportamento strutturale dei casi studio

Analysis of the structural behavior of case studies

Traduzione di testi inediti in italiano scritti da e su Stefan Polónyi

Translation of unpublished italian texts written by and on Stefan Polónyi

Testi scritti da Stefan Polónyi

Strutture portanti piane nella costruzione degli edifici religiosi

Polónyi, S. (1966). *Flächentragwerke im Kirchenbau*. Das Münster 7/8 - Zeitschrift für christliche Kunst und Kunstwissenschaft, 5/6, 202-204

Gusci e strutture corrugate

Polónyi, S. (1967, Fascicolo 36). *Schalen und Faltwerke*. Bauwelt 58, 908-913.

Strutture portanti piane per la copertura degli spazi

Polónyi, S. (1968, Fascicolo 11). *Flächentragwerke für Raumüberdachungen*. Bauwelt 59, 348.

Architetture sacre

Polónyi, S. (2003). Sakralbauten. In S. Polónyi, & W. Walochnik, *Architekture und Tragwerk* (p. 207-230). Berlin: Ernst & Sohn.

Sulla progettazione delle strutture

Polónyi, S. (2012). *On Designing Structures*. In A. Flury, Cooperation. *The Engineer and the Architect* (p. 161-168). Basel: Birkhäuser Verlag.

Testi scritti su Stefan Polónyi

Struttura e trascendenza

Hnilica, S. (2012). *Structure and transcendence. Churches by Stefan Polónyi*. In *Tragende Linien - Tragende Flächen. Bearing Lines - Bearing Surfaces*

(p. 218-225). Axel Menges.

Architetto e ingegnere. St. Paulus

Hnilica, S. (2010). *Architekt und Ingenieur. St. Paulus*. In S. Hnilica, M. Jager, & W. Sonne, *Auf den zweiten Blick. Architektur der Nachkriegszeit in Nordrhein-Westfalen* (p. 218-225). Bielefeld: transcript Verlag

Altri testi

Architettura ecclesiastica della società. Società per l'architettura ecclesiastica.

Lehmbrock, J. (1966). *Gesellschaft und Kirchenbau. Kirchenbau und Gesellschaft*. *Das Münster 7/8 - Zeitschrift für christliche Kunst und Kunstwissenschaft*, 177-185.

Elogio di Stefan Polónyi

Otto, F. (1998, Fascicolo.5). *Laudatio für Stefan Polónyi*. *Baukultur*, 56-58.

Glossario

Glossary

INDICE DELLE ILLUSTRAZIONI

Capitolo 1

Figura 1.01: Central glass hall, Neue Messe, Lipsia, <http://www.meroitaliana.it/web/thumb?src=web/uploads/gallerycasehistory/big/38948b8318642eaafdbdbefoceaeb65388a45d3>.

Figura 1.02: Rhein-Herne-Canal-Bridge, <https://pixabay.com/it/nordstern-pontegelsenkirche-ncanale-1709977/>.

Figura 1.03: Tiergarten-Bridge a Dessau, <https://files1.structurae.de/files/photos/2055/dessau/p2090284.jpg>.

Figura 1.04: Claudia D'Amore, Schema sintetico delle categorie in cui possono essere divise le architetture contemporanee in base al significato della costruzione portante secondo Polónyi. Fonte: Kollhoff, Hans, et al. *Sulla tettonica nell'arte edificatoria*. Arnus University Book, 2012.

Figura 1.05: Schemi strutturali, immagine su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW, Dortmund.

Figura 1.06: Flächentragwerke, fotografia su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW, Dortmund.

Figura 1.07: Gottfried Böhm, Wallfahrtskirche "Maria, Königin des Friedens", fotografia su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW, Dortmund.

Figura 1.08: Vista degli spalti dello stadio S. Nicola, Bari, fotografia su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW, Dortmund.

Figura 1.09: Vista del modello costruttivo dello stadio S. Nicola, Bari, fotografia su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW, Dortmund.

Figura 1.10: Disegno che rappresenta le forze agenti su una struttura, immagine su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW, Dortmund.

Figura 1.11: Rappresentazione giocosa sulle costruzioni, immagine su diapositive, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW, Dortmund.

Figura 1.12: Rappresentazione giocosa sulle costruzioni, immagine su diapositive, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW, Dortmund.

Figura 1.13: Claudia D'Amore, infrografica che spiega in maniera sintetica le fasi progettuali delineando per ognuna il ruolo dell'ingegnere e dell'architetto.

Figura 1.14: Claudia D'Amore, infrografica che illustra i tipi di modelli utilizzati nella pratica progettuale e nella didattica da Stefan Polónyi. Le immagini del modello geometrico, volumetrico, costruttivo e strutturale sono state raccolte nell' A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW, Dortmund. L'immagine del modello interpretativo proviene dal sito: Fonte: <https://opusc.com/en/news/81-ausgabe-03-201265/379-tragende-linien-und-flaechen>.

Figura 1.15: Claudia D'Amore, infrografica che illustra i tipi di modelli utilizzati per il design strutturale realizzata sulla base del testo: Polónyi, Stefan. «Modelle für die Tragwerksplanung.» *Der Architekt*, 1989: H. 4, 199-201.

Figura 1.16: Fotografie del modello volumetrico che mostrano lo studio della relazione altimetrica e volumetrica fra l'aula liturgica e la torre campanaria (non realizzata) ed anche la loro relazione formale, Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW.

Figura 1.17: Fotografia dell'interno del modello volumetrico effettuata per lo studio della luce naturale all'interno dell'edificio, Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW.

Figura 1.18: Modelli interpretativi realizzati per la mostra intitolata *Tragende Linien - Tragende Flächen* tenutasi a Dortmund fra il 5 e il 24 giugno 2012, Fonte: Kleefisch-Jobst, Ursula, Peter Köddermann, Katrin Lichtenstein, e Wolfgang Sonne. *Stefan Polónyi: Tragende Linien - Tragende Fläche. Bearing Lines - Bearing Surfaces*. Stuttgart: Axel Menges, 2012.

Capitolo 2

Figura 2.01: Fotografia che ritrae Stefan Polónyi con un modello in carta stropicciata mentre spiega il funzionamento di una struttura che lavora per forma, https://www.bme.hu/hirek/20170303/Tisztelges_Polonyi_Istvan_eletmuve_elott

Figura 2.02: Pianta, ipografia e sezione della struttura del cinema San Pietro, Montecchio Maggiore, 1957, Sergio Musmeci, Sergio Ortolani, Antonio Cattaneo, Fonte: <http://atlante.iuav.it/>

Figura 2.03: Vista della copertura dall'alto durante la costruzione del cinema San Pietro, Montecchio Maggiore, 1957, Sergio Musmeci, Sergio Ortolani, Antonio Cattaneo, Fonte: <http://atlante.iuav.it/>

Figura 2.04: Vista dell'interno del cinema San Pietro, Montecchio Maggiore, 1957, Sergio Musmeci, Sergio Ortolani, Antonio Cattaneo, Fonte: <http://atlante.iuav.it/>

Figura 2.05: Pianta, prospetto, sezione della copertura dell'aula liturgica della Chiesa parrocchiale di Canton Vesco, Ivrea Fonte: <http://www.fondazionefavini.it/opere/chiesa-parrocchiale-canton-vesco/>

Figura 2.06: Dettagli costruttivi della copertura dell'aula liturgica della Chiesa parrocchiale di Canton Vesco, Ivrea Fonte: <http://www.fondazionefavini.it/opere/chiesa-parrocchiale-canton-vesco/>

Figura 2.07: Vista dell'esterno della Chiesa parrocchiale di Canton Vesco, Ivrea Fonte: <http://www.fondazionefavini.it/opere/chiesa-parrocchiale-canton-vesco/>

Figura 2.08: Vista dell'interno della Chiesa parrocchiale di Canton Vesco, Ivrea Fonte: <http://www.fondazionefavini.it/opere/chiesa-parrocchiale-canton-vesco/>

Figura 2.09: Disegno tecnico, Sportausbildungszentrum Müllimatt in Brugg/Windisch, Laffranchi, Massimo, e Armand Fürst. «Die Sporthallen Müllimatt in Brugg.» In *Hochbau*.

Figura 2.10: Montaggio degli elementi prefabbricati della copertura, Sportausbildungszentrum Müllimatt in Brugg/Windisch, Laffranchi, Massimo, e Armand Fürst. «Die Sporthallen Müllimatt in Brugg.» In *Hochbau*.

Figura 2.11: Montaggio degli elementi prefabbricati della copertura, Sportausbildungszentrum Müllimatt in Brugg/Windisch, Laffranchi, Massimo, e Armand Fürst. «Die Sporthallen Müllimatt in Brugg.» In *Hochbau*.

Figura 2.12: Montaggio degli elementi prefabbricati della copertura, Sportausbildungszentrum Müllimatt in Brugg/Windisch, Laffranchi, Massimo, e Armand Fürst. «Die Sporthallen Müllimatt in Brugg.» In *Hochbau*.

Figura 2.13: Schwartz, Schema riassuntivo delle coperture con struttura corrugata di Sergio Musmeci, Cinema Aralo, Roma; Cinema Aralo, Roma; Copertura del Teatro Regio, Torino

Figura 2.14: Guido Figus, studi per la realizzazione di una volta con struttura corrugata per la copertura di un teatro. Immagini pubblicate in L. Moretti, *Struttura come forma*, Spazio 6, Dicembre 1961, 21. Il loro montaggio in collage è presente al link: <http://www.arcduccitta.it/2015/12/struttura-come-forma-luigi-moretti-spazio-n-6-studio/>

Figura 2.15: Esiti del corso tenuto da Josef Albers al Bauhaus nell'a.a.1927-28, <http://www.design-is-fine.org/post/45030957361/josef-albers-teaching-origami-at-the-bauhaus>

Figura 2.16: Claudia D'Amore, schema sinottico sulle caratteristiche delle strutture resistenti per forma e per massa. (cfr. Tocci, Cesare. *Introduzione al corso di Statica, Dispense per il corso di Statica e Teoria delle Strutture, Prima Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza"*. 2002.)

Figura 2.17: Claudia D'Amore, schema sinottico dei tipi di classificazione delle strutture corrugate.

Figura 2.18: Analogia di una struttura corrugata e una trave tradizionale in calcestruzzo armato. Salvatori, Mario, e Robert Heller. *Le strutture in architettura*. Etas libri, 1987.

Figura 2.19: Claudia D'Amore, schema riassuntivo sulle strutture corrugate classificate in funzione della capacità portante e del sistema di corrugamento.

Figura 2.20: Disegno costruttivo della *Faltwerke* lignea, Heilige Dreifaltigkeit, chiesa progettata da Josef Wiedemann, Leitner Katharina, in *Tragkonstruktionen aus plattenförmigen Holzwerkstoffen mit der Textilen Fuge*.

Figura 2.21: Planimetria e sezione del complesso religioso, Heilige Dreifaltigkeit, chiesa progettata da Josef Wiedemann, Leitner Katharina, in *Tragkonstruktionen aus plattenförmigen Holzwerkstoffen mit der Textilen Fuge*.

Figura 2.21: Maria Irene Lattarulo, fotografia dell'interno della Heilige Dreifaltigkeit, chiesa progettata da Josef Wiedemann, Leitner Katharina, in *Tragkonstruktionen aus plattenförmigen Holzwerkstoffen mit der Textilen Fuge*.

Figura 2.22: Maria Irene Lattarulo, fotografia dell'interno della Katholische kirche, Landsberg, edificio progettato da Josef Wiedemann.

Figura 2.23: Prospetto del complesso religioso della Katholische kirche, Landsberg, edificio progettato da Josef Wiedemann, Josef Wiedemann (Kataloges und der Ausstellung). Lehrstuhl für Entwerfen und Denkmalpflege der Technischen Universität München, 1981.

Figura 2.24: Planimetria del complesso religioso della Katholische kirche, Landsberg, edificio progettato da Josef Wiedemann, Josef Wiedemann (Kataloges und der Ausstellung). Lehrstuhl für Entwerfen und Denkmalpflege der Technischen Universität München, 1981.

Figura 2.25: Dettaglio del nodo centrale della copertura, fotografia, <http://www.wegezumholz.de>.

Figura 2.26: Vista dall'interno della chiesa, fotografia, <http://www.wegezumholz.de>.

Figura 2.27: Prove in CAD per la realizzazione del corrugamento, modello digitale, cappella temporanea di St. Loup a Pompaples, Buri, H., e Y. Weinand. «Origami - Folded Plate Structures.» *10th World Conference on Timber Engineering*. Miyazaki, Japan, 2008.

Figura 2.28: Planimetria e sezione dell'aula liturgica, cappella temporanea di St. Loup a Pompaples, Buri, H., e Y. Weinand. «Origami - Folded Plate Structures.» *10th World Conference on Timber Engineering*. Miyazaki, Japan, 2008.

Figura 2.29: Modello volumetrico, cappella temporanea di St. Loup a Pompaples, Buri, H., e Y. Weinand. «Origami - Folded Plate Structures.» *10th World Conference on Timber Engineering*. Miyazaki, Japan, 2008.

Figura 2.30: Prototipo sul quale sono state realizzate le prove di carico, cappella temporanea di St. Loup a Pompaples, Buri, Hani, e Yves Weinand. «Origami aus Brettsperrholz. Origami in legno lamellare.» *Detail*, 2010: 2-4.

Figura 2.31: Vista dall'interno dell'edificio al termine della realizzazione. Buri, Hani, e Yves Weinand. «Die provisorische Kapelle von St. Loup.» *Holzforschung Schweiz*, 2008, H.2: 16-20.

Figura 2.32: Claudia D'Amore, infografica che mette a confronto il processo morfogenetico con approccio tradizionale e con approccio origami.

Figura 2.33: Claudia D'Amore, infografica sulle fasi progettuali con approccio origami.

Figura 2.34: David Penner, foto del Corogami Folding Hut.

Figura 2.35: David Penner, foto del Corogami Folding Hut.

Figura 2.36: Vista dell'interno dello Yokohama International Cruise Terminal, progetto di FOA, Foreign Office Architects, Fonte: <http://www.eikongraphia.com>

Figura 2.37: Vista del modello dell'artista Richard Sweeney dello Yokohama International Cruise Terminal, progetto di FOA, Foreign Office Architects, Fonte: <http://www.eikongraphia.com>

Figura 2.38: Checkpoint Charlie, Berlin-Kreuzberg, 1987-1989, progetto di O.M.A. Office for Metropolitan Architecture (R. Koolhaas et al) e S. Polónyi; Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

Figura 2.39: Casa galleria con appartamenti, Köln, 1986-1987, progetto di Oswald M. Ungers e S. Polónyi; Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

Figura 2.40: Friedrichstadt Passagen Geschäftshaus, Berlin-Mitte, 1991, progetto di Oswald M. Ungers + Partner e S. Polónyi; Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

Figura 2.41: Edificio per uffici dell'associazione municipale Marienburg, Köln-Marienburg, 1991-92, progetto di Oswald M. Ungers + Partner e S. Polónyi; Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

Figura 2.42: Copertura della stazione centrale di Colonia, Köln, 1986-89, progetto di Peter Busmann, Godfrid Haberer e S. Polónyi; Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

Figura 2.43: BIBA - Bremer Institut für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaft, Bremen, 1989-1991, progetto di Oswald M. Ungers e S. Polónyi; Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

Figura 2.44: Galleria della fiera di Francoforte, Frankfurt/Main, 1981-1983, progetto di Oswald M. Ungers e S. Polónyi; Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

Figura 2.45: Galleria della fiera di Francoforte, Frankfurt/Main, 1981-1983, progetto di Oswald M. Ungers e S. Polónyi; Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

Figura 2.46: Keramion, Frechen vicino Köln, 1971, progetto di Atelier Neufert e S. Polónyi; Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

Figura 2.47: Claudia D'Amore, foto del materiale d'archivio, schedario.

Figura 2.48: Claudia D'Amore, foto del materiale d'archivio, diapositive.

Figura 2.49: Claudia D'Amore, foto del materiale d'archivio, disegni di grande formato.

Figura 2.50: Claudia D'Amore, foto del materiale d'archivio, microfiche.

Figura 2.51: Claudia D'Amore, Confronto fra i progetti realizzati da Schaller e S. Polónyi per la chiesa di St. Paulus, materiale rielaborato sulla base di quello raccolto dall'A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Figura 2.52: F. Schaller, studi preliminari del progetto per la chiesa di St. Thomas Morus a Köln-Lindenthal, Schaller, C. (1996), *Fritz Schaller. Retrospektive*, Betrieb für Öffentlichkeit, pag. 57

Figura 2.53: Claudia D'Amore, componenti strutturali della chiesa di St. Paulus

Figura 2.54: Claudia D'Amore, schema geometrico degli archi corrugati

Figura 2.55: Claudia D'Amore, schema geometrico dei muri laterali

Figura 2.56: Claudia D'Amore, schema geometrico delle travi sommitali

Figura 2.57: Claudia D'Amore, schema geometrico delle pareti corrugate

Figura 2.58: Claudia D'Amore, confronto fra la struttura corrugata ideale e reale.

Figura 2.59: S. Polónyi, Kirche St. Paulus, disegni tecnici, matita su carta da lucido, formato A4. Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Figura 2.60: Claudia D'Amore, sequenza di operazioni svolte dall'algoritmo geometrico realizzato con Grasshopper per Rhinoceros per la realizzazione delle superfici strutturali forate.

Figura 2.61: Claudia D'Amore, schema di realizzazione delle superfici forate

Figura 2.62: Claudia D'Amore, esplicitazione nodale dell'algoritmo geometrico che ha determinato la realizzazione dei fori delle piastre forate

Figura 2.63: Claudia D'Amore, fotografia dell'esterno della chiesa

Figura 2.64: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno dell'aula liturgica, vista dell'altare

Figura 2.65: Claudia D'Amore, fotografia dell'esterno della torre campanaria

Figura 2.66: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno della torre campanaria

Figura 2.67: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno dell'aula liturgica, vista dell'organo

Figura 2.68: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno dell'aula liturgica, vista dell'ingresso

Figura 2.69: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno dell'aula liturgica

Figura 2.70: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno dell'aula liturgica, vista della spina centrale della struttura corrugata

Figura 2.71: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno dell'aula liturgica, vista di dettaglio della struttura corrugata

Figura 2.72: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno dell'aula liturgica, vista di dettaglio della struttura corrugata

Figura 2.73: Stefan Polónyi immortalato con Fritz Schaller, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW, Dortmund.

Capitolo 3

Figura 3.01: Claudia D'Amore, infografica che illustra schematicamente gli edifici sacri progettati da S. Polónyi e i progettisti con i quali ha collaborato.

Figura 3.02: Planimetria del complesso di cui fa parte la chiesa evangelica ad Hamburg-Lurup e schemi tridimensionali della copertura della chiesa. Il progetto del 1960 realizzato con H. Sandtmann e F. Grundmann rimase su carta, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Figura 3.03: Sezione longitudinale, sezione trasversale e prospetto della chiesa per Neuss. Il progetto realizzato con E. Reusch non fu realizzato, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Figura 3.04: Planimetria della Kapelle St. Rita / Severinskloster, Köln, 1967. La cappella fu progettata con G. Gonsior, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Figura 3.05: Sezione della Kapelle St. Rita / Severinskloster, Köln, 1967. La cappella fu progettata con G. Gonsior, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Figura 3.06: Prospetto della Kapelle St. Rita / Severinskloster, Köln, 1967. La cappella fu progettata con G. Gonsior, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Figura 3.07: Claudia D'Amore, vista dell'altare della chiesa di St. Pius X a Krefeld-Gartenstadt, fotografia.

Figura 3.08: Disegno tecnico della chiesa di St. Pius X a Krefeld-Gartenstadt realizzata da Stefan Polónyi con Josef Lehmbruck nel 1967. La copertura è realizzata con una struttura a guscio in legno, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Figura 3.09: Claudia D'Amore, vista dell'interno della chiesa di St. Pius X a Krefeld-Gartenstadt, fotografia.

Figura 3.10: Claudia D'Amore, vista dell'attacco del guscio in legno alla parete in calcestruzzo della chiesa di St. Pius X a Krefeld-Gartenstadt, fotografia.

Figura 3.11: Disegno tecnico della chiesa di Heilig Kreuz a Leverkusen-Rheindorf realizzata da Stefan Polónyi con Josef Lehmbruck nel 1967, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Figura 3.12: Planimetria della chiesa di St. Markus a Köln-Seeberg realizzata da Stefan Polónyi con Fritz Schaller nel 1970, disegno su carta, Fonte: Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Figura 3.13: Sezione della chiesa di St. Markus a Köln-Seeberg realizzata da Stefan Polónyi con Fritz Schaller nel 1970, disegno su carta, Fonte: Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Figura 3.14: Disposizione dei fedeli di fronte all'altare, Schwarz, Rudolf. *Costruire la Chiesa. Il senso liturgico nell'architettura sacra.* Morcellina, 1947.

Figura 3.15: Disposizione dei fedeli su tre lati dell'altare, Schwarz, Rudolf. *Costruire la Chiesa. Il senso liturgico nell'architettura sacra.* Morcellina, 1947.

Figura 3.16: Disposizione dei fedeli a semicerchio rispetto all'altare, Rudolf. *Costruire la Chiesa. Il senso liturgico nell'architettura sacra.* Morcellina, 1947.

Figura 3.17: Rappresentazione schematica dell'architettura come passaggio, come percorso., Schwarz, Rudolf. *Costruire la Chiesa. Il senso liturgico nell'architettura sacra.* Morcellina, 1947.

Figura 3.18: Claudia D'Amore, geolocalizzazione dei casi studio.

Figura 3.19: Claudia D'Amore, infografica riassuntiva sui casi studio.

Figura 3.20: Claudia D'Amore, orientamento degli edifici oggetto di studio.

Figura 3.21: Claudia D'Amore, composizione delle parti degli edifici oggetto di studio.

Figura 3.22: Claudia D'Amore, relazione con l'esterno degli edifici oggetto di studio.

Figura 3.23: Claudia D'Amore, rappresentazione sintetica dei rinforzi studiati per la copertura di St. Mariä Himmelfahrt.

Figura 3.24: Claudia D'Amore, elementi che costituiscono la copertura della chiesa di St. Mariä Himmelfahrt.

Figura 3.25: Claudia D'Amore, fotografia dell'esterno della chiesa

Figura 3.26: Claudia D'Amore, fotografia dell'esterno della chiesa

Figura 3.27: Claudia D'Amore, fotografia dell'esterno della chiesa

Figura 3.28: Claudia D'Amore, fotografia dell'esterno della torre

Figura 3.29: Claudia D'Amore, fotografia dell'esterno della sacrestia

Figura 3.30: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno della chiesa, vista dell'altare

Figura 3.31: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno della chiesa, vista dell'altare

Figura 3.32: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno della chiesa, vista dei confessionali dietro il muro arcuato

Figura 3.33: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno della chiesa, vista dell'organo e del muro che separa l'aula dalla sacrestia

Figura 3.34: Claudia D'Amore, fotografia, dettaglio della lanterna

Figura 3.35: Claudia D'Amore; individuazione dei moduli che strutturano la chiesa di St. Hedwig. I moduli corrispondono alla larghezza delle lamelle a sezione parabolica che formano la struttura dell'aula liturgica.

Figura 3.36: Claudia D'Amore; ipografia e sezione semplificata della chiesa che evidenzia unicamente la struttura della volta a lamelle sottolineandone l'andamento non uniforme e la curva descritta che la loro sommatoria descrive.

Figura 3.37: Claudia D'Amore; scomposizione della chiesa di St. Hedwig nei per elementi strutturali.

Figura 3.38: C. D'Amore, Modello tridimensionale della volta a lamelle.

Figura 3.39: Claudia D'Amore, fotografia dell'esterno della chiesa, vista del prospetto principale

Figura 3.40: Claudia D'Amore, fotografia dell'esterno della chiesa, vista del retro

Figura 3.41: Claudia D'Amore, fotografia dell'esterno della chiesa, vista della torre

Figura 3.42: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno della chiesa, vista dell'altare

Figura 3.43: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno della chiesa, vista del rosone di acciaio

Figura 3.44: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno della chiesa, vista della parte annessa all'aula liturgica collegate per mezzo di tagli nella struttura a guscio della chiesa

Figura 3.45: Claudia D'Amore, fotografia, dettaglio dei tagli della struttura a guscio

Figura 3.46: Claudia D'Amore, fotografia, vista di dettaglio della volta

Figura 3.47: Claudia D'Amore; scomposizione della chiesa di St. Suitbert nei per elementi strutturali: guscio, muri di sostegno e piastre piegate

Figura 3.48: Claudia D'Amore; Geometria della copertura della chiesa a paraboloide iperbolico

Figura 3.49: Claudia D'Amore, fotografia dell'esterno della chiesa

Figura 3.50: Claudia D'Amore, fotografia dell'esterno della chiesa

Figura 3.51: Claudia D'Amore, fotografia dell'esterno della chiesa, vista del pronao

Figura 3.52: Claudia D'Amore, fotografia dell'esterno della chiesa, vista del retro della chiesa

Figura 3.53: Claudia D'Amore, fotografia, dettaglio del retro della chiesa

Figura 3.54: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno della chiesa, vista dell'altare

Figura 3.55: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno della chiesa, vista dell'aula liturgica

Figura 3.56: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno della chiesa, vista dell'aula liturgica dall'alto

Figura 3.57: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno della chiesa, vista dell'aula dal pronao

Figura 3.58: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno della chiesa, vista dell'aula dal pronao dall'interno dell'aula

Figura 3.59: Claudia D'Amore, fotografia dell'interno della chiesa, vista del pronao

Appendici

Figura A.01: Casamassima, Lasciarrea, Nannavecchia, Tritto; tensioni dell'arco corrugato senza fori sulle superfici strutturali.

Figura A.02: Casamassima, Lasciarrea, Nannavecchia, Tritto; tensioni dell'arco corrugato con le piastre forate.

Figura A.03: Casamassima, Lasciarrea, Nannavecchia, Tritto; tensioni nel modello a volta a botte semplice.

Figura A.04: Casamassima, Lasciarrea, Nannavecchia, Tritto; tensioni del modello a "rondine".

Figura A.05: Casamassima, Lasciarrea, Nannavecchia, Tritto; tensioni nel modello completo della chiesa di St. Paulus.

Figura A.06: Casamassima, Lasciarrea, Nannavecchia, Tritto; spostamenti lungo l'asse Z, confronto fra il modello senza e con le travi sommitali.

Figura A.07: Casamassima, Lasciarrea, Nannavecchia, Tritto; indicazione della sezione effettuata sull'arco corrugato di luce massima lungo la quale sono stati rilevati i dati.

Figura A.08: Casamassima, Lasciarrea, Nannavecchia, Tritto; indicazione della sezione effettuata sulla parte paterale della copertura parallelamente all'asse longitudinale della chiesa lungo la quale sono stati rilevati i dati.

Figura A.09: Casamassima, Lasciarrea, Nannavecchia, Tritto; confronto tra i valori assunti dalle tensioni principali massime lungo l'arcata di luce massima della chiesa sotto la combinazione allo stato limite sull'estradosso, l'intradosso e il piano medio.

Figura A.10: Casamassima, Lasciarrea, Nannavecchia, Tritto; confronto tra i valori assunti dalle tensioni principali minime lungo l'arcata di luce massima della chiesa sotto la combinazione allo stato limite sull'estradosso, l'intradosso e il piano medio.

Figura A.11: Marturano, Pagliari, Tarquinio; attribuzione delle proprietà e degli spessori su Straus7 ai vari elementi che compongono la struttura della chiesa.

Figura A.12: Marturano, Pagliari, Tarquinio; tensioni principali massime nella struttura della copertura della chiesa cui sono stati attribuiti gli spessori reali.

Figura A.13: Marturano, Pagliari, Tarquinio; tensioni principali massime nella struttura dei muri della chiesa cui sono stati attribuiti gli spessori reali.

Figura A.14: Marturano, Pagliari, Tarquinio; tensioni principali minime nella struttura della copertura della chiesa cui sono stati attribuiti gli spessori reali.

Figura A.15: Marturano, Pagliari, Tarquinio; tensioni principali minime nella struttura dei muri della chiesa cui sono stati attribuiti gli spessori reali.

Figura A.16: Marturano, Pagliari, Tarquinio; sforzo assiale agente sui pilastri.

Figura A.17: Pepe, Impagliatelli, Spatuzza; elementi strutturali che costituiscono la chiesa di St. Hedwig: Guscio strombato, Nervatura, Modanatura

Figura A.18: Pepe, Impagliatelli, Spatuzza; Modellazione del rosone e del portico

Figura A.19: Pepe, Impagliatelli, Spatuzza; Modellazione del muro di fondo della chiesa

Figura A.20: Pepe, Impagliatelli, Spatuzza; tensioni dell'arco a tutto sesto. Dati elaborati con Straus7.

Figura A.21: Pepe, Impagliatelli, Spatuzza; tensioni dell'arco parabolico. Dati elaborati con Straus7.

Figura A.22: Pepe, Impagliatelli, Spatuzza; tensioni dell'arco parabolico strombato. E' uno degli archi che costituisce la struttura, il quinto a partire dalla facciata anteriore. Dati elaborati con Straus7.

Figura A.23: Pepe, Impagliatelli, Spatuzza; Tensioni nell'intera struttura della chiesa di St. Hedwig.

Figura A.24: Pepe, Impagliatelli, Spatuzza; Tensioni nei setti autoportanti che costituiscono la parete di fondo della chiesa.

Figura A.25: Pepe, Impagliatelli, Spatuzza; Deformazione del guscio privo della struttura metallica.

Figura A.26: Pepe, Impagliatelli, Spatuzza; Modello di confronto: volta a botte parabolica priva della configurazione a lamelle di lunghezza pari all'estensione massima, spessore reale e con le tre aperture sul fondo.

Figura A.27: Blandolino, Nesta, Quacquarelli; Tensioni principali massime all'estradosso sotto peso proprio

Figura A.28: Blandolino, Nesta, Quacquarelli; Tensioni principali massime all'intradosso sotto peso proprio

Figura A.29: Blandolino, Nesta, Quacquarelli; Tensioni principali minime all'estradosso sotto peso proprio

Figura A.30: Blandolino, Nesta, Quacquarelli; Tensioni principali minime all'intradosso sotto peso proprio

Figura A.31: Blandolino, Nesta, Quacquarelli; Modello elaborato con Straus7 del paraboloido con vincolo elastico

Figura A.32: Rielaborazione e traduzione in italiano e inglese dello schema presente nel testo *Architektur und Tragwerk*. Fonte: S. Polónyi, & W. Walochnik, *Architektur und Tragwerk* (p. 6). Berlin: Ernst & Sohn

Figura A.33: Claudia D'Amore, Struttura della copertura in calcestruzzo armato della chiesa di St. Mariä Himmelfahrt

Figura A.34: Claudia D'Amore, schema di funzionamento della piega Miura

INTRODUZIONE

Introduction

0.1 Preface

This study falls within the investigations on the German architecture of the XX Century carried out by Professor Vitangelo Ardito at the Department of Civil Engineering and Architecture (DICAR) of the Polytechnic of Bari. This research is focused on the shape-structure relation in the German architectures of the last century.

0.2 Definition of the subject and of the targets

The innovation as regards the shapes and the architectural languages of the XX Century is due to the use of reinforced concrete, but some types of structures made out of this material have been progressively abandoned over the years. For instance, Faltwerke (folded plates) came to a standstill immediately after their rapid development. They are monolithic structures, in which the shape of the structure and the shape of these buildings coincide, and which are the result of an extraordinary skillful work and of a close collaboration between an architect and an engineer. The history of engineering in Italy has cast a shadow over other important figures of the international panorama. The study and the analysis of Stefan Polónyi's works is the starting point of a wide discussion on the current possibilities of use of folded plates. Besides, the aim is to make Polónyi's theoretical contribution known, since his works have not spread in the Italian territory. The innovative approach that is proposed in this thesis concerns the analysis of a structural engineer's works, also from a compositional-formal perspective. To this purpose, the issue of corrugated structures has been extended looking at the sacred architectures that he designed.

0.3 Methodology and structure of the research

Each volume of the thesis represents a specific moment of the research which has been carried out. The first volume of the thesis, that is to say to critical text, is divided into three chapters. In the first chapter, the figure of Stefan Polónyi is the object of a well-rounded analysis which takes into account his activity as a builder, experimenter

and professor. The second chapter adopts corrugated structures in reinforced concrete as the starting point to trace the area of the rational planning of the structures in which Polónyi works. The analysis of St. Paulus church in Neuss-Weckhoven ends the chapter. In the third chapter, the issue addressed opens to the compositional and the structural aspects. So, the churches of St. Mariä Himmelfahrt, St. Hedwig and St. Suitbert are analysed. The critical text includes the translation of some publications that have been a support for this research and a brief glossary as well. The well-settled methodology at the Polytechnic of Bari establishes that the phase of the archive material collection is followed by an in-field analysis of the case studies. The metric and photographic survey is then produced, along with interpretive drawings of the architectures that are the subject matter of the research. The architectures in question are presented in the second volume. The documentary collection has been organised, and it represents the third volume of the thesis. The graphic material describes all the projects starting from the embryonic to the construction phase to be carried out in a building site: in other words, from the sketch to the built object.

0.4 The size of the archive and the retrieval of material

Most of the work at the basis of this research has been made starting from the material retrieved from the A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in the Technische Universität Dortmund. The archive contains all the material stored by Polónyi in his office. The material concerning the case-studies has been digitalized and reworked for the purpose of this research.

0.1. Premessa

Comprendere le ragioni di una tesi sul contributo di un ingegnere che ha operato sul territorio tedesco da parte di una dottoranda italiana in architettura potrebbe non essere immediato se non s'inquadra la ricerca nel più ampio filone di condotto dal Prof. Vitangelo Ardito presso Il Dipartimento di Ingegneria Civile ed Architettura (DICAR) del Politecnico di Bari. L'architettura tedesca del ventesimo secolo è indagata ormai da molti anni, in particolare sono stati condotti studi sui contributi di Paul Schmitthenner, Theodor Fischer e Paul Bonatz, architetti della "nuova tradizione" che hanno considerato il passato come base per la realizzazione di nuove conoscenze. La ricerca qui esposta allarga le tematiche sinora sviluppate, inserendosi nella macro area di studio riguardante la relazione forma-struttura nelle architetture tedesche del secolo scorso.

In linea col concetto stesso espresso dal nome del dottorato nel quale è stata sviluppata, la tesi indaga sulle innovazioni condotte nel campo delle costruzioni in cemento armato dall'ingegner Polónyi che ha implementato il patrimonio delle forme architettoniche, delle forme strutturali.

0.2. Definizione del tema e degli obiettivi

L'innovazione delle forme e dei linguaggi dell'architettura del XX secolo è dovuta all'uso del cemento armato. Sebbene ritenuto un materiale che possa garantire di esprimere le sue potenzialità, alcuni tipi di strutture realizzate con questo materiale sono state nel tempo progressivamente abbandonate. Le Faltwerke (termine tedesco per indicare le strutture corrugate) ad esempio, hanno subito poco dopo il loro rapido sviluppo avvenuto intorno agli anni sessanta del secolo scorso una battuta d'arresto. Sono strutture monolitiche, dallo spessore notevolmente contenuto, il cui funzionamento statico è legato alla forma complessa ed espressiva della costruzione. Le architetture

in cui forma della struttura e forma della costruzione coincidono sono opere di straordinaria sapienza costruttiva, frutto della stretta collaborazione fra architetto e ingegnere.

La storiografia dell'ingegneria in Italia ha valutato molto l'esperienza degli ingegneri nostrani gettando un cono d'ombra su altre importanti figure del panorama internazionale. Lo studio e l'analisi delle opere di Stefan Polónyi è il pretesto per una discussione ampia sulle possibilità d'impiego attuali di una tecnica così complessa e abbandonata per questioni tecnologiche ed economiche che in gran parte oggi sarebbero superate con l'utilizzo dei computer e la possibilità di personalizzare la produzione (mass customization). La presente ricerca si pone come obiettivo l'analisi morfologica in architettura delle strutture corrugate. Il fine non è una catalogazione delle forme possibili realizzabili mediante queste strutture che lavorano per forma, ma comprenderne il rapporto forma-costruzione nella sua diversa declinazione rispetto al passato e il valore estetico attribuito attraverso l'uso sapiente delle proporzioni finalizzate all'armonia fra le parti e il tutto. Inoltre si valutano le strutture corrugate per la possibilità di determinare sistemi modulari che organizzino lo spazio, e inoltre per comprendere le ragioni che hanno portato la nascita di queste strutture analizzandone anche i cambiamenti nel tempo. Si restituirà un quadro d'insieme sulle strutture corrugate non solo realizzate in calcestruzzo armato ma anche in legno, ferro e materiali sintetici. Lo scopo è fornire dati riguardanti l'evoluzione e il proseguimento degli studi in questo settore tracciando un processo che ha portato oggi all'utilizzo di tecniche non proprie dell'architettura, quali l'origami giapponese, a contribuire a dare nuovo slancio agli studi delle strutture che lavorano per forma.

Inoltre l'intento è di rendere noto il contributo teorico di Stefan Polónyi poiché i suoi scritti non sono pervenuti in ambito italiano. L'approccio innovativo che si propone nella tesi è l'analisi delle opere di un ingegnere strutturale anche da

un punto di vista compositivo-formale. Egli, eliminando la contrapposizione fra ingegnere e architetto ha sempre espresso la tesi secondo la quale la dimensione costruttiva comprende senza contrapporsi quella compositiva e viceversa quindi sembrava doveroso un approccio inedito al suo lavoro. A questo scopo, il tema delle strutture corrugate è stato ampliato con uno sguardo ad ampio raggio sulle architetture sacre da lui progettate.

0.3. Metodologia e articolazione della ricerca

Le ragioni di una tesi divisa per tre tomi sono da ricercarsi nella metodologia applicata nella ricerca. I tre momenti fondamentali in cui è stata condotta costituiscono ognuno un volume, la cui presentazione corrisponde in maniera inversa ai momenti di studio che ne hanno permesso la produzione.

L'individuazione del tema è stata seguita da una fase decisionale che ha condotto al riconoscimento di casi-studio paradigmatici atti a delineare il processo progettuale utilizzato da Polónyi nella sua carriera professionale e a definire un campo specifico di analisi nell'immensa produzione architettonica dell'ingegnere. La fase immediatamente successiva mi ha visto impegnata in una ricerca 'tradizionale', bibliografica e archivistica, che ha permesso di raccogliere, sotto forma di documenti digitalizzati:

- testi scritti da e su Polónyi, utili per un'indagine conoscitiva intorno al pensiero sulla costruzione,
- materiale grafico (disegni, diapositive, microfiche).

La raccolta documentale è stata ordinata e costituisce il **terzo volume** della tesi. Il materiale grafico presentato, solo in minima parte edito, ha l'ambizione di essere un vero e proprio racconto per immagini che descrive i vari progetti partendo dalla fase embrionale a quella cantierizzabile, dallo schizzo all'oggetto costruito. Un posto di rilievo occupano anche le immagini dei modelli realizzati per comprendere la statica e la spazialità degli edifici

durante l'elaborazione del progetto.

La metodologia ormai consolidata nella scuola del Politecnico di Bari prevede che la fase di raccolta del materiale d'archivio sia seguita da un'analisi sul campo dei casi-studio che ha prodotto un rilievo metrico e fotografico. Il materiale così raccolto è stato utilizzato come base per la successiva fase di ridisegno interpretativo. L'atto del disegnare è strumento conoscitivo. Il ridisegno interpretativo permette:

- la sovrapposizione dei dati: sono confrontati i dati d'archivio concernenti le fasi progettuali e realizzative con i dati raccolti durante la campagna di rilievo per cogliere eventuali modifiche in fase di cantierizzazione dell'opera e le modifiche che sono state apportate nel corso del tempo dai fruitori.
- la scomposizione: il manufatto è scomposto idealmente per comprenderne gli elementi costituenti da un punto di vista statico, costruttivo e funzionale.

Il **secondo volume** contiene le elaborazioni grafiche originali realizzate per comprendere e interpretare gli edifici oggetto di studio. Il lavoro di ridisegno interpretativo mira a chiarire il rapporto forma-struttura attraverso disegni bidimensionali e tridimensionali che esaminano gli aspetti costruttivi, spaziali e funzionali mettendoli in relazione fra loro. Le considerazioni che emergono dall'analisi delle singole architetture permettono una lettura dal particolare al generale, sulla scorta del metodo induttivo promosso dall'ingegnere nell'insegnamento delle strutture portanti dell'architettura.

Attraverso le analisi realizzate col metodo del ridisegno interpretativo si giunge alla formulazione di alcune conclusioni, che riguardano in prima istanza il manufatto, dal dettaglio a una visione d'insieme, e in secondo luogo il *modus operandi* dell'ingegnere. La formulazione delle considerazioni prodotte e le conoscenze di base acquisite per l'analisi sono sviluppate nel

primo volume della tesi, il testo critico, che è diviso in tre capitoli.

Nel primo capitolo la figura di Stefan Polónyi è analizzata a tutto tondo, sotto il profilo di costruttore, sperimentatore e docente, attività che egli non ha mai scisso. La scelta del metodo induttivo e la creazione del 'Modello Dortmund' hanno un ruolo fondamentale nella comprensione della sua esperienza d'insegnante, la quale riflette fedelmente la prassi costruttiva. Alcune delle architetture che Polónyi ha realizzato con numerosi architetti di fama mondiale divengono il paradigma della messa in scena del suo principio progettuale.

Il secondo capitolo è il cuore della tesi di ricerca. Presenta il tema delle strutture corrugate in calcestruzzo armato come pretesto per tracciare il filone entro il quale si muove Polónyi della progettazione razionale delle strutture. Esempi significativi di strutture corrugate realizzate dagli anni '60 ai nostri giorni definiscono una conoscenza primaria indispensabile per un'analisi accurata della grammatica costruttiva dei casi studio, il principale dei quali, la chiesa di St. Paulus a Neuss-Weckhoven conclude il capitolo.

Nel terzo e ultimo capitolo il tema affrontato si allarga introducendo anche aspetti di natura compositiva oltre che strutturale. Si analizzano così altri tre edifici religiosi, realizzati con una struttura a guscio in calcestruzzo armato per affrontare il tema della coincidenza fra forma e struttura su un numero più ampio di architetture. Accomunate dalla stessa funzione e dalla volontà di creare uno spazio costruito unitario le chiese di St. Mariä Himmelfahrt, St. Hedwig e St. Suitbert rappresentano altrettanti casi rappresentativi di architetture in cui le superfici strutturali ne definiscono l'aspetto formale.

La lettura dei casi studio sotto il profilo compositivo e formale è stata accompagnata anche da un'analisi dei principi strutturali. Si tratta di casi singolari, solo in minima parte riconducibili a casi noti in letteratura e l'analisi strutturale ha permesso di ampliarne la conoscenza. Ove possibile le

strutture portanti reali, complesse per forma e concezione strutturale, sono state studiate riportandole a modelli astratti noti dal punto di vista della funzione strutturale, cioè ai loro sistemi portanti. Nei paragrafi concernenti i casi studio sono riportate solo le considerazioni sulle ragioni costruttive del rapporto forma-struttura delle opere di Polónyi. Per una trattazione più completa si rimanda alle appendici.

Il testo critico si completa con la traduzione di alcune pubblicazioni che sono state di supporto per la lettura dei casi studio e l'inquadratura della figura dell'ingegner Polónyi. Un'antologia di nove testi apparsi in riviste, monografie, atti dei convegni nei quali sono affrontati i temi della costruzione delle strutture corrugate, delle architetture sacre negli anni della riforma conciliare e del ruolo di Polónyi nel panorama tedesco.

La difficoltà di approccio alla lingua tedesca è espressa con la presenza di un breve glossario che è al tempo stesso di supporto per la ricerca ma anche strumento comunicativo delle ragioni che mi hanno spinto a mantenere alcuni termini nella trattazione in lingua originale.

0.4. La consistenza dell'archivio e il lavoro svolto nel reperimento del materiale

La maggior parte del lavoro sul quale è basata la presente ricerca è stata svolta partendo dal materiale reperito all'A:AI – Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW presso l'Università Tecnica di Dortmund. L'archivio contiene tutto il materiale che Polónyi conservava presso il suo studio.

Ogni edificio, catalogato con un codice alfanumerico, ha la sua storia contenuta in una scatola all'interno della quale si apre il mondo legato a quel progetto, compresi i disegni architettonici e gli esecutivi. Poiché il materiale archiviato è tanto, Polónyi conservava anche uno schedario nel quale, per ogni opera, vi erano solo pochissime informazioni, per lo più su materiale

fotografico. Polónyi probabilmente conservava di ogni edificio solo gli elementi essenziali a ricostruirne a memoria il progetto e la storia.

La documentazione delle fasi di cantiere non aveva solo lo scopo di documentare, ma diventava anche l'occasione di mostrare agli studenti le fasi del processo costruttivo. Così le foto si non ritrovano solo nello schedario, si arricchiscono all'interno degli armadi che contengono le diapositive. Qui, divise per tipologie costruttive, si trovano opere di ogni epoca, ma in particolare architetture recenti e sue opere. Solo della chiesa di St. Paulus sono conservate oltre cento diapositive.

La sola consistenza dell'archivio racconta la quantità del lavoro svolto da Polónyi, il quale, per mancanza di spazio, ha optato per la riduzione delle tavole dei primi progetti a microfiche. Per questa ragione la maggior parte dei disegni dei casi studio sono stati estrapolati da questo supporto¹ (cfr. volume III: Documentazione d'archivio e apparati critici).

Ho operato un vero e proprio riordinamento del materiale necessario alla ricerca: nel rispetto della struttura originaria dello schedario ho eseguito una selezione e riorganizzazione del materiale ivi contenuto al fine di agevolare la consultazione della conservazione permanente. Le diapositive sono state di difficile catalogazione poiché non ordinate all'interno dell'archivio. Al suo interno varie sezioni contengono diapositive ordinate per tipi costruttivi, funzioni degli edifici, o semplicemente come collezione. Questo ha allungato i tempi di reperimento del materiale. In seguito scansioni ad alta qualità per la digitalizzazione sono state compiute. Per i disegni di formato superiore all'A3 ho realizzato delle fotografie poiché l'archivio non possiede uno scanner per la digitalizzazione di supporti di grande dimensione. Per digitalizzare i disegni contenuti nei microfiche è stato necessario produrre diverse scansioni per ogni immagine che ho poi rielaborato con Photoshop per ottenere un'immagine

¹ Cfr. volume III: Documentazione d'archivio e apparati critici

unitaria con l'utilizzo del comando photomerge e l'opzione collage per non distorcerne il contenuto.

CAPITOLO 1. L'INGEGNERE STRUTTURALE STEFAN POLÓNYI

Chapter one. The structural engineer Stefan Polónyi

1.1. The life¹

Born July 6th, 1930 in Gyula/Hungary

1952 - Structural Engineering Diploma of the Technical University of Budapest

1952-56 - Assistant/Scientific Cooperator at the Technical University of Budapest

since 1957 - Consulting Structural Engineer at Cologne/GFR

1965-72 - full Professor, Chair of Loadbearing Structures, Technical University of Berlin;
Director of the Institute for Experimental Statics

since 1966 - Consulting Structural Engineer at Berlin/GFR | member of I.A.S.S. (International Association for Shell and Spatial Structures)

1970 - Dean of the Faculty of Architecture

1972-92 - Chairman of I.A.S.S. Working Group 9 (Industrialized Spatial Structures)

1973-95 - full Professor, Chair of Loadbearing Structures at Dortmund University

1973-96 - co-founder of Building Faculty, responsible for 'Structural Engineering'

1977 - European Steel Award

1978 - European Steel Award

1978 - Vice-Rector of Dortmund University

1985 - Honorary Doctorate University of Kassel (Dr.-Ing. E.h.)

1983-87 - Dean of the Building Faculty of Dortmund University

1987 - European Steel Award

1990 - Honorary Doctorate Technical University of Budapest (Dr. h.c.)

1993 - Medal for Research and Technics (Academy of Architecture, Paris)

1995 - Professor emeritus

1997 - Honorary Medal of the AIV (Association of Architects and Engineers) of Cologne for merits of our built environment

1998 - Prize of the DAI (German Association of Architects and Engineers)

1999 - member of the Academy of the Fine Arts, Berlin | Honorary Doctorate Technical University of Berlin (Dr.-Ing. E.h.)

2000 - The 2000 Standing Structure Award of International Association for Bridge and Structural Engineering for the Glass Hall in Leipzig

2001 - Renault Traffic Design Award for the Rhein-Herne-Canal-Bridge

2003-07 - Head of the Executive Board of the Höpffner Foundation

2003 - Award of the Chamber of Engineers NRW for the Tiergarten-Bridge Dessau

2005-09 - member of the board of trustees AIV Berlin

2007 - external member of the Hungarian Academie of Sciences

2008 - Palotás-Award of the Hungarian section of the Fédération Internationale du Béton

2012 - exhibition: Supporting Lines – Supporting Surfaces / Construction Principals in Stefan Polónyi's Work in Dortmund U, April 5th-June 24th

2013 - exhibition: Supporting Lines – Supporting Surfaces / Construction Principals in Stefan Polónyi's Work in Academy of the Free Arts Hamburg, January 15th-February 28th, in Brandenburgian Technical University Cottbus, March 15th-April 30th and Technical University Berlin, Building of Architecture, Mai 16th-June 30th

2014 - Oscar von Miller Forum, Munich, November 26th-December 20th

2016 - MODEM Debrecen, June | FUGA Budapest, October | Pekár Imre Mérnöki Életmű Díj (lifetime achievement medal)

2017 - exhibition: Supporting Lines – Supporting Surfaces, Technical University Budapest, February 20th-25th

¹ The information contained on this page was written by Stefan Polónyi and sent to me directly in order to complete and precise his biography.

1.2 The theory and the teaching activity

In Polónyi's view, the role of an engineer implies the collaboration with an architect, thus allowing him to accomplish his concept of space developing its supporting structure. As an extension of this concept, the didactic activity must be based on the teaching of the backbone. Static intuition, honesty of architecture and the architect's role in a project are of pivotal importance for Polónyi, whose role in history provides a clear picture as to the contribution that engineers must offer to society not only as professionals, but especially as teachers.

1.2.1 The importance of images and of continuous training

From a professional point of view, Polónyi understands the importance not to be caught unprepared by the changes which occur around us. Driven by this belief, he proposes a kind of teaching which encourages students to change the learning mode not only by adopting the inductive method, but especially by using it as an approach for the acquisition of knowledge, which should never be deemed to be concluded by staying constantly open to what is new and to changes.

1.2.2 The didactic activity and the creation of the "Dortmund Model for buildings science"

Harald Deilmann promoted a programme to reform didactics with an ambitious target: to unify university, technical institutes and schools of applied arts in only one institution. In this respect, in 1973, the rising university of Dortmund invited Stefan Polónyi to take part to the creation of the Dortmund Model for buildings science. By accepting the invitation, he became the co-founder of the Model. Along with Polónyi, the architect Josef Paul Kleihues and the civil engineer Herbert Bauer were appointed. In Dortmund, thanks to Deilmann, they were ahead of their time by facing the issue of the interdisciplinary collaboration, that is at the basis of the contemporary designing activity, adopting a holistic approach. In spite of the ambition of the project, the

programme did not claimed to solve the problems related to the split of the disciplines. However, the acknowledgment of the ethical and social importance of the lost unity allowed to take a first step towards the eradication of the conflicts among the various professional competences. The problem is complex, and education should be adapted to the professional practice. Learning a common language is the basis for a good level of communication among the partners involved in the designing project. This is what the Dortmund Model hopes to achieve, and to do it, it places special emphasis on the quality of the shared project. The project is the core issue of the study, and the choice of the topic to be addressed must be adapted to the market demands and to the hot topics, so that the final presentation of the works can become a moment of true confrontation among students, contractors and project promoters.

1.2.3 The choice of the inductive method

The inductive method induces the students to reflection and to the deep learning of complex issues such as structural design. For a teacher, the creation of a path of discovery built to establish a rule through a process of formulation and verification of hypotheses. The advantage is that the student becomes the active builder of his knowledge. The inductive didactic approach had been drawn by Polónyi from Curt Siegel. His theory of the supporting structures considers the building as the main issue of architecture, and it is a project-oriented theory. By means of the introduction of the inductive method, Polónyi aims at training engineers able to go beyond the reduction to static schemes that have been widely developed in literature. This approach is a purely simplistic concept of supporting structure. On the contrary, he fosters a case-by-case assessment of the statically correct shape.

1.3 The practice and the development of the project principle

The development of experimental architectures which have never been designed before is always a risk that only some contractors dare take. Polónyi is one of the these bold

contractors. He has never built structures that had already been built by himself or by other architects. He uses to make something that has been imagined and thought by the designer, and, along with him, to turn it into a shape. The structural engineer moves from the idea developed by the architect as regards the spatiality to be given to the building which must be constructed, and he tries to go beyond and to see the structure that, potentially, already exists in the space imagined to shape it. In the project, the engineer has a leeway and must be able to put in place strategies that allow him to make project choices aiming at innovation, paying attention to the quality of the material and always keeping in mind the importance of the impression that the building is going to convey. For the structural designer, the project is creation as it is for the architect. Polónyi invites engineers to a reflection on the work they are expected to carry out, and with his principle, he establishes what combines the various disciplines involved in the development of a project and in the project itself.

1.3.1 The coherence of the structural form

The knowledge of the building materials and of their formal language has allowed Polónyi to explore their potential freely, albeit respecting their nature rigorously. For this reason, he does not talk about the honesty of the construction, but only about structural coherence and consistency. Polónyi developed his theories for the purpose of investigating the extent to which the science of structural engineering can provide a basis for the architectural planning of buildings. There is no right or false way to build a supporting structure. However, there are coherent or not coherent ways to do it. The assessment is always flawed because of the criteria that have been chosen to make it, but Polónyi has always been coherent with his view in all his works.

1.3.2 The constructability of the complex shape

The engineer Stefan Polónyi has spent his entire professional life to lead the construction towards

a coherent structural shape. He was often criticized by his fellow engineers for the little importance he used to ascribe to calculations.. However, unlike other engineers who have not been looking for reasonable buildings, but structures that are easy to be calculated, the complexity of a building has never scared him. On the contrary, it was the engine of his creativity. He has always searched for ever more persuasive and statically correct solutions to solve the stability problems of structures. Polónyi does not believe in forms as such, and this has allowed him not to be anchored to preconceived ideas. He has always tried to turn the architect's visions into reality by helping the fellow designers to go beyond the limits of their personal experience. He has made the unbuildable buildable. However, his research has never been focused on structural expressionism for its own sake.

1.3.3 The role of the models in Polónyi's design practice

In architecture, models are presentation tools whose utilization in Polónyi's design practice does not express a project idea, but they are used as a verification tool to varying degrees and different levels of definition of the project. Almost completely unseen, models play an important role in its project practice, although their role is not central in the decisional process. This work provides a succinct description accompanied by some images regarding the types of models used by Polónyi and by the architects with whom he has co-operated, thus outlining the purpose to which they are generally destined.

1.1. La vita

La città ungherese di Gyula, al confine con la Romania sul fiume Fehér-Körös, ha dato i natali a Stefan Polónyi il 6 Luglio del 1930.

All'età di ventidue anni, precisamente nel 1952, si laurea presso l'Università Tecnica di Budapest in ingegneria civile, poiché, non riuscendo a disegnare bene come suo fratello, non avrebbe potuto scegliere la sua stessa carriera da architetto². Preso l'università rimane fino al 1956 rivestendo il ruolo di assistente e cooperatore scientifico. Contemporaneamente lavora presso l'ingegner Miklós Gnädig. Questa esperienza, durata circa due anni, sarà per lui molto formativa e gli permetterà di entrare in contatto con la progettazione strutturale dei gusci in calcestruzzo armato.

Diviene consulente tecnico a Colonia nel 1957.

La progettazione della chiesa di St. Suitbert a Essen-Überruhr con l'architetto Josef Lehmbruck, un paraboloide iperbolico realizzato con una superficie strutturale a sella in calcestruzzo armato che copre una luce di 38 metri con uno spessore di soli 5 cm, è un punto di svolta nella sua carriera. L'Università Tecnica di Berlino si interessa alle opere dell'ingegnere sotto suggerimento di Oswald Matthias Ungers³ dopo la realizzazione di quella straordinaria copertura ed è inserito nel 1965 come docente del corso di Statica e resistenza dei materiali. Lì avanza con la sua ricerca sui gusci e volge il suo insegnamento alla progettazione e all'analisi delle strutture portanti. Il suo pensiero influisce al punto l'insegnamento nell'università che la cattedra cambia nome in *Strutture portanti*. La manterrà sino al 1972. I corsi di questo tipo nei paesi di

2 Cfr. l'intervista con Harald Kloft pubblicata nel 1999 col titolo *Von der Statik und Festigkeitslehre zur Tragwerkslehre* in db. Deutsche Bauzeitung 133, H. 12, pag. 96-98

3 Polónyi conosce Ungers nel 1960 e collabora con lui per la realizzazione delle strutture portanti dei concorsi cui partecipava. Assieme hanno realizzato fra le altre, la Galleria della Fiera di Francoforte e il Bilba a Baema. (Cfr. Polónyi, Stefan. «Interpretare le strutture portanti, dell'architettura.» Lotus International 79, 1993: 79-87.)



Fig. 1.01



Fig. 1.02



Fig. 1.03

Fig.1.01

Central glass hall, Neue Messe, Lipsia, Polónyi ha ricevuto il 2000 Standing Structure Award dell'Associazione Internazionale per Ponti e per l'Ingegneria Strutturale, <http://www.me-roitaliana.it/web/thumb?src=web/uploads/gallerycasehistory/big/38948b8318642e-aafdbdbefocea-eb65388a45d3.jpg&w=1600>

Fig.1.02

Rhein-Herne-Canal-Bridge, Polónyi ha ricevuto nel 2001 il Renault Traffic Design Award per il progetto di questo ponte, <https://pixabay.com/it/nordstern-ponte-gelsenkirchen-canale-1709977/>

Fig.1.03

Tiergarten-Bridge a Dessau, Polónyi ha ricevuto nel 2003 è la volta del Premio della Camera di Ingegneri NRW per il progetto di questo ponte, <https://files1.structurae.de/files/photos/2055/dessau/p2090284.jpg>

lingua tedesca cambiarono denominazione a loro volta, tranne che nella città di Monaco. Presso l'Università Tecnica di Berlino Polónyi ha ricoperto anche il ruolo di direttore dell'Institut für Modellstatik.

Nel 1966 apre un proprio studio d'ingegneria a Berlino ma non smette la carriera d'insegnante, che per lui rimarrà sempre una parte fondamentale del suo percorso personale, infatti, è nominato nel 1970 Preside della Facoltà di Architettura all'Università Tecnica.

Sempre nel '66 diviene membro dell'associazione internazionale per i gusci e le strutture spaziali⁴. Fra il 1972 e il 1992 ne deterrà il ruolo di presidente nel gruppo di lavoro 9 per le strutture spaziali industrializzate.

Si trasferisce a Dortmund nel 1973, lì fonda la Facoltà di Costruzione come responsabile per l'area dell'Ingegneria Strutturale. Lì ha realizzato quello che egli definisce⁵ il secondo suo grande traguardo professionale, dopo la modifica all'insegnamento della statica a Berlino. La creazione del *Dortmunder Modell Bauwesen* è avvenuta in collaborazione con Harald Deilmann, Josef Paul Kleihues e Hermann Bauer e consiste nella creazione di un vero e proprio modello per la formazione, unico nel suo genere in Germania, che prevede parti in comune nel percorso formativo degli architetti e degli ingegneri che sono tenuti a collaborare al fine di produrre un progetto comune. Manterrà la cattedra del corso denominato *Strutture portanti* fino al pensionamento nel 1995, anno in cui è nominato professore emerito. Nel 1978 ha ricoperto il ruolo di Vice-Rettore dell'Università, fra il 1983 e il 1987 è stato preside di facoltà.

A Dortmund quindi si è inserita in un contesto universitario la filosofia che ha animato la pratica professionale di Stefan Polónyi sin dagli esordi della sua carriera, e che gli hanno permesso di realizzare opere mirabili di cui lui è a pieno titolo progettista e non mero operatore del calcolo strutturale.

4 I.A.S.S., International Association for Shell and Spatial Structures

5 Cfr. l'intervista con Harald Kloft pubblicata nel 1999 col titolo *Von der Statik und Festigkeitslehre zur Tragwerkslehre* in db. Deutsche Bauzeitung 133, H. 12, pag. 96-98

Diviene membro dell'Academy of the Fine Arts di Berlino nel 1999. E' capo del Consiglio Direttivo della Fondazione Höpfnér dal 2003 al 2007, mentre fra il 2005 e il 2009 riveste il ruolo di membro del consiglio di amministrazione dell'AIV Berlin. Nel 2007 è membro esterno nell'Accademia delle Scienze Ungheresi.

La sequenza di date ed eventi che costituiscono i passaggi fondamentali della carriera di Polónyi non restituisce un quadro esaustivo per comprendere la passione che ha accompagnato l'ingegnere durante tutti gli anni della sua carriera. Il suo carisma e l'influenza che ha suscitato nella comunità scientifica forse potrebbero essere compresi attraverso un elenco dei numerosi premi e riconoscimenti che gli sono stati attribuiti. Ha vinto l'European Steel Award nel 1977, nel 1978 e nel 1987. Ha ricevuto la medaglia per la ricerca e la tecnica all'Accademia di Architettura di Parigi nel 1993, quattro anni più tardi anche la medaglia onoraria dell'AIV (Associazione degli Architetti e Ingegneri) di Colonia. Nel 1998 riceve il *premio dall'Associazione tedesca di Architetti e Ingegneri (DAI)*, nel 2000 il *2000 Standing Structure Award* dell'Associazione Internazionale per Ponti e per l'Ingegneria Strutturale per la Glass Hall di Lipsia e l'anno successivo il Renault Traffic Design Award per il Rhein-Herne-Canal-Bridge. Il 2003 è la volta del Premio della Camera di Ingegneri NRW per il Tiergarten-Bridge a Dessau. Nel 2008 riceve il Palotás-Award della sezione ungherese della Fédération Internationale du Béton.

Nel corso degli anni Stefan Polónyi è stato inoltre insignito del titolo di Dottore di ricerca in ingegneria honoris causa dall'Università di Kassel nel 1985, nel 1990 di quello di Dottore honoris causa presso l'Università Tecnica di Budapest e di quello di Dottore di ricerca in ingegneria honoris causa dall'Università Tecnica di Berlino nel 1999.

Le sue opere sono state mostrate a un pubblico ampio durante la mostra col titolo *Linee portanti - Superfici portanti. Principi costruttivi nelle opere di Stefan*

Polónyi nel 2012 a Dortmund e nel 2013 prima ad Amburgo presso l'Accademia delle Arti Libere, poi a Cottbus all'Università Tecnica Brandenburghese e infine a Berlino presso l'università tecnica. La mostra è stata ripetuta anche a Budapest nel febbraio 2017 presso l'Università Tecnica.

Polónyi è un esempio per i suoi colleghi. Ha trasformato un'intuizione in qualcosa di strutturato. Ha dimostrato che non si tratta di una sua personale esigenza, intervenire nel progetto è una necessità per l'intera categoria degli ingegneri strutturali, e prendervi parte è necessario per la buona riuscita del progetto stesso. Ha inoltre ribaltato l'erronea convinzione che l'università insegni come fare il mestiere (dell'architetto e dell'ingegnere) occupandosi di formare gli studenti mettendogli in grado di scegliere una buona pratica, insegnando loro cosa fare nello svolgimento della loro futura professione.

1.2. La teoria e l'insegnamento

Stefan Polónyi nasce come progettista strutturale e come mostrato in precedenza, assume il ruolo di docente solo nel 1965, dopo aver realizzato alcune importanti opere. Nel suo immaginario il ruolo dell'ingegnere è di collaborare con l'architetto consentendo di realizzare la sua concezione spaziale sviluppandone la struttura portante. Come estensione di questo concetto, l'attività didattica deve avere come base proprio l'insegnamento della struttura portante.

In occasione del Terzo Simposio sull'architettura dal titolo *Tektonik. Baukunst Heute?* tenutosi a Basilea il 15 giugno 1991, Polónyi ha fatto un intervento dal titolo *La costruzione portante come dominante architettonica*⁶ nel quale riassume il suo pensiero sulle strutture portanti proponendo un velocissimo excursus storico dalla nascita sino al ruolo che riveste dell'architettura contemporanea. In questo testo Polónyi fornisce una lettura da un punto di vista statico-strutturale dei periodi artistici che hanno caratterizzato la storia dell'architettura. Analizzate non per gli esiti formali ma sotto il profilo del rapporto forma-struttura, tutte le opere possono essere ricondotte, per genesi, a strati, volte o sospensioni.

Le architetture dell'antichità sono oneste, nascono per strati lapidei conformati per rispondere all'andamento delle linee di forza, sono stratificate. Con maestria e sapienza tecnica, volte, costoloni e vele sono state utilizzate come un sistema unitario assimilabile ai gusci nel gotico, periodo in cui però si è generata una forte contraddizione fra costruzione necessaria e costruzione decorativa. Le architetture gotiche rispondono al criterio di leggibilità ma quanto a quello di onestà Polónyi ha delle riserve causate dall'assenza di una

6 Il contributo è stato raccolto nel testo Kollhoff, Hans, et al. *Sulla tettonica nell'arte edificatoria*. Arnus University Book, 2012

coerente definizione del termine.

Polónyi fa una lettura negativa delle opere dal rinascimento al moderno, il rapporto forma-costruzione si dissolve così come la figura del *Baumeister*, vi è una progressiva perdita della padronanza della tecnica. Solo con l'utilizzo dell'acciaio e del calcestruzzo armato si ha un rifiorire di figure in grado di realizzare opere molto complesse col solo intuito sviluppato sulla base dell'esperienza.

L'esigenza di avere un sistema codificato che consentisse di interpretare e governare meglio le costruzioni ha tuttavia generato l'effetto opposto. Con l'introduzione della statica numerosi sistemi strutturali fino a quel momento molto diffusi sono scomparsi perché semplicemente troppo difficili da calcolare. Non ci si poteva fidare più solo dell'intuizione statica e, come sempre accade nell'evoluzione ciclica della storia una battuta d'arresto è leggibile nel campo delle costruzioni.

Con la statica sono state composte le strutture portanti, realizzate da sistemi piani dematerializzati. Al centro del pensiero del progettista non è presente la spazialità da conferire all'edificio e le capacità meccaniche del materiale col quale s'intendeva realizzarlo. La conoscenza di sistemi statici è applicata pedissequamente violando spesso la natura stessa del materiale. Quando l'architetto è il progettista incaricato della definizione del sistema portante e all'ingegnere è solo demandato il compito di quantificare il comportamento di tale sistema s'incorre spesso in tale problematica. Polónyi non incolpa gli architetti di questo fraintendimento, bensì gli ingegneri. *"Insegniamo loro un argomento attenuato, derivato, che confonde e inibisce più che sviluppare abilità"*⁷.

I concetti d'intuizione statica, onestà dell'architettura e del ruolo dell'architetto nel progetto sono di fondamentale importanza per Polónyi, la

7 Polónyi, Stefan. «Wissenschaftsverständnis, Tragkonstruktion, Architektur.» *Daidalos*, H. 18, 1985: 33-45.

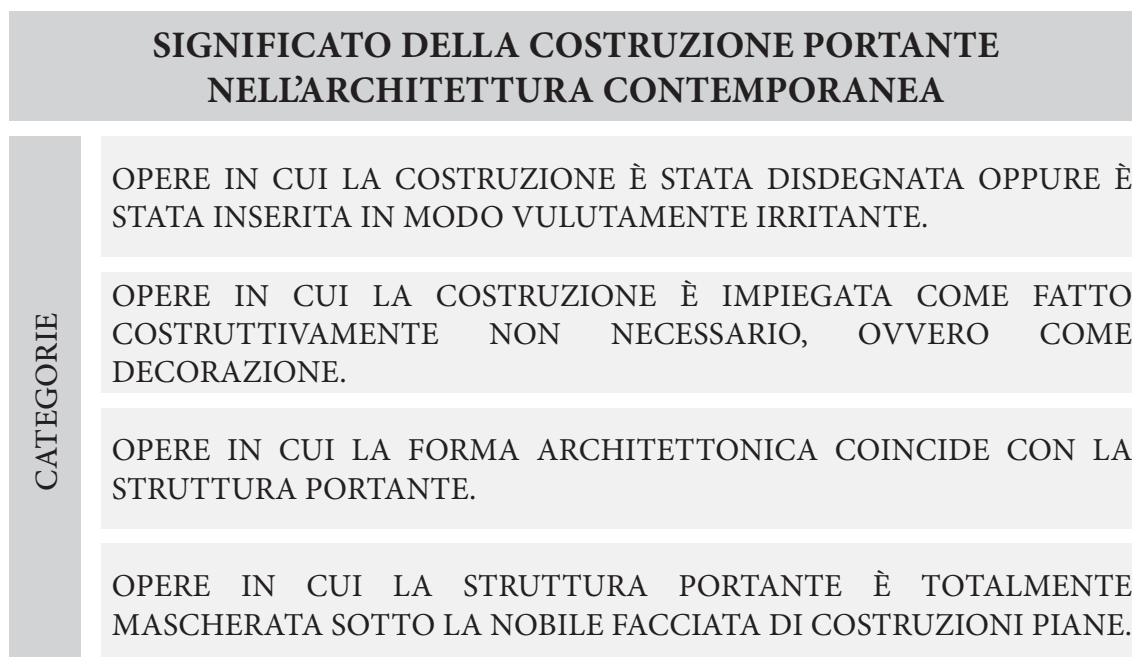


Fig.1.04: Schema sintetico delle categorie in cui possono essere divise le architetture contemporanee in base al significato della costruzione portante secondo Polónyi.
Fonte: Kollhoff, et al. 2012, pp.35-50.

cui lettura nella storia fornisce una chiara idea sul contributo che gli ingegneri devono offrire alla società non solo come professionisti ma soprattutto come insegnanti.

I concetti non sono nuovi in Italia poiché precorsi temporalmente rispetto all'ingegnere tedesco dal nostrano Pier Luigi Nervi sebbene con modalità e significati diversi. È lo stesso Polónyi a citare in più occasioni le opere di Nervi nei suoi articoli sul tema della coerenza della forma architettonica.

Il giudizio estetico entra a un livello differente nei discorsi dei due ingegneri, l'italiano parlerà di 'onestà costruttiva' e di corrispondenza fra statica costruttiva ed estetica, per l'ingegnere ungherese nel primo caso si tratta di termini non scientifici che lasciano margini di decifrabilità sul significato, nel secondo non si può evitare di considerare che i giudizi di natura estetica siano il prodotto della nostra sensibilità etica. In *Wissenschaftsverständnis, Tragkonstruktion, Architektur*⁸ Polónyi affronta questa tematica chiedendosi se

8 Polónyi, Stefan. "Wissenschaftsverständnis, Tragkonstruktion, Architektur." *Daidalos*, 50

per onestà costruttiva ci si riferisca alla leggibilità della struttura portante e, qualora fosse quello il significato, per chi questa struttura deve essere leggibile e con quale livello di definizione. *“Al fine di ottenere una legittimazione per la richiesta di ‘onestà costruttiva’, dobbiamo dimostrare che le esigenze rappresentative della società possono essere soddisfatte esclusivamente, senza ulteriori aggiunte e più economicamente dal disegno logicamente coerente del sistema portante. Poiché le nostre esigenze rappresentative si basano su una decisione etica, una tale legittimazione non può essere derivata dalla scienza”*⁹.

Analizzando il Palazzetto dello sport a Roma, una delle opere più importanti di Nervi, Polónyi va oltre il gesto altamente costruttivo dei supporti a Y. Questi, infatti, non sono altro che un abbellimento costruttivo e non necessario se fossero stati previsti dei tiranti al livello della gronda. L'opera così viene a inserirsi fra le categorie in cui possono essere divise le architetture contemporanee in base al significato della costruzione (fig.1.04), nella seconda in cui la costruzione è impiegata come fatto costruttivamente non necessario, come decorazione.

Il ragionamento non parte mai dalla forma in quanto tale per Polónyi. Il progetto della forma strutturale nasce da condizioni spaziali e attraverso la scelta del materiale giunge alla definizione formale. La forma si elabora dalle indicazioni della statica. *“Il problema dell'individuazione degli elementi necessari ad assolvere la funzione portante implica quello della scelta della struttura tecnica dell'edificio più appropriata”*¹⁰.

Anche sull'intuizione statica Stefan Polónyi disquisisce nei suoi scritti. Il potere dell'intuizione è tanto grande da permettere, con buona approssimazione, al progettista che ne sia dotato, di dimensionare la forma e gli ingombri

1985, Fascicolo 18: 33-45.

9 Polónyi, Stefan. “Wissenschaftsverständnis, Tragkonstruktion, Architektur.” *Daidalos*, 1985, Fascicolo 18: 33-45.

10 Kollhoff, Hans, et al. *Sulla tettonica nell'arte edificatoria*. Arnus University Book, 2012.

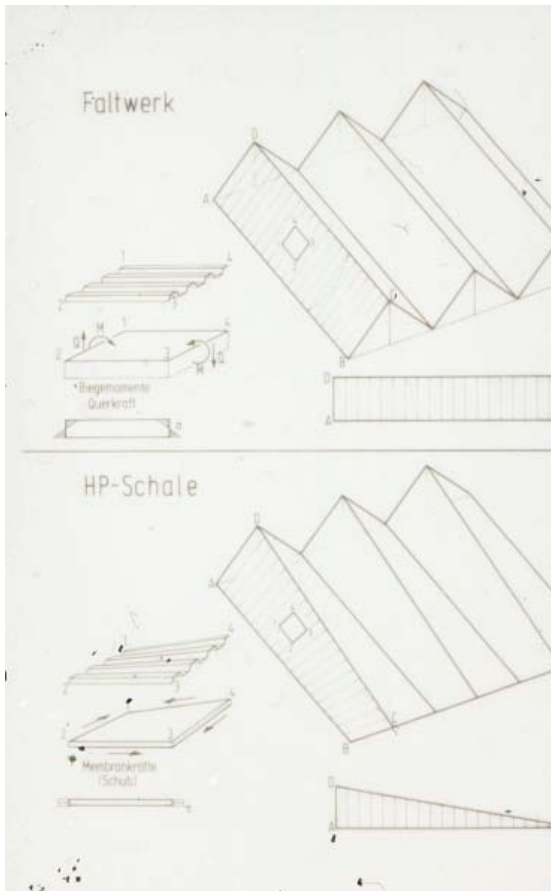


Fig. 1.05



Fig. 1.06



Fig. 1.07



Fig. 1.08

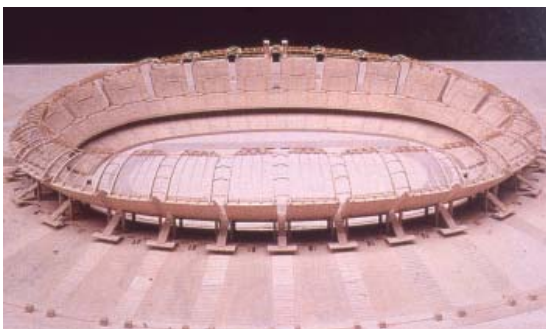


Fig. 1.09

Selezione di diapositive presenti fra il materiale didattico di S. Polónyi nell' A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW, Dortmund alla voce Flächentragwerke:
Fig.1.05 Schemi strutturali, immagine su diapositiva.
Fig.1.06 Flächentragwerke, fotografia su diapositiva.
Fig.1.07 Gottfried Böhm, Wallfahrtskirche "Maria, Königin des Friedens"
 Diapositive alla voce Sportstätten:
Fig.1.08, 1.09 Vista degli spalti e del modello costruttivo dello stadio S. Nicola, Bari. Lo stadio è stato completato nel 1990 da R. Piano, S. Polónyi ha terminato di insegnare nel 1995.

della struttura portante. Nervi parla di 'sensibilità statica' come di una *"umanizzazione delle non umane leggi dell'equilibrio e della resistenza dei materiali"*¹¹. La visione di Polónyi verte anche uno sguardo al futuro della professione dell'ingegnere strutturale, il quale, preso dalle nuove possibilità offerte dal *"grandioso"* sviluppo delle nuove capacità di calcolo, potrebbe relegare il compito dell'intuizione a quello della scelta delle giuste variabili all'interno di un qualsiasi programma per la modellazione strutturale. È necessario tenere sempre a mente le basi teoriche ed essere in grado di gestire il progetto a ogni scala di rappresentazione. Così facendo si avrà pieno controllo della struttura, senza far rimpiangere i tempi in cui non si utilizzavano software per la realizzazione di disegni bi/tridimensionali, ma la matita 6B¹².

Stefan Polónyi ha inoltre proposto lo sviluppo di una vera e propria critica della costruzione, al pari della critica architettonica che *"deve educare il nostro sguardo e farci evitare di lodare il 'non sense' come architettura"*¹³.

1.2.1. L'importanza delle immagini e dell'aggiornamento continuo

*"Un ingegnere non ha bisogno di un approccio architettonico o un suo stile, un ingegnere deve rendere possibile l'architettura. Pertanto è molto importante che gli ingegneri conoscano la storia dell'architettura e l'architettura corrente"*¹⁴.

Polónyi comprende da un punto di vista professionale l'importanza di non farsi cogliere impreparati dai cambiamenti che avvengono attorno a noi. Spinto da questa convinzione, propone un tipo d'insegnamento che invoglia gli studenti a cambiare la modalità di apprendimento non solo attraverso l'applicazione

11 Nervi, Pier Luigi. *Scienza o arte del costruire? Caratteristiche e possibilità del cemento armato*. Cinisello Balsamo: Mendrisio Academy Press, 2014.

12 Cfr. Polónyi, Stefan. «Von der Statik- und Festigkeitslehre zur Tragwerkslehre.» *db. Deutsche Bauzeitung* 133, 1999, Fascicolo 12: 96-98.

13 Cfr. Jesberg, Paulgerd. «Qualität des Konstruktiven in der Architektur.» *Baukultur*, 1998, Fascicolo 3: 72-73.

14 Polónyi, Stefan. «Von der Statik- und Festigkeitslehre zur Tragwerkslehre.» *db. Deutsche Bauzeitung* 133, 1999, Fascicolo 12: 96-98.

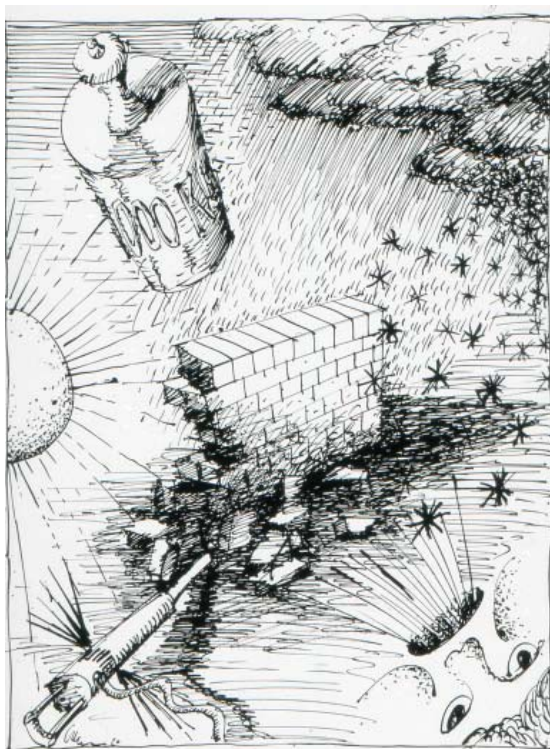


Fig. 1.10

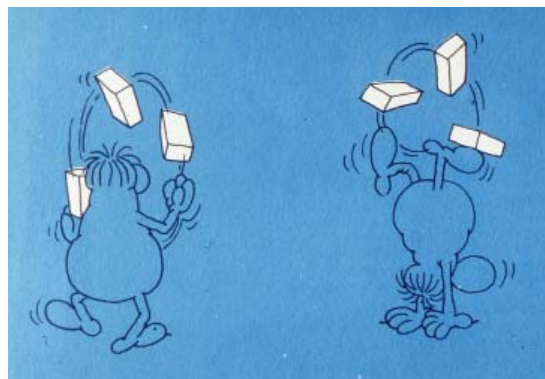


Fig. 1.11

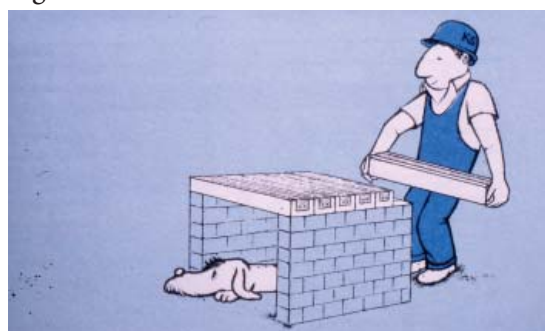


Fig. 1.12

Selezione di diapositive presenti fra il materiale didattico di S. Polónyi nell' A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW, Dortmund.

Fig.1.10 Disegno che rappresenta le forze agenti su una struttura, immagine su diapositiva.
Fig.1.11, 1.12 Rappresentazioni giocose sulle costruzioni, immagini su diapositive.

del metodo induttivo, ma soprattutto come approccio all'apprendimento, che non dovrà mai considerarsi concluso rimanendo costantemente aperto al nuovo, al cambiamento. Il bagaglio di conoscenze acquisite durante gli anni di formazione dovrà essere ampliato costantemente per rimanere ancorati alle piccole rivoluzioni che accadono quotidianamente e che si trasformano, senza che ci si renda davvero consci di ciò, in vere e proprie rivoluzioni culturali che investono ogni campo del sapere. Bisogna quindi costruire un programma didattico che miri alla creazione di una buona metodologia più che alla trasmissione di mera conoscenza.

Il materiale didattico dell'ingegnere che ho consultato è costituito da numerosissime diapositive divise per tipologia costruttiva. Il racconto della storia dell'architettura Polónyi lo articola con le immagini. Piante, sezioni e soprattutto fotografie mostrano le costruzioni, dagli antichi templi greci alle

contemporanee e innovative strutture degli stadi più all'avanguardia¹⁵. Non mancano rappresentazioni giocose, talvolta fumettistiche, sulle costruzioni le quali restituiscono anche un'idea del carattere dell'ingegnere e del suo modo di trasmettere conoscenza.

1.2.2. L'attività didattica e la creazione del "Modello Dortmund per la scienza delle costruzioni"

Stefan Polónyi ha avuto il merito di porre in atto un pensiero legato allo svolgimento della professione, ma anche quello di averlo condiviso con la comunità scientifica e accademica. Se da un lato la sua crescente fama di 'servitore delle strutture' gli ha permesso di procacciarsi incarichi di sempre più alto prestigio con professionisti di fama internazionale, dall'altro ha nutrito il desiderio di condivisione della sua esperienza tramandandola. Seguire comportamenti autoreferenziali rischia di chiudere le proprie attività entro i limiti del proprio specifico ambito disciplinare, e quest'atteggiamento Polónyi l'ha sempre osteggiato con forza. La sua attività d'insegnante ha sempre occupato un ruolo centrale, mai secondario a quello dell'attività svolta nel suo studio, fuori dalle mura accademiche. Il suo fare, l'approccio innovativo al progetto, è esteso all'insegnamento non solo in forma orale per tramandare un processo consolidato, diviene un vero e proprio "modello" da apprendere e da utilizzare anche durante gli anni della formazione universitaria.

Harald Deilmann ha promosso un programma per riformare le università con un obiettivo ambizioso: rappresentare egualmente le scienze e le arti come

¹⁵ Sono stata profondamente colpita nel vedere diverse diapositive nell'archivio di Dortmund riguardanti lo stadio S. Nicola, Bari, architettura realizzata nella mia città. Il progetto di R. Piano è stato completato nel 1990 e S. Polónyi ha terminato di insegnare nel 1995. Questo è uno degli esempi che testimonia la grande attenzione che l'ingegnere nutriva nel campo delle nuove realizzazioni in ambito internazionale, ma anche la sua volontà di tener costantemente aggiornati i suoi studenti sulle nuove sperimentazioni e realizzazioni in ogni campo delle costruzioni.

fondamenta intellettuali comprendendo anche le discipline tecniche e la loro applicazione. Per raggiungere tale obiettivo Deilmann propone di unificare università, istituti tecnici e scuole di arti applicate in un'unica istituzione che formi professionisti con diverse qualifiche. A tale scopo, nella nascente università di Dortmund propose di non creare due dipartimenti separati e indipendenti per l'architettura e l'ingegneria civile.¹⁶ Invitò nel 1973 Stefan Polónyi a partecipare alla costituzione del Modello Dortmund per la scienza delle costruzioni, che accettando ne divenne il cofondatore. Con lui furono nominati anche l'architetto **Josef Paul Kleihues** e l'ingegnere civile **Herbert Bauer**. Il primo anno accademico iniziò nell'ottobre del 1974.

Non si tratta di un brevetto, piuttosto di un'utopia diventata realtà come afferma Hans-Busso von Busse¹⁷. Secondo Polónyi *«Il dipartimento di costruzione dell'Università di Dortmund è stato fondato con l'intento di abolire e superare lo scisma di formazione che, in conseguenza di un processo di risoluzione concluso nell'era moderna, ha diviso l'unità architettonica [portando al] declino della cultura edilizia»*¹⁸. A Dortmund, con Deilmann, si sono precorsi i tempi affrontando con un approccio olistico il tema della collaborazione interdisciplinare fondamentale nella pratica progettuale contemporanea. Il programma ivi istituito, seppur molto ambizioso, non abbia avuto la pretesa di risolvere tutti i problemi legati alla scissione delle diverse discipline, ma il riconoscimento dell'importanza etica e sociale dell'unità perduta ha permesso di fare un primo passo avanti verso l'eliminazione dei conflitti delle varie competenze professionali. Infatti, Polónyi a proposito della mancanza o la scarsa

16 Cfr. Lichtenstein, K. (2012). Architect and engineer. Harald Deilmann and Stefan Polónyi - congenial partners in the Dortmund Model for the Building Sciences. In *Tragende Linien - Tragende Flächen. Bearing Lines - Bearing Surfaces*. Axel Menges.

17 Cfr. Polónyi, Stefan. «Das Dortmunder Modell Bauwesen.» *Bauwelt* 78, 1987, Fascicolo 34: 1226-1229 (1245).

18 Polónyi, Stefan. «Das Dortmunder Modell Bauwesen.» *Bauwelt* 78, 1987, Fascicolo 34: 1226-1229 (1245).

cooperazione fra le figure professionali afferma: *“La ragione di ciò non può essere solo che questa cooperazione non sia praticata durante la formazione; a quanto pare non funziona nemmeno se i partner lavorano insieme per molto tempo”*¹⁹. Il problema è complesso, e il tentativo è di adattare la formazione alla pratica professionale. Apprendere una lingua comune è la base fondamentale per una buona comunicazione fra i partner coinvolti nel processo progettuale, è ciò che il modello Dortmund auspica, e per farlo pone l'accento sulla qualità del progetto condiviso.

In un unico dipartimento furono costituiti quattro percorsi di studio:

- **Architettura e sviluppo urbano** (seguito da Kleihues);
- **Ingegneria strutturale** (seguito da Polónyi);
- **Produzione ed economia della costruzione** (seguito da Bauer);
- **Tecnologia dell'edificio** (seguito dall'ingegner Laakso come professore onorario il cui compito passò al professor Trümper).

Di questi l'ultimo rimase solo sulla carta. Gli studenti dei tre percorsi di studio non condividono unicamente l'edificio sede dell'istituzione universitaria ma anche alcune materie di studio e tre progetti. Il tema dell'interdisciplinarietà e della cooperazione professionale si fa metodo: gli studenti dei tre curricula costituiscono gruppi di lavoro supervisionati dai docenti di tutte le diverse aree di appartenenza e collaborano al fine della preparazione di un progetto condiviso. Il primo anno di studio è necessario agli studenti per prepararsi al progetto, che senza nozioni di base non possono affrontare. Il terzo e quarto semestre della formazione prevede la formulazione del primo progetto, un semplice edificio residenziale, dalla concezione architettonica ai disegni esecutivi. Questo permette a tutti gli studenti impegnati nella formulazione del progetto di acquisire conoscenze specifiche ai percorsi di studio

19 Polónyi, Stefan. «Die Ausbildung der Bauwerksplaner - Architekten und Ingenieure der Zukunft.» *Baukultur*, 1990, H.4: 32-35.

affini, integrandole con le proprie. Così un futuro architetto, ad esempio, imparerà sin dal suo primo progetto a leggere le tavole ingegneristiche sulle apparecchiature tecniche e sulla statica della struttura, soggetti questi integrati sin da subito nella formazione a Dortmund, con un grado di difficoltà crescente ed equiparata al progetto che gli studenti sono chiamati a produrre. Un futuro ingegnere, invece, apprenderà da subito che *“il giusto approccio nella progettazione del sistema portante è quello di progettare inizialmente una struttura portante e poi di astrarla per calcolare il comportamento strutturale”*²⁰ mettendo in pratica il metodo induttivo.

Il secondo e il terzo progetto si svolgono rispettivamente nel terzo e quarto anno di studio ed hanno come temi l'edificio specialistico (laboratorio per disabili, parco industriale, museo archeologico, ecc.) e una struttura ingegneristicamente più avanzata o un'infrastruttura (ponte, torre d'acqua, stadio sportivo, ecc.).

La formulazione del progetto assume una valenza fondamentale nel piano di studi, essendo sviluppato su due semestri comporta, nel caso dovesse essere ripetuto, la perdita di un intero anno durante il percorso formativo. Inoltre, essendo sviluppato in team, può portare a delle difficoltà insite nella diversa capacità degli studenti afferenti uno stesso gruppo. I docenti sono chiamati a compensare tali disparità fornendo maggiore supporto o modificando i requisiti.

La docenza è quindi molto impegnata nel seguire i vari gruppi di lavoro, poiché fornire soluzioni è notevolmente più semplice che spronare gli studenti affinché svolgano il loro lavoro al meglio. Il ruolo di docente è quindi di mero supporto nella pratica progettuale, il contenuto di lezioni e seminari è sempre orientato al progetto, e sebbene questo sia già gravoso, non ne

²⁰ Polónyi, Stefan. «Die Ausbildung der Bauwerksplaner - Architekten und Ingenieure der Zukunft.» *Baukultur*, 1990, H.4: 32-35.

esaurisce i doveri. Il progetto è l'argomento centrale dello studio, e la scelta del tema da affrontare deve essere adeguata alle richieste del mercato, alle tematiche 'calde', affinché l'esposizione finale degli elaborati prodotti possa essere un reale momento di confronto fra studenti, costruttori e promotori di progetti. A tal proposito Polónyi si esprime con le seguenti parole: *"Non possiamo rimanere indietro con la nostra formazione. Come progettisti dobbiamo, al contrario, anticipare lo sviluppo, riconoscere e controllare la tendenza"*²¹. Gli studenti sono chiamati in prima persona a esprimere i temi loro assegnati con un carattere innovativo e possono così instaurare, sin dai primi anni della formazione, rapporti interpersonali per la futura professione.

Ai docenti è anche demandato il compito della scelta del tipo di formazione da elargire agli studenti. L'ingegner Polónyi è convinto dell'utilità di insegnare come calcolare le strutture al fine della verifica del risultato ottenuto con i computer. L'insegnamento del calcolo manuale comporterebbe solo una riduzione del tempo che invece deve essere dedicato a cose più importanti, quali la progettazione e, come direbbe Nervi, lo sviluppo della 'sensibilità statica'²².

Al termine dell'ottavo semestre uno ulteriore è previsto per l'ottenimento del diploma e quindi per la formulazione della tesi.

Le difficoltà riscontrate nello svolgimento dei progetti nell'ambito della formazione presso il Modello Dortmund per la scienza delle costruzioni hanno riguardato principalmente la necessità di spazi di lavoro per gli studenti che hanno la necessità di riunirsi spesso per portare a compimento un progetto condiviso e il tempo necessario a docenti e assistenti per fornire aiuto ai tanti gruppi che nei vari corsi si formano ogni anno. Queste le cause di maggiore

21 Polónyi, Stefan. «Die Ausbildung der Bauwerksplaner - Architekten und Ingenieure der Zukunft.» *Baukultur*, 1990, H.4: 32-35.

22 Cfr. Polónyi, Stefan. «Die Ausbildung der Bauwerksplaner - Architekten und Ingenieure der Zukunft.» *Baukultur*, 1990, H.4: 32-35.

“insoddisfazione, frustrazione e passività” che sono secondo Polónyi “il più grande pericolo per il nostro studio sul progetto, che richiede un’azione attiva da tutte le parti”²³.

Una proposta che fu respinta su più fronti prevedeva l’acquisizione di punti per l’avanzamento della carriera universitaria superando la concezione per semestri. I punti avrebbero garantito un più rapido spostamento orizzontale fra percorsi di studio, ma le difficoltà che si sarebbero riscontrate nel cambiare università, quindi nell’equiparare i punti al sistema tradizionale seguito presso tutte le altre facoltà, e l’incompatibilità con i regolamenti vigenti ha prodotto una bocciatura da parte del ministero verso l’adozione di questo sistema.

Gli studi condotti sulla capacità dei laureati di entrare nel mondo del lavoro hanno dimostrato che gli studenti della facoltà di Dortmund *“sono in grado di trovare la loro strada più rapidamente e possono svolgere compiti in completa autonomia in precedenza”²⁴* rispetto ai loro colleghi. Polónyi ha più volte affermato con orgoglio che *“i più forti sostenitori del Modello Dortmund sono i nostri ex studenti”²⁵.*

Oggi a Dortmund la riorganizzazione secondo il sistema di laurea e master sta portando a dei piccoli cambiamenti, ma sempre avendo fede nei principi ispiratori che hanno permesso la creazione del Modello Dortmund per la scienza delle costruzioni. Si stanno quindi inserendo: architettura e urbanistica, ingegneria strutturale e gestione della costruzione ed economia immobiliare²⁶.

L’analisi, seppur semplificata della concezione del Modello Dortmund, non

23 Polónyi, Stefan. «Das Dortmunder Modell Bauwesen.» *Bauwelt* 78, 1987, Fascicolo 34: 1226-1229 (1245).

24 Polónyi, Stefan. «Das Dortmunder Modell Bauwesen.» *Bauwelt* 78, 1987, Fascicolo 34: 1226-1229 (1245).

25 Polónyi, Stefan. «Die Ausbildung von Architekten und Ingenieuren nach dem “Dortmunder Modell Bauwesen”.» *Deutsches Architektenblatt* 27, 1995, Fascicolo 6: 1040-1041.

26 Cfr. Ötes, A. (2012). The Dortmund Model for the Building Sciences. In *Tragende Linien - Tragende Flächen. Bearing Lines - Bearing Surfaces*. Axel Menges.

ha lo scopo di esser divulgativa di un metodo che gli ingegneri dovrebbero applicare nello svolgimento dell'attività lavorativa. Da architetto l'interesse nasce nella volontà di ricerca di un metodo personale, per così dire speculare a quello proposto da Polónyi, che permetta un approccio costruttivo con gli ingegneri dalla sensibilità estetica.

1.2.3. La scelta del metodo induttivo

L'attività d'insegnante ha come scopo quello di permettere a uno o più soggetti un certo grado di apprendimento di un dato argomento. L'apprendimento è quel fenomeno che consiste nell'acquisizione o nella modifica di conoscenze. L'apprendimento deduttivo e quello induttivo derivano dalla filosofia, precisamente dalle correnti filosofiche del razionalismo continentale e dell'empirismo europeo. Gli aggettivi continentale ed europeo indicano la provenienza dei maggiori esponenti delle due correnti: i razionalisti più importanti furono il francese Cartesio, l'olandese Spinoza e il tedesco Gottfried Leibnitz, mentre gli empiristi o filosofi dell'esperienza più importanti furono gli inglesi John Locke, David Hume e George Berkeley.

La fonte della conoscenza è la ragione per i razionalisti, l'esperienza per gli empiristi. Secondo i primi *"l'uomo possiede idee innate, presenti nella coscienza di ogni essere umano prima di qualsiasi esperienza sensoriale, e più quest'idea appare alla ragione con evidenza, più è certo che essa corrisponde a qualcosa di vero. [Per i secondi] la nostra coscienza è completamente priva di contenuto se prima non abbiamo avuto esperienze sensoriali."*²⁷

Dai ragionamenti sui modi secondo i quali l'uomo incamera conoscenza deriva la grande differenza fra il metodo didattico deduttivo e quello induttivo legato alle scienze.

Il primo consente di passare da un concetto generale a un caso applicativo

27 Gaarder, Jostein. Il mondo di Sofia. Longanesi C., 1994.

particolare. Questo metodo è utilizzato nella quasi totalità delle scuole poiché ideale e sintetico. È definito 'a priori' al contrario di quello induttivo considerato un metodo 'a posteriori', sperimentale e analitico. Col primo si parte da un concetto che si assume per certo in assoluto, un assioma, per dedurre le leggi implicate. I concetti si presentano chiari e distinti nella mente dell'allievo prima che esso abbia la possibilità di averne una qualche esperienza, conferiscono alla scienza un carattere analitico. Nel secondo le leggi sono create partendo dal particolare, dall'esperienza. La scienza, con esso, assume un carattere costruttivo.

L'uso del metodo induttivo stimola gli studenti alla riflessione e all'apprendimento profondo delle tematiche complesse quale la progettazione strutturale.

Per un docente realizzare un percorso di scoperta costruito per definire una norma attraverso l'osservazione e il confronto non è semplice. Si devono porre i giusti interrogativi per far giungere gli studenti alla definizione di una regola attraverso un processo di formulazione e verifica d'ipotesi. Richiede inoltre una preparazione meticolosa del materiale didattico con notevole dispendio di tempo ed energie. Il vantaggio sta nel rendere lo studente attivo costruttore della sua conoscenza. Il metodo deduttivo fornisce pacchetti di conoscenze già strutturate ma *"una volta che gli studenti si sono abituati a pensare in maniera deduttiva, avranno in pratica difficoltà in seguito per arrivare a decisioni induttive complesse e non saranno in grado di contribuire molto per la progettazione strutturale. Essi semplicemente adotteranno la progettazione dell'architetto e saranno relegati alla statica del calcolo. Perché il progetto significa considerare alternative (Siegel). Il concetto di scienza classica non conosce alternative, blocca il pensiero alternativo per il progetto"*²⁸.

28 Polónyi, Stefan. «Der Tragwerksingenieur und seine Wissenschaft.» *Die Bautechnik*, 59, H.9, 1982: 282-295.

L'approccio didattico induttivo Polónyi l'aveva adottato da Curt Siegel²⁹ ma scaturisce direttamente dallo studio e dall'analisi degli empiristi. La sua teoria sulle strutture portanti considera la costruzione come tema dell'architettura ed è una teoria orientata al progetto. La sua analisi dell'approccio ingegneristico alla progettazione ha evidenziato che esso, come l'approccio architettonico, è induttivo. Si ha un problema, un edificio da realizzare che debba assolvere determinate funzioni con determinate caratteristiche, e si procede a tentoni verso la soluzione, verso la formulazione del progetto³⁰.

Polónyi tiene al mantenimento di una differenziazione delle discipline di architettura e ingegneria civile. Al contrario Nervi, insignito della laurea ad honorem in architettura, ritenendosi esso stesso a metà strada fra le due discipline, tende a ritenere l'ingegneria come scienza della costruzione una disciplina deduttiva, mentre l'architettura, intesa come laboratorio sperimentale di costruzione, una disciplina induttiva.

L'insegnamento tradizionale prevede la divulgazione attraverso il metodo deduttivo. Permette il calcolo strutturale astratto consentito dall'apprendimento della teoria di base sulle strutture, ma avendo un'applicazione pratica limitata o assente, può sfociare nell'interiorizzazione di un catalogo matematico di strutture portanti che non sono viste e sentite dai progettisti strutturali come elementi vivi in costante tensione fra forze agenti e resistenza strutturale. La problematica invece è di natura spaziale. Il progetto non è altro che la realizzazione di uno spazio ottenuto per mezzo di una struttura portante. Quest'ultima determina la forma, ma è la spazialità da creare che vincola la scelta della più appropriata struttura portante da utilizzare.

29 Curt Siegel ha insegnato presso l'Università Tecnica di Stoccarda ove ha seguito l'esempio di Polónyi cambiando il nome della cattedra in *Strutture portanti*. Assieme a Günther Eilhem e Rolf Gutbier ha progettato l'edificio delle prima sede dell'Università.

30 Cfr. Polónyi, Stefan. «Wissenschaftsverständnis, Tragkonstruktion, Architektur.» *Daidalos*, H. 18, 1985: 33-45.

Apprendere mediante il metodo deduttivo implica la valutazione piana della struttura, una semplificazione alla bidimensionalità dettata dall'apprendimento per sistemi statici piani³¹. Questo non solo riduce la complessità della problematica strutturale, ma la pone da una prospettiva distorta, non conforme alla reale struttura che si è chiamati a sviluppare. Se si aggiunge l'atteggiamento prudente dovuto alla "*situazione complicata*"³² in cui versano gli ingegneri strutturali combattuti fra la volontà di essere solidali con l'architetto che gli ha fornito l'incarico e la responsabilità di creare un edificio solido, e che risponda ai requisiti di efficienza statica ed economica, si comprende come la riduzione a schemi statici ampiamente sviluppati in letteratura sia confortante.

Polónyi con l'introduzione del metodo induttivo mira a formare ingegneri in grado di andare oltre questa visione semplicistica della struttura portante promuovendo una valutazione caso per caso della forma staticamente corretta. L'eccelsa qualità che ha raggiunto col suo insegnamento è stata premiata col conferimento di tre titoli di dottore honoris causa.

31 Cfr. Polónyi, Stefan. «Der Einfluß des Wissenschaftsverständnisses auf das Konstruieren.» *Zur Geschichte des Konstruierens. Hrsg. Rainer Graefe. - Stuttgart: Deutsche Verlagsanstalt, 1986: 237-245*; Polónyi, Stefan. "Wissenschaftsverständnis, Tragkonstruktion, Architektur." *Daidalos*, 1985, Fascicolo 18: 33-45.

32 Polónyi, Stefan. «Kooperation (zwischen Architekten und Ingenieuren).» *Deutsches Architektenblatt* 28, 1996: H. 6, 1216.

1.3. La prassi e l'elaborazione del principio progettuale

Procedere con architetture sperimentali, mai provate prima, è sempre un rischio che pochi osano correre. Polónyi non è uno di questi. Non si è mai fermato a realizzare cose già costruite da se stesso o da altri. Il suo mestiere consiste nel prendere qualcosa d'immaginato e pensato dal progettista e, assieme ad esso, trasformarlo in forma.

Ha messo a punto una vera e propria teoria del progetto che ha promulgato rafforzando il legame fra teoria e prassi. Attraverso ogni sua opera, ogni collaborazione, ogni articolo che ha scritto, ha reso palese come fa il suo lavoro, e quanto più lo rendeva manifesto, tanto più architetti di fama internazionale chiedevano di collaborare con lui per i loro progetti.

La formulazione di un progetto ha in sé qualcosa di unico, singolare. Quando lo scomponiamo per fasi successive e ordinate intendiamo dare corpo a operazioni che scaturiscono nel progettista naturalmente, senza alcun vincolo. Non ci sono scalette da rispettare, il progettista non è un attore che deve recitare le proprie scene in ordine sul palcoscenico. Per meglio comprendere come Polónyi ha operato nella sua lunga carriera, si è reso necessario dividere il progetto per fasi, descrivendone il contenuto e il ruolo che l'architetto e l'ingegnere rivestono in ognuna di esse.

Per Polónyi il progetto è inteso come processo.

L'ingegnere strutturale parte dall'idea dell'architetto sulla spazialità da conferire all'edificio da realizzare e cerca di andare oltre, di vedere la struttura che esiste già in potenza in quello spazio immaginato per dargli forma. Scioglie i dubbi dell'architetto, qualora ne abbia, sulle possibilità di utilizzo dei vari sistemi portanti. Dialogando con esso, realizza schizzi di strutture statiche differenti in funzione del materiale. Questo metodo consente di confrontarsi su ogni elemento disegnato e di avanzare continue proposte,

FASE	PROTAGONISTA
Ideazione	<p>Architetto: raccoglie i dati dal committente ed elabora un progetto di massima sulla spazialità da conferire all'edificio che assolve al meglio la funzione che è chiamato a svolgere. Il progetto, che può restare in questa fase anche in embrione sotto forma di schizzi assonometrici e/o prospettici, è libero da vincoli, vive del suo potenziale.</p>
Scelta del materiale e dello schema statico di riferimento	<p>Ingegnere: propone, in relazione alla spazialità cercata dall'architetto schemi statici adeguati al compito da svolgere. Architetto ed ingegnere assieme: effettuano la scelta del materiale e dello schema statico da utilizzare, scelta che va fatta di pari passo poiché ogni materiale ha dei comportamenti e schemi di ripartizione delle forze propri.</p>
Modellazione	<p>Vengono realizzate delle maquette che permettono di vagliare la spazialità interna ed esterna delle architetture che si andranno a realizzare. Per le geometrie complesse i modelli sono necessari, talvolta, per rendere più agevoli le operazioni di disegno dei vari elementi.</p>
Definizione	<p>Architetto: realizza gli architettonici di dettaglio. Ingegnere: realizza gli esecutivi di dettaglio. In questa fase vi è una continua revisione dei disegni di dettaglio fra architetto ed ingegnere in cui ogni elemento è discusso e revisionato e le scelte fanno vengono prese sempre di comune accordo ed al fine di realizzare un progetto coerente dalla macro scala alla scala di dettaglio.</p>
Verifica	<p>Ingegnere: realizza le operazioni necessarie, anche su modelli sperimentali, per verificare staticamente le strutture.</p>
Realizzazione	<p>Il progetto non si conclude quando i disegni sono cantierabili, ma prosegue nella fase della realizzazione quando, problemi di varia natura possono portare a modificare le soluzioni scelte. Architetto ed ingegnere assieme: apportano le modifiche necessarie al progetto fino al suo completo compimento a regola d'arte.</p>

Fig. 1.13

domande reciproche. Il dialogo durante la fase del disegno a mano libera orienta il progetto e consente di sedimentare nella mente le idee, di fissare gli elementi che si vogliono utilizzare e quelli che invece non sono coerenti con la spazialità desiderata. L'idea iniziale è flessibile, si elabora tenendo conto del materiale e si evolve delineando nel dettaglio l'analisi dello scarico delle forze.

La prima cosa a essere definita è la natura materica dell'oggetto architettonico e, con essa, lo schema statico di riferimento più consono. La scelta del sistema portante e del materiale da utilizzare vanno sempre di pari passo e precedono la successiva fase creativa nella quale il progetto prende vita. Il riferimento assunto è la base sulla quale le due menti lavorano per creare quella particolare combinazione di elementi, l'unica in grado di assolvere la funzione che è chiamata a compiere. Non solo gli aspetti puramente funzionali sono considerati in questa fase di scelta del sistema costruttivo, ma anche economici, etici, sociali. Ogni opera, di qualsiasi natura e scala sia, ha il dovere di assolvere gli aspetti, anche più nascosti della vita dei suoi fruitori, che la forma e la bellezza degli spazi rappresentano. Il processo di scelta del materiale e dello schema statico di riferimento in relazione alla funzione che l'edificio è chiamato ad assolvere è descritto da un altro grande ingegnere civile, Eduardo Torroja, con le seguenti parole: "*Gli schemi di calcolo sono preceduti e dominati dall'idea che modella il materiale in forma resistente e lo adegua alla sua funzione*"³³.

La definizione dei disegni architettonici è a cura dell'architetto. Essi sono revisionati, modificati, migliorati, sotto la supervisione dell'ingegnere che, a sua volta, prepara gli esecutivi, i dettagli dei quali vengono, di volta in volta, vagliati dalla supervisione dell'architetto. È un lavoro assimilabile a

33 Torroja, E. *La concezione strutturale. Logica ed intuito nella ideazione delle forme*. Milano: Città Studi Edizioni, 1995, p.8

una partita di ping-pong³⁴ in cui le scelte, sempre condivise, permettono ad architetto e ingegnere di essere a tutti gli effetti considerati entrambi, a pieno titolo, progettisti. Questa partita, in cui ogni forza in campo gioca per lo stesso team, genera innovazione. L'interdisciplinarietà è il motore propulsore capace di generare forme inesplorate.

La narrazione di questo processo potrebbe anche erroneamente far supporre una riduzione del ruolo di "creatore" dell'architetto in favore di un aumento di responsabilità da parte del progettista strutturale. Sebbene sia corretto che all'ingegnere non sia più demandato un ruolo marginale in fase di progettazione, quanto alla voce in capitolo degli architetti sul progetto, tutti coloro i quali hanno sperimentato questo principio progettuale non solo hanno apprezzato, ma hanno anche testimoniato sui benefici professionali che ne hanno tratto. Arricchiti di nuove conoscenze, avviano processi mentali in grado di far sviluppare progetti sperimentali. La risposta giusta non è sempre rintracciabile all'interno della storia dell'architettura, talvolta va cercata in forme altre, va inventata. Il processo progettuale implica un rimpallo fra istanze esposte da entrambe le parti. Le risposte sono volte a far avanzare il progetto, a plasmarlo rispetto al compito specifico che è chiamato ad assolvere. Non è escluso che la formulazione delle risposte possa non portare risultati soddisfacenti. In questi casi il progetto non subisce una battuta d'arresto per tornare agli albori ma semplicemente continua a evolversi in qualcosa di diverso, più consono. Il pensiero progettuale Polónyi lo definisce: "*pensare in alternative*"³⁵ riconoscendo un valore più alto al modus operandi proprio degli architetti rispetto a quello trasmesso dalla teoria della statica e della scienza delle costruzioni agli ingegneri strutturali.

34 Cfr. capitolo 3.3.2.4.4 Neuss-Weckhoven, St. Paulus in Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln*. Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

35 Polónyi, Stefan. «Die Ausbildung der Bauwerksplaner - Architekten und Ingenieure der Zukunft.» *Baukultur*, 1990, H.4: 32-35.

La pratica progettuale di Polónyi ha reso evidente il ruolo del progettista strutturale definendolo come quel professionista attorno alla cui figura si costruisce la definizione di progetto di architettura senza subirlo. Il suo lavoro è di ricerca, comprensione, selezione delle idee del progettista architettonico e riproposizione in chiave strutturale. Nel progetto l'ingegnere ha un proprio margine d'azione e deve saper mettere in campo strategie che gli consentano di operare direttamente nelle scelte progettuali puntando all'innovazione, prestando attenzione alla qualità materiale e ricordando anche l'importanza dell'immagine che l'edificio poi trasmetterà di se stesso. Per il progettista strutturale il progetto è creazione tanto quanto lo è per l'architetto. Queste creazioni sono per Polónyi ognuna un'opportunità di sperimentare.

Polónyi è consapevole che l'ingegneria strutturale ha finalità altre e un ambito di applicazione che non può ridursi al solo calcolo strutturale. Le severe leggi alle quali le strutture devono sottostare non possono essere l'unica istanza da valutare. Già François Milliet Dechaux affermava che *"l'architectonia, infatti, raccoglie diversi momenti del fare e dell'ideare che sfuggono alla ratio matematica"*³⁶. Tuttavia quando seguire la collaudata esperienza acquisita senza ascoltare la voce di chi è chiamato a creare lo spazio prima che una struttura portante diviene l'unica strada che lo strutturista vuole intraprendere, Polónyi stesso ritiene infruttuoso il dialogo fra architetto e ingegnere. Quando l'architetto si sente limitato da quest'atteggiamento nel suo fare, deve abbandonare la strada della partecipazione attiva dello strutturista nel progetto e lasciare che la collaborazione avvenga solo in una fase successiva del processo progettuale³⁷.

"La più fiorente collaborazione ha avuto luogo quando, alla fine, non si ha idea di chi

36 François Milliet Dechaux sulle finalità dell'architettura nel trattato *Architectonia civilis*, tratto da Pigafetta, Giorgio, e Antonella Mastroianni. *Il declino della firmitas. Fortuna e contraddizioni di una categoria vitruviana*. Firenze: Alinea, 1998.

37 Cfr. Polónyi, Stefan. «Interpretare le strutture portanti, dell'architettura.» *Lotus International* 79, 1993: 79-87.

*ha contribuito con il proprio pensiero alla progettazione, semplicemente non se lo chiede. È una composizione congiunta*³⁸.

Polónyi invita gli ingegneri a una riflessione sul lavoro che sono chiamati a svolgere e definisce col suo principio ciò che salda le varie discipline interne alla progettazione, il progetto stesso.

1.3.1. La coerenza della forma strutturale

La semplificazione adoperata da Claude Perrault del trattato *De architectura* di Vitruvio non è citata da Polónyi. Tuttavia è sempre riscontrabile il forte legame fra le tre componenti dell'architettura nel suo pensiero e nel suo fare. Quando è possibile instaurare fin da subito un rapporto di reciproca fiducia fra i progettisti e nel rispetto dei ruoli che ognuno riveste, il principio progettuale conduce alla formulazione di una struttura portante in grado di assolvere il suo scopo (utilitas) con una struttura "corretta" (firmitas) derivata dai carichi che dovrà sopportare e per la quale essi non siano solo *"un male necessario e inevitabile"*³⁹. Le entità inscindibili di cui parla Polónyi sono la struttura portante, la forma e la funzione. L'aspetto estetico (venustas) è dato dal loro corretto rapporto poiché la bellezza si nutre di consistenza strutturale. Tuttavia su questo punto espresso dall'ingegnere si potrebbe obiettare, infatti, non è detto che un'architettura costruita correttamente abbia anche qualità formale così come strutture scorrette possono produrre architetture di mirabile bellezza. Tuttavia se il ragionamento espresso da Polónyi lo si lega sempre al modo in cui le architetture sono prodotte, la connessione col processo progettuale conduce a una visione più ampia legata al concetto estetico dell'architettura. È stato rilevato che la struttura portante si genera dallo spazio immaginato dal progettista, quindi parte dall'assunto di

38 Polónyi, Stefan. "On Designing Structures." In *Cooperation. The Engineer and the Architect*, by Aita Flury, 161-168. Basel: Birkhäuser Verlag, 2012.

39 Salvatori, Mario, e Robert Heller. *Le strutture in architettura*. Etas libri, 1987.

ricercarne le qualità formali desiderate dall'architetto. Il progetto condiviso, frutto di due o più menti che all'unisono cercano risposta a esigenze di natura funzionale, statica, estetica, punta alla creazione di opere dal risultato mirabile. Le architetture così realizzate possono assurgere allo stato di opere d'arte, frutto della maestria artigiana dei carpentieri e muratori specializzati. Le forme strutturali elaborate da Polónyi sono forme dalle quali è possibile trarre un principio, che può essere letto e rielaborato, al contrario di quanto invece avviene con alcune opere di Nervi. I pilastri del Palazzetto dello Sport a Roma, una delle sue opere più famose, conosciuta in tutto il mondo, hanno una forma strutturale che è unica, che è atto estetico. L'unico principio che si può leggere e riutilizzare è la ripetizione, infatti, il pilastro è ripetuto per sostenere l'intera cupola in calcestruzzo prefabbricato. Questo non avviene per le opere oggetto di studio, edifici religiosi, che sono frutto della grande capacità dell'ingegnere di spaziare nel vocabolario formale del materiale, il calcestruzzo armato. Lo stesso Polónyi osserva: *"Nervi ha preteso la coerenza e l'onestà della costruzione; a lungo è passato inosservato che proprio nella sua opera architettonica più interessante, il Palazzetto dello Sport a Roma, questa pretesa non sia stata soddisfatta: disponendo un cordolo perimetrale di rinforzo, si poteva rinunciare ai contrafforti a forma di Y proprio come si sarebbe potuto rinunciare ai contrafforti del Gotico."*⁴⁰ Conoscere i materiali da costruzione e il loro linguaggio formale ha permesso a Polónyi di esplorare con libertà il loro potenziale pur mantenendo con rigore sempre cristallino la loro natura, per questa ragione egli non parla di onestà della costruzione, ma unicamente di coerenza e consistenza strutturale.

40 Polónyi, Stefan. «Ehrlichkeit in der Architektur.» *Der Architekt*, 1990, H.12: 562-563

Concetto anche ribadito nei testi: - La costruzione portante come dominante architettonica in Kollhoff, Hans, et al. *Sulla tettonica nell'arte edificatoria*. Arnus University Book, 2012;

- Polónyi, Stefan. "Wissenschaftsverständnis, Tragkonstruktion, Architektur." *Daidalos*, 1985, Fascicolo 18: 33-45; Polónyi, Stefan. «Von der Statik- und Festigkeitslehre zur Tragwerkslehre.» *db. Deutsche Bauzeitung* 133, 1999, Fascicolo 12: 96-98.

“Sviluppiamo i nostri progetti ancora seguendo quando stabilito da Sullivan: “Form follows function”, secondo la “logica della forma” di Torroja, secondo le “forme-strutture” di Siegel, secondo i principi di praticità funzionale e formale e dell’onestà costruttiva, insomma. È questo che ha formato la nostra generazione.”⁴¹

I temi fin qui valutati sono stati elaborati nelle teorie dell’ingegnere strutturale con l’obiettivo di esaminare la misura nella quale la scienza dell’ingegneria strutturale possa fornire una base per la progettazione architettonica degli edifici⁴². Non esiste un modo giusto o sbagliato per realizzare una struttura portante, esistono però modi coerenti o meno per farlo. La valutazione è sempre viziata dai criteri eletti per produrla, ma è necessario riconoscere che Polónyi è rimasto sempre coerente col suo pensiero in tutte le sue opere.

1.3.2. La costruibilità della forma complessa

La ricerca strutturale, che ha fatto da ponte fra le figure dell’architetto e dell’ingegnere, si è esaurita presto. Pochi hanno perseguito come Polónyi il solco tracciato in quegli anni rendendo quest’approccio limitato alle singole architetture in cui era stato utilizzato.

Nonostante le numerosissime possibilità che oggi possediamo (di calcolo, di software, ecc.) si costruiscono sempre più scatoloni informi senza davvero riflettere sul valore della forma architettonica. Si costruiscono edifici gli uni uguali agli altri, privi d’identità e che non comunicano nulla a chi li osserva. Viceversa, si edificano anche edifici autoreferenziali, la cui complessità e forma ricercata sfruttano la cultura dell’immagine a scopo pubblicitario, alla quale la tecnica non fa che chinarsi.

41 Polónyi, Stefan. „Ehrlichkeit in der Architektur.“ *Der Architekt*, 1990, Fascicolo 12: 562-563.

42 Cfr. Polónyi, Stefan. «Wissenschaftsverständnis, Tragkonstruktion, Architektur.» *Daïdalos*, H. 18, 1985: 33-45; Polónyi, Stefan. «Der Einfluß des Wissenschaftsverständnisses auf das Konstruieren.» *Zur Geschichte des Konstruierens*. Hrsg. Rainer Graefe. - Stuttgart: Deutsche Verlagsanstalt, 1986: 237-245.

L'ingegner Stefan Polónyi ha speso l'intera vita professionale nel veicolare la costruzione verso una forma strutturale coerente. Fu spesso criticato dai suoi colleghi ingegneri per attaccare troppo i calcoli, tuttavia a differenza di altri che non hanno cercato costruzioni ragionevoli ma strutture facili da calcolare⁴³, la complessità di una costruzione non l'ha mai spaventato, anzi, rappresentava il motore propulsore della sua creatività. E' sempre stato alla ricerca di soluzioni sempre più convincenti e staticamente corrette per risolvere i problemi di stabilità delle strutture.

Polónyi non crede nelle forme in sé, e questo gli ha permesso di non essere ancorato a idee preconcepite. Ha sempre cercato di trasformare le visioni dell'architetto in realtà cercando di aiutare i colleghi progettisti ad andare oltre i loro limiti immediati dell'esperienza⁴⁴.

Secondo quanto dichiarato da Frei Otto in occasione del conferimento del premio DAI a Stoccarda il 22 maggio 1998⁴⁵, Polónyi *"ha reso costruibile l'incostruibile"*, tuttavia la sua ricerca non si è mai rivolta all'espressionismo strutturale fine a se stesso. Talvolta esso è presente quasi come vezzo che concede a se stesso, basti pensare alle linee sinuose che formano i ponti di Steg-Ost a Buga, Nordsternpark Gelsenkirche e Straßenbrücke in Oberhausen.

1.3.3. Il ruolo dei modelli nella pratica progettuale di Polónyi

I modelli in architettura sono un vero e proprio strumento di rappresentazione il cui utilizzo nella pratica progettuale dell'ingegner Polónyi non è comunicativo di un'idea progettuale, ma di verifica a vari gradi e livelli di

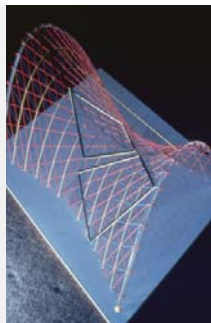
43 Cfr. Kollhoff, Hans, et al. Sulla tettonica nell'arte edificatoria. Arnus University Book, 2012.

44 Cfr. Kleefisch-Jobst, Ursula. "Perceptive partner. On the collaboration of Stefan Polónyi with various architects" In *Tragende Linien - Tragende Flächen. Bearing Lines - Bearing Surfaces*. Axel Menges, 2012.

45 Otto, Frei. «Laudatio für Stefan Polónyi.» *Baukultur*, 1998, Fascicolo 5: 56-58.

TIPI DI MODELLI UTILIZZATI NELLA PRATICA PROGETTUALE E NELLA DIDATTICA DA STEFAN POLÒNYI

MODELLO
GEOMETRICO



Consente di visualizzare tridimensionalmente la geometria e di conseguenza anche di scorgerne gli eventuali problemi nei quali potrebbe incorrere. Il modello geometrico rende manifeste le implicazioni costruttive della forma strutturale.

Modello geometrico di una struttura. Fonte: A:AI Dortmund

MODELLO
VOLUMETRICO



Il modello volumetrico è una rappresentazione sintetica dell'architettura, dà misura e corpo agli intenti concettuali e permette di perfezionare l'idea progettuale. Con questo tipo di modello è anche possibile verificare le condizioni illuminotecniche di captazione della luce naturale.

Modello della chiesa di St. Hedwig. Fonte: A:AI Dortmund

MODELLO
COSTRUTTIVO



Il modello costruttivo ha una definizione più raffinata rispetto a quello volumetrico e permette di vagliare la compatibilità statica con l'invenzione compositiva. Rende manifesta la spazialità virtuale del progetto architettonico andando oltre le astratte convenzioni grafiche del disegno.

Modello della chiesa di St. Hedwig. Fonte: A:AI Dortmund

MODELLO
STRUTTURALE



I modelli strutturali assolvono alla funzione di verifica delle intuizioni statiche.

Modello della chiesa di St. Paulus. Fonte: A:AI Dortmund

MODELLO
INTERPRETATIVO



Spiega il principio strutturale che governa l'architettura cui è riferito. E' un modello astratto. E' utilizzato come modello dimostrativo nella pratica dell'insegnamento.

Modello esplicativo del funzionamento statico della chiesa di St. Paulus. Fonte: <https://opusc.com/en/news/81-ausgabe-03-201265/379-tragende-linien-und-flaechen>

Fig. 1.14

definizione del progetto. Quasi completamente inediti⁴⁶ i modelli rivestono un ruolo fondamentale nella sua pratica progettuale anche se non centrale nel processo decisionale. Infatti, nell'articolo pubblicato su *Der Architekt* dal titolo *Modelli per l'ingegneria strutturale*⁴⁷, afferma che il suo lavoro si svolge quasi interamente a livello mentale e che lo sviluppo di disegni e modelli è unicamente relegato a una fase di controllo e ovviamente comunicazione. Col disegno le relazioni geometriche sono supervisionate, mentre col modello è possibile valutare l'effetto estetico che le proporzioni immaginate restituiscono.

Sulla base dell'osservazione delle immagini⁴⁸ (fotografie, diapositive, ed anche fotomontaggi) contenute nell'A:Al Dortmund si può affermare che la

46 Il modello strutturale in vetro acrilico realizzato per la verifica della chiesa di St. Paulus è stato pubblicato nel testo *Tragende Linien - Tragende Flächen. Bearing Lines - Bearing Surfaces*, Kleefisch-Jobst, et al. 2012, da S. Hnilica che, lavorando presso l'archivio nel quale è conservato il lascito dell'ingegnere, ha potuto, avere al pari mio, piena conoscenza del lavoro svolto nelle fasi progettuali e quindi anche il ruolo fondamentale che hanno rivestito i modelli nello svolgimento della pratica progettuale. Polónyi ha pubblicato gli esiti del suo lavoro di progettazione, e non i modelli che ha utilizzato.

47 Polónyi, Stefan. «Modelle für die Tragwerksplanung.» *Der Architekt*, 1989: H. 4, 199-201.

48 Cfr. paragrafo 1.2.1 L'importanza delle immagini e dell'aggiornamento continuo

Fig. 1.15

TIPI DI MODELLI UTILIZZATI PER IL DESIGN STRUTTURALE

MODELLO PER LA DETERMINAZIONE DEL CARICO DEL VENTO	MODELLO PER LA DETERMINAZIONE DELLA FORMA STRUTTURALE	MODELLO PER L'ANALISI DEL COMPORTAMENTO STRUTTURALE
Utile per la determinazione del carico del vento di strutture dalla geometria complessa. Necessario al fine di ottenere una realistica valutazione del comportamento strutturale di un edificio.	Esempi di tali modelli di form-finding sono le sperimentazioni di Antoni Gaudì, Frei Otto e Hans Isler.	Necessari per la determinazione del comportamento strutturale di architetture dalla struttura portante complessa non accessibile per via matematica.

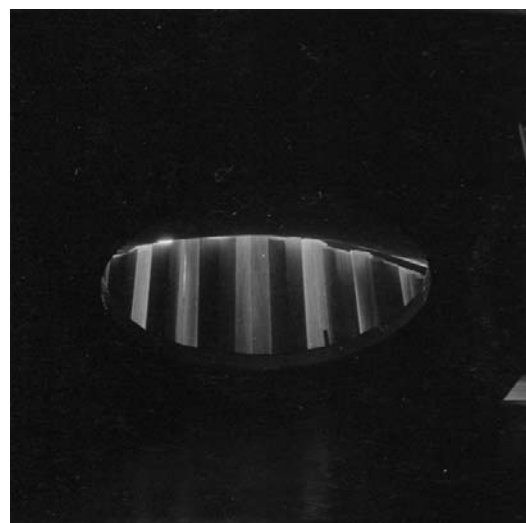
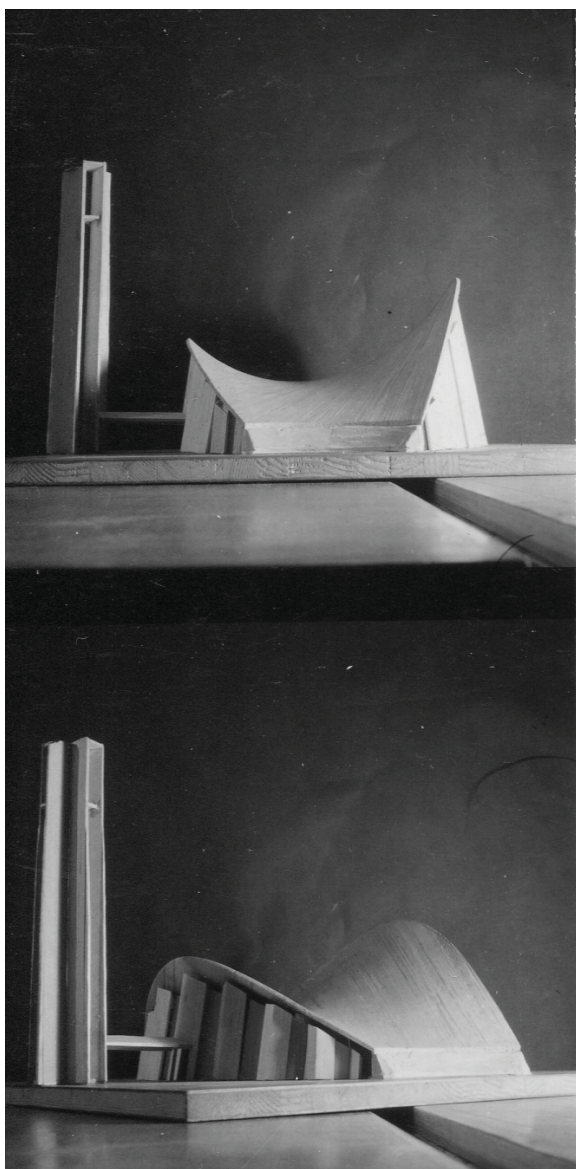


Fig.1.16
Fotografie del modello volumetrico che mostrano lo studio della relazione altimetrica e volumetrica fra l'aula liturgica e la torre campanaria (non realizzata) ed anche la loro relazione formale, Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW.

Fig.1.17
Fotografia dell'interno del modello volumetrico effettuata per lo studio della luce naturale all'interno dell'edificio, Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW.

(Cfr. Volume III)

conservazione di tale apparato documentario avesse come scopo principale quello di essere dimostrativo del metodo di lavoro e dell'approccio al progetto nello svolgimento dell'attività d'insegnante. Il ruolo primario nella formulazione teorica dell'analisi delle strutture rivestito dai modelli invece è evidenziato da Karl-Eugen Kurrer⁴⁹. Riassume in dieci punti il nuovo concetto di calcestruzzo armato creato da Polónyi e il suo team, il decimo punto infatti recita: *"In linea di principio si dovrebbero usare solo le formule derivate da un modello*

49 Kleefisch-Jobst, Ursula, Peter Köddermann, Katrin Lichtenstein, e Wolfgang Sonne. *Stefan Polónyi: Tragende Linien - Tragende Fläche. Bearing Lines - Bearing Surfaces*. Stuttgart: Axel Menges, 2012, p.43

fisico".

La storia dell'architettura è molto ricca di esempi di modelli architettonici, realizzati con modalità e finalità assai differenti. Il modello non è stato necessariamente uno strumento di lavoro che possiede complementarità col disegno architettonico⁵⁰. Fra i suoi utilizzi molteplici la possibilità di impressionare e sedurre il committente per vendere un progetto, accelerare il calcolo dei costi, trasmigrare e rinnovare i linguaggi architettonici⁵¹, scegliere fra più soluzioni mediante la realizzazione di più modelli, definire in scala 1:1 i dettagli e non da ultimo mostrare la facies di un edificio a chi possiede un deficit visivo. L'argomento è di natura molto complessa e il suo studio è stato scoraggiato nel tempo a causa delle esigue testimonianze materiali giunte fino ai nostri giorni a causa dei materiali deperibili con i quali sono stati realizzati⁵². La trattazione che segue intende fornire una descrizione sintetica, corredata da alcune immagini, dei tipi di modelli utilizzati da Polónyi e dagli architetti con i quali ha collaborato illustrandone il fine cui comunemente sono destinati.

Un **modello geometrico** consente di visualizzare tridimensionalmente la geometria e di conseguenza anche di scorgerne gli eventuali problemi. Il modello geometrico quindi ha lo scopo di rendere manifeste le implicazioni costruttive della forma strutturale. È realizzato principalmente qualora la forma dell'architettura sia complessa da un punto di vista matematico e

50 Bruno Reichlin parla della dicotomia fra pieno e vuoto nel rapporto fra disegno e modello di architettura nel discorso dal titolo "Guardare il modello, strizzando gli occhi" tenuto presso l'Accademia Nazionale di San Luca il 12 aprile 2016 in occasione del seminario internazionale *Il modello architettonico. Funzione ed evoluzione di uno strumento di concezione e realizzazione*. Ciò che nel disegno è 'vuoto', circondato solo da una linea spessa poiché 'sezionato', diventa il 'pieno' del modello. Ciò che è 'pieno' di linee nel disegno, che permettono di visualizzare la spazialità di una volta ad esempio, è il 'vuoto' nel modello.

51 I dettagli classicheggianti, durante il periodo di rinnovo dei linguaggi architettonici, furono appresi dalle maestranze e riprodotti in cantiere attraverso plastici in scala 1:1.

52 Solo in tempi molto recenti si pensa al ciclo vitale del modello e la sua *after life* nei musei, una vita nuova, al di là della funzione che era chiamato ad assolvere nelle fasi progettuali.

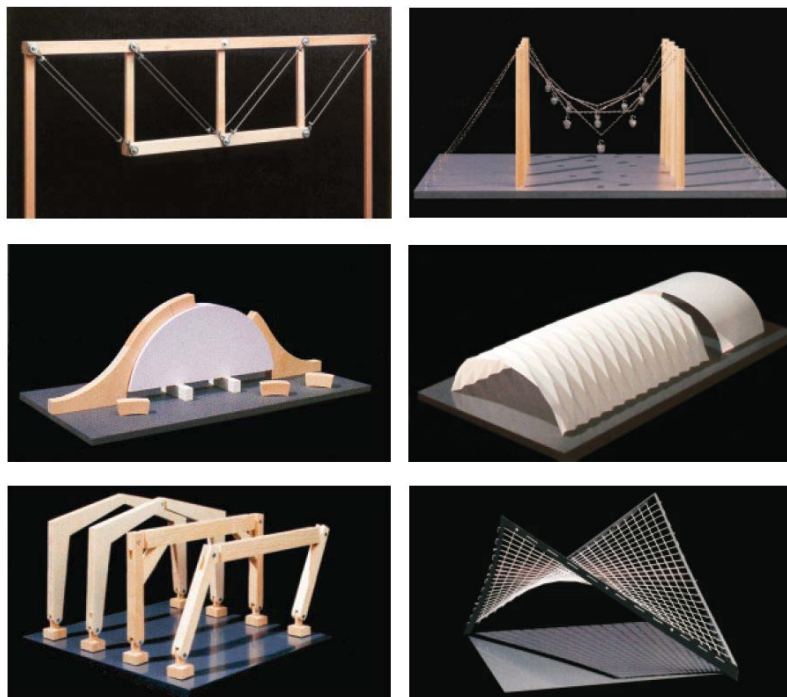


Fig.1.18
Modelli interpretativi realizzati per la mostra intitolata *Tragende Linien - Tragende Flächen* tenutasi a Dortmund fra il 5 e il 24 giugno 2012, Kleefisch-Jobst, Ursula, Peter Köddermann, Katrin Lichtenstein, e Wolfgang Sonne. *Stefan Polónyi: Tragende Linien - Tragende Fläche. Bearing Lines - Bearing Surfaces.* Stuttgart: Axel Menges, 2012.

costruttivo.

Il **modello volumetrico** è una rappresentazione sintetica dell'architettura, dà misura e corpo agli intenti concettuali e permette di perfezionare l'idea progettuale. Restituisce un'immagine costruttiva e permette una valutazione sulla tettonicità, sulla rispondenza delle forme di un edificio agli elementi e agli aspetti della costruzione. Ha lo scopo di visualizzare l'idea progettuale sotto forma di spazio costruito. Permette di osservare i rapporti fra i volumi e, talvolta, di chiarire il rapporto fra l'oggetto costruito e il contesto. È realizzato ad una scala che non consente di visualizzare dettagli costruttivi. Con questo tipo di modello è anche possibile verificare le condizioni illuminotecniche di captazione della luce naturale. Un esempio di quest'utilizzo si ritrova nelle fotografie scattate al modello volumetrico della chiesa di St. Suitbert (fig.XX e YY), un modello probabilmente realizzato per parti smontabili che hanno permesso di valutare la qualità formale del muro pieghettato che recinge la struttura.

Il **modello costruttivo** ha una definizione più raffinata rispetto a quello

volumetrico e permette di vagliare la compatibilità statica con l'invenzione compositiva. Rende manifesta la spazialità virtuale del progetto architettonico andando oltre le astratte convenzioni grafiche del disegno. Una delle scale di rappresentazione più utilizzata per il singolo edificio è 1:50 poiché permette di ottenere un livello di dettaglio maggiore.

*“Quando l'analisi matematica di un problema di estrema difficoltà non può essere svolta rapidamente ed economicamente, il progettista può risolvere il problema con prove eseguite su un modello della struttura. La costruzione di un modello in scala ridotta esige una profonda conoscenza delle proprietà dei materiali, cioè l'adozione di giusti rapporti di scala per spessori e lunghezze (che in genere differiscono tra loro) e caratteristiche meccaniche ed elastiche per i carichi statici e dinamici”*⁵³. Le parole di Salvatori e Heller ricalcano alla perfezione il metodo e le conoscenze che Stefan Polónyi ha messo in atto nell'analisi strutturale delle complesse architetture che ha realizzato. Il **modello strutturale** assolve la funzione di verifica delle intuizioni statiche, è una vera e propria *“macchina attiva”*⁵⁴. *“Non sono modelli fatti per piacere o per compiacere: il loro fine ultimo non è la verifica plastica del volume [...] ma la scommessa sulla logica del loro funzionamento. Sono vere e proprie “cavie” su cui testare le leggi della statica e della dinamica dei corpi”*⁵⁵. Nella realizzazione del modello strutturale bisogna prestare molta attenzione alla scala di rappresentazione poiché mentre le grandezze geometriche sono governate in modo proporzionalmente lineare, la stessa cosa non avviene per le grandezze fisiche. Questi rapporti, detti di similitudine, sono governati dalla teoria dei modelli. *“Due sistemi (nel nostro caso il modello e il suo prototipo*

53 Salvatori, Mario, e Robert Heller. *Le strutture in architettura*. Etas libri, 1987

54 Si riprende qui una definizione di Bruno Reichlin, tratta dal discorso dal titolo *“Guardare il modello, strizzando gli occhi”* tenuto presso l'Accademia Nazionale di San Luca il 12 aprile 2016 in occasione del seminario internazionale *Il modello architettonico. Funzione ed evoluzione di uno strumento di concezione e realizzazione*.

55 Neri, G. *Capolavori in miniatura. Pier Luigi Nervi e la modellazione strutturale*. Città Studi edizioni, 2014.

di riferimento) si dicono *fisicamente simili qualora, esistendo la corrispondenza geometrica tra i punti dei due sistemi, le grandezze della stessa natura fisica abbiano nei punti corrispondenti rapporto costante. La completa similitudine è raggiunta quando i rapporti adimensionali tra le grandezze che caratterizzano il problema assumono nel modello l'identico valore numerico che presentano nel prototipo*⁵⁶. Rispettando le leggi di similitudine dovranno inoltre essere riprodotte le azioni che agiranno durante la sua vita utile (peso proprio, carichi accidentali, azioni del vento e sismiche, ecc.). I risultati ottenuti vanno elaborati per risalire al comportamento della struttura reale. I procedimenti descritti per la realizzazione e successivamente per l'interpretazione dei dati sono oggetto della "modellazione strutturale" (o structural modeling).

La chiesa di St. Paulus a Neuss-Weckhoven⁵⁷ è stata oggetto di modellazione strutturale, con il suo sistema a superfici portanti piegate era una struttura dal funzionamento statico solo intuibile ma non calcolabile. *"Pertanto, il progetto è stato testato per la deformazione a trazione per mezzo di un modello di vetro acrilico presso l'Istituto di modellazione strutturale all'Università Tecnica di Berlino, che era stato fondato da Polónyi"*⁵⁸.

Nell'articolo *Modelli per l'ingegneria strutturale* Polónyi inoltre elenca i tipi di modelli utilizzati per il progetto strutturale, che possono essere tutti ricondotti ai modelli strutturali di cui sopra: **modelli per la determinazione del carico del vento**, modelli per la determinazione della forma strutturale e modelli per l'analisi del comportamento strutturale.

I primi determinano il carico del vento di strutture dalla geometria complessa, il loro utilizzo si rende necessario al fine di ottenere una realistica valutazione del comportamento strutturale di un edificio qualora sia di difficile

56 Neri, G. *Capolavori in miniatura. Pier Luigi Nervi e la modellazione strutturale*. Città Studi edizioni, 2014, pp.22-23

57 Crf. paragrafo 2.3. Caso studio: St. Paulus, Neuss-Weckhoven, 1966-67

58 Hnilica, Sonja. "Structure and transcendence. Churches by Stefan Polónyi." In *Tragende Linien - Tragende Flächen. Bearing Lines - Bearing Surfaces*. Axel Menges, 2012.

interpretazione puramente matematica.

I **modelli per la determinazione della forma strutturale** sono utilizzati invece quando è la forma a essere l'incognita e il modello è al tempo stesso strumento di formazione e verifica della possibilità costruttiva. Esempi di tali modelli di form-finding sono le sperimentazioni di Antoni Gaudì, Frei Otto e Hans Isler. Sempre più spesso oggi si utilizzano sistemi computazionali per la determinazione della forma strutturale. Polónyi non diniega l'uso del computer per questo tipo di utilizzo, anzi, la possibilità di una correzione immediata della geometria e di osservazione multidirezionale dell'oggetto tridimensionale rende il modello informatizzato un valido strumento di supporto alla progettazione strutturale.

Infine i **modelli per l'analisi del comportamento strutturale** sono consigliati da Polónyi qualora la determinazione del comportamento strutturale di architetture dalla struttura portante complessa non sia accessibile per via matematica o le leggi matematiche per quei determinati materiali da utilizzare non siano formulate in modo soddisfacente. È il caso del calcestruzzo armato, tuttavia per ottenere risultati soddisfacenti talvolta è necessario superare di scala dei modelli e passare alla verifica su prototipi, realizzati questi in casa 1:1 o 1:2.

Nell'esposizione dal titolo: *Linee portanti - Superfici portanti. Principi costruttivi nelle opere di Stefan Polónyi* le architetture dell'ingegnere strutturale sono esposte con immagini e modelli con lo scopo di comunicare al visitatore i principi costruttivi che le hanno informate. La figura 1.14 mostra, nell'immagine che fa riferimento al **modello interpretativo**, in primo piano il modello in carta piegata che rappresenta una volta a botte realizzata con la tecnica origami della piega Yoshimura⁵⁹ e in secondo piano un semplice foglio di carta semplicemente ancorato alla base. Questi due modelli sono stati realizzati

59 Cfr. Glossario alla voce piega Yoshimura.

al fine di stabilire un rapporto empatico del visitatore della mostra con gli oggetti esposti, si tratta infatti di un modello interpretativo particolare poiché **interattivo**. Attraverso un rapporto tattile che il visitatore è chiamato a svolgere si può comprendere all'istante il significato di "funzionamento per forma". La mostra, supervisionata dallo stesso Polónyi, era finalizzata a un approccio didattico-educativo al tema statico, sedimentando nel visitatore il ricordo dell'esperienza tattile vissuta è possibile comprendere anche per un non addetto ai lavori il comportamento statico di un sistema costruttivo. Non era importante mostrare solo le immagini del lavoro finito, ma mostrare come le strutture stanno in piedi.

Il modello interattivo quindi è un modello astratto il cui scopo è comunicativo. Si tratta dell'unico caso in cui la valenza del modello non è di verifica in senso lato. I vari modelli verificano la bontà dell'idea geometrica di base, delle idee compositive, costruttive e strutturali.

I modelli interpretativi possono quindi essere utilizzati anche a scopo didattico. Tuttavia è fondamentale osservare che, nonostante l'importanza attribuita a questo strumento da Polónyi, vengano considerati dall'ingegnere comunque uno strumento limitato. Un modello è comunque qualcosa di fisso che non permette al progettista di valutare tutte le implicazioni di una forma strutturale. Per questa ragione deve sempre venir messo in secondo piano rispetto la capacità di formare e educare il pensiero a ragionare in maniera tridimensionale. Modelli e disegni in proiezioni piane sono unicamente supporti alla progettazione. *"L'ingegnere strutturale non costruisce né col modello né sul tavolo da disegno, costruisce nella testa"*⁶⁰.

60 Polónyi, Stefan. «Modelle für die Tragwerksplanung.» *Der Architekt*, 1989: H. 4, 199-201.

1.4. Bibliografia del capitolo

Gaarder, Jostein. *Il mondo di Sofia*. Longanesi C., 1994.

Gerhardt, Rolf. «Tragende Linien - Tragende flächen. Konstruktionsprinzipien im Werk von Stefan Polónyi.» *Archplus* 206-207 (s.d.): 2-3.

Jesberg, Paulgerd. «Qualität des Konstruktiven in der Architektur.» *Baukultur*, 1998, Fascicolo 3: 72-73.

Kleefisch-Jobst, Ursula, Peter Köddermann, Katrin Lichtenstein, e Wolfgang Sonne. *Stefan Polónyi: Tragende Linien - Tragende FLäche. Bearing Lines - Bearing Surfaces*. Stuttgart: Axel Menges, 2012.

Kollhoff, Hans, et al. *Sulla tettonica nell'arte edificatoria*. Arnus University Book, 2012.

Moretti, Luigi. «Struttura come forma.» *Spazio* 6 (1951): 21-30, 110.

Musmeci, Sergio. «Le tensioni non sono incognite.» *Parametro*, 1979.

Neri, G. *Capolavori in miniatura. Pier Luigi Nervi e la modellazione strutturale*. Città Studi edizioni, 2014.

—. Pier Luigi Nervi. *Ingegneria, architettura, costruzione. Scritti scelti 1922-1971*. Città Studi edizioni, 2014.

Nervi, Pier Luigi. *Scienza o arte del costruire? Caratteristiche e possibilità del cemento armato*. Cinisello Balsamo: Mendrisio Academy Press, 2014.

Otto, Frei. «Laudatio für Stefan Polónyi.» *Baukultur*, 1998, Fascicolo 5: 56-58.

Panei, Roberto. «Il «forte» dell'arte: una nuova sala per esposizioni a Bonn.» *L'Industria Italiana del Cemento*, 1994/6: 402-419.

Pigafetta, Giorgio, e Antonella Mastrorilli. *Il declino della firmitas. Fortuna e contraddizioni di una categoria vitruviana*. Firenze: Alinea, 1998.

Pizzetti, G., e A. M. Zorgno Trisciuoglio. *Principi statiti e forme strutturali. Le strutture in architettura*, 1987.

Polónyi, Stefan. «Das Dortmunder Modell Bauwesen.» *Bauwelt* 78, 1987, Fascicolo 34: 1226-1229 (1245).

Polónyi, Stefan. «Der Einfluß des Wissenschaftsverständnisses auf das Konstruieren.» *Zur Geschichte des Konstruierens. Hrsg. Rainer Graefe. - Stuttgart: Deutsche Verlagsanstalt*, 1986: 237-245.

Polónyi, Stefan. «Der Tragwerksingenieur und seine Wissenschaft.» *Die Bautechnik*, 59, H.9, 1982: 282-295.

Polónyi, Stefan. «Die Ausbildung der Bauwerksplaner - Architekten und Ingenieure der Zukunft.» *Baukultur*, 1990, H.4: 32-35.

Polónyi, Stefan. «Die Ausbildung von Architekten und Ingenieuren nach dem "Dortmunder

Modell Bauwesen".» *Deutsches Architektenblatt* 27, 1995, H.6: 1040-1041.

Polónyi, Stefan. «Ehrlichkeit in der Architektur.» *Der Architekt*, 1990, H.12: 562-563.

Polónyi, Stefan. «Interpretare le strutture portanti, dell'architettura.» *Lotus International* 79, 1993: 79-87.

Polónyi, Stefan. «Kooperation (zwischen Architekten und Ingenieuren).» *Deutsches Architektenblatt* 28, 1996: H. 6, 1216.

Polónyi, Stefan. «Modelle für die Tragwerksplanung.» *Der Architekt*, 1989: H. 4, 199-201.

Polónyi, Stefan. "On Designing Structures." In *Cooperation. The Engineer and the Architect*, by Aita Flury, 161-168. Basel: Birkhäuser Verlag, 2012.

Polónyi, Stefan. «Von der Statik- und Festigkeitslehre zur Tragwerkslehre.» *db. Deutsche Bauzeitung* 133, 1999, Fascicolo 12: 96-98.

Polónyi, Stefan. «Wissenschaftsverständnis, Tragkonstruktion, Architektur.» *Daidalos*, H. 18, 1985: 33-45.

Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

Robotti, Ciro, e Francesco Starace. *Il disegno di architettura. L'antico, i giardini, il paesaggio*. Cavallino di Lecce: Capone Editore, 1993.

Salvatori, Mario, e Robert Heller. *Le strutture in architettura*. Etas libri, 1987.

Torroja, E. *La concezione strutturale. Logica ed intuito nella ideazione delle forme*. Milano: Città Studi Edizioni, 1995.

CAPITOLO 2. LE STRUTTURE CORRUGATE E I PROGETTI DI STEFAN POLÓNYI

Chapter two. Folded plates and Stefan Polónyi's projects

2.1. Folded plates

2.1.1 Birth and development of folded plates in reinforced concrete

Around the 1950s, folded plates were born. They are experimental architectures, groundbreaking works from an engineering point of view which have put the field of structural mechanics to the test. Through the analysis of folded plates, it is possible to note how men, beyond the locale and the way to build and to conceive of materials, but also beyond the architectural history of their home country, have been able to recognise new possible shapes in the history of the possible shapes, working in close collaboration and fixing these shapes without having a real contact with each other. Despite being structures characterized by formal beauty and extreme lightness, they underwent a rapid decline at the end of the 1960s, also because of the high construction costs. The brief list of the works made out of reinforced concrete folded plates which is reported in the chapter does not claim to be exhaustive as far as the professionals who have used it or the possible formal results deriving from it are concerned. Rather, it is meant to be a reflection on the scientific and mathematical thought which produced a new language deriving from the material culture and which had the ambition to become universal.

2.1.2 Strength based on shape and mass

Strong morphologies are the result of the close link between a given geometrical shape and the relative strength which it is able to produce. It is possible to differentiate the structural typologies into two groupings by reference to the principle that is at the basis of their ability to withstand the imposed stresses: their strength may depend on their shape or on their mass. The shape given to folded plates generally depends on a process of structural optimization which tends to make the structure work by means of a mechanism as much as possible adherent to the shape-based resistance.

2.1.3 The surfaces for the definition of structural shapes

Folded plates are constituted by flat structural surfaces connected to each other along the border which form structures folded at different angles. They are three-dimensional shapes pertinent to the geometry of the continuous. The transfer of the forces takes place through their intersection lines and their borders, which provide for mutual support. A flat structural surface can generate two different mechanisms of resistance: the mechanism of the slabs and the mechanism of the plates. On the side of the structural surfaces that compose folded plates, forces that are transferred through membrane forces occur, thus an interrelation between the two mechanisms takes place. External forces are transferred to the borders of the plate elements. Right there, the reaction is shared by the adjacent elements that are charged as plates. This complex transmission of the loads allows structures to bear the loads because of the mutual support of structural surfaces.

2.1.4 Geometry and morphology of folded plates

A wide-ranging analysis on folded plates is proposed. Such analysis follows a process of formal simplification. In this study, it has been chosen to analyse some significant works by using a synoptic table that puts in relation the load-bearing capacity, the geometry that underpins the folding system and the materials used.

2.1.5 Other materials for folded plates: wood

The arrival of fiberglass reinforced plastic first and then the development of large-format wooden panels made of lamellar plywood have opened up new development perspectives as to folded plates. By the time passed, the use of such structures has shifted from the building of whole structures cast in ribs to the use of prefabricated elements, whose reciprocal relation carried out on-site is the tectonic joint of the building. In the chapter, recent developments in the area of wooden folded plates is also taken into account. The use of panels made of lamellar wood linked to the

potentialities represented by numerically controlled machines, that has been analysed starting from tessellations developed in the field of Japanese origami art, is of considerable interest.

2.1.6 Considerations on folded structures in the recent period

Contemporary folded plates draw inspiration from the structural reasons that have characterized the first experimenters' research. Many high-tech and folding techniques arise from the research about the structural minimum which flourished in the 1950s-1960s by means of nature observation. The study about folded plates has become the development of the architectural origami. The origami approach has influenced the definition of the structural shape modifying its morphogenetic process and introducing the fundamental prototyping on paper. The folding issue has become a concern in computational geometry.

2.2. Polónyi's work between lines and bearing surfaces

Polónyi's work can be illustrated by dividing it between the lines and the bearing surfaces. The pictures in this paragraph represent significant architectural works by Stefan Polónyi. The aim is to illustrate the extensive production in his long career and his international colleagues such as Oswald M. Ungers, Rem Koolhaas, Jean Nouvel, Harald Deilmann, Josef Paul Kleihues, Josef Lehmbruck, Fritz Schaller, Ian Ritchie, Santiago Calatrava e Peter Neufert.

2.2.1. The use of drawing as tool for the knowledge

The architectures under study are analyzed by using the redrawing tool. Through the graphic representation in in this work, I intended to return an interpretation of the work by engineer Stefan Polónyi.

2.3. Case of study: St. Paulus, Neuss-Weckhoven, 1966-67

2.3.1. The St. Paulus parish center

The construction of the parish centre in Weckhoven began in the summer of 1966 and was completed around the middle of 1969. The design was assigned directly to Fritz Schaller.

2.3.2. The choice of engineer Polónyi as a structural engineer and the genesis of the project

Fritz Schaller contacted Polónyi, then the project was followed by his son Christian. The overall shape of the building comes from functional and aesthetic needs, the idea of using a corrugated structure stems from the need to stabilize a structure at the same time tall, elongated, and conical in two directions. It has also two double apses.

2.3.3. St. Paulus' church construction

Construction needed extraordinary attention during the construction phases. Before assembling the wooden formwork, the entire area of the church had to be equipped with scaffolding made of steel tubes. Armor detail designs were made by designer Georg Hörnicke of Polónyi's studio, but they were difficult to understand and execute. The structure was built in shotcrete. The outer coating was made of copper plate.

2.3.4. The construction of the Weckhoven bell tower

The tower has a square base, it is made up of a concrete structure and, at the top, of a wooden corrugated structure. She has also received the coating in copper plate. The church and the bell tower have different orientation. They represent the urban landmark of the town.

2.3.5. The completion of the parish center

The extension project had already been indicated in the general planning by Schaller, which included low buildings made by bricks in the facades with planar roofs.

2.3.6. The internal configuration of St. Paulus

At the time of completion in 1968, the interior of the church was quite bare. Then were purchased the sacred furnishings and bells that still ring in Weckhoven.

2.3.7. The constructive grammar of the folded plate structures

The St. Paulus Church is one of the most complex folded plate structures in the world. The liturgical room is constructed from an irregular planimetry that reaches 36.6 m in longitudinal length and 30.1 m in transverse length, and a maximum height of 14.76 m.

Although the church is structurally a unit, the structure of the liturgical room can be divided into the following components: folded plates arches, perforated plates, folded plates walls, side walls and beams.

Corrugation has not an aesthetic purpose. The structural designer conferred that particular form for the religious building because that allowed him to locate the stresses at certain specific points in order to handle them precisely through the geometric conformation. It can then be concluded that even if no building has a pure strength based on shape, it is through the structural form that the building optimizes the management of stresses.

2.4. Other buildings designed with folded plates

Other examples of the mastery with which the structural form created the entire building just in one gesture, are the other corrugated structures realized by Polónyi. The construction difficulties and the enormous production costs did not produce a large number of objects, but very few architectures of extreme complexity and quality.

*Among these stands a prefabricated structure of the **Cologne Stadium Tribune**. The design of the corrugated structure for the church of **St. Remigius** in Wuppertal-Sonnborn, which was also designed with Fritz Schaller, remained on paper, while small experiments in prefabricated structures are the projects for the roofs of **gasolin stations**. In Wuppertal-Cronenberg Polónyi built an example of a corrugated wooden structure, the church of **St. Ewalde**.*

2.1. Le strutture corrugate

Svolgere una missione all'estero durante la tesi di dottorato implica che, in un tempo relativamente ristretto, si debba recuperare quanto più materiale possibile dagli archivi. A volte si passano giorni interi con i guanti bianchi a sfogliare i disegni, a immaginare come siano state ideate le architetture che, al momento della realizzazione di quei segni a matita sulla carta ormai ingiallita, erano presenti solo nella mente del progettista. Capita, se si è abbastanza fortunati come lo sono stata io, che il progettista passi dall'archivio proprio mentre sei intenta a sfogliare, fotografare, scansionare materiale, e che, mentre provi a spiegare il tuo interesse per le sue opere, e in particolare, per una delle strutture in calcestruzzo armato piegato più intricate al mondo che egli ha realizzato, l'incredulo progettista prenda un foglio di carta, lo stropicci, gli dia una forma a volta. Sotto i tuoi occhi si dimostra così, senza la necessità di alcuna parola, il funzionamento di una struttura corrugata.



Fig.2.01 Stefan Polónyi con un modello in carta stropicciata spiega il funzionamento di una struttura che lavora per forma, https://www.bme.hu/hirek/20170303/Tisztelges_Polonyi_Istvan_eletmuve_elott

2.1.1. Nascita e sviluppo delle strutture corrugate in calcestruzzo armato

Le nuove possibilità costruttive legate principalmente allo sviluppo del calcestruzzo armato hanno ampliato il repertorio delle forme architettoniche in maniera significativa intorno agli anni cinquanta del secolo scorso. È in questo periodo che le strutture corrugate sono nate e si sono sviluppate.

In principio il calcestruzzo armato, così come avvenne per altri materiali 'nuovi' come la ghisa e l'acciaio, non fu sfruttato per le sue potenzialità, e fu costretto entro forme del passato che ne mascheravano l'anima innovativa. Progettare con un nuovo materiale prima di comprenderne le reali risorse significa non poterle sfruttare al meglio e perseguire obiettivi ottenibili anche con la conoscenza materiale consolidata. In seguito il nuovo materiale fu 'plasmato' da progettisti innovativi che hanno fatto propria la più importante caratteristica del calcestruzzo: la 'colabilità'. Questa caratteristica favorì e sollecitò la fantasia, l'iniziativa e le capacità del singolo individuo, il quale si trovò di fronte a sfide completamente nuove. Le sperimentazioni che si sono succedute da quel momento in poi hanno permesso un impiego con spessori strutturali sempre più ridotti. Questo avvenne nei primi anni del Novecento in cui si afferma l'idea che il nuovo sistema costruttivo debba possedere un proprio linguaggio architettonico. Auguste Perret fu uno dei primi a proporre l'idea di verità strutturale, a introdurre delle costruzioni in calcestruzzo armato in cui struttura e forma coincidono, sulla scorta dei principi ricavati dagli scritti di Viollet-Le-Duc. Negli anni Venti-Trenta la tecnica del calcestruzzo armato è già affermata e nascono e si diffondono strutture che permettono la creazione di spazi ampi senza l'utilizzo di appoggi intermedi: le strutture a guscio. Da queste strutture furono poi sviluppate quelle corrugate, nate per estensione concettuale della piastra sottile soggetta a flessione. Si tratta di membrature formanti un insieme prismatico rigido resistente per forma alla flessione, ottenibili con i più diversi materiali, ed estremamente leggere.

Queste strutture surrogano, *“per molte prestazioni, il guscio avente superficie continua a doppia curvatura, specialmente nelle coperture a botte, a cupola, a shed”*¹. I gusci consentivano di realizzare coperture su grandi luci mantenendo il peso proprio delle strutture tuttavia relativamente alto. Per ridurlo una delle strategie che sono state adottate, consiste nella realizzazione di ‘pieghe’ che aumentano la resistenza della struttura diminuendone spessore e peso proprio². È difficile stabilire quale sia il primo esempio di membratura corrugata o a quale progettista ha per primo utilizzato queste strutture. Tagliaventi ritiene³ che un prototipo di queste strutture, un antecedente, possa essere costituito dai due **hangars gemelli** progettati da Freyssinet **per l'aeroporto di Orly** realizzati fra il 1921 e il 1923. *“La soluzione originale e geniale al contempo, E. Freyssinet la ottiene attraverso una serie di archi parabolici di sezione sottile (9 cm), che connessi tra loro creano una superficie ondulata, simile a quella di un cartone corrugato”*⁴.

Nei primi anni della modernità le questioni della forma e dello spazio sono preponderanti. Col riconoscimento delle qualità plastiche del calcestruzzo armato e influenzati da correnti pittoriche quali l'espressionismo e il cubismo, gli architetti del primo moderno sfruttano il potenziale espressivo del nuovo materiale. L'idea alla base del massimo sfruttamento espressivo del calcestruzzo sta nel realizzare strutture che coprano ampie luci con elementi rigidi ma di peso e spessore ridotto.

Edoardo Torroja, Felix Candela, Pier Luigi Nervi, Sergio Musmeci, Santiago Calatrava sono conosciuti per essere i principali protagonisti delle

1 Engel, Heino. *Atlante delle strutture*. Utet, 2001.

2 Buri, Hani, e Yves Weinand. «Origami aus Brettsperholz. Origami in legno lamellare.» *Detail*, 2010: 2-4

3 Tagliaventi, G. *Morfologia strutturale dell'architettura*. Gangemi editore, 1996.

4 Giovannardi, Fausto. «Con Eugène Freyssinet oltre i limiti del calcestruzzo armato.» Studio Giovannardi e Rontini. Febbraio 2008. <http://www.giovannardierontini.it/publicazioni.html>.

sperimentazioni realizzate sulle strutture a guscio, ma le loro opere realizzate con strutture corrugate sono quasi sconosciute.

Questi architetti sono stati considerati degli 'innovatori' poiché capaci di comprendere e rappresentare lo spirito del tempo facendo propria la complessità dell'ambiguità di approccio al nuovo materiale. Hanno preso le distanze dai 'conservatori' e, con le loro opere, frutto spesso di una tecnologia autoprodotta, ne hanno comunicate le potenzialità espressive. Sono 'innovatori' perché il loro *voler* fare non si è fatto condizionare dalle richieste di mercato né dalle tecnologie esistenti. Hanno prodotto qualcosa d'innovativo partendo dal loro *saper* fare, riuscendo a produrre qualcosa che potevano solo immaginare.

Le prime strutture corrugate a essere realizzate possiedono una piegatura semplice che segue la forma del guscio, e sono costituite da una serie di elementi ripetuti, o moduli. Fra queste si può annoverare la **sala delle conferenze della sede dell'Unesco** di Marcel Breuer, Bernard Zehrfluss e Pier Luigi Nervi realizzata in collaborazione con Antonio Nervi nel 1958 a Parigi. La sala conferenze faceva parte di un complesso formato da due edifici di cui il secondo destinato a ospitare gli uffici del segretariato. L'edificio destinato ai padiglioni per le conferenze possiede una pianta a trapezio di lunghezza pari a 67 m coperto da una struttura ondulata che varia in funzione dei momenti cui è soggetta la struttura stessa. *"La copertura si appoggia su una trave trasversale sostenuta da sei pilastri e sulle pareti laterali. I fusti dei pilastri, secondo una geometria cara a Nervi, presentano una superficie rigata a doppia curvatura ottenuta dal passaggio da una sezione circolare alla base a una rettangolare in sommità"*⁵.

Il fascino esercitato dal rinnovato interesse nella concezione strutturale dell'opera architettonica da parte degli 'ingegneri con sensibilità estetica', ha sviluppato una nuova passione nella cultura ingegneristica che ha prodotto

5 www.costruirecorrettamente.org

l'insorgere di un nuovo rapporto fra la forma e la struttura. Le strutture corrugate sono architetture sperimentali, opere ardite dal punto di vista ingegneristico che hanno messo a dura prova il campo della meccanica delle strutture essendo figlie delle intuizioni di pionieri, com'è stato affermato da Colonnetti⁶. Analizzando le strutture corrugate è possibile riscontrare come diversi uomini, al di là del locale e del particolare modo di costruire, di intendere i materiali e della storia architettonica del luogo d'origine, hanno riconosciuto nuove forme, nella storia delle forme possibili, coordinandosi e stabilizzandole pur senza avere un reale contatto. Le loro opere possiedono una serie di rapporti, dal valore formale, che hanno portato a una nuova sintassi, pur non essendo nati dallo stesso contesto ma con la medesima consapevolezza, la stessa capacità di dominio sul materiale. Figlie della tecnica artigianale dell'arte della carpenteria per la produzione delle casseforme, hanno vissuto solo il periodo d'inquietudine sperimentale.

Fra coloro i quali hanno avuto interesse per la ricerca di strutture resistenti per forma e in grado di rispondere contemporaneamente alle esigenze formali dell'architettura vi è anche l'ingegner Sergio Musmeci⁷. Ricordato prevalentemente per le sue esperienze nel campo delle coperture membranali con la realizzazione del Ponte sul Basento e per la progettazione del Palazzo della Regione a Trento con Adalberto Libera, Musmeci ha realizzato diverse strutture con solette in calcestruzzo armato di spessore contenuto e 'pieghettate'. Nel 1954 con Annibale Vitellozzi realizzò la **palestra di scherma**

6 "Per il momento non possiamo che affidarci a tali pionieri, alla loro intuizione del fenomeno fisico, alla loro particolare sensibilità, ai risultati della loro esperienza, nell'attesa che le loro realizzazioni geniali possano trovare un giorno giustificazione razionale e venire inquadrare in una teoria scientifica". (Colonnetti, Gustavo. *Scienza delle costruzioni* Vol. III. *La tecnica delle costruzioni: le pareti sottili*. Realizzazioni di P. L. Nervi, E. Torroja e G. Oberti. Torino, 1957)

7 L'interesse per le volte sottili nasce in Musmeci sin dallo sviluppo della sua tesi di laurea e continua durante il rapporto di collaborazione professionale prima con l'ingegner Riccardo Morandi e poi con lo studio dell'impresa di Pier Luigi Nervi, la soc. Nervi e Bartoli, per poi continuare nel suo studio fino al termine della carriera.

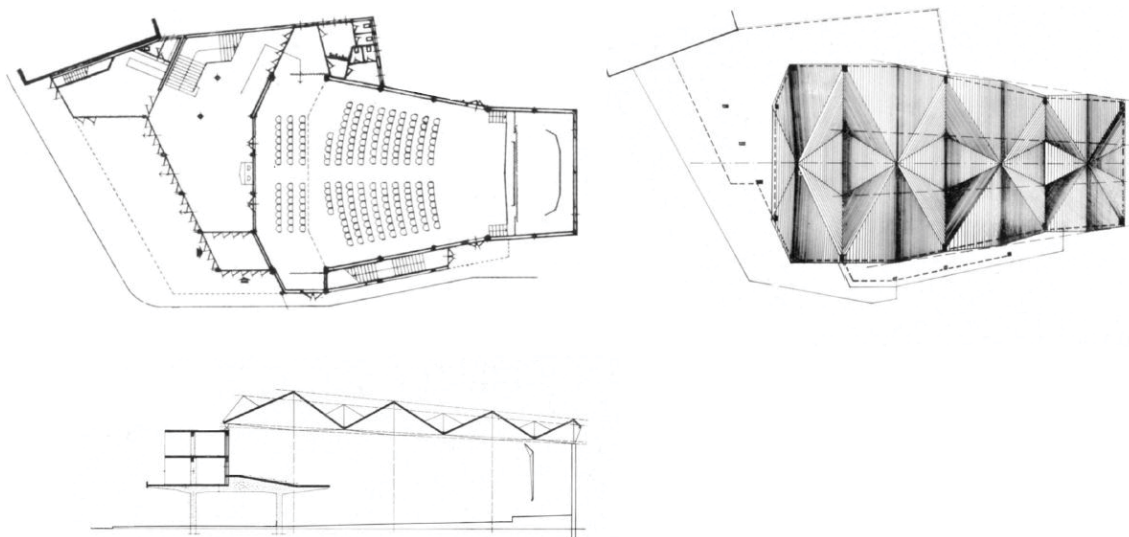


Fig. 2.02

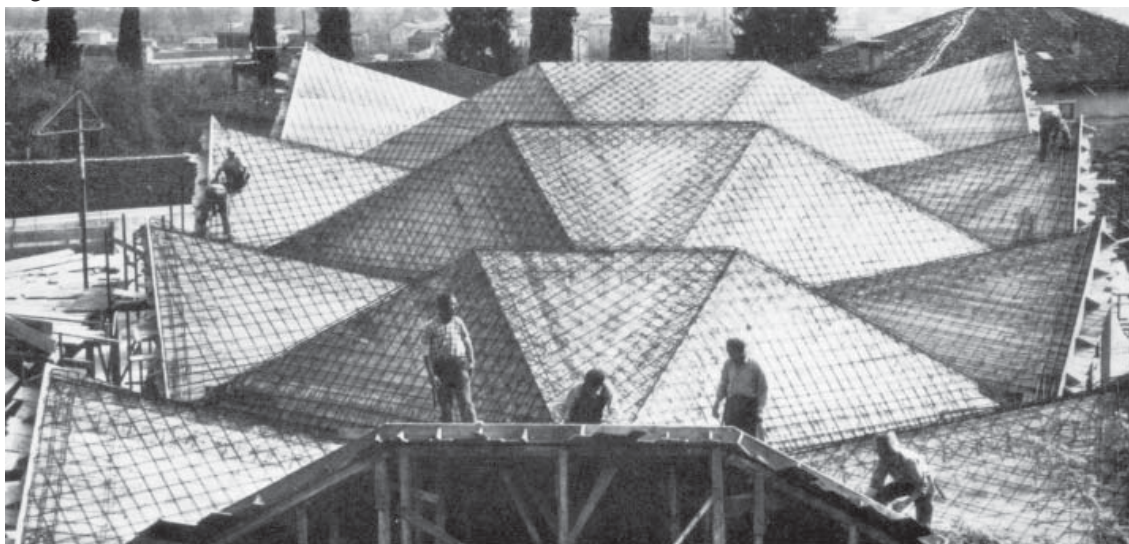


Fig. 2.03



Fig. 2.04

Cinema San Pietro, Montecchio Maggiore, 1957, Sergio Musmeci, Sergio Ortolani, Antonio Cattaneo

Fonte: <http://atlante.iuav.it/>

Fig.2.02 Pianta, ipografia e sezione della struttura del cinema.

Fig.2.03 Vista della copertura dall'alto durante la costruzione.

Fig.2.04 Vista dell'interno.

e pugilato presso la scuola Nazionale di Atletica Leggera a Formia⁸, l'anno seguente con Carlo Ammanati costruì il **cinema Araldo a Roma**⁹, ma è con la costruzione dell'**edificio Raffo per la lavorazione del marmo a Pietrasanta**¹⁰ che il ragionamento sulle strutture corrugate supera l'intuito costruttivo per sfociare nella forma strutturale. Musmeci progettando quest'opera non solo tenta di esprimere con la forma l'equilibrio statico della struttura ma cerca di mettere in atto un'operazione logica di scelta del corrugamento adatto, non costante, più o meno accentuato per resistere in modo più efficace al variare delle sollecitazioni da una sezione all'altra. La forma della struttura segue l'intuizione secondo la quale è lungo i lati delle superfici strutturali che compongono la struttura che si localizzano le tensioni, e che tratti di soletta più lunghi sono necessari laddove si concentrano sforzi di compressione maggiori. Altra opera degna di nota che possedeva una soletta in calcestruzzo armato 'pieghettato' è il **Cinema a Montecchio Maggiore** (fig.2.02, 2.03 e 2.04) realizzato nel 1957 su progetto architettonico di Sergio Ortolani, poco prima dello stabilimento Raffo, ove la necessità di coprire una luce libera, priva di sostegni centrali, ha permesso di realizzare una struttura corrugata propriamente detta. Costituita da superfici triangolari di forme diverse fra loro e reiterate lungo l'asse longitudinale dell'ambiente unico della sala di proiezione. La copertura è debolmente armata da rete di piccolo diametro ed è stata rinforzata lungo gli spigoli. Con le sue opere Musmeci non si è limitato

8 La copertura copre una luce di circa 20 m con una soletta a pieghettature parallele di spessore pari a 10 cm e poggiante su travi reticolari di 35 m.

9 La struttura leggerissima della copertura ha un funzionamento statico sia a volta nervata sia scatolare. Archi poligonali di sezione triangolare costituiscono le nervature collaboranti intrecciate fra le quali i campi liberi sono coperti da solette a piastra migliorata di spessore circa pari a 10 cm e di forma piramidata.

10 *"La copertura di 1000 mq appoggia solo su 24 punti ed ha una forma corrugata in cui 13 elementi si ripetono a formare tutta la superficie della copertura, quasi alla maniera delle figure di M. C. Escher o di un origami"*. (Giovannardi, Fausto. «Sergio Musmeci. Strutture fuori dal coro.» Studio Giovannardi e Rontini. Gennaio 2010. <http://www.giovannardierontini.it/pubblicazioni.html>.)

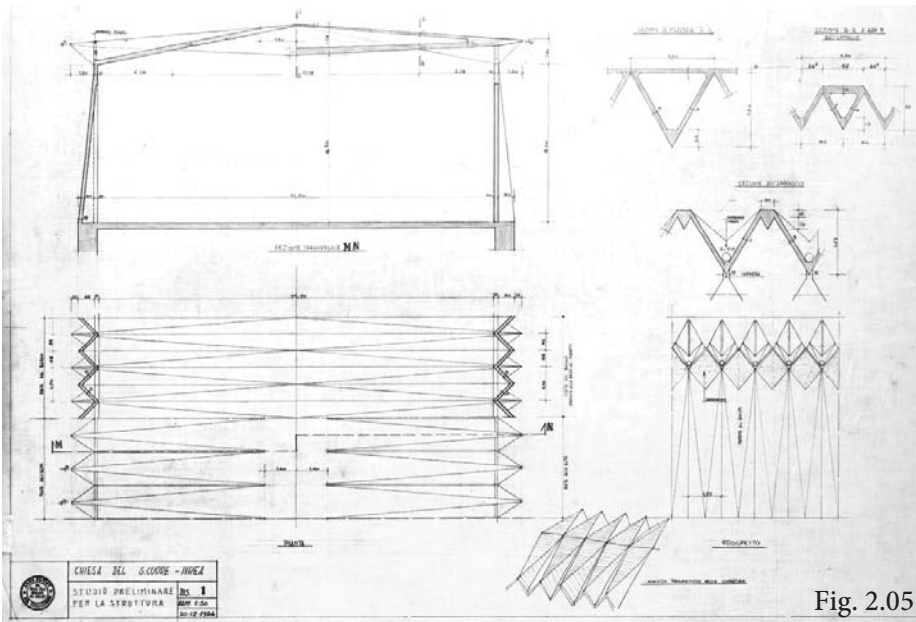


Fig. 2.05

Fig.2.05 - 2.06
 Pianta, prospetto, sezione e dettagli costruttivi della copertura dell'aula liturgica della Chiesa parrocchiale di Canton Vesco, Ivrea
 Fonte: <http://www.fondazionefavini.it/opere/chiesa-parrocchiale-canton-vesco/>

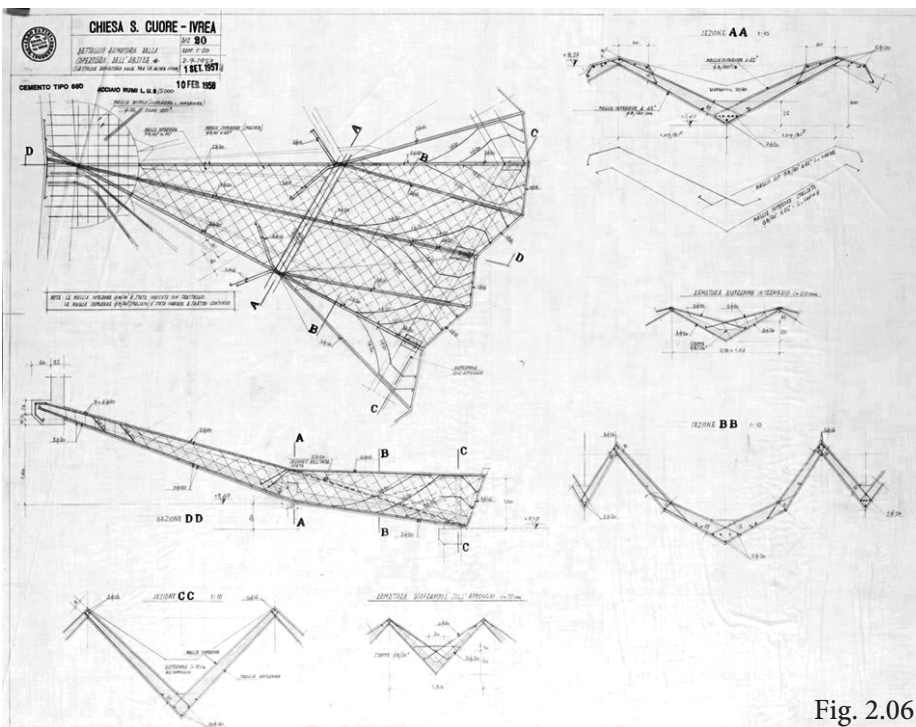


Fig. 2.06

Fig.2.07 - 2.08
 Vista dell'esterno e dell'interno dell'edificio religioso.
 Fonte: <http://www.fondazionefavini.it/opere/chiesa-parrocchiale-canton-vesco/>



Fig. 2.07



Fig. 2.08

ad asserire che la forma architettonica e ingegneristica non devono vivere di vita propria, ha promosso la creazione di una vera e propria teoria delle forme strutturali con l'intento di suggerire, senza imporre, che l'architettura sia arricchita dalle considerazioni di natura strutturale¹¹.

In Italia diversi progettisti strutturali si sono cimentati nella realizzazione di coperture con strutture corrugate¹². Meno interesse invece si è riscontrato nella realizzazione di strutture che adoperassero tale sistema costruttivo per recingere oltre che per coprire lo spazio¹³. Esempi di strutture corrugate che interessano l'intero inviluppo dello spazio che creano sono le solette in calcestruzzo armato 'piegato' utilizzate rispettivamente per la costruzione della **chiesa parrocchiale del Sacro Cuore a Canton Vesco (Ivrea)**¹⁴ (1958) e per il centro sportivo di Windisch-Müllimatt nel Canton Argovia. Nel primo caso è stata utilizzata da Aldo Favini su progetto architettonico di Mario Olivieri, Marcello Nizzoli, una struttura corrugata precompressa¹⁵ (fig. da 2.05 a 2.08) data dalla ripetizione seriale di un modulo costituito da un traverso cavo a pareti sottili poggiate su piedritti verticali alti 8 m. I piedritti modificano

11 "Non si può essere soddisfatti di un metodo progettuale che confini l'uso di strumenti razionali al solo processo di verifica, lasciando l'invenzione della forma ad atti progettuali gratuiti o assistiti solo dall'intuizione o dall'esperienza [...] Abbiamo metodi di calcolo che possono avere qualsiasi grado di sofisticazione desiderabile per calcolare strutture già progettate, ma manca una teoria delle forme strutturali che aiuti a progettarle" (Musmeci, Sergio. «Le tensioni non sono incognite.» *Parametro*, 1979.)

12 Il termine tedesco che indica le coperture realizzate con strutture corrugate è *Faltwerkdächer*.

13 I termini recingere e coprire sono qui utilizzati nell'accezione attribuita loro da Giuseppe Strappa, come gesti di appropriazione e protezione dello spazio in senso orizzontale e verticale. (Strappa, Giuseppe. *Unità dell'organismo architettonico. Note sulla formazione e trasformazione dei caratteri degli edifici*. Edizioni Dedalo, 1995., p.80)

14 Cfr. Favini, Aldo. «Chiesa del Sacro Cuore ad Ivrea.» *Atti del IV Congresso Internazionale del precompresso (F.I.P.). Realizzazioni italiane in cemento armato precompresso*. Roma-Napoli, 1962.

15 Lo spessore della struttura è variabile dagli 8 ai 20 cm. *L'armatura di precompressione è costituita da quattro cavi che si suddividono in dodici da 6 fili del diametro di 5 mm in prossimità degli appoggi. Otto cavi da 6 fili del diametro di 5 mm sulle pareti oblique laterali completano l'armatura precompressa.* (Cfr. <http://www.fondazionefavini.it/opere/chiesa-parrocchiale-canton-vesco/>)

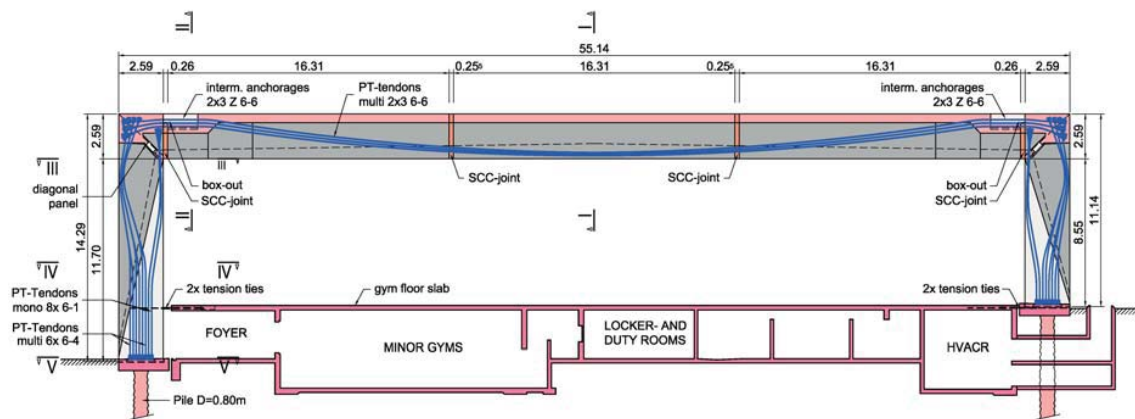


Fig. 2.09

Fig.2.09

Sportausbildungszentrum Mülimatt in Brugg/Windisch, disegno tecnico. Fonte: Laffranchi, Massimo, e Armand Fürst. «Die Sporthallen Müllimatt in Brugg.» In *Hochbau*.



Fig. 2.10



Fig. 2.11



Fig. 2.12

Fig.2.10 - 2.11 - 2.12
 Sportausbildungszentrum Mülimatt in Brugg/
 Windisch, montaggio degli elementi prefabbricati
 della copertura.
 Fonte: <http://inspiration.detail.de/sportausbildungszentrum-muellimatt-in-brugg-windisch-106155.html?slideraccess=1>

la loro geometria al variare dell'altezza. Alla base presentano una sezione a V con uno spessore di 15 cm, alla sommità si appiattiscono a formare una parete rettilinea dello spessore di 20 cm. I moduli così composti sono affiancati fra loro in numero di 17 a costituire la navata della chiesa, e risultano simmetrici lungo la linea di mezzera. Nel secondo esempio la costruzione logica di Livio Vacchini¹⁶ per il progetto del **centro sportivo di Windisch-Müllimatt** (fig. da 2.09 a 2.12) realizzato con Paul Zimmermann e Jérôme Wolfensberger nel Canton Agrovia (2005-2010) è rappresentata da una ripetizione seriale di 'cavalletti' connessi sugli spigoli longitudinali a costituire una struttura che resista per forma.

Pur essendo strutture caratterizzate da bellezza formale ed estrema leggerezza alla fine degli anni settanta subiscono un rapido declino, anche a causa degli elevati costi di costruzione.

Dagli anni '60 l'architettura ha assistito alla comparsa di numerose forme sperimentali mirate a superare la pratica tradizionale ed anche il campo ben consolidato dell'accademia. Abbracciare queste nuove sperimentazioni ha permesso di offrire proposte mirate alle esigenze del tempo, e persino di anticipare domande future. In alcuni casi gli studi sono rimasti solo su carta, solo visioni di come l'architettura sarebbe potuta essere o potrebbe ancora diventare. Nei casi su citati le architetture sono diventate tangibili, ma anche quelle non realizzate hanno contribuito a definire le trasformazioni dell'ambiente fisico.

Il breve elenco delle opere realizzate con struttura corrugata in calcestruzzo armato riportato in queste pagine non ha la pretesa di essere esaustivo riguardo ai professionisti che l'hanno adottato o sui possibili esiti formali da esso derivabili, vuole piuttosto essere una riflessione sul pensiero scientifico

16 Cfr. Masiero, Roberto. «Livio Vacchini: l'architettura come costruzione logica.» *Domus* 1011 (2017).

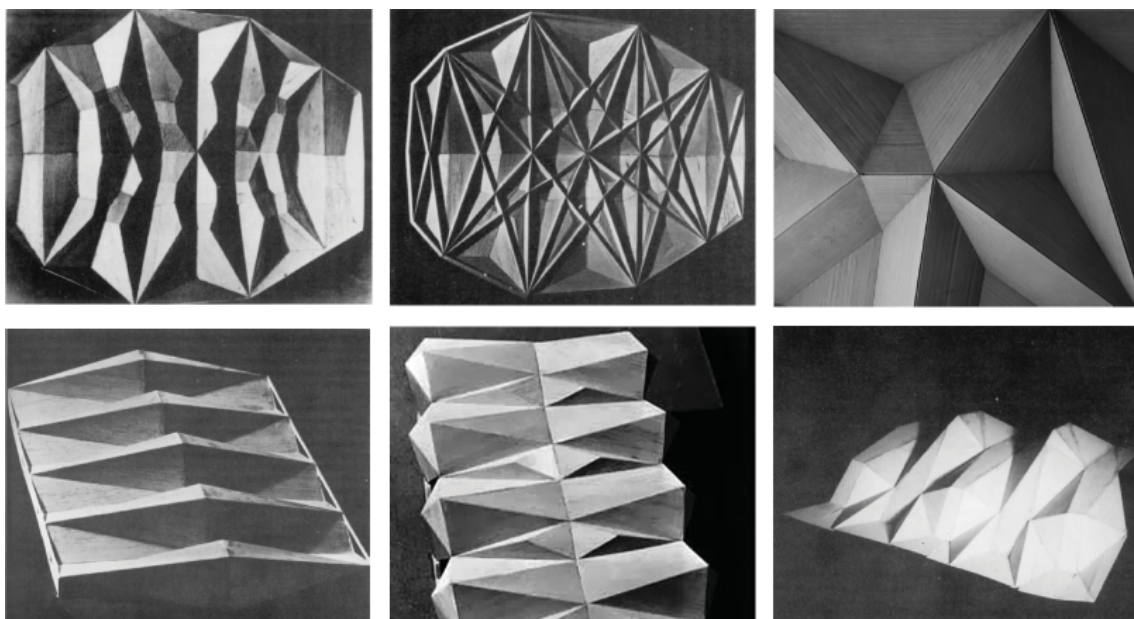


Fig.2.13 Schwartz, Schema riassuntivo delle coperture con struttura corrugata di Sergio Musmeci, Cinema Aralo, Roma; Cinema Aralo, Roma; Copertura del Teatro Regio, Torino

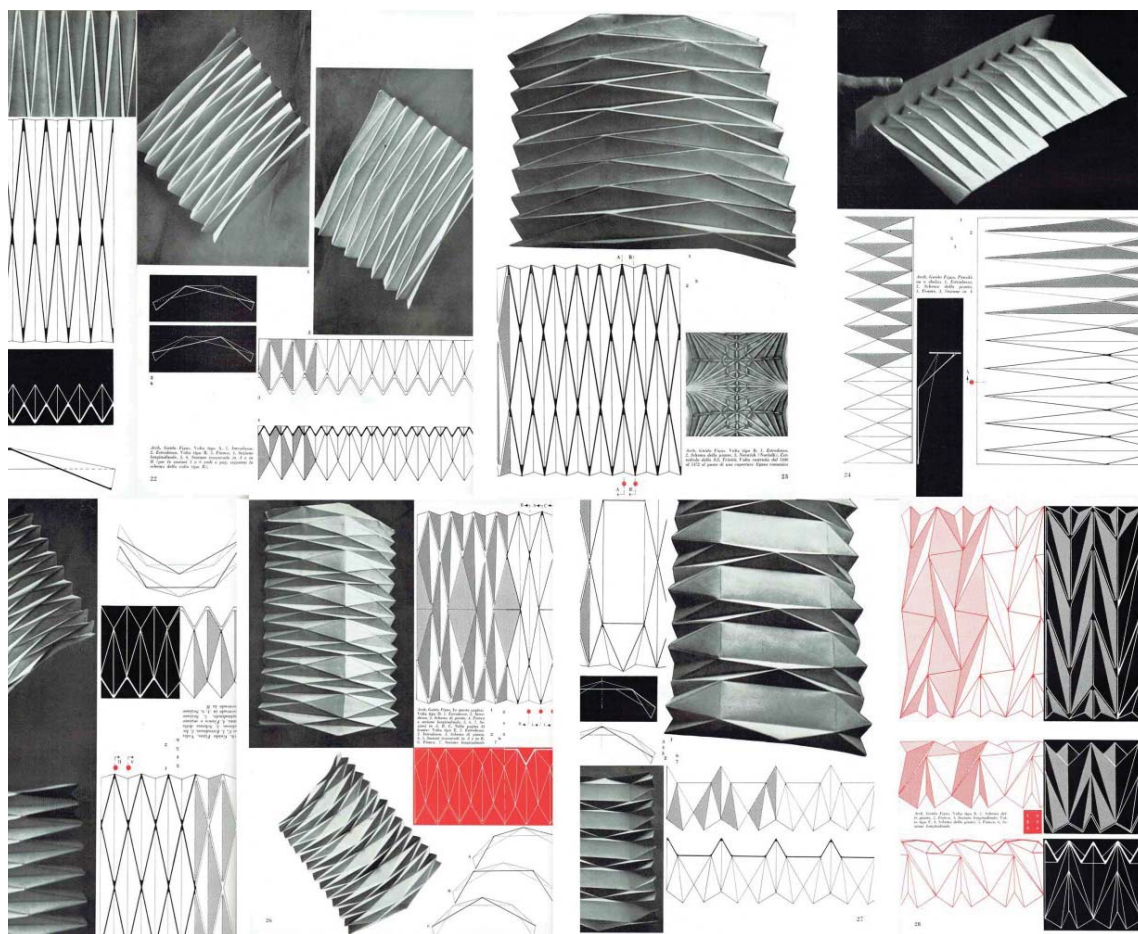


Fig.2.14 Guido Figus, studi per la realizzazione di una volta con struttura corrugata per la copertura di un teatro. Immagini pubblicate in L. Moretti, *Struttura come forma*, Spazio 6, Dicembre 1961, 21. Il loro montaggio in collage è presente al link: <http://www.arcduecitta.it/2015/12/struttura-come-forma-luigi-moretti-spazio-n-6-studio/>

matematico che ha prodotto un nuovo linguaggio, derivante dalla cultura materiale, e che aveva l'ambizione di divenire universale. La direzione genetica della progettazione razionale delle architetture pertinenti a questo nuovo linguaggio parte dalla struttura per giungere alla forma. Come espresso da Luigi Moretti¹⁷ l'intera dialettica dell'architettura è ascrivibile a quella o alla direzione genetica diametralmente opposta che vede come punto di partenza la forma per giungere alla struttura. Nel suo articolo, apparso nel n.6 di Spazio, Moretti introduce i disegni e le immagini dei modelli di studio dell'architetto Guido Figus (fig.2.14) per la copertura corrugata di un teatro al fine di dimostrare che *"oggi e nell'immediato futuro non sia possibile un'architettura se non nella direzione struttura -> forma"*¹⁸. I modelli ivi pubblicati sono realizzati con la carta e sono costituiti da forme sviluppabili su superfici piane che assumono tridimensionalità e complessità in funzione del numero e dalla dimensione dei corrugamenti. Oggi gli studi di questa natura sono condotti in ogni parte del mondo con lo scopo di essere utilizzati con strutture più leggere, realizzate prevalentemente in legno o materiali plastici e vengono a costituire la sfera delle sperimentazioni sugli *Architectural Origami*. Fanno riferimento a tale definizione tutti quegli esiti progettuali che sfruttano, nell'originare le tassellazioni che informeranno lo spazio tridimensionale, anche tecniche e proprietà derivanti direttamente dall'arte dell'origami giapponese. Sebbene la denominazione appare solo recentemente in letteratura, l'utilizzo delle tecniche origami in campo architettonico ha una lunga storia poiché considerata una tecnica di appropriazione dello spazio semplice da apprendere per gli studenti durante i primi anni della formazione. Uno dei promotori dell'insegnamento mediante manipolazione e creazione di modelli origami fu Josef Albers che ha insegnato al Bauhaus

17 Moretti, Luigi. «Struttura come forma.» *Spazio 6* (1951): 21-30, 110.

18 Moretti, Luigi. «Struttura come forma.» *Spazio 6* (1951): 21-30, 110.

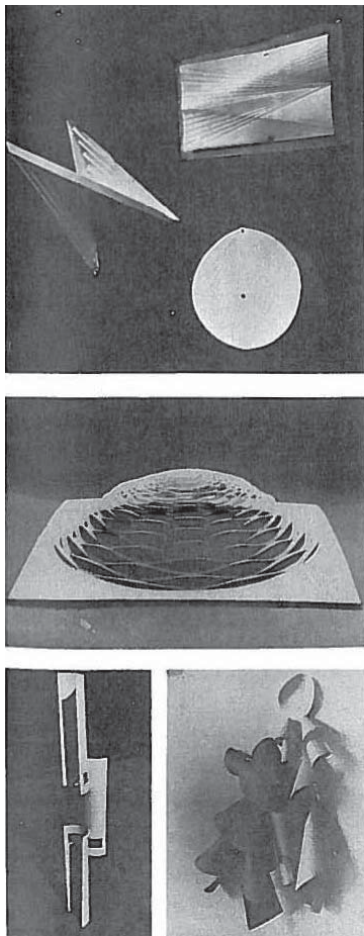


Fig. 2.15

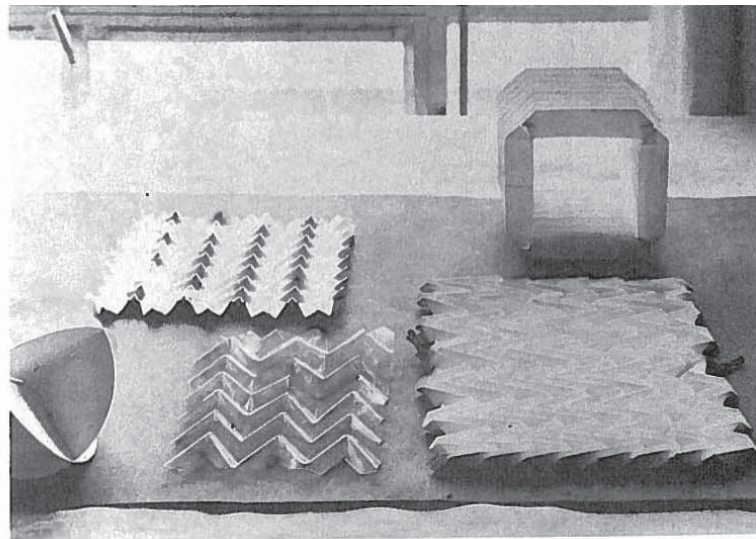


Fig.2.15

Esiti del corso tenuto da Josef Albers al Bauhaus nell'a.a.1927-28.
 Fonte: <http://www.design-is-fine.org/post/45030957361/josef-albers-teaching-origami-at-the-bauhaus>

Fig.2.16

Claudia D'Amore, schema sinottico sulle caratteristiche delle strutture resistenti per forma e per massa. (cfr. Tocci 2002)

STRUTTURE RESISTENTI PER FORMA		STRUTTURE RESISTENTI PER MASSA
La capacità di resistere per massa è inevitabile per qualunque tipologia strutturale quindi anche per le costruzioni concepite per resistere per forma.		
Principio delle forze contrapposte	Principio alla base di queste strutture	Principio della leva (comporta l'intervento del momento)
Le forze risultano contenute all'interno della struttura	Come vengono scaricate le forze al suolo	La direzione delle forze non coincide con quella degli elementi strutturali
Si riducono al minimo gli effetti legati al momento	Relazione col momento flettente	Vengono contrastati gli effetti legati al momento

Fig. 2.16

negli anni 20 del novecento. Da allora il mondo dell'architettura è cambiato ma il processo generativo oggi si spinge sempre più verso l'architettura parametrica teorizzata da Moretti, della quale le strutture corrugate possono rappresentare un caso di applicazione ante litteram.

2.1.2. Resistenza per forma e massa

Un insieme di elementi architettonici è definibile come struttura nel momento in cui è in grado di sopportare senza collassare in primo luogo il proprio peso e in secondo luogo eventuali carichi.

Nel definire la forma architettonica si stabilisce una forma strutturale in grado di assorbire i carichi di cui sopra secondo un determinato canale statico.

Per conferire una certa spazialità a una costruzione si potrebbe optare per diverse soluzioni, la scelta della quale deve sempre poter essere considerata la 'migliore' e non solo da un punto di vista puramente statico. I fattori che entrano in gioco sono molteplici e vanno sempre considerati nel loro insieme con una visione olistica.

Per approfondire il tema oggetto di studio della presente ricerca si analizzerà qui di seguito il solo problema della ricerca della geometria resistente atta a convogliare a terra i carichi secondo percorsi statici ottimali. La scelta della forma strutturale ha uno stretto rapporto con le leggi che caratterizzano le distribuzioni dei carichi, quindi la lettura del rapporto forma-struttura è legata all'economia dei regimi statici degli assetti strutturali¹⁹.

Determinate morfologie resistenti nascono dallo stretto legame fra una data forma geometrica e la relativa capacità resistiva in grado di generare. È possibile scindere le tipologie strutturali in due grandi famiglie di tipi strutturali in base al principio per cui sono in grado di resistere agli sforzi

19 Cfr. Pizzetti, G., e A. M. Zorgno Trisciuglio. *Principi statici e forme strutturali. Le strutture in architettura*, 1987.

imposti. Le sollecitazioni interne delle strutture sono di due tipi: forze e momenti flettenti, l'entità e la preponderanza dell'una rispetto all'altra ne modifica la fisionomia resistente.

Arco, cupola, superfici voltate, strutture reticolari, volte sottili, e strutture a guscio sono tutte tipologie strutturali la cui espressione resistente è la linea curva e sono afferenti alla famiglia delle **strutture resistenti per forma**. Le strutture di questo tipo resistono in virtù delle loro caratteristiche geometriche. Nel caso ideale sono l'espressione materica del 'percorso naturale' delle forze e il risultato del meccanismo di sostegno.

Sostegni isolati o continui, travi, solette, piastre, telai, travature a nodi rigidi hanno come espressione resistente la linea retta. Sono strutture tipicamente inflesse che convogliano le forze ai vincoli attraverso momenti flettenti e sforzi di taglio. Queste tipologie strutturali sono afferenti alla famiglia delle **strutture resistenti per massa** in cui il momento flettente si guida attraverso la massa (cioè attraverso le caratteristiche d'inerzia, momento d'inerzia).

Maggiore è l'incurvamento della struttura minore è il momento flettente²⁰ e questo permette alle strutture di esser sollecitate maggiormente a sforzo normale. La forma attribuita agli elementi strutturali che costituiscono le strutture corrugate è genericamente ricavata da un processo di ottimizzazione strutturale che tende a far lavorare la struttura con un meccanismo quanto più possibile aderente alla resistenza per forma.

2.1.3. Le superfici per la definizione della forma strutturale

Le strutture corrugate sono costituite da **superfici strutturali** piane connesse fra loro lungo i bordi a formare strutture piegate secondo vari angoli. Sono forme tridimensionali pertinenti alla geometria del continuo. Il trasferimento

²⁰ Ci si allontana dalla linea retta come espressione resistente, ma l'incurvamento va valutato attentamente per non incorrere in un comportamento opposto.

delle forze avviene attraverso le loro linee d'intersezione, i loro bordi, che provvedono al loro mutuo supporto.

Le superfici strutturali sono elementi che possiedono due dimensioni prevalenti (larghezza e lunghezza) e spessore non nullo. La forma delle superfici che compongono le strutture corrugate è genericamente triangolare o quadrangolare.

Una superficie strutturale piana, presa singolarmente, può generare due diversi meccanismi di resistenza o le loro combinazioni a secondo la direzione della forza: il meccanismo della lastra e quello della piastra. Le **lastre** sono elementi strutturali monolitici aventi lo spessore molto piccolo ridotto rispetto alla larghezza e lunghezza. Le forze agenti su questi elementi sono dirette predominantemente nella direzione della superficie dell'elemento (es: muri verticali in pannelli, pilastri scatolari, ecc.)²¹. Le **piastre** sono strutture resistenti bidimensionalmente, lavoranti in un piano così come le lastre, ma sono sollecitati da forze che agiscono in direzione perpendicolare alla loro superficie (es: solai, silos, coperture, ecc.)²². Il meccanismo della lastra (della piastra) s'innesci qualora la forza agente sia diretta parallelamente (perpendicolarmente) alla superficie.

Ai bordi delle superfici strutturali che compongono le strutture corrugate si verificano forze che sono trasferite attraverso forze a membrana, quindi si verifica un'interrelazione fra i due meccanismi a piastra e lastra. Le forze esterne sono trasferite ai bordi degli elementi piastra, lì la reazione è divisa fra gli elementi adiacenti, che sono caricati quindi come lastre. Questa complessa trasmissione dei carichi permette alle strutture, per mutuo supporto delle superfici strutturali, di sostenere i carichi.

Una superficie strutturale può ottenere una più elevata efficienza mediante

21 Cfr. Salvatori, Mario, e Robert Heller. *Le strutture in architettura*. Etas libri, 1987.

22 Cfr. Salvatori, Mario, e Robert Heller. *Le strutture in architettura*. Etas libri, 1987.

l'introduzione d'irrigidimenti: le nervature. Lo stesso risultato è possibile ottenerlo realizzando una struttura piegata. Un elemento di spessore molto ridotto potrebbe non essere in grado di reggere nemmeno il suo peso proprio (es: foglio di carta) poiché lo spessore non fornisce un braccio di leva sufficiente alle tensioni di flessione. Piegandolo, invece, il braccio di leva aumenta. Infatti, due superfici strutturali unite per uno dei loro bordi equivalgono a una trave di sezione rettangolare con altezza e spessore rispettivamente uguale all'altezza e alla somma degli spessori delle superfici strutturali (fig. 2.18).

Questo principio, ampiamente sviluppato in natura sia nella fauna sia nella flora, basti pensare ai gusci delle conchiglie o ad alcune specie vegetali dalle foglie pieghettate, è stato riprodotto in architettura come hanno dimostrato gli esempi citati finora. La piega ha finalità prevalentemente meccaniche ed è considerata un'ottimizzazione geometrica della struttura poiché permette di renderla più resistente attraverso una modifica geometrico-spaziale.

Pur essendo costituiti da superfici strutturali gli edifici realizzati con le strutture corrugate non sono semplicemente una collezione di superfici, rappresentano come ogni architettura degli spazi con le loro specificità.

Le superfici, finite e fisse nella loro forma, sono strumenti e criterio di definizione spaziale. A causa della loro natura di strumenti di determinazione spaziale, sono le astrazioni elementari attraverso le quali l'architettura s'impone, come idea e come realtà.

Le superfici strutturali sono contemporaneamente involucro dello spazio interno e guscio dell'edificio esterno, quindi determinano la forma e lo spazio dell'edificio costituendone la vera e propria sostanza.

La forma della superficie strutturale determina la maggiore o minore adesione al funzionamento per forma. La progettazione delle superfici strutturali è quindi soggetta a disciplina e qualsiasi variazione dalla forma corretta comporta una mancata coerenza con l'economia del meccanismo, cosa che

potrebbe metterne in pericolo il funzionamento.

Lo sviluppo di una forma efficace per la superficie, dal punto di vista strutturale, utilitaristico ed estetico, è un atto creativo, è arte.

La costruzione con le strutture corrugate comporta come vantaggio la riduzione dello spessore a circa la metà poiché ogni piega agisce da supporto rigido, l'eliminazione delle nervature perché qualsiasi superficie agisce anche da lastra in direzione longitudinale, un aumento della portata con l'aumento dell'altezza strutturale, la costruzione con un sistema molto leggero.

Gli svantaggi derivano dall'uso di casseforme molto complesse, dall'utilizzo di manodopera specializzata e un importante studio di ricerca della forma adeguata alla struttura che si è chiamati a progettare.

2.1.4. Geometria e morfologia delle strutture corrugate

Le strutture, in base al loro schema statico, si possono classificare, ordinare in tabelle per meglio analizzarle e comprenderle. Tuttavia queste classificazioni non forniscono alcuna informazione sui processi che hanno portato alle loro realizzazioni né pongono le basi per la formulazione di una dottrina preconstituita, o norma, per quanti vorranno approcciarsi in futuro alla progettazione delle suddette strutture. Si tratta di astrazioni, che assolvono il compito di fornirci, sinteticamente e intuitivamente, informazioni. Non ci svelano il "perché", la loro ragion d'essere, ma dati a livello concettuale, percettivo, statico, sulla loro realtà, sul "come" si è ottenuta la loro presenza fisica.

Si propone un'analisi ad ampio respiro sulle strutture corrugate che si manifesta con un processo di semplificazione formale.

La classificazione può essere realizzata in funzione di diversi fattori quali: il sistema di corrugamento, la capacità portante, il materiale costituente, la resistenza ai carichi ed anche in funzione dell'appoggio al suolo, ecc. In questa



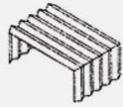




CLASSIFICAZIONE DELLE STRUTTURE CORRUGATE			
CAPACITA' PORTANTE (forma geometrica)	SISTEMA DI CORRUGAMENTO (forma geometrica)	MATERIALE COSTITUENTE	CAPACITA' PORTANTE (resistenza ai carichi)
 Trave	 Addizione lineare	La classificazione fatta in relazione al materiale costituente deve tener conto non solo del tipo di materiale ma anche: <ul style="list-style-type: none"> delle caratteristiche fisico-meccaniche dei limiti dimensionali degli elementi della possibilità di realizzare la struttura per parti o come tutto unico 	<ul style="list-style-type: none"> Struttura portante Struttura portata
 Telaio rigido	 Addizione radiale		
 Arco	Sistemi combinati		TIPO DI APPOGGIO <ul style="list-style-type: none"> Appoggio lineare Appoggio su punti
 Forma libera	Sistemi simmetrici  Forma libera		

Fig. 2.17

Fig.2.17

Claudia D'Amore, schema sinottico dei tipi di classificazione delle strutture corrugate.

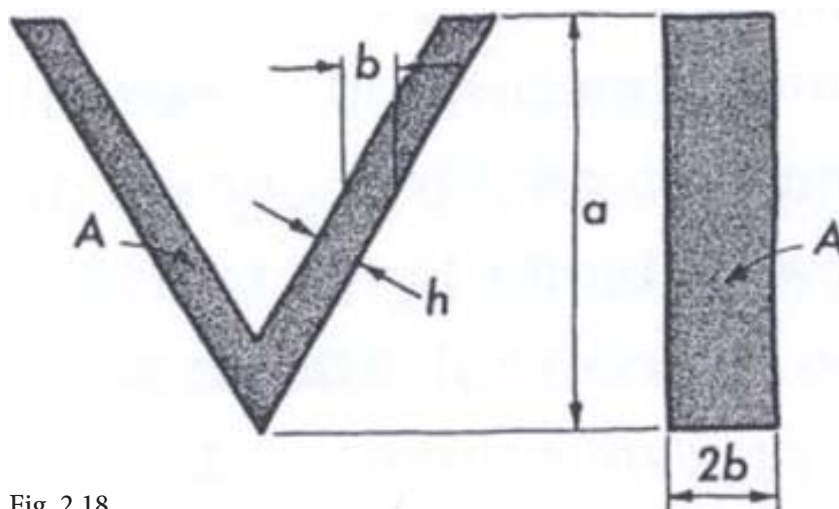


Fig.2.18

Analogia di una struttura corrugata e una trave tradizionale in calcestruzzo armato. Fonte: (Salvatori e Heller 1987)

Fig. 2.18

trattazione si è scelto di analizzare alcune opere significative utilizzando una tabella sinottica che mette in relazione la capacità portante, la geometria che sottende al sistema di corrugamento e il materiale utilizzato. Si sarebbero potute scindere queste tre componenti in altrettanti schemi riassuntivi ma si è scelto di analizzare la *firmitas* come prassi geometrica per le architetture a struttura corrugata del passato e del presente.

La **capacità portante**, così come il **sistema di corrugamento**, è definita dalla sua forma geometrica. L'addizione lineare di elementi identici fra loro permette di realizzare sistemi a trave, a telaio rigido o ad arco rispettivamente sommando, lungo una sola direzione nello spazio, superfici, portali o archi. Quando la forma non è determinata da forme geometriche predefinite, si costituisce una forma libera.

Il **sistema a trave** è costituito da superfici strutturali con elementi che possiedono una dimensione prevalente. Sono strutture piegate nel piano, cioè costituite da superfici i cui i punti più alti e più bassi appartengono rispettivamente a due piani paralleli. Essi sono aggregati nella direzione ortogonale a quella della dimensione prevalente, che costituisce la luce della struttura, quindi per addizione lineare. Quando aggregate e caricate uniformemente, queste superfici strutturali sviluppano le stesse deformazioni in tutte le superfici che le compongono, tranne che in quelle esterne. Queste ultime, infatti, portano un carico maggiore rispetto le superfici strutturali interne. Ciascuna superficie strutturale si comporta come una trave continua su appoggi rigidi: trasversalmente può essere paragonata a una trave incastrata di larghezza unitaria e altezza h , longitudinalmente invece si può assimilare a una trave rettangolare di larghezza b e altezza a (fig.2.18). Le solette esterne possono essere irrigidite mediante travi verticali alte disposte sui bordi.

Se l'aggregazione non avviene lungo una direzione appartenente al piano ma









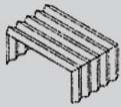
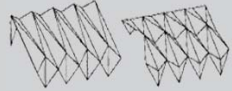













CAPACITA' PORTANTE		FORMA GEOMETRICA A TRAVE			
SISTEMA DI CORRUGAMENTO	ADDIZIONE LINEARE		ADDIZIONE RADIALE		
	 <i>Forma geometrica prismatica</i>	 <i>Combinazioni</i>	 <i>Forma geometrica triangolare</i>	 <i>Combinazioni</i>	
MATERIALE UTILIZZATO	CALCESTRUZZO ARMATO	 Chatholic Carmelite Convente Luogo: <i>Dachau</i> Progetto: <i>Josef Wiedemann</i> Anno: 1963-1964	 Cinema Montecchio Maggiore Progetto: <i>Antonio Cattaneo</i> Struttura: <i>Sergio Musmeci</i> Anno: 1957		
	PANNELLI IN LEGNO			 Heilige Dreifaltigkeit Luogo: <i>Castello di Nymphenburg, München</i> Progetto: <i>Josef Wiedemann</i> Anno: 1960-64	 Heilige Engeln Luogo: <i>Landsberg</i> Progetto: <i>Josef Wiedemann</i> Anno: 1963-67
	ALTRO MATERIALE				

Fig. 2.19

FORMA GEOMETRICA A TELAIO RIGIDO	FORMA AD ARCO			FORMA LIBERA
ADDIZIONE LINEARE				FORMA LIBERA
				
<i>Telaio rigido</i>	<i>Combinazioni</i>	<i>Arco</i>	<i>Arco discretizzato</i>	<i>Forma libera</i>
				
Aula Tecnica University Delft Luogo: <i>Delft</i> Progetto: <i>van den Breakek, Bakema</i> Anno: 1959-1966 Struttura: <i>mista fra struttura corrugata e reticolare</i>	Chiesa del Sacro Cuore Luogo: <i>Canton Vesco, Ivrea</i> Progetto: <i>Oliveiri M., Nizzoli M.</i> Anno: 1958		Tribuna dell'associazione calcio Colonia Luogo: <i>Colonia</i> Progetto: <i>Schulten H., Polónyi S.</i> Anno: 1967	Kirche St. Paulus Luogo: <i>Neuss - Weckhofen</i> Progetto: <i>Schaller F., Polónyi S.</i> Anno: 1966-67
				
Temporary Chapel for the Deaconesses of St. Loup Progetto: <i>Localarchitecture & Mondala Danilo</i> Anno: 2008	Folded-Plate Hut Luogo: <i>Nakanoshima Park, Osaka</i> Progetto: <i>Ryuichi Ashizawa Architetti</i> Anno: 2009			
				
Corogami Folding Hut Progetto: <i>Penner D.</i> Materiale: <i>Propilene e fissaggio in ottone laminato</i> Anno: 2010		Mobile Sulphur Extraction Factory Luogo: <i>Pomezia, Roma</i> Progetto: <i>Piano R.</i> Materiale: <i>pannelli di vetroresina</i> Anno: 1966	Yokohama International Cruise Terminal Progetto: <i>FOA, Foreign Office Architects</i> Materiale: <i>acciaio</i>	Glass folded plate structures Luogo: <i>Department of Civil Engineering, University of Applied Sciences Munich</i> Studio: <i>Trometer S., Krupna M.</i> Materiale: <i>lastre di vetro piegato</i>

è riferita all'asse verticale, si parla di **addizione radiale** la quale permette di coprire ambienti di planimetria circolare o poligonale. In questo caso i singoli elementi della struttura corrugata si comportano come una capriata o un arco, sviluppano quindi spinte che, per irrigidire la struttura, possono anche essere assorbite da catene perimetrali. Il culmine di una struttura siffatta può essere considerato come una cerniera, poiché non si sviluppano tensioni di flessione a causa del limitato spessore della struttura in quel punto. I sistemi combinati su addizione radiale sono effettuati su base geometrica complessa. Sono connesse figure geometriche semplici sfruttando simultaneamente il sistema di addizione lineare e radiale costituendo così sistemi spaziali molto più complessi di quelli dati dalle parti prese singolarmente.

Il sistema a **telaio rigido** si realizza mediante la combinazione di superfici strutturali che possiedono sia il meccanismo a lastra sia a piastra. Si tratta di sistemi costituiti da coperture e pareti verticali, che, come nel caso dei sistemi a trave, si sviluppano per addizione lineare. La struttura risultante può portare carichi ragguardevoli e cede se non è garantita la stabilità al contorno o per ingobbamento, nelle zone in cui si verificano sforzi di compressione delle sottili superfici strutturali di cui è composta. I sistemi a telaio rigido possono essere addizionati, come i sistemi a trave, anche per addizione radiale o con sistemi combinati lineare-radiale.

Il **sistema ad arco** è utilizzato con numerosi sistemi costruttivi nelle sue svariate forme. Non a caso è trattato dopo la forma geometrica a telaio rigido poiché *"al limite, il telaio che abbia un numero infinito di lati infinitamente corti diventa un arco"*²³. Nella sua forma ideale, che è riscontrabile in buona approssimazione in quello geometricamente e staticamente ottimizzato, l'arco porta i carichi lavorando a compressione pura.

Il **sistema a forma libera** si discosta fortemente dai precedenti poiché non

23 Salvatori, Mario, e Robert Heller. *Le strutture in architettura*. Etas libri, 1987.

composto dal principio della serie quindi da sistemi continui, perfettamente analizzabili, fortemente ritmati, procedendo nella formazione dello spazio con sistemi costituiti per metamorfosi. È il sistema più complesso da analizzare poiché va fatto caso per caso non potendo realizzare delle geometrie semplificate che siano casi particolari. Il sistema a forma libera talvolta nasce dall'esigenza di coprire con una superficie corrugata uno spazio dal sedime irregolare.

La dimensione e il numero di superfici strutturali presenti nella struttura sono determinati da molti fattori, non solo da considerazioni di natura geometrica. Se la struttura è prefabbricata può sorgere l'esigenza di determinare elementi più piccoli per facilitarne il trasporto e l'installazione in loco. Si deve inoltre tener presente che lo spessore dei vari elementi che costituiscono la struttura piegata influenza il modo in cui va realizzato il giunto che li rende fra loro monolitici. Più gli elementi sono sottili più complicata sarà la realizzazione dell'articolazione fra loro a causa della mancanza di spazio per il loro reciproco collegamento.

2.1.5. Altri materiali per le strutture corrugate: il legno

L'arrivo delle materie plastiche rinforzate con fibra di vetro prima, e lo sviluppo dei pannelli di legno in compensato lamellare di grande formato poi, ha aperto nuove prospettive di sviluppo delle strutture corrugate.

L'uso di tali strutture è passato col tempo dalla realizzazione d'interesse strutture colate all'interno di centine, all'utilizzo di elementi prefabbricati il cui rapporto reciproco, realizzato in loco, costituisce il nodo tettonico dell'edificio. *“A seconda del materiale di cui sono composte, le strutture piegate possono essere suddivise in costruzioni di: cemento armato, legno, metallo, vetro e materie plastiche (policarbonato, resina sintetica rinforzata con fibre di vetro, resina poliestere, ecc.). La loro capacità, la possibile forma e applicazione dipendono dal materiale di cui sono*

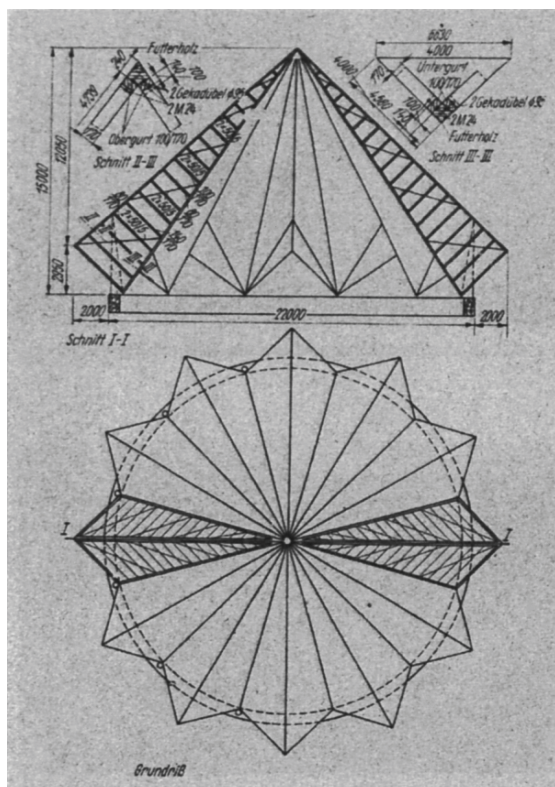


Fig. 2.20

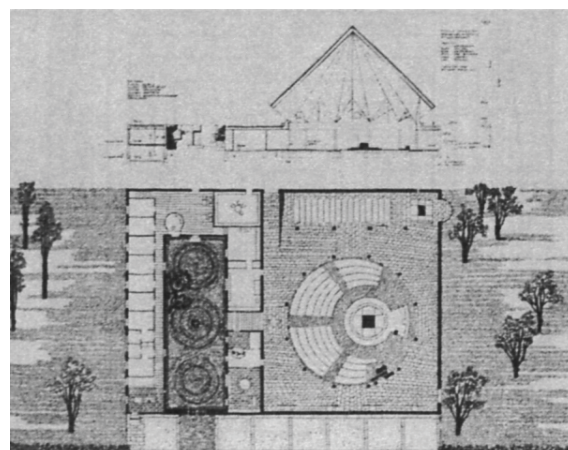


Fig. 2.21

Heilige Dreifaltigkeit, edificio progettato da Josef Wiedemann

Fig. 2.20

Disegno costruttivo della Faltwerke lignea. Leitner Katharina, in Tragkonstruktionen aus plattenförmigen Holzwerkstoffen mit der Textilen Fuge.

Fig. 2.21

Planimetria e sezione del complesso religioso, in Tragkonstruktionen aus plattenförmigen Holzwerkstoffen mit der Textilen Fuge.

Fig. 2.22

Maria Irene Lattarulo, fotografia dell'interno.

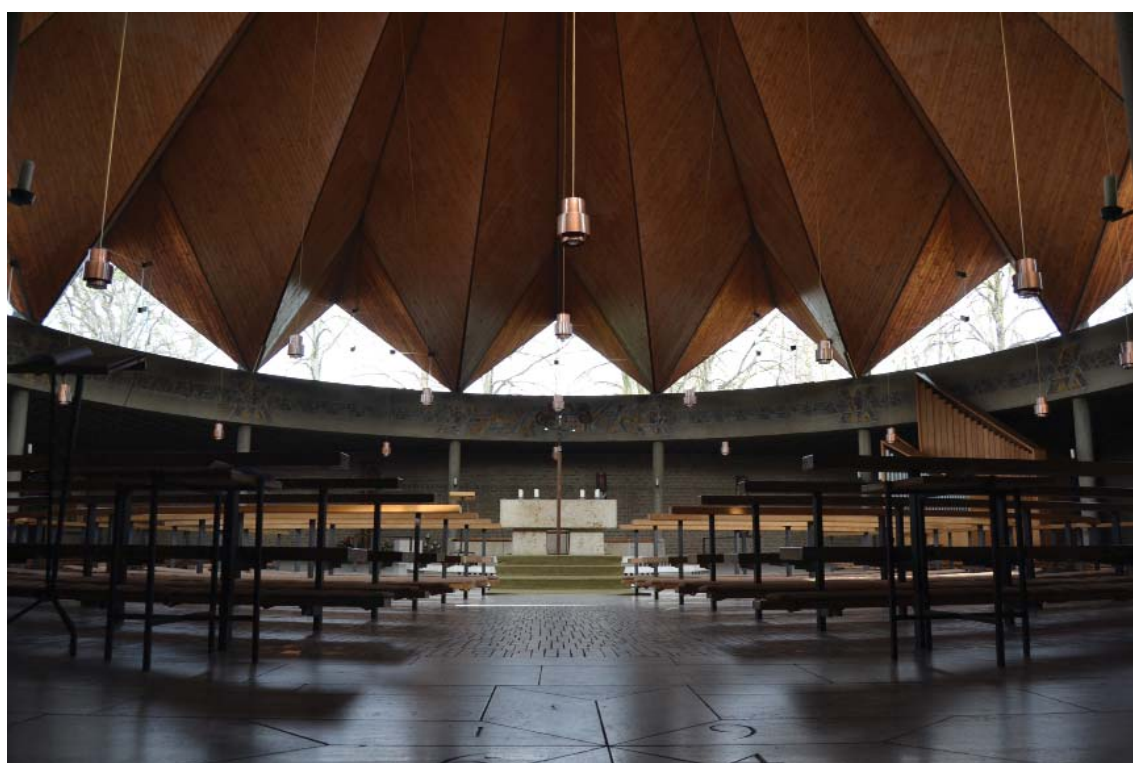


Fig. A22

composti"²⁴.

Le strutture corrugate in legno sono generalmente formate da pannelli. Secondo la loro struttura primaria possono essere suddivisi in²⁵:

- pannelli a parete piena,
- pannelli con una griglia di supporto che funge da struttura elementi di legno massiccio o lamellare,
- pannelli con traliccio di supporto,
- pannelli con strutture portanti ad arco.

Per la realizzazione dei giunti può essere necessario utilizzare elementi d'irrigidimento aggiuntivi, sia in metallo sia in legno.

Josef Wiedemann ha realizzato con strutture corrugate lignee la **Klosterkirche zur Heiligen Dreifaltigkeit** (fig. da 2.20 a 2.22) con Rudolf Ehrmann nel 1964 e la Pfarrkirche zu den heiligen Engeln tre anni più tardi. Entrambe hanno una forma geometrica a sviluppo radiale ma hanno complessità diversa. La prima è composta di ventiquattro elementi triangolari che poggiano su dodici punti alla base e che convergono in un punto in sommità. La struttura è costituita da un talaio ligneo (cfr. fig. 2.20) di 16 cm di spessore che, col rivestimento giunge a un totale di appena 24 cm. Questa particolare struttura tuttavia non copre l'intera superficie dell'aula liturgica. La struttura corrugata poggia su una piastra forata di calcestruzzo di forma quadrangolare. In corrispondenza dei dodici punti di appoggio sono state poste altrettante colonne che contribuiscono al sostegno della copertura. Questo espediente spaziale permette di ampliare lo spazio verticalmente e di creare una zona luminosa nel luogo della celebrazione.

Una soluzione più complessa si trova a Landsberg con la **Pfarrkirche zu den**

24 Šekularac, Nenad, Jelena Ivanović Šekularac, e Jasna Čikić Tovarović. «Folded structures in modern architecture.» *Architecture and Civil Engineering*. Facta Universitatis, 2012. 1-16.

25 Cfr. Šekularac, Nenad, Jelena Ivanović Šekularac, e Jasna Čikić Tovarović. «Folded structures in modern architecture.» *Architecture and Civil Engineering*. Facta Universitatis, 2012. 1-16.

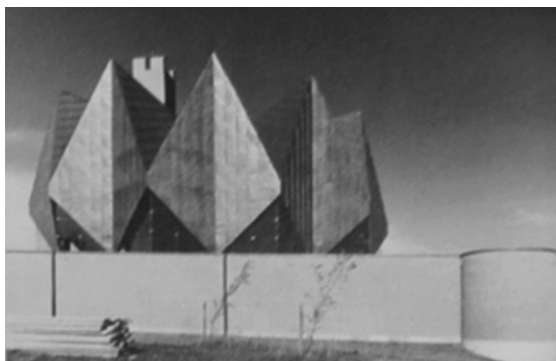


Fig. 2.23

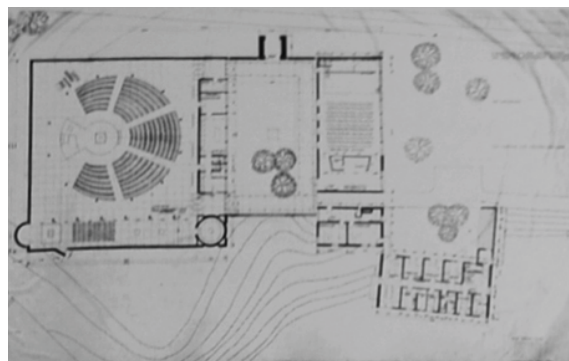


Fig. 2.24

Katholische kirche, Landsberg, edificio progettato da Josef Wiedemann

Fig. 2.23

Prospetto del complesso religioso. *Josef Wiedemann* (Kataloges und der Ausstellung). Lehrstuhl für Entwerfen und Denkmalpflege der Technischen Universität München, 1981.

Fig. 2.24

Planimetria del complesso religioso, *Josef Wiedemann* (Kataloges und der Ausstellung). Lehrstuhl für Entwerfen und Denkmalpflege der Technischen Universität München, 1981.

Fig. 2.25

Dettaglio del nodo centrale della copertura, <http://www.wegezumholz.de>.

Fig. 2.26

Vista dall'interno della chiesa, <http://www.wegezumholz.de>.

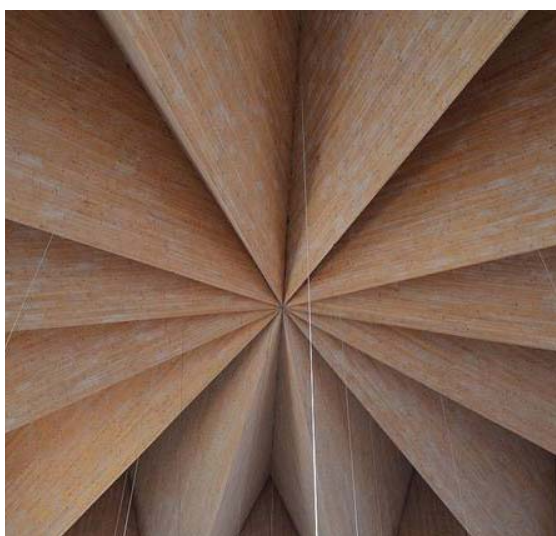


Fig. 2.25

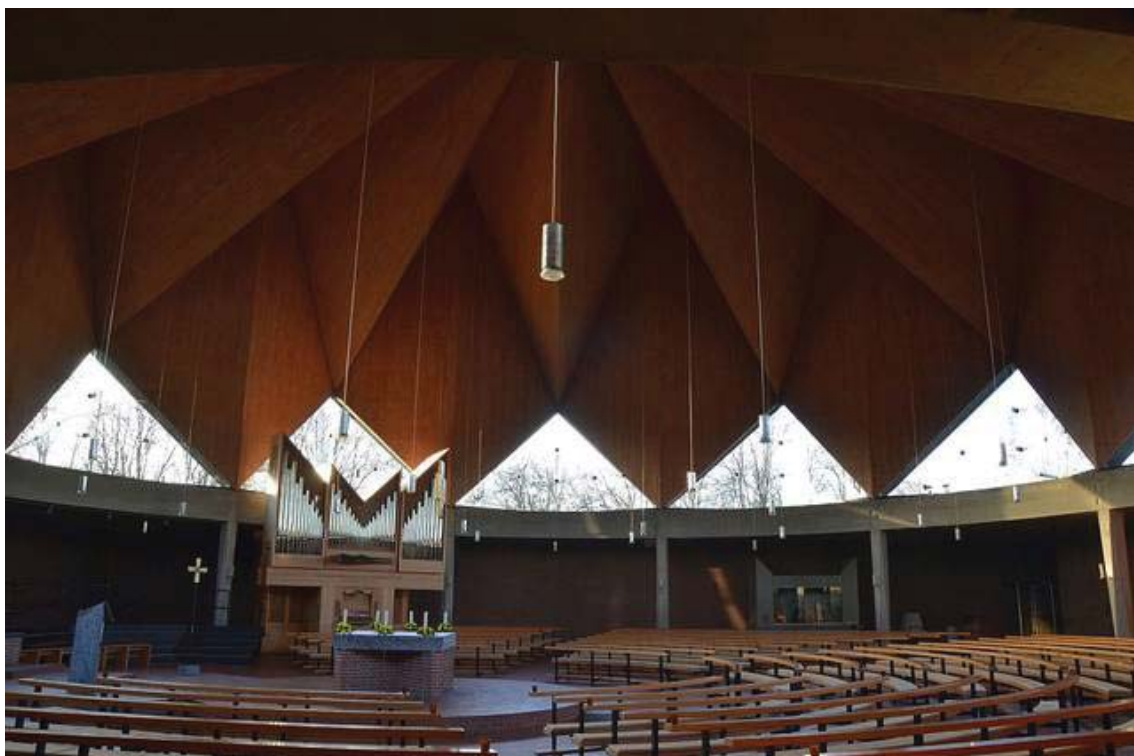


Fig. 2.26

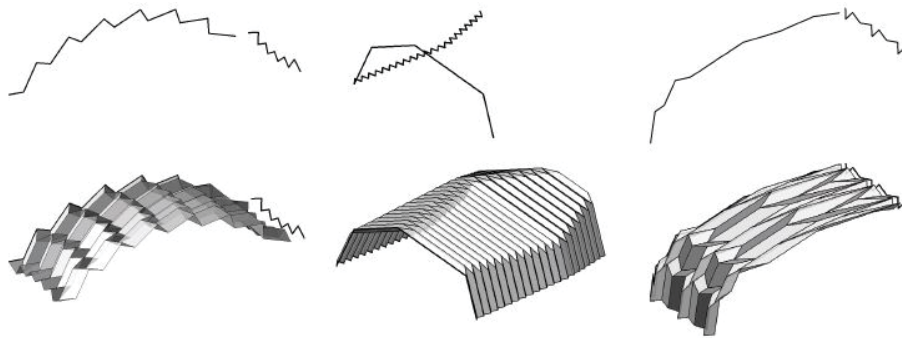
heiligen Engeln (fig. da 2.23 a 2.26), la quale possiede una 'contropunta', cioè la struttura realizza un telaio a sviluppo radiale innalzandosi ed estroflettendosi leggermente in facciata. La costruzione è alta, circa 11,2 m, e copre una luce di 27 m all'interno, arrivando sino a un diametro di 30 m nel punto di massima ampiezza. La planimetria complessiva dell'edificio (crf. fig.2.24) mostra una soluzione in continuità con la precedente, infatti, anche qui Wiedemann realizzerà una piastra in calcestruzzo forata in corrispondenza dell'attacco della struttura corrugata.

Volgendo lo sguardo ai recenti sviluppi nel campo delle strutture corrugate in legno, è interessante osservare l'utilizzo di pannelli di legno lamellare legato alle potenzialità progettuali delle macchine a controllo numerico che sono stati analizzati da Hani Buri e Yves Weinand nell'Ecole Polytechnique Fédérale di Losanna²⁶ per la progettazione della **Cappella temporanea a St. Loup** (fig. da 2.27 a 2.31). Lo studio è partito dall'analisi dei tipi di tassellazione che sarebbero poi stati utilizzati sul modello cioè lo Yoshimura Pattern e la piega Miura²⁷, quindi partendo da un'analisi attenta del modo di costruire le pieghe trasversali.

Le strutture analizzate sono state generate da due linee: un profilo poligonale che ne ha disegnato la forma generale in sezione e un profilo poligonale che disegna il corrugamento del pieghevole a fisarmonica definendone l'ampiezza e l'estensione delle pieghe parallele fra loro. Questo metodo utilizzato permette di generare rapidamente varie geometrie differenti per strutture di legno lamellare piegate in modo tale da adattare alle singole condizioni progettuali la forma generale e il corrugamento della superficie piegata complessa. Può essere ampliata la corrugazione ai bordi della struttura per rinforzarla, perché maggiore è l'ampiezza più forte è la resistenza della

26 Buri, Hani, e Yves Weinand. «Die provisorische Kapelle von St.Loup.» *Holzforschung Schweiz*, 2008, H.2: 16-20.

27 Cfr. Glossario alla voce piega Miura.



Cappella temporanea di St. Loup a Pompaples, Buri, H., e Y. Weinand. «Origami - Folded Plate Structures.» 10th World Conference on Timber Engineering. Miyazaki, Japan, 2008.

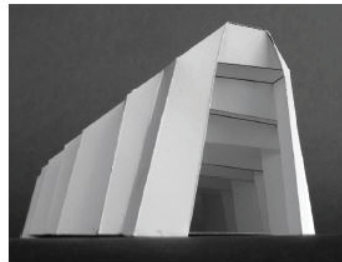
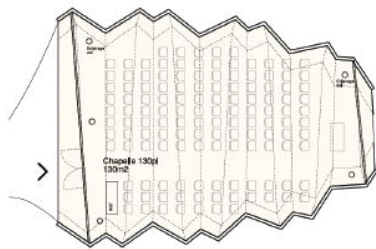


Fig.2.27
 Prove in CAD per la realizzazione del corrugamento, modello digitale.

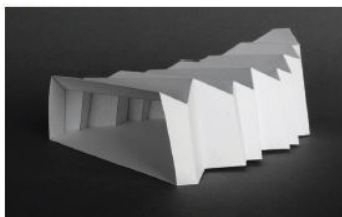
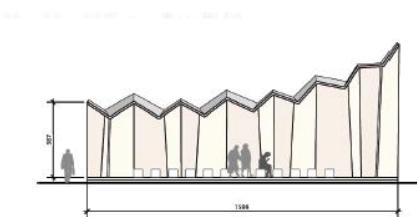


Fig.2.28
 Planimetria e sezione dell'aula liturgica.

Fig.2.29
 Modello volumetrico.



Fig.2.30
 Prototipo sul quale sono state realizzate le prove di carico. E' stato realizzato con una geometria semplificata al fine di dimostrare la bontà dei giunti e della resistenza della struttura. Buri, Hani, e Yves Weinand. «Origami aus Brettsperrholz. Origami in legno lamellare.» *Detail*, 2010: 2-4.

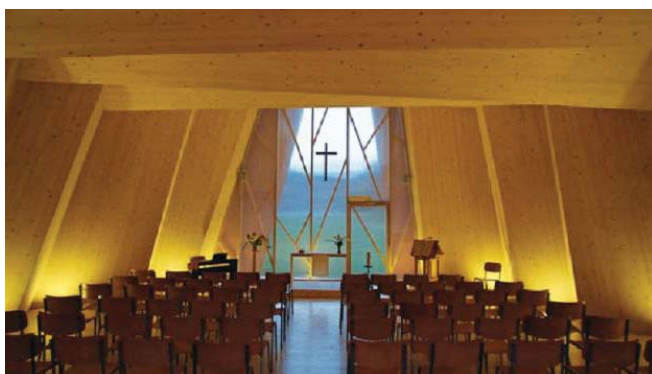


Fig.2.31
 Vista dall'interno dell'edificio al termine della realizzazione. Buri, Hani, e Yves Weinand. «Die provisorische Kapelle von St. Loup.» *Holzforchung Schweiz*, 2008, H.2: 16-20.

struttura di legno lamellare piegata. Inoltre le variazioni locali o generali di ampiezza fra i tasselli possono essere utilizzate per adattare la struttura di legno lamellare alle sollecitazioni.

È stato dapprima costruito un prototipo allo scopo di mostrare la fattibilità della costruzione con pannelli di legno lamellare basate su geometrie complesse. Utilizzando una geometria semplice, un modello a spina pesce regolare, sono stati realizzati due trapezi simmetrici di compensato dallo spessore di 21 mm la cui combinazione compone l'intero prototipo. Sei coppie costituiscono un arco di campata pari a 2,6 m e 6,7 m di profondità. È stata infine valutata la resistenza della struttura mediante prove di carico con le quali è stata dimostrata la maggiore deformazione sui lati aperti e quindi l'aumento di resistenza in relazione alle connessioni.

Gli studi effettuati sul prototipo hanno permesso, mediante la collaborazione con architetti locali di Losanna di progettare una cappella provvisoria per un convento di suore in fase di ristrutturazione. L'edificio che prevede un'affluenza di circa cento persone, è costituito da una navata unica definita da due linee a zig-zag in pianta.

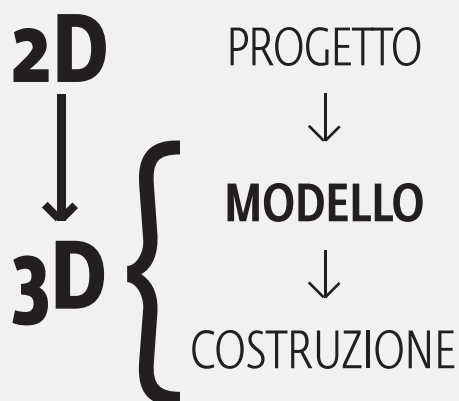
Sebbene questo esempio abbia la duplice funzione di mostrare come oggi l'uso dei modelli sia fondamentale per la progettazione delle strutture corrugate e un esempio di realizzazione linea contemporanea, esso mette in luce anche tutte le perplessità sull'arbitrarietà delle forme architettoniche derivanti dall'utilizzo dei software di modellazione. Le architetture corrugate si sono sviluppate dall'intento di render espressivo lo scarico delle forze al suolo, non di certo dalla volontà di creare architettura disegnando due semplici linee a zig-zag nello spazio.

2.1.6. Considerazioni sulle strutture corrugate nella contemporaneità

Le strutture corrugate contemporanee traggono ispirazione dalle ragioni

IL PROCESSO MORFOGENETICO: La progettazione attraverso i **modelli**

APPROCCIO TRADIZIONALE



APPROCCIO ORIGAMI

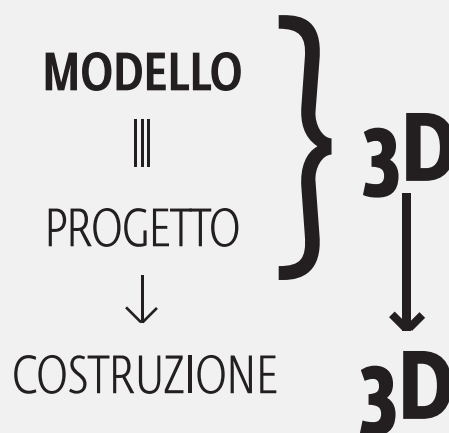
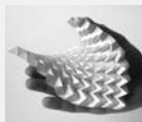


Fig. 2.32

IL PROCESSO MORFOGENETICO: La progettazione con l'**approccio origami**



Dal progetto alla realizzazione

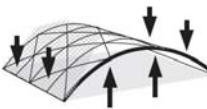
1. Manipolazione del **modello** realizzato in carta o cartone.



2. Identificazione delle operazioni da far compiere al modello per giungere alla desiderata configurazione e creazione di una tassellazione.

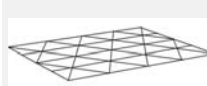


3. Traduzione dei segni (pieghe) e disegni (schizzi progettuali) nei programmi di manipolazione grafica.

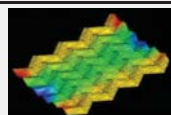


4. Scelta del tipo materiale da utilizzare

5. Verifica delle condizioni che la matematica dell'origami impone per planarità e flatfoldabilità (verifica del **modello** con test, ad esempio: test di planarità per tasselli) ed eventuale adattamento della tassellazione.



6. Produzione del **modello** in scala o di una porzione della struttura a grandezza naturale.



7. Verifica dei comportamenti statici, fisici e meccanici mediante prove.

8. Fase realizzativa dell'opera.

La progettazione attraverso i modelli

Fig. 2.33

strutturali proprie della ricerca dei primi sperimentatori quali, solo per citarne uno, Musmeci. Molte delle tecniche high-tech e del folding nascono dalle ricerche sul minimo strutturale nate negli anni 50-60 con l'osservazione della natura ove la teoria del minimo strutturale si mostra a qualunque persona sia abbastanza attenta nell'identificare una tela di ragno come una raffinatissima tensostruttura in grado di sostenere enormi sollecitazioni esterne con un impiego davvero minimo di materiale. Cambiano i termini ma non la sostanza, così la ricerca sulle strutture corrugate diviene lo sviluppo degli **architectural origami**. Come affermato in precedenza, sono ascritte fra gli architectural origami tutte quelle costruzioni originate da ragionamenti di carattere spaziale che sfruttano le tecniche e le proprietà derivanti direttamente dall'arte dell'origami giapponese. *L'approccio origami* influenza la definizione della forma strutturale, in particolare ne modifica il processo morfogenetico (fig.2.32).

Complessità, è questa la parola che meglio descrive le strutture realizzate per superfici piegate articolate. Governare tale complessità è possibile, ma solo mediante strumenti adeguati che permettano di controllare contemporaneamente la complessità di forma e le diverse configurazioni spaziali che queste strutture permettono. I software permettono di simulare le pieghe, di risolvere i vincoli geometrici che la progettazione impone e di migliorare eventualmente la geometria dei tasselli al fine di raggiungere il desiderato risultato. Utilizzare questi strumenti significa *“tradurre il tema della piegatura in un problema di geometria computazionale”*²⁸.

Le architetture per superfici piegate offrono un numero finito di tecniche di piegatura che possono essere catalogate e testate con software parametrici. Il modello parametrico è quindi l'unico strumento che ci permette di progettare,

28 Felbrich, B. «Bionics in Architecture. Experiments with Multi-Agent Systems in Irregular Folded Structure.»

MODELLI: diverse finalità e diverse caratteristiche



Corogami Folding Hut
Progettista: Arch. David Penner
Materiali: propilene ed
elementi di fissaggio in ottone
laminato

Fig.2.34 - 2.35
Fonte: David Penner



**COINCIDENZA MODELLO ED
OGGETTO COSTRUITO**



**Yokohama International
Cruise Terminal**
Progettisti edificio: FOA, Foreign
Office Architects
Artista modello in carta: Richard
Sweeney

Fig.2.36 - 2.37
Fonte: <http://www.eikon-graphia.com>



**ADATTAMENTO DEL
MODELLO**

e quindi anche di rappresentare, una struttura di siffatta complessità. Tuttavia la capacità di governare strutture complesse dipende anche dal metodo con cui a esse ci si approccia. In concomitanza con l'uso di software parametrici è dunque necessario anche il passaggio dalla prototipazione con la carta che insegna ad approcciarsi alle tassellazioni, ai moduli. La carta costringe anche alla comprensione della combinazione dei moduli attraverso connessioni sia faccia-faccia o articolazioni.

L'introduzione della piega su un foglio di carta permette di attribuire allo stesso una forma strutturale che, senza aumentare la quantità di materiale impiegato, ne aumenta la capacità portante²⁹. Strutture in carta pieghettata cedono se il loro contorno non viene tenuto fisso o se si ingobbano le sottili solette nelle zone in cui si verificano gli sforzi di compressione. Modellando direttamente lo spazio in tre dimensioni si modifica il processo morfogenetico che non ha più la necessità di esser precedentemente disegnato su carta, quindi bidimensionalmente.

Si presentano qui due costruzioni progettate partendo da un modello tridimensionale. La prima creata dall'architetto canadese David Penner, il **Corogami Folding Hut** (fig. 2.34 e 2.35) funge da riscaldamento pubblico. Questa architettura temporanea è stata realizzata a partire da un modello in carta comune in scala 1:10. È stato scelto questo mezzo di modellazione per approssimare in rapporto scalabile la forza e il peso dei pannelli e per poter esplorare la struttura da un punto di vista formale e strutturale. Sono state usate tecniche origami di base fra cui la piega trasversale al fine di impostare una forma ad arco. La rigidità flessionale fornita dalle pieghe lungo le linee di piegatura ha permesso di ottenere la profondità strutturale desiderata, risultato intuitivo sulla base delle prestazioni ottenute col modello di carta.

29 L'aumento della capacità portante di un foglio di carta può anche essere dell'ordine delle quattrocento volte il peso del foglio con una conformazione a volta. (Cfr. Salvatori, Mario, e Robert Heller. *Le strutture in architettura*. Etas libri, 1987.)

Sono state inoltre introdotte basi triangolari rigide per fornire stabilità ai profili piegati e per permettere l'ancoraggio al suolo. Realizzato nel 2010, Il Corogami Hut fu presentato per l'inaugurazione dell'Art & Architecture On Ice exhibition a Winnipeg, Canada. È stato progettato e fabbricato nell'arco di tempo di due settimane. Il nome deriva dall'unione delle parole coroplast e origami poiché rappresentano rispettivamente il materiale scelto per la struttura e l'ispirazione per la forma dalla tecnica giapponese. La sua struttura pieghevole è costruita una doppio strato di propilene e con elementi di fissaggio in ottone laminato.

La seconda costruzione in esame è stata progettata dal Foreign Office, lo **Yokohama International Cruise Terminal** (fig. 2.36) la cui struttura è costituita da portali in acciaio placcato di forma triangolare. Gli architetti hanno vinto il concorso con questo progetto caratterizzato da una costruzione impossibile da realizzare in acciaio, adattando un modello di una superficie corrugata di cartone dell'artista Richard Sweeney (fig. 2.37).

Attraverso l'analisi di queste due costruzioni così diverse per dimensioni e materiale costituente è possibile fare una considerazione sull'*approccio origami* alla progettazione. Nonostante si parta sempre da un modello tridimensionale in carta piegata, l'adattamento del modello al materiale è stato fondamentale per la realizzazione di una architettura di grandi dimensioni come lo Yokohama International Cruise Terminal, mentre il Corogami Hut è perfettamente aderente al modello tridimensionale di progetto. Il coroplast ha uno spessore esiguo paragonabile a quello del foglio di carta, quindi i nodi vengono interpretati alla stregua delle pieghe della carta. Si tratta ovviamente di un caso limite, impossibile da ottenere nel caso di architetture destinate ad avere una vita utile maggiore.

Comparandolo gli esempi degli anni '60 del Novecento con le più recenti realizzazioni si potrebbe affermare che lo sviluppo della concezione strutturale

si partito dalla dinamica delle forze come principio generatore delle forme per giungere ad uno spazio improntato sull'adozione di una geometria astratta, depurata da qualsiasi contenuto statico.



Fig.2.38

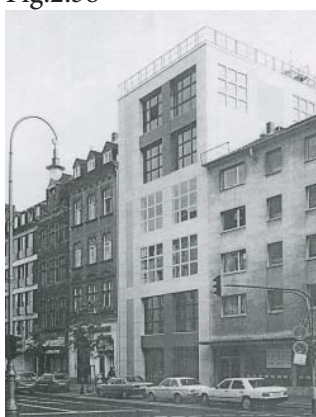


Fig.2.39



Fig.2.40

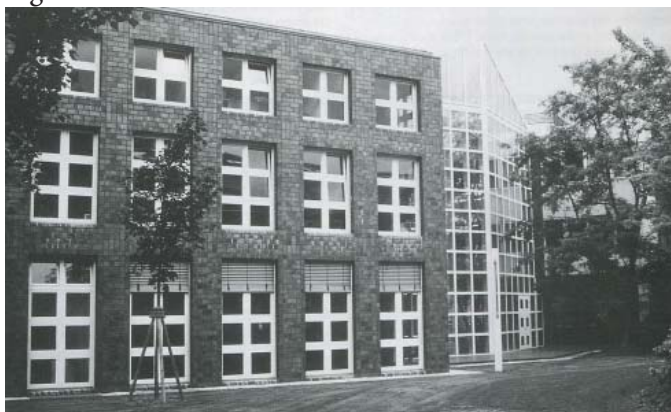


Fig.2.41

Fig.2.38
Checkpoint Charlie

Luogo: Berlin-Kreuzberg
Anno: 1987-1989
Progetto architettonico: O.M.A.
Office for Metropolitan
Architecture (R. Koolhaas et al)
Destinazione d'uso: edifici
residenziali

Fig.2.39
Casa galleria con appartamenti

Luogo: Köln
Anno: 1986-1987
Progetto architettonico: Oswald M.
Ungers

Fig.2.40
**Friedrichstadt Passagen
Geschäftshaus**

Luogo: Berlin-Mitte
Anno: 1991
Progetto architettonico: Oswald M.
Ungers + Partner
Destinazione d'uso: edifici
commerciali

Fig.2.41
**Edificio per uffici
dell'associazione municipale
Marienburg**

Luogo: Köln-Marienburg
Anno: 1991-92
Progetto architettonico: Oswald M.
Ungers + Partner

Fonte delle immagini: Polónyi,
Stefan, und Wolfgang Walochnik.
Architektur und Tragwerk. Berlin:
Ernst & Sohn, 2003.

2.2. L'opera di Polónyi fra linee e superfici portanti

L'opera di Stefan Polónyi, come affermato nel capitolo uno, non può essere analizzata come una sequenza d'incarichi di rilievo con un numero non ristretto di abili progettisti. Il lavoro di Polónyi è stato condotto in maniera totalmente differente, è piuttosto una continua ricerca sulla progettazione razionale delle strutture in cui ogni progetto è considerato un'occasione per inserire un nuovo tassello verso la definizione di un corretto processo progettuale.

Polónyi fa emergere da ogni sua opera che la bellezza si nutre di consistenza strutturale. L'esperienza di lettura delle architetture dell'ingegnere svolta con questa ricerca mira ad approfondire la logica costruttiva delle strutture portanti poiché, nonostante la costante ricerca di coerenza fra materiale e sistema costruttivo adottato sia la caratteristica più rilevante del suo lavoro, egli ritiene che *"il compito prioritario da affrontare non è quello di risolvere la struttura portante in sé e neppure quello di coprire luci dell'ampiezza desiderata; si tratta piuttosto di definire e delimitare lo spazio"*³⁰.

Nella sua lunga carriera Stefan Polónyi ha realizzato: edifici residenziali, amministrativi e per spazi espositivi, biblioteche, scuole e università, centri per eventi, musei, edifici commerciali, impianti sportivi, edifici e impianti industriali ed anche ponti. Tutto il suo lavoro quindi si può schematizzare dividendolo fra linee e superfici portanti, com'è stato mostrato nel 2012 durante una mostra espositiva sul suo lavoro³¹ spesso celato dietro il solo nome dell'architetto progettista. La sua riflessione nasce dalla tridimensionalità

30 Polónyi, Stefan. «Interpretare le strutture portanti, dell'architettura.» *Lotus International* 79, 1993: 79-87.

31 Cfr. Kleefisch-Jobst, Ursula, Peter Köddermann, Katrin Lichtenstein, e Wolfgang Sonne. *Stefan Polónyi: Tragende Linien - Tragende FLache. Bearing Lines - Bearing Surfaces*. Stuttgart: Axel Menges, 2012.



Fig.2.42

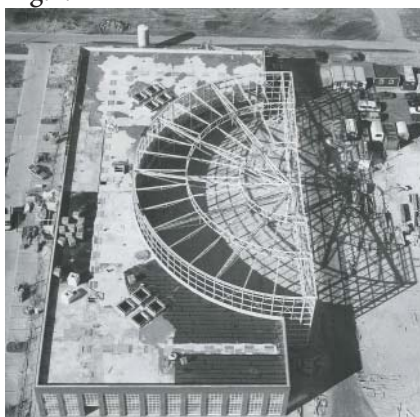


Fig.2.43



Fig.2.44



Fig.2.45



Fig.2.46

Fig.2.42
Copertura della stazione centrale di Colonia

Luogo: Köln
Anno: 1986-89 1991
Progetto architettonico: Peter Busmann, Godfrid Haberer

Fig.2.43
BIBA - Bremer Institut für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaft

Luogo: Bremen
Anno: 1989-1991 1992
Progetto architettonico: Oswald M. Ungers
Destinazione d'uso: Istituto di Ingegneria Industriale e Ergonomia Applicata

Fig.2.44 - Fig.2.45
Galleria della fiera di Francoforte

Luogo: Frankfurt/Main
Anno: 1981-1983
Progetto architettonico: Oswald M. Ungers

Fig.2.46
Keramion

Luogo: Frechen, vicino Köln
Anno: 1971
Progetto architettonico: Atelier Neufert
Destinazione d'uso: galleria per la ceramica contemporanea

Fonte delle immagini:
Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

dello spazio: dall'*"applicazione del principio della linea di supporto"*³² per collegare con veri landmark urbani piuttosto che con semplici ponti due punti della città, o dalla ricerca di quelle superfici portanti piane e quegli elementi sagomati a guscio che riescono a delimitare lo spazio essendo allo stesso tempo portanti.

Le differenti destinazioni d'uso e i diversi modi d'intendere lo spazio dei vari progettisti con cui ha collaborato, gli hanno permesso di spaziare fra moltissimi sistemi costruttivi e materiali da costruzione differenti. La ricerca della struttura portante più consona allo spazio da progettare parte sempre da *"strutture costituite da superfici piane portanti oppure da elementi sagomati o anche utilizzando strutture a guscio. [...] Se non si può adottare l'effetto portante di superficie [...] si cerca di ottenere un adeguato sostegno della copertura"* aggiungendo degli appoggi.

Il suo lavoro è sempre stato orientato alla ricerca della soluzione ottimale per il raggiungimento di una data spazialità, dove per soluzione ottimale s'intende non solo la progettazione di una struttura coerente con la forma e la funzione, ma anche quella particolare soluzione che può essere adatta al progettista al quale essa sia proposta. A tal proposito Polónyi ammonisce i suoi colleghi ricordando che *"un ingegnere strutturale deve conoscere esattamente lo stile dei suoi partner architettonici e presentare solo proposte che fanno parte della loro architettura. Un suggerimento inadatto distrae l'architetto rendendolo nervoso"*. Le immagini che corredano questo paragrafo rappresentano architetture significative realizzate da Stefan Polónyi. L'intento è di illustrare l'ampia produzione dell'ingegnere civile in costruzioni con destinazioni d'uso differenti e la collaborazione con progettisti di fama internazionale, ponendo in risalto in particolare quella con Oswald M. Ungers. Il loro rapporto lavorativo,

32 Gerhardt, Rolf. «Tragende Linien - Tragende flächen. Konstruktionsprinzipien im Werk von Stefan Polónyi.» *Archplus* 206-207: 2-3.

intenso e di reciproca stima, ha portato alla realizzazione di diversi progetti dopo la Galleria della fiera di Francoforte (fig.2.44 e 2.45). Fra gli altri sono qui: riportati la casa galleria con appartamenti a Colonia del 1987 (fig.2.39), l'edificio commerciale Friedrichstadt Passagen a Berlino del 1991 (fig.2.40), l'edificio per uffici dell'associazione municipale Marienburg a Colonia del 1992 (fig.2.41) e, dello stesso anno, il BIBA (Istituto di Ingegneria Industriale ed Ergonomia Applicata) a Bremen (fig.2.43). *“Non è da escludere che in Ungers sia sorta l'impressione che non avrebbe potuto realizzare le sue idee progettuali con nessun altro ingegnere all'infuori di me”*³³ dice in uno dei pochissimi articoli giunti nel territorio italiano l'ingegnere ungherese.

Fra i tanti nomi spiccano anche le collaborazioni con Rem Koolhaas, Jean Nouvel, Harald Deilmann, Josef Paul Kleihues, Josef Lehmbruck, Fritz Schaller, Ian Ritchie, Santiago Calatrava e Peter Neufert. Con quest'ultimo ha progettato uno dei suoi edifici iconici, il Keramion (fig.2.46), una galleria per la ceramica contemporanea realizzata con un guscio in calcestruzzo armato dal diametro di 23 m e uno spessore di appena 8 cm³⁴.

Altri esempi della maestria con cui la forma strutturale genera in un unico gesto l'intero edificio sono da ricercarsi fra le strutture corrugate. Le difficoltà costruttive e gli ingenti costi di produzione non hanno prodotto un numero elevato di oggetti costruiti, bensì pochissime architetture dalla complessità e qualità formale estrema. Fra queste spicca la chiesa di St. Paulus a Neuss-Weckhoven e la Tribuna dello stadio di Colonia. È rimasto solo su carta il progetto della struttura corrugata per la chiesa di St. Remigius a Wuppertal-Sonnborn, mentre piccole sperimentazioni sono da ricercarsi all'interno dei progetti per le coperture delle stazioni di servizio. A Wuppertal-Cronenberg,

33 Polónyi, Stefan. «Interpretare le strutture portanti, dell'architettura.» *Lotus International* 79, 1993: 79-87.

34 Cfr. Polónyi, Stefan. «Von der Statik- und Festigkeitslehre zur Tragwerkslehre.» *db. Deutsche Bauzeitung* 133, 1999, Fascicolo 12: 96-98.

invece, si trova un esempio di struttura corrugata lignea.

2.2.1. Ridisegno come strumento conoscitivo

Identificato il linguaggio formale, le ragioni statiche, gli antecedenti storici ed anche i più recenti cambiamenti avvenuti nelle strutture corrugate, si è scelto di analizzare le architetture oggetto di questo studio mediante lo strumento del ridisegno.

Come afferma la parola stessa, ridisegnare indica l'atto di riprodurre un oggetto già esistente, nella fattispecie di un'architettura.

Se il progetto è opera dell'ingegno, nel ridisegno non ci si pone il problema della scelta ma quello dell'interpretazione. Il ridisegno permette non solo di ottenere un'immagine di quello che già esiste ma anche di esprimere concetti, ha l'ambizione di essere una rappresentazione dell'atto della creazione dell'opera stessa. È inoltre il luogo in cui il pensiero critico si forma con razionalità, rappresenta *"il concetto formato nella mente nostra per poter conoscere qualsivoglia cosa"*³⁵.

Attraverso il ridisegno è possibile approcciarsi all'opera costruita con un contatto più intimo atto e guardare oltre l'immagine che la singola fabbrica restituisce. L'architettura si nutre d'immagini, ma anche d'idee espresse dalle prime e che richiedono di esser colte ed espresse in forma nuova.

Per la sua realizzazione ha bisogno di diversi momenti: un'analisi storica, una valutazione visiva e una successiva lettura critica.

L'analisi storica dell'edificio è determinata dalla conoscenza archivistica. Nel caso in esame tutto il materiale progettuale di Stefan Polónyi è attualmente conservato presso l'A:AI – Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

³⁵ Federico Zuccaro distingue il disegno esterno da quello interno. Il primo permette la conoscenza (materica, numerica, ecc..) di un oggetto, il secondo esprime ciò che la nostra mente associa a quell'oggetto, un concetto. (Cfr. Robotti, Ciro, e Francesco Starace. Il disegno di architettura. *L'antico, i giardini, il paesaggio*. Cavallino di Lecce: Capone Editore, 1993.)



Fig. 2.47



Fig. 2.48

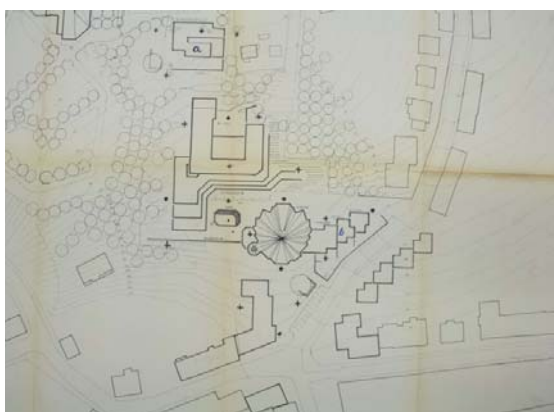


Fig. 2.49



Fig. 2.50

Tipi di materiale reperito nell'A:AI – Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW:

Fig.2.47: Schedario: la quasi totalità delle opere realizzate ha una propria cartella con all'interno vario materiale riguardante l'edificio in piccole quantità. Polónyi probabilmente conservava di ogni edificio solo gli elementi essenziali a ricostruirne a memoria il progetto e la storia. Sono stati ivi rinvenuti disegni, fotografie, diapositive, fotocopie di articoli pubblicati sugli edifici.

Lavoro svolto: Per un'agevole consultazione del materiale è stato operato un vero e proprio riordinamento del materiale consultato: nel rispetto della struttura originaria dello schedario è stata eseguita una selezione e riorganizzazione del materiale ivi contenuto al fine di agevolare la consultazione della conservazione permanente.

Fig.2.48: Diapositive: sono custodite in appositi armadi. Polónyi le

utilizzava come materiale didattico per le sue lezioni. Sulle diapositive sono state trovate le immagini delle sue architetture (fotografie di cantiere e dell'edificio al termine della costruzione) e non solo.

Lavoro svolto: Le diapositive sono state di difficile catalogazione poiché non ordinate all'interno dell'archivio. Varie sezioni dell'archivio contengono diapositive ordinate per tipi costruttivi, funzioni degli edifici, o semplicemente come collezione. Questo ha allungato i tempi del reperimento di questo materiale che è seguito da una scansione ad alta qualità per la digitalizzazione.

Fig.2.49: Disegni di grande formato: sono stati rinvenuti nelle grandi scatole in cui Polónyi ha riposto ogni tipo di materiale riguardante gli edifici costruiti e in minima parte all'interno dello schedario. Rappresentano i disegni realizzati dallo studio Polónyi ma anche le riproduzioni degli architettonici degli architetti con cui ha collaborato. I disegni sono su supporto cartaceo, in piccola parte su carta da lucido.

Lavoro svolto: Sono state eseguite delle fotografie poiché l'archivio non possiede uno scanner per la digitalizzazione di supporti di grande formato.

Fig.2.50: Microfiche: (o microfilm) riproducono i disegni di grande formato delle architetture meno recenti realizzate da Polónyi. Probabilmente la scelta di utilizzare i microfiche derivata da problemi di conservazione dei disegni di grande formato realizzato per ogni architettura costruita e no. I microfiche si presentano su un supporto lucido, con al massimo sei immagini per ognuno in negativo. Sono rese osservabili solo attraverso appositi dispositivi (microlettori). Ogni microfiche è corredato dal numero corrispondente all'edificio (nell'esempio il 3703 corrisponde alla chiesa di St. Mariä Himmelfahrt) e da un numero progressivo.

Lavoro svolto: Per digitalizzare i disegni contenuti nei microfiche è stato necessario produrre diverse scansioni per ogni immagine che sono state poi rielaborate con Photoshop per ottenere un'immagine unitaria con l'utilizzo del comando photomerge e l'opzione collage per non distorcerne il contenuto.

Fotografie realizzate da Claudia D'Amore

in forma di prelascito. L'archivio raccoglie dal 1995 il materiale di architetti e ingegneri della regione del Nord Reno-Vestfalia.

Stefan Polónyi ha lasciato materiale di vario genere presso l'archivio: uno schedario (fig.2.47) che contiene foto e articoli sulle architetture che ha realizzato, una numerosa collezione di diapositive (fig.2.48) che fungevano anche da supporto didattico, disegni architettonici e di dettaglio di grande formato (fig.2.49) in parte ridotti su supporto microfiche (fig.2.50) per gestirne la mole di archiviazione.

La fase successiva ha previsto la conoscenza diretta dei manufatti, accompagnata da una campagna di rilievo metrico e fotografico³⁶.

L'interpretazione, avvenuta successivamente, con schemi e diagrammi permette di riconoscere le parti costituenti gli edifici, la collocazione e gli ordinamenti. Permette inoltre di osservare, entro il quadro di riferimento della teoria delle strutture e della storia progettuale espressa da Polónyi, ciò che è parte della sua poetica individuale e ciò che riguarda l'estetica e la grammatica costruttiva in senso generale.

Tale approccio è sintomatico di una condizione, quella dello studioso che, a discapito della velocità con cui oggi tutto si svolge, prende una pausa per riflettere sul prodotto del pensiero che è divenuto costruzione. Un'altra modalità di prassi, analitica, eleva il ruolo della rappresentazione a visione sintetica, consentendo di riconoscere la plastica dell'architettura complessa nello spazio e non solo con la rappresentazione alla Monge.

Consolidato nel tempo nella scuola del Politecnico di Bari, il ridisegno è utilizzato come strumento in grado di fare sintesi, la visione a posteriori della costruzione.

Attraverso la restituzione grafica presente in questo lavoro s'intende restituire un'interpretazione dell'opera costruita dall'ingegner Stefan Polónyi.

36 Cfr. capitoli sui casi studio

Il secondo volume contiene per intero i disegni prodotti nell'ambito di questa ricerca. Sono riportati qui di seguito solo quelli funzionali alla comprensione del testo critico.

I disegni canonici costituiti da piante, prospetti e sezioni, sono arricchiti da viste tridimensionali e tavole dedicate alla comprensione della struttura portante che governa le architetture oggetto di studio.

L'uso delle ombre e talvolta anche del colore nelle viste piane e assonometriche permette una visione non ideale, aggiornata all'oggi degli edifici studiati.

Il primo caso studio analizzato è quello della chiesa di St. Paulus contenuto nel paragrafo seguente, seguono le chiese di St. Märia Himmelfahrt, St. Hedwig e St. Suitbert nel terzo capitolo della trattazione.

2.3. Caso studio: St. Paulus, Neuss-Weckhoven, 1966-67

2.3.1. Il centro parrocchiale di St. Paulus³⁷

La costruzione del centro parrocchiale St. Paulus in Maximilian-Kolbe-Straße a Weckhoven è iniziata nell'estate del 1966 ed è stata completata intorno alla metà 1969. Il centro giovanile³⁸, la canonica, una cappella, l'appartamento per il sacrestano e un alloggio secondario per l'organista, una sala parrocchiale per 120 posti, un asilo e una biblioteca per 6000 volumi, sono tutti gli elementi che costituiscono il centro parrocchiale assieme alla chiesa da 400 posti.

Se si volesse comprendere la genesi di questo progetto a Weckhoven, si dovrebbe ricordare la situazione locale in quel momento storico.

Il villaggio di 1.000 anime posto fra il Gilbach e l'Erfth, due affluenti del Reno, alla metà degli anni '60 fu ampliato per divenire una moderna città satellite con tutte le sue strutture, fra le quali si annovera il centro parrocchiale. Il programma fu completato dopo anni ma diede all'attuale quartiere meridionale della città di Neuss, cui appartiene politicamente dal 1929 per volontà dei padri fondatori, un aspetto completamente nuovo, e come per ogni cambiamento, il processo avviato ebbe non poche difficoltà.

Nei piani di sviluppo per Weckhoven sulla Maximilian-Kolbe-Straße, un cantiere per la costruzione di un centro parrocchiale era stato previsto in una consultazione lungimirante col Vicario generale di Colonia, la superficie a disposizione era di ben 6000 metri quadrati. La costruzione della parrocchia fu una priorità in quel periodo poiché la comunità cattolica si stava allargando e

³⁷ Numerose informazioni riguardanti date e avvenimenti della costruzione del centro parrocchiale di St. Paulus contenute in questo nei successivi paragrafi derivano da una ricerca svolta dall'architetto Luis-Rafael Villena di Weckhoven che ha seguito gli ultimi lavori di restauro della chiesa.

³⁸ Il centro giovanile doveva essere composto da almeno tre sale per gruppi, una sala comune per 60 persone. Cfr. Schaller, C. (1996). *Fritz Schaller. Retrospektive*. Betrieb für Öffentlichkeit.

si prevedeva che, a lungo termine, la Chiesa di St. Joseph a Lindenplatz sarebbe stata troppo piccola. Il 22 febbraio 1965 l'architetto Fritz Schaller³⁹ di Colonia fu incaricato per la progettazione di questo centro parrocchiale che doveva essere organizzata mediante costruzioni di uno o due piani, sviluppate sul bordo di un cortile-giardino. *"Già nel mese di luglio dell'anno precedente, c'erano stati i preparativi per un concorso per la costruzione della chiesa, cui gli architetti Dolken, Hans Haas e Rudolf Cornelius dovevano essere invitati"*⁴⁰ ma il concorso non fu eseguito e la progettazione fu assegnata direttamente a Fritz Schaller.

2.3.2. La scelta dell'ingegner Polónyi come ingegnere strutturale e la genesi del progetto

Funzionale, chiaramente strutturato ed equilibrato nell'architettura, l'intero centro parrocchiale s'integrò perfettamente all'immagine della "nuova" Weckhoven. Eccezionale e caratteristica del progetto è la forma insolita della Chiesa.

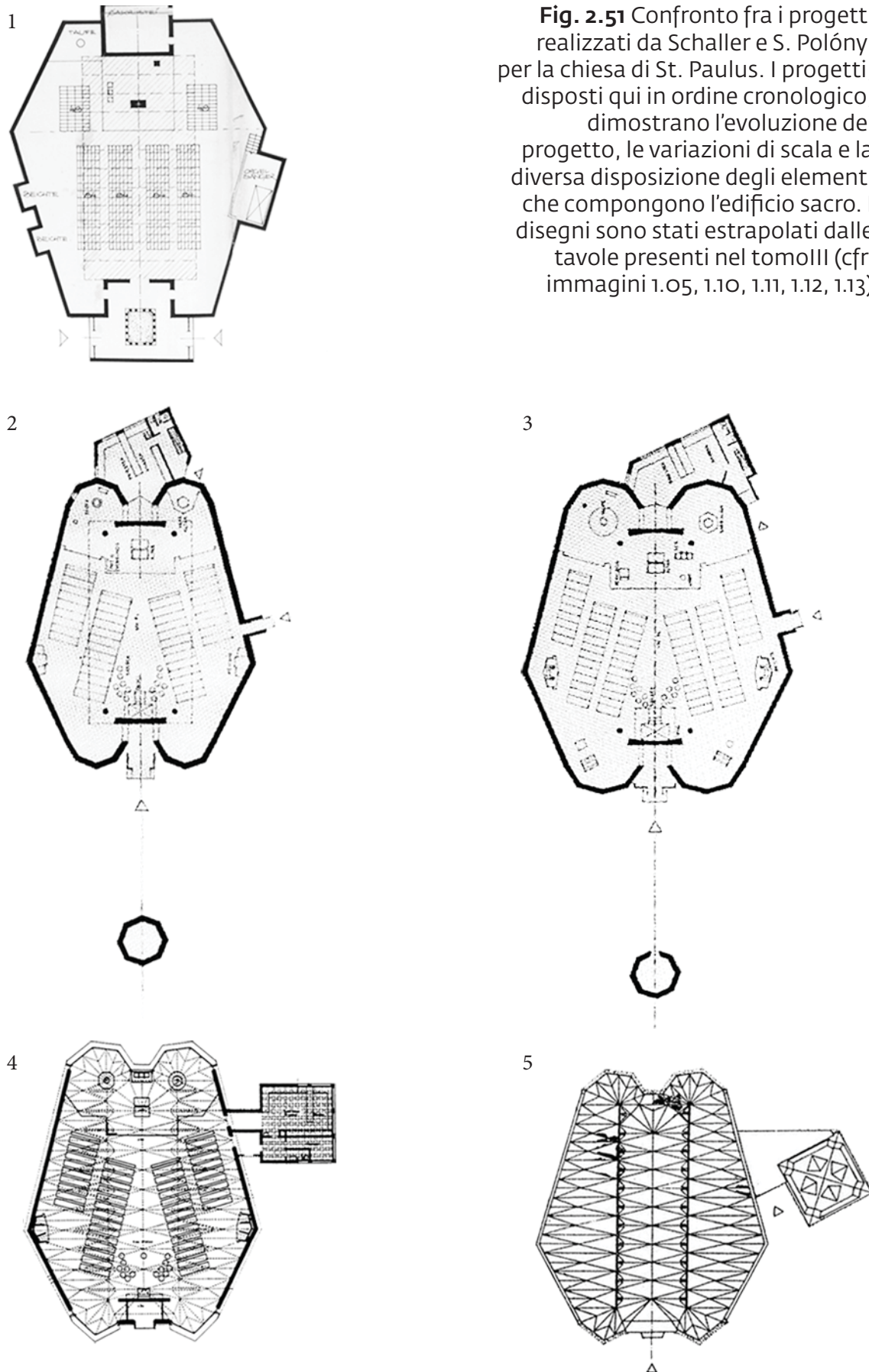
Essa nasce dalla volontà di creare uno spazio comunitario chiaro e privo di colonne per circa 400 posti a sedere. L'idea nasce dalla determinazione di fondere l'esigenza del parroco di avere una chiesa sviluppata prevalentemente in lunghezza con la risoluzione di Fritz Schaller di creare un edificio alto e privo di appoggi intermedi.⁴¹

Fu Schaller a mettersi in contatto con Polónyi, di ben ventisei anni più giovane, ma già famoso a quell'epoca per il suo particolare approccio al progetto. Gli mostrò le sue opere di Colonia passeggiando con sua moglie e convinse così

39 Fritz Schaller (29/05/1904 Berlino - 04/03/2002 Colonia) è un architetto tedesco in primo piano negli anni cinquanta come costruttore di edifici sacri. Con le sue opere ardue e non convenzionali ha dato corpo ad un nuovo modo di pensare l'edificio sacro.

40 Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln*. Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

41 Cfr. Polónyi, S. (2012). On Designing Structures. In A. Flury, Cooperation. The Engineer and the Architect (p. 161-168). Basel: Birkhäuser Verlag.



l'ingegnere ad assumersi l'incarico. Schaller aveva in mente uno spazio alto, ma della chiesa vi era solo qualche schizzo, peraltro non troppo prossimo all'immagine finale che ne abbiamo oggi [Immagini 1.01 e 1.02]. La prima fase progettuale della chiesa di St. Paulus Polónyi la svolge dopo un tour a Colonia con Fritz Schaller: *"Quando ci immergemmo nei giorni seguenti nel lavoro, mi chiese quale struttura pensavo fosse più appropriata per formare il suo spazio. Abbozzai varie scelte abbastanza sistematiche, legno, acciaio e strutture in cemento armato. Le ordinammo per categorie, alcune delle quali erano fuori questione, e infine decidemmo per una struttura corrugata in calcestruzzo armato."*⁴²

La forma complessiva dell'edificio deriva quindi da esigenze funzionali ed estetiche, l'idea di utilizzare non una superficie unica a guscio ma una corrugata costituita da tante superfici strutturali triangolari, deriva invece dall'esigenza di stabilizzare una struttura allo stesso tempo alta, allungata, e dalla forma conica in due direzioni chiusa con una doppia abside. La struttura in fondo è costituita da una serie di elementi la cui aggregazione spaziale è ripetuta con una semplice sequenza di sommatorie lineari lungo l'asse trasversale. A questo concetto semplice però si aggiunge la planimetria convergente verso i due spazi notali diametralmente opposti dell'altare e degli ingressi che aggiunge complessità. Tutta l'opera può essere letta tramite questo paradigma semplicità-complessità.

Fritz Schaller decise così, assieme all'ingegner Polónyi, di optare per una struttura in cemento armato corrugata, che ha dato all'interno e all'esterno della chiesa un carattere speciale.

Come si evince dai primi schizzi della struttura corrugata, e dai disegni di quello che si potrebbe definire il **progetto 1**, [da immagine 1.03 a 1.06] realizzati da Fritz Schaller sui quali Polónyi aveva appuntato quote e altri

42 Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

suggerimenti statici, l'idea di un impianto planimetrico simmetrico lungo l'asse principale e non su quello trasversale è stata impostata da subito. Si denota inoltre la presenza dei muri, laterali di sostegno per la struttura piegata, più alti di quanto non saranno nel progetto definitivo. Le lunghe travi che correvano nella direzione longitudinale per sorreggere la parte centrale della copertura furono altro motivo di affiatamento fra i due soggetti coinvolti nella progettazione. Inizialmente Schaller suggerì di tenerle più alte mentre Polónyi non ne vedeva il motivo, poiché staticamente un'altezza maggiore non sarebbe servita, il principale supporto alla struttura proveniva, infatti, dall'arco a tre cerniere. *“Questo è il nostro lavoro, non vorrei disegnare nessuna linea con la quale non sei d'accordo.”*⁴³ La replica di Schaller consentì a Polónyi di esprimersi liberamente in merito a questioni prettamente architettoniche e di instaurare un ambiente favorevole al dialogo e allo scambio reciproco e proficuo d'idee progettuali. *“Il lavoro congiunto sul progetto era un creativo “gioco a ping-pong” che aveva poco a che fare con la collaborazione tra l'architetto e l'ingegnere strutturale come Fritz Schaller l'aveva esercitata fino ad allora.”*⁴⁴

Le travi di cui sopra poggiavano su quattro sostegni che sorreggevano le due metà del guscio e il baldacchino a base rettangolare centrale. Questa soluzione permane anche nel **progetto 2** [Immagini da 1.07 a 1.09] nel quale però la forma complessiva del guscio cambia avvicinandosi alla definitiva definizione spaziale interna. Il baldacchino, che doveva essere realizzato con una struttura corrugata separata dai due gusci che si affiancavano lateralmente sovrastandolo in altezza, fu progettato con una struttura indipendente che consentiva alla luce indiretta di permeare dall'alto nell'aula liturgica. Furono introdotte le due absidi e si preferì una soluzione che non

43 Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

44 Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln*. Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

rompesse la continuità del muro perimetrale, quindi confessionali e organo furono spostati all'interno del perimetro della chiesa [Cfr. Immagine 1.05 e 1.10].

L'impianto planimetrico del progetto 2 si approssima alla soluzione definitiva, mentre per la disposizione della torre e degli edifici a contorno che formano il centro parrocchiale molte modifiche sarebbero state ancora introdotte. La torre, a base esagonale, è posta in asse rispetto alla chiesa davanti all'ingresso principale, isolata. Dietro l'altare, all'altro estremo dell'asse longitudinale che attraversa la chiesa, era previsto un muro che schermasse l'accesso alla sacrestia.

La relazione fra torre campanaria, accesso, organo, altare e sacrestia definita dall'asse lungo il quale questi elementi si dispongono nell'ordine citato, permane anche nel **progetto 3**, nel quale, mantenendo fissa la dimensione sull'asse maggiore se ne modifica quella sul controasse per aumentare la capienza della chiesa [Cfr. Immagine 1.10 e 1.11].

Il progetto fu ulteriormente modificato da Christian Schaller che, accogliendo i dubbi espressi dal padre, sull'effetto che si sarebbe ottenuto all'interno da una luce indiretta così canalizzata e sull'utilizzo dei supporti intermedi, eliminò il baldacchino. La soluzione che si riuscì ad ottenere per la struttura della chiesa è oggi possibile ammirarla a Weckhoven. La struttura piegata fu bucata su alcune superfici portanti triangolari per introdurre *"strisce di luce dall'alto (che) illuminano la cassaforma in calcestruzzo a vista e sottolineano gli spigoli della piega. [...] La parte centrale leggermente più bassa attraversa lo spazio nella direzione longitudinale come una spina dorsale con nervature strette."*⁴⁵ L'esigenza del progettista di diffondere la luce dall'alto aveva introdotto una difficoltà aggiuntiva nella progettazione, ma, dopo svariati tentativi, la difficoltà

45 Hnilica, Sonja. „Architekt und Ingenieur. St. Paulus.“ In *Auf den zweiten Blick. Architektur der Nachkriegszeit in Nordrhein-Westfalen*, von Sonja Hnilica, Markus Jäger und Wolfgang Sonne, 218-225. Bielefeld: transcript Verlag, 2010.

iniziale si tramutò nella possibilità di realizzare una soluzione mirabile dal punto di vista costruttivo e formale. La geometria di base del **progetto 4** tornò a essere stretta e allungata come prevista nel progetto 2, i confessionali trovarono posto all'intersezione dei muri perimetrali laterali ove si forma un angolo convesso all'interno. Sul lato sud due aperture conducono alla cappella e alla sacrestia. La conformazione dell'area che accoglie entrambe queste strutture accessorie assumerà la configurazione definitiva col **progetto 5**. I confessionali, sempre addossati al muro, sono posti parallelamente al lato corto del muro perimetrale e non più all'intersezione. La torre, di pianta quadrata, collegata alla chiesa da un edificio basso che accoglie un corridoio di distribuzione e la cappella con accesso indipendente, non sarà più legata alla chiesa da un punto di vista geometrico ma solo unicamente formale.

La costruibilità della forma complessa della chiesa di St. Paulus fu sperimentata attraverso la realizzazione di un modello in vetro acrilico ideato da Stefan Polónyi e realizzato presso l'Institut für Modellstatik di Berlino e sul quale furono posti 400 punti di controllo⁴⁶. [da immagine 1.69 a 1.72] I risultati furono confrontati con i calcoli prodotti manualmente, realizzati da ipotesi molto semplificate.

2.3.3. La costruzione della chiesa di St. Paulus

Il permesso di costruire fu concesso il 26 Marzo del 1965, la progettazione era stata ultimata in anticipo dagli architetti Shaller e dall'ingegner Polónyi, e queste condizioni favorevoli permisero che la posa della prima pietra annunciasse l'inizio della costruzione il giorno della Trinità, il 5 giugno 1966, dopo la messa solenne. Il decano Esser da Grefrath, con grande partecipazione della comunità, ha compiuto quest'atto simbolico. Da quel momento in poi

⁴⁶ Cfr Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

il cantiere fu un alveare di attività. Le opere di terra, in muratura e le opere in calcestruzzo sono state realizzate dalla società Gürtler di Neuss.

Il giorno della cerimonia inaugurale presso il sito della costruzione, si costituì un'associazione per il nuovo centro parrocchiale della chiesa di St. Paulus il cui compito era di garantire gli approvvigionamenti di fondi per la decorazione della chiesa. In base al diritto vigente solo i costi di costruzione sono stati presi in carico dall'arcivescovo di Colonia, la comunità ha dovuto pagare da se per il finanziamento delle panchine, l'organo, le campane e la progettazione del presbiterio.

Sul cantiere, la costruzione prese corso gradualmente. Gli edifici dei parroci furono pronti nell'estate del 1967. Nella grande sala del centro giovanile è stata celebrata la Santa Messa nel 1968, poiché il numero di parrocchiani era cresciuto.

I lavori di costruzione della chiesa non potevano essere svolti con la stessa rapidità a causa del notevole volume e della difficile esecuzione. Le analisi del terreno eseguite all'inizio della costruzione mostrarono che la realizzazione a sbalzo della navata della chiesa, costituita nella parte centrale da un arco a tre cerniere la cui imposta è realizzata su muro basso, era poco adatta. Sotto il muro di supporto, che, come per la realizzazione di una cupola, aveva lo scopo di assorbire tutte le forze dell'edificio, furono prima infissi pali in calcestruzzo nel terreno per realizzare una solida base.

La struttura conoidica di base definisce la realizzazione di piastre strutturali dalla forma sempre diversa, ma dalla stessa geometria e configurazione di base. Questo comporta notevoli difficoltà aggiuntive. Se lo stesso progetto fosse stato realizzato su un impianto rettangolare anziché svasato in due direzioni, la parte centrale avrebbe avuto campate tutte identiche e non punti di attacco sempre diversi fra la struttura corrugata e il muro che le funge da sostegno. [Immagini da 1.20 a 1.23]

La costruzione della struttura corrugata di calcestruzzo armato, che mediamente ha uno spessore di 7 cm, e nella quale forma e struttura della copertura coincidono in un unico elemento, ha necessitato un'attenzione straordinaria durante le fasi di realizzazione. Prima del montaggio della cassaforma lignea, l'intera area della chiesa doveva essere dotata di ponteggi realizzati in tubi di acciaio. [Da immagine 1.43 a 1.49]

Appena montata la cassaforma lignea mostrava già l'aspetto che avrebbe avuto l'intera costruzione. Le fasi di montaggio della cassaforma non furono semplici per via della complicata geometria, ma ciò che preoccupò maggiormente fu la realizzazione dell'armatura d'acciaio delle sottilissime piastre piegate. I disegni di dettaglio [da immagine 1.25 a 1.27] furono realizzati dal progettista Georg Hörnicke dello studio Polónyi, ma la loro lettura, comprensione ed esecuzione erano talmente complicate che gli operai della ditta di costruzione non furono in grado di attuarli. Se non fosse stata per l'assidua presenza di Georg Hörnicke in cantiere che ha spiegato ai mastri ferrai ogni dettaglio curandone la posa in opera personalmente per le prime due settimane probabilmente i disegni sarebbero rimasti solo su carta. Solo dopo questo periodo gli operai furono in grado di continuare autonomamente.⁴⁷

Il rivestimento esterno è stato compiuto con una pelle in piastre di rame [da immagine 1.58 a 1.62]. Questa esecuzione, che era per sua natura non economica, ha acceso numerose discussioni in quel momento nella comunità, ma in seguito, quando il rame iniziò gradualmente a rivelare la sua bellezza attraverso la formazione della patina, non si sarebbe potuta immaginare una soluzione migliore [da immagine 1.39 a 1.42]. Anche dal punto di vista della manutenzione dell'edificio si può affermare che la decisione di porre un rivestimento in rame era corretta.

47 Crf. l'intervista di Ina Henkel e Lucia Soddemann del 12 Gennaio 2009 a Polónyi.

La chiesa fu terminata, nonostante le molte piccole e grandi difficoltà, e inaugurata la vigilia di Natale del 1968, quando fu celebrata la prima Santa Messa nella nuova chiesa.

2.3.4. La costruzione della torre di Weckhoven

Le discussioni più lunghe nella comunità furono causate dalla progettazione del campanile. Nei piani dell'architetto la torre è stata fin dall'inizio progettata per essere un elemento a se stante rispetto all'edificio religioso. *"I primi schizzi di Fritz Schaller la configuravano come un cubo di cemento puro"*⁴⁸ di base esagonale, alto 40 m [Immagine 1.09].

Per questa progettazione, considerazioni tecniche-costruttive hanno giocato un ruolo fondamentale, primario rispetto agli aspetti estetici. Al fine di evitare che la percezione della torre fosse troppo diversa dalla chiesa, l'architetto ha usato lo stesso linguaggio formale [Immagine 1.42].

Sopra una base quadrata di calcestruzzo armato sorge la torre guglia, che è fortemente caratterizzata dalla struttura corrugata, che si alza e che mostra uno stretto rapporto con il lavoro di piegatura in calcestruzzo armato della Chiesa. Per lo stesso motivo, la guglia della torre ha anch'essa ricevuto il rivestimento in lastre di rame.

La planimetria mostra l'insolita posizione della torre: isolata rispetto all'aula, orientata diversamente rispetto sia rispetto gli assi che strutturano l'aula liturgica che i muri perimetrali conoidici, e collegata per mezzo di un elemento di distribuzione che ospita anche la piccola cappella. Sebbene la geometria complessiva della chiesa fosse già stata elaborata da qualche tempo, la torre assume la configurazione finale solo in una fase progettuale tarda. Il suo

48 Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln*. Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

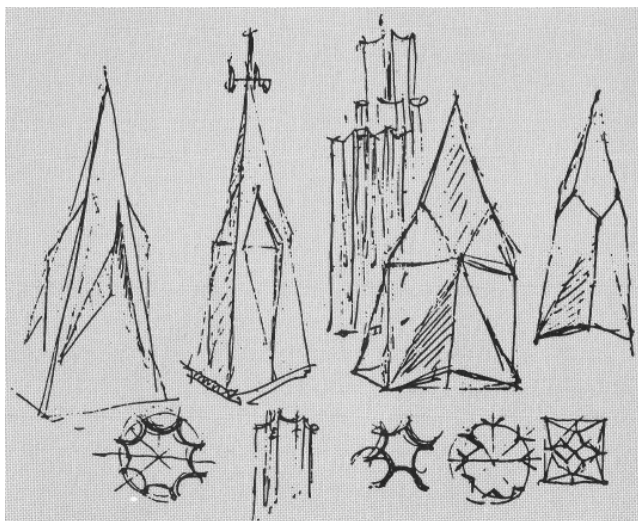


Fig.2.52

F. Schaller, studi preliminari del progetto per la chiesa di St. Thomas Morus a Köln-Lindenthal, Schaller, C. (1996), *Fritz Schaller. Retrospektive*, Betrieb für Öffentlichkeit, pag. 57

schema formale tuttavia si ritrova già negli studi preliminari del progetto per la chiesa di St. Thomas Morus a Köln-Lindenthal⁴⁹ (Fig.2.52). La posizione è stata definita solo in un secondo momento, come si evince dagli elaborati di dettaglio realizzati con gli assi della pianta quadrata paralleli a quelli della chiesa. [Cfr l'immagine 1.33 (progetto 4) con l'immagine 1.34 (progetto 5)]

Secondo l'uso, la sacrestia è stata disposta al piano terra e la sistemazione delle varie stanze secondarie è stata collocata nei due livelli intermedi. Sopra vi è la camera della campana, visibile dall'esterno attraverso le aperture per il suono. Nel complesso, la torre ha un'altezza di 40 m, la stessa prevista nel progetto iniziale. La costruzione è stata originariamente pensata in calcestruzzo armato, ma il progetto è stato modificato per ragioni pratiche ed economiche durante la costruzione.

Sulla base in calcestruzzo [Immagine 1.35], che raggiunge la quota di 10,5 m in elevato, è stata realizzata con una struttura di legno la parte superiore della torre [Immagine 1.36 e 1.37], la quale è stata completamente assemblata al suolo e poi posizionata mediante l'ausilio di una gru. Questo spettacolo

49 Il progetto della chiesa di St. Thomas Morus a Köln-Lindenthal risale al 1957 e fu ultimata nel Maggio del 1962, tre anni prima dell'inizio della progettazione della chiesa di St. Paulus. Negli schizzi di studio pubblicati nel testo *Fritz Schaller. Retrospektive*, realizzato dal figlio Christian in occasione della mostra avvenuta fra maggio e giugno del 1994, fra le configurazioni che assume la torre di St. Thomas Morus, ve ne sono alcune molto prossime a quella definitiva assunta dalla torre a Weckhoven.

insolito e unico ha avuto luogo il 14 gennaio 1970.

Il coronamento della torre è completato da una croce posta in sommità che simboleggia i "quattro esseri"⁵⁰ al cui interno si muove una banderuola.

[Immagine 1.38]

La realizzazione della torre completò la costruzione del centro parrocchiale nel 1966, nuovo punto di riferimento per Weckhoven.

2.3.5. Il completamento del centro parrocchiale

L'aumento della comunità a Weckhoven, principalmente di famiglie con bambini e giovani, rese necessario un ampliamento del centro giovanile. Così, nell'autunno del 1971, il permesso di pre-pianificazione per l'estensione della casa della gioventù è stato richiesto dal comitato esecutivo della chiesa al vicariato generale di Colonia. Allo stesso tempo, si cominciò a riflettere sull'arricchimento della chiesa che riguardava l'acquisto dell'organo e delle campane e la progettazione del presbiterio. Poiché, come detto in precedenza, tutte queste cose dovevano essere sostenute finanziariamente esclusivamente da parte della comunità, era chiaro che potevano essere fatte solo gradualmente e in lungo periodo.

Il progetto per l'ampliamento era stato già indicato nella pianificazione generale dall'architetto Schaller. Lo spazio a disposizione era sufficiente per il programma: due sale per gruppi e un'altra piccola sala. Realizzando gli edifici con elementi in mattoni e tetto piano l'unità della dichiarazione architettonica poteva essere garantita.

Dopo aver realizzato tutti i lavori di preparazione, la costruzione iniziò nel settembre 1973. L'impresa Görtz & Schulz di Weckhoven è stata responsabile per l'esecuzione delle opere di terra, in muratura e le opere in calcestruzzo. La costruzione fu terminata alla festa di Pentecoste, il 3 giugno del 1974, e poté

50 Simbologia tratta dal *Libro dell'Apocalisse* del Nuovo Testamento.

essere consegnata ai giovani dopo la benedizione.

Infine deve essere ancora indicato un piccolo progetto di costruzione, ma che non è visibile nella sua posizione poiché posto al limite del centro parrocchiale. Questo si riferisce alla scuola materna di Maximilian-Kolbe-Straße, la cui costruzione si era resa necessaria per far fronte alla situazione demografica già citata. La chiesa di St. Paulus non era ancora finita, quando la progettazione era già sotto la supervisione dell'architetto Denecke, in modo che nel 1969 è stato possibile eseguire rapidamente questo edificio tra il centro parrocchiale e la scuola Alfred Delp. Quando la scuola materna ha aperto le sue porte, l'1 gennaio 1970, è stata la seconda scuola materna nel comune, accanto alla scuola materna nella vecchia scuola sulla Gilbachstraße.

2.3.6. La configurazione interna di St. Paulus

Entrando nell'edificio, lo spazio racchiuso fra le pieghe di calcestruzzo armato, sembra espandersi. L'audacia della sua forma appare chiara in ogni intersezione fra gli elementi triangolari ma in particolare in sommità, dove la luce che piove dall'alto modifica la percezione dello spazio, la amplifica, e rende più grave l'effetto pieghettato laddove la luce non giunge, mostrando così l'infinita varietà di forme triangolari utilizzate e rendendo quasi tangibile lo sforzo che le sottili piastre compiono per sostenersi reciprocamente. La transizione dalla compressione visiva, esercitata dal rivestimento in rame che lo avvolge quasi interamente e che la rende un'architettura misurabile e compatta dall'esterno, all'espansione spaziale interna si rivela un'esperienza percettiva, visiva e mentale entusiasmante.

Al momento del completamento nel 1968, l'interno della chiesa era del tutto spoglio. A parte i banchi, che erano già lì, non vi era nient'altro. L'altare era costituito da una semplice, costruzione di legno pieghevole e prese posto al centro del presbiterio.

Dopo gli anni frenetici e turbolenti di costruzione fra il 1960 e il 1970, ci fu una pausa, che era stata necessaria per consentire di maturare gli ulteriori piani per l'arredamento interno della Chiesa di St. Paulus. Come già detto esplicitato, gli aiuti finanziari che ha fornito il Vicariato Generale di Colonia erano stati esauriti con il completamento della chiesa nel 1968. Questo significava che tutto ciò che doveva ancora esser comprato, era a carico esclusivo dalla comunità.

Prima del progetto degli arredi interni due cose saranno menzionate in estrema sintesi, che hanno causato in molti una certa rabbia e frustrazione: l'illuminazione debole e la cattiva acustica degli interni. Come abbiamo visto, la costruzione di una nuova chiesa non è esente da cosiddette malattie infantili, che hanno gravemente compromesso la celebrazione delle funzioni religiose. Queste cose poterono essere rettificate negli anni 1972 e 1973, dopo l'ottenimento di pareri di esperti e l'esame approfondito di tutte le possibilità tecniche.

La progettazione per la costruzione dell'organo da parte del consiglio della chiesa iniziò nel 1972 e fu commissionato a Oberlinger da Windesheim (vicino a Bad Kreuznach). Fu consacrato il 30 giugno del 1971 un organo a venti registri la struttura esterna si adatta molto bene nella struttura delle pieghe della chiesa.

Nell'autunno dello stesso anno s'iniziò a pensare alla progettazione del presbiterio. L'obiettivo era di trovare una soluzione artistica ottimale allo spazio, che nella sua forma e dimensione è stato determinato dalla costruzione della chiesa, adattato per tutti gli interni e alle esigenze liturgiche. Tra questi vi erano altare, tabernacolo, ambone, e sedia. Il primo passo è stato la scelta di uno o più artisti cui affidare il compito.

Dopo molte discussioni il compito della progettazione e l'esecuzione dei lavori è stato affidato agli artisti Dirks e Gotzes di Krefeld.

Per prima cosa su realizzato l'altare, ultimato negli ultimi giorni del mese di aprile 1977, il lavoro è stato completato da Wessels di Düsseldorf. Grazie alle sue proporzioni equilibrate e la forma del linguaggio sobrio, che è indipendente da tutte le tendenze moderniste, l'altare è il centro della chiesa ed è comunque ben integrato nel quadro generale.

Nell'autunno del 1977, gli artisti Dirks e Gotzes hanno presentato il loro progetto che fu però respinto dalla commissione giudicatrice a Colonia che, allo stesso tempo, consigliò, per la successiva elaborazione, di procedere con un concorso d'idee tra cinque artisti. Questo era un duro colpo, poiché la trasformazione del Tabernacolo era ormai materializzata, e l'intero processo era stato una notevole perdita di tempo. Per la selezione degli artisti e la preparazione del concorso era passato quasi un anno. Nel 1978 i documenti necessari erano pronti e Dirks e Gotzes sono stati invitati a partecipare a questo concorso.

Nel gennaio del 1978, un comitato di esperti indipendenti fu riunito per esaminare e valutare i documenti presentati. Dopo lunghi esami e discussioni, si è deciso di commissionare all'artista Sepp Hürten di Colonia-Hochkirchen di continuare il progetto del presbiterio. Nell'agosto 1979 i suoi piani per il Tabernacolo, Ambone, croce dell'altare e per la luce eterna erano stati già stati approvati dalla Commissione degli artisti di Colonia. A Pasqua del 1980 sono stati collocati. Un po' più tardi, negli anni 1981 e 1982, la sedia e il candelabro a sette braccia, sempre concepite e realizzate dal signor Hürten, sono stati aggiunti.

Al fine di portare il capitolo sulla costruzione del presbiterio alla conclusione, si menzionano le figure degli apostoli Pietro e Paolo, donate alla comunità come forma di ex voto e alloggiate su mensole eseguite sempre dal signor Hürten, e l'acquisto delle campane per la torre campanaria, ormai vuota da dieci anni. Fu assegnato il contratto all'azienda Petit & Gebr. Edelbrock a

Geecher (Westf.).

Il 30 novembre 1980, entrambe le campane sono state solennemente consacrate nella chiesa di St. Paulus. L'iscrizione della campana più grande (700 kg) è: *"Santa Maria, Madre di Gesù, è la nostra madre.- Quello che vi dirà, fatelo"*, e l'iscrizione della campana più piccola (500 kg) *"San Paolo, il nostro patrono.- Sostiene gli altri oneri."*

Poco dopo, una terza campana è stata commissionata sempre all'azienda Petit & Gebr. Edelbrock a Geecher. La camera delle campane della torre è dimensionata in modo tale che una quarta campana potrebbe essere alloggiata. La terza fu consacrata il 3 giugno del 1981. La sua iscrizione recita: *"Dio Spirito Santo, Tu linfa vitale - Ignite in noi il fuoco del tuo amore"*.

Ancora oggi si può ascoltare la loro voce a Weckhoven.

2.3.7. La grammatica costruttiva della struttura corrugata

La chiesa di St. Paulus rappresenta una delle strutture corrugate più complesse al mondo. L'aula liturgica è costruita da una planimetria irregolare che raggiunge 36,6 m e 30,1 m rispettivamente di lunghezza massima longitudinale e trasversale per un'altezza massima di 14,76 m.

La struttura è stata studiata partendo da un modello tridimensionale semplificato realizzato col software Rynoceros⁵¹. Il modello informatico tridimensionale rappresenta, in vera grandezza, tutte le superfici strutturali triangolari che compongono la struttura corrugata della chiesa. La semplificazione adoperata consiste nell'aver reso lo spessore della struttura nullo, in altre parole rappresentato da un insieme di superficie NURBS⁵² che

51 Rhinoceros è un software per la modellazione 3D di superfici sculturate realizzato da Robert McNeel & Associates di Seattle. Il suo utilizzo non si limita all'architettura venendo normalmente utilizzato anche nel campo del disegno industriale, nel design navale e del gioiello, nel design automobilistico, per il CAD/CAM, la prototipazione rapida, il Reverse engineering ed anche per il design della comunicazione. (fonti: www.rhino3d.com, www.mcneel.com)

52 L'acronimo NURBS sta per Non-Uniform Rational B-Spline e descrive quella

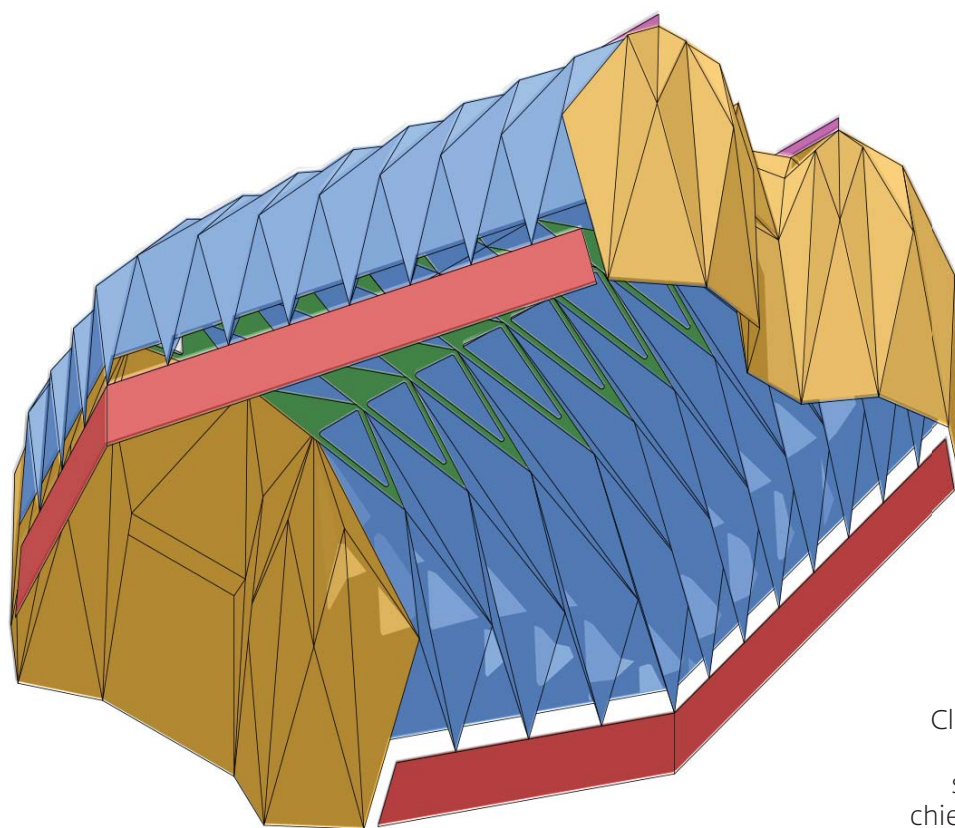
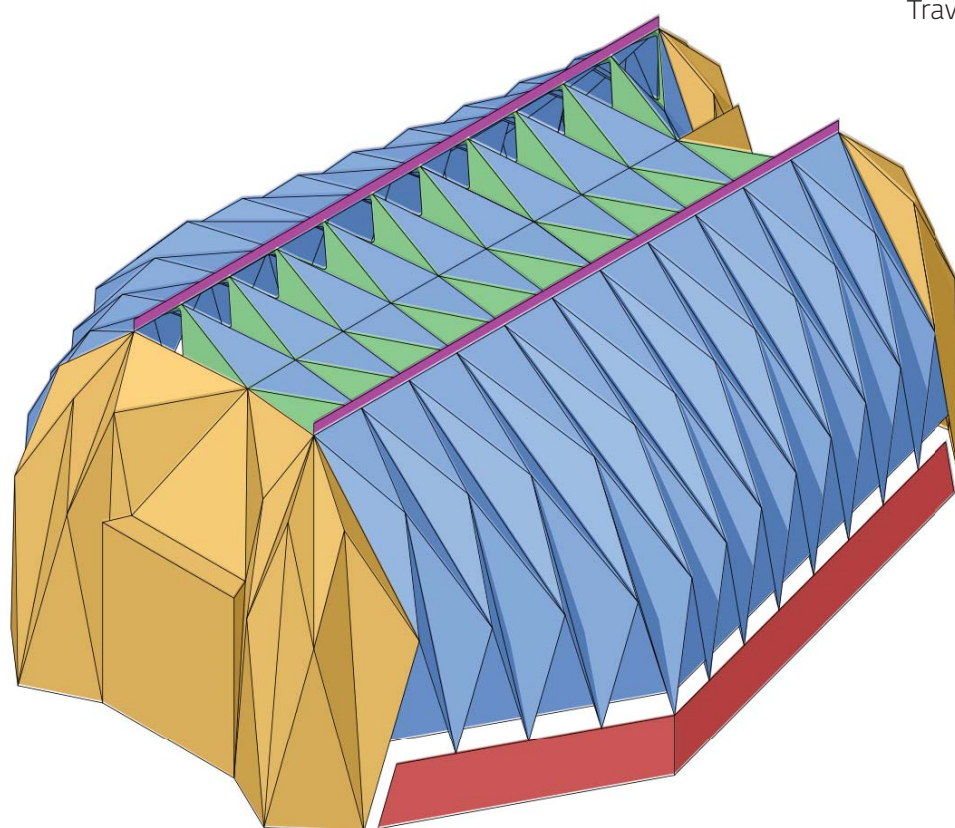


Fig.2.53
Claudia D'Amore,
componenti
strutturali della
chiesa di St. Paulus
Archi corrugati ■■■
Piastre forate ■■■
Pareti corrugate ■■■
Muri laterali ■■■
Travi sommitali ■■■



ne rappresentano l'estradosso.

Pur essendo unitaria, da un punto di vista strutturale, la struttura dell'aula liturgica è scomponibile nelle seguenti componenti: archi corrugati, piastre forate, pareti corrugate, muri laterali e travi sommitali (Fig.2.53). Gli archi corrugati definiscono la parte centrale dell'aula liturgica, s'impostano sui muri laterali che costituiscono la geometria conoidica e presentano delle piastre forate dalle quali permea la luce diffusa dall'alto. Sono sormontati da travi e a essi si affiancano le pareti corrugate che chiudono l'aula rispettivamente verso l'ingresso e l'altare. Tale scomposizione permette di non analizzare la struttura come una free-form ma come una sommatoria di elementi dalle caratteristiche geometriche controllabili.

La capacità portante degli **archi corrugati** (Fig.2.54) deriva dalla forma geometrica ad arco discretizzato. Il sistema di corrugamento è lineare nonostante gli archi siano impostati su una geometria non uniforme. Si tratta, infatti, di un'addizione lineare di archi corrugati lungo la direzione longitudinale dell'aula liturgica. La modifica imposta alla pianta determina, di fatto, solo la variazione della luce dell'arco ma non una variazione della freccia. Mantenendo costante la distanza verticale tra l'intradosso e la linea d'imposta dell'arco è garantito l'ancoraggio alle travi sommitali. La variazione adottata per la sommatoria lineare degli archi corrugati determina la creazione di superfici portanti dalla geometria sempre diversa.

Gli archi corrugati in calcestruzzo armato s'impostano sui **muri laterali** (Fig.2.55) realizzati nello stesso materiale e che innalzano il piano d'imposta a 2,75 m. Hanno uno spessore di 35 cm e definiscono spazialmente il limite, in profondità, dell'aula liturgica conferendole la tipica forma conoidica.

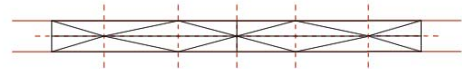
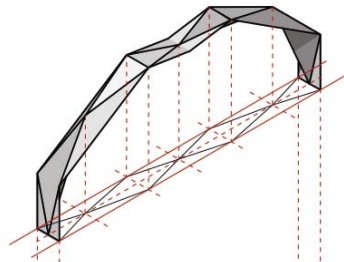
La rappresentazione matematica della geometria 3D in grado di definire qualsiasi forma in modo accurato, dagli oggetti geometrici standard come linee, cerchi, ellissi, sfere, ecc.. alle geometrie free-form come le carrozzerie delle automobili o i coripi umani, utilizzando un numero di informazioni di molto inferiore rispetto alla stessa geometria realizzata tramite mesh. (fonte: www.rhino3d.com)

ARCHI CORRUGATI

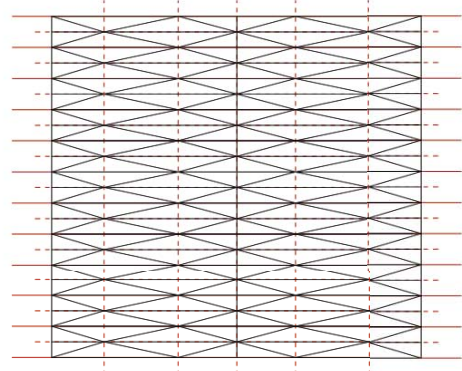
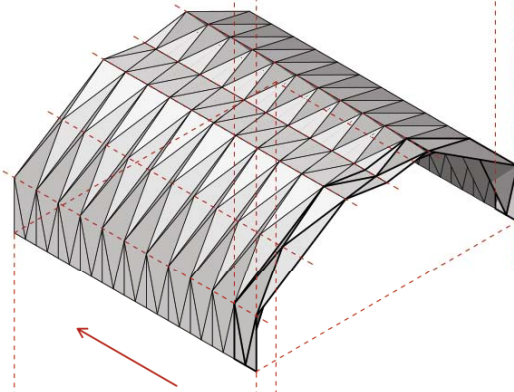
CAPACITA'
PORTANTE

FORMA AD ARCO

ARCO DISCRETIZZATO



ADDDIZIONE LINEARE
DELL'ARCO DISCRETIZZATO



VAZIAZIONE CHE
GENERA UNA FREEFORM

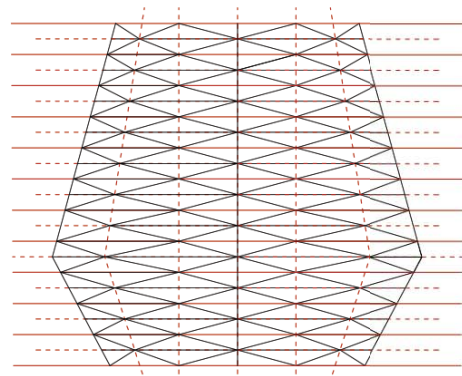
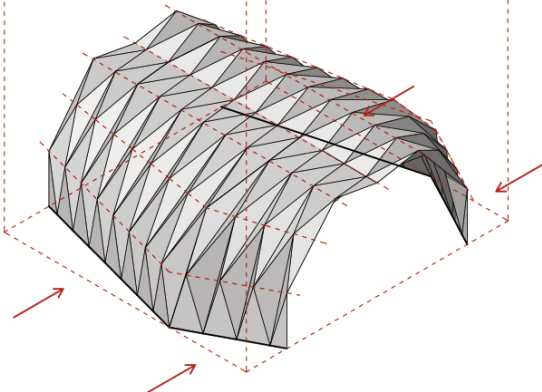


Fig. 2.54

MURI LATERALI

L'altezza del piano d'imposta degli archi corrugati corrisponde all'altezza dei muri

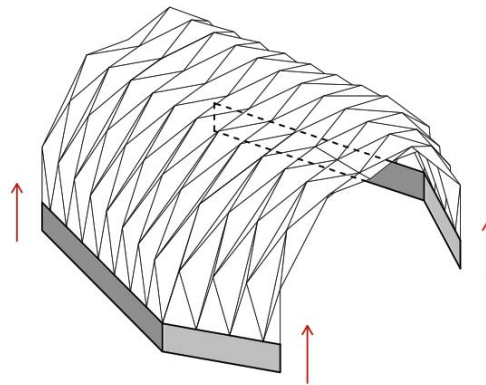


Fig. 2.55

TRAVI SOMMITALI

Il collegamento lungo la direzione longitudinale è garantito dalle travi sommitali

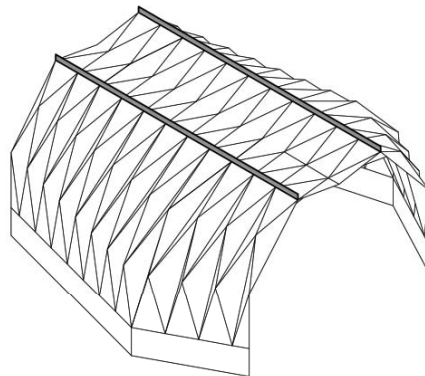


Fig. 2.56

PARETI CORRUGATE

Le pareti corrugate chiudono l'aula liturgica ad est e ad ovest

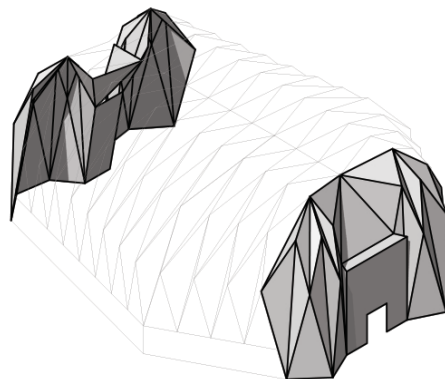


Fig. 2.57

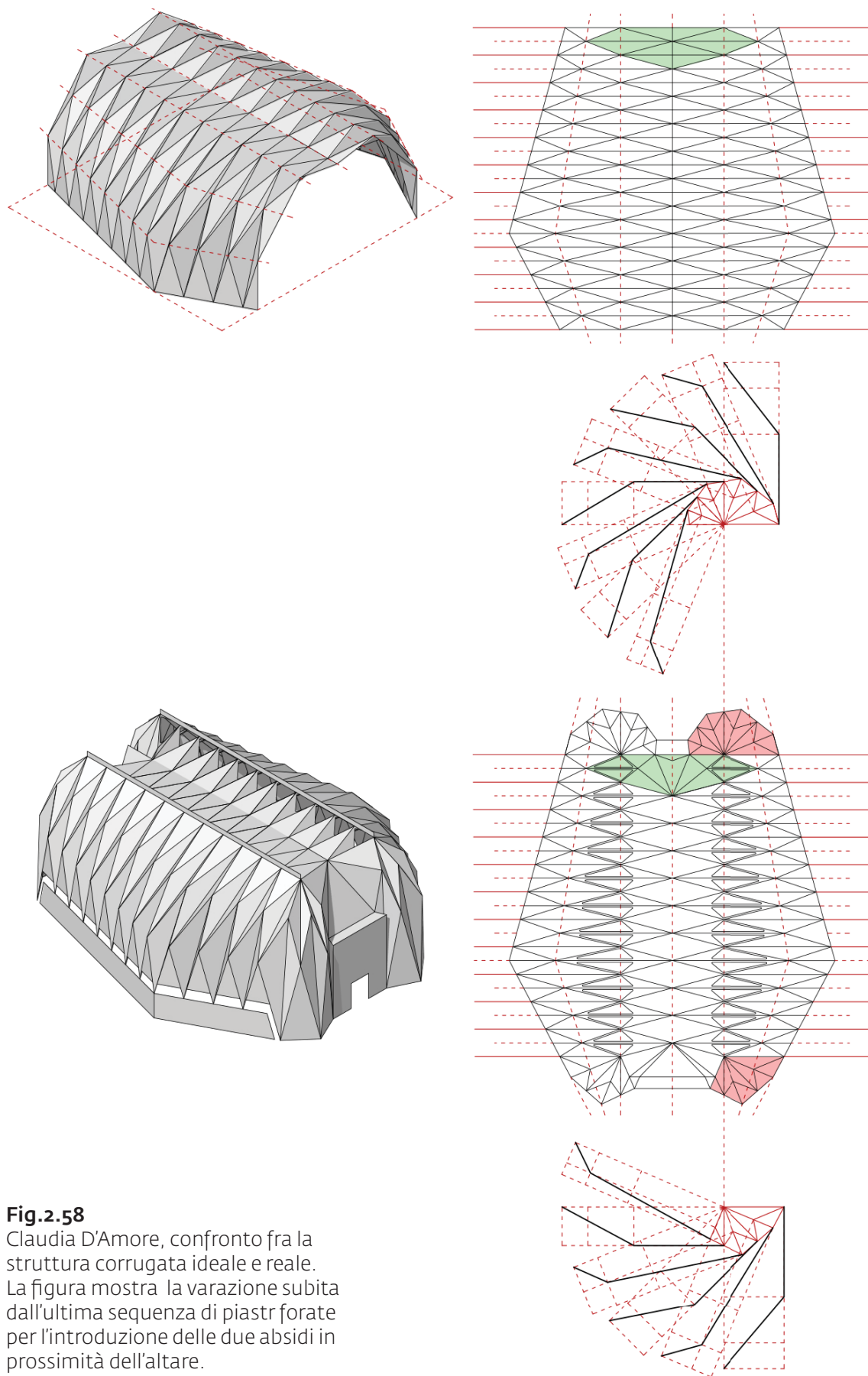


Fig.2.58

Claudia D'Amore, confronto fra la struttura corrugata ideale e reale. La figura mostra la variazione subita dall'ultima sequenza di piastre forate per l'introduzione delle due absidi in prossimità dell'altare.

Strutturalmente assolvono il compito di accogliere i carichi provenienti dagli archi corrugati.

Il collegamento lungo l'asse longitudinale degli archi corrugati è garantito attraverso una fitta rete di armature e ancoraggi ma anche dalla realizzazione di **travi sommitali** (Fig.2.56), anch'esse in calcestruzzo armato.

Lo sviluppo della struttura si completa con la presenza delle **pareti corrugate** (Fig.2.57) poste a ovest e a est che presentano rispettivamente la grande apertura dell'ingresso e la finestra triangolare che sovrasta l'altare. Lo sviluppo delle pareti corrugate è generato da una free-form che conserva alcuni tratti caratteristici degli archi corrugati ai quali si aggancia. Le quote dei punti delle superfici strutturali triangolari ne sono un esempio. La geometria complessiva è resa più articolata dalla planimetria a doppia abside che permette alla struttura corrugata di rigirare sui lati corti della chiesa e chiuderne la struttura completamente. Le absidi sulle due pareti sono diverse, il numero di pieghe è minore nelle absidi poste dietro all'ingresso e questo conferisce una maggiore estroflessione della struttura piegata. Com'è possibile osservare dal confronto realizzato in fig. 2.58, l'introduzione della parete corrugata genera inoltre una modifica della struttura dell'ultimo arco corrugato posto in prossimità dell'altare (zona evidenziata in verde). Tale differenza di conformazione permette di generare una cuspidine triangolare sulla parete di fondo tale da creare la grande apertura triangolare posta sull'altare.

Altra complessità alla struttura ad arco corrugato è impressa mediante la determinazione di fori su alcune delle superfici strutturali che costituiscono gli archi. Si vengono a determinare così le **piastre forate**, costituite tutte da superfici triangolari con fori, anch'essi triangolari, ma ad angoli smussati. Come detto in precedenza sono parte degli archi corrugati e quindi di geometria sempre diversa. Costituiscono la superficie strutturale che

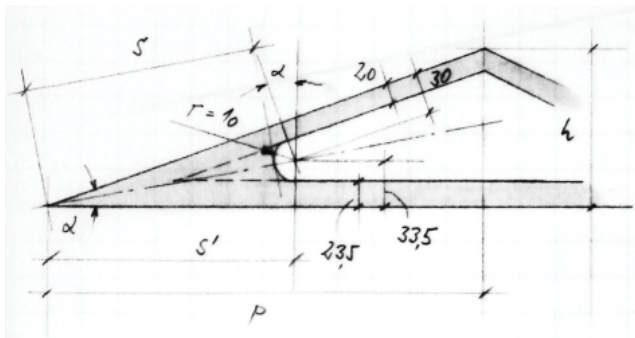


Fig. 2.59

S. Polónyi, Kirche St. Paulus, disegni tecnici, matita su carta da lucido, formato A4. Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

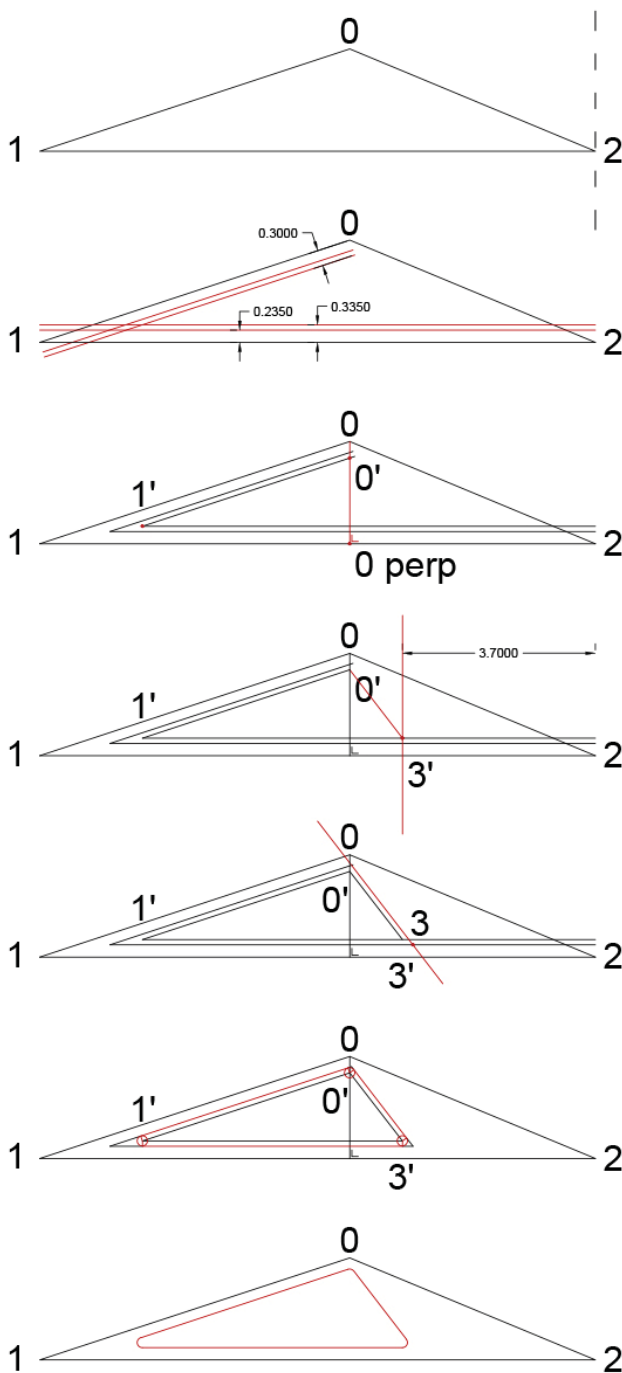


Fig.2.60

Claudia D'Amore, sequenza di operazioni svolte dall'algoritmo geometrico realizzato con Grasshopper per Rhinoceros:

1. Si selezionano le superfici che sono interessate dalla introduzione dei fori. L'operazione viene svolta solo su metà struttura poichè simmetrica lungo l'asse longitudinale.
2. Si estraggono i bordi e i vertici da ogni superficie
3. Si esegue l'offset delle linee di bordo 01 e 12 .
4. Si trova il punto $0'$ e il punto $3'$.
5. Si esegue l'offset della linea di bordo $0'3'$.
6. Si esegue il fillet per arrotondare gli angoli.
7. Si è ottenuta la superficie dei fori che andranno a sottrarre alle superfici di partenza.

definisce la quota del centro degli archi corrugati e quella del punto d'imposta delle travi sommitali. La regola geometrica che determina la superficie del foro è identica per ogni piastra. La fig.2.59 mostra un disegno di Polónyi nel quale è evidente che la geometria del foro è direttamente dipendente dalle dimensioni della piastra da forare. Le variabili di cui tiene conto per il disegno del foro sono:

h = la distanza fra lo spigolo superiore e il lato opposto,

P = la distanza fra la proiezione dello spigolo superiore sul lato opposto e lo spigolo posto sulla mezzeria della Faltwerke (all'estrema sinistra del disegno),

S = distanza sulla bisettrice dell'angolo α presa dall'estremo al punto in cui avviene il raccordo,

S' = proiezione di S sul lato lungo del triangolo della piastra da forare.

Matematicamente queste variabili sono legate dalle seguenti espressioni:

$$S' = P \left(b_n + r + \frac{b_v + r}{\cos \alpha} \right) / h$$

$$S = \sqrt{S'^2 + (b_n + r)^2} - r$$

in cui:

r = 10 cm, **b_v** = 20 cm e **b_n** = 23,5 cm.

Per la rappresentazione tridimensionale è stato utilizzato il plug-in Grasshopper⁵³ per Rhinoceros. Si è dapprima tentato di utilizzare il metodo matematico, tuttavia, esso non era perseguibile a causa di alcune approssimazioni che il programma non è in grado di eseguire, e che al contrario sono semplicissime da realizzare col disegno tecnico a mano. Si

⁵³ "Grasshopper è uno dei più potenti strumenti di modellazione algoritmica per la generazione ed il controllo di forme complesse a qualsiasi scala: dall'architettura al design. Distribuito gratuitamente come plug-in di Rhinoceros, Grasshopper è in grado di generare forme tridimensionali complesse attraverso la definizione di un diagramma a nodi (algoritmo) in grado di descrivere le relazioni matematiche e geometriche di un modello. I modelli tridimensionali sviluppati con Grasshopper sono sistemi dinamici modificabili in tempo reale mediante la variazione dei parametri definiti durante la costruzione del diagramma, con vantaggi immediati in termini di esplorazione formale e di controllo/razionalizzazione della forma." (fonte:www.arturotedeschi.com)

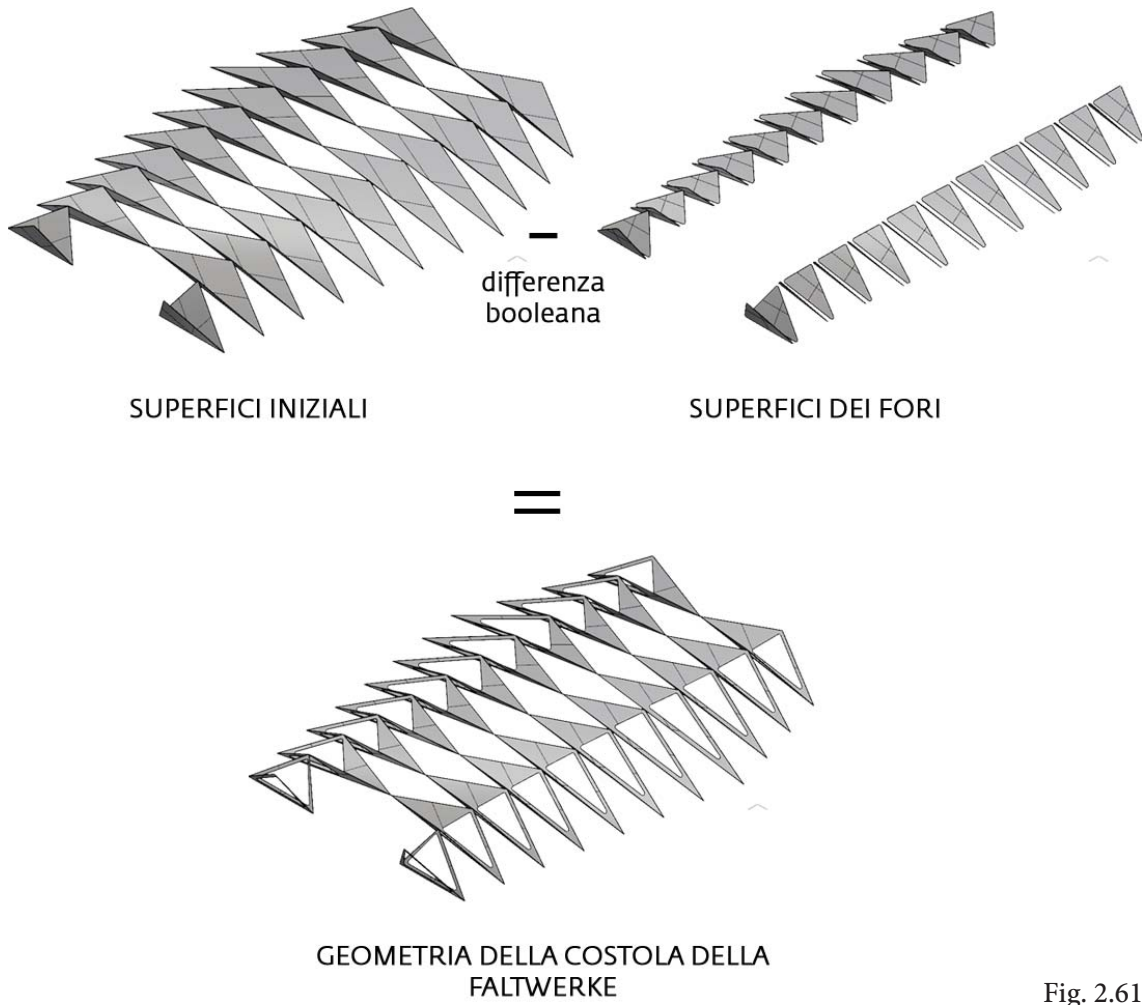
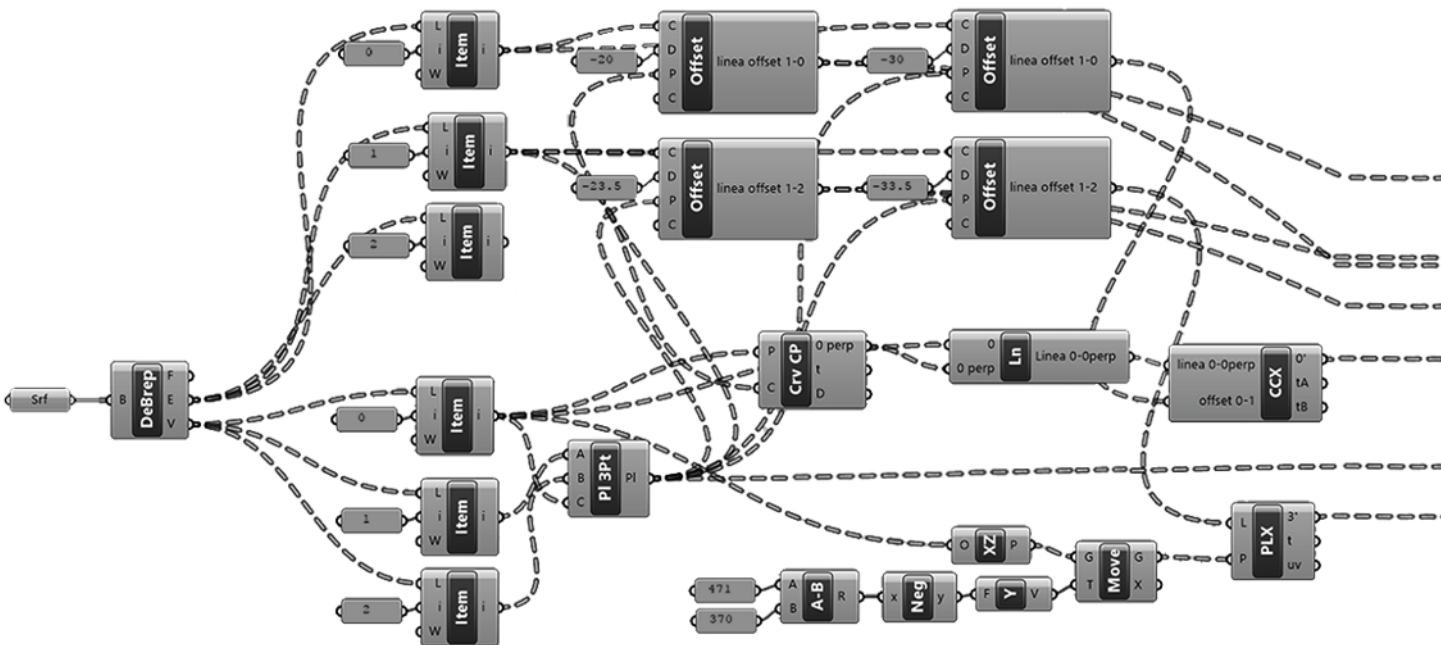


Fig. 2.61



tratta di piccole approssimazioni, anche una mancata intersezione per decimi di millimetro manda in errore il sistema nodale, mentre nel disegno a mano libera un simile errore non sarebbe nemmeno percepito. Per questa ragione si è ritenuto più consono adottare in seguito il metodo geometrico illustrato in figura 2.60. Ho sviluppato, sulla base del metodo geometrico illustrato l'algoritmo geometrico in figura 2.62 che mi ha permesso di realizzare la superficie dei fori. Per completare la rappresentazione tridimensionale di tutte le componenti della struttura corrugata mi è bastato infine compiere una differenza booleana fra la superficie iniziale e quella del foro (Fig.2.61).

La modellazione geometrica della struttura è stata realizzata con elementi piani e privi di dettagli architettonici per renderla conona al modello meccanico⁵⁴. Le analisi ottenute col programma Straus7 sul modello

54 Gli studenti Casamassima, Lasciarrea, Nannavecchia e Tritto del Corso di Meccanica delle Strutture e Metodo Computazionali nel Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e Chimica (DICATECh) del Politecnico di Bari hanno realizzato il modello meccanico col programma Straus7 ed effettuato tutte le analisi elencate in questo paragrafo. Le analisi sono state eseguite durante lo svolgimento del Corso di Meccanica delle Strutture e Metodo Computazionali nel Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio,

Fig.2.62

Esplicitazione nodale dell'algoritmo geometrico che ha determinato la realizzazione dei fori delle piastre forate

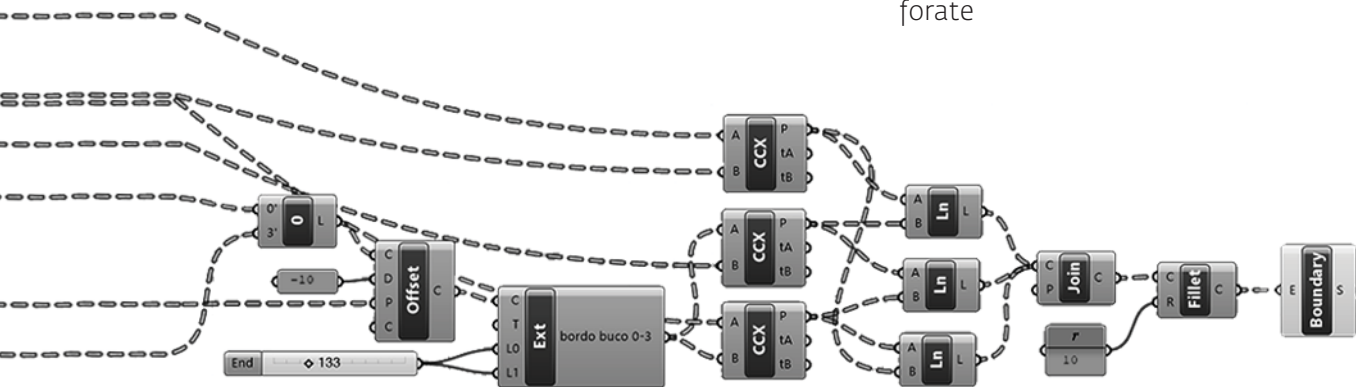


Fig. 2.62

strutturale realizzato mediante le informazioni bibliografiche e iconografiche in mio possesso hanno permesso di giungere ad alcune considerazioni.

Polónyi ha immaginato la struttura della chiesa di St. Paulus come un arco a tre cerniere costituito da superfici strutturali forate nella parte superiore per permettere alla luce naturale di piovere dall'alto. Forare la struttura tanto su quelle piastre ha permesso a Polónyi di alleggerire la struttura dal peso proprio ed ha provocato un abbassamento delle tensioni in quelle ristrette zone che avrebbero maggior criticità qualora la struttura non le prevedesse. Come affermato in precedenza, è possibile pensare alla parte centrale della chiesa, costituita dai soli archi corrugati, come a un'addizione lineare di archi discretizzati. Idealmente questo ci permette di comprendere la formazione della complessa geometria che sottende la costruzione, ma in realtà rende manifesta la presenza di un comportamento anche trasversale degli archi, che generano una risposta globale agli sforzi.

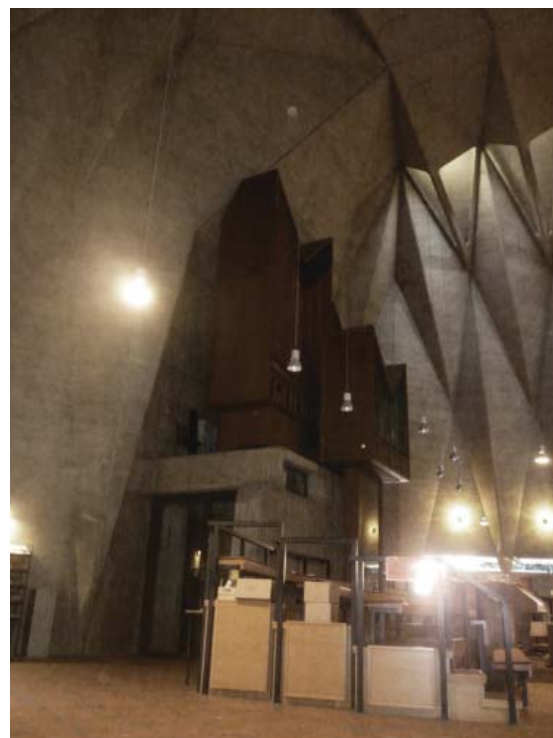
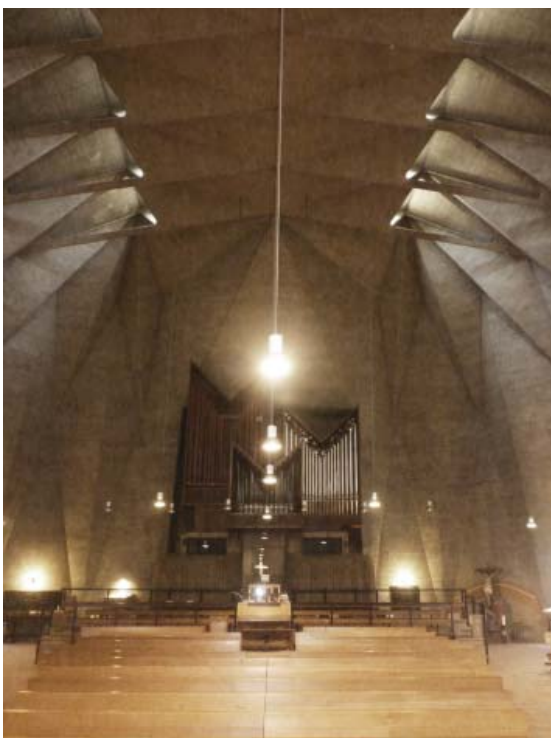
Le foto delle fasi di cantiere [Immagine 1.53 e 1.54] evidenziano l'elevata concentrazione di armature lungo le pieghe della struttura corrugata, esattamente dove si è riscontrata analiticamente la presenza di picchi tensionali [Cfr. fig. A.05]. È chiaro quindi che in fase di progettazione quest'aumento delle tensioni fosse stato previsto, ma non solo. Confrontando le tensioni in quel punto con una struttura più semplice, a guscio priva di corrugamenti e con uno spessore identico, si restituiscono tensioni più elevate in fase di calcolo. Il corrugamento non è un vezzo estetico, è la forma strutturale più adatta a convogliare in punti specifici, quindi maggiormente controllabili, le tensioni maggiori. La verifica degli stati tensionali lungo delle sezioni della struttura rende evidente il diverso comportamento cui sono soggette le superfici strutturali: il comportamento a piastra e a lastra.

Inoltre ogni sezione trasversale che può ottenere della struttura corrugata passa alternativamente da una piega alla piastra successiva. Questo permette di evidenziare, sotto forma di picchi tensionali, elevate tensioni lungo le pieghe e la riduzione lungo gli elementi triangolari che vengono attraversati dalla sezione in mezzzeria. L'aumento lungo le pieghe è generato dalle sollecitazioni flettenti in corrispondenza del cambio di direzione della struttura tridimensionale. L'aumento considerevole di armature risolve la concentrazione degli sforzi lungo le pieghe, la cui funzione è paragonabile a quella delle nervature nelle volte. Tali percorsi svantaggiati e controllati potrebbero generare instabilità qualora interessati da carichi puntuali imprevisti.

Le analisi condotte sulla struttura hanno valutato gli spostamenti verticali e la funzione delle travi sommitali, nonostante il loro ruolo chiave nella genesi della geometria complessiva dell'edificio, è di semplice irrigidimento. Altre analisi sviluppabili in futuro sulla rigidità torsionale potrebbero fornire nuovi dati sul reale scopo statico delle travi, rimane questo un campo aperto ad altre indagini per il futuro.

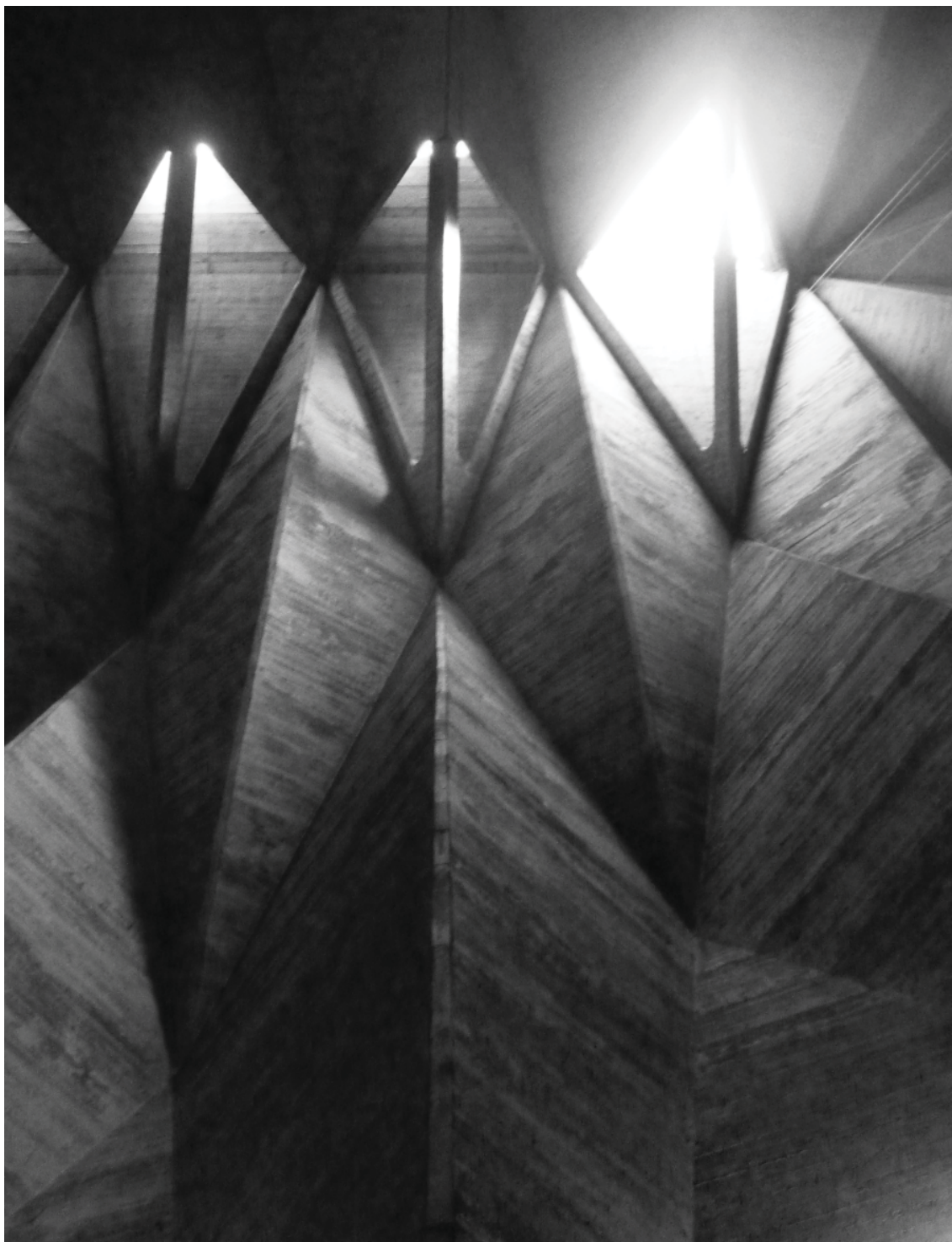
La particolare forma conferita all'edificio religioso dal progettista strutturale ha permesso di localizzare in alcuni punti specifici le tensioni in modo da gestirle proprio attraverso la conformazione geometrica. Si può quindi concludere che anche se nessun edificio ha un puro funzionamento per forma, è proprio attraverso la forma strutturale che l'edificio ottimizza la gestione delle tensioni.











Le Figure dalla 2.63 alla 2.72 rappresentano l'esito della campagna di rilievo fotografico svoltasi presso la chiesa di St. Paulus a Neuss-Weckhofen. La documentazione fotografica prodotta ha permesso di arricchire i disegni interpretativi di informazioni impossibili da reperire se non con l'osservazione diretta dell'oggetto costruito. Le fotografie sono state scelte per offrire al lettore una visione dal generale al particolare dell'edificio religioso ponendo maggiore attenzione alla spazialità interna attribuita dalla struttura corrugata in calcestruzzo armato.
Autrice delle fotografie: Claudia D'Amore

2.4. Altri edifici progettati con le strutture corrugate

2.4.1. Primo progetto della chiesa di St. Remigius

Come molti altri edifici religiosi anche St. Remigius fa parte di un complesso più grande composto dalla chiesa pensata per accogliere fino a 350 fedeli, una sacrestia, l'abitazione del parroco, una cappella del cimitero, una biblioteca, una casa infermieristica e la scuola materna che comprende anche gli appartamenti del personale scolastico.

Al progetto lavorano quattro studi di architettura, rispettivamente di G. Schäfers, F. e C. Schaller, J. Hartmann e Th. Scholten, e un gruppo, composto da Biesen, R. Hoffmann e Szabo. Il progetto vincitore, giudicato fra gli altri membri della giuria anche da Gottfried Böhm, figlio del noto costruttore di chiese Dominikus Böhm, fu quello di Fritz Schaller, che riuscì a rendere attraenti i collegamenti fra i vari elementi del complesso religioso posti su un terreno con forte dislivello (Cfr. Immagine 5.07 e 5.08 in cui sono presenti le curve di livello sul terreno in cui insiste il progetto). Come accade anche nel progetto della chiesa di St. Ewalde a Wuppertal-Cronenberg, la chiesa e la parrocchia inglobano e risolvono internamente parte del salto di quota.

Il progetto dell'aula liturgica inizialmente prevedeva una struttura corrugata in calcestruzzo armato, una 'tenda'⁵⁵ che coprisse l'intero spazio delimitato da un muro perimetrale che ricalca la planimetria sfaccettata. La struttura piegata del tetto e l'annessa torre a base ottagonale spiccano sul progetto dell'intero complesso del quale e ne sono il fulcro visivo.

Fu Stefan Polónyi a porre un freno all'evoluzione del progetto in quella direzione illustrandone i rischi finanziari. Col progettista strutturale Schaller padre e figlio avevano progettato la chiesa di St. Paulus e, con grande

55 Cfr. Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln*. Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.



Fig.2.73
Stefan Polónyi immortalato con Fritz Schaller, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW, Dortmund.

dispiacere, ne modificarono totalmente la forma strutturale scegliendo un guscio e una planimetria ellittica.

La storia del processo progettuale che ha condotto alla realizzazione della chiesa di St. Remigius è divisibile in ben quattro fasi progettuali.

Il primo progetto (immagini 5.09 e 5.10) prevedeva la copertura a 'tenda' di cui sopra. La planimetria è molto articolata e zigzagante per rendere più visibile il gioco di superfici strutturali che compongono l'elevato. Le superfici strutturali convergono tutte in un unico punto. L'altezza della torre è pari a quella della chiesa nel punto in cui convergono gli spigoli delle superfici triangolari della Faltwerk.

Una forma strutturale più simile a St. Paulus si riscontra invece nella seconda elaborazione del progetto (immagini 5.11 e 5.12). La Faltwerk s'imposta sempre su un muro, ma a differenza del primo progetto, una forma strutturale più articolata è stata immaginata da Schaller. Come in St. Paulus occorrono più superfici triangolari per raggiungere la quota più alta, quelle in sommità sono forate per permettere alla luce di permeare dall'alto. Altra cosa in comune con la struttura di Neuss è la presenza delle travi di bordo in sommità. La

torre presenta una base a parallelepipedo ottagonale sulla quale s'impone la struttura della Faltwerk. In questo progetto, pur essendo l'elemento più alto, la torre non è l'elemento predominante della composizione, infatti, la mole della chiesa non ne avrebbe permessa la vista da diverse angolazioni.

Dal terzo progetto in poi la struttura cambia totalmente. Gli elevati costi di costruzione di una struttura corrugata non potevano essere sostenuti, e assieme a Polónyi, Schaller cerca una soluzione alternativa, dapprima immaginando un basso volume introverso a pianta ottagonale irregolare (immagini da 5.13 a 5.15) per poi scegliere un impianto ellittico con orientamento nord-sud. La copertura piegata è costituita da due gusci a tronco di cono con asse sghembo⁵⁶.

Le pieghe del guscio permettono l'introduzione di due serie di aperture che dematerializzano la copertura facendola apparire leggerissima, quasi fluttuante. La prima serie di aperture s'impone sulla prima piega del guscio, quella più imponente, per sostenere la quale quattordici colonne sono state poste all'interno dell'aula liturgica. Le colonne dividono lo spazio internamente formando un camminamento lungo il bordo della struttura in calcestruzzo armato di ampiezza sempre maggiore passando dalla dimensione minima a sud, zona in cui è posto l'altare, a quella massima a nord. La seconda serie di aperture si trova nella seconda piega del guscio. Inizialmente si era ipotizzata la ripetizione dello schema sottostante per poi optare infine per una soluzione leggermente meno aperta (cfr. immagine 5.19 e 5.20). La parte conclusiva presenta delle altre aperture disposte radialmente. Sul guscio in calcestruzzo armato fu realizzato un guscio di legno, il quale prese fuoco nelle operazioni di realizzazione senza danneggiare la struttura sottostante. Una copertura in lamiera fu applicata come finitura, mentre uno strato d'isolante termico e

56 Cfr. Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

una camera d'aria furono previsti fra lo strato di calcestruzzo e quello ligneo. Degna di nota nella composizione è l'adozione di uno schema asimmetrico per l'ingresso all'aula liturgica e per l'accesso alla torre. Va rilevato inoltre che l'esiguo spessore del guscio, compreso fra i 5 e i 6 cm, permette di coprire una luce massima di 30 m.

2.4.2. Tribuna dello stadio di Colonia e la prefabbricazione

Nel 1967 è stata completata la tribuna dello stadio di Colonia. Il progetto a carico dell'ingegnere strutturale anche per la parte architettonica è stato ideato come una struttura corrugata prefabbricata in calcestruzzo armato. Il processo di prefabbricazione ha inizio in fabbrica, dove sono state realizzate porzioni della struttura ad arco a tre cerniere larghe 2,5 m composte di due elementi: uno che realizza la copertura e l'altro che costituisce la gradinata (immagini da 6.02 a 6.04).

Previsti in fase di betonaggio ancoraggi per la gru (immagine 6.05) che ha sollevato i singoli elementi e tenuto in posizione gli stessi fino al fissaggio.

La statica della struttura a mezzo arco discretizzato consente la stabilità facendo inglobare dalla lastra di cemento sotto la tribuna la spinta orizzontale dell'arco. Combinando questi due elementi si ottiene un arco a tre cerniere. Giunti a pressione sono previsti all'attacco delle gradinate con la struttura della copertura (immagine 6.06 e 6.07), un altro elemento di collegamento è previsto alla base (immagine 6.08).

Il montaggio della tribuna è stato eseguito, modulo per modulo, ogni elemento della copertura doveva combaciare perfettamente all'elemento gradinata prima di esser vincolato al vicino e così via (immagini da 6.14 a 6.29). La connessione ai moduli laterali, ottenuta per mezzo di viti, assicura l'assorbimento degli sforzi laterali. A ogni modulo è consentito uno scorrimento variabile.

Il modulo è caratterizzato non solo da un elemento piegato, ma anche da una particolare terminazione a punta in sommità. Questo espediente compositivo ha una valenza prevalentemente tecnica: Stefan Polónyi temeva che il bordo non sarebbe stato dritto, a causa dello scorrimento variabile degli elementi⁵⁷. Il calcestruzzo utilizzato per la produzione dei moduli prefabbricati è impermeabile. La struttura portante è quindi visibile in ogni suo punto non essendo coperta con alcun rivestimento.

Utilizzare elementi prefabbricati ha permesso un ridotto consumo di legno per le casseforme e di conseguenza una riduzione dei costi di produzione. Questa considerazione tuttavia va contestualizzata all'edificio che si sta realizzando poiché non è sempre possibile scomporre la struttura portante in elementi con dimensione tale da poter essere trasportati su strada. Il vincolo al dimensionamento degli elementi non è più di natura strutturale né dipeso dai mezzi di produzione, ma vincolato ai mezzi di trasporto.

La prefabbricazione è stata utilizzata dall'ingegnere ungherese anche per le stazioni di servizio.

2.4.3. Stazioni di servizio⁵⁸

Le strutture corrugate in calcestruzzo armato sono state utilizzate da Stefan Polónyi anche per la realizzazione di circa 4000 unità di stazioni per il rifornimento di carburante.

Realizzate per diverse compagnie petrolifere fra le quali Gasolin, Esso e Shell, sono quasi tutte riconducibili a quattro varianti (da immagine 7.01 a 7.04).

La ripetizione della forma strutturale vagliata dai committenti diviene il simbolo, assieme ai colori e al logo, della compagnia stessa. Per questa

⁵⁷ Cfr. Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

⁵⁸ I dati tecnici relativi a questo capitolo sono stati assunti dal testo Cfr. Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

ragione la documentazione pervenuta è scarna rispetto alla mole di stazioni di servizio realizzate e rende anche difficile valutare quali delle soluzioni progettate siano state effettivamente realizzate e quali invece sono state dai committenti destinate a rimanere su carta. Le differenze dal tipo canonico 1, 2, 3 e 4, sono successive varianti, che ampliano, con piccole modifiche, il repertorio di queste forme strutturali che puntellano il territorio, fondamentali ai trasporti e quindi alla vita.

La variante 1 si differenzia dalle altre per avere un unico sostegno centrale. Ha generalmente uno spessore alto di piegatura rispetto alle altre, 70 cm dal punto più basso a quello più alto, ed è realizzata in tre elementi prefabbricati che costituiscono una copertura generalmente quadrata (cfr. immagine 7.18 e 7.19), talvolta anche variata nella lunghezza nella direzione della piega (cfr. immagine 7.07). Una soluzione con quattro pieghe che convergono verso il pilastro centrale è anche documentata nel progetto per la Deutsche Gasolin-Nitag A. G. (immagine 7.05).

Le varianti 2, 3 e 4 possiedono tutte due sostegni e una superficie coperta maggiore rispetto alla variante 1. Particolarità della variante 2 è la forma data ai sostegni: sono, infatti, obliqui. Su di essi sono posti quattro elementi prefabbricati. La struttura corrugata della variante 3 è la più elegante, agli elementi piegati è stata attribuita una forma curva assimilabile a delle 'ali'. La quarta e ultima variante non si discosta molto dalla seconda, tornando però su un impianto quadrato come la prima.

Per la copertura di spazi più ampi si è ricorsi alla moltiplicazione del modulo ottenuto con la singola variante, ad esempio si è pensato di sommare elementi con un unico pilastro centrale lungo la direzione della piega (cfr. immagine 7.08). La soluzione ottenuta è composta così da un'unica copertura allungata sostenuta da due soli pilastri, che lasciano quasi interamente libero lo spazio sottostante per le operazioni di rifornimento. L'unione di più moduli

affiancati genera invece spazi coperti più ampi nella direzione trasversale alla piega (cfr. immagine 7.12), consentendo anche una continuità fra l'interno e l'esterno della stazione di servizio. Combinazioni di moduli affiancati nelle due direzioni (cfr. immagine 7.13) generano spazi coperti molto ampi. Anche soluzioni con ripetizione di moduli dalla dimensione contenuta sono state valutate (cfr. immagine 7.11), tuttavia si ritengono meno funzionali e con un maggiore impatto visivo.

Secondo le considerazioni appena esposte, le strutture corrugate utilizzate per le stazioni di servizio sfruttano una forma geometrica prismatica per ottenere capacità portante. Gli elementi prefabbricati sono vincolati ai sostegni e precompressi. Per rendere l'intera struttura monolitica le varie parti devono essere perfettamente sagomate e in seguito cementate reciprocamente. Come affermato in precedenza, le varianti si distinguono fra loro anche per esser composte di tre o quattro elementi prefabbricati in copertura. Nel primo caso l'elemento centrale è posto per primo e concretizzato ai due laterali, nel secondo caso al secondo elemento sono resi solidali il primo e il terzo, a seguire è concretizzato il quarto. Il montaggio è eseguito con impalcature leggere o gru mobile.

Un aspetto fondamentale per la conservazione in esercizio di queste strutture è l'impermeabilizzazione che deve essere regolarmente rinnovata.

Un errore fu compiuto nella costruzione di alcune di queste strutture. Il legante rapido a base di cloruro utilizzato per tenere i cavi di precompressione in posizione aveva corroso i cavi stessi portando al collasso di una struttura e al controllo di tutte le altre costruite utilizzando lo stesso materiale.

2.4.4. Le strutture corrugate in legno: chiesa di St. Ewalde

La chiesa di St. Ewalde progettata da Fritz Schaller sostituiva una chiesa di metà ottocento demolita a causa di un incendio che ne aveva minata la

struttura. Al concorso il progetto per una chiesa parrocchiale di 300 posti con uno spazio per il coro per ben 100 persone era vincitore su quelli presentati dai fratelli Richter, B. Take e T. Scholten.

La chiesa è parte di un complesso religioso costituito anche da una casa municipale da 120 persone, un cinema, sale per l'artigianato e il ping-pong, una cucina per il tè, una biblioteca parrocchiale, una scuola materna con alloggi per gli educatori, gli infermieri e per il pastore⁵⁹.

A differenza di quanto è accaduto col progetto per St. Remigius, la chiesa di St. Ewalde ha visto più fasi di progetto che hanno mantenuto costante l'idea di base. Su una planimetria sfaccettata, più semplice nel primo progetto (immagine 8.01), molto complessa nel secondo (immagine 8.02) e più equilibrata nel terzo e ultimo (da immagine 8.04 a 8.06), s'impone una struttura di legno che converge in un unico punto centrale. La struttura della copertura è staccata dal muro di bordo e poggiate su colonne e sostegni paralleli agli spigoli della struttura corrugata. La luce può così permeare all'interno da grandi aperture presenti sui fianchi della chiesa. Un'interruzione è presente sulla zona dell'altare e quella diametralmente opposta. L'asse longitudinale della chiesa quindi inizia e termina su un pieno, e questo genera ben due accessi principali posti ai lati del prospetto nord-ovest simmetricamente.

Tutta la composizione dell'aula liturgica è realizzata, come nei casi precedenti, sullo spazio centrale che prende forma dalle pieghe della copertura. La forma del tetto definisce lo spazio interno, la sua conformazione e direzionalità.

Un espediente per tener le fila di un discorso complesso sulla forma strutturale delle strutture corrugate è stata la catalogazione per capacità portante e sistema di corrugamento. Proseguendo sulla scia tracciata

59 Cfr. Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln*. Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

per tutto il capitolo, la chiesa di St. Ewalde dovrebbe, come la chiesa di St. Paulus, rientrare fra le strutture freeform. Forzando la lettura geometrica-costruttiva della chiesa però è possibile leggere, nella composizione delle superfici strutturali, un tipo di aggregazione radiale assimilabile a quello dell'Heilige Dreifaltigkeit, ancorato questa volta a una planimetria irregolare.

2.5. Bibliografia del capitolo

Buri, H., e Y. Weinand. «Origami - Folded Plate Structures.» *10th World Conference on Timber Engineering*. Miyazaki, Japan, 2008.

Buri, Hani, e Yves Weinand. «Die provisorische Kapelle von St.Loup.» *Holzforschung Schweiz*, 2008, H.2: 16-20.

Buri, Hani, e Yves Weinand. «Origami aus Brettsperholz. Origami in legno lamellare.» *Detail*, 2010: 2-4.

Colonnetti, Gustavo. Scienza delle costruzioni Vol. III. *La tecnica delle costruzioni: le pareti sottili. Realizzazioni di P. L. Nervi, E. Torroja e G. Oberti*. Torino, 1957.

Desideri, P., A. De Magistris, C. Olmo, M. Pogacnik, e S. Sorace. *La concezione strutturale. Ingegneria e architettura negli anni cinquanta e sessanta*. Torino: Umberto Allemandi, 2013.

Engel, Heino. *Atlante delle strutture*. Utet, 2001.

Favini, Aldo. «Chiesa del Sacro Cuore ad Ivrea.» *Atti del IV Congresso Internazionale del precompresso (F.I.P.). Realizzazioni italiane in cemento armato precompresso*. Roma-Napoli, 1962.

Felbrich, B. «Bionics in Architecture. Experiments with Multi-Agent Systems in Irregular Folded Structure.» s.d.

Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. STadtspuren, Denkmäler in Köln*. Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Gerhardt, Rolf. «Tragende Linien - Tragende flächen. Konstruktionsprinzipien im Werk von Stefan Polónyi.» *Archplus* 206-207 (s.d.): 2-3.

Giovannardi, Fausto. «Con Eugène Freyssinet oltre i limiti del calcestruzzo armato.» *Studio Giovannardi e Rontini*. Febbraio 2008. <http://www.giovannardierontini.it/pubblicazioni.html>.

Giovannardi, Fausto. «Sergio Musmeci. Strutture fuori dal coro.» *Studio Giovannardi e Rontini*. Gennaio 2010. <http://www.giovannardierontini.it/pubblicazioni.html>.

Hemmerling, Marco. «Origamics. Digital Folding Strategies in Architecture.» 89-85, s.d.

Hnilica, Sonja. „Architekt und Ingenieur. St. Paulus.“ In *Auf den zweiten Blick. Architektur der Nachkriegszeit in Nordrhein-Westfalen*, von Sonja Hnilica, Markus Jager und Wolfgang Sonne, 218-225. Bielefeld: transcript Verlag, 2010.

Jesberg, Paulgerd. «Qualität des Konstruktiven in der Architektur.» *Baukultur*, 1998, Fascicolo 3: 72-73.

Josef Wiedemann (Kataloges und der Ausstellung). Lehrstuhl für Entwerfen und Denkmalpflege der Technischen Universität München, 1981.

Kleefisch-Jobst, Ursula, Peter Köddermann, Katrin Lichtenstein, e Wolfgang Sonne. *Stefan Polónyi: Tragende Linien - Tragende FLäche. Bearing Lines - Bearing Surfaces*. Stuttgart: Axel Menges, 2012.

Kollhoff, Hans, et al. *Sulla tettonica nell'arte edificatoria*. Arnus University Book, 2012.

Laffranchi, Massimo, e Armand Fürst. «Die Sporthallen Müllimatt in Brugg.» In Hochbau. s.d. Masiero, Roberto. «Livio Vacchini: l'architettura come costruzione logica.» *Domus* 1011 (2017).

Moretti, Luigi. «Struttura come forma.» *Spazio* 6 (1951): 21-30, 110.

Musmeci, Sergio. «Le tensioni non sono incognite.» *Parametro*, 1979.

Neri, G. (a cura di) *Pier Luigi Nervi. Ingegneria, architettura, costruzione. Scritti scelti 1922-1971*. Città Studi edizioni, 2014.

Nervi, Pier Luigi. *Scienza o arte del costruire? Caratteristiche e possibilità del cemento armato*. Cinisello Balsamo: Mendrisio Academy Press, 2014.

Panei, Roberto. «Il «forte» dell'arte: una nuova sala per esposizioni a Bonn.» *L'Industria Italiana del Cemento*, 1994/6: 402-419.

Pigafetta, Giorgio, e Antonella Mastrorilli. *Il declino della firmitas. Fortuna e contraddizioni di una categoria vitruviana*. Firenze: Alinea, 1998.

Pizzetti, G., e A. M. Zorgno Trisciuglio. *Principi statiti e forme strutturali*. Le strutture in architettura, 1987.

Polónyi, Stefan. «Der Tragwerksingenieur und seine Wissenschaft.» *Die Bautechnik*, 59, H.9, 1982: 282-295.

Polónyi, Stefan. «Die Ausbildung der Bauwerksplaner - Architekten und Ingenieure der Zukunft.» *Baukultur*, 1990, H.4: 32-35.

Polónyi, Stefan. «Die Ausbildung von Architekten und Ingenieuren nach dem "Dortmunder Modell Bauwesen".» *Deutsches Architektenblatt* 27, 1995, Fascicolo 6: 1040-1041.

Polónyi, Stefan. «Ehrlichkeit in der Architektur.» *Der Architekt*, 1990, H.12: 562-563.

Polónyi, Stefan. «Evangelische Kirche Neuss.» *Bauwelt* 52, 1961, H. 22: 629.

Polónyi, Stefan. «Flächentragwerke für Raumüberdachungen.» *Bauwelt* 59, 1968, H.11: 348.

Polónyi, Stefan. «Flächentragwerke für Raumüberdachungen. Bericht über ein Symposium am der TU Berlin vom 6. bis 8.2.1968.» *Bauwelt* 59, 1968, H.11: 348.

Polónyi, Stefan. «Flächentragwerke im Kirchenbau.» *Das Münster 7/8 - Zeitschrift für christliche Kunst und Kunstwissenschaft*, 1966: 202-204.

Polónyi, Stefan. «Interpretare le strutture portanti, dell'architettura.» *Lotus International* 79, 1993: 79-87.

Polónyi, Stefan. «On Designing Structures.» In *Cooperation. The Engineer and the Architect*, by Aita Flury, 161-168. Basel: Birkhäuser Verlag, 2012.

Polónyi, Stefan. „Schalen und Faltwerke.“ *Bauwelt* 58, 1967, Fascicolo 36: 908-913.

Polónyi, Stefan. «Von der Statik- und Festigkeitslehre zur Tragwerkslehre.» *db. Deutsche Bauzeitung* 133, 1999, Fascicolo 12: 96-98.

Polónyi, Stefan. «Wissenschaftsverständnis, Tragkonstruktion, Architektur.» *Daidalos*, H. 18, 1985: 33-45.

Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

Salvatori, Mario, e Robert Heller. *Le strutture in architettura*. Etas libri, 1987.

Schaller, Christian. *Fritz Schaller. Retrospektive*. Betrieb für Öffentlichkeit, 1996.

Šekularac, Nenad, Jelena Ivanović Šekularac, e Jasna Čikić Tovarović. «Folded structures in modern architecture.» *Architecture and Civil Engineering*. Facta Universitatis, 2012. 1-16.

Tagliaventi, G. *Morfologia strutturale dell'architettura*. Gangemi editore, 1996.

Tocci, Cesare. *Introduzione al corso di Statica, Dispense per il corso di Statica e Teoria delle Strutture, Prima Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza"*. 2002.

Torroja, E. *La concezione strutturale. Logica ed intuito nella ideazione delle forme*. Milano: Città Studi Edizioni, 1995.

Trautz, Martin, e Ralf Herkrath. «The application of folded plate principles on spatial structures with regular, irregular and free-form geometries.» *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS)*. Valencia, 2009.

Trautz, Martin, e Susanne Cierniak. «Folds and Fold Plate Structure in Architecture and Engineering.» s.d.

«Folded plates.» In *Theory of structure*, di Peter Marti, 587-594. Ernst & Sohn GmbH & Co. KG., 2013.

2.4.1 Sitografia del capitolo

http://www.bme.hu/hirek/20170303/Tisztelges_Polonyi_Istvan_eletmuve_elott

<http://www.costruirecorrettamente.org>

<http://www.arcduccitta.it/2015/12/struttura-come-forma-luigi-moretti-spazio-n-6-studio/>

<http://atlante.iuav.it/>

<http://www.fondazionefavini.it/opere/chiesa-parrocchiale-canton-vesco/>

<http://inspiration.detail.de/sportausbildungszentrum-muelimatt-in-bruggwindisch-106155.html?slideraccess=1>

<http://www.design-is-fine.org/post/45030957361/josef-albers-teaching-origami-at-the-bauhaus>

<http://www.wegezumholz.de>

<http://www.eikongraphia.com>

<http://www.arturotedeschi.com>

<http://www.rhino3d.com>

<http://www.mcneel.com>

CAPITOLO 3. LA PROGETTAZIONE DELLO SPAZIO SACRO

Chapter three. The design of the sacred space

3.1. Sacred space

Polónyi's supporting structures for religious buildings have in common the creation of a unique room by means of the roof structure. These are introverted architectures, which, although they show the form of interior space from the outside, do not let them realize the real nature. Le piante sono rigorose, le facciate prendono forma dallo spazio interno arricchendosi solo di rado con elementi che richiamano la tradizione. These are evocative, original buildings, which recognize the value of formal creation without recourse to a repertoire of customary forms.

3.1.1. Sacred architecture

Sacred buildings are generally composed of the hall where the faithful are reunited, the sacristy and the bell tower. These are clearly distinct elements, formally and constructively, though strongly correlated with the logic of the entire religious complex that they constitute.

3.1.3. Design with sunlight

Il tema della luce è parte della matrice del progetto così come la definizione della geometria della struttura portante.

3.2. Folded plates and shells for the design of sacred space, comparison

The Flächentragwerke family (load-bearing structures) consists of Scalen (shell structures) and Faltwerke (folded plate). The form of the roof represents, in all these cases, almost the whole project, both architectural and static. Those projects become the place for testing the resistance of materials and new methods of calculation and research.

3.2.1. The relationship between typology and structural system. Morphological study of sacred space in the Polónyi's projects

Space and typology define each other in the design phase. They represent the project idea, on which the construction take form. The general scheme is defined by the roof of the liturgical space, it is key and main element of the project. The articulation of the interior space is achieved through the introduction of low walls that never interrupt the unity of space- The walls creating distinct environments in the unitary space. Other times it is the conformation of the presbytery area to give rise to a more functional organization of the liturgical space.

3.2.2. The buildings are composed by different parts

The design for juxtaposition of elements allows the creation of a compositional grammar in which some fundamental elements are recognizable: the body, the pronaos, the sacristy and the bell tower.

3.2.3. Relationship of the building with the exterior

In the paragraph, we analyze the role of the bell tower in the religious complexes studied and the relationship between the sacred building and the context.

3.3. Case of study: St. Maria Himmelfahrt, Düsseldorf-Unterbach, 1963-1964

The definitive solution has envisaged the creation of three distinct elements: the liturgical hall with an irregular shape, a trapezoidal body adhering to the southwest side of the octagon and an isolated bell tower. Inside, the unique space is directed by two orthogonal axes underlined by the shape of the roof. The church has a central space emphasized by the lantern.

The roof of the church consists of four hyperbolic paraboloids with straight lines and

is surmounted by a lantern. Today, the roof is the result of a restoration, whose design was carried out by Polónyi himself, for the insertion of a ventilated cover.

The use of stiffening along the edges that form the four hyperbolic paraboloids is intended to reduce displacements. Their presence, therefore, allows to convey the loads along preferential lines, controlled, and reduced the risks of collapse due to accidental overloads.

3.4. Caso studio: St. Hedwig, Oberursel, 1963-1965

The religious building is characterized by a harmonious composition of elements with different shape and different height. Some surface these different part are fully permeable to the view, the other are completely closed.

The structural design carried out by Polónyi envisaged the realization of prefabricated arched elements, to be realized in situ. The structure was instead realized one lamella at a time, to recover the formwork.

Each lamella consists of three distinct elements: the shell consisting of a reinforced concrete arc, a rib that connects each shell to the next and a moulding.

Polónyi's parabolic shell with lamellas is essentially subjected to a compression state. With the insertion of the lamellae, the behavior of the shell is optimized.

3.5. Caso studio: St. Suitbert, Essen-Überruhr, 1964-1965

The structure of the church can be divided into three different elements: the hyperbolic paraboloid shell that rests on two short walls, the two supporting walls, and folded plates of the tent-walls. The formal beauty of architecture is expressed by reinforced concrete walls that close the space left free from the structure of the roof. The structural element that represent a risk area is the free edge of the shell.

The restoration project denatured the construction of its own essence by breaking the

unity of the built space.

3.1. Lo spazio sacro

Il tema dell'edilizia religiosa è molto complesso da affrontare, soprattutto riferendosi agli anni '60 del Novecento. A seguito del Concilio Vaticano II fu concessa una maggiore libertà progettuale ed espressiva ai progettisti che si traduce in una più complessa esperienza di lettura delle opere costruite. I progetti nascono dalle nuove esigenze delle comunità religiose e dalle rinnovate possibilità compositive post-conciliari, raccolgono gli impulsi alla sperimentazione col calcestruzzo armato, rendono coerente l'immagine finale che diventa simbolo della comunità.

Fatta questa premessa è evidente il motivo per il quale, il progettista, finalmente liberato da restrizioni di natura tipologica, esprime la sua autenticità reinventando la concezione dell'edificio religioso e utilizzando il tema della grande aula come stimolo creativo. Le strutture portanti realizzate da Polónyi per gli edifici religiosi hanno proprio questo come comune denominatore: la realizzazione di un'aula unica per mezzo della struttura portante della copertura. Si tratta di architetture introverse, che, sebbene mostrino dall'esterno la forma dello spazio interno, non ne lasciano intuire il carattere. Le piante sono rigorose, le facciate prendono forma dallo spazio interno arricchendosi solo di rado con elementi che richiamano la tradizione. Sono edifici suggestivi, originali, che rilevano il valore della creazione formale non riconducendosi a un repertorio di forme consuete.

Josef Lehmbruck nel 1966 nel suo articolo intitolato *Architettura ecclesiastica della società, società per l'architettura ecclesiastica*¹, affronta il tema delle forme dell'architettura ecclesiastica attraverso un'analisi delle opere e delle parole di alcuni maestri a lui contemporanei. Sebbene egli riconosca che la Chiesa

¹ Lehmbruck, Josef. «Gesellschaft und Kirchenbau.» *Das Münster* 7/8 - Zeitschrift für christliche Kunst und Kunstwissenschaft, 1966: 177-185.

Fig. 3.01

		PROGETTISTA/I
PROGETTI (non realizzati)	Evangelische Kirchengemeinde <i>Hamburg-Lurup, progetto del 1960 non realizzato</i>	<u>Horst Sandtmann, Friedhelm Grundmann</u>
	Kirche <i>Neuss, progetto del 1961 non realizzato</i>	<u>Erich Reusch</u>
EDIFICI REALIZZATI	<u>EX NOVO</u>	
	Kath. Kirchengemeinde St. Mariä Himmelfahrt <i>Düsseldorf-Erkrath-Unterbach, 1964</i>	<u>Josef Lehmbrock</u>
	Kath. Kirchengemeinde St. Hedwig <i>Oberursel, 1964</i>	<u>Heinz Günther</u>
	Kirche St. Suitbert <i>Essen-Überruhr-Holthausen, 1965</i>	<u>Josef Lehmbrock, Karl Schulting</u>
	Kapelle St. Rita/Severinsklster* <i>Köln, 1965</i>	<u>Georg Gonsior</u>
	Kirche St. Pius X* <i>Krefeld-Gartenstadt, 1967</i>	<u>Josef Lehmbrock</u>
	Heilig Kreuz Church <i>Leverkusen-Rheindorf, 1967</i>	<u>Josef Lehmbrock</u>
	Wallfahrtskirche Neviges	<u>Josef Lehmbrock</u>
	Kirche St. Paulus* <i>Neuss-Weckhoven, 1967</i>	<u>Fritz Schaller, Christian Schaller</u>
	Heilige Ewalde <i>Wuppertal-Cronenberg, 1967</i>	<u>Fritz Schaller</u>
	Trauerhalle <i>Limburg, 1969</i>	<u>Walter Neuhäusser</u>
	Kapelle des exerzitienhauses der Palottinerinnen <i>Limburg, 1970</i>	<u>Walter Neuhäusser</u>
	St. Markus <i>Köln-Seeberg, 1970</i>	<u>Fritz Schaller</u>
	Kath. Kirchengemeinde St. Remigius* <i>Wuppertal-Sonnborn, 1976</i>	<u>Fritz Schaller</u>
	Kloster-Kapelle Frenswegen** <i>1997</i>	<u>Hans Busso v. Busse</u>
	Pax-Christi-Kapelle** <i>Kevelaer, 1999</i>	<u>Thomas Deilmann</u>
	<u>INTERVENTI SU EDIFICI ESISTENTI</u>	
	Kirche St. Suitbertus <i>Solingen-Weeg, 1965</i>	<u>Josef Lehmbrock</u>



Stefan Polónyi

Progettista strutturale
dei seguenti edifici
religiosi

Edifici in cui il
progetto strutturale è
eseguito da:

* Polónyi e von Kalmar

** Polónyi & Partner

dovrebbe essere leggibile nell'architettura, ritiene la stabilizzazione delle forme un 'problema' che coinvolge ogni tipo di architettura. L'edilizia in generale e non solo quella legata alla costruzione di chiese deve dare risposte ai problemi cogenti, alla cultura universale imperante, non si può allontanare dalle esigenze del proprio tempo (tesi sostenuta anche da Rudolf Schwartz²). La ricerca della forma della chiesa va inserita nel più ampio tema della ricerca della forma nell'edilizia. Le forme, quando si stabilizzano e divengono 'canoniche', rendono difficile un adattamento a esigenze progettuali uniche. L'uso invece sempre innovativo di forme strutturali permetterebbe di sperimentare senza sosta, approccio questo incentrato sulla coerenza costruttiva espresso chiaramente da Polónyi.

Gli esiti progettuali in questa delicata fase temporale di transizione fra le rigide norme utilizzate in precedenza e la nuova libertà espressiva concessa ai progettisti dipendono anche da un altro fattore, la committenza. Chiese e edifici sacri non soddisfano le necessità primarie dell'uomo ma rispondono principalmente a un bisogno collettivo. Gli interventi analizzati sono realizzati su zone di espansione urbana. Luoghi non ancora definiti nei caratteri che connotano il contesto urbano, luoghi ancora tutti da esplorare. Si tratta per lo più di periferie all'interno delle quali è proprio l'edificio religioso l'elemento caratterizzante, che diviene icona e simbolo della comunità prima e della città poi. L'architettura pensata in questi contesti da Polónyi non potendo riflettere l'identità del luogo, nasce e si ancora interamente alla cultura materiale. La tecnica è il mezzo per ricondursi alla spiritualità.

2 Cfr. Schwarz, Rudolf. *Costruire la Chiesa. Il senso liturgico nell'architettura sacra*. Morcellina, 1947.

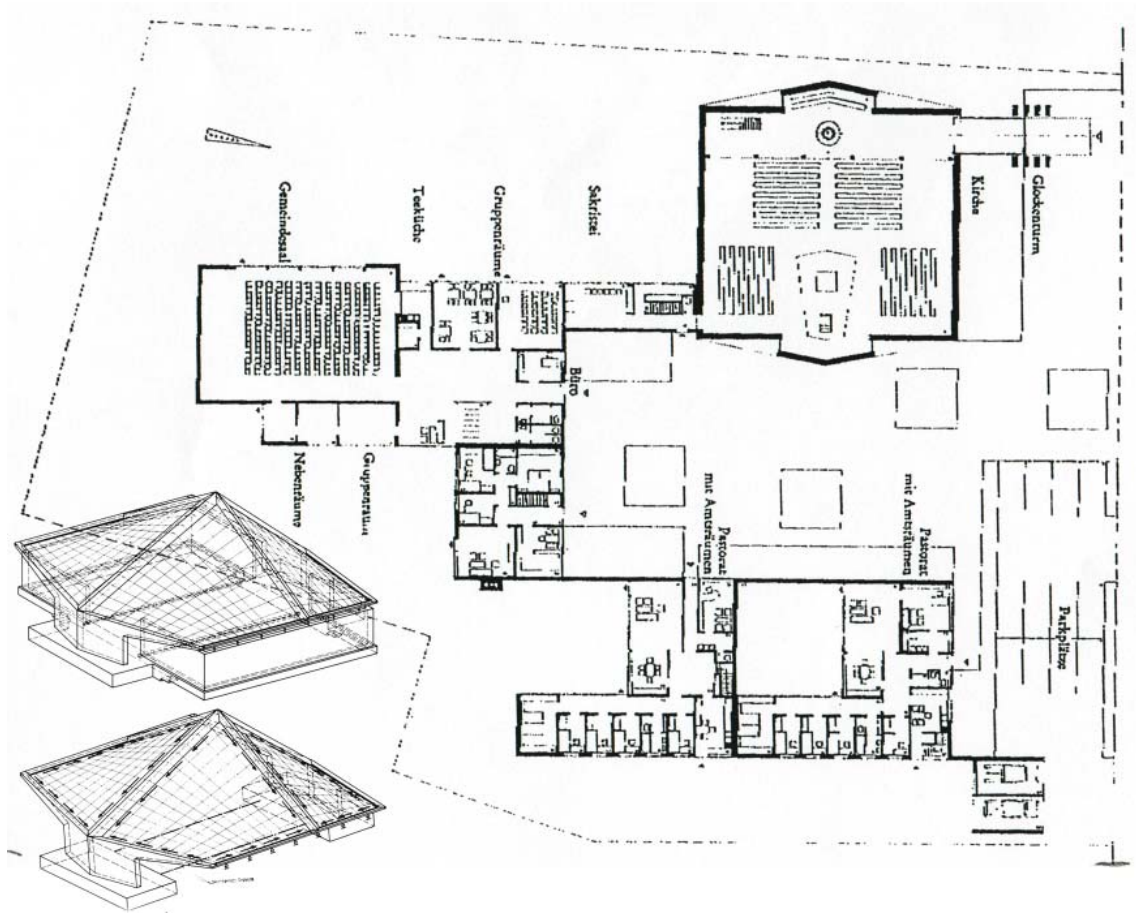


Fig. 3.02

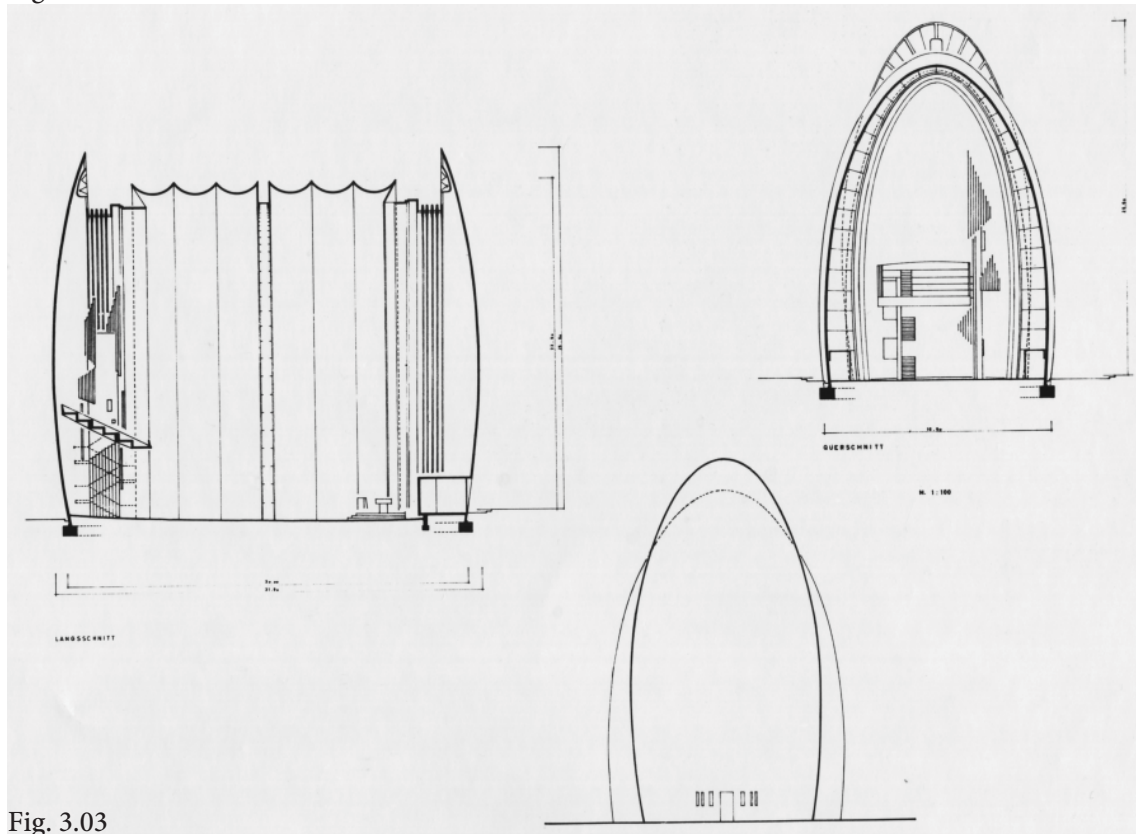


Fig. 3.03

3.1.1. Comporre l'architettura sacra

Nel giungere al cospetto degli edifici si osservano le volumetrie della sala ove si svolge il culto, della sacrestia e della torre campanaria.

Appare immediatamente evidente all'osservatore che si tratta di elementi nettamente separati, formalmente e costruttivamente, pur essendo fortemente correlati nella logica dell'intero complesso religioso che costituiscono. Le varie parti si sfiorano, ma senza condividere mai la struttura, che dalla fondazione all'elevato resta sempre separata. Ogni edificio è costituito dalla giustapposizione di parti con funzioni ben definite da strutture delle quali si apprezza la qualità geometrica di ciascuna sin dall'esterno. Anche le planimetrie sono chiare, soprattutto nell'aula liturgica che è pensata come uno spazio indiviso. A conferma di ciò si riporta brevemente un caso significativo, meglio esplicitato nei paragrafi che seguiranno. L'introduzione del pronao d'accesso a St. Suitbert, è stata per Polónyi una deliberata profanazione di quell'architettura che per sua natura rifiuta il cambiamento, uno spazio indivisibile, non frazionabile, unitario, frutto della sola forma della copertura .

È possibile quindi una lettura degli edifici come sommatoria di elementi dai significati diversi che costituiscono un'immagine composita. Ora in conflitto, ora contigui, gli elementi della composizione funzionano in relazione al messaggio che l'insieme deve comunicare.

3.1.3. Progettare con la luce

Polónyi, come progettista strutturale, è intervenuto poco sugli aspetti funzionali, ma ha dato un contributo attivo nella definizione del progetto architettonico, in altre parole è intervenuto nella definizione dei punti strategici della struttura in cui "giocare" con le superfici che ne costituiscono le membra aprendoli per permettere alla luce naturale di permeare.

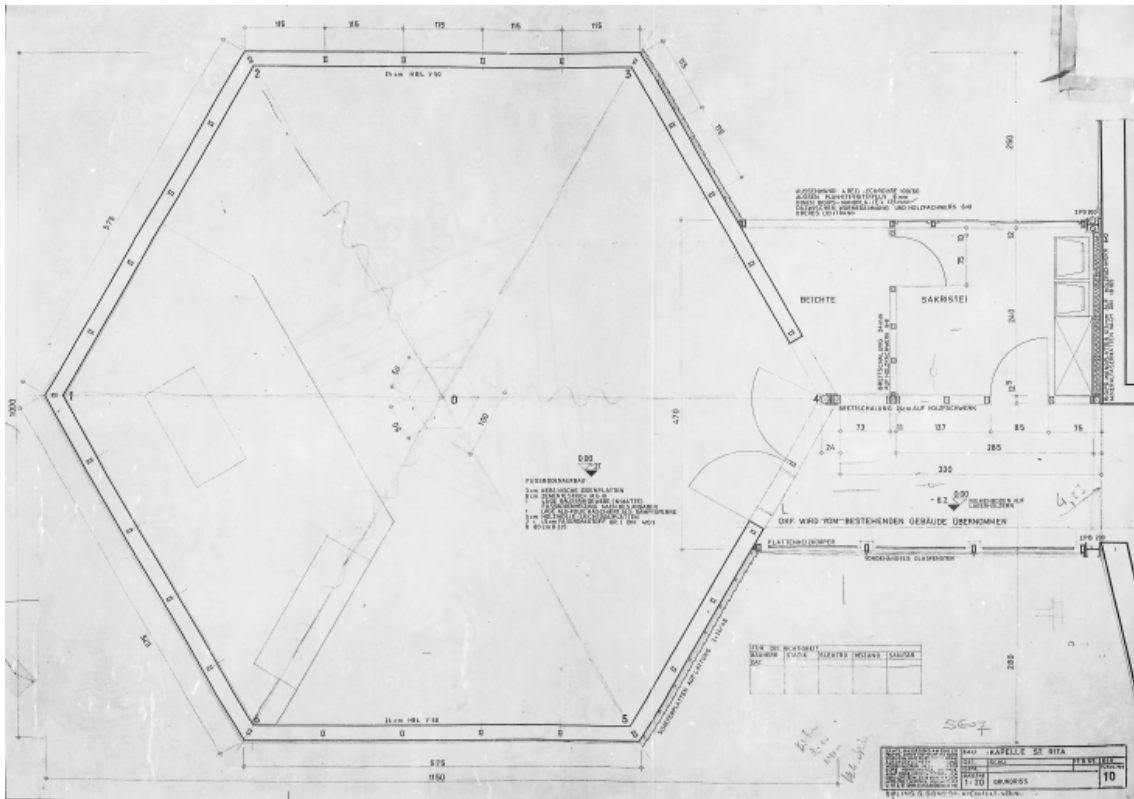


Fig. 3.04

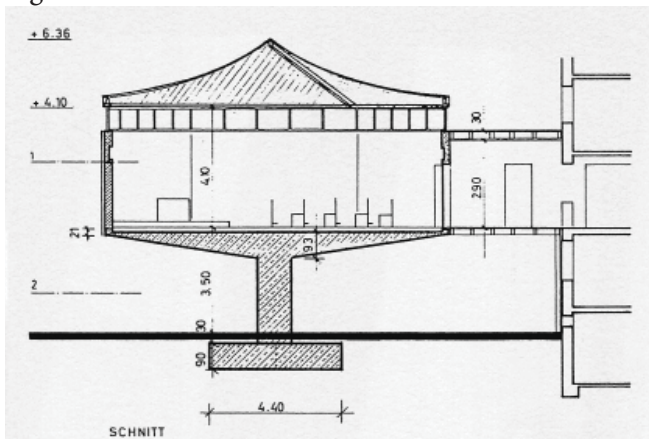


Fig. 3.05

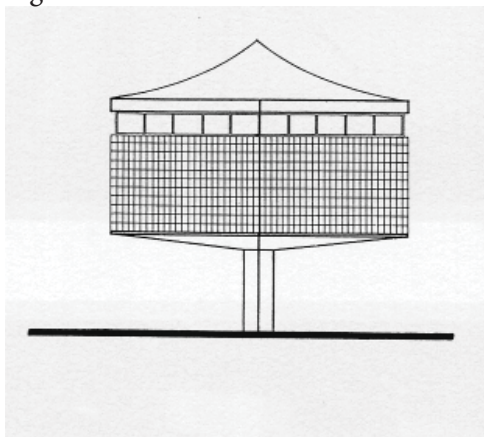


Fig. 3.06

Fig.3.02

Planimetria del complesso di cui fa parte la chiesa evangelica ad Hamburg-Lurup e schemi tridimensionali della copertura della chiesa. Il progetto del 1960 realizzato con H. Sandtmann e F. Grundmann rimase su carta. Fonte delle immagini: A:AI, Dortmund.

Fig.3.03

Chiesa per Neuss. Il progetto realizzato con E. Reusch non fu realizzato. Fonte delle immagini: A:AI, Dortmund.

Fig. da 3.04 a 3.06

Planimetria, sezione e prospetto della Kapelle St. Rita / Severinskloster, Köln, 1967. La cappella fu progettata con G. Gonsior. Fonte delle immagini: A:AI, Dortmund.

Ognuno di questi edifici quindi non lascia stupiti per la configurazione dello spazio interno, al quale si è perfettamente preparati delle geometrie che si svelano anche all'esterno, ma dalla qualità della luce. La luminosità diffusa concentra la vista in punti singolari propri della specificità dello spazio costruito.

Il tema della luce, trattandosi di strutture a guscio e strutture corrugate, fa parte della matrice progettuale tanto quanto la definizione della geometria della struttura portante. Infatti, dall'idea costruttiva di base, la soluzione adottata è una fra le tante possibili declinazioni adottabili, la migliore possibile.

A St. Hedwig le vetrate rosse poste dietro l'altare catturano immediatamente l'attenzione e indicano il percorso all'interno dello spazio voltato. Le vetrate poste agli angoli della chiesa di St. Mariä Himmelfahrt, così come la lama di luce alla base della faltwerk della chiesa di St. Paulus, dematerializzano la copertura, la cui struttura sembra galleggiare. La luce diffusa proveniente dalle vetrate a tutta altezza di St. Suitbert invece permette di leggere le pareti di chiusura realizzate in calcestruzzo armato come qualcosa di molto leggero, quasi fossero delle "tende", che separano l'interno dall'esterno. Essendo disposte in direzione perpendicolare rispetto al percorso ingresso-altare abbracciano e disorientano lo sguardo del fedele, che è invogliato a osservare per intero l'aula liturgica e di conseguenza la comunità ivi raccolta. Un simile effetto visivo è riscontrabile anche nella chiesa di St. Pius X, ripetuto questa volta su tutti e quattro i lati del quadrato di base su cui s'impone il guscio ligneo. La luce proveniente dall'alto, invece, rende più visibile la complessa geometria della struttura piegata di St. Paulus.



Fig. 3.07

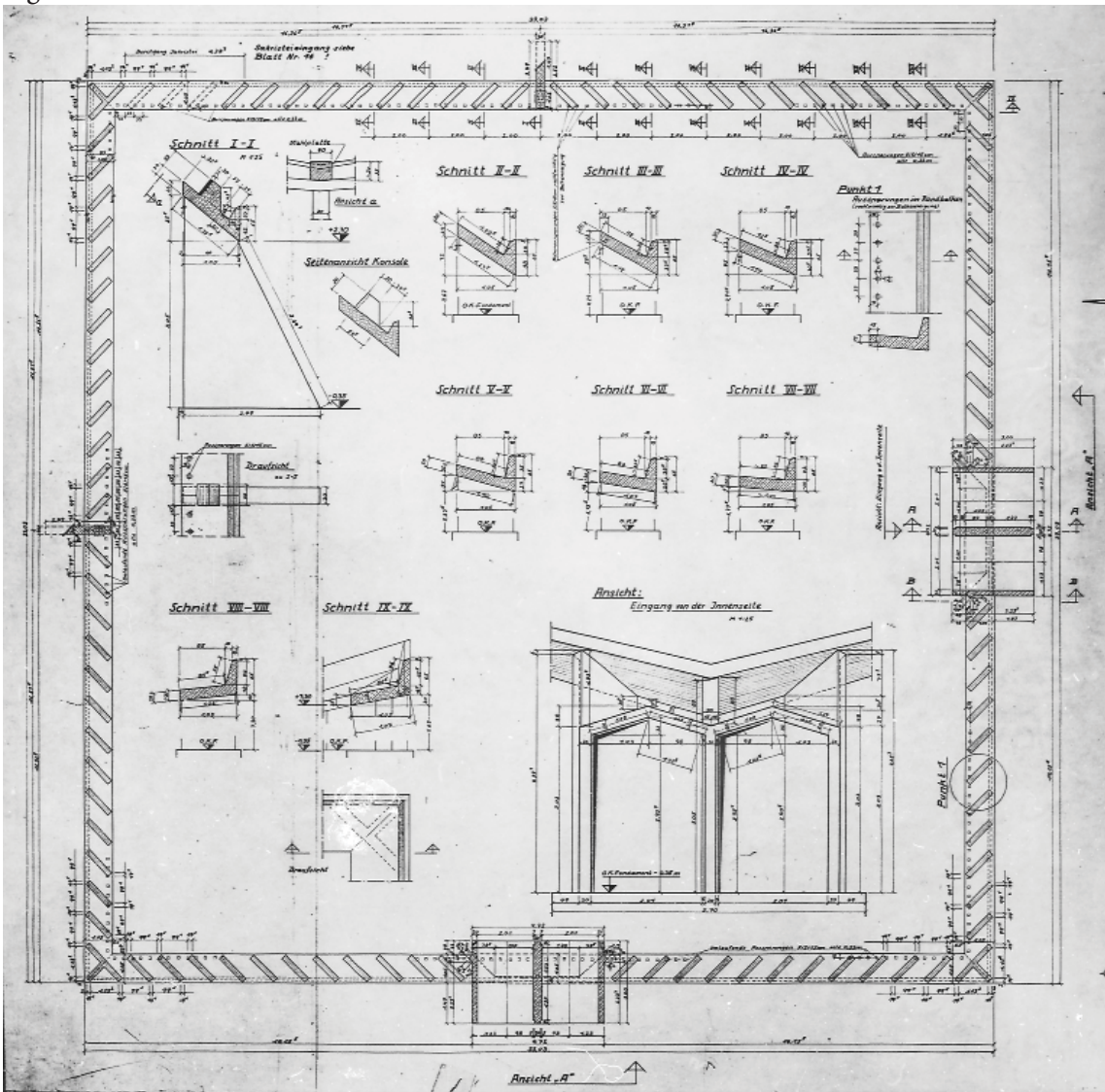


Fig. 3.08



Fig. 3.09



Fig. 3.10

Fig.3.07, 3.09, 3.10

Claudia D'Amore; fotografie dell'interno della chiesa di St. Pius X a Krefeld-Gartenstadt, 1967.

Fig.3.08

Disegno tecnico della chiesa di St. Pius X a Krefeld-Gartenstadt realizzata da Stefan Polónyi con Josef Lehmbruck nel 1967. La copertura è realizzata con una struttura a guscio in legno. Fonte dell'immagine: A:AI, Dortmund.

Fig.3.11

Disegno tecnico della chiesa di Heilig Kreuz a Leverkusen-Rheindorf realizzata da Stefan Polónyi con Josef Lehmbruck nel 1967. La copertura è realizzata con una struttura lignea sulla planimetria ottagonale irregolare. L'impianto planimetrico è simile a quello realizzato a Düsseldorf-Erkrath-Unterbach nel 1964 sempre con Lehmbruck. Fonte dell'immagine: A:AI, Dortmund.

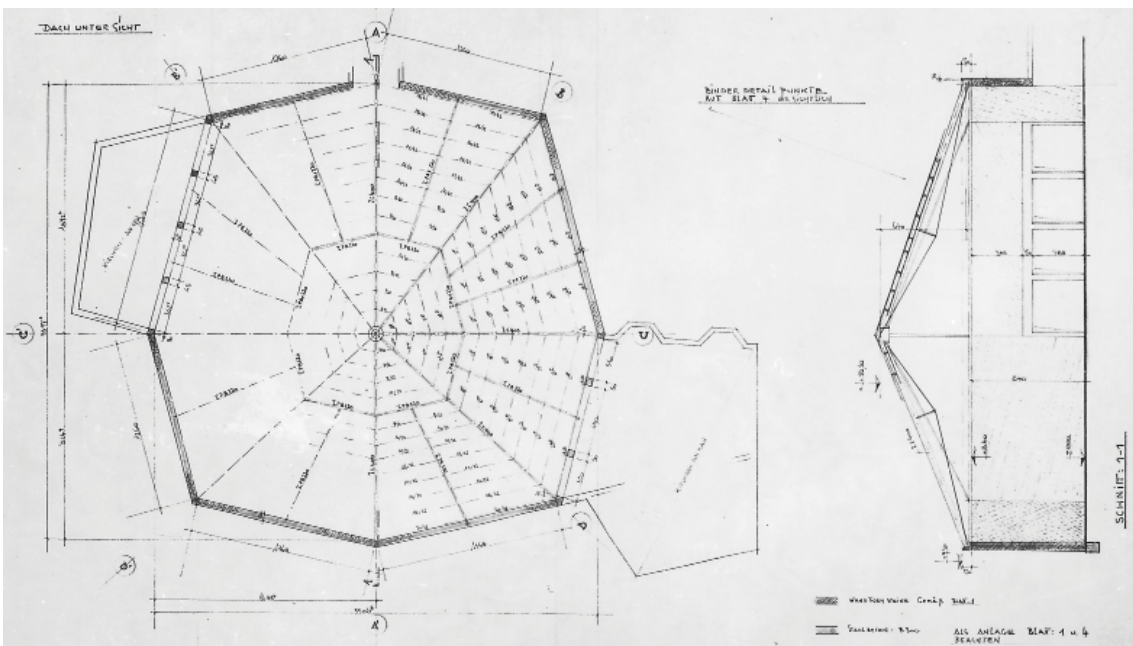


Fig. 3.11

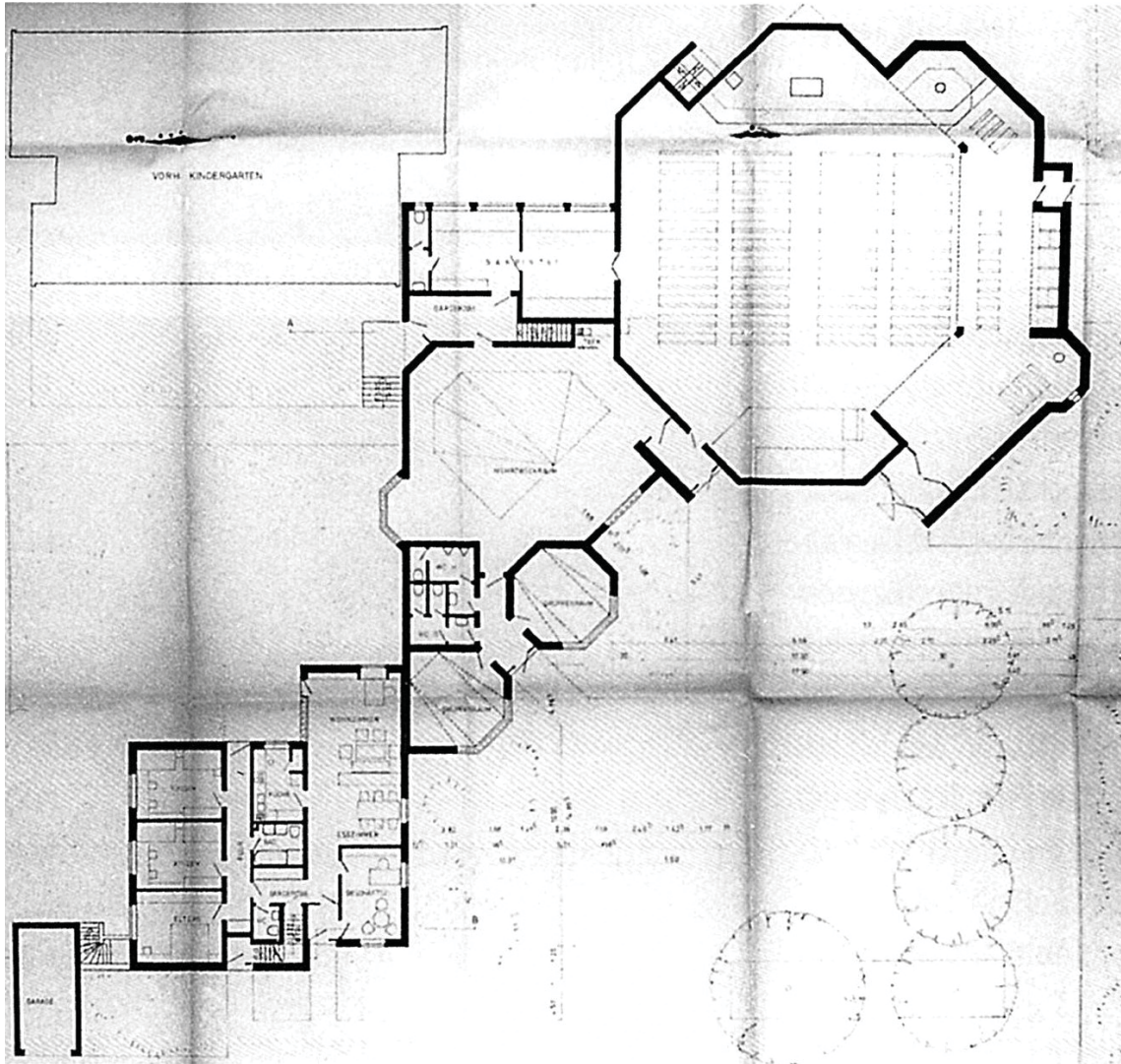


Fig. 3.12

Fig.3.12-3.13

Planimetria e sezione
della chiesa di St. Markus
a Köln-Seeberg realizzata da
Stefan Polónyi con
Fritz Schaller nel 1970.
Fonte: Gebauer E. 2000.

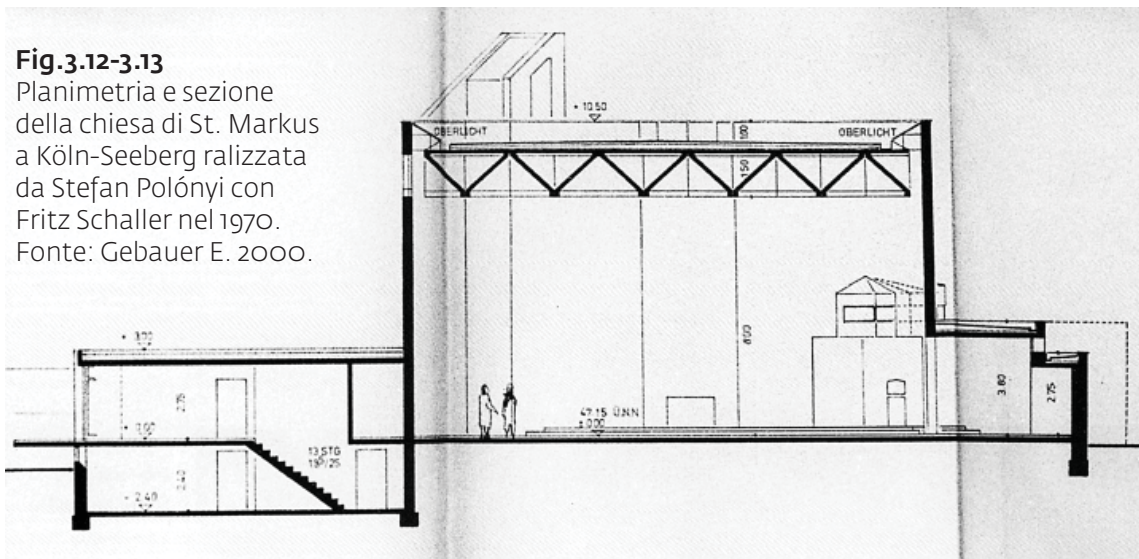


Fig. 3.13

3.2. Strutture corrugate e gusci per la progettazione dello spazio sacro, un confronto.

La famiglia delle **Flächentragwerke** (strutture portanti piane) è costituita dalle **Scalen** (strutture a guscio) e dalle **Faltwerke** (strutture corrugate).

Questo tipo di strutture è stato utilizzato raramente poiché è difficile individuarne la staticità e poiché trova applicazione solo se necessita di una struttura a campata unica e la distribuzione e scansione degli ambienti interni non condiziona la struttura che avvolge e definisce lo spazio.

Gli edifici religiosi per questo motivo hanno rappresentato un campo di sperimentazione privilegiato, così come la realizzazione di edifici industriali, palazzetti dello sport, teatri, ecc. La forma della copertura rappresenta, in tutti questi casi, la quasi totalità del progetto, assieme architettonico e statico, che diviene il luogo della sperimentazione della resistenza dei materiali, della loro possibilità di utilizzo, di nuovi metodi di calcolo e ricerca. Faltwerke e Scalen nascono in calcestruzzo armato, dalla possibilità di realizzare volte, e in seguito altre superfici di natura più complessa ed espressiva, dallo spessore enormemente contenuto rispetto a quelle in muratura. La realizzazione di queste superfici ha inoltre fortemente influenzato gli esiti costruttivi nell'uso degli altri materiali da costruzione quali legno e metallo ed anche materiali sintetici.

Nel tempo si è così implementato il repertorio delle forme architettoniche, che ingegneri e architetti spesso non hanno compreso a fondo o hanno persino frainteso. Si tratta di forme costruttive, si tratta di far lavorare il materiale per forma.

Polónyi si è spesso chiesto le ragioni del graduale abbandono delle strutture portanti piane, soprattutto dei gusci. Esso è avvenuto quasi contemporaneamente alla tanto desiderata possibilità di calcolarli

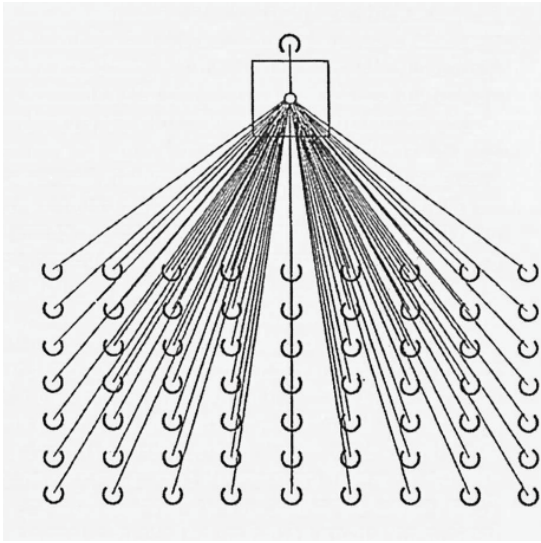


Fig. 3.14

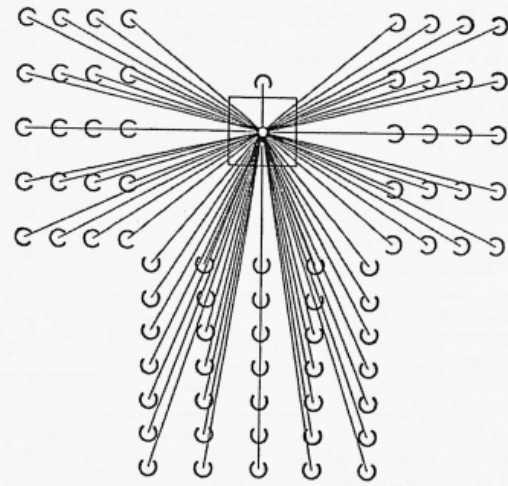


Fig. 3.15

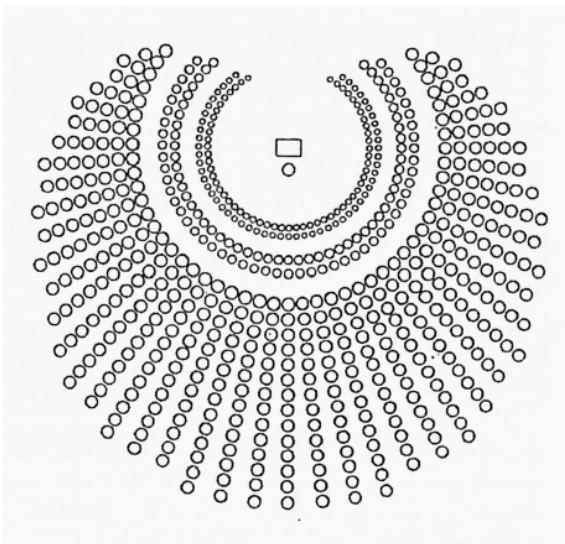


Fig. 3.16

Fig.3.14

Disposizione dei fedeli di fronte all'altare

Fig.3.15

Disposizione dei fedeli su tre lati dell'altare

Fig.3.16

Disposizione dei fedeli a semicerchio rispetto all'altare

Fig.3.17

Rappresentazione schematica dell'architettura come passaggio, come percorso.

Fonte: Schwarz, Rudolf. *Costruire la Chiesa. Il senso liturgico nell'architettura sacra.*

Morcellina, 1947.

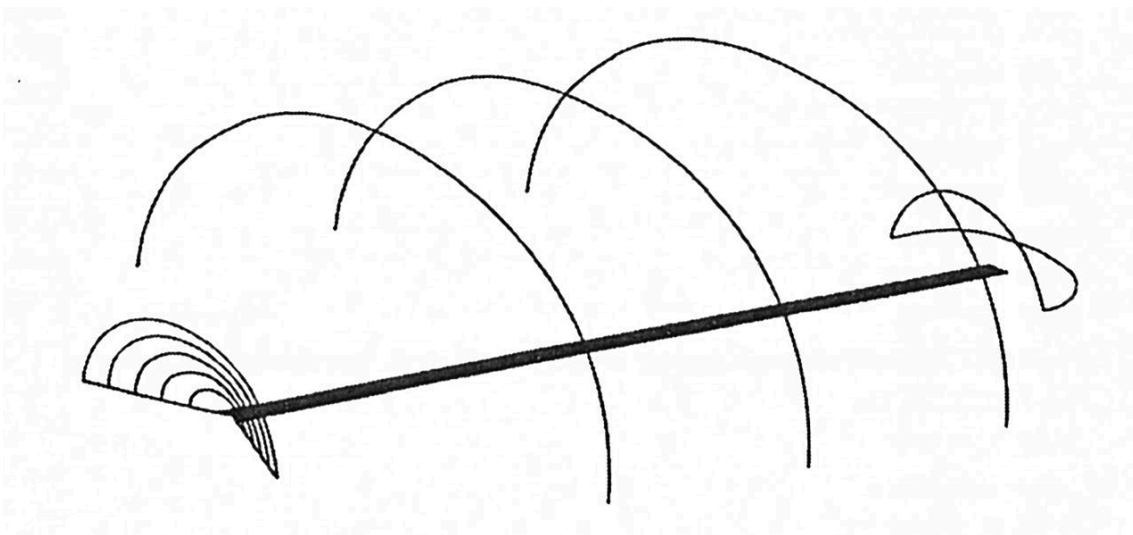


Fig. 3.17

utilizzando il metodo degli elementi finiti. In un'intervista rilasciata a Harald Kloft³, egli riconosce che i motivi che hanno spinto gli architetti che con lui hanno collaborato alla realizzazione di gusci erano solo puramente formali. Si ammiravano in quel periodo le realizzazioni di Torroja e Candela e fu quindi facile per lui trovare architetti che volessero cimentarsi con la progettazione di coperture-architetture.

La riduzione del tema compositivo a quello della copertura tuttavia è stata una limitazione troppo grande per molti. *"Anche se la superficie del tetto di un guscio può essere un tema molto bello, il collegamento alla facciata rimane problematico, non solo costruttivamente, ma soprattutto formalmente"*. Vale la pena sottolineare tuttavia che Polónyi si sia cimentato con l'uso dei gusci proprio con l'architettura sacra che è stata il tipo edilizio su cui si è sperimentato molto sul valore della facciata, attribuendole, per ogni periodo artistico una valenza nuova.

Sulla questione intimamente legata alla definizione del progetto della struttura e a come darle compiutezza Polónyi risponde a Kloft così: *"Nel sonno! Davvero! In primo luogo cerco di ordinare il compito correttamente e spiegarlo chiaramente. Poi mi addormento, e la mattina dopo ho la soluzione, la costruisco, per così dire, nel semi-sogno"*.

I gusci costruiti hanno trovato la loro forma analiticamente. Questo rendeva il progetto più economico di quelli di Isler, tuttavia talvolta imponeva delle lievi differenze rispetto il progetto originale.

Le architetture analizzate, che siano gusci o strutture corrugate, possiedono spessori ridotti per le luci che sono chiamate a coprire, tuttavia esse appaiono solide, stabili. Una struttura per stare in piedi deve poter sopportare i carichi propri e accidentali, ma non basta soddisfare questi requisiti numericamente, è necessario soddisfare anche la solidità apparente, e proprio quello che

3 Polónyi, Von der Statik- und Festigkeitslehre zur Tragwerkslehre 1999



St. Mariä Himmelfahrt	St. Hedwig	St. Suitbert	St. Paulus	Denominazione dell'edificio religioso
1963-64	1963-65	1964-65	1966-67	Anno di realizzazione
Düsseldorf-Unterbach	Oberusel	Essen-Überruhr	Essen-Überruhr	Luogo
Josef Lehmbrock	Hein Günther	Josef Lehmbrock	Fritz e Christian Schaller	Architetto/i
				Fotografia

Fig. 3.19

Polónyi mette in atto con ammirevole maestria. Gli espedienti per introdurre la luce all'interno degli edifici sacri sono un esempio della maestria progettuale dell'ingegnere. Nonostante spesso comporti un alleggerimento visivo della struttura portante, non si generano casi di ambiguità statica. *"Tutte le categorie dunque devono essere soddisfatte anche in "apparenza". La percezione di qualunque imperfezione può provocare il pregiudizio e quindi il giudizio negativo"*⁴.

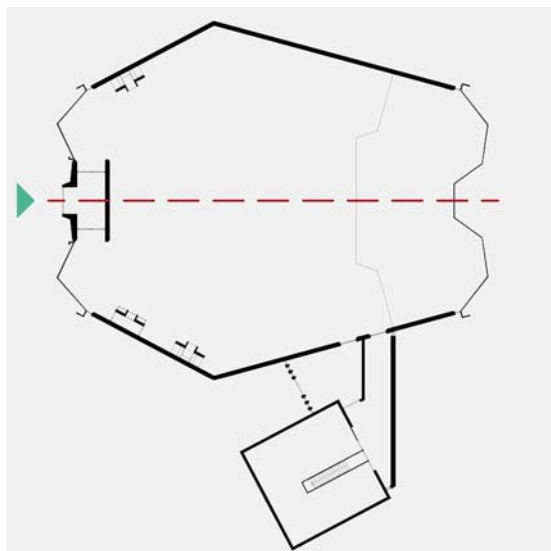
La filiera del progetto si articola partendo dall'ideazione di un artefatto ma non si conclude con la sua produzione materiale. Il progetto, divenuto oggetto costruito è utilizzato e talvolta modificato per rispondere alle necessità dei propri utenti. Nei progetti si era dato ampio spazio alla manipolazione della luce naturale ma pochissimo alle fonti di luce elettrica che, nella quasi totalità dei casi, sono state implementate per garantire un miglior comfort illuminotecnico alla comunità.

Gli architetti e l'ingegner Polónyi di certo non si sono interrogati a fondo sulle implicazioni ecologiche che l'uso del calcestruzzo armato e del sistema strutturale a pareti sottili avrebbe comportato, non ponendosi il problema del riscaldamento degli ambienti che i fedeli sono chiamati ad abitare, seppur per brevi periodi.

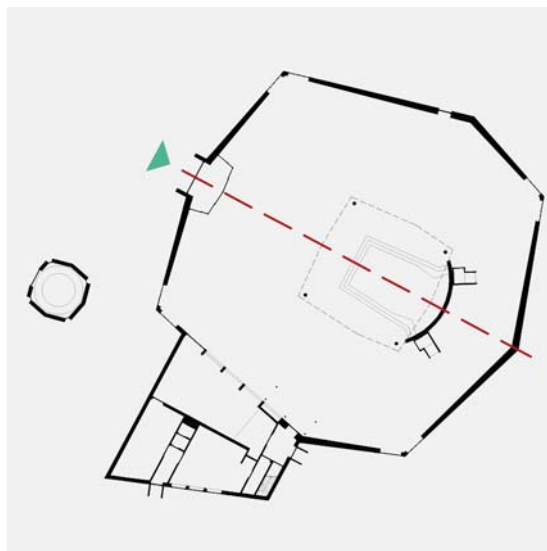
La realtà costruita che si è paventata ai miei occhi durante la campagna di rilievo quindi differisce da quella che agli occhi dei progettisti era la loro opera compiuta. Il lavoro, terminato, è stato consegnato ad altri che, nel tempo, possono averlo modificato a loro piacimento per adattarlo meglio alle sopraggiunte esigenze. Tuttavia non sempre gli adattamenti seguono la logica dell'edificio esistente, nella maggior parte dei casi perché non se ne riconoscono le regole intrinseche, le tematiche perseguite in fase progettuale. Torno a prendere come esempio l'avancorpo realizzato nella chiesa di St.

4 Pigafetta, Giorgio, e Antonella Mastrorilli. *Il declino della firmitas. Fortuna e contraddizioni di una categoria vitruviana*. Firenze: Alinea, 1998.

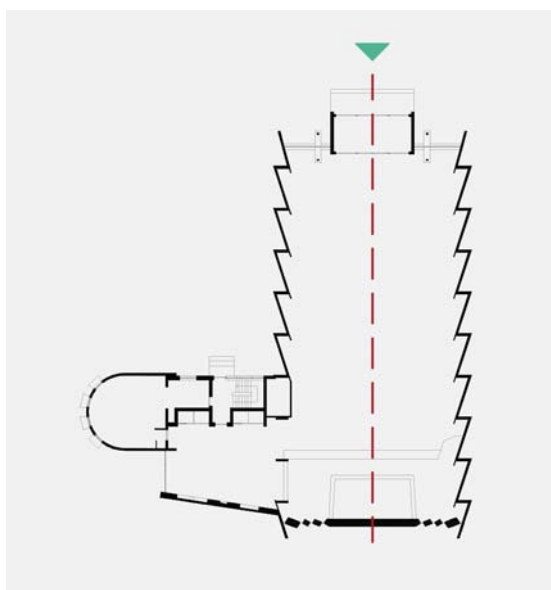
ORIENTAMENTO



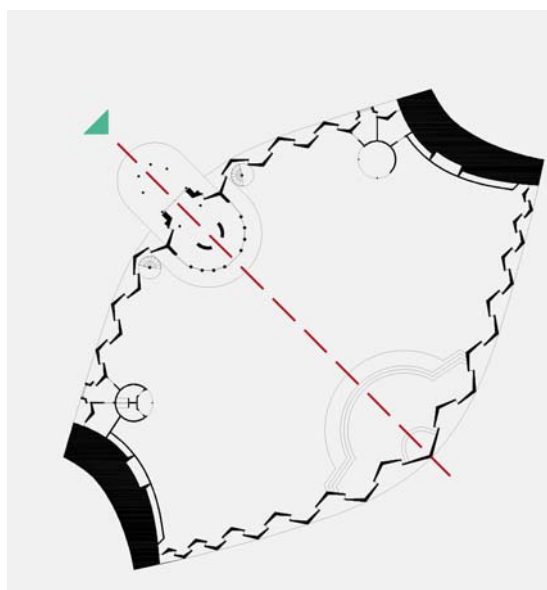
St. Paulus



St. Mariä Himmelfahrt



St. Hedwig



St. Suitbert

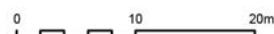


Fig.3.20

Claudia D'Amore;
orientamento degli edifici
oggetto di studio.

Legenda:

-  Accesso principale
-  Asse strutturante

Suitbert che, con la sua presenza all'esterno, introduce un elemento i cui caratteri formali si discostano molto dall'edificio precedente. La creazione della zona filtro fra l'interno e l'esterno dell'aula liturgica, sebbene creata per esigenza funzionale, rompe completamente l'unitarietà dello spazio coperto col guscio in calcestruzzo armato, rovinando completamente l'effetto tanto accuratamente ricercato dai progettisti.

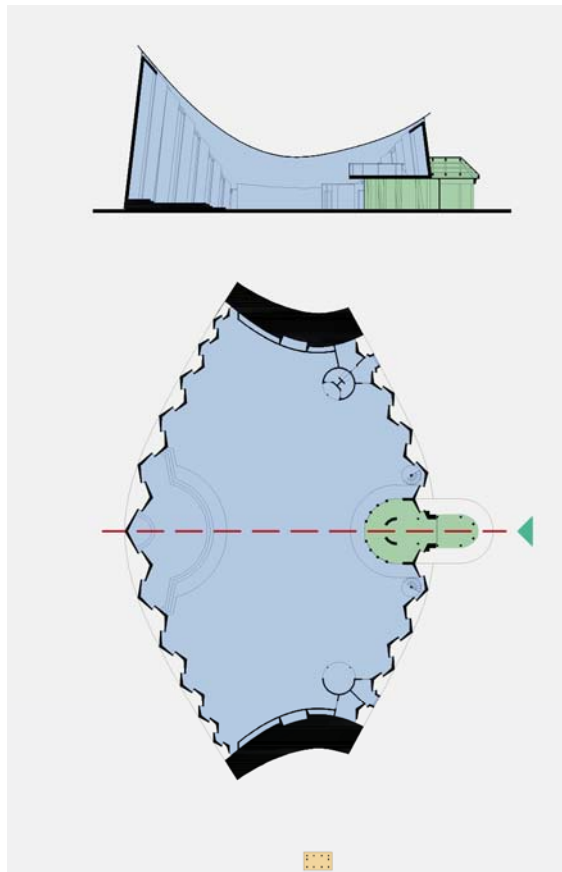
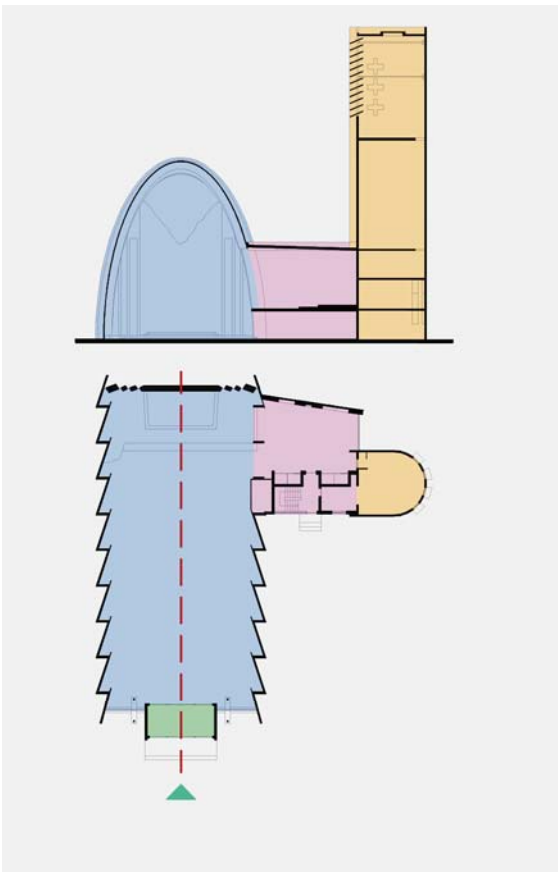
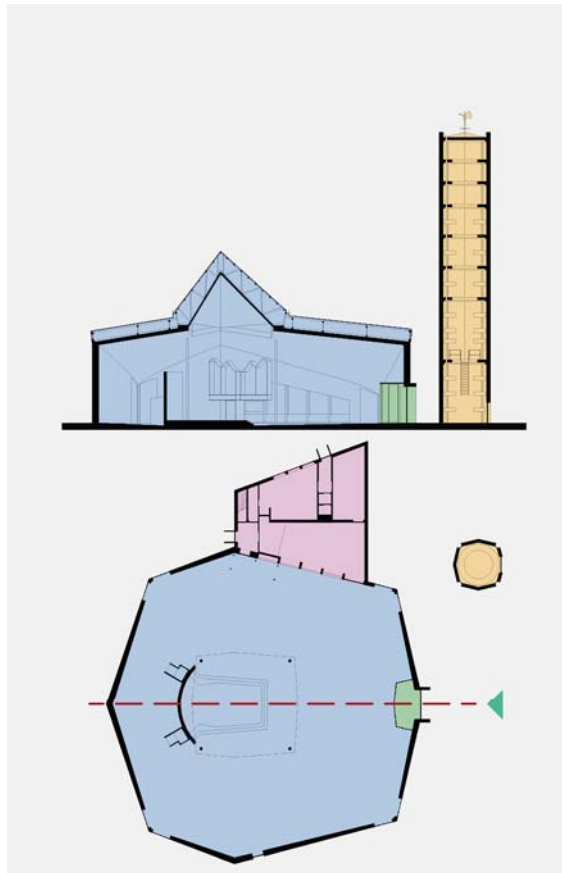
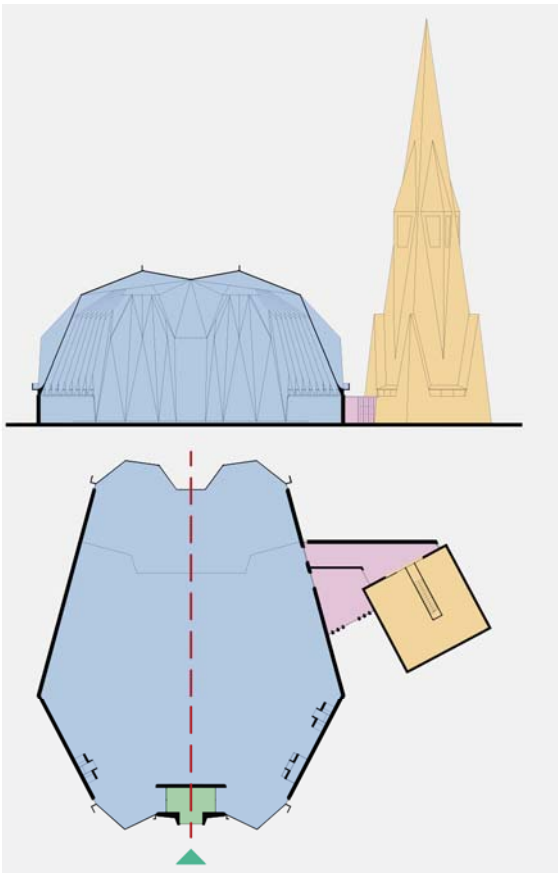
3.2.1. Rapporto fra tipologia e sistema strutturale. Studio morfologico dello spazio sacro nelle architetture di Polónyi

Le ambientazioni delle aule liturgiche sono lasciate volutamente disadorne, tutto è volto ad apprezzare la valenza e la qualità spaziale intrinseca dell'edificio conferita dalla sola struttura portante.

Costruiti con strutture ardite, sperimentali, questi edifici di nuova concezione definiscono una grammatica costruttiva chiara e leggibile anche attraverso la semplice osservazione. Lo schema generale è definito, reso chiaro ed evidente dalla realizzazione della sola copertura dell'aula liturgica, elemento chiave e principale del progetto. L'articolazione dello spazio interno è realizzata attraverso l'introduzione di basse pareti che mai interrompono l'unitarietà dello spazio creando tuttavia degli ambienti distinti. Nella chiesa di St. Mariä Himmelfahrt così come nella chiesa di St. Pius X è stato realizzato un muro che chiude lo spazio dietro l'altare e che a tutti gli effetti divide l'aula assembleare in due aule più piccole, utilizzate per funzioni diverse. Lo spazio, seppur diviso funzionalmente, appare spazialmente unitario.

Altre volte è la conformazione della zona presbiteriale a dare luogo a una lettura funzionale più articolata. La posizione dell'altare divide lo spazio e vincola l'aggregazione dei fedeli secondo tre modalità differenti, rappresentate da Rudolf Schwarz con i tre schemi illustrati nelle figure 3.14, 3.15 e 3.16. La prima è la più diffusa, generalmente utilizzata nelle architetture in cui anche

COMPOSIZIONE DELLE PARTI DELL'EDIFICIO



0 10 20 50

la struttura dell'aula conferisce all'ambiente una certa direzionalità (cfr. fig. 3.17). St. Paulus, St. Hedwig, St. Markus ne sono esempi. La figura 3.15, invece, mostra una disposizione definita da sistemi pluriassiali, con due assi principali ortogonali fra loro, come accade a St. Mariä Himmelfahrt e nel progetto della chiesa evangelica a Hamburg-Lurup. La terza e ultima conformazione richiede spazi ampi per l'aggregazione dei fedeli come quelli presenti a St. Suitbert e St. Pius X.

Quest'analisi, seppur semplificata, permette non solo di definire una piccola casistica di tipologie aggregative, ma ha soprattutto lo scopo di rendere manifesta l'intima relazione esistente con il sistema strutturale. Spazio e tipologia si definiscono reciprocamente in fase progettuale divenendo l'idea, sulla quale prende forma la costruzione.

3.2.2. Composizione delle parti dell'edificio

La progettazione per giustapposizione di elementi consente la creazione di una grammatica compositiva nella quale sono riconoscibili alcuni elementi fondamentali.

Il **corpo** è costituito dall'intero spazio dell'aula, nel quale si trova anche l'altare. Esempi di chiese canoniche possono invece prevedere la presenza di un'abside nella quale è inserito l'altare.

Elemento di raccordo fra l'esterno e l'interno dell'edificio è il **pronao**. Si tratta di un elemento sempre presente ma realizzato con modalità differenti per ogni edificio. Nei casi in esame sono nella chiesa di St. Mariä Himmelfahrt non è previsto uno spazio costruito preposto a questo ruolo, che è realizzato

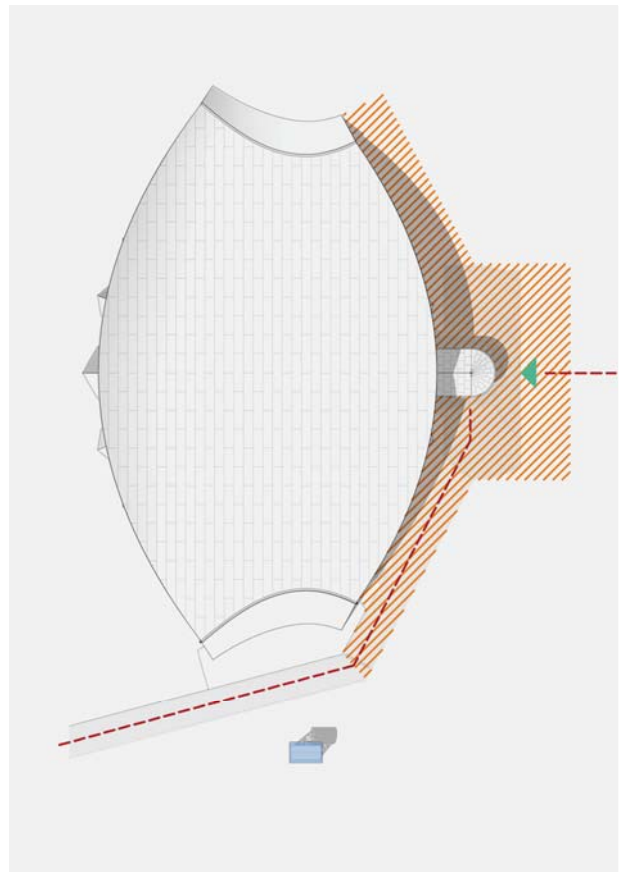
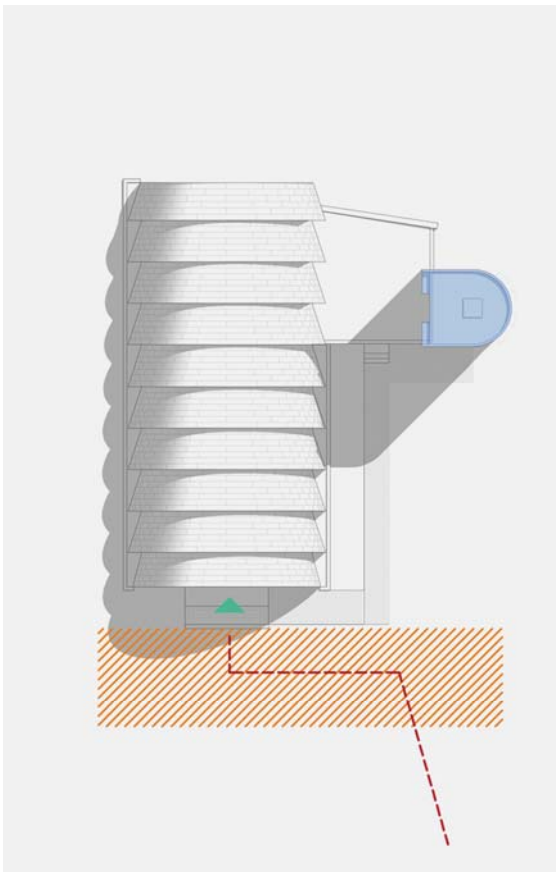
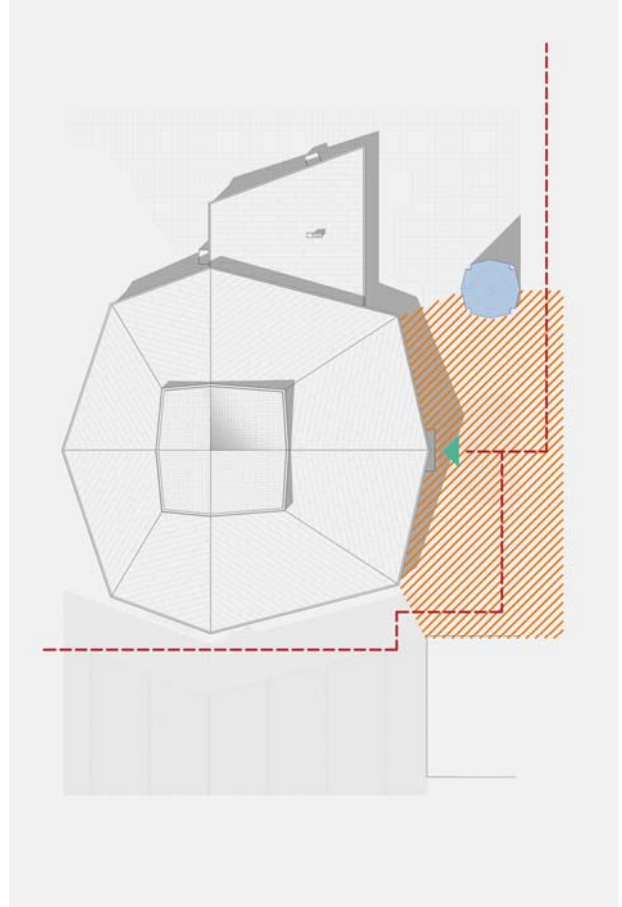
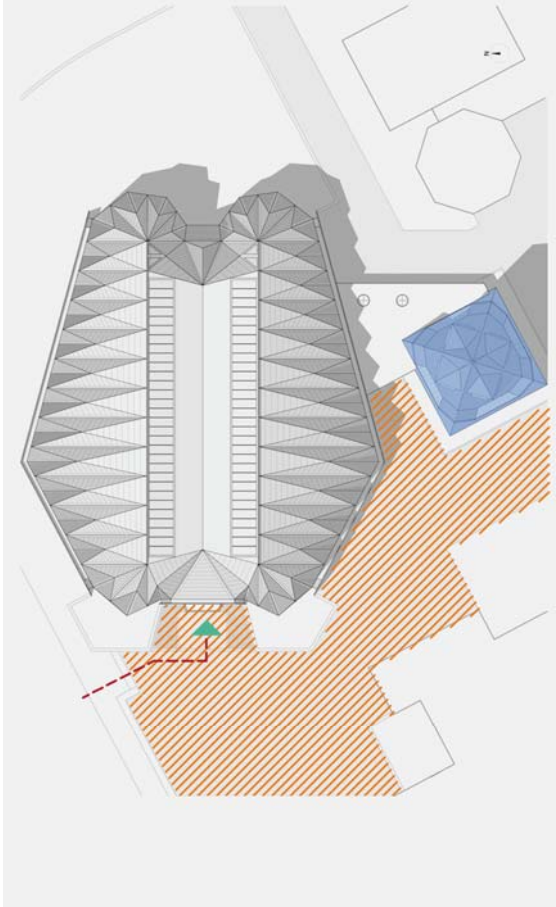
Fig.3.21

Claudia D'Amore;
composizione delle parti
degli edifici oggetto di
studio.

Legenda:

- Corpo
- Campanile | Torre campanaria
- Pronao / Zona filtro di accesso
- Zone annesse

RELAZIONE CON L'ESTERNO



0 10 20 50

con una struttura leggera e completamente a vetri.

La chiesa di St. Suitbert è l'unica in cui non sono previste **strutture annesse** all'aula liturgica, poiché si sarebbe interrotta la continuità dello spazio indiviso espressa. In esse trovano generalmente posto la sacrestia, piccole cappelle come nel caso di St. Paulus, spazi per il coro come a St. Hedwig e ambienti per la comunità.

Nella composizione dell'edificio sacro si riconosce un ruolo strategico alla **torre campanaria**. L'edificio sacro è sempre pensato per esser osservato da più punti privilegiati dall'esterno e la presenza della torre come elemento isolato o tangente alla struttura della chiesa, o suoi annessi, definiscono diversi rapporti fra l'organismo architettonico e l'elemento verticale che lo caratterizza. Solo la torre di St. Mariä Himmelfahrt può essere definita campanile, poiché costituita da una struttura architettonica separata dall'edificio principale.

3.2.3. Relazione dell'edificio con l'esterno





Il ruolo del percorso all'esterno mostra un'accurata regia di avvicinamento all'edificio sacro, essendo i casi in esame inseriti in più ampi processi progettuali che hanno ridisegnato piccole porzioni di città.

A St. Hedwig è visibile anche da lontano l'intera composizione e il percorso è pressoché frontale. A St. Mariä Himmelfahrt si guadagna pian piano l'ingresso apprezzando l'esterno scarno dell'edificio su cui spicca la copertura e la lanterna. Il campanile isolato funge da attrattore sul luogo del sagrato ove è possibile guadagnare l'accesso per l'aula liturgica. A St. Suitbert, invece,

Fig.3.22

Claudia D'Amore;
relazione con l'esterno
degli edifici oggetto di
studio.

Legenda:

-  Accesso principale
-  Percorrenza esterna
-  Sagrato
-  Campanile

è visibile dalla strada la grande area destinata al sagrato e la quasi totalità del prospetto principale. La chiesa di St. Paulus è invece l'unico, fra quelli studiati in dettaglio, a essere circondata su due lati dalla strada e sul terzo dall'area del sagrato, è una struttura apprezzabile a tutto tondo.

3.3. Caso studio: St. Mariä Himmelfahrt, Düsseldorf-Unterbach, 1963-64

3.3.1. Elementi differenti costituiscono un'entità inscindibile

A Erkrath-Unterbach Josef Lehmbruck ha progettato un ampliamento urbano che comprende anche un edificio religioso [Immagine 2.08]. La chiesa di St. Mariä Himmelfahrt posta nella periferia di Düsseldorf è una delle chiese che Lehmbruck, nella sua lunga carriera di costruttore, ha realizzato con Stefan Polónyi.

Nell'A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW sono stati trovati degli schizzi di progetto⁵ che mostrano soluzioni molto distanti spazialmente e strutturalmente da quella adottata [Immagine da 2.01 a 2.07]. La soluzione definitiva ha previsto la realizzazione di tre elementi distinti: l'aula liturgica a pianta ottagonale irregolare, un corpo trapezoidale che aderisce al lato sud-ovest dell'ottagono e una torre campanaria isolata. La composizione per elementi distinti caratterizza molti degli edifici religiosi di Polónyi. Secondo Frei Otto *"Polónyi è un compositore che assembla il tutto a partire da diverse parti e sviluppa contemporaneamente le parti che costituiscono il tutto"*⁶.

La chiesa si trova al centro del lotto su cui insiste il complesso religioso quindi l'accesso non visibile dalla strada. Da Wittenbruchstrasse si apre Wittenbruchplatz, che in realtà non è costituita da una piazza da una strada ampia, ove è presente un parcheggio. Quest'ampia strada conduce verso il

5 Gli schizzi in questione non sono firmati quindi è impossibile attribuirne la paternità a Lehmbruck o Polónyi. Polónyi era solito disegnare dialogando col progettista mentre si discuteva della struttura e del materiale che avrebbe dovuto avere l'edificio costruito, non è improbabile che siano stati realizzati proprio dall'ingegnere ungherese. Si attribuiscono i suddetti disegni alla chiesa oggetto di studio poichè ritrovati all'interno dei cartoni che contenevano il materiale riferito alla sola chiesa di St. Mariä Himmelfahrt.

6 Otto, Frei. «Laudatio für Stefan Polónyi.» *Baukultur*, 1998, Fascicolo 5: 56-58.

lato sud-est dell'edificio, dal quale si prende familiarità con la forma esterna dell'aula liturgica caratterizzata dalla copertura con lanterna superiore e si scorge, al di là della chiesa, la torre. Fiancheggiando l'edificio sul lato nord-est si apre alla vista la zona del sagrato, e si scorge in tutta la sua interezza, la torre campanaria ottagonale non regolare isolata. In calcestruzzo armato a vista, prende luce all'interno da quattro degli otto spigoli di base. Le aperture corrono per tutta l'altezza della torre e sono l'unico elemento che la caratterizza. Nella parte sommitale fitti brise soleil permettono al suono delle campane di raccogliere i fedeli di Unterbach. La torre campanaria è alta poco più di 28 metri, ed è l'elemento predominante nella composizione generale dell'edificio sacro.

L'accesso alla chiesa avviene dal lato nord-ovest per mezzo di un portale che collega la zona del sagrato all'interno buio per mezzo di una zona filtro vetrata.

Lo sguardo è immediatamente catturato dalla zona sollevata su tre gradini adibita all'altare. Essa è spazialmente definita dalle esili colonne a base circolare che sono predisposte in corrispondenza degli spigoli di base della lanterna e da un muro arcuato.

All'interno l'ambiente unico è direzionato da due assi ortogonali sottolineati dalla forma della copertura. Anche la disposizione delle panche ricalca questa conformazione: sono disposte parallelamente agli assi della chiesa e volgono verso l'altare su tre lati, quelli non chiusi dal muro circolare. L'ambiente ad aula unica è gestito come uno spazio centrale.

La struttura della copertura è costituita da quattro gusci *hypar*⁷ di forma diversa poiché impostati sui muri dell'ottagono irregolare di base. La planimetria non regolare è rafforzata dallo spessore variabile dei muri che ne definiscono il perimetro. S'ispessiscono in corrispondenza degli spigoli posti sugli assi per

7 Cfr. Glossario

assottigliarsi su quelli posti sui controassi.

Lehmbrock e Polónyi hanno realizzato un sistema d'illuminazione naturale particolare per l'aula liturgica che prevede due tipi distinti di aperture. Le prime interrompono la continuità del muro perimetrale in calcestruzzo armato in prossimità di quattro degli otto spigoli dell'ottagono, quelli con spessore minore. L'angolo non è libero, ma vi è la presenza di un pilastrino armato che a tutti gli effetti fa parte dei due muri che lì si congiungono. Visivamente il pilastrino d'angolo sembra più esile di quanto non sia in realtà. L'effetto ottico che rende i pilastri d'angolo dei templi greci più sottili degli altri qui non è corretto⁸ anzi enfatizzato per attribuire un effetto di leggerezza alla struttura della copertura sovrastante. Le altre aperture sono poste direttamente sulla copertura e permettono di inondare l'altare dall'alto di luce diffusa. Per realizzare questo secondo tipo di aperture è stato necessario allontanarsi dalla forma pura del guscio [Immagine 2.10] e introdurre una lanterna [Immagine 2.11]. Quattro colonne sostengono l'apertura e la lanterna sovrastante costituita anch'essa da quattro gusci *hypar*. I sostegni non interrompono la continuità dello spazio ma inquadrano l'area presbiteriale enfatizzata dalla presenza di tre gradini e del muro di fondo [Immagine 2.31 e 2.32]. Impostato su un arco di cerchio, il muro nasconde alla vista i confessionali e stride con la geometria generale, molto regolare, dell'aula liturgica. Osservando una foto del modello geometrico-funzionale dell'edificio sacro [Immagine 2.58] si evince che al muro arcuato nelle fasi preliminari di progetto era attribuita la sola valenza di diaframma, poi integrato nell'area presbiteriale con la modifica dei gradini che ricalcano solo in parte la geometria della lanterna che li sovrasta.

Sull'ato sud-ovest, ove è presente l'organo, il muro perimetrale è molto aperto. Oltre alla bucatura per la luce proveniente dagli angoli della struttura, sono

8 Riferimento alla correzione ottica angolare.

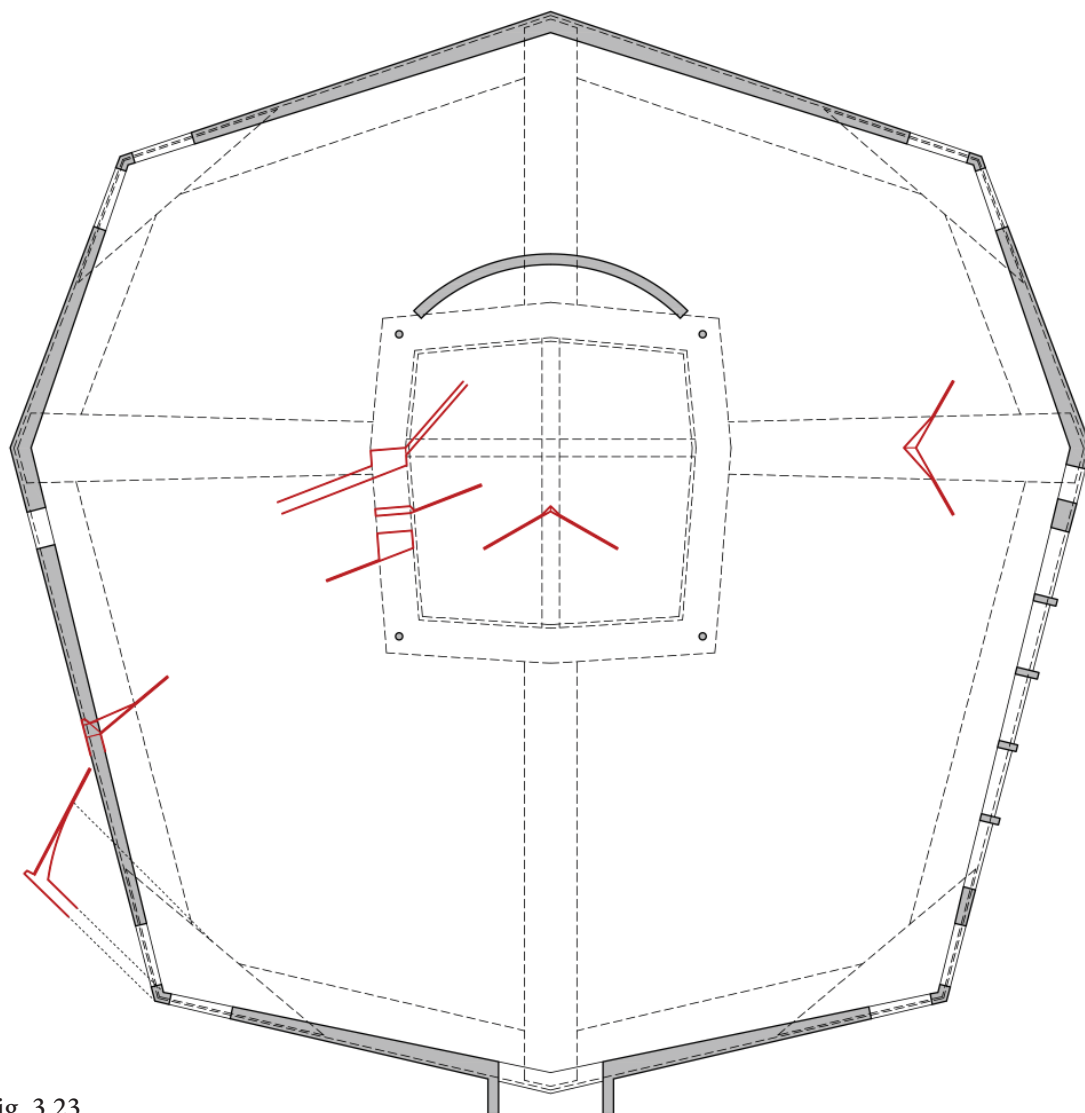


Fig. 3.23

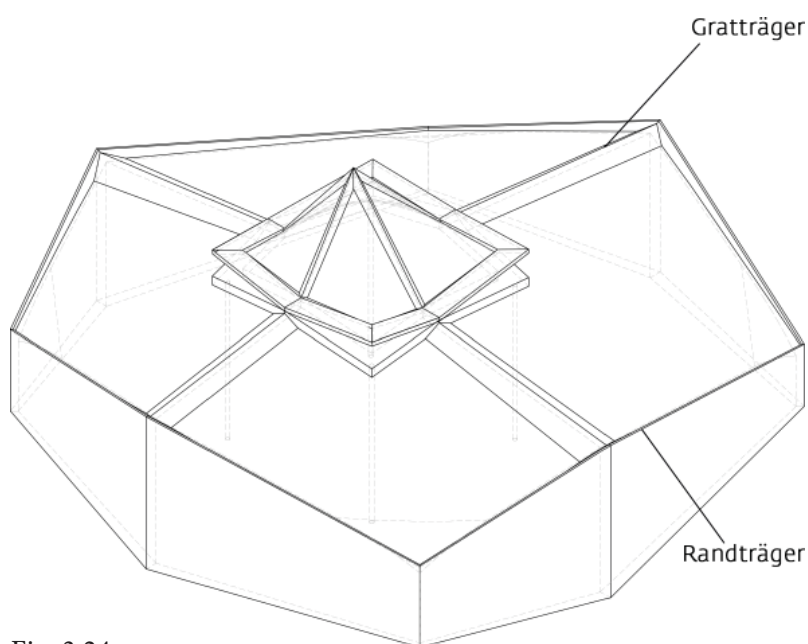


Fig. 3.24

Fig.3.23
Claudia D'Amore;
rappresentazione
sintetica dei rinforzi
studiati per la copertura
di St. Mariä Himmelfahrt.

Fig.3.24
Claudia D'Amore;
elementi che
costituiscono la
copertura della chiesa di
St. Mariä Himmelfahrt.

presenti una porta, che conduce mediante zona filtro all'ingresso secondario della chiesa, e cinque aperture più alte che mettono in comunicazione l'aula liturgica col corpo trapezoidale. In esso si generano spazi piccoli e molto introversi, illuminati da serie di aperture di altezza molto contenuta. Dall'esterno resta un volume anonimo integrato nel progetto complessivo dalla presenza della copertura in rame.

Così come si presenta oggi, la copertura è frutto di un restauro, il cui progetto è stato eseguito dallo stesso Polónyi, per l'inserimento di una copertura ventilata⁹. Il restauro si rese necessario poiché sulla lanterna il tetto freddo previsto inizialmente non aveva tenuto in un punto che, nonostante le successive riparazioni, non fu possibile recuperare. La soluzione alternativa fu quindi necessaria al mantenimento in esercizio della costruzione. Sulla struttura in calcestruzzo armato fu progettata un'intricata copertura lignea che ricalcasse la forma di base della copertura e della lanterna. I progetti [Immagine 2.21 e 2.22] e l'esecuzione risalgono agli anni '80.

3.3.2. La struttura della copertura

La copertura della chiesa di St. Mariä Himmelfahrt è costituita da quattro paraboloidi iperbolici a linee rettilinee.

Si tratta di una composizione di lembi di paraboloide iperbolico che risolvono il problema della copertura di grandi luci riducendo gli sforzi gravosi in corrispondenza degli elementi di bordo. L'associazione di *hypar* utilizzata da Polónyi, nella figura intera priva della lanterna, si è ormai stabilizzata come composizione canonica, costituendo un'associazione a 'tettoia'¹⁰.

Per illuminare dall'alto la zona presbiteriale, il guscio è stato svuotato al

9 Cfr. Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

10 Cfr. Pizzetti, G., e A. M. Zoragno Trisciunglio. *Principi statiti e forme strutturali. Le strutture in architettura*, 1987.

centro ed è stato sormontato da una lanterna realizzata anch'essa con quattro paraboloidi che convergono in un punto.

In uno dei disegni trovati in archivio [Immagine 2.10] si osserva che inizialmente era stato previsto solo il primo guscio, che doveva essere rinforzato alle estremità nello stesso modo della soluzione definitiva: mediante travi di bordo (*Randträger*¹¹, cfr. fig.3.24). L'allontanamento dalla struttura pura del guscio a paraboloidi iperbolici ha dotato lo stesso di altre travi che ricalcano il perimetro del foro. Altri rinforzi si trovano nelle linee di congiunzione fra i quattro paraboloidi iperbolici (*Gratträger*¹², cfr. fig.3.24) e sono costituiti da un aumento continuo dello spessore del guscio.

La struttura inferiore della copertura è stata gettata in modo tradizionale, spessa 4 cm con dei rinforzi del guscio all'intradosso in corrispondenza dei quattro spigoli di spessore inferiore, cioè quelli che possiedono le aperture. La geometria dei rinforzi (cfr. fig.3.23) è stata oggetto d'intenso studio da parte dell'ingegnere strutturale come reso evidente dalla presenza in archivio di schizzi per individuarne la più corretta geometria [Immagine 2.16] e dalle tavole tecniche dedicate a questo dettaglio della costruzione [Immagine 2.17]. Polónyi è riuscito a contenere lo spessore della copertura poiché l'armatura è stata realizzata con tre strati di rete disposti in modo sfalsato. *Le posizioni in cui le tre reti si sovrappongono sono decisive per lo spessore del guscio. Quando le reti sono ruotate in modo tale che le barre siano interconnesse, sono necessari 2 cm in totale per il rinforzo*¹³. Lo spessore definitivo del guscio è circa pari a 4,5 cm poiché l'operazione di fissaggio delle reti è molto complessa ed è dato dai 2÷2,5 cm delle reti più il centimetro di copriferro inferiore e superiore. Lo spessore della struttura della lanterna è di circa 1 cm inferiore ma è stato realizzato con calcestruzzo proiettato a causa della forte curvatura dei quattro *hypar* che la

11 Cfr. glossario

12 Cfr. glossario

13 Polónyi, Stefan. „Schalen und Faltwerke.“ *Bauwelt* 58, 1967, Fascicolo 36: 908-913.

costituiscono. La struttura della lanterna ricalca, in dimensioni ridotte, quella del guscio. Possiede, infatti, i *Randträger* e i rinforzi nelle linee di displuvio (*Gratträger*) [Immagine 2.19 e 2.20].

La sovrastruttura lignea progettata nel 1981 dallo studio Polónyi, è costituita da un graticcio di travi di legno, scarica il peso proprio sui *gratträger*.

Dalle analisi¹⁴ effettuate sul modello strutturale della chiesa, si è osservato che l'uso d'irrigidimenti lungo i bordi che costituiscono la composizione di paraboloidi iperbolici ha lo scopo di irrigidire e ridurre gli spostamenti. La loro presenza permette quindi di convogliare i carichi lungo linee preferenziali, controllate, riducendo i rischi di collasso a causa di sovraccarichi accidentali.

¹⁴ Le considerazioni sul comportamento strutturale della chiesa derivano dalle analisi eseguite sul modello meccanico durante lo svolgimento del Corso di Meccanica delle Strutture e Metodo Computazionali nel Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e Chimica (DICATECh) del Politecnico di Bari tenutosi nell'A.A. 2016-2017 dal Prof. Ing. M. Piccioni, dal Prof. Ing. A. Fraddosio e dal Prof. Ing. N. Pecere, coadiuvati dall'Ing. N. Lepore. (Cfr. Appendici)





Le Figure dalla 3.25 alla 3.34 rappresentano l'esito della campagna di rilievo fotografico svoltasi presso la chiesa di St. Mariä Himmelfahrt a Düsseldorf-Unterbach. Le fotografie sono state scelte per offrire al lettore una visione del rapporto fra la torre isolata e l'edificio religioso e per porre l'accento sulla particolare spazialità interna dell'aula liturgica attribuita dalla struttura a quattro paraboloidi iperbolici con lanterna della copertura.

Autrice delle fotografie: Claudia D'Amore







3.4. Caso studio: St. Hedwig, Oberursel, 1963-64

3.4.1. Comporre per giustapposizione

Nella città di Oberursel (Taunus), a 20 km dal centro di Francoforte, sorge la chiesa di St. Hedwig realizzata da Polónyi con l'architetto Hein Günther.

La chiesa, con l'altare che volge a nord, fa parte di un progetto di ampliamento della città che prevedeva anche la realizzazione di una canonica, una sala per la comunità che funge anche da scuola materna e diversi tipi di alloggi [Immagine 3.01]. Percorrendo Eisenhammerweg strade si osserva dapprima l'alta torre in calcestruzzo armato e infine l'imponente volta a fasce arcuate che dà forma alla costruzione [Immagine 3.21].

Forma e materiale conferiscono un carattere industriale a questo edificio religioso, che è affine al mondo della produzione più che a quello della contemplazione. Il binomio forma-funzione è fortemente riuscito su un piano puramente funzionale ma non su quello comunicativo. La forma strutturale dell'edificio ha un potenziale comunicativo che è stato sottovalutato o volutamente ricercato, non è dato saperlo.

Lo spazio realizzato dalla volta è reso visibile all'esterno dal diaframma trasparente sulla facciata principale. Se non fosse per l'imponente rosone di acciaio e le tre croci ritagliate dal muro della tozza torre campanaria che volge a oriente la sua parte semicircolare, sembrerebbe di trovarsi al cospetto di un edificio industriale. L'aula liturgica, infatti, è costituita da uno spazio unitario, che prende forma unicamente dalla copertura a sezione paraboloidica, spazio paragonabile per materiale, forma e direzionalità agli hangars di Orly¹⁵ anche se in scala certamente ridotta. Non vi sono tracce

¹⁵ Gli hangars gemelli di Orly sono stati realizzati da Freyssinet fra il 1921 e il 1923. Ogni singolo arco era di 7,5 metri di larghezza, mentre l'altezza della sezione variava da 5,4 mt alla base a 3,0 mt in chiave. La struttura di questi hangar concepita per esser perfettamente aderente al diagramma delle forze. La geometria di questo edificio deriva direttamente dallo studio delle forze che lo stesso doveva sopportare impiegando calcestruzzo al minimo possibile secondo il

documentarie che lo attestino, ma è possibile che l'aspetto esterno conferito da Günther all'edificio sacro sia conseguenza della presenza, in quell'area, di un vecchio complesso industriale, la "fabbrica delle falci"¹⁶, la cui proprietà fu acquistata dal comune per l'ampliamento della comunità.

L'ingresso è mediato attraverso l'introduzione di un portico, in calcestruzzo armato, raggiungibile attraverso qualche gradino e aggettante verso l'esterno. Nell'archivio della scuola tecnica di Dortmund è stato rinvenuto un disegno di Hein Günther [Immagine 3.03] nel quale si evince l'importanza che inizialmente era stata attribuita a questo spazio dall'architetto. Tripartito per accogliere il fonte battesimale e il confessionale nelle aree laterali, consentiva l'accesso in posizione centrale ed era caratterizzato da una muratura più spessa e meno permeabile poiché meno vetrata. L'aspetto che avrebbe dovuto assumere l'edificio a quello stadio progettuale lo conosciamo, fortunatamente esiste una fotografia di Max Göllner del modello architettonico [Immagine 3.41] che ci mostra anche un altro elemento che venne in seguito cambiato: l'accesso al secondo livello della torre è consentito mediante una scala interna e non esterna come lì rappresentato. Tornando al portico, nell'edificio costruito, questo elemento ha l'unico scopo di essere un filtro con lo spazio aperto del sagrato, è indipendente strutturalmente e sostiene se stesso e parte dei carichi della parete in vetro. È sormontato da un rosone di acciaio [Immagine 3.17] con un diametro pari a più della metà della luce dell'arco parabolico è sovradimensionato rispetto alle dimensioni della facciata. È costituito da quattro cilindri concentrici di altezza variabile, privi di base e inclinati verso il basso. Questa struttura tanto insolita quanto complessa è sostenuta da un telaio in profilati d'acciaio saldati dopo il montaggio ai quali si agganciano elementi tubolari il cui rivestimento in lamiera costituisce i cilindri. Il rosone

principio dell'autore "rendere più con meno".

16 Traduzione letterale di Sensenwerk

così formato è quindi un vero e proprio elemento della costruzione e non solo decorativo della facciata. È indipendente strutturalmente, poggia su plinti in calcestruzzo armato e si aggancia in sommità alla volta. Come un rosone tradizionale, quello della chiesa di St. Hedwig è una grande vetrata che realizza un forte contrasto con la regolarissima disposizione delle altre finestre della facciata. Tutt'attorno al rosone una griglia rettangolare allungata verso l'alto costituisce il telaio fisso delle finestre dal carattere industriale che predomina l'aspetto della facciata principale, mentre, all'interno dei cilindri, una raffinatissima disposizione spiraliforme di cristalli colorati che tendono maggiormente verso le tonalità del blu, permettono alla luce di dare un carattere quasi etereo all'ambiente che si attraversa dirigendosi verso l'altare. Il fedele è immerso in uno spazio suggestivo, completamente inaspettato. Lo sguardo è catturato dalla zona presbiteriale, dal capolavoro di arte vetraia messa in scena da Hermann Goepfert. La volta a lamelle fu lasciata volutamente a vista da Günther e Polónyi i quali attribuirono un alto valore simbolico alle due pareti di chiusura di questo grande spazio voltato. Se nella facciata principale è il rosone che domina la scena, in quella posteriore l'attenzione si focalizza sulla vetrata che sormonta il muro di fondo. In realtà non si tratta di un vero e proprio muro, ma di una serie di elementi verticali, un'alternanza di pieni e vuoti. L'elemento centrale è più ampio, copre dalla luce l'intero spazio dedicato all'altare e termina a "V". Cristalli di forma e dimensioni sempre diverse coprono l'intera superficie lasciata libera dal muro: fasci di luce gialli e bianchi sembrano provenire dal suolo e unirsi alla fiamma, rossa vibrante, posta al centro. La soluzione è talmente riuscita da far sembrare quella precedente, preventivata nel febbraio del 1963 di un muro dal profilo paraboloidico tagliato in sommità, banale [Immagine 3.04]. Quando l'occhio si abitua all'oscurità si riescono finalmente a cogliere altri dettagli dell'interno dell'edificio. La vetrata inondata di luce infuocata illumina di rosso le ultime

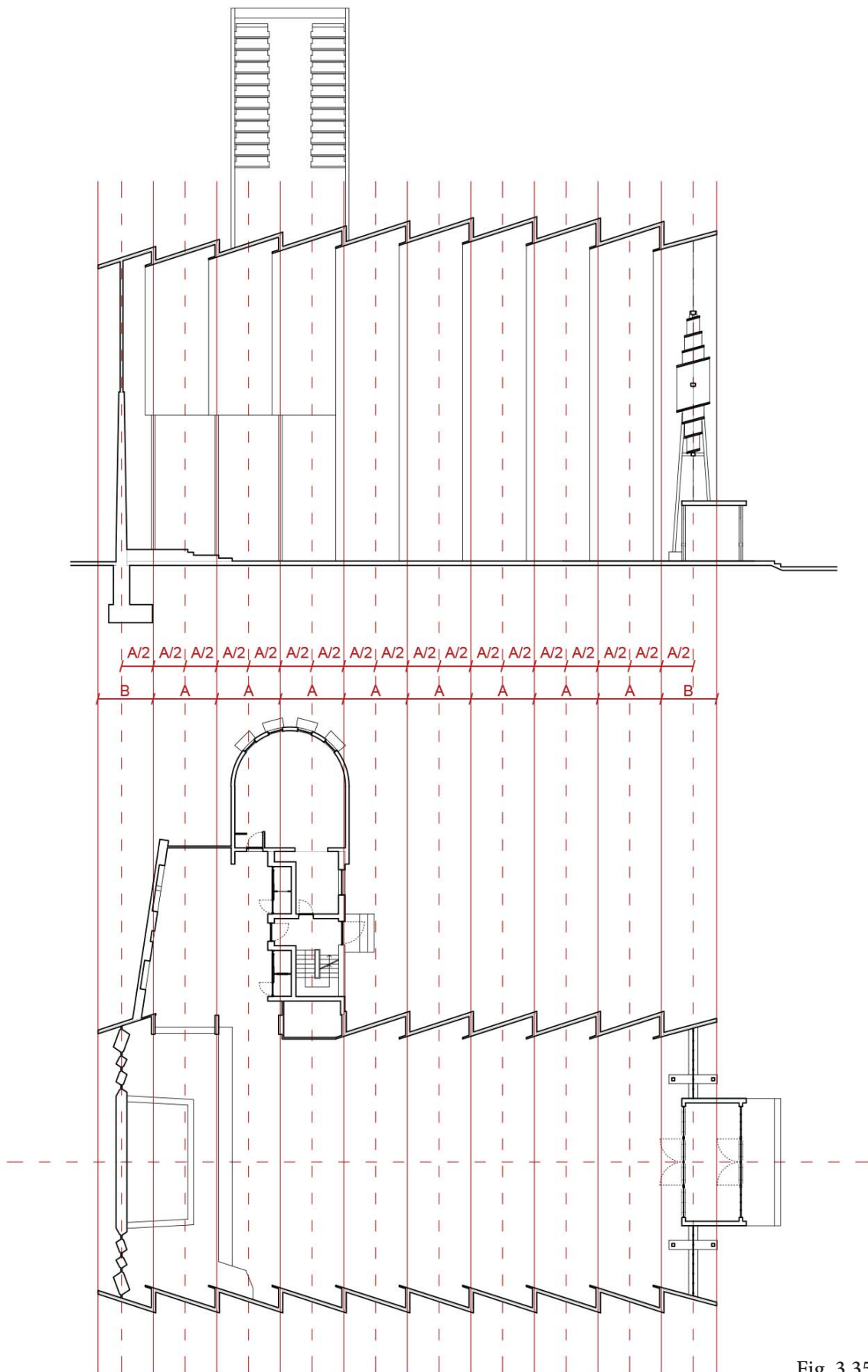


Fig. 3.35

arcate della volta paraboloidica a lamelle, mostrandone la natura differente rispetto alle altre. Tagliate a un'altezza di circa 9 m sul lato occidentale, due permettono l'accesso al corpo annesso all'aula liturgica, l'altra contiene l'organo. Questo volume, di due piani fuori terra e un interrato, possiede un accesso indipendente ed ha una conformazione in pianta a trapezio rettangolo. Le due basi del trapezio aderiscono rispettivamente ai lati dell'aula liturgica e della torre, quello inclinato è cieco ed è posto sul retro del complesso religioso mentre tutte le altre pareti libere sono completamente vetrate. Al suo interno trova collocazione il fonte battesimale, la cappella per battesimi e confessione, due confessionali, l'accesso alla torre, la sala per i ministranti e la scala che collega al vano tecnico inferiore e alla cantoria superiore. Dei tre archi parabolici "tagliati" i due più prossimi all'altare sono gli unici percorribili, e danno accesso a una zona che, più che come cappella, è utilizzata come vera e propria estensione dell'aula liturgica aumentando di circa 30 posti a sedere i circa 550 della navata principale. Il terzo arco è chiuso da pannelli di legno alla quota di calpestio della chiesa e accoglie al piano superiore un organo con canne disposte su due ordini. Un parapetto opaco chiude la zona della cantoria. Dalla cappella per battesimi e confessione e dalla cantoria sono accessibili i due livelli più bassi della torre che rispettivamente sono utilizzati come sacrestia e all'accoglienza di piccoli gruppi di ragazzi. In pianta la torre occupa un sedime rettangolare con una semicirconferenza sul lato volto a ovest. Osservando la torre dall'esterno dal lato occidentale le uniche aperture visibili sono poste per illuminare i due ambienti su citati dando un aspetto massivo all'elemento verticale. La torre campanaria svetta sull'aula liturgica solo per un terzo della sua altezza risultando un elemento piuttosto tozzo e dal carattere industriale. Gli ambienti superiori sono accessibili mediante una scala retraibile posta nel soffitto della sala per i ragazzi e contengono superiormente la zona dedicata alle campane. Quest'ultima, posta sotto il

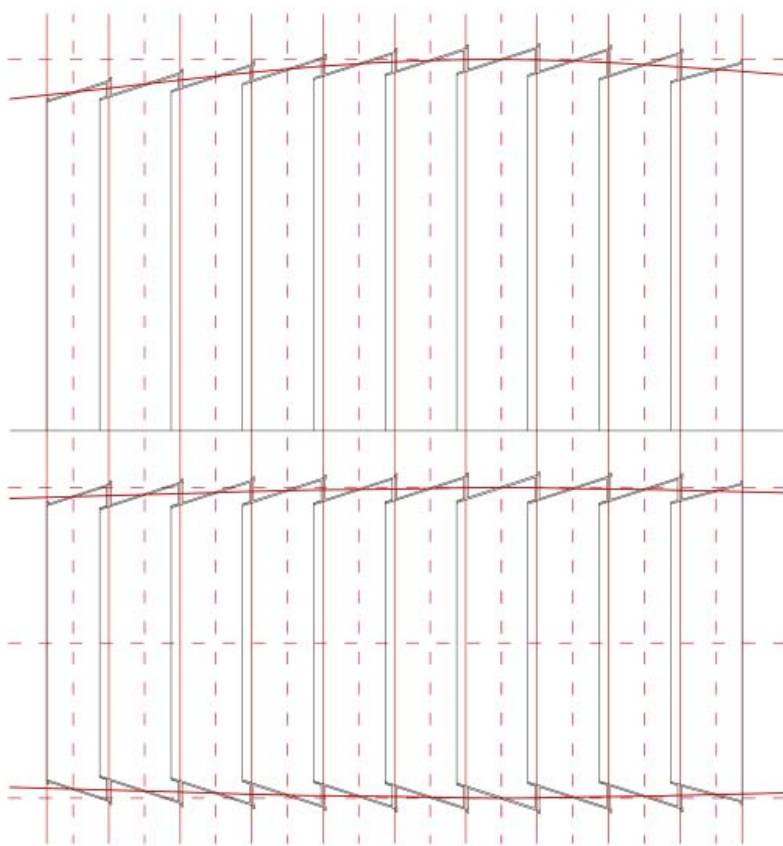


Fig.3.35
Claudia D'Amore;
individuazione dei moduli
che strutturano la chiesa
di St. Hedwig. I moduli
corrispondono alla
larghezza delle lamelle
a sezione parabolica che
formano la struttura
dell'aula liturgica.

Fig.3.36
Claudia D'Amore;
ipografia e sezione
semplificata della
chiesa che evidenzia
unicamente la struttura
della volta a lamelle
sottolineandone
l'andamento non
uniforme e la curva
descritta che la loro
sommatoria descrive.

Fig.3.37
Claudia D'Amore;
scomposizione della
chiesa di St. Hedwig nei
per elementi strutturali.

Fig. 3.36

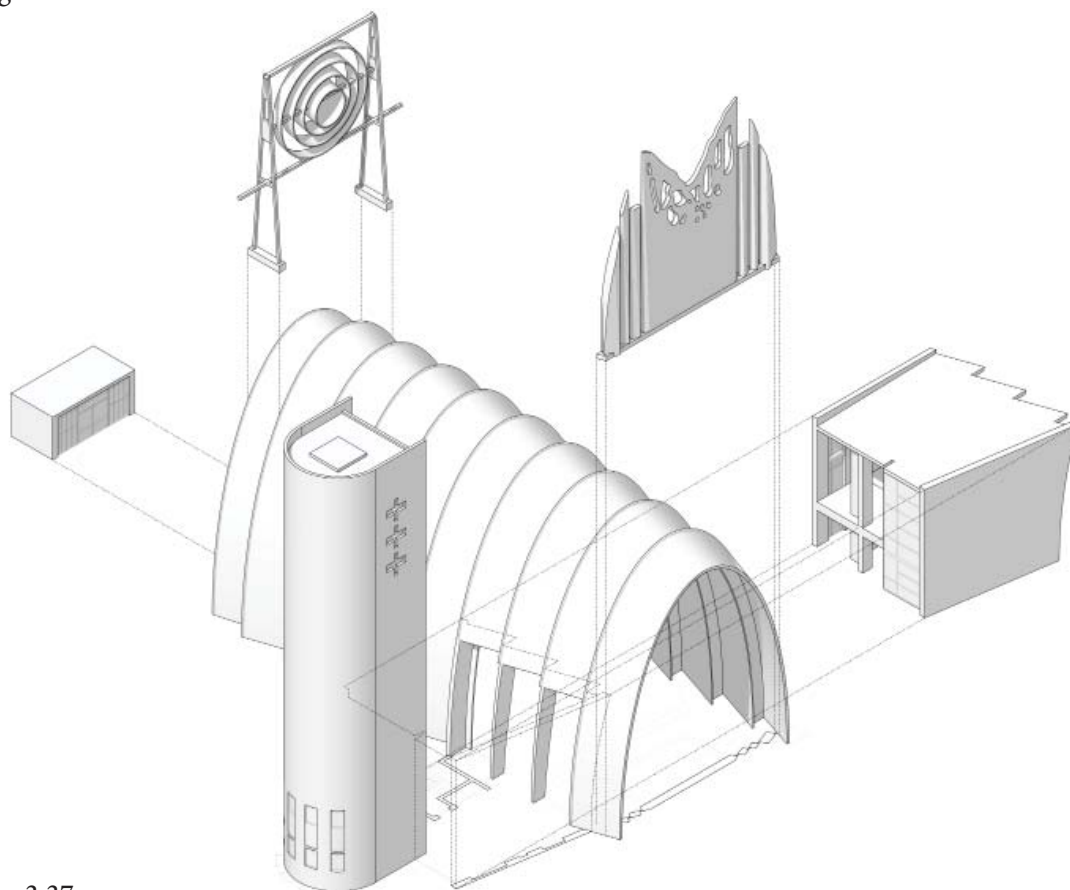


Fig. 3.37

tetto piano della torre, presenta aperture strette e allungate con brise soleil volte in direzione della chiesa e tre aperture a forma di croce greca sulle pareti in calcestruzzo a nord e sud.

Il complesso religioso è quindi caratterizzato da una sommatoria di elementi di forma e altezza differenti quasi completamente introversi e con alcune porzioni completamente permeabili. Dominante è il verde della copertura in rame della volta paraboloidica cui fa da contraltare la torre in beton brut e il corpo trapezoidale intonacato. La giustapposizione di questi elementi ha dato luogo a una composizione armonica e non stridente in cui la forma visibile dall'esterno corrisponde esattamente allo sviluppo della struttura.

3.4.2. L'esecuzione non sempre segue la progettazione strutturale

La costruzione della chiesa di St. Hedwig iniziò nell'agosto del 1963. Il progetto inizialmente prevedeva la realizzazione di una volta continua con sezione ad arco parabolico. La progettazione strutturale che ha seguito le fasi preliminari d'ideazione ha permesso di scegliere una volta a lamelle disposte in sequenza a costituire la navata della chiesa [Cfr. Immagine 3.03 e 3.05].

“La superficie del guscio era stata scelta come superficie di controllo. È stata definita da generatrici che giacciono nel piano normale della traiettoria a parabola e che con il piano della traiettoria formano un angolo costante”¹⁷ [Immagine 3.11]. La superficie così generata costituisce la singola lamella, che, presa singolarmente, può essere considerata come un guscio strombato. Come si evince dalla fig.3.05 le lamelle che chiudono l'aula liturgica hanno una larghezza inferiore rispetto alle altre, passando da 3,5 m a 3,05 m. L'altezza e la larghezza delle lamelle sono variabili, la massima si registra sulla quarta lamella a partire dall'ingresso ed è pari a 18,25 m per 15,25 m nell'interasse. La variazione descrive una curva, più visibile in sezione che in pianta ma comunque non percepibile dall'interno

17 Polónyi, Stefan. „Schalen und Faltwerke.“ *Bauwelt* 58, 1967, Fascicolo 36: 908-913

all'osservatore che attraversa la struttura a vista. Lo schema semplificato dell'aula liturgica in fig.3.36 mostra l'andamento non regolare delle lamelle, ottenuto dal riutilizzo della stessa cassaforma, che ha permesso di ridurre i costi di realizzazione.

L'attenta progettazione strutturale eseguita da Polónyi prevedeva la realizzazione di elementi prefabbricati a mezzo arco, da realizzare in situ. La struttura prefabbricata sarebbe stata montata con l'ausilio di un'impalcatura mobile posta sull'asse della chiesa che avrebbe dovuto sorreggere gli elementi a mezzo arco sollevati con una gru e messi in posizione con dei cavi. Uno schema di montaggio della struttura fu pubblicato nel 1967 sulla rivista *Bauwelt* [Immagine 3.11] ove il rammarico di non aver potuto eseguire il progetto al massimo delle sue potenzialità Polónyi lo esprime così: *"Alla fine, l'impresa edile decise di costruire in loco e usare solo una frazione dei vantaggi del progetto originale"*¹⁸.

La costruzione avvenne per fasi, ben documentate dalle foto di cantiere raccolte nell'archivio dell'ingegnere ungherese [Cfr. Immagini da 3.25 a 3.40]. La torre fu costruita per prima, seguì il nucleo trapezoidale e infine l'aula liturgica. Il guscio che costituisce quest'ultima fu realizzato lamella per lamella, partendo da quella volta a sud. La singola lamella è costituita da un arco a sezione trasversale paraboloidica che termina con nervature di bordo, una progettata come vera e propria trave mentre l'altra come rivestimento al fine di collegarsi con la trave di bordo della lamella adiacente e definire un unico guscio. La geometria della cassaforma doveva consentire la realizzazione di elementi con altezza variabile di betonaggio, a tal fine restava costante nell'elemento ad arco e variava laddove avrebbe dovuto accogliere la base della lamella successiva [Cfr. Immagine 3.12]. Mentre procedeva la realizzazione delle lamelle, si è provveduto alla realizzazione del muro di

18 Polónyi, Stefan. „Schalen und Faltwerke.“ *Bauwelt* 58, 1967, Fascicolo 36: 908-913

fondo, e del grande rosone di acciaio, posto in situ prima del betonaggio dell'ultima lamella a nord [Cfr. Immagine 3.35 e 3.36]. La costruzione si completò nell'ottobre del 1965.

3.4.3. La funzione statica delle lamelle¹⁹

Come affermato in precedenza, ogni elemento di cui è costituita la chiesa ha indipendenza strutturale. La copertura dell'aula, il muro di chiusura sul lato sud, la struttura di acciaio del rosone, il portico d'accesso, il corpo trapezoidale e la torre possiedono ognuno fondazioni indipendenti e una propria logica strutturale.

La struttura della chiesa è scomponibile in elementi più piccoli, le lamelle, ognuna delle quali è costituita da tre elementi distinti: il guscio vero e proprio costituito da un **arco** in calcestruzzo armato **strombato**, una **nervatura** che collega ogni guscio al successivo e una **modanatura**.

Il guscio ha una forma ad arco paraboloidico e, come tale, segue la statica delle strutture ad arco, ovvero quelle strutture la cui espressione resistente è data da una linea curva, che sopportano i carichi esterni attraverso la forma geometrica che è stata loro attribuita. Gli archi lavorano prevalentemente a compressione, e la strombatura attribuita agli archi parabolici ha la funzione strutturale di ridurre le sollecitazioni di flessione, sia alla base sia in chiave.

La distribuzione delle tensioni di trazione e compressione in ogni singolo arco è regolare da un guscio all'altro e le parti più sollecitate si trovano alla base della struttura nei punti d'intersezione fra gusci, nervature e modanature di rinforzo. L'aumento della concentrazione delle tensioni in questi punti

¹⁹ Le considerazioni sul comportamento strutturale della chiesa derivano dalle analisi eseguite sul modello meccanico durante lo svolgimento del Corso di Meccanica delle Strutture e Metodo Computazionali nel Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e Chimica (DICATECh) del Politecnico di Bari tenutosi nell'A.A. 2016-2017 dal Prof. Ing. M. Piccioni, dal Prof. Ing. A. Fraddosio e dal Prof. Ing. N. Pecere, coadiuvati dall'Ing. N. Lepore. (Cfr. Appendici)

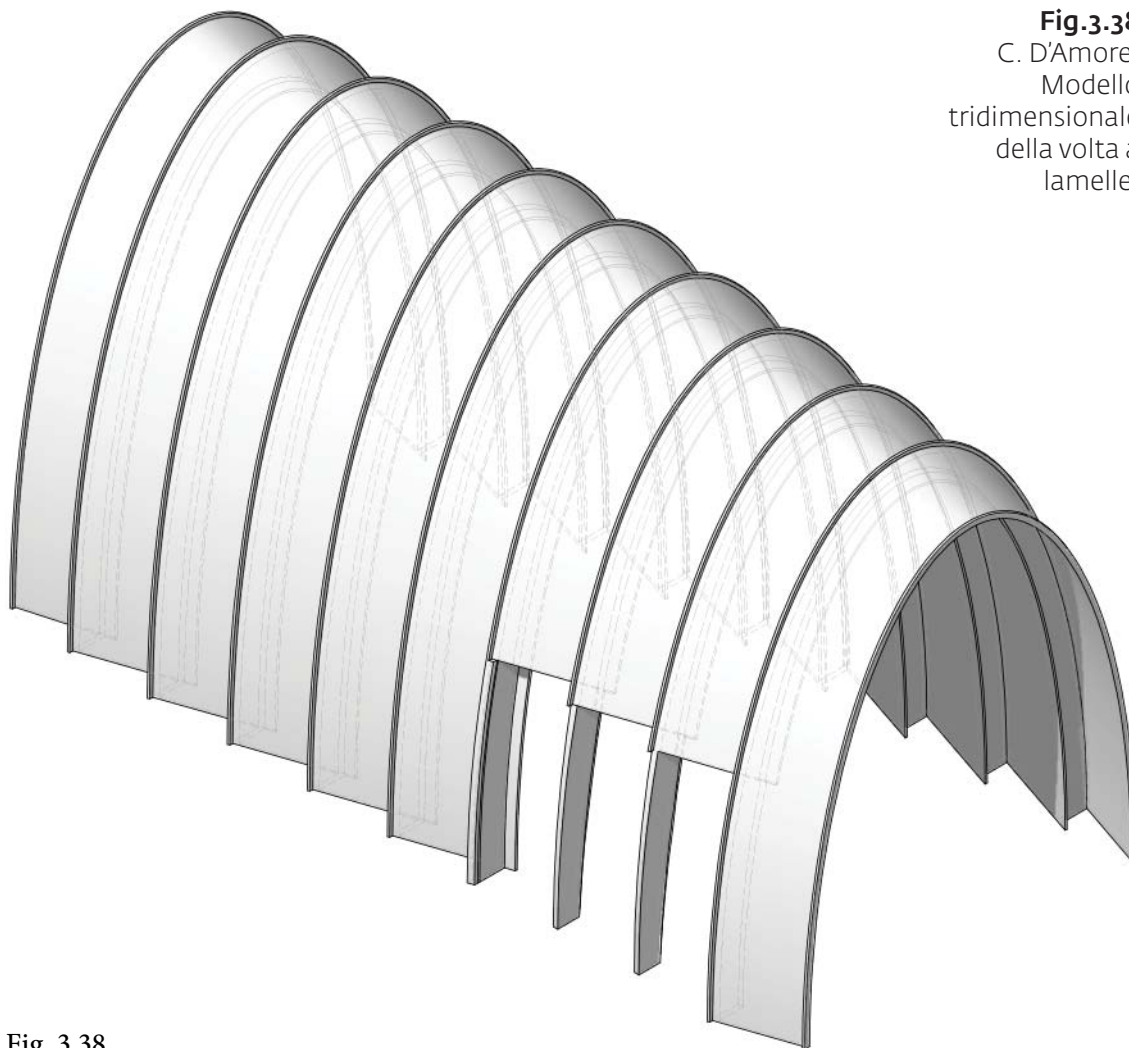


Fig.3.38
C. D'Amore,
Modello
tridimensionale
della volta a
lamelle.

Fig. 3.38

era stato sicuramente intuito dall'ingegnere strutturale il quale ha previsto un infittimento delle armature in corrispondenza della giunzione fra i tre elementi in cui è stata idealmente divisa la struttura della chiesa (Immagine 3.13). L'altra zona maggiormente sollecitata si trova, in corrispondenza dei tagli dei tre gusci prospicienti il presbiterio. In entrambe le situazioni più critiche i valori delle tensioni rilevati rispettano la resistenza a compressione del materiale.

Volgendo lo sguardo agli altri elementi strutturali che definiscono l'aula liturgica, è possibile affermare che i **setti autoportanti** che costituiscono il muro posteriore della chiesa si comportano come elementi compressi. Nonostante il muro sia collegato da profilati metallici alla copertura

dell'aula liturgica esso non ha alcuna funzione strutturale se non legata alla propria stabilità. La **struttura metallica del rosone** ha invece una funzione stabilizzante per la prima delle lamelle che costituiscono il guscio che non gode della presenza della nervatura e che senza la sua presenza tenderebbe a spanciarsi. Contribuisce allo scarico dei carichi gravitazionali del guscio, a sostenere il peso e limitare le deformazioni delle vetrate nella facciata anteriore.

La grammatica costruttiva di quest'opera non è solo il suo segno riconoscibile, la sommatoria delle lamelle interviene sulla rigidità flessionale ove sono collocate le aperture, ma non solo. Le nervature contribuiscono a ridurre la risposta deformativa e gli spostamenti lungo la linea d'asse.

Il guscio a lamelle ad arco parabolico realizzato da Polónyi è sottoposto essenzialmente da uno stato tensionale di compressione così come ci si aspetterebbe osservandone la forma data alla struttura. La sua ampia cultura materiale e l'intima conoscenza del comportamento dei gusci in calcestruzzo armato hanno permesso all'ingegnere strutturale di realizzare una mirabile copertura che, con l'introduzione delle lamelle, è sia perfettamente aderente al comportamento ad arco che ottimizzata per ridurre gli spostamenti verticali della struttura stessa.

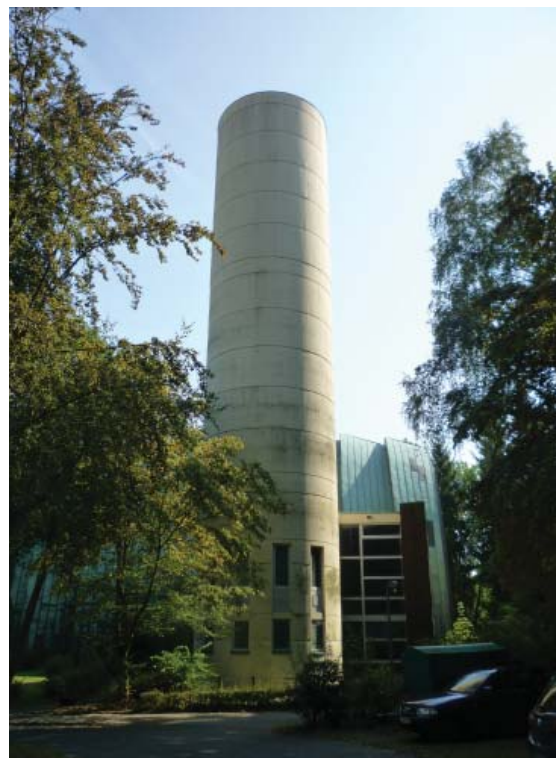
3.4.4. Quando il "moderno" può essere considerato patrimonio?

Nel 2006 tutte le sovvenzioni per la chiesa di St. Hedwig furono annullate. Rimase solo una sovvenzione per i costi di gestione delle aree per la comunità presenti nella torre. Fu fondata un'associazione di sostegno che però ha potuto fornire solo un numero limitato di fondi, mentre un comitato di costruzione ha considerato diverse possibilità di azione senza render concreta nessuna delle previsioni future. Si susseguirono una serie di consultazioni e furono messi in atto numerosi negoziati tuttavia nel 2011 la diocesi di

Limburg ha preferito la chiusura e la demolizione della chiesa, ipotizzando la realizzazione di un edificio che potesse accogliere persone disabili. L'anno più tardi l'Amministrazione statale dei Beni Culturali ha annunciato l'intenzione di rendere la chiesa un edificio storico e la demolizione è stata evitata²⁰.

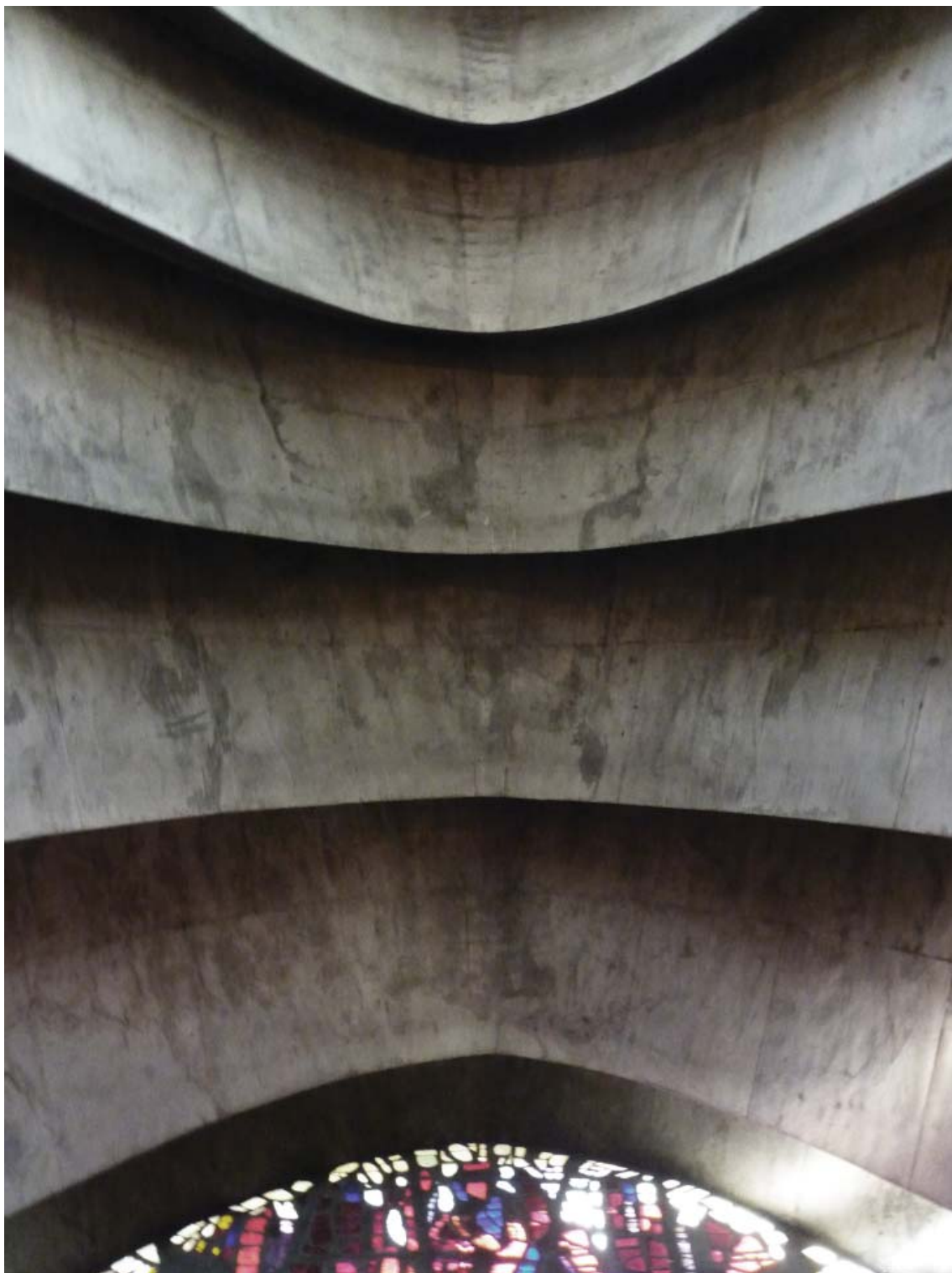
Le architetture moderne fanno parte del passato più prossimo a noi, ma non per questo non dovremmo raccogliere la loro eredità. Rappresentano un passato all'avanguardia dal punto di vista architettonico, dal punto di vista della concezione strutturale, dal punto di vista dell'organizzazione funzionale dell'edificio sacro che andrebbe preservato.

20 St. Hedwig bleibt stehen; in: Taunuszeitung vom 28. Januar 2012, S. 21









Le Figure dalla 3.39 alla 3.46 rappresentano l'esito della campagna di rilievo fotografico svoltasi presso la chiesa di St. Hedwig a Oberursel. Le fotografie sono state scelte per offrire al lettore una visione dal generale al particolare dell'edificio religioso ponendo maggiore attenzione alla spazialità interna attribuita dalla struttura a lamelle del guscio e alle aperture poste in prossimità dell'altare. Ulteriore elemento significativo che si vuole sottolineare è rappresentato dalla luce naturale che permeando dalle due facciate poste a nord e sud caratterizza fortemente lo spazio interno della chiesa.

Autrice delle fotografie: Claudia D'Amore

3.5. Caso studio: St. Suitbert, Essen-Überruhr, 1964-65

3.5.1. Lo spazio unitario

La collaborazione con Josef Lehmbruck non si è esaurita con la realizzazione della chiesa di St. Maria Himmelfahrt e arricchisce il patrimonio delle forme strutturali con la realizzazione a Essen-Überruhr di un altro edificio sacro.

Il paraboloide iperbolico che copre l'aula unica della chiesa è valso a Polónyi per l'accesso all'insegnamento presso l'Università Tecnica di Berlino ed è uno dei progetti inseguiti fermamente dall'ingegnere. Lehmbruck a tal proposito afferma: *"Sono molto contento di aver collaborato con Stefan Polónyi, fuggito in Germania durante la rivolta ungherese. Mi ha scoperto col suo buon naso e mi ha afferrato per costruire finalmente le sue strutture a guscio. Continuava a tormentarmi - "Costruiamo" - fino a quando abbiamo cominciato a costruire chiese a guscio. È andata abbastanza bene, come si dovrebbe procedere: elementi storici di base in forme nuove! Ma il piano terra segue tutte quelle storie sulla liturgia"*²¹. Nella stessa intervista affermerà che *"Il Concilio è arrivato troppo tardi per me"*.

Descrivere la geometria della planimetria della chiesa di St. Suitbert non è semplice. Si genera dalla proiezione al suolo del guscio che lo ricopre e che ne definisce la spazialità interna sul controasse.

Il progetto, più ambizioso di quello realizzato, prevedeva una torre in posizione nord-ovest al posto del pronao d'accesso attualmente presente [Immagine 4.03]. La torre campanaria avrebbe celato l'accesso in asse all'aula liturgica realizzando un portico tutto esterno alla chiesa con due accessi laterali [Immagine 4.05]. L'alta torre avrebbe avuto il solo scopo di contenere le campane, non sviluppando con la sua insolita planimetria [Immagine 4.01] costituita da tre alti elementi piegati, uno spazio abitabile al suo interno.

²¹ Josef Lehmbruck in una intervista, Schwarz auf Weiss. Informationen und Berichte aus der Künstler-Union-Köln, 1, 2000, pp. 6-34, p.19. Cfr. Gerhardt, Rolf. «Tragende Linien – Tragende Flächen. Konstruktionsprinzipien im Werk von Stefan Polónyi.» *Archplus* 206-207 (s.d.): 2-3.

La mancata realizzazione della torre è dovuta all'inadeguata presenza di fondi per la costruzione. Si decise quindi di non realizzare la torre e di interrompere il muro corrugato a nord-ovest in tre punti per gli accessi, introducendone così due laterali non previsti inizialmente [Cfr. Immagine 4.08 e 4.09].

Il pronao è frutto di un restauro recente, non gradito all'ingegnere tedesco²² poiché interrompe quello spazio unitario ricercato nel progetto di Lehmbrock. La sua presenza non solo si sviluppa verso l'esterno dell'edificio sacro, ma prosegue all'interno. Lastre di vetro punzonate da linguette d'acciaio chiudono la zona d'accesso ostruendone parzialmente la vista. Si crea una vera e propria parete semicircolare che interrompe la bellezza dell'architettura realizzando una zona filtro completamente estranea all'edificio nella quale è inserita. Si crea con questo espediente una zona sopraelevata per l'organo, che, ancora per mancanza di fondi, non è stato realizzato.

La bellezza formale dell'architettura è espressa dai muri in calcestruzzo armato che recingono lo spazio lasciato libero dalla struttura della copertura. Sono costituiti da pareti autoportanti che ripropongono un elemento dalla sezione a "V", inclinato in alzato, che si ripete serialmente seguendo il profilo del paraboloide. Questo elemento appare in planimetria con dimensioni decrescenti dal centro verso il muro di sostegno della copertura. Gli elementi a piastra piegata sono posti con un'inclinazione verso l'interno dell'aula: in tal modo la parte che risulta più luminosa dell'aula è quella posta della zona presbiteriale.

L'intervento di restauro ha modificato anche la matericità conferita all'edificio dai progettisti. Intonaco e colore sono stati aggiunti sulle pareti corrugate. Confrontando le foto storiche [Immagine 4.20 e 4.21] con quelle realizzate da me durante la campagna di rilievo fotografico [fig. da 3.54 a 3.59], è possibile

22 Testimonianza raccolta personalmente dall'autrice dal parroco della chiesa che ha ricevuto la visita di Stefan Polónyi dopo il completamento dei restauri.

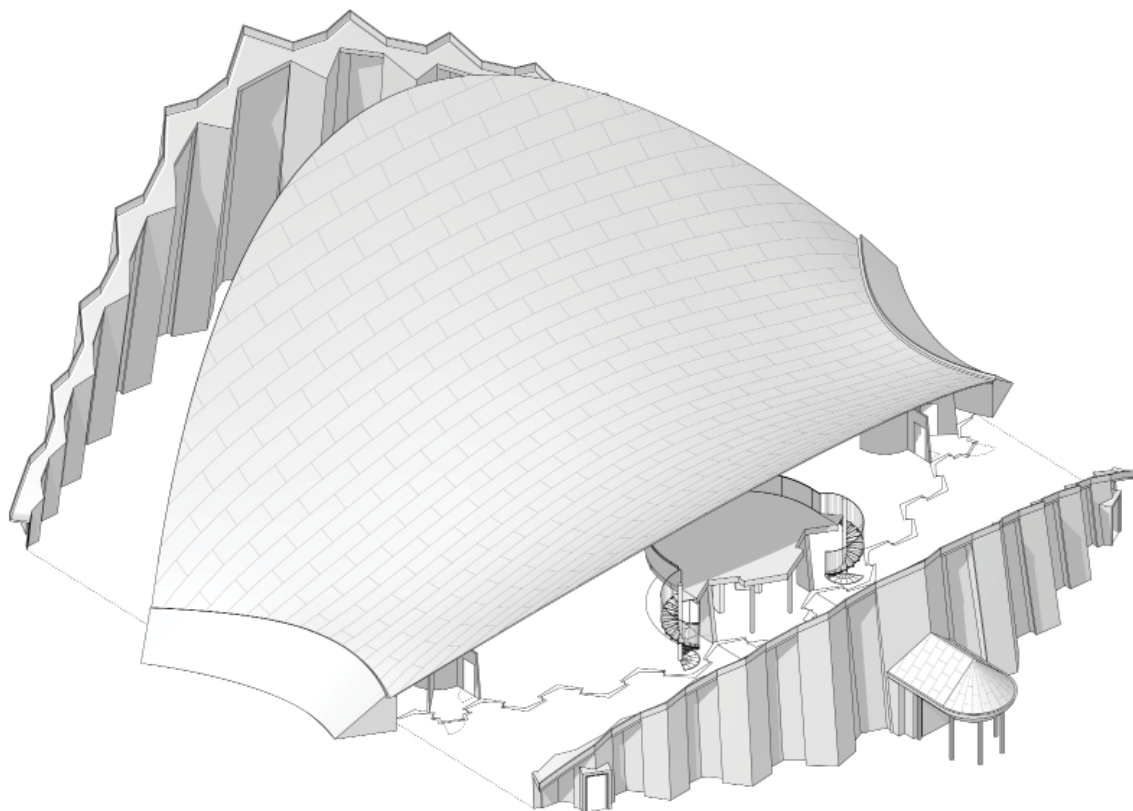


Fig. S1

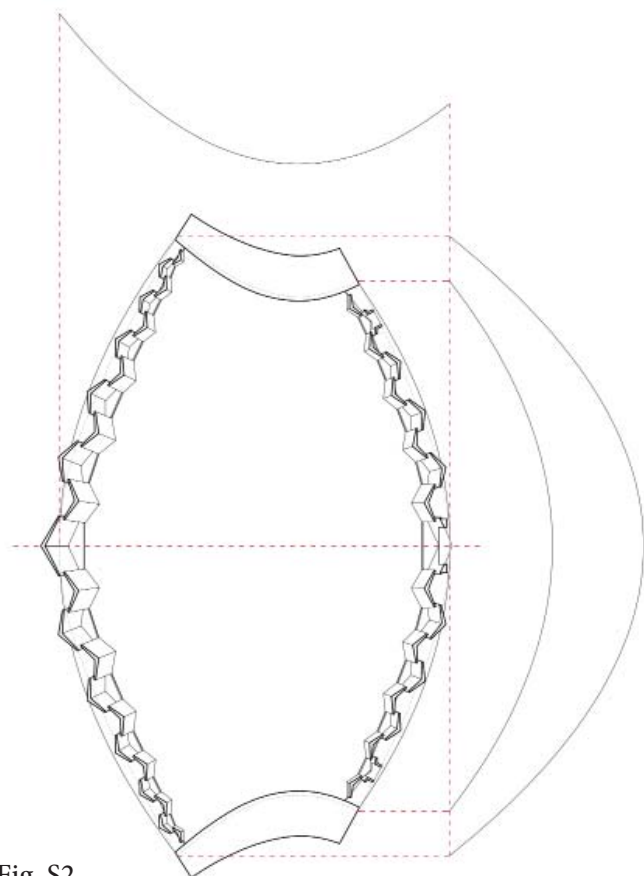


Fig. S2

Fig.3.47
Claudia D'Amore; scomposizione
della chiesa di St. Suitbert nei per
elementi strutturali:
guscio, muri di sostegno
e piastre piegate

Fig.3.48
Claudia D'Amore; Geometria
della copertura della chiesa a
paraboloide iperbolico

osservare che i toni dei gialli utilizzati sulle pareti hanno reso l'interno più luminoso, di conseguenza però l'intenso ruolo giocato dalla parete corrugata nella captazione della luce naturale si è ridotto notevolmente.

Lo sviluppo dello spazio lungo il controasse stabilisce l'altare come punto focale e la disposizione dei fedeli a semicerchio.

3.5.2. Recingere con una 'tenda' in calcestruzzo armato

L'idea messa in forma che affascina della struttura è la realizzazione di una 'tenda' in calcestruzzo armato, un diaframma, che recinge lo spazio ma che non sostiene la copertura.

In pianta la struttura si mostra simmetrica rispetto all'asse di percorrenza principale. La parte portante è situata ai punti estremi del controasse, lontano dall'altare che costituisce il fulcro visivo dell'intero spazio. Il guscio si appoggia su due muri connessi tra di loro al livello delle fondazioni mediante dei cordoli in precompresso. Il supporto su due fondazioni è favorevole nelle zone di subsidenza, perché il cedimento di una fondazione non sia causa di tensioni nel guscio.

La struttura della chiesa può essere, quindi, scomposta in tre elementi distinti: il **guscio** poggia su due elementi laterali molto tozzi, due **muri di sostegno**, fra i quali s'interpongono **pareti in piastre piegate**.

L'alto valore attribuito ai confessionali da Lehmbrock è reso evidente dalla loro posizione nella composizione generale dell'edificio²³. Essi sono ricavati all'interno dello spessore del muro [Immagine 4.15]. Oggi anche questa particolarità della struttura non è più evidente. Un rivestimento ha appianato i muri di bordo celandone le nicchie e i confessionali sono stati collocati entro strutture aggiunte, circolari, non integrate col design dell'edificio.

23 Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

Il guscio in calcestruzzo armato ha uno spessore di 5 cm ed è costituito da una conformazione a paraboloidi iperbolici, una superficie a sella ottenuta dalla traslazione di una parabola convessa su una parabola concava. Le sezioni orizzontali di tale guscio sono iperboli. Esso può avere bordi curvilinei (come nel caso affrontato) o bordi rettilinei. Una proprietà fondamentale del paraboloidi iperbolici risiede nel fatto che, sezionando la superficie secondo opportune direzioni, si ottengono delle rette, nonostante esso sia una superficie a doppia curvatura; per questo il paraboloidi iperbolico può essere visto anche come una superficie rigata ottenuta facendo scorrere gli estremi di un segmento rettilineo a lunghezza variabile (generatrice) su due rette sghembe che costituiscono le direttrici.

Il guscio è stato cementato col procedimento Torkret in cui è fondamentale che il getto del calcestruzzo debba avvenire continuamente partendo dal basso. Tuttavia, a causa dei forti venti provenienti da direzioni sfavorevoli per il getto, è stato necessario cambiare la direzione del getto, invertendolo, con gravi conseguenze. Infatti, proprio nei punti di discontinuità in cui il calcestruzzo spruzzato dall'alto si congiungeva a quello inferiore, si crearono delle fratture: spruzzando dall'alto, la caduta di alcune gocce di cemento creò depositi nei giunti di costruzione e determinò un errato posizionamento dell'armatura. Quando si è debullonato il ponteggio, è stato necessario eseguire nuovamente il getto in una zona che si era aperta. Un esame a ultrasuoni del guscio ha rivelato altre aree critiche, che sono state migliorate. Un test di carico, effettuato con sacchi di patate [Immagini da 4.36 a 4.39], ha mostrato un risultato positivo. Al bordo libero, il guscio risultò particolarmente vulnerabile allo stress: qui si concentravano i più grandi sforzi di compressione nella direzione dell'arco, mentre le forze di trazione erano ancora piccole e quindi non davano un effetto stabilizzante. Per risolvere il problema, furono installati negli archi sopra le pareti piegate dei bulloni a

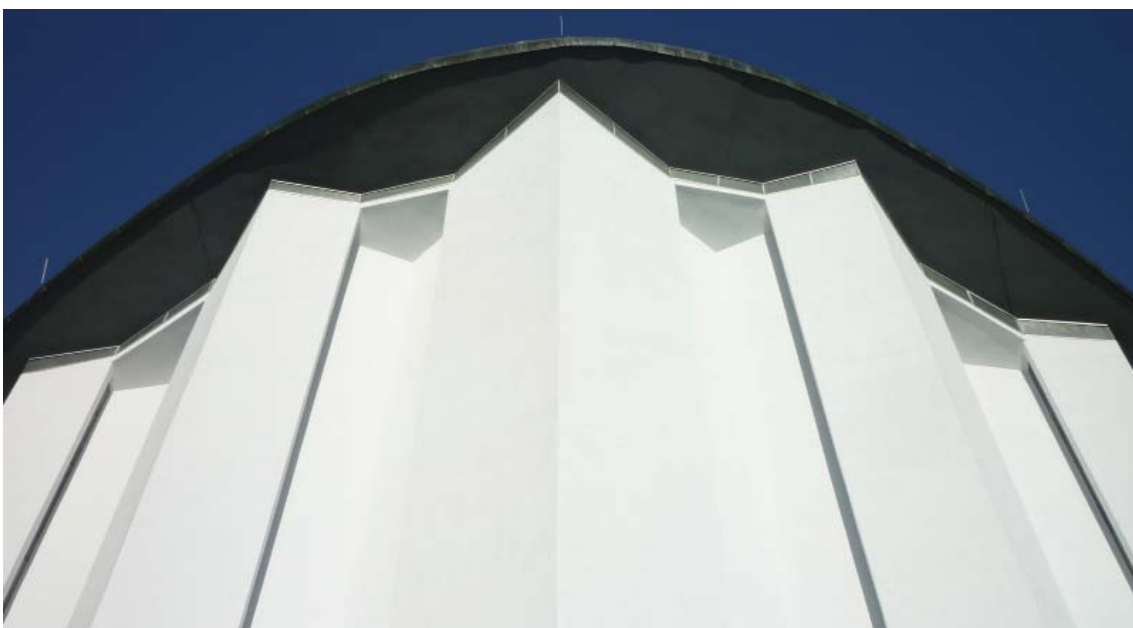
vite, che passavano attraverso la struttura interna del guscio. Sopra e sotto il guscio ci sono lastre di acciaio con cuscinetti in neoprene, che possono essere regolati con i dadi. Con l'ausilio di questo dispositivo, il guscio deve essere nuovamente premuto nella posizione di progetto nel caso d'instabilità.

Il bordo libero rappresenta anche una zona a rischio²⁴ per il rigonfiamento: a ciò si deve la presenza di aste filettate, perpendicolari nella metà inferiore del guscio e curve nelle pareti piegate. Inoltre, in seguito alla rimozione dell'impalcatura il bordo superiore destro non seguiva la curva pianificata per 5 metri, ma si mostrava più piatto. Si rese necessario l'utilizzo di un dispositivo di regolazione: grazie a delle viti il guscio fu spinto nella posizione pianificata, in cui si stabilizzò immediatamente. La causa del rigonfiamento era un assestamento locale dell'armatura, che aveva fatto incurvare il raggio osculatore della superficie (la resistenza al rigonfiamento è linearmente dipendente dalla curva gaussiana). Il guscio ha ricevuto l'isolamento termico e la copertura di rame, mentre i pilastri non sono rivestiti.

Il progetto di St. Suitbert è caratterizzato dal rigore formale estremo. Esprime con forza la natura materiale e geometrica dello spazio con la copertura unitaria a paraboloidi iperbolici. Interventi su strutture siffatte devono sempre tener presente la natura dello spazio sul quale s'interviene. In questo caso il restauro ha solo denaturato la costruzione della sua stessa essenza.

24 Sono state eseguite, come nei precedenti casi studio, analisi sul modello meccanico durante lo svolgimento del Corso di Meccanica delle Strutture e Metodo Computazionali nel Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e Chimica (DICATECh) del Politecnico di Bari tenutosi nell'A.A. 2016-2017 dal Prof. Ing. M. Piccioni, dal Prof. Ing. A. Fraddosio e dal Prof. Ing. N. Pecere, coadiuvati dall'Ing. N. Lepore. (Cfr. Appendici). Il caso in esame corrisponde allo schema teorico del paraboloidi a sella, nel quale si è evidenziato unicamente che la zona di maggior rischio è proprio quella di bordo, in particolare di quello posto a sud-est, più ampio dell'altro.









Le Figure dalla 3.49 alla 3.59 rappresentano l'esito della campagna di rilievo fotografico svoltasi presso la chiesa di St. Suibert, Essen-Überruhr. Le fotografie sono state scelte per offrire al lettore una visione dal generale al particolare dell'edificio religioso ponendo maggiore attenzione alla spazialità interna attribuita dalla struttura del guscio a doppia curvatura contrapposta. Le fotografie intendono sottolineare l'interruzione della spazialità interna data dall'aggiunta della struttura su colonne che sorregge la zona adibita al coro. Altro elemento difforme rispetto al progetto originario è l'avancorpo d'accesso che caratterizza fortemente la facciata principale della chiesa. Autrice delle fotografie: Claudia D'Amore



3.6. Bibliografia del capitolo

Engel, Heino. *Atlante delle strutture*. Utet, 2001.

Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln*. Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Gerhardt, Rolf. «Tragende Linien - Tragende flächen. Konstruktionsprinzipien im Werk von Stefan Polónyi.» *Archplus* 206-207 : 2-3.

Glitz, Franz. *St. Hedwig Oberursel, pubblicazione della chiesa cattolica di St. Hedwig in occasione della consacrazione avvenuta il 14 Maggio 1966*. Oberursel, 1966.

Jesberg, Paulgerd. «Qualität des Konstruktiven in der Architektur.» *Baukultur*, 1998, Fascicolo 3: 72-73.

Kestermann, Josef, et al. *St. Suibert Essen-Überruhr-Holthausen 1960-1990*. Der Pfarrgemeinderat, s.d.

Kleefisch-Jobst, Ursula, Peter Köddermann, Katrin Lichtenstein, e Wolfgang Sonne. *Stefan Polónyi: Tragende Linien - Tragende FLache. Bearing Lines - Bearing Surfaces*. Stuttgart: Axel Menges, 2012.

Kollhoff, Hans, et al. *Sulla tettonica nell'arte edificatoria*. Arnus University Book, 2012.

Lehmbrock, Josef. «Gesellschaft und Kirchenbau .» *Das Münster 7/8 - Zeitschrift für christliche Kunst und Kunstwissenschaft*, 1966: 177-185.

Moretti, Luigi. «Struttura come forma.» *Spazio 6* (1951): 21-30, 110.

Otto, Frei. «Laudatio für Stefan Polónyi.» *Baukultur*, 1998, Fascicolo 5: 56-58.

Pigafetta, Giorgio, e Antonella Mastroianni. *Il declino della firmitas. Fortuna e contraddizioni di una categoria vitruviana*. Firenze: Alinea, 1998.

Pizzetti, G., e A. M. Zorgno Trisciuglio. *Principi statiti e forme strutturali. Le strutture in architettura*, 1987.

Polónyi, Stefan. «Der Tragwerksingenieur und seine Wissenschaft.» *Die Bautechnik*, 59, H.9, 1982: 282-295.

Polónyi, Stefan. «Die Ausbildung der Bauwerksplaner - Architekten und Ingenieure der Zukunft.» *Baukultur*, 1990, H.4: 32-35.

Polónyi, Stefan. «Evangelische Kirche Neuss.» *Bauwelt* 52, 1961, H. 22: 629.

Polónyi, Stefan. «Flächentragwerke für Raumüberdachungen. Bericht über ein Symposium an der TU Berlin vom 6. bis 8.2.1968.» *Bauwelt* 59, 1968, H.11: 348.

Polónyi, Stefan. «Flächentragwerke im Kirchenbau.» *Das Münster 7/8 - Zeitschrift für christliche Kunst und Kunstwissenschaft*, 1966: 202-204.

Polónyi, Stefan. «Interpretare le strutture portanti, dell'architettura.» *Lotus International* 79, 1993: 79-87.

Polónyi, Stefan. "On Designing Structures." In *Cooperation. The Engineer and the Architect*, by Aita Flury, 161-168. Basel: Birkhäuser Verlag, 2012.

Polónyi, Stefan. „Schalen und Faltwerke.“ *Bauwelt* 58, 1967, Fascicolo 36: 908-913.

Polónyi, Stefan. «Von der Statik- und Festigkeitslehre zur Tragwerkslehre.» *db. Deutsche Bauzeitung* 133, 1999, Fascicolo 12: 96-98.

Polónyi, Stefan. «Wissenschaftsverständnis, Tragkonstruktion, Architektur.» *Daidalos*, H. 18, 1985: 33-45.

Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

Salvatori, Mario, e Robert Heller. *Le strutture in architettura*. Etas libri, 1987.

Schwarz, Rudolf. *Costruire la Chiesa. Il senso liturgico nell'architettura sacra*. Morcellina, 1947.

Strappa, Giuseppe. *Unità dell'organismo architettonico. Note sulla formazione e trasformazione dei caratteri degli edifici*. Edizioni Dedalo, 1995.

Tagliaventi, G. *Morfologia strutturale dell'architettura*. Gangemi editore, 1996.

Torroja, E. *La concezione strutturale. Logica ed intuito nella ideazione delle forme*. Milano: Città Studi Edizioni, 1995.

3.6.1 Sitografia del capitolo

<http://www.kath-oberursel.de/cms/index.php5?q=/kirchen/hedwig/>

http://www.kath-oberursel.de/cms/img/startseite/hedwig/Info_Projekt_Neubau.pdf

<http://www.stahlbau-richter.de/refer/hedwig.htm>

APPENDICI

Attachments

ANALISI DEL COMPORTAMENTO STRUTTURALE DEI CASI STUDIO

Introduzione

Le analisi sulle strutture delle chiese scelte come casi studio per questo lavoro di tesi sono state eseguite durante lo svolgimento del Corso di Meccanica delle Strutture e Metodo Computazionali nel Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e Chimica (DICATECh) del Politecnico di Bari tenutosi nell'A.A. 2016-2017 dal Prof. Ing. M. Piccioni, dal Prof. Ing. A. Fraddosio e dal Prof. Ing. N. Pecere, coadiuvati dall'Ing. N. Lepore.

Le operazioni svolte per l'analisi sono di seguito elencate.

Dal modello geometrico tridimensionale da me modellato per valutare la struttura dal punto di vista spaziale e compositivo si è realizzato un modello meccanico col programma Straus7 ad elementi finiti al fine di simulare il comportamento strutturale dell'edificio. Si è dapprima pulita la geometria ovvero corretto eventuali errori di conversione del modello CAD in FEA. Successivamente è stata svolta con Straus7 l'operazione di automeshing: il programma genera automaticamente elementi plate sul file tridimensionale dato con elementi quadrati o triangolari dalla geometria. Successivamente vengono assegnate le condizioni di vincolo al modello.

Per la validazione dei risultati ottenuti col programma Straus7 sul modello strutturale sono stati realizzati modelli più semplici coi quali poi confrontare i valori di tensione, modelli che fossero da riferimento per quelli delle strutture complesse ideate dall'ingegner Polónyi.

In Straus7 sono stati inseriti i vincoli, definite le proprietà degli elementi finiti ed infine è stata validata la mesh. Si è indagata la risposta strutturale della chiesa sottoposta all'azione di diverse tipologie di carico (azioni del peso

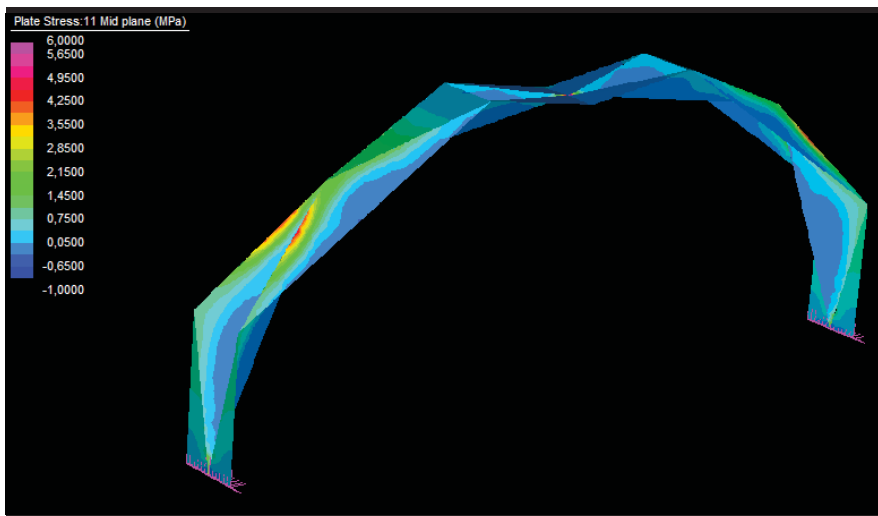


Fig.A.01
Casamassima,
Lasciarrea,
Nannavecchia,
Tritto; tensioni
dell'arco
corrugato
senza fori
sulle superfici
strutturali.

Fig. A.01

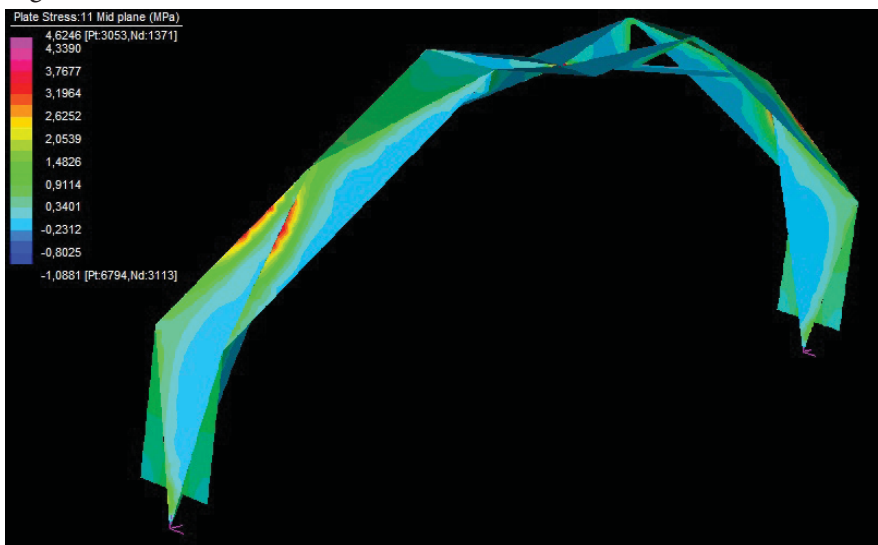


Fig.A.02
Casamassima,
Lasciarrea,
Nannavecchia,
Tritto; tensioni
dell'arco
corrugato con
le piastre forate.

Fig. A.02

proprio, del vento, del carico neve e del sisma) e loro combinazioni. Infine sono stati studiati e interpretati i risultati delle analisi effettuate.

Nei paragrafi che seguono verranno introdotte solo le considerazioni che fanno luce sul rapporto forma-struttura degli edifici oggetto di studio.

Chiesa di St. Paulus

Polónyi ha immaginato la struttura della chiesa di St. Paulus come un arco a tre cerniere perciò, per svolgere un'indagine qualitativa, sono stati confrontati i valori di tensione nel modello dell'arco reale senza piastre forate¹ e col modello dell'arco reale con le piastre forate². Questi due modelli sono semplificati poichè non tengono conto delle variazioni dovute alla forma conoidica della planimetria. I risultati delle analisi a peso proprio sono presenti nella fig.A.01 e nella fig.A.02 e sono pressochè paragonabili. Le tensioni risultano più alte lungo le pieghe, in particolar modo risultano maggiori del modello senza le superfici strutturali forate. Forare la struttura così tanto su quelle piastre ha sicuramente permesso a Polónyi di far permeare la luce diffusa dall'alto, ma allo stesso tempo l'alleggerimento del peso ha provocato un abbassamento delle tensioni in quelle ristrette zone di maggior criticità.

Le considerazioni finora svolte hanno riguardato un solo arco corrugato. È possibile pensare alla parte centrale della complessa struttura della chiesa di St. Paulus come una addizione lineare di archi discretizzati. Tale composizione però comporta che gli archi abbiano un comportamento trasversale, similmente a quanto accade ad una volta a botte che può essere idealmente immaginata come una addizione lineare di archi. Al fine di osservare il comportamento dell'intera sequenza degli archi corrugati sono stati creati altri modelli a botte, frutto di prove successive che hanno approssimato meglio dei modelli visti in precedenza la struttura della chiesa.

Si è sviluppato un modello a **volta a botte semplice**³ la cui geometria è stata

1 A questo modello, così come già effettuato sul modello della struttura dell'intero edificio religioso, è stata applicata una mesh con forme triangolari e vincolato alla base con cerniere.

2 Il modello con i fori presenta un diverso vincolo alla base rispetto a quello senza fori: una cerniera solo alla punta. Conserva stesse caratteristiche materiali e geometria del precedente, fatto salvo la presenza delle piastre forate.

3 Data la regolarità della geometria il modello a volta a botte, realizzato in Rhinoceros ed importato in Straus7, ha ottenuto una mesh con elementi quadrangolari anzichè i triangolari

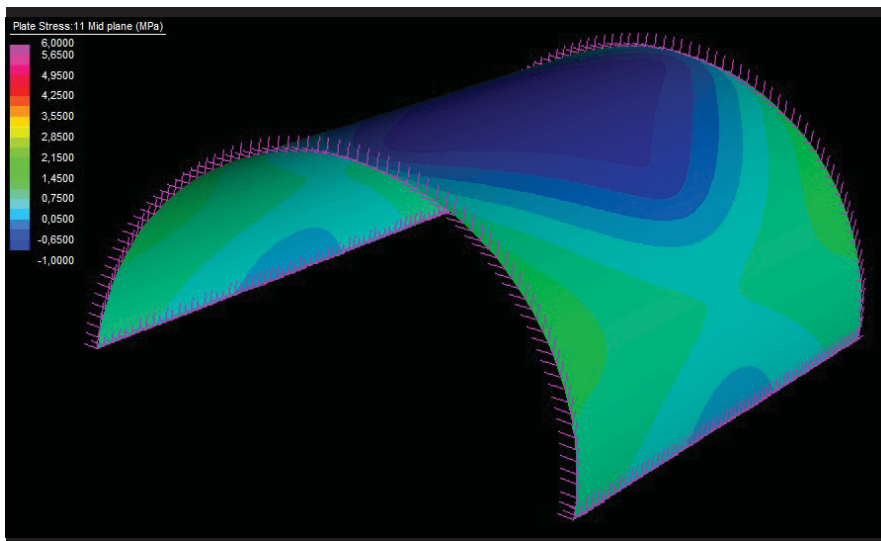


Fig. A.03

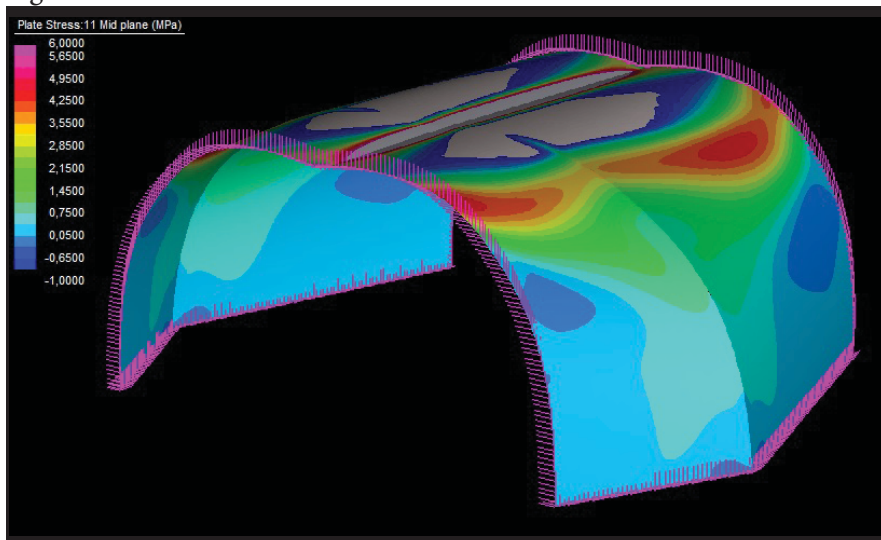


Fig. A.04

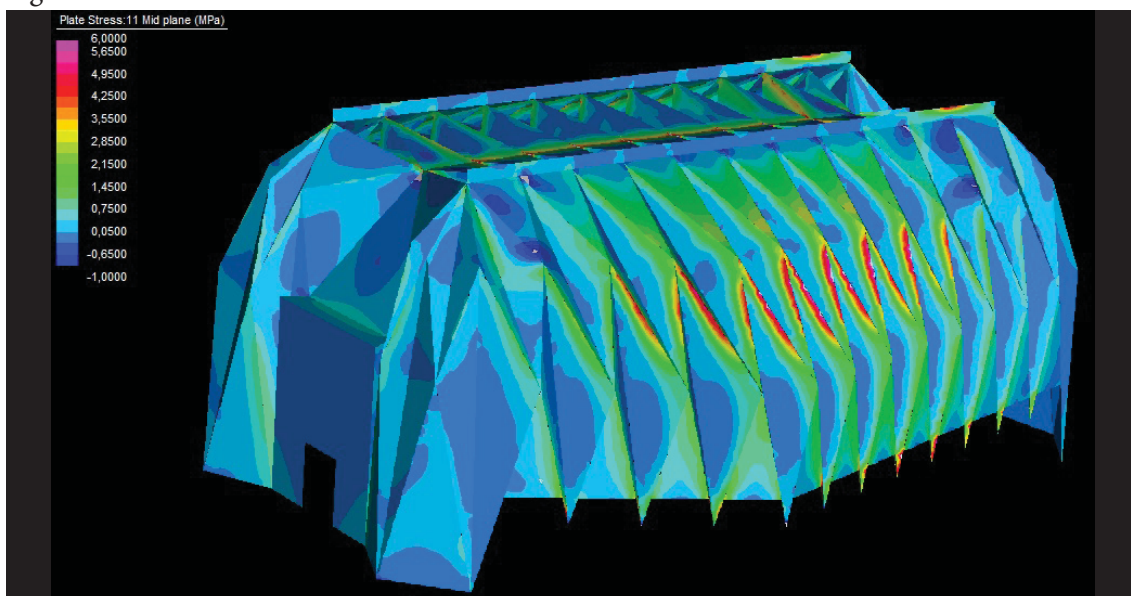


Fig. A.05

Fig.A.03
Casamassima,
Lasciarrea,
Nannavecchia,
Tritto; tensioni
nel modello a
volta a botte
semplice.

Fig.A.04
Casamassima,
Lasciarrea,
Nannavecchia,
Tritto; tensioni
del modello a
"rondine".

Fig.A.05
Casamassima,
Lasciarrea,
Nannavecchia,
Tritto; tensioni
nel modello
completo della
chiesa di St.
Paulus.

ricavata dalla curva media che ridisegna l'involuppo, nella sezione trasversale, degli archi corrugati. Si voleva così dimostrare che la struttura corrugata servisse a migliorare le caratteristiche di una struttura a botte costruita con la stessa luce, ma così non è stato poiché le tensioni nel modello a volta a botte semplice caricato a peso proprio (Fig.A.03) sono risultate nettamente inferiori rispetto quelle ricavate nel modello completo (Fig.A.05).

Il modello a volta a botte semplice non ha aiutato lo studio della chiesa da un punto di vista strutturale, perciò è stato migliorato realizzandone uno a **volta a "rondine"**⁴ (Fig.A.04) che tenesse conto della geometria effettiva dell'arco corrugato. Quest'ultimo infatti non ha il punto con la quota maggiore in corrispondenza del centro, bensì in corrispondenza dei punti di attacco delle travi somminali. In termini tensionali questo modello approssima efficacemente il comportamento globale della chiesa di St. Paulus infatti i picchi tensionali sono dello stesso ordine di grandezza⁵.

La struttura corrugata degli archi concentra i picchi tensionali in zone limitate, ovvero in corrispondenza delle pieghe poste al di sopra della zona delle reni. Questo comportamento è sicuramente stato previsto in fase di progettazione dall'ingegnere strutturale poiché, come si evince dalle foto d'epoca scattate in fase di costruzione, proprio in quelle zone sono stati adottati particolari accorgimenti costruttivi nella realizzazione delle

utilizzati finora nei precedenti modelli. La volta a botte è stata vincolata con delle cerniere alla base e con delle cerniere sulle curve di bordo per simulare la presenza delle pareti corrugate. Per lanciare l'analisi è stato attribuito al modello uno spessore di 7 cm, pari a quello reale della struttura corrugata, lo stesso materiale del modello completo (Concrete: compressive strength $f_c = 32$ MPa) ed è stato caricato inizialmente a peso proprio. A seguito del confronto con le tensioni nel modello completo, il modello a volta a botte semplice è stato sottoposto ad una pressione pari a 5 KN/m^2 ma nonostante questo le differenze in termini tensionali continuavano ad essere evidenti.

4 Il modello perde i pilastri beam per tornare alla soluzione di vincolo cerniera in tutti i nodi della base. Alla struttura è stato attribuito sempre come materiale il concrete: compressive strength $f_c = 32$ MPa e caricata con 5 KN/m^2 .

5 4 MPa nel modello a "rondine" (Fig.A.04) e 4,8 MPa in quello globale (Fig.A.05).

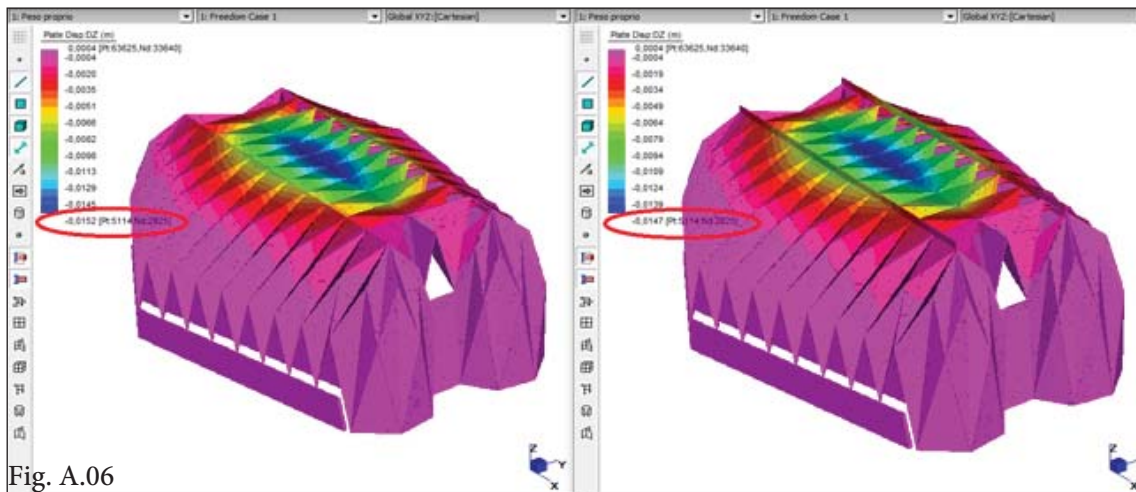


Fig. A.06

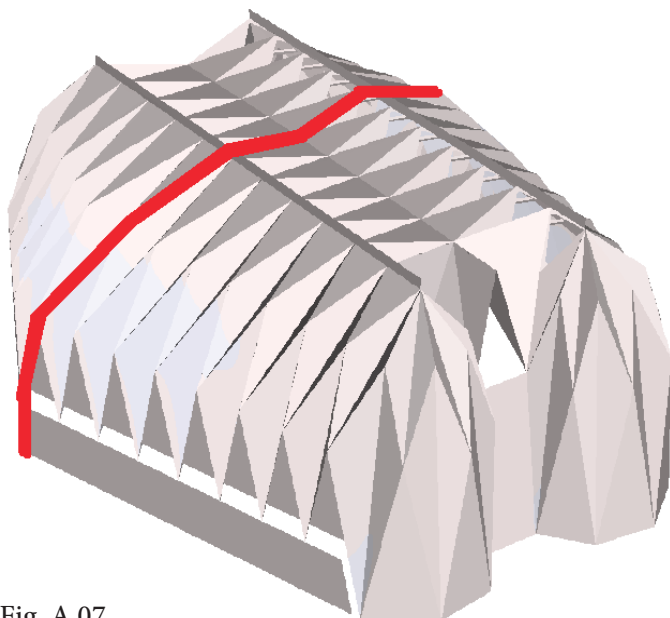


Fig. A.07

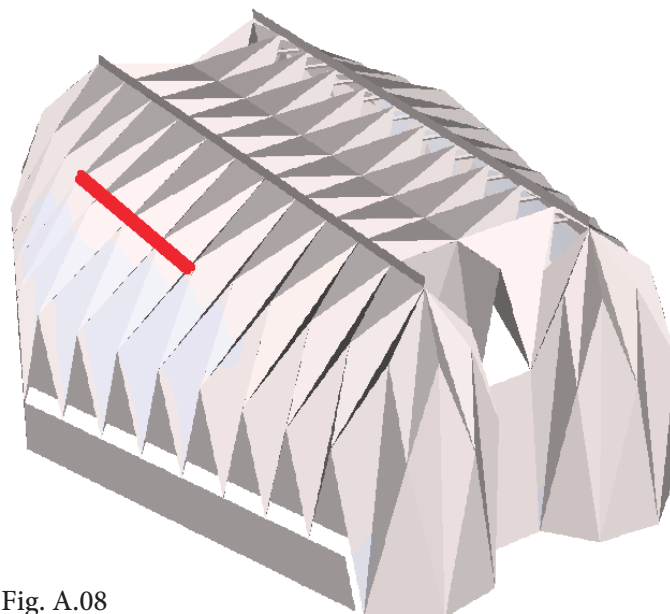


Fig. A.08

Fig.A.06

Casamassima,
 Lasciarrea,
 Nannavecchia, Tritto;
 spostamenti lungo
 l'asse Z, confronto fra il
 modello senza e con le
 travi sommitali.

Fig.A.07

Casamassima,
 Lasciarrea,
 Nannavecchia, Tritto;
 indicazione della sezione
 effettuata sull'arco
 corrugato di luce
 massima lungo la quale
 sono stati rilevati i dati.

Fig.A.08

Casamassima,
 Lasciarrea,
 Nannavecchia, Tritto;
 indicazione della sezione
 effettuata sulla parte
 paterale della copertura
 parallelamente all'asse
 longitudinale della chiesa
 lungo la quale sono stati
 rilevati i dati.

armature che hanno aumentato considerevolmente la quantità di ferro contenuta nel calcestruzzo armato.

Delle difformità fra il modello a "rondine" e quello reale sono riscontrabili nella parte centrale della struttura. Nel primo si registrano tensioni molto più alte. E' quindi probabile che sia proprio la complessa geometria conferita alla struttura a ridurre le tensioni in quel punto.

Ciò che finora non è stato considerato in tutti i modelli di confronto realizzati per comprendere la concezione strutturale della chiesa di St. Paulus è il ruolo delle travi sommitali la cui presenza incide in maniera significativa sulla genesi della geometria dell'intero edificio. Effettuando un confronto⁶ diretto fra il modello completo ed uno identico al quale sono state semplicemente asportate le travi (Fig.A.06), si evince che la loro funzione sia di semplice irrigidimento.

Le superfici triangolari di cui è composta la chiesa di Weckhoven sono tutte realizzate in calcestruzzo armato, sostengono i carichi e li trasferiscono alle parti inferiori della struttura. Gli archi corrugati scaricano il proprio peso sui muretti laterali e in minima parte anche sulle pareti corrugate. Ogni parte della struttura costituisce un carico permanente strutturale. Ai fini della comprensione del comportamento della struttura sono stati trascurati i carichi permanenti non strutturali quali infissi, impianti, ecc.

Per effettuare la combinazione allo Stato Limite Ultimo ovvero quella combinazione di carichi che possono presentarsi sulla struttura facendole raggiungere la massima capacità di resistenza o l'instabilità, è stata effettuata dapprima l'**analisi dei carichi**. E' stato calcolato il **peso proprio (G_1)**, il **carico neve (Q_s)** e il **carico vento (Q_w)**. Dopo l'analisi dei carichi è stata effettuata la **combinazione allo Stato Limite Ultimo** per il calcolo della quale si utilizza la

⁶ Si sono confrontati gli spostamenti lungo l'asse Z e la variazione dell'abbassamento massimo fra i due modelli è di 0,05 cm risultando maggiori nel modello privo di travi (Fig.A.06).

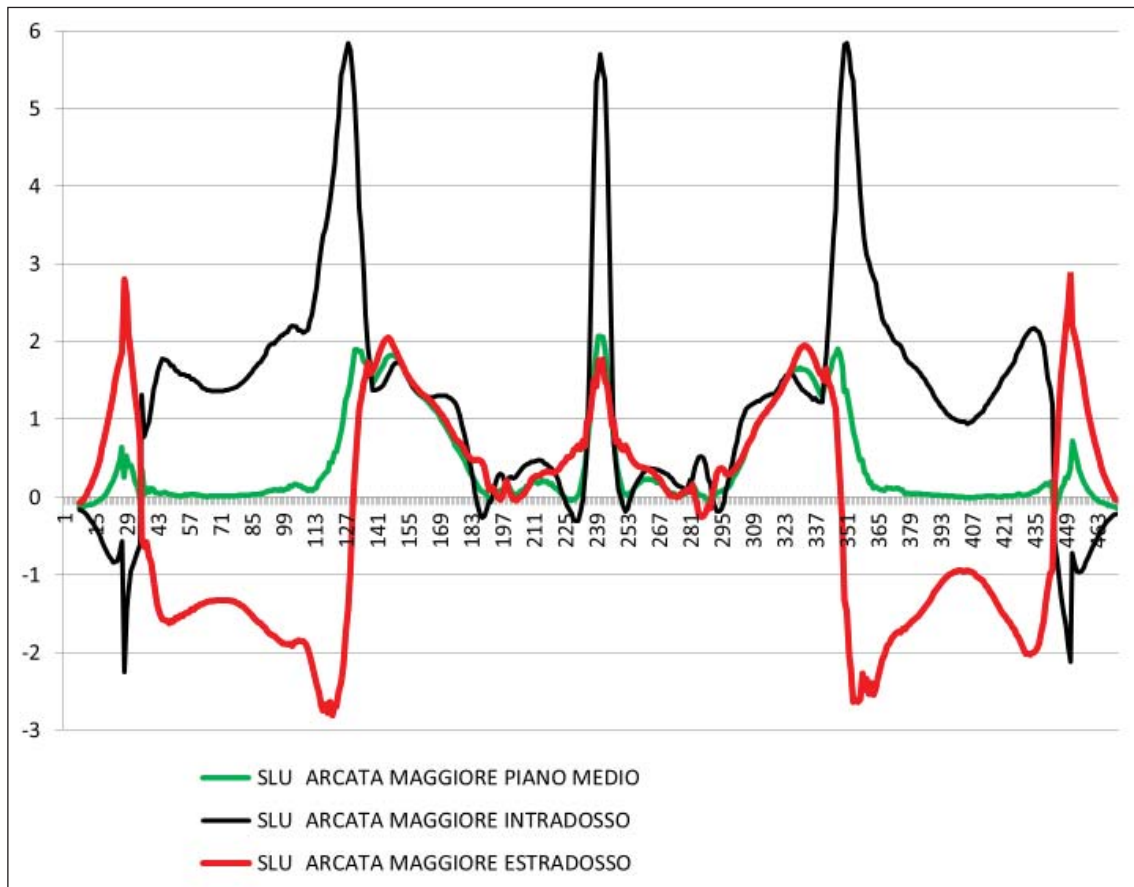


Fig. A.09

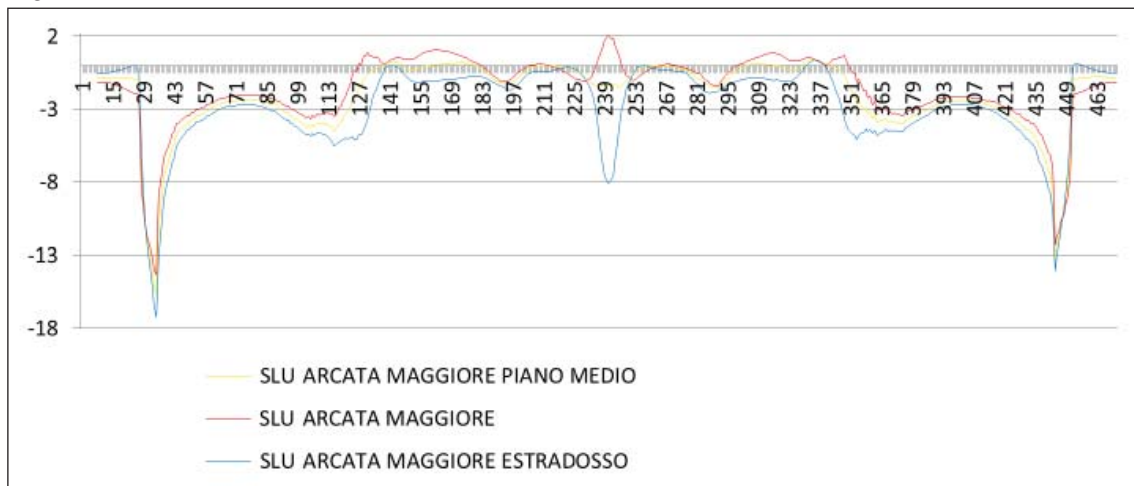


Fig. A.10

Fig.A.09
 Casamassima, Lasciarrea, Nannavecchia, Tritto; confronto tra i valori assunti dalle tensioni principali massime lungo l'arcata di luce massima della chiesa sotto la combinazione allo stato limite sull'estradosso, l'intradosso e il piano medio.

Fig.A.10
 Casamassima, Lasciarrea, Nannavecchia, Tritto; confronto tra i valori assunti dalle tensioni principali minime lungo l'arcata di luce massima della chiesa sotto la combinazione allo stato limite sull'estradosso, l'intradosso e il piano medio.

combinazione fondamentale:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Nel caso della chiesa di St. Paulus la combinazione allo stato limite ultimo è data dalla seguente espressione in quanto il carico neve è il carico variabile predominante: $1.3 \cdot G_1 + 1.5 \cdot Q_s + 1.5 \cdot 0.6 \cdot Q_w = 1.3 \cdot G_1 + 1.5 \cdot Q_s + 0.9 \cdot Q_w$.

Calcolati così i carichi della struttura è stato possibile procedere all'**analisi statica lineare** utilizzando Straus⁷. Le analisi si sono svolte sul modello della chiesa completo osservandone le distribuzioni delle tensioni principali massime e minime agenti calcolate sull'intradosso, sul piano medio e sull'estradosso. Gli andamenti delle tensioni al variare della combinazione di carico sono stati valutati lungo la sezione riportata in fig.A.07 e in fig.A.08.

Dalla valutazione emerge che il comportamento degli elementi verticali o molto inclinati è prevalentemente di tipo flessionale (ovvero a piastra), mentre si osserva un comportamento di tipo membranale (ovvero a lastra) per gli elementi meno inclinati rispetto all'orizzontale. All'interno di ogni singolo elemento piano si riscontra un comportamento di tipo membranale, mentre in corrispondenza dello spigolo di contatto tra due elementi si generano delle sollecitazioni flettenti dovuti al cambio di direzione: questo comportamento è tipico delle strutture corrugate, infatti le tensioni tendono a concentrarsi negli spigoli, mentre la parte interna degli elementi tende a rimanere meno sollecitata.

La particolare forma conferita all'edificio religioso dal progettista strutturale ha permesso di localizzare in alcuni punti specifici le tensioni in modo da gestirle proprio attraverso la conformazione geometrica. Si può quindi concludere che anche se nessun edificio ha un puro funzionamento per forma è proprio attraverso la forma strutturale che l'edificio ottimizza la gestione delle tensioni.

St. Mariä Himmelfahrt

La struttura della chiesa di St. Mariä Himmelfahrt è stata analizzata utilizzando la stessa serie di operazioni svolte per l'analisi della chiesa di St. Paulus. Partendo da un modello tridimensionale realizzato col software Rhinoceros si sono semplificati gli elementi della struttura rendendo ogni elemento che possiede due dimensioni prevalenti rispetto alla terza una con superficie. Le pareti sono state modellate secondo la loro linea media ove sono stati riportati anche i pilastri realizzati per il collegamento con la zona della sagrestia facendo riferimento al loro asse longitudinale. La riduzione a superficie del solido della copertura è stata realizzata avendo cura di suddividere la superficie nella parte degli angoli, delle travi a spessore variabile e delle travi di bordo. Alla lanterna sono state aggiunte delle suddivisioni per la presenza dei *gratträger*, che possiedono anch'esse spessore variabile e dei *ringträger*.

In Straus7 si è generata la mesh, sono stati inseriti i pilastri, inseriti i vincoli e gli spessori variabili dei vari elementi che costituiscono la struttura (fig.A.11), sono state definite le proprietà degli elementi finiti ed infine è stata validata la mesh.

Per validare i risultati ottenuti dal programma, cioè per la verifica che tali risultati siano coerenti con quelli ottenuti dalle formulazioni della letteratura, la struttura è stata confrontata con superfici create dalla traslazione di una parabola su un'altra che presentano convessità opposte.

Il confronto delle tensioni principali del modello con gli spessori minimi e con gli spessori reali mostra che la lanterna nel secondo caso è più partecipe alla distribuzione interna delle sollecitazioni ma con valori bassi tanto da poterla ancora considerare un elemento puramente architettonico.

Per verificare la meccanica della struttura dei confronti si sono resi necessari. Si analizza l'influenza degli irrigidimenti sulla risposta tensionale della

struttura confrontando il modello a spessori reali con quello a spessori minimi e l'influenza delle bucatore sulla risposta tensionale della copertura confrontando il modello a spessori reali con un modello in cui è presente solo la copertura vincolata perfettamente.

A seguito dell'inserimento degli irrigidimenti, quindi dell'introduzione nel programma degli spessori reali, si ha una riduzione degli spostamenti di circa 0,02 m.

A prescindere dalla presenza delle bucatore, i muri perimetrali accentuano l'inversione dell'andamento delle tensioni. Le pareti hanno un comportamento spingente soprattutto in corrispondenza degli angoli nel modello privo di bucatore, che fa tendere le tensioni verso valori negativi; mentre nel modello con le bucatore, la possibilità di deformazioni fuori piano da parte delle pareti, fa sì che la copertura subisca deformazione maggiore.

Si è indagata la risposta strutturale della chiesa sottoposta all'azione di diverse tipologie di carico (azioni del peso proprio, del vento, del carico neve⁷ e del sisma) e loro combinazioni. Si è osservato che l'importanza del carico dovuto al vento è trascurabile, gli effetti dei carichi gravitazionali sono i più influenti considerando la tensione principale massima, l'incidenza degli SLU si denota maggiormente all'interno dei grafici inerenti alla tensione principale minima, i valori ottenuti dalle combinazioni SLU e peso proprio hanno una rilevanza considerevole all'interno degli spostamenti, raramente entrambi i carichi dovuti alla neve risultano trascurabili.

⁷ Si è prestata attenzione all'attribuzione del carico neve alla struttura poiché esso non agisce direttamente sulla copertura ma sul rivestimento in rame; per questo motivo il carico è attribuito sui *gratträger*.

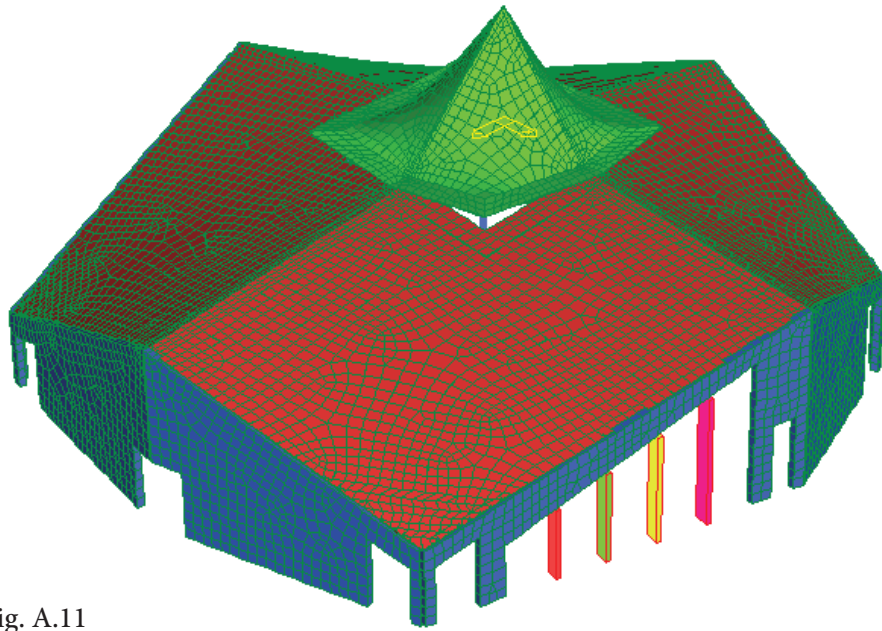


Fig. A.11

Fig.A.11
 Marturano,
 Pagliari,
 Tarquinio;
 attribuzione
 delle proprietà e
 degli spessori su
 Straus7 ai vari
 elementi che
 compongono la
 struttura della
 chiesa.

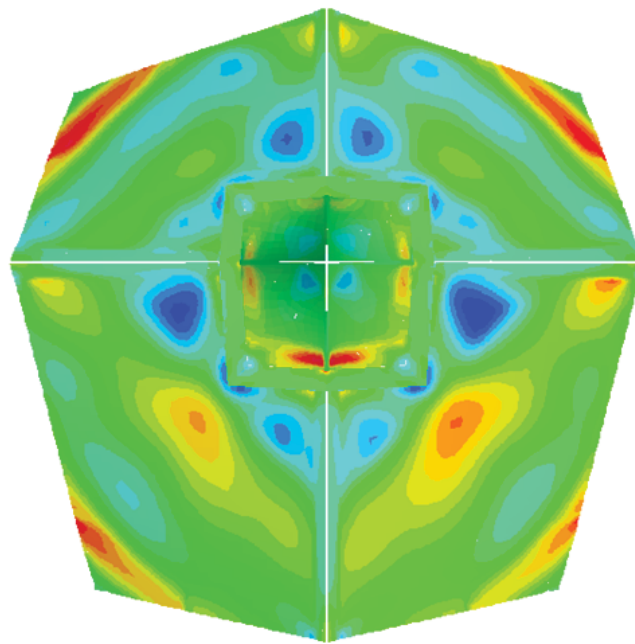
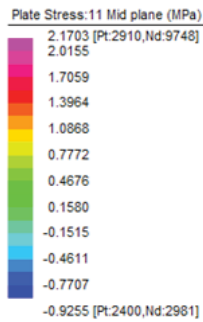


Fig. A.12

Fig.A.12
 Marturano,
 Pagliari,
 Tarquinio;
 tensioni
 principali
 massime nella
 struttura della
 copertura della
 chiesa cui sono
 stati attribuiti
 gli spessori
 reali.

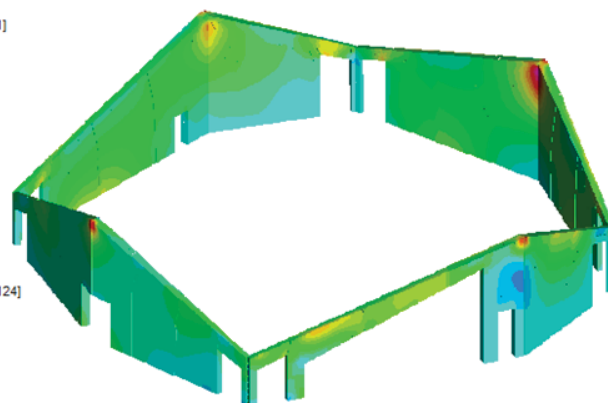
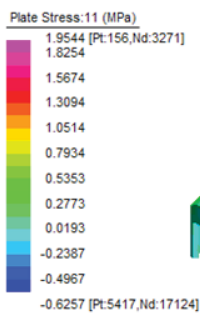


Fig. A.13

Fig.A.12
 Marturano,
 Pagliari,
 Tarquinio;
 tensioni
 principali
 massime nella
 struttura dei
 muri della
 chiesa cui sono
 stati attribuiti
 gli spessori
 reali.

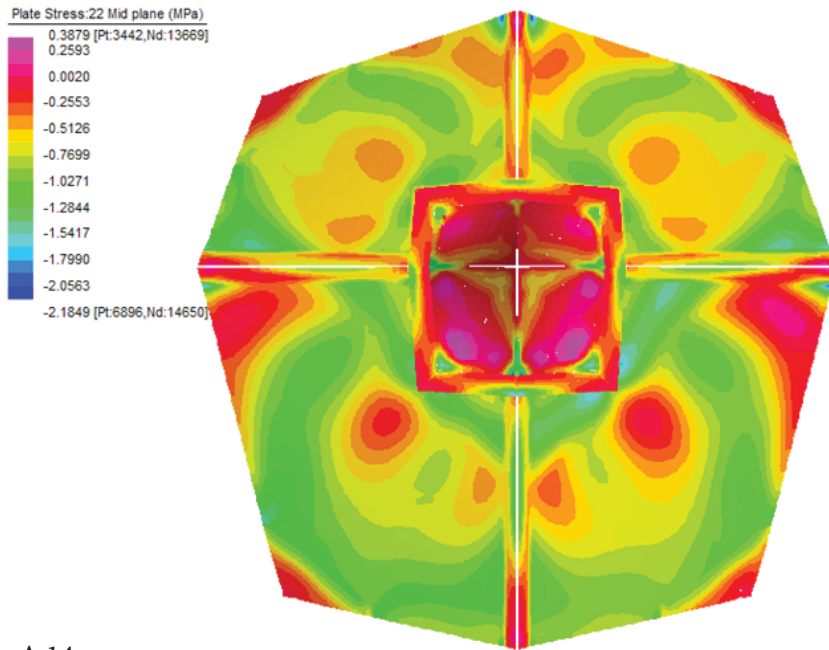


Fig.A.14
Marturano,
Pagliari,
Tarquinio;
tensioni
principali
minime nella
struttura della
copertura della
chiesa cui sono
stati attribuiti
gli spessori
reali.

Fig. A.14

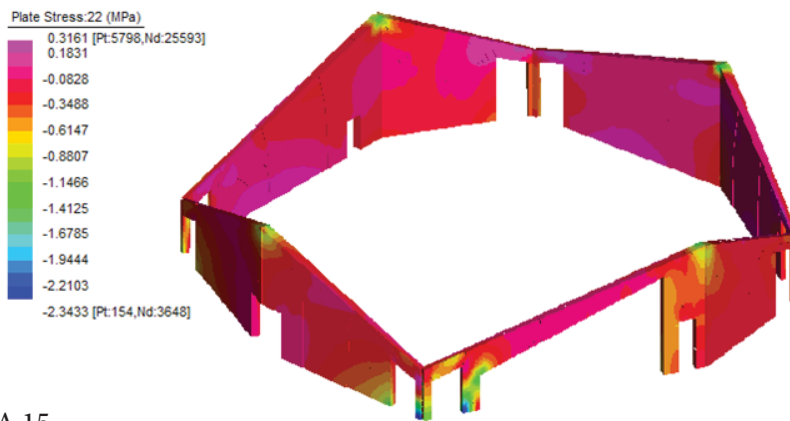


Fig.A.15
Marturano,
Pagliari,
Tarquinio;
tensioni
principali
minime nella
struttura dei
muri della
chiesa cui sono
stati attribuiti
gli spessori
reali.

Fig. A.15

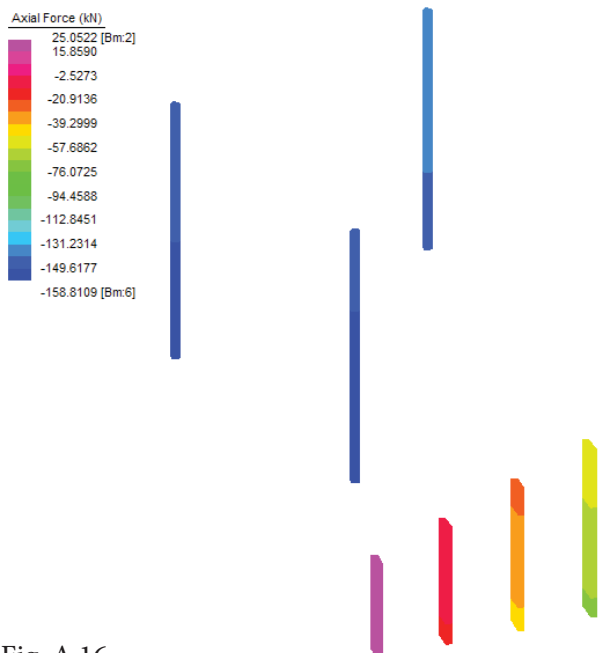


Fig.A.16
Marturano, Pagliari, Tarquinio; sforzo
assiale agente sui pilastri.

Fig. A.16

St. Hedwig

La struttura della chiesa di St. Hedwig è stata analizzata utilizzando la stessa serie di operazioni viste per i due casi precedenti. Partendo da un modello tridimensionale realizzato col software Rhinoceros si sono semplificati gli elementi della volta, che possiedono due dimensioni prevalenti rispetto alla terza, con superfici mentre gli elementi in cui una sola dimensione è prevalente (travi, pilastri, ecc.) come linee (cfr. fig.A.17, fig.A.18 e fig.A.19). In Straus7 si è generata la mesh, sono stati inseriti i vincoli, sono state definite le proprietà degli elementi finiti ed infine è stata validata la mesh. Si è indagata la risposta strutturale della chiesa sottoposta all'azione di diverse tipologie di carico (azioni del peso proprio, del vento, del carico neve e del sisma) e loro combinazioni. Infine sono stati studiati e interpretati i risultati delle analisi effettuate.

La struttura della chiesa è scomponibile in tre elementi distinti: il guscio vero e proprio costituito da un **arco** in calcestrutto armato **strombato**, una **nervatura** che collega ogni guscio al successivo ed una **modanatura** (fig.A.17).

Il guscio ha una forma ad arco paraboloidico. Gli archi lavorano prevalentemente a compressione, come reso evidente dall'andamento delle isostatiche di compressione e trazione in fig.A.20. Il confronto fra la fig.A.21 e la A.22 consente di comprendere che la strombatura attribuita agli archi parabolici ha una funzione strutturale: le sollecitazioni di flessione, sia alla base che in chiave, risultano inferiori di circa l'8% nell'arco strombato rispetto a quello rettificato.

Analizzando il comportamento dell'intera struttura (fig.A.23) si osserva che la distribuzione delle tensioni di trazione e compressione in ogni singolo arco è regolare da un guscio all'altro e che le parti più sollecitate si trovano alla base della struttura nei punti d'intersezione fra gusci, nervature e modanature

di rinforzo. L'aumento della concentrazione delle tensioni in questi punti era stato sicuramente intuito dall'ingegnere strutturale il quale ha previsto un infittimento delle armature in corrispondenza della giunzione fra i tre elementi in cui abbiamo idealmente diviso la struttura della chiesa. L'altra zona maggiormente sollecitata si trova, in corrispondenza dei tagli dei tre gusci prospicienti il presbiterio. In entrambe le situazioni più critiche i valori delle tensioni rilevati rispettano la resistenza a compressione del materiale. Per quanto riguarda le tensioni di trazione esse risultano critiche in alcune aree localizzate alla base delle nervature in corrispondenza delle bucatore, non compatibili con la resistenza del solo calcestruzzo.

I setti autoportanti (fig.A.19) si comportano come elementi compressi (fig.A.24) e nonostante siano collegati da profilati metallici alla copertura dell'aula liturgica non hanno alcuna influenza sugli spostamenti subiti dalla struttura⁸ quindi non hanno alcuna funzione strutturale se non legata alla propria stabilità. La struttura metallica del rosone (fig.A.18) ha invece una funzione stabilizzante per la prima delle lamelle che costituiscono il guscio che non gode della presenza della nervatura. I piedritti della struttura sono incastrati alla base e risultano compressi, le aste che gravano sulla soletta del portico d'ingresso sono tese a causa della deformazione subita dalla soletta. Se non ci fosse la struttura del rosone che funge da irrigidimento trasversale la prima lamella tenderebbe a spanciarsi (fig.A.25), mentre per quanto riguarda gli spostamenti verticali dell'intera copertura essa non ha alcuna influenza⁹. Contribuisce invece allo scarico dei carichi gravitazionali del guscio ed ovviamente a sostenere il peso e limitare le deformazioni delle vetrate nella facciata anteriore.

8 Si è giunti a questa conclusione confrontando i risultati ottenuti dall'analisi degli spostamenti verticali fra la struttura completa ed un modello di confronto privo della struttura metallica del rosone e del setto autoportante.

9 Anche per questa affermazione si fa riferimento al confronto di cui alla nota precedente.

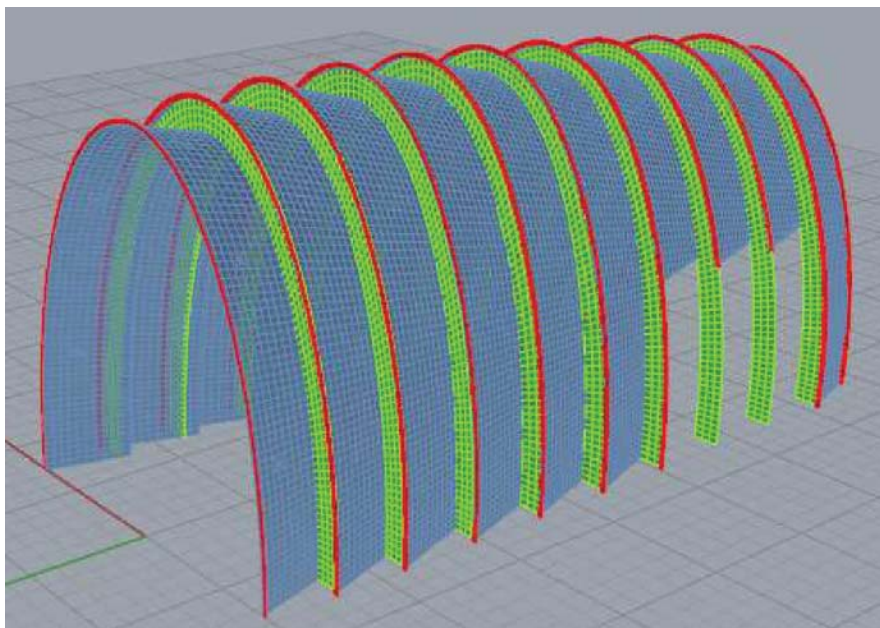


Fig. A.17




Fig.A.17
Pepe, Impagliatelli,
Spatuzza; elementi
strutturali che
costituiscono
la chiesa di St.
Hedwig:
Guscio 
strombato
Nervatura 
Modanatura 

Fig.A.18
Pepe, Impagliatelli,
Spatuzza;
Modellazione
del rosone e del
portico

Fig.A.19
Pepe, Impagliatelli,
Spatuzza;
Modellazione del
muro di fondo della
chiesa

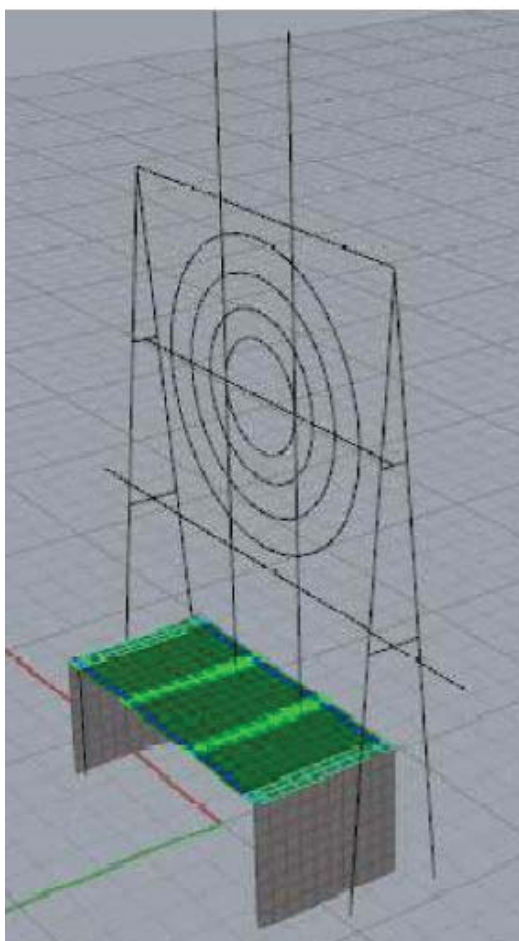


Fig. A.18

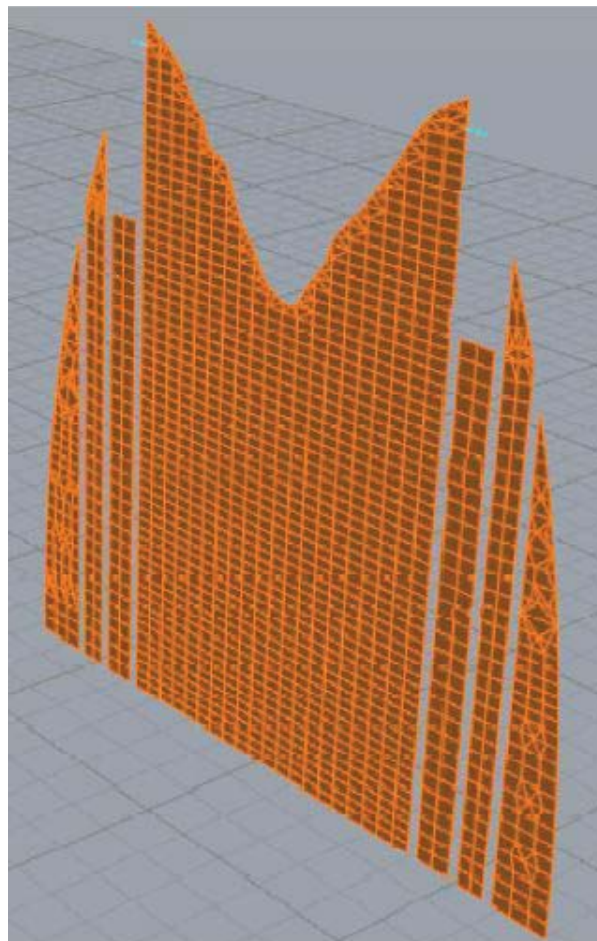


Fig. A.19

Analizzando la distribuzione degli spostamenti verticali nella struttura è emerso che il valore massimo è riscontrabile nella lamella della facciata anteriore. Tuttavia ci si aspetterebbe un calo di rigidità nella parte opposta della struttura ove sono state aperte le bucatore nei gusci delle lamelle. Per comprendere la reale funzione statica delle lamelle un confronto con una struttura ad arco parabolico di stessa luce e caratteristiche ma privo di questa particolare conformazione (fig.A.26) è stato realizzato. La sommatoria delle lamelle lungo l'asse longitudinale crea un momento di inerzia della struttura circa quattrocento volte più grande rispetto a quello calcolato sul modello di confronto. È la presenza delle lamelle che interviene sulla rigidità flessionale ove sono collocate le aperture, ma non solo. Sul modello a volta semplicemente parabolica il grafico degli spostamenti verticali risultano più accentuati rispetto a quelli della struttura reale visibili poiché le nervature contribuiscono a ridurre la risposta deformativa e gli spostamenti lungo la linea d'asse.

Il guscio a lamelle ad arco parabolico realizzato da Polónyi è sottoposto essenzialmente da uno stato tensionale di compressione così come ci si aspetterebbe osservandone la forma data alla struttura.

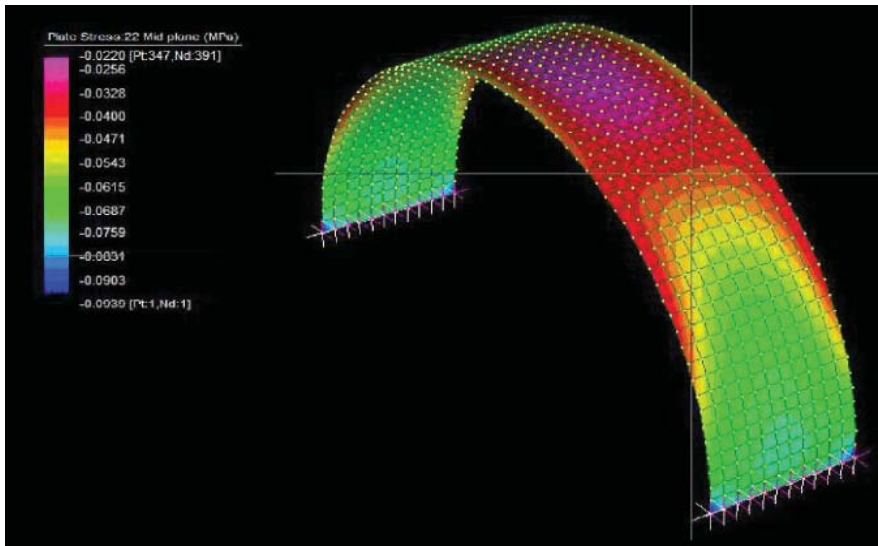


Fig. A.20

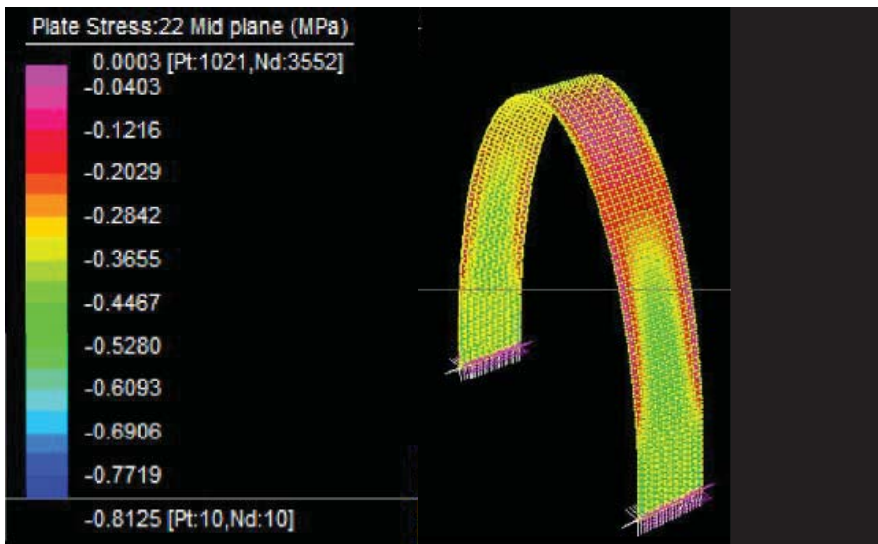


Fig. A.21

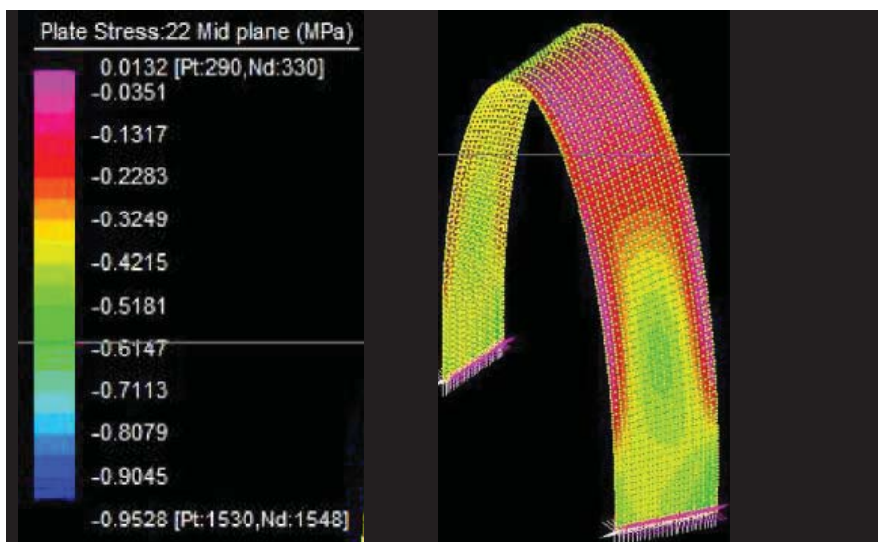


Fig. A.22

Fig.A.20
Pepe,
Impagiatelli,
Spatuzza;
tensioni
dell'arco a tutto
sesto. Dati
elaborati con
Straus7.

Fig.A.21
Pepe,
Impagiatelli,
Spatuzza;
tensioni
dell'arco
parabolico. Dati
elaborati con
Straus7.

Fig.A.22
Pepe,
Impagiatelli,
Spatuzza;
tensioni
dell'arco
parabolico
strombato. E'
uno degli archi
che costituisce
la struttura, il
quinto a partire
dalla facciata
anteriore. Dati
elaborati con
Straus7.

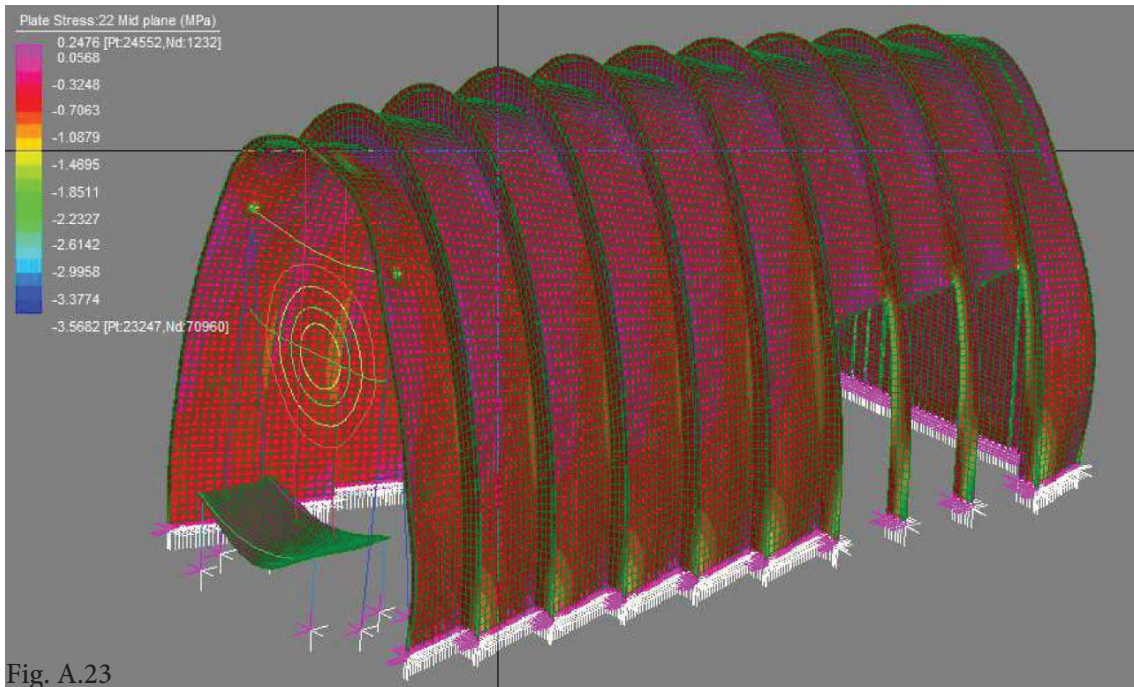


Fig. A.23

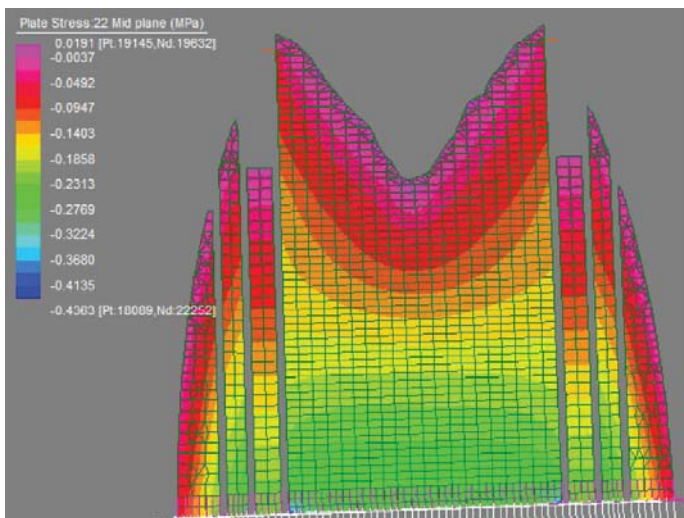


Fig. A.24

Pepe, Impagliatelli, Spatuzza

Fig.A.23

Tensioni nell'intera struttura della chiesa di St. Hedwig.

Fig.A.24

Tensioni nei setti autoportanti che costituiscono la parete di fondo della chiesa.

Fig.A.25

Deformazione del guscio privo della struttura metallica.

Fig.A.26

Modello di confronto: volta a botte parabolica priva della configurazione a lamelle di lunghezza pari all'estensione massima, spessore reale e con le tre aperture sul fondo.

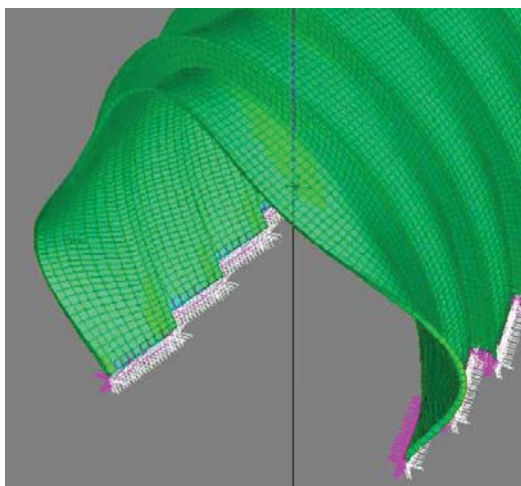


Fig. A.25

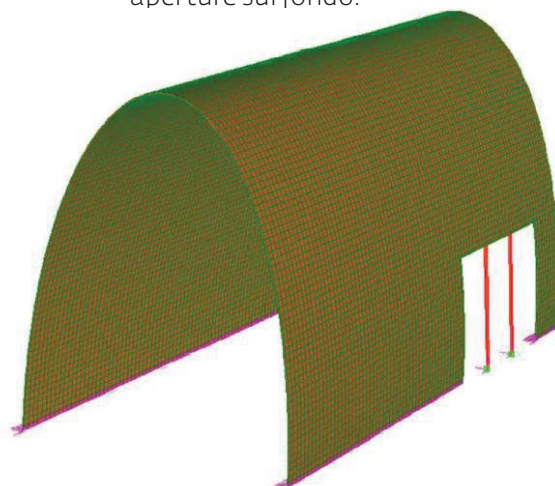


Fig. A.26

Plate Stress:11 +z surface (MPa)

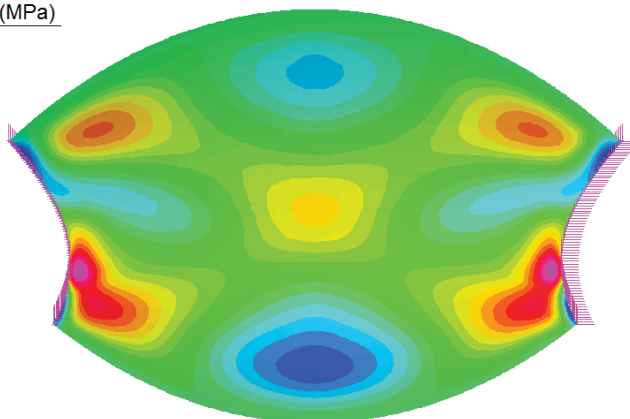
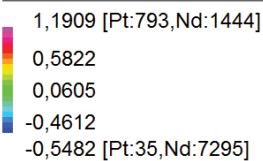


Fig. A.27

Plate Stress:11 -z surface (MPa)

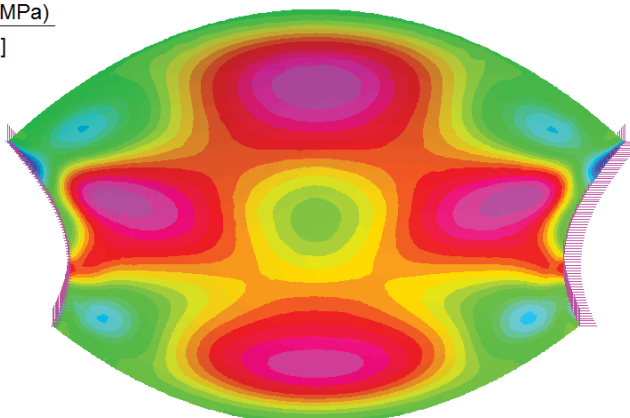
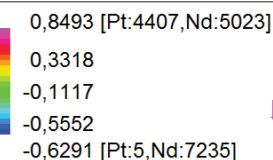


Fig. A.28

Plate Stress:22 +z surface (MPa)

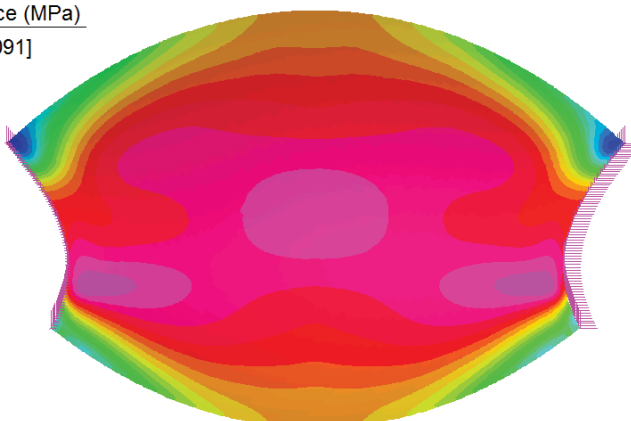
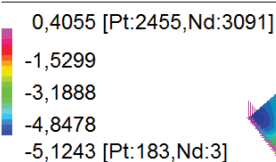


Fig. A.29

Plate Stress:22 -z surface (MPa)

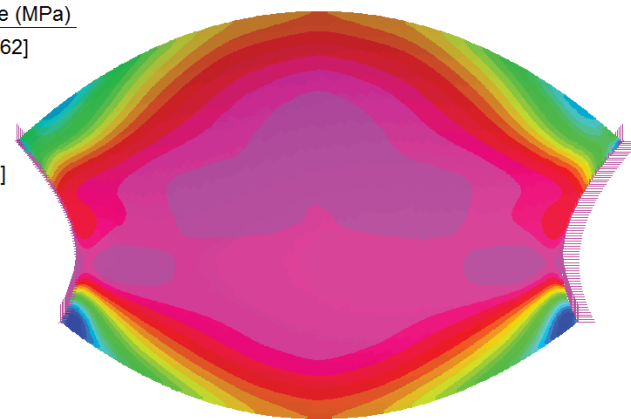
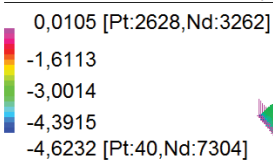


Fig. A.30

Fig.A.27

Blandolino, Nesta, Quacquarelli; Tensioni principali massime all'estradosso sotto peso proprio

Fig.A.28

Blandolino, Nesta, Quacquarelli; Tensioni principali massime all'intradosso sotto peso proprio

Fig.A.29

Blandolino, Nesta, Quacquarelli; Tensioni principali minime all'estradosso sotto peso proprio

Fig.A.30

Blandolino, Nesta, Quacquarelli; Tensioni principali minime all'intradosso sotto peso proprio

Fig.A.31

Blandolino, Nesta, Quacquarelli; Modello elaborato con Straus7 del paraboloide con vincolo elastico

St. Suitbert

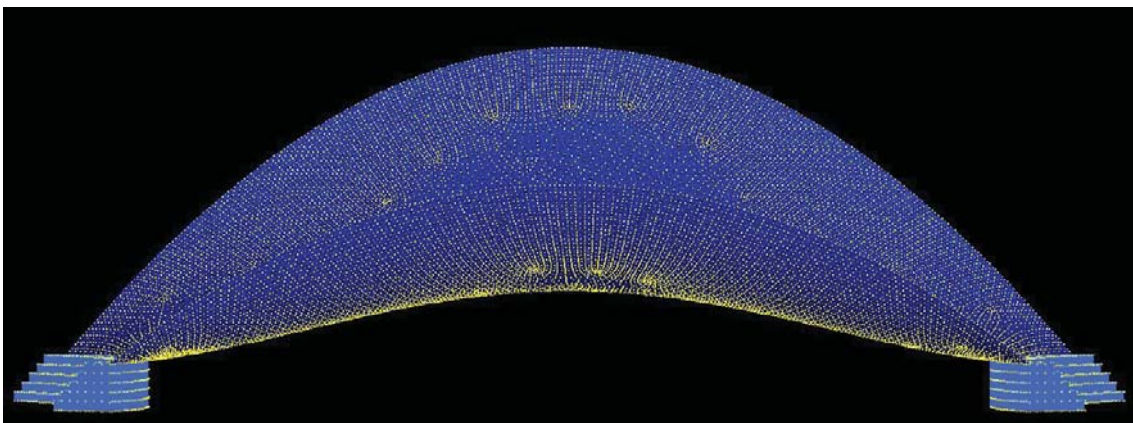
La struttura della chiesa di St. Suitbert è stata analizzata utilizzando la stessa serie di operazioni viste in precedenza. La base di partenza è costituita da un modello geometrico tridimensionale realizzato col software Rhinoceros .

Il modello strutturale, invece, è stato ottenuto da quello geometrico, rimuovendo le pareti in piastre piegate in quanto, dallo studio della carpenteria, è stato possibile evidenziare una funzione non strutturale degli stessi per le seguenti motivazioni:

- Il paraboloido risulta agganciato direttamente sui due elementi tozzi¹⁰;
- Non vi è continuità strutturale tra pilatri e paraboloido, vista la presenza di una lastra di vetro tra essi, con funzione prettamente architettonica;
- Foto storiche mostrano che le piastre piegate sono state realizzate successivamente al paraboloido.

In Straus7 si è generata la mesh, sono state attribuite le proprietà agli elementi, tra cui il materiale e lo spessore, sono stati inseriti i vincoli, sono state definite le proprietà degli elementi finiti ed infine è stata validata la mesh. Si è optato per la realizzazione dei muri di sostegno direttamente in Straus7 (fig.A.27).

¹⁰ I due muri laterali d'appoggio, rappresentabili come vincoli elastici, sono stati inizialmente schematizzati come incastri perfetti, in quanto elementi tozzi di elevata rigidezza.



Si è indagata la risposta strutturale della chiesa sottoposta all'azione di diverse tipologie di carico (azioni del peso proprio, del vento, del carico neve e del sisma) e loro combinazioni. Infine sono stati studiati e interpretati i risultati delle analisi effettuate.

Si osserva che, per la condizione di carico simmetrica ed uniformemente distribuita come quella rappresentata dal peso proprio, la risposta della struttura è quella tipica dello stato membranale nelle zone centrali, mentre nelle zone laterali si ha biforcazione dello stato tensionale per la presenza dei vincoli che causano un comportamento differente per estradosso, intradosso e piano medio. Le varie combinazioni di carico agli SLE e allo SLU non danno effetti che troppo si discostano da quelli del solo peso proprio, ma si dispongono come delle trasformazioni omoetiche considerando che sia il carico vento che il carico neve sono di piccola entità.

TRADUZIONE IN ITALIANO DI TESTI INERENTI GLI ARGOMENTI TRATTATI NELLA TESI

TESTI SCRITTI DA STEFAN POLÓNYI

Strutture portanti piane nella costruzione degli edifici religiosi

Polónyi, S. (1966). *Flächentragwerke im Kirchenbau*. *Das Münster 7/8 - Zeitschrift für christliche Kunst und Kunstwissenschaft*, 5/6, 202-204

Gusci e strutture corrugate

Polónyi, S. (1967, Fascicolo 36). *Schalen und Faltwerke*. *Bauwelt* 58, 908-913.

Strutture portanti piane per la copertura degli spazi

Polónyi, S. (1968, Fascicolo 11). *Flächentragwerke für Raumüberdachungen*. *Bauwelt* 59, 348.

Architetture sacre

Polónyi, S. (2003). *Sakralbauten*. In S. Polónyi, & W. Walochnik, *Architekture und Tragwerk* (p. 207-230). Berlin: Ernst & Sohn.

Sulla progettazione delle strutture

Polónyi, S. (2012). *On Designing Structures*. In A. Flury, *Cooperation. The Engineer and the Architect* (p. 161-168). Basel: Birkhäuser Verlag.

TESTI SCRITTI SU STEFAN POLÓNYI

Struttura e trascendenza

Hnilica, S. (2012). *Structure and transcendence. Churches by Stefan Polónyi*. In *Tragende Linien - Tragende Flächen. Bearing Lines - Bearing Surfaces* (p. 218-225). Axel Menges.

Architetto e ingegnere. St. Paulus

Hnilica, S. (2010). *Architekt und Ingenieur. St. Paulus*. In S. Hnilica, M. Jager, & W. Sonne, *Auf den zweiten Blick. Architektur der Nachkriegszeit in Nordrhein-Westfalen* (p. 218-225). Bielefeld: transcript Verlag

ALTRI TESTI

Società e costruzione di chiese

Lehmbrock, J. (1966). *Gesellschaft und Kirchenbau*. Das Münster 7/8 - Zeitschrift für christliche Kunst und Kunstwissenschaft, 177-185.

Elogio di Stefan Polónyi

Otto, F. (1998, Fascicolo.5). *Laudatio für Stefan Polónyi*. Baukultur, 56-58.

Note alla traduzione

I testi raccolti per lo studio delle opere di Polónyi sono stati molti. Analizzare e confrontare più scritti è stato un utile esercizio che ha permesso una lettura più attenta delle opere costruite ed un inquadramento più approfondito sulla figura del progettista oggetto di questo studio.

È stato necessario, a tal fine, tradurre i suddetti testi, la quasi totalità dei quali scritti in lingua tedesca.

Il tedesco è una lingua che per struttura e regole sintattiche differisce dall'italiano, spesso in modo significativo. Le traduzioni che seguono sono quanto più fedeli possibile al testo originale, anche se questo ha comportato la perdita della bellezza e dell'armoniosità proprie del testo in lingua madre, impossibili da riprodurre esattamente con le stesse parole in una lingua differente.

Alcuni termini, soprattutto di natura tecnica, si è preferito lasciarli in tedesco poiché non vi è presente nella lingua italiana un termine che possa rendere appieno il significato della parola da tradurre. Un piccolo glossario segue l'elenco delle traduzioni per permettere al lettore di comprendere appieno il significato di queste parole.

STRUTTURE PORTANTI PIANE NELLA COSTRUZIONE DEGLI EDIFICI RELIGIOSI

Stefan Polónyi

Polónyi, S. (1966). *Flächentragwerke im Kirchenbau*. Das Münster 7/8 - Zeitschrift für christliche Kunst und Kunstwissenschaft, 5/6, 202-204.

Il cemento armato, la cui scoperta viene attribuita al giardiniere parigino Monier, è un materiale che ha una buonissima resistenza alla compressione e alla rottura e – colato in delle forme – si solidifica alla temperatura ambiente. Durante le prime applicazioni del cemento armato – la barca di cemento armato di Lambot alla Esposizione Universale di Parigi del 1854 e i serbatoi di Monier – questa caratteristica del materiale appena scoperto venne sfruttata a pieno. Quando si utilizzò il cemento armato nelle costruzioni edilizie si fece ricorso agli elementi architettonici già conosciuti nelle costruzioni in legno ed in acciaio. Il legno e l'acciaio hanno assunto delle forme longilinee già a partire dallo sviluppo delle tecnologie produttive. Il cemento armato non ha questo vincolo.

Le possibilità di forma del cemento armato rappresentano al meglio i tre tipici sistemi di appoggio di Le Corbusier (Fig. 1,2,3).

Ma il cemento armato ha portato delle nuove possibilità non solo per quanto riguarda la forma, ma anche la capacità di carico. Lo spessore di una cupola in cemento armato rappresenta solo una piccolissima parte dello spessore di una cupola in muratura, perché il cemento armato può aumentare la forza di trazione e può essere modificato continuamente. Grazie a questa caratteristica del cemento armato anche le superfici diverse dalle volte possono raggiungere delle buone capacità di carico.

Queste costruzioni, che sono costituite da superfici piane e in cui la maggior parte del peso viene assorbito dalle forze che si disperdono nelle superfici,

sono chiamate strutture corrugate (Fig. 4). Le strutture portanti fatte di superfici curve, in cui c'è una dispersione di forze tridimensionale, sono dette strutture a guscio. Entrambe sono delle strutture portanti piane.

Il problema principale delle strutture portanti piane è la staticità. È molto difficile individuare la distribuzione delle forze che contribuirà alla resistenza alla deformazione. Anche per questo è comprensibile perché, nella prima metà del secolo, le strutture portanti piane sono state costruite solo raramente.

Finora era possibile costruire superfici tramite equazioni semplici; e questo veniva fatto attraverso un apposito supporto. Grazie allo sviluppo dei materiali sintetici e dei sistemi di misurazione, adesso siamo in grado di dare qualsiasi forma alle superfici.

Ma le strutture portanti piane trovano applicazione solo dove la forma della superficie non è condizionata da qualche altro requisito, come ad esempio la percorribilità, quindi nella costruzione dei tetti con una ampia campata, in cui il risparmio di materiale, ottenuto grazie alla forma favorevole, prevale sullo spreco di forza lavoro per la loro costruzione.

Così le strutture portanti piane vengono utilizzate prevalentemente nella costruzione delle industrie e dei luoghi di culto. I capannoni industriali hanno grandi dimensioni e grazie alla razionale distribuzione delle loro dimensioni vengono adattati al trasporto stradale (Fig. 5). Un discorso a parte invece va fatto per i progetti singoli come i palazzetti dello sport, le sale riunioni, i teatri e le chiese.

Perciò in questi progetti c'è un'intensa attività di ricerca di nuove possibilità statiche e costruttive. Anche da un punto di vista costruttivo è comprensibile che le chiese possano assumere molteplici forme, come giustamente diceva Josef Lehmbruck all'inizio del suo saggio *Gesellschaft und Kirchenbau*¹. Potremmo

¹ (N.d.T.) Questo testo di Polónyi è stato pubblicato nello stesso numero di *Das Münster* in cui Josef Lehmbruck ha scritto il saggio *Gesellschaft und Kirchenbau*.

dire che non si tratta solo di ricercare la forma, ma anche di sperimentare le possibilità costruttive che nell'ultimo decennio, grazie ai nuovi materiali da costruzione, ai metodi di calcolo e di ricerca, sono stati resi accessibili in quantità illimitata.

Cemento armato. Per la costruzione delle strutture a guscio in cemento armato è necessaria una cassaforma. Le più semplici sono fatte di tavole. In questo modo al cemento armato viene imposta una forma condizionata dal legno. Per questo si preferiscono le superfici rigate, che sono composte da un'unione di rette e secondo le quali le tavole possono essere poste a guscio. Nella costruzione delle chiese vengono utilizzate prevalentemente strutture a paraboloidi iperboliche (Fig. 6 e Fig. 7).

Raramente vengono utilizzate anche altri tipi di superfici rigate (Fig. 8).

Per liberarsi dal vincolo della forma a guscio, ad Essen, vicino alla chiesa di St. Suitbert è stato installato un portaforo con una copertura a forma di guscio. L'armatura è stata fissata con dei fili di ferro ad una struttura installata sul guscio. Sull'armatura è attaccata una fitta rete metallica e il cemento è applicato prima da sopra e poi da sotto mediante una lancia ad aria compressa (calcestruzzo spruzzato) (Fig. 9, 10, 11).

In questo modo è possibile costruire strutture a guscio in cemento armato di qualsiasi forma in modo economico, tuttavia è necessario essere molto esperti per fissare l'armatura delle strutture a guscio di grandi dimensioni.

Le nuove forme costruttive in cemento hanno influenzato fortemente anche la forma degli altri materiali costruttivi.

Legno. È stato provato che, ad esempio, con due diverse tavole, attaccate ai punti di incrocio con dei chiodi o con delle viti, si possono creare dei dischi con cui è possibile costruire strutture portanti piane anche in legno, e persino strutture a guscio costruite secondo un paraboloidi iperboliche (Fig. 12). Se si tiene in considerazione che le tavole vengono messe in tensione grazie a delle

strutture curve (questo è fattibile per le curvature non eccessive ed è persino economico e consigliabile per le strutture a guscio a paraboloide iperbolico), si capirà che è davvero possibile costruire delle superfici di legno curvate in due direzioni.

Metallo. Anche dalla lamiera, grazie agli spigoli, si possono formare delle strutture corrugate (Fig.13), che permettono di ottenere un effetto ondulato in modo economico. Per permettere la diffusione di queste costruzioni è necessario che l'industria di trasformazione della lamiera sia dotata di grandi presse per la lamiera.

Le strutture a guscio in acciaio sono note già da tempo nella costruzione di serbatoi (Fig.14). Tra i capannoni, l'esempio più interessante di struttura a guscio in acciaio è il guscio conico del capannone dell'azienda metalmeccanica L. Binder & Co. a Gleisdorf vicino Graz (Fig. 15), ai cui bordi ci sono anche delle gru disposte radialmente con gli angoli rivolti verso il basso. Il motivo per cui le strutture a guscio di metallo si diffondono lentamente è da ricondurre a due fattori: la mancanza di grandi presse, i cui costi sono considerevoli, e i problemi teorici durante la progettazione. Nelle strutture a guscio sottili – e le strutture a guscio di metallo sono necessariamente molto sottili – è determinante il rigonfiamento, che in passato non era mai stato preso in considerazione.

Materiali sintetici. I materiali sintetici sono particolarmente indicati per la costruzione di strutture portanti piane. Questi materiali possono essere plasmati anche senza presse, con le mani o con le lance ad aria compressa. Tuttavia la forma necessita di precisione, perché lo spessore delle strutture a guscio di plastica corrisponde a un decimo dello spessore di quelle in cemento armato. La prefabbricazione dei diversi elementi può portare ad un notevole risparmio nei costi di produzione, tuttavia le connessioni tra i diversi siti di produzione sono ancora molto deboli. I collanti devono essere prodotti in

relazione alla temperatura e all'umidità dell'aria. Il processo di incollaggio richiede una particolare precisione. Poiché non si ha ancora abbastanza esperienza con i processi di incollaggio, si utilizzano i collanti quasi sempre in combinazione con le viti o con i chiodi.

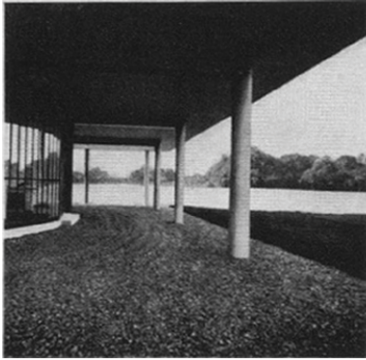
Le strutture portanti piane in materiali sintetici, si pensi soprattutto alle strutture in vetroresina, possono essere anche trasparenti, offrendo un grande fascino architettonico.

Oltre ai problemi teorici, le strutture a guscio fatte di materiali sintetici, come quelle fatte in metallo, nascondono anche gli alti costi dei materiali.

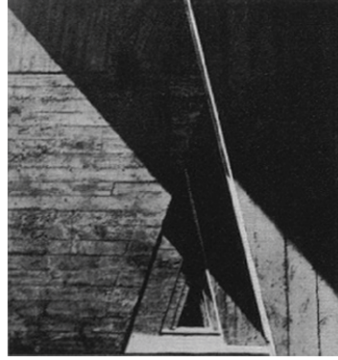
Ovviamente gli architetti e gli ingegneri spesso non comprendono a fondo o fraintendono le nuove forme costruttive. Allo stesso modo può succedere che una soluzione concepita correttamente venga stravolta all'ultimo momento, perché le ditte produttrici hanno poca esperienze con questi metodi costruttivi.

La forma esteriore fa pensare che ad esempio le strutture corrugate o a guscio richiedano una costruzione tradizionale, senza sfruttamento dei vantaggi statici concessi dalla forma (Fig. 16, 17, 18).

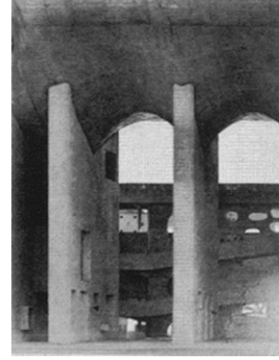
C'è bisogno di tempo perché le strutture portanti piane vengano comprese, prima da ingegneri e architetti e poi da tutti. In realtà siamo solo all'inizio dello sviluppo di un nuovo metodo costruttivo. Le strutture portanti piane ci permettono di costruire spazi che esprimono in ogni punto la propria funzione. Ci sono una miriade di esperienze spaziali mai provate prima ad attenderci (Fig. 19, 20, 21). Ovviamente non mancheranno gli errori.



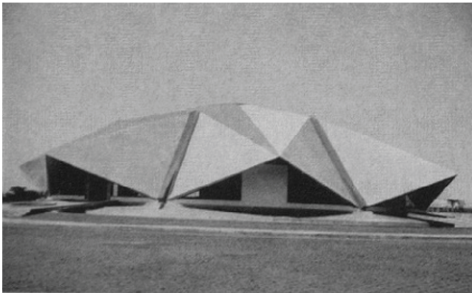
1



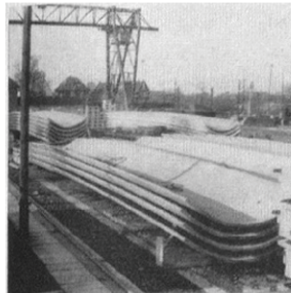
2



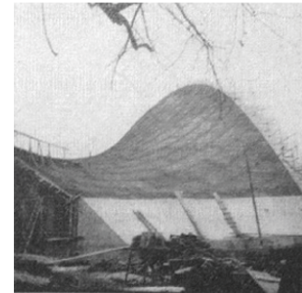
3



4



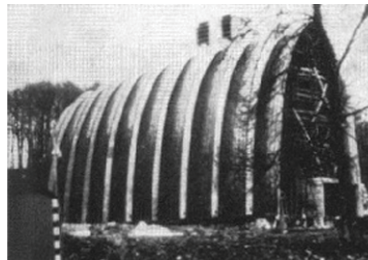
5



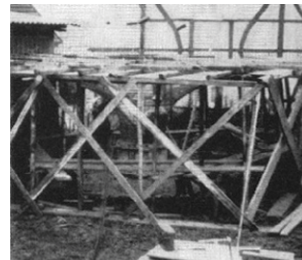
6



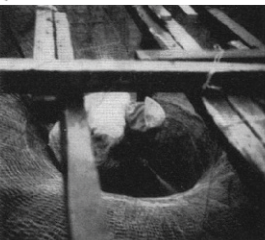
7



8



9



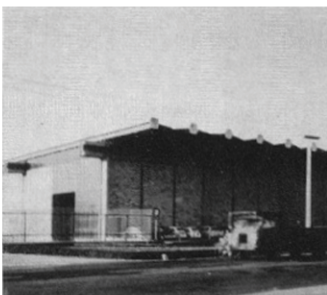
10



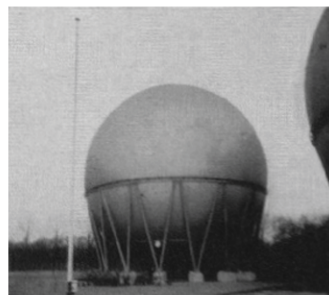
11



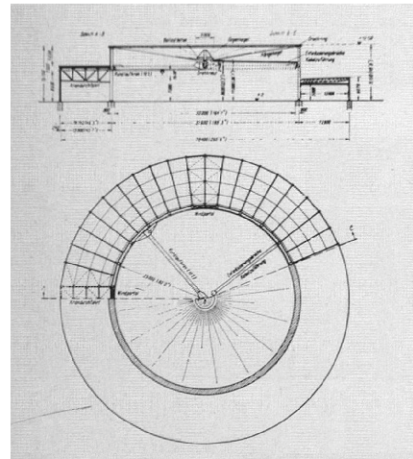
12



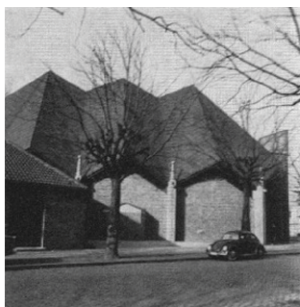
13



14



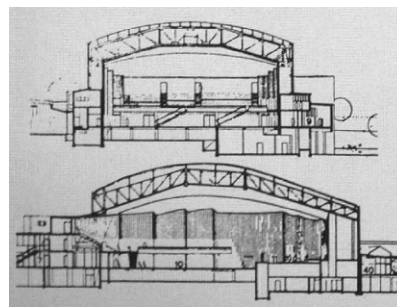
15



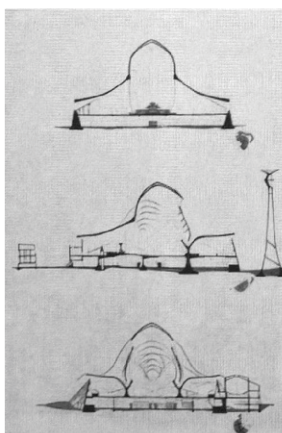
16



17



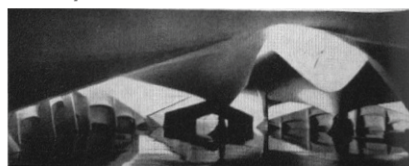
18a, 18b



19



20



21

Fig. 1_ Supporti di Villa Savoie a Poissy. Astiforme 1929.

Fig. 2_Unità d'Abitazione a Nantes Rezé. Piano 1952.

Fig. 3_Palazzo di giustizia a Chandigarh. Tridimensionale 1956.

Fig. 4_Struttura corrugata a Maracaibo.

Fig. 5_Cassaforma prefabbricata, W. Silberkuhl.

Fig. 6_Chiesa di St. Suibert, Essen-Überruhr. Architetto: Josef Lehmbrock. Ingegnere: Stefan Polónyi. Guscio a paraboloidi iperbolici con bordo iperbolico.

Fig. 7_Chiesa di St. Maria Himmelfahrt, Düsseldorf-Erkath-Unterbach. Architetto: Josef Lehmbrock. Ingegnere: Stefan Polónyi. Il guscio a paraboloidi iperbolici è generato da linee rette delimitate.

Fig. 8_Chiesa St. Hedwig, Oberursel. Architetto: Hein Günther. Ingegnere: Stefan Polónyi. Arco del guscio irrigidito con nervature, formate conformemente ad una superficie di controllo.

Fig. 9, 10, 11_Guscio di prova. Cerchio sul tetto a Essen-Überruhr. Guscio senza guscio. Progetto: Ingegnere Stefan Polónyi.

Fig. 12_Chiesa St. Pius X a Krefeld. Guscio a paraboloidi iperbolici (immagine del modello).

Fig. 13_Struttura corrugata dell'atrio di una industria a Padova.

Fig. 14_Serbatoi di Rehag, Köln-Mühlheim.

Fig. 15_Shell conica dell'edificio industriale dell'azienda metalmeccanica L. Binder und Co. a Gleisdorf, vicino Graz.

Fig. 16_Franziskus-Kirche a Bonn

Fig. 17, 18a, 18b_Bethoven-Halle a Bonn. Architetto: S. Wolske

Fig. 19, 20, 21_Progetto della Chiesa di pellegrinaggio a Siracusa, 1957, di Enrico Castiglioni.

GUSCI E STRUTTURE CORRUGATE

Stefan Polónyi

Polónyi, S. (1967, Fascicolo 36). *Schalen und Faltwerke*. Bauwelt 58, 908-913.

Guscio ad arco

Chiesa di St. Hedwig a Oberursel (1963)

Architetto: Hein Günther, Francoforte

Ingegnere: Stefan Polónyi, Colonia

Realizzazione: HUTA, Francoforte sul Meno

La lunga e alta navata della chiesa ha una parabola come sezione trasversale; vertice e appoggi sono stati realizzati secondo una debole curva.

Per salvare il ponteggio, in particolare i costi relativi al ponteggio, ed una significativa parte della cassaforma, è stata assegnata una costruzione prefabbricata. Il guscio è composto da elementi ad arco. È stata scelta una larghezza di 4,00 m e perciò è stata scelta una costruzione prefabbricata in loco.

Per poter produrre tutti gli elementi in una cassaforma, è stato scelto un guscio dotato di nervatura di bordo, una nervatura è stata progettata come trave, l'altra come rivestimento. Durante il montaggio la trave deve corrispondere ciascuna alla forma del rivestimento dell'elemento confinante collegandosi in un arco comune. Le travi hanno la stessa altezza, il riferimento è diverso da elemento a elemento, cosa che può essere ottenuta mediante il diverso alto contributo di calcestruzzo. L'altezza e la larghezza variabile dell'aula è dovuta alla diversa interruzione della fine della cassaforma.

La superficie del guscio era stata scelta come superficie di controllo. È stata definita da generatrici che giacciono nel piano normale della traiettoria a parabola e che con il piano della traiettoria formano un angolo costante.

Il montaggio è stato portato a termine con l'aiuto di un sistema organizzato sull'asse della chiesa, con una impalcatura mobile, gli elementi a mezzo-arco sono stati posti fino a che l'effetto ad arco è stato stabilito.

Per sollevare i due elementi del guscio normali al livello del suolo, furono fornite travi. La trave trasversale è fissata rispettivamente al vertice vicino l'uncino della gru e sul punto più basso della trave trasversale un secondo cavo è fissato alla punta della gru. La gru solleva l'elemento solo mediante il movimento del braccio. Poi la fune normale può essere ritratta e può portare l'elemento nella posizione corretta. Alla fine, l'impresa edile decise di costruire in loco e usare solo una frazione dei vantaggi del progetto originale.

Copertura della chiesa di St. Mariä Himmelfahrt a Erkrath-Unterbach, vicino Düsseldorf, realizzata con guscio a paraboloidi iperbolici nel 1963

Architetto: Josef Lehmbruck, Düsseldorf

Ingegnere: Stefan Polónyi, Colonia

Realizzazione: Artur Simon Baugesellschaft mbH, Colonia

Il tetto della chiesa è composto da quattro paraboloidi iperbolici, dei quali i due anteriori sono più grandi di quelli posteriori. È caratterizzato l'intersezione delle creste sopra l'altare. Un'apertura di circa 10 m x 10 m si trova sopra il presbiterio. Qui c'è un telaio di bordo poggiate su quattro supporti. Quattro gusci a paraboloidi iperbolici sono disposti sopra l'apertura e si appoggiano sul telaio di bordo. Le superfici di vetro poste fra gli angoli di supporto dei gusci superiori e i bordi del telaio sono la sorgente luminosa per il santuario. Le pareti laterali, che racchiudono lo spazio ottagonale – di dimensioni parie a circa 1000 mq – sono realizzate in cemento armato. La forma piegata rende

possibile l'assorbimento delle forze orizzontali dal *Gratträger*². Il *Randträger*³ e il *Gratträger* agiscono sempre insieme con il guscio. Pertanto sono formate dall'aumento continuo dello spessore del guscio.

Il guscio inferiore è stato cementato in modo tradizionale; è di 4 cm di spessore rinforzato con tessuto in acciaio. Il diametro del rinforzo è di 4 mm. Delle reti sono state poste in modo sfalsato. Le posizioni in cui le tre reti si sovrappongono sono decisive per lo spesso del guscio. Quando le reti sono ruotate in modo tale che le barre sono interconnesse, sono necessari 2 cm in totale per il rinforzo. Per questo, 1 cm di copriferro viene contato due volte. La pratica dimostra che è molto difficile fissare le reti in modo preciso. Per questa ragione è raccomandabile scegliere almeno 4,5 cm per lo spessore del guscio.

Il guscio superiore è stato rinforzato con un acciaio locale a causa della forte curvatura. Il suo spessore è di 3,5 cm. Il guscio è stato cementato con una procedura proiettata.

Guscio a paraboloide iperbolico

Chiesa di St. Suitberg a Essen-Uberruhr (1964)

Architetto: Josef Lehmbruck, Düsseldorf

Ingegnere: Stefan Polónyi und Richard v. Kalmar, Berlin, Köln

Test sui modelli: Institut für Spannungsoptik und Meßtechnik⁴ Walter Köln, Essen

Realizzazione: Gerlach Bauunternehmung, Essen, Torkret GmbH, Essen

2 (N.d.T.) *Gratträger* = Congiunzione delle due parti della copertura nel punto in cui si forma la piega. Si tratta di una linea di displuvio ad andamento non orizzontale che deriva dall'ispessimento dei gusci lungo la linea d'incontro. [cfr. Glossario]

3 (N.d.T.) *Randträger* = Linea di congiunzione fra la copertura ed il muro che la sostiene. [cfr. Glossario]

4 (N.d.T.) *Institut für Spannungsoptik und Meßtechnik* = Istituto di fotoelasticità e valutazione

Calibrazione: Vermessungsbüro O. Thies, Duisburg

Il committente desiderava una disposizione semicircolare della chiesa attorno all'altare. Un guscio a paraboloidi iperbolici è stato scelto per coprire la luce di 38m. Questo guscio si trova su due fondazioni – costruite in corrispondenza della sezione iperbolica orizzontale della superficie – che sono connesse tra di loro mediante dei cordoli in precompresso. Il supporto su due fondazioni è favorevole nelle zone di subsidenza, perché il cedimento di una fondazione non causa nessuna tensione nel guscio; il guscio è per lo più insensibile all'assestamento irregolare della fondazione per via della sua morbidezza. I bordi liberi del guscio sul lato d'ingresso e sul lato dell'altare rivelano la sezione iperboloidica della superficie con piano di simmetria perpendicolare al piano orizzontale.

Il lato d'ingresso e quello dell'altare sono stati completati con una sovrapposizione di elementi a piastra piegati, tra i quali penetra luce indiretta in chiesa. Gli elementi a piastra piegata vengono posizionati con un'inclinazione verso l'interno dell'aula; in tal modo la parte migliore dell'aula è quella posta sull'altare. Gli elementi sono posti su fondazioni continue curve e posizionati su archi spaziali sotto il guscio, disposti parallelamente ad una distanza di 20 cm. Gli archi sono anche sostenuti dalle fondazioni del guscio. I montanti dei tubi dell'impalcatura erano a sostegno di una griglia romboidale ad una distanza di 3 m l'uno dall'altro per sostenere la cassaforma. Così la posizione dei travetti e le assi di collegamento corrispondono entrambi ai fasci delle rette generatrici. La calibrazione, in particolare del bordo del guscio, a questa altezza, è un compito molto difficile. Per questo, all'ingegnere è richiesta una buona conoscenza tecnica e buone abilità.

Una maglia strutturale di acciaio è stata utilizzata per il rinforzo, le cui aste principali giacciono in direzione delle principali sollecitazioni di trazione.

Il guscio è stato cementato col procedimento Torkret. Il calcestruzzo

deve essere gettato continuativamente partendo dal basso. Un cambio di direzione nel getto di calcestruzzo, che è stato effettuato a causa di forti venti provenienti da direzione sfavorevole, ha avuto gravi conseguenze. Il punto di connessione non ottenne un corretto collegamento a causa dei residui di calcestruzzo rimasti in mezzo. Quando si è debullonato il ponteggio, un punto di circa 7,0 m è stato aperto. Dopo lo smantellamento del ponteggio, questo punto è stato tagliato fuori e gettato nuovamente.

Un esame a ultrasuoni del guscio - effettuato dal *Materialprüfungsamt Dortmund-Aplerbeck*⁵ (=Ufficio per i test sui materiali di Dortmund-Aplerbeck, N.d.T.) - ha rivelato altre aree critiche, che sono state migliorate.

Un test di carico, effettuato da *Beton - und Stahlbetonbau Karlsruhe*⁶ (=Istituto di costruzioni in cemento e calcestruzzo armato di Karlsruhe, N.d.T.), ha mostrato un risultato positivo.

Al bordo libero, il guscio è particolarmente vulnerabile allo stress: qui i più grandi sforzi di compressione si verificano nella direzione dell'arco, mentre le forze di trazione sono ancora piccole e quindi non hanno un effetto stabilizzante.

Cercare di risolvere teoricamente i problemi di stabilità di questi gusci trova grandi difficoltà.

I risultati delle prove di stabilità del modello sono incerti per una valutazione concreta, poiché non vengono considerate specialmente le imprecisioni di costruzione (impostazione imprecisa della superficie del guscio).

Per questo motivo, sono stati installati negli archi sopra le pareti piegate dei bulloni a vite, che passavano attraverso la struttura interna del guscio. Sopra e sotto il guscio ci sono lastre di acciaio con cuscinetti in gomma dura, che possono essere regolati con i dadi. Con l'ausilio di questo dispositivo, il

5 Dipl.-Ing. Scheer

6 Prof. G. Franz, Dr. Ing. W. Teepe

guscio deve essere nuovamente premuto nella posizione di progetto nel caso di instabilità.

Il guscio ha ricevuto l'isolamento termico e la copertura di rame. I pilastri non sono rivestiti. Una fessurazione nel punto di connessione tra il guscio e il supporto a causa della temperatura sarà difficilmente evitabile.

Guscio in legno

Cappella di St. Rita nel monastero dei severini a Colonia (1965)

Architetto: Georg Gonsior, Köln

Ingegnere: Stefan Polónyi und Richard v. Kalmar, Berlin, Köln

Realizzazione: Rudolf Palm, Köln-Efferen

La cappella è stata costruita nel cortile del monastero. Si erge su un fungo di cemento all'altezza del primo piano.

La pianta esagonale regolare è stata concepita con tre gusci a paraboloidi iperbolici. Il bordo del tetto si sviluppa orizzontalmente.

I gusci sono formati da due strati di pannelli, che sono collegati da due viti di legno per intersezione. Lo spessore del pannello di 2,4 centimetri.

In un paraboloidi iperbolico su planimetria a parallelogramma subentrano nei tagli lungo le generatrici solo delle forze assiali in seguito al carico della neve. Così i bordi di connessione delle unghie non sono soggette a questo carico, le tavole non sono disposte nella direzione della generatrice, ma lungo le direzioni principali di curvatura.

Le forze di spinta richiedono il *Randträger*⁷ assialmente.

Una flessione del *Randträger* è causata, fatta eccezione per il peso proprio del *Randträger*, a causa del peso proprio del guscio e del vento sul guscio

7 (N.d.T.) *Randträger* = Linea di congiunzione fra la copertura ed il muro che la sostiene.
[Cfr. Glossario]

nonché l'eventuale eccentricità dell'introduzione delle forze longitudinali. La posizione del guscio rispetto all'asse di simmetria del *Randträger* può essere scelta in modo tale che questa eccentricità riduca il momento a causa del peso proprio della trave.

I *Gratträger*, che sono composti di due travi di legno squadrate, formano un cavalletto a tre punte, che è montato ai tre angoli del *Ringträgers*⁸ esagonale. Poiché solo ogni secondo angolo del *Ringträgers* viene caricato, quest'ultimo riceve una sollecitazione di flessione aggiuntiva nel piano orizzontale. Questo telaio chiuso è stato realizzato con profili in acciaio. E' montato su corti tubi rettangolari d'acciaio.

Il guscio, fissato alle travi di legno, la cui superficie superiore del guscio adiacente viene tagliata storta, e fissata con viti di legno. Le forze di taglio sono trasmesse per mezzo delle viti nelle travi d'acciaio.

Guscio in legno

Chiesa di St. Pius X a Krefeld

Architetto: Josef Lehmbruck, Düsseldorf

Ingegnere: Stefan Polónyi e Richard v. Kalmar, Berlin. Köln

Quattro paraboloidi iperbolici a pianta quadrata formano il tetto della chiesa. Poiché qui le campate sono più grandi, il guscio è composto da tre strati di tavole. Lo strato di fasciame superiore ed inferiore è disposto nella direzione delle principali sollecitazioni di compressione, lo strato intermedio è disposto nella direzione delle sollecitazioni di trazione.

Le tavole sono larghe 10 cm. Per garantire le articolazioni fra gli strati superiori e inferiore, sono inserite tavole di bilanciamento.

8 (N.d.T.) Ringträger = Elemento portante orizzontale che crea un anello unendo tutte le travi di bordo della struttura. [Cfr. Glossario]

Ogni intersezione è fornita di due viti, che devono principalmente assorbire le forze di spinta del carico neve e del vento (vedi Cappella St. Rita). Le viti filettate possono essere inserite con dei cacciaviti. Sono più economiche rispetto alle viti, in cui vi è ancora il rischio che con un numero così elevato non sarebbero adeguatamente pre-forati (avvitati col martello). Con le viti filettate, il rischio di fessurazione è inferiore che con i chiodi normali, e sono più adatti per profilatura.

Al fine di mantenere le deformazioni del guscio piccole, i singoli strati sono incollati insieme. Le viti filettate garantiscono una maggior pressione di incollaggio. Dal momento che l'incollaggio delle strutture portanti non può soddisfare i severi requisiti specificati nella norma DIN 1052, non è stato preso in considerazione nella verifica statica.

I *Randträger* sono in cemento armato, i *Gratträger* in acciaio. I pannelli sono collegati mediante legni squadrati adattati con essi.

I *Randträger* e i *Gratträger* si trovano su quattro pilastri, due dei quali sono progettati come portali. Cordoli in calcestruzzo precompresso collegano i pilastri situati di fronte. I *Randträger* sono supportati da pannelli in calcestruzzo armato prefabbricati.

Guscio in materiale plastico

Copertura di una stazione di rifornimento, Bayer AG a Leverkusen

Ingegnere: Stefan Polónyi und Richard v Kalmar, Berlin. Köln

Realizzazione: Farbenfabriken Bayer AG, Leverkusen, Torkret GmbH, Essen

Negli impianti Bayer, un guscio di prova è stato realizzato in poliestere rinforzato con fibra di vetro e poi utilizzato per coprire una stazione di rifornimento.

La base è quadrata, la lunghezza del lato è di 10 m. I *Randträger* sono costituiti

da tubi, che sono saldati tra loro agli angoli in sezione trasversale. Sono supportati ai quattro angoli da supporti tubolari. Un cavo di trazione collega i due punti angolari inferiori insieme.

I *Randträger* sono laminati con fibra di vetro-poliestere: le forze di spinta sono trasferite dal guscio nei tubi.

Il guscio è 3 mm di spessore. E' stato realizzato con una cassaforma col metodo del calcestruzzo spruzzato - Torkret. Il contenuto in fibra di vetro, calcolato sugli strati superiore ed inferiore, è in media del 20% del componente di peso. Per il guscio, una tensione di 89 kp/cm² è stata calcolata sotto carico neve. Nonostante il piccolo spessore, il guscio è in grado di assorbire i carichi concentrati.

Particolare attenzione deve essere posta sulla regolazione del cavo di trazione, dal momento che un cavo troppo teso porta ad una deformazione: di conseguenza, la superficie del guscio si muove fortemente durante il carico fino a quanto non compare un sistema di trazione.

Piastra in calcestruzzo armato - Struttura corrugata

Chiesa di St. Josef a Neuß-Weckhoven (1966-67)

Architetto: H. Schaller, Köln

Ingegnere: Stefan Polónyi und Richard v. Kalmar, Berlin. Köln

Test sui modelli: Institut für Modellstatik TU Berlin⁹

Realizzazione: A. Gürtler, Neuß

Progetto di una copertura strutturalmente uniforme rastremata nel piano in due direzioni, che si completa con un doppio abside, che la struttura corrugata offriva da sé. In questo caso, la superficie può essere progettata in modo tale che essa agisca come sistema portante primario.

9 Direktor Prof. Dipl.-Ing. Stefan Polónyi

Nella zona centrale, la struttura corrugata forma un arco a tre cerniere, che è montato su due muri bassi, che si incastrano in basso. Queste pareti sono dotate di un piede a L: sono state dotate di una fondazione su pali. Poiché l'arco a tre cerniere è molto ribassato, si verifica una grande spinta orizzontale. Per rimediare ad essa, le basi opposte sono collegate tra loro da cordoli di fissaggio in calcestruzzo precompresso.

La forma delle absidi determinato l'altezza massima delle linee dell'arco nella regione centrale. Così, dal collegamento dei centri di gravità delle sezioni ad arco parte una linea, che si trova più in profondità nel vertice rispetto alle aree adiacenti.

L'arco della struttura corrugata viene quindi sottoposto a forti sollecitazioni di flessione poiché l'asse dell'arco si estende lontano dalla linea di supporto. I momenti flettenti devono essere assorbiti da una forte rinforzo sulla cresta. Il desiderio di un lucernario indiretto potrebbe essere soddisfatto attraverso l'inserimento di ulteriori pannelli che formano una sezione scatolare triangolare quest'area. Le sollecitazioni su una struttura corrugata così complicata possono essere calcolate unicamente attraverso molte ipotesi semplificative. Un esperimento su un modello con 400 punti di misurazione è stato effettuato presso l'*Institut für Modellstatik*¹⁰ (= Istituto per la Statistica su modelli, N.d.T.) presso l'Università Tecnica di Berlino. Il confronto dei risultati del calcolo e le misurazioni hanno mostrato un riscontro soddisfacente.

Il rinforzo delle piastre triangolari consiste di due strati di rete metallica quadrata. Le sollecitazioni di flessione e di taglio ai bordi sono assorbite da una staffa a gomito e dalle staffe di rinforzo delle pieghe. Uno dei problemi più difficili è trovare la guida giusta per le staffe di rinforzo delle pieghe. Questa cambia dalla zona di tensione alla zona di pressione e deve anche essere portata oltre gli angoli; in queste zone le aste devono essere curvate

10 Versuchsleitung: Dipl.-Ing. Breitschuh
296

ed indirizzate ai lati delle piastre.

In origine, lo spessore delle piastre doveva essere di 5 cm. Tuttavia, poiché non è stato scelto il metodo convenzionale ma il calcestruzzo spruzzato, la piastra dovette essere rinforzata a 7 cm. Il necessario contro-cassero è stata formato da lamiera stirata (vedere la chiesa di St. Hedwig). Se le lastre sono di spessore più sottile di 7 cm, il calcestruzzo non può essere posto correttamente. Per le pieghe convesse dall'esterno furono progettati dei rinforzi a gomito a causa del rinforzo delle pieghe. Questi si trovano nello strato d'aria del manto di copertura, che può essere formata con spigoli vivi, nonostante i cuscinetti.

Piastra in calcestruzzo armato prefabbricata - Struttura corrugata

Tribuna per il campo d'allenamento della prima squadra della Federazione Calcio di Colonia

Progetto: 1965,

Esecuzione: 1967

Architetto: Hans Schulten, Köln

Ingegnere: Stefan Polónyi und Richard v. Kalmar, Berlin, Köln

Realizzazione: Beton- und Fertigteilwerk Stewing, Dorsten

La copertura della tribuna è costituita da due elementi - un elemento con gli scalini ed un elemento a piastra piegata. Questi elementi sono assemblati in una struttura a tre cerniere. La spinta orizzontale è assorbita dalla lastra di cemento sotto la tribuna.

Gli elementi sono stati prodotti in fabbrica. La loro larghezza (2,50 m) e la deformazione della piastra piegata della struttura tengono conto del trasporto su strada. Gli elementi della struttura corrugata possono essere trasportati in posizione capovolta con i rimorchi a pianale. Le piastre piegate sono state cementate in questa posizione. L'inclinazione della struttura

corrugata è stata scelta in modo tale che la cementificazione è possibile senza una contro-cassaforma.

Durante il montaggio, l'elemento coi gradini è supportato solo con pali. L'elemento di copertura è ruotato nella posizione corretta per mezzo di un congegno. Successivamente, i pali possono essere rimossi.

Per essere in grado di regolare il bordo del tetto, un incavo per una pressa idraulica è fornito nella parte posteriore. Tuttavia, a causa della diversa deformazione per scorrimento degli elementi, c'è da aspettarsi che il bordo anteriore del tetto non determini una linea retta. Pertanto, le estremità anteriori delle piastre piegate sono increspate. Il bordo frastagliato risultante non fa apparire imprecisioni.

Le forze del vento longitudinali non possono essere assorbite da una coppia di elementi. Un collegamento a vite con gli elementi adiacenti assicura il rinforzo per il vento.

La piastra piegata è fatta di calcestruzzo impermeabile. Un manto supplementare del tetto non è previsto. I punti di connessione degli elementi del tetto sono sigillati con un tappo in metallo.

STRUTTURE PORTANTI PIANE PER LA COPERTURA DEGLI SPAZI

Stefan Polónyi

Polónyi, S. (1968, Fascicolo 11). *Flächentragwerke für Raumüberdachungen*. Bauwelt 59, 348.

Questa fu la tematica di un convegno organizzato dalla Facoltà di Architettura e Ingegneria Edile della Università Tecnica di Berlino dal 6 all'8 febbraio del 1968 con il patrocinio della I.A.S.S. (International Association of Shell Structures). L'argomento centrale erano le strutture portanti piane per gli edifici industriali, che dovevano reggere alla concorrenza di costruzioni di altra natura.

L'ing. ETH Heinz Isler, di Burgdorf nel Canton Berna, mostrò le sue coperture di calcestruzzo, assemblate su un ponteggio e un cassero prefabbricati. L'ing. Hermann Rühle, di Dresda, offrì una panoramica sulle strutture portanti piane prefabbricate.

Isler mostrò delle strutture a gobba, ovvero con curvatura unidirezionale, il prof. Felix Candela, di Città del Messico, esibì delle strutture paraboloidiche iperboliche, ossia con curvatura in sensi opposti.

Isler determina tanto le forme delle sue strutture quanto le sollecitazioni in maniera sperimentale. Il prof. Pál Csonka, di Budapest, elaborò matematicamente delle strutture a pianta triangolare e poligonale e dimostrò che in via teorica si possono sviluppare e gestire anche forme strutturali interessanti.

Nella sua seconda relazione, Isler si occupò di materiali plastici e del loro utilizzo nell'edilizia del soprassuolo e in quella sotterranea. In questo ambito si parlò del poliestere in fibra di vetro e delle schiume di poliuretano, utilizzati specialmente per le costruzioni portanti. A causa delle proprietà del materiale, delle tecniche di lavorazione e dei prezzi relativamente alti, il poliestere in

fibra di vetro viene utilizzato per costruzioni a parete sottile: gli involucri. Per campate più ampie si prendono in considerazione involucri uniti tra loro a panino con uno strato centrale realizzato prevalentemente in schiuma di poliuretano.

In questo modo Isler mostrò che questi materiali plastici si rivelano un formidabile materiale modello.

Il presidente della I.A.S.S., il professor Haas, di Dellt, tenne una relazione sullo stato della ricerca. In quel contesto fece presente l'importanza di serie di esperimenti i cui risultati possono sempre essere riutilizzati per strutture di tipologia simile pur con diverse dimensioni.

Le prove dei modelli vengono intraprese principalmente con materiali plastici omogenei ed isotropi, che sotto carico di lavoro forniscono informazioni sullo stato tensionale, pur non permettendo di trarre conclusioni sulla resistenza alla rottura. Per questo motivo è consigliabile effettuare le prove dei modelli in microbeton.

Durante il dibattito con gli ospiti e i professori von Halász, Koepcke e Pilny si cercò di chiarire se le strutture potessero avere altre funzioni oltre al semplice impatto visivo. A questo proposito si discussero i fattori che influivano sulla redditività. Nella discussione furono tralasciati gli edifici di rappresentanza, per i quali non è prevista alcuna redditività.

La copertura venne considerata il fattore più importante. Le coperture di rame adoperate nella Repubblica Federale per le chiese non vengono prese in considerazione per gli altri edifici, dal momento che solo queste costano quanto la struttura stessa. Si constatò che la copertura diventava complessa se c'era necessità di applicare alla struttura anche solo uno strato di isolamento termico. La soluzione più vantaggiosa sembra dunque essere, in sintonia con quanto Isler ha fatto spesso per le sue strutture, quella di posizionare l'isolamento termico all'interno. Isler costruisce le sue strutture

da 14 anni con casseri non riutilizzabili della Heraklith, i quali fungono da isolante termico. La struttura è dunque spessa 8 cm e non mantiene l'impermeabilizzazione. Non tenendo conto dei casi estremi, non sembra che ci siano state mai contestazioni. Per la prima volta ha ricevuto da Pilny una convalida professorale: questa soluzione è concepibile dal punto di vista della fisica edile. È importante che il vapore riesca a diffondersi attraverso il calcestruzzo. Pertanto l'impermeabilizzazione della copertura sarebbe un errore.

Se comunque non si applica alcun isolamento della copertura, il calcestruzzo dev'essere a tenuta d'acqua, così che la struttura sia interessata da crepe il meno possibile o che l'ampiezza di eventuali crepe sia il più possibile contenuta. Tale risultato si può raggiungere in certa misura grazie all'utilizzo di strutture nelle quali si verificano solo sollecitazioni di compressione. Strutture piane con concavità non accentuata rispettano questa condizione; a questo proposito gli elementi di bordo sono realizzati in calcestruzzo precompresso. Naturalmente nel caso di strutture in cemento armato non isolato si presenta il problema della protezione dell'armatura dalla corrosione. Se le crepe, secondo quanto consigliato dal CEB (Comité Européen du Béton), restano al di sotto di 0,1 mm ed è prevista una copertura in calcestruzzo che si confà alla profondità di carbonatazione (circa 2 cm), si dovrebbe essere abbastanza al sicuro dalla corrosione.

Per strutture con curvatura in sensi opposti, ad es. paraboloidi iperbolici, sarà piuttosto difficile mantenere un'ampiezza delle crepe contenuta. Le domande di carattere tecnico relative alla realizzazione si concentrano sul cassero sul collocamento del calcestruzzo. Il metodo di costruzione della struttura può quindi essere economico, se viene realizzato con casseri e ponteggio prefabbricati. Come Candela ha messo in evidenza, il cementare è dispendioso solo per strutture scoscese, perciò è preferibile evitarle per

capannoni industriali. L'atomizzatore può rivelarsi economico per strutture sottili (spessore < 5 cm). La prefabbricazione ha senso solo se prevalentemente meccanizzata. Ciò può valere purtroppo solo per una fabbrica stazionaria; perciò le dimensioni degli elementi devono essere adeguate ai mezzi di trasporto su strada. Per questo motivo strutture prefabbricate in cantiere non sono state prese in considerazione nella discussione.

Von Halász sosteneva che per i prefabbricati si dovesse far attenzione al fatto che il montaggio fosse possibile senza l'aiuto di un ponteggio. Se le misure del capannone non dovessero consentirlo, la struttura dovrebbe essere cementata in loco su un cassero fabbricato in maniera funzionale.

Dopo questa riflessione, prendiamo in considerazione come prima cosa le strutture portanti piane a trave, delle quali Rühle si è tanto occupato nella sua relazione. Secondo la sua ricerca – in conformità a un sistema di classificazione — le strutture a risego prismatiche a trogolo da 5 lastre si sono mostrate la soluzione più economica. Quest'analisi dovrebbe essere estesa anche alle lastre alveolari a doppia parete.

Le costruzioni a cupola possono essere montate a partire da segmenti stretti con un supporto ausiliario al centro. In questo modo un ponteggio di ausilio non influenza considerabilmente il processo di montaggio.

La successiva discussione si riagganciò alla conferenza di Haas e si occupò del problema dei crolli. Il carico critico fu individuato per le strutture con curvatura unidirezionale dalla formula:

$$P_{crit} = \alpha (E s^2) / (R_1 R_2)$$

In questo contesto:

E = modulo di elasticità

s = spessore della struttura

R₁; R₂ = raggi di curvatura principali nel punto della struttura sottoposto ad analisi. Csonka consigliò di scegliere il fattore di crollo α in modo che vi fosse

contenuto il fattore di sicurezza, il quale deve tener conto dell'imprecisione delle realizzazioni (spessore della struttura, divergenza di forma), delle oscillazioni del modulo di elasticità, dello scorrimento viscoso, delle divergenze nella distribuzione del carico. Csonka calcolò la grandezza di questo fattore come 0,06. Questo numero viene dai risultati dell'esperimento di Torroja; corrisponde al calcolo secondario di un caso di danno.

Haas spiegò che ricerche più recenti avevano portato alla chiarificazione di alcuni problemi, comunque sono necessarie in questo ambito ancora ulteriori ricerche, nelle quali le singole incertezze devono essere introdotte separatamente. Ciò vale anche per la sperimentazione di modelli che viene intrapresa per la determinazione della sicurezza contro i crolli. Durante il convegno non si trattò il calcolo elettronico delle strutture portanti piane. Questa tematica è stata oggetto del Congresso sulla computerizzazione che fu organizzato alla Università Tecnica di Berlino insieme al M.I.T. dal 22 luglio al 2 agosto 1968.

Le strutture portanti piane che si risolvono in travatura e tensostruttura sono state discusse in una serie di conferenze con S. Du Chateau, Le Reclais, Sarger dal 27 al 29 maggio 1968.

ARCHITETTURE SACRE

Stefan Polónyi

Polónyi, S. (2003). *Sakralbauten*. In S. Polónyi, & W. Walochnik, *Architekture und Tragwerk* (p. 207-230). Berlin: Ernst & Sohn.

10.1 Kirche, Hamburg-Lurup¹¹

Progetto del 1960 (non realizzato)

Il progetto urbano per il nuovo complesso residenziale a Hamburg-Lurup prevedeva soltanto un'area con un gruppo di edifici composto da chiesa, centro comunitario e due canoniche, che circondano la piazza su tre lati. La torre sul fronte stradale non è stabilmente integrata nel gruppo di edifici. La chiesa ha una pianta quadrata, che è formata da due pareti a forma di V. Sul lato dell'ingresso e su quello dell'altare le aperture sono schermate da pareti curve. E' possibile accedere da entrambi i lati: sia dalle pareti piegate che da quelle squadrate. Attraverso il muro della porta d'ingresso, la luce entra nel vestibolo dove è situato il fonte battesimale. Dal lato dell'altare i muri sono formati alla stessa maniera. Le superfici intermedie sono vetrate.

La struttura del tetto è basata sulle due pareti piegate, che fungono da *Faltwerk*. Le travi che sporgono da entrambi i lati del muro piano di supporto, assieme alle travi che si trovano sulle pareti laterali e che sono montate sullo stipite e sostenute a mensola, formano il bordo delle calotte. La copertura a tenda sulla pianta esagonale è costituita da quattro gusci *hypar*¹².

Lo spessore dei gusci di cemento armato è 4 cm. Quando si incontrano i singoli gusci si forma un *Gratträger*, e quindi "quattro zampe". Il *Gratträger*

¹¹ Polónyi, S. *Berechnung der hyperbolischen Paraboloid-Schalen über beliebigen Viereckgrundrissen*, Beton- und Stahlbetonbau 9/62.

Polónyi, S. *Gesichtspunkte zur herstellungstechnisch und statisch zweckmäßigen Gestaltung von Stahlbeton-Flächentragwerken*, Humanismus und Technik, Band 12, Heft 2, 20.06.1968.

¹² Kind-Barkauskas, F., Kauhsen, B., Polónyi, S., Brandt, J.: *Beton Atlas*, Birkhäuser, Basel/Boston/Berlin 2001, 2. Aufl. (Atlante del Cemento (ital.) UTET Torino 1998), p. 159-161

giace sull'asse di simmetria e si basa su entrambe le *Faltwerk*, su cui possono poggiare anche le componenti orizzontali. Il supporto laterale delle creste è montato, nella parte più in basso, solo verticalmente.

Paraboloidi iperbolici oltre pianta quadrilatera irregolare

Nel progetto preliminare era prevista una *Faltwerk* piramidale su pianta esagonale, che avrebbe avuto un notevole spessore della piastra. Perciò ho proposto di assemblare con la stessa forma quattro gusci notevolmente più sottili a paraboloidi iperbolici, che comunque non avevano una pianta a parallelogramma. (Il calcolo dei gusci *hypar* su pianta a parallelogramma era conosciuto dalle pubblicazioni di Candela e Tester.) Attraverso una duplice trasformazione è possibile rappresentare un qualsiasi spazio squadrato con una proiezione a parallelogramma. Questa trasformazione si può eseguire con i metodi della geometria descrittiva delle proiezioni di Monge o con l'aiuto del calcolo vettoriale¹³.

Un'inondazione non ha reso possibile la realizzazione del progetto. Si pensò di utilizzare il denaro altrove e ci si accontentò di una sala della comunità. Dopotutto, il metodo di calcolo messo a punto per questa piccola chiesa fu usato in seguito per St. Mariä Himmelfahrt a Erkrath-Unterbach (10.3).

10.2 Kirche, Neuss¹⁴

Progetto del 1961 (non realizzato)

Lo schizzo di una chiesa a Neuss mostra un orientamento est-ovest della pianta. La chiesa sovrasta una zona che è in due punti più alta rispetto al terreno circostante. L'asse è la strada e il successivo sviluppo è inclinato.

La struttura portante della chiesa è costituita da gusci di cemento armato che circondano la chiesa che permettono alla luce di entrare direttamente e

¹³ Polónyi, S. *Berechnung der hyperbolischen Paraboloid-Schalen über beliebigen Viereckgrundrissen*, Beton- und Stahlbetonbau 9/62.

¹⁴ Bauwelt 22/61, S. 629

indirettamente. Lo spessore contenuto del guscio è enfatizzato sulla parte centrale del lato frontale attraverso aperture per superfici vetrate. I gusci centrali sono pensati come archi a tre cerniere. Sono composti da elementi prefabbricati sdraiati sul pavimento. C'è sempre una cassaforma con una struttura bassa per i gusci centrali e terminali. La cassaforma è fatta di larghi elementi e può essere facilmente spostata. Durante il montaggio vengono eretti per prima i gusci terminali. Dopo vengono eretti i gusci centrali a forma di arco a tre cerniere. Fra i gusci terminali e centrali, grazie ad un ponteggio sospeso, viene realizzato un collegamento in calcestruzzo preparato in situ. Le pareti di testa sono illuminate indirettamente dall'alto e di lato. La luce è incrementata nell'area dell'altare attraverso differenti tonalità di grigio del vetro.

L'organo è situato in una galleria nella parte posteriore della parrocchia. Pulpito e fonte battesimale sono previsti accanto all'altare.

Le campane elettroniche sono disposte nella parte superiore in testata.

10.3 Kirche St. Mariä Himmelfahrt, Düsseldorf-Erkrath-Unterbach¹⁵

La pianta a geometria ottagonale uniassiale della chiesa di St. Mariä Himmelfahrt a Düsseldorf è coperta con quattro gusci paraboloidi iperbolici di 4 cm di spessore. Si estendono tra la parete esterna in calcestruzzo armato e i *Gratträger*, i cui assi si intersecano sopra l'altare. Sull'altare è posta una lanterna, che è composta da un telaio sostenuto da quattro supporti. Il *Gratträger* termina nel telaio, che funge anche da *Randträger* dei gusci *hypar*. Il *Gratträger* deriva dall'ispessimento dei gusci lungo la linea d'incontro. In tal modo si evita uno spessore variabile. Allo stesso modo i gusci con spessore

¹⁵ Polónyi, S. *Schalen und ihre Randträger*, DBZ 3/65, S. 371-376.

Polónyi, S. *Flächentragwerke im Kirchenbau*, Das Münster 7/8 - Zeitschrift für christliche Kunst und Kunstwissenschaft, München/Zürich 1966, S. 202-204.

Polónyi, S. *Schalen und Faltwerke*, Bauwelt 36/67, S. 908-913.

invariabile sono collegati con le pareti esterne.¹⁶

Anche la lanterna è stata realizzata con quattro gusci a paraboloidi iperbolico ($d = 3.5 \text{ cm}$) formati col metodo del calcestruzzo spruzzato. Questi poggiano sulla parte centrale delle travi del telaio. Le creste formano un cavalletto a quattro gambe. Nascono dall'ispessimento dei gusci lungo la generatrice comune. Anche i *Randträger* inferiori, che vengono sollevati verso gli angoli, sono stati formati dall'ispessimento del bordo. (Per la prova statica vedi 10.1) Collegandosi al telaio orizzontale della lanterna, i gusci formano degli angoli (negativi) sulle superfici degli *hypar*.

Costruire in calcestruzzo in inverno. Il guscio deve essere gettato prima dell'inverno, altrimenti si incorre nel pagamento del noleggio per l'impalcatura per almeno tre mesi. Un giorno prima della gettata, previsto il 20 dicembre, sopraggiunse un freddo con -20 °C . Ciononostante la ditta esecutrice dei lavori ha voluto gettare utilizzando un calcestruzzo preriscaldato. Nei pressi della chiesa furono installati dei forni da coke e furono preparati dei teloni per coprire il cemento fresco. Con la morte nel cuore ho accettato. La resistenza del calcestruzzo richiesta infatti è stata raggiunta, ma i lavoratori erano congelati e si sono quindi impegnati ad introdurre il cemento il prima possibile, in modo da poter tornare al caldo. I risultati sono stati: in alcuni luoghi le assi avevano spinto nel terreno, quindi lo spessore del guscio era di soli 2 cm; l'armatura è andata verso il basso nelle aree di maggiore dimensione, quindi la copertura di cemento era inadeguata ed ha richiesto una successiva rilavorazione costosa. La lezione imparata è stata: componenti delicate come le strutture piane dovrebbero essere cementate solo con un tempo "piacevole", quando ai lavoratori piace stare all'aria aperta, e questo deve essere preso in considerazione durante la pianificazione.

16 Kind-Barkauskas, F., Kauhsen, B., Polónyi, S., Brandt, J.: *Beton Atlas*, Birkhäuser, Basel/Boston/Berlin 2001, 2. Aufl. (Atlante del Cemento (ital.) UTET Torinn 1998), p. 159-162.

Costruzione del tetto. La copertura è stata realizzata come segue: Sono stati avvolti dei fili zincati attorno all'armatura, che fuoriuscivano dal cemento e con cui si legavano dei travetti in legno di sezione quadrangolare ai gusci in direzione della generatrice. Questi travetti di legno quadrangolare non dovevano permettere all'aria di circolare. La lana di roccia è stata installata tra i travetti come isolamento termico. Poi la cassaforma è stata rimossa dal guscio e inchiodata sui travetti. Poi sono stati applicati i fogli di impermeabilizzante e la copertura di rame. Sappiamo dalla fisica che il "tetto freddo" è ventilato e il "tetto caldo" non è ventilato. Per il tetto ventilato, lo spessore dello strato d'aria è definito esattamente, come se non ci fossero anche gradazioni tra tetti caldi e freddi; anche in natura ci sono sempre delle vie di mezzo. Lo spessore richiesto dello strato d'aria è infatti dipendente dall'intensità della diffusione del vapore. In una chiesa quattro centimetri sono sufficienti. La produzione di vapore è limitata a poche ore e a qualche giorno, motivo per cui il vapore, anche con uno strato sottile di aria, ha abbastanza tempo per uscire.

In un angolo della lanterna la copertura non è riuscita a tenere il tetto ermeticamente, diversi tentativi di riparazione non portarono il risultato desiderato. Dopo venti anni, infine, la struttura del tetto è stata demolita ed è stato costruito con un ampio margine un tetto freddo, che dà una nuova forma esterna della chiesa. Si è constatato che dove il tetto era stretto, la struttura del tetto era rimasta intatta: l'isolamento e il fasciame di legno erano asciutti e i fili di ferro di legatura erano privi di ruggine.

10.4 Kirche St. Hedwig, Oberursel/Taunus¹⁷

La lunga e alta navata della chiesa di St. Hedwiga Oberursel dovrebbe avere una sezione trasversale a parabola; la volta ed il piedritto dovrebbero estendersi

¹⁷ Polónyi, S., *Schalen und Faltwerke*, Bauwelt 36/67, p. 908-913.

in una curva leggermente ricurva. Per salvare il ponteggio, soprattutto le casseforme contrapposte, e per risparmiare una parte significativa dei costi delle casseforme, è stata fornita una costruzione prefabbricata. Il guscio dovrebbe essere composto da elementi di superficie di controllo lastriformi. È stata scelta una larghezza di 4 metri, e quindi una prefabbricazione in loco. Per poter costruire tutti gli elementi in una cassaforma è stato scelto un guscio dotato di nervature; una nervatura funge da trave e l'altra da rivestimento. Durante il montaggio la trave deve corrispondere ognuna al rivestimento del successivo elemento e formare una connessione con un arco comune. La trave ha sempre la stessa altezza, il rivestimento varia da elemento a elemento. Questo può essere ottenuto gettando il cemento in altezze diverse, senza variare il guscio. Il guscio ha uno spessore di 5 cm.

La ditta esecutrice dei lavori decise di utilizzare calcestruzzo preparato in situ. Dotò la chiesa di impalcatura. La cassaforma interna di solito aveva una superficie costituita da pannelli. La cassaforma esterna è stata formata da lamiera stirata che è stata sostenuta da circa a 30 cm di travetti di legno. Lo spessore del guscio doveva essere aumentato a 7 cm. La colata di cemento è stata faticosa, è stata compattata con vibratori esterni, che sono stati premuti contro i travetti di legno. Attraverso la lamiera stirata è stato osservato se il cemento avesse riempito correttamente l'intera cassaforma. Questo processo fu molto oneroso. Per la Chiesa di St. Josef a Neuss (10.8) e la Chiesa di St. Remigius a Wuppertal-Sonnborn (10.10) è stato usato lo stesso metodo di costruzione, in questi casi con più successo.

10.5 Kirche St. Suitbert, Essen-Überruhr-Holthausen

L'autoportante paraboloide iperbolico di St. Suitbert a Essen poggia su due piedritti in cemento. La campata del guscio è di 38 m. Nei piedritti sono alloggiati i confessionali. Questo per simboleggiare l'importanza

fondamentale del sacramento della confessione. I piedritti sono collegati tra loro da due travi precomprese da sotto il pavimento. Il guscio di 5 cm di spessore non ha bordi di supporto, ma solo un ispessimento dei bordi a 6 cm. Attraverso le pareti esterne inclinate ad elementi piegati in cemento armato, reciprocamente angolati che si basano su archi spaziali, entra luce indiretta, essi non hanno alcun legame con il guscio. La parte terminale forma una lastra di vetro telescopica.

La domanda è: come deve essere la forma delle superfici che delimitano lo spazio in modo che si sostengano? Presso la chiesa di Essen-Überruhr la forma è stata scelta attraverso un secondo criterio: la superficie doveva poter essere attivata in modo semplice. Pertanto è stata scelta una superficie a paraboloidi iperbolici, che, essendo una superficie rigata, per definizione presenta due sistemi di generatrici rettilinee. In una direzione vengono posti i travetti quadrangolari del ponteggio, mentre le assi della cassaforma vengono messe nella direzione opposta.

Le due estremità della copertura sono chiuse da elementi piegati, disposti in modo che si sovrappongano l'un l'altro in posizione invertita. Fra essi si interpone una striscia di vetro dalla quale entra luce all'interno. Le pieghe sono supportate dalle travi di fondazione e si estendono fin sotto l'andamento arcuato del guscio. L'arco e il guscio sono separati da un bordo largo 20 cm, di vetro, in modo che il guscio venga sfiorato dalla luce naturale durante il giorno.

Spessore del guscio. Volevo realizzare un guscio di 4 cm di spessore, perché i gusci di Candela sono altrettanto spessi. Il capo della divisione statica dell'ufficio di controllo delle costruzioni di Essen, il signor Hasenbein, mi disse che avrebbe fatto lui stesso l'esame ed il guscio doveva avere uno spessore di 8 cm, disse che faceva riferimento al regolamento per le piastre. Ma ero persistente, in quanto si trattava di un guscio e non una piastra; e per

i gusci a quel tempo non c'erano regole, quindi non erano legati. Se i gusci in Messico possono avere uno spessore di 4 cm, perché non in Germania? Dopotutto, avevo già realizzato a Düsseldorf-Unterbach un guscio di 4 cm, persino di 3,5 cm¹⁸. Perché no? Avevo tenuto nascosto il dubbio su quanto successo e ottenuto a Düsseldorf (10.3), poiché era da imputare al tempo avverso. Iniziiò la contrattazione: quando ancora non lasciavo andare a 6 cm - dopotutto, era una questione d'onore tenere il passo con Candela - Mr. Hasenbein disse: <<la mia ultima offerta è 5 cm. Se lei non è d'accordo, farò eseguire la prova statica dall'ufficio tecnico federale.>> A questo punto sono diventato pensieroso, perché il capo dell'ufficio tecnico federale si chiamava Hasenjäger¹⁹; ho ceduto, perché una zampa di coniglio è molto meglio che un cacciatore. Oggi gli sono grato per aver insistito su 5 cm spessore del guscio. Questo è lo spessore del guscio, in particolare a causa delle sovrapposizioni, se come armatura vengono usate delle reti elettrosaldate.

Calcestruzzo spruzzato. A causa delle superfici ripide, il guscio è stato costruito con il metodo del calcestruzzo spruzzato (metodo del calcestruzzo spruzzato a secco - Torkret). Diedi istruzioni che il calcestruzzo fosse eretto iniziando dai pilastri verso l'alto. Quando visitai il sito, vidi che la zona della sella era stata completata e fu spruzzata dall'alto verso il basso. Il capo cantiere mi disse che non potevano procedere diversamente con il forte vento in quella direzione. Però mi ha rassicurato poco questa spiegazione. Ma mentre abbassavamo l'armatura di 30 cm e brindavamo al successo, mi si gelò il sangue nelle vene. Scorsi una frattura nel guscio, che si trovava proprio nel punto in cui il calcestruzzo spruzzato dall'alto si congiungeva a quello inferiore. Nella frattura il calcestruzzo era sabbioso. Spruzzando dall'alto, erano cadute alcune gocce di cemento e si erano depositate nei

18 Polónyi, S. *Schalen und Faltwerke*, Bauwelt 36/67, p. 908-913.

19 (N.d.T.) Qui c'è un gioco di parole tra Hasenbein, letteralmente "zampa di coniglio", e Hasenjäger, letteralmente "cacciatore di conigli".

giunti di costruzione. Lo strato poroso non è stato rimosso con una spazzola metallica e soffiato via, ma il calcestruzzo è stato spruzzato su di esso. Quindi bisognava alzare di nuovo l'armatura. Da meticolose indagini sono state scoperte alcune altre aree danneggiate, che sono state eliminate e spruzzate nuovamente. Dopo la prova di carico, il guscio è stato disarmato.

Rigonfiamento. La resistenza al rigonfiamento di questo guscio non può essere dimostrata né con metodi matematici né con metodi statici. La zona a rischio è il bordo libero. Perciò ho fatto cementificare delle aste filettate, perpendicolari nella metà inferiore del guscio e curve nelle pareti piegate, che passavano attraverso la struttura interna del guscio. Nella parte superiore ed inferiore del guscio furono poste delle lastre di acciaio, la cui posizione era regolabile attraverso delle matrici. Tra le rondelle in acciaio ed il guscio di cemento armato sono state poste delle lastre di neoprene.

In seguito alla rimozione dell'impalcatura venne fuori che il bordo superiore destro non seguiva la curva pianificata per 5 metri, ma era più piatto. Stando sull'impalcatura si riusciva a dare più movimento alle grandi superfici. Si rese necessario l'utilizzo di un dispositivo di regolazione: grazie a delle viti il guscio venne spinto nella posizione pianificata, in cui si stabilizzò immediatamente e la zona precedentemente instabile contribuiva a sostenere il guscio. La causa del rigonfiamento era un assestamento locale dell'armatura, che aveva fatto incurvare il raggio osculatore della superficie. La resistenza al rigonfiamento è linearmente dipendente dalla curva gaussiana.

10.6 Kapelle St. Rita/Severinskloster, Köln²⁰

La cappella di St. Rita è stata costruita nel cortile del monastero dei Severini a Colonia. Si erge su un fungo di cemento di altezza pari ad un piano.

La planimetria esagonale regolare è stata coperta con tre paraboloidi

20 Polónyi, S. *Schalen und Faltwerke*, Bauwelt 36/67, p. 908-913.

iperbolici. Il bordo del tetto si estende orizzontalmente.

I gusci sono formati da due strati di tavolato disposti nelle due direzioni della curva. Lo spessore del pannello è di 2,4 centimetri. In un paraboloide iperbolico su planimetria a parallelogramma subentrano nei tagli lungo le generatrici solo delle forze assiali in seguito al carico della neve. Le forze assiali sostengono la linea di congiunzione fra la copertura ed il muro che la sostiene. Una flessione della linea si pone - tranne per il peso dello spigolo fra muro e copertura - a causa del peso proprio del guscio e del carico del vento ed eventualmente per l'eccentricità del momento dovuta all'introduzione delle forze longitudinali. La posizione del guscio sull'asse di simmetria del *Randträger* può essere scelta in modo tale che questa eccentricità riduca il momento a causa del peso proprio della trave.

Le linee di congiunzione dei tre paraboloidi iperbolici sono composti da due travi quadrangolari e formano un treppiede, che è montato a tre angoli del supporto dell'anello esagonale, questo diventa nel piano orizzontale una sollecitazione di flessione aggiuntiva. Questa struttura chiusa è costituita da profili di acciaio. Esso è montato su corti tubi rettangolari.

Il guscio è stato fissato con viti di legno a un tavolato ligneo, la cui superficie è tagliata storta in accordo col guscio. Le spinte vengono trasferite per mezzo delle viti alle travi d'acciaio.

Il fungo di cemento armato su cui sorge la cappella, può essere interpretato come una piastra statica, così come una piramide piatta. Per questa pendenza piana si sceglierebbe la forza di trazione agente sulla piastra. Questa forza di trazione agente sulla piastra entra in azione quando sul bordo si creano dei tagli radiali a causa di una piccola armatura ad anello, cioè quando viene meno la forza di trazione piramidale. Al giorno d'oggi, si dovrebbe calcolare il fungo col FEM, in cui la variabile dello spessore della lamiera viene inserita.

10.7 Kirche St. Pius X., Krefeld-Gartenstadt²¹ (16.8)

La copertura della Chiesa di St. Pius X a Krefeld è costituita da quattro *hypar* in legno, gusci a paraboloidi iperbolico, a tre strati inchiodati e incollati assieme. I gusci *hypar* sono supportati nel centro da una trave in acciaio e esternamente da una trave di bordo in cemento. La campata del tetto a sbalzo è di 32 m x 32 m. Il punto mediamente più alto si trova a 16,15 m.

Poiché si tratta di un'ampia campata, il guscio consiste di tre strati di tavolato. Lo strato centrale è nella direzione principale di trazione, il più alto e il più basso sono disposti nella direzione delle principali sollecitazioni di compressione per evitare il rigonfiamento. Tuttavia va osservato che il rigonfiamento non è un fattore rilevante poiché viene stabilizzato dalle forze di ripristino. Le tavole sono larghe 10 cm. Così, per coprire le articolazioni degli strati superiore ed inferiore, tavole di compensazione sono state inserite.

Le tavole sono state incollate fra loro. Tuttavia, non essendo permesso l'incollaggio in situ per carichi statici, le viti avevano avuto due compiti: hanno prodotto la pressione necessaria e soddisfatto i requisiti della norma. Le travi di bordo sono in cemento armato, quelle inclinate che collegano i vari paraboloidi iperbolici a due a due sono in acciaio; poi le tavole sono tutte collegate, la loro parte superiore è stata elaborata in modo tale che la superficie del guscio ne segua l'inclinazione (superficie sghemba). Le travi di bordo sono inchiodate alle tavole. Le forze delle travi sono state spostate attraverso apposite travi piallate nelle travi di bordo in cemento armato e nelle *Gratträger* in acciaio. Lo strato inferiore di pannelli (zona di visibilità) è realizzato in legno pregiato.

Le travi di bordo (sia quelle che congiungono i paraboloidi fra loro che quelle che li congiungono al muro) sono sostenute da quattro pilastri, due dei

21 Polónyi, S., *Schalen und Faltwerke*, Bauwelt 36/67, p. 908-913.
Holzbauatlas 2, Rudolf Müller, Köln 1991, p. 262.

quali sono costituiti da portali. Delle travi precomprese uniscono i pilastri contrari. Le travi di bordo fra copertura e muro sono supportate da pannelli in calcestruzzo armato prefabbricati. La copertura è realizzata in lamiera di rame piegata.

10.8 Kirche St. Paulus, Neuss-Weckhoven²² (17.3.8)

Per ottenere un tetto costruttivamente unitario per la pianta conica bidirezionale della chiesa di St. Paulus a Neuss, che è chiusa da una doppia abside, si utilizzò una struttura corrugata. La superficie può essere progettata in modo che agisca come sistema portante primario.

Nella parte centrale la struttura corrugata forma un arco a tre cerniere, montato e fissato su due muri bassi. Queste pareti sono dotate di un piede a L; hanno una fondazione su pali. Dal momento che l'arco a tre cerniere è piano, si verificano grandi spinte orizzontali. Per sistemare questo, le fondazioni opposte sono collegate da travi precomprese. La forma delle absidi ha determinato l'altezza massima delle linee dell'arco nella regione centrale. In questo modo, dalla congiunzione dei baricentri delle sezioni trasversali dell'arco parte una linea che si trova più in profondità nel vertice rispetto alle zone circostanti. Pertanto la struttura corrugata ad arco riceve grandi sollecitazioni di flessione, perché l'asse dell'arco è lontano dalla linea di supporto. I momenti flettenti devono essere assorbiti da una robusta piega di rinforzo.

Il desiderio di avere luce indiretta dall'alto potrebbe essere soddisfatto

22 Schaller/Theodor (Hrsg.): *Fritz Schaller Retrospektive*, Köln Oktober 1996.

Norman, E.: *The House of God* (engl.) Thames and Hudson Ltd., London 1990, p. 301; *Das Haus Gottes* (dt.) S. 301, Kohlhammer, Stuttgart 1990.

Rühle, H.: *Räumliche Dachtragwerke*, Konstruktion und Ausführung, Bd. 1, S. 217, 1969; Bd. 2, 1970; VEB-Bau-vorlag, Berlin; Rudolf Müller, Köln.

Gebauer, E.: *Fritz Schaller - Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau im 20. Jahrhundert*, Stadtspuren Bd. 28, J. P. Bachem Verlag, Köln 2000.

introducendo piastre supplementari che formano una sezione scatolare trasversale triangolare in questa area.

Le tensioni in un tale complicata struttura corrugata potrebbero essere matematicamente determinate soltanto attraverso molte ipotesi semplificatrici. Inoltre, il comportamento strutturale è stato controllato in un modello di vetro acrilico misurando la deformazione. A causa della complessa geometria 400 punti di misura erano necessari. Il confronto dei risultati calcolati e misurati ha mostrato un soddisfacente accordo.

Il rinforzo delle piastre triangolari consiste di due strati di rete metallica saldati. Le sollecitazioni di flessione e di taglio ai bordi sono assorbite da una staffa a gomito e dalle staffe di rinforzo delle pieghe. Uno dei problemi più difficili è trovare la guida giusta per le staffe di rinforzo delle pieghe. Questa cambia dalla zona di tensione alla zona di pressione e deve anche essere portata oltre gli angoli; in queste zone le aste devono essere curvate ed indirizzate ai lati delle piastre.

Originariamente lo spessore della piastra era previsto di 5 cm. E quando hanno optato per il metodo convenzionale e non per il calcestruzzo proiettato, i pannelli dovevano essere rinforzati a 7 cm. Le casseforme contrapposte erano state formate come nella chiesa di St. Hedwig a Oberursel (10.4) di metallo espanso. Per piastre, che sono più sottili di 7 cm, il calcestruzzo non contribuisce correttamente. Per le pieghe convesse guardandole dall'esterno furono progettati dei rinforzi a gomito a causa delle armature piegate. Questi si trovano nell'isolamento termico o strato d'aria sotto la copertura in rame, che può essere formato con spigoli vivi nonostante i gomiti. La copertura è stata realizzata come descritto nella Chiesa di S. Maria Assunta a Dusseldorf Erkrath-Unterbach (10.3).

I muri in cemento armato nella zona di base ed i timpani non sono rivestiti. Per raggiungere un certo grado di isolamento termico, sono state effettuate

in (calcestruzzo Leca) calcestruzzo leggero. Al momento, questo approccio è ancora abbastanza nuovo.

Fritz Schaller. Un giorno mi ha chiamato Fritz Schaller e ha detto di voler progettare una chiesa con me. Un sacerdote che era stato con lui, avrebbe voluto una lunga chiesa in cui si potevano anche organizzare processioni, e lui, Schaller, questa volta voleva costruire una chiesa alta. Avevo già incontrato Fritz Schaller qualche volta, probabilmente al Werkbund. Mi chiese se conoscevo le sue chiese. Risposi che ne avevo viste alcune. Per conoscerci meglio e per essere d'accordo sull'incarico, lui propose di andare con sua moglie di domenica in tour a Colonia e nelle zone circostanti, per visitare i suoi edifici e discutere. È stato un pomeriggio indimenticabile per me. Così iniziò una meravigliosa collaborazione durata un anno.

Quando ci immergemmo nei giorni seguenti nel lavoro, mi chiese quale struttura pensavo fosse più appropriata per formare il suo spazio. Abbozzai varie scelte abbastanza sistematiche, legno, acciaio e strutture in cemento armato. Le ordinammo per categorie, alcune delle quali erano fuori questione, ed infine decidemmo per una struttura corrugata in calcestruzzo armato.

Ora viene la fase in cui abbiamo formato questa struttura corrugata. Schaller disse che i due lunghi supporti sulla linea di colmo potevano essere più alti. Risposi che non avevo bisogno di porli più in alto perché il principale supporto era l'arco a tre cerniere, a mio parere un vettore più basso è migliore anche per ragioni architettoniche, ma in questa materia non dovevo immischiarmi perché di sua competenza. Poi Schaller disse: «Questo è il nostro lavoro, non vorrei disegnare nessuna linea con la quale non sei d'accordo.» Così la chiesa di St. Josef²³ a Neuss-Weckhofen, una delle strutture corrugate più

23 (N.d.T.) La prima denominazione della chiesa sarebbe dovuta essere St. Josef poi cambiata in St. Paulus. Su molti documenti, così come nello schedario personale di Polónyi la chiesa riporta la denominazione di St. Josef quindi probabilmente per questo motivo qui si riporta erroneamente questo nome.

interessanti che siano mai state costruite, vicina alle più famose chiese del mondo ha trovato posto nel libro “La casa di Dio”²⁴.

Abbiamo progettato insieme altre tre chiese e una casa più grande per gli anziani a Wuppertal-Sonnborn. La Chiesa di St. Remigius a Wuppertal-Sonnborn (10.10) doveva inizialmente essere una struttura ripiegata su una pianta ellittica; per ragioni di costo, però, è diventata un guscio composito di segmenti di cono sovrapposti, asimmetrici.

È stata una meravigliosa collaborazione quella con Fritz Schaller. Mi diceva spesso, <<Sfortunatamente, ci siamo conosciuti troppo tardi>> (Lui aveva già 62 anni a quel tempo, io solo 36).

In seguito ho spesso riportato questa storia ai miei studenti, per far loro capire come un architetto dovrebbe trattare col suo partner ingegnere.

10.9 Trauerhalle, Obertiefenbach bei Limburg

Per la delimitazione dello spazio della sala funebre in Obertiefenbach, una semplice superficie curva unidirezionale (in direzione longitudinale) sarebbe stata sufficiente. Per fare in modo che, nonostante lo spessore ridotto, fossero resistenti al rigonfiamento ed in grado di assorbire la forza del vento, i bordi furono “rimboccati”; così la superficie ottenne una contro-curvatura in direzione trasversale.

Il guscio di cemento armato copre uno spazio di 160 mq chiuso su entrambi i lati da facciate di vetro, l'altezza è di 5 m. Si tratta di una superficie ricurva su due lati contrapposti. I lati liberi sono realizzati senza rinforzo, ma la loro curvatura aumenta bruscamente verso la parte rimanente. Le due parti delle fondazioni sono connesse fra loro da cordoli di cemento armato.

La superficie è stata posta trasversalmente alla direzione delle travi, a breve

24 Rühle, H.: *Räumliche Dachtragwerke*, Konstruktion und Ausführung, Bd. 1, p. 217, 1969; Bd. 2, 1970; VEB-Bau-vorlag, Berlin; Rudolf Müller, Köln.

distanza dalle dime, che sono state tagliate in corrispondenza di una delle due direzioni della curvatura. Delle sottili doghe in legno poste in modo sfalsato sono state piegate nell'altra direzione (direzione delle travi) ed inchiodate alle dime.

In seguito all'installazione dell'armatura in entrambe le direzioni di curvatura e all'aggiunta di un supporto ad anello in ferro attorno alla zona centrale del guscio, che era meno curvata, il guscio è stato cementificato dal basso verso l'alto, è stato compattato con dei vibratorii e spalmato a mano.

10.10 Kirche St. Remigius, Wuppertal-Sonnborn

La Chiesa di St. Remigius a Wuppertal-Sonnborn ha una pianta ellittica ($D_1 = 30$ m, $D_2 = 24$ m) con una parete circolare. Su una corona di supporto poggia una trave a cassone con una sezione trasversale triangolare variabile, la cui parte superiore è dotata di lucernari a cupola. Entrambi i lati hanno aperture ottagonali per la luce diretta e indiretta dell'interno. Sulla trave a cassone ci sono due gusci a tronco di cono con asse sghembo ed un lucernario finale. Lo spessore del guscio inferiore è di 6 cm, quello superiore di 5 cm. Le forze del vento sono assorbite dalla parete cilindrica ellittica, mentre la forza orizzontale è trasmessa attraverso una apposita dentellatura. La cassaforma interna era di legno, quella esterna di lamiera stirata, come per la chiesa di St. Hewig a Oberbursel (10.4). Il calcestruzzo è stato compattato con dei vibratorii esterni. La copertura della chiesa, così come quella del campanile adiacente, è realizzata in lamiera di rame. La copertura in lamiera è stata applicata sul guscio in legno ricavato dalla parte interna del guscio in cemento armato. È stata inchiodata ai travetti in legno di sezione quadrangolare legati. Nello spazio tra il guscio in cemento armato e la cassaforma in legno è stato posto l'isolante termico. Tra isolante e guscio si trova uno strato d'aria. Le restanti superfici interne ed esterne sono state completate col calcestruzzo leggero.

La chiesa brucia. Il guscio in cemento armato era già pronto e la copertura del tetto era a buon punto. Ricevetti una telefonata: <<la chiesa brucia>>. Alla mia domanda se il conciato fosse già operativo fu risposto affermativamente. Alla mia domanda: <<il conciato sta già riparando il tetto?>>, la risposta fu: <<si>>. In entrambi i casi scoprimmo che la struttura portante non era stata intaccata dall'incendio. L'incendio aveva colpito solo la superficie esterna del guscio, così il calore poteva fuoriuscire direttamente.

In diverse costruzioni ci sono stati degli incendi durante la costruzione, che erano stati causati o dai conciati o dalle operazioni di saldatura. Un importante compito della direzione dei lavori è di impedire il rischio di incendio attraverso rigorosi controlli.

Gusci in cemento armato. I gusci in cemento armato – ad eccezione delle torri di raffreddamento e delle cisterne – sono stati costruiti più raramente durante gli ultimi due decenni in Germania, nonostante si imparò a calcolarli in modo più preciso grazie ai più veloci computer e ai migliori software FEM. I costi per il ponteggio, il guscio ed il lavoro manuale, che nei paesi ad alto tasso di industrializzazione potevano sembrare antieconomici, non possono essere l'unica causa, perché in Svizzera e in Francia Isler²⁵ costruiva ancora gusci ed anche in Italia si costruivano strutture corrugate prodotte in modo semi-industriale. È possibile che i progetti costruttivi siano meno adeguati, poiché la richiesta di chiese, piscine ed edifici rappresentativi ad aula in Germania è ampiamente soddisfatta. Tuttavia potrebbe anche essere dovuto al fatto che il trend architettonico attuale va verso le strutture in acciaio sottili e vetrate.

10.11 Kloster-Kapelle Frenswegen²⁶

Nel progetto della ex cappella a Frenswegen sui pilastri del muro c'è

25 Isler, H.: *Moderner Schalenbau*, arcus 18, Rudolf Müller, Köln 1992, Sp. 50-66.

26 v. Busse, H.B.: *Klosterkapelle Frenswegen, Gedanken zum Raum - Wege zur Form*, Karl Krämer Verlag, Stuttgart/ Zürich 1997.

longitudinalmente una capriata con le travi di supporto dal ritmo sfalsato. Le travi sono a coppie controventate usando montanti a V. Il supporto è stabilito nelle fondazioni, i pilastri in cemento armato si assottigliano superiormente. La parete longitudinale è formata da pannelli sandwich prefabbricati, che servono anche per rinforzare quella longitudinale. Il colmo è costituito da una struttura a semitelaio in acciaio vetrato. La superficie del tetto è supportata da arcarecci trapezoidali in acciaio con cemento.

<<...Gli architetti gotici sono stati grandi costruttori che sono riusciti con invidiabile mano leggera a realizzare archi sopra gli spazi della preghiera e devozione. Questi spazi non provvedevano solo a proteggere, ma sono stati concepiti come simboli del cielo e della terra. In particolare, è la luce che dà simbolicamente a questi spazi lo splendore e la dignità di un luogo speciale - ad majorem Dei gloriam - ...Pertanto il tema della luce nello spazio gotico della vecchia chiesa del monastero rimane anche per la nuova Kloster-Kapelle.>> (Hans Busso von Busse²⁷)

<<Mentre i pilastri delle chiese antiche servivano da supporto per i sovraccarichi alla struttura sottile del tetto, che era illuminato lateralmente, i supporti conici verso l'alto della nuova parete sono stati inseriti a ritmo sfalsato nella pianta del monastero, in modo tale che sia all'interno che all'esterno della nuova chiesa ci fosse un attraente dialogo tra la nuova costruzione e quella esistente.>> (dal documento Deutscher Architekturpreis del 1997)

10.12 Pax-Christi-Kapelle, Kevelaer

La cappella Pax Christi a Kevelaer, nella quale si trova la zona dell'altare e la copertura della galleria che circonda lo spazio, è una struttura in legno. È stata costruita nel 1981. C'era poi il desiderio di fornire l'atrio di una copertura

27 v. Busse, H.B.: *Klosterkapelle Frenswegen, Gedanken zum Raum - Wege zur Form*, Karl Krämer Verlag, Stuttgart/ Zürich 1997, S. 197

trasparente per la pioggia. La corte ha una pianta ottagonale con una larghezza di 25,50 m e una lunghezza di 29,60 m. Il tetto è sostenuto con quattro supporti, che si trovano in corrispondenza degli angoli di un quadrato di 11.10 metri di lato.

La struttura portante è una travatura ortogonale leggermente curva con una griglia di circa 1,85 m, che risulta dalla dimensione del disco vetrato.

Solitamente si usano sistemi di travature che

- tagliano le barre corte per rassemblerle con nodi elaborati;
- permettono una produzione industriale dei componenti, tuttavia, richiedono un assemblaggio manuale di piccole parti.²⁸ (7.2.1)

Per la cappella è stata sviluppata una costruzione che mostra come si può in gran parte eliminare queste criticità.

In lunghezza le aste del reticolo sono state saldate assieme in fabbrica. Ogni connessione è costituita da due tondini, che sono uniti da una piastra di acciaio saldata tra i due. I montanti sono tubi, che sono saldati alla piastra. Le piastre sono provviste di fori filettati.

La formazione delle connessioni della trave trasversale corrisponde a quella delle travi principali. Sono state trasportate nella loro lunghezza totale. Le connessioni trasversali sono state fissate ognuna con una vite alle piastre delle travi principali e infine sono state inserite le diagonali.

In sommità sono saldate le "frogfingers" per il supporto puntiforme delle lastre di vetro. Nella parte centrale il vetro è stato impostato più in alto, in modo che si formino due fori di ventilazione su tutta la lunghezza del tetto.

La struttura reticolare. Col reticolo a Kavelaer abbiamo presentato il sistema più semplice. Le aste sono connesse in contrasto con i sistemi noti senza nessun giunto, dove le forze nelle connessioni delle aste devono essere guidati dai nodi attraverso: prima all'interno dei nodi e poi all'esterno; devono

28 Holzbaumatlas 2, Rudolf Müller, Köln 1991, p. 262.

quindi essere stabilite due connessioni. I nodi ottengono una dimensione che è architettonicamente dominante, cosa che in molti casi si può anche desiderare.

D'altronde assemblare questa struttura reticolare è estremamente semplice: i supporti in una direzione sono stati consegnati pronti in cantiere, in tutta la loro lunghezza. Ora solo le connessioni nell'altra direzione devono essere stabilite con una vite per nodo e le diagonali devono essere aggiunte. Le viti sono progettate per la differenza delle forze nei giunti delle connessioni delle aste. Con il tetto a Kavelaer, abbiamo preso la soluzione della rete dell'Olimpia-Stadions a Monaco di Baviera di Frei Otto aggiungendo una struttura reticolare.

SULLA PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE

Stefan Polónyi

Polónyi, S. (2012). *On Designing Structures*. In A. Flury, *Cooperation. The Engineer and the Architect* (p. 161-168). Basel: Birkhäuser Verlag.

L'architettura emerge in generale con l'assistenza dell'ingegnere strutturale – il progettista strutturale. Egli permette la realizzazione delle idee dell'architetto, affina il concetto architettonico assicurando un comportamento strutturale sistematico dell'opera costruita, e sviluppa l'oggetto d'arte insieme con l'architetto. Il testo che segue racconta questa collaborazione tra architetto e ingegnere strutturale. In tal modo, sarebbe sbagliato parlare di aree di competenza; piuttosto, è una questione di punti di vista diversi che non formano antitesi, ma si completano a vicenda. Inoltre, al momento di definire una struttura costruita, i campi di attività non sono delimitati; non sono separati fino all'inizio del lavoro di documentazione. La più fiorente collaborazione ha avuto luogo quando, alla fine, non si ha idea di chi ha contribuito con il proprio pensiero alla progettazione, semplicemente non se lo chiede. È una composizione congiunta.

Le osservazioni seguenti forniscono alcuni esempi al fine di facilitare tali composizioni. L'ingegneria strutturale non consiste nell'adattare sistemi appresi nelle lezioni sulla statica. Dal momento che possiamo analizzare il comportamento strutturale di tutte le forme con l'ausilio di programmi informatici, non abbiamo bisogno di limitarci a conoscere sistemi strutturali. Essi semplicemente fungono da guida per noi. Facendosi guidare logicamente dalle forze interne, siamo in grado di sviluppare nuove composizioni e forme ancora sconosciute. L'obiettivo non è la struttura portante in sé, ma piuttosto la superficie che definisce lo spazio o la superficie che trasporta il carico. Il che solleva la questione: come ha bisogno di essere progettata/costruita

la superficie? Ciò che esiste e ciò che va aggiunto è in grado di trasportare le forze/carichi che agiscono su di essa? Resta inteso che la forma deve corrispondere alle esigenze funzionali e alle idee architettoniche.

La definizione dello spazio.²⁹ Struttura e definizione spaziale sono un tutt'uno: su questa premessa, le forme vengono scelte prevalentemente dal repertorio delle superfici geometriche. Gusci sferici si prestano a fungere da cupole, e gusci cilindrici possono essere gusci traviformi (sala dell'antico mercato di Francoforte) o anche gusci reticolari a vetri, come la Galleria a Francoforte. Qui, O. M. Ungers ha voluto un modello a cassettoni, così gli archi e le barre longitudinali sono realizzate in legno lamellare e le diagonali, che forniscono l'effetto a guscio reticolare, sono barre d'acciaio. Superfici rigate generate da linee rette, come paraboloidi iperbolici, sono vantaggiose strutturalmente nonché in termini di produzione, e offrono interessanti possibilità creative. La forma è certamente sempre dipendente dalle proprietà dei materiali da costruzione e dai metodi di costruzione utilizzati.

Il guscio della chiesa di St. Suitbert a Essen-Überruhr è di 5 cm di spessore (6 cm alla periferia) e si estende su 38 m. Si è costruito utilizzando calcestruzzo proiettato su pannelli per casseforme. Nel 1960, gusci a paraboloidi iperbolici erano popolari, non da ultimo a causa della influenza di Felix Candela. Possono anche essere formati da tavole, le quali non sono previste lungo le generatrici, ma piuttosto lungo le linee di curvatura principale. Il tetto della chiesa di St. Pius X a Krefeld-Gartenstadt è assemblato da quattro pannelli per casseforme a tre strati.

L'utilizzo singolo – o a doppio strato di calpestio rigato da nervature in metallo, può formare superfici rigate, da paraboloidi iperbolici, o conoidi, come il tetto del Nederlands Dans Theater a The Hague. Qui, Rem Koolhaas prevedeva il

29 La letteratura di riferimento su questo tema è presente in: S. Polonyi / Walochnik, *Architektur und Tragwerk*, Berlin: Ernst & Sohn, 2003

piano terra e le altezze della camera. Per il tetto auditorium, voleva una forma animata. Il mio suggerimento è stato il conoide con riferimento al tetto della canonica e della scuola materna o quella della Sagrada Família a Barcellona di Antinio Gaudí. Solo che questa volta fatta non di tegole piane, ma di un calpestio in metallo deformato, che lui ha accettato.

L'obiettivo della ricerca di interessanti e logiche forme, si può cercare minimizzando i costi del materiale. Ciò può essere realizzato evitando sollecitazioni di flessione, per quanto possibile. Qui, le bolle di sapone ci forniscono un esempio. Tradotto nel linguaggio della progettazione strutturale: per i vincoli indicati, si deve determinare la forma in cui, sotto carico dominante, lo stress è costante in ogni punto e ogni direzione. Questo requisito è soddisfatto da gusci simil-pelle, in cui la forma è determinata sperimentalmente e/o matematicamente.

Con il Keramion a Freche, Peter Neufert voleva una forma che riflettesse la terracotta per il Museo della Ceramica. Gli ho mostrato uno studio che descrive un guscio simil-pelle dal diametro di 120 m che avevamo creato per una sala del decollo. Lui immediatamente ha raccolto l'idea e disegnato i punti di appoggio, la posizione del bordo esterno, e il punto di intersezione del lucernario. Il progetto è stato completato in mezz'ora. Calcolammo le coordinate verticali della superficie della condizione "ideale" di stress. La precompressione circonferenziale del bordo deve tener conto delle sole tensioni di compressione che si verificano nel guscio (un guscio simil-pelle con soli carichi di trazione è una membrana).

Come la chiesa di St. Paulus a Neuss-Weckhoven mostra, la superficie può anche essere stabilizzata con le pieghe. Il pastore ha voluto una lunga chiesa di dimensione fissa, e questa volta Fritz Schaller voleva costruire una chiesa alta. Come risultato, la forma complessiva era stata definita e la questione diventò come stabilizzare la superficie. La risposta è stata mediante piegatura,

formando la superficie con triangoli. Lavorare sull'aspetto e sull'inserimento dei lucernari indiretti richiese un'intensa collaborazione con Fritz e Christian Schaller. Nel processo, forse ci siamo ispirati da alcune delle immagini di Lyonel Feininger. Lo spessore della soletta di cemento armato è di 7 cm.

Per la struttura vetrata centrale della nuova fiera di Lipsia, l'idea iniziale di una costruzione con capriate ad arco e arcarecci non era convincente, nonostante la forma elegante della struttura. Con il coinvolgimento di Ian Ritchie, è stato sviluppato un guscio a graticcio cilindrico con un arco di 80 m, che è stato stabilizzato contro la deformazione ogni 25 m con puntoni cavi controventati. Questo dispositivo di ritenuta contro la deformazione è la caratteristica architettonica dominante della sala.

Una superficie che definisce lo spazio può essere stabilizzata contro la deformazione con le nervature, necessarie per assemblare gli elementi trasportabili di maggior dimensione. The globes della mostra industriale tedesca del 1971 a Sao Paolo, in Brasile, sono stati assemblati da elementi shell di tre millimetri di spessore realizzati in fibra di vetro rinforzata in poliestere. I basamenti delle lamiere che coprono il guscio traslazionale curvo di St. Antony Ironworks a Oberhausen formano nervature che forniscono irrigidimento alle superfici sul fondo e nella parte superiore.

In risposta alla domanda precedente <<Ciò che esiste?>>, elementi dei sistemi meccanici possono anche essere considerati, come per i condotti di ventilazione nella sala delle chiamate della Dresdner Bank a Dusseldorf. Gli architetti avevano previsto inizialmente una capriata spaziale. Quando la dimensione e la portata dei condotti di aria condizionata da ospitare nella capriata divenne chiara, ho suggerito l'omissione delle capriate spaziali. I condotti di condizionamento sono stati orientati in direzione delle campate più corte, determinando pareti spesse, e dove necessario, ricevendo un cavo di collegamento al di sotto.

Piattaforme per il traffico-Ponti. I ponti sono oggetti d'arte nel paesaggio, nei paesi, in città; sono landmaeks – punti di orientamento – paragonabili alle chiese. Un ponte è un oggetto spaziale e non semplicemente l'aggiunta di un sistema viario. Nella progettazione dei ponti, il principio, che afferra anche l'obiettivo, non è la struttura della trave caricata, ma la superficie per il traffico. La domanda è: come deve essere costruita la carreggiata – o meglio, cosa deve essere aggiunto per superare la campata? La risposta può, per esempio, essere un'arcata tubolare, da cui la passerella è sospesa.

Sono stato invitato dallo State Development Corporation (LEG) a Dortmund per un consulto su un ponte per Erin Park a Castrop-Rauxel. Una decina di persone hanno preso parte alle discussioni. Sulla carta da schizzo, ho sistematicamente disegnato circa trenta diverse soluzioni proprio lì: prima in legno, poi in cemento armato ed infine, in acciaio. Eravamo tutti d'accordo sul fatto che un ponte nella regione della Ruhr deve essere in acciaio. Il cemento armato non è generalmente una soluzione per ponti pedonali a causa del paesaggio industriale. Ho messo a punto un tubo. E se dovessimo piegare il tubo, come Nerbert Kricke e Ursula Sax fanno con le loro sculture, e utilizzarlo anche per formare la struttura di supporto principale? L'architetto Peter Freudenthal ha preso l'idea disegnata in uno dei miei schizzi. Sopra la grande campata abbiamo sospeso la passerella dell'arco, e in altri luoghi l'abbiamo sostenuta sulla parte superiore del tubo a serpentina. Peter Freudenthal divenne audace: Che cosa succederebbe se il tubo a serpentina gestisse anche il passaggio pedonale? Perché no? L'entusiasmo di tutti i soggetti coinvolti era palpabile. Solo una donna, che aveva appena progettato l'edificio per uffici confinante - ha etichettato la nostra proposta come un "verme malato". Da allora, questo è ciò che noi chiamiamo ponte. Un nuovo tipo di ponte è nato: una forma calligrafica di minimal art.

Una passerella stretta non dovrebbe essere appesa a due archi; sarebbero

troppo vicini l'uno all'altro. Con il ponte Erin, c'è un arco nel mezzo della passerella. Quello sembra molto interessante, ma è anche un po' inquietante. Per i ponti sul sia Ternerdenstraße ed il fiume Emscher, abbiamo messo l'arco in un piano obliquo, il che significa che è ad un angolo obliquo rispetto all'asse principale del ponte. Il risultato è un oggetto territoriale interessante. Per la federale Horticultural Show a Gelsenkirchen del 1997, l'architetto paesaggista Wedig Pridik aveva progettato l'asse principale del percorso a 45° rispetto all'asse del canale del Reno-Herne. La lunghezza del ponte è di 110 m. E' sospeso da due arcate asimmetriche che corrono perpendicolari all'asse del canale. Gli archi di ogni campata hanno una lunghezza di 79 m e solo a 32 m di distanza. L'apice di ogni arco si trova direttamente sopra la passerella. L'asse dell'arco è stato scelto in modo tale che l'arco non incorra in momenti flettenti a pieno carico.

Al di sopra della passerella curva attraverso Mulheimer Straße a Oberhausen, un arco in tubo di acciaio si estende lungo il piano verticale, cambiando i bordi lateralmente in relazione alla passerella. Le aste di sospensione non sono parallele; i loro assi condividono una trasversale comune sopra l'apice. La forma ad arco è il risultato del requisito che deve possedere, essere priva di flessione sotto carico dominante. Le barre di sospensione vengono innalzate per consentire lo spazio libero in altezza conforme al passaggio pedonale. L'arco appare più dinamico di una parabola o di un arco.

A Dessau, la passerella conduce al Tiergarten lungo un arco di cerchio sul fiume Mulde. L'arco si inclina in un piano diagonale sopra la passerella. La passerella è sospesa dallo arco e contemporaneamente lo stabilizza. La trave sotto la passerella è una trave a cassone alare che è fissata rigidamente ad entrambe le estremità; la deformazione alla temperatura avviene dunque nel raggio di curvatura. Con tutti questi ponti, i miei schizzi sono stati proposti come base per la progettazione. Abbiamo discusso le proporzioni,

i dettagli, la formazione delle sedi dei cuscinetti, i piedritti e le ringhiere con gli architetti, così come la combinazione di colori e l'illuminazione. I due tubi d'acciaio sinusoidali, d'altra parte, che corrono parallelamente con il ponte Riphorster Straße a Oberhausen – che simboleggiano il movimento lungo il ponte e trasportano una cinquantina di centimetri di spessore della sede stradale in cemento armato – avvenne senza dialogo con un architetto.

STRUTTURA E TRASCENDENZA

Sonja Hnilica

Hnilica, S. (2012). Structure and transcendence. Churches by Stefan Polónyi. In *Tragende Linien - Tragende Flächen. Bearing Lines - Bearing Surfaces* (p. 218-225). Axel Menges.

La costruzione di chiese in Germania del dopoguerra era un campo molto attivo, non solo in termini di quantità, ma anche per quanto riguarda le esigenze qualitative di architettura. Il movimento liturgico della fine del secolo aveva messo in dubbio molte tradizioni e ha incontrato gli architetti che erano anche alla ricerca di una architettura commisurata con la vita e la tecnologia moderna. Una chiesa non deve essere vista come dimora di Dio, ma serve per la raccolta dei credenti che partecipano attivamente alla Messa. Il dibattito liturgico è stato condotto in parallelo da entrambe le confessioni cristiane; da parte cattolica ha portato ad una riforma della liturgia, che è stata codificata nel Concilio Vaticano II (1962-1965). L'altare spostato al centro, è diventato di nuovo il tavolo attorno al quale la comunità si raccoglie - con il ministro come *primus inter pares*.³⁰ C'era anche una lotta per il carattere della Chiesa in quanto tale: centro sociale o santuario? Ci si aspettava che le nuove tecnologie per le costruzioni e i materiali, soprattutto il cemento armato, avrebbero facilitato la generazione di una nuova idea. Gli architetti hanno iniziato a sperimentare nuovi sistemi strutturali, che determinano in gran parte la forma del tetto, la geometria dello spazio e delle superfici, aperture e illuminazione.³¹

Stefan Polónyi ideò il sistema strutturale per circa 20 chiese e cappelle. Nel 1966 Polónyi pubblicò sul giornale *Das Munster* l'articolo *Flächentragwerke*

30 Cf. Barbara Kahle, *Deutsche Kirchenbaukunst des 20. Jahrhunderts*, Darmstadt, 1990, pp. 1-20; Hugo Schnell, *Der Kirchenbau des 20. Jahrhunderts in Deutschland*, Munich, 1973, pp. 7 f.

31 Cf. Kahle 1990, pp. 136 ff.

*im Kirchenbau*³², in cui descriveva le possibilità offerte dai nuovi metodi di calcolo e dalla tecnologia di produzione. Anche se le nuove strutture sono state spesso non comprese correttamente e cosiddetti gusci nascosti nei disegni tradizionali, Polónyi concluse con ottimismo: «Siamo solo all'inizio dello sviluppo di nuovi tipi di strutture. Piani portanti ci permettono di creare spazi che esprimono correttamente la funzione in ogni punto. Una ricchezza di esperienze spaziali finora sconosciute sono in attesa per noi».³³ Nel 1973 lo storico dell'architettura Hugo Schnelle sosteneva che il cambiamento più importante nella progettazione interna ed esterna della chiesa del 20° secolo era il risultato della costruzione a guscio.³⁴ Sulla base delle chiese di Polónyi degli anni '60 potremmo sollevare la questione sulla misura in cui le superfici portanti hanno soddisfatto le alte aspettative in realtà.

S. Mariä Himmelfahrt, Düsseldorf-Unterbach

Stefan Polónyi ha lavorato a stretto contatto con l'architetto Josef Lehmbruck da Düsseldorf. Insieme hanno costruito quattro chiese.³⁵ Durante il periodo di stenti nel dopoguerra, Lehmbruck, che è stato addestrato come un falegname, ha aperto un ufficio da architetto autodidatta. Vedeva se stesso come parte del movimento liturgico e ha anticipato nei suoi edifici molte decisioni del Concilio Vaticano II. Nella Renania ha realizzato una buona dozzina di chiese, sperimentando presto con delicate strutture del tetto di grande luce.³⁶ Josef

32 (N.d.T.) Strutture superficiali nella costruzione della chiesa [Cfr. Traduzione]

33 Stefan Polónyi, Flächentragwerke im Kirchenbau, *Das Münster. Zeitschrift für christliche Kunst*, 5/6, 1966, pp. 202-204, here pp.204.

34 Schnell 1973, pp. 195 f.

35 La chiesa di Heilig Kreuz a Leverkusen-Rheindorf (1966/67) appaga con le sue pareti prefabbricate in calcestruzzo forato e gli inserimenti in vetro. Tuttavia il tetto-tenda della chiesa pieno di atmosfera non è stato progettato come una struttura superficiale e pertanto non viene più discusso. Karl Josef Bollenbeck (ed.), *Neue Kirchen im Erzbistum Köln 1955-1995*, Colonia, 1995, pp. 562, 804 f.

36 Lehmbruck è diventato famoso con la sua "chiesa di fiamme" a Düsseldorf-Rath (1956/58). Il suo interno in penombra aveva una parete di blocchi di cemento a forma di fiamma ed era coperta da un telaio di tubi d'acciaio. Josef Lehmbruck, »Die Kirche Heilig Kreuz Düsseldorf-Rath«, *Das Münster Zeitschrift für christliche Kunst*, 5/6 1966, pp. 187; Schnell 1973,

Lehmbrock ha progettato St. Mariä Himmelfahrt a Düsseldorf-Unterbach (1963/1964) come il centro di un insediamento coperto, previsto sempre da lui. Lo spazio singolo in comune è coperto da quattro piccoli gusci *hypar* ed è coronata da una lanterna con quattro *hypar*. La lanterna sui suoi quattro sostegni si presenta come un baldacchino. L'altare in posizione centrale è illuminato dalla luce che scende attraverso le aperture tra i gusci centrali e circostanti.³⁷ Anche se si considera la riduzione delle dimensioni delle finestre per dell'aggiunta della copertura ventilata a causa di danni di realizzazione, la qualità dello spazio non è convincente. Questo edificio avrebbe dovuto essere visto come il prudente tentativo per una proficua collaborazione.

Nel suo articolo *Gesellschaft Kirchenbau Kirchenbau Gesellschaft*³⁸, pubblicato nel 1966 nella stessa edizione di *Das Munster* di Polónyi, come citato in precedenza, Lehmbrock chiede: «Se l'edificio è una bella invocazione della Gerusalemme celeste (...) o deve astenersi da qualsiasi accessorio al di là di requisiti funzionali?»³⁹ Lui aveva una risposta chiara: utilizzare tutti i mezzi dell'architettura al fine di creare un lavoro di vera arte sacra. Ha sostenuto la «sperimentazione con le possibilità del nostro tempo» per la ricerca di nuove forme, tanto contro il dominio di Mies van der Rohe della griglia e cubo così come contro le chiamate teologiche per la semplicità e l'ascetismo. In un momento di sconvolgimento, di un nuovo orientamento politico e spirituale, tutte le possibilità per la generazione di nuove forme devono essere sfruttate.

p. 98, 119; Kahle 1990, 2. 150. Sulla biografia e i lavori cfr. *Schwarz auf Weiss. Informationen und Berichte aus der Künstler-Union-Köln*, 1, 2000. Per la biografia di Josef Lehmbrock e la sua opera devo ringraziare Dr. Karl Josef Bollenoeck.

37 N.N., »Schalen und Faltwerke«, *Bauwelt*, 36, 1967, pp. 908-913; *Neue Kirchen im Erzbistum Köln*, Cologne, 1995, pp. 174 f., 242 f.; Stefan Polónyi, Wolfgang Walochnik, *Architektur und Tragwerk*, Berlin, 2003, pp. 208-210; Kerstin Wittmann-Englert, *Zelt, Schiff und Wohnung. Kirchenbauten der Nachkriegsmoderne*, Lindenberg/Allgäu, 2006, pp. 73.

38 (N.d.T.) Titolo in italiano [Cfr. Traduzione]

39 Josef Lehmbrock, »Gesellschaft Kirchenbau. Kirchenbau Gesellschaft«, *Das Münster Zeitschrift für christliche Kunst*, 5/6, 1966, pp.177-185, here 3. 184.

<<L'autore sostiene che, a causa delle idee preconcepite nuove possibilità strutturali come gusci e sistemi di supporto tridimensionali non possono essere trascurati.>>⁴⁰ Tuttavia, mezzi tecnici dovrebbero essere solo un aiuto <<per rendere il vecchio ma sempre nuovo mistero del sacro percepibile>>.⁴¹

St. Suitbert, Essen-Überruhr

Lehmbrock e Polónyi implementarono le loro idee esemplarmente nella chiesa di St. Suitbert di Essen Überruhr (1964-1965). Hanno progettato un guscio parabolico iperbolico autoportante in cemento armato.⁴² La congregazione si riunisce in un semicerchio intorno all'altare, un *hypar* dalla campata molto larga, 38 m. Essa poggia su due pilastri a parete alta, le cui basi sono fissate nel sottosuolo da legami pre-tesi. In origine, i pilastri contenevano i confessionali, per sottolineare la loro importanza.⁴³

Guardando indietro, Lehmbrock sottolinea che l'iniziativa per questo esperimento audace proveniva da Polónyi: <<Sono molto contento di essere stato con Stefan Polónyi, fuggito in Germania durante la rivolta ungherese. Mi ha scoperto con il suo buon naso e mi afferrato per costruire finalmente le sue strutture a guscio. Continuava a tormentarmi - <<Costruiamo>> - fino a quando abbiamo cominciato a costruire chiese a guscio. È andata abbastanza bene, come si dovrebbe procedere: elementi storici di base in nuove forme! Ma il piano terra segue tutte quelle storie della liturgia.>>⁴⁴

Il trasversale, spazio a volta di St. Suitbert abbraccia la congregazione attorno all'altare, allo stesso tempo, la parete estremamente alta dell'altare sottolinea il sacro. La parete d'ingresso e la parete dell'altare sono inclinati a

40 Ibid, p. 184.

41 Ibid, S. 185.

42 »Schalen und Faltwerke« 1967, pp. 908 f.; Polónyi, *Walochnik* 2003, S. 212-216; Tanja Seeböck, »Nachdenken über Denkmalpflege«, *kunst-texte.de*, 2/2006, 5, p. 5; Wittmann-Englert 2006, pp. 73-74.

43 Purtroppo i confessionali furono murati e sostituiti con confessionali mobili in legno.

44 »>Il Concilio è arrivato troppo tardi per me.< Josef Lehmbrock in una intervista«, *Schwarz auf Weiss. Informationen und Berichte aus der Künstler-Union-Köln*, 1,2000, pp. 6-34, 3. 19.

lastre piegate, non collegate con il guscio. Questo sottolinea il tetto "volante" e consente un'illuminazione ingegnosa: attraverso il nastro di vetro tra il guscio e le pareti si immettono strisce di luce che trasformano visivamente le pareti in tende.

In molti modi la costruzione del serbatoio era sperimentale. A quel tempo non esistevano regolamenti edilizi vigenti e Polónyi ha negoziato lo spessore del guscio con il reparto di costruzione, il compromesso fu a 5 cm. Il riferimento di Polónyi sono stati i 4 cm di spessore dei gusci *hypar* costruiti dal 1950 in Messico da Felix Candela Outerino, il grande maestro non ha inventato costruzione a guscio, ma ha sviluppato le equazioni di stress membrana come un metodo semplice per calcolare la costruzione di "vele di pietra artificiale."⁴⁵ I paraboloidi iperbolici hanno molte vantaggiose proprietà strutturali. Come una superficie rigata sono generati da due serie di linee rette. In questo modo una superficie a doppia curvatura può essere formato in modo relativamente facile con pannelli dritti. Casseforme economiche - a parte la distribuzione manuale costosa di barre di rinforzo - è fondamentale per l'efficienza delle strutture a guscio, poiché una piccola quantità di materiale racchiude un grande spazio.⁴⁶

Instabilità del guscio non poteva essere previsto, né per calcolo né per la modellazione. Pertanto un dispositivo di regolazione è stato inserito lungo il bordo, per la correzione della posizione finale del guscio. Il guscio è stato stabilizzato, non appena è stata raggiunta la curvatura ottimale. Foto documentano una prova di carico con sacchi pieni di patate, a seguito di alcuni danni durante il getto.⁴⁷

45 Frei Otto, «Über Candela», *arcus Architektur und Wissenschaft*, 18, 1992, pp. 6-9, p 7.

46 Cf, Herrmann Rühle, «Wie wurden Schalen gebaut. Ein erlegter Rückblick», *arcus Architektur und Wissenschaft*, 18, 1992, pp. 32-49.

47 «Kirche St. Suitbert Essen-Überruhr (1964)», descrizione della costruzione, Vorlaß Polonyi, typoscript, 2 pages. A:AI; documentazione fotografica del progresso della costruzione, Vorlaß Polónyi, A:AI; Polonyi, *Walochnik* 2003, pp. 212-216.

St. Pius X, Krefeld-Gartenstadt

Al contrario delle chiese precedenti, la costruzione del tetto di San Pio X a Krefeld-Gartenstadt (1966-1967) è in legno. Per un arco di 32 x 32 m i quattro hypar sopra la pianta quadrata sono molto leggeri. Sono composti da tre strati laminati e collegati a vite poggiate su travi in acciaio al colmo e travi in cemento armato lungo i bordi. Le travi di bordo siedono su lamelle di calcestruzzo prefabbricato con pilastri di cui due sono stati progettati come portali.⁴⁸

Già dall'esterno la planimetria dinamica delle coperture è impressionante. I quattro gusci discendono dal alto centro, ma risalgono verso gli angoli. L'altare è sotto l'apice dello spazio diagonalmente organizzato. La lamella come pareti con vetri di Günter Grote diffondono la luce nello spazio introverso.⁴⁹ Il tetto richiama una tenda protettiva sopra la congregazione. Wittmann-Englert ha determinato il significato della tenda come indicando le peregrinazioni del popolo di Dio (Peregrinans Ecclesia), che è diventato un leitmotiv della chiesa cattolica nel 20° secolo.⁵⁰ Ogni chiesa deve essere un simbolo, dice Lehmbrock. In un articolo del 1968 egli sottolinea la disintegrazione insopportabile della routine quotidiana e il sacro, della vita e della fede.⁵¹ Il motivo della tenda sottolinea la partecipazione reciproca dei laici della Messa senza una perdita del carattere sacro.

St. Hedwig, Oberursel

Polónyi costruì con l'architetto Hein Günther di Francoforte la chiesa St. Hedwig a Oberursel (1963-1965), che combina armoniosamente tradizione e

48 »Holzschale - Kirche St. Pius X., Krefeld«, building description, Vorlaß Polonyi, typoscript, 1 page A:A1; »Schalen und Faltwerke« 1967, p. 911; Polonyi, Walochnik 2003, pp. 216-218; Julius Natterer, Thomas Herzog, Michael Volz, *Holzbauatlas 2*, Cologne, 1991, p. 262.

49 »Schalen und Faltwerke« 1967, S. 911; Wittmann-Englert 2006, 3p. 70-73.

50 Wittmann-Englert 2006, pp. 17-22.

51 Josef Lehmbrock, »Kirchenbau in der Krise«, *Deutsche Architekten- und Ingenieur-Zeitschrift*, 12, 1968, pp. 2-7.

innovazione. Günther voleva, «uno spazio sacro per mezzo della tecnologia moderna (...), semplice, convincente (...). Integrità e calma. Per amore della verità e della sobrietà il cemento è stato scelto come materiale da costruzione del nostro tempo.»⁵² L'alto spazio, 30 metri lungo è semplice e festoso. All'inizio l'architetto ha progettato una volta parabolica continua, che è stata cambiata in una successione di lamelle, probabilmente alla ricerca di una costruzione a guscio architettonicamente ed economicamente favorevole.⁵³ Finestre colorate di Hermann Goepfert permettono alla luce di attraversare le pareti frontali. L'intera lunghezza della navata riceve luce artificiale indiretta. L'edificio incarna la forma di base di un "percorso sacro", come formulato da Rudolf Schwarz nel suo influente libro *Vom Bau der Kirche*⁵⁴.

La successione di gusci ad arco parabolico che portano verso l'altare articola l'interno. Ogni unità è di 4 m di larghezza, spessore di 7 cm e si estende su 15 m. Le loro dimensioni identiche consentivano l'uso ripetitivo di casseforme, la superficie rigata riceveva nervature sul bordo, proiettando su e giù dal guscio. Le unità dovevano essere gettato a terra e sollevate in posizione. L'appaltatore decise di gettare sul posto chiudendo l'intera navata, perdendo il vantaggio economico del progetto. Il lavoro in calcestruzzo si è rivelato essere molto costoso, superando la stima⁵⁵.

St. Paulus, Neuss-Weckhofen

Dopo la metà del 1960 Polónyi costruì con il costruttore di chiese Fritz Schaller di Colonia quattro chiese. Tra queste c'è la chiesa di St. Paulus a Neuss-Weckhofen (1966-1967), che si distingue per il suo design in

52 Hein Günther, «Gedanken zum Kirchbau», in: Kath. Pfarramt zu Oberursel (ed.), *St. Hedwig Oberursel, Festschrift zur Kirchweihe am 14. Mai 1966*.

53 Questo è indicato da una serie di fotografie del modello nel Vorlaß Polónyi, A:Al

54 Rudolf Schwarz, *Vom Bau der Kirche*, Heidelberg, 1947 (1938), pp. 78 ff. Versione italiana: Schwarz, Rudolf. *Costruire la Chiesa. Il senso liturgico nell'architettura sacra*. Morcellina, 1947.

55 «Kirche St. Hedwig Oberursel (1963)», building description, Vorlaß Polónyi, typoscript, 2 pages, A:Al; »Schalen und Faltwerke« 1967, p. 908; Polónyi, Walochriik 2003, pp. 211 f.

calcestruzzo armato piegato.⁵⁶ Schaller, che non mise in discussione il regime, è riuscito a praticare l'architettura durante tutta la guerra. Dal 1947 è stato invitato da Rudolf Schwarz a Colonia e ha costruito 30 chiese nella diocesi di Colonia, oltre al controverso piazzale antistante alla cattedrale. Ortogonale, composizioni basilicali dominano le sue prime chiese. Materiali e illuminazione sono accuratamente trattati, colonne articolano lo spazio.⁵⁷ Negli anni '60 ha cambiò verso spazi unici dominati dal tetto. In questa fase Schaller ha cercato la collaborazione con Polónyi, 25 anni più giovane di lui. Due partner congeniali trovarono se stessi, che hanno sperimentato per St. Paulus il progetto come un creativo <<gioco di ping-pong>> tra architetto e ingegnere.⁵⁸ Entrambi svilupparono in collaborazione con il figlio di Schaller, Christian, una campata libera in lastre di cemento armato piegato, concepito come un trasversale arco a tre cerniere.⁵⁹ L'edificio quasi senza finestre, rifinito con lastre di rame, si rannicchia sotto la torre come un insetto rivestito. In modo spettacolare l'interno è coperto da una trave simile ad una colonna vertebrale con nervature prolungate. Le pieghe complicate appaiono sottili come la carta, strisce di luce sottolineano gli spigoli del calcestruzzo a vista.⁶⁰ La struttura portante racchiude anche lo spazio, l'illuminazione accurata

56 Le chiese di St. Heilige Ewalde a Wuppertal-Cronenberg (1967, tetto a lastre di cemento piegate e travi di legno), St. Markus a Cologne-Seeberg (1970, tetto piano come reticolo di elementi prefabbricati in calcestruzzo) e St. Remigius a Wuppertal-Sonnborn (1970/74, gusci conici di cemento armato su un anello ellittico di rinforzo) hanno meno interesse in ambito architettonico e non sono analizzati qui. *Neue Kirchen im Erzbistum Köln* 1995; Wittmann-Englert 2006, p. 66; Poiönyi, *Walochnik* 2003, pp. 222-224.

57 Emanuel Gebauer, *Fritz Schaller, Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau im 20. Jahrhundert*, Köln 2000 (*Stadtspuren: Denkmäler in Köln*, 28), 3p. 106 ff

58 *Ibid.*, pp. 315, 303; Polönyi, *Walochnik* 2003, p. 219

59 Gebauer 2000, p. 316

60 Documentazione del Vorlaß Polonyi, A:Al; Sonja Hnilica, »Ingenieur und Architekt. Kirche St. Paulus, Neuss, 1966-1967 von Fritz Schaller und Stefan Polonyi«, in: Sonja Hnilica et al., (eds.), *Auf den zweiten Blick - Architektur der Nachkriegszeit in Nordrhein-Westfalen*, Bielefeld, 2010, pp. 218-225; »Schalen und Faltwerke« 1967, p. 912; Kahle 1990, p. 152; Herrmann Rühle, *Räumliche Dachtragwerke*, Berlin, 1969, vol. 1, p. 217; Wittmann-Englert 2006, pp. 66 f.

delle pieghe è l'unico abbellimento dello spazio semi-scuro. Legittimamente St. Paulus figura tra le rilevanti chiese del dopoguerra in Germania.

L'edificio era una sfida particolare per l'ingegnere strutturale. Il sistema piegato andava oltre i limiti di studio attraverso calcolo. Pertanto, il progetto è stato testato per la deformazione a trazione per mezzo di un modello di vetro acrilico presso l'Istituto di modellazione strutturale alla Università Tecnica di Berlino, che era stato fondato da Polónyi.⁶¹ Spesso Polónyi fu criticato dai suoi colleghi ingegneri per attaccare troppo i calcoli. Molti non hanno cercato costruzioni ragionevoli, ma strutture facili da calcolare.⁶² Anche la pianificazione dettagliata e l'esecuzione sono state difficili. Era difficile imbrigliare la forza agli angoli di un guscio di 7 cm, in quanto le sollecitazioni di flessione erano alte e il rinforzo doveva continuare nel guscio adiacente. Un progettista dall'ufficio di Polónyi ha dovuto aiutare personalmente sul posto per posizionare le barre di acciaio, perché il costruttore non poteva gestire i dettagli estremamente difficili.⁶³

Sala del lutto a Obertiefenbach vicino Limburg

Con l'architetto Walter Neuhausser da Limburg (nato nel 1926), Polónyi realizzato due edifici religiosi con il guscio in cemento armato, una delle quali è la sala lutto in Obertiefenbach vicino a Limburg (1968-1969).⁶⁴ Da tecnico qualificato per edifici Neuhausser ha studiato dopo la guerra alla *Staedelschule*. Ha costruito numerosi edifici con il guscio, tra i quali, insieme a Fritz Leonhardt, la *Alsterschwimmhalle* (piscina coperta) a Hamburg.⁶⁵

61 Polónyi, *Walochnik* 2003, pp. 218

62 Stefan Polónyi, «Die Tragkonstruktion als architektonische Dominante», in: Hans Kollhot (ec.), *Über Tektonik in der Baukunst*, Braunschweig, 1993, pp. 26-37, S. 30; idem, «Trennence Wissenschaft. Architekt und Ingenieur», db. *Deutsche Bauzeitung*, 7, 1992, pp. 62-69.; idem, «Prinzipien zum Tragwerksentwurf», *arcus Architektur und Wissenschaft*, 1986, pp. 121-126.

63 Hnilica 2010, p. 219

64 Ha anche progettato la cappella per la casa degli esercizi religiosi delle suore Palottine a Limburg (1970, gusci *hypar* e travi) non viene discussa qui.

65 Franz Josef Hamm, «Walter Neuhäusser wirc 80 Jahre», *Frankfurter Neue Presse*,

La sala lutto in Obertiefenbach è in realtà un ampio cancello per la comunità nel suo cammino verso il cimitero. L'edificio semplice simboleggia e pone le basi per il passaggio dalla vita alla morte. La parte anteriore e posteriore è vetrata, un muro di cemento aiuta a nasconde i locali accessori e dà la direzione per l'edificio. Una superficie curva semplice sarebbe stata sufficiente per attraversare il piccolo spazio con un guscio ad arco. Ma per irrigidire il guscio contro instabilità i bordi sono stati "arrotondati". In questo modo gli 8 cm dello spessore della scocca di con una campata 16 m è senza bordi spessi. Questo metodo semplice e economico dimostra il motto di Polónyi: <<Come posso disegnare la superficie che contiene di portare se stessa, e se questo non è possibile, che cosa devo aggiungere per permettere il trasporto?>>⁶⁶ Come a St. Paulus a Neuss il comportamento strutturale è stato simulato con un modello in plexiglas presso l'istituto per la modellazione strutturale alla Berlin Technical University.⁶⁷

Conclusioni

Gli edifici religiosi presentati chiariscono che le strutture portanti piane, che allo stesso tempo sono di chiusura e supporto, determinano l'aspetto di un edificio e creano scuri spazi sacri atmosferici. Come la collaborazione con Lehmbrock mostra, paraboloidi iperbolici sono molto versatili per la composizione architettonica. Mentre gli hypar di St. Mariä Himmerlfahrt formano il classico motivo di un baldacchino che si concentra sull'altare, il guscio a sella supportato da tre punti of St. Suitbert sembra <<gettato sopra lo spazio>>.⁶⁸ Gli hypar in legno di St. Pius X forniscono una tenda che ripara la congregazione. St. Hedwig e la sala del cordoglio in Obertiefenbach sono

9.10.2006; idem, »Zum 80. Geburtstag von Walter Neuhäusser«, http://www.bda-hessen.de/bda/bda_new7.htm

66 Polónyi 1993, p. 33

67 Analisi strutturali e documentazione fotografica del processo di costruzione, Vorlaß Polónyi, A:AI; Polony, Walochnik 2003, pp. 221 f

68 Wittmann-Englert 2006, p. 73.

due varianti dei rigidi, gusci curvi, entrambe le strutture usano il motivo del cancello, ma con conseguenti spazi molto diversi. St. Hedwig segue la tradizione del classico edificio religioso, mentre il guscio della sala del lutto è un oggetto estraneo futuristico nel piccolo villaggio di Obertiefenbach. Inoltre, St. Hedwig dimostra le possibilità di prefabbricazione. La struttura piegata indica chiaramente l'espressionismo. Sul lato dell'ingegnere, l'architetto non è affatto ridondante. Troppo importanti sono recinzioni laterali, superfici e illuminazione, piano terra e la circolazione per il risultato finale.

I sei edifici rispecchiano il grande spettro dei dibattiti liturgici, teologici, formali e tecnici di un piuttosto breve lasso di tempo: negli anni '50 i gusci di costruzione industriale sono entrati nel regno dell'alta architettura - l'incarnazione dei quali sono edifici per la religione. Per un breve tempo tutto è stato abbinato alla perfezione: gusci rappresentavano l'etica moderna della "costruzione onesta" con perfetto accordo di funzione e forma. Allo stesso tempo, essi hanno espresso chiaramente il comune e il trascendente.

Contro le aspettative di Polónyi l'interesse in gusci è scemato negli anni '70. Le chiese sono diventate composizioni scultoree simili a fortezze, chiese protestanti hanno adottato versioni profane di centri comunitari. L'intensità del lavoro (e in tempi di scarsità del lavoro sempre più costoso) costruzioni a guscio hanno perso contro lo scheletro prefabbricato con costruzione con il quale sempre più grandi volumi potevano essere costruito in modo efficiente.⁶⁹

In conclusione, dobbiamo sottolineare l'apertura mentale e le elevate esigenze artistiche dei promotori finanziari degli edifici. In edifici per la religione il potenziale di costruzione dei gusci può essere completamente realizzato in interni nonché in significativi esterni. Gli architetti che lottano per

69 Per lo sviluppo di strutture a guscio Jürgen Joedicke, *Schalenbau. Konstruktion und Gestaltung*, Stuttgart, 1962, pp. 10 ff.; Rühle 1992; per gli edifici religiosi cfr. Wittmann-Englert 2006, pp. 113 ff

l'espressione creativa in tempi di cambiamento, fortunatamente incontrato un ingegnere avventuroso, che con forza ha cercato di estendere i confini del suo campo al servizio della religione e l'architettura.

ARCHITETTO E INGEGNERE

Sonja Hnilica

Hnilica, S. (2010). *Architekt und Ingenieur. St. Paulus*. In S. Hnilica, M. Jager, & W. Sonne, *Auf den zweiten Blick. Architektur der Nachkriegszeit in Nordrhein-Westfalen* (p. 218-225). Bielefeld: transcript Verlag

St. Paulus

Neuss-Weckhoven, Maximilian-Kolbe-Straße 4

1966-1967, Turm 1970

Fritz Schaller e Stefan Polónyi

Un giorno l'architetto di Colonia Fritz Schaller (1904-2002) ha contattato, un importante architetto costruttore di chiese del post-moderno⁷⁰, l'ingegnere civile Stefan Polónyi (nato nel 1930) per costruire una chiesa con lui. La Chiesa di St. Paulus a Neuss fu l'inizio di una proficua collaborazione tra il già sessantaduenne architetto con un 36enne ingegnere civile, appena nominato professore di Ingegneria Strutturale presso l'Università Tecnica di Berlino. Polónyi aveva studiato a Budapest, dove ha iniziato a sperimentare nei primi anni 1950 con i gusci di cemento e strutture corrugate. Con il suo ufficio di Colonia, ha progettato una serie di strutture innovative in patria e all'estero. In Germania Ovest, c'era poca esperienza in quel momento nella costruzione a guscio, mentre in Germania Est con Ulrich Müther e in Svizzera con Heinz Isler edifici di riferimento erano stati realizzati.

<<Fritz Schaller>>, ricorda Stefan Polónyi retrospettivamente, <<ha voluto progettare una lunga e alta chiesa. Una tale navata di una chiesa non può essere facilmente coperta con una superficie. Questo può essere dimostrato

70 Emanuel Gebauer, *Fritz Schaller. Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau im 20. Jahrhundert*, Köln 2000 (= Stadtspuren: Denkmäler in Köln, Bd. 28), p. 99,300.

da un modello del tipo più semplice, piegando un foglio di carta attorno all'asse longitudinale e l'asse che la forma così ottenuta non è stabile. Tuttavia, se il foglio è piegato in precedenza, la forma viene mantenuta.>>⁷¹ In innumerevoli schizzi, hanno testato materiali diversi e hanno deciso alla fine per una struttura corrugata in calcestruzzo armato. Questo è stato modellato da Schaller e suo figlio Christian insieme Polónyi. Per Schaller la luce indiretta era importante, pertanto, rientranze sono state effettuate nelle pieghe.⁷²

Il risultato è stato, come c'è scritto in una descrizione di Schaller del marzo 1966 una <<struttura piegata di un guscio di cemento armato. Nella direzione trasversale è formata come un arco a tre cerniere. Le superfici interne della struttura corrugata sono in calcestruzzo a vista.>>⁷³ È interessante notare che l'architettura è descritta qui meno spazialmente, ma in realtà in sistemi statici. I pannelli in calcestruzzo armato della struttura corrugata erano spessi soli 7 cm, all'esterno un rivestimento di rame è stato applicato su lamelle di collegamento.⁷⁴ L'edificio quasi senza finestre si accovaccia accanto alla torre come un insetto corazzato. L'interno è sensazionale. Sulla planimetria vi sono due porzioni coniche, completati con un doppio abside, lo spazio della chiesa, completamente privo di sostegni centrali, è dominato dalla struttura portante. Ha la piega complicata come carta sottile, strisce di luce dall'alto illuminano la cassaforma in calcestruzzo a vista e sottolinea gli spigoli della piega. La parte centrale leggermente più bassa attraversa lo spazio nella

71 Stefan Polónyi, la "progettazione strutturale", in: ... con timide conseguenze. Saggi e conferenze per la progettazione strutturale 1961-1987, Braunschweig—Wiesbaden 1987, p. 105-124, qui p. 114.

72 Stefan Polónyi in un'intervista a Ina Henkel e Lucia Soddemann 12 Gennaio 2009

73 Citato da Gebauer 2000, p 316

74 Vedere le specifiche in "Schale und Faltwerk", in: Bauwelt, 1967, p. 908-913, qui p. 912. Vedi anche: Barbara Kahle, *Deutsche Kirchenbaukunst des 20. Jahrhunderts*. Darmstadt 1990, p. 152; Lista die monumenti della città di Neuss, registrato il 25 Marzo 1997, sotto l'autorità dei monumenti.

direzione longitudinale come una spina dorsale con nervature strette.

La piega era staticamente molto complicato, i modelli e metodi di calcolo strutturale allora utilizzati erano spinti ai limiti. Le tensioni possono essere calcolate utilizzando solo ipotesi molto semplificative. Per questo motivo il comportamento portante è stato testato presso l'Istituto per modello Statica del TU Berlin mediante misure di deformazione su un modello di vetro acrilico che era stato costruito da Polónyi.⁷⁵

La progettazione di dettaglio è stata anche una sfida. Le strutture corrugate sono sollecitate a flessione, soprattutto ai bordi. Lì, si doveva fare un doppio rinforzo. (D'altra parte, si ha solo un tappeto in mezzo per bocce. Che non va con piastre piegate.⁷⁶) E' stato molto difficile rinforzare gli angoli, dove il rafforzamento di una piastra si sovrappone l'altra. I piani di rinforzo sono stati effettuati da un ottimo progettista, Georg Hörnicke. Ha testato i dettagli, tra le altre cose, con graffette da ufficio piegate. La successiva difficoltà era l'attuazione dei piani in cantiere, come riporta Polónyi: <<Abbiamo inviato i piani per Neuss, e il maestro del ferro ha detto che non poteva realizzarli. Poi il signor Hörnicke venuto al cantiere per un paio di settimane e ha definito ogni pagina con lui. Poi ha detto il capomastro: Grazie mille, d'altra parte, posso farlo anche io ora!>>⁷⁷

L'entusiasmo per la buona collaborazione tra architetto e ingegnere era reciproco. L'architetto ha parlato del processo di progettazione come un creativo <<gioco ping-pong>>.⁷⁸ Spesso, il rapporto tra architetto e ingegnere o ingegnere strutturale è gerarchico: prima i disegni dell'architetto, dopo l'ingegnere calcola il progetto. Polónyi, d'altra parte, ricorda che Schaller ha detto: <<Questo è il nostro lavoro congiunto e non voglio tracciare una linea

75 Stefan Polónyi, Wolfgang Walochnik, *Architektur und Tragwerk*, Berlin 2003, p. 218

76 Al contrario, c'è solo un tappeto in mezzo con i gusci. Che non va con piastre piegate.

77 Polónyi Ibid seguente citazione in un'intervista nel 2009.

78 Gebauer 2000, p. 315

con cui si è d'accordo.>>⁷⁹ Nel lavoro di Schaller, Polónyi vede un punto di svolta, <<E là dove ha avuto modo di conoscermi. Con me ha avuto l'opportunità di pensare in modo diverso. E 'stata una fantastica collaborazione. Quando ha dato il suo ufficio, ha detto: io e il Signor Polónyi purtroppo abbiamo avuto modo di conoscerci troppo tardi.>>⁸⁰ Polónyi, che ha lavorato con numerosi architetti di fama, <<non ha mai inteso il lavoro del tecnico come quello di un tecnocratico, ma come un tecnico costruttivo.>>⁸¹ Con lo sviluppo di un disegno coerente ai sensi dell'idea architettonica di base, la sua propria immagine, ha risolto il compito costruire insieme con gli architetti. Al fine di attuare le sue visioni di cooperazione, Polónyi presso la TU di Dortmund ha costruito il "*Dortmunder Modellbauwesen*", in cui gli architetti e gli ingegneri vengono formati assieme ancora oggi.

79 Polónyi, Walochnik 2003, p. 219

80 Polónyi in un'intervista nel 2009. Vedi Gebauer 2000, p 303

81 "TU Berlin onora per la prima volta il docente universitario professor Oswald Mathias Ungers e il professor Stefan Polónyi con una laurea ad honorem", 15 Ottobre 1999 (<http://web.archive.org/web/20000122104728/http://www.tu-berlin.com/prodotti/PI/1999/piz03.htm>).

ARCHITETTURA ECCLESIASTICA DELLA SOCIETÀ. SOCIETÀ PER L'ARCHITETTURA ECCLESIASTICA.

Josef Lehmbruck

Lehmbruck, J. (1966). *Gesellschaft und Kirchenbau. Kirchenbau und Gesellschaft.* Das Münster 7/8 - Zeitschrift für christliche Kunst und Kunstwissenschaft, 177-185.

Si parla molto della svendita delle forme nell'architettura ecclesiastica. "Niente è abbastanza strano e confuso, nell'architettura ecclesiastica tutto può essere ancora adoperato", questa espressione si impone sull'osservatore che ha modo di vedere file intere di nuove chiese in cataloghi ed esposizioni oppure durante viaggi in treno.

L'autore deve ammettere che con il proprio lavoro ha contribuito a stento alla stabilizzazione. Il prestabilito molteplice, i committenti, la situazione, i mezzi, le possibilità tecniche e soprattutto la grande insicurezza nell'assunzione dei compiti che, attraverso le decisioni del concilio, è aumentata piuttosto che diminuita, non hanno reso visibile una chiesa che dovrebbe anzi essere leggibile nella sua architettura. Tutti gli sforzi al fine di ottenere semplificazione e disciplina non sono ancora di per sé sufficienti. Chi rifiuta di allontanarsi da un determinato repertorio di forme, giunge necessariamente a forme sempre più nuove.

Il problema riguarda non solo l'architettura ecclesiastica, ma tutta l'architettura contemporanea. Quanto sia centrale tale problema, lo dimostra l'acerrimo conflitto intellettuale che coinvolge le più grandi menti. Per cominciare, Mies van der Rohe ha detto lo scorso anno: "Oggi, come da molto tempo, credo che l'architettura abbia poco o niente a che fare con la scoperta di forme interessanti e con le inclinazioni personali. La vera architettura è sempre oggettiva ed è espressione della struttura interna dell'epoca da cui si

sviluppa.”

In considerazione dei concreti risultati lavorativi qui riportati, deve apparire presuntuoso da parte dell'autore dichiarare di non aver subito condizionamenti dalla succitata affermazione. Si tiene conto, però, del fatto che la convinzione non presuppone ancora risultati concreti. Chi intende per “Movimento moderno” l'assunzione di elementi formali quali acciaio, vetro e cemento, capisce e crede che il modo debba essere risanato soltanto attraverso cubi e quadri, il che non è stato compreso da Mies van der Rohe. L'autore chiese a Mies van der Rohe il motivo per il quale si fosse limitato a cubi e quadri. Nella sua risposta ha fatto notare che, laddove fossero funzionali, ha anche realizzato delle curve, ma il ricorso primario all'angolo retto aveva a che fare con “l'afferrare”: consentirebbe all'uomo di assoggettare il mondo e di averlo in pugno. Non a caso, ad esempio, sarebbero stati tracciati confini di centinaia di chilometri durante la colonizzazione. Alla mia obiezione riguardante il fatto che, ad esempio, le strade che da un quartiere conducono al centro richiedono, sulla base della loro funzione, la forma di una stella così come quella di una griglia, disse che naturalmente l'adempimento della funzione è sempre primario e che egli stesso chiuderebbe ogni forma in una griglia o un cubo, qualora adempissero meglio alla funzione prefissata. Tuttavia, nella sua prassi, ciò si è verificato molto di rado. Fin qui si è parlato di Mies.

In occasione del convegno del Werkbund tedesco tenutosi a Berlino, Ernst Bloch è apparso come grande avversario di Mies van der Rohe. Dichiarò Bloch: “Cosa può significare onestamente questo tipo di sincerità... in una vita sociale così poco chiara, addirittura consapevolmente priva di trasparenza... nessuna pianificazione umana e legittimità degli scopi finora va d'accordo da sola con la paralisi del traffico... proprio la forma degli apparecchi e degli edifici che aspira ad essere adeguata espia... tutte le differenze... un prezzo elevato... monotonia geometrica lontana dagli scopi unita ad una denutrizione totale

della fantasia”.

Theodor W. Adorno replicò a Berlino che il tentativo di consentire l'accesso dall'esterno alla fantasia come correttivo, dunque di risollevare la situazione ricorrendo a qualcosa che non dipende da essa, era vano. Chi non capisce ciò che è disponibile e non lo sfrutta in maniera estrema, estrarrebbe dal presunto abisso della propria interiorità soltanto ciò che resta delle forme antichate. Tuttavia, ha anche detto che ciò che era funzionale ieri potrebbe diventare il contrario oggi. La questione del funzionalismo non ricadrebbe insieme alla questione relativa alla funzione pratica. Nella discussione di chiusura spiega ancora che non si tratterebbe esclusivamente del materiale utilizzato e non si tratterebbe neanche di fantasia o di qualcosa cui viene consentito l'accesso dall'esterno. Il compito consiste, in maniera sintetica, nel considerare in modo nuovo categorie quali l'artigianato e la fantasia e trasformarle in problematiche reali, affinché si giunga dunque ad una possibilità per venire a capo della situazione, che altrimenti avrebbe in effetti non solo la prospettiva del silenzio, ma sarebbe anche una situazione di inconsapevolezza in senso letterale per la quale, infatti, non si potrebbe più costruire. E fin qui abbiamo parlato di Adorno.

Non poter più costruire. Questa possibilità resta in realtà a chi pondera la situazione in modo onesto, ma è improbabile quanto il suicidio. La convinzione che il semplice desiderio di sopravvivenza diriga altrove le decisioni che dobbiamo prendere, anche se siamo consapevoli della relatività di tali decisioni, è un'ovvietà per i cristiani. Eppure, la consapevolezza dell'inadeguatezza di tutti gli esseri umani non alleggerisce l'uomo credente dall'incombenza di dare individualmente il miglior contributo immaginabile all'esistenza. La domanda a riguardo non può essere posta in maniera sufficientemente critica.

Quando il semplice costruire è già così problematico, può, dunque, essere

offerto il miglior contributo immaginabile nella costruzione di chiese? Non ci sarebbero serie intere di chiese provvisorie tanto in base al bisogno collettivo quanto in base al grado del conflitto intellettuale?

Chiesa e società

Gli archeologi del futuro considereranno la nostra epoca, a giudicare dal gran numero di chiese, oltremodo devota, ma in realtà la stragrande maggioranza della società vive in maniera non cristiana sebbene il Cristianesimo venga pubblicamente riportato come segno della correttezza della quasi totalità degli uomini. In questa situazione non ha senso ostentare pubblicamente il Cristianesimo. Il Cristianesimo deve essere vissuto oggi più che ai tempi delle persecuzioni. I nostri progetti possono prendere il via solo dal numero effettivo di credenti praticanti, solo in loro presenza è possibile rendere testimonianza. Dovremmo evitare il dispiacere di occupare uno spazio pubblico che non corrisponda al significato reale del cristiano praticante costruendo chiese, altrimenti dobbiamo sfruttare tutte le possibilità nella costruzione della chiesa vivente, ovvero nella costruzione dell'intera società, per collaborare nel modo migliore possibile.

Carl Friedrich von Weizsäcker ha accennato nel suo discorso programmatico in occasione dell'assegnazione del premio per la pace del commercio librario tedesco al fatto che il Nuovo Testamento sia la testimonianza più rivoluzionaria sul significato dell'esistenza. Ma ha rifiutato di costruire le proprie tesi in base al Nuovo Testamento. Il filosofo e fisico dimostra la necessità di una coesistenza pacifica dettata dalla natura dell'uomo. Afferma infatti: "Il mondo tecnico progettato, senza cui non potremmo vivere, è immaturo anche da un punto di vista tecnico senza l'implicazione della libertà dell'uomo, poiché l'individuo non vive senza libertà." Anche Teilhard de Chardin ha tentato di fornire una prova, non da sacerdote quanto da biologo, riguardo

al fatto che gli individui sono costretti ad unirsi ad una cultura universale oppure ad andare in rovina. Entrambi gli studiosi si battono per lo sviluppo di forme vincolanti in rapporto al mondo tecnico. Si appellano alla ragione e tentano di destare la consapevolezza che il compito dell'umanità non è di lasciar scorrere semplicemente gli eventi, ma di tenerli in pugno. Entrambi, da studiosi, fanno riferimento alla necessità di un enorme sforzo morale, affinché si giunga ad una risoluzione del problema. Anche la letteratura più recente indica misure morali senza che ci si appelli alla chiesa.

Si fa un discorso troppo semplicistico se si pensa di riconoscere l'impotenza o l'ovvietà della chiesa. Il concilio dimostra ad ogni modo che la chiesa esamina in maniera estesa l'atteggiamento nei confronti del mondo, un'occasione per consentire anche ai laici di prendere posizione.

La chiesa ha sempre accettato l'autorità come voluta da Dio. La democrazia, tuttavia, non consente di essere ritenuta semplicemente come autorità: essa deve essere guidata, anche dalla chiesa. Non c'è alcun dubbio che ogni abuso ed ogni omissione possano determinare danni particolarmente rilevanti. E' certamente la chiesa, innanzitutto, la comunità che si raduna sotto la guida del sacerdote in qualità di primus inter pares. Ogni singolo cristiano, però, è contemporaneamente collocato all'interno della società mondana, senza cui semplicemente non potrebbe esistere. Il comune e l'individuale, ossia i due poli attuali di un conflitto mondiale. L'emancipazione delle fasce di popolazione più ampie nelle zone industrializzate segue, dunque, l'emancipazione del popolo ancora sottosviluppato. Un'interconnessione sempre più profonda degli interessi reciproci, uno scambio che riguarda tutti gli ambiti pone la domanda sulla delimitazione del comune dall'individuale di popoli, regioni, città, comunità e infine ogni singola persona in primo piano. Le dualità individuo-comunità e libertà-ordine vincolante costituiscono, dunque, il tema principale del nostro tempo.

Anche la chiesa deve dare una risposta a riguardo. Tutti i credenti, anzi, l'intera umanità, sono il corpo della chiesa vivente: in senso lato, pertanto, l'intera edilizia è allo stesso tempo costruzione di chiese. Se consideriamo in tal senso la costruzione di una casa di Dio, allora possiamo solo vederla come una componente inscindibile all'interno del corpo dell'intera società. La costruzione della chiesa vivente è sicuramente un presupposto per la costruzione della casa di Dio. Ma cosa significa concretamente?

Società e urbanistica

Nella nostra società aperta è possibile la coesistenza di diverse visioni della vita. Non è né necessario né auspicabile limitare tale molteplicità. Ovviamente la molteplicità deve potersi esprimere anche nell'urbanizzazione. Anche le vecchie città devono la loro forte espressione alla coesistenza di molte visioni della vita di molte epoche. La libertà di avere una propria visione della vita può crescere solo attraverso la regolamentazione degli interessi comuni. Nel caso delle città medievali, l'obbligo di difendersi ha portato a forme di grandi dimensioni sempre più simili tra loro. Anche l'organizzazione interna è dovunque press'a poco simile. I presupposti comuni non hanno, tuttavia, ostacolato la straordinaria molteplicità della forma.

La nostra situazione è simile, i problemi della collettività sono simili in qualunque luogo. Ciò implica, secondo Harald Roth, che non dovremmo ostacolare la ratio nella scoperta di formule per la convivenza. (Con ciò va osservato che si tratta, innanzitutto, di rinunciare a forme superflue piuttosto che di inventarne di nuove.) Sicuramente ci sono visioni differenti della libertà nella nostra democrazia, che si trova ancora allo stadio embrionale. Ma si fossilizza in maniera sempre più evidente cosa costituisce mancanza di libertà e il modo in cui l'ambiente non può apparire in alcun modo. A tal proposito va limitata l'opinione per cui si può svolgere qualunque compito secondo

modalità diverse. Così grande è la libertà individuale nella costruzione di una abitazione, o per lo meno dovrebbe esserlo, nella costruzione del muro condiviso del giardino ci si deve accordare con il vicino. Il numero delle parti coinvolte determina difficoltà maggiori nel raggiungere un accordo e si restringe, dunque, il numero di possibilità.

C'è, inoltre, sulla questione delle diverse possibili soluzioni, una curva che si estende dal privato al comune, e a seconda del grado di comunità si stabilisce la forma. La rete autostradale europea è un bell'esempio di consolidamento e riproduzione della forma. Si avvicina sempre più fin nei minimi dettagli tecnici. Con la sempre maggiore prevalenza dell'inserimento nel paesaggio, l'autostrada guadagna ampiamente, anche secondo la visione formale, il titolo di forma del nostro tempo. L'applicazione del principio all'autostrada in correlazione a una rete ferroviaria su rotaia priva di incroci è il primo presupposto per il rinnovamento delle nostre città.

L'esempio dell'autostrada mostra che è del tutto superficiale opporsi alla ripetizione. Ancor più che in casi di grandi dimensioni, c'è, nella costruzione di abitazioni e di città, una formula che corrisponde maggiormente alla somma delle necessità. Le costruzioni a graticcio erano a loro tempo, ad esempio, una formula del genere di grande duttilità. Solo quando siamo in condizione di sostituire le formule poco funzionali con formule migliori, allora c'è la speranza che gradualmente cambino le condizioni.

Un'ulteriore formula risiede nel fatto che l'imponenza determinata dalla tecnica, che non è né umana né inumana di per sé, allontani dall'ambiente circostante dell'individuo. Come nel caso delle abitazioni per cui si è dovuto provvedere da sé si rivela come la dimensione appropriata una dimensione che offra abbastanza spazio, ma che non causi, d'altra parte, troppo lavoro, allo stesso modo la comunità dei perfezionisti necessita di una compattezza che renda possibile in grande misura la dualità basata su vita privata e sfera

pubblica. La ristrettezza sociale dei centri abitati, la monotonia delle città satellite si incontrano allo stesso modo dei rapporti caotici all'interno dei disorganizzati centri cittadini.

Il volume ha giocato un ruolo nell'ambito artistico soltanto come dimensione spirituale, mai come grande quantità. Questo principio conquista al giorno d'oggi, dove molto si presenta in una imponenza non più comprensibile agli occhi del singolo individuo, un significato del tutto elementare. L'imponenza non è inumana, ma semplicemente al di fuori dell'umano. Diventa, però, inumana se l'individuo si lascia reprimere da tale imponenza. Cosa che si sta già verificando in larga misura. Abbiamo soltanto bisogno di pensare ai pedoni nel traffico stradale attuale.

L'uomo deve riprendere possesso del territorio come un sovrano delle cose e deve allontanare l'imponenza dai quartieri destinati alla convivenza umana. L'uomo deve, inoltre, imporre un recupero della natura negli spazi cittadini. Nella densità della convivenza non sono più sufficienti i polmoni verdi e gli angoli verdi delle città. Mitscherlich ha dimostrato la necessità di uno spazio libero per i giovani. L'intera città ha bisogno di un rinverdimento: solo così possiamo riconquistare un fondamento naturale della vita. Naturalmente, il rinverdimento non allontana zone affollate dalle aree verdi nei mercati e nei centri commerciali. Proprio abitazioni alte con grandi cifre demografiche creano densità e uno spazio per alberi e parchi. Con l'abuso della tecnica è stato distrutto molto paesaggio. La tecnica non dovrebbe rendere impraticabile a priori il paesaggio cittadino d'importanza vitale per gli uomini che non è stato ancora realizzato da nessuna parte.

I problemi di architettura e società, libertà e ordine vincolante non sono del tutto impenetrabili come si ritiene comunemente: risulteranno ancora più chiari non appena si troverà il coraggio di offrire ciò che è evidente e rimpicciolire lo spazio occupato dalla mancanza di chiarezza.

Chiesa e urbanistica

Non possiamo aspettarci nessun cambiamento radicale dei rapporti sociali. Permane soltanto la possibilità di accelerare l'evoluzione attraverso alcuni esempi. La Chiesa ha potere, mezzi e territorio a sufficienza per mostrare forme esemplari di convivenza che di nuovo sono all'altezza della dignità dell'uomo e che lo liberano dalla terribile confusione di un mondo fuori controllo, un caos che ci ha bloccati a causa dell'abuso sfrenato della tecnica. Risulta anche che la costruzione di chiese, se considerata come parte inscindibile dell'intera società, come il rendere visibile il corpo vivente di Cristo all'interno della società, non va scissa dagli eventi economici e dalla politica quotidiana, dalle linee di rifornimento e dai contributi del vicinato. Una chiesa che viene costruita senza riguardo per le molte necessità della società, non inserita nel quadro generale delle necessità fin da subito riconoscibili, ignora inevitabilmente, e la forma sarebbe ancora così rifinita, il compito stabilito oggi. L'aspetto esteriore ha un significato del tutto secondario rispetto all'inserimento urbanistico, e anche se i presupposti spirituali non sono così facili da stabilire, molto è comprensibile in maniera concreta. Dunque si potrebbero scegliere terreni edificabili al centro delle comunità che non siano collocati in aree cittadine caotiche, ma che rendano possibile la tranquillità. Se le condizioni dello spazio in questione lo consentono, allora si dovrebbero creare aree verdi per rendere la zona che circonda la chiesa un'oasi nel mondo cittadino. Nelle periferie con scarsa urbanizzazione e nei piccoli centri è sempre possibile erigere la casa di Dio in modo che domini sull'intero centro abitato. Si dovrebbe sempre aspirare ad avvicinare alla casa di Dio altre istituzioni delle comunità religiose o anche civili come scuole dell'infanzia e scuole per creare un vero e proprio centro cittadino. Eppure, anche all'interno di questo centro, che noi troviamo nei

pressi di tutte le chiese di paese più o meno vicine, la chiesa deve distinguersi ulteriormente.

Con il grado di comunanza si stabilisce la forma, come affermato precedentemente ed illustrato attraverso l'esempio dell'autostrada. Che il grado di comunanza sia maggiore in caso di linee di rifornimento, può solo spaventare gli inesperti. Infine, va edificata lì molto semplicemente. Per l'intero comparto dell'edilizia è più semplice creare una comunità rispetto all'architettura ecclesiastica. Consiste in questo, per l'appunto, il compito più pretenzioso. A partire dal costruttore, il tempo per l'architettura ecclesiastica non è considerato maturo, secondo quanto già sostenuto dall'architetto Rudolf Schwarz. Non si può costruire chiese andando contro lo spirito del tempo: costa fatica attribuire un significato ai compiti legati alla creazione. La frase retorica "scambia l'architettura ecclesiastica con la pianificazione delle città" nell'ufficio dell'autore non è naturalmente una via di scampo. Dobbiamo costruire chiese, ma si dovrebbe essere chiari riguardo alle straordinarie frontiere delle possibilità attuali. Proprio perché la rivendicazione di costruire chiese è alta, allora non bisogna attendere prima di giungere ad una soluzione che vada in direzione del nostro tempo.

La forma nella costruzione di chiese

Ogni ricerca dei legami della tradizione ancora in uso intrapresa sulla vita sociale comune fino al semplice ordine delle cose può, alla fine, non portare ad una risposta alla questione della forma. Nell'edificazione delle chiese non ci resta che compiere una sperimentazione con le possibilità del nostro tempo, per quanto non sia certo cosa ne risulterà. L'esaurimento delle forme menzionato precedentemente ha a che fare con l'eccezionale estensione della libertà individuale dell'età contemporanea, il che riguarda anche i pastori evangelici. Chi voleva avere una chiesa che già esisteva altrove?

Certamente un architetto deve reagire con fermezza a questa ricerca della novità ad ogni costo, e ci sono costruttori, come ad esempio Emil Steffan, che si limitano in maniera ferrea a elaborare essenzialmente sempre lo stesso modello. (Da non confondere con le diverse preferenze disponibili sul "mercato dell'edificazione di chiese", dopo tutto ci si può anche definire formalisti!) L'ascesi della limitazione a pochi materiali e forme tra le più semplici fa credere così tanto all'esistenza di un periodo, il nostro, di transizione, al punto che la sua esclusività renderebbe impossibile qualunque sviluppo. Anche Tessenow, architetto di indiscussa importanza, non ha nessun insegnamento da offrire per gli sviluppi futuri. L'ordine può essere compreso, ma non la fantasia. L'uno si può mettere in atto, nell'altra si deve sperare: la differenza sta in questo. Una definizione della forma riduce indubbiamente la possibilità che ne compaiano di nuove, per contro le possibilità attuali a disposizione possono solo essere utili allo sviluppo della forma. A parere dell'autore, ciò è dovuto anche al fatto che forse, in base alle rappresentazioni della forma, ad esempio non è possibile trascurare le nuove possibilità costruttive delle pareti e della struttura portante. La tesi di Mies van der Rohe non viene messa in discussione attraverso l'uso di nuove possibilità costruttive. Il limitarsi radicalmente a cubi e reticoli è condizionato dal tempo ed è molto importante tuttora in diversi ambiti, come ad esempio nelle reti di distribuzione. Senza ombra di dubbio l'utilizzo di nuove possibilità costruttive genera grandi problemi e a ciò è collegato, pertanto, oltre al rischio tecnico anche un rischio formale. Tuttavia, l'autore ritiene che non ci spingiamo oltre la sperimentazione di nuove forme anche nella costruzione di chiese. Nella prima fase della nuova modalità di costruzione si stavano lanciando dei segnali insieme agli edifici stessi delle chiese. Si trattava fondamentalmente di "oltraggi fruttuosi", sebbene non fossero stati pianificati come tali. Oggi è più difficile, poiché si richiede il vistoso, l'appariscente, e si tratta di

dare un'insolita semplicità al naturalmente vistoso che risiede nel nuovo.

Se, infine, si assume il rischio di mostrare legami riconoscibili nella struttura delle chiese, allora questo deve avvenire con la consapevolezza che non si devono escludere interpretazioni errate proprio nel confronto con il testo esposto finora.

In occasione della penultima conferenza del Werkbund (Lega artigiani) di Baden-Baden, Walter Warnach ha detto a riguardo che, dietro alla pretesa dello stile di vita attuale basato sulla bellezza, c'è il desiderio di riconquistare il paradiso perduto. Tale ricerca del sacro, che è insita in ogni individuo, assume una direzione trascendente all'interno della chiesa e va ben oltre la sfera del comprensibile. Cosa significa tutto questo per la costruzione delle chiese? L'edificio deve essere "una bella promessa della Gerusalemme celeste"⁸² (la rivista *L'art sacré* parla così della Heilig-Kreuz-Kirche di Düsseldorf-Rath) o bisogna lasciarlo consapevolmente libero da ogni elevazione relativo alla mera realizzazione degli scopi? A questa domanda si può rispondere, secondo l'autore, solo in un secondo momento, fornendo una risposta esaustiva oppure non fornendo alcuna risposta. In sezioni precedenti di questo testo si è accennato al fatto che, con la chiamata della fantasia, si risvegliano spiriti malvagi. Al di là della mera realizzazione degli scopi, ci sono, tuttavia, funzioni che le forme assolvono, che certamente non sono più controllabili con la lingua, ma con gli occhi. L'autore ritiene legittimo sfruttare tutte le possibilità utili ad erigere la struttura di una chiesa per distinguerlo chiaramente dagli edifici profani. Finché le chiese vengono erette in tal modo e non servono allo stesso tempo per scopi profani, si può esprimere il Particolare⁸³ solo attraverso il Meglio e il Più bello pensabili. Dunque, la necessità di rendere riconoscibile l'altro luogo, la casa di Dio, è più importante della realizzazione di tutte le

82 Riferimento alla promessa sposa dell'Antico Testamento, in cui si parla della Gerusalemme celeste.

83 Inteso come categoria, cioè "tutto ciò che è particolare".

funzioni. Tale necessità vale già per gli esterni e può essere soddisfatta attraverso la creazione di un paradiso, un'anticamera priva di mura o chiusa. Tutte queste misure devono favorire l'elevazione della "via verso l'altare". La costruzione di una chiesa rappresenta la ricostruzione della comunità nello spazio davanti e intorno all'altare, intorno alla vittima sacrificale, pertanto, la struttura deve dirigersi da lì verso l'esterno. Tutte le parti devono partecipare a questa "via verso l'altare": i materiali razionali ed afferrabili, ma ancor di più gli effetti e i fenomeni irrazionali ed incomprensibili che vengono rappresentati attraverso la forma, la corporeità e l'immaterialità, la luce, i colori o l'acustica. Tutto ciò deve essere condensato in una grande via unidirezionale che parte dal mondo profano fino a raggiungere l'altare e, viceversa, da lì irradiarsi in direzione della nostra vita quotidiana. Con ciò si dovrebbe esprimere che la chiesa, infine, può essere eretta per il solo raggiungimento degli scopi, deve essere dematerializzata e assumere una forma spiritualizzata. Prima dell'edificazione e della scelta dei materiali, prima della definizione dei dettagli e prima di tutte le riflessioni relative all'organizzazione va affrontata la questione delle funzioni delle forme. È possibile sviluppare chiese a partire dalla luce, cosicché costruzione e dettaglio siano ridotti ad una dipendenza pressoché impossibile da percepire e ci siano effetti che non vanno spiegati a partire da valutazioni concrete (ad esempio, aumento ottico dello spazio, inclinazione del pavimento, restringimenti dello spazio, ecc). Anche il passaggio dalla luce esterna alla luce trattenuta all'interno di una chiesa è un mezzo utile in tal senso, che favorisce la concentrazione dell'individuo ed è utile alla preghiera.

Questa concezione della struttura delle chiese ha una lunga tradizione, che dovremmo continuare a preservare insieme alle possibilità di cui disponiamo oggi. Ciò non significa, ovviamente, limitarsi ad una imitazione rinnovata dello stile, ma consiste in una trasformazione creativa della nostra tradizione

religiosa nella lingua del nostro tempo. La costruzione di chiese è un esempio del fatto che ci sono alcune condizioni nello spirituale che sono indispensabili per la riuscita della forma. Sicuramente c'è una grande libertà riguardo alla forma e proprio la struttura della chiesa ne è diventata un campo d'azione. A mio avviso è necessario rispettare i vincoli particolarmente rilevanti, proprio la definitività dell'"involucro" in cui hanno luogo gli eventi ecclesiastici non consente la realizzazione di strutture provvisorie o variabili che si possano modificare in realtà o secondo l'impressione. Nella costruzione di una chiesa una metà di essa deve essere visibile e leggibile all'esterno come all'interno. Una chiesa è pensabile solo come un'unità indivisibile, come un corpo come direbbe Rudolf Schwarz. La chiesa non ha subito modifiche a seguito dello sviluppo tecnologico. I mezzi tecnici non sono in primo piano, ma possono essere solo un aiuto per rendere visibile il vecchio e il sempre nuovo mistero del sacro.

Citazioni di Mies van der Rohe, Ernst Bloch, Theodor W. Adorno e Walter Wamach di WERK UND ZEIT.

ELOGIO DI STEFAN POLÓNYI

Discorso del 22 maggio 1998 in occasione del conferimento del premio DAI⁸⁴
a Stoccarda

Frei Otto

Otto, F. (1998, Fascicolo.5). *Laudatio für Stefan Polónyi*. Baukultur, 56-58.

I discendenti degli artisti e degli scienziati che un tempo erano di primo piano sono qui raccolti a Stoccarda per il grande giorno degli architetti e degli ingegneri, i costruttori di oggi. Sono qui per confrontarsi, e anche per riflettere in maniera autocritica, riguardo a cosa debba essere fatto oggi, a come lo si debba fare e a come potrebbe essere fatto meglio che in precedenza. Si danno appuntamento in questa città segnata dalla guerra, ora ricostruita. Si danno appuntamento in questa "meravigliosa città tra il bosco e le viti" in cui vivono così tanti architetti ed ingegneri. Si incontrano in questa città che, in realtà, ha solo poche case in buono stato. I maestri dell'architettura onorano oggi in questa città uno di loro, Stefan Polónyi, uno che ha dedicato la propria attività alla collettività e che lotta senza sosta per una vita insieme che possa essere considerata soddisfacente. Nacque nel 1930 in Ungheria, a Budapest, città in cui è cresciuto e ha studiato. Ha fondato un ufficio per l'edilizia a Colonia nel 1957, dove svolge tuttora la propria attività, dal 1966 anche a Berlino, mentre dal 1993 a Lipsia. Stefan Polónyi era ed è un pensatore e uno scienziato tra i grandi Maestri dell'architettura. Ha costruito con e per Neutra, Lehmbruck, Ungers, Schneider-Wessling, von Gerkan, Nouvel e molti altri. Ha aiutato tanti che un tempo erano sconosciuti a fare carriera nel settore dell'architettura. Nessuna delle sue opere è priva di idee innovative. Ha reso costruibile l'incostruibile. Stefan Polónyi non è un esperto che si dedica ad

84 Verband Deutscher Architekten- und Ingenieurvereine e. V. : Associazione degli architetti ed ingegneri tedeschi

una analisi statica volta a stabilire cosa non funziona. È, al contrario, un pensatore a tutto tondo che cerca di scoprire come funziona, come l'apparentemente impossibile in realtà funziona e come dovrebbe funzionare (così o con parole simili si esprime una volta Polónyi stesso). Nella sua ricerca della totalità, Stefan Polónyi è sia ingegnere che procede per via analitica, sia cercatore autocritico della verità che si percepisce come tale. Il procedimento sintetico è per lui almeno tanto importante quanto quello analitico. È uno che sa unire le varie componenti e, dunque, costruire. È, pertanto, un compositore. Come uomo di pensiero, che guida gli individui attraverso il mettere insieme le varie componenti, è anche una guida attraverso l'attività di costruzione, dunque - detto letteralmente - un architetto. Con grande carisma, impegno umanista e talento associato a professionalità, Polónyi ha cercato, nel ruolo di insegnante, di bloccare l'ulteriore specializzazione lontana dall'approccio globale delle professioni in cui si ricoprivano ruoli guida nell'ambito dell'architettura. Nel 1965 è stato professore ordinario per l'insegnamento di progettazione delle strutture portanti all'Università tecnica di Berlino in un periodo particolarmente turbolento. Fondò con Harald Deilmann la facoltà di architettura, che fu presto conosciuta oltreconfine come "il modello di Dortmund", poiché rendeva possibile uno studio combinato per gli studenti di architettura ed ingegneria. Per questo motivo le università di Budapest e Kassel gli conferirono la loro massima onorificenza accademica: il titolo di dottore honoris causa con ogni diritto. Stefan Polónyi ha operato non solo nell'ambito dell'insegnamento e della ricerca, ma anche attraverso il suo lavoro personale al servizio dell'architettura, in nome dell'ideale di questa associazione, forse addirittura come nessun altro. Polónyi è un compositore che assembla il tutto a partire da diverse parti e sviluppa contemporaneamente le parti che costituiscono il tutto. Come critico scientifico mostra la sua vera immagine ai suoi colleghi. Stigmatizza

con audacia il loro approccio spesso rilassato con le scienze naturali e con i loro metodi di lavoro applicati nella ricerca. Critica aspramente ogni docente universitario che si definisca ricercatore, ma che divulghi semplicemente il sapere che non ha acquisito con il proprio lavoro. La sua celebre relazione "La revisione della comprensione scientifica" del 1986 ha lasciato tracce dietro di sé. Ha ricondotto alcuni dei suoi colleghi ingegneri sulla retta via di pensiero. In realtà molti aspetti sono discutibili. Teorie e norme limitano sempre più la percezione individuale. Le realtà sostituite determinano una progettazione innaturale che crea abitazioni ostili alla natura. Ricordiamoci: fino ai tempi di Schinkel gli edifici non venivano progettati eseguendo calcoli, eppure venivano costruiti in sicurezza. Il sapere relativo a forma, stabilità, materiali, proporzioni dominava sulle cifre. Oggi si stabiliscono le cifre per ogni casa e suo componente, altrimenti è "inammissibile". Si effettuano calcoli in modo sempre più veloce, preciso ed efficace, infatti le nostre costruzioni non diventano né più sicure né tantomeno più belle. Diventano sempre più edifici di lusso e, inoltre, relativamente più economiche. Il sapere dell'attività edilizia è certamente diventato nel complesso molto più ampio, ma non quello dell'architetto, il quale dovrebbe guidare, nella sua individualità, l'intero processo. L'insegnamento svolto nelle scuole professionali e nelle università è, peraltro, obsoleto. Richiede una modernizzazione radicale che dovrebbe iniziare con la revisione tanto della sensibilità scientifica quanto della comprensione della natura per creare i presupposti per un'arte e cultura che rispecchino il nostro tempo. Si progetta ancora in base a teoremi che vengono considerati incompresi o che non sono più validi. Si realizzano abitazioni che subiscono l'influenza della moda senza mai preoccuparsi troppo dell'estetica senza tempo né dell'estetica del proprio tempo, a cui si può giungere soprattutto nell'ambito della comprensione dell'arte e della natura. Si ricorre alla solita valutazione costi-benefici della nostra società basata sul guadagno

anche nelle arti, compresa l'architettura, sebbene sia valida nel mondo dell'arte solo per l'ambito materiale e non per il relativo contenuto. L'errore fondamentale degli architetti di oggi è che danno la priorità al progettare piuttosto che alla comprensione e che loro stessi costruiscono una volta che hanno compreso che non costruire sarebbe meglio. Si progetta, tuttavia, come in passato. Si progettano centri abitati e relative reti stradali senza sapere che questi "oggetti" sono prodotti indubbiamente tecnici, ma allo stesso tempo anche biologico-umani che fondamentalmente non è possibile progettare, perlomeno non in questo modo, ossia che mantengono la loro validità senza essere sottoposti a correzioni per un tempo più lungo. Città, centri abitati e abitazioni sono in continuo mutamento. Tale mutamento è sottoposto a quelle sue naturali regolarità, per le quali casi e influssi che appaiono inizialmente insignificanti possono assumere una rilevanza decisiva. Non si è ancora compreso che, da molto tempo, le abitazioni non sono più armi dell'uomo per vincere la natura. Non si è ancora compreso che la comprensione della natura inanimata e animata come un tutto è una base dell'architettura. Per la prima volta ora si avvicina l'uomo della comprensione che guida lo sviluppo della natura animata volto non all'obiettivo finale "individuo", ma che causa eventi del tutto casuali di forme sempre più complicate e, tuttavia, risulta complicato distinguerne la fine. Gli oggetti della natura inanimata non hanno per noi un inizio e una fine, mentre quelli della natura animata e della tecnica si sviluppano, ma restano imperfetti e finiti. Nella natura inanimata gli stati caotici vengono sempre più sostituiti da stati ordinati che conducono alle forme particolari della natura animata e anche all'ambito di azione dell'individuo, il quale spesso sostituisce i processi naturali con quelli artistici attraverso il proprio intervento. Nella nascita, nella crescita e "nel ciclo vitale" del centro abitato e delle abitazioni agiscono processi di auto-organizzazione, auto-costruzione e auto-formazione che ad

un ipotetico caos conferiscono ogni giorno una forma diversa, la quale spesso contraddice la forma considerata intenzionalmente statica sviluppata dai progettisti. Le conoscenze della biologia, della ricerca comportamentale e dell'ecologia occupano, intanto, molte persone e quasi tutte si preoccupano del futuro dell'umanità. Per molti architetti, ingegneri e docenti universitari sembra che non esistano. Pensano di aver adempiuto al proprio obbligo da cittadini seguendo semplicemente le disposizioni statali. Noi costruttori calcoliamo e progettiamo, oltre ad allontanarci dalla realtà nel tempo e nello spazio, senza una conoscenza di base del divenire del Naturale e anche dell'esistenza dell'individuo pensante che è incline a credere alle notizie sulle conoscenze senza una prova diretta. Chiaramente, il garante del futuro, ovvero la gioventù di oggi, dovrebbe sapere tutto questo. Cosa vuole la gioventù di oggi? Ha delle visioni? Chi tra i giovani le elabora o le mostra? Gli studenti di architettura del '68 sono nel contempo servitori dei potenti e dei ricchi oppure potenti di per sé e arricchiti e sono, dunque, garanti di una società basata sul lusso vecchia e autocompiaciuta. La rivoluzione si è assopita. La grande manifestazione animata, ma contemporaneamente pacifica di 30 anni fa, cui ha partecipato anche Polónyi a Berlino, aveva un fondamento filosofico di portata più ampia! Ha cambiato il mondo intellettuale dell'ultimo terzo di questo secolo! Ora abbiamo bisogno della prossima rivoluzione che ci avvicini ad una nuova società culturale! Desideriamo un tempo di pace di intensità più profonda a livello intellettuale e artistico. Al momento, tuttavia, sembra che non sia iniziato un movimento simile tra i nostri studenti. Sono oberati dal lavoro e ansiosi in una brutale società basata sul successo, in cui certamente l'uso dell'arte, ma non la creazione di arte, e anche di architettura, viene apprezzata in maniera adeguata. Tuttavia, il cambiamento sperato e a lungo atteso è in realtà indifferente che avvenga dall'alto, ossia dai pensatori e dagli insegnanti, o dal

basso, dagli apprendisti e dagli studenti. L'unica cosa importante è che si realizzi in maniera pacifica e sulla base di un nuovo modo di pensare nella scienza e nell'arte che sia chiaro. Ciò che viene sviluppato ha probabilità di riuscire solo quando è portatore di un messaggio vero e chiaro. Dobbiamo lottare per tali messaggi, ognuno di noi deve farlo nel proprio mondo, lavoro, anche casa e giardino. Dobbiamo continuare a chiederci come dovrebbe, come può, e come deve andare avanti. Nell'attuale campo politico-economico tale cambiamento può portare ad un rinnovamento dell'architettura? Infine, può svilupparsi la città animata e allo stesso tempo bella del nostro tempo? L'ambito della nostra democrazia di partito è certamente un ostacolo allo sviluppo dell'architettura, ma d'altro canto non la ostacola del tutto. Il rinnovamento dell'architettura deve provenire dagli architetti stessi. Non si può aspettare che provenga da coloro che detengono il potere per un breve lasso di tempo che hanno sempre fretta di ottenere risultati. Nella società organizzata democraticamente può esistere, tuttavia, una politica culturale in cui le arti sono degne di essere chiamate tali. Negli architetti e ingegneri del nostro tempo la nostra società orientata all'economia vede finora fornitori di servizi per la politica, il potere, il lusso e la sicurezza che dovrebbero solo fare ciò per cui sono incaricati. La nostra società basata sulle prestazioni e sulla perfezione non riconosce che architetti e ingegneri che costruiscono ogni casa, strada e città e, dunque, non riconosce che necessita della loro esistenza, sono parti responsabili della società. Gli architetti di oggi devono poter dire di no quando dovrebbero agire male, cosa che non possono svolgere per questioni etiche ed estetiche. Tuttavia, non devono arrendersi. Devono mostrare la via verso il futuro anche se porta svantaggi – come spesso accade – a livello personale. La nostra società può favorire, in primo luogo, nuovi percorsi se questi sono stati notati e resi percorribili. Il mestiere del costruttore della vecchia scuola non esiste più. Il mestiere dell'architetto è cambiato e

cambia sempre di più. Oggi gli ingegneri creano sempre più oggetti della stessa natura allo stesso tempo e iniziano a svolgere il proprio lavoro insieme allo studio delle condizioni. Cercano di considerare gli stessi compiti e di risolverli in team, ovviamente con altri metodi e mezzi. Il coinvolgimento delle scienze umanistiche e biologiche, oltre che dell'arte, è diventato il fulcro del lavoro degli architetti, mentre il coinvolgimento delle scienze naturali esatte lo è per gli ingegneri. Gli ingegneri lavorano nell'ambito della conoscenza dei limiti della natura. Gli architetti cercano di trovare nell'ambito dell'infinità dell'arte quanto potrebbe essere senza tempo. Architetti e ingegneri non possono prendere le distanze in modo autonomo dalla propria conoscenza e dalle regolarità originarie del cosmo. Il Gran premio DAI viene consegnato per la seconda volta a Stoccarda, città che – come molte altre – potrebbe essere tanto meravigliosa se avesse finalmente case ben costruite e, allo stesso tempo, belle esteticamente, che siano conformi alla qualità che il costruttore ha conferito loro. Stoccarda ha riavuto, ovviamente, dopo esser stata distrutta, una torre, un ponte pedonale, un centro musicale, una galleria, un parlamento, un planetario e anche altre abitazioni degne di nota, ma non tutti, decisamente, hanno costruito nel segno della qualità, come ci si dovrebbe aspettare dagli architetti qui presenti che altrove danno vita ad un'architettura mondiale, ma che si limitano semplicemente al provinciale nella propria città. I motivi sembrano essere molteplici e tipicamente tedeschi. La nostra società basata sulla competitività che ha paura di affrontare la vita ama la perfezione tecnica ai massimi livelli. Il suo filo conduttore è il rapporto costi-benefici per tutte le decisioni da prendere, anche nel caso dei pezzi d'arte, per i quali non vale questa modalità di valutazione. I progetti di edifici costosi falliscono (spesso), quelli "economici" vanno a buon fine. È risaputo. Vale per l'arte e anche per l'architettura: un'opera è compiuta se si può rimuovere o aggiungere qualcosa. Questo Land tedesco è rinomato a livello

mondiale per le competizioni di architettura. In assenza di tali competizioni non lo sarebbe. L'esito di una competizione non può essere, certamente, mai migliore della presenza di un vero compito e della relativa formulazione, come qualità dei partecipanti, come i lavori presentati, come la qualità dei giudici di gara e della procedura di selezione adottata. La tipica selezione negativa basata sulle tornate ha portato finora a preferire il lavoro con le carenze inferiori e ha determinato un aumento della mediocrità. Non determina, o lo fa solo raramente, un lavoro complessivamente migliore. (...) La comprensione della natura è, come la comprensione dell'arte e anche dell'architettura, sottosviluppata nella ricca società locale altamente tecnologica. Pertanto, tale società non è ancora nella situazione di essere il committente della realizzazione dei propri progetti ed edifici comunali ed industriali in grado di garantire la creazione di architettura. Nella società attuale l'architettura viene di frequente accolta dall'utente in modo maestoso come regalo autocompiaciuto dell'artista. La differenza tra le componenti tecnico-costruttive e artistico-costruttive viene raramente compresa. Questa società non ha ancora compreso che può indubbiamente comprare costruzioni, ma non arte, che è sempre una parte impagabile della vita di chi l'ha creata. La società attuale basata sulla perfezione capisce indubbiamente che ogni prodotto tecnico invecchia e viene sostituito dal prodotto migliore e anche che essa stessa può esistere solo se sviluppa velocemente prodotti sempre migliori da un punto di vista tecnico. La nostra società ignora che una tale riflessione dell'arte costituisce un ostacolo, dal momento che l'arte è fondamentalmente senza tempo e che non deve essere legata alla sfera del materiale e alla perfezione tecnica misurabile. Oggi gli edifici, che sono perfettamente funzionali, ma per questo motivo meno modificabili, invecchiano velocemente a livello materiale e tecnico. Dovremmo capire tutti che solo l'abitazione "multiuso" o adattabile può continuare ad essere

considerata “nuova”. La durata tecnica non produce ancora nulla che possa essere considerato senza tempo, non crea ancora architettura intesa come arte, ma è in contrasto con il continuo mutamento dell’ambiente e della società. Questa città, in cui ci siamo dati appuntamento oggi, è orgogliosa delle proprie auto e dei propri motori e prodotti. I tecnici che li rendono sempre migliori si conoscono molto poco come accade per i designer che vanno alla ricerca della forma perfetta. Si conoscono i grandi manager, ma non gli artisti! Questa città dei tanti costruttori celebri a livello mondiale che qui ideano, e certamente non costruiscono, questa città dei cavillatori, degli ingegneri automobilistici e dei tecnici ha bisogno – come ogni altra città tedesca – del nuovo movimento che scaturisce dalla soddisfazione provinciale, e che nell’ambito artistico apre finalmente una finestra sul futuro, invece di continuare a chiuderne la vista. Il confronto tra il nostro tempo e gli anni ‘20 è inevitabile. Un tempo, come accade tuttora, in questa città venne elaborato nell’ambito dell’architettura Neuland e questo, come tuttora, resta inosservato agli occhi della popolazione e mal sopportato dai professionisti residenti in questa città. Dirigetevi all’unico documento veramente legato alla storia dell’architettura di importanza internazionale! Visitate le case restaurate di Mies, Le Corbusier, Oud, Behrens, Scharoun a Weißenhof . Ma prima cercate anche quelle di Gropius, Poelzig, den Tauts, von Hilberseimer e Döcker che non furono estraniati, oltraggiati o sterminati durante il periodo della dittatura, ma negli anni ‘50 e nei primi anni ‘60, che vengono considerati come il periodo dell’emancipazione e del rinnovamento intellettuale e che in molte aree, in verità, hanno determinato una involuzione, che tutti credevano passati definitivamente. Tuttavia, il quartiere Weißenhof è, nonostante la sua alterazione, l’unico vero documento di importanza internazionale. È l’unico qui (e solo qui) ad essere un complesso urbanistico del suo tempo sorto come un insieme compatto. È una prova che il classico moderno –

seppur poco apprezzato e incompreso nel proprio Paese d'origine – è l'unico contributo propriamente tedesco alla "grande" architettura mondiale. Romanico, Gotico, Barocco, Rinascimento, Classicismo nazista e sovietico, Moderno del dopoguerra, Postmoderno, Decostruttivismo sono di importazione! Solo il Classico moderno è stato creato dalla Germania. I costruttori tedeschi poterono, però, essere veramente importanti solo per pochi anni. Nell'estate del 1927 Stoccarda è stata il fulcro dell'architettura per il mondo intero e dell'inizio di un'epoca che oggi si riveste del titolo onorario "classica e moderna". Questo "classico moderno", questa architettura tedesca, ha introdotto il moderno internazionale e ha portato, infine, all'architettura mondiale unitaria con hotel, fabbriche, stazioni, aeroporti, scuole confrontabili fra loro. Ha determinato un calo della qualità per via del suo successo economico. Questa architettura mondiale unitaria non era mai stata, del resto, l'obiettivo cui ambivano i pionieri tedeschi. Gli anni '20 appartengono al passato, non possono essere riportati nel presente! Tuttavia, un rapporto di origine tedesca di tale epoca giunge fino ai giorni nostri: è il movimento dell'architettura sociale, economica e "verde" per tutti. Qui vengono stabiliti nuovi segni, e non attraverso palazzi adibiti a banche o accessori di tendenza per porte o balconi, ma attraverso idee che rendono possibile con il minimo ricorso ai materiali e all'energia la vita e la crescita degli individui nella e con la natura. In particolare, nel settore legato all'abitare, lo sforzo verso la somiglianza a livello globale è assurdo. La casa in cui vive una persona non è un prodotto unitario moltiplicabile a piacere. È sempre un unicum che dovrebbe soddisfare il proprio inquilino ed essere adeguato alla propria ubicazione. Le costruzioni, i materiali e le tecniche di produzione, così come un settore edilizio adeguato, rendono già possibile l'infinito range di varianti che richiede la nuova abitazione. A partire dalle condizioni del luogo e dal paesaggio in cui edificare e considerando gli utenti, tuttavia, aumenta il

grado di somiglianza nonostante tutte le differenze. Si notano facilmente le nuove architetture europee, i palazzi del Mar Baltico, della Sassonia e della Baviera, dell'Alsazia, ma anche delle metropoli Parigi, Berlino e nelle grandi città dell'Europa occidentale, che diventano più "abitabili" di quanto lo fossero in passato. Sono sempre più rispettose della salute, vicine all'uomo, inconfondibili. La casa cercasole di Capo Nord sembrerà diversa rispetto a quella fresca del sud della Spagna e, tuttavia, ci saranno somiglianze nel mondo in quanto non solo tutti gli individui sono imparentati tra loro a livello genetico, ma hanno anche limiti uguali di resistenza. L'unità politica dell'Europa garantisce la pace. La molteplicità di lingue, dialetti e anche di architetture è, al contrario, la base di un nuovo, possibilmente già diventato, periodo culturale di alto livello che ammette innumerevoli differenziazioni. Non possiamo ancora parlare di una nuova cultura di alto livello, ma forse è iniziata. Abbiamo solo troppi palazzi inutilizzati o usati male. Continuiamo a costruirne di simili, che presto diventeranno inutilizzabili. Non abbiamo ancora compreso il rapporto con il mutamento continuo nell'ambito della natura inanimata e animata, e in modo ugualmente scarso, il rapporto con gli oggetti temporalmente finiti e artificiali che, proprio come l'uomo, sono una parte della natura. Cerchiamo di imitare in modo dilettantesco la natura senza conoscerla. La natura non ha, al pari della tecnica, obiettivi e compiti precisi, ma uno sviluppo del tutto diverso con un meccanismo di selezione che certamente porta ad oggetti altamente elaborati che, tuttavia, sono e saranno fondamentalmente inimitabili anche se si riscontrano somiglianze superficiali con oggetti tecnici. È probabilmente un grande errore di pensiero ritenere che l'imitazione di un oggetto vivente possa già favorire o attuare la tanto lamentata "armonia dei nostri edifici con la natura". L'umanità deve finalmente riconoscere che lei stessa è una componente della natura con tutto ciò che fa in essa. Deve capire qual è il

proprio posto nell'universo. Noi architetti ed ingegneri interveniamo in maniera sempre più brutale nei processi di autogestione della natura. In cerca di un ordine superficiale, creiamo quelle condizioni caotiche che intendiamo evitare e siamo spesso ancora abbastanza orgogliosi delle nostre mostruosità! Attualmente diciamo di avere troppi architetti! Vogliamo addirittura ridurre i posti di studio. La situazione reale viene valutata in modo del tutto errato! C'è abbastanza lavoro poiché i compiti stabiliti sono incommensurabili: le abitazioni necessitano di un rinnovamento e adeguamento, e quelle poche abitazioni in condizioni particolarmente buone, vanno mantenute come tali. I punti critici del lavoro da svolgere sono stati soltanto rinviati. Ristrutturazione e manutenzione sono diventate più importanti dell'edificazione di nuovi edifici. Parliamo arrogantemente del nuovo mondo del terzo millennio! Ci accingiamo addirittura a mostrare tutto ciò come prospettiva futura in una nuova esposizione mondiale. Non abbiamo trovato finora un progetto convincente e non riusciremo a trovarlo fino al momento dell'apertura dell'esposizione. Ritengo incomprensibile il motivo per il quale non cogliamo l'opportunità di svolgere vere sperimentazioni in tutte le discipline – anche nell'ambito edile – e di offrire prospettive rivolte al futuro, come ad esempio l'idea di un'architettura delle abitazioni nuova, bella e umana e del lavoro individuale. Vorremmo avere, infine, città meravigliose con case adatte all'uomo e belle oltremisura che siano "casa"! Tutto questo richiede come ampia base architetti ed ingegneri d'eccellenza. La nostra società ha nonostante tutto la speranza che i giovani costruttori del nostro tempo riusciranno a far fronte alle nuove sfide. Addirittura, essa inizia lentamente a comprendere che deve sviluppare anche un livello di prestazioni adeguato. La speranza di un futuro migliore non si basa su teorie con parole astute, ma, come in tutte le arti, su esempi che vengono forniti in modo particolare dall'opera svolta in tutta una vita e dalla mentalità di grandi

personalità che nella seconda metà del secolo hanno fornito tale apporto culturale e, in parte, forniscono ancora ciò che conduce al futuro. A tali personalità appartiene, come credo io fermamente, Stefan Polónyi. Se qualcuno ha conquistato questo "Gran premio di Germania" che conferiscono gli architetti e gli ingegneri tedeschi, questi è proprio Polónyi.

arch. Claudia D'Amore

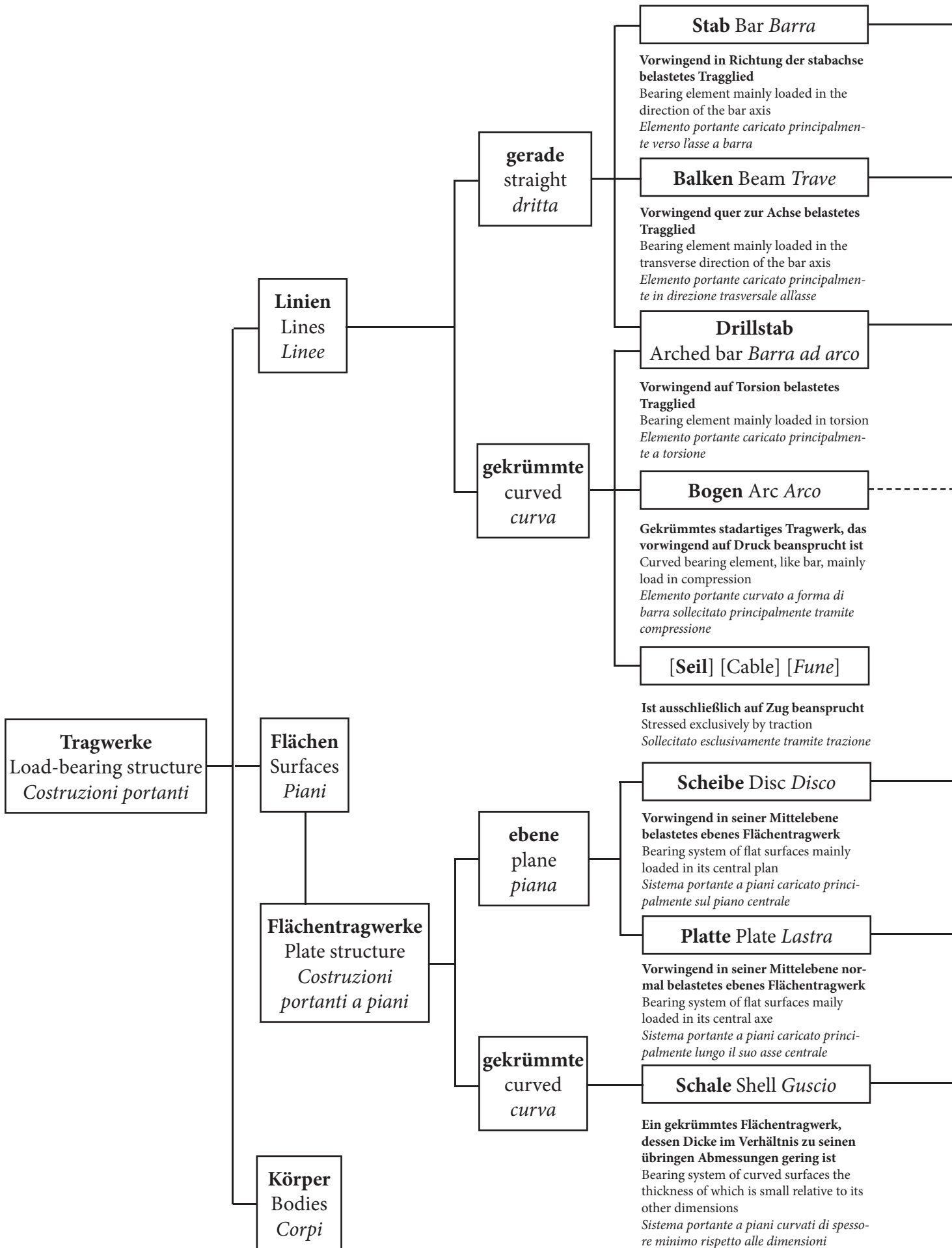
L'esperienza progettuale di Stefan Polónyi sull'utilizzo delle Faltwerke.
Rapporto forma struttura nelle strutture resistenti per foma.

Testo critico

APPENDICI

GLOSSARIO

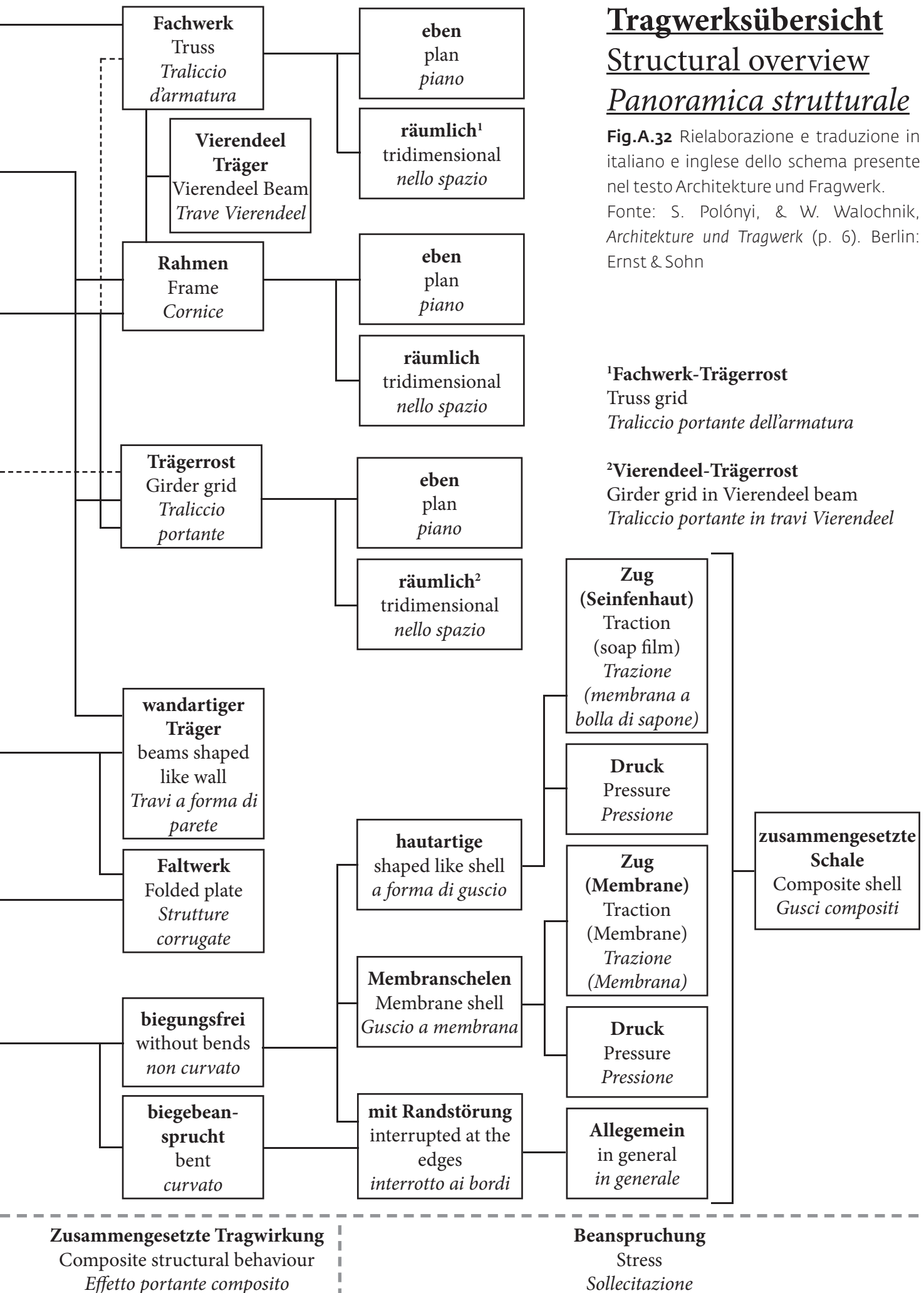
Glossary



Gliederungskriterien
Subdivision criteria
Criteria di strutturazione

Geometrie
Geometry
Geometria

Tragwirkung
Structural behaviour
Effetto portante



Fachwerk
 Truss
Traliccio d'armatura

Vierendeel Träger
 Vierendeel Beam
Trave Vierendeel

Rahmen
 Frame
Cornice

Trägerrost
 Girder grid
Traliccio portante

wandartiger Träger
 beams shaped like wall
Travi a forma di parete

Faltwerk
 Folded plate
Strutture corrugate

biegungsfrei
 without bends
non curvato

biegebeansprucht
 bent
curvato

eben
 plan
piano

räumlich¹
 tridimensional
nello spazio

eben
 plan
piano

räumlich
 tridimensional
nello spazio

eben
 plan
piano

räumlich²
 tridimensional
nello spazio

hautartige
 shaped like shell
a forma di guscio

Membranschalen
 Membrane shell
Guscio a membrana

mit Randstörung
 interrupted at the edges
interrotto ai bordi

Zug (Seifenhaut)
 Traction (soap film)
Trazione (membrana a bolla di sapone)

Druck
 Pressure
Pressione

Zug (Membrane)
 Traction (Membrane)
Trazione (Membrana)

Druck
 Pressure
Pressione

Allgemein
 in general
in generale

zusammengesetzte Schale
 Composite shell
Gusci compositi

TEDESCO - ITALIANO

Ausführungsplanung - Pianificazione esecutiva

Baukonstruktion - Struttura della costruzione

Bauphysik - Fisica delle costruzioni

Baustoffkunde - Scienza dei materiali da costruzione

Bauwirtschaft - Industria delle costruzioni

Bewehrung - Armatura

Bewehrungspläne - Progetto delle armature

Darstellungsmethoden - Modalità di presentazione

Fächer Baugeschichte - Storia dell'edificio

Faltwerk Dächer - Coperture con struttura a Faltwerk

Gebäudekunde - Conoscenza dell'edificio

Genehmigungsplanung - Pianificazione per l'approvazione, l'autorizzazione

Hängebrücke - Ponte sospeso

Hypar (=Hyperbolic Paraboloid) - Paraboloide iperbolico

Schalpläne - Progetto delle casseforme

Tragkonstruktion - Struttura portante

Tragverhalten - Comportamento strutturale

DESTINAZIONE D'USO DEGLI EDIFICI

Ausstellungsbauten - edifici espositivi

Bauten des verkehrswesens - costruzioni per i sistemi di trasporto

Bibliotheken - Biblioteche

Brücken - ponti

Büro - Uffici

Geschäftsbauten - edifici commerciali

Industriebauten / Industrie anlagen - edifici industriali / impianti industriali

Museum - museo

Schulen / Universitäten - scuole / università

Sportstätten - impianti sportivi

Veranstaltungszentren, Versammlungsstätten - centri eventi, luoghi di incontro

Verwaltungsbauten - edifici amministrativi

Wohnbauten - Edifici residenziali

ELEMENTI DELLA COPERTURA

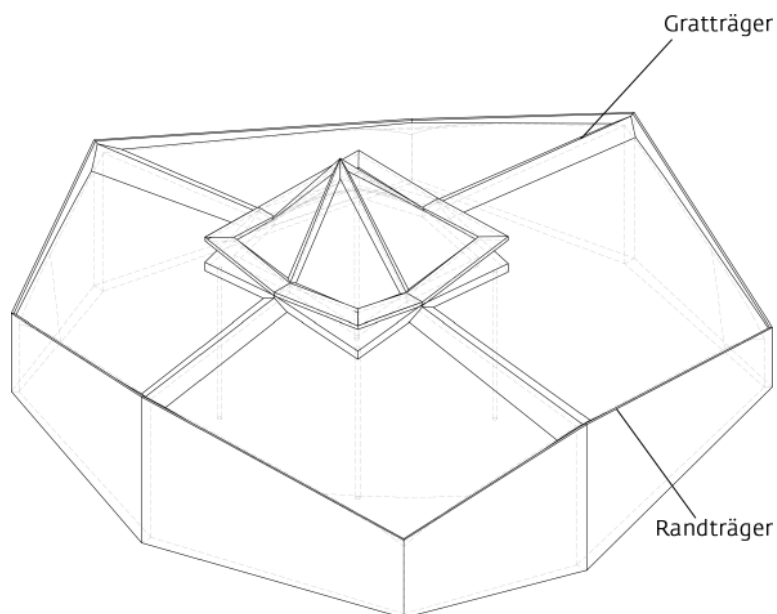


Figura A.33: Struttura della copertura in calcestruzzo armato della chiesa di St. Mariä Himmelfahrt

Firstträger

Congiunzione delle due parti della copertura nel punto in cui si forma la piega. Si tratta di una linea di displuvio ad andamento orizzontale.

Gratträger

Congiunzione delle due parti della copertura nel punto in cui si forma la piega. Si tratta di una linea di displuvio ad andamento non orizzontale che deriva dall'ispessimento dei gusci lungo la linea d'incontro.

Kelträger

Congiunzione delle due parti della copertura nel punto in cui si forma la piega. Si tratta di una linea di compluvio ad andamento verticale.

Randträger

Linea di congiunzione fra la copertura ed il muro che la sostiene. Trave di bordo.

Ringträger

Elemento portante orizzontale che crea un anello unendo tutte le travi di bordo della struttura.

ELEMENTI CHE COSTITUISCONO GLI EDIFICI RELIGIOSI

Altarraum (de) - **Presbiterio** (it) – **Presbytery** (en)

Beichtstuhl (de) - **Confessionale** (it) – **Confessional** (en)

Fensterrose / Rose (de) - **Rosone** (it) – **Rose window** (en)

Glockenturm (de) - **Campanile** (it) – **Bell tower** (en)

Kapelle (de) - **Cappella** (it) – **Chapel** (en)

Kirche (de) - **Chiesa** (it) – **Church** (en)

Orgel (de) – **Organo** (it) – **Pipe organ** (en)

Sakristei (de) – **Sacrestia** (it) – **Sacristy** (en)

Sänger (de) – **Cantoria** (it) – **Choir** (en)

Taufstein (de) – **Fonte battesimale** (it) – **Baptismal font** (en)

Windfang (de) – **Ingresso protetto dal vento** (it) – **Wind protected entrance** (en)

ELEMENTI DEL DISEGNO

Erdgeschoss (de) - **Pianterreno** (it) – **Ground floor** (en)

Kellergeschoss (de) - **Seminterrato** (it) – **Basement** (en)

Obergeschoss (de) – **Piano superiore** (it) – **Upper floor** (en)

Übersichtsplan (de) – **Planimetria generale** (it) – **Plan** (en)

Längsschnitt (de) - **Sezione longitudinale** (it) – **Longitudinal section** (en)

Querschnitt (de) - **Sezione trasversale** (it) – **Cross section** (en)

Schnitt (de) - **Sezione** (it) – **Section** (en)

Ansicht / Sicht (de) - **Vista** (it) – **View** (en)

MATERIALI

Beton (de) - **Calcestruzzo** (it) – **Concrete** (en)

Holz (de) - **Legno** (it) – **Wood** (en)

Kupfer (de) - **Rame** (it) – **Copper** (en)

Sprizbeton (de) - **Calcestruzzo proiettato** (it) – **Shotcrete** (en)

Il calcestruzzo proiettato può essere definito come conglomerato cementizio indirizzato ad alta velocità su una superficie. La posa in opera e la compattazione differisce da quella dei calcestruzzi tradizionali poiché avvengono in un'unica operazione. La compattazione, operazione finalizzata ad incrementare la resistenza meccanica del calcestruzzo mediante l'eliminazione dell'aria in eccesso al suo interno, avviene nel momento stesso in cui il calcestruzzo viene gettato, con una certa velocità, sul materiale che ne forma il cassero. Questi particolari calcestruzzi sono ottenuti con delle miscele particolari alle quali vengono aggiunti additivi acceleranti di presa che ne permettono una presa istantanea e la riduzione dello sfrido (materiale che per effetto dell'azione dello spruzzaggio rimbalza dalla struttura cui dovrebbe fare presa). Questo tipo di calcestruzzo è particolarmente indicato per la realizzazione di costruzioni sotterranee, per la protezione degli scavi di fondazione, per il consolidamento di pendii e scarpate, nonché per l'esecuzione dei lavori di ripristino delle costruzioni in calcestruzzo degradate anche in pietra e/o mattoni, ed anche per strutture con configurazioni geometriche molto complesse, ove sarebbe impossibile utilizzare il tradizionale sistema di posa in opera.

TASSELLAZIONI ORIGAMI

Il tassello negli architectural origami è l'elemento base della costruzione. Per determinare la configurazione finale che l'intera superficie di cui fa parte invero è necessario studiarne attentamente le caratteristiche geometriche. La tassellazione quindi può essere vista sia come la sommatoria di moduli¹ che creano una superficie piegata, o come la divisione di una superficie per mezzo di pieghe che delimitano e separano fra loro i tasselli per permetterne il movimento reciproco. Nel primo caso l'interpretazione per origami rigidi codifica forme 3D e 4D in un modello bidimensionale, nel secondo caso interpretare il 2D come 3D o 4D è una semplice questione di definizione del vincolo angolare fra due facce. La forma dei tasselli determina anche il tipo di movimento che la superficie può compiere ed anche la situazione limite, oltre la quale la struttura collassa.

Lo studio dei tipi di tassellazione è fondamentale per la creazione di architetture con superfici piegate articolate poiché, senza l'analisi parametrica del modulo base da adottare e la conoscenza dell'effetto complessivo che essa avrà sull'intera superficie, è impensabile possedere la capacità di organizzare e progettare le suddette superfici.

Qui di seguito sono esposte le caratteristiche delle sole tassellazioni origami citate nel testo critico.

¹ Gruppi di tasselli che posseggono determinate qualità geometriche e che consentono reciprocamente un certo movimento

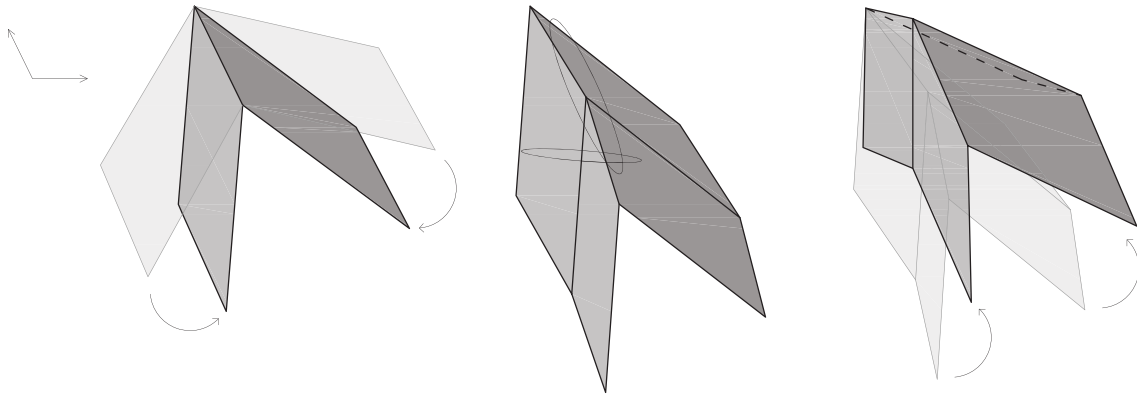


Figura A.34: Claudia D'Amore, schema di funzionamento della piega Miura

Piega Miura | Miura-Ori | Herringbone Pattern

La piega Miura prende il nome dall'astrofisico Koryo Miura che l'ha scoperta. È un tipo di tassellazione dispiegabile e planare a seguito di piegatura. La tassellazione è costituita da parallelogrammi. Lungo una direzione le pieghe formano linee rette, le quali sono anche assi di simmetria per i parallelogrammi. Nell'altra direzione le pieghe sono poste a zigzag. La tassellazione presenta anche un'ulteriore caratteristica geometrica: una serie parallela di bordi opposti dei tasselli parallelogrammi che la formano rimangono sempre paralleli fra loro nel movimento. Una piega Miura nel suo stato piegato possiede una forma molto compatta il cui spessore è limitato soltanto dal materiale ripiegato. La piega può essere decompressa in un solo movimento tirando le estremità opposte del materiale ripiegato, e similmente piegato nuovamente spingendo le due estremità insieme. L'intera struttura si trasforma mediante forze che si impongono solo in una parte della stessa. Questa caratteristica rende questa tassellazione tanto importante per la progettazione di componenti architettoniche cinetiche per le seguenti ragioni:

1. La struttura può essere formata da pannelli spessi e cerniere e quindi è scalabile per una struttura architettonica.

2. La struttura complessiva è controllata da un manipolatore o un utente umano.
3. È possibile progettare una struttura che si controbilancia nella trasformazione.
4. Il meccanismo strutturale è ridondante ed è possibile tagliare fori sulla superficie preservando il meccanismo.

Piega Yoshimura

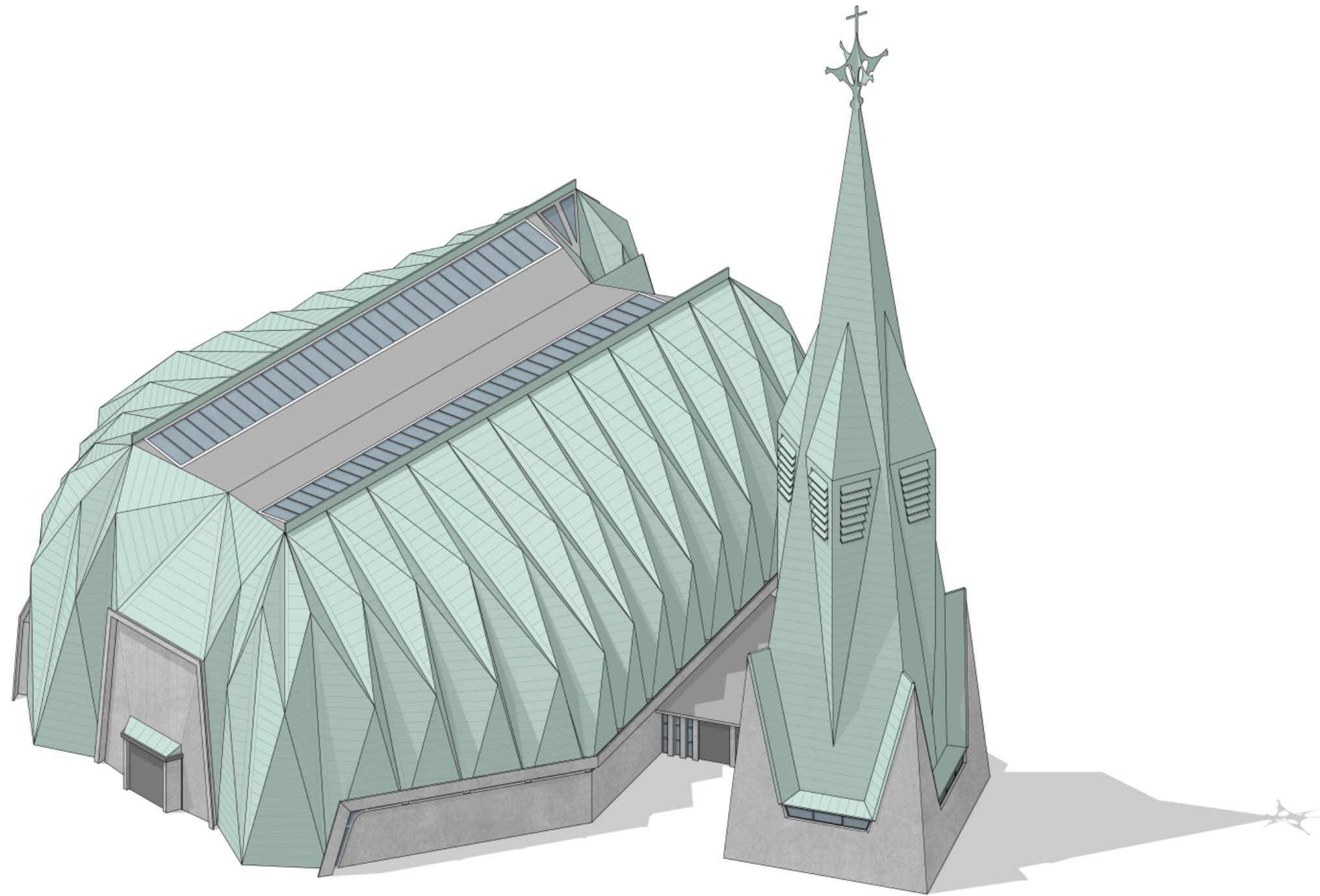
La tassellazione o piega Yoshimura prende il nome dallo scienziato giapponese che l'ha scoperta osservando la deformazione sotto compressione assiale di pareti sottili cilindriche. La tassellazione possiede due tipi di pieghe: la prima parallela ad uno dei bordi della superficie di partenza e la seconda posta in diagonale.

Bibliografia

- Baerlecken D., Swarts M., Gentry R., Wonoto N., Bio-Origami. Form finding and evaluation of origami structures, in *30th eCAADe Conference Prague 2012, vol. 1 Digital Physicality*, 497-503
- Buri H., Weinand Y., Origami – Folded Plate Structures, Architecture, in “10th WCTE”, 2008, ricerca presentata al 10th World Conference on Timber Engineering, Miyazaki, Japan, 2-5 June 2008
- Tachi T., Gregory Epps G., *Designing One-DOF Mechanisms for Architecture by Rationalizing Curved Folding*, paper per Proceedings of the International Symposium on Algorithmic Design for Architecture and Urban Design, ALGODE TOKYO 2011, March 14-16, 2011, Tokyo, Japan
- Tachi T., *Origamizing 3D Surface by Symmetry Constraints*

L'ESPERIENZA PROGETTUALE DI STEFAN POLÓNYI SULL'UTILIZZO DELLE FALTWERKE

RAPPORTO FORMA STRUTTURA NELLE STRUTTURE RESISTENTI PER FORMA



Volume II - Elaborazioni grafiche originali

ARCHITETTURA: INNOVAZIONE E PATRIMONIO

DOTTORATO DI RICERCA IN

XXX

CICLO DEL CORSO DI DOTTORATO

L'ESPERIENZA PROGETTUALE DI STEFAN POLÓNYI SULL'UTILIZZO DELLE FALTWERKE.

Rapporto forma-struttura nelle strutture resistenti per forma.

TITOLO DELLA TESI

Claudia D'Amore

Nome e Cognome del dottorando

firma

Vitangelo Ardito

Docente Guida/Tutor: Prof.

firma

Elisabetta Pallottino

Coordinatrice: Prof.

firma

Immagine di copertina

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Paulus a Neuss, Weckhofen

Descrizione dell'elaborato:

Assonometria dell'edificio religioso

Fonte:

Elaborazione grafica dell'autore

INDICE - Index

VOLUME I – TESTO CRITICO

Volume I - Text

- o. Introduzione
- 1. L'ingegnere strutturale Stefan Polónyi
- 2. Le strutture corrugate e i progetti di Stefan Polónyi
- 3. La progettazione dello spazio sacro

VOLUME II – ELABORAZIONI GRAFICHE ORIGINALI

Volume II - Original drawings

- o. Introduzione
- 1. Caso studio: *St. Paulus*, Neuss-Weckhofen, 1966-67
- 2. Caso studio: *St. Mariä Himmelfahrt*, Düsseldorf-Unterbach, 1963-64
- 3. Caso studio: *St. Hedwig*, Oberusel, 1963-65
- 4. Caso studio: *St. Suitbert*, Essen-Überruhr, 1964-65

VOLUME III – DOCUMENTAZIONE D'ARCHIVIO E APPARATI FOTOGRAFICI

Volume III - Pictures and archivist material

- o. Introduzione
- 1. Caso studio: *St. Paulus*, Neuss-Weckhofen, 1966-67
- 2. Caso studio: *St. Mariä Himmelfahrt*, Düsseldorf-Unterbach, 1963-64
- 3. Caso studio: *St. Hedwig*, Oberusel, 1963-65
- 4. Caso studio: *St. Suitbert*, Essen-Überruhr, 1964-65
- 5. *St. Remigius*, Wuppertal-Sonnborn, 1976. Analisi del primo progetto.
- 6. *Tribuna dello stadio di Colonia*
- 7. *Stazioni di servizio*
- 8. *St. Ewalde*, Wuppertal-Cronenberg, 1976

INDICE VOLUME II – ELABORAZIONI GRAFICHE ORIGINALI

o. Introduzione

Introduction

1. Caso studio: St. Paulus, Neuss-Weckhofen, 1966-67

Case of study: St. Paulus, Neuss-Weckhofen, 1966-1967

Immagine di copertina: Claudia D'Amore, Schizzo assonometrico della struttura corrugata della chiesa vista dal basso.

Tavola N. 1.01: Geolocalizzazione del caso studio

Tavola N. 1.02: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Planimetria

Tavola N. 1.03: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Vista dal basso

Tavola N. 1.04: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Pianta delle coperture

Tavola N. 1.05: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Prospetto ovest

Tavola N. 1.06: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Prospetto est

Tavola N. 1.07: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Prospetto sud

Tavola N. 1.08: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Prospetto nord

Tavola N. 1.09: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Sezione trasversale verso l'altare

Tavola N. 1.10: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Sezione trasversale verso l'ingresso

Tavola N. 1.11: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Sezione longitudinale verso la torre

Tavola N. 1.12: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Sezione longitudinale verso nord

Tavola N. 1.13: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Relazione fra interno ed esterno

Tavola N. 1.14: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Disegno tridimensionale. Assonometria dall'alto

Tavola N. 1.15: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Disegno tridimensionale. Assonometria dal basso

Tavola N. 1.16: Claudia D'Amore, Ridisegno interpretativo. Struttura della torre

Tavola N. 1.17: Claudia D'Amore, Ridisegno interpretativo. Struttura della torre

Tavola N. 1.18: Claudia D'Amore, Ridisegno interpretativo. Schema geometrico di sviluppo della superficie della Faltwerke

Tavola N. 1.19: Claudia D'Amore, Ridisegno interpretativo. Realizzazione della geometria semplificata della Faltwerke ed

individuazione delle componenti strutturali della chiesa di St. Paulus

Tavola N. 1.20: Claudia D'Amore, Ridisegno interpretativo. Rappresentazione tridimensionale dei fori della costola centrale della Faltwerke

Tavola N. 1.21: Claudia D'Amore, Ridisegno interpretativo. Schema strutturale dell'edificio

2. Caso studio: St. Mariä Himmelfahrt, Düsseldorf-Unterbach, 1963-64

Case of study: St. Maria Himmelfahrt, Düsseldorf-Unterbach, 1963-1964

Immagine di copertina: Claudia D'Amore, Schizzo prospettico della struttura della chiesa vista dall'interno

Tavola N. 2.01: Geolocalizzazione del caso studio

Tavola N. 2.02: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Planimetria

Tavola N. 2.03: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Pianta delle coperture

Tavola N. 2.04: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Prospetto nord-ovest

Tavola N. 2.05: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Prospetto sud-est

Tavola N. 2.06: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Prospetto nord-est

Tavola N. 2.07: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Prospetto sud-ovest

Tavola N. 2.08: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Sezione trasversale

Tavola N. 2.09: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Sezione longitudinale

Tavola N. 2.10: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Relazione fra interno ed esterno

Tavola N. 2.11: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Disegno tridimensionale. Assonometria dall'alto

Tavola N. 2.12: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Disegno tridimensionale. Assonometria dal basso

Tavola N. 2.12: Claudia D'Amore, Disegno interpretativo. Schema strutturale dell'edificio

Tavola N. 2.12: Claudia D'Amore, Disegno interpretativo. Schema della struttura lignea della copertura

3. Caso studio: St. Hedwig, Oberusel, 1963-65

Case of study: St. Hedwig, Oberusel, 1963-1965

Immagine di copertina: Claudia D'Amore, Rappresentazione schematica dei vetri colorati presenti sulla parete di fondo della chiesa e nel rosone d'acciaio

Tavola N. 3.01: Geolocalizzazione del caso studio

Tavola N. 3.02: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Planimetria

Tavola N. 3.03: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Ipografia

Tavola N. 3.04: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Pianta delle coperture

Tavola N. 3.05: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Prospetto nord

Tavola N. 3.06: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Prospetto sud

Tavola N. 3.07: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Prospetto ovest

Tavola N. 3.08: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Prospetto est

Tavola N. 3.09: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Sezione trasversale

Tavola N. 3.10: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Sezione longitudinale

Tavola N. 3.11: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Relazione fra interno ed esterno

Tavola N. 3.12: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Disegno tridimensionale. Assonometria dall'alto

Tavola N. 3.13: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Disegno tridimensionale. Assonometria dal basso

Tavola N. 3.14: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Disegno tridimensionale. Vista prospettica dal basso.

Tavola N. 3.15: Claudia D'Amore, Disegno interpretativo. Schema strutturale

4. Caso studio: St. Suitbert, Essen-Überruhr, 1964-65

Case of study: St. Suitbert, Essen-Überruhr, 1964-1965

Immagine di copertina: Claudia D'Amore, Schizzo dell'edificio sacro visto dall'esterno.

Tavola N. 4.01: Geolocalizzazione del caso studio

Tavola N. 4.02: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Planimetria

Tavola N. 4.03: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Pianta delle coperture

Tavola N. 4.04: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Prospetto nord-ovest

Tavola N. 4.05: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Prospetto sud-est

Tavola N. 4.06: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Prospetto nord-est

Tavola N. 4.07: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Prospetto sud-ovest

Tavola N. 4.08: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Sezione longitudinale

Tavola N. 4.09: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Sezione trasversale

Tavola N. 4.10: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Relazione fra interno ed esterno

Tavola N. 3.11: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Relazione fra interno ed esterno

Tavola N. 4.12: Claudia D'Amore, Rilievo metrico. Disegno tridimensionale. Assonometria dal basso

Tavola N. 4.13: Claudia D'Amore, Disegno interpretativo. Schema strutturale dell'edificio

Tavola N. 4.14: Claudia D'Amore, Disegno interpretativo. Schema strutturale dell'edificio

0. INTRODUZIONE

Il presente volume contiene gli elaborati prodotti durante la fase di 'ridisegno interpretativo'. Sono esposti in tavole i rilievi e i disegni che ne interpretano la natura geometrica e la composizione.

Attraverso il ridisegno è possibile approcciarsi all'opera costruita con un contatto più intimo atto e guardare oltre l'immagine che la singola fabbrica restituisce. L'architettura si nutre di immagini, ma anche di idee espresse dalle prime e che necessitano di esser colte ed comunicate in forma nuova.

L'analisi sul campo dei casi-studio ha prodotto un rilievo fotografico e metrico di massima oggetto di una successiva elaborazione durante la quale sono stati confrontati i dati raccolti. La fase di sovrapposizione dei dati ha permesso di confrontare i dati d'archivio relativi alle fasi progettuali e realizzative con i dati raccolti durante la campagna di rilievo cogliendone modifiche in fase di cantierizzazione dell'opera e le modifiche che sono state apportate nel corso del tempo dai fruitori.

La scomposizione adoperata sui manufatti è realizzata per comprenderne gli elementi costituenti da un punto di vista statico, costruttivo e funzionale.

Il lavoro di ridisegno interpretativo mira a chiarire il rapporto forma-struttura attraverso disegni bidimensionali e tridimensionali che esaminano gli aspetti costruttivi, spaziali e funzionali mettendoli in relazione fra loro. Le considerazioni che emergono dall'analisi delle singole architetture permettono una lettura dal particolare al generale, sulla scorta del metodo induttivo promosso dall'ingegnere nell'insegnamento delle strutture portanti dell'architettura.

L'interpretazione con schemi e diagrammi permette di riconoscere le parti costituenti gli edifici, la collocazione e gli ordinamenti. Permette inoltre di osservare, entro il quadro di riferimento della teoria delle strutture e della

teoria progettuale espressa da Polónyi, ciò che è parte della sua propria poetica individuale e ciò che riguarda l'estetica e la grammatica costruttiva in senso generale. Attraverso le analisi realizzate col metodo del ridisegno interpretativo si giunge alla formulazione di alcune conclusioni, che riguardano in prima istanza il manufatto, dal dettaglio ad una visione d'insieme, ed in secondo luogo riguardo il modus operandi dell'ingegnere.

Consolidato nel tempo nella scuola del Politecnico di Bari, il ridisegno interpretativo è utilizzato come strumento in grado di fare sintesi, la visione a posteriori della costruzione.

Attraverso la restituzione grafica presente in questo lavoro si intende restituire una interpretazione dell'opera costruita dall'ingegnere Stefan Polónyi.

Immagine di copertina

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Paulus

Descrizione degli elaborati:

Schizzo assometrico della struttura corrugata della chiesa vista dal basso

Fonte:

Elaborazione grafica dell'autore

Elaborazioni grafiche originali

1. Caso studio:
ST. PAULUS
Neuss-Weckhofen, 1966-67

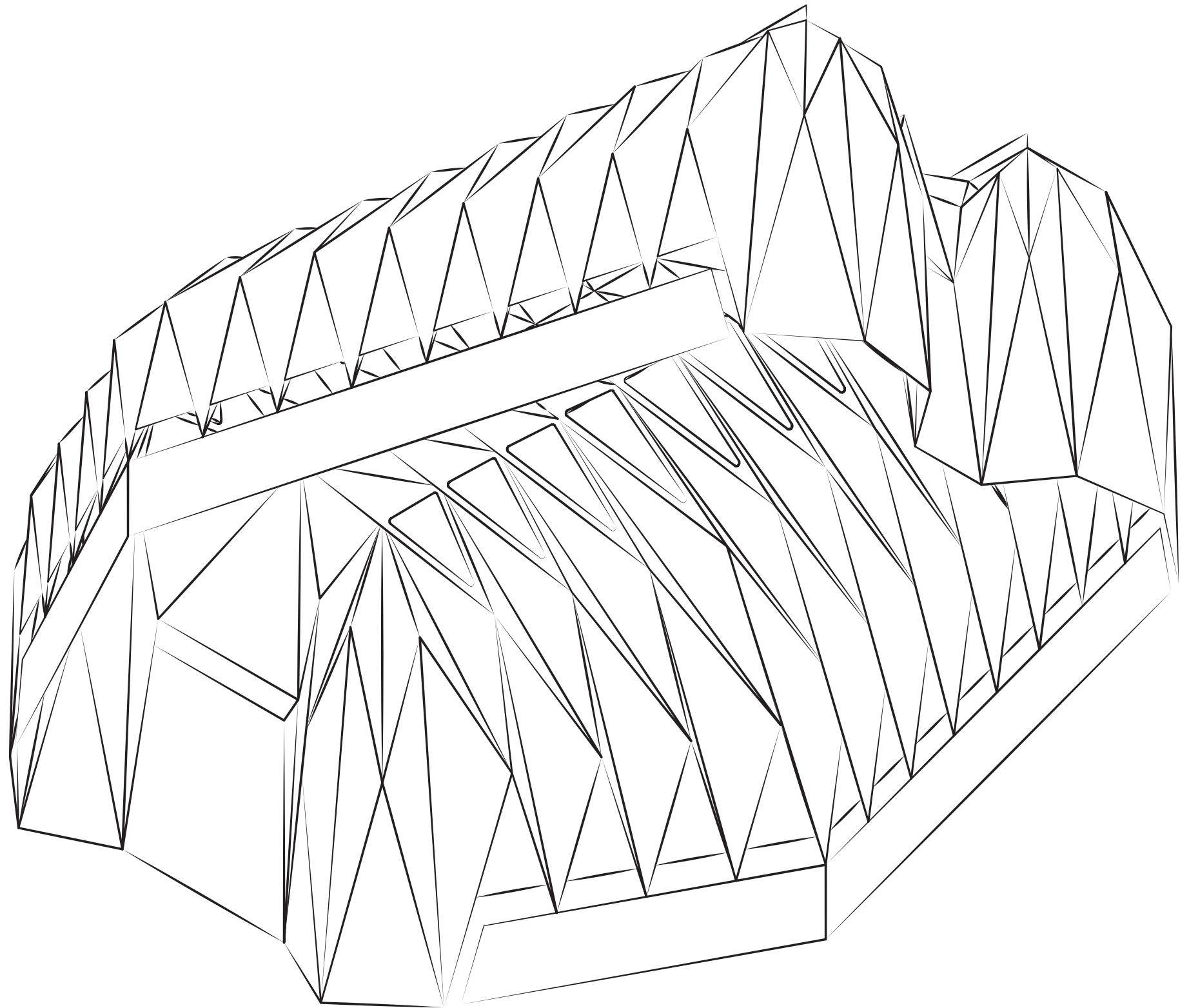


Tavola N. 1.01

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Paulus a Neuss, Weckhofen

Descrizione degli elaborati:

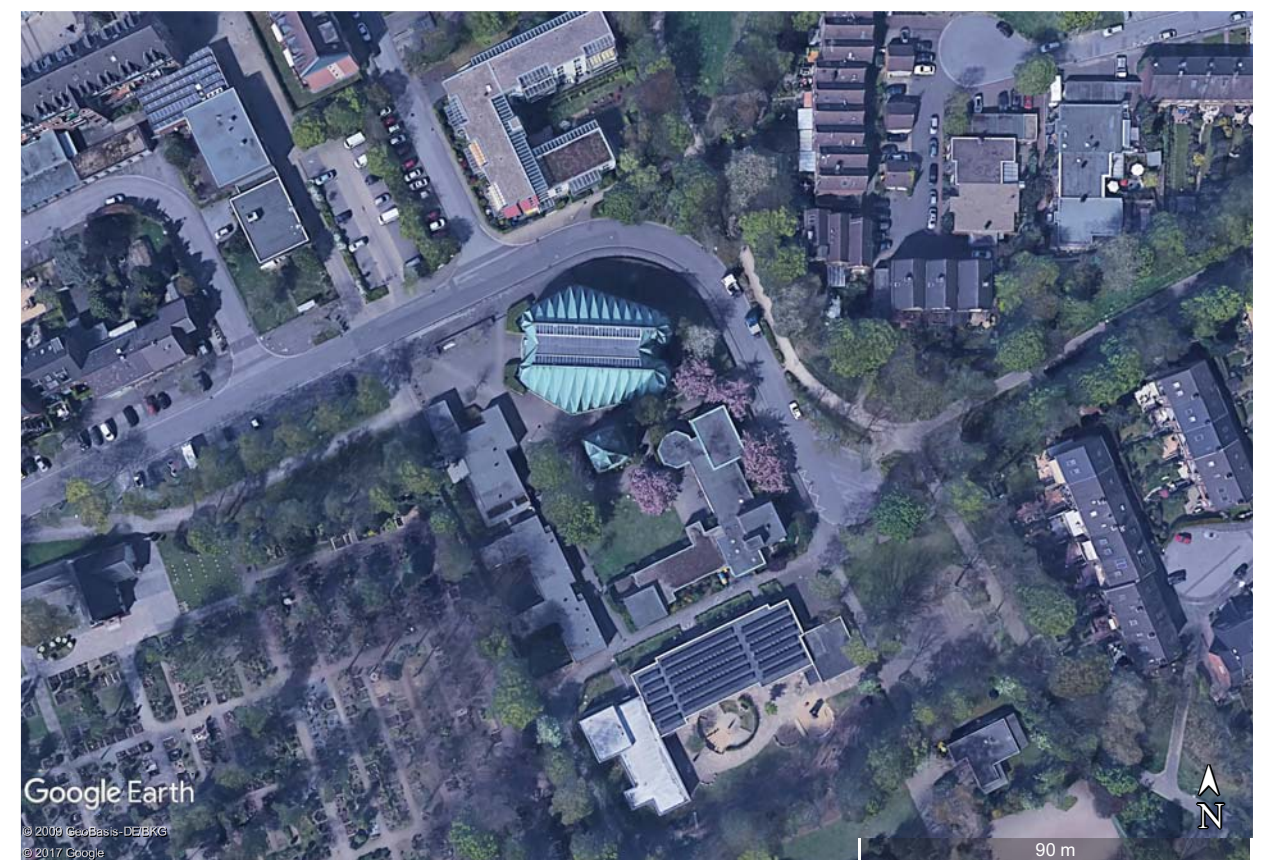
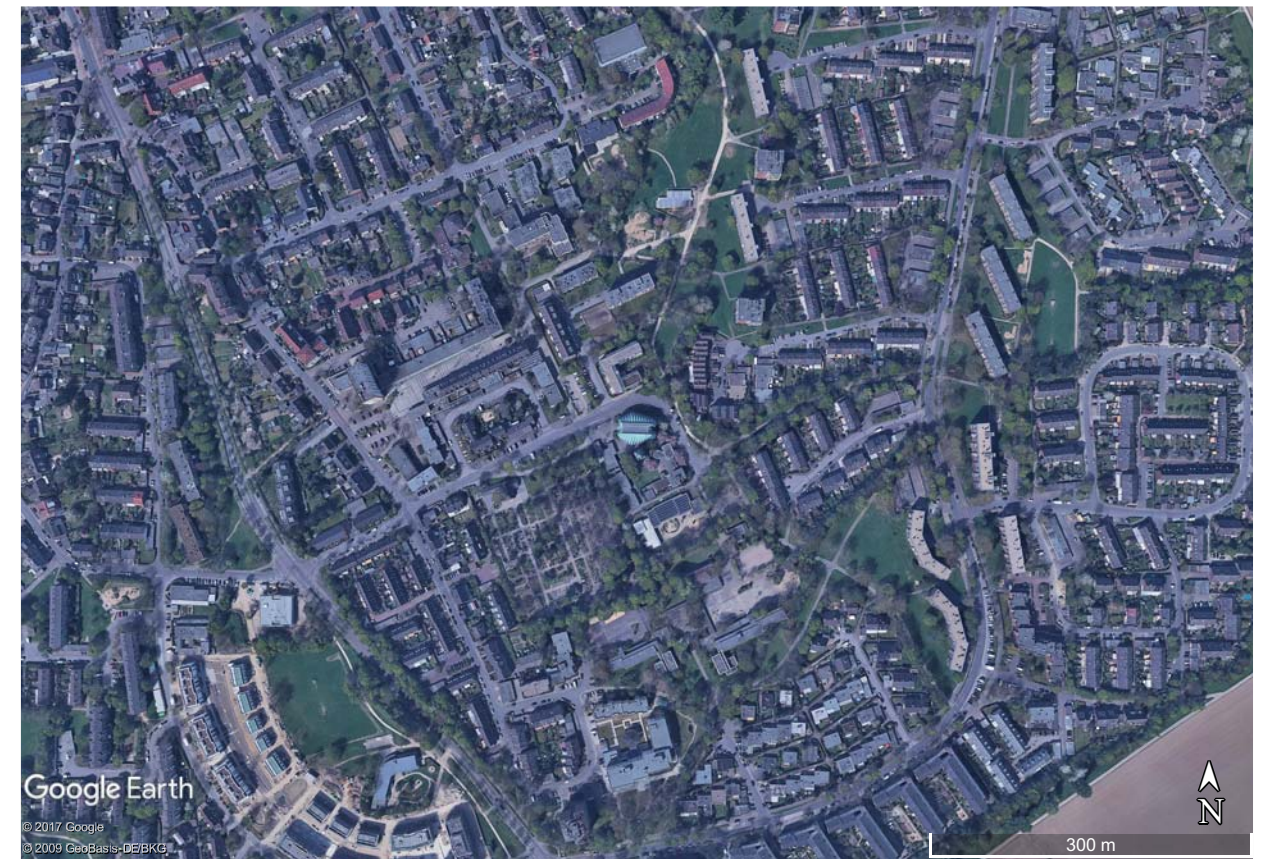
Geolocalizzazione del caso studio

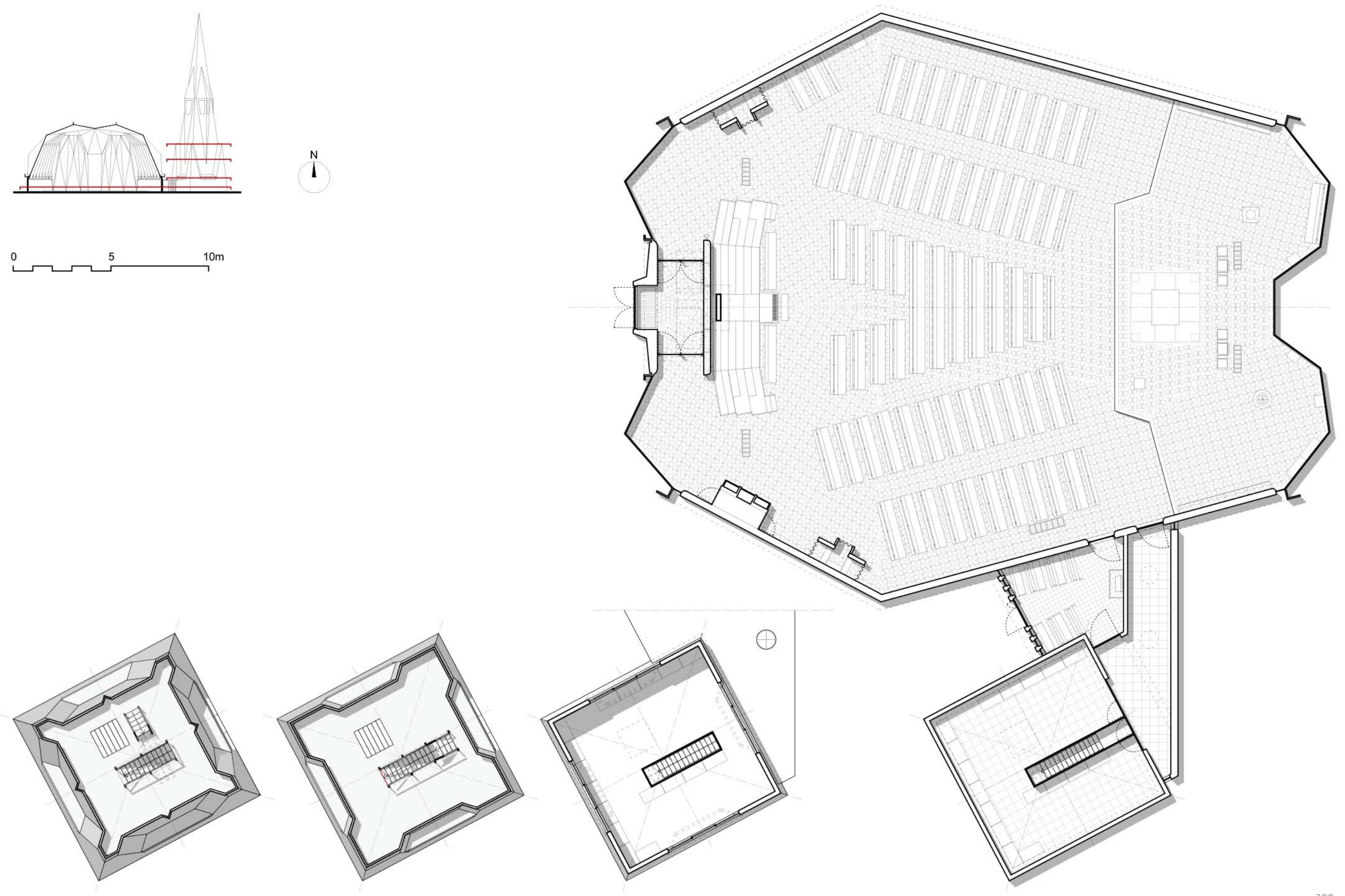
Coordinate geografiche:

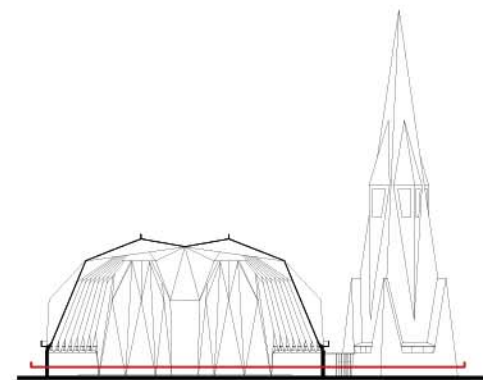
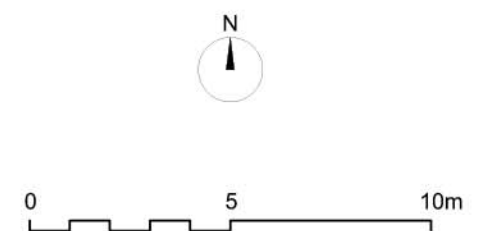
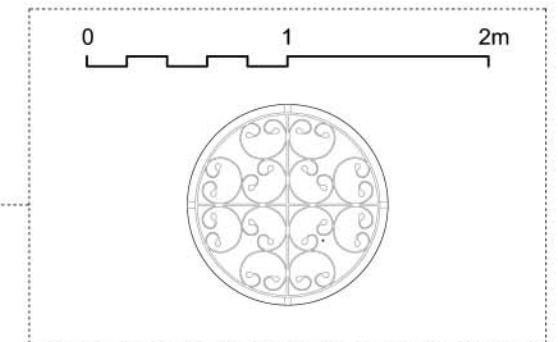
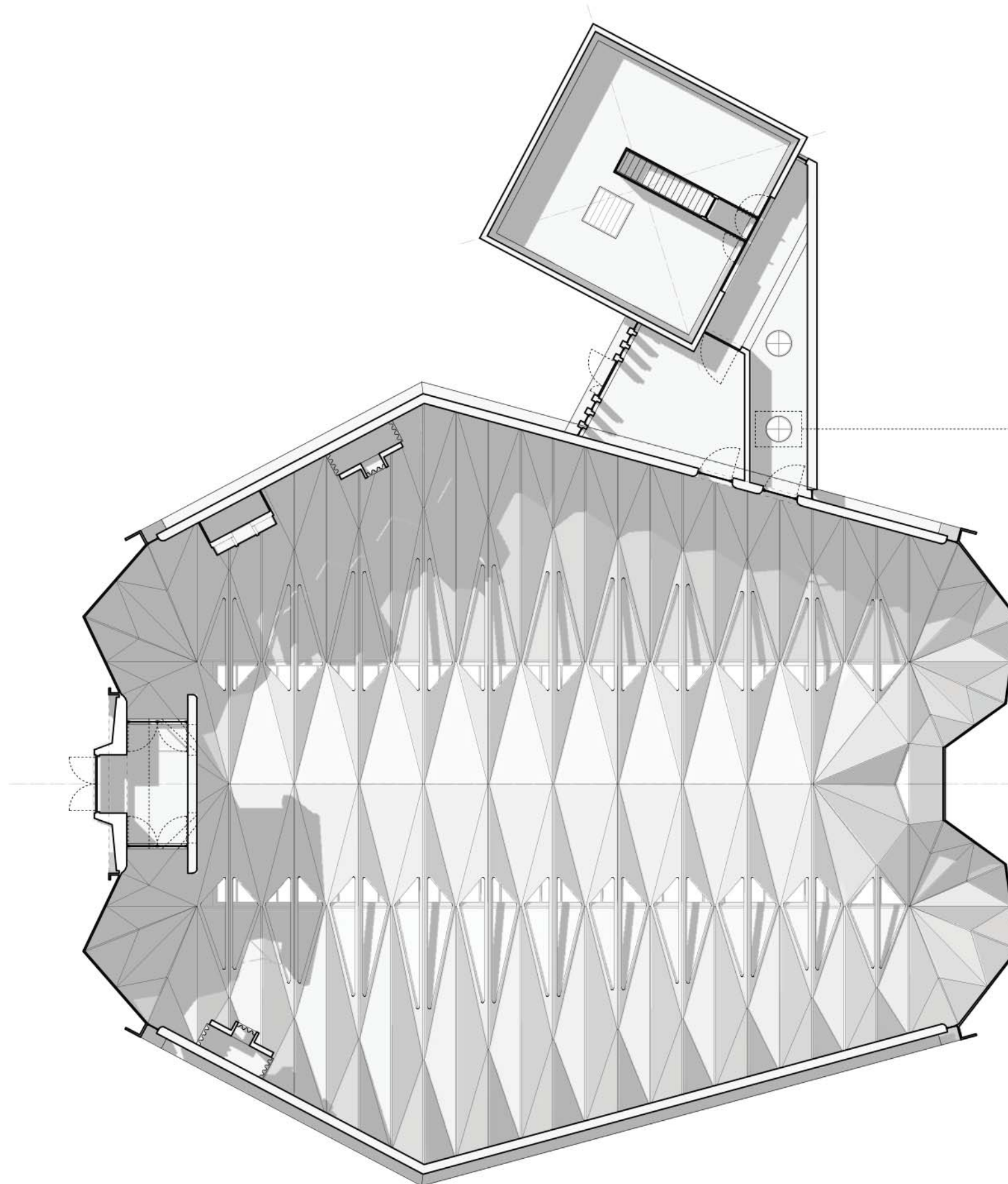
51.15613, 6.69926

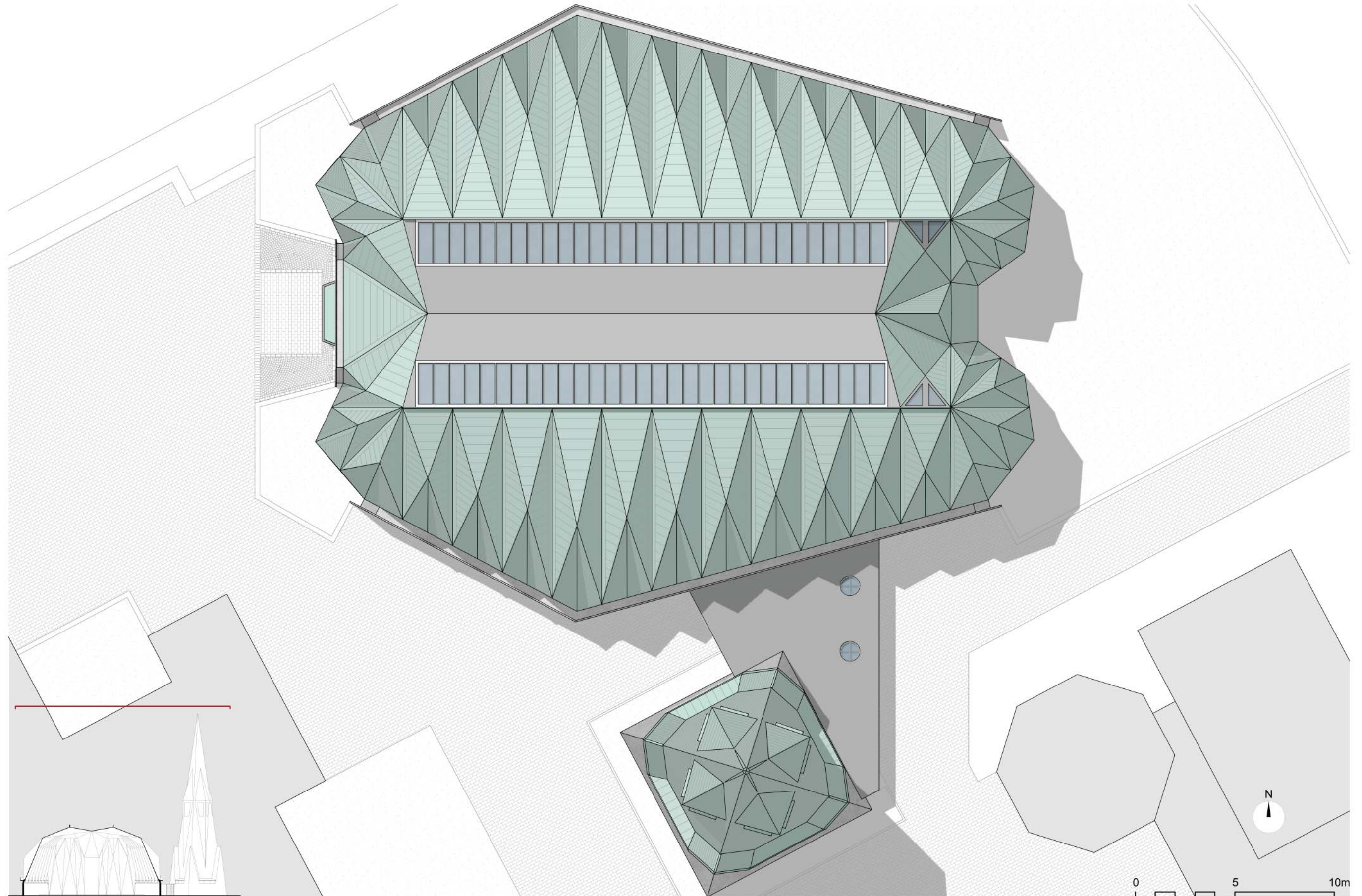
Fonte:

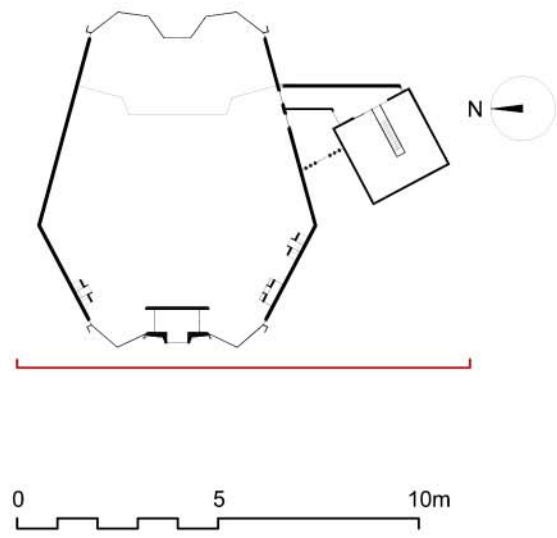
- a. Inquadramento territoriale, Elaborazione grafica dell'autore, dati cartografici (Google Maps)
- b. Relazione dell'edificio sacro con la città.
- c. Relazione dell'edificio sacro col contesto urbano.

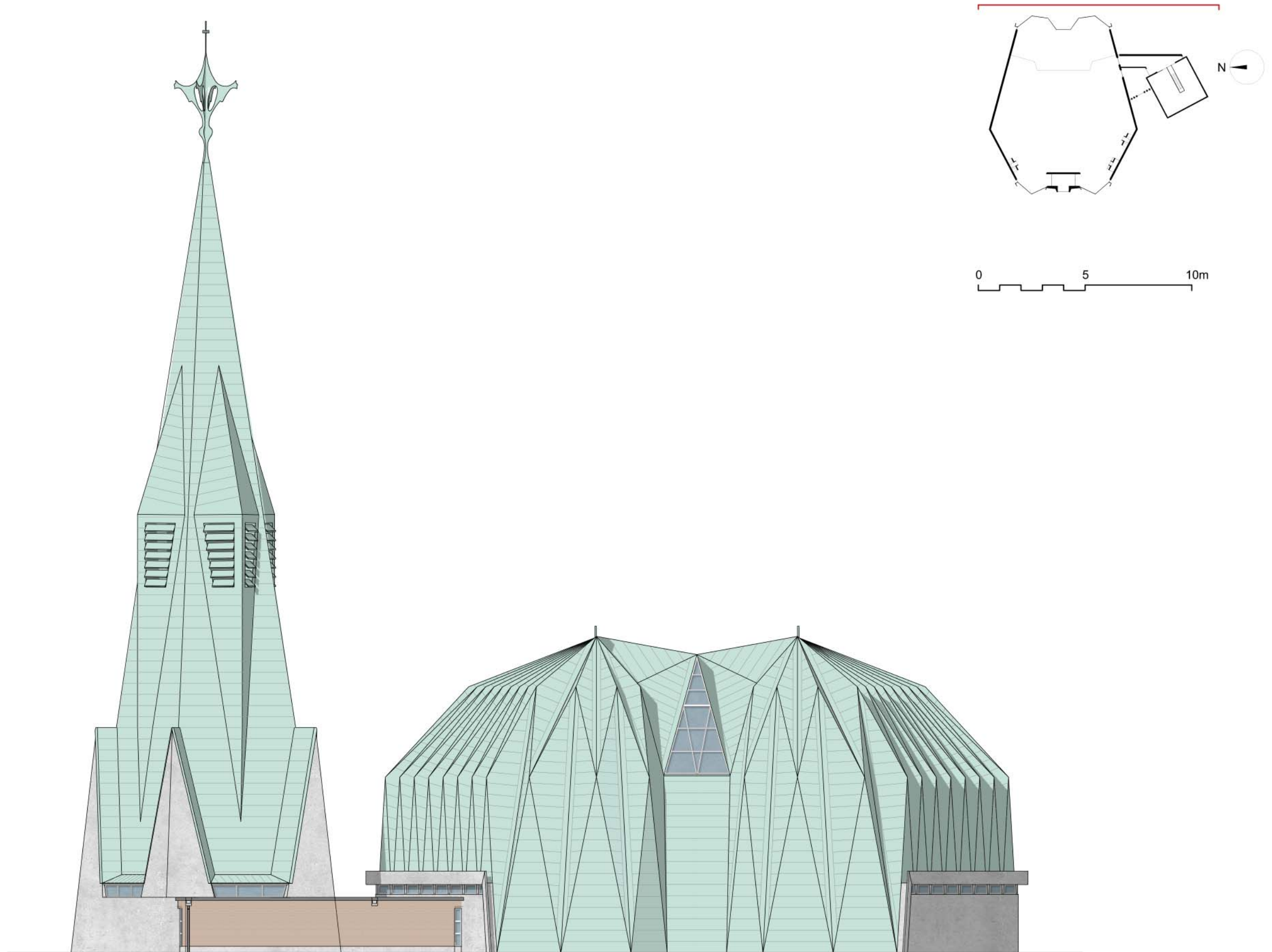


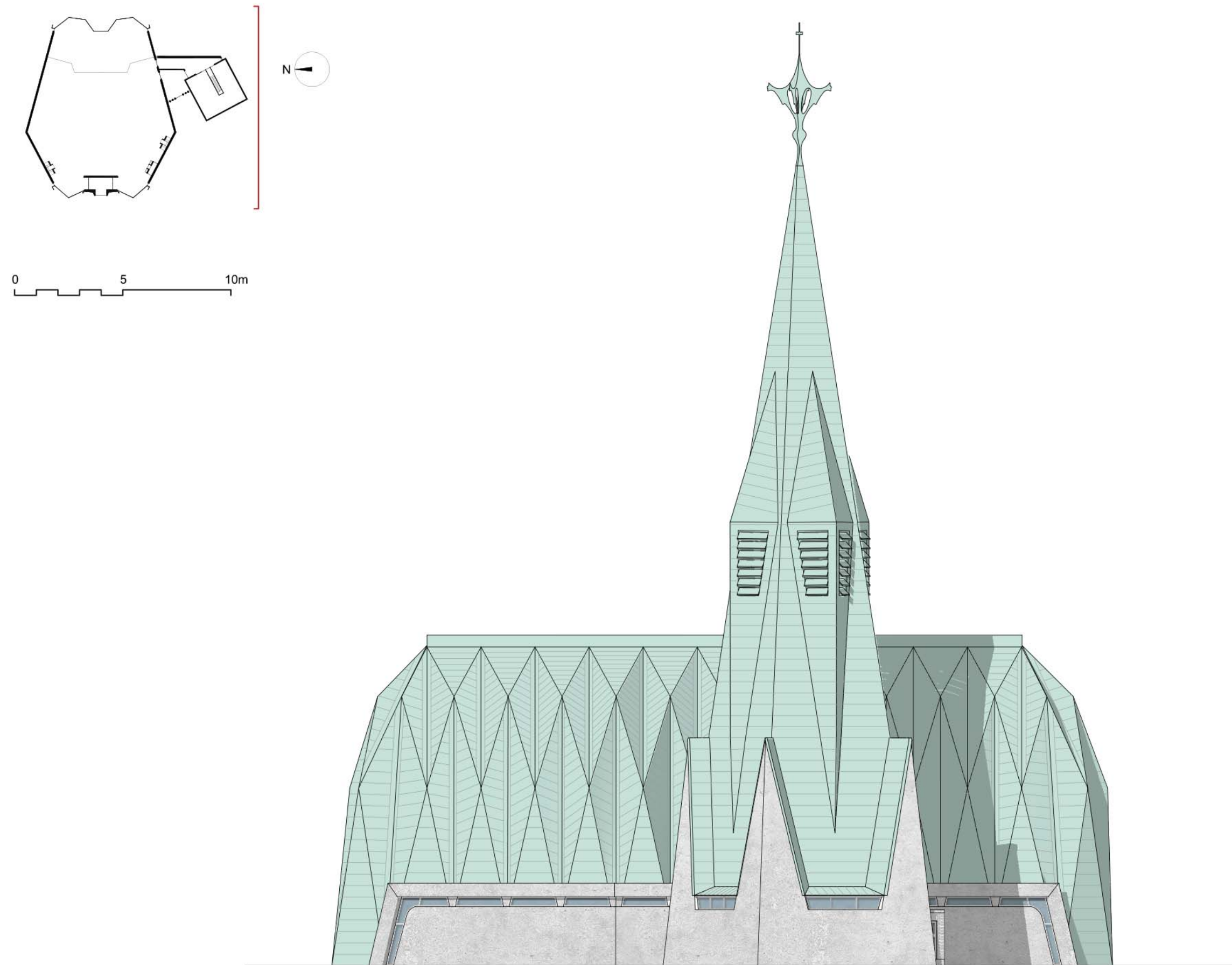


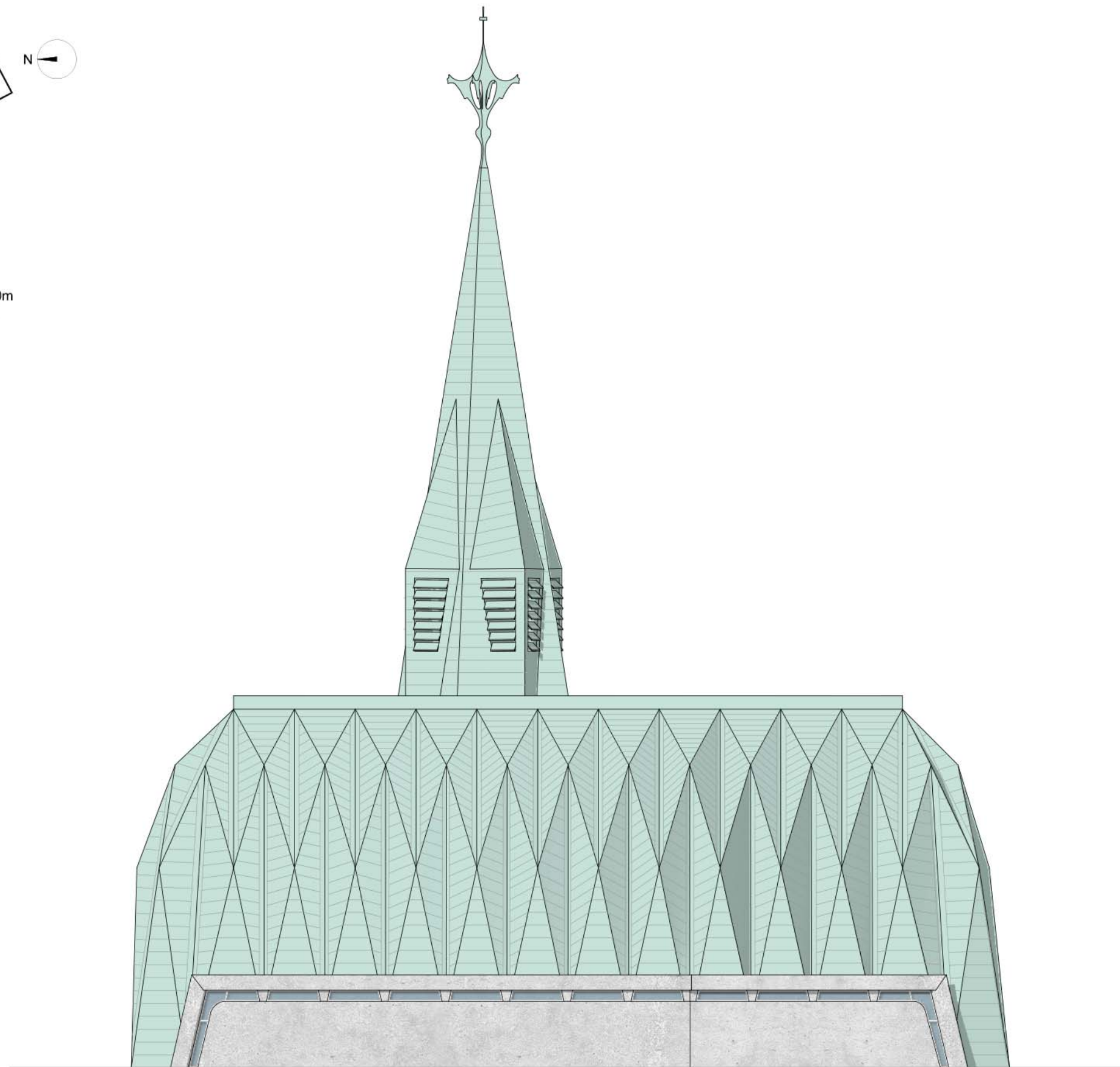
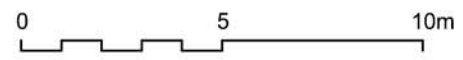
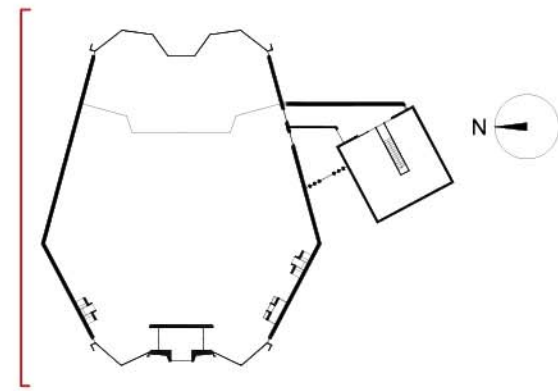


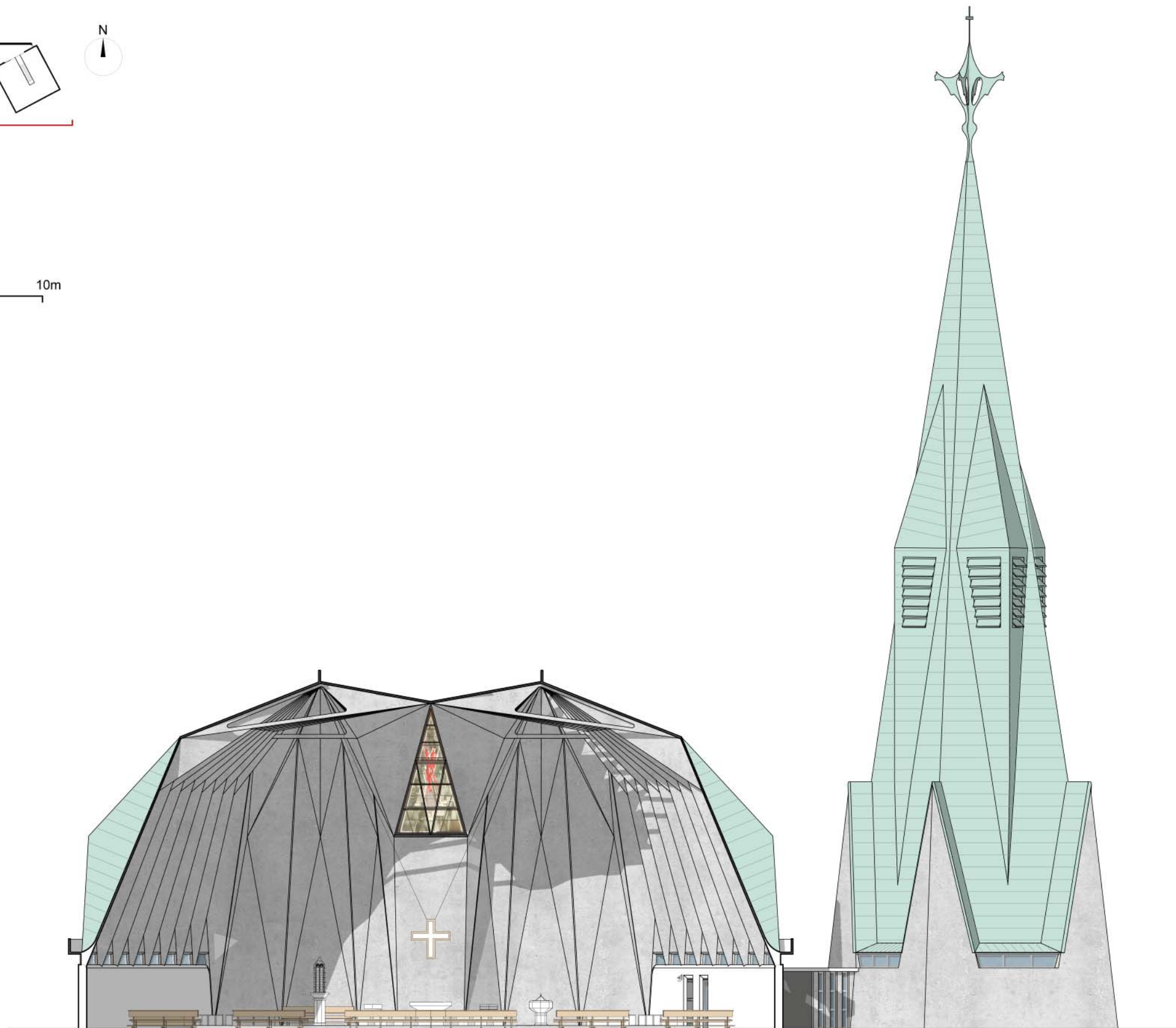
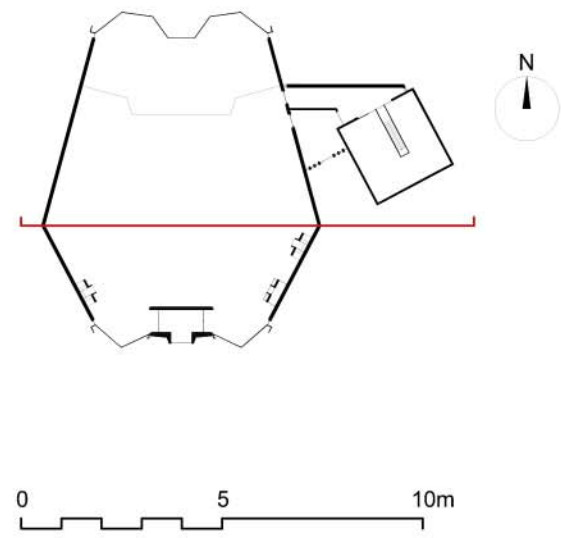


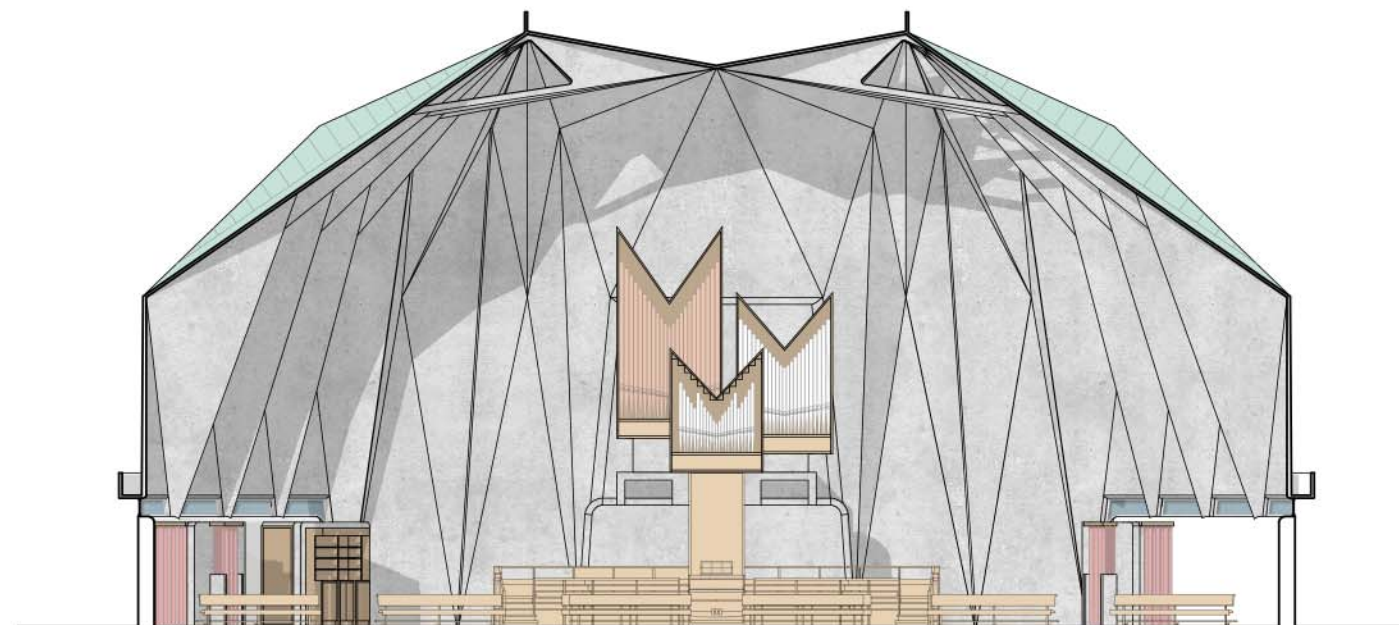
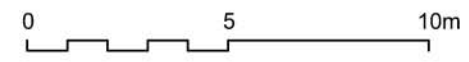
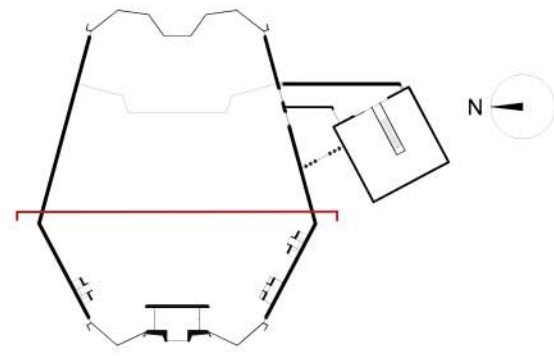


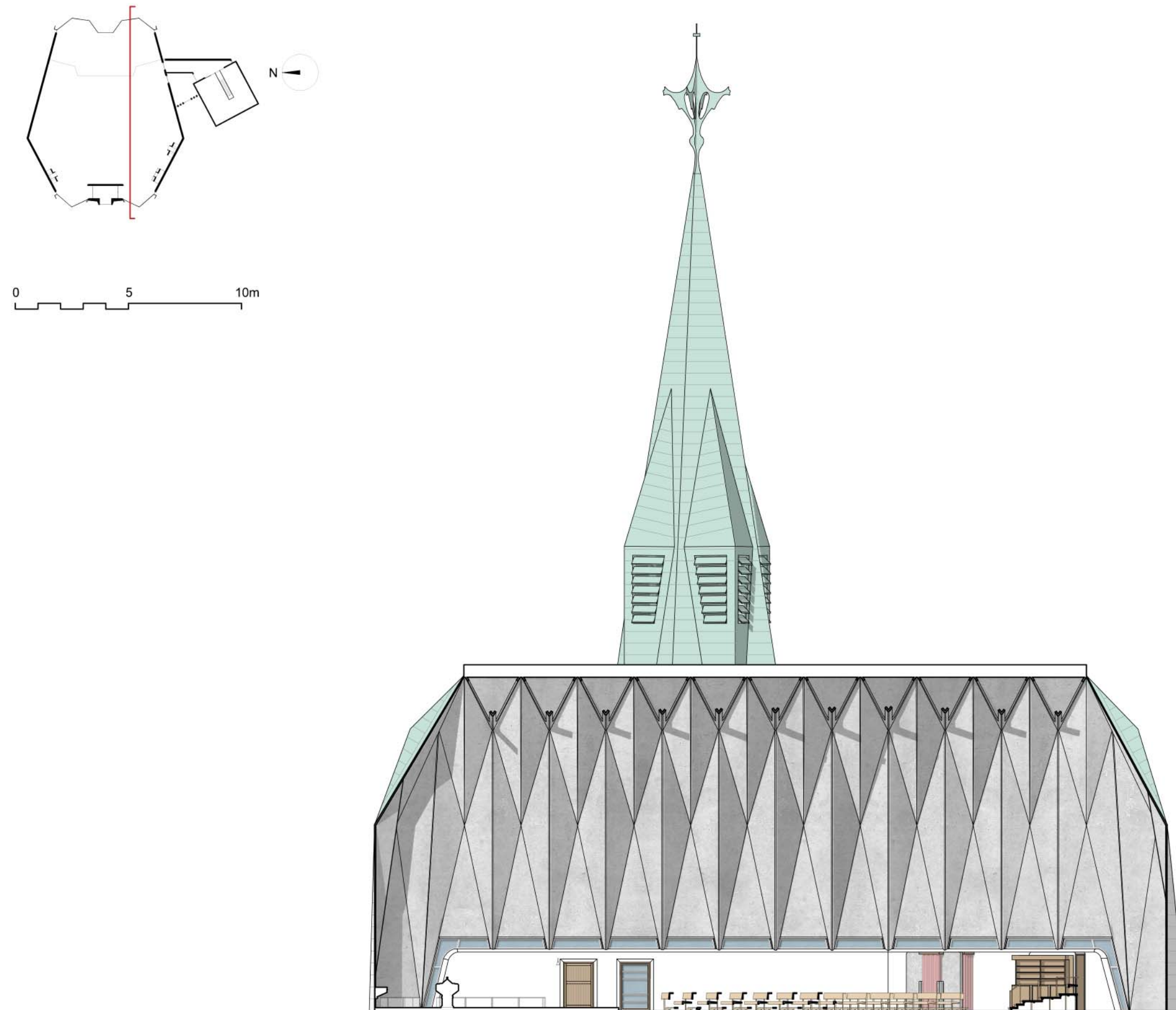


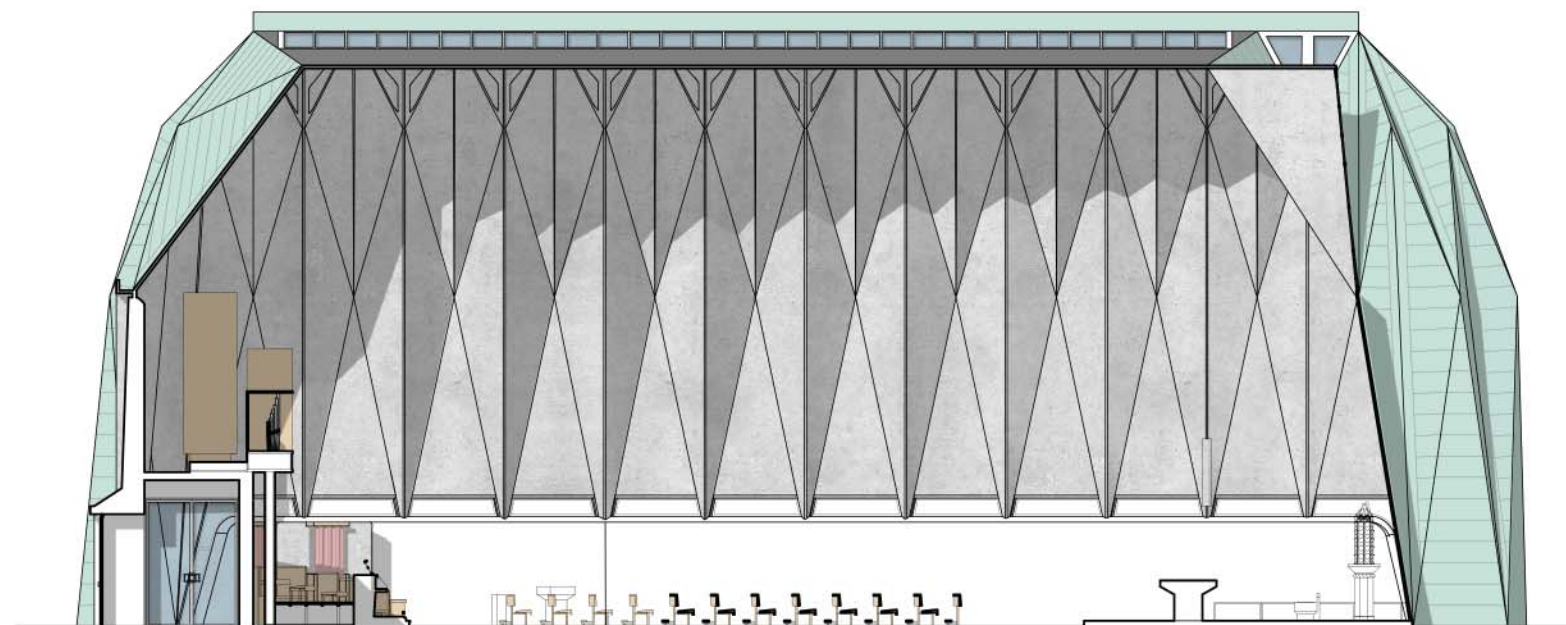
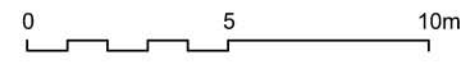
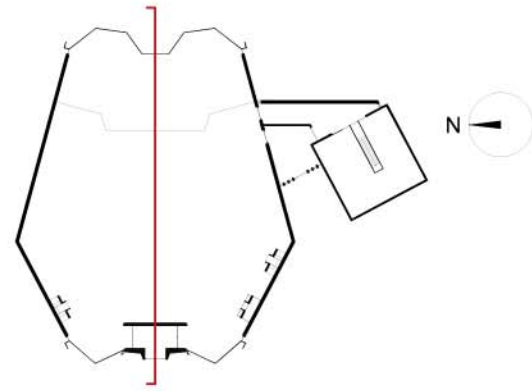


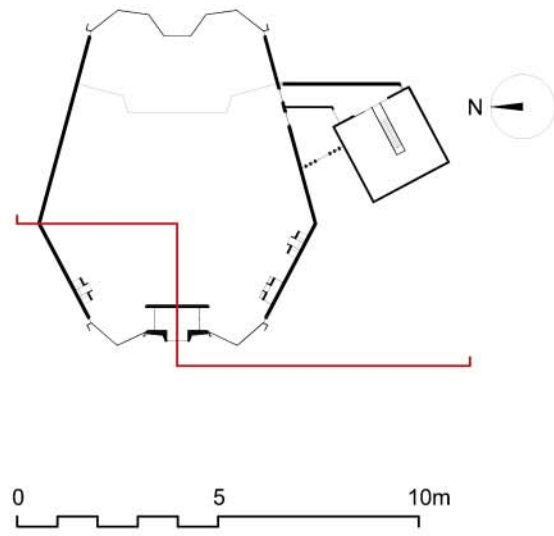


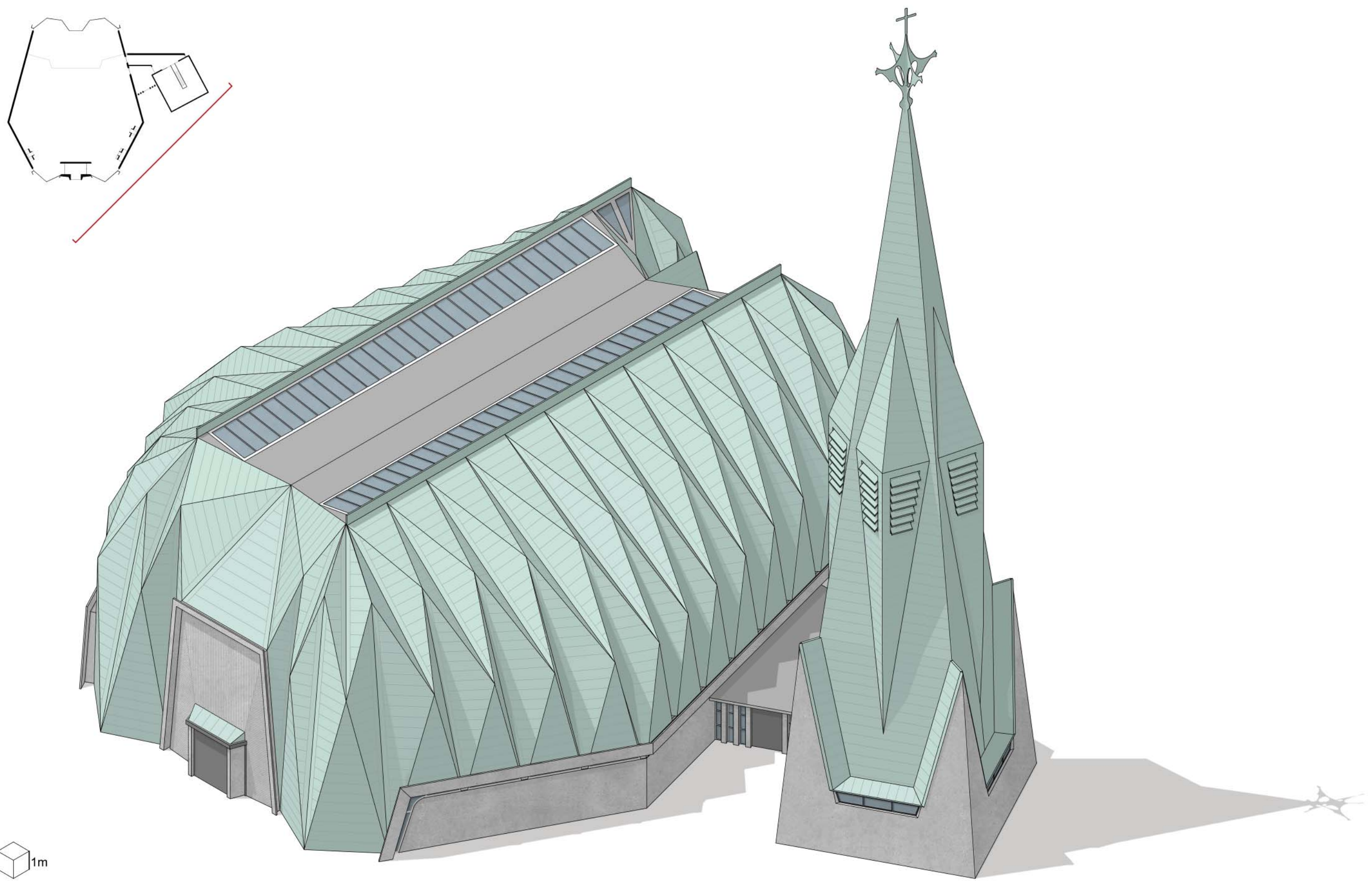


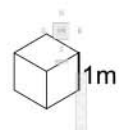
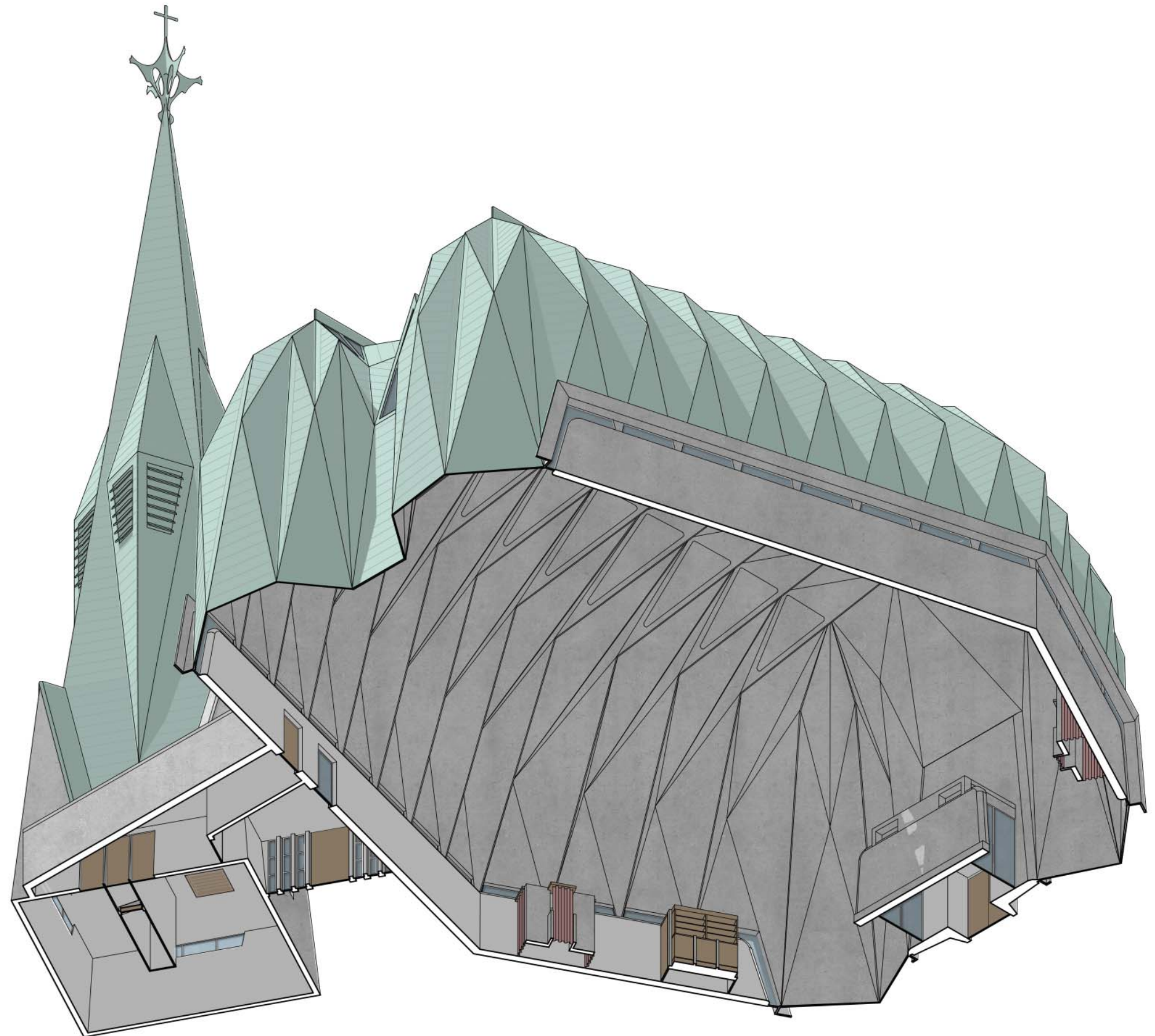
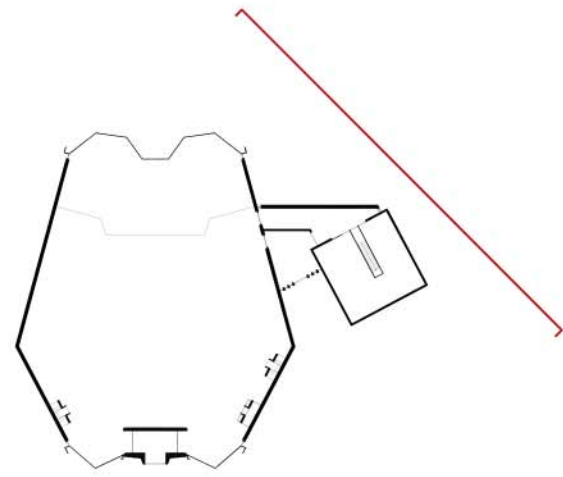


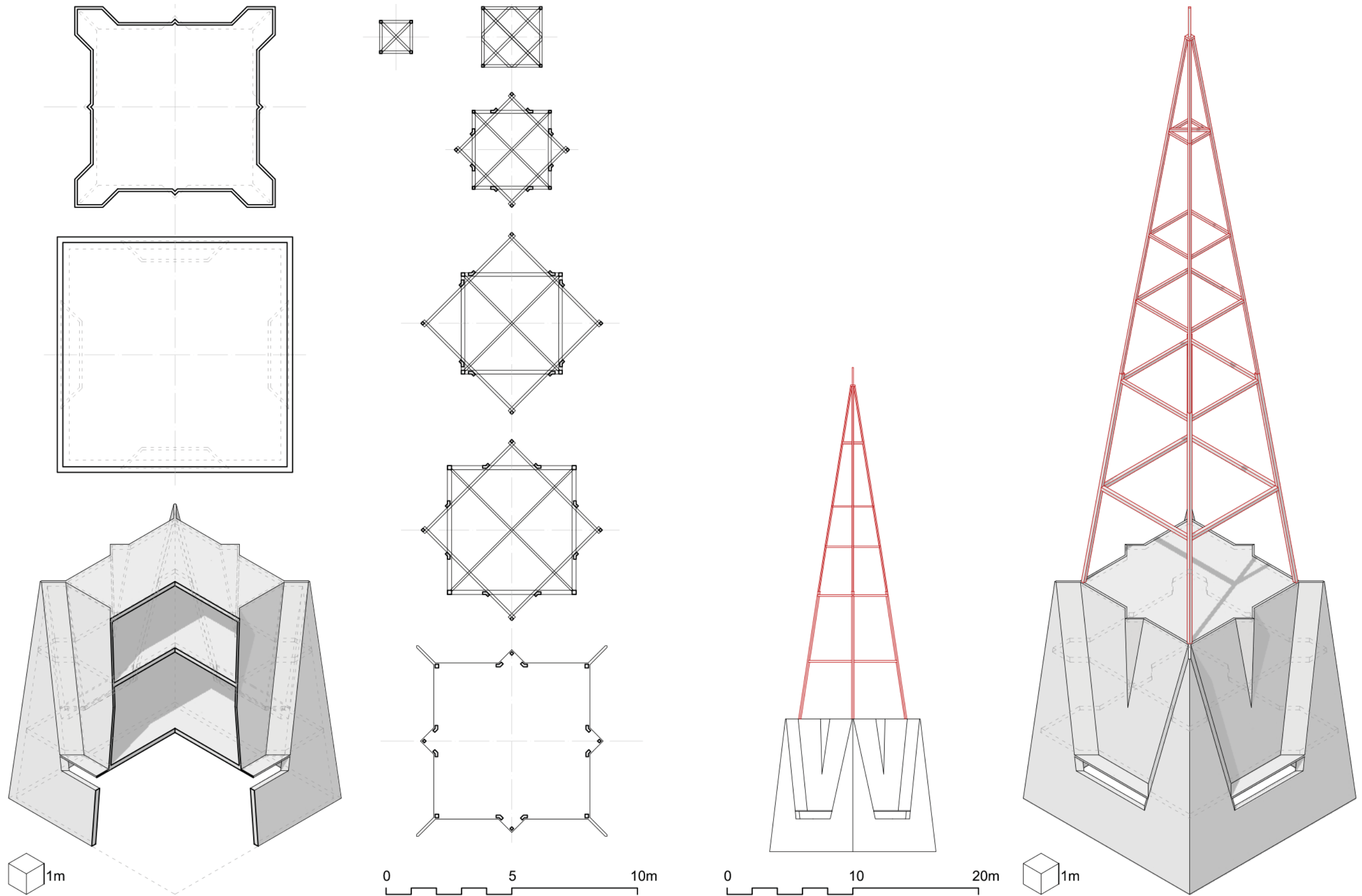


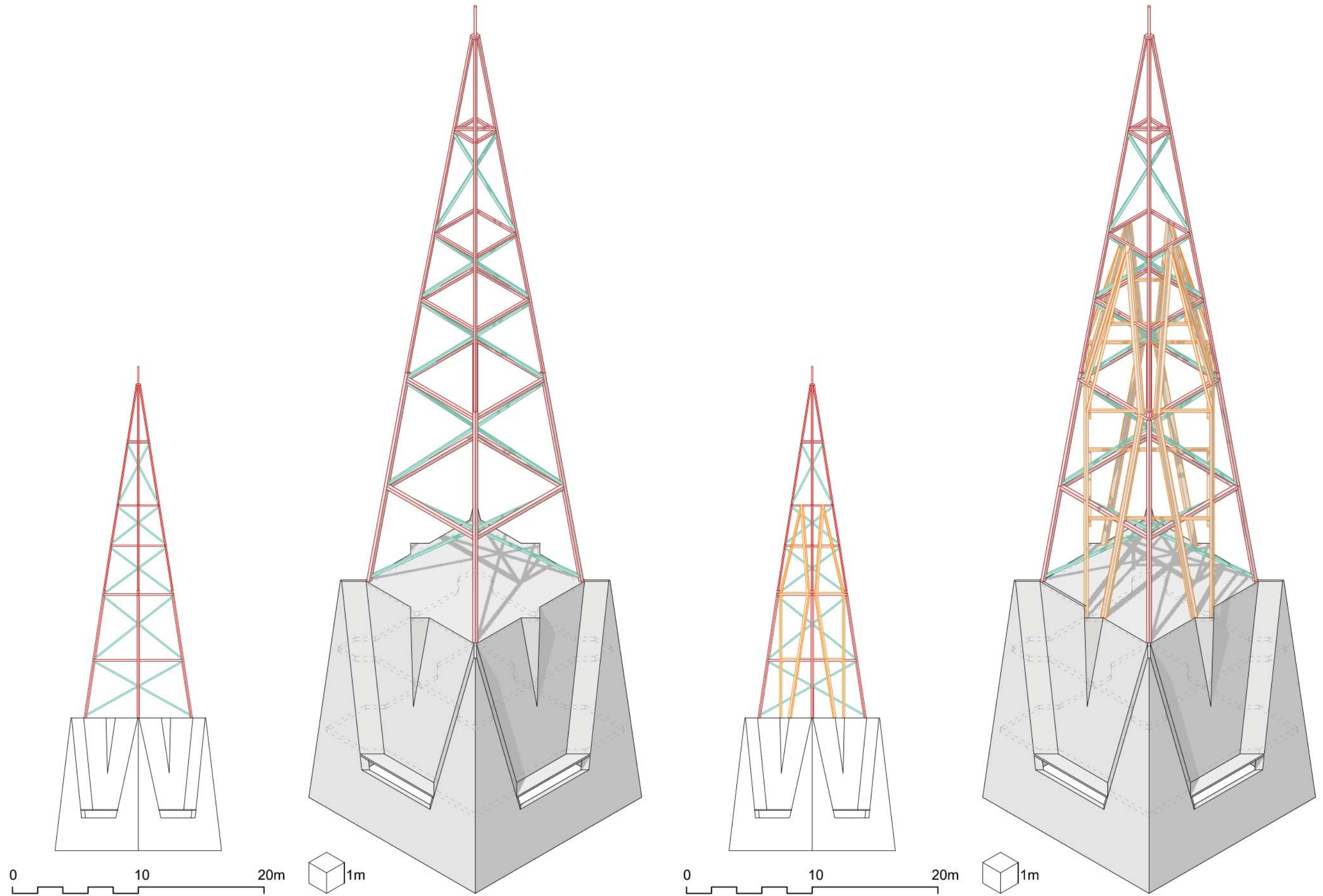


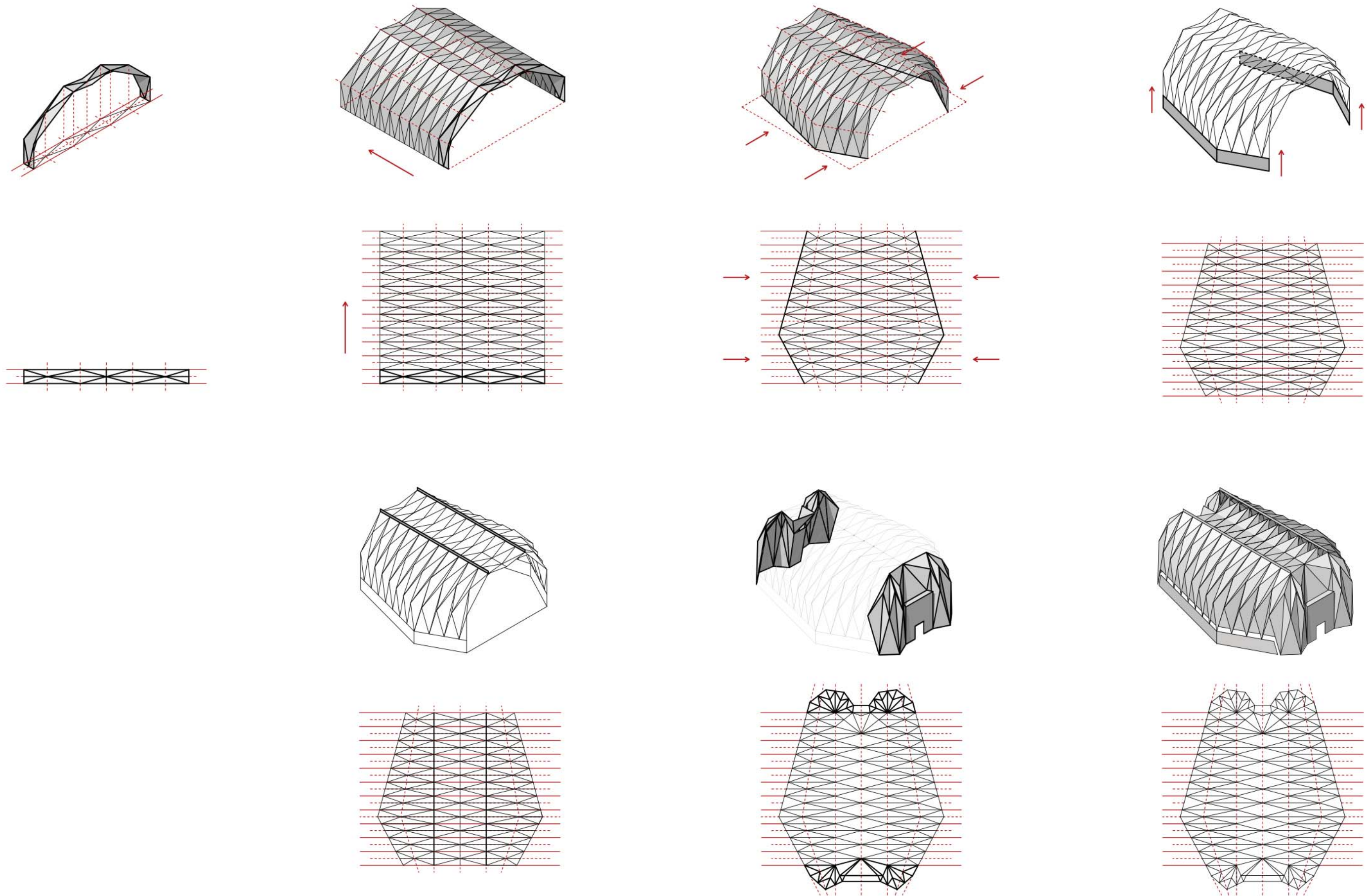


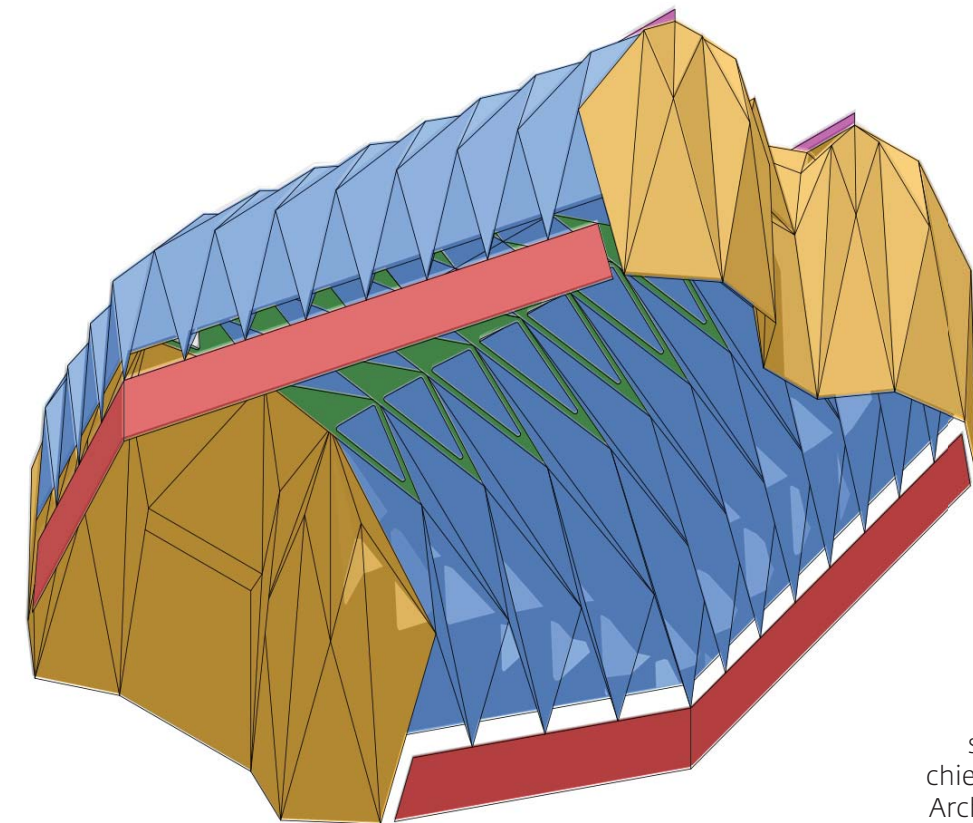
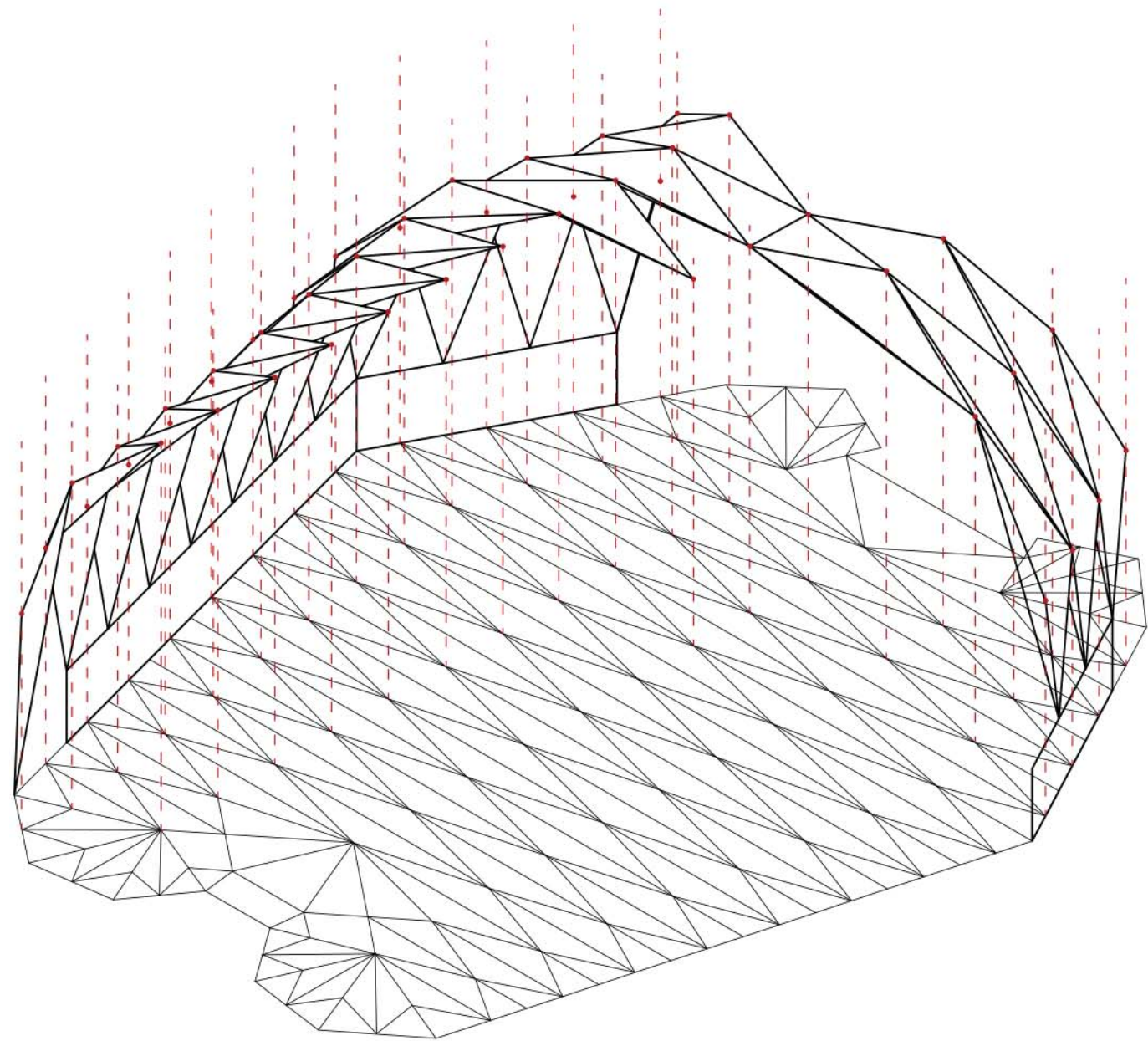




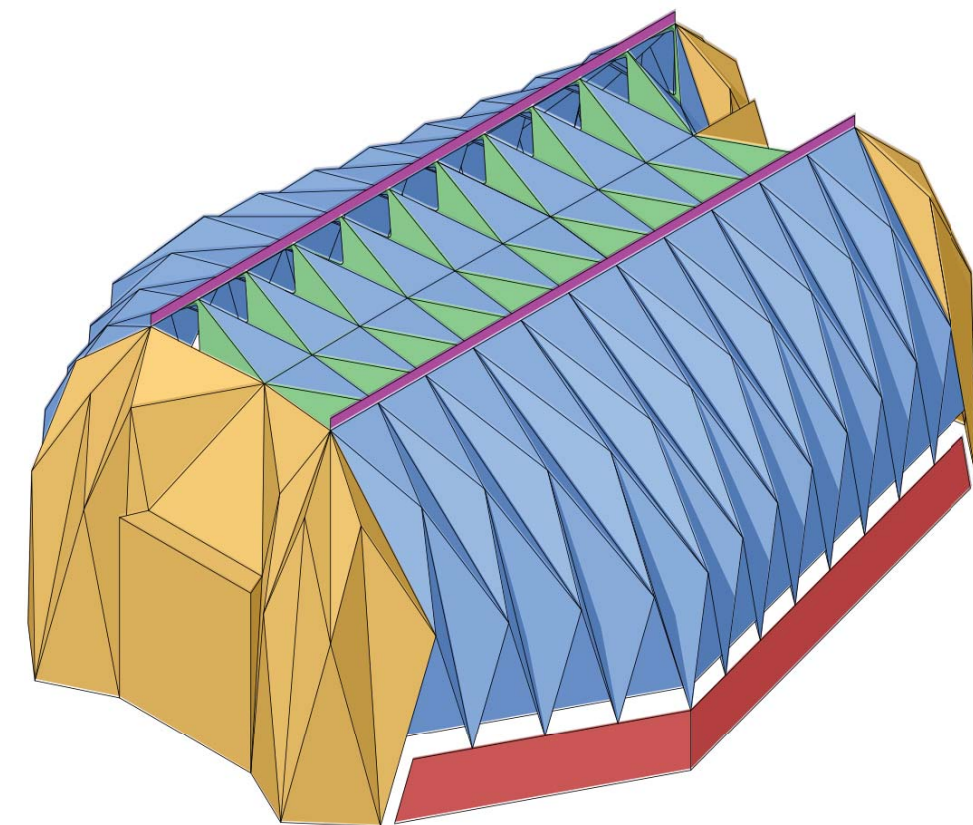


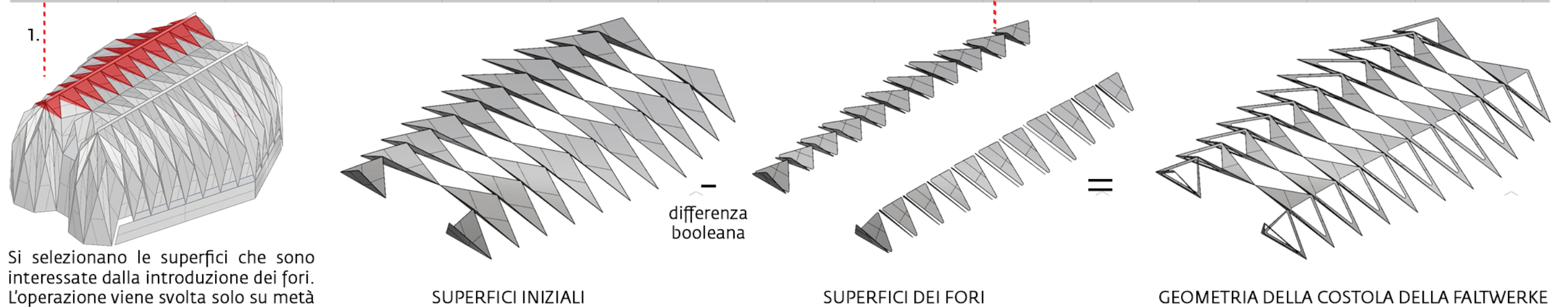
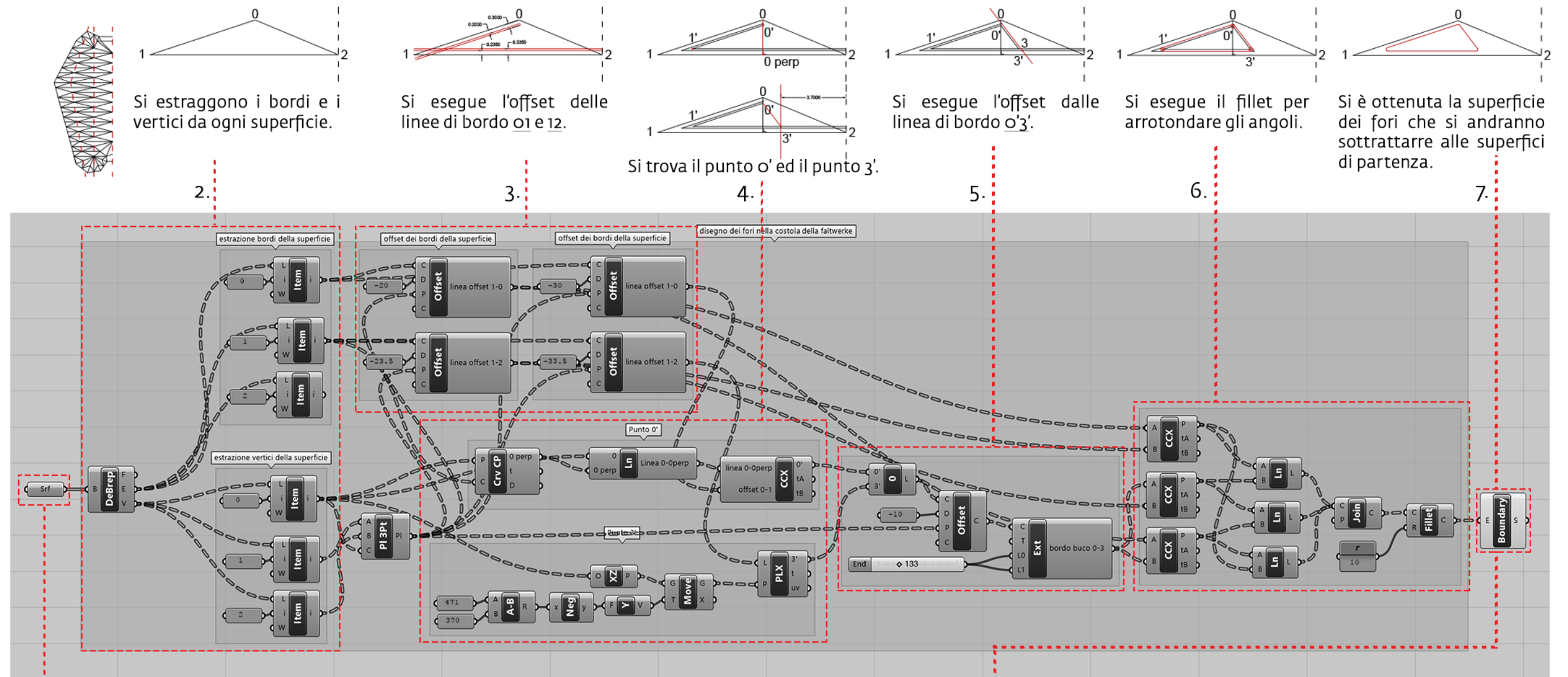






- Componenti strutturali della chiesa di St. Paulus
- Archi corrugati
 - Piastre forate
 - Pareti corrugate
 - Muri laterali
 - Travi sommitali





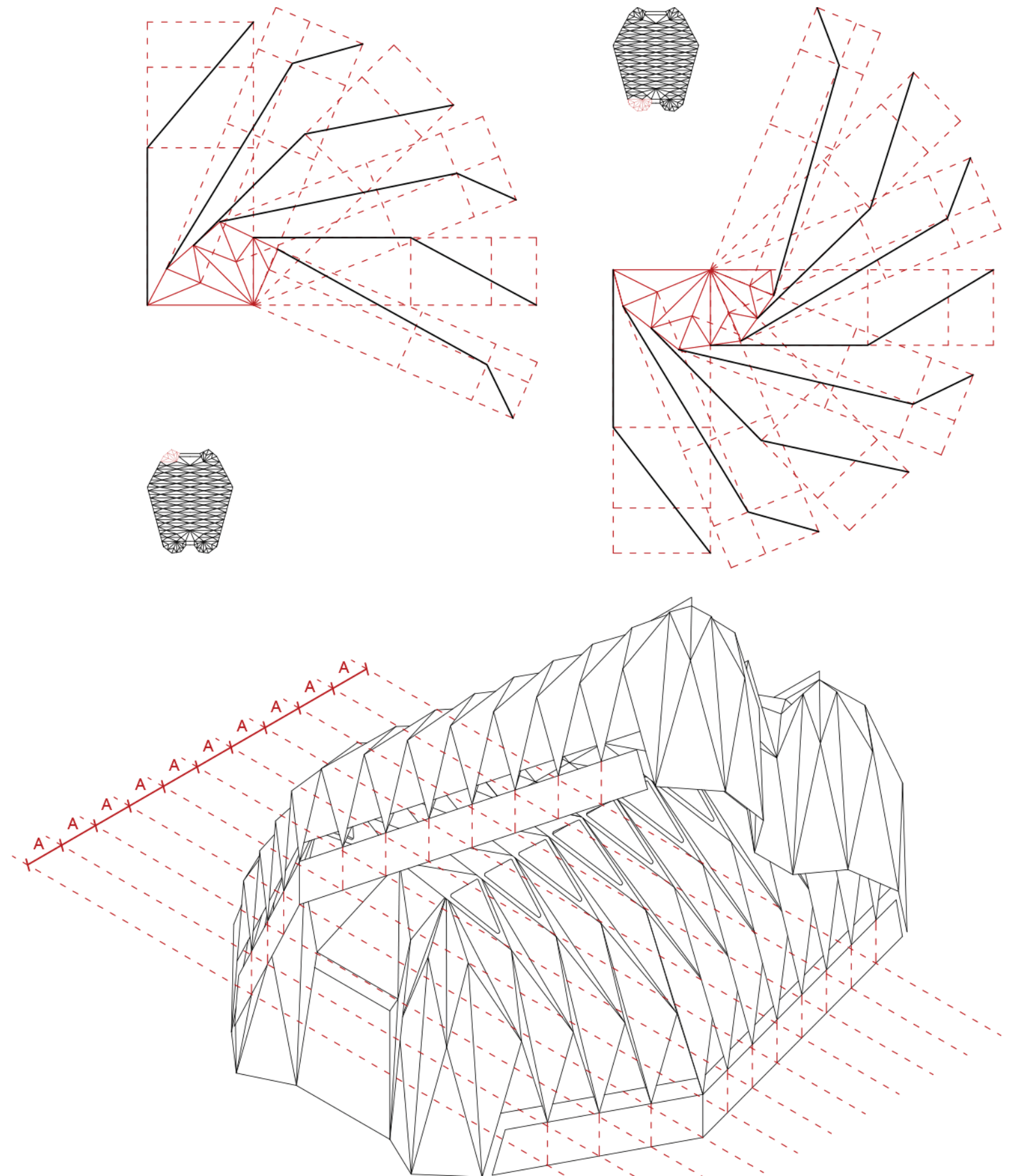
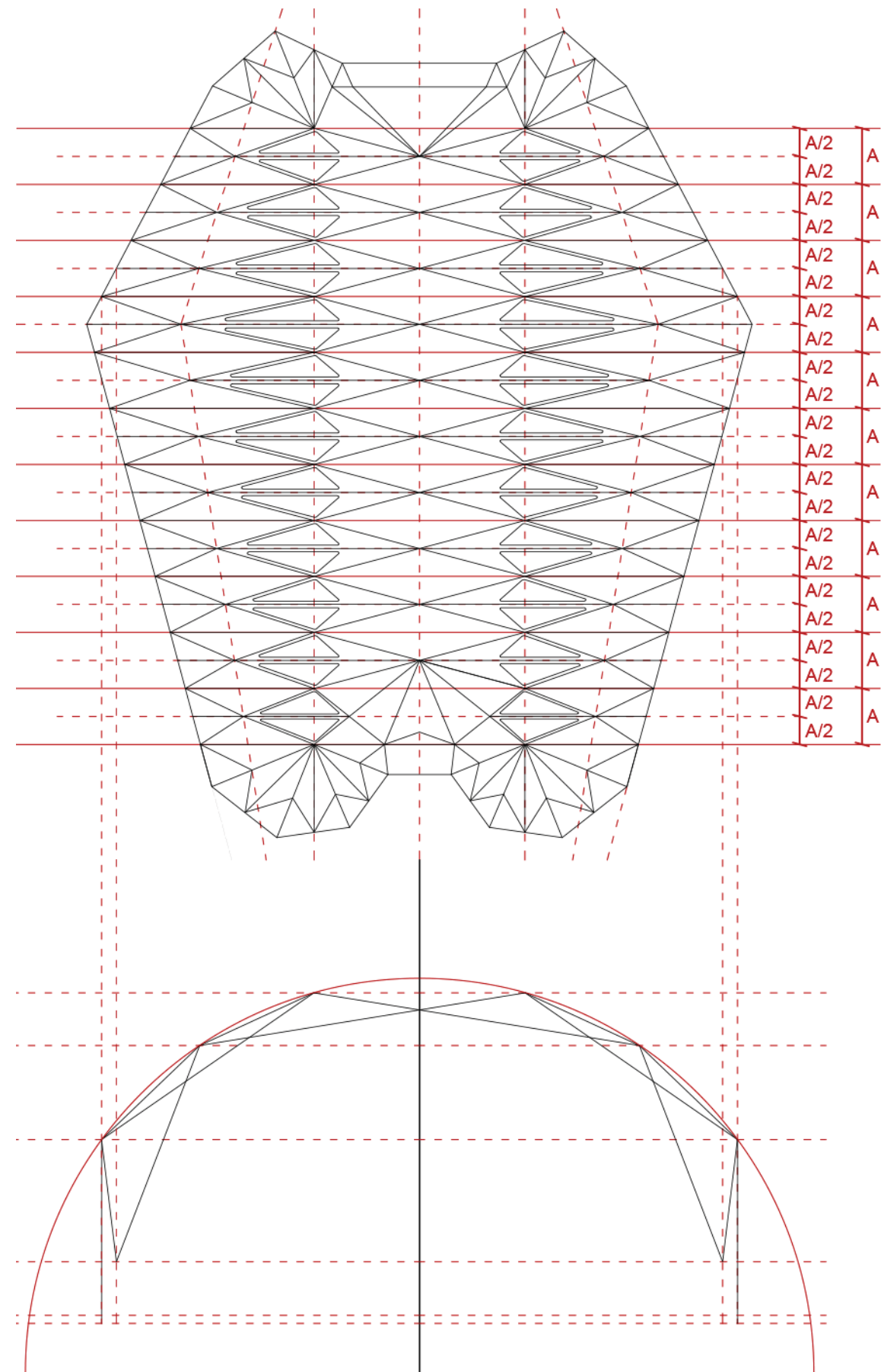


Immagine di copertina

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt

Descrizione degli elaborati:

Schizzo prospettico della struttura della chiesa vista dall'interno

Fonte:

Elaborazione grafica dell'autore

Elaborazioni grafiche originali

2. Caso studio:
ST. MARIÄ HIMMELFAHRT
Düsseldorf-Unterbach, 1963-64

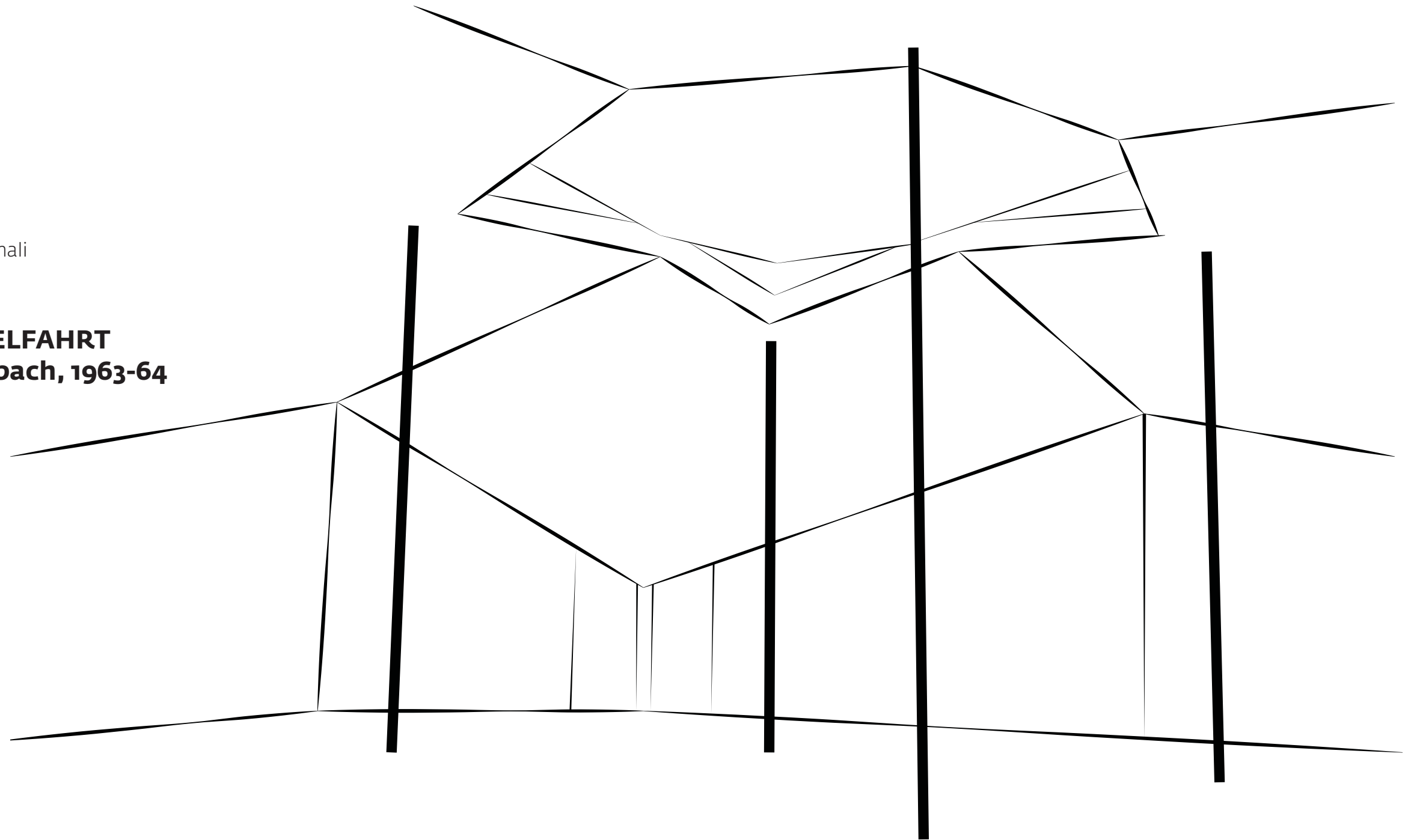


Tavola N. 2.01

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt, Düsseldorf-Unterbach

Descrizione degli elaborati:

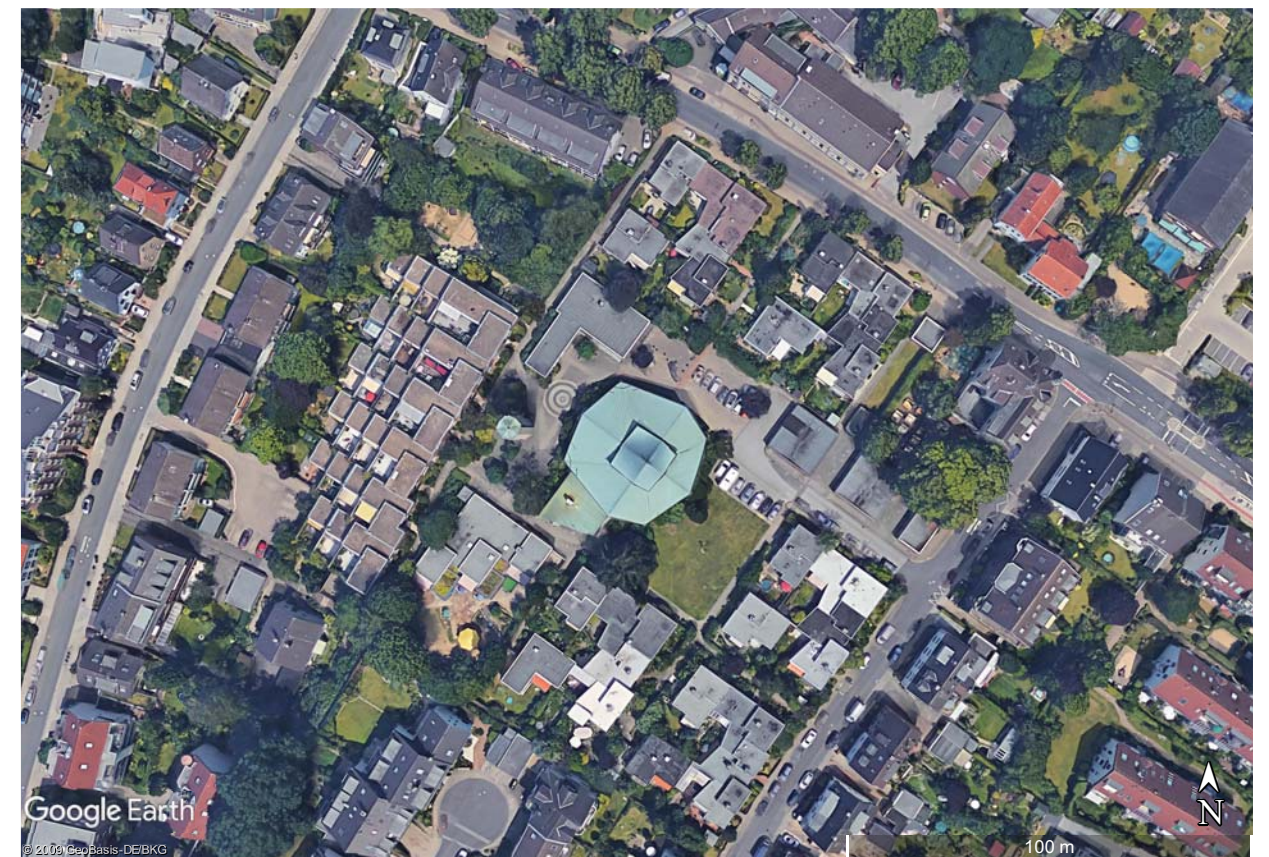
Geolocalizzazione del caso studio

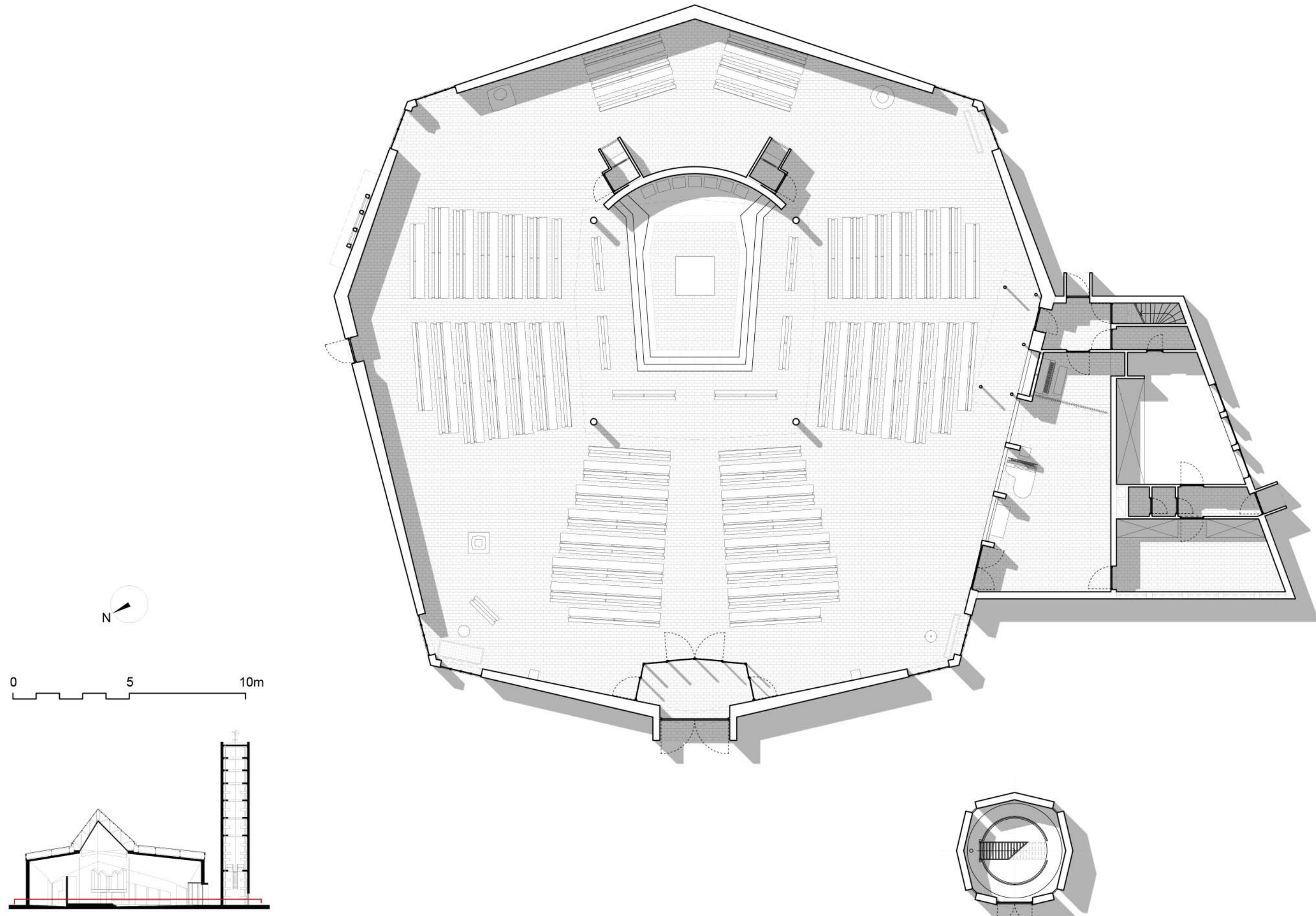
Coordinate geografiche:

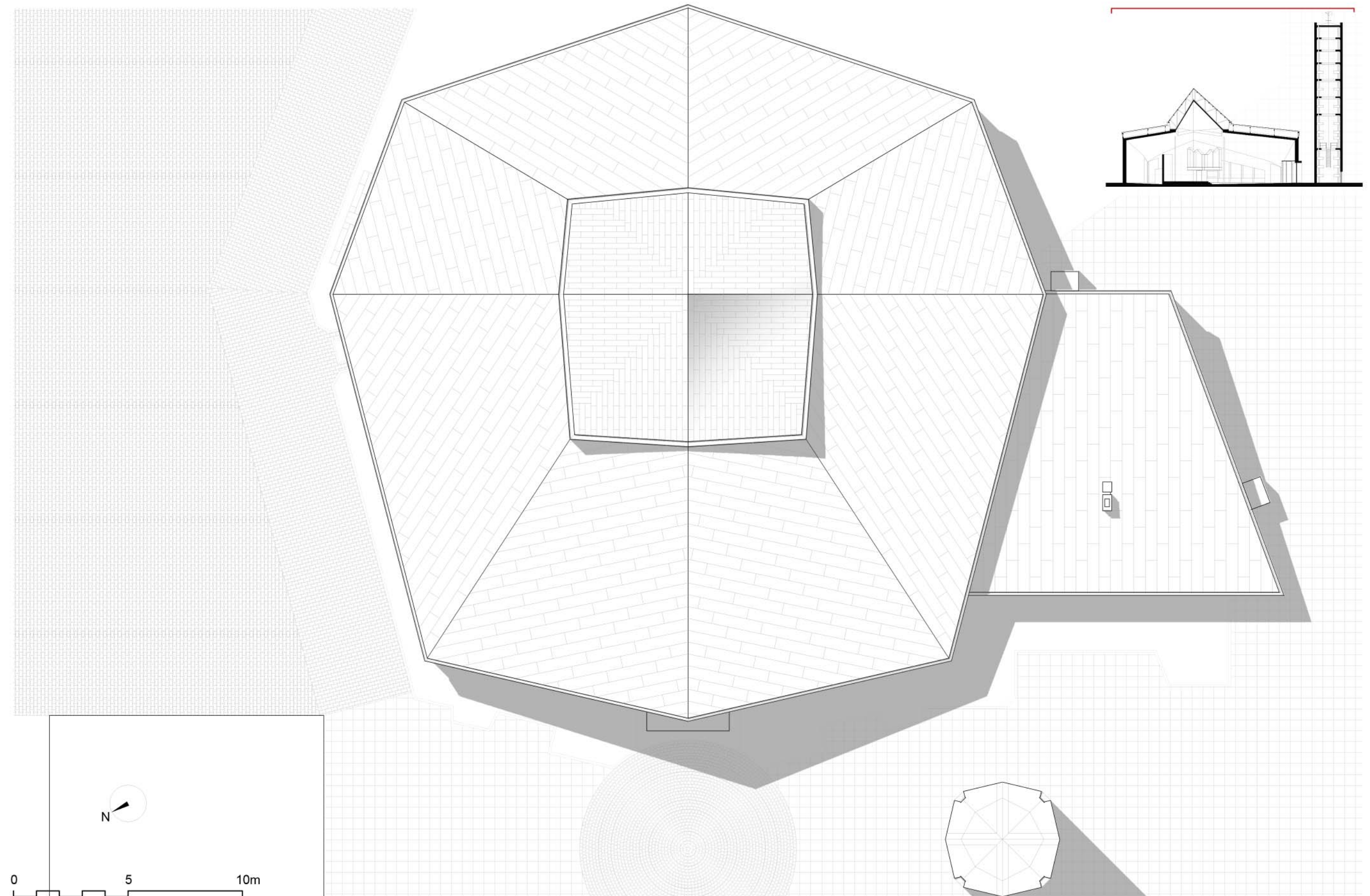
51.20313, 6.89923

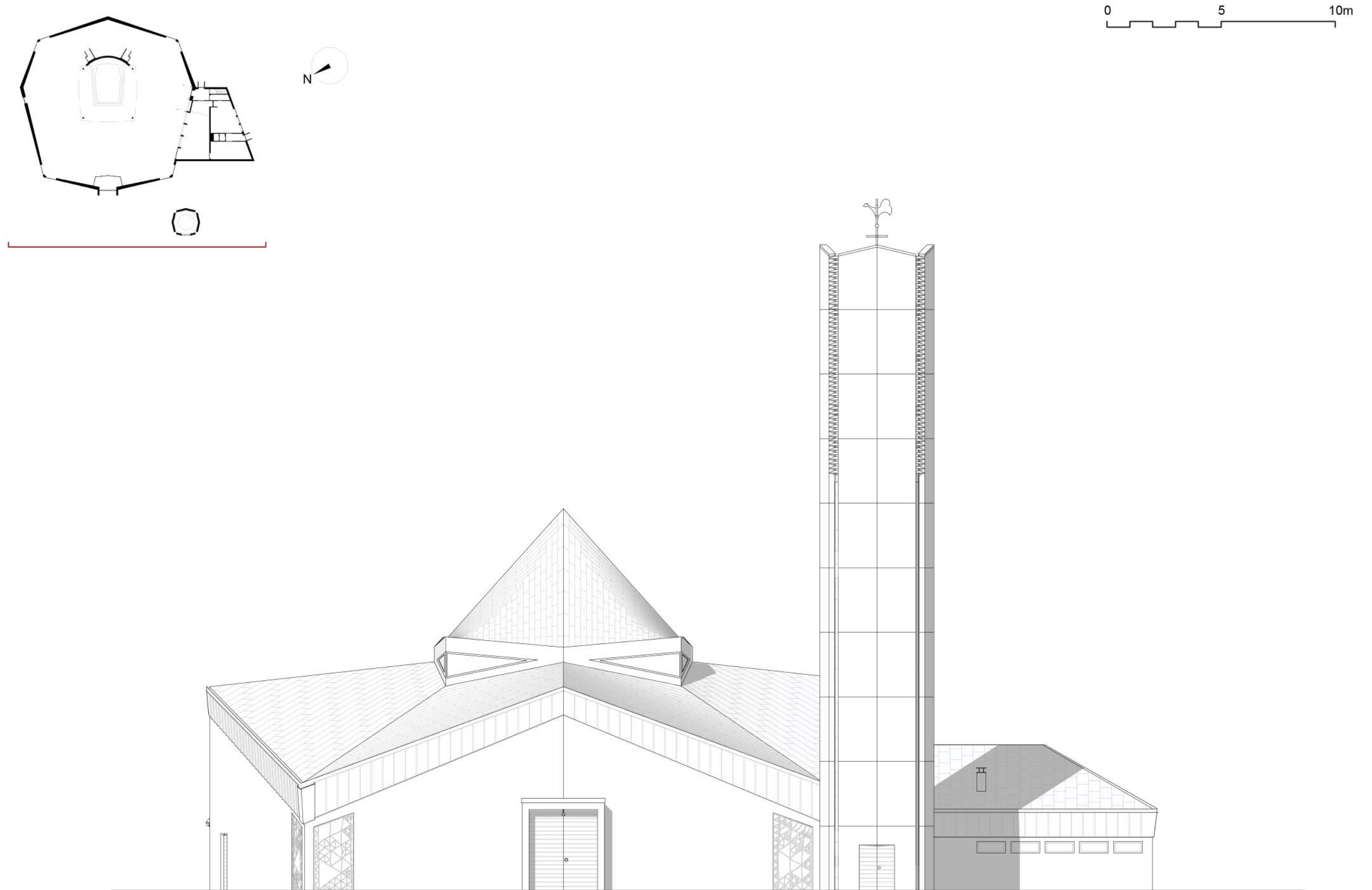
Fonte:

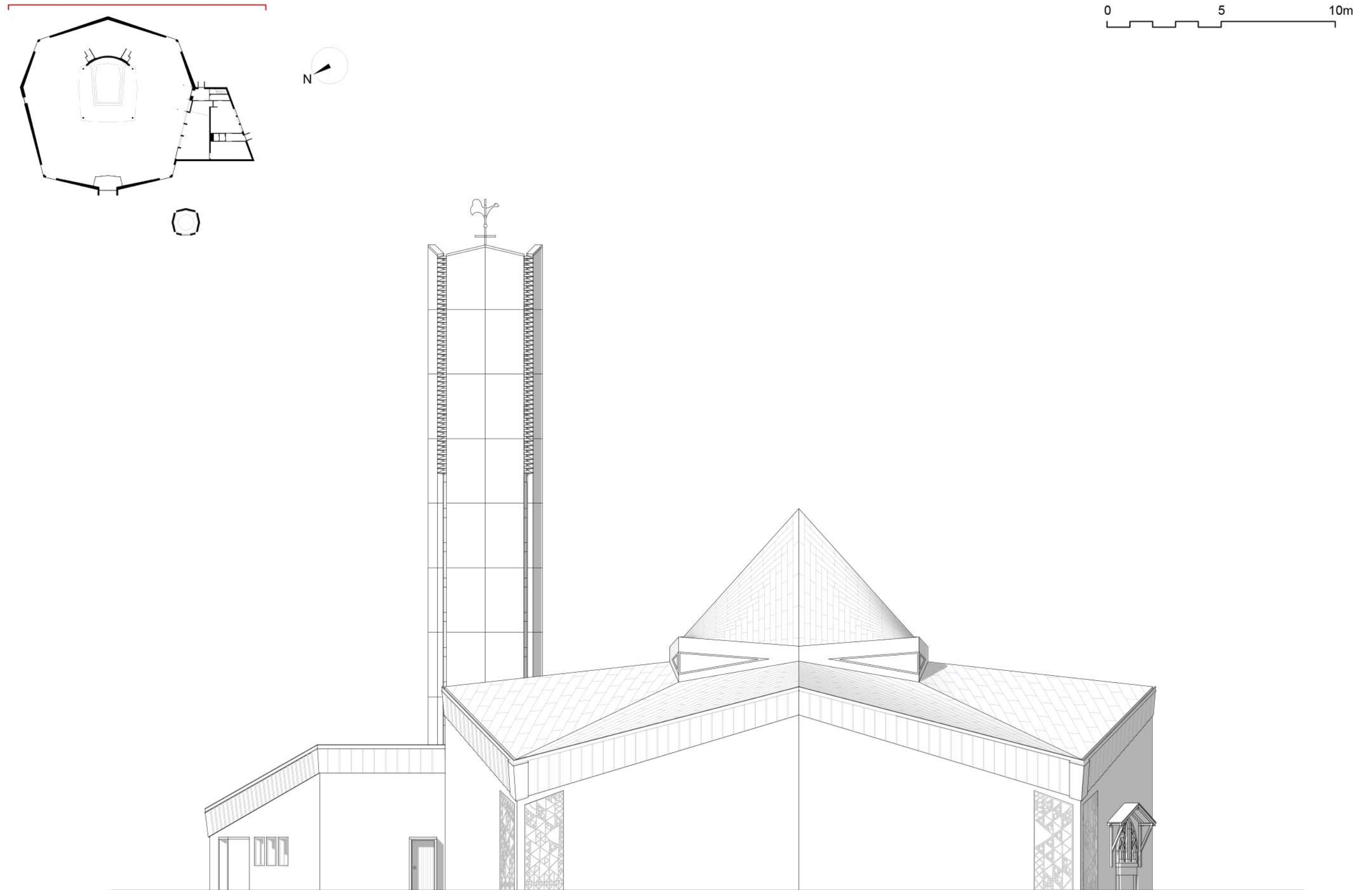
- a. Inquadramento territoriale, Elaborazione grafica dell'autore, dati cartografici (Google Maps)
- b. Relazione dell'edificio sacro con la città.
- c. Relazione dell'edificio sacro col contesto urbano.



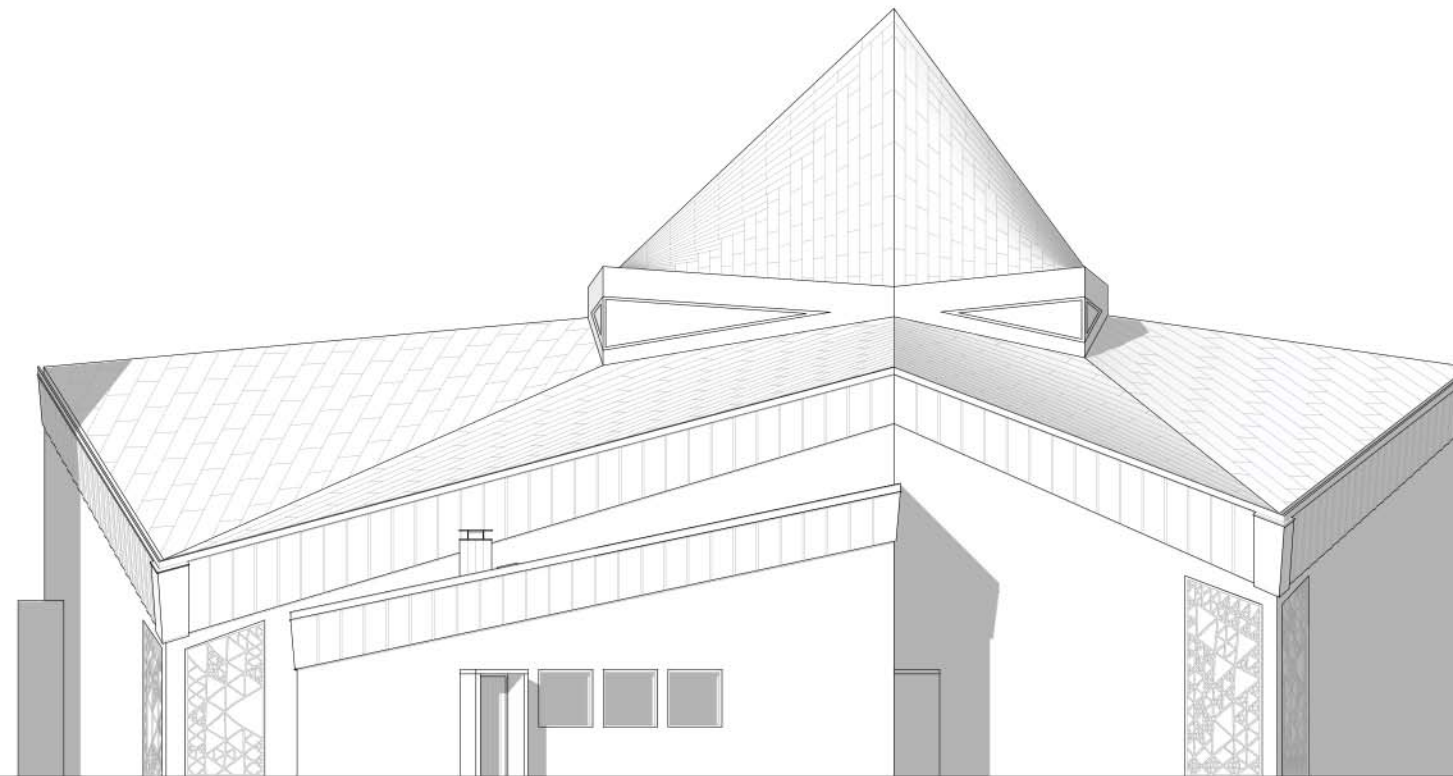
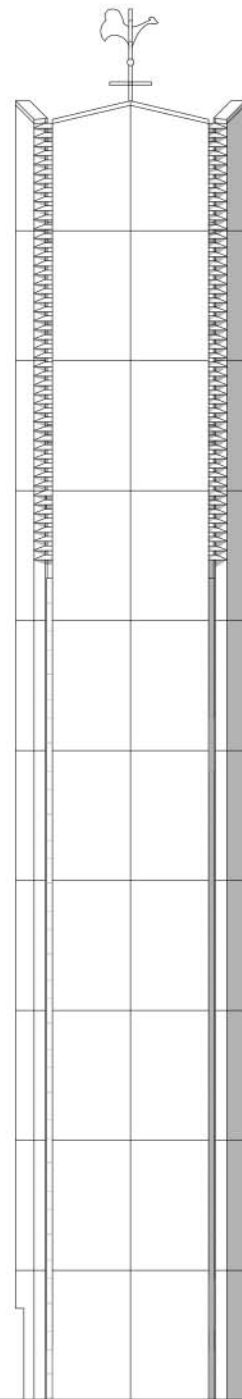
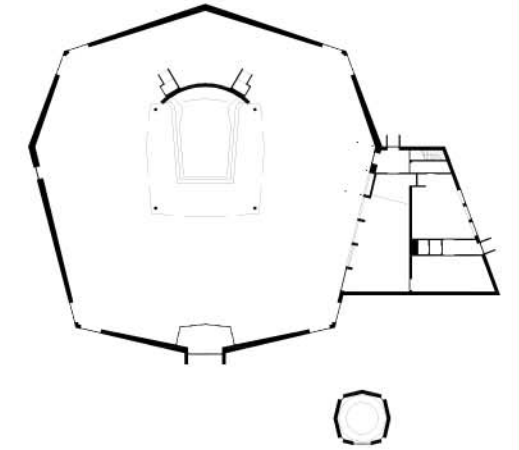
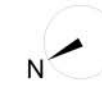
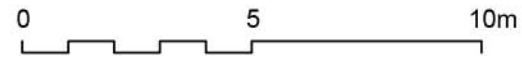


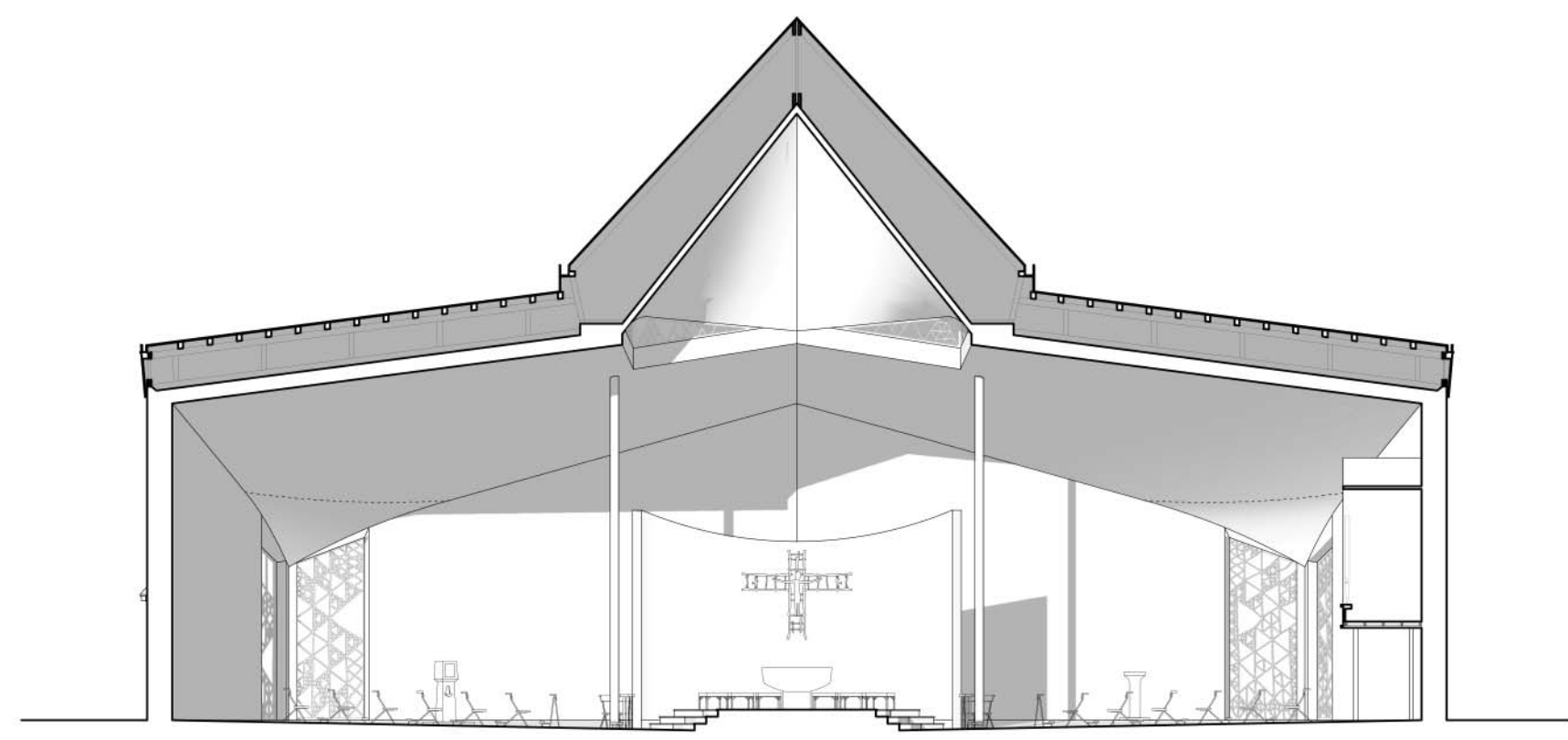
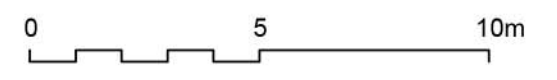
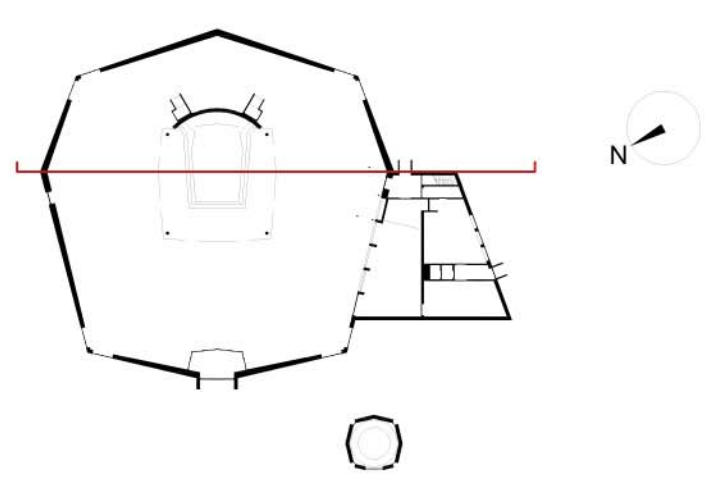


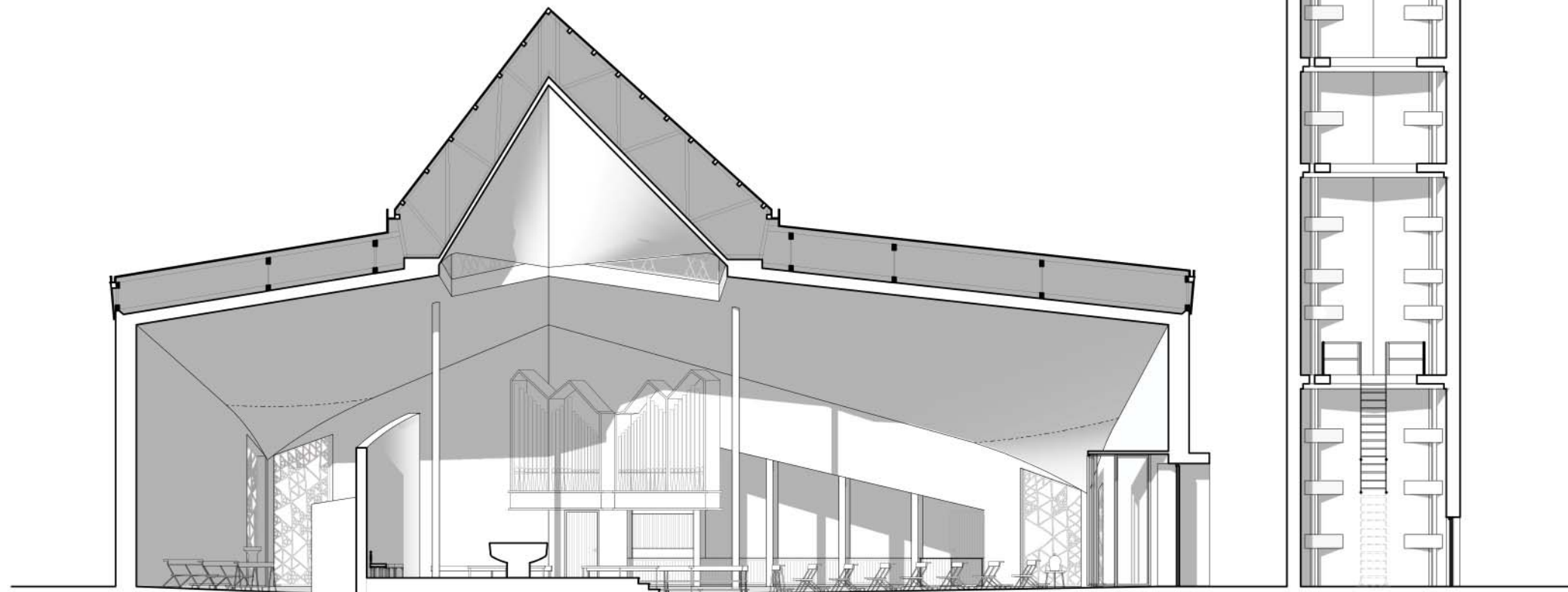
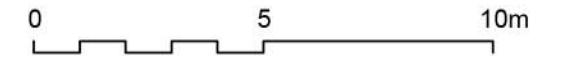
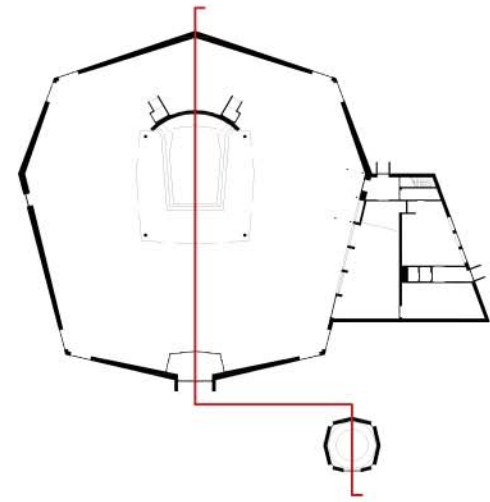


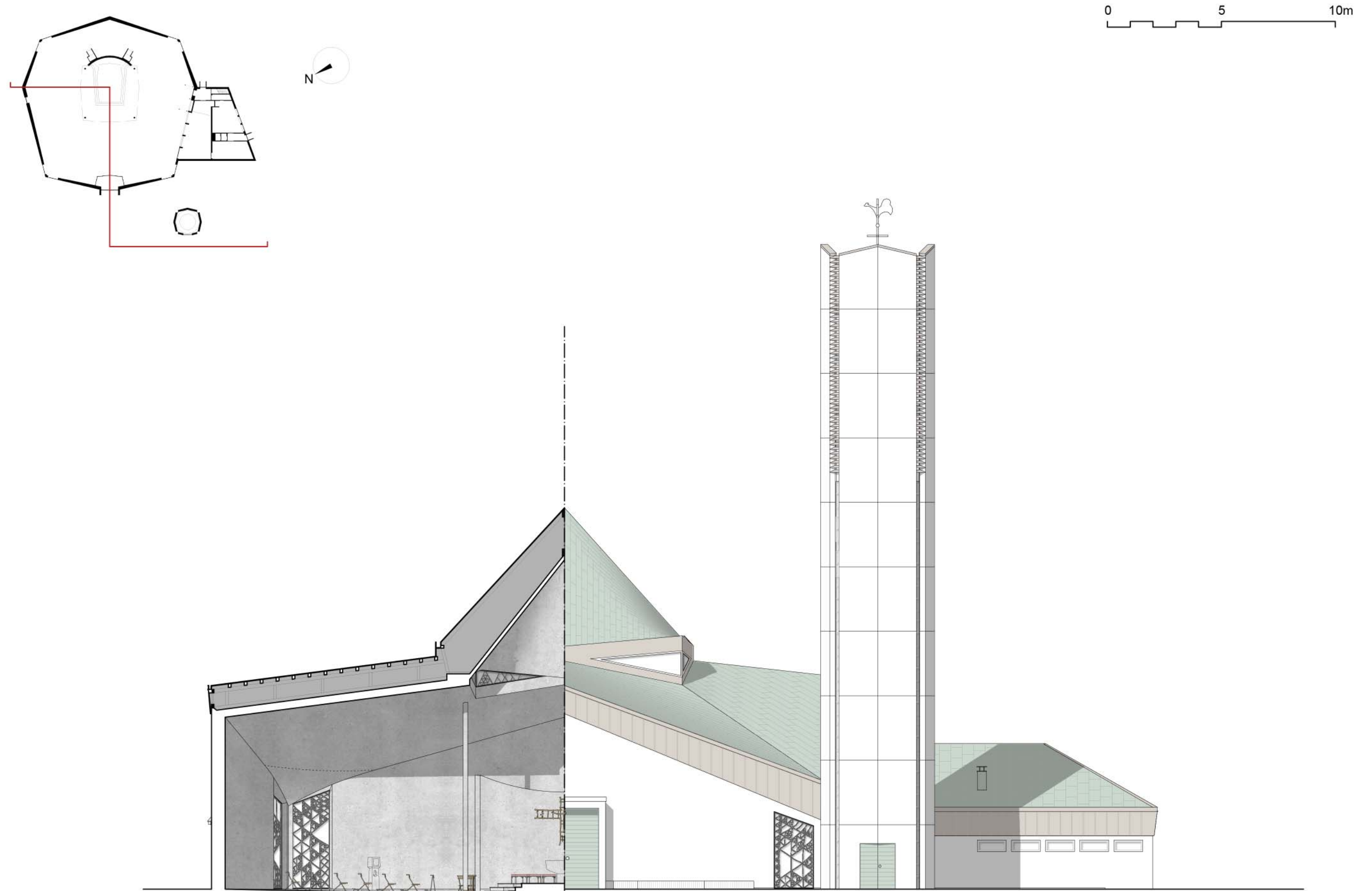


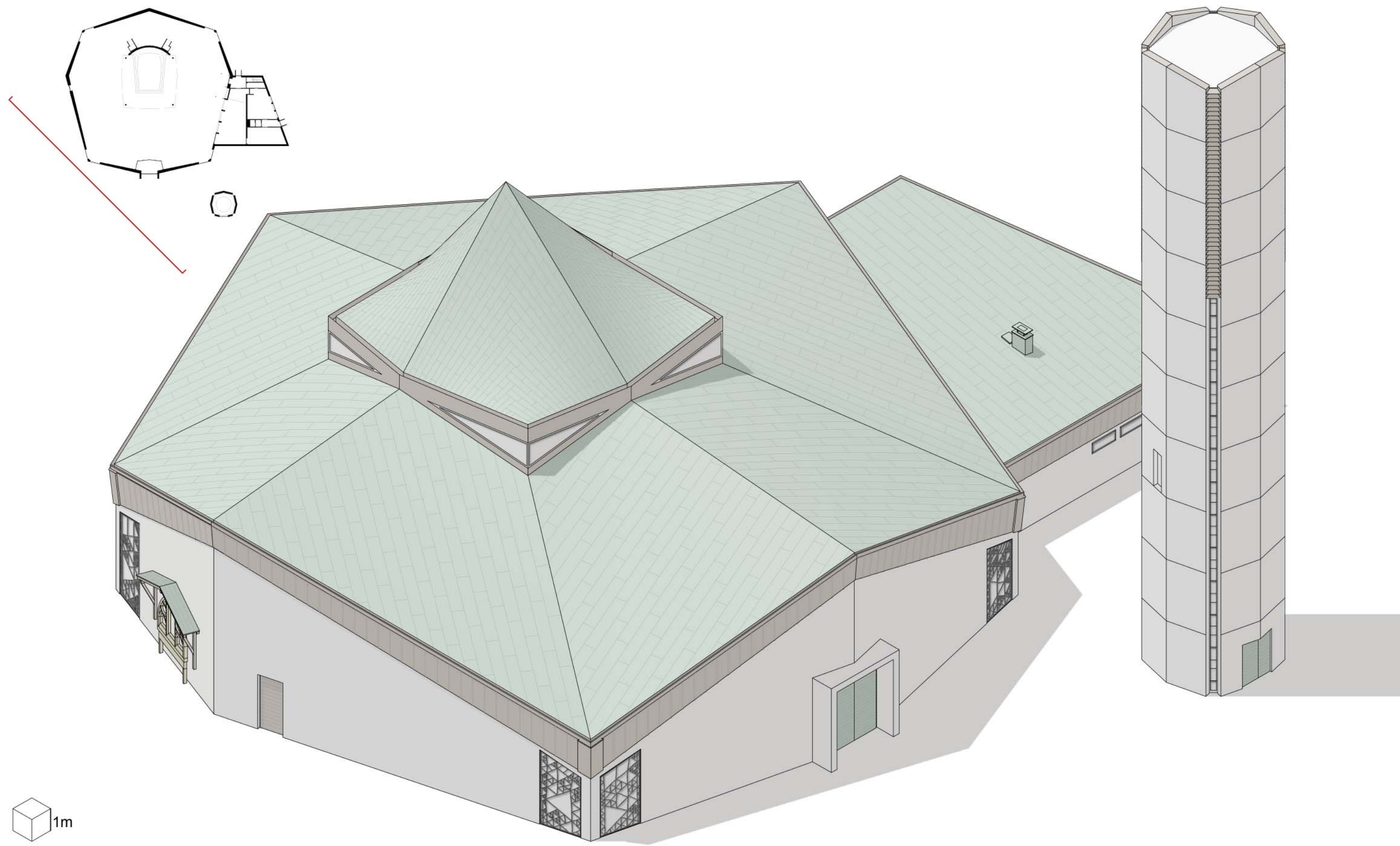


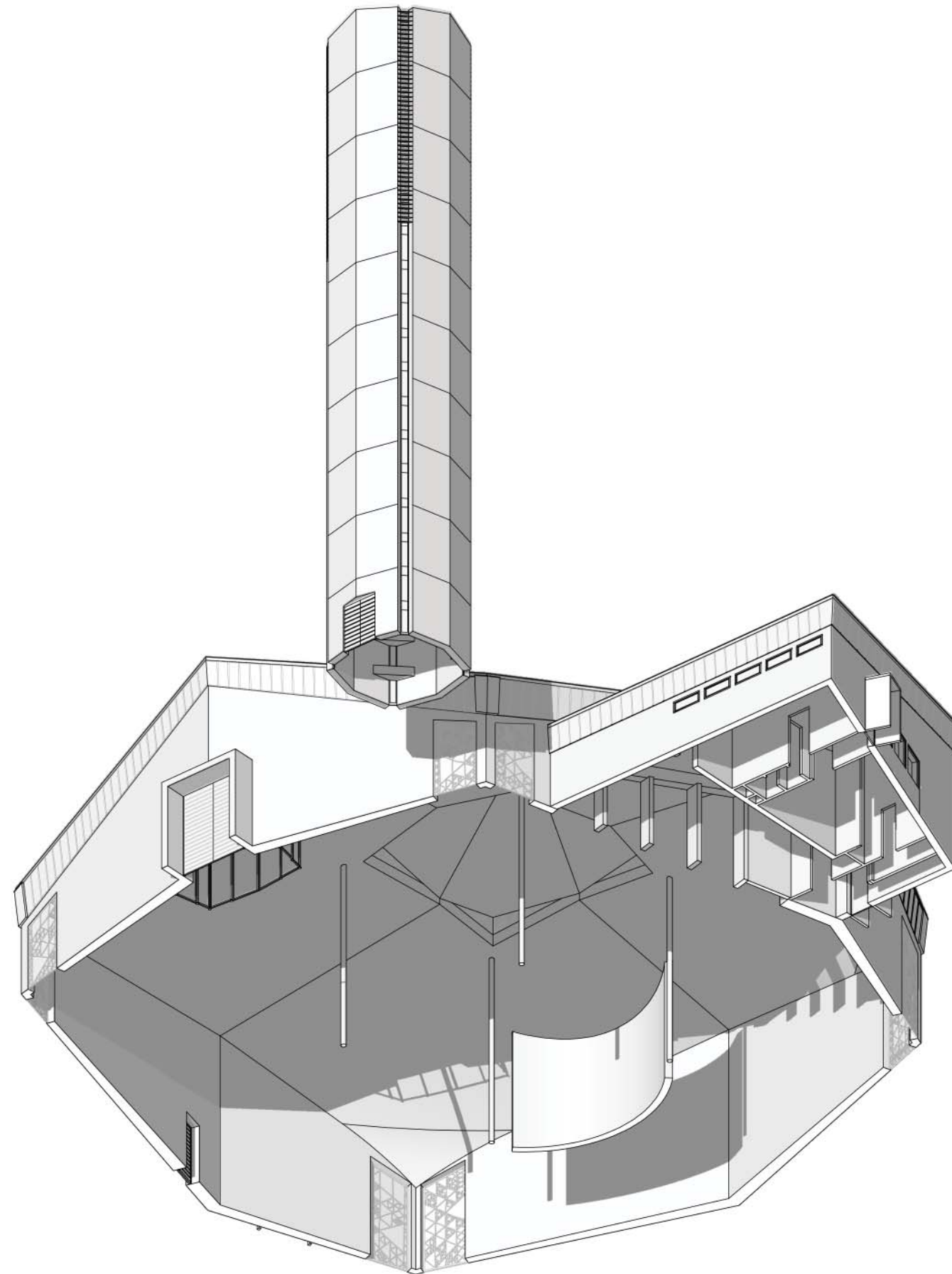
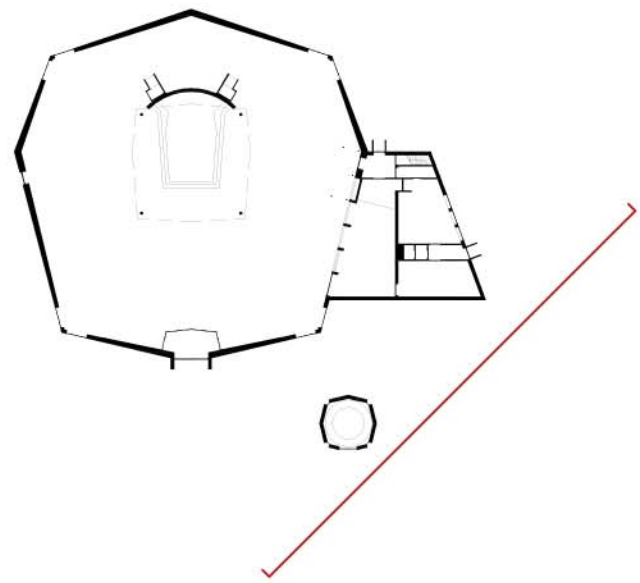


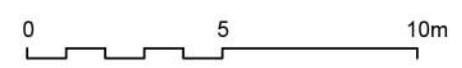
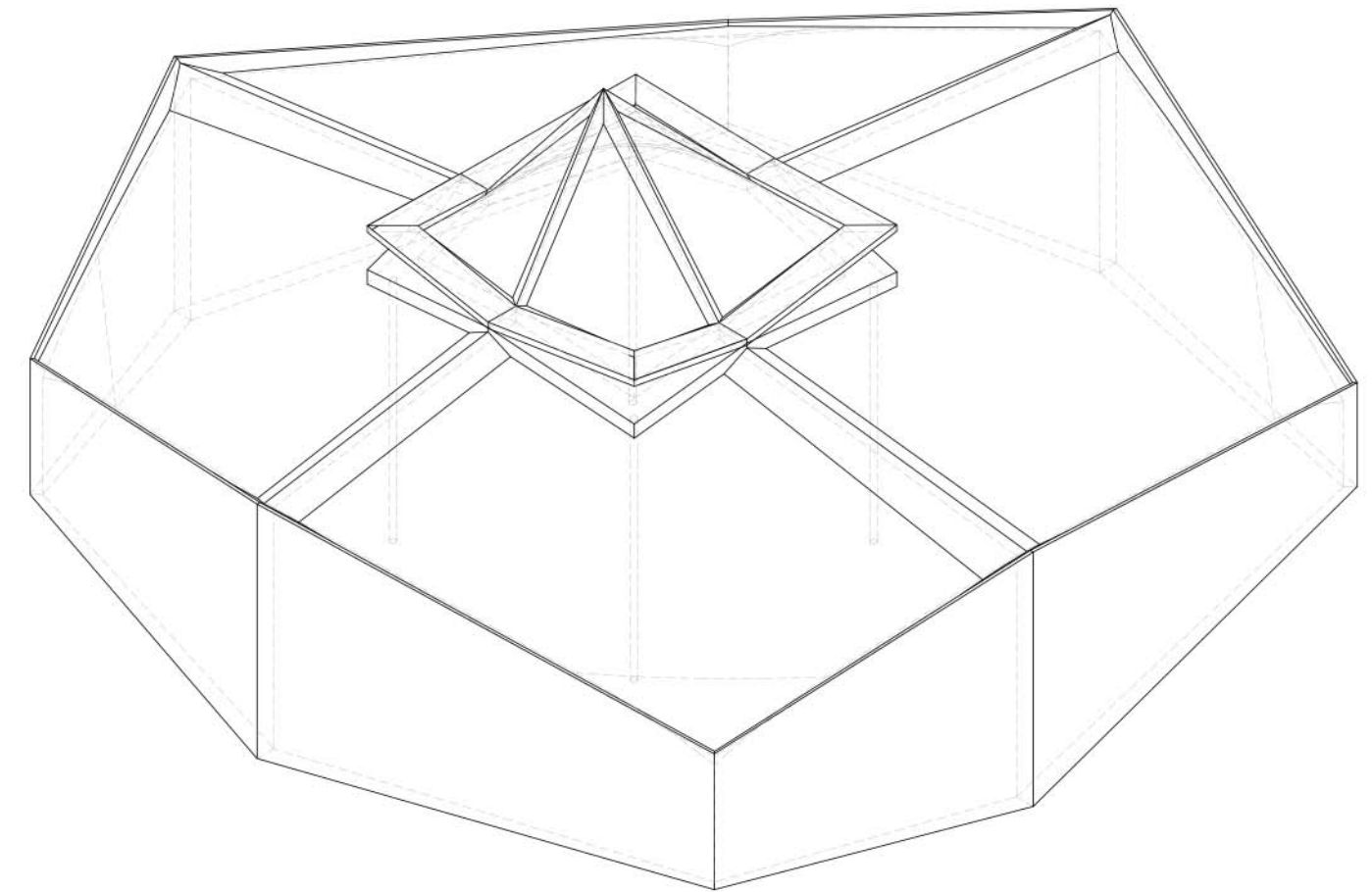
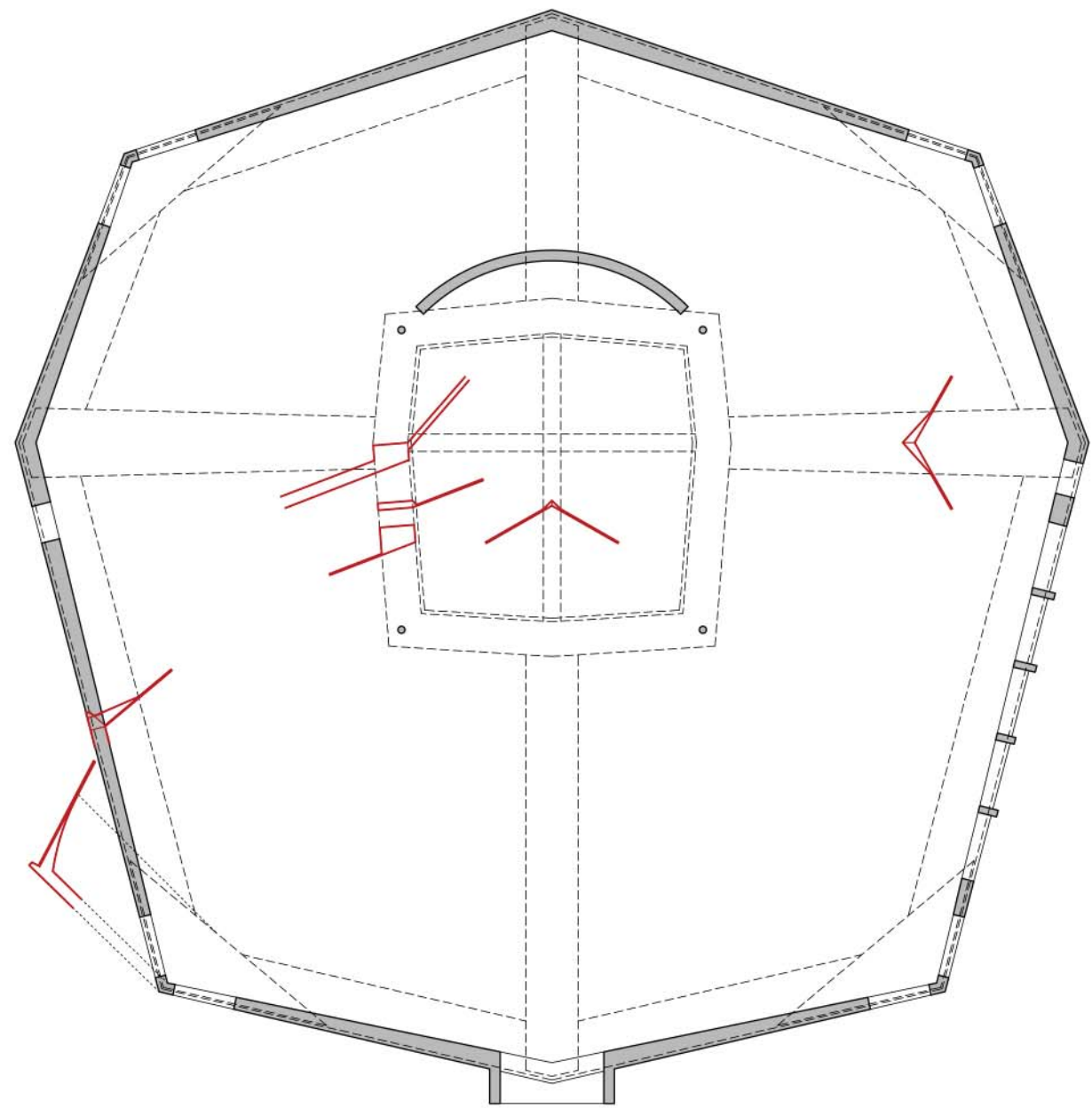


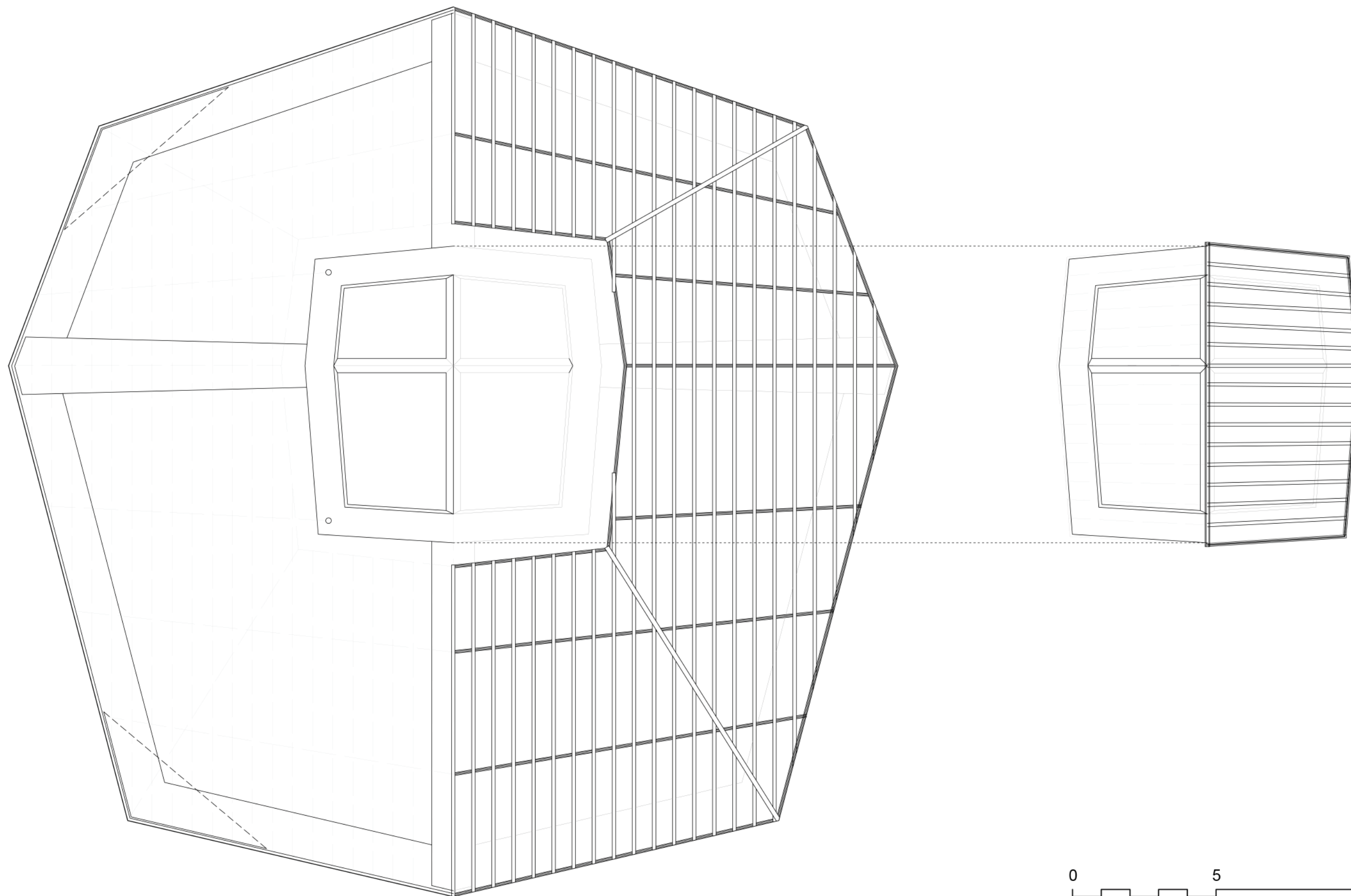












0 5 10m

Immagine di copertina

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Hedwig

Descrizione degli elaborati:

Rappresentazione schematica dei vetri colorati presenti sulla parete di fondo della chiesa e nel rosone d'acciaio

Fonte:

Elaborazione grafica dell'autore



Elaborazioni grafiche originali

3. Caso studio:
ST. HEDWIG
Oberusel, 1963-65

Tavola N. 3.01

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Hedwig, Oberursel

Descrizione degli elaborati:

Geolocalizzazione del caso studio

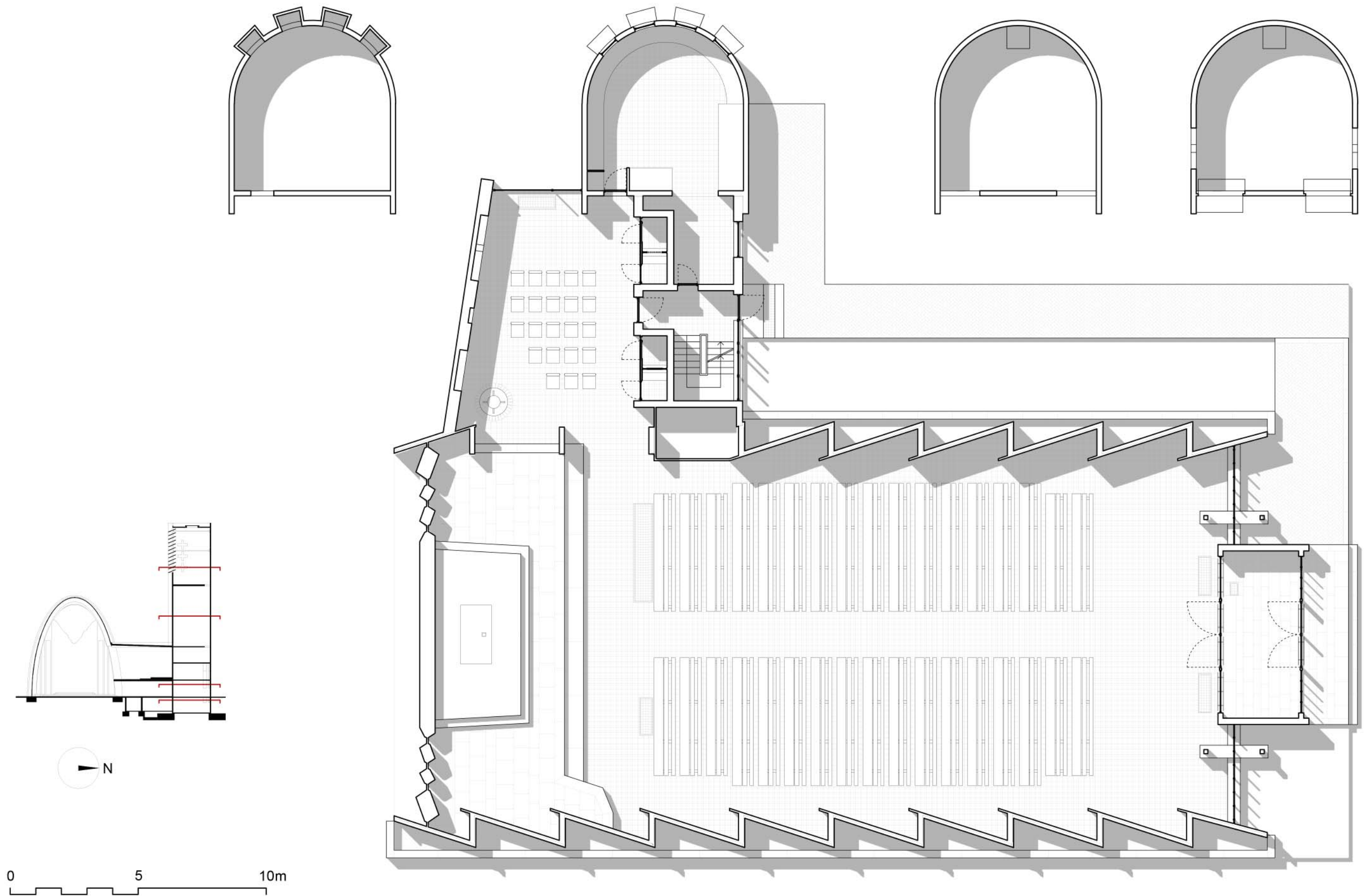
Coordinate geografiche:

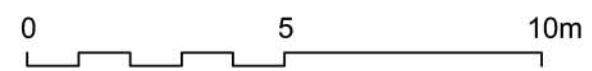
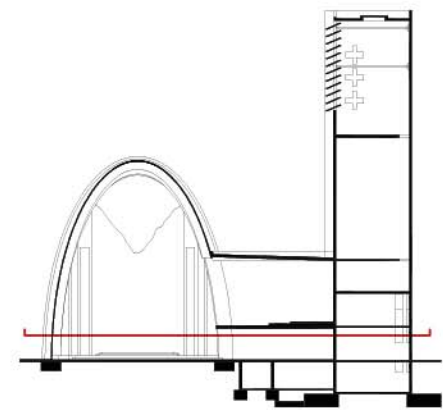
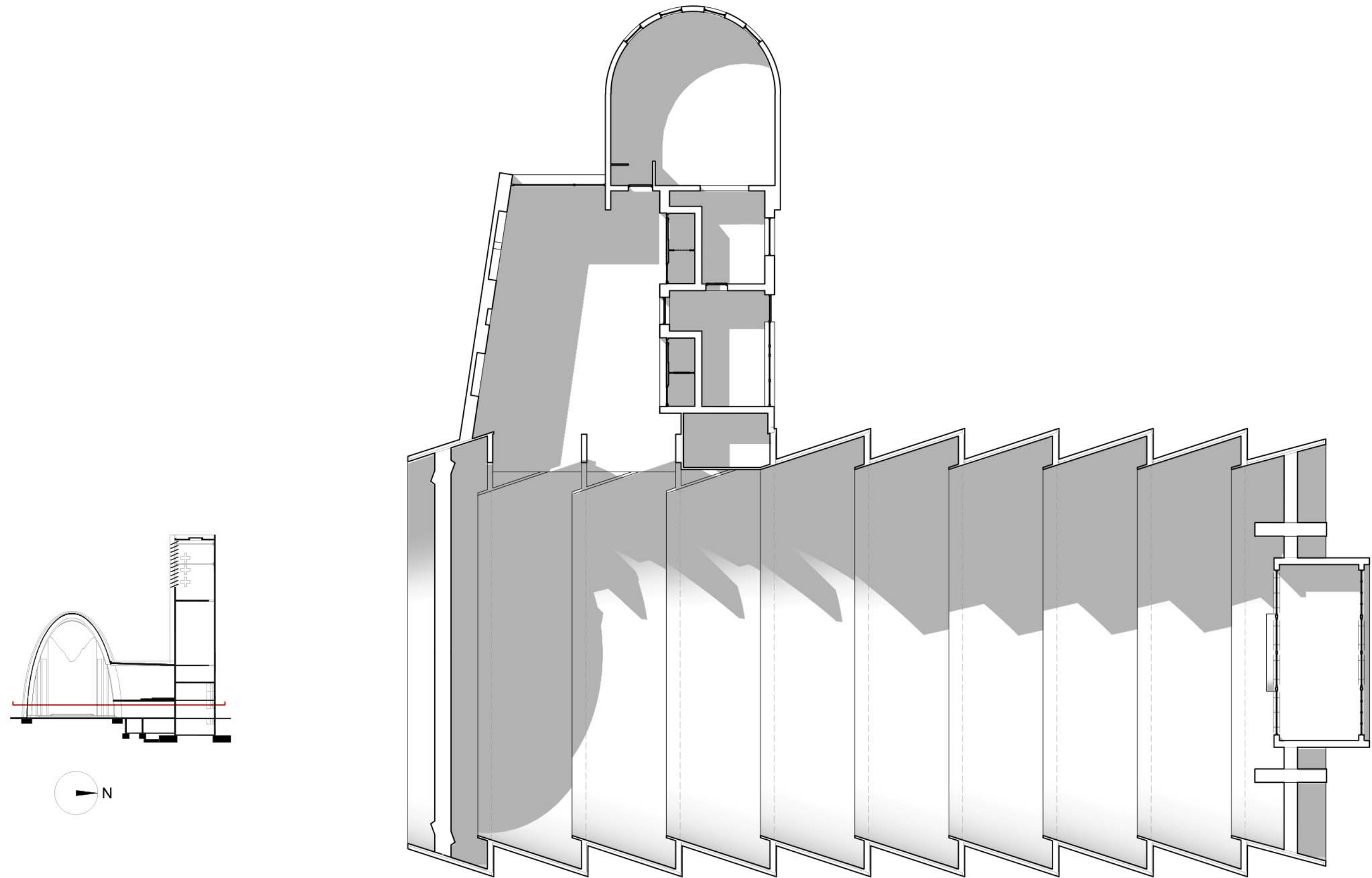
50.2124, 8.5625

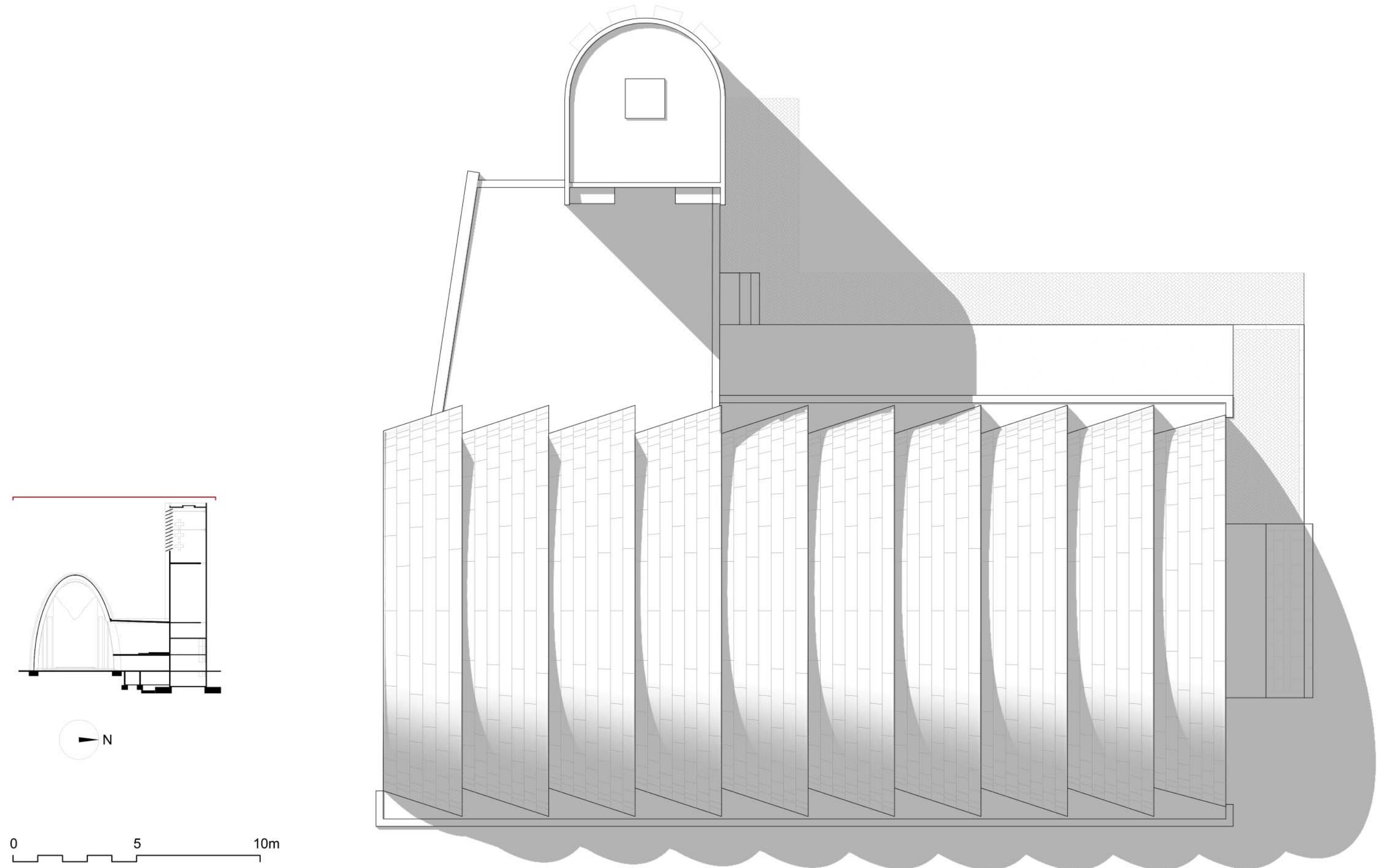
Fonte:

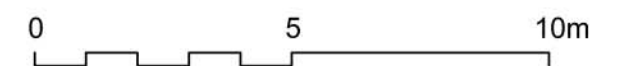
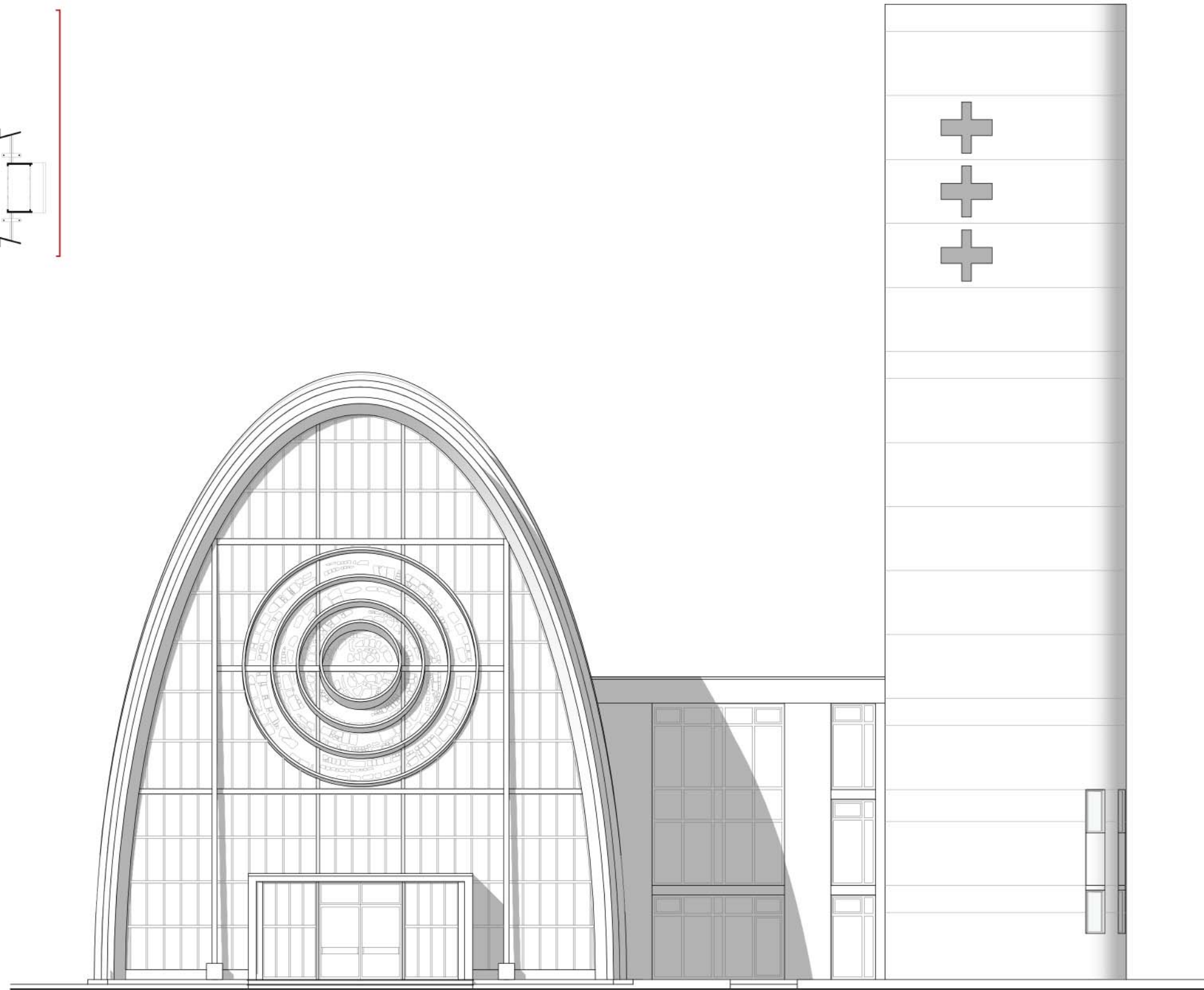
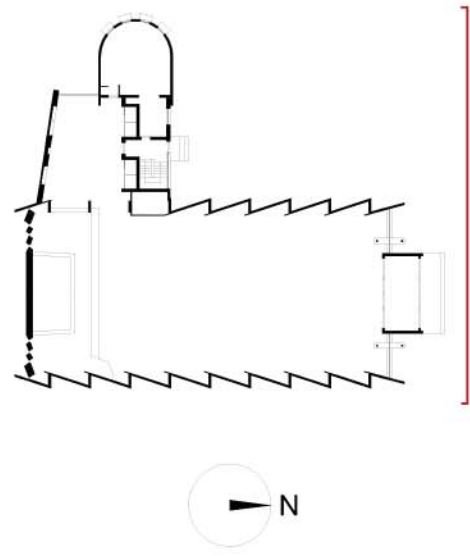
- a. Inquadramento territoriale, Elaborazione grafica dell'autore, dati cartografici (Google Maps)
- b. Relazione dell'edificio sacro con la città.
- c. Relazione dell'edificio sacro col contesto urbano.

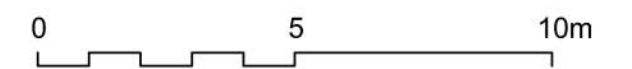
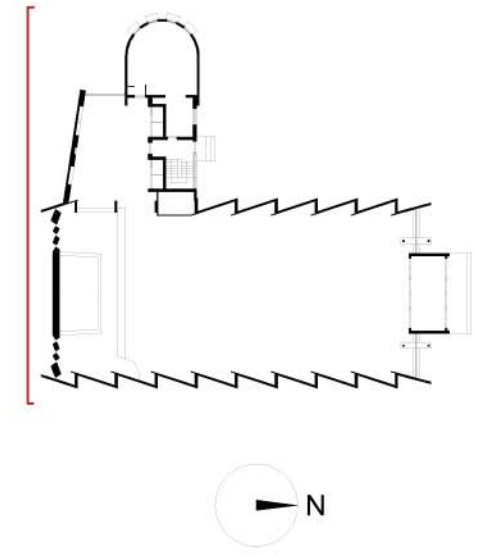
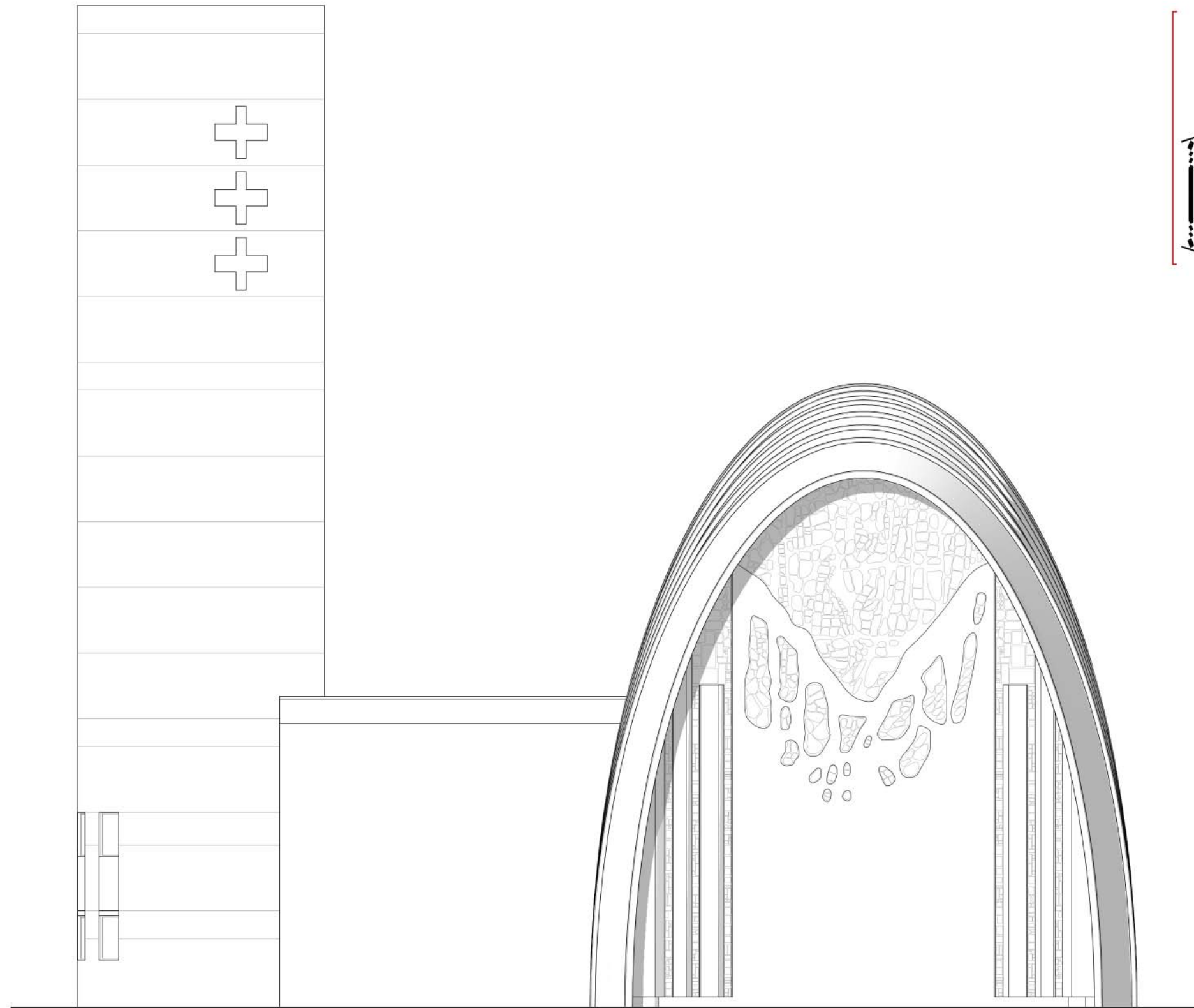


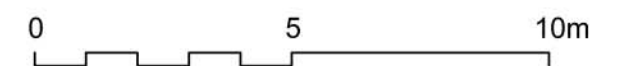
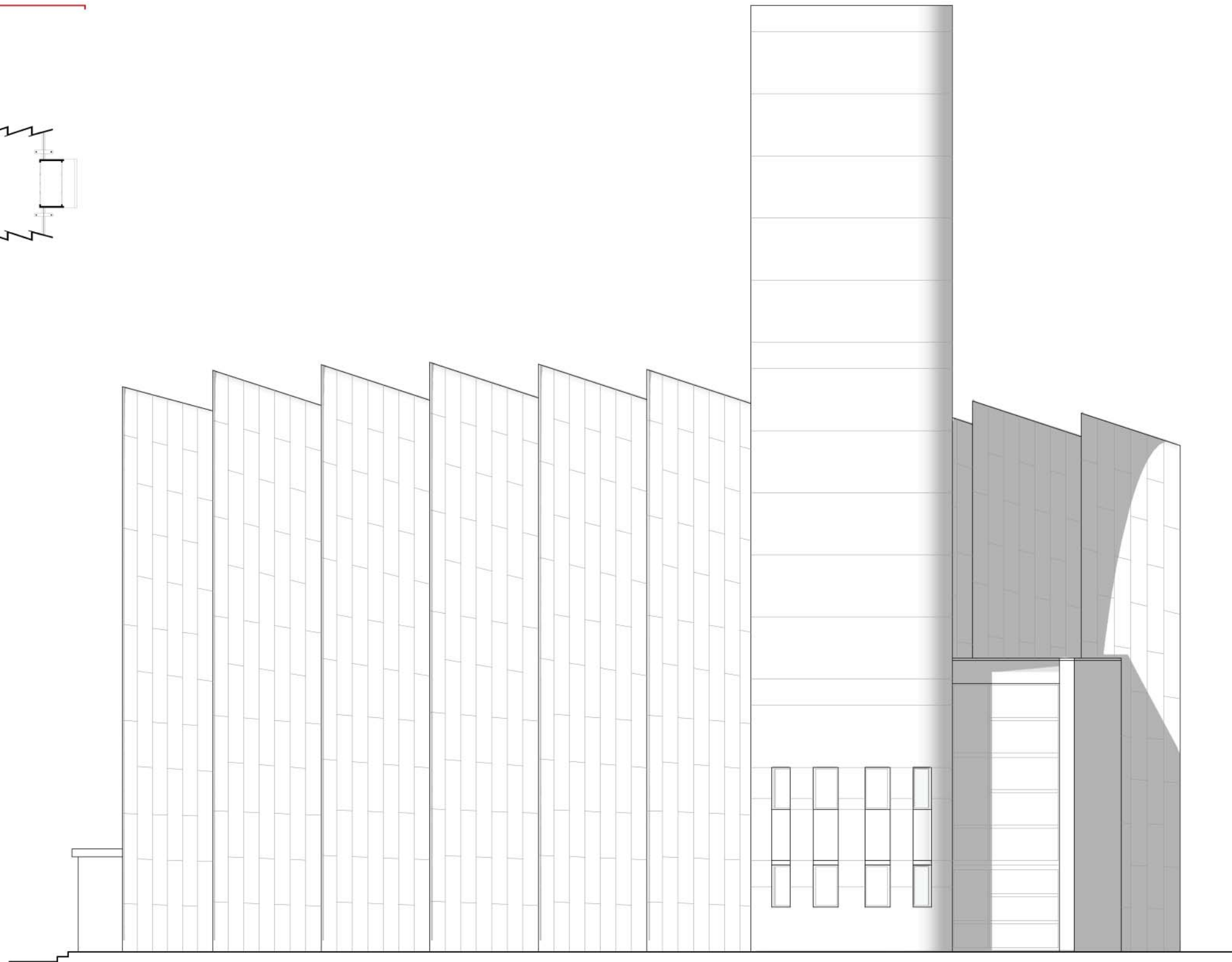
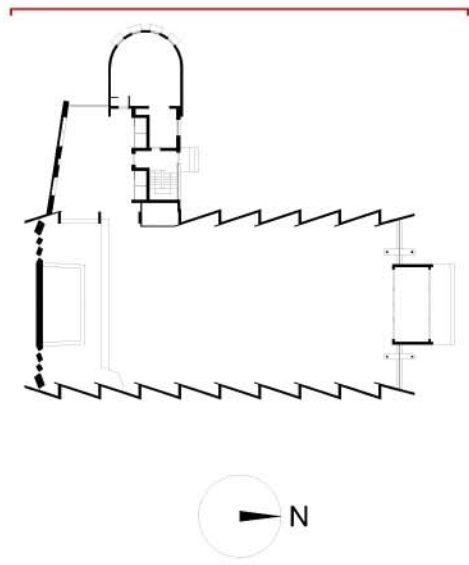


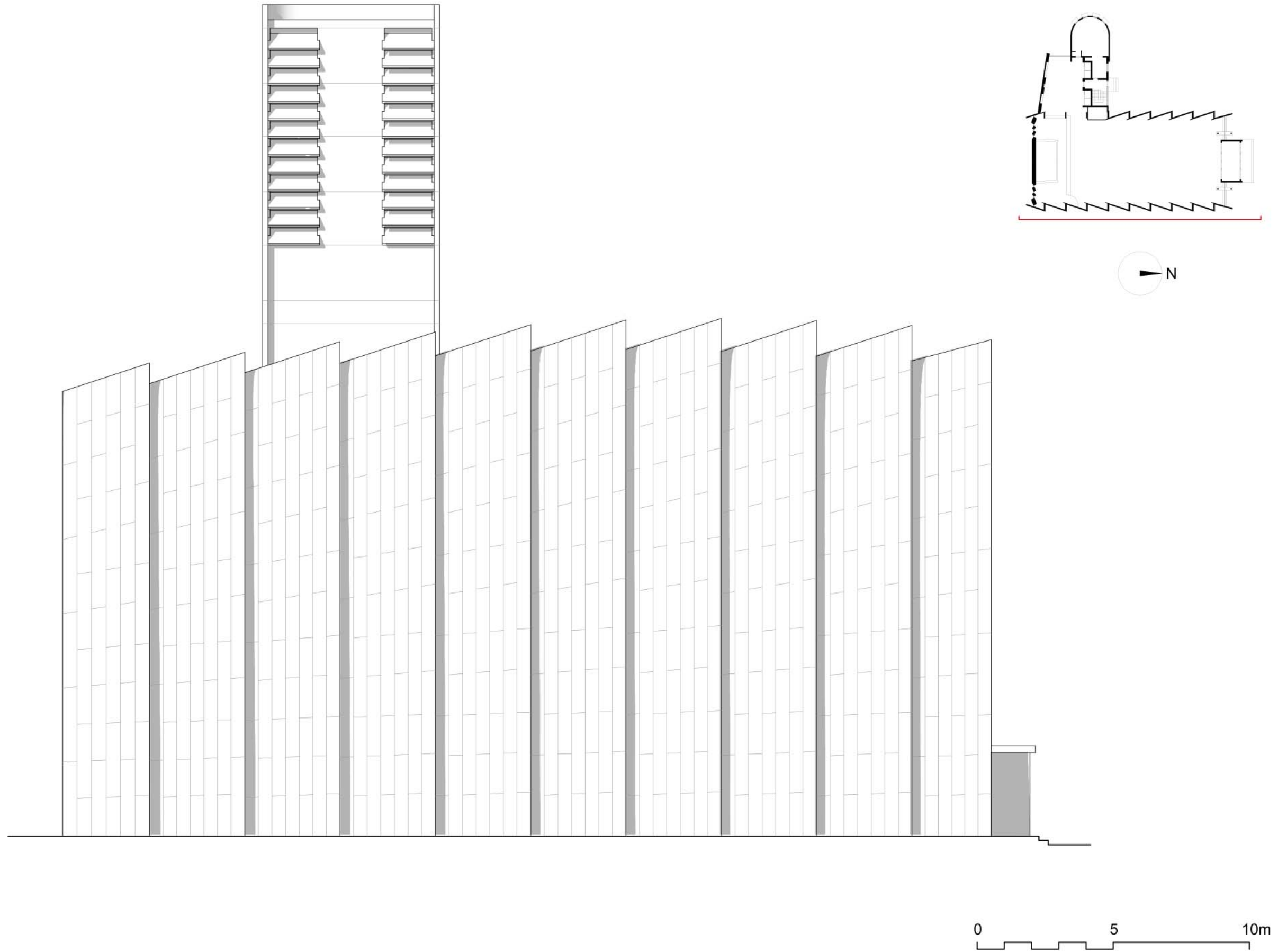


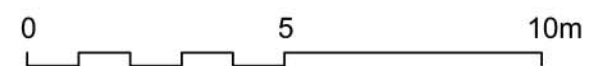
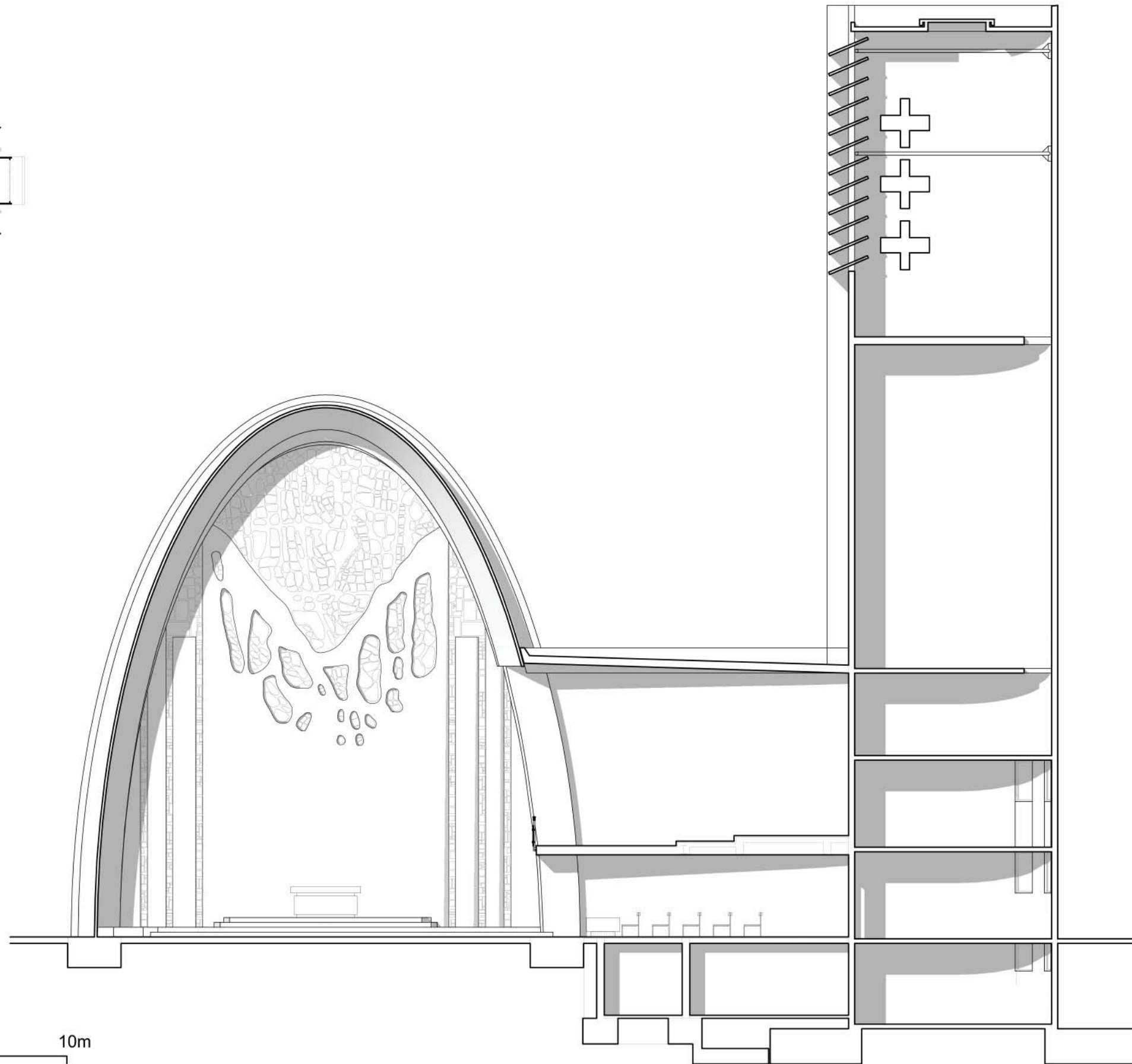
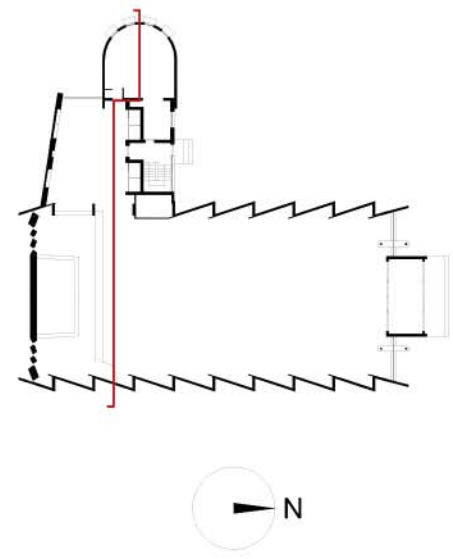


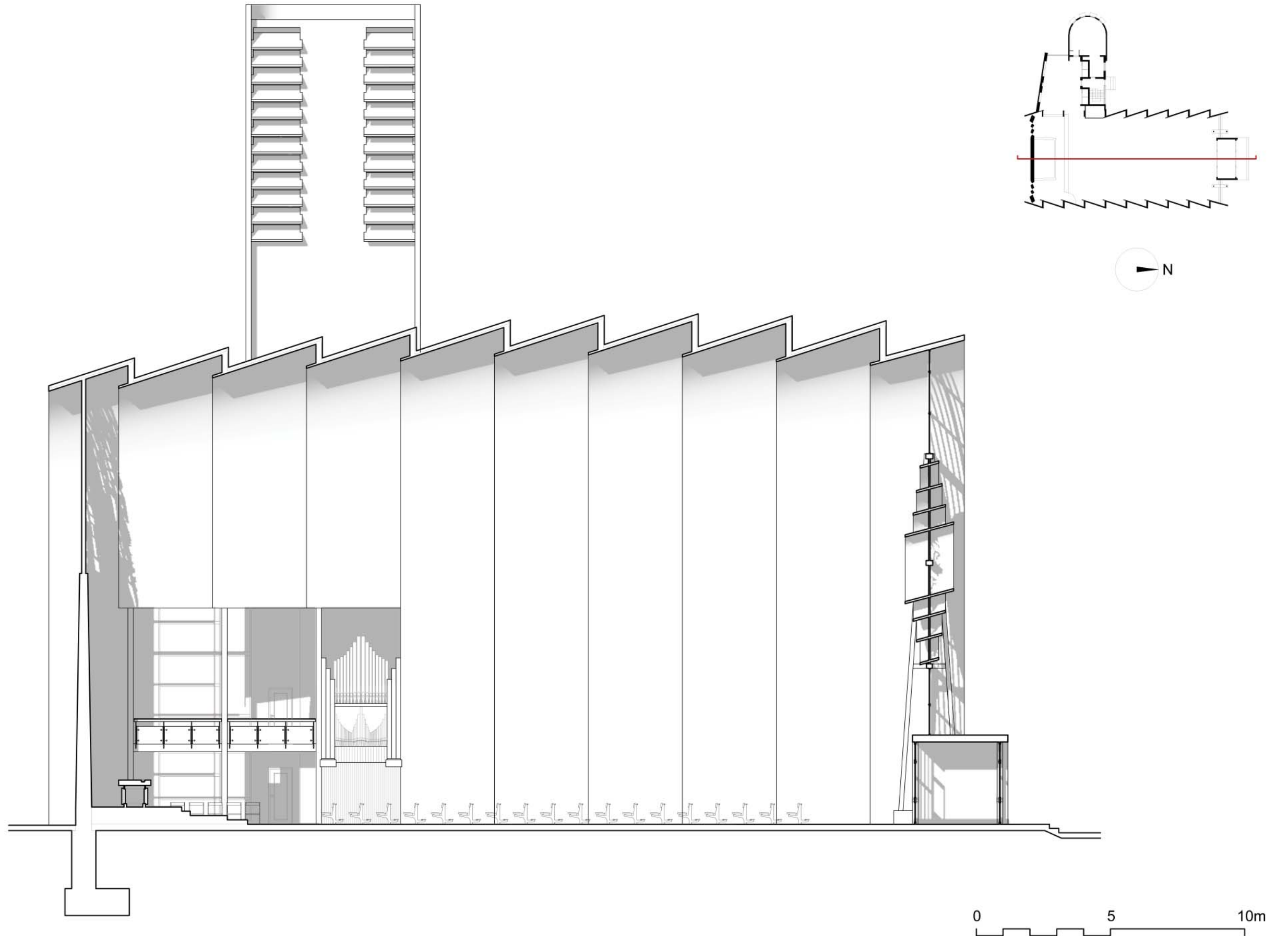


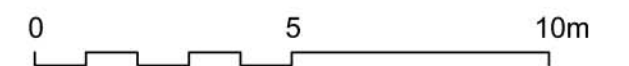
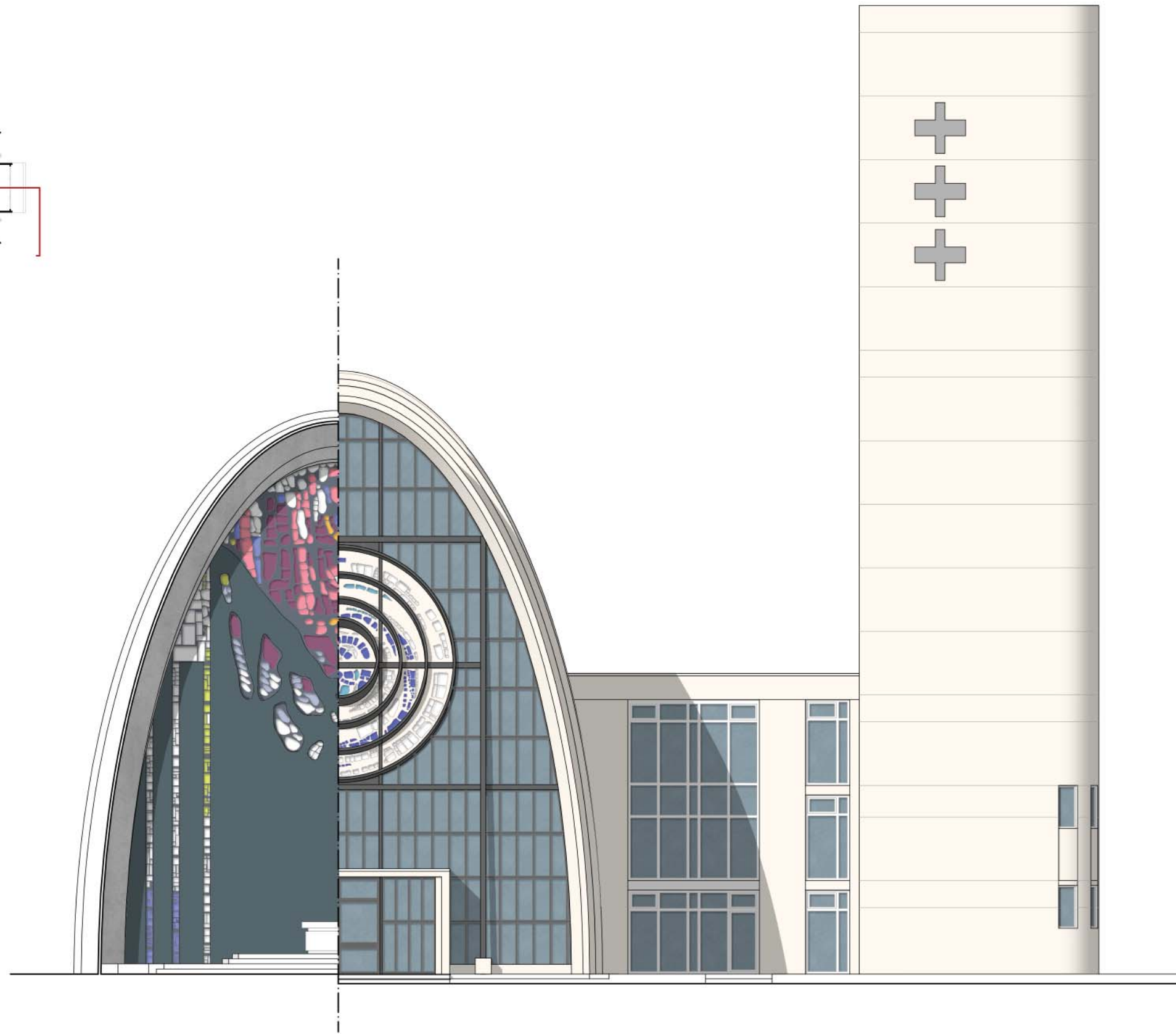
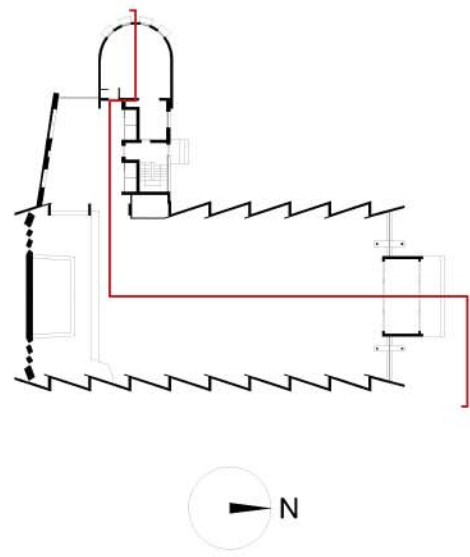


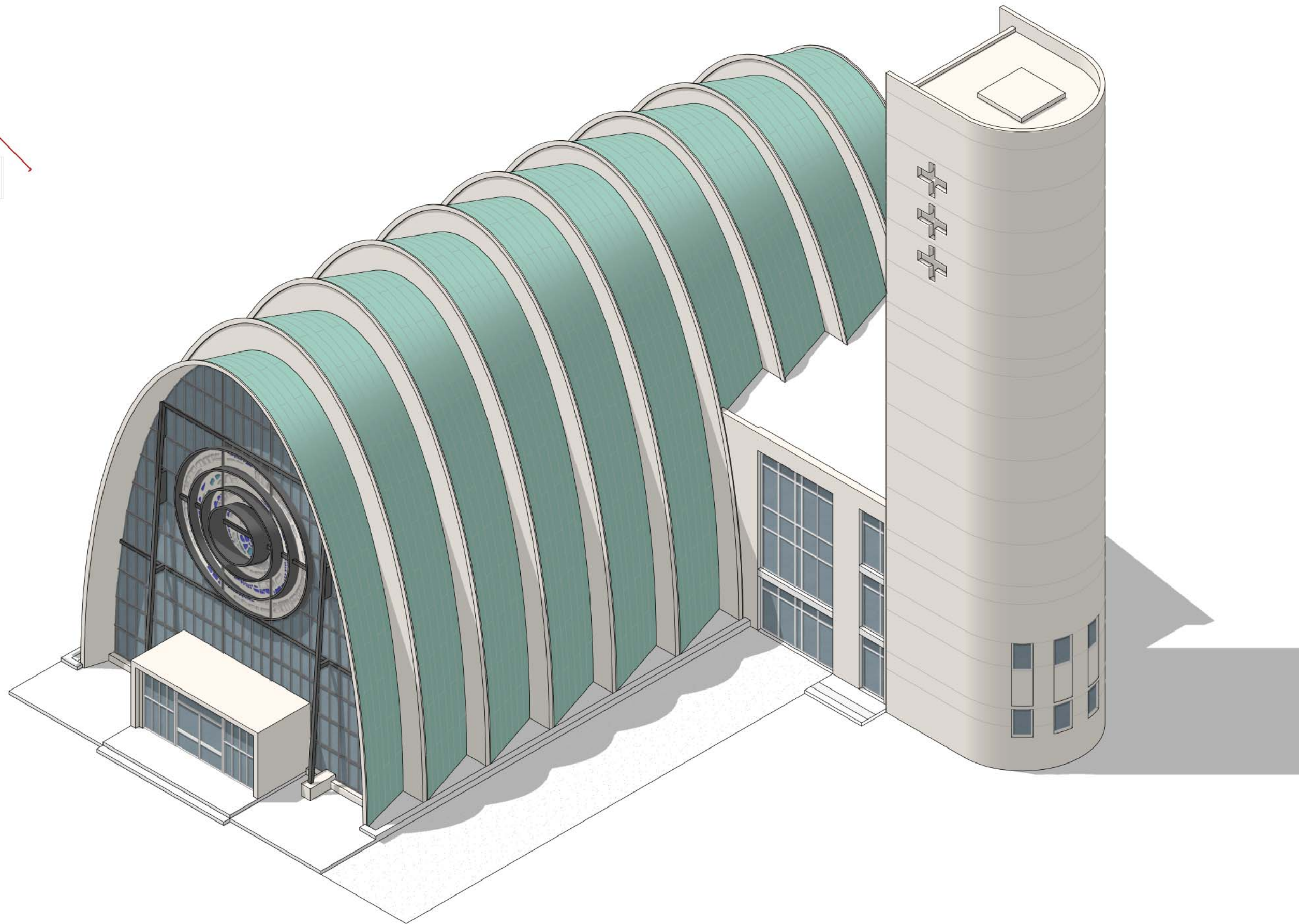
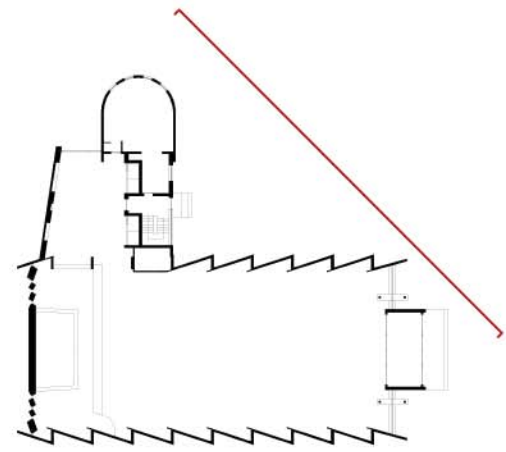


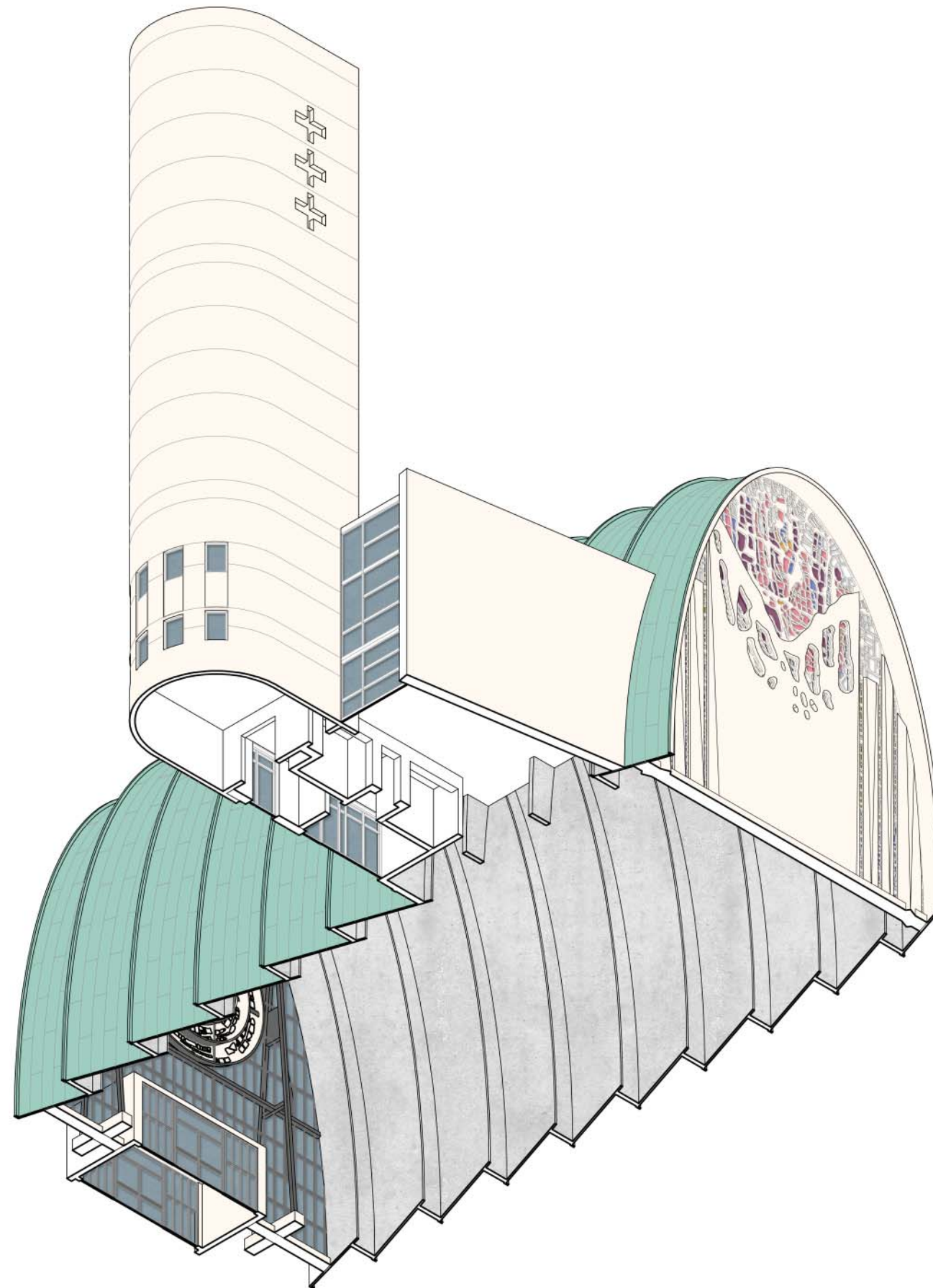
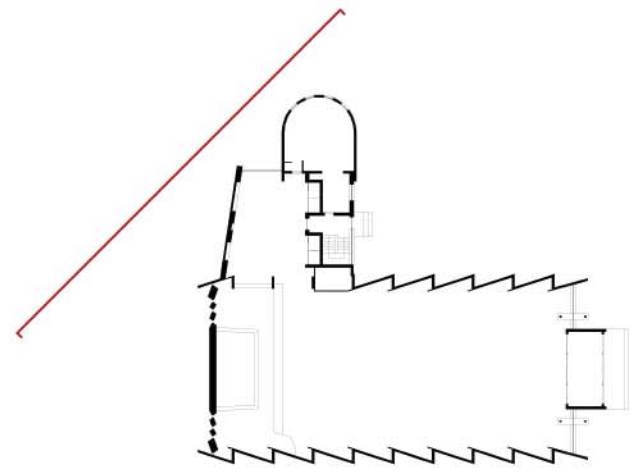


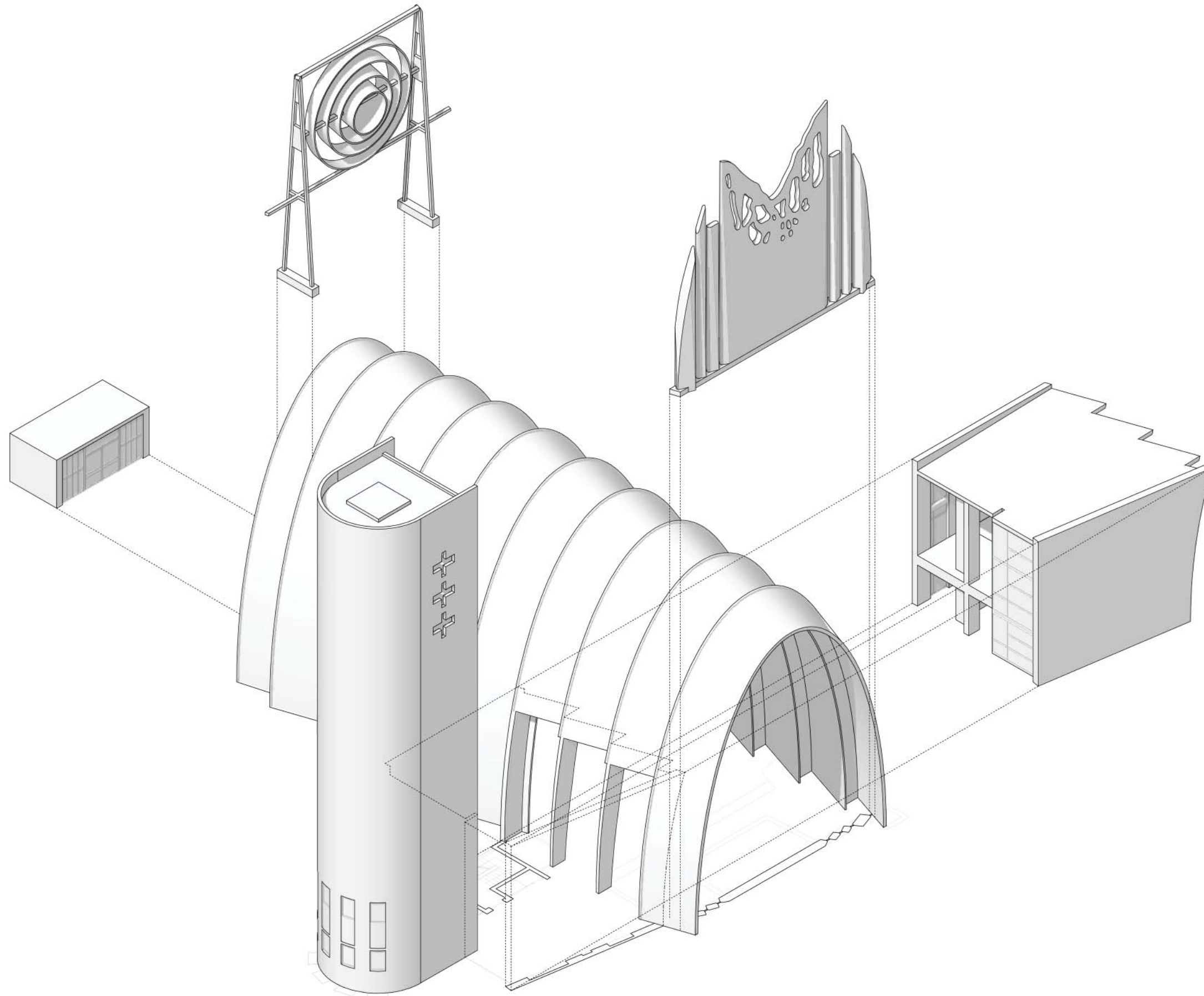












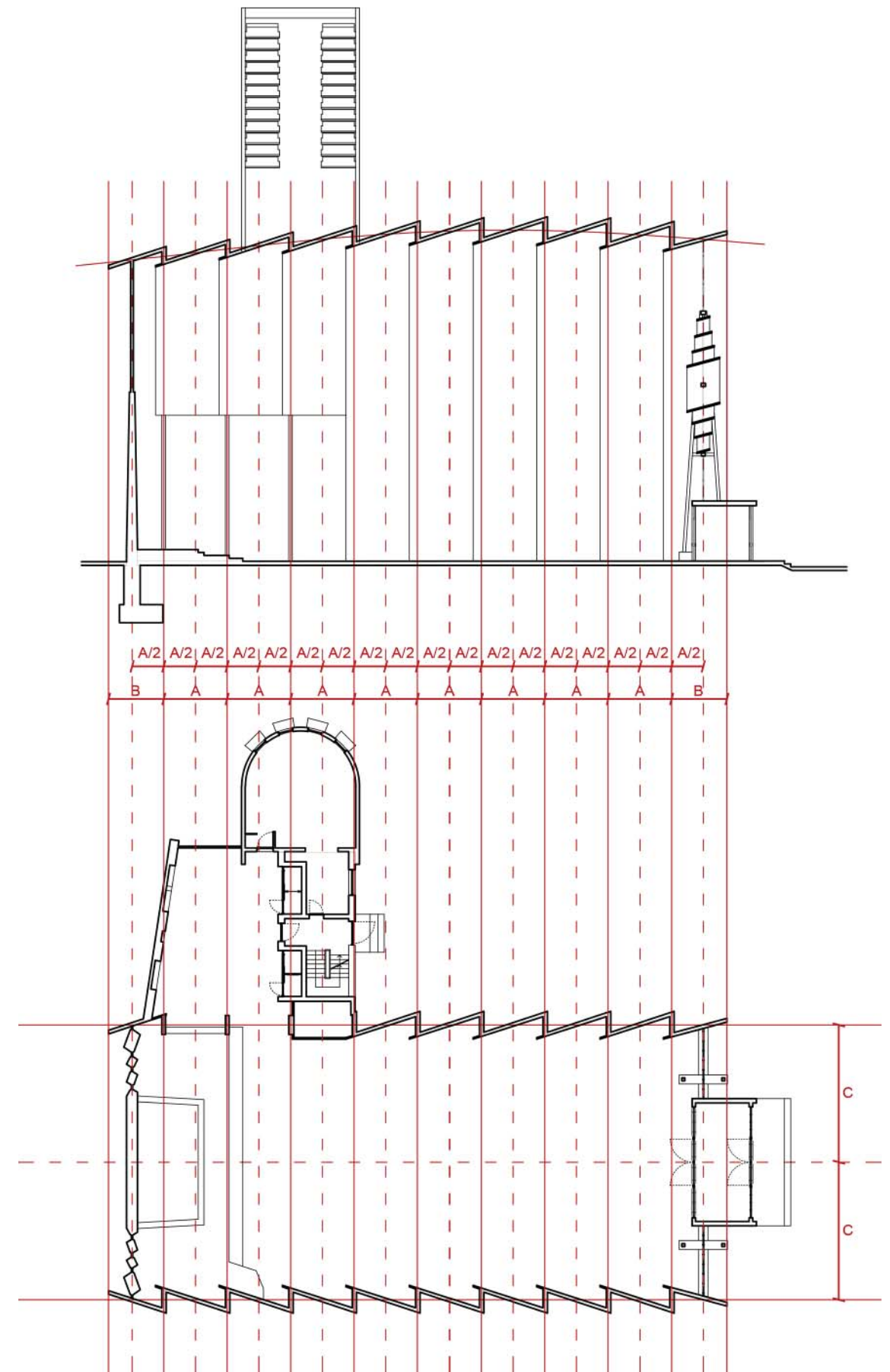
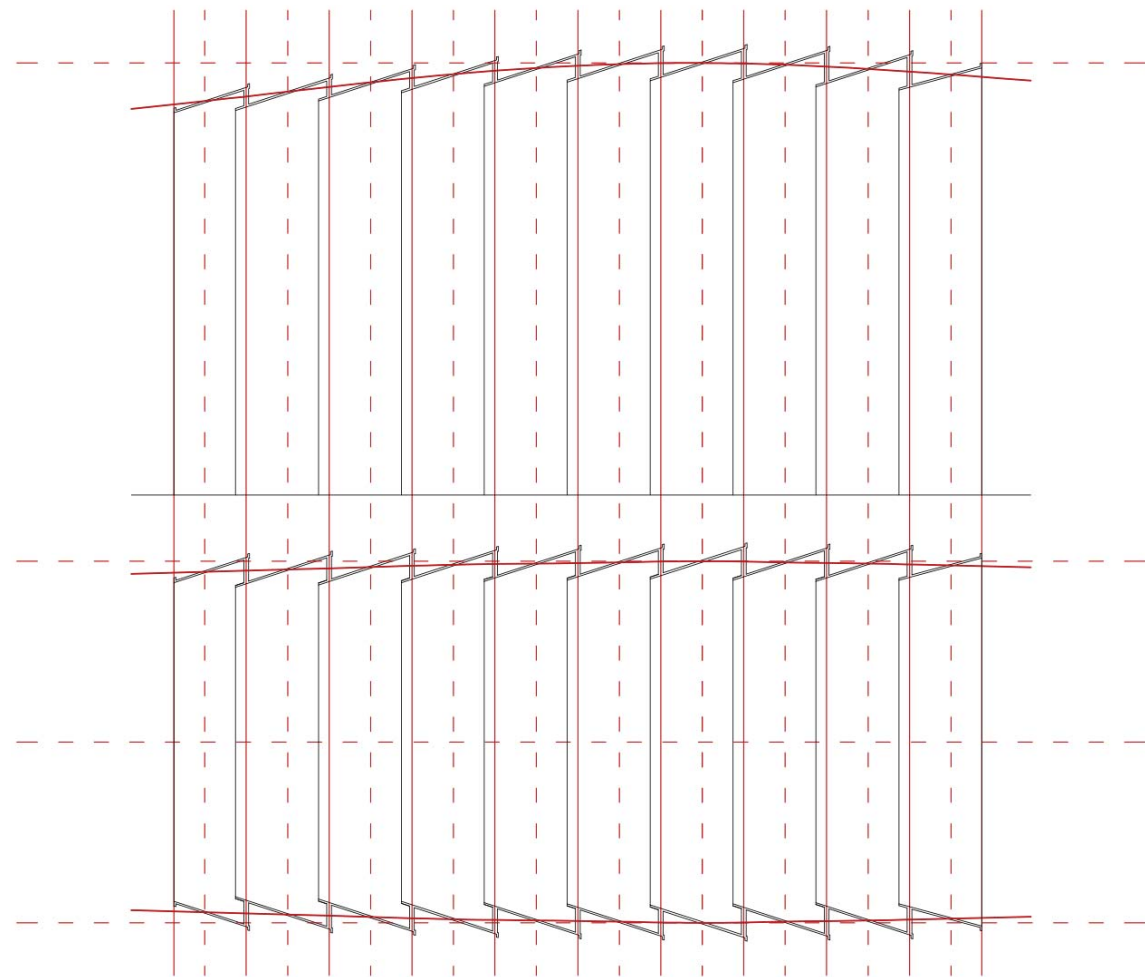
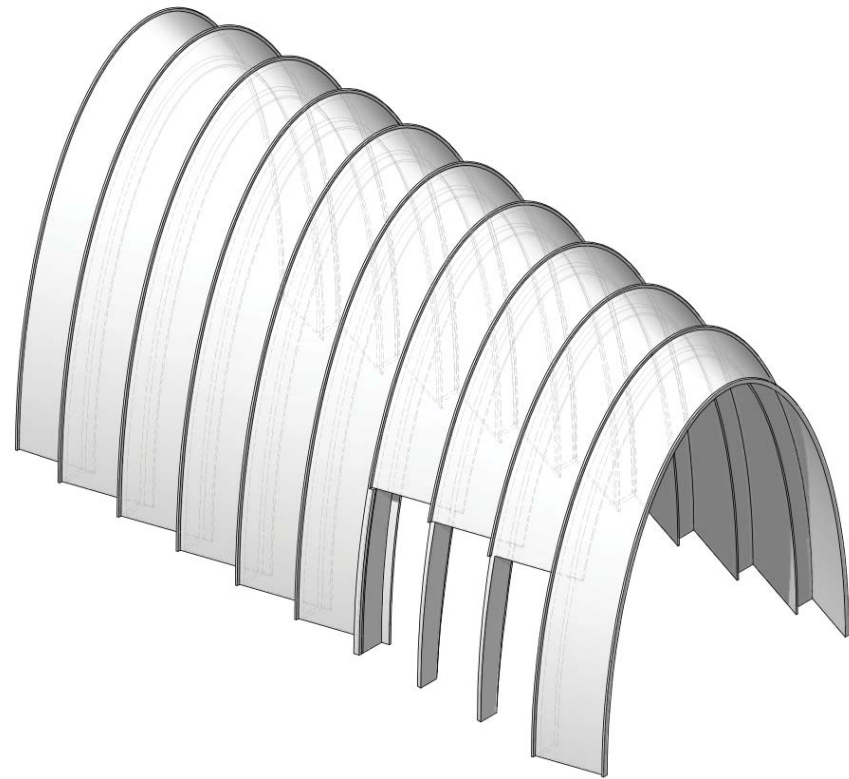


Immagine di copertina

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Suitbert

Descrizione degli elaborati:

Schizzo dell'edificio sacro visto dall'esterno

Fonte:

Elaborazione grafica dell'autore

Elaborazioni grafiche originali

4. Caso studio:
ST. SUITBERT
Essen-Überruhr, 1964-65

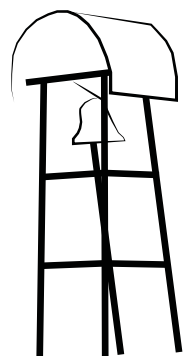
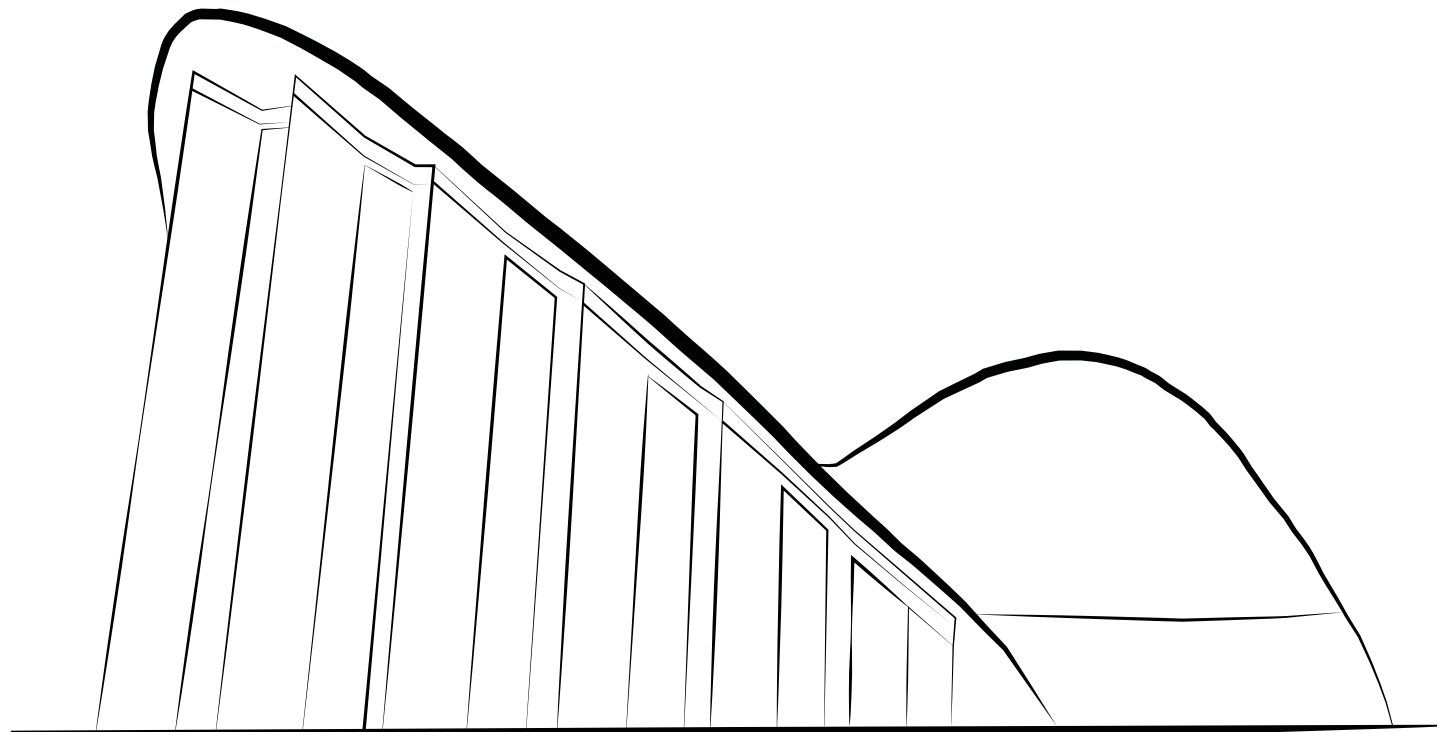


Tavola N. 4.01

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Suitbert, Essen-Überruhr

Descrizione degli elaborati:

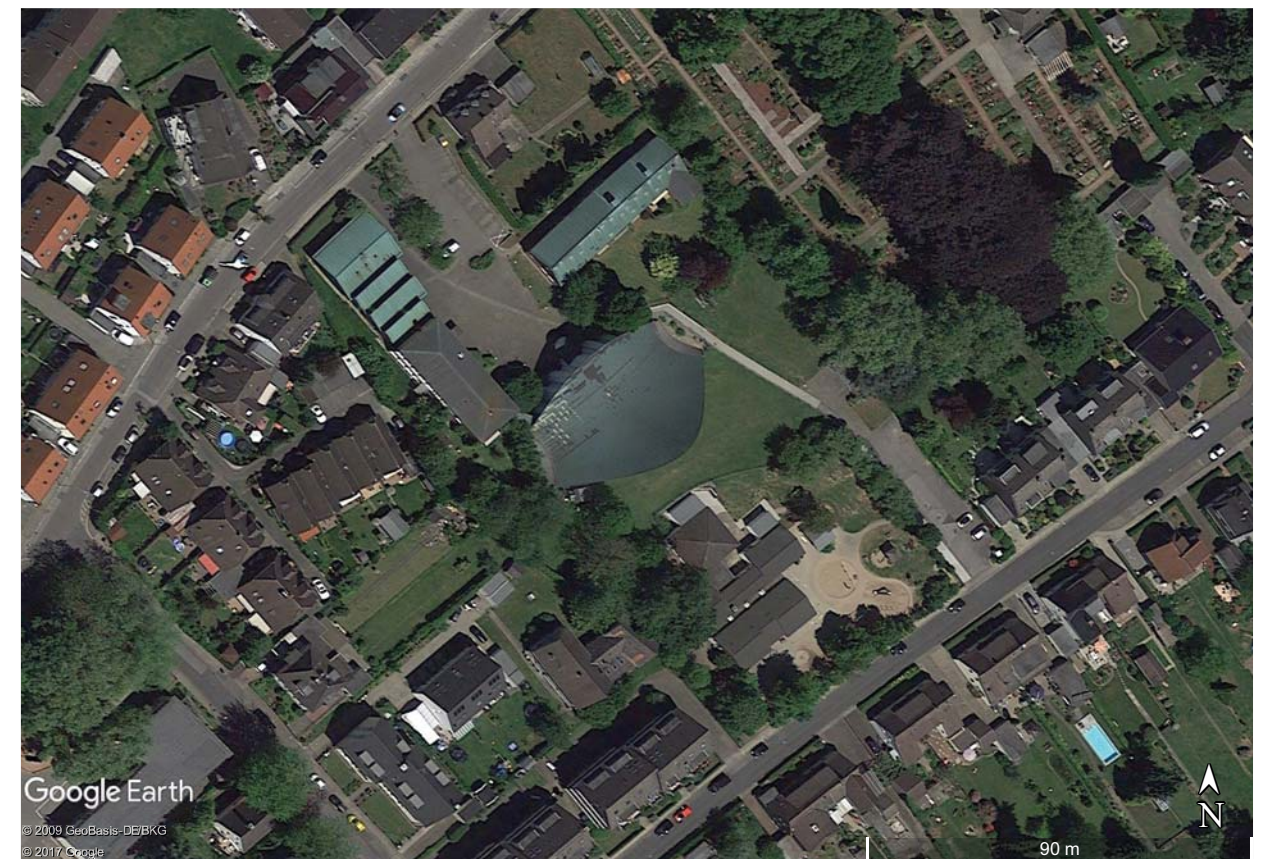
Geolocalizzazione del caso studio

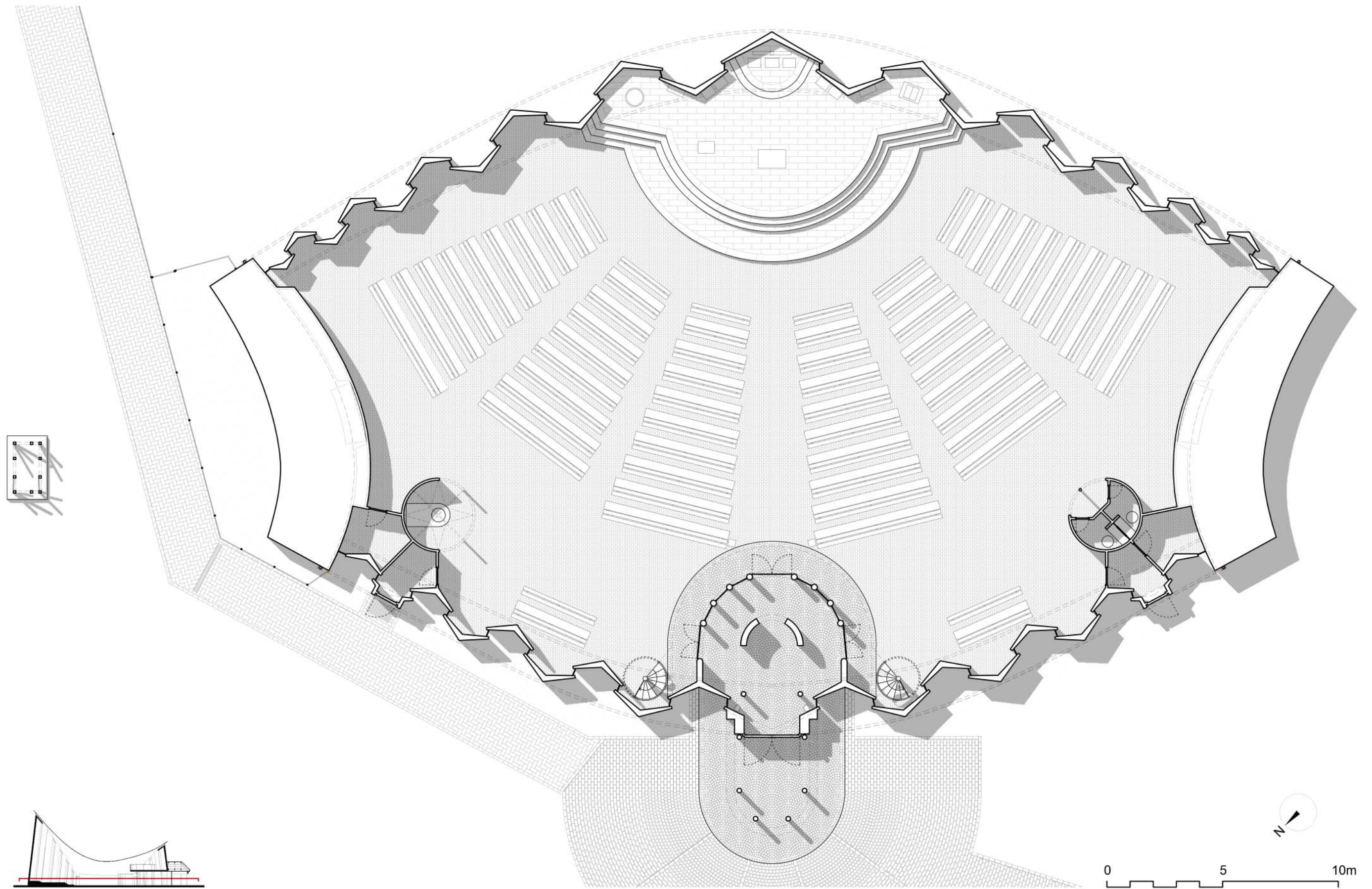
Coordinate geografiche:

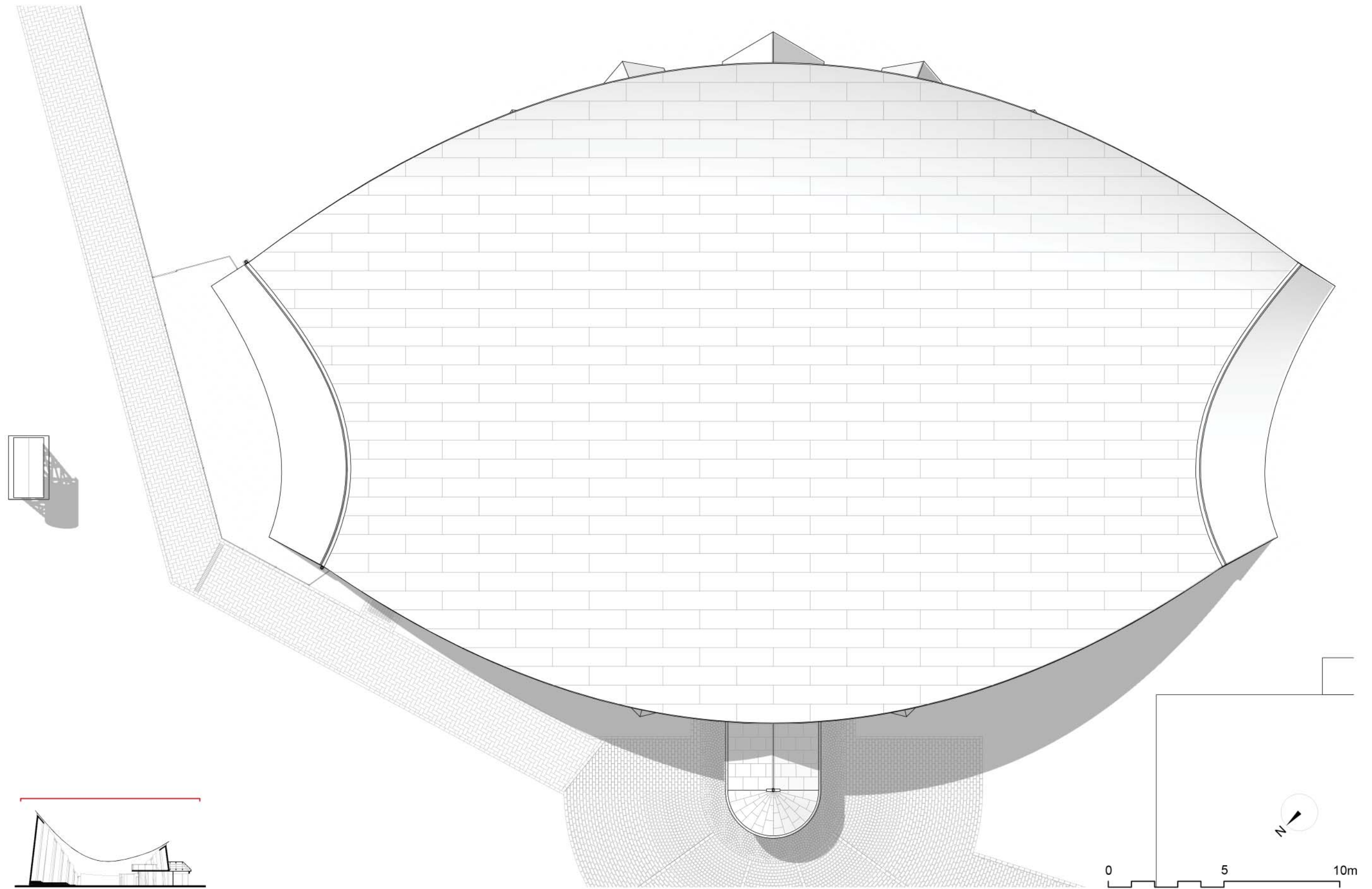
51.4211, 7.08374

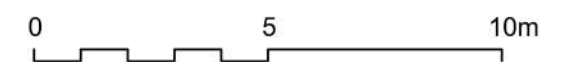
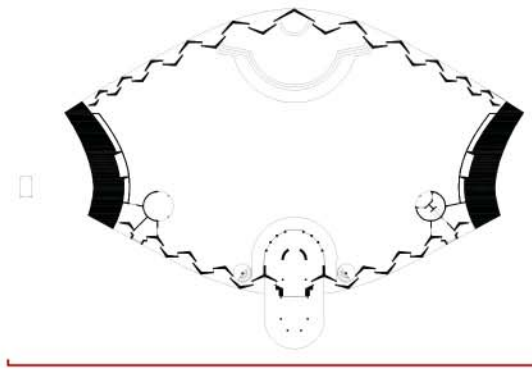
Fonte:

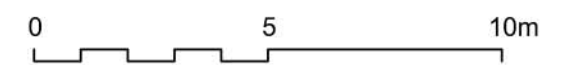
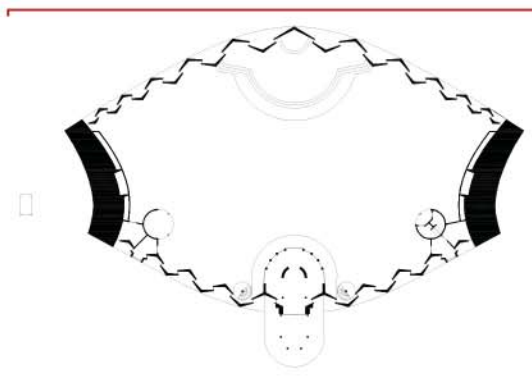
- a. Inquadramento territoriale, Elaborazione grafica dell'autore, dati cartografici (Google Maps)
- b. Relazione dell'edificio sacro con la città.
- c. Relazione dell'edificio sacro col contesto urbano.

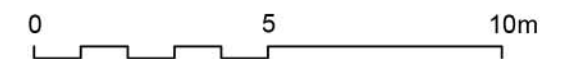
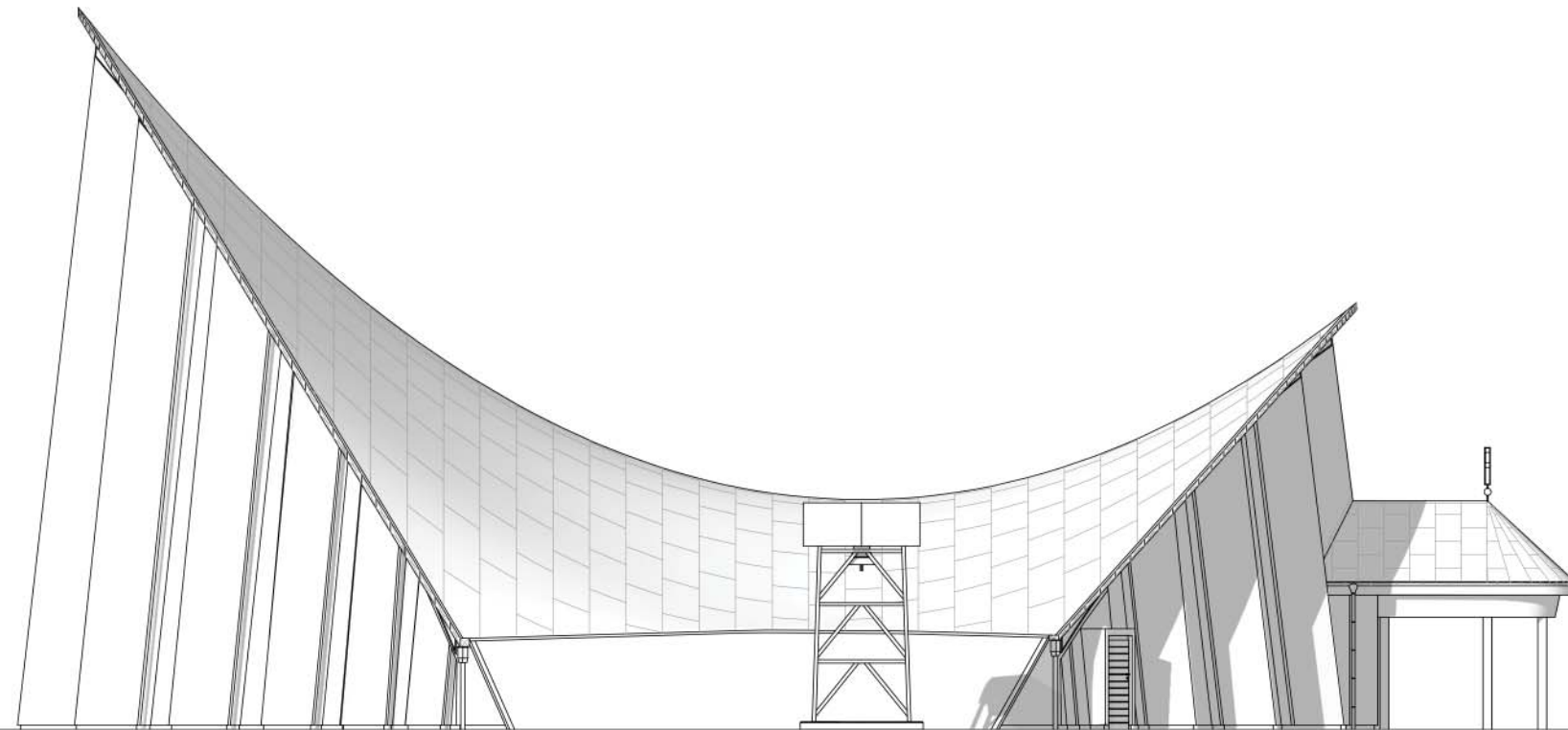
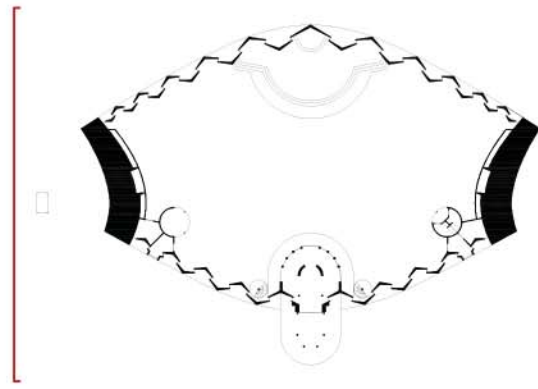


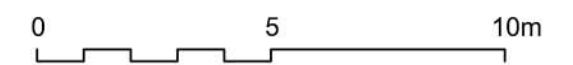
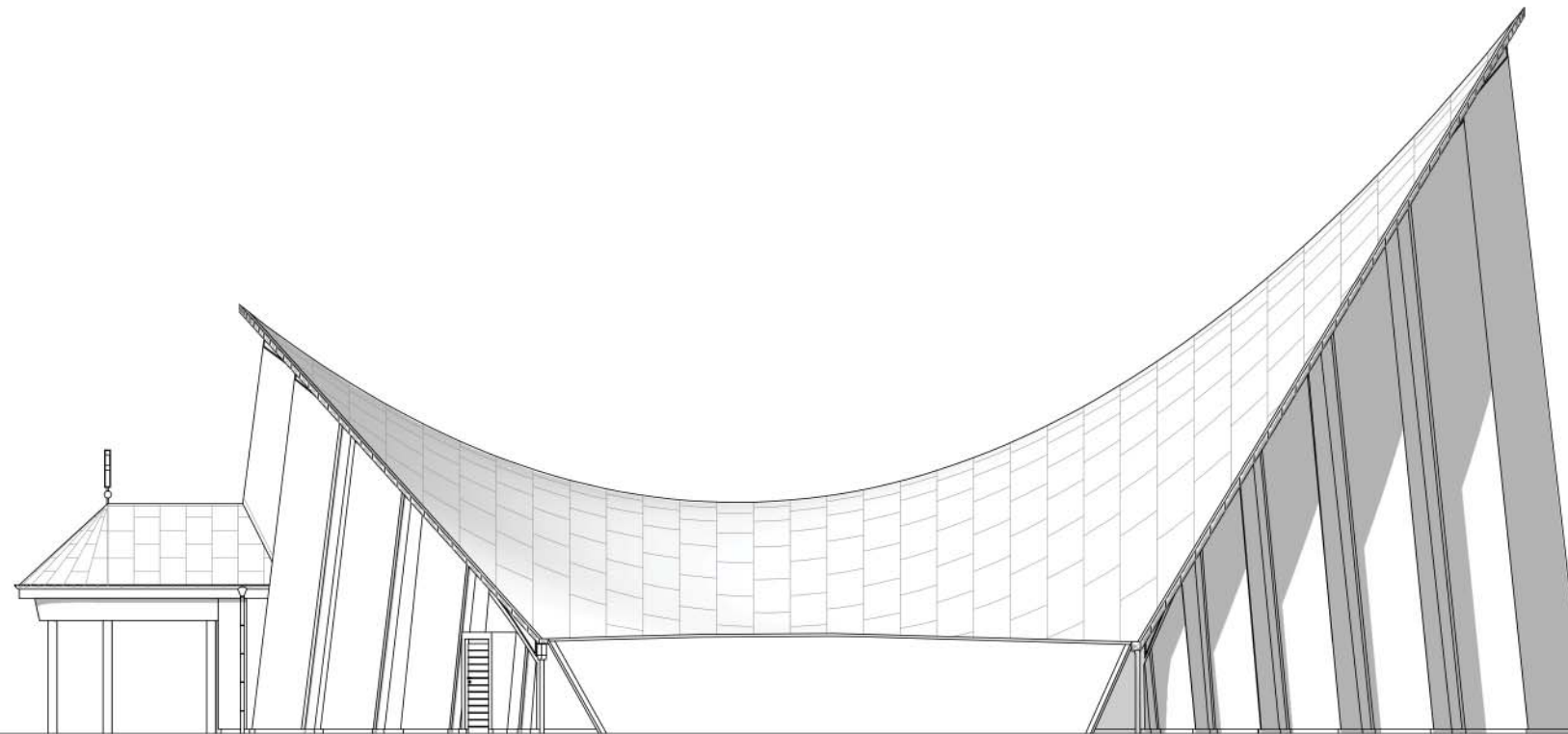
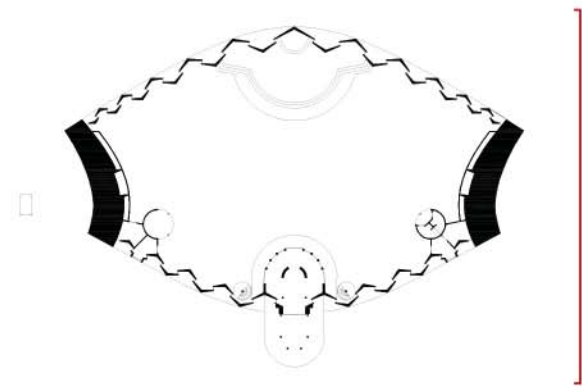


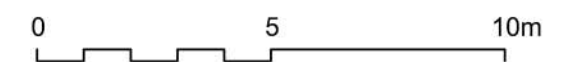
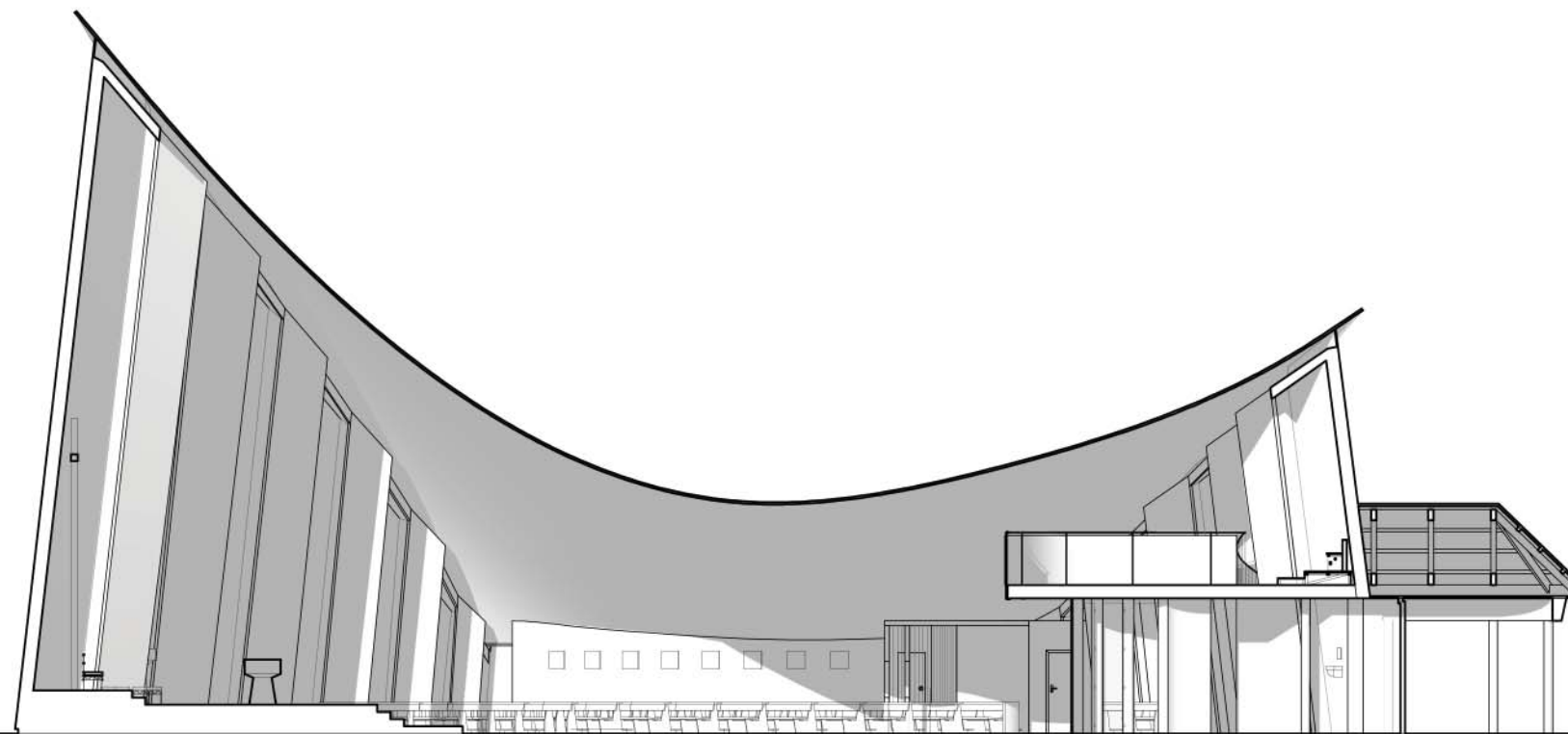
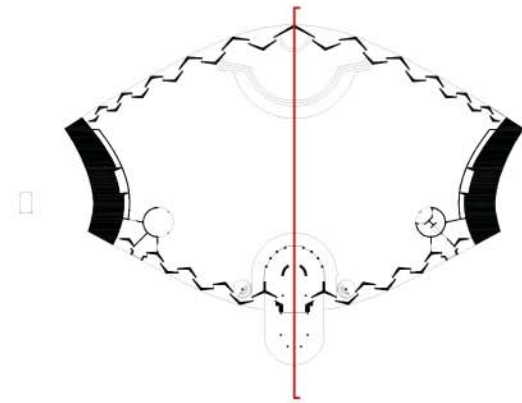


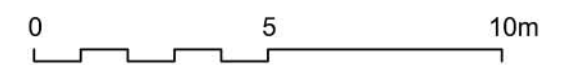
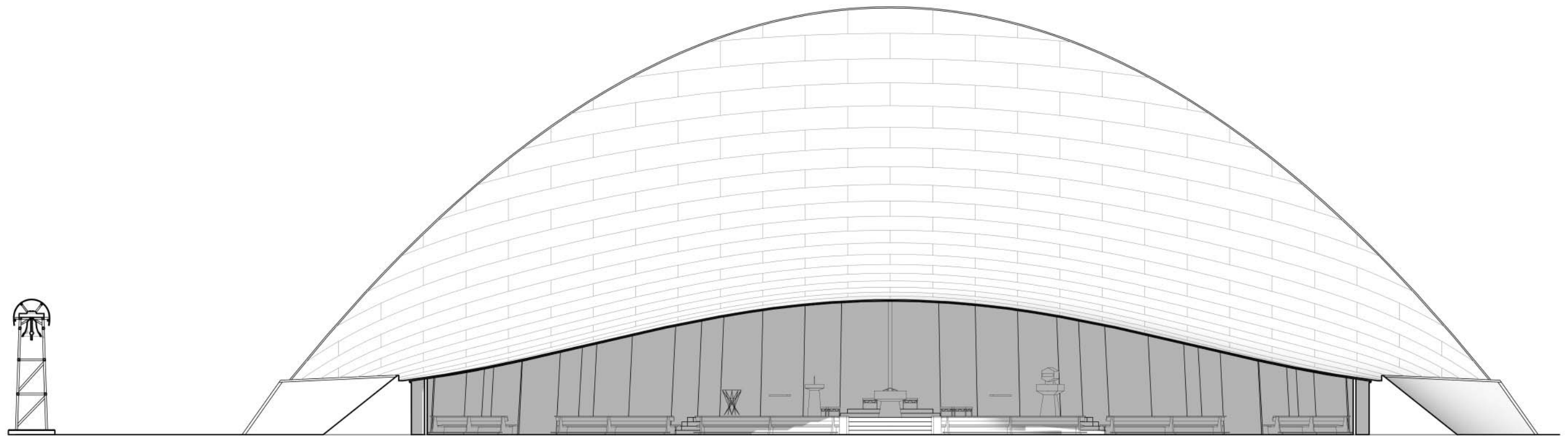
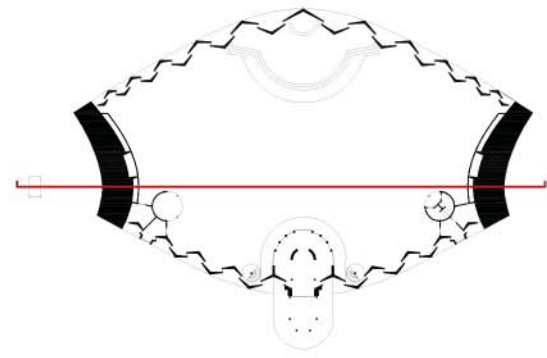


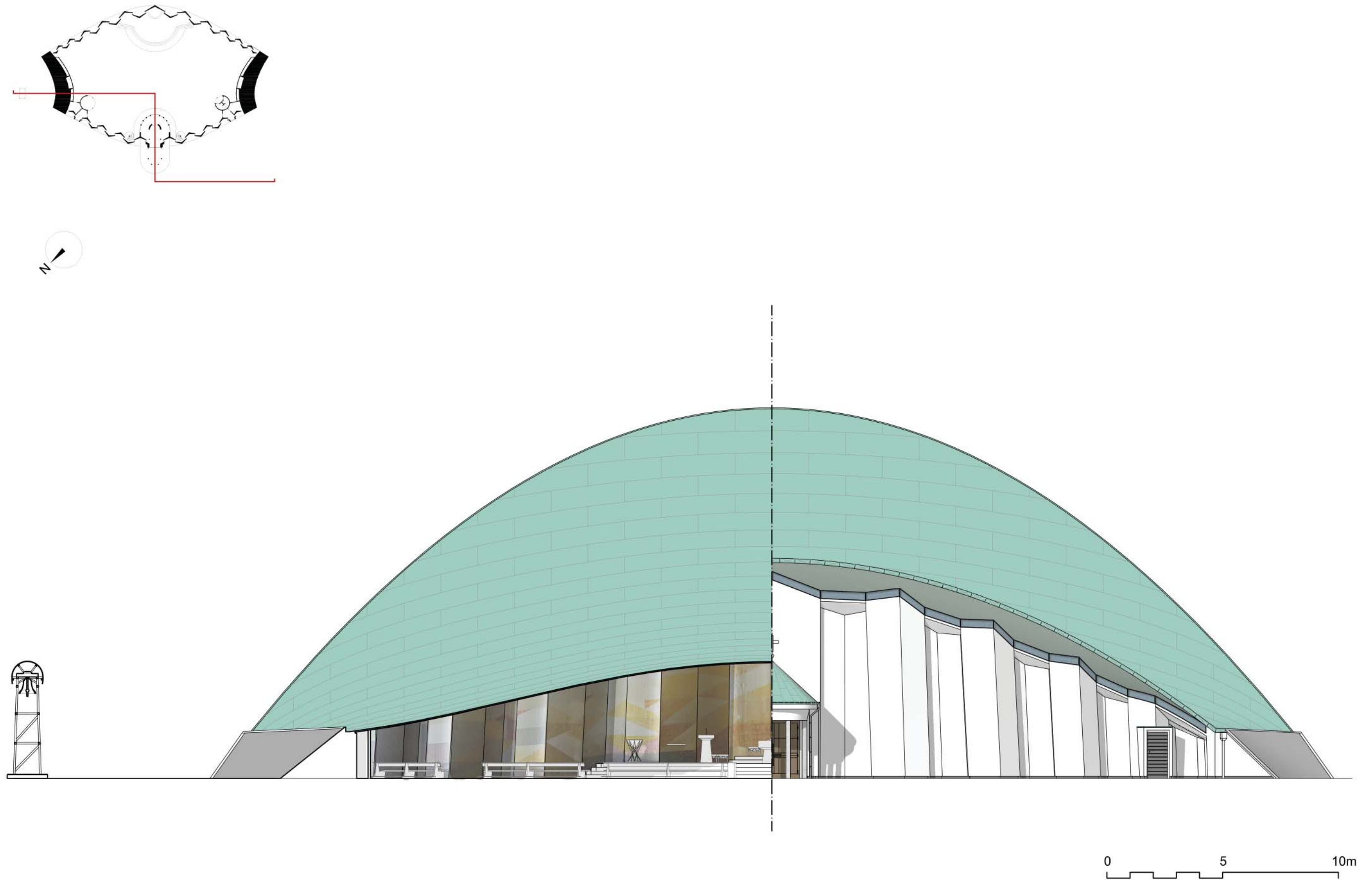


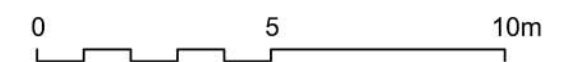
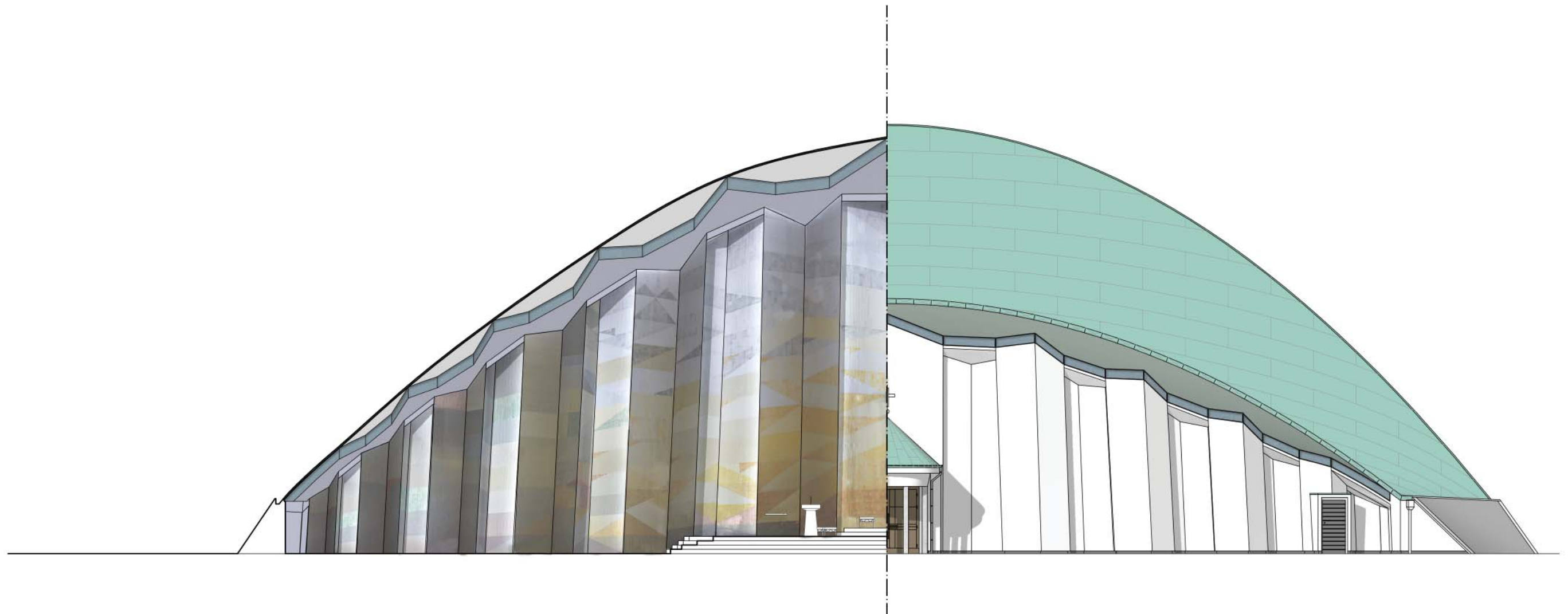
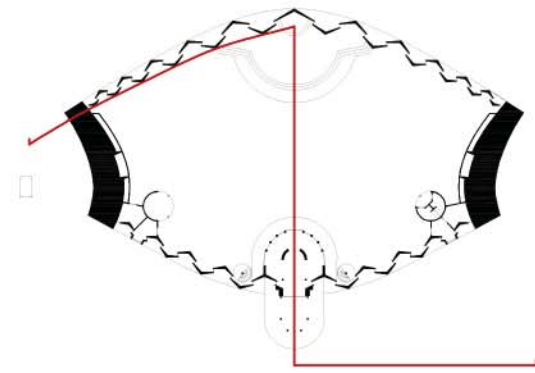


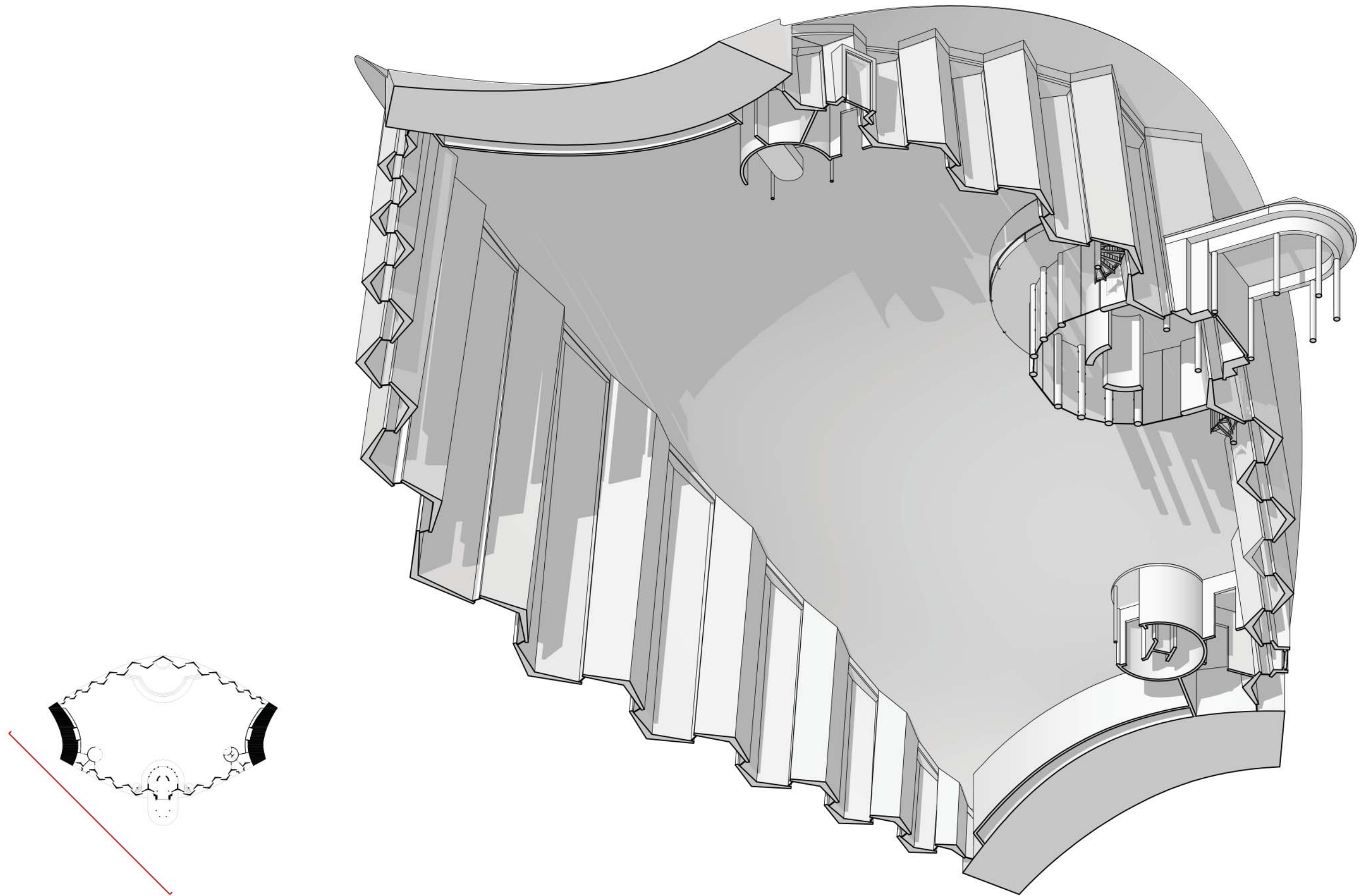


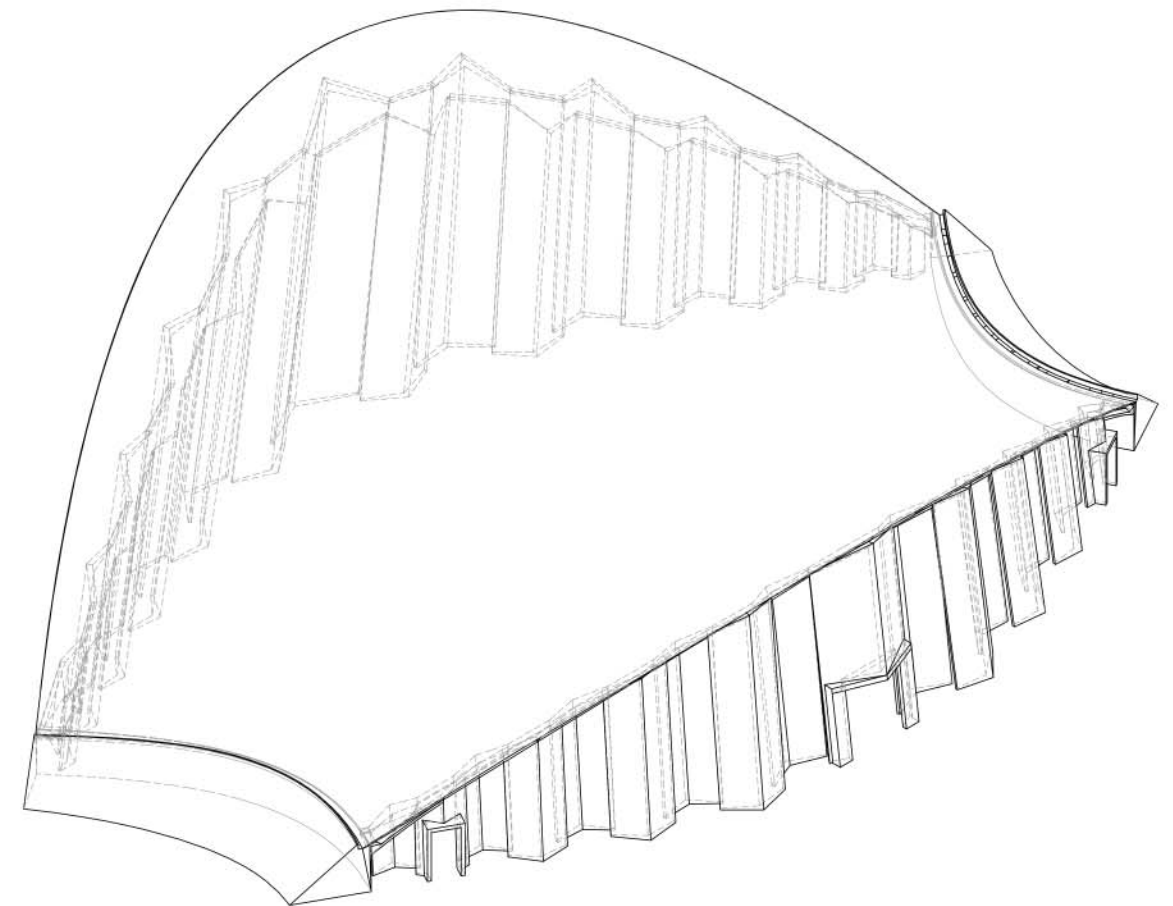
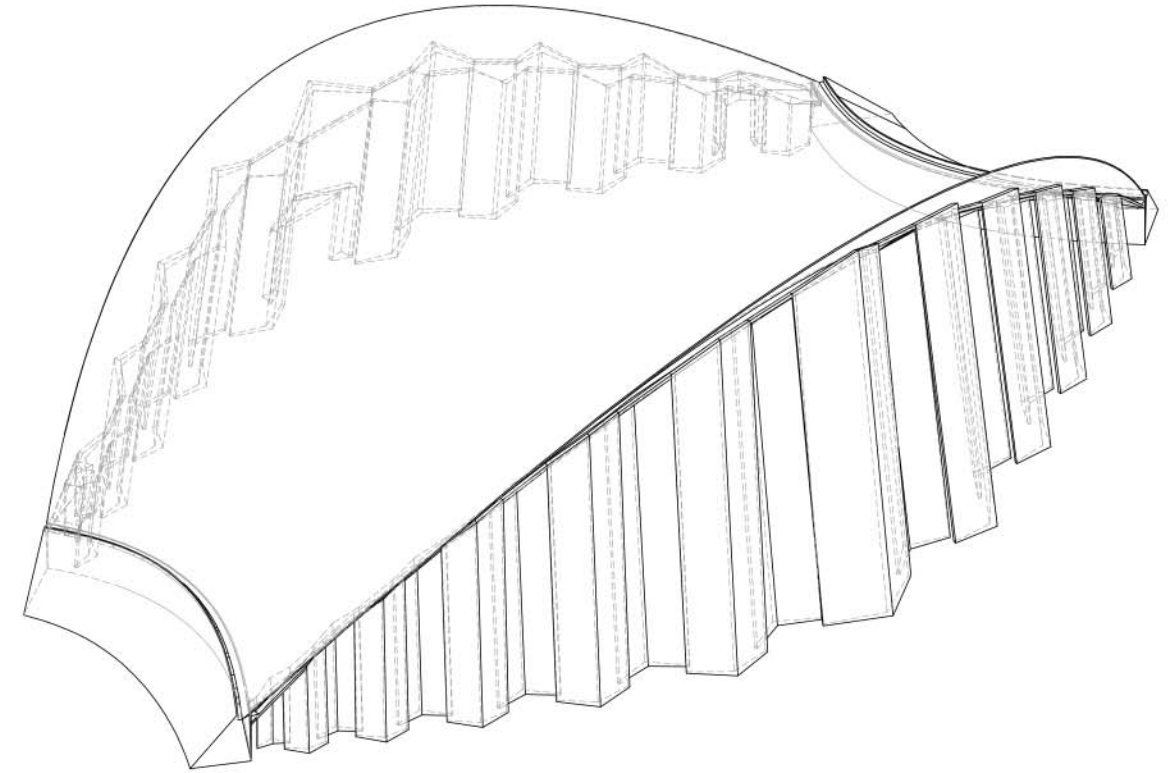
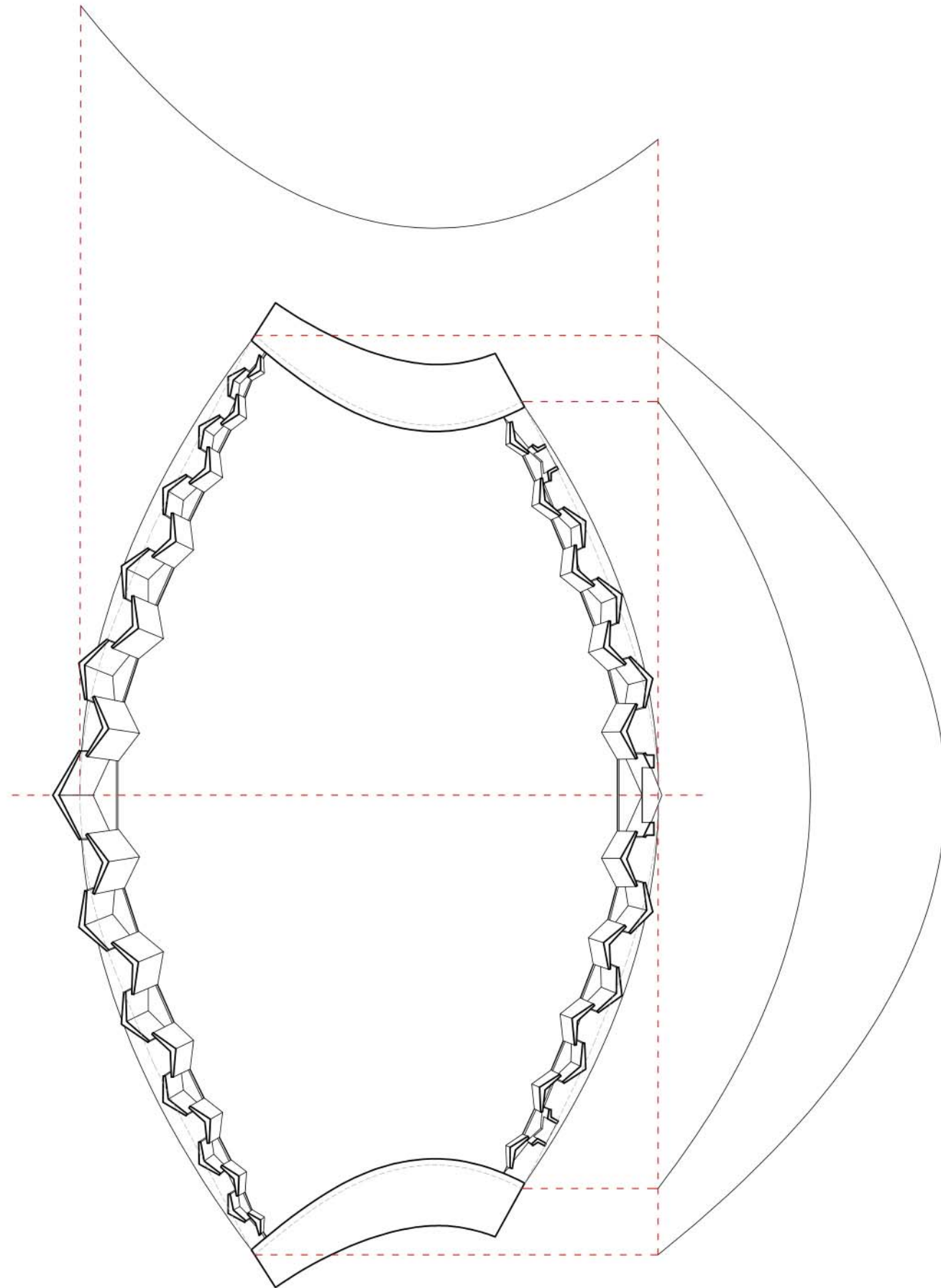


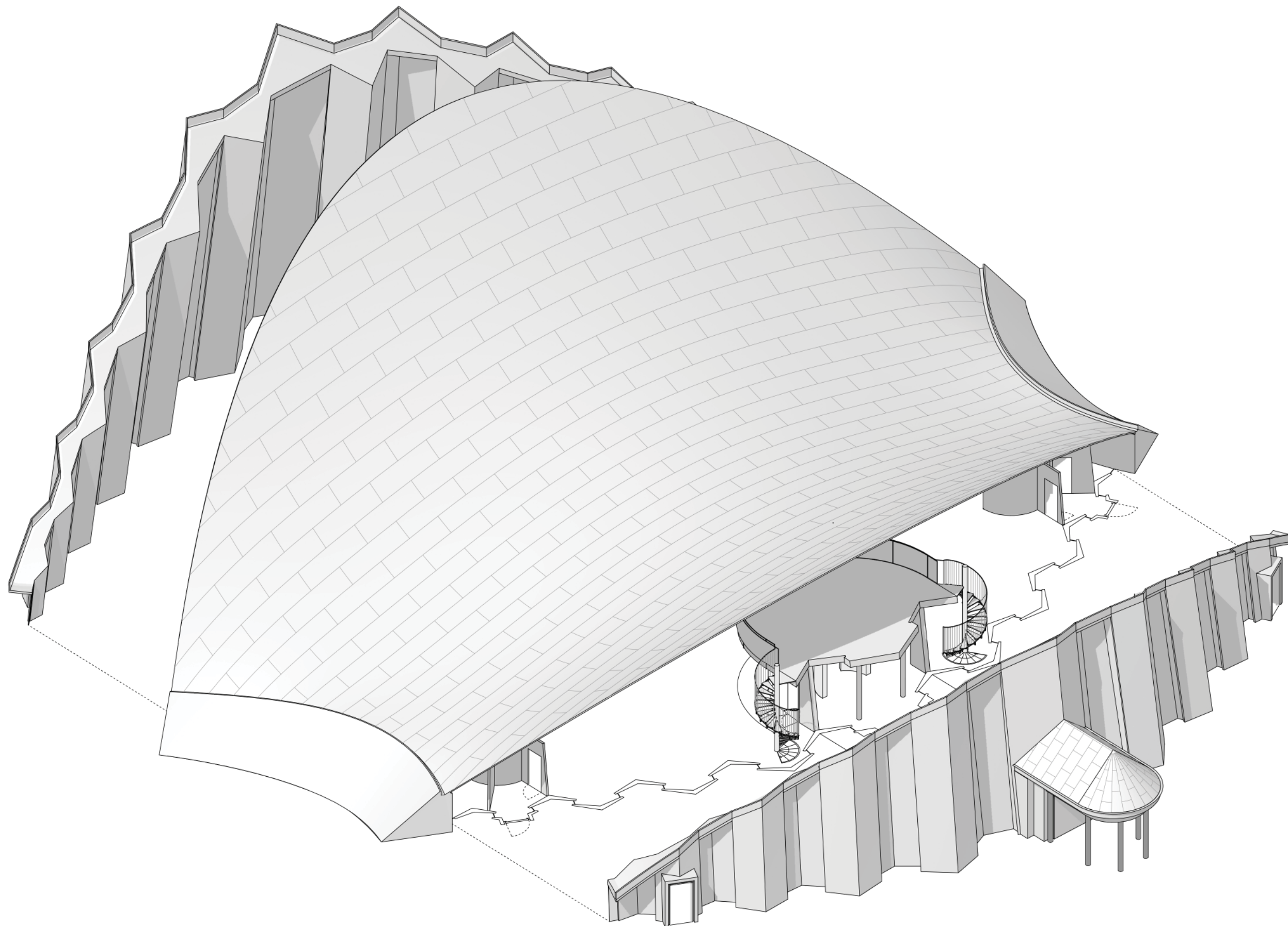






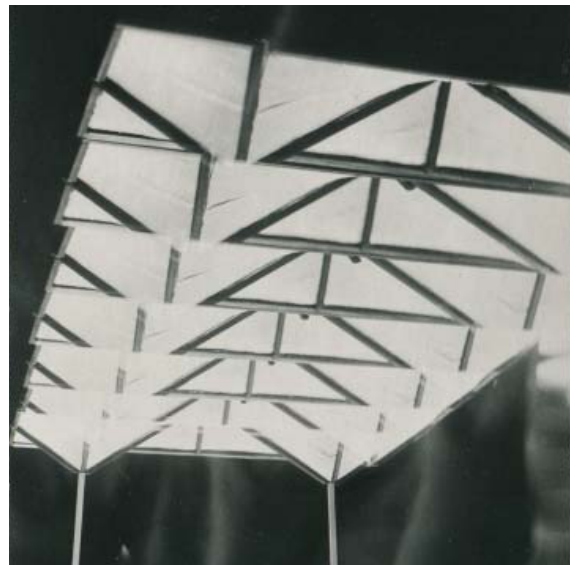
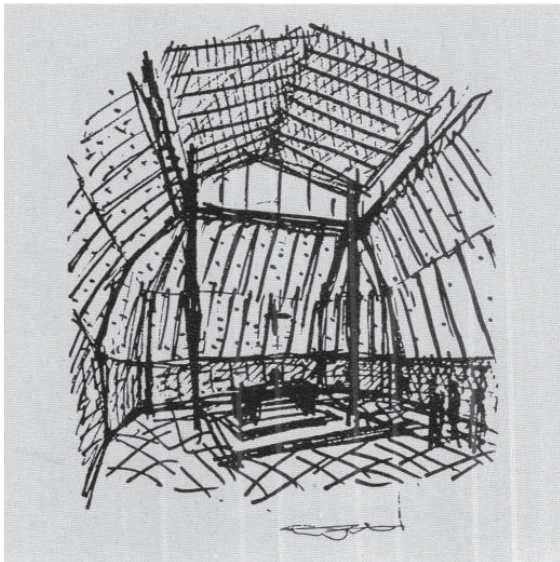






L'ESPERIENZA PROGETTUALE DI STEFAN POLÓNYI SULL'UTILIZZO DELLE FALTWERKE

RAPPORTO FORMA STRUTTURA
NELLE STRUTTURE RESISTENTI PER FORMA



Volume III - Documentazione d'archivio e apparati critici

Immagine di copertina

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Paulus

Descrizione degli elaborati:

Collage di immagini che descrivono brevemente la storia della chiesa dallo schizzo alla realizzazione.

- Schizzo di Fritz Schaller, Schaller, C. (1996). Fritz Schaller. Retrospektive. Betrieb für Öffentlichkeit, pag. 69, [Cfr. Immagine N. 1.02];

una delle ultime fasi di costruzione,

- Prospetto principale durante la messa in opera del calcestruzzo spruzzato, fotografia d'epoca su diapositiva, Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW, [Cfr. Immagine N. 1.56];

- Prospetto posteriore al termine della costruzione, fotografia d'epoca su diapositiva, Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW, [Cfr. Immagine N. 1.40];

- Vista assonometrica del modello costruttivo del baldacchino su sostegni liberi (progetto 2), [Cfr. Immagine N. 1.66].

ARCHITETTURA: INNOVAZIONE E PATRIMONIO

DOTTORATO DI RICERCA IN

XXX

CICLO DEL CORSO DI DOTTORATO

**L'ESPERIENZA PROGETTUALE DI STEFAN POLÓNYI
SULL'UTILIZZO DELLE FALTWERKE.**

**Rapporto forma-struttura nelle strutture
resistenti per forma.**

TITOLO DELLA TESI

Claudia D'Amore

Nome e Cognome del dottorando

firma

Vitangelo Ardito

Docente Guida/Tutor: Prof.

firma

Elisabetta Pallottino

Coordinatrice: Prof.

firma

INDICE - Index

VOLUME I – TESTO CRITICO

Volume I - Text

- o. Introduzione
1. L'ingegnere strutturale Stefan Polónyi
2. Le strutture corrugate e i progetti di Stefan Polónyi
3. La progettazione dello spazio sacro

VOLUME II – ELABORAZIONI GRAFICHE ORIGINALI

Volume II - Original drawings

- o. Introduzione
1. Caso studio: *St. Paulus*, Neuss-Weckhofen, 1966-67
2. Caso studio: *St. Mariä Himmelfahrt*, Düsseldorf-Unterbach, 1963-64
3. Caso studio: *St. Hedwig*, Oberusel, 1963-65
4. Caso studio: *St. Suitbert*, Essen-Überruhr, 1964-65

VOLUME III – DOCUMENTAZIONE D'ARCHIVIO E APPARATI FOTOGRAFICI

Volume III - Pictures and archivist material

- o. Introduzione
1. Caso studio: *St. Paulus*, Neuss-Weckhofen, 1966-67
2. Caso studio: *St. Mariä Himmelfahrt*, Düsseldorf-Unterbach, 1963-64
3. Caso studio: *St. Hedwig*, Oberusel, 1963-65
4. Caso studio: *St. Suitbert*, Essen-Überruhr, 1964-65
5. *St. Remigius*, Wuppertal-Sonnborn, 1976. Analisi del primo progetto.
6. *Tribuna dello stadio di Colonia*
7. *Stazioni di servizio*
8. *St. Ewalde*, Wuppertal-Cronenberg, 1976

INDICE VOLUME III – DOCUMENTAZIONE D'ARCHIVIO E APPARATI CRITICI

o. Introduzione

o.1. Nota per la lettura della didascalia delle immagini

1. Caso studio: St. Paulus, Neuss-Weckhofen, 1966-67

Immagine di copertina, Claudia D'Amore, Schizzo della Faltwerke vista dall'interno, disegno a mano libera

Immagine 1.01: Fritz Schaller, Schizzo della chiesa vista dall'esterno, disegno a mano libera pubblicato, Schaller, C. (1996). Fritz Schaller. Retrospektive. Betrieb für Öffentlichkeit, pag.68.

Immagine 1.02: Fritz Schaller, Schizzi della zona presbiteriale, disegni a mano libera pubblicato, Schaller, C. (1996). Fritz Schaller. Retrospektive. Betrieb für Öffentlichkeit, pag.69.

Immagine 1.03: Fritz Schaller, Schizzo della planimetria del primo progetto, 16/05/1965, disegno a mano libera su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.04: Fritz Schaller, Schizzo della sezione del primo progetto, 16/05/1965, disegno a mano libera su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.05: Fritz Schaller, Planimetria, progetto 1, 15/07/1965, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.06: Fritz Schaller, Sezione, progetto 1, 15/07/1965, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.07: Fritz Schaller, Sezione trasversale, progetto 2, disegno pubblicato, Gebauer, E. (2000). *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln*. Köln: J. P. Bachem Verlag, pag.318-320

Immagine 1.08: Fritz Schaller, Sezione longitudinale, progetto 2, disegno pubblicato, Gebauer, E. (2000). *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln*. Köln: J. P. Bachem Verlag, pag.318-320

Immagine 1.09: Fritz Schaller, Prospetto dell'intero complesso di cui fa parte la chiesa di St. Paulus, progetto 2, disegno pubblicato, Gebauer, E. (2000). *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln*. Köln: J. P. Bachem Verlag, pag.318-320

Immagine 1.10: Fritz Schaller, Planimetria dell'intero complesso di cui fa parte la chiesa di St. Paulus, progetto 2, disegno pubblicato, Gebauer, E. (2000). *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln*. Köln: J. P. Bachem Verlag, pag.321

Immagine 1.11: Fritz Schaller, Planimetria dell'intero complesso di cui fa parte la chiesa di St. Paulus, progetto 3, disegno pubblicato, Gebauer, E. (2000). *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln*. Köln: J. P. Bachem Verlag, pag.321

Immagine 1.12: Fritz Schaller, Pianta e sezione della chiesa di St. Paulus e della sacrestia attigua, progetto 4, disegno pubblicato, Gebauer, E. (2000). *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln*. Köln: J. P. Bachem Verlag, pag.322

Immagine 1.13: Fritz Schaller, Planimetria dell'intero complesso di cui fa parte la chiesa di St. Paulus, progetto 5, disegno pubblicato, Gebauer, E. (2000). *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln*. Köln: J. P. Bachem Verlag, pag.321

Immagine 1.14: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegno tecnico della Fatwerke, 19/09/1966, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.15: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegno tecnico della Fatwerke, 28/01/1970, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.16: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Dettagli dello sviluppo della Fatwerke in corrispondenza dell'ingresso, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.17: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Dettagli dello sviluppo della Fatwerke in corrispondenza dell'abside, 14/06/1966, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.18: Disegno di studio dello sviluppo della Fatwerke, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.19: Disegno di studio dello sviluppo della Fatwerke, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.20: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Sviluppo della Fatwerke nei punti d'intersezione col muro e definizione del portale d'accesso, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.21: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Dettaglio di tre punti d'intersezione degli spigoli della Fatwerke col muro perimetrale di cui uno sul punto di flesso, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.22: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Dettaglio di tre punti d'intersezione degli spigoli della Fatwerke col muro perimetrale di cui uno sul punto di flesso, 13/06/1966, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.23: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Dettaglio dei punti d'intersezione degli spigoli della Fatwerke col muro perimetrale, 18/09/1966, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.24: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Dettagli della geometria di alcune porzioni della Fatwerke e disegno dell'armatura, 26/04/1967 e successive modifiche datate 24/05/1967 e 18/07/1967, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.25: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegno dell'armatura in alcuni nodi particolari della struttura, 02/02/1967, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.26: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegno dell'armatura in alcuni nodi particolari della struttura, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.27: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegno dell'armatura in alcuni nodi particolari della struttura, 10/11/1967, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.28: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegni di dettaglio della geometria attribuita agli elementi bucati della struttura della fatwerke, disegno su carta da lucido formato A4, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.29: Disegni tecnici dei pannelli che costituiscono la cassaforma lignea, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.30: Disegni tecnici dei pannelli che costituiscono la cassaforma lignea, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.31: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Schema per il taglio delle porzioni della cassaforma lignea, disegno su carta da lucido formato A4, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.32: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Schema per il taglio delle porzioni della cassaforma lignea, disegno su carta da lucido formato A4, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.33: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Dettaglio dell'elemento di raccordo fra la chiesa e la torre, progetto 5, 29/11/1967, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.34: Piante, prospetto e sezione della torre del progetto 4, 11/04/1967, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.35: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegni tecnici della struttura in calcestruzzo della torre, 26/11/1967, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.36: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegni tecnici della struttura lignea della torre, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.37: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Dettaglio dei nodi lignei della torre, 15/10/1968, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.38: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Dettaglio della parte sommitale della torre, disegno su carta da lucido formato A4, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.39: Prospetto principale, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.40: Prospetto posteriore, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.41: Prospetto laterale (lato torre), fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.42: Prospetto della torre, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.43: Realizzazione della centina lignea, vista posteriore, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.44: Realizzazione della centina lignea, vista frontale, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.45: Realizzazione della centina lignea, vista laterale, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.46: Realizzazione della centina lignea, dettaglio, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.47: Realizzazione della centina lignea, vista laterale con punto di vista frontale, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.48: Realizzazione della centina lignea, vista laterale, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.49: Completamento della centina lignea, vista frontale, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.50: Messa in opera dell'armatura metallica, vista frontale, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.51: Messa in opera dell'armatura metallica, vista posteriore., fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.52: Messa in opera dell'armatura metallica, vista laterale, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.53: Messa in opera dell'armatura metallica, dettaglio del nodo fra due pieghe visto frontalmente, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.54: Messa in opera dell'armatura metallica, dettaglio del nodo fra due pieghe visto lateralmente, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.55: Messa in opera del calcestruzzo spruzzato, vista frontale, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.56: Messa in opera del calcestruzzo spruzzato, vista posteriore, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.57: Preparazione della superficie di calcestruzzo per la messa in opera del rivestimento in rame, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.58: Messa in opera del rivestimento in rame, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.59: Vista del prospetto principale della chiesa al termine della messa in opera del rivestimento in rame, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.60: Vista del retro della chiesa al termine della messa in opera del rivestimento in rame, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.61: Vista del retro della chiesa al termine della messa in opera del rivestimento in rame, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.62: Vista laterale della chiesa al termine della messa in opera del rivestimento in rame, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.63: Vista assonometrica del modello interpretativo, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.64: Vista laterale del modello interpretativo, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.65: Vista frontale del modello interpretativo, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.66: Vista assonometrica e dal basso del modello costruttivo del baldacchino su sostegni liberi (progetto 2), fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.67: Vista assonometrica e dal basso del modello costruttivo del baldacchino su sostegni liberi (progetto 2), fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.68: Vista dal basso del singolo modulo che costituisce il baldacchino, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.69: Vista dal basso del modello costruttivo dell'intero sviluppo della struttura corrugata, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.70: Vista del modello in vetro acrilico utilizzato per effettuare i calcoli sperimentali sull'edificio religioso, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.70: Vista di dettaglio del modello in vetro acrilico, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.70: Vista di dettaglio del modello in vetro acrilico, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 1.70: Vista di dettaglio del modello in vetro acrilico, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

2. Caso studio: St. Mariä Himmelfahrt, Düsseldorf-Unterbach, 1963-64

Immagine di copertina, Disegno personificato dell'edificio religioso nell'atto di chiedere l'elemosina. Lo schizzo indica quanto la comunità religiosa si identifichi con l'edificio religioso che la accoglie e la riunisce. Disegno tratto dall'opuscolo della chiesa.

Immagine 2.01: Schizzo della struttura della chiesa, disegno a mano libera su carta da lucido, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.02: Schizzo della struttura della chiesa, disegno a mano libera su carta da lucido, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.03: Schizzo della struttura della chiesa, disegno a mano libera su carta da lucido, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.04: Schizzo della struttura della chiesa, disegno a mano libera su carta da lucido, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.05: Schizzo della struttura della chiesa, disegno a mano libera su carta da lucido, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.06: Schizzo della struttura della chiesa, disegno a mano libera su carta da lucido, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.07: Schizzo della struttura della chiesa, disegno a mano libera su carta da lucido, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.08: Josef Lehmbruck, Planimetria generale dell'intervento realizzato a Düsseldorf-Unterbach, 15/09/1963, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.09: Josef Lehmbruck con appunti di S. Polónyi, Planimetria della chiesa in una versione molto prossima al progetto definitivo, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.10: Ingenieurbüro Polónyi, Pianta, prospetti e sezioni della struttura in calcestruzzo armato della chiesa. Progetto preliminare sprovvisto di lanterna, dicembre 1961, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.11: Ingenieurbüro Polónyi, Proposta progettuale per la realizzazione del lucernario, dicembre 1961, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.12: Ingenieurbüro Polónyi, Proposta progettuale per l'aula liturgica, 24/08/1962, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.13: Ingenieurbüro Polónyi, Pianta e sezione trasversale della struttura in calcestruzzo armato della chiesa, 17/01/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.14: Ingenieurbüro Polónyi, Dettaglio delle armature del guscio e della lanterna, 29/01/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.15: Ingenieurbüro Polónyi, Pianta, prospetti e sezioni della struttura in calcestruzzo armato dei muri perimetrali che costituiscono l'aula liturgica. Disegno di dettaglio delle armature, 04/02/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.16: Ingenieurbüro Polónyi, Schizzo della geometria del rinforzo angolare posto in estradosso al guscio, disegno su carta da lucido, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.17: Ingenieurbüro Polónyi, Dettaglio della geometria del rinforzo angolare posto in estradosso al guscio e delle armature ivi contenute, 11/12/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.18: Ingenieurbüro Polónyi, Dettaglio della geometria delle travi di rinforzo del guscio e delle armature ivi contenute, 16/10/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.19: Ingenieurbüro Polónyi, Sezione di dettaglio della copertura che mostra le travi di rinforzo del guscio e le relative armature, 25/01/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.20: Ingenieurbüro Polónyi, Pianta, e sezioni di dettaglio delle travi di bordo della lanterna, 05/02/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.21: Ingenieurbüro für Bauwesen: Polónyi, Fink, Koch, Pianta, sezioni e dettagli della struttura in legno della copertura della chiesa, 18/03/1981, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.22: Ingenieurbüro für Bauwesen: Polónyi, Fink, Koch, Pianta, sezione dettaglio della struttura in legno della copertura della lanterna, 22/05/1981, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.23: Josef Lehmbruck, Disegni della soluzione adottata per l'organo. Prima elaborazione con la planimetria, 19/09/1966, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.24: Disegni della soluzione adottata per l'organo. Fase progettuale avanzata con note di correzione sulla tavola, 30/10/1969, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund. Fase progettuale più avanzata con note di correzione sulla tavola.

Immagine 2.25: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Pianta, prospetto e sezione della torre, 30/09/1966 e successive modifiche risalenti al 30/07/1966, 11/08/1966 e 30/09/1966, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.26: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Pianta, prospetti e sezioni dei muri perimetrali che costituiscono la torre. Disegno di dettaglio delle armature, 21/05/1966, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.27: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegni di Josef Lehmbruck della soluzione adottata per il collegamento verticale della torre, 21/05/1966, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.28: Vista del sagrato, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.29: Vista della torre, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.30: Vista della torre, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.31: Rudolf Menk, Vista dello spazio interno dell'edificio religioso generato dalla forma della copertura, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.32: Rudolf Menk, Vista dello spazio interno dell'edificio religioso generato dalla forma della copertura, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.33: Realizzazione della cassaforma lignea per la realizzazione della copertura, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.34: Realizzazione della cassaforma lignea per la realizzazione della copertura, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.35: Realizzazione della cassaforma lignea per la realizzazione della copertura, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.36: Realizzazione della cassaforma lignea per la realizzazione della copertura, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.37: Realizzazione della cassaforma lignea per la realizzazione della copertura, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.38: Realizzazione della cassaforma lignea per la realizzazione della copertura, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.39: Realizzazione della cassaforma lignea per la realizzazione della copertura, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.40: Posizionamento delle armature, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.41: Getto del calcestruzzo, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.42: Getto del calcestruzzo, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.43: Getto del calcestruzzo, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.44: Getto del calcestruzzo, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.45: Fasi della costruzione della copertura dell'edificio religioso, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.46: Fasi della costruzione della copertura dell'edificio religioso, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.47: Fasi della costruzione della copertura dell'edificio religioso, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.48: Fasi della costruzione della copertura dell'edificio religioso, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.49: Fasi della costruzione della copertura dell'edificio religioso, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.50: Fasi della costruzione della copertura dell'edificio religioso, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.51: Photo Löffler, Köln-Sulz, Fasi della costruzione della copertura dell'edificio religioso, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.52: Photo Löffler, Köln-Sulz, Fasi della costruzione della copertura dell'edificio religioso, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.53: Fasi della costruzione della copertura dell'edificio religioso, fotografia su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.54: Josef Lehmbrock, Fasi della costruzione della copertura dell'edificio religioso, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.55: Josef Lehmbrock, Fasi della costruzione della copertura dell'edificio religioso, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.56: Josef Lehmbrock, Fasi della costruzione della copertura dell'edificio religioso, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.57: Josef Lehmbrock, Fasi della costruzione della copertura dell'edificio religioso, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.58: Modello costruttivo della struttura, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.59: Modello costruttivo della struttura, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.60: Modello costruttivo della struttura, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.61: Photo Löffler, Köln-Sulz, Modello costruttivo della struttura, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

3. Caso studio: St. Hedwig, Oberusel, 1963-65

Immagine di copertina, Autore ignoto di Oberusel, Pittura, collocato presso la chiesa di St. Hedwig

Immagine 3.01: H. Günter, Planimetria generale dell'intervento realizzato ad Oberusel, disegno su carta, *St. Hedwig Oberusel*, libricino pubblicato dalla chiesa cattolica di St. Hedwig in occasione della consacrazione avvenuta il 14 Maggio 1966.

Immagine 3.02: H. Günter, Prospetto laterale, disegno su carta, Archivio parrocchiale della chiesa di St. Hedwig.

Immagine 3.03: H. Günter, Planimetria del progetto preliminare, disegno su carta, Archivio parrocchiale della chiesa di St. Hedwig.

Immagine 3.04: H. Günter, Sezione trasversale, 11/02/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 3.05: H. Günter, Planimetria, 11/02/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 3.06: H. Günter, Pianta del seminterrato che mostra le fondazioni dell'aula liturgica, 11/02/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 3.07: H. Günter, Sezione longitudinale e disegno di dettaglio dell'attacco della torre all'aula liturgica, 11/02/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 3.08: Ingenieurbüro Polónyi, Sezioni della volta in calcestruzzo che mostrano i punti d'attacco fra un arco e l'altro, 17/12/1962, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 3.09: Ingenieurbüro Polónyi, Sezioni della volta in calcestruzzo che mostrano i punti d'attacco fra un arco e l'altro, 17/12/1962, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 3.10: Ingenieurbüro Polónyi, Sezioni della volta in calcestruzzo che mostrano i punti d'attacco fra un arco e l'altro, 17/12/1962, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 3.11: Metodo di definizione della superficie strombata del guscio: la strombatura è definita da generatrici che giacciono nel piano normale della traiettoria a parabola e che con il piano della traiettoria formano un angolo costante. Nell'immagine è presente anche lo schema di costruzione della struttura a lamelle per semigusci, metodo non adottato dall'impresa di costruzione, disegno su carta, Fonte: Polónyi, Stefan. *Schalen und Faltwerke*. Bauwelt 58, 1967, Fascicolo 36: p. 908.

Immagine 3.12: Disegno di dettaglio dell'armatura alla base degli archi che compongono la copertura voltata in calcestruzzo, disegno su carta, Fonte: Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

Immagine 3.13: Ingenieurbüro Polónyi, Disegno di dettaglio dell'armatura alla base degli archi che compongono la copertura voltata in calcestruzzo, 29/10/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 3.14: Ingenieurbüro Polónyi, Sezione e planimetrie ai vari livelli della torre, 19/09/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 3.15: Ingenieurbüro Polónyi, Pianta, prospetto e sezione di dettaglio del muro che compone la facciata posteriore della chiesa, 04/05/1964, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 3.16: Ingenieurbüro Polónyi, Pianta completa e in dettaglio, pianta della fondazione, prospetto e sezione del muro che compone la facciata posteriore della chiesa, 16/07/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 3.17: Ingenieurbüro Polónyi, Disegno di dettaglio della struttura d'acciaio che compone la facciata principale della chiesa, 23/07/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 3.18: Vista dall'alto dell'edificio religioso, fotografia, Archivio parrocchiale della chiesa di St. Hedwig.

Immagine 3.19: Vista dall'alto della chiesa e degli altri edifici realizzati ad Oberusel ad opera di H.Günter, diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 3.20: Vista dell'esterno dell'aula liturgica, diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 3.21: Vista del prospetto principale della chiesa, fotografia d'epoca pubblicata, St. Hedwig Oberusel, libricino pubblicato dalla chiesa cattolica di St. Hedwig in occasione della consacrazione avvenuta il 14 Maggio 1966.

Immagine 3.22: Vista del dettaglio del rosone in acciaio, fotografia d'epoca pubblicata, St. Hedwig Oberusel, libricino pubblicato dalla chiesa cattolica di St. Hedwig in occasione della consacrazione avvenuta il 14 Maggio 1966.

Immagine 3.23: Vista d'insieme dell'edificio religioso, fotografia, Archivio parrocchiale della chiesa di St. Hedwig.

Immagine 3.24: Vista della volta in calcestruzzo armato dall'interno verso l'altare, fotografia d'epoca pubblicata, *St. Hedwig Oberursel*, libricino pubblicato dalla chiesa cattolica di St. Hedwig in occasione della consacrazione avvenuta il 14 Maggio 1966.

Immagine 3.25: Vista dal fronte principale durante la costruzione del guscio, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 3.26: H. Günter, Realizzazione del guscio in calcestruzzo armato. Vista dal retro, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 3.27: Realizzazione della struttura che sorregge il rosone della facciata principale della chiesa, fotografia d'epoca pubblicata, *St. Hedwig Oberursel*, libricino pubblicato dalla chiesa cattolica di St. Hedwig in occasione della consacrazione avvenuta il 14 Maggio 1966.

Immagine 3.28: Realizzazione della struttura che sorregge il rosone della facciata principale della chiesa, fotografia d'epoca pubblicata, *St. Hedwig Oberursel*, libricino pubblicato dalla chiesa cattolica di St. Hedwig in occasione della consacrazione avvenuta il 14 Maggio 1966.

Immagine 3.29: Realizzazione della centina, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 3.30: Posa in opera del calcestruzzo spruzzato, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 3.31: Posa in opera del calcestruzzo spruzzato, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 3.32: Posa in opera del calcestruzzo spruzzato, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 3.33: Vista della parte sommitale di una delle porzioni del guscio in costruzione, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 6.34: Posa dell'armatura del guscio, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 3.35: Vista frontale della struttura in acciaio del rosone posto sulla facciata principale dell'edificio religioso, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 3.36: Vista laterale della struttura in acciaio del rosone, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 3.37: H. Günter, Vista del rosone al termine della costruzione della prima porzione del guscio parabolico dall'interno, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 3.38: H. Günter, Vista frontale della struttura in acciaio al termine della costruzione della prima porzione del guscio parabolico, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 3.39: Vista della centina in corrispondenza delle porzioni di guscio che consentono l'accesso alla cappella per battesimo e confessione, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 3.40: Vista dall'interno del muro che farà da sfondo all'altare e delle impalcature per la realizzazione della balaustra che chiude la zona del coro, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 3.41: Max Göllner, Modello volumetrico della struttura, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 3.42: Max Göllner, Modello architettonico della struttura, fotografia, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

4. Caso studio: St. Suitbert, Essen-Überruhr, 1964-65

Immagine di copertina, Claudia D'Amore, Schizzo della struttura della chiesa vista dall'esterno, disegno a mano libera

Immagine 4.01: Josef Lehmbrock, Planimetria dell'edificio sacro, Gennaio 1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 4.02: Planimetria dell'edificio sacro dopo il restauro, disegno pubblicato, Kestermann, Stewen, et al., St. Suitbert Essen-Überruhr-Holthausen 1960-1990, p.1

Immagine 4.03: Josef Lehmbrock, Prospetto Nord-ovest, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 4.04: Josef Lehmbrock, Prospetto Sud-est, Gennaio 1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 4.05: Josef Lehmbrock, Prospetto Sud-ovest, Gennaio 1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 4.06: Josef Lehmbrock, Sezione trasversale, Gennaio 1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 4.07: Ingenieurbüro Polónyi, Studio della geometria della copertura in calcestruzzo armato a paraboloide iperbolico, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 4.08: Ingenieurbüro Polónyi, Dettaglio dell'attacco a terra delle pareti di chiusura dell'aula liturgica, 17/07/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 4.09: Ingenieurbüro Polónyi, Dettaglio dell'attacco alla fondazione della parete nord-ovest, 14/08/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 4.10: Ingenieurbüro Polónyi, Dettaglio dell'attacco alla fondazione della parete sud-est, 15/08/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 4.11: Ingenieurbüro Polónyi, Dettaglio dell'attacco alla trave di bordo superiore della parete nord-ovest, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 4.12: Ingenieurbüro Polónyi, Dettaglio dell'attacco alla trave di bordo superiore della parete sud-est, 15/08/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 4.13: Ingenieurbüro Polónyi, Dettaglio della parete sud-est, 13/08/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 4.14: Ingenieurbüro Polónyi, Dettaglio della parete nord-ovest, 21/08/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 4.15: Ingenieurbüro Polónyi, Dettaglio dell'attacco della copertura al muro che la sostiene. Dettaglio dell'attacco delle travi di bordo delle pareti col muro che sostiene la copertura, 16/09/1963, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund

Immagine 4.16: Vista della chiesa al termine della costruzione, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.17: Vista della chiesa al termine della costruzione, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.18: Vista della parte a diaframma che chiude lo spazio dell'aula liturgica permettendo alla luce naturale di filtrare all'interno indirettamente, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.19: Vista della parte a diaframma che chiude lo spazio dell'aula liturgica permettendo alla luce naturale di filtrare all'interno indirettamente, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.20: Vista della parte a diaframma dall'interno dell'aula liturgica, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.21: Vista del presbiterio, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.22: Cassaforma per il getto delle fondamenta del muro posto dopo l'altare della chiesa, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.23: Vista dopo il disarmo delle fondamenta del muro posto dopo l'altare della chiesa, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.24: Impalcatura per la cassaforma del muro posto dopo l'altare della chiesa, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.25: Impalcatura per la cassaforma del muro posto dopo l'altare della chiesa, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.26: Impalcatura per la cassaforma del muro posto dopo l'altare della chiesa, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.27: Armatura del muro posto dopo l'altare della chiesa, vista frontale, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.28: Armatura del muro posto dopo l'altare della chiesa, vista superiore, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.29: Cassaforma della copertura a guscio, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.30: Cassaforma della copertura a guscio, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.31: Getto del calcestruzzo spruzzato, fotografia d'epoca pubblicata, Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. Architektur und Tragwerk. Berlin: Ernst & Sohn, 2003, pag. 214.

Immagine 4.32: Posa in opera dell'armatura del guscio, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.33: Fine della costruzione grezza della struttura, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.34: Vista dal giardino al termine della costruzione grezza della struttura, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.35: Vista dal tetto della canonica al termine della costruzione grezza della struttura, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.36: Vista del guscio durante la prova di carico della struttura, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.37: Vista del guscio durante la prova di carico della struttura, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.38: Vista del guscio durante la prova di carico della struttura, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.39: Vista del guscio dopo la prova di carico della struttura, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.40: Vista dall'interno al termine della costruzione grezza della struttura, con impalcatura, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.41: Vista dall'interno al termine della costruzione grezza della struttura, senza impalcatura, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.42: Josef Lehmbruck, Vista laterale del modello volumetrico, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.43: Josef Lehmbruck, Vista laterale del modello volumetrico, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.44: Josef Lehmbruck, vista superiore del modello volumetrico, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.45: Serie di fotografie d'epoca del modello che mostrano lo studio della relazione altimetrica e volumetrica fra l'aula liturgica e la torre campanaria (non realizzata) ed anche la loro relazione formale, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 4.46: Vista dell'interno del modello effettuata per lo studio della luce naturale all'interno dell'edificio, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Altri edifici analizzati:

5 **Tribuna dello stadio di Colonia, 1967-68**

Immagine 5.01: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Sezioni e prospetto della Faltwerk che compone la tribuna dello stadio, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.02: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegni di dettaglio dell'armatura contenuta nella Faltwerk, 06/03/1967, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.03: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegni di dettaglio dell'armatura della gradonata, 22/10/1967, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.04: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegni di dettaglio dei rinforzi trasversali, 30/01/1968, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.05: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Ausili al montaggio della struttura, 15/08/1968, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.06: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegni di dettaglio della chiusura a pressione dei giunti. Prima variante, 12/10/1967, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.07: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegni di dettaglio della chiusura a pressione dei giunti. Seconda variante, 15/10/1967, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.08: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Elemento di collegamento inferiore della gradonata agli elementi della Faltwerk, 18/03/1968, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.09: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Elemento di collegamento inferiore della gradonata agli elementi della Faltwerk, 01/08/1968, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.10: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Porzione di una tavola che rappresenta la produzione, il trasporto ed il montaggio degli elementi della Faltwerk prefabbricata, disegno su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.11: Realizzazione dell'elemento della Faltwerke in calcestruzzo armato, fotografia d'epoca pubblicata, Polónyi, S. (1967, Fascicolo 36). Schalen und Faltwerke. Bauwelt 58, 908-913.

Immagine 5.12: Sollevamento dell'elemento per liberarlo dalla cassaforma, fotografia d'epoca pubblicata, Polónyi, S. (1967, Fascicolo 36). Schalen und Faltwerke. Bauwelt 58, 908-913.

Immagine 5.13: Vista degli elementi prefabbricati, fotografia d'epoca pubblicata, Polónyi, S. (1967, Fascicolo 36). Schalen und Faltwerke. Bauwelt 58, 908-913.

Immagine 5.14: Sistemazione dell'elemento della Faltwerk dal camion che l'ha trasportato al luogo in cui verrà montato, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.15: Utilizzo di una gru per scaricare gli elementi della *Faltwerke* in cantiere, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.16: Sollevamento dell'elemento per il montaggio, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.17: Posizionamento dell'elemento per il montaggio, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.18: Posizionamento dell'elemento della *Faltwerk* rispetto alla porzione della gradonata, quest'ultima già posizionata e sostenuta da tubolari in acciaio in maniera provvisoria, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.19: Posizionamento dell'elemento della *Faltwerk* rispetto alla porzione della gradonata, quest'ultima già posizionata e sostenuta da tubolari in acciaio in maniera provvisoria, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.20: Posizionamento dell'elemento della *Faltwerk* rispetto alla porzione della gradonata, quest'ultima già posizionata e sostenuta da tubolari in acciaio in maniera provvisoria, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.21: Posizionamento dell'elemento della *Faltwerk* rispetto alla porzione della gradonata, quest'ultima già posizionata e sostenuta da tubolari in acciaio in maniera provvisoria, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.22: Aggancio del secondo elemento della *Faltwerk* alla gru, quest'ultima già posizionata e sostenuta da tubolari in acciaio in maniera provvisoria, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.23: Sollevamento del secondo elemento che compone la *Faltwerk*, quest'ultima già posizionata e sostenuta da tubolari in acciaio in maniera provvisoria, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.24: Posizionamento del secondo elemento che compone la *Faltwerk* prefabbricata, quest'ultima già posizionata e sostenuta da tubolari in acciaio in maniera provvisoria, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.25: Posizionamento di uno degli elementi della *Faltwerk*, vista dall'alto, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.26: Fase di sganciamento dell'elemento in calcestruzzo armato dalla gru, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.27: Vista frontale della tribuna durante la costruzione, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.28: Vista laterale della tribuna durante la costruzione, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.29: Vista della tribuna durante le ultime fasi della costruzione, fotografia d'epoca pubblicata, Polónyi, S., & Walochnik, W. (2003). *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn.

Immagine 5.30: Vista della struttura durante una partita, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 5.31: Vista della struttura durante una partita, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

6. Chiesa di St. Remigius, Wuppertal-Sonnborn, 1976

[Analisi del primo progetto della chiesa]

Immagine di copertina, Fritz Schaller, schizzo della sezione, disegno a mano libera, Gebauer, Emanuel. Fritz Schaller: *Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Immagine 6.01: Peter Koch, Primi schizzi della struttura della chiesa, 07/04/1972, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 6.02: Peter Koch, Primi schizzi della struttura della chiesa, 07/04/1972, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 6.03: Peter Koch, Primi schizzi della struttura della chiesa, 07/04/1972, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 6.04: Peter Koch, Primi schizzi della struttura della chiesa, 08/04/1972, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 6.05: Peter Koch, Primi schizzi della struttura della chiesa, 08/04/1972, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 6.06: Peter Koch, Primi schizzi della struttura della chiesa, 08/04/1972, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 6.07: Disegno del progetto 1, planimetria del complesso religioso, cartaceo di grande formato, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 6.08: Disegno del progetto 4, planimetria dell'edificio religioso, cartaceo di grande formato, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 6.09: Disegni del progetto 1, sezie di prospetti e sezioni della chiesa che ne mostrano l'integrazione nel complesso religioso, cartaceo, Gebauer, Emanuel. Fritz Schaller: *Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Immagine 6.10: Disegno del progetto 1, planimetria del complesso religioso, cartaceo, Gebauer, Emanuel. Fritz Schaller: *Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Immagine 6.11: Disegno del progetto 2, prospetto della chiesa inserita nel complesso religioso, cartaceo, Gebauer, Emanuel. Fritz Schaller: *Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Immagine 6.12: Disegno del progetto 2, sezione della chiesa, cartaceo, Gebauer, Emanuel. Fritz Schaller: *Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Immagine 6.13: Schizzo del progetto 3, planimetria della chiesa, cartaceo, Gebauer, Emanuel. Fritz Schaller: *Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Immagine 6.14: Schizzi del progetto 3, prospetti della chiesa, cartaceo, Gebauer, Emanuel. Fritz Schaller: *Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Immagine 6.15: Schizzo del progetto 3, prospetto della chiesa inserito nel complesso religioso, cartaceo, Gebauer, Emanuel. Fritz Schaller: *Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Immagine 6.16: Disegno del progetto 4, prospetto della chiesa e della torre ottagonale, cartaceo, Gebauer, Emanuel. Fritz Schaller: *Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Immagine 6.17: Fritz Schaller, disegno del progetto 4, planimetria del piano interrato del complesso religioso in prossimità della chiesa, cartaceo di grande formato, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 6.18: Fritz Schaller, disegno del progetto 4, ipografia della chiesa, cartaceo di grande formato, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 6.19: Fritz Schaller, disegno del progetto 4, sezione longitudinale, cartaceo di grande formato, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 6.20: Sezione trasversale definitiva della chiesa, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 6.21: Ipografia e planimetria definitiva della chiesa, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 6.22: Vista dall'alto del complesso progettato da Fritz Schaller, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 6.23: Vista frontale del complesso progettato da Fritz Schaller, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 6.24: Vista dell'accesso all'edificio sacro, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 2.25: Vista dell'interno del guscio ellettico, fotografia d'epoca su diapositiva, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

7. Stazioni di servizio

Immagine di copertina, Ingenieurbüro Polónyi, Schizzo prospettico di una stazione di servizio in calcestruzzo armato, variante 1, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.01: Vista delle stazioni di servizio nella variante 1 durante l'utilizzo, fotografia d'epoca, Polónyi, S. (2003). S. Polónyi, & W. Walochnik, *Architekture und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn.

Immagine 7.02: Vista delle stazioni di servizio nella variante 2 durante l'utilizzo, fotografia d'epoca, Polónyi, S. (2003). S. Polónyi, & W. Walochnik, *Architekture und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn.

Immagine 7.03: Vista delle stazioni di servizio nella variante 3 durante l'utilizzo, fotografia d'epoca, Polónyi, S. (2003). S. Polónyi, & W. Walochnik, *Architekture und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn.

Immagine 7.04: Vista delle stazioni di servizio nella variante 4 durante l'utilizzo, fotografia d'epoca, Polónyi, S. (2003). S. Polónyi, & W. Walochnik, *Architekture und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn.

Immagine 7.05: Ingenieurbüro Polónyi, Pianta, prospetto, sezione e vista assonometrica della stazione di servizio per la Deutsche Gasolin-Nitag A. G., 23/10/1961, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.06: Ingenieurbüro Polónyi, Pianta, prospetto, sezione e vista assonometrica della stazione di servizio per la Deutsche Gasolin-Nitag A. G., 25/10/1961, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.07: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Pianta, prospetto, sezione e vista assonometrica della stazione di servizio, 07/02/1966, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.08: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Pianta, prospetto, sezione e vista assonometrica della stazione di servizio, 07/02/1966, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.09: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Pianta, prospetto, sezione e vista assonometrica della stazione di servizio, 04/03/1965, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.10: Ingenieurbüro Polónyi, Pianta, prospetto, sezione e vista assonometrica della stazione di servizio per B P Benzin u. Petroleum A. G., 23/10/1961, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.11: Ingenieurbüro Polónyi, Pianta, prospetto, sezione e vista assonometrica della stazione di servizio per B P Benzin u. Petroleum A. G., 23/10/1961, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.12: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Pianta, prospetto, sezione e vista assonometrica della stazione di servizio, 07/02/1966, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.13: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Pianta, prospetto, sezione e vista assonometrica della stazione di servizio, 07/02/1966, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.14: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Pianta, prospetto, sezione e vista assonometrica della stazione di servizio per la Gasolin-Nitag A. G., 03/10/1966, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.15: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Pianta, prospetto, sezione e vista assonometrica della stazione di servizio per la Gasolin-Nitag A. G., 04/10/1966, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.16: Elementi della copertura della stazione di servizio prima del montaggio, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.17: Prova di carico, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.18: Fasi terminali della costruzione della variante 1, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.19: Fasi terminali della costruzione della variante 1, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.20: Vista laterale del modello della stazione di servizio per la Shell, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.21: Vista frontale del modello della stazione di servizio per la Shell, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.22: Vista frontale del modello della stazione di servizio per la Shell, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.23: Vista laterale del modello della stazione di servizio per la Shell, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 7.24: Vista superiore del modello della stazione di servizio per la Shell, fotografia d'epoca, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

8. St. Ewalde, Wuppertal-Cronenberg, 1976

Immagine 8.01: Disegno del progetto 1, Planimetria e prospetti del complesso religioso, disegno su carta, Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Immagine 8.02: Disegno del progetto 1, Schema della copertura lignea, microfiche, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 8.03: Disegno del progetto 2, Planimetria e prospetto del complesso religioso, disegno pubblicato, Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Immagine 8.04: Disegno del progetto 3, Planimetria dell'edificio religioso inserita nella mappa catastale, disegno su carta, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 8.05: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegno del progetto 3, Planimetria in cui sono evidenziate le strutture portanti della copertura, microfiche, 13/01/1971, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 8.06: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegno del progetto 3, Planimetria del piano seminterrato, microfiche, 13/01/1972, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 8.07: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegno del progetto 3, Sezione trasversale dell'aula liturgica, microfiche, 09/12/1971, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 8.08: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegno del progetto 3, Struttura portante della copertura, microfiche, 06/09/1972, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 8.09: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar, Disegno del progetto 3, Elementi lignei della copertura, microfiche, 24/07/1972, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW in Dortmund.

Immagine 8.10: Prospetti dell'edificio religioso, disegno pubblicato, Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Immagine 8.11: Disegno del progetto 3, Prospetti e vista dall'alto della torre a base ottagonale, disegno pubblicato, Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Immagine 8.12: Vista del prospetto principale della chiesa, fotografia pubblicata, Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Immagine 8.13: Vista dell'interno della chiesa, fotografia pubblicata, Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

o. Introduzione

La ricerca sul rapporto forma struttura delle opere dell'ingegnere Stefan Polónyi si è svolta attraverso una prima fase di raccolta del materiale bibliografico e archivistico.

Il terzo volume della tesi contiene una selezione ordinata della documentazione in mio possesso che mi ha permesso di svolgere un'indagine conoscitiva intorno alle architetture oggetto di studio ed al pensiero dei progettisti che le hanno ideate e costruite.

Il materiale, solo in minima parte edito, riguarda i casi studio analizzati nella tesi. Si è dato ampio spazio al materiale d'archivio poiché di fondamentale supporto alla lettura e all'interpretazione statico-funzionale degli oggetti costruiti. Foto d'epoca e di cantiere sono state inserite assieme ai disegni prodotti dallo studio Polónyi al fine di produrre un racconto per immagini delle architetture.

Laddove disponibili i disegni, sono stati posti a confronto i vari progetti, partendo dalla fase embrionale a quella cantierizzabile, dallo schizzo al dettaglio. Si è valutato se l'edificio religioso fosse parte di un complesso di interventi o se fosse un progetto isolato, e la relazione col contesto urbano. Attraverso il confronto con le fotografie d'epoca e i disegni di progetto si è ricostruita la sequenza di interventi dei singoli cantieri e si sono analizzate le tecniche costruttive. Un confronto fra le foto storiche e quelle effettuate durante la fase di rilievo fotografico, da me effettuato durante la missione svolta in Germania, ha rilevato le modifiche apportate nel corso del tempo agli edifici. Infine trovano spazio le immagini dei modelli, realizzati per comprendere la statica e la spazialità degli edifici in fase di progetto.

o.1. Nota per la lettura delle didascalie delle immagini

Per i disegni e le fotografie d'epoca è stato indicato l'autore solo ove presente una identificazione certa sul margine del foglio o sul retro della fotografia.

Identikit del caso studio

<i>Denominazione edificio religioso:</i> Kirche St. Paulus	<i>Prove su modello:</i> Institut für Modellstatik del TU di Berlino
<i>Luogo:</i> Neuss-Weckhoven	Referente: Karl Breitschuh
<i>Committente:</i> Kath. Kirchengemeinden St. Josef / St. Paulus	<i>Esecuzione:</i> A. Gürtler, Neuss
<i>Progettazione architettonica:</i> Fritz Shaller con Christian Schaller, Colonia	<i>Data completamento:</i> 1967
<i>Progettazione strutturale:</i> Polónyi con Kalmar. Referente: Peter Kock	<i>Caratteristiche del progetto:</i> Struttura corrugata simmetrica assialmente con 7 cm di spessore e una campata di 30m.

Fonte:

Polónyi, S. (2003). Sakralbauten. In S. Polónyi, & W. Walochnik, *Architekture und Tragwerk* (p. 211). Berlin: Ernst & Sohn.

Immagine di copertina

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Paulus

Descrizione degli elaborati:

Schizzo della Faltwerke vista dall'interno

Fonte:

Elaborazione grafica dell'autore

1. Caso studio: ST. PAULUS, Neuss-Weckhofen, 1966-67

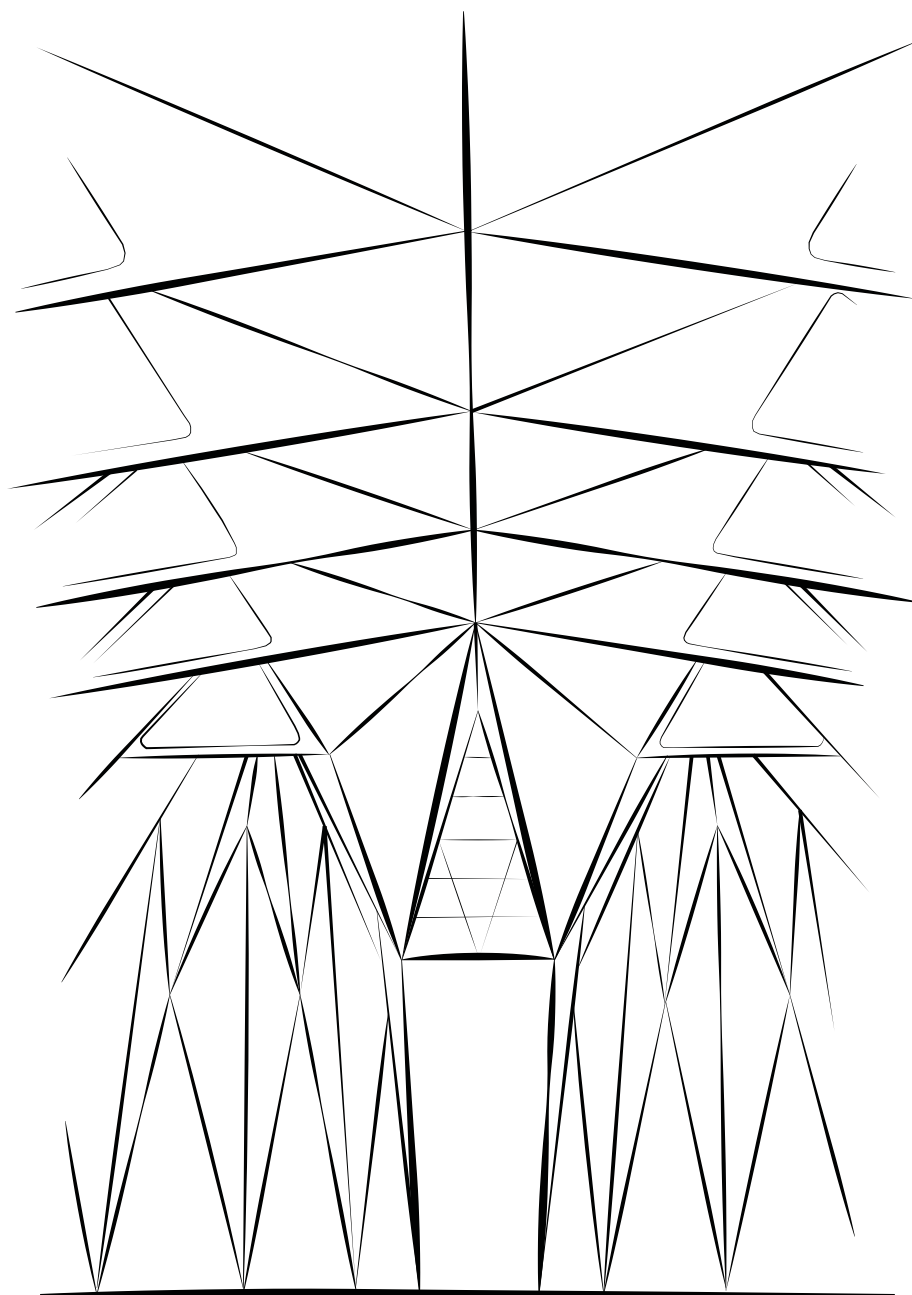




Immagine N. 1.01

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Paulus, schizzi preliminari

Descrizione degli elaborati:

Schizzo della chiesa vista dall'esterno, disegni a mano libera di Fritz Schaller

Fonte: Schaller, C. (1996). Fritz Schaller. Retrospektive. Betrieb für Öffentlichkeit, pag. 68

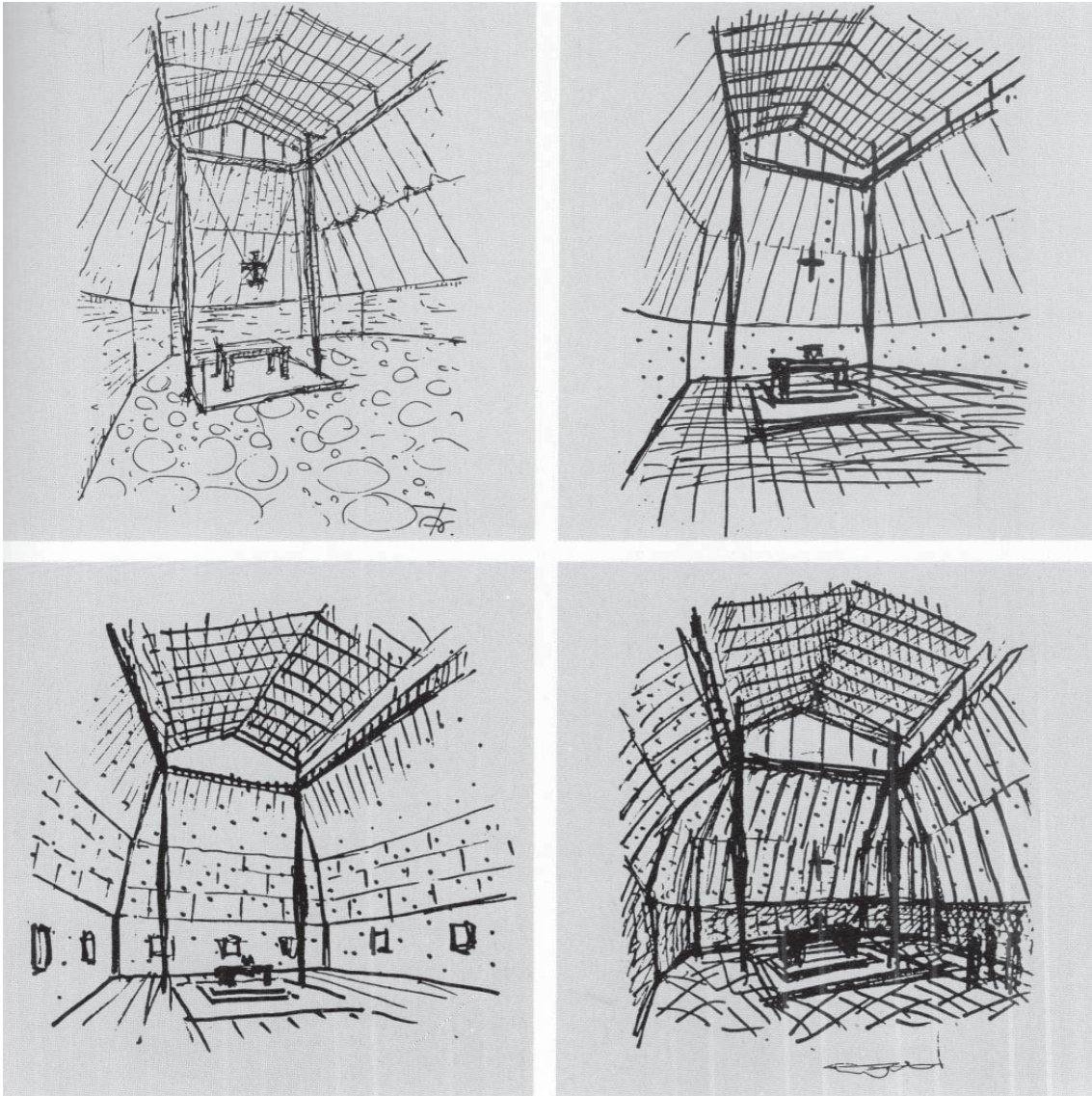


Immagine N. 1.02

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Paulus, schizzi preliminari

Descrizione degli elaborati:

Schizzi della zona presbiteriale, disegni a mano libera di Fritz Schaller

Fonte: Schaller, C. (1996). Fritz Schaller. Retrospektive. Betrieb für Öffentlichkeit, pag. 69

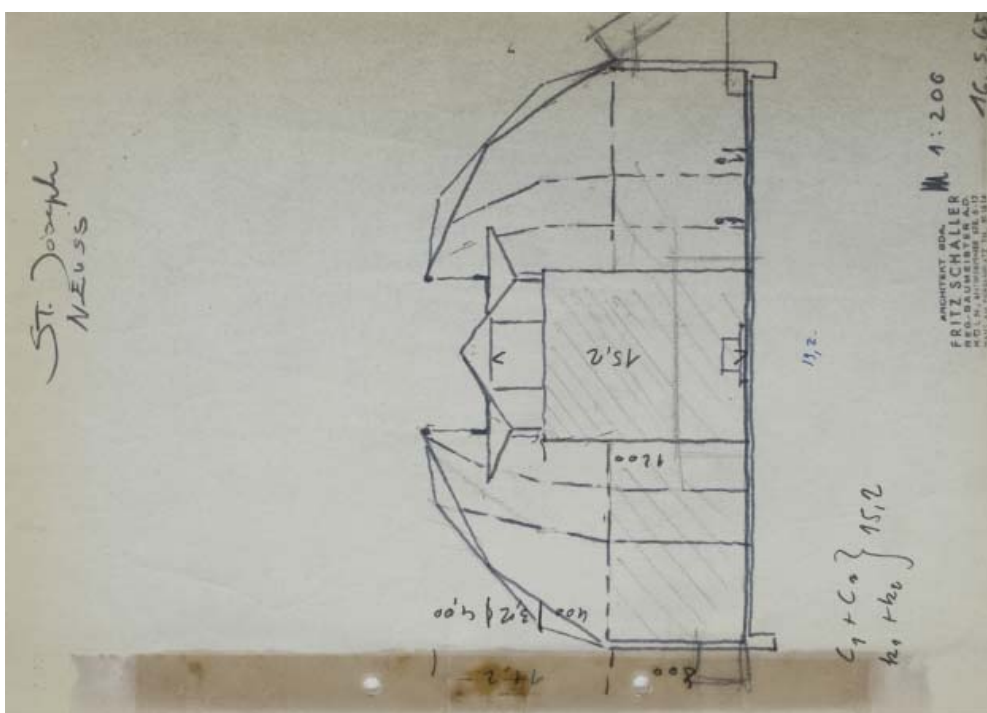
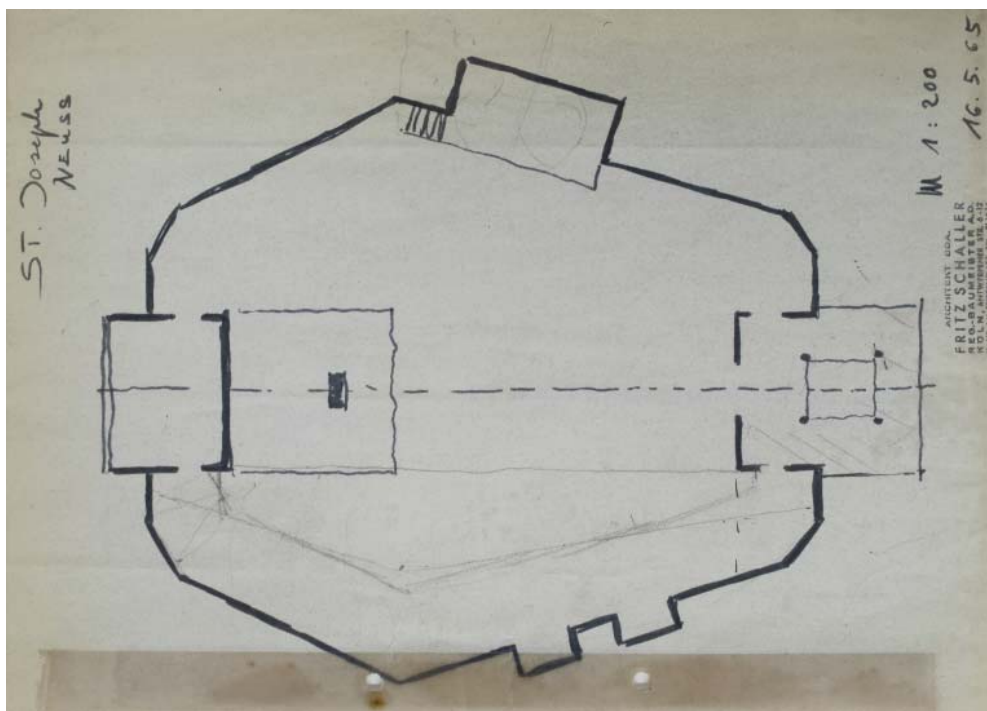


Immagine N. 1.03, N. 1.04

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Paulus, schizzi del primo progetto

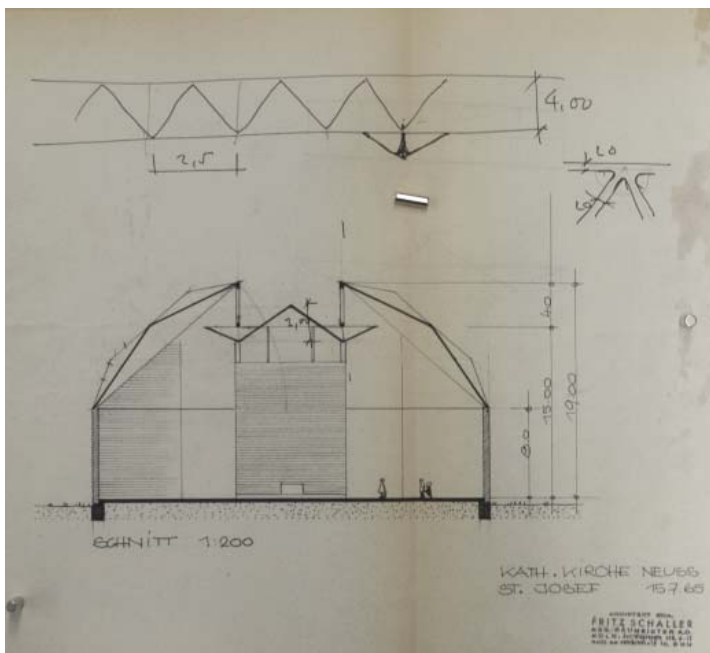
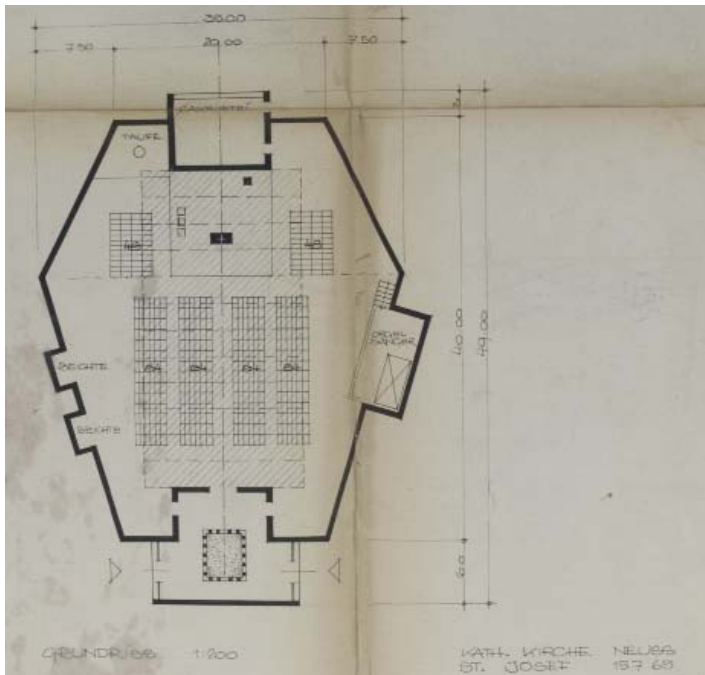
Descrizione degli elaborati:

Schizzo della planimetria, disegno a mano libera di Fritz Schaller, 16/05/1965

Schizzo della sezione, disegno a mano libera di Fritz Schaller, 16/05/1965

Supporto: Cartaceo

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagini N. 1.05, N. 1.06

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Paulus, disegno preliminare del primo progetto

Descrizione degli elaborati:

Planimetria, progetto 1, disegno di Fritz Schaller, 15/07/1965

Sezione, progetto 1, disegno di Fritz Schaller, 15/07/1965, con chizzi e ragionamenti strutturali ad opera di Stefan Polónyi

Supporto: Cartaceo.

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagini N. 1.07, N. 1.08, N. 1.09

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Paulus, disegno del progetto 2.

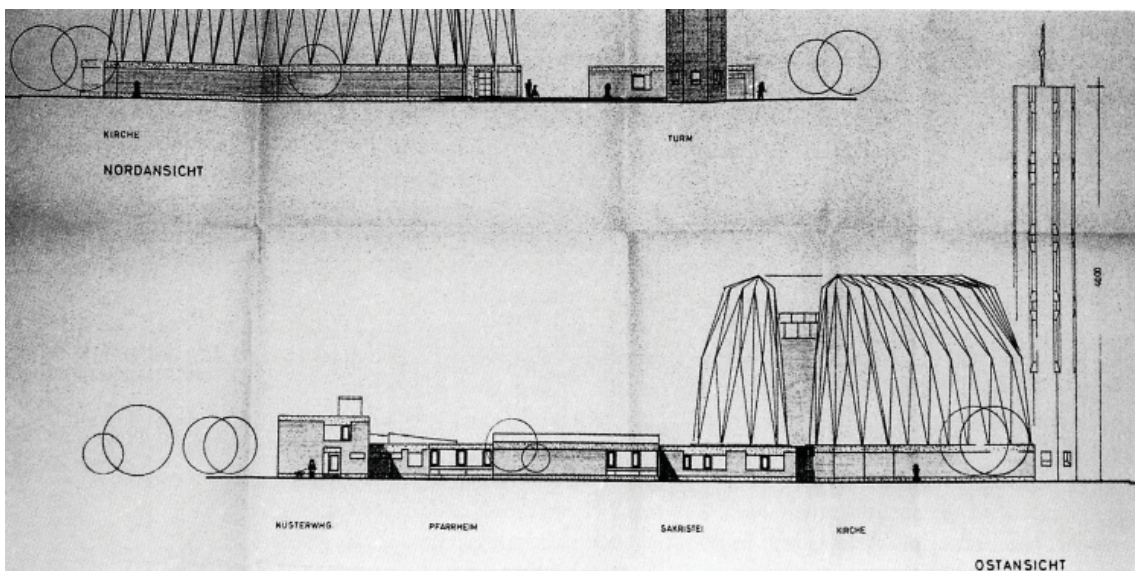
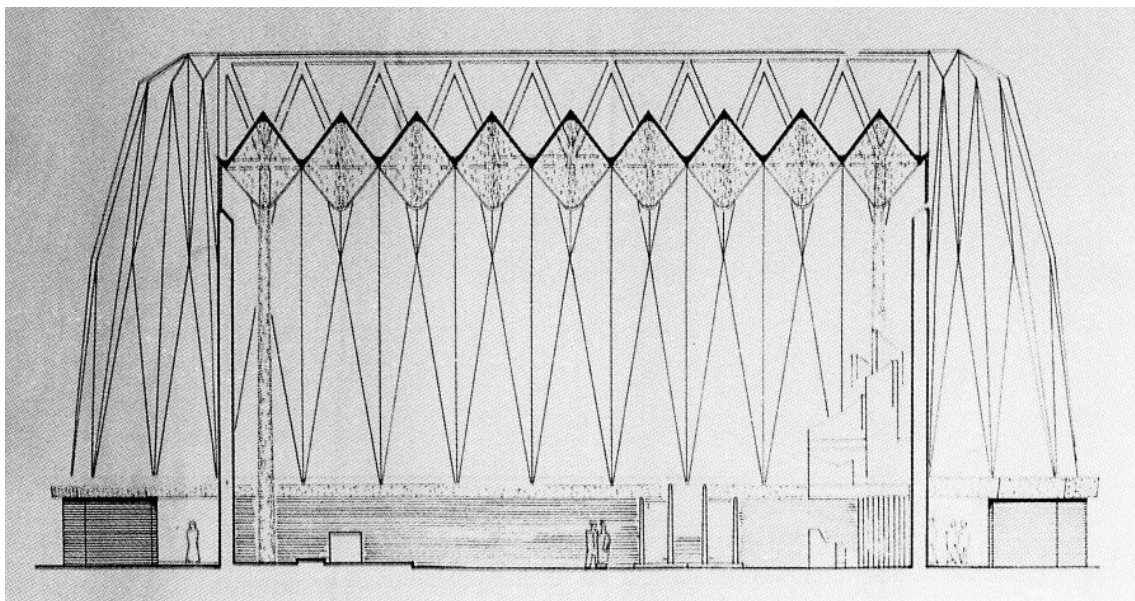
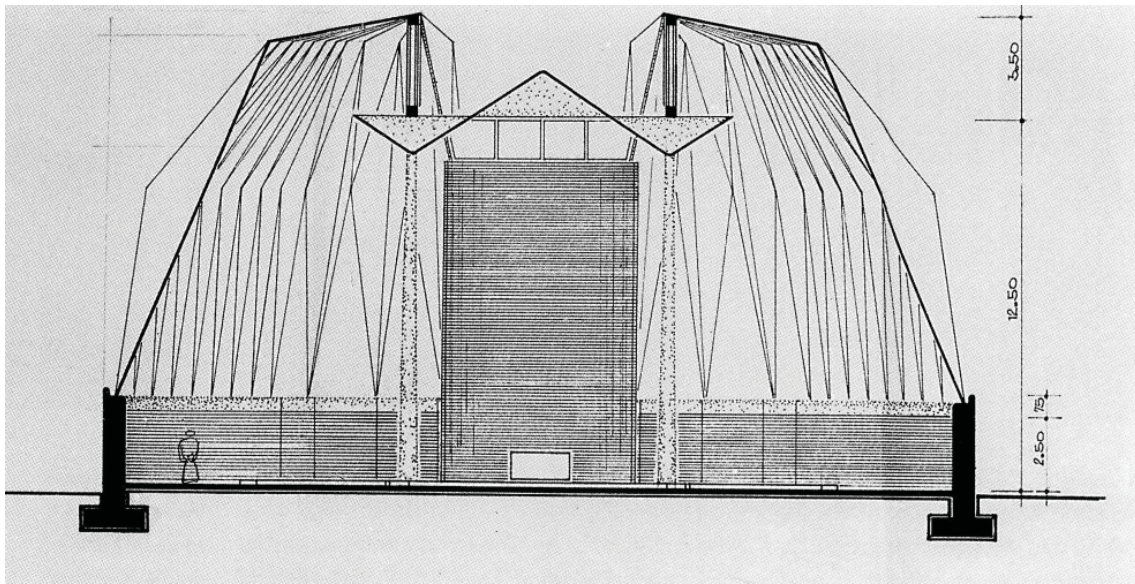
Descrizione degli elaborati:

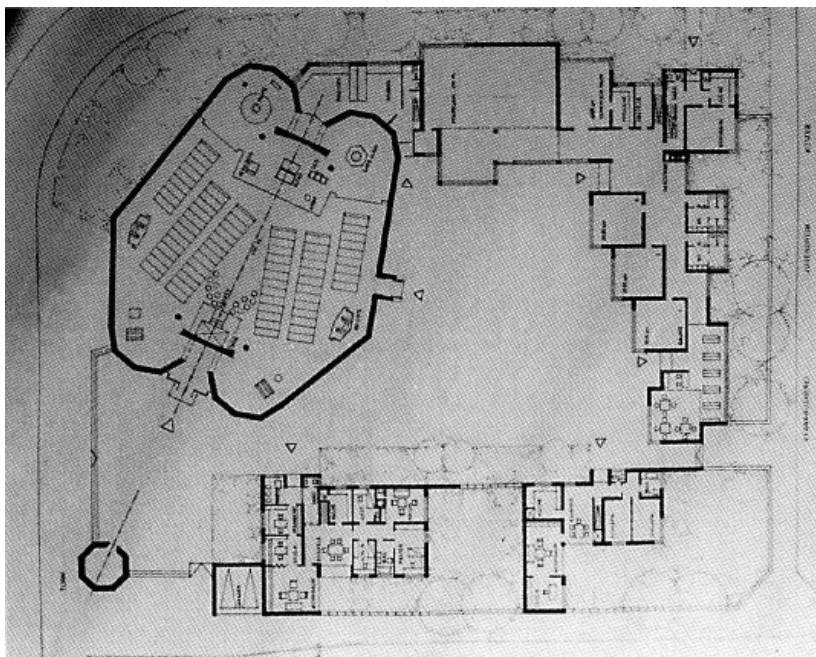
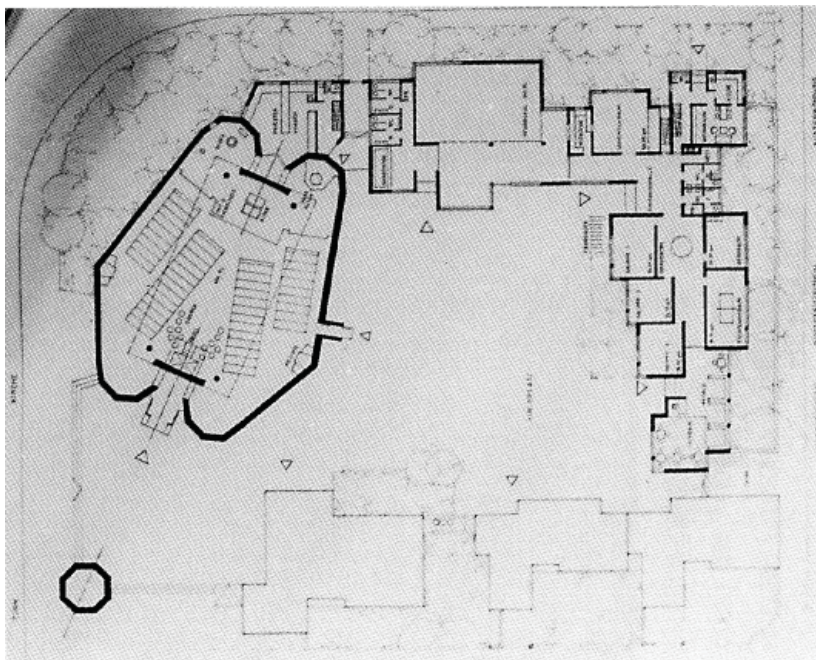
Sezione trasversale, disegno di Fritz Schaller

Sezione longitudinale, disegno di Fritz Schaller.

Prospetto dell'intero complesso di cui fa parte la chiesa di St. Paulus, disegno di Fritz Schaller.

Fonte: Gebauer, E. (2000). *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtsuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, pag.318-320





Immagini N. 1.10, N. 1.11

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Paulus, Progettazione del complesso

Descrizione degli elaborati:

Planimetria dell'intero complesso di cui fa parte la chiesa di St. Paulus, progetto 2, disegno di Fritz Schaller.

Planimetria dell'intero complesso di cui fa parte la chiesa di St. Paulus, progetto 3, disegno di Fritz Schaller.

Fonte: Gebauer, E. (2000). Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. STadtspuren, Denkmäler in Köln. Köln: J. P. Bachem Verlag, pag.321.

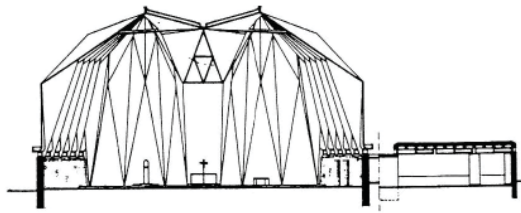


Immagine N. 1.12

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Paulus,
Progettazione dell'edificio religioso

Descrizione degli elaborati:

Pianta e sezione della chiesa di St. Paulus
e della sacrestia attigua, progetto 4,
disegno di Fritz Schaller.

Fonte: Gebauer, E. (2000). Fritz
Schaller: Der Architekt und sein Beitrag
zum Sakralbau in 20. Jahrhundert.
STadtspuren, Denkmäler in Köln. Köln: J.
P. Bachem Verlag, pag.322.

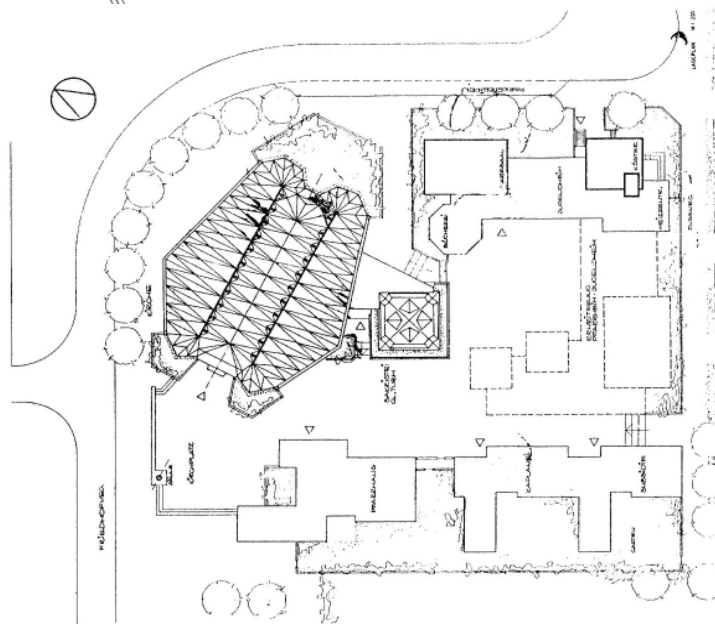
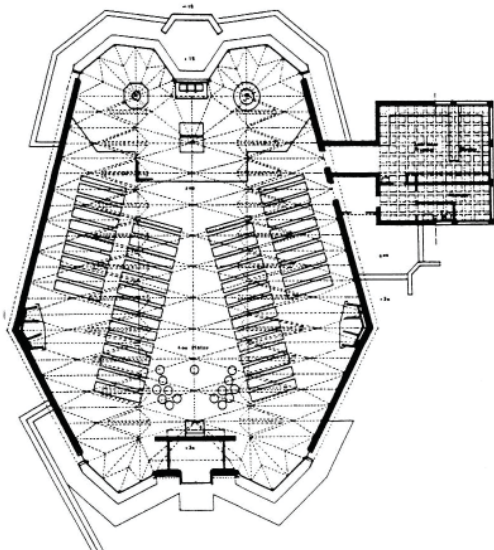


Immagine N. 1.13

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Paulus, Progettazione del complesso

Oggetto dell'elaborato: Planimetria dell'intero complesso di cui fa parte la chiesa di St.
Paulus, progetto 5, disegno di Fritz Schaller.

Fonte: Gebauer, E. (2000). Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum
Sakralbau in 20. Jahrhundert. STadtspuren, Denkmäler in Köln. Köln: J. P. Bachem
Verlag, pag.321.

Immagine N. 1.14

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Paulus, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato:

Disegno tecnico della Fatwerke

Autore:

Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto:

Microfiche

Data:

19/09/1966

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

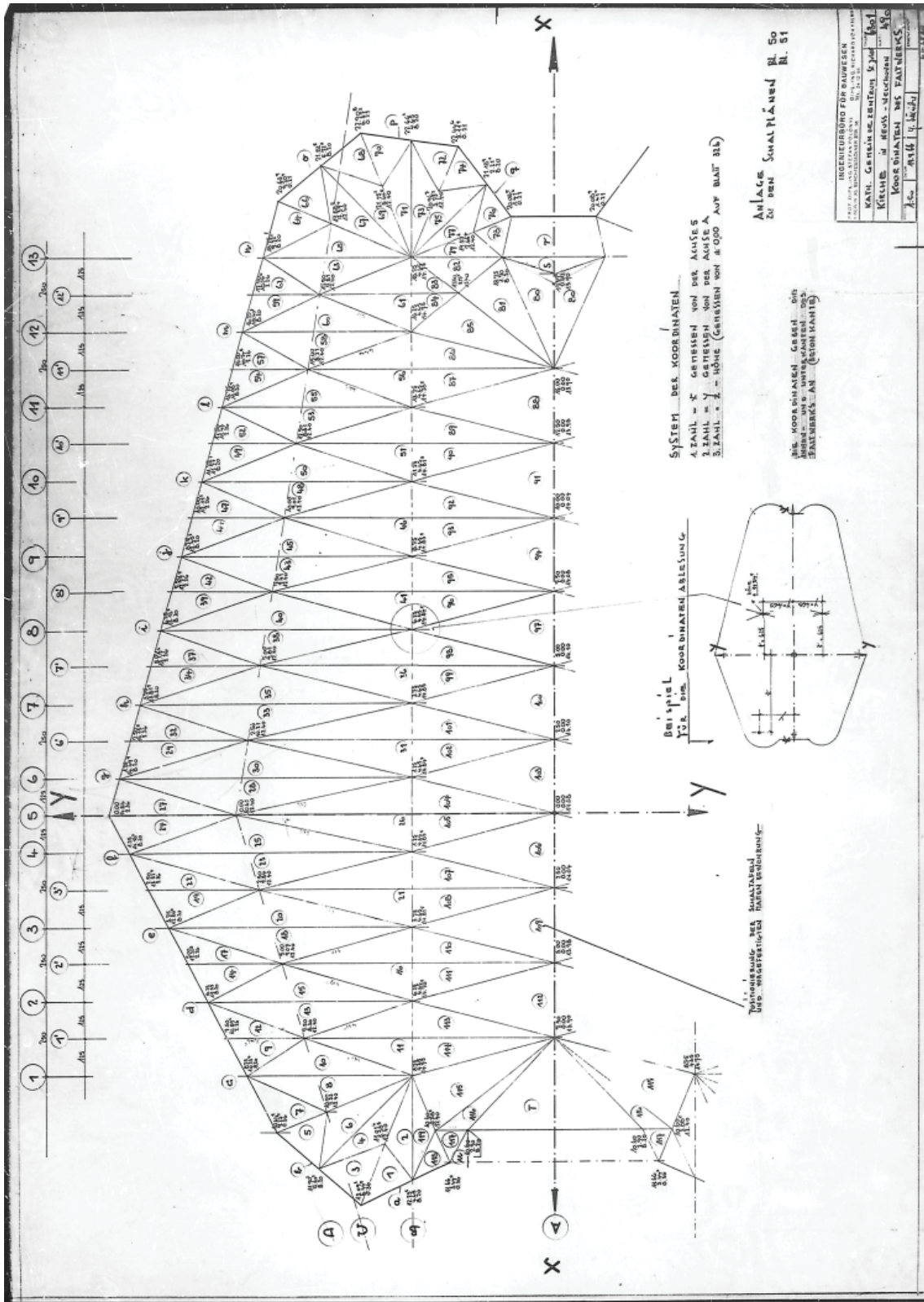


Immagine N. 1.15

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Paulus, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato:

Disegno tecnico della Fatwerke

Autore:

Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto:

Microfiche

Data:

28/01/1970

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

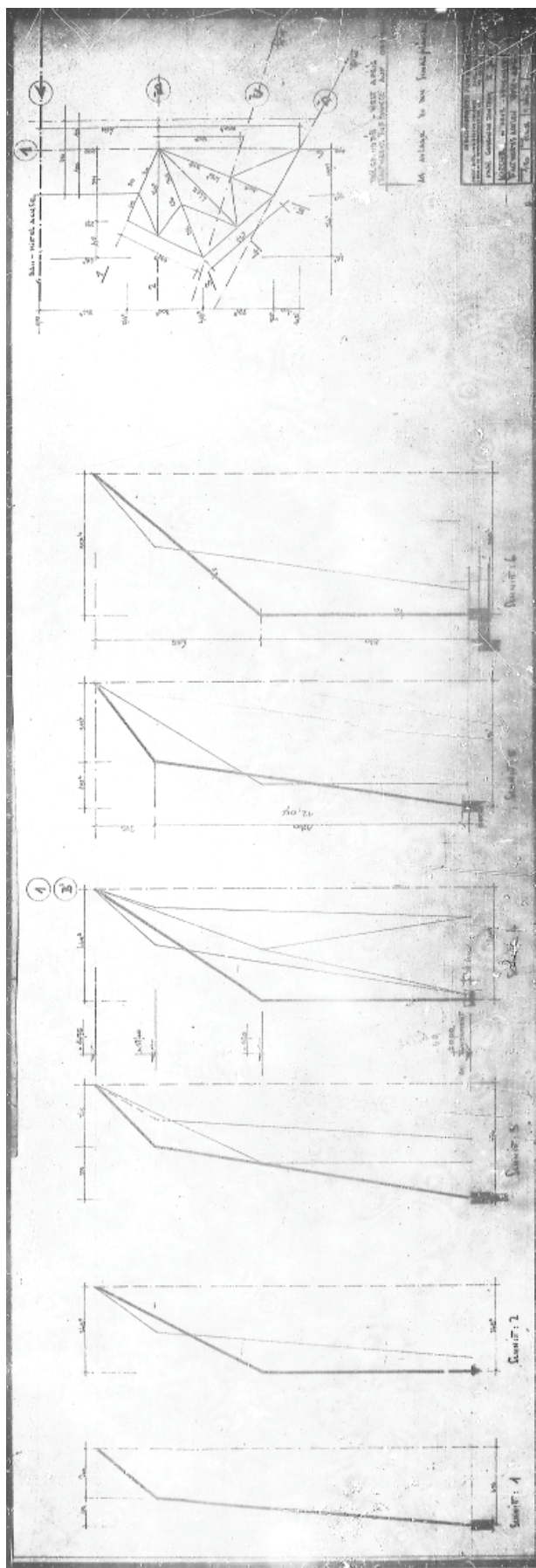


Immagine N. 1.16

Oggetto dell'elaborato:
Kirche St. Paulus, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato:
Dettagli dello sviluppo della
Fatwerke in corrispondenza
dell'ingresso

Autore:
Ingenieurbüro für Bauwesen:
S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto:
Microfiche

Data:
Illeggibile

Fonte:
Dortmund, A:AI - Archiv
für Architektur und
Ingenieurbaukunst NRW

Immagine N. 1.17

Oggetto dell'elaborato:
Kirche St. Paulus, disegno tecnico

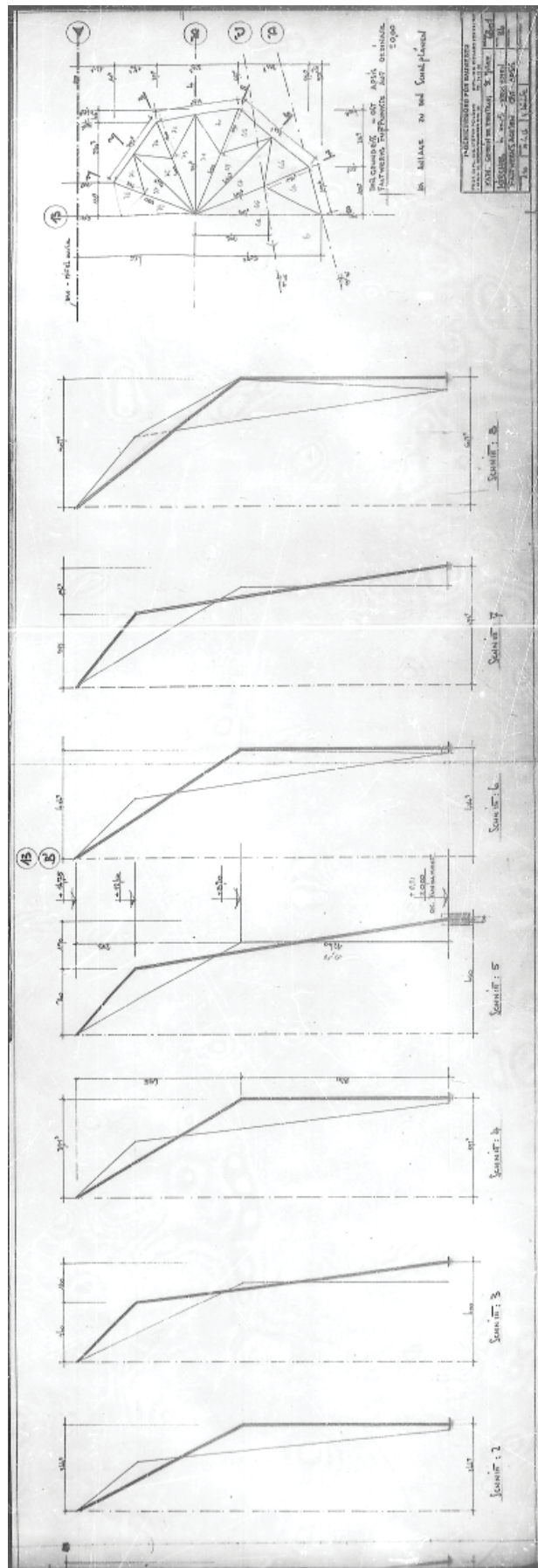
Descrizione dell'elaborato:
Dettagli dello sviluppo della
Fatwerke in corrispondenza
dell'abside

Autore:
Ingenieurbüro für Bauwesen:
S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto:
Microfiche

Data:
14/06/1966

Fonte:
Dortmund, A:AI - Archiv
für Architektur und
Ingenieurbaukunst NRW



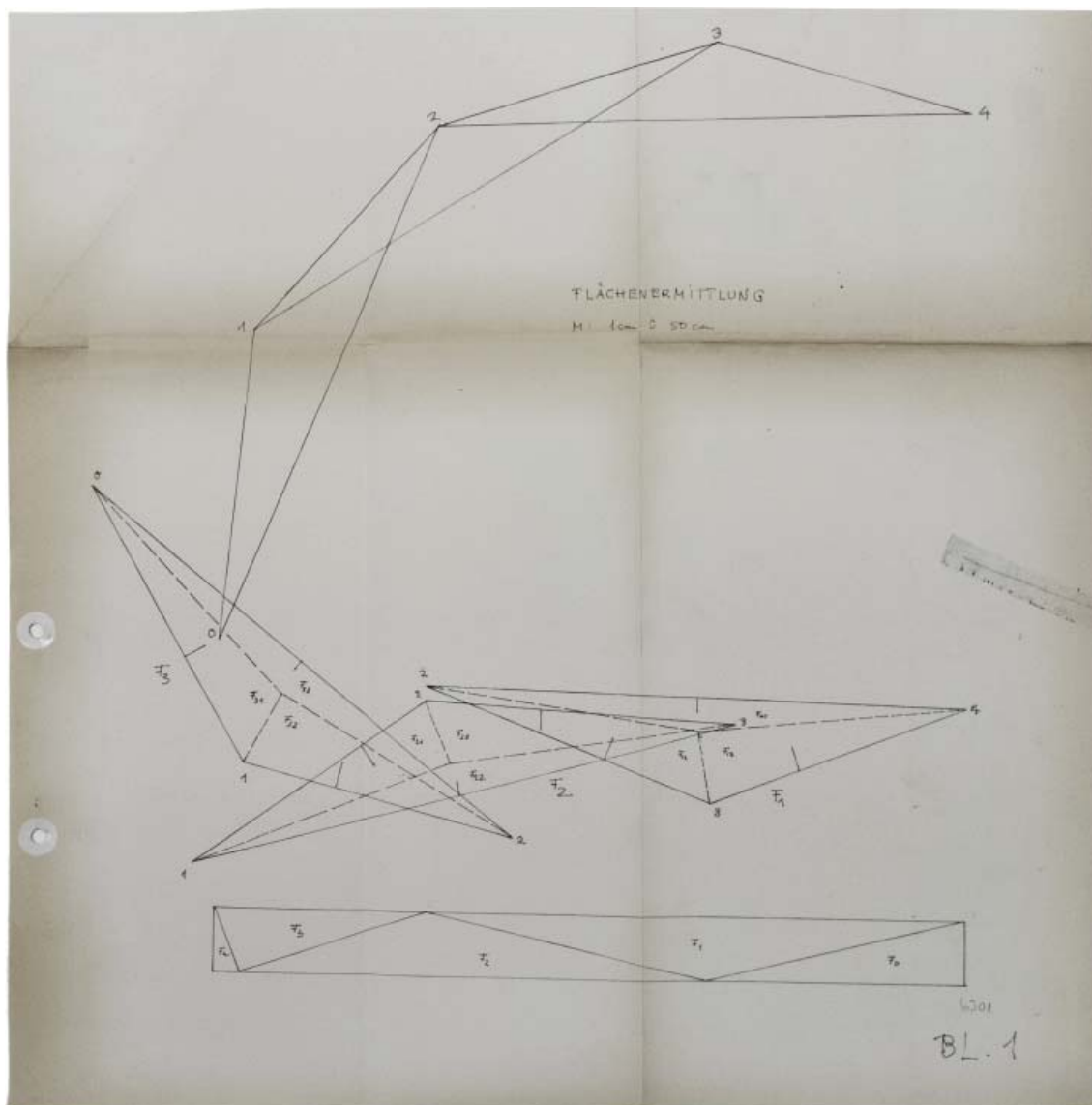


Immagine N. 1.18

Oggetto dell'elaborato:
Kirche St. Paulus, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato:
Disegno di studio dello sviluppo della Fatwerke

Supporto:
Cartaceo

Fonte:
Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

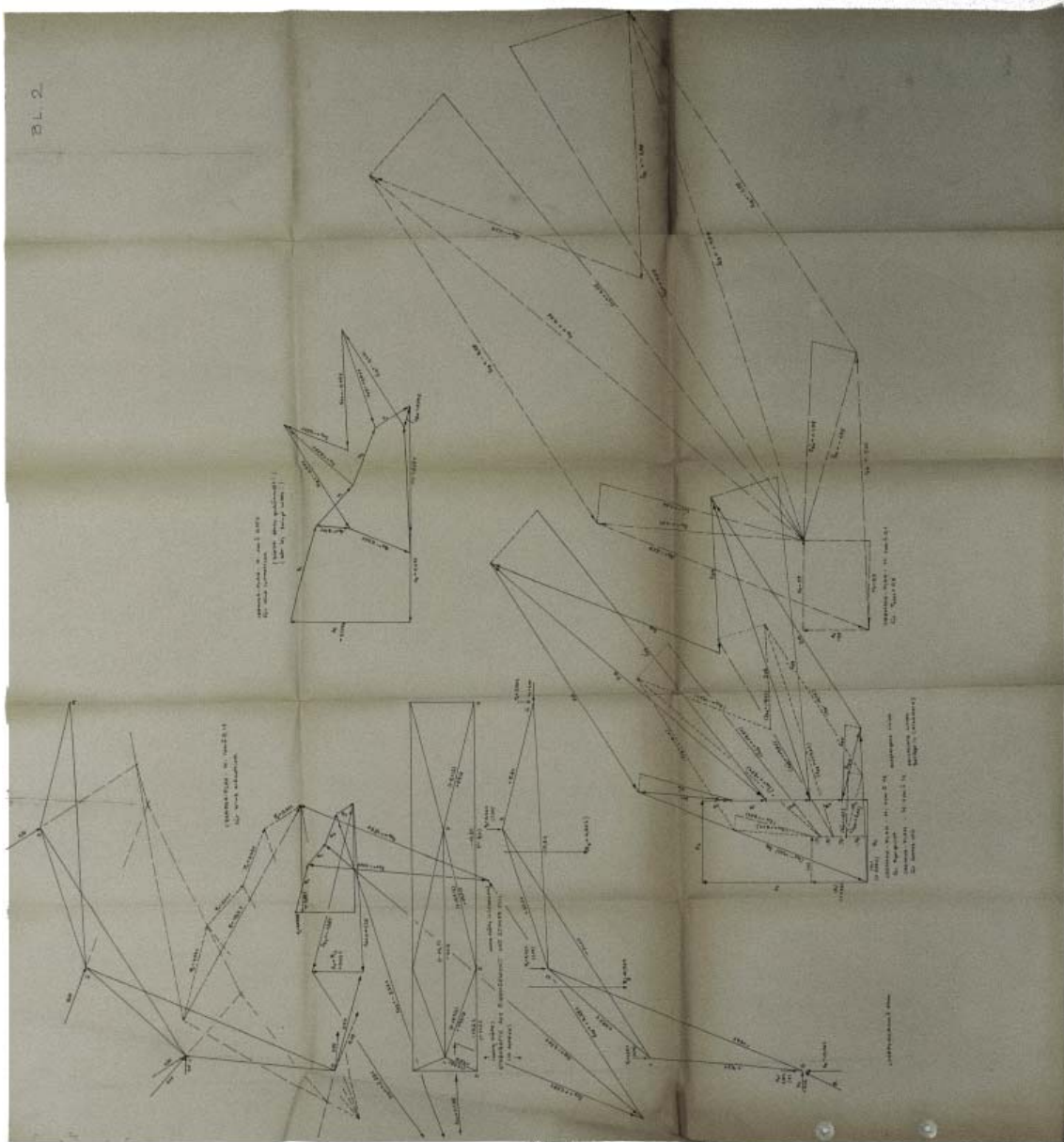


Immagine N. 1.19

Oggetto dell'elaborato:
Kirche St. Paulus, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato:
Disegno di studio dello sviluppo della *Faltwerke*

Supporto:
Cartaceo

Fonte:
Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagine N. 1.20

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Paulus, disegni tecnici

Descrizione dell'elaborato: Sviluppo della Faltwerke nei punti d'intersezione col muro e definizione del portale d'accesso

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche

Data: immagine non integra

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagini N. 1.21, N. 1.22

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Paulus, disegni tecnici

Descrizione degli elaborati: Dettaglio di tre punti d'intersezione degli spigoli della Faltwerke col muro perimetrale di cui uno sul punto di flesso.

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche

Date:

13/06/1966

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagine N. 1.23

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Paulus, disegni tecnici

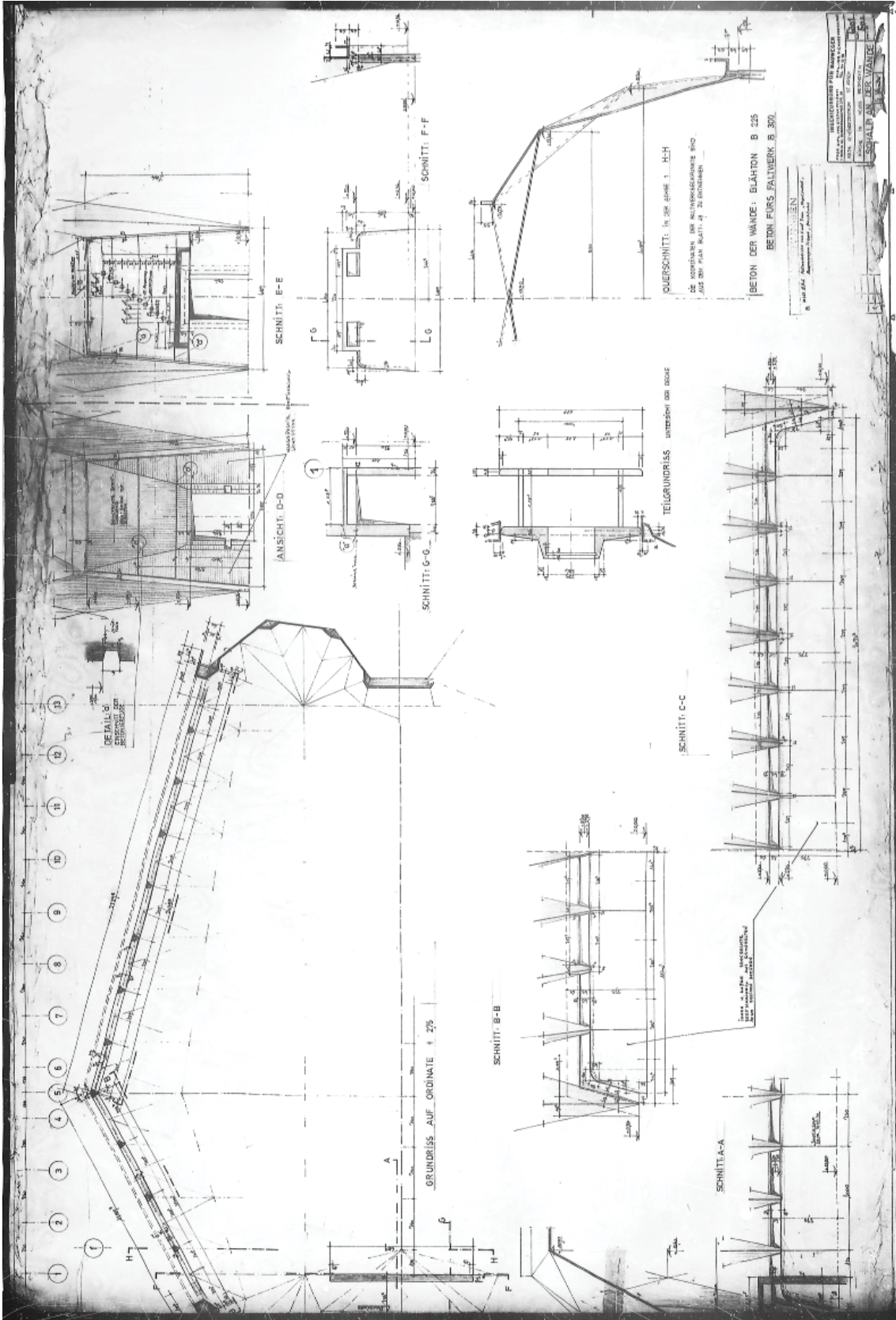
Descrizione dell'elaborato: Dettaglio dei punti d'intersezione degli spigoli della Faltwerke col muro perimetrale

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche

Data: 18/09/1966 (probabile, l'immagine è poco leggibile)

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



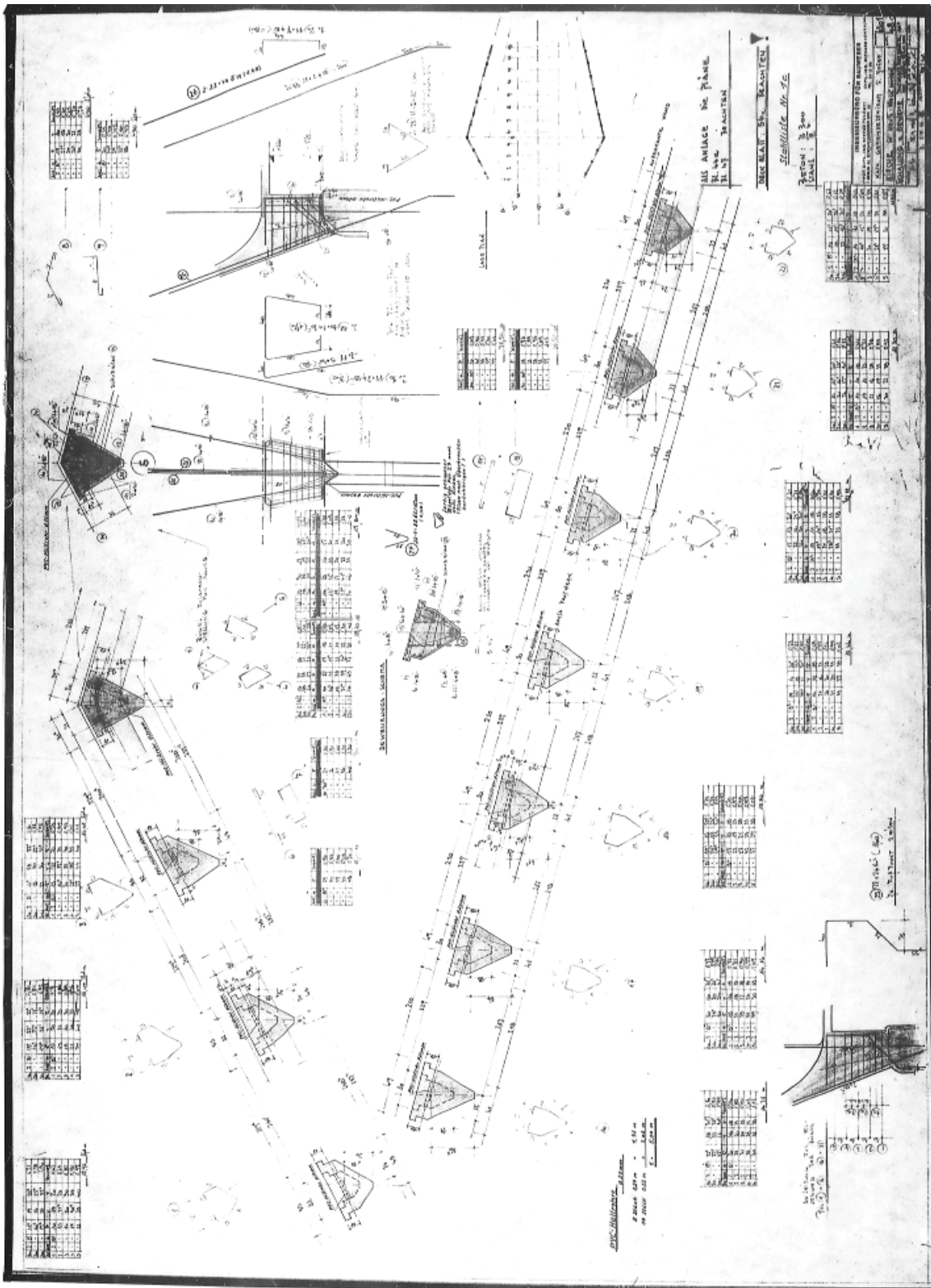


Immagine N. 1.24

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Paulus, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato:

Dettagli della geometria di alcune porzioni della Fatwerke e disegno dell'armatura

Autore:

Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto:

Microfiche

Data:

26/04/1967, l'elaborato riporta anche altre due date di modifiche successive:

24/05/1967 e 18/07/1967

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

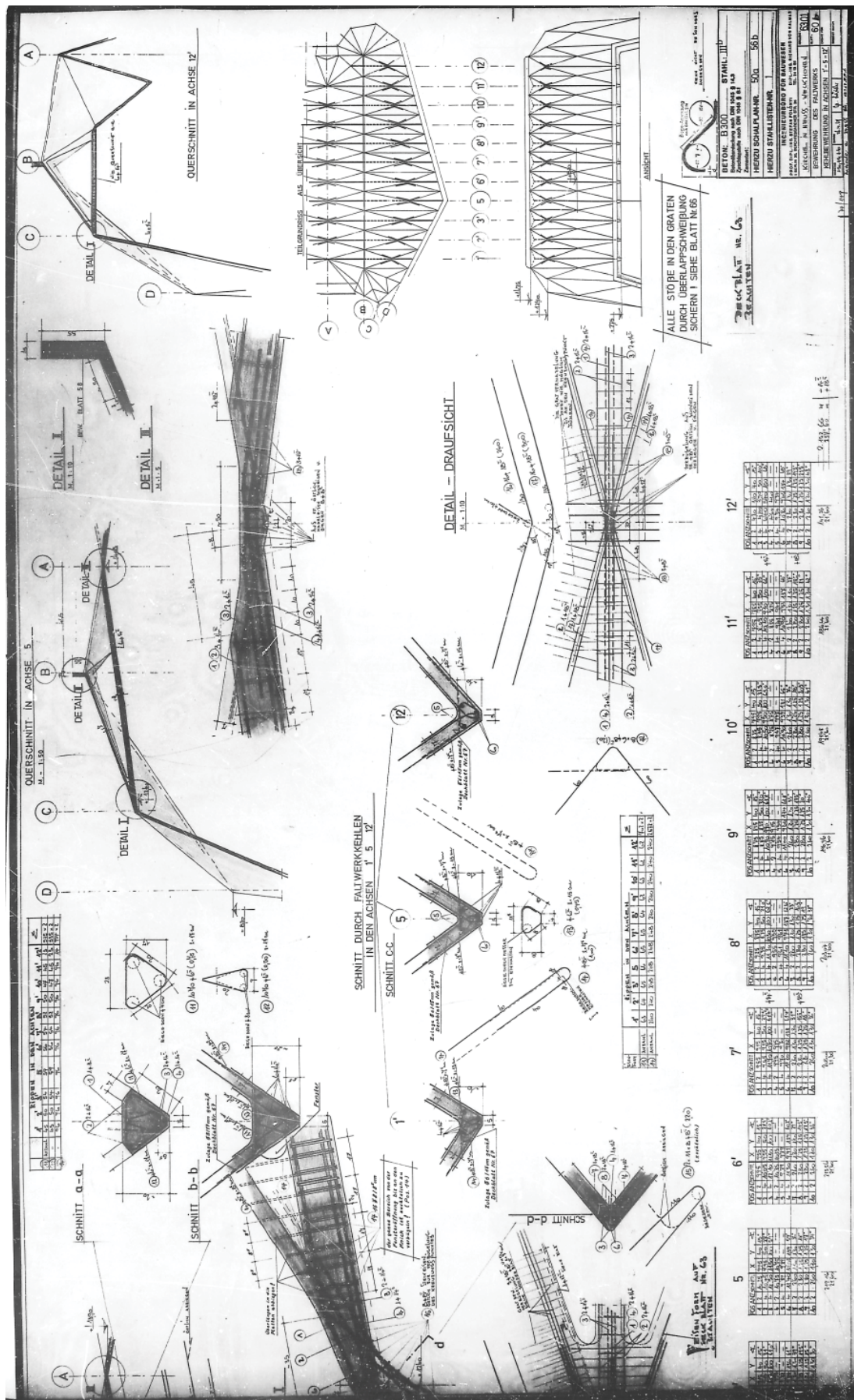


Immagine N. 1.25, N. 1.26, N. 1.27

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Paulus, disegni tecnici

Descrizione degli elaborati:

Disegno dell'armatura in alcuni nodi particolari della struttura

Autore:

Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto:

Microfiche

Date:

02/02/1967

illeggibile

10/11/67 (probabile, l'immagine è poco leggibile)

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

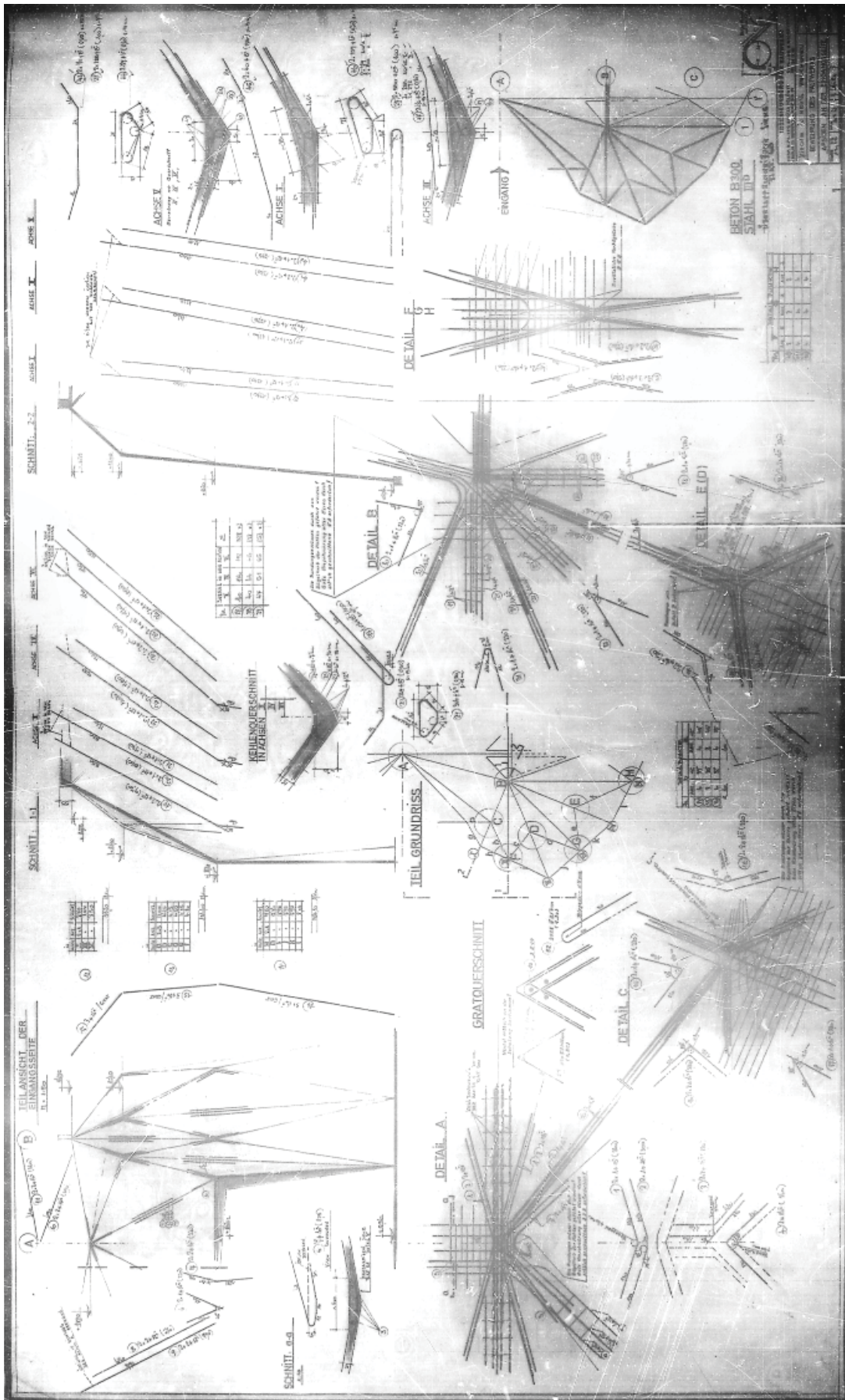


Immagine N. 1.28

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Paulus, disegni tecnici

Descrizione dell'elaborato:

Disegni di dettaglio della geometria attribuita agli elementi bucati della struttura della faltwerke

Autore:

Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto:

Carta da lucido, formato A4

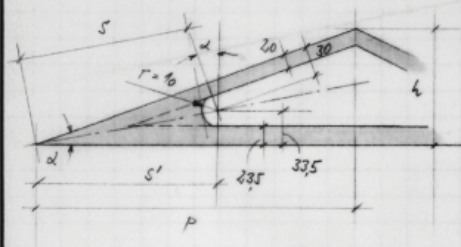
Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

INGENIEURBÜRO FÜR BAUWESEN
 PROF. DIPL.-ING. STEFAN POLÓNYI · DIPL.-ING. RICHARD V. KALMAR

OBJEKT: 6301 POS.: SEITE: 119

Einleitung der Rippenkraft in das Falwerk



Ermittlung der Schnitttraglänge s
 mit den Festwerten $r = 10 \text{ cm}$, $b_0 = 20 \text{ cm}$
 und $b_n = 23,5 \text{ cm}$, erhält man

$$s' = p \left(b_n r + \frac{b_n + r}{\cos \alpha} \right) / h$$

und damit

$$s = \sqrt{s'^2 + (b_n + r)^2} - r$$

Dreieck 104: (Rippe in Achse 5-5)

$$s' = 6,27 (0,335 + 0,30 \cdot 6,565 / 6,27) / 1,942$$

$$= 2,096 \text{ m}$$

$$s = \sqrt{2,096^2 + 0,335^2} - 0,10 = 2,022 \text{ m}$$

Dreieck 114 (Endrippe Eingangsseite)

$$s' = 4,01 (0,335 + 0,30 \cdot 4,55 / 4,01) / 2,08 = 1,297 \text{ m}$$

$$s = \sqrt{1,297^2 + 0,335^2} - 0,10 = 1,24 \text{ m}$$

Dreieck 83 (Endrippe Aftarseite)

$$s' = 3,16 (0,335 + 0,30 \cdot 4,13 / 3,16) / 2,662 = 0,863 \text{ m}$$

$$s = \sqrt{0,863^2 + 0,335^2} - 0,10 = 0,826 \text{ m}$$

Rechnet man nunmehr auch für die Endrippen
 mit der Rippenkraft $N^R = 16,9 \text{ Mp}$, so ergeben sich
 folgende Schnittspannungen

$$\tau_{104} \sim 16900 / 2,7 \cdot 2,022 = 3,97 \text{ kp/cm}^2 < 8 \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{114} \sim 16900 / 2,7 \cdot 1,24 = 9,74 \text{ " } > 8 \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{83} \sim 16900 / 2,7 \cdot 0,826 = 14,61 \text{ " } > 8 \text{ "}$$

FOLGT SEITE: 120

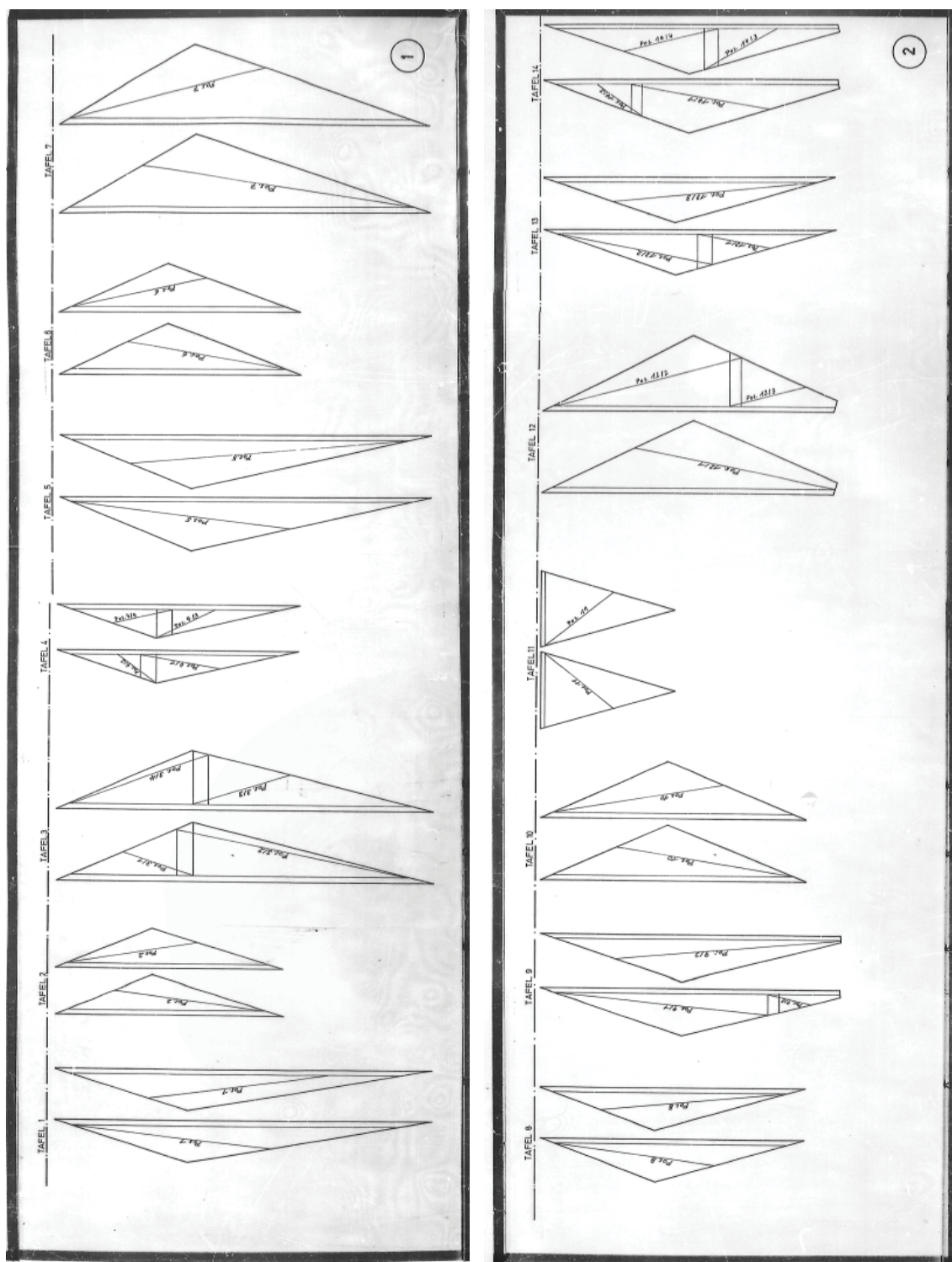


Immagine N. 1.29, N. 1.30

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Paulus, disegni tecnici

Descrizione dell'elaborato: Disegni tecnici delle porzioni di cassaforma lignea

Supporto: Microfiche

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

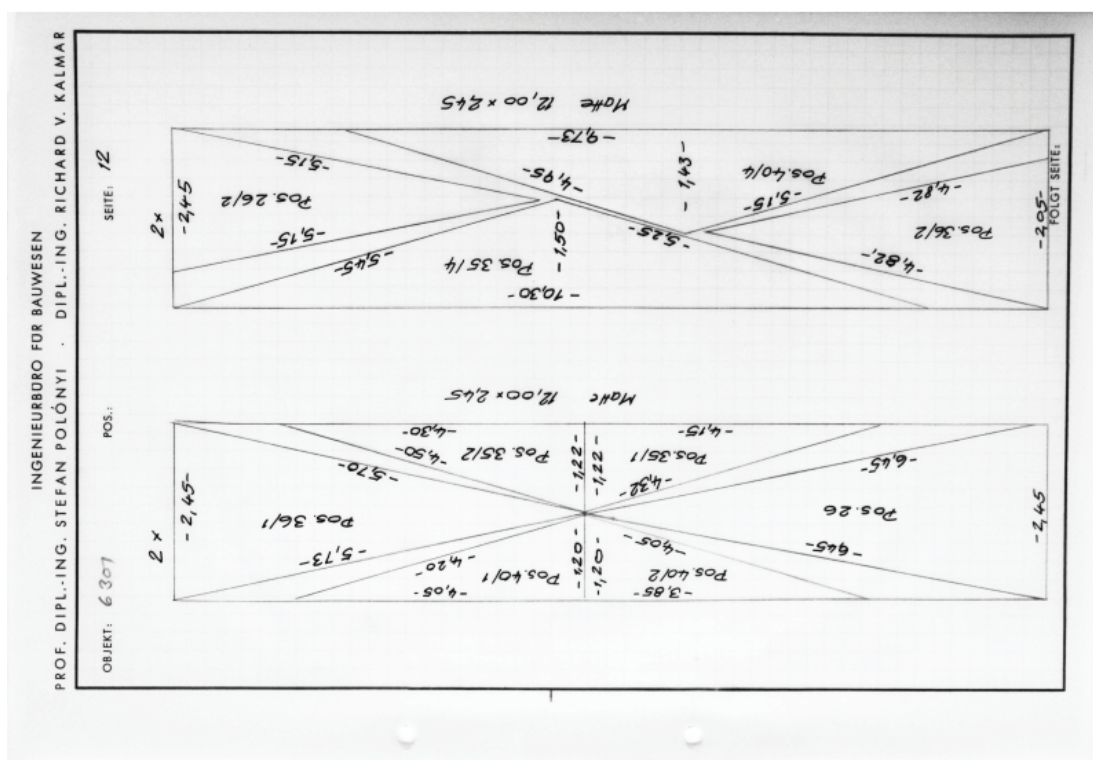
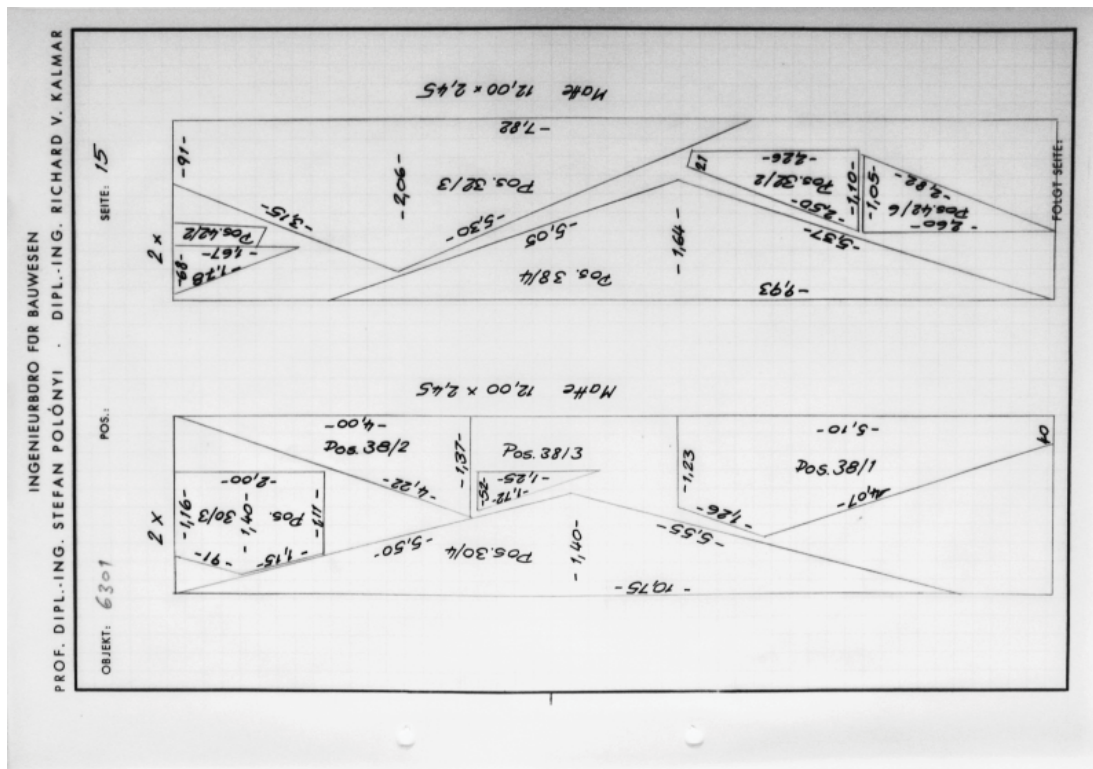


Immagine N. 1.31, N. 1.32

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Paulus, disegni tecnici

Descrizione dell'elaborato: Schema per il taglio delle porzioni della casaforma lignea

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Carta da lucido, formato A4

Fonte: Dortmund, A:AI

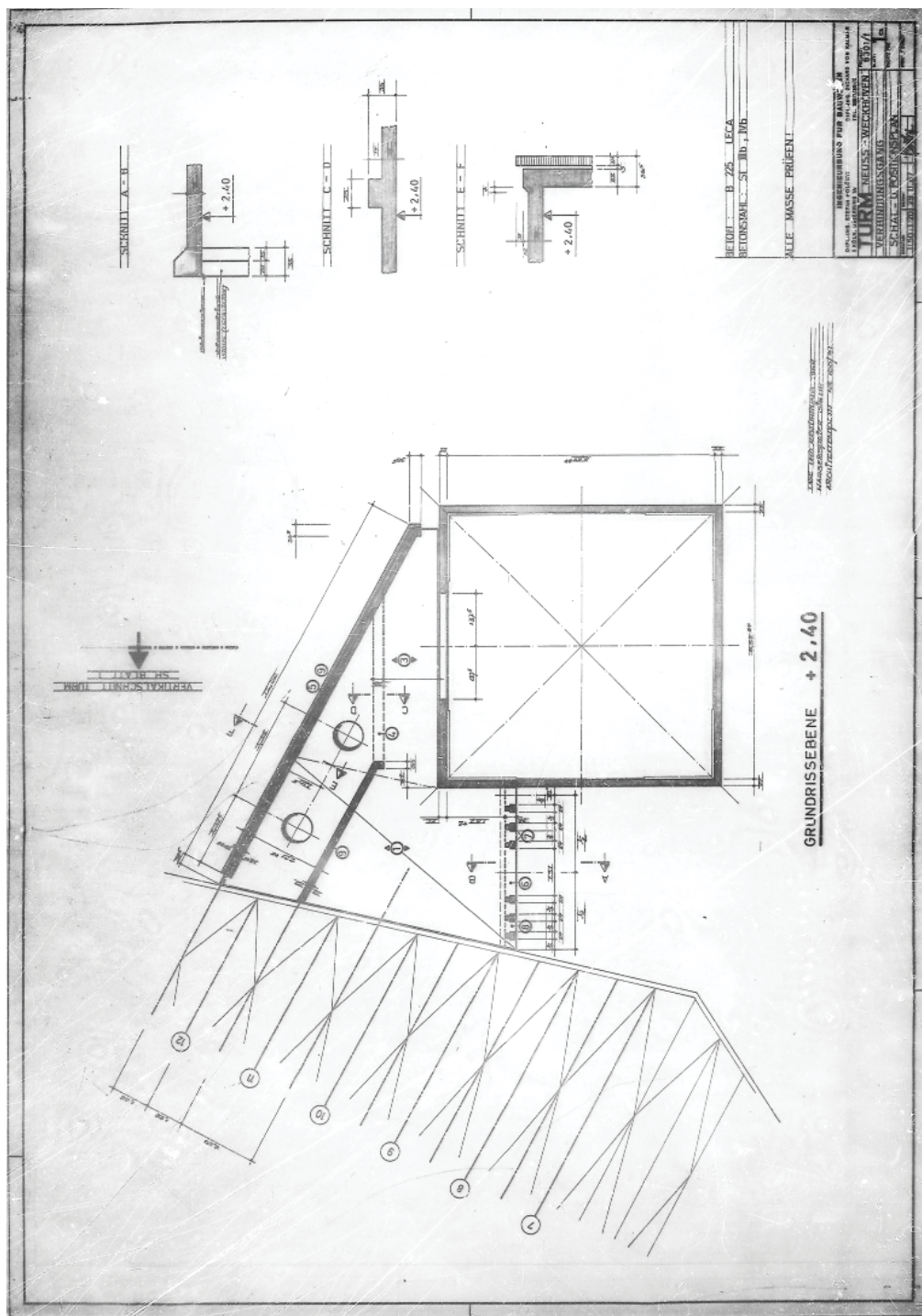


Immagine N. 1.33

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Paulus, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato: Dettaglio dell'elemento di raccordo fra la chiesa e la torre, progetto 5.

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Data: 29/11/1967 Supporto: Microfiche

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

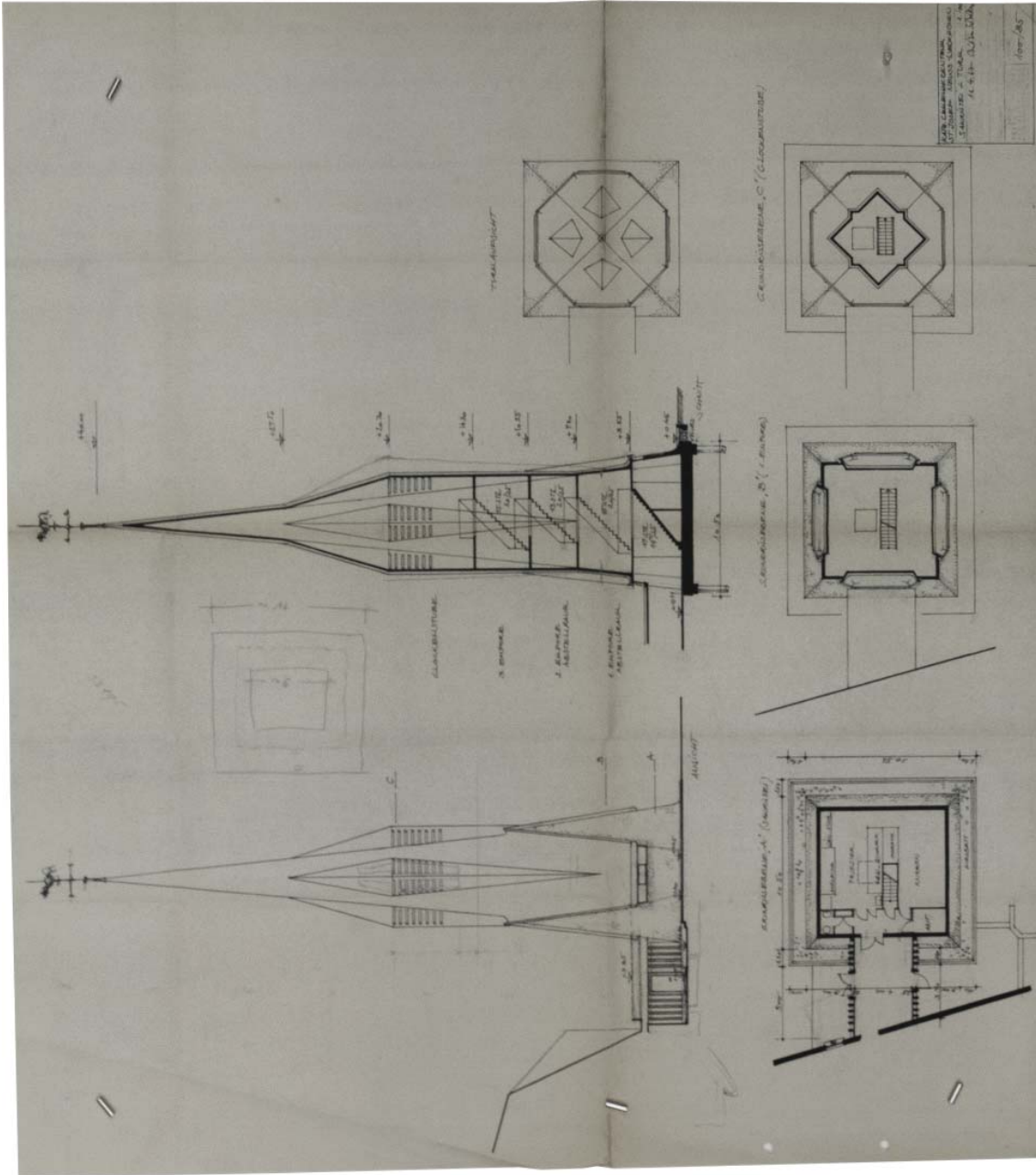


Immagine N. 1.34

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Paulus, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato: Piante, prospetto e sezione della torre del progetto 4.

Data: 11/04/1967

Supporto: Cartaceo

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

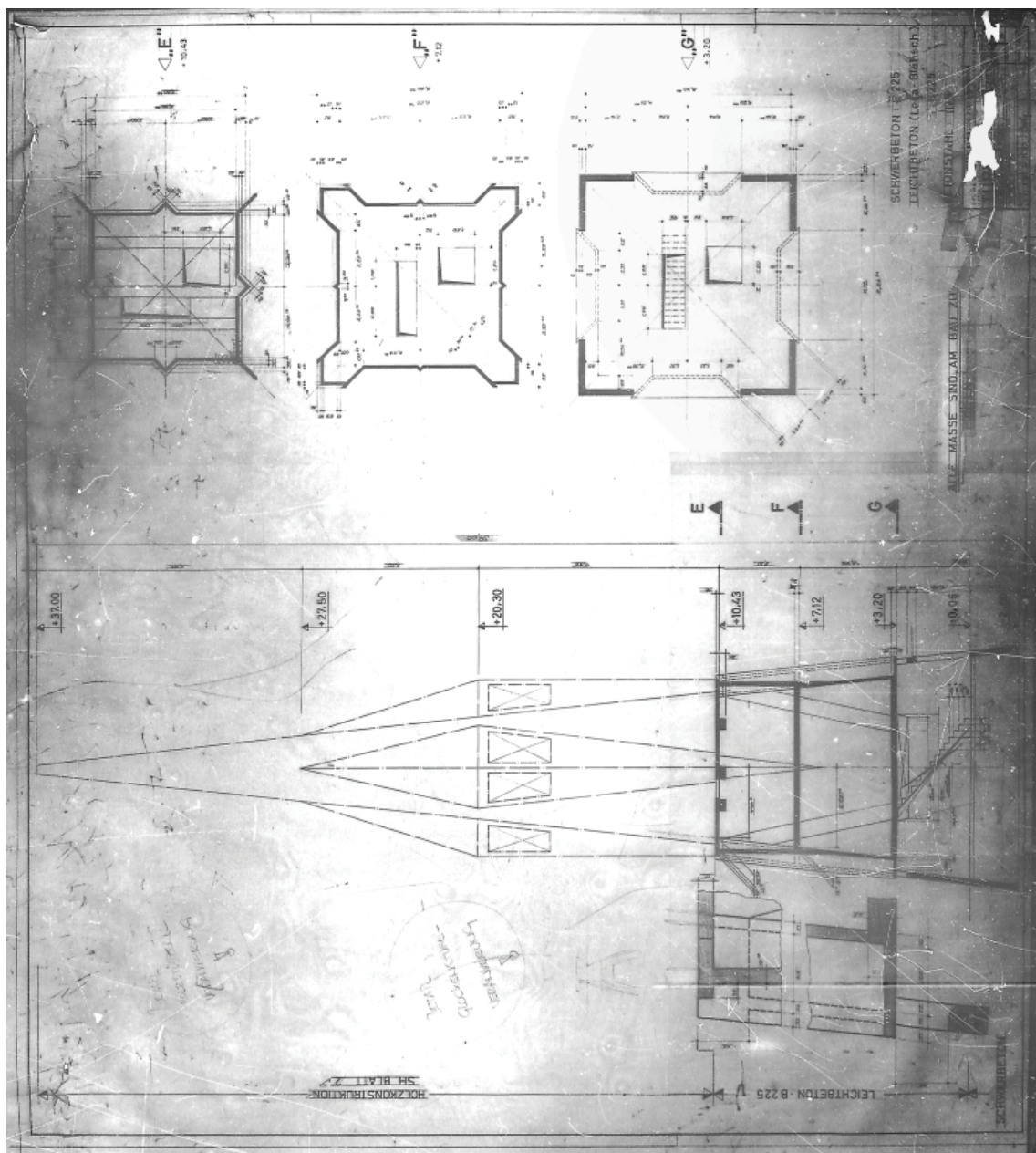


Immagine N. 1.35

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Paulus, disegni tecnici

Descrizione dell'elaborato: Disegni tecnici della struttura in calcestruzzo della torre

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche

Data: 26/11/1967 (probabile, l'immagine è poco leggibile)

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

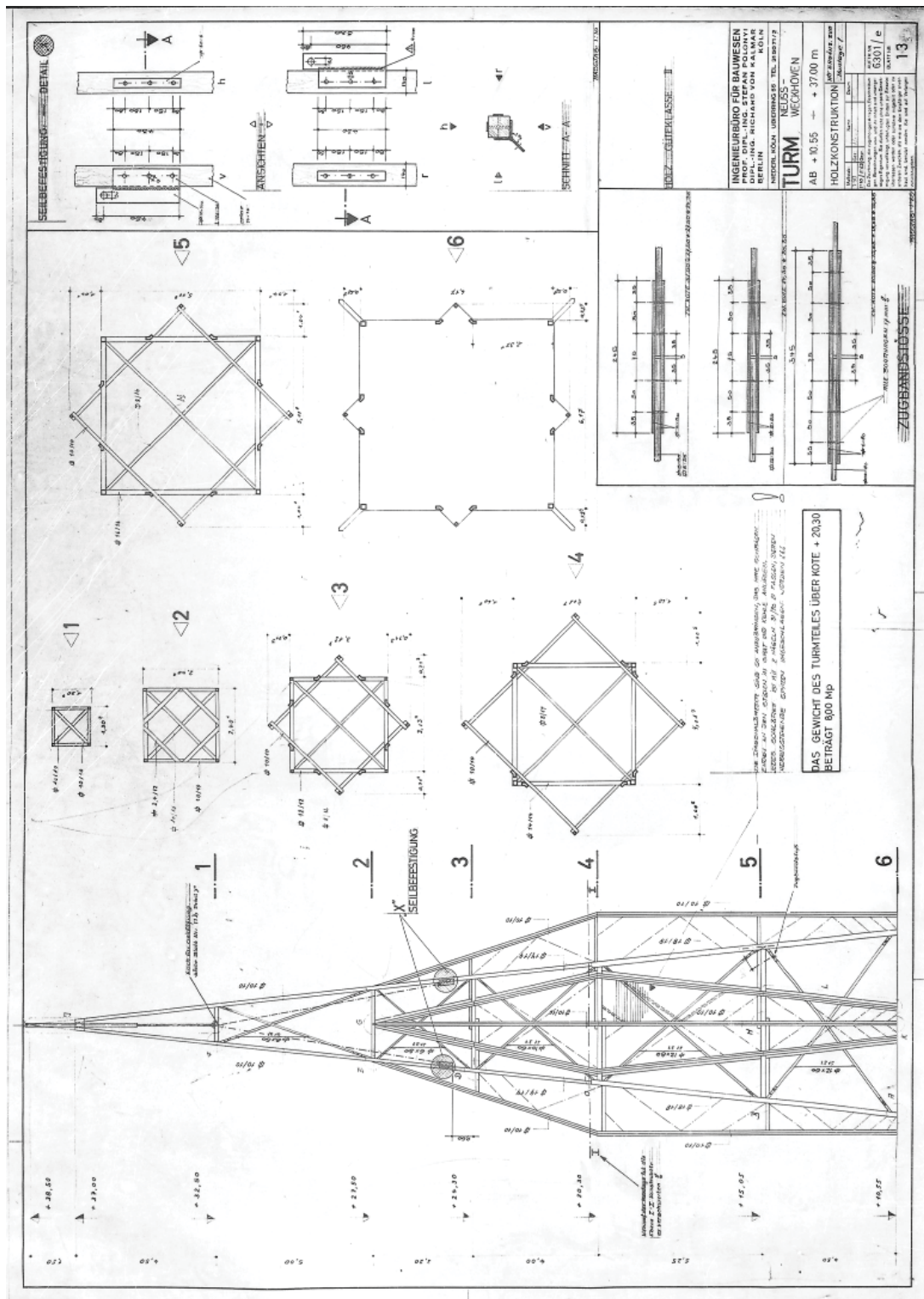


Immagine N. 1.36

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Paulus, disegni tecnici

Descrizione dell'elaborato: Disegni tecnici della struttura lignea della torre

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Data: illeggibile

Supporto: Microfiche

Fonte: Dortmund, A:AI

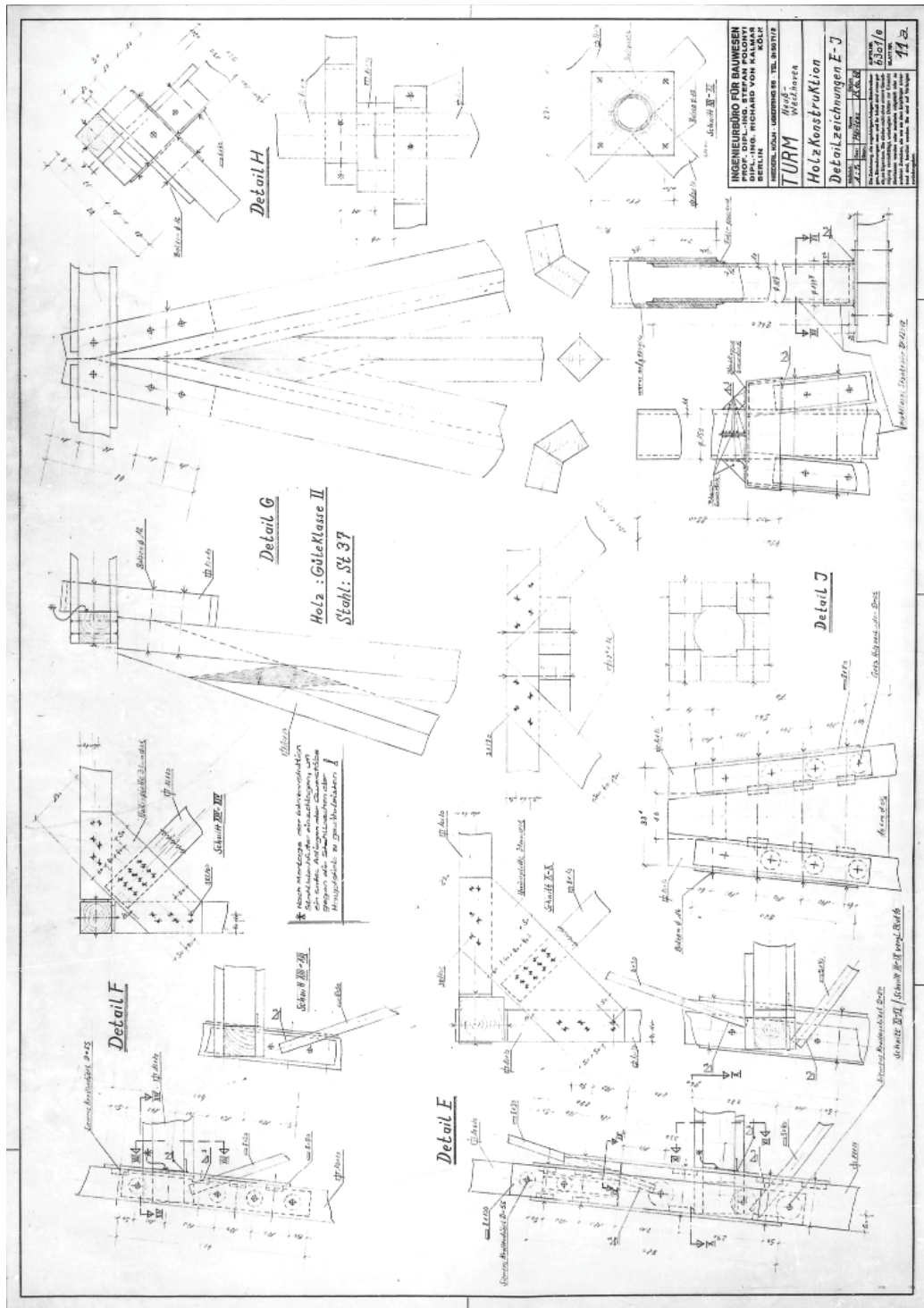


Immagine N. 1.37

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Paulus, disegni tecnici

Descrizione dell'elaborato: Dettaglio dei nodi lignei della torre

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche Data: 15/10/1968

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

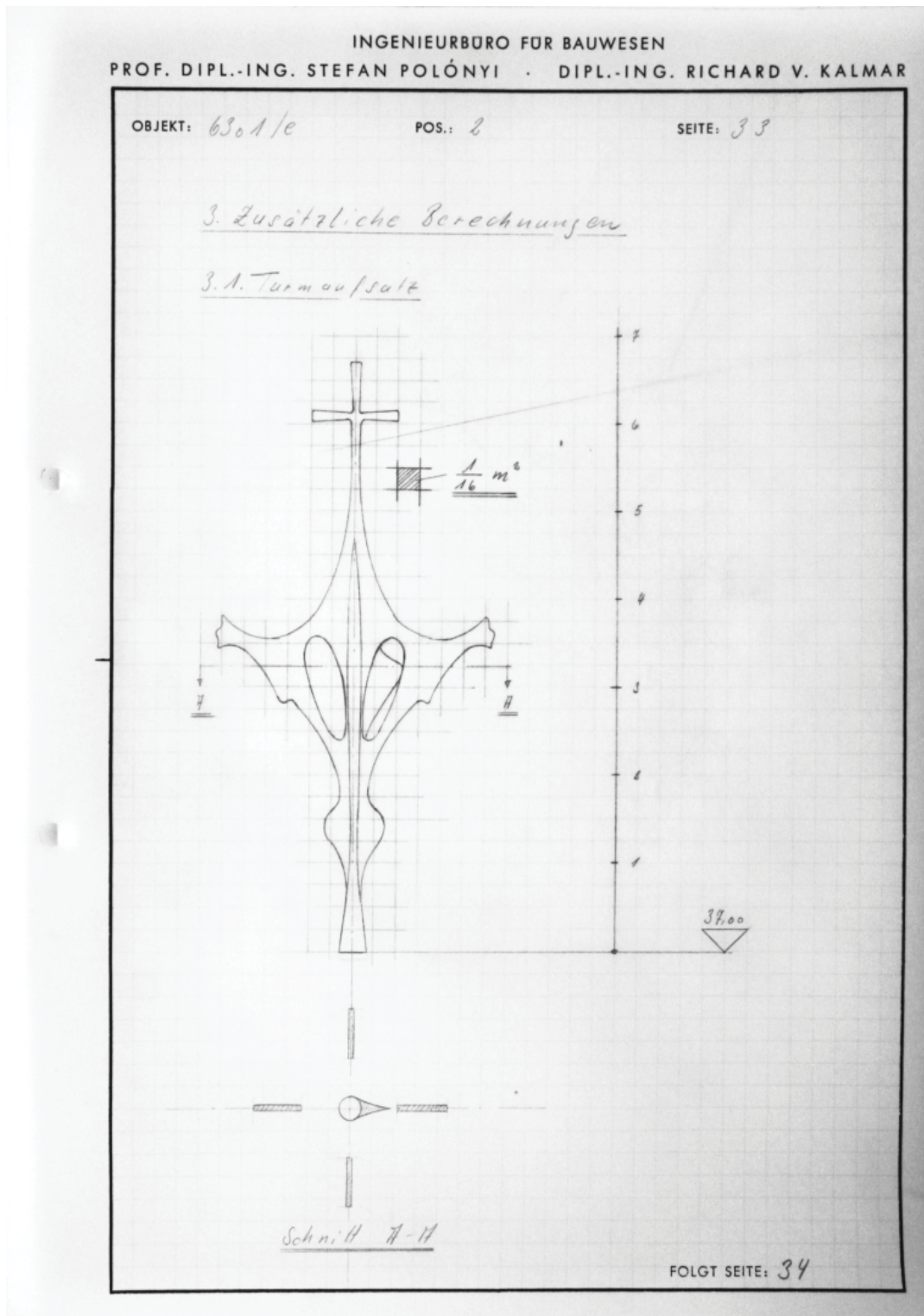


Immagine N. 1.38

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Paulus, disegni tecnici

Descrizione dell'elaborato: Dettaglio della parte sommitale della torre

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Carta da lucido Fonte: Dortmund, A:AI



Immagine N. 1.39, N. 1.40, N. 1.41, N. 1.42

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Paulus, fotografie d'epoca su diapositive

Descrizione degli elaborati:

Prospetto principale

Prospetto posteriore

Prospetto laterale (lato torre)

Vista della torre

Supporto:

Diapositive

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



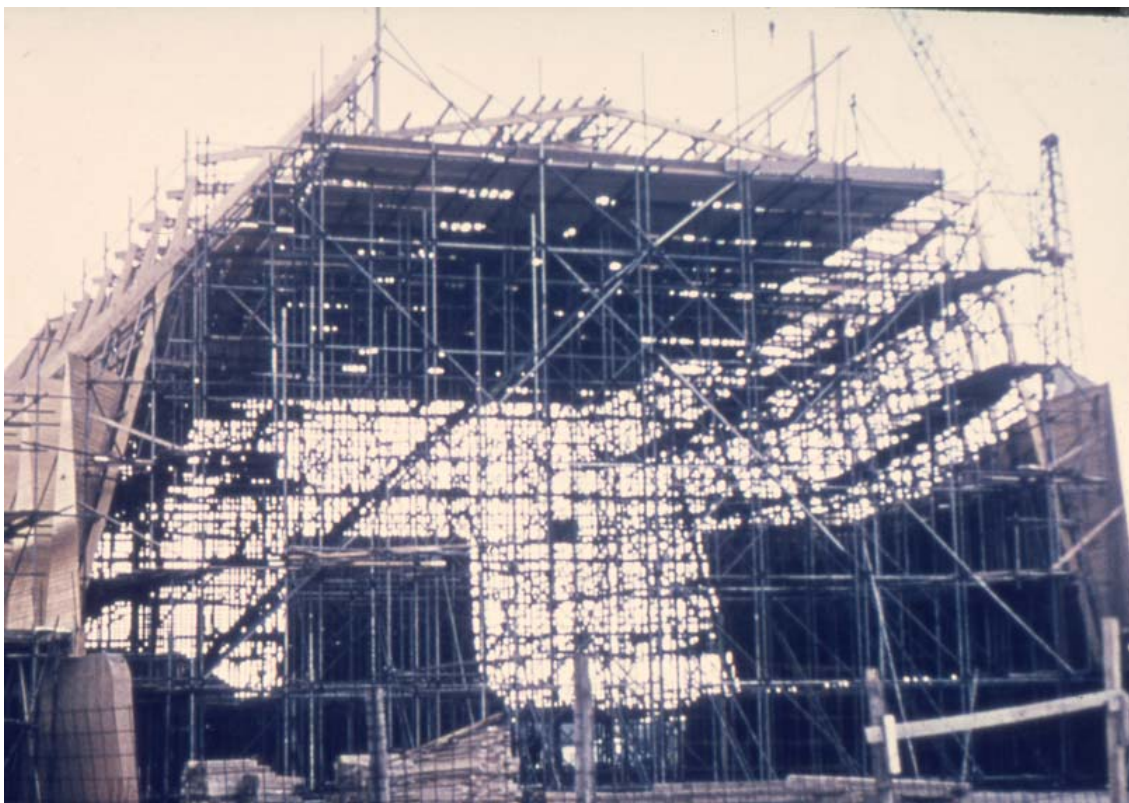


Immagine N. 1.43, N. 1.44, N. 1.45

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Paulus, fotografie d'epoca su diapositive

Descrizione degli elaborati:

Realizzazione della centina lignea, vista posteriore

Realizzazione della centina lignea, vista frontale

Realizzazione della centina lignea, vista laterale

Supporto:

Diapositive

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW





Immagine N. 1.46, N. 1.47, N. 1.48, N. 1.49

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Paulus, fotografie d'epoca su diapositive

Descrizione degli elaborati:

Realizzazione della centina lignea, dettaglio

Realizzazione della centina lignea, vista laterale con punto di vista frontale

Realizzazione della centina lignea, vista laterale

Completamento della centina lignea, vista frontale

Supporto:

Diapositive

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

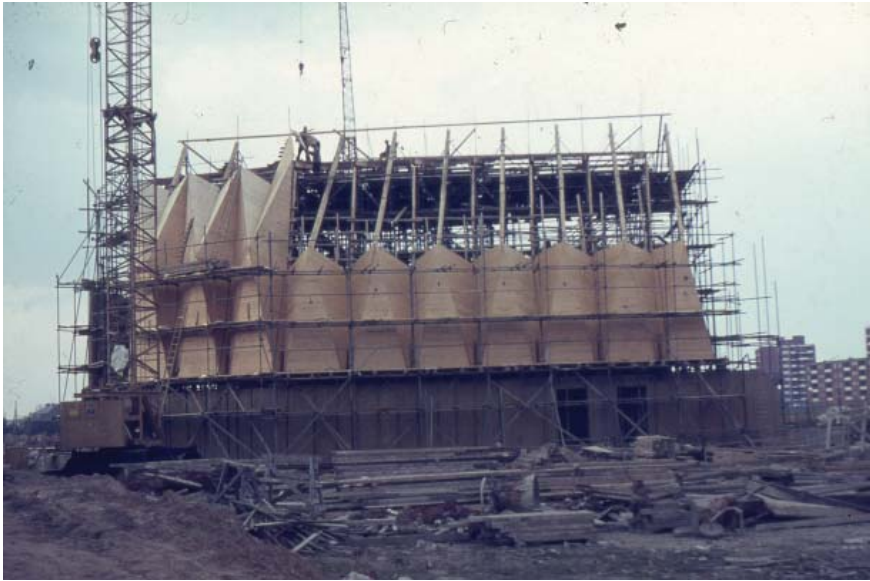




Immagine N. 1.50, N. 1.51, N. 1.52, N. 1.53, N. 1.54

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Paulus, fotografie d'epoca su diapositive

Descrizione degli elaborati:

Messa in opera dell'armatura metallica, vista frontale

Messa in opera dell'armatura metallica, vista posteriore

Messa in opera dell'armatura metallica, vista laterale

Messa in opera dell'armatura metallica, dettaglio del nodo fra due pieghe visto frontalmente

Messa in opera dell'armatura metallica, dettaglio del nodo fra due pieghe visto lateralmente

Supporto: Diapositive

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

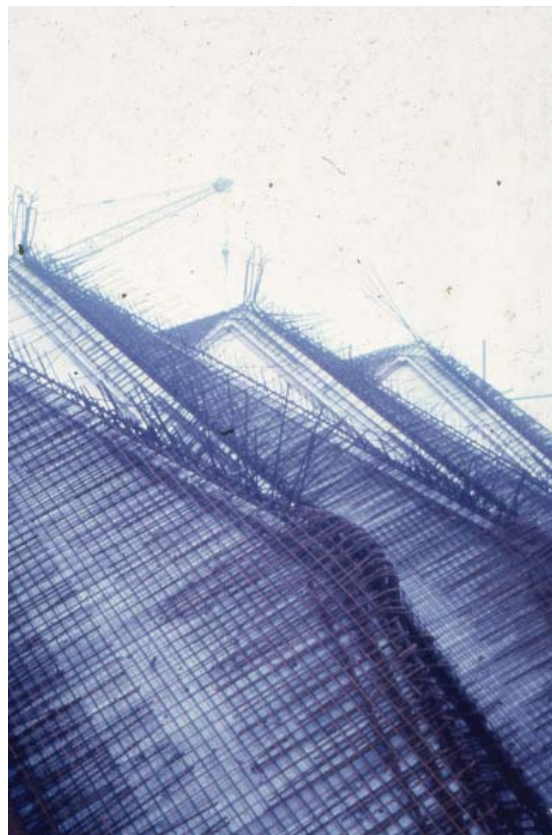




Immagine N. 1.55, N. 1.56, N. 1.57, N. 1.58

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Paulus, fotografie d'epoca su diapositive

Descrizione degli elaborati:

Messa in opera del calcestruzzo spruzzato, vista frontale

Messa in opera del calcestruzzo spruzzato, vista posteriore

Preparazione della superficie di calcestruzzo per la messa in opera del rivestimento in rame

Messa in opera del rivestimento in rame

Supporto:

Diapositive

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW





Immagine N. 1.59, N. 1.60, N. 1.61, N. 1.62

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Paulus, fotografie d'epoca su diapositive

Descrizione degli elaborati:

Vista del prospetto principale della chiesa al termine della messa in opera del rivestimento in rame

Vista del retro della chiesa al termine della messa in opera del rivestimento in rame.

Vista del retro della chiesa al termine della messa in opera del rivestimento in rame.

Vista laterale della chiesa al termine della messa in opera del rivestimento in rame.

Supporto:

Diapositive

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagine N. 1.63, N. 1.64, N. 1.65

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Paulus, fotografie del modello interpretativo

Descrizione degli elaborati:

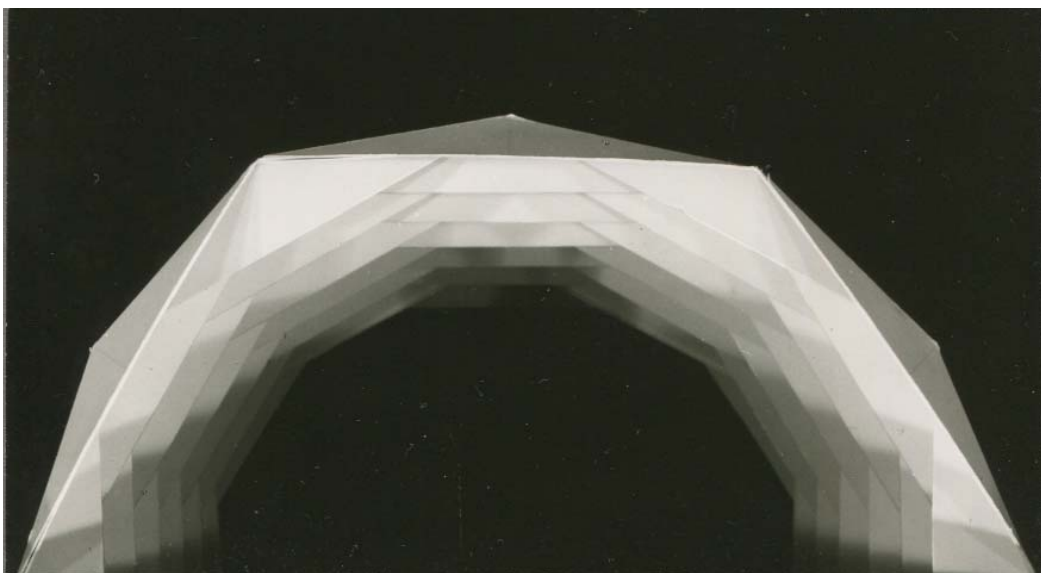
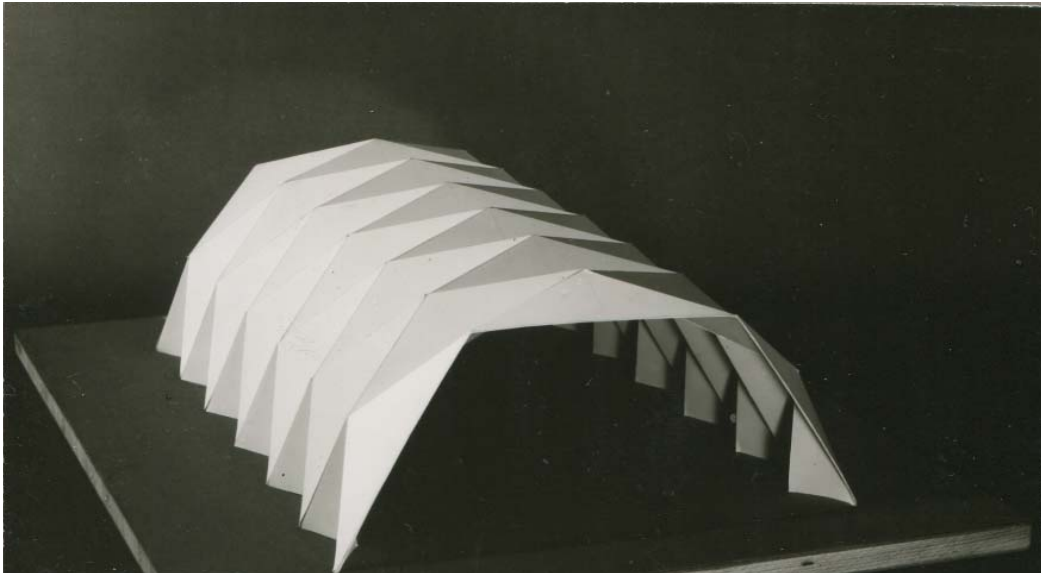
Vista assonometrica, laterale e frontale del modello interpretativo

Supporto:

Fotografia

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



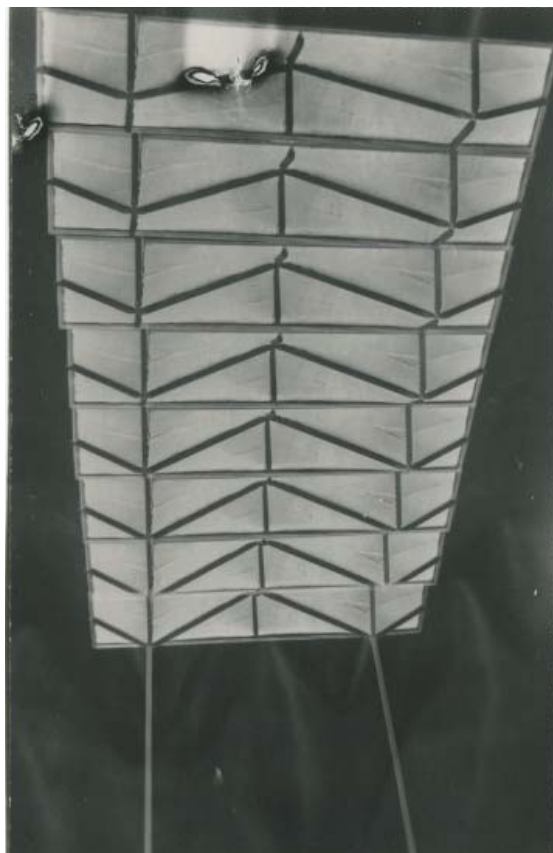
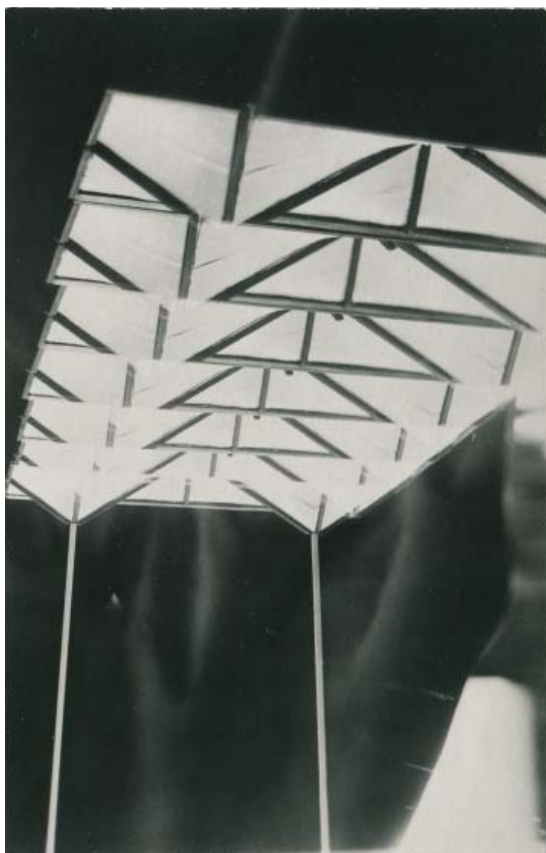


Immagine N. 1.66, N. 1.67, N. 1.68

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Paulus, fotografie del modello costruttivo del baldacchino su sostegni liberi (progetto 2)

Descrizione degli elaborati:

Vista assonometrica e dal basso del modello costruttivo del baldacchino su sostegni liberi (progetto 2).

Vista dal basso del singolo modulo che costituisce il baldacchino.

Supporto:

Fotografia

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



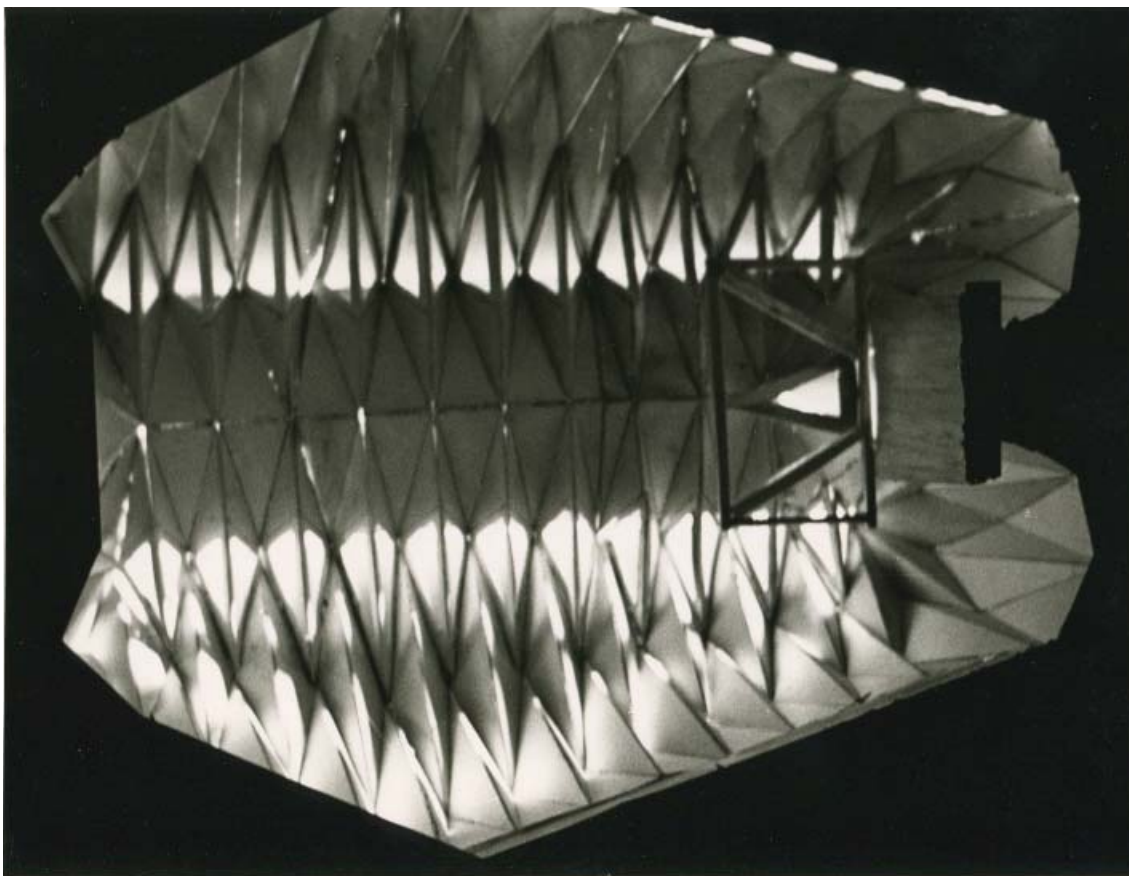


Immagine N. 1.69

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Paulus, fotografia del modello costruttivo.

Descrizione dell'elaborato:

Vista dal basso del modello costruttivo dell'intero sviluppo della struttura corrugata.

Supporto:

Fotografia

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

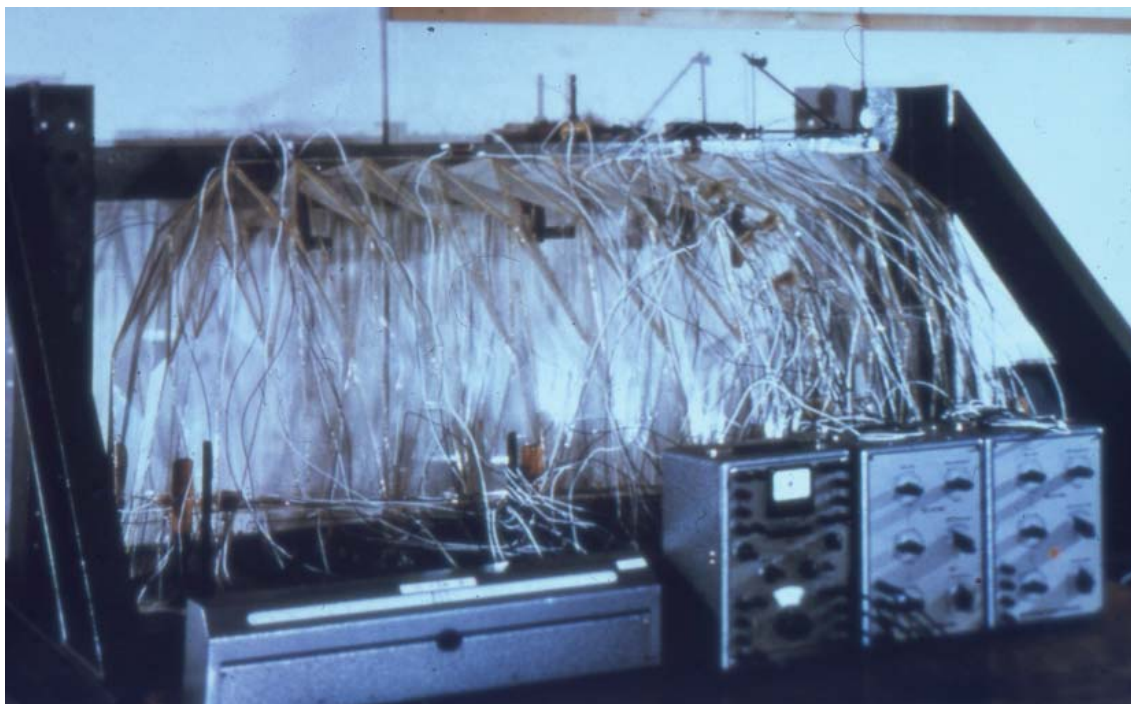


Immagine N. 1.69, N. 1.70, N. 1.71, N. 1.72

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Paulus, fotografie d'epoca su diapositive

Descrizione degli elaborati:

Vista del modello in vetro acrilico utilizzato per effettuare i calcoli sperimentali sull'edificio religioso.

Vista di dettaglio del modello in vetro acrilico.

Vista di dettaglio del modello in vetro acrilico.

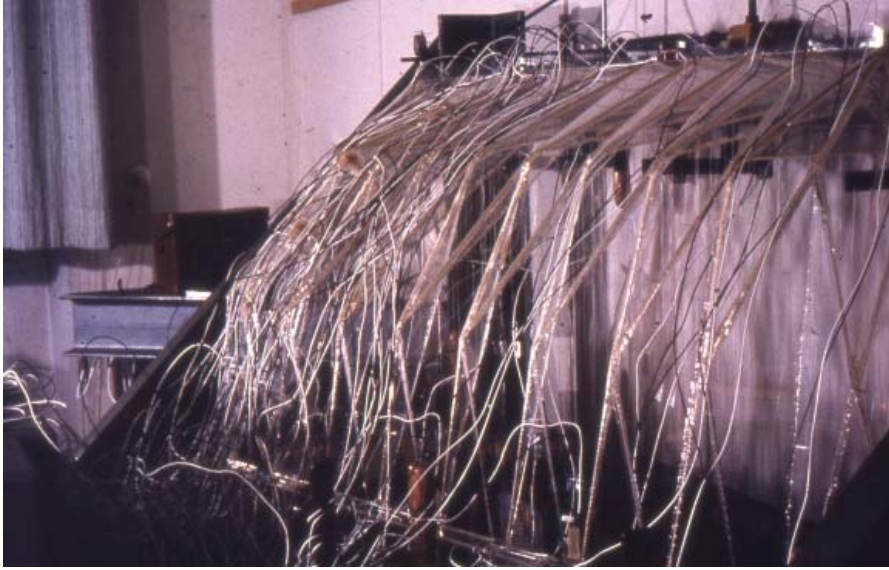
Vista di dettaglio del modello in vetro acrilico.

Supporto:

Diapositive

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Identikit del caso studio

<i>Denominazione edificio religioso:</i> Kirche St. Mariä Himmelfahrt	<i>Esecuzione:</i> Arthur Simon Baugesellschaft mbH, Köln
<i>Luogo:</i> Düsseldorf-Erkrath-Unterbach	<i>Data completamento:</i> 1964
<i>Committente:</i> Kath. Kirchengemeinde	<i>Caratteristiche del progetto:</i> Quattro gusci hypar su pianta a parallelogramma di 4 cm di spessore. Anche la lanterna è costituita da quattro gusci hypar.
<i>Progettazione architettonica:</i> Josef Lehmbruck	
<i>Progettazione strutturale:</i> Stefan Polónyi	

Fonte:

Polónyi, S. (2003). Sakralbauten. In S. Polónyi, & W. Walochnik, *Architekture und Tragwerk* (p. 211). Berlin: Ernst & Sohn.

Immagine di copertina

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt

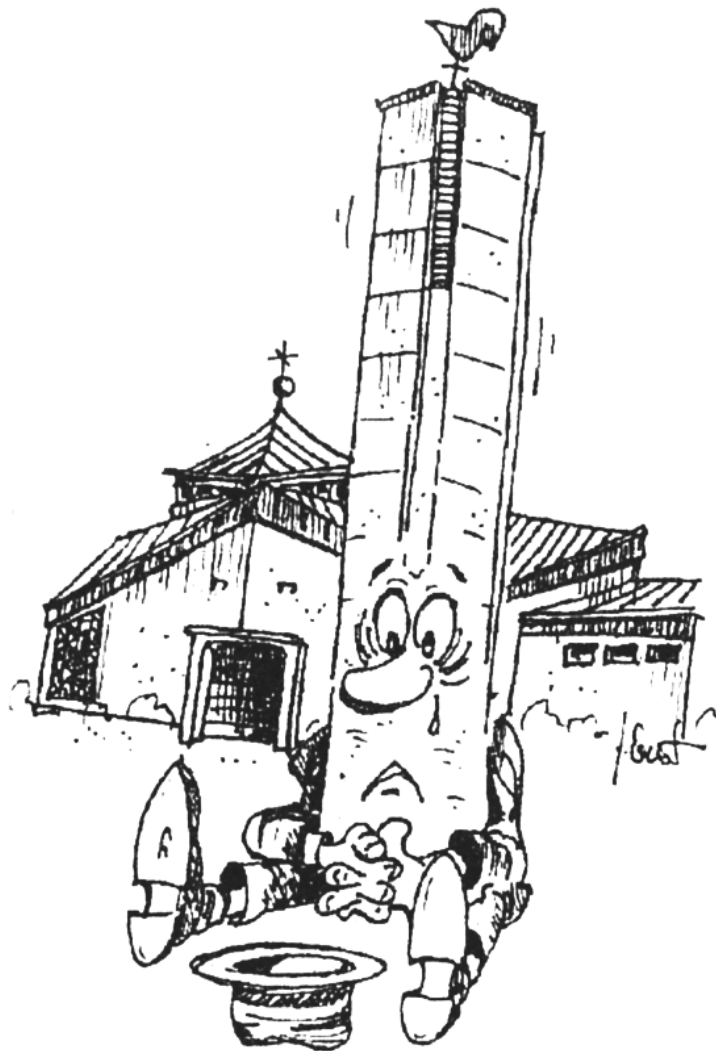
Descrizione degli elaborati:

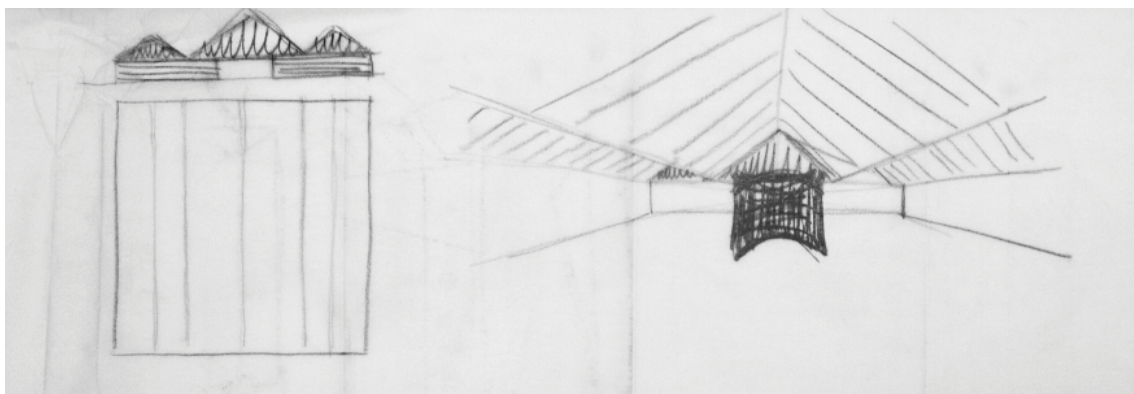
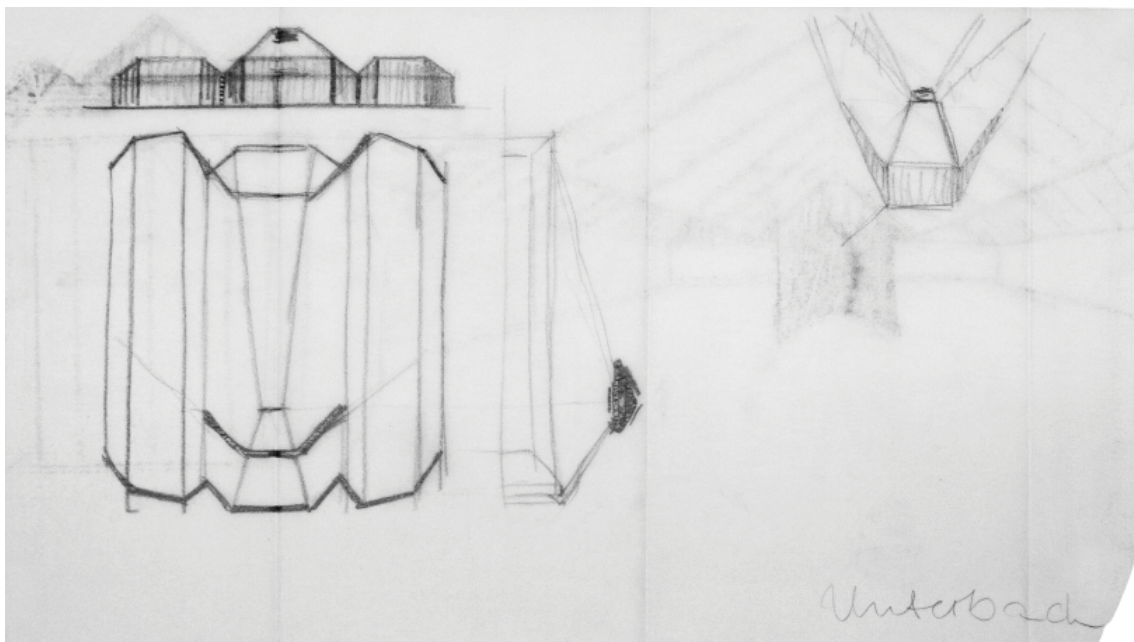
Disegno personificato dell'edificio religioso nell'atto di chiedere l'elemosina. Questo schizzo indica quanto la comunità religiosa si identifichi con l'edificio religioso che la accoglie e la riunisce.

Fonte:

Opuscolo della chiesa

2. Caso studio: ST. MARIÄ HIMMELFAHRT, Düsseldorf-Unterbach, 1963-64





Immagini N. 2.01, N. 2.02, N. 2.03, N. 2.04, N. 2.05, N. 2.06, N. 2.07

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt, schizzi preliminari

Descrizione degli elaborati:

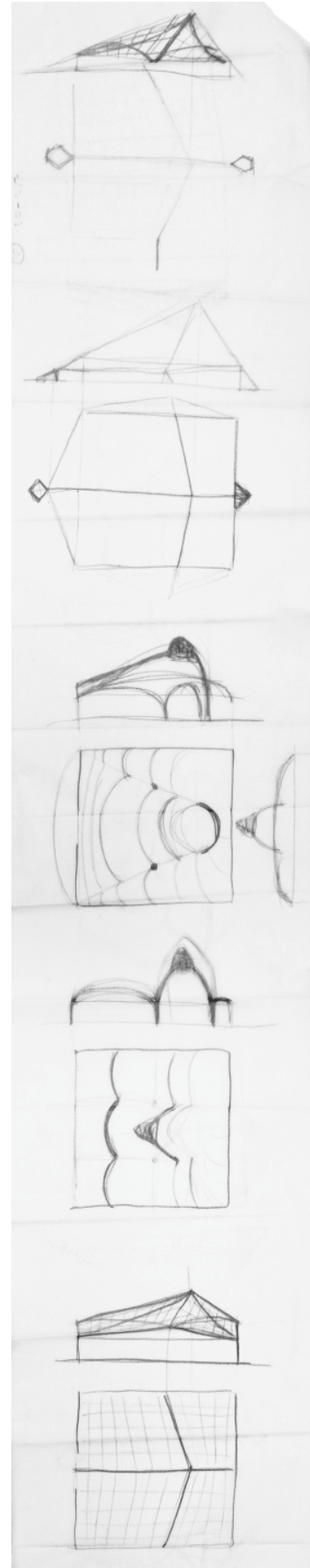
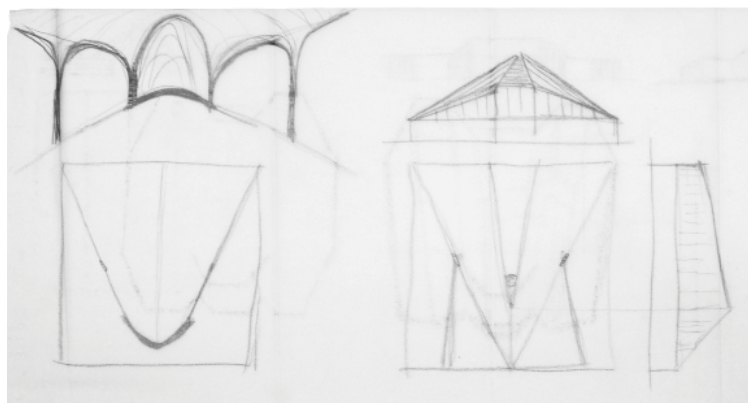
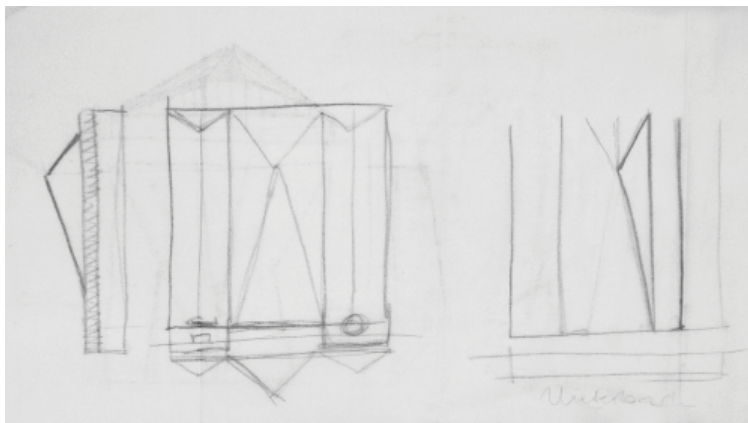
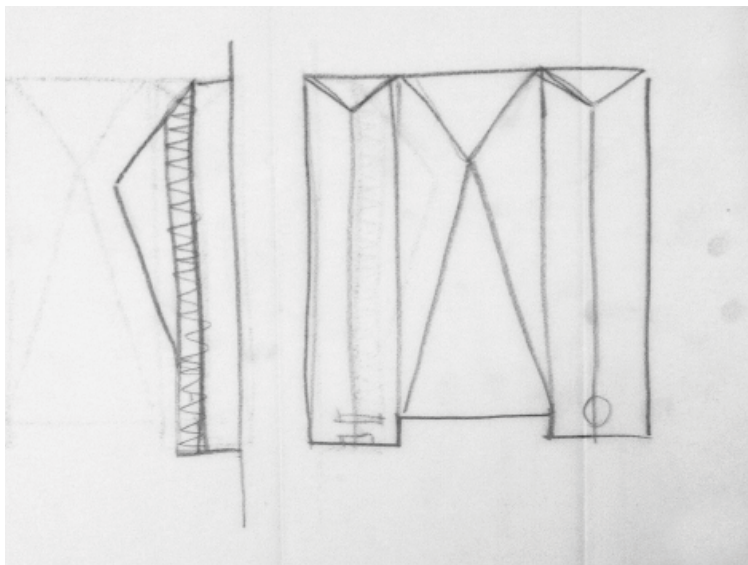
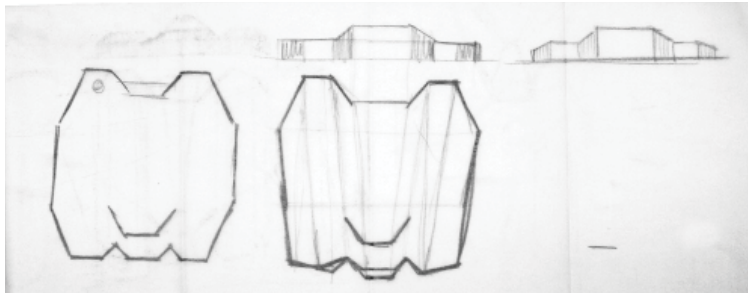
Schizzi della struttura della chiesa, disegni a mano libera

Supporto:

Carta da lucido

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



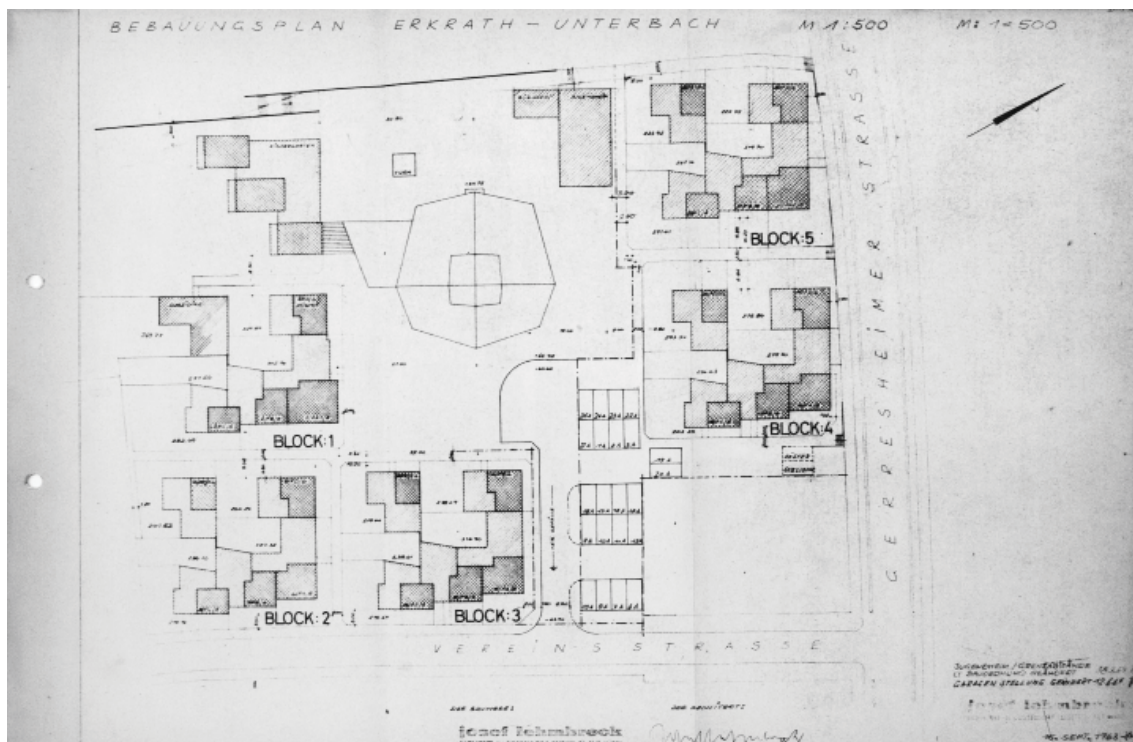


Immagine N. 2.08

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt, planimetria d'insieme

Descrizione dell'elaborati:

Planimetria generale dell'intervento realizzato a Düsseldorf-Unterbach da Josef Lehmbrock.

Autore:

Josef Lehmbrock

Supporto:

Cartaceo

Data:

15/09/1963

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

560

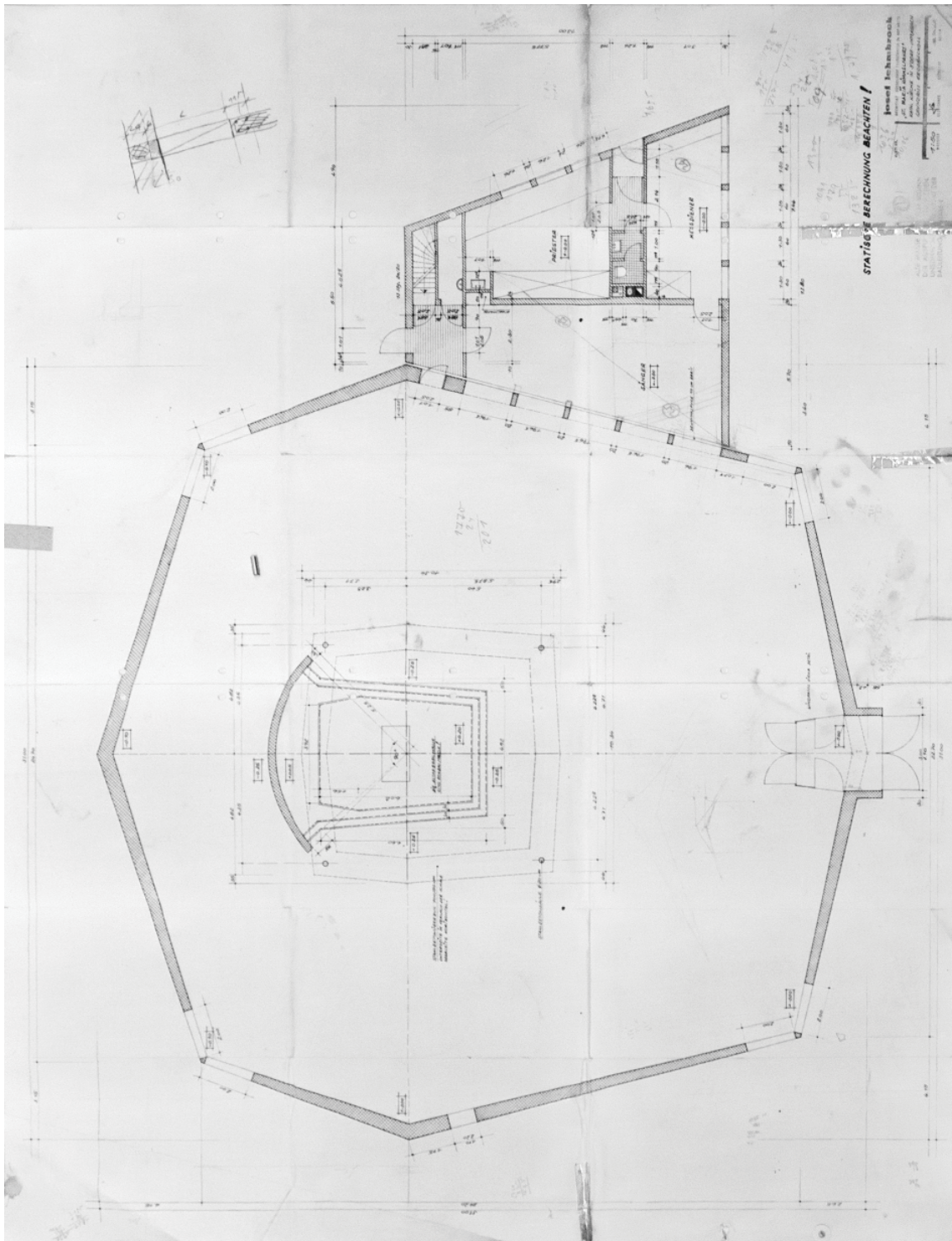


Immagine N. 2.09

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Mariä Himmelfahrt, disegno tecnico

Descrizione degli elaborati: Planimetria della chiesa in una versione molto prossima al progetto definitivo.

Autore: Disegno di J. Lehmbrock con appunti di S. Polónyi.

Supporto: Cartaceo di grande formato *Fonte:* Dortmund, A:Al

Immagine N. 2.10

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt, progetto preliminare

Descrizione dell'elaborati:

Pianta, prospetti e sezioni della struttura in calcestruzzo armato della chiesa. In questo progetto preliminare non è prevista la lanterna.

Autore:

Ingenieurbüro Polónyi

Supporto:

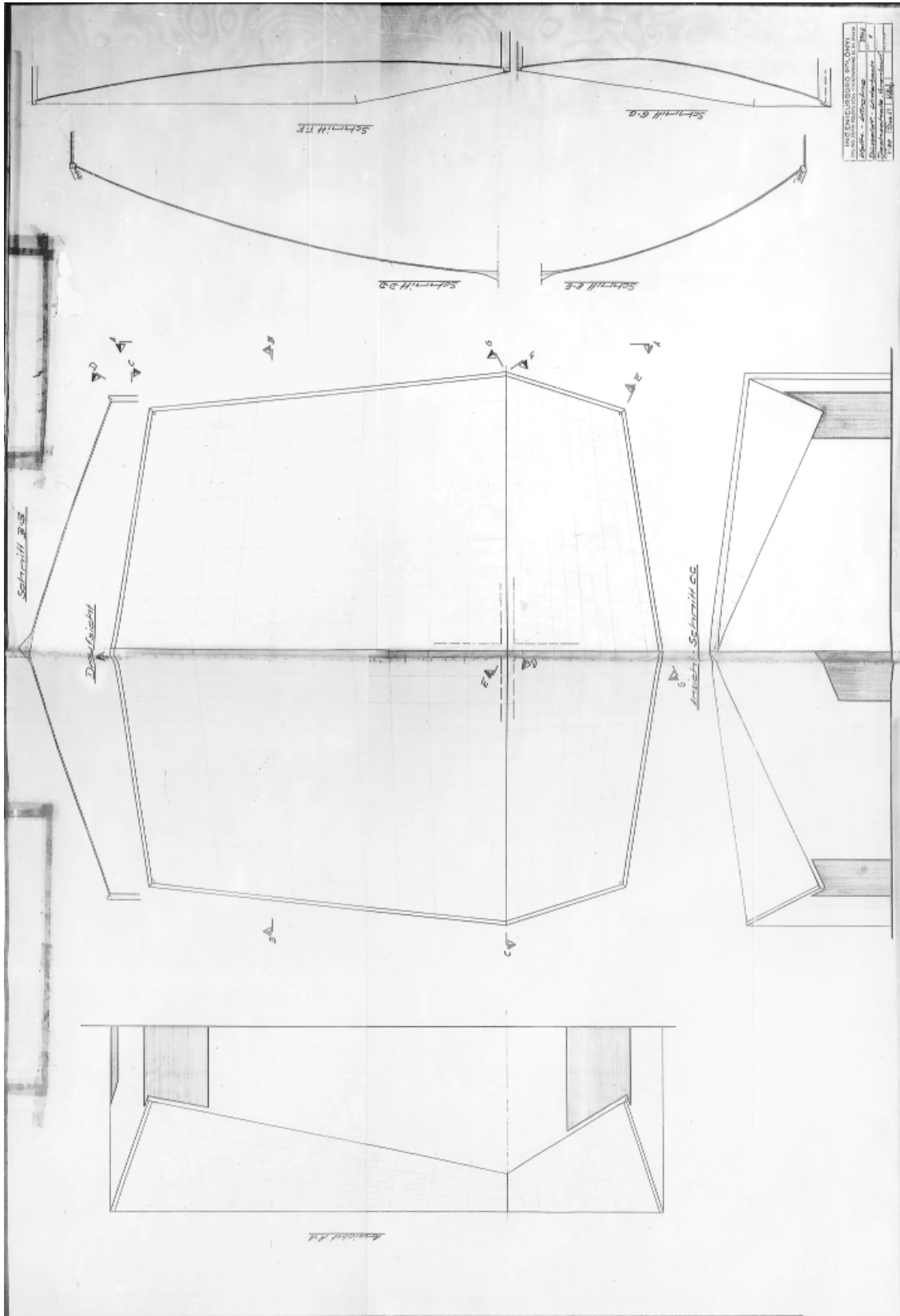
Microfiche

Data:

Dicembre 1961

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



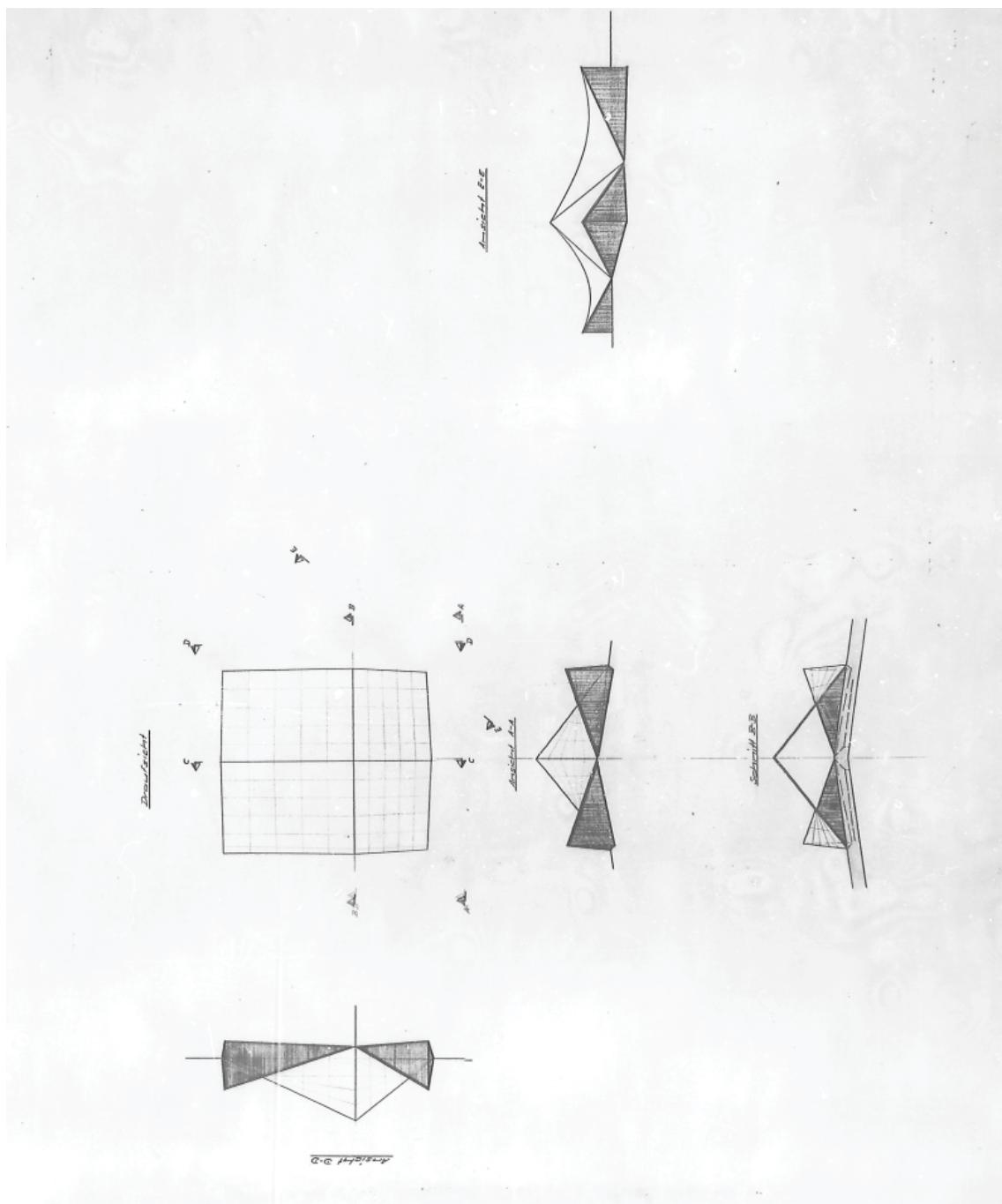


Immagine N. 2.11

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Mariä Himmelfahrt, proposta progettuale

Descrizione degli elaborati: Proposta progettuale per la realizzazione del lucernario

Autore: Ingenieurbüro Polónyi

Supporto: Microfiche

Data: Dicembre 1961

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

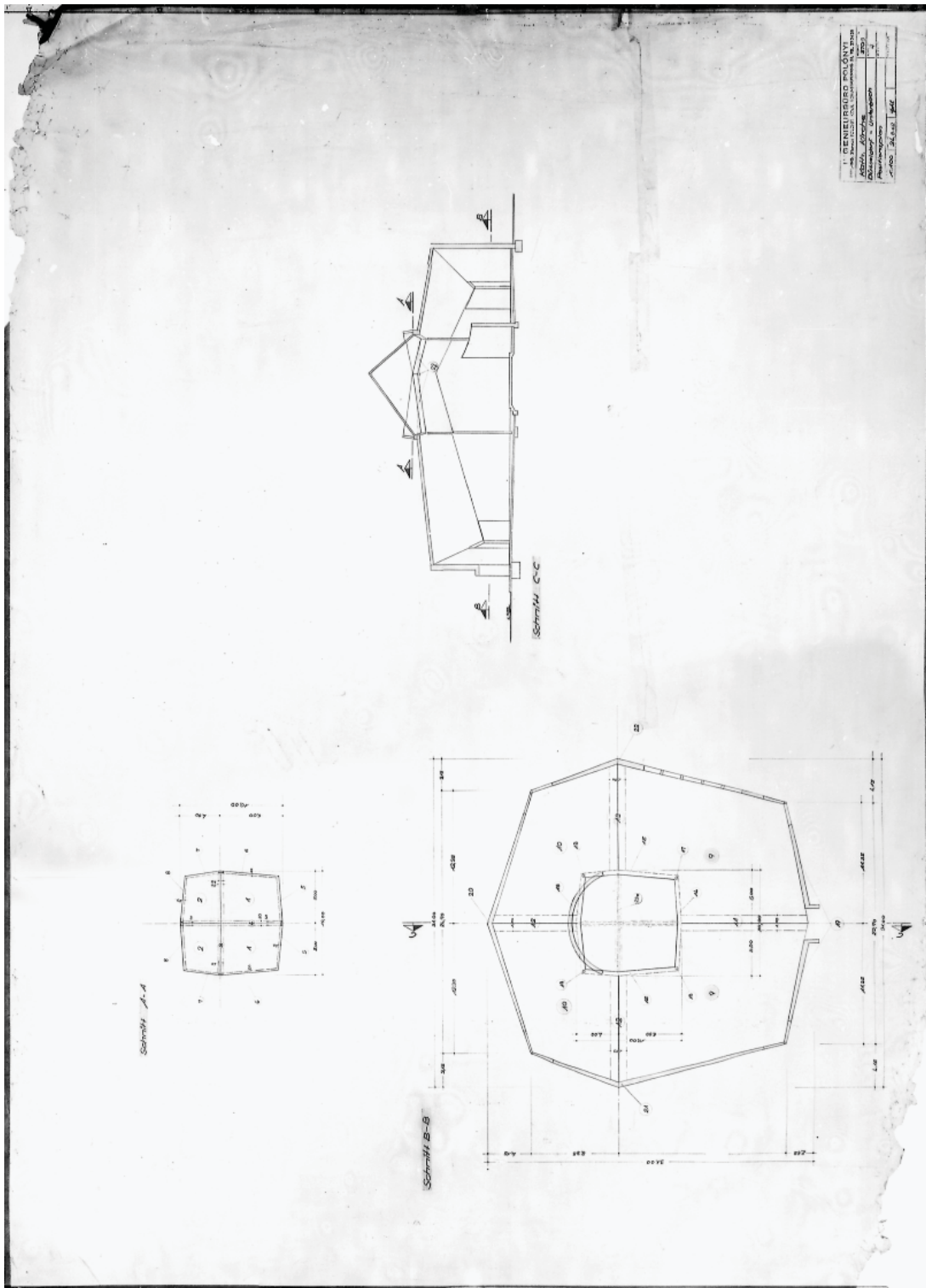


Immagine N. 2.12

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Mariä Himmelfahrt, proposta progettuale

Descrizione degli elaborati: Proposta progettuale per l'aula liturgica.

Autore: Ingenieurbüro Polónyi

Supporto: Microfiche

Data: 24/08/1962

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

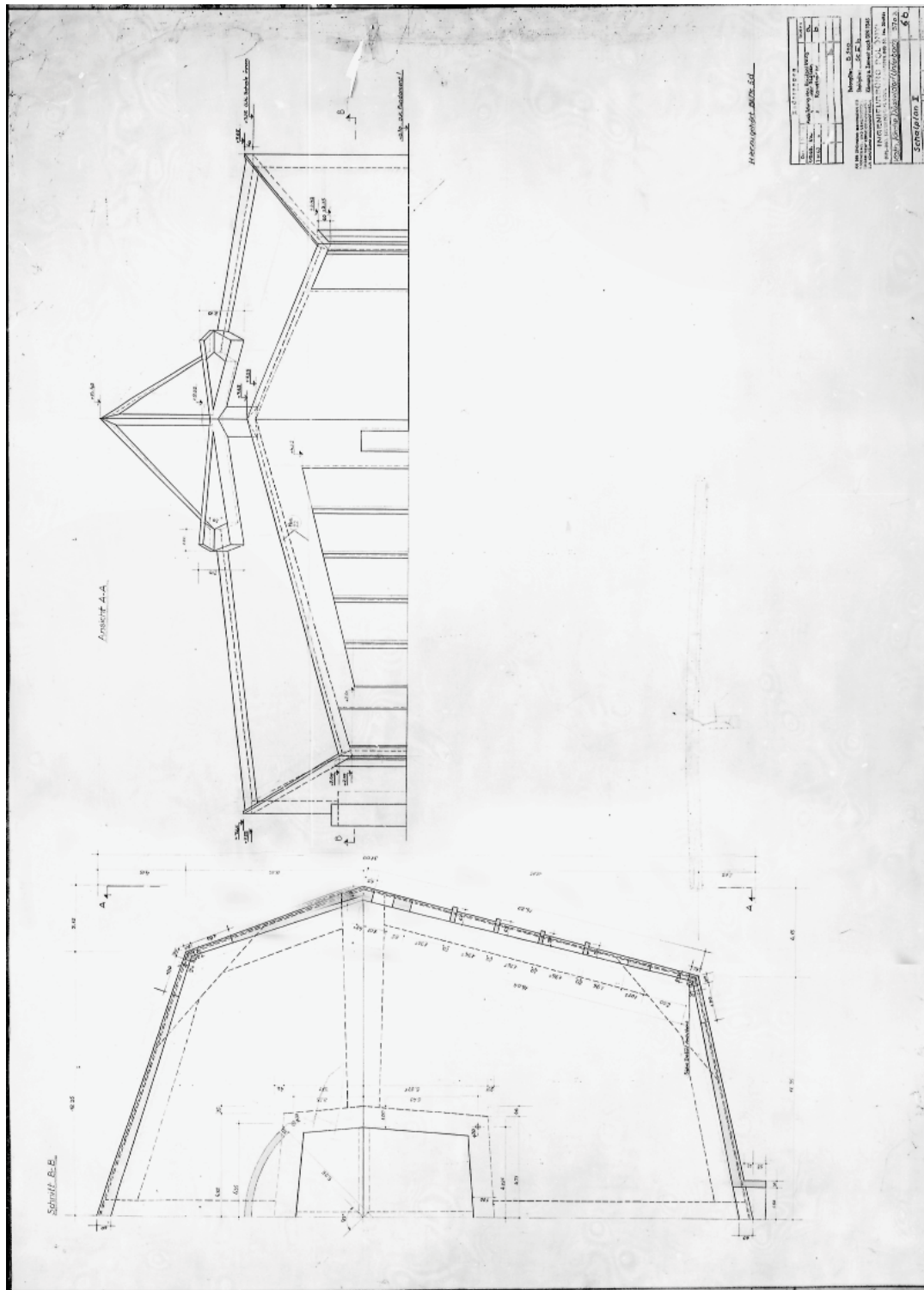


Immagine N. 2.13

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Mariä Himmelfahrt, disegno tecnico

Descrizione degli elaborati: Pianta e sezione trasversale della struttura in calcestruzzo armato della chiesa.

Autore: Ingenieurbüro Polónyi

Supporto: Microfiche

Data: 17/01/1963

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

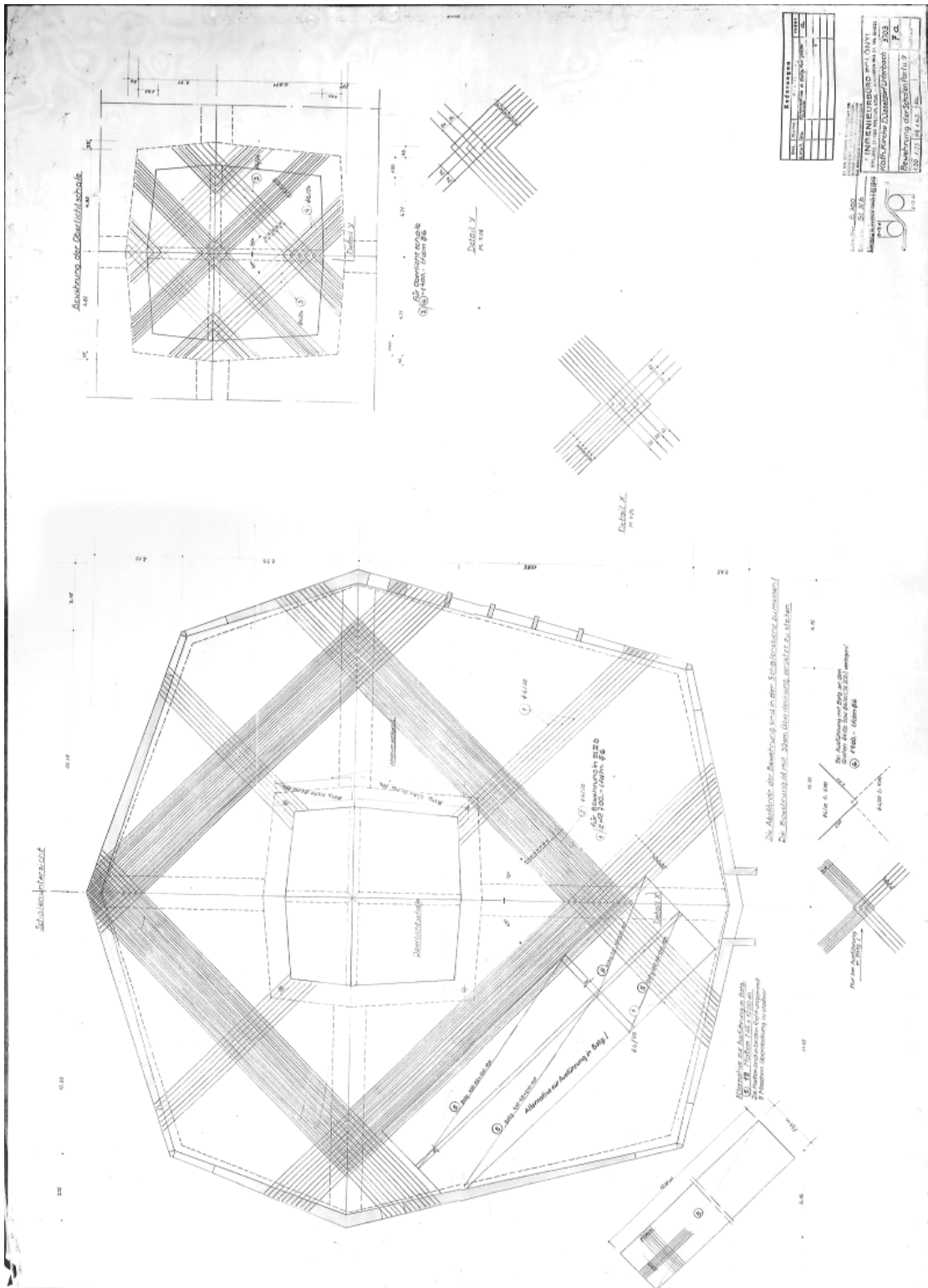


Immagine N. 2.14

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Mariä Himmelfahrt, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato: Dettaglio delle armature del guscio e della lanterna.

Autore: Ingenieurbüro Polónyi

Supporto: Microfiche

Data: 29/01/1963

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagine N. 2.15

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborati:

Pianta, prospetti e sezioni della struttura in calcestruzzo armato dei muri perimetrali che costituiscono l'aula liturgica. Disegno di dettaglio delle armature.

Autore:

Ingenieurbüro Polónyi

Supporto:

Microfiche

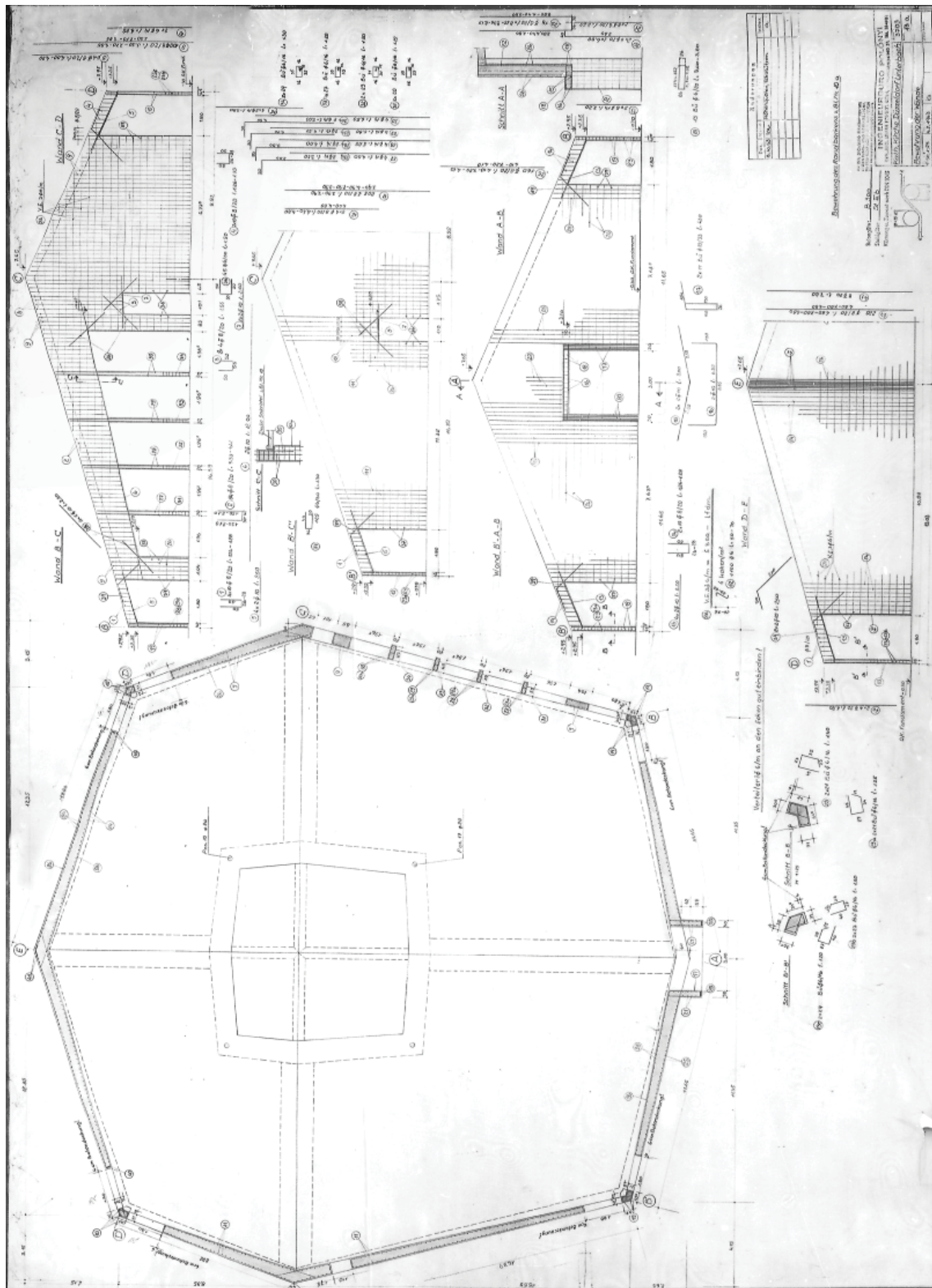
Data:

04/02/1963

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

568



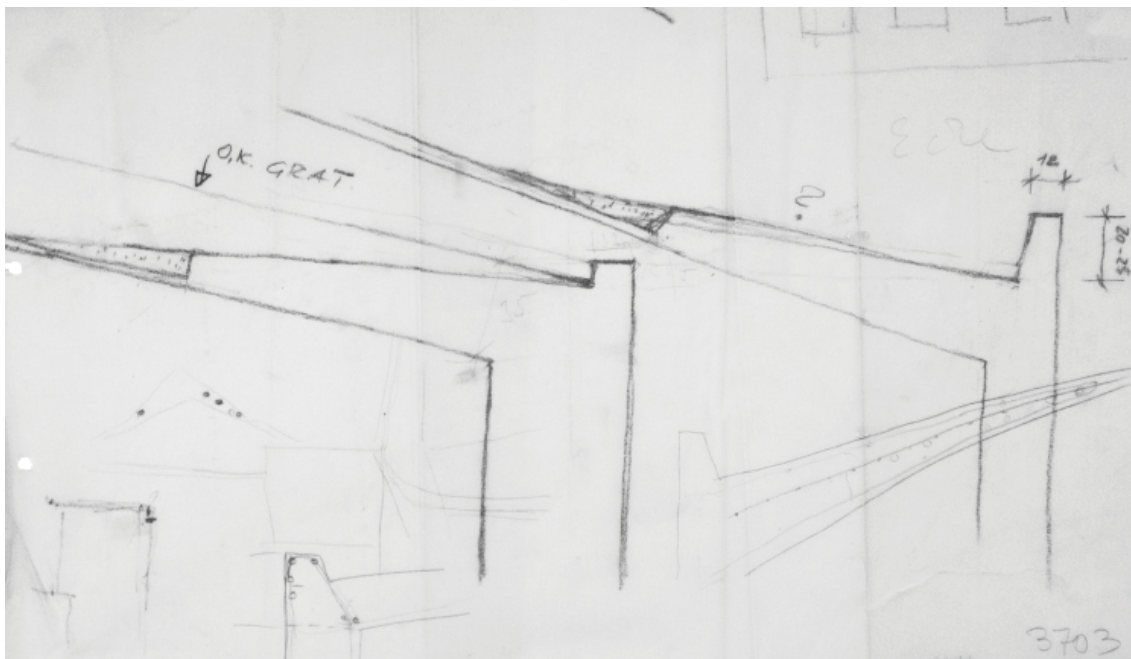


Immagine N. 2.16

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Mariä Himmelfahrt, schizzo di studio

Descrizione degli elaborati: Schizzo della geometria del rinforzo angolare posto in intradosso al guscio, disegni a mano libera.

Supporto: Carta da lucido

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagine N. 2.17

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Mariä Himmelfahrt, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborati: Dettaglio della geometria del rinforzo angolare posto in intradosso al guscio e delle armature ivi contenute.

Autore: Ingenieurbüro Polónyi

Supporto: Microfiche

Data: 11/12/1963

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagini N. 2.18, N. 2.19, N. 2.20

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt, disegni tecnici

Descrizione degli elaborati:

Dettaglio della geometria delle travi di rinforzo del guscio e delle armature ivi contenute.

Sezione di dettaglio della copertura che mostra le travi di rinforzo del guscio e le relative armature.

Pianta, e sezioni di dettaglio delle travi di bordo della lanterna.

Autore:

Ingenieurbüro Polónyi

Supporto:

Microfiche

Data:

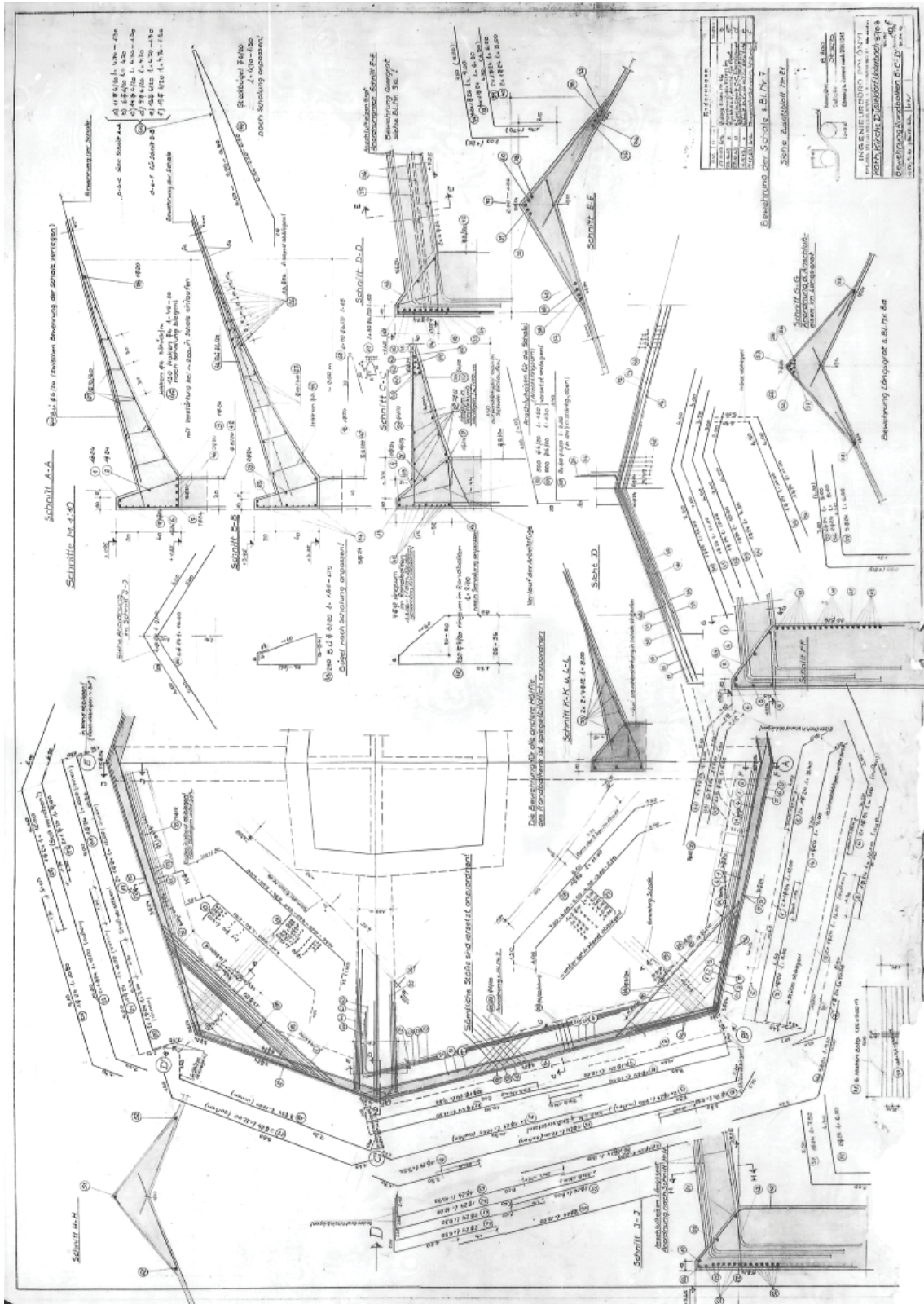
16/10/1963

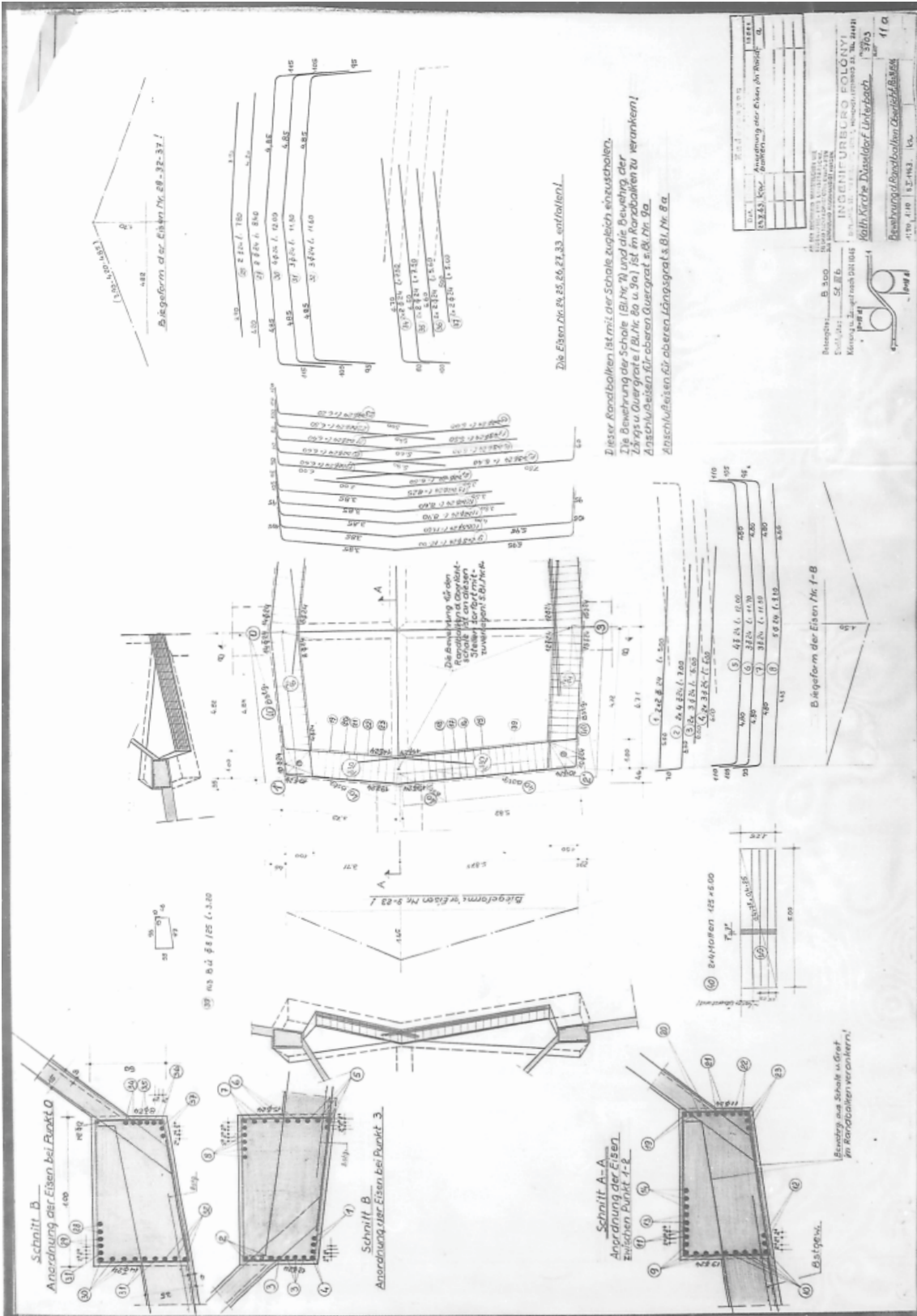
25/01/1963

05/02/1963

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW





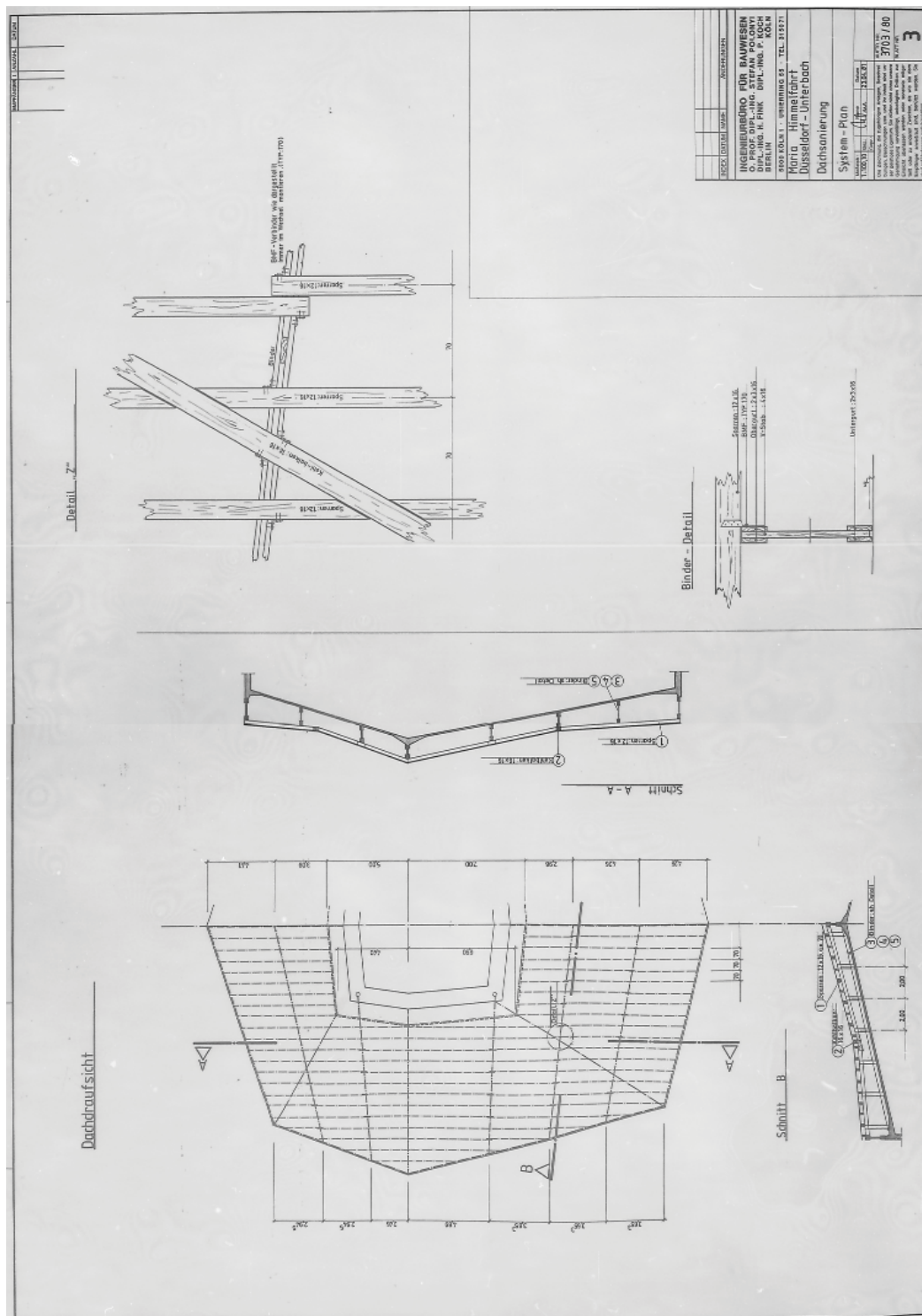


Immagine N. 2.21

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Mariä Himmelfahrt, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato: Pianta, sezioni e dettagli della struttura in legno della copertura della chiesa.

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: Polónyi, Fink, Koch

Supporto: Microfiche

Data: 18/03/1981

Fonte: Dortmund, A:Al

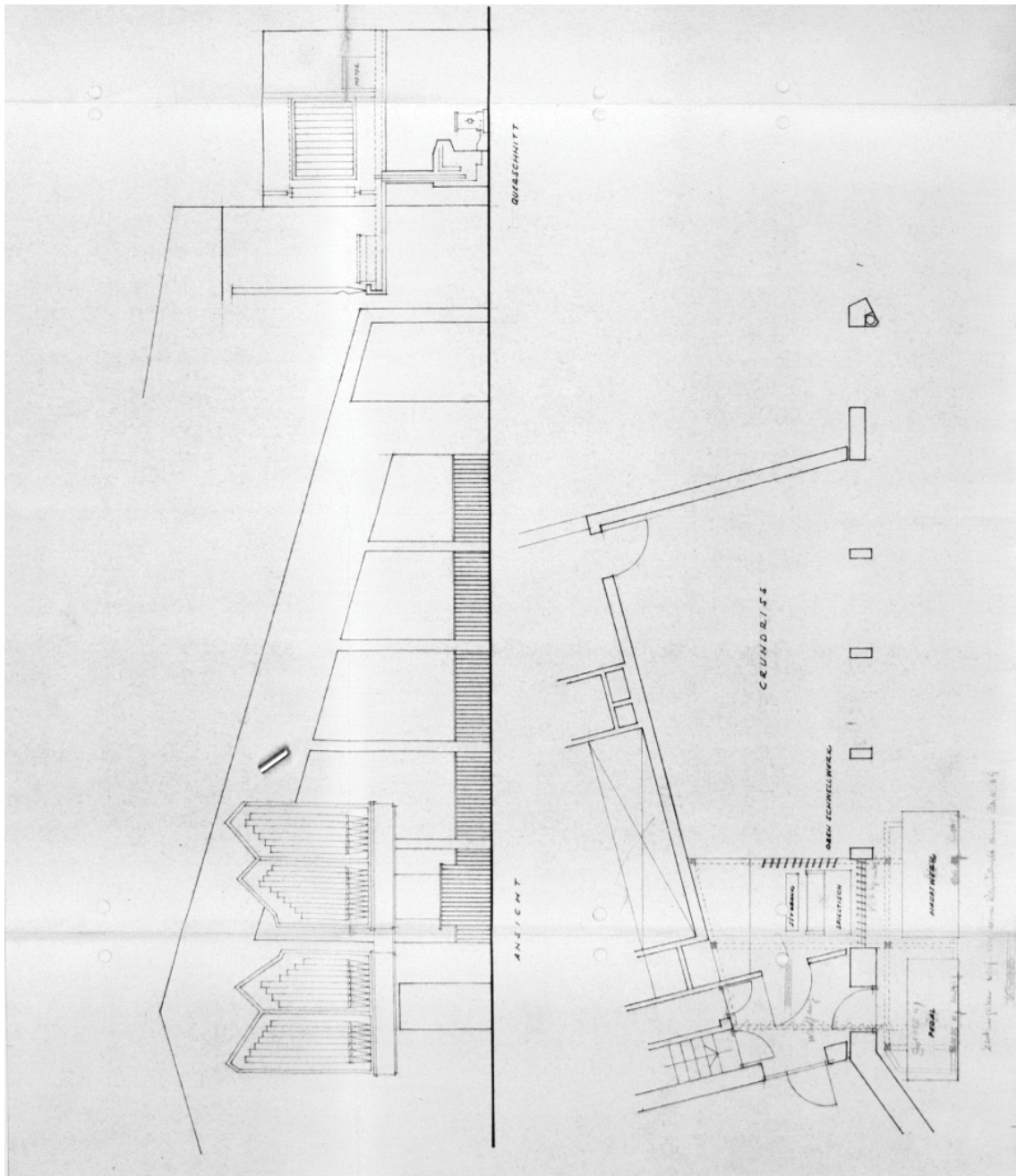


Immagine N. 2.23

Oggetto dell'elaborato:
Kirche St. Mariä Himmelfahrt, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato:
Disegni di Josef Lehmbruck della soluzione adottata per l'organo. Prima elaborazione corredata di planimetria.

Autore: Josef Lehmbruck

Supporto: Cartaceo di grande formato

Data: 19/09/1966

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

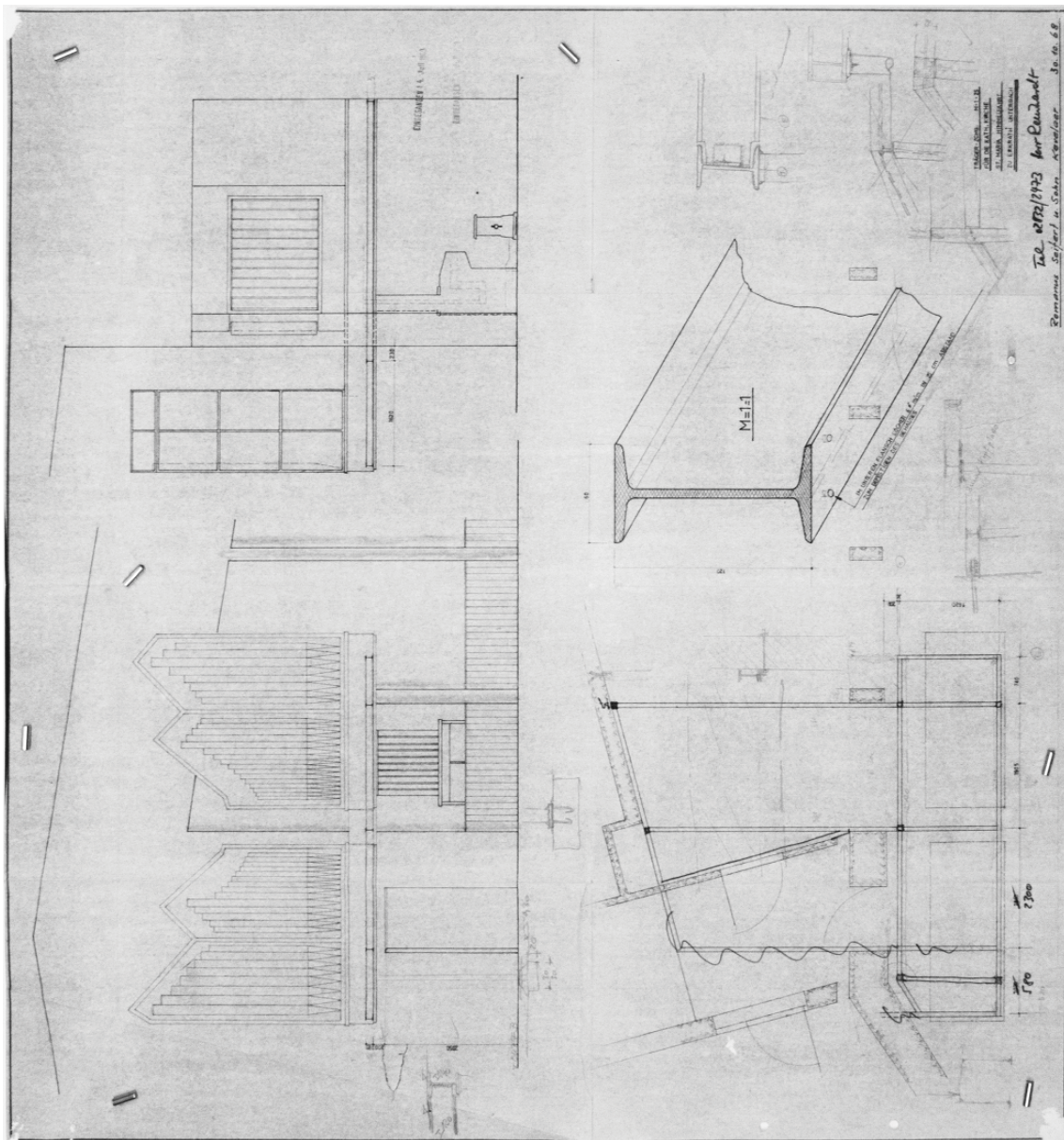


Immagine N. 2.24

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato:

Soluzione adottata per l'organo. Fase progettuale avanzata con note di correzione sulla tavola.

Supporto:

Cartaceo di grande formato

Data:

30/10/1969

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

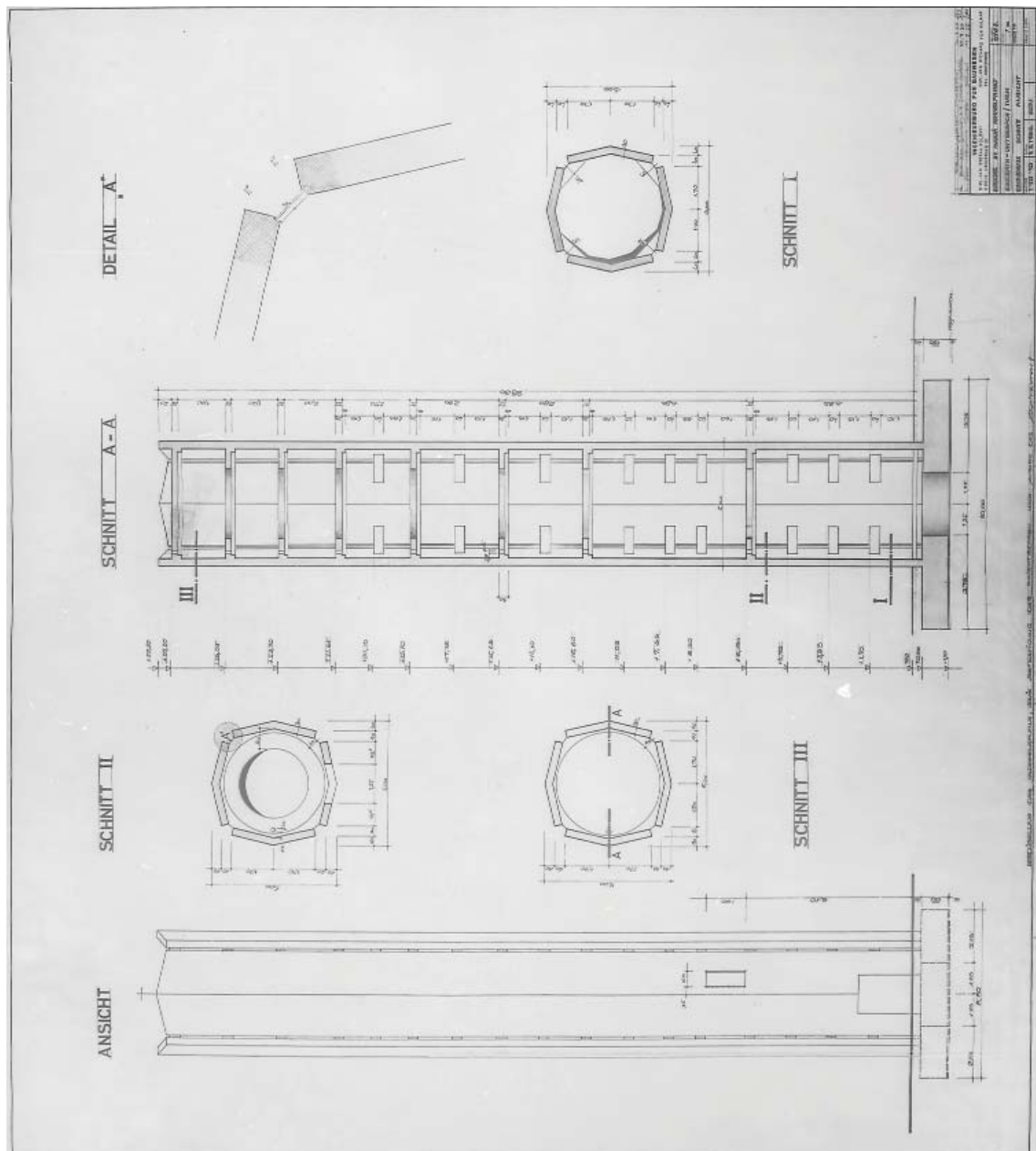


Immagine N. 2.25

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborati:

Piante, prospetto e sezione della torre.

Autore:

Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche

Data: 09/05/1966, e successive modifiche risalenti al 30/07/1966, 11/08/1966 e 30/09/1966

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

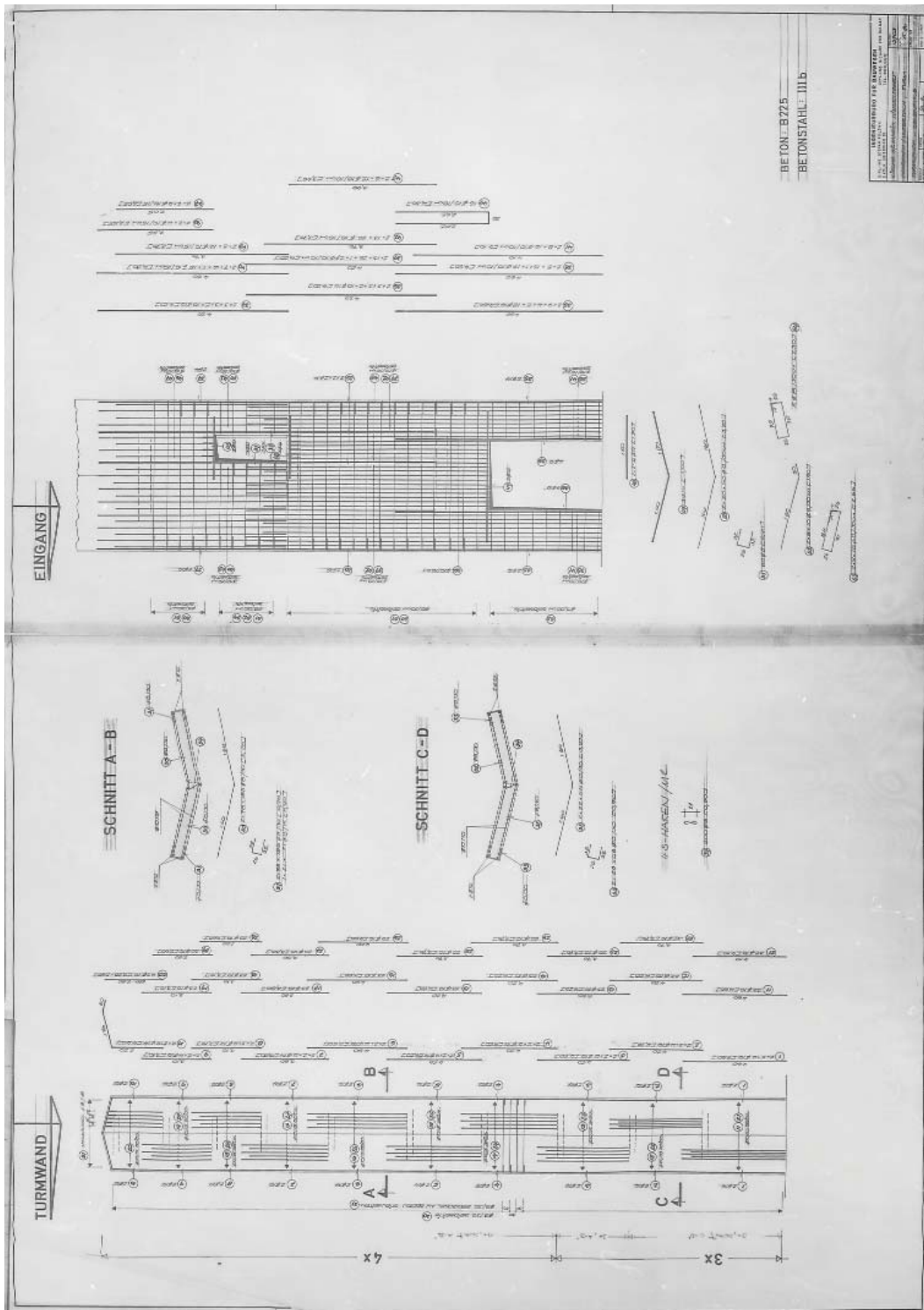


Immagine N. 2.26

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Mariä Himmelfahrt, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborati: Pianta, prospetti e sezioni dei muri perimetrali che costituiscono la torre. Disegno di dettaglio delle armature.

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche

Data: 21/05/1966

Fonte: Dortmund, A:AI

Immagine N. 2.27

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt, disegno tecnico

Descrizione degli elaborati:

Disegni di Josef Lehmbruck della soluzione adottata per il collegamento verticale della torre. Si noti che la presente tavola, realizzata in data 30/05/1966, è successiva a all'immagine n. 5.25 in cui la planimetria della torre risulta più ampia e distante dalla geometria di un ottagono regolare.

Autore:

Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto:

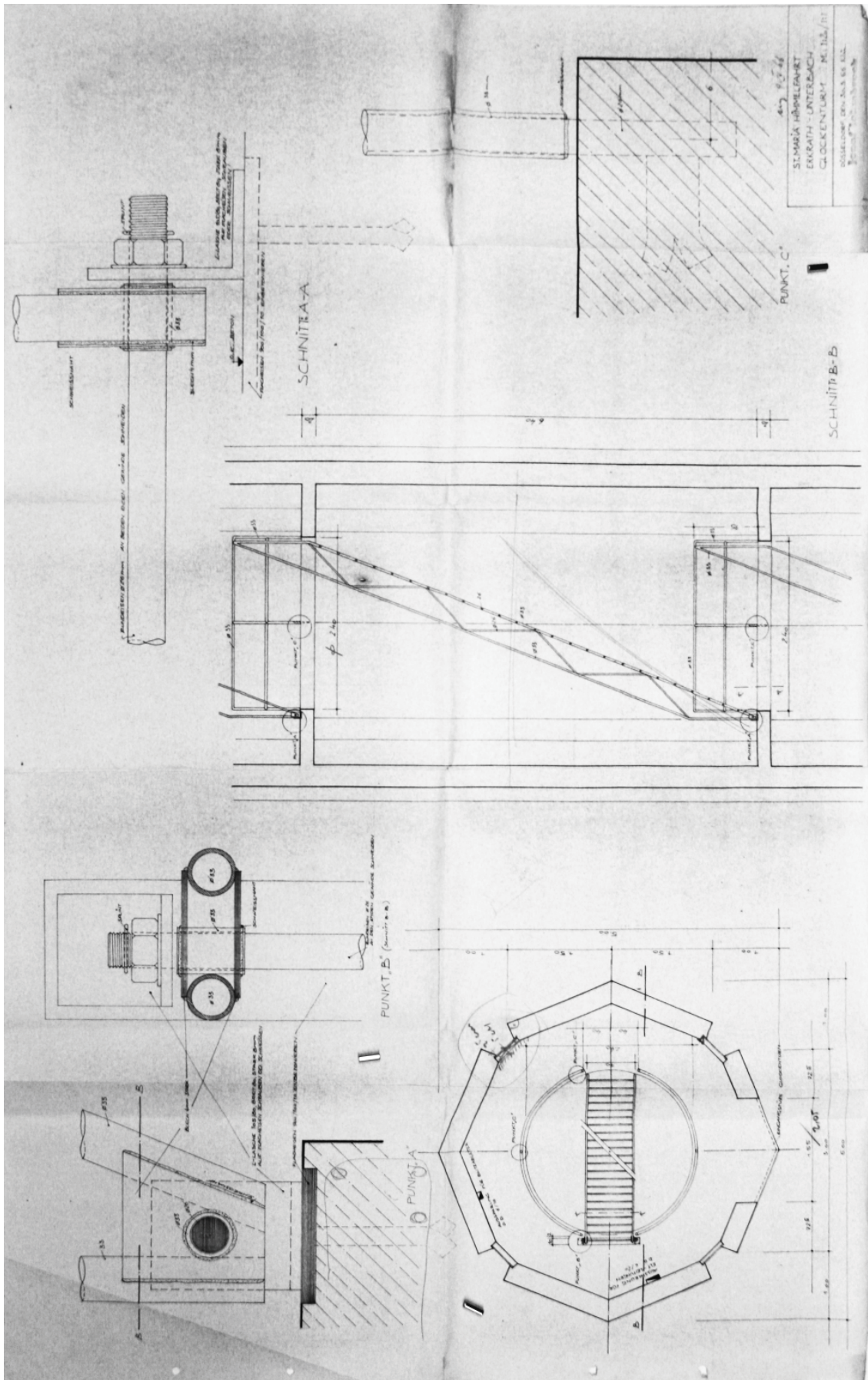
Cartaceo di grande formato

Data:

21/05/1966

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW





Immagini N. 2.28

Oggetto dell'elaborato:
Kirche St. Mariä Himmelfahrt, fotografie d'epoca

Descrizione dell'elaborato:
Vista del sagrato. La foto permette di evidenziare la relazione fra la posizione della torre, la chiesa, e gli altri ambienti del complesso parrocchiale.

Supporto:
Diapositiva

Fonte:
Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagine N. 2.29, N. 2.30

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati:

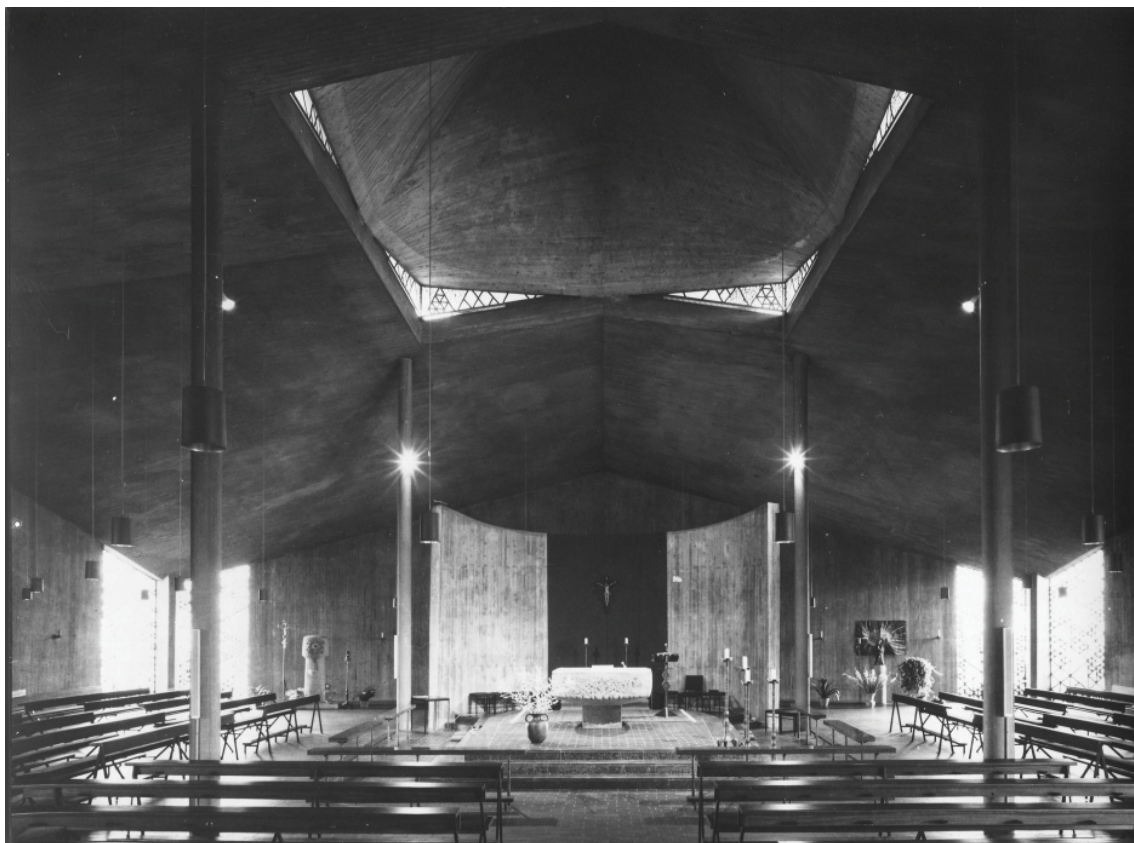
Viste della torre.

Supporto:

Diapositive

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagini N. 2.31, N. 2.32

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati:

Vista dello spazio interno dell'edificio religioso generato dalla forma della copertura.

Autore:

Copyright by Beton-Verlag GmbH, Fotograf Rudolf Menk

Supporto:

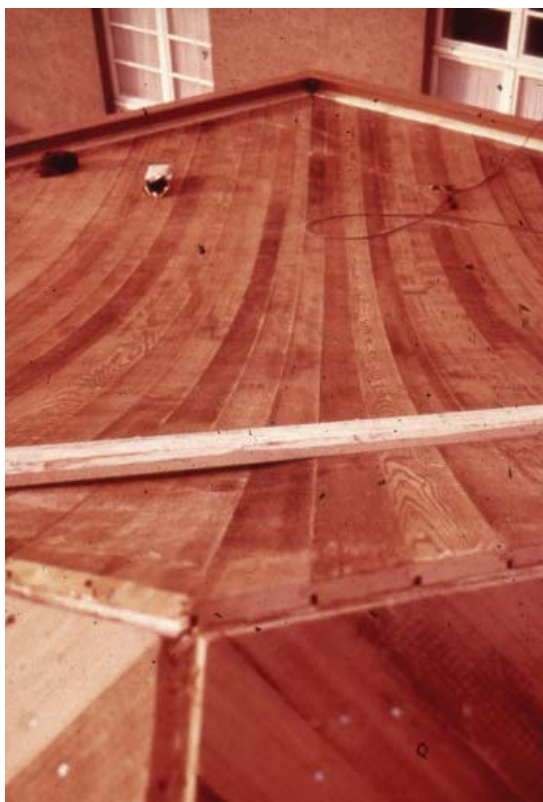
Fotografie

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

586





Immagini N. 2.33, N. 2.34, N. 2.35, N. 2.36

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati:

Realizzazione della cassaforma lignea per la realizzazione della copertura.

Supporto:

Diapositive

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

588



Immagine N. 2.37, N. 2.38, N. 2.39

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati:

Realizzazione della cassaforma lignea per la realizzazione della copertura.

Supporto:

Diapositive

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagini N. 2.40, N. 2.41, N. 2.42, N. 2.43, N. 2.44

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt, fotografie d'epoca della costruzione della chiesa.

Descrizione degli elaborati:

Posizionamento delle armature.

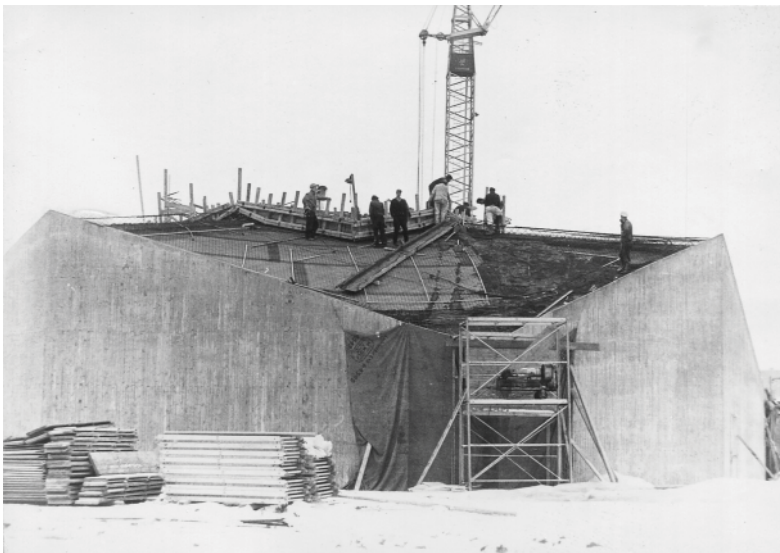
Getto del calcestruzzo.

Supporto:

Fotografie

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW





Immagini N. 2.45, N. 2.46, N. 2.47, N. 2.48, N. 2.49, N. 2.50

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Mariä Himmelfahrt, fotografie d'epoca della costruzione della chiesa.

Descrizione degli elaborati: Fasi della costruzione della copertura dell'edificio religioso.

Supporto: Fotografie *Fonte:* Dortmund, A:AI

Immagini N. 2.51, N. 2.52

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Mariä Himmelfahrt, fotografie d'epoca della costruzione della chiesa.

Descrizione degli elaborati: Fasi della costruzione della copertura dell'edificio religioso.

Autore: Photo Löffler, Köln-Sulz

Supporto: Fotografie *Fonte:* Dortmund, A:AI

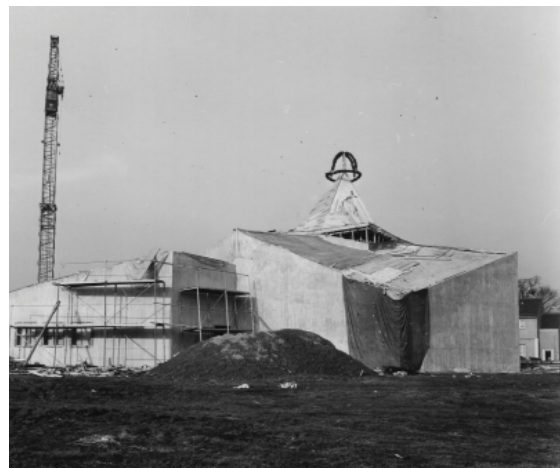




Immagine N. 2.53

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt, fotografie d'epoca della costruzione della chiesa.

Descrizione degli elaborati:

Fasi finali della costruzione dell'edificio religioso.

Supporto:

Diapositiva

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagine N. 2.54, N. 2.55, N. 2.56, N. 2.57

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Mariä Himmelfahrt, fotografie d'epoca della costruzione della chiesa.

Descrizione degli elaborati:

Fasi finali della costruzione dell'edificio religioso.

Autore:

Josef Lehmbruck

Supporto: Fotografie

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

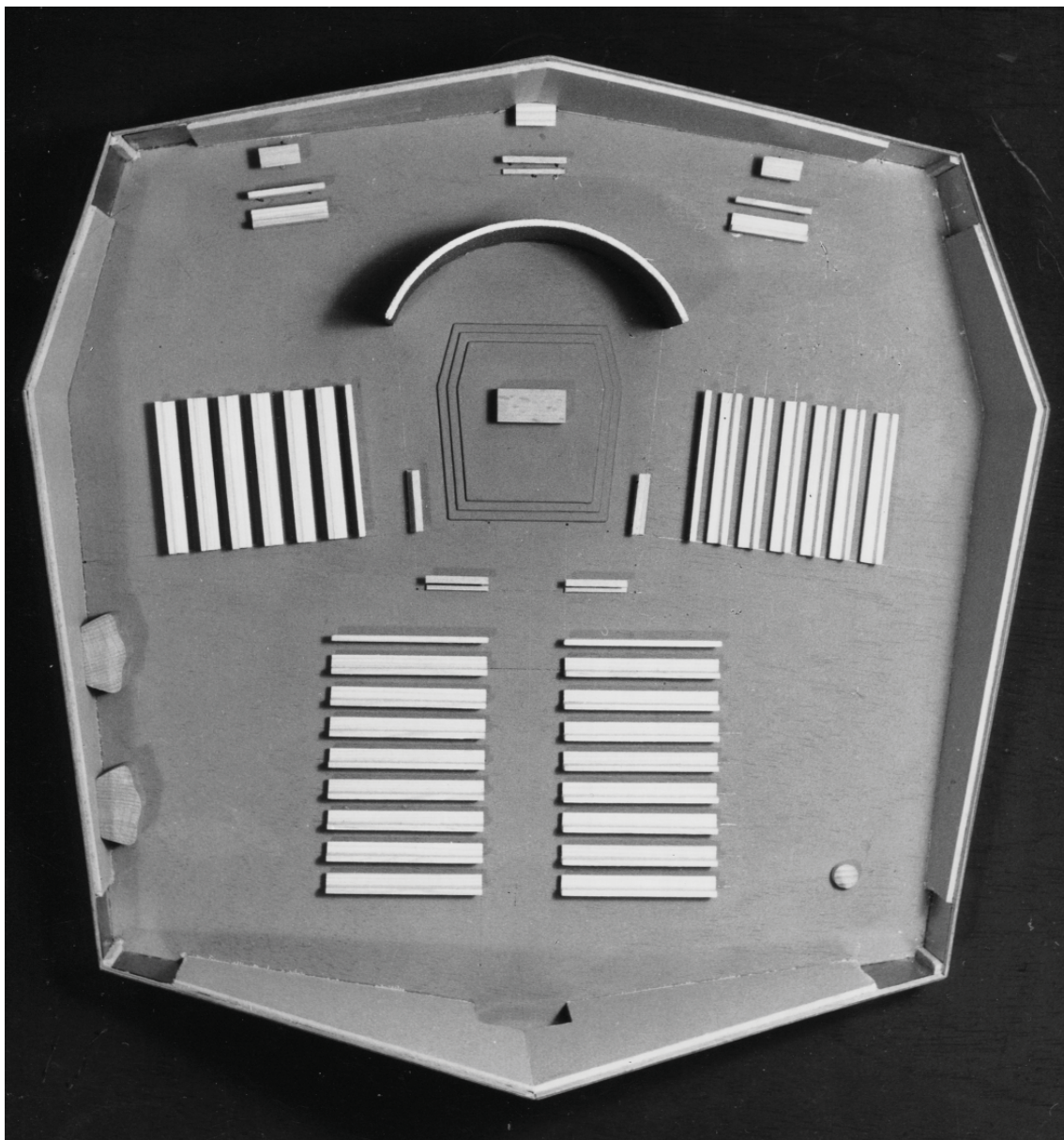


Immagine N. 2.58, N. 2.59, N. 2.60

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Mariä Himmelfahrt, modelli

Descrizione degli elaborati: Modello costruttivo della struttura

Supporto: Fotografie *Fonte:* Dortmund, A:AI

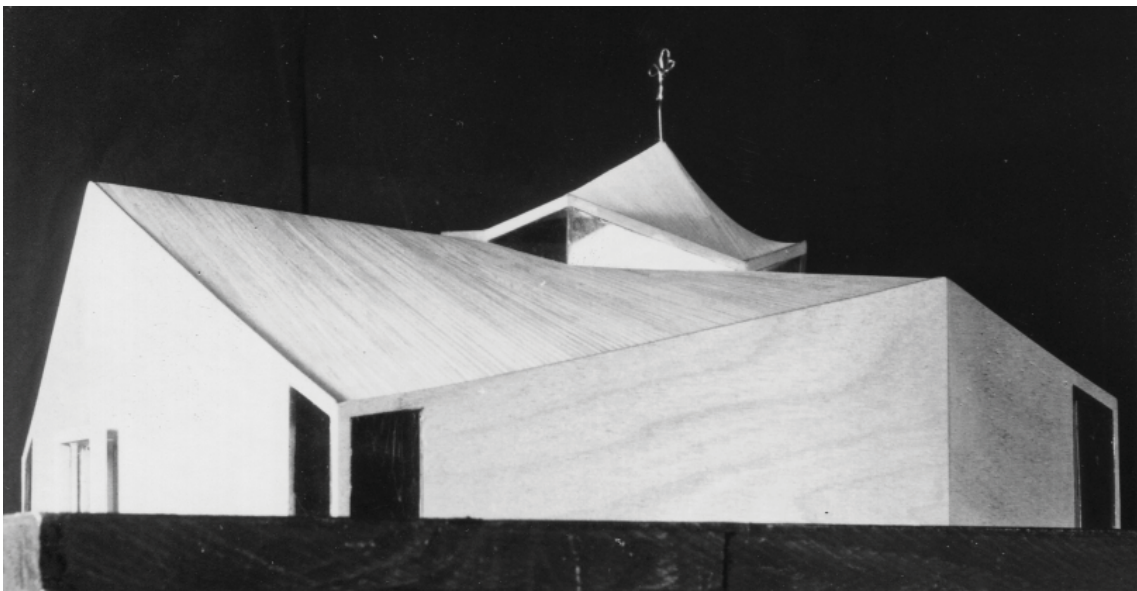
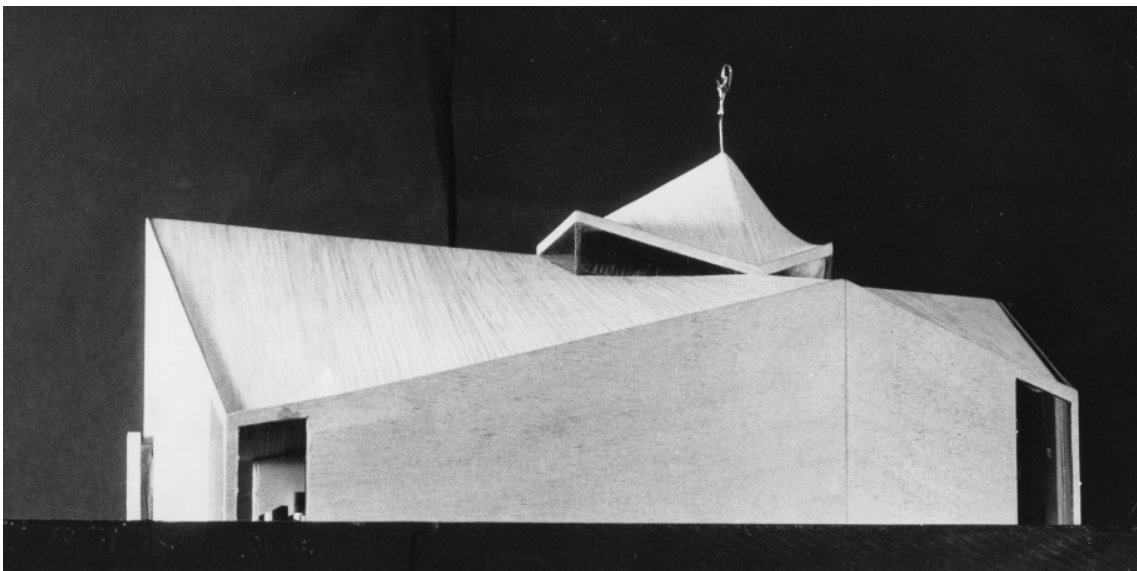
Immagine N. 2.61

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Mariä Himmelfahrt, modello

Descrizione degli elaborati: Modello costruttivo della struttura

Supporto: Fotografie *Autore:* Photo Löffler, Köln-Sulz

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Identikit del caso studio

<i>Denominazione edificio religioso:</i> Kirche St. Hedwig	<i>Esecuzione:</i> HUTA, Frankfurt/Main
<i>Luogo:</i> Oberursel/Taunus	<i>Data completamento:</i> 1964
<i>Committente:</i> Kath. Kirchengemeinde St. Hedwig, Oberursel	<i>Caratteristiche del progetto:</i> Guscio a fasce arcuate in calcestruzzo armato con andamento parabolico, larghe 4m con 7 cm di spessore ed una luce di 15m.
<i>Progettazione architettonica:</i> Heinz Günther, Frankfurt	
<i>Progettazione strutturale:</i> Stefan Polónyi	

Fonte:

Polónyi, S. (2003). Sakralbauten. In S. Polónyi, & W. Walochnik, *Architekture und Tragwerk* (p. 211). Berlin: Ernst & Sohn.

Immagine di copertina

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Hedwig

Descrizione degli elaborati:

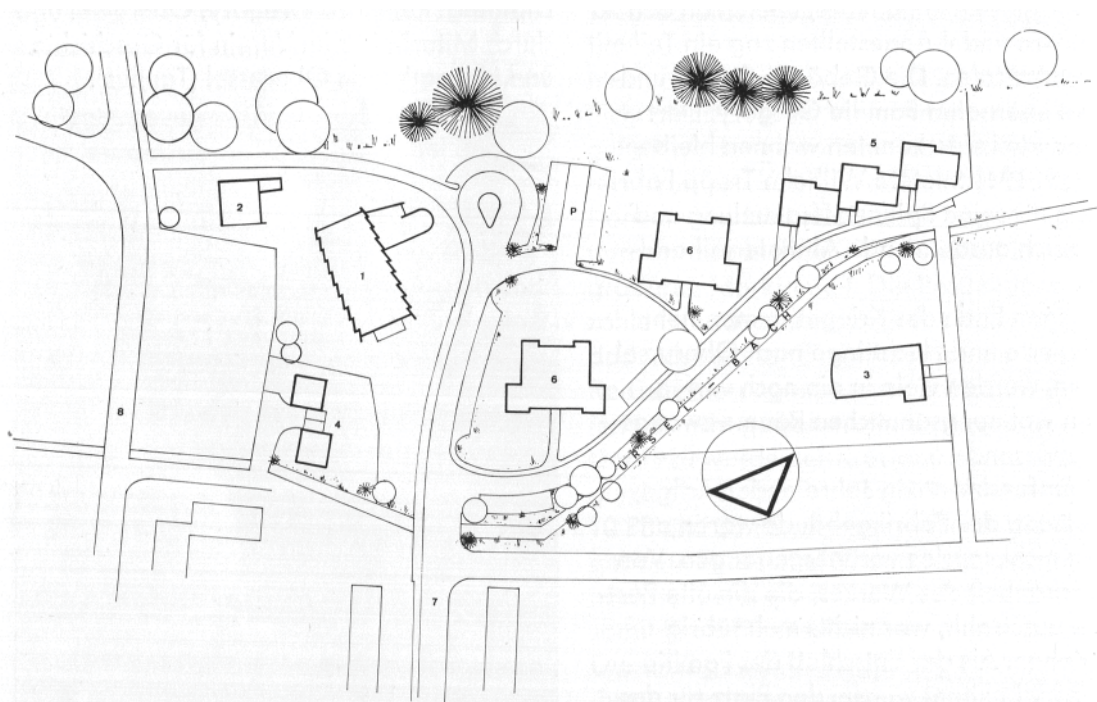
Pittura, artista locale

Fonte:

Quadro presente all'interno dell'edificio religioso

3. Caso studio: ST. HEDWIG, Oberusel, 1963-64





1 Kirche, 2 Pfarrhaus, 3 Gemeindesaal und Kindergarten, 4 Eigenheime, 5 Bungalows
6 Mietwohnungen, 7 Eisenhammerweg, 8 Borkeberg

Immagine N. 3.01

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Hedwig, planimetria d'insieme

Descrizione dell'elaborato: Planimetria generale dell'intervento realizzato ad Oberusel ad opera di H. Günter.

Supporto: Cartaceo

Fonte: St. Hedwig Oberursel, libricino pubblicato dalla chiesa cattolica di St. Hedwig in occasione della consacrazione avvenuta il 14 Maggio 1966.

Traduzione a cura dell'autore:

1.Chiesa, 2.Canonica, 3.Sala della comunità e scuola materna, 4.Abitazioni, 5.Bungalow, 6.Appartamenti in affitto, 7.Strada a T

Immagini N. 3.02, N. 3.03

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Hedwig, disegni tecnici

Descrizione degli elaborati:

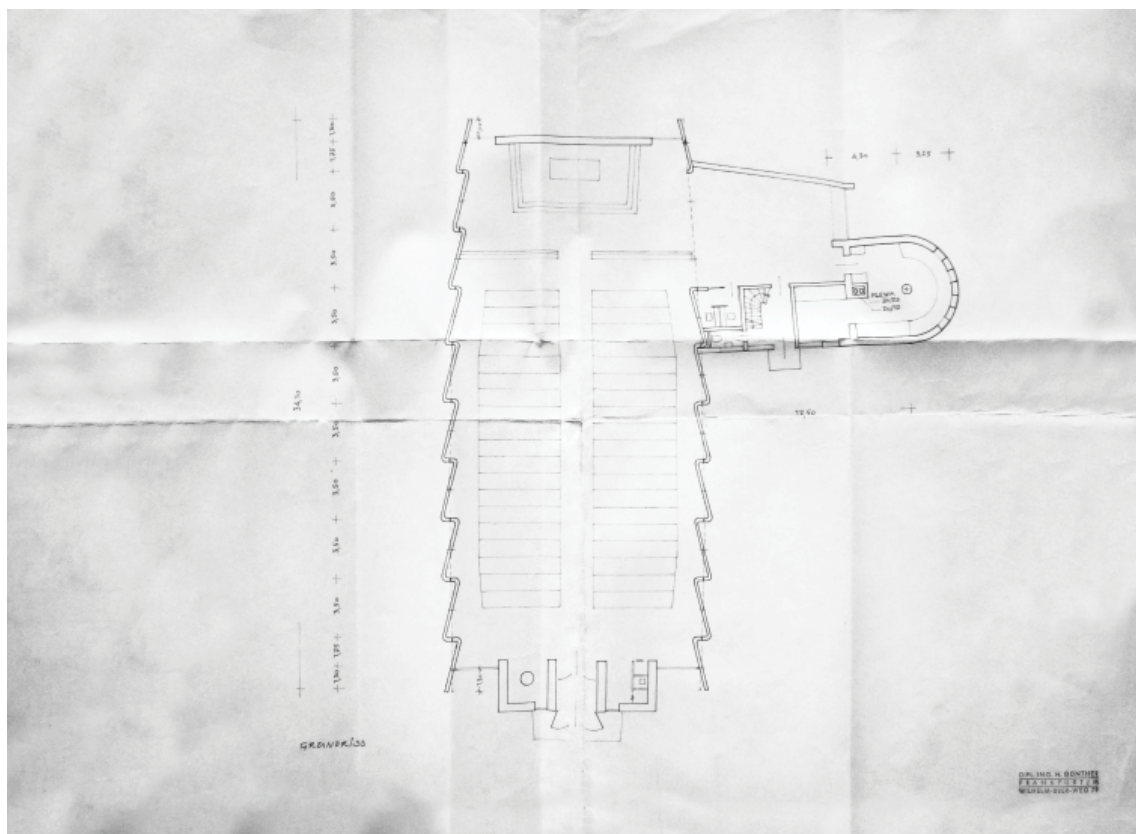
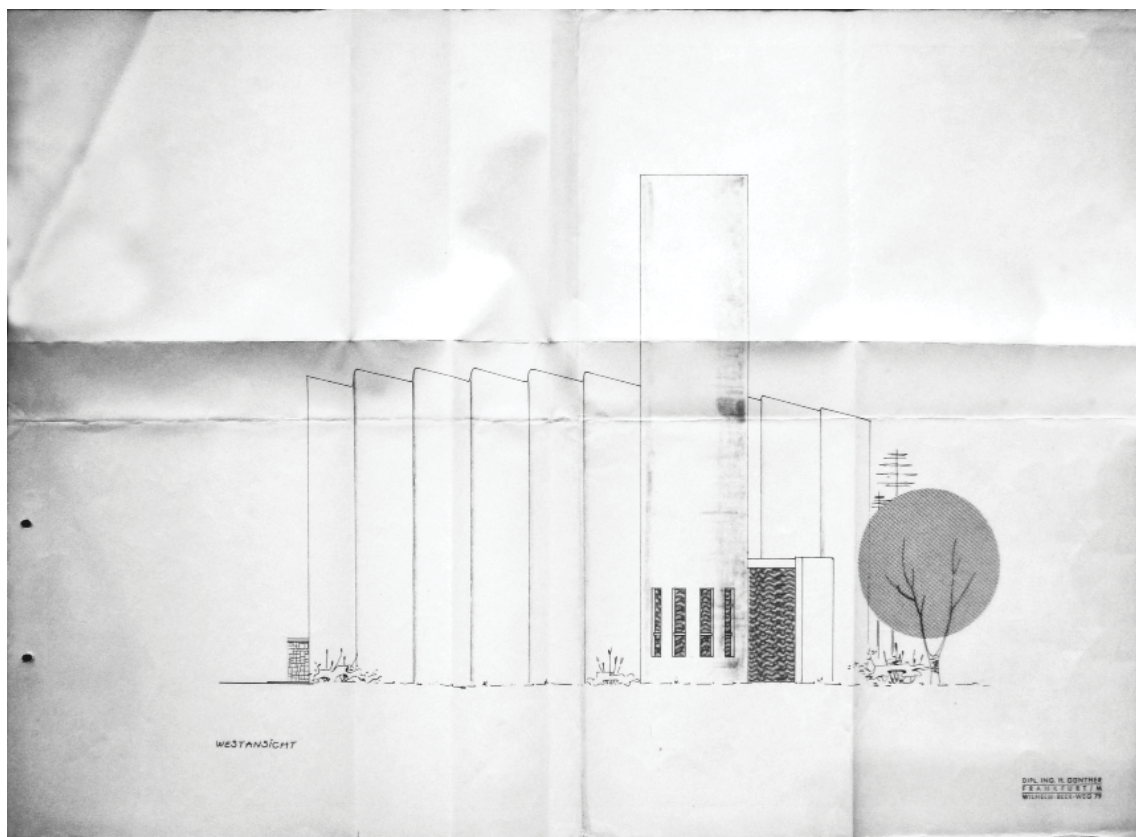
Prospetto laterale

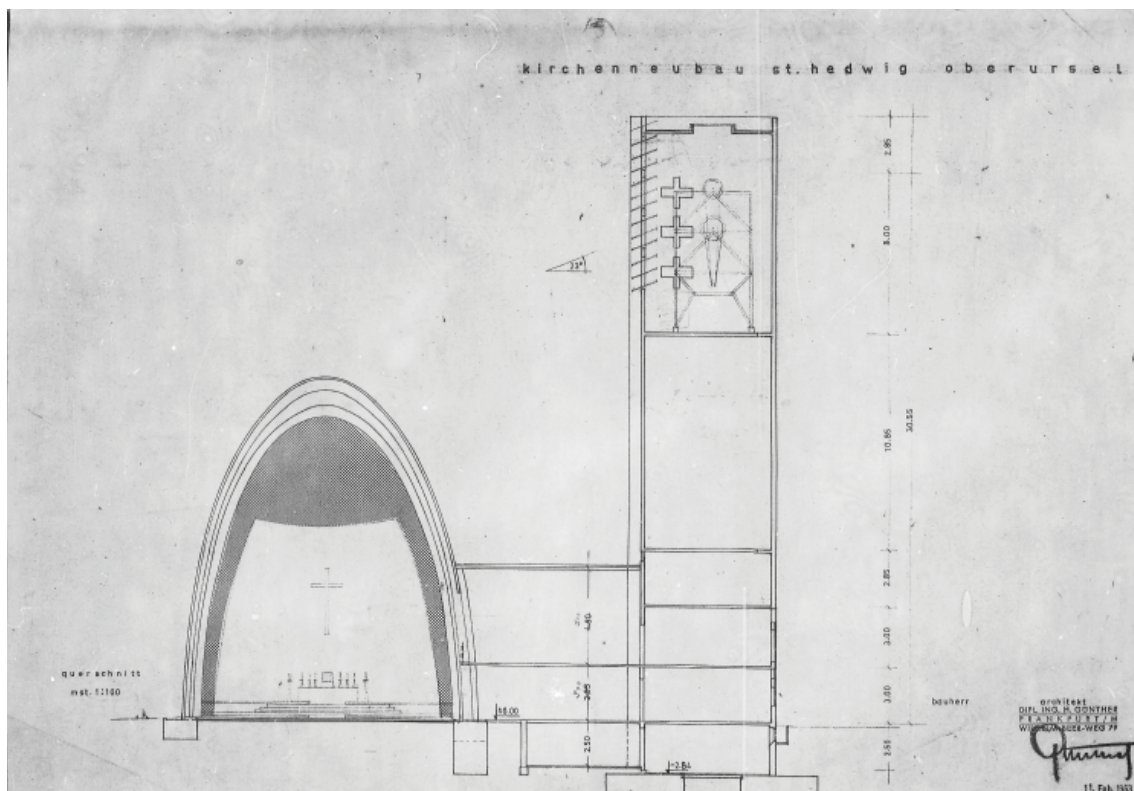
Planimetria del progetto preliminare

Autore: H. Günter

Supporto: Cartaceo

Fonte: Archivio della chiesa di St.Hedwig





Immagini N. 3.04, N. 3.05

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Hedwig, disegni tecnici

Descrizione degli elaborati:

Sezione trasversale, disegno dell'architetto H. Günter, 11/02/1963

Planimetria, disegno dell'architetto H. Günter, 11/02/1963

Supporto:

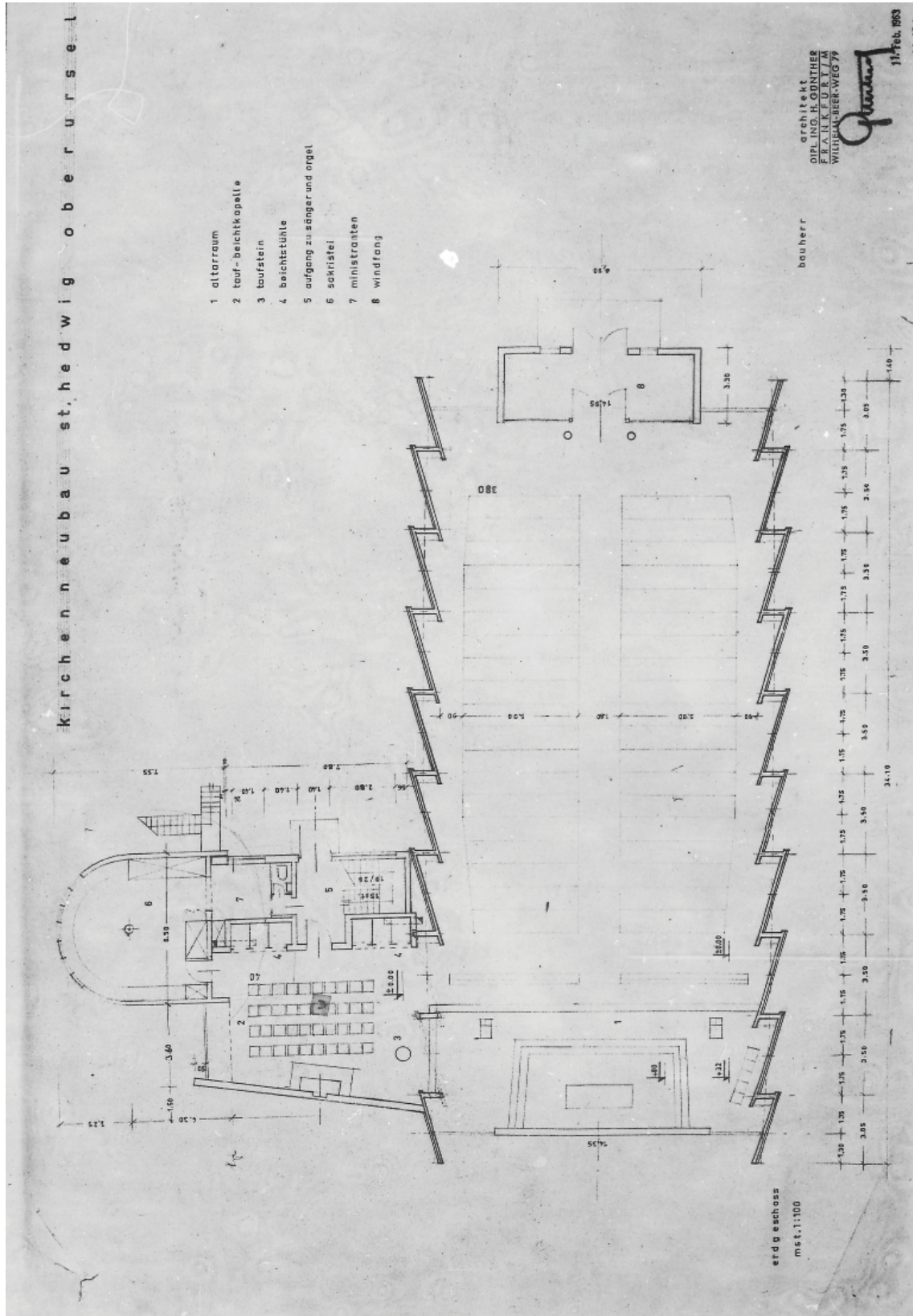
Microfiche

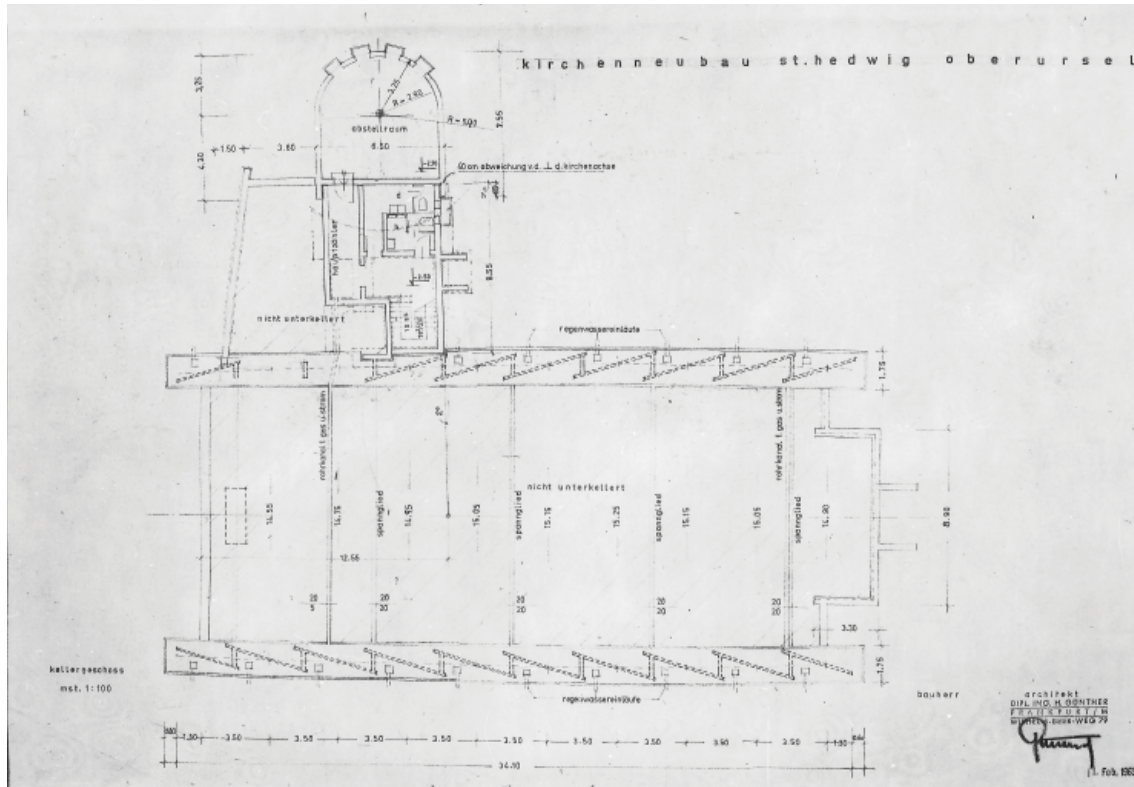
Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Traduzione a cura dell'autore:

1.Presbiterio, 2.Cappella per battesimo e confessione, 3.Fonte battesimale,
4.Confessionale, 5.Scalinata per cantoria e organo, 6.Sacrestia, 7.Ministranti, 8.Portico
d'ingresso





Immagini N. 3.06, N. 3.07

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Hedwig, disegni tecnici

Descrizione degli elaborati:

Pianta del seminterrato che mostra le fondazioni dell'aula liturgica, disegno dell'architetto H. Günter, 11/02/1963

Sezione longitudinale e disegno di dettaglio dell'attacco della torre all'aula liturgica, disegno dell'architetto H. Günter, 11/02/1963

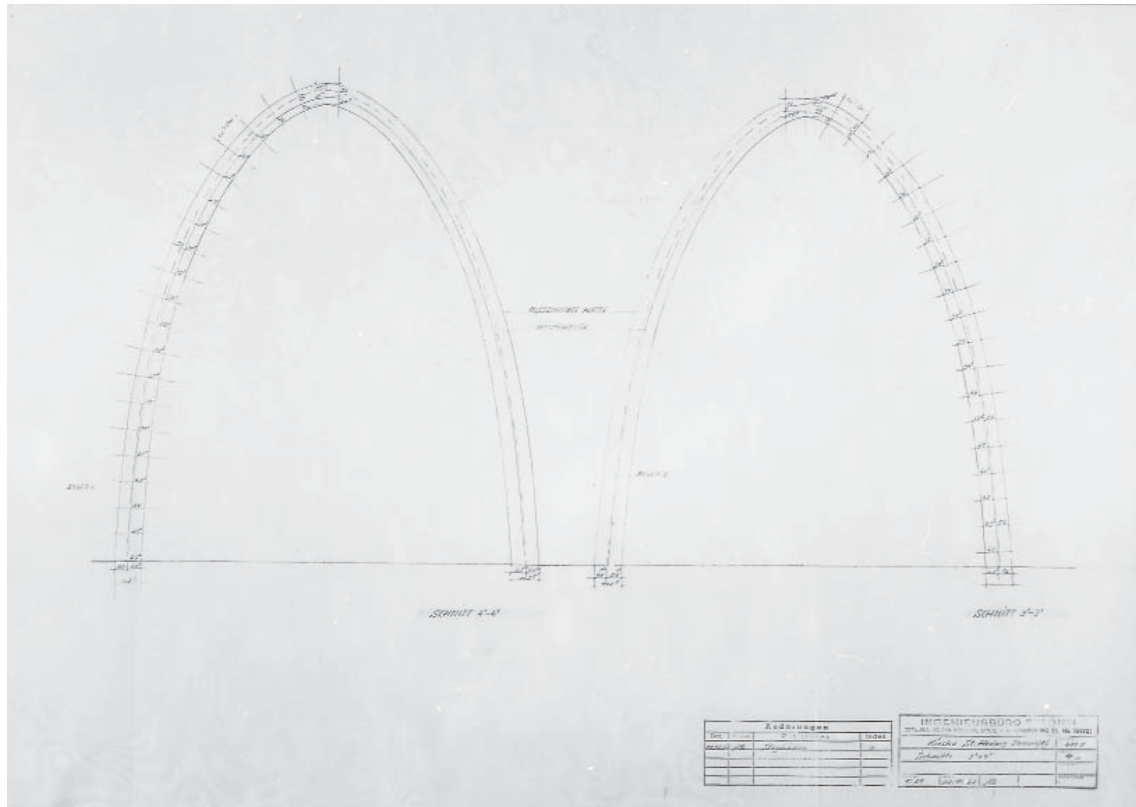
Supporto:

Microfiche

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

604



Immagini N. 3.08, N. 3.09, N. 3.10

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Hedwig, disegni tecnici

Descrizione degli elaborati:

Sezioni della volta in calcestruzzo che mostrano i punti di attacco fra un arco e l'altro.

Autore:

Ingenieurbüro Polónyi

Supporto:

Microfiche

Data dei disegni:

17/12/1962

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

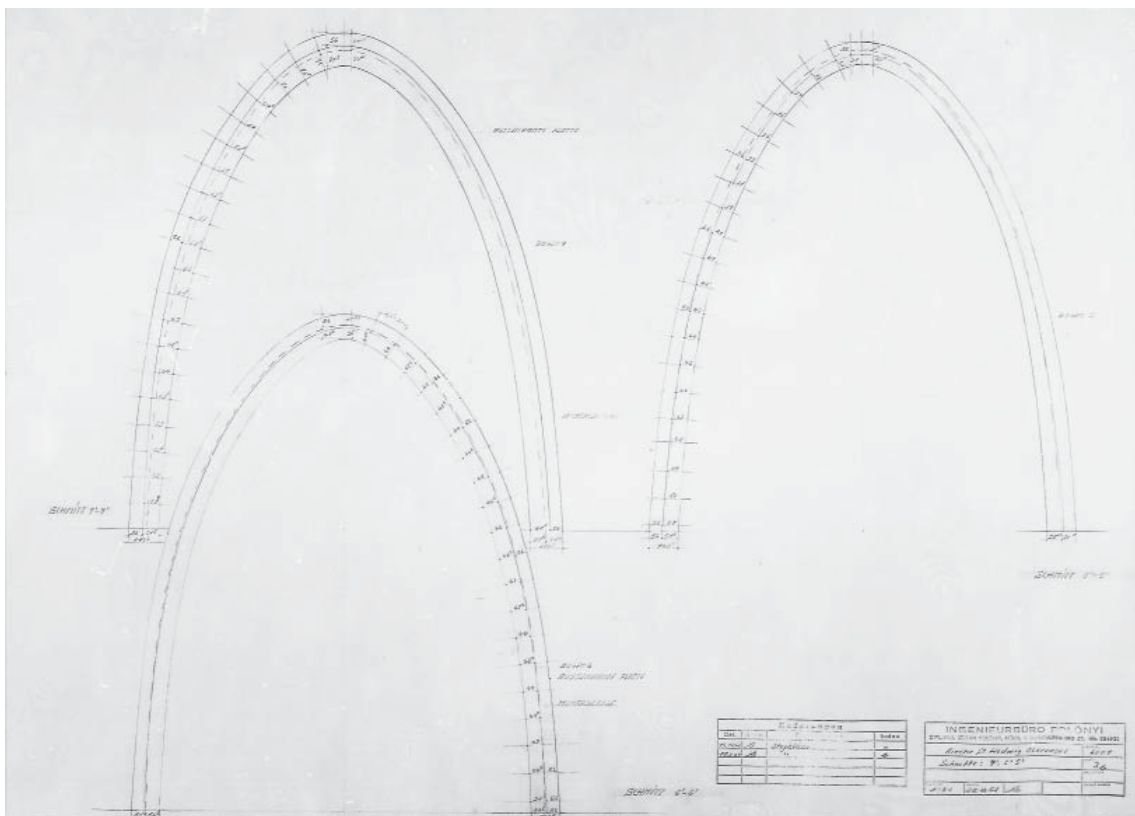
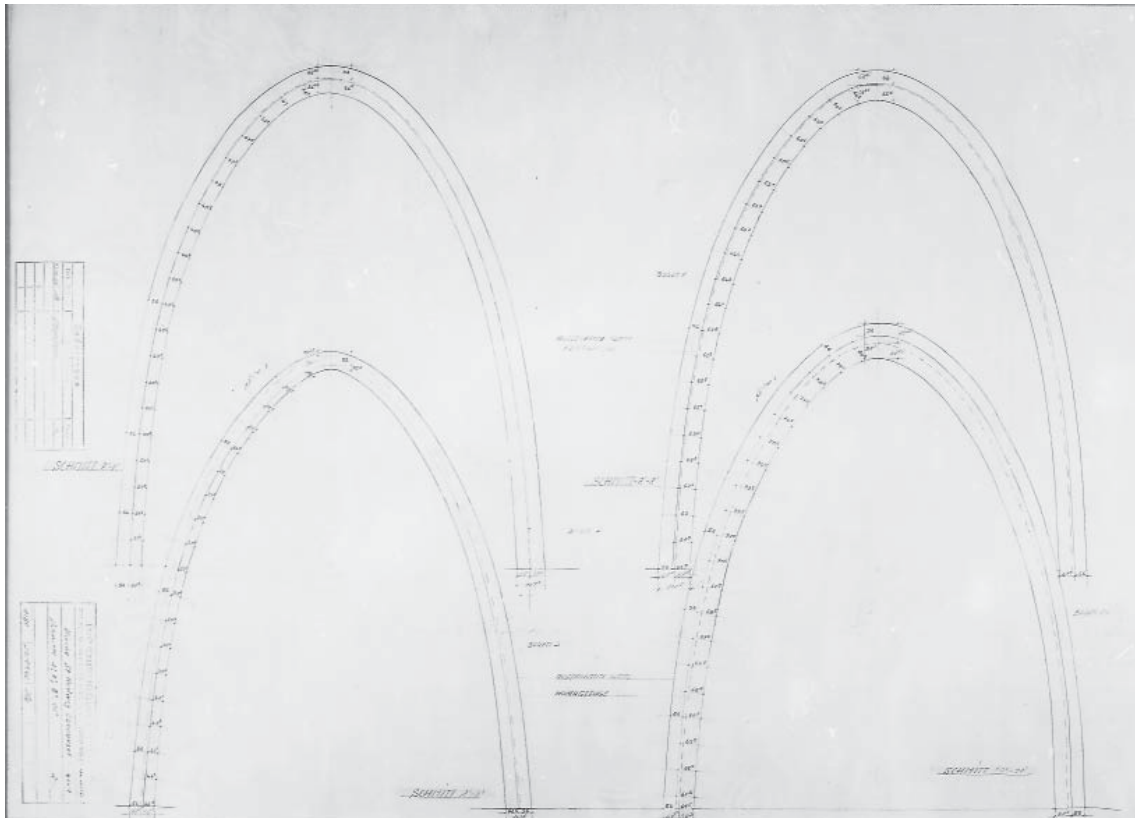


Immagine N. 3.11

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Hedwig, schemi

Descrizione dell'elaborato:

Metodo di definizione della superficie strombata del guscio: la strombatura è definita da generatrici che giacciono nel piano normale della traiettoria a parabola e che con il piano della traiettoria formano un angolo costante. Nell'immagine è presente anche lo schema di costruzione della struttura a lamelle per semigusci, metodo non adottato dall'impresa di costruzione.

Supporto:

Cartaceo

Fonte:

Polónyi, Stefan. *Schalen und Faltwerke*. Bauwelt 58, 1967, Fascicolo 36: p. 908.

Immagine N. 3.12

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Hedwig, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato:

Disegno di dettaglio dell'armatura alla base degli archi che compongono la copertura voltata in calcestruzzo

Supporto:

Cartaceo

Fonte:

Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

Traduzione a cura dell'autore:

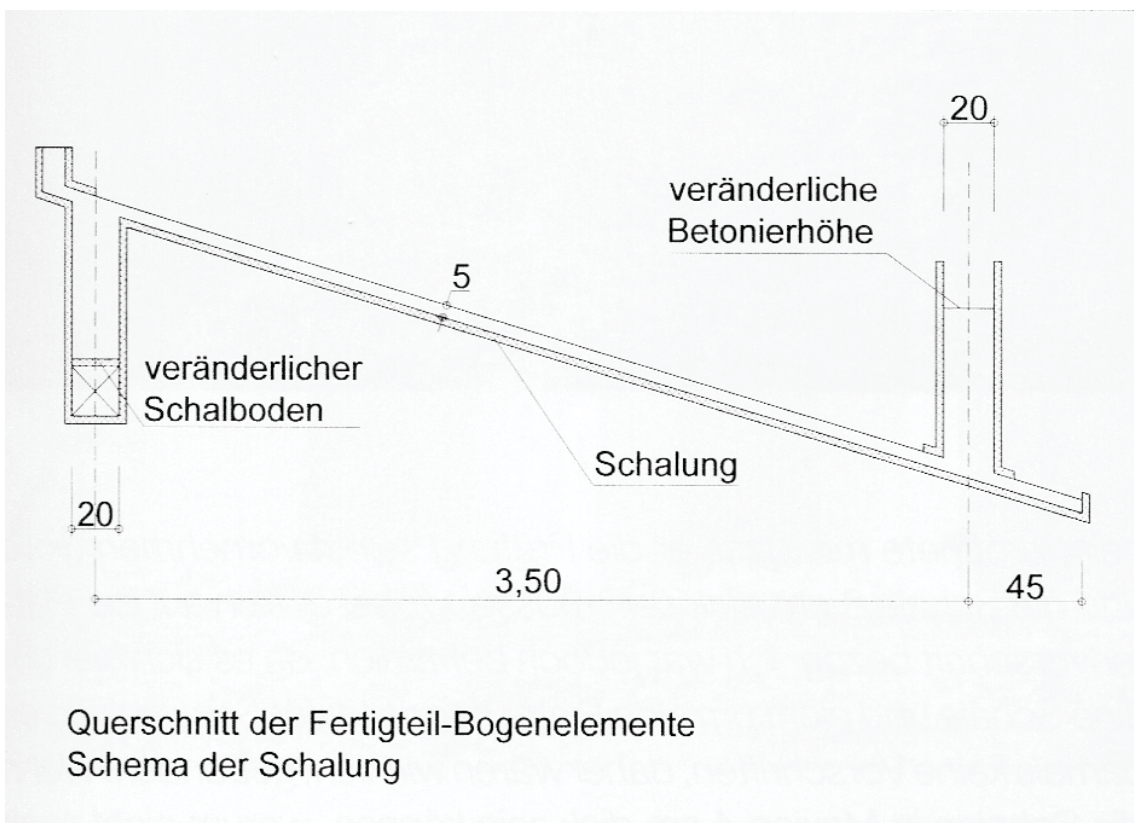
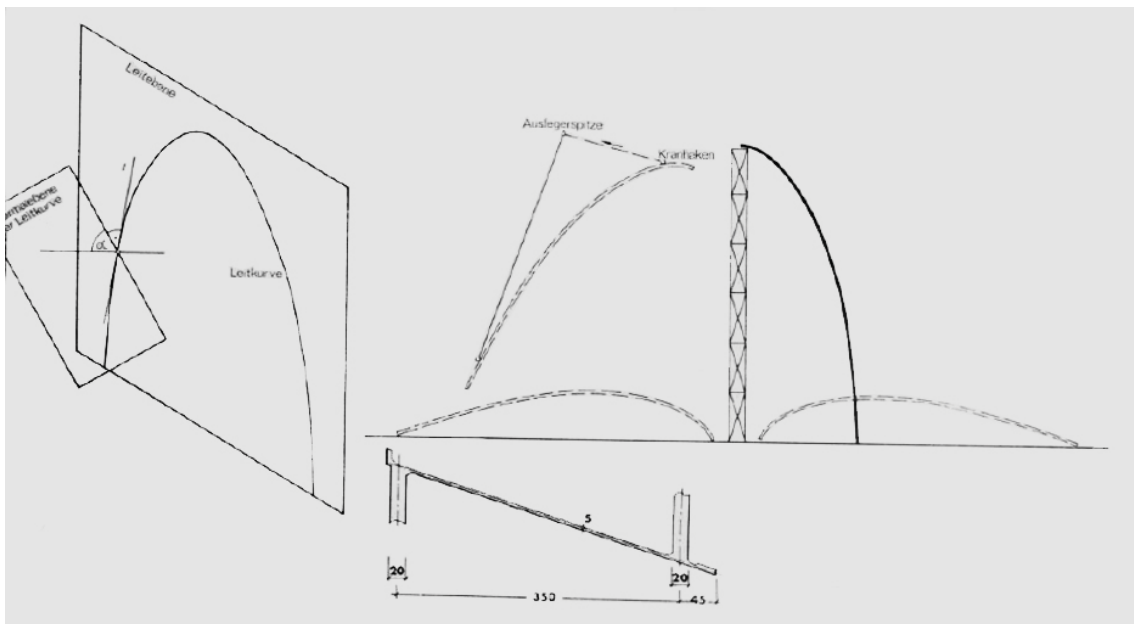
Querschnitt der Fertigteil-Bogenelemente = sezione trasversale degli elementi prefabbricati ad arco

Schema der Schalung = schema della cassaforma

veränderliche Betonierhöhe = altezza variabile betonaggio

veränderlicher Schalboden = base del guscio variabile

Schalung = cassaforma



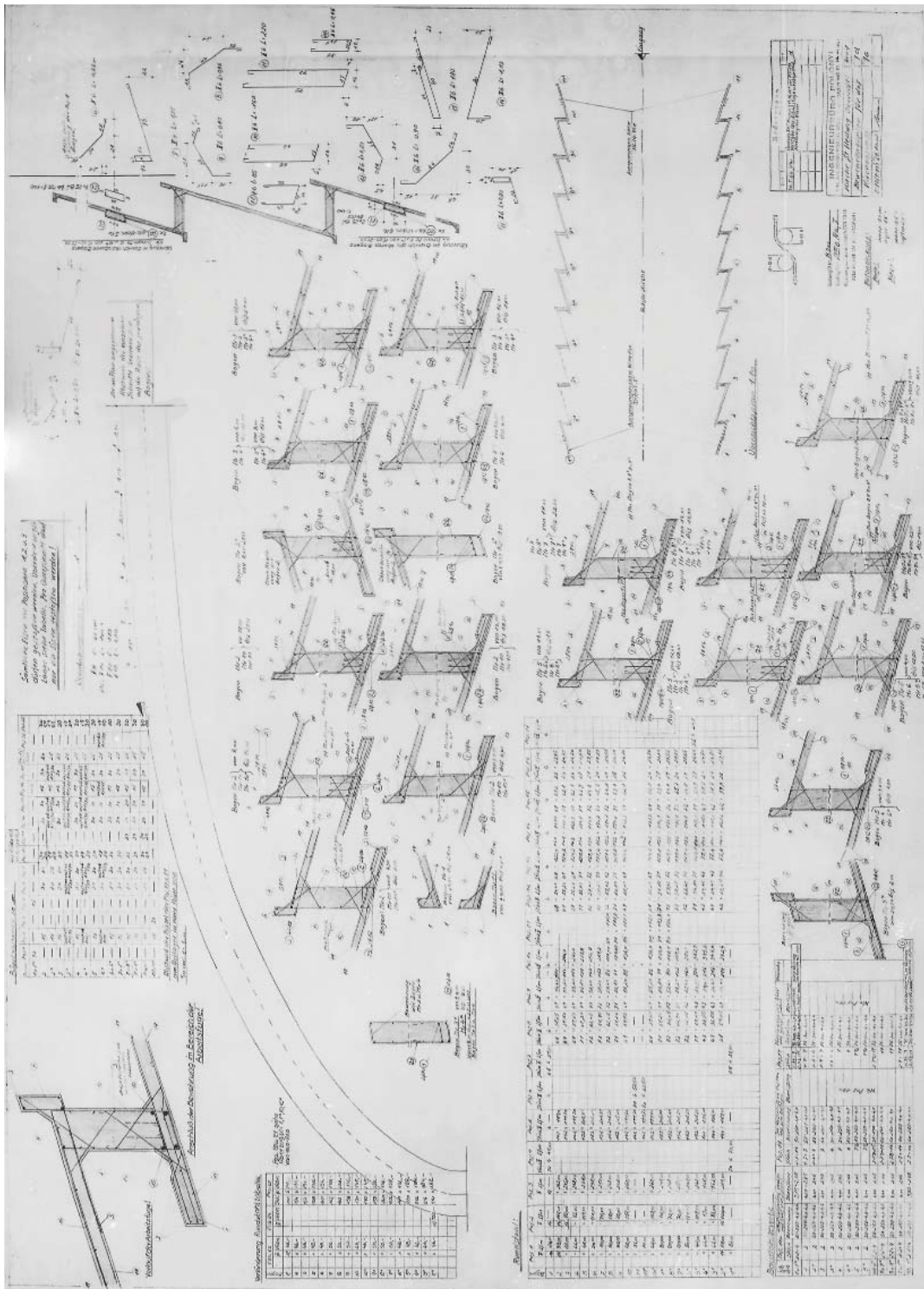


Immagine N. 3.13

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Hedwig, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato: Disegno di dettaglio dell'armatura alla base degli archi che compongono la copertura voltata in calcestruzzo

Autore: Ingenieurbüro Polónyi

Supporto: Microfiche

Data: 29/10/1963

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

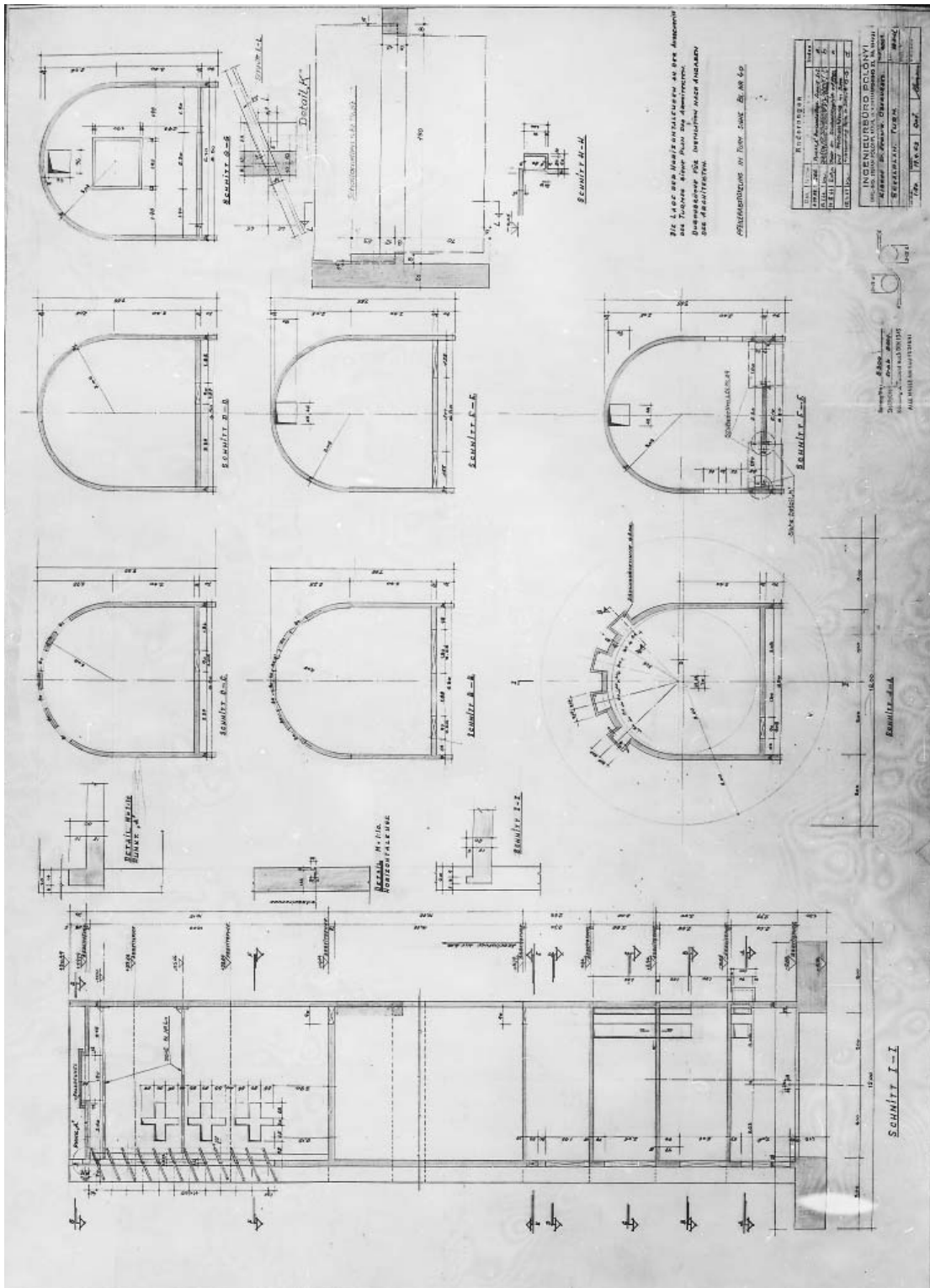
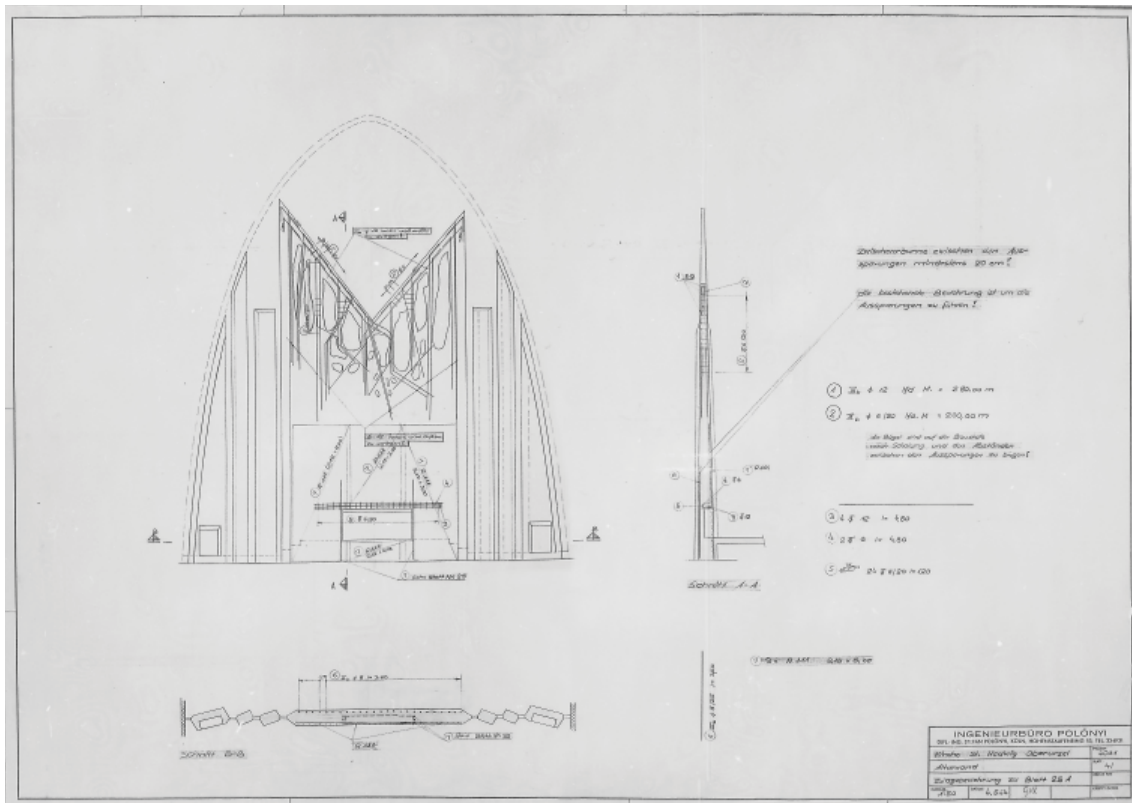


Immagine N. 3.14

Oggetto dell' elaborato: Kirche St. Hedwig, disegni tecnici
Descrizione dell' elaborato: Sezione e planimetrie ai vari livelli della torre
Autore: Ingenieurbüro Polónyi Supporto: Microfiche Data: 19/09/1963
Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagini N. 3.15, N. 3.16

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Hedwig, disegni tecnici

Descrizione degli elaborati:

Pianta, prospetto e sezione di dettaglio del muro che compone la facciata posteriore della chiesa

Pianta completa e in dettaglio, pianta della fondazione, prospetto e sezione del muro che compone la facciata posteriore della chiesa

Autore:

Ingenieurbüro Polónyi

Supporto:

Microfiche

Date:

04/05/1964

16/07/1963

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

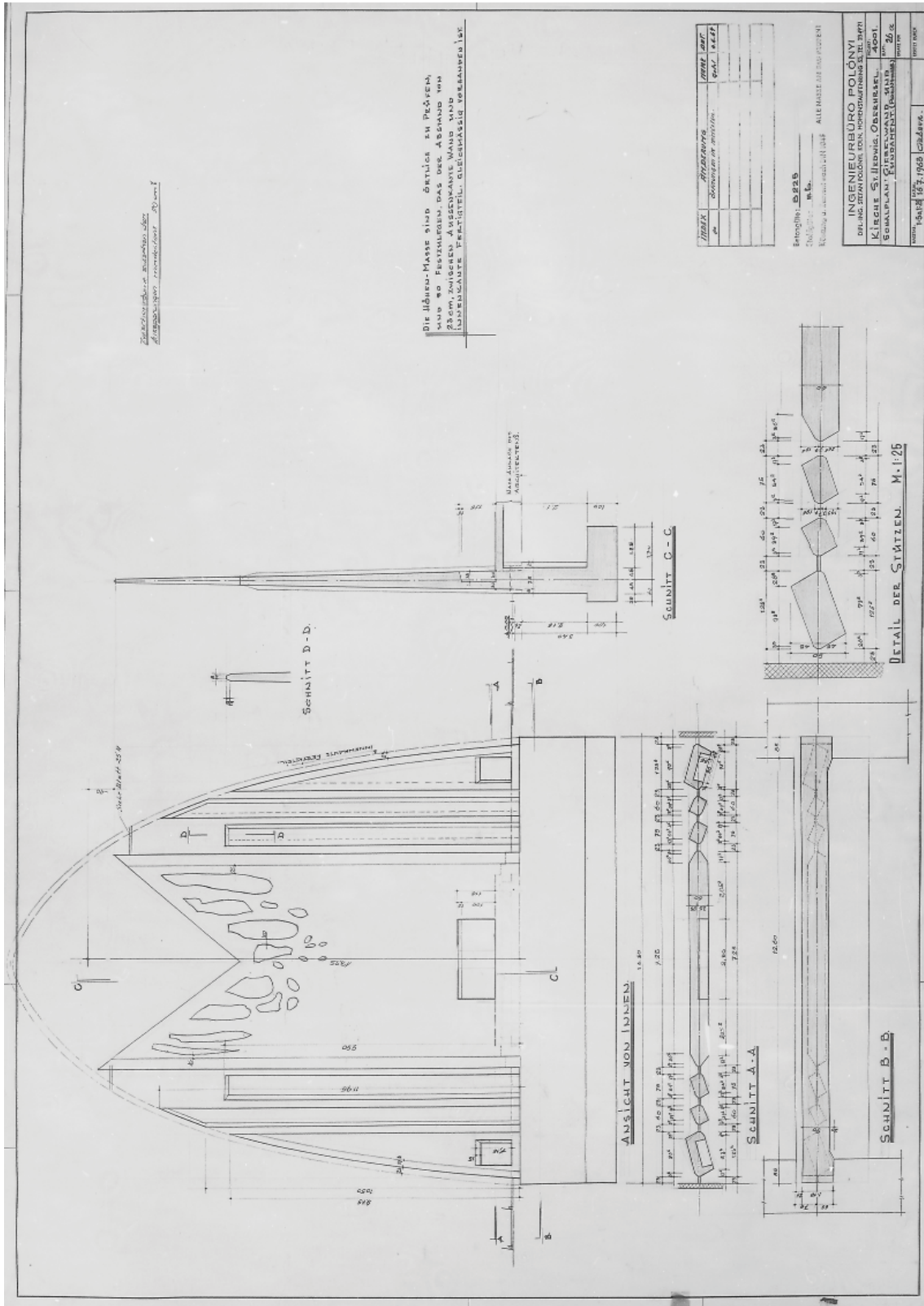


Immagine N. 3.17

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Hedwig, disegni tecnici

Descrizione dell'elaborato:

Disegno di dettaglio della struttura d'acciaio che compone la facciata principale della chiesa

Autore:

Ingenieurbüro Polónyi

Supporto:

Microfiche

Data:

23/07/1963

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

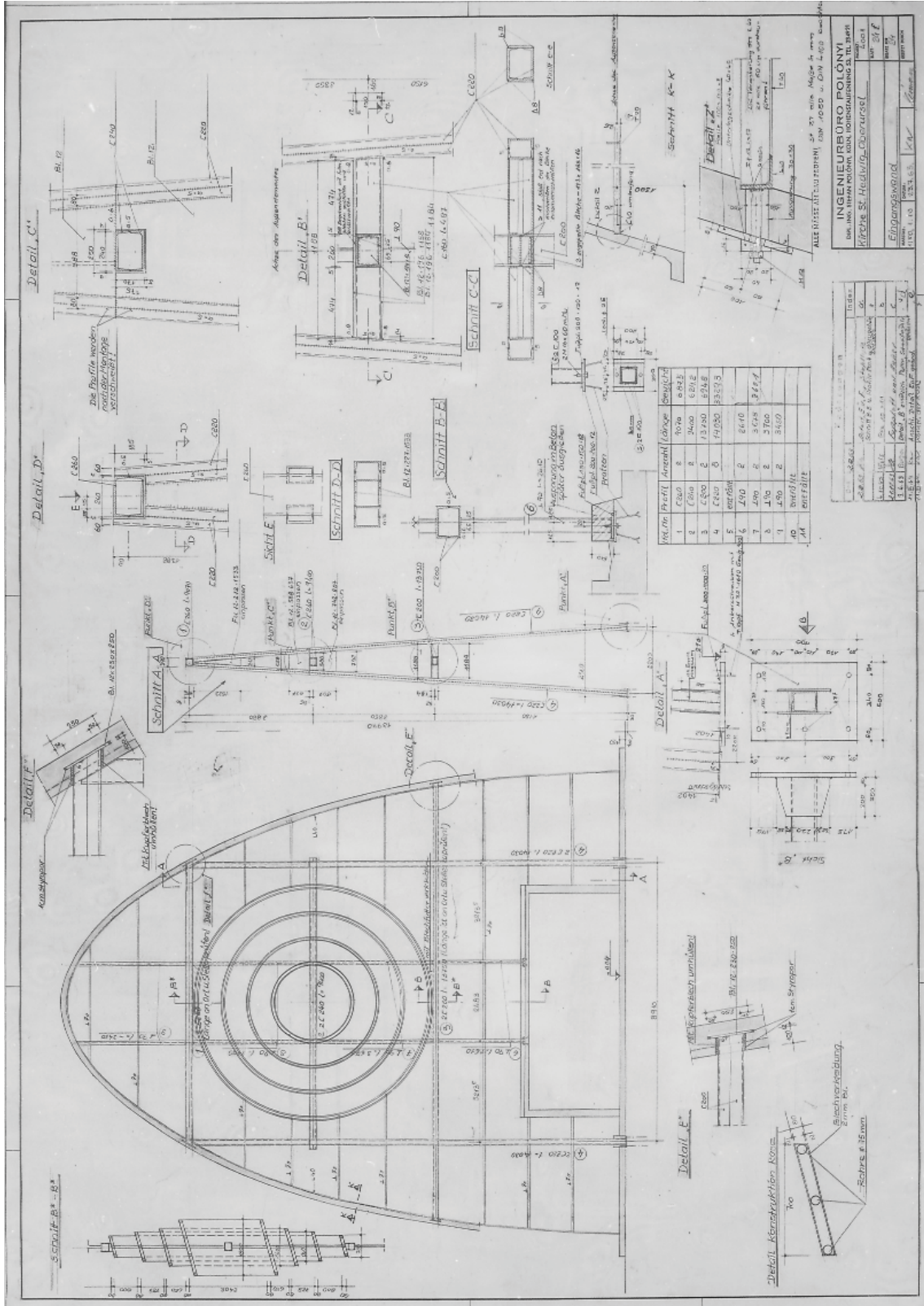






Immagine N. 3.18, N. 3.19

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Hedwig, fotografia d'epoca

Descrizione degli elaborati: Vista dall'alto dell'edificio religioso
Vista dall'alto della chiesa e degli altri edifici realizzati ad Oberusel ad opera di H. Günter

Supporto: Fotografia

Fonte: Archivio della chiesa di St.Hedwig

Immagine N. 3.20

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Hedwig, fotografia d'epoca

Descrizione degli elaborati: Vista dell'esterno dell'aula liturgica

Supporto: Diapositiva

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagine 3.21, N. 3.22

Oggetto degli elaborati:
Kirche St. Hedwig,
fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati:
Vista del prospetto
principale della chiesa e
dettaglio del rosone in
acciaio.

Vista dell'interno della
chiesa.

Supporto:

Cartaceo

Fonte:

St. Hedwig Oberursel,
libricino pubblicato dalla
chiesa cattolica di St.
Hedwig in occasione
della consacrazione
avvenuta il 14 Maggio
1966

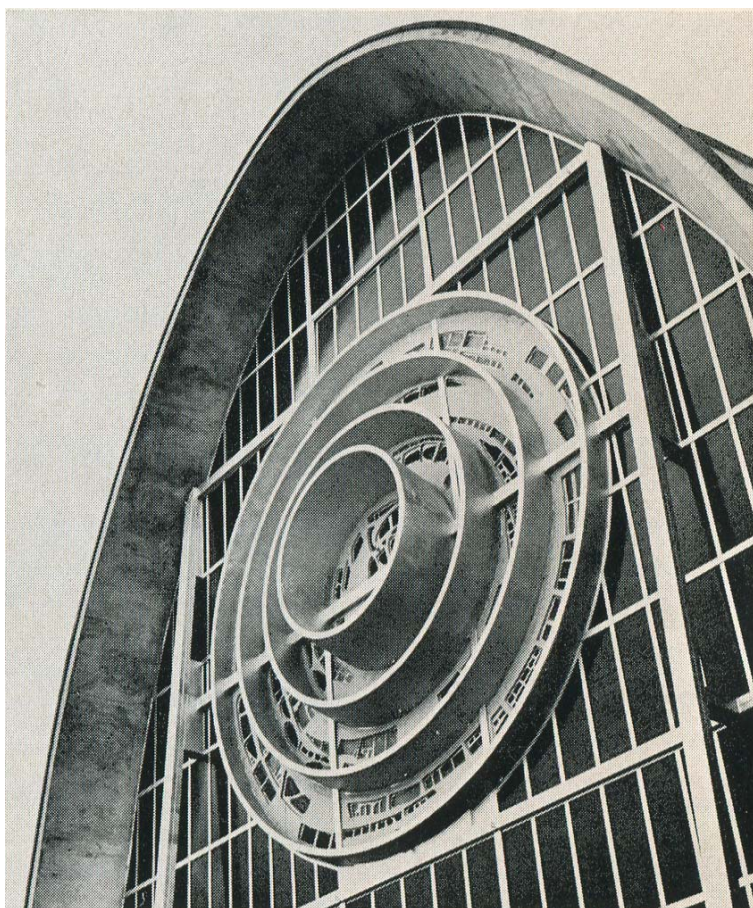


Immagine N. 3.23

Oggetto dell'elaborato:
Kirche St. Hedwig,
fotografia d'epoca

Descrizione dell'elaborato:
Vista d'insieme
dell'edificio religioso

Supporto:

Fotografia

Fonte:

Archivio della chiesa di
St. Hedwig



Immagine 3.24

Oggetto dell'elaborato:
Kirche St. Hedwig, fotografia
d'epoca

Descrizione degli elaborati:
Vista della volta in calcestruzzo
armato dall'interno verso
l'altare

Supporto:
Cartaceo

Fonte:
St. Hedwig Oberusel, libricino
pubblicato dalla chiesa cattolica
di St. Hedwig in occasione della
consacrazione avvenuta il 14
Maggio 1966



Immagine N. 3.25

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Hedwig, fotografia d'epoca

Descrizione dell'elaborato: Vista dal fronte principale durante la costruzione del guscio.

Supporto: Fotografie

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

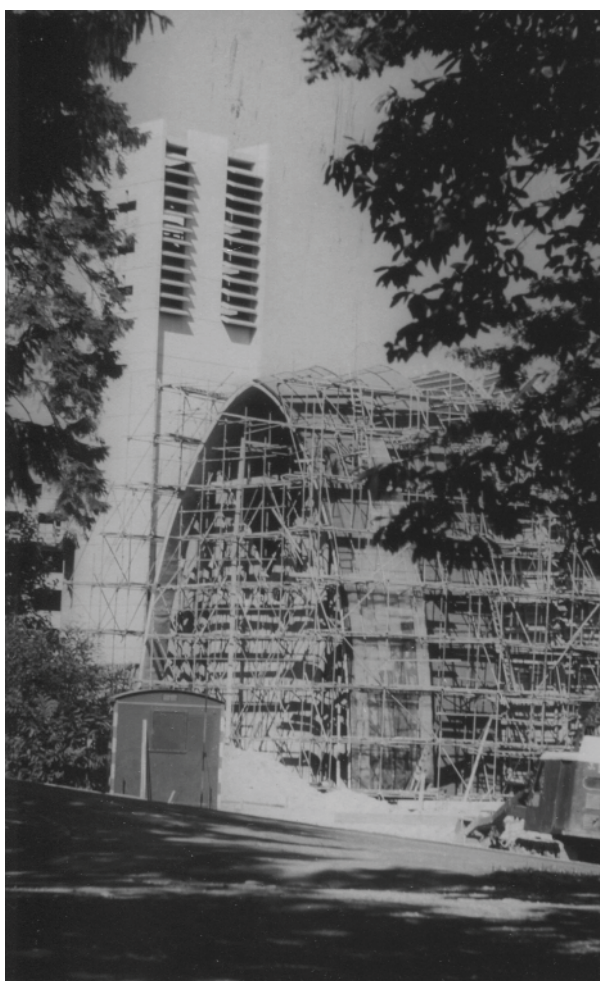


Immagine N. 3.26

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Hedwig, fotografie d'epoca

Descrizione dell'elaborato: Realizzazione del guscio in calcestruzzo armato. Vista dal retro.

Supporto: Fotografia

Autore: Günter

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagine N. 3.27

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Hedwig, fotografia d'epoca

Descrizione dell'elaborato: Realizzazione della volta in calcestruzzo armato

Supporto: Fotografia

Fonte: Archivio della chiesa di St. Hedwig

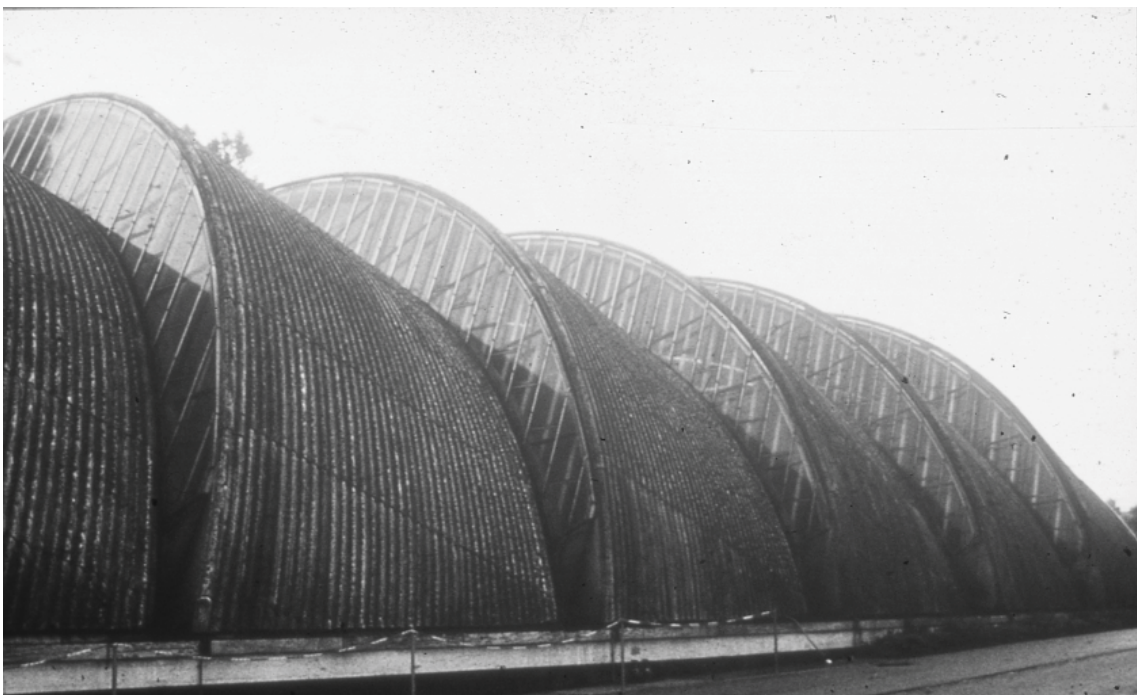
Immagine N. 3.28

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Hedwig, fotografia d'epoca

Descrizione dell'elaborato: Realizzazione della struttura che sorregge il rosone della facciata principale della chiesa

Supporto: Cartaceo

Fonte: *St. Hedwig Oberursel*, libricino pubblicato dalla chiesa cattolica di St. Hedwig in occasione della consacrazione avvenuta il 14 Maggio 1966



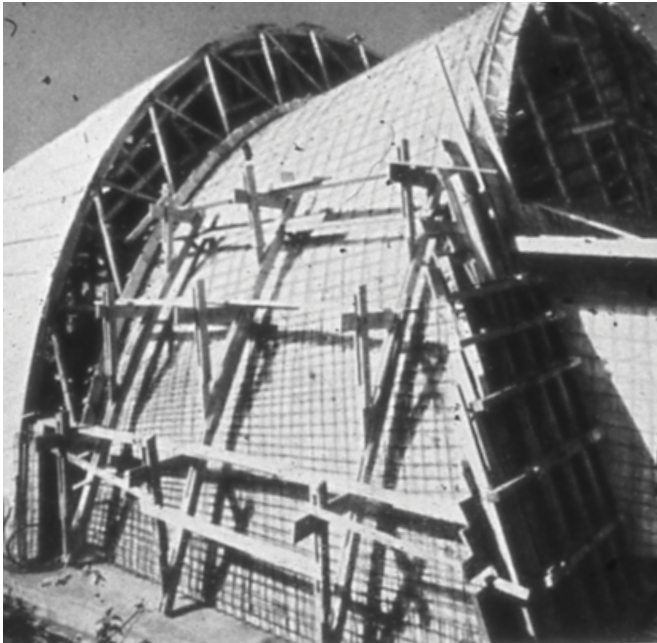


Immagine N. 3.29, N. 3.30, N. 3.31, N. 3.32

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Hedwig, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati:

Realizzazione della centina | Posa in opera del calcestruzzo spruzzato | Realizzazione del manto di copertura

Supporto: Diapositive

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagine N. 3.33, N. 3.34

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Hedwig, fotografia d'epoca

Descrizione degli elaborati: Vista della parte sommitale di una delle porzioni del guscio in costruzione | Posa dell'armatura del guscio

Supporto: Fotografia

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

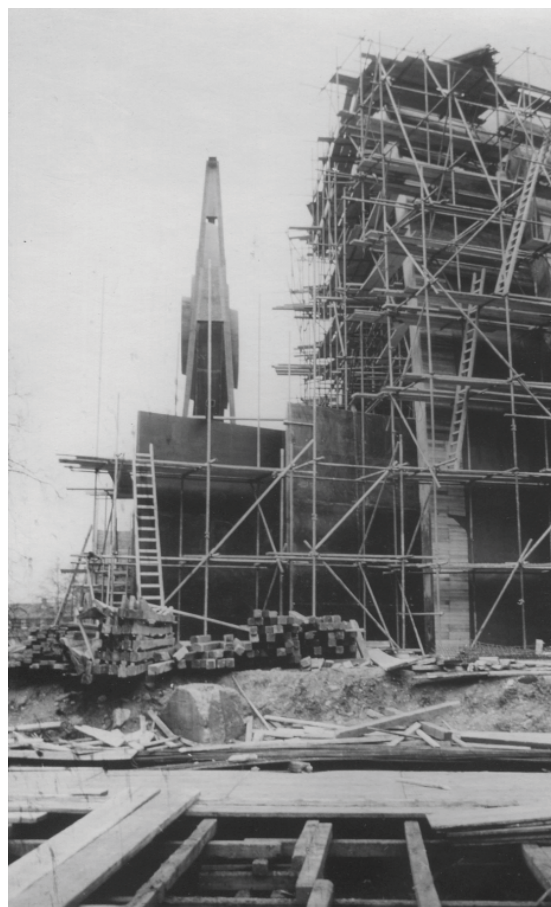
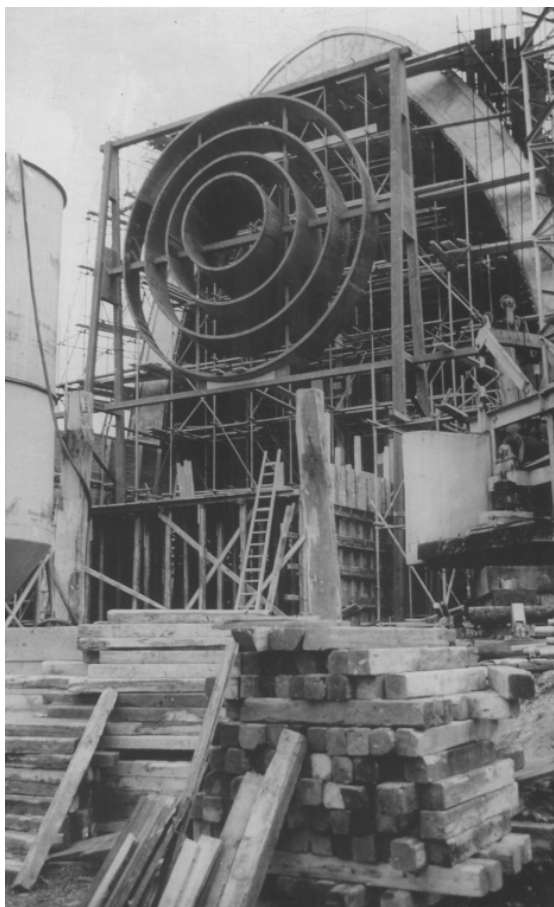


Immagine N. 3.35

Oggetto dell'elaborato:
Kirche St. Hedwig, fotografia d'epoca

Descrizione dell'elaborato:
Vista frontale della struttura in acciaio del rosone posto sulla facciata principale dell'edificio religioso.

Supporto: Fotografia

Fonte:
Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagine N. 3.36

Oggetto dell'elaborato:
Kirche St. Hedwig, fotografie d'epoca

Descrizione dell'elaborato:
Vista laterale della struttura in acciaio del rosone.

Supporto: Fotografia

Fonte:
Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

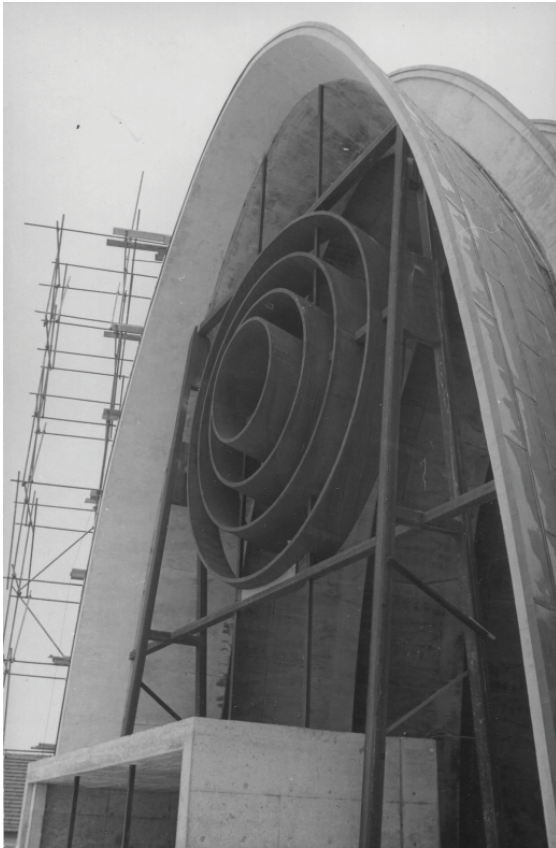


Immagine N. 3.37

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Hedwig, fotografia d'epoca

Descrizione dell'elaborato:

Vista del rosone al termine della costruzione della prima porzione del guscio parabolico dall'interno.

Supporto: Fotografie

Autore: Günter

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagine N. 3.38

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Hedwig, fotografie d'epoca

Descrizione dell'elaborato:

Vista frontale della struttura in acciaio al termine della costruzione della prima porzione del guscio parabolico.

Supporto: Fotografia

Autore: Günter

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagine N. 3.39

Oggetto dell'elaborato:
Kirche St. Hedwig, fotografia d'epoca

Descrizione dell'elaborato:
Vista della centina in corrispondenza delle porzioni di guscio che consentono l'accesso alla cappella per battesimo e confessione.

Supporto: Fotografie

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagine N. 3.40

Oggetto dell'elaborato:
Kirche St. Hedwig, fotografia d'epoca

Descrizione dell'elaborato:
Vista dall'interno del muro che farà da sfondo all'altare e delle impalcature per la realizzazione della balaustra che chiude la zona del coro.

Supporto: Fotografia

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

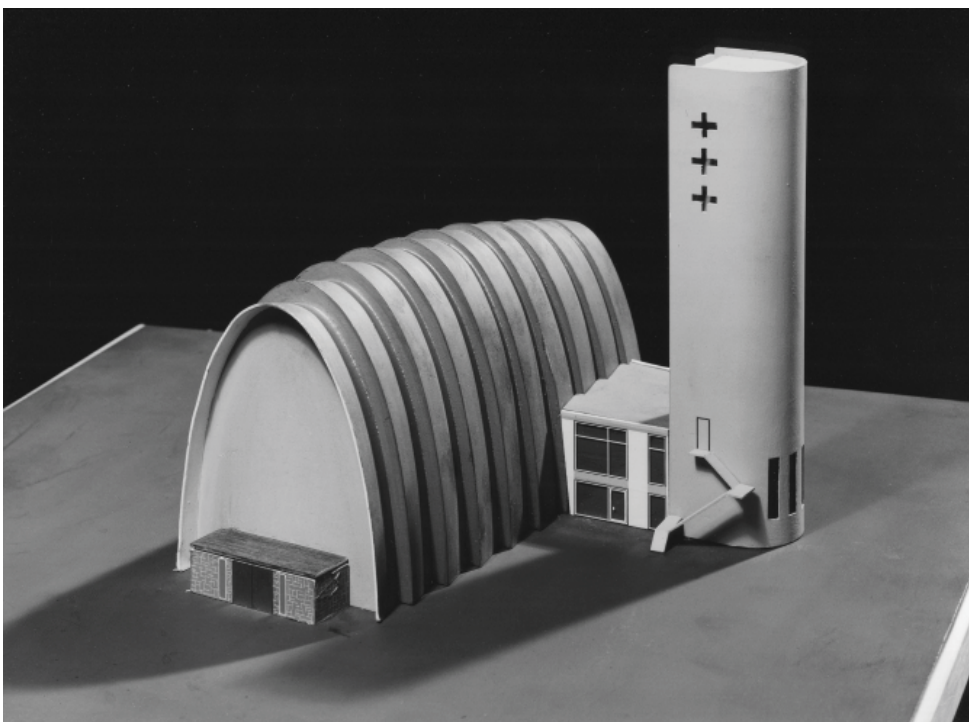
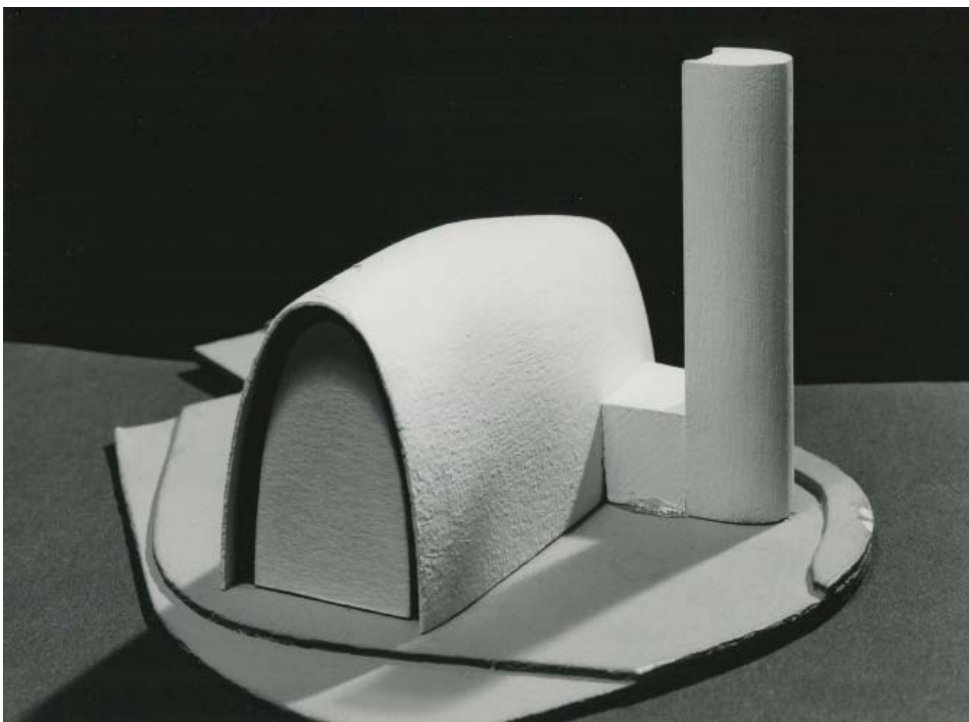


Immagine N. 3.41, N. 3.42

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Hedwig, modelli

Descrizione degli elaborati: Modello volumetrico ed architettonico della struttura.

Supporto: Fotografie

Autore delle foto: Max Göllner

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Identikit del caso studio

<i>Denominazione edificio religioso:</i> Kirche St. Suitbert	<i>Progettazione strutturale:</i> Stefan Polónyi
<i>Luogo:</i> Essen-Überruhr-Holthausen	<i>Esecuzione:</i> Karl Gerlach, Essen; Spritzbeton: Torkret GmbH, Essen
<i>Committente:</i> Kath. Pfarramt St. Suitbert	<i>Data completamento:</i> 1965
<i>Progettazione architettonica:</i> Josef Lehmbruck, Karl Schling, Düsseldorf	<i>Caratteristiche del progetto:</i> Guscio in calcestruzzo armato.

Fonte:

Polónyi, S. (2003). Sakralbauten. In S. Polónyi, & W. Walochnik, *Architekture und Tragwerk* (p. 213). Berlin: Ernst & Sohn.

Immagine di copertina

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Suitbert

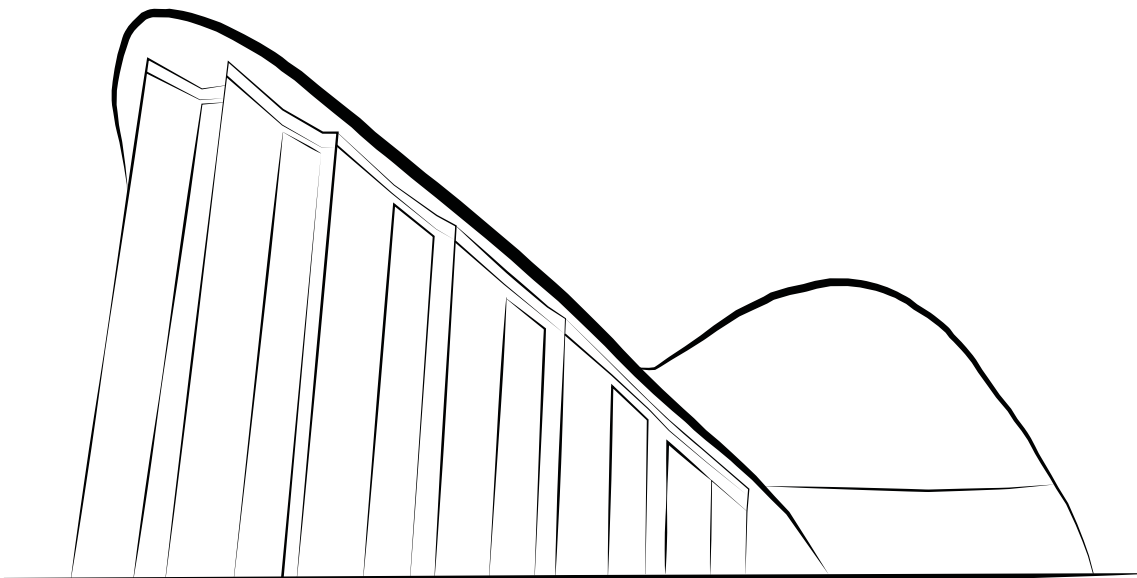
Descrizione degli elaborati:

Schizzo della struttura della chiesa vista dall'esterno

Fonte:

Elaborazione grafica dell'autore

4. Caso studio: ST. SUITBERT, Essen-Überruhr, 1964-65



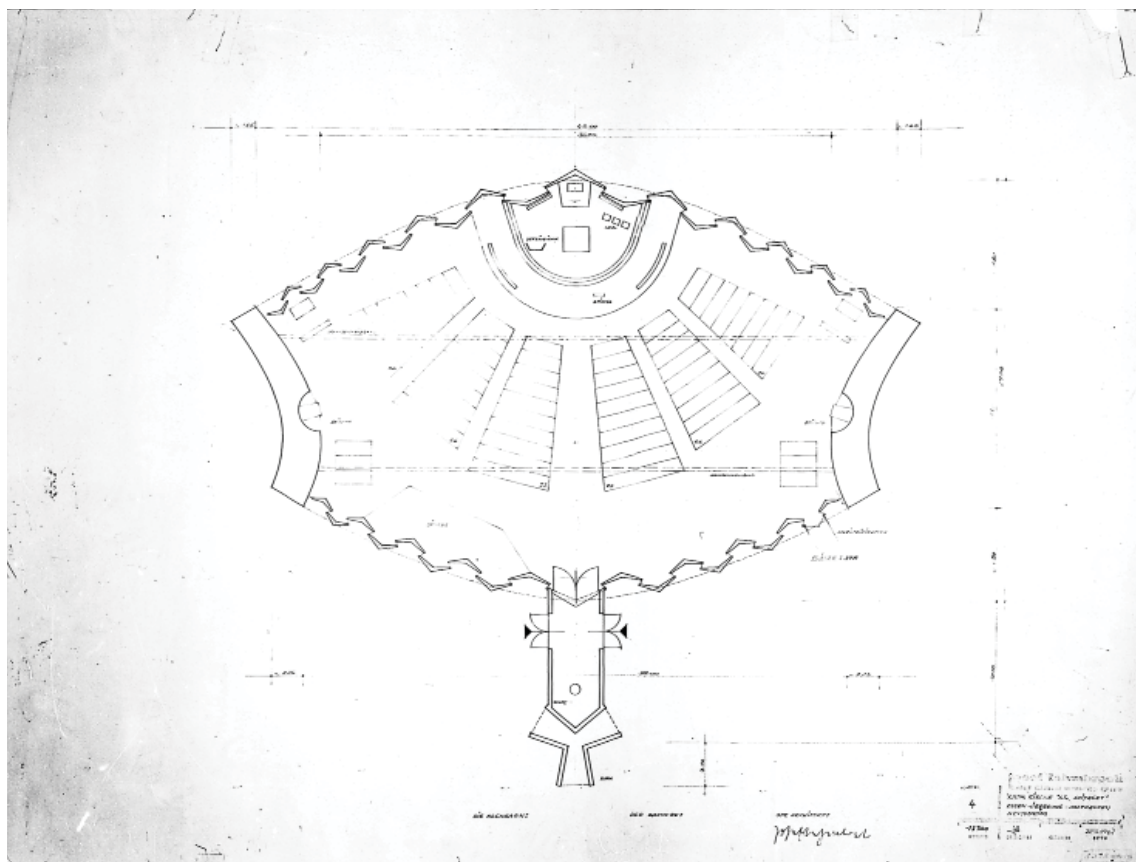


Immagine N. 4.01

Oggetto dell'elaborato:
Kirche St. Suitbert, disegni del progetto

Descrizione dell'elaborato:
Planimetria dell'edificio sacro

Autore:
Josef Lehmbruck

Supporto:
Microfiche

Data:
Gennaio 1963

Fonte:
Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

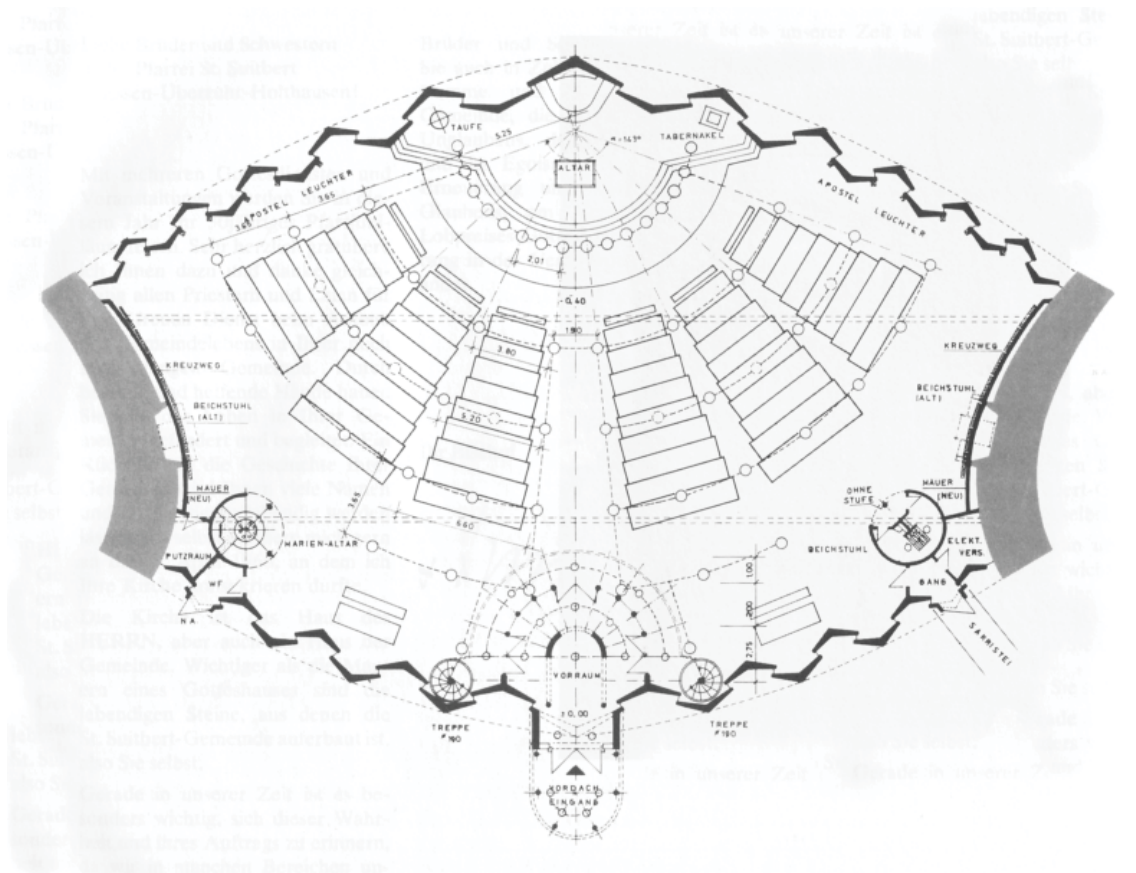


Immagine N. 4.02

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Suitbert, disegni del progetto di illuminazione e restauro della chiesa

Descrizione dell'elaborato:

Planimetria dell'edificio sacro dopo il restauro.

Supporto:

Cartaceo

Fonte:

Kestermann, Stewen, et al., St. Suitbert Essen-Überruhr-Holthausen 1960-1990, p.1

Immagine N. 4.03, N. 4.04, N. 4.05, N. 4.06

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Suitbert, disegni del progetto

Descrizione degli elaborati:

Prospetto Nord-ovest

Prospetto Sud-est

Prospetto Sud-ovest

Sezione trasversale

Autore: Josef Lehmbruck

Supporto:

Microfiche

Date:

illeggibile

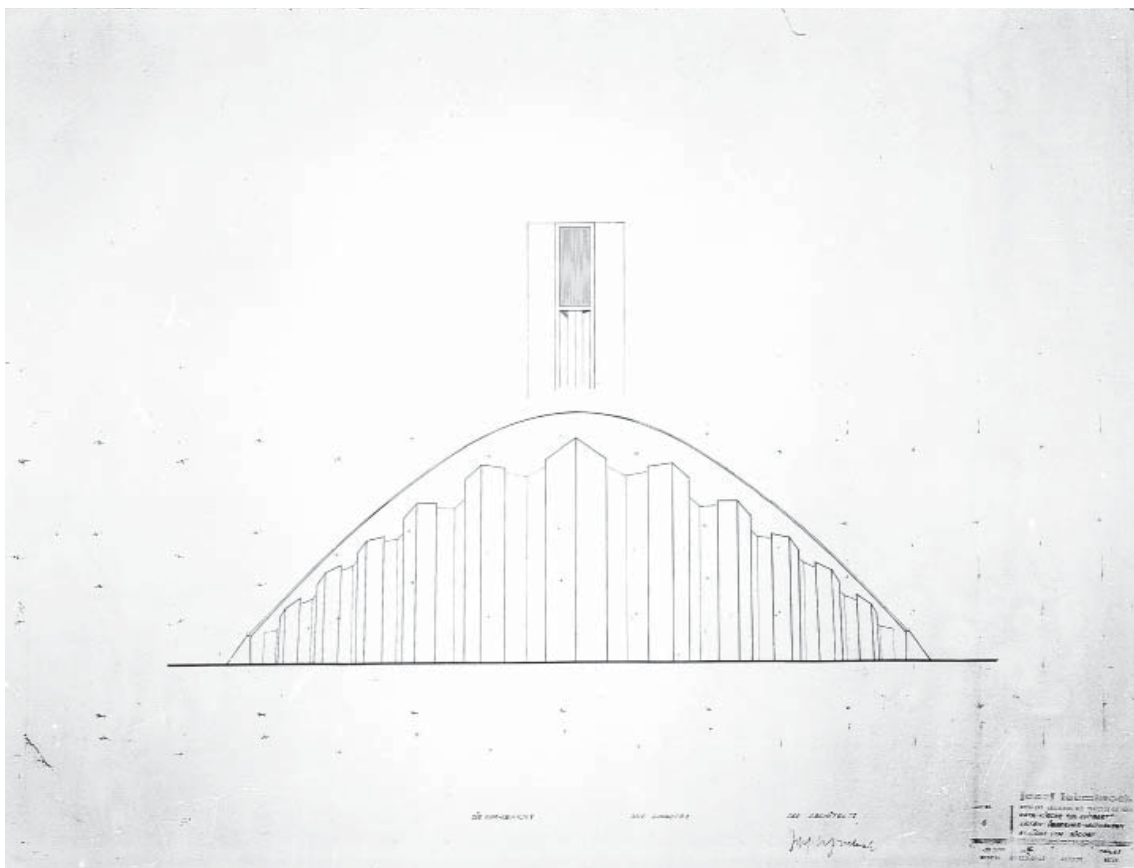
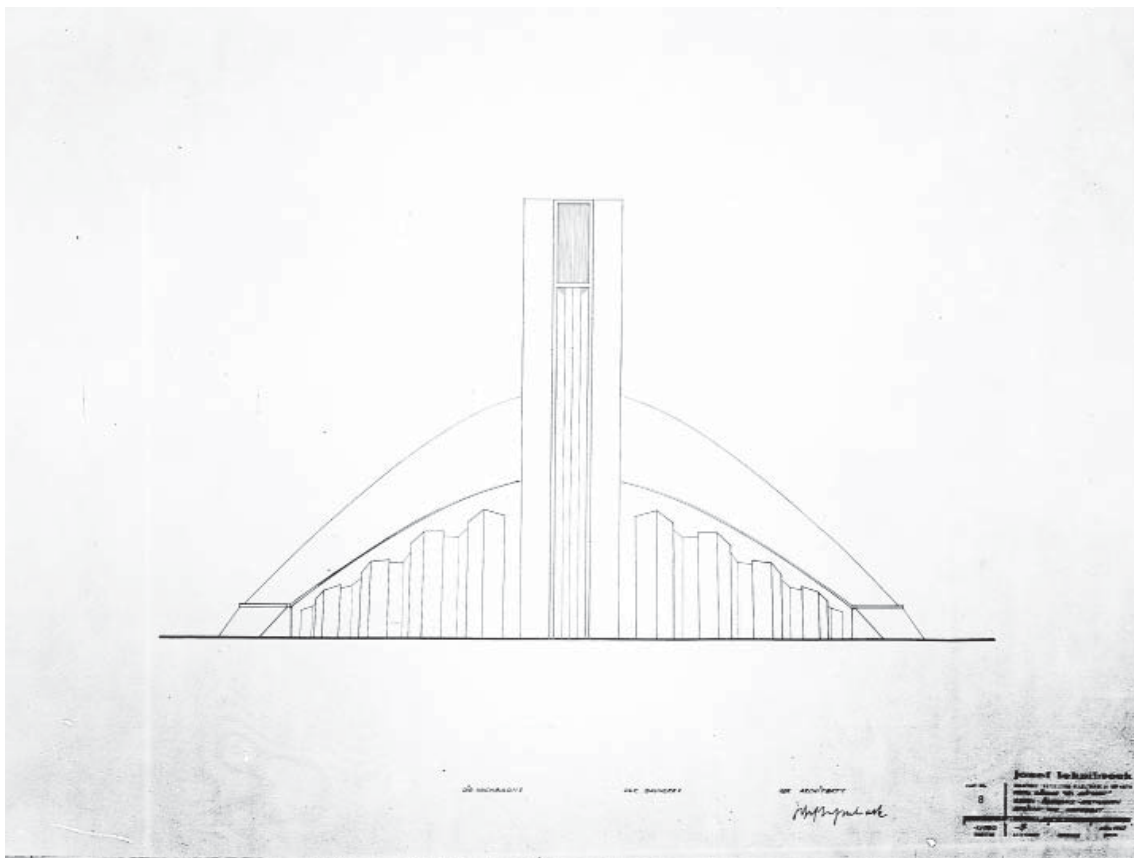
Gennaio 1963

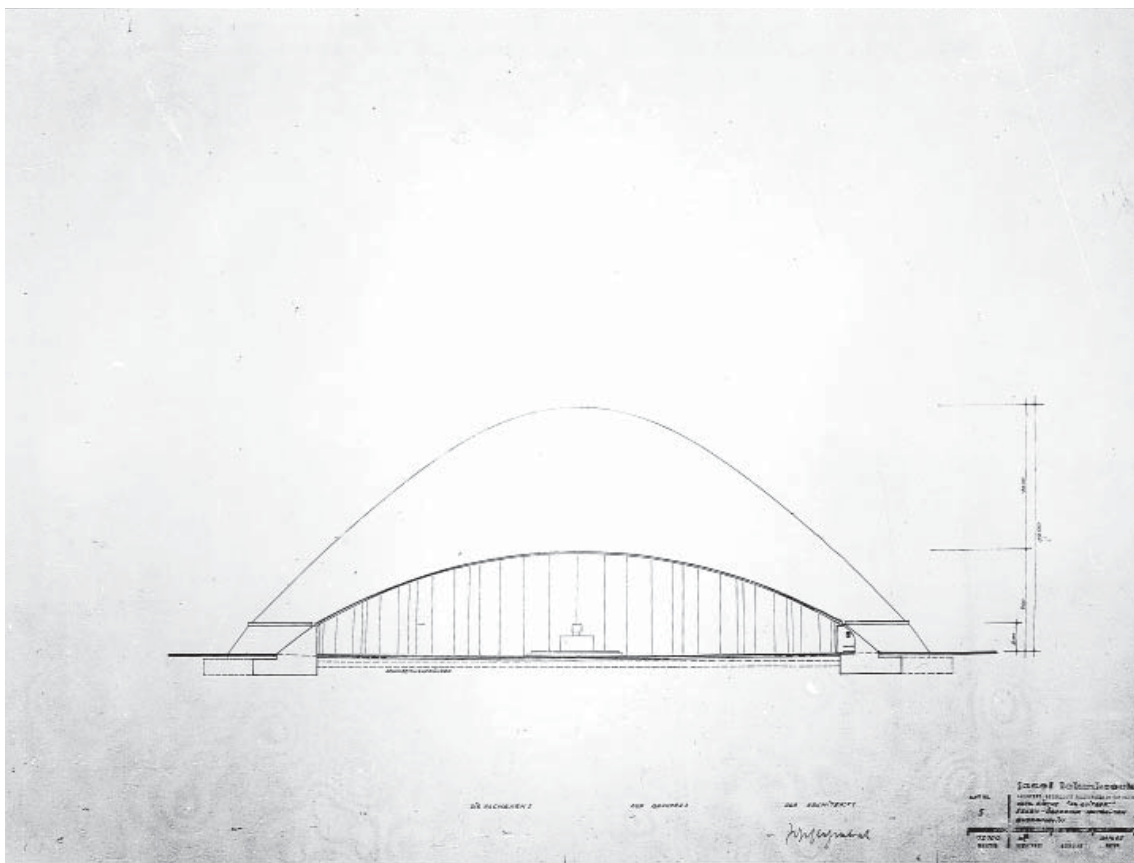
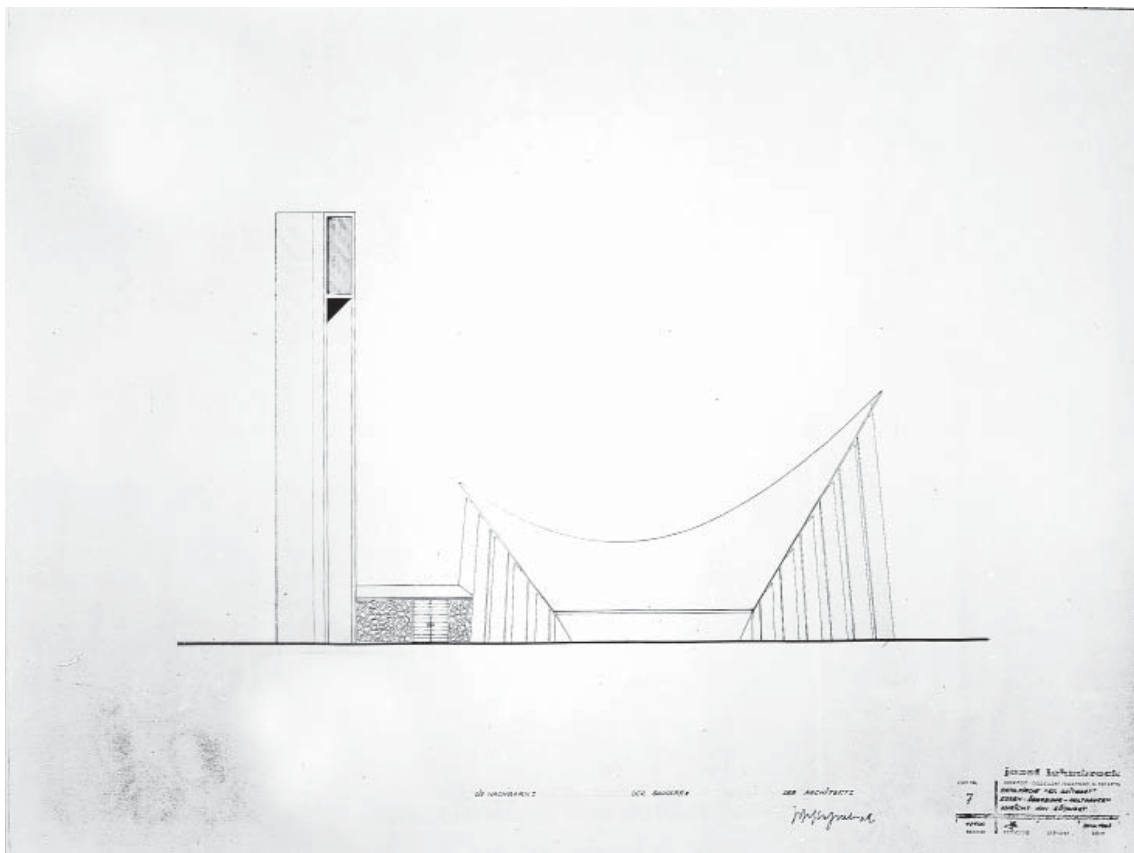
Gennaio 1963

Gennaio 1963

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW





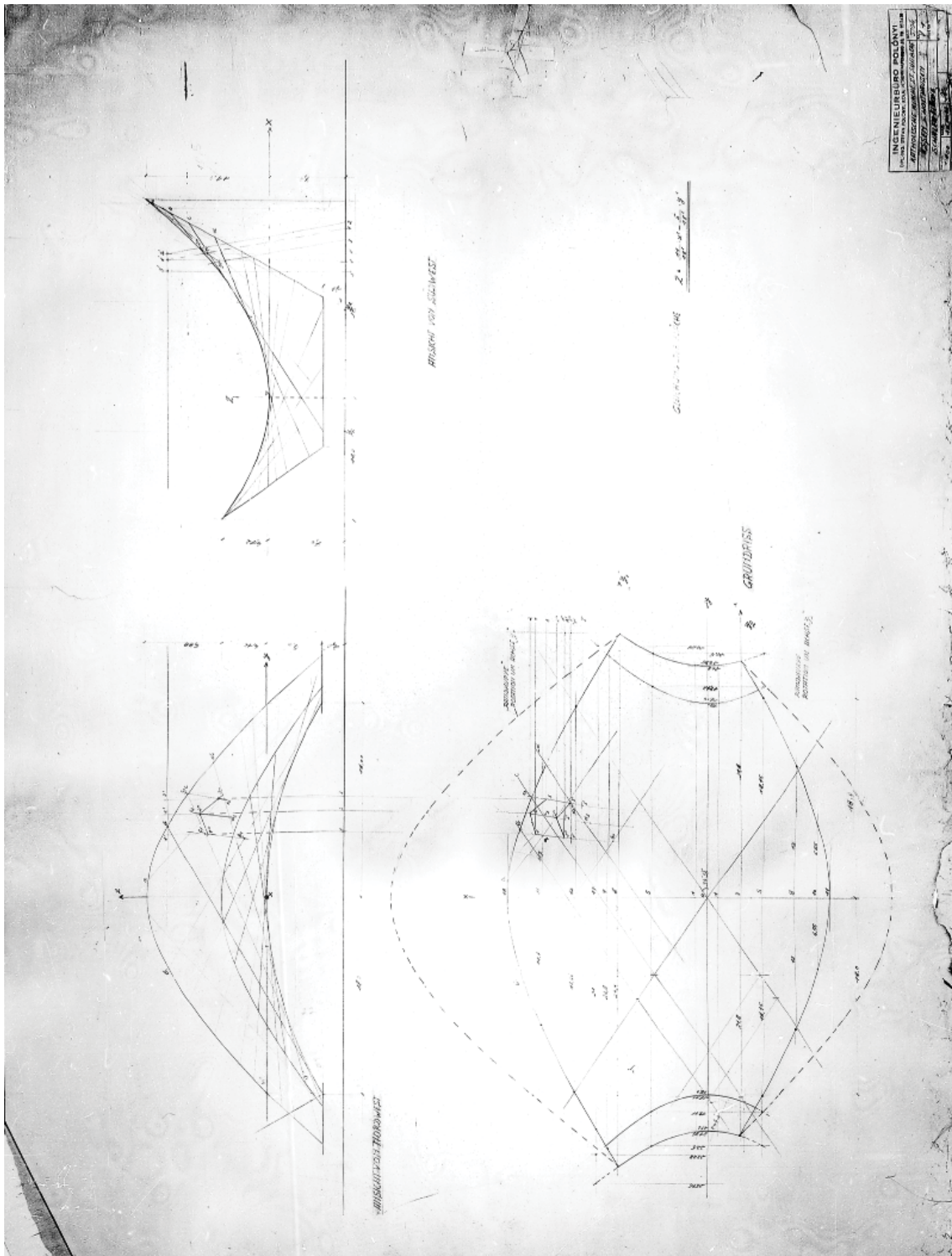


Immagine N. 4.07

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Suitbert, disegni di studio

Descrizione dell'elaborato: Studio della geometria della copertura in calcestruzzo armato a paraboloidi iperbolici.

Autore: Ingenieurbüro Polónyi

Supporto: Microfiche

Data: illeggibile

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagine N. 4.08

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Suitbert, disegni tecnici

Descrizione dell'elaborato:

Dettaglio dell'attacco a terra delle pareti di chiusura dell'aula liturgica.

Autore:

Ingenieurbüro Polónyi

Supporto:

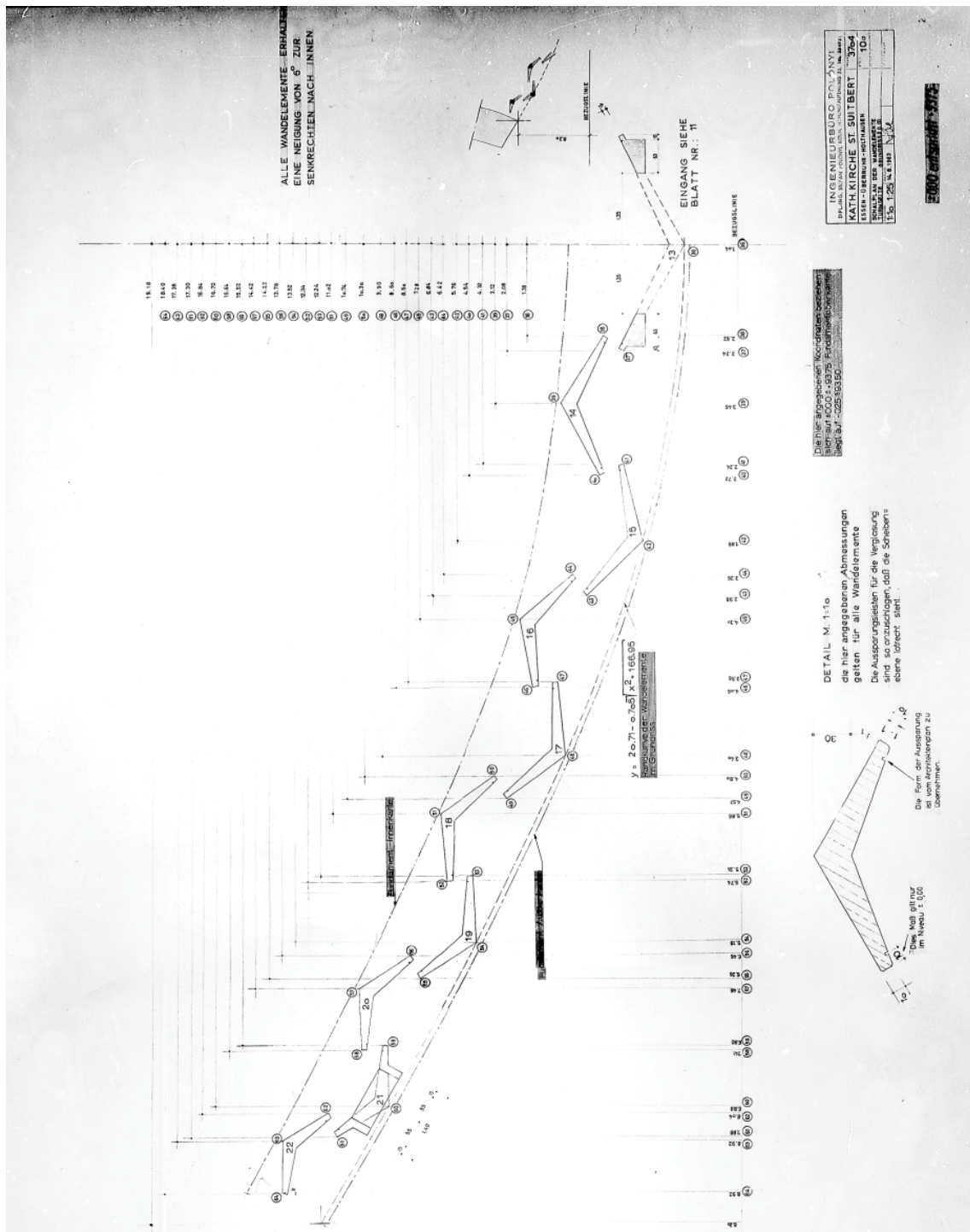
Microfiche

Data:

17/07/1963

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagini N. 4.09, N. 4.10

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Suitbert, disegni tecnici

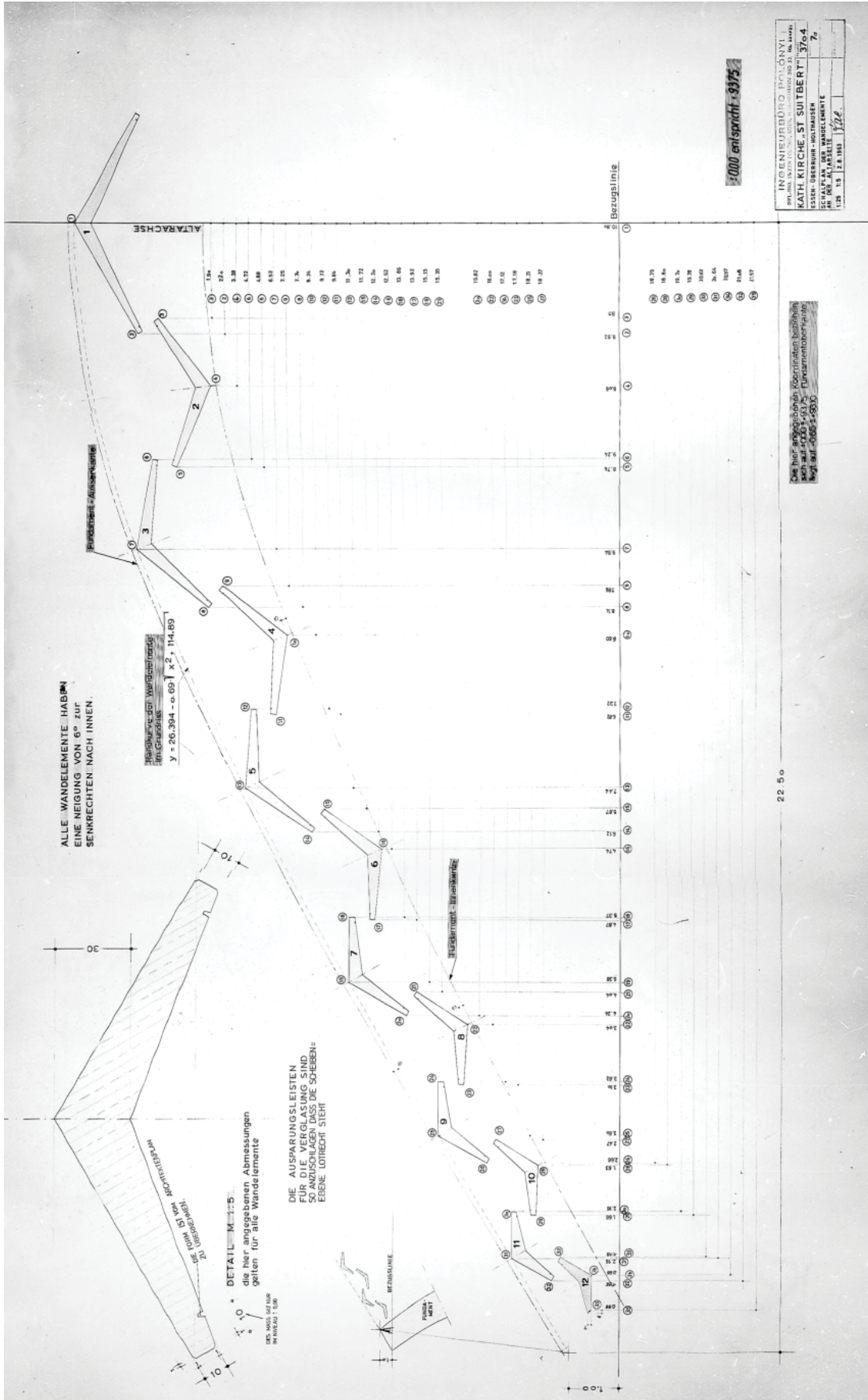
Descrizione degli elaborati:

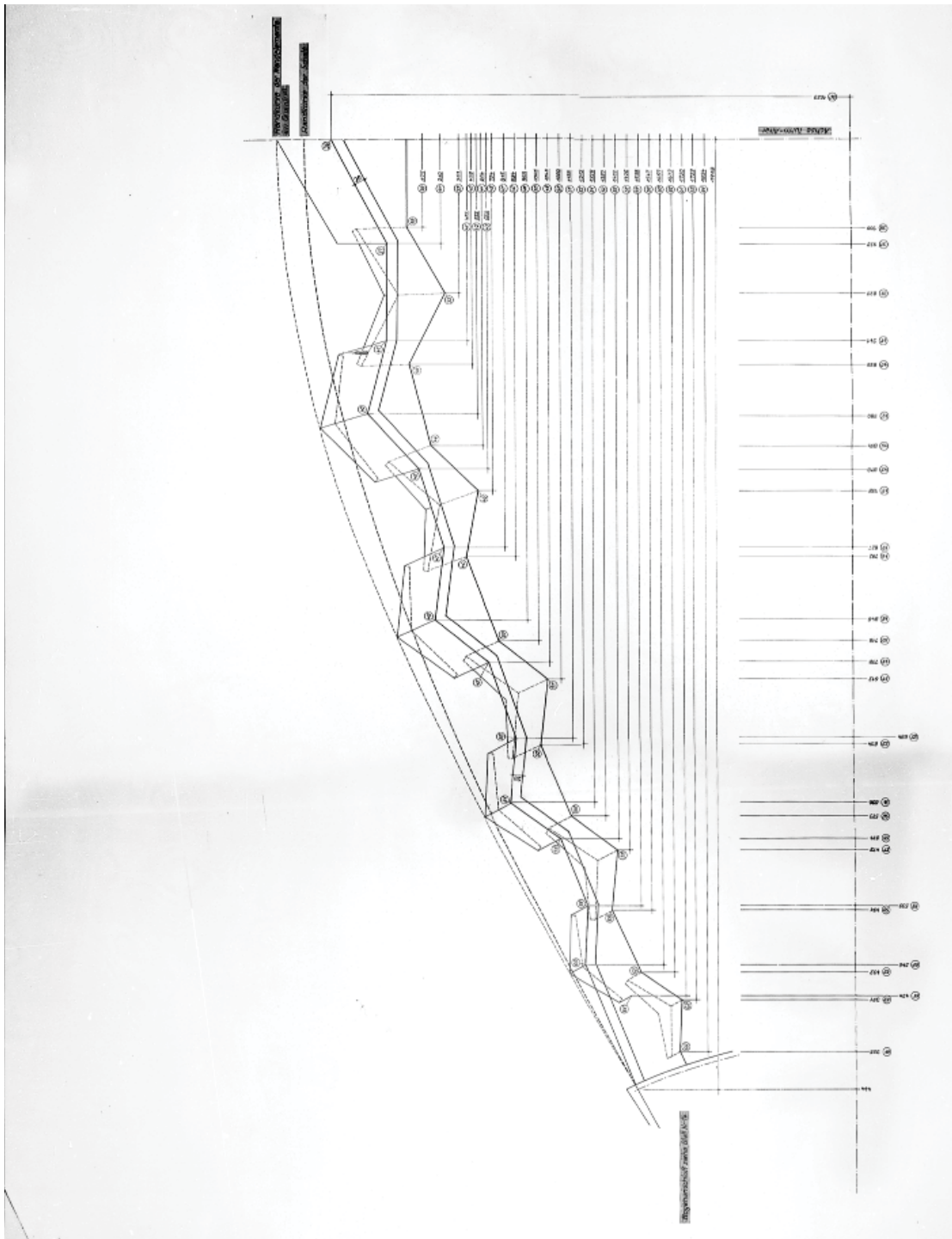
Dettaglio dell'attacco alla fondazione della parete nord-ovest, 14/08/1963

Dettaglio dell'attacco alla fondazione della parete sud-est, 15/08/1963

Autore: Ingenieurbüro Polónyi Supporto: Microfiche

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW





Immagini N. 4.11, N. 4.12

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Suitbert, disegni tecnici

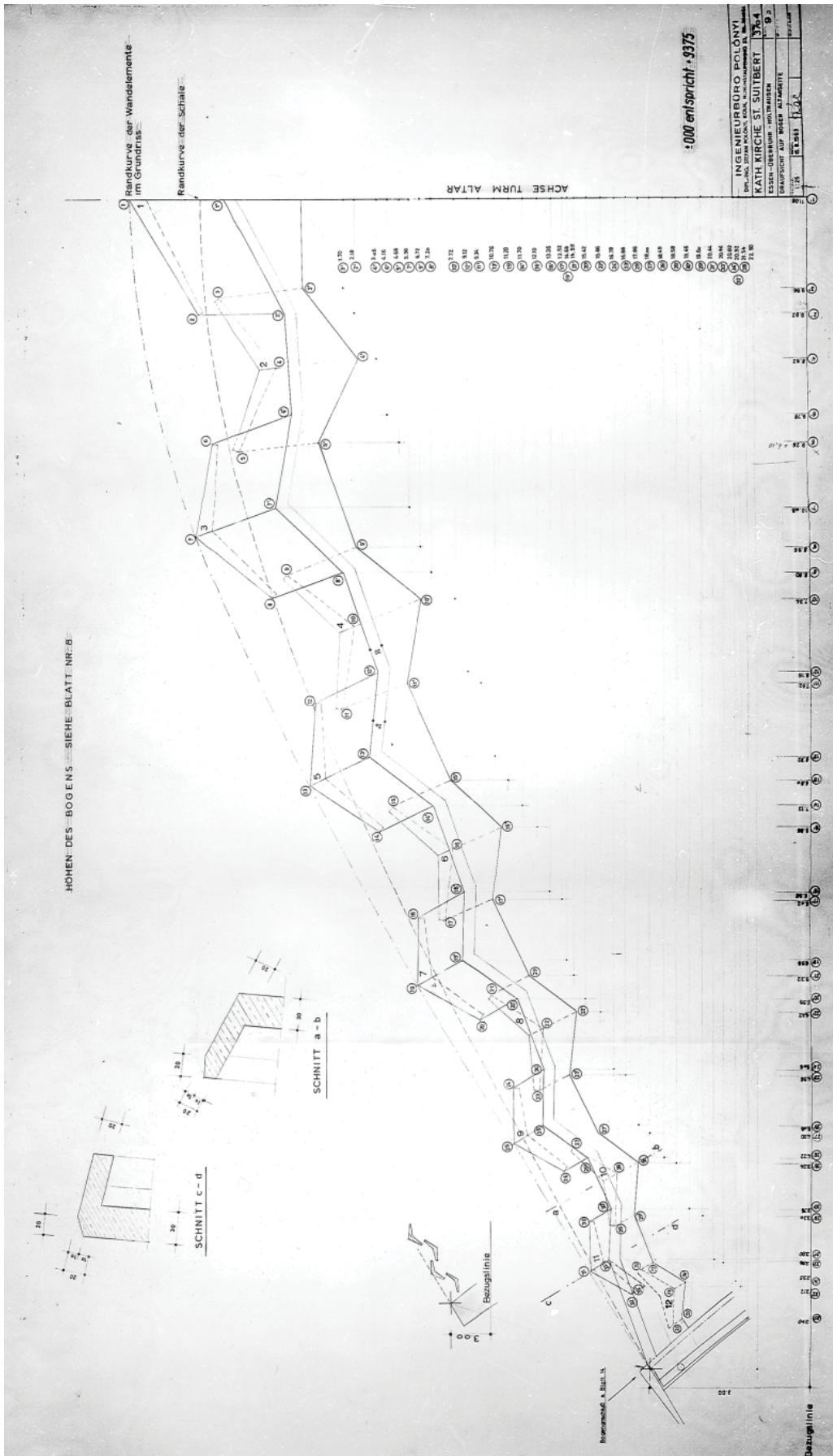
Descrizione degli elaborati:

Dettaglio dell'attacco alla trave di bordo superiore della parete nord-ovest.

Dettaglio dell'attacco alla trave di bordo superiore della parete sud-est, 15/08/1963

Autore: Ingenieurbüro Polónyi *Supporto:* Microfiche

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



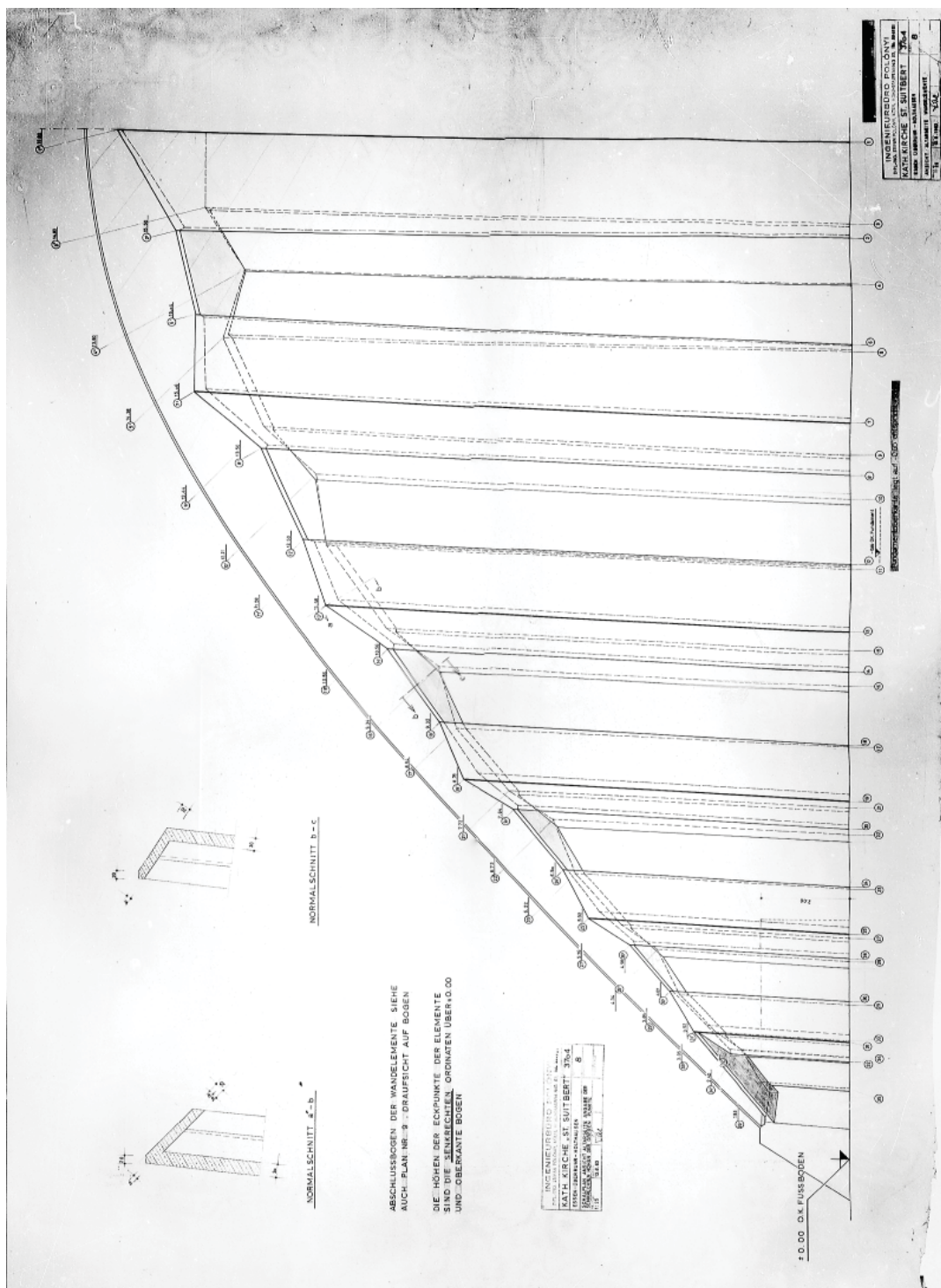


Immagine N. 4.13

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Suitbert, disegni tecnici

Descrizione degli elaborati: Dettaglio della parete sud-est.

Autore: Ingenieurbüro Polónyi Supporto: Microfiche Data: 13/08/1963

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

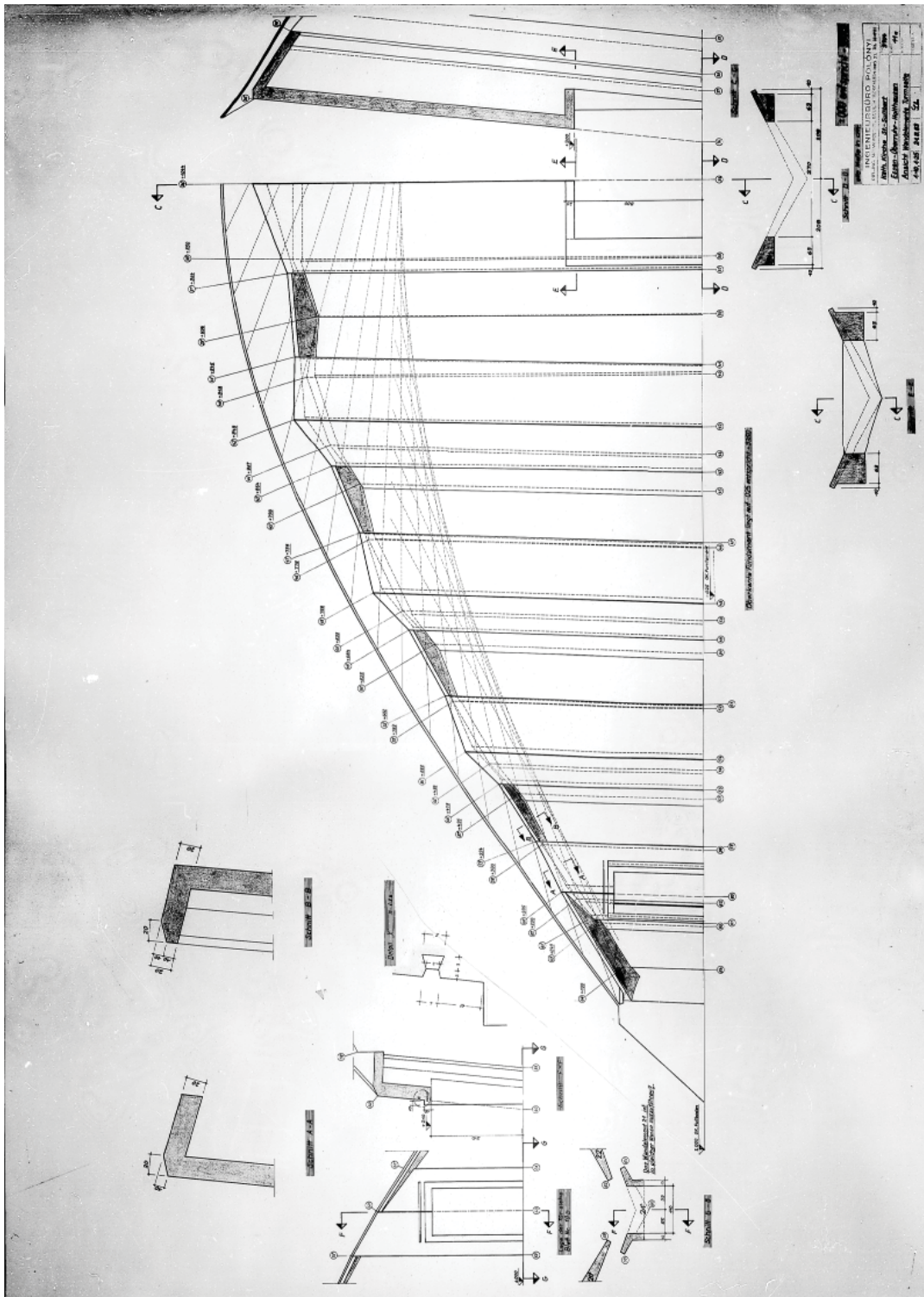


Immagine N. 4.14

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Suitbert, disegni tecnici

Descrizione degli elaborati: Dettaglio della parete nord-ovest.

Autore: Ingenieurbüro Polónyi Supporto: Microfiche Data: 21/08/1963

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagine N. 4.15

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Suitbert, disegni tecnici

Descrizione dell'elaborato:

Il disegno mostra in dettaglio l'attacco della copertura al muro che la sostiene e l'attacco delle travi di bordo delle pareti col muro che sostiene la copertura.

Autore:

Ingenieurbüro Polónyi

Supporto:

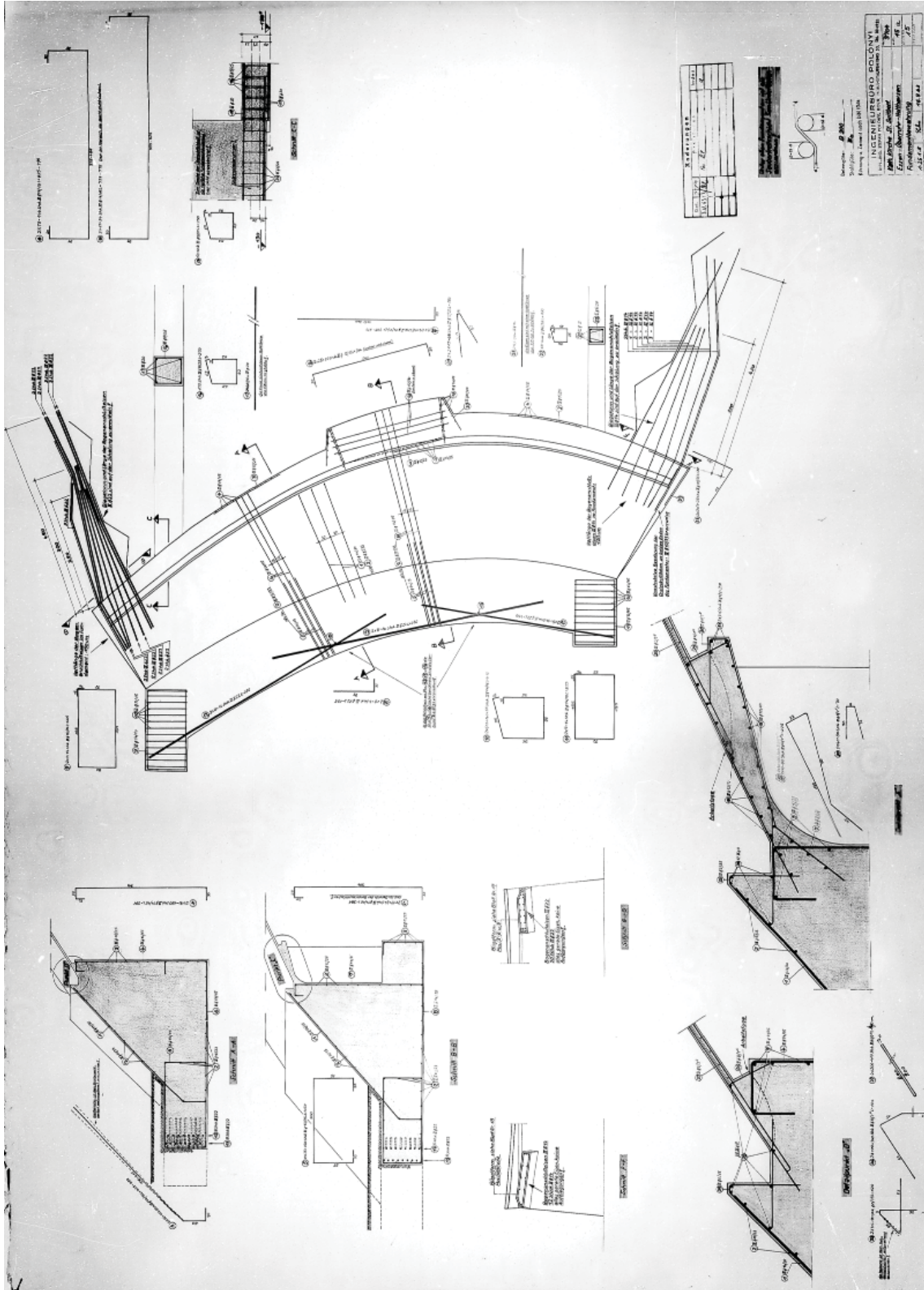
Microfiche

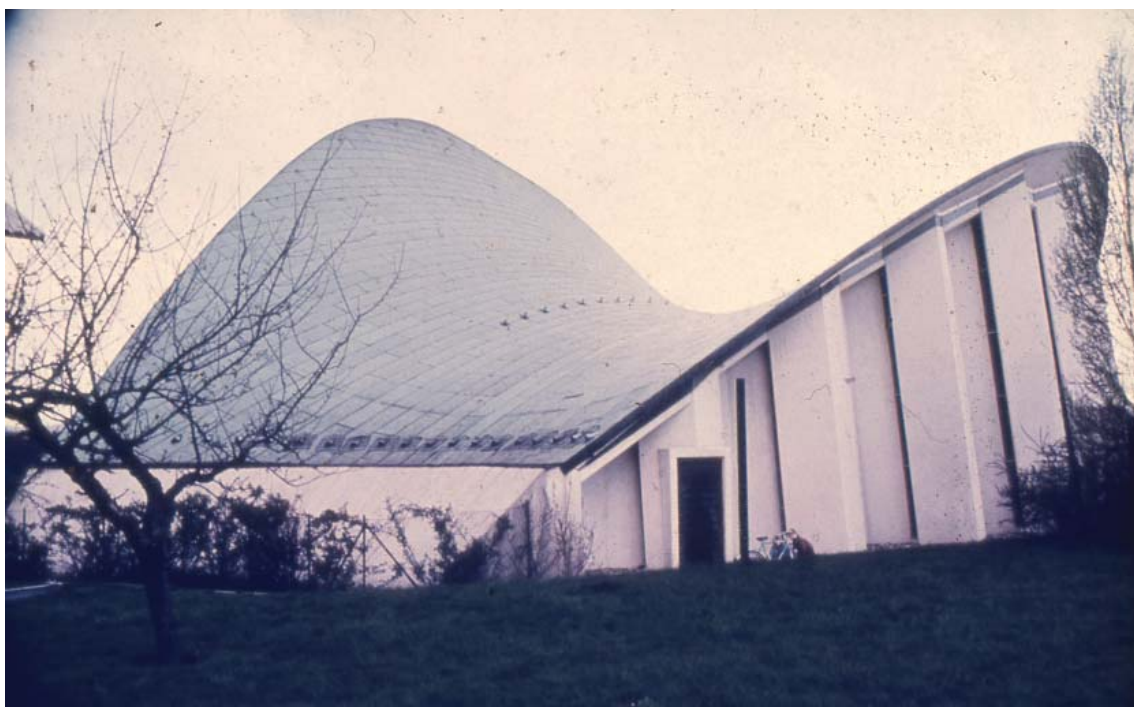
Data:

16/09/1963

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW





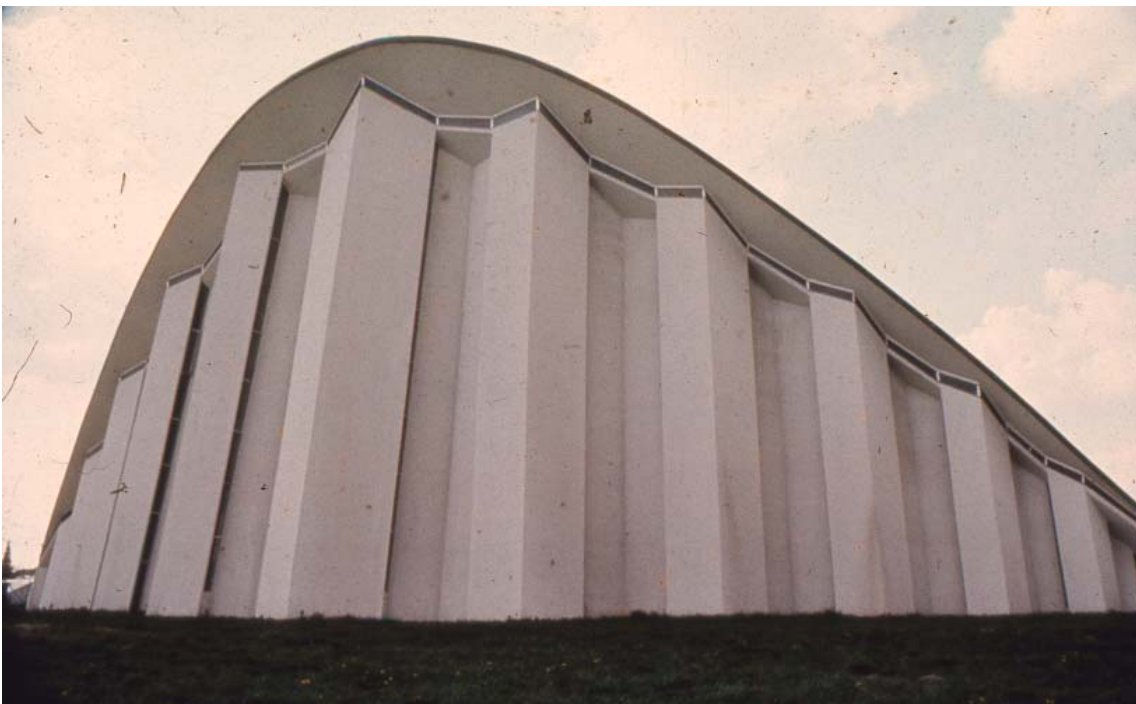
Immagini N. 4.16, N. 4.17

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Suitbert, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati: Vista della chiesa al termine della costruzione.

Supporto: Diapositiva

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagini N. 4.18, N. 4.19

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Suitbert, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati: Vista della parte a diaframma che chiude lo spazio dell'aula liturgica permettendo alla luce naturale di filtrare all'interno indirettamente.

Supporto: Diapositiva

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagini N. 4.20

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Suitbert, fotografie d'epoca

Descrizione dell'elaborato: Vista della parte a diaframma dall'interno dell'aula liturgica. La luce naturale filtra all'interno indirettamente smaterializzando quasi la parete di fondo.

Supporto: Fotografia

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagine N. 4.21

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Suitbert, fotografie d'epoca

Descrizione dell'elaborato: Vista del presbiterio.

Supporto: Fotografia

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

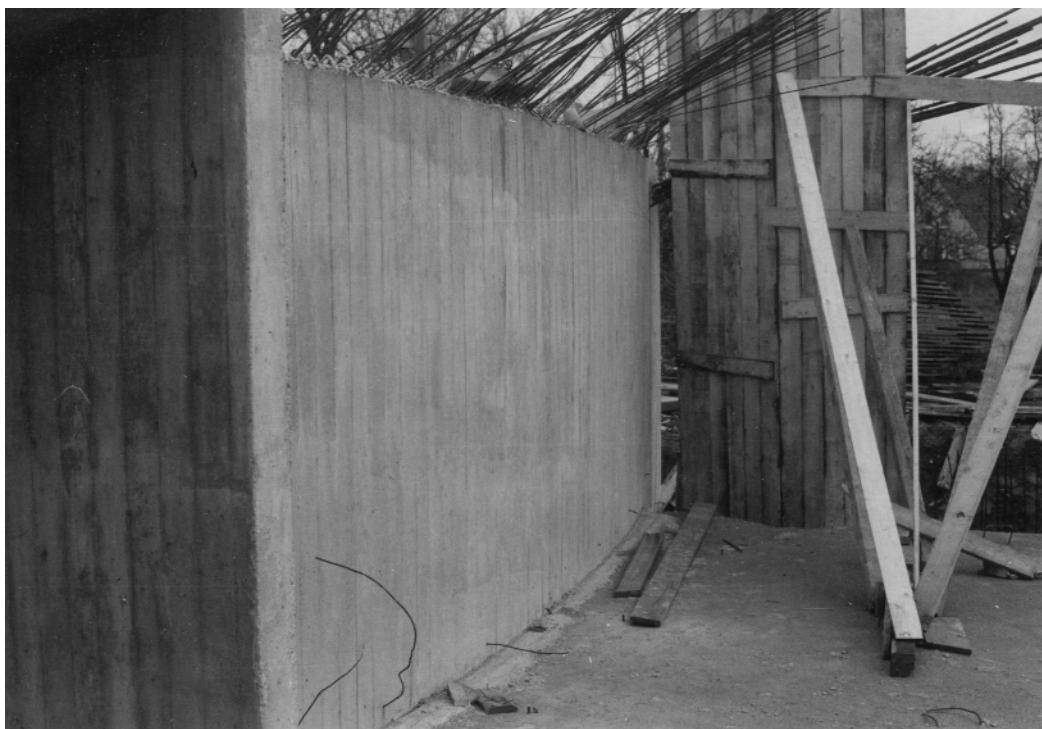


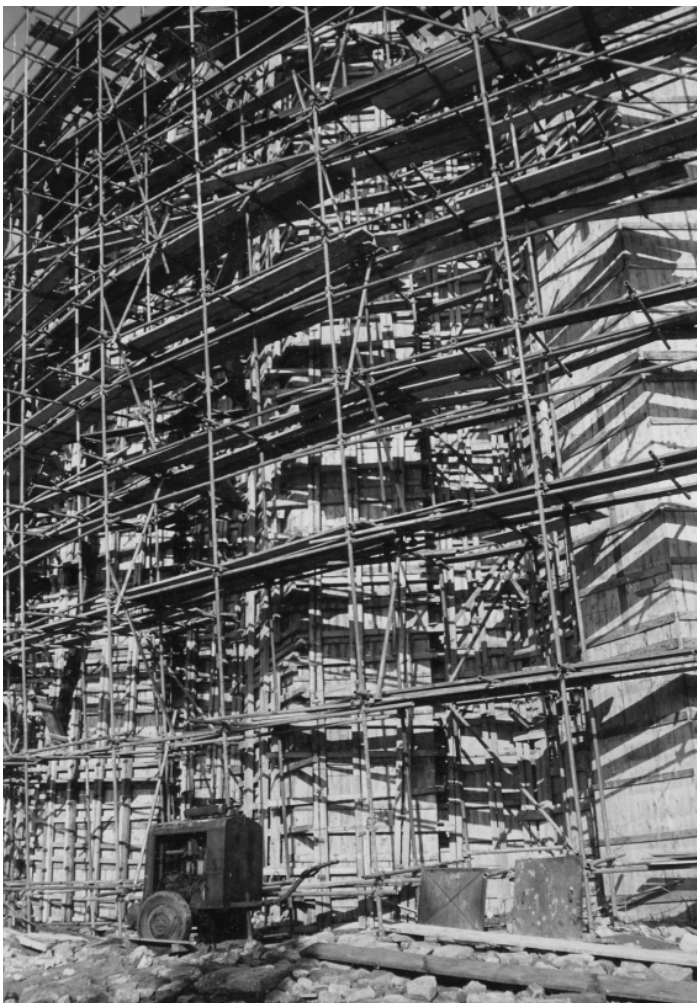
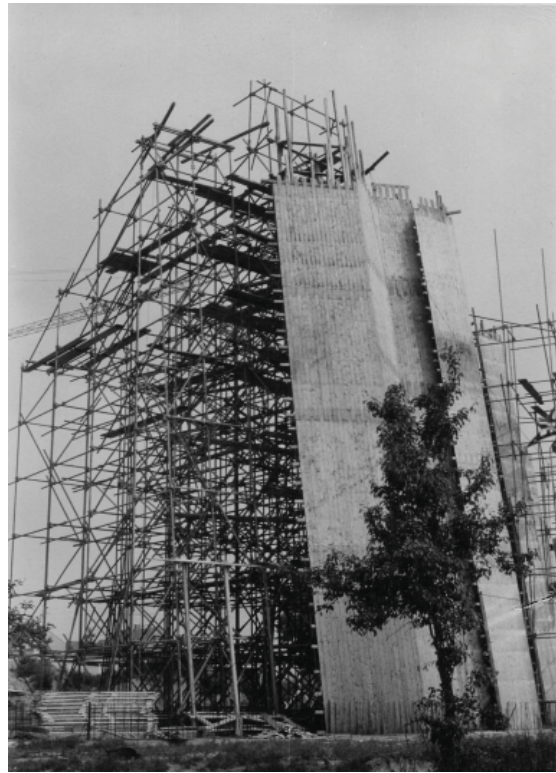
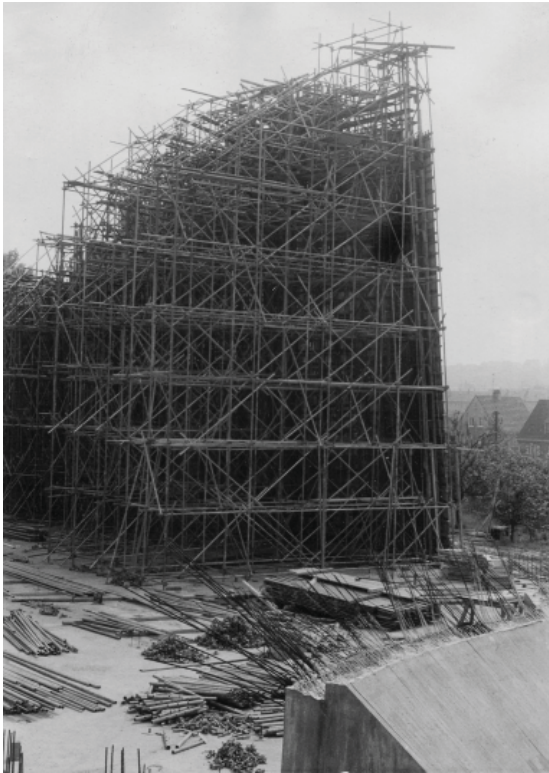
Immagine N. 4.22, N. 4.23

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Suitbert, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati: Cassaforma per il getto delle fondamenta del muro posto dopo l'altare della chiesa e vista dopo il disarmo.

Supporto: Fotografia

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagini N. 4.24,
N. 4.25, N. 4.26

Oggetto degli elaborati:
Kirche St. Suitbert, fotografie
d'epoca

Descrizione degli elaborati:
Impalcatura per la
cassaforma del muro posto
dopo l'altare della chiesa.

Supporto:
Fotografia

Fonte:
Dortmund, A:AI - Archiv
für Architektur und
Ingenieurbaukunst NRW



Immagine N. 4.27, N. 4.28

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Suitbert, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati: Armatura del muro posto dopo l'altare della chiesa, vista frontale e superiore.

Supporto: Fotografia

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagini N. 4.29, N. 4.30

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Suitbert, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati: Cassaforma della copertura a guscio.

Supporto: Fotografia

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



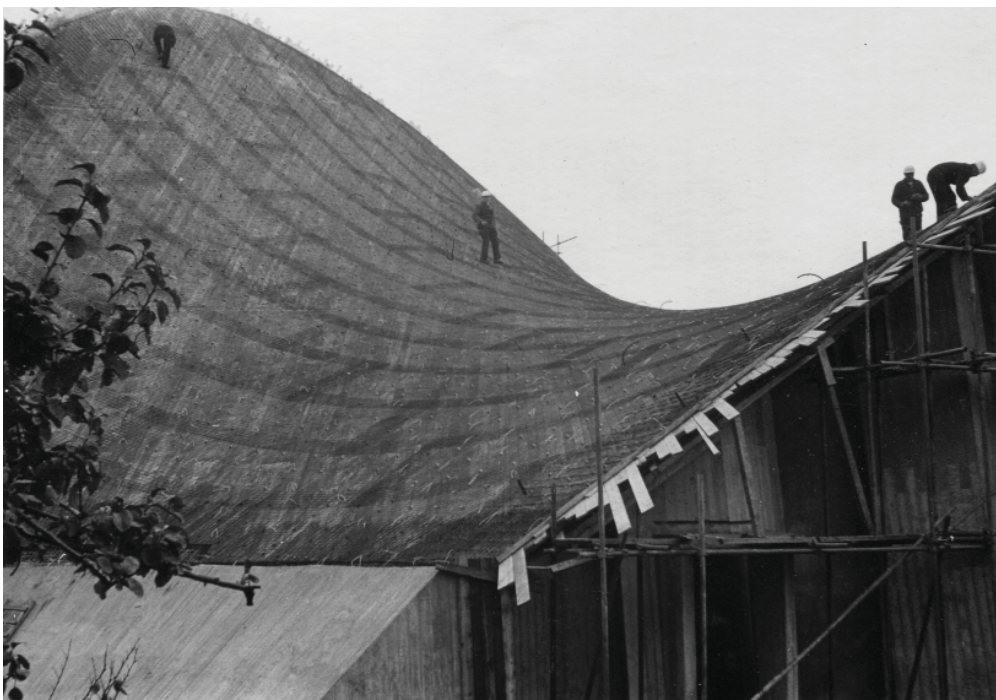
Immagine N. 4.31

Oggetto dell'elaborato:
Kirche St. Suitbert, fotografia d'epoca

Descrizione degli elaborati dell'elaborato:
Getto del calcestruzzo spruzzato

Supporto:
Cartaceo

Fonte:
Polónyi, Stefan, und Wolfgang Walochnik. *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn, 2003, pag. 214.



Immagini N. 4.32, N. 4.33

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Suitbert, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati:

Posa in opera dell'armatura del guscio

Fine della costruzione grezza della struttura.

Supporto: Fotografia

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagini N. 4.34, N. 4.35

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Suitbert, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati:

Vista dal giardino al termine della costruzione grezza della struttura.

Vista dal tetto della canonica al termine della costruzione grezza della struttura.

Supporto: Fotografia

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagini N. 4.36, N. 4.37, N. 4.38, N. 4.39

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Suitbert, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati:

Vista del guscio durante e dopo la prova di carico della struttura.

Supporto:

Fotografia

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW





Immagini N. 4.40,
N. 4.41

Oggetto degli elaborati:
Kirche St. Suitbert,
fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati:
Vista dell'interno al termine
della costruzione grezza
della struttura, con e senza
impalcatura.

Supporto:
Fotografia

Fonte:
Dortmund, A:AI - Archiv
für Architektur und
Ingenieurbaukunst NRW





Immagini N. 4.42, N. 4.43, N. 4.44

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Suitbert, modello

Descrizione degli elaborati:

Vista laterale e superiore del modello volumetrico. Le foto mostrano lo studio della relazione altimetrica e volumetrica fra l'aula liturgica e la torre campanaria (non realizzata).

Autore:

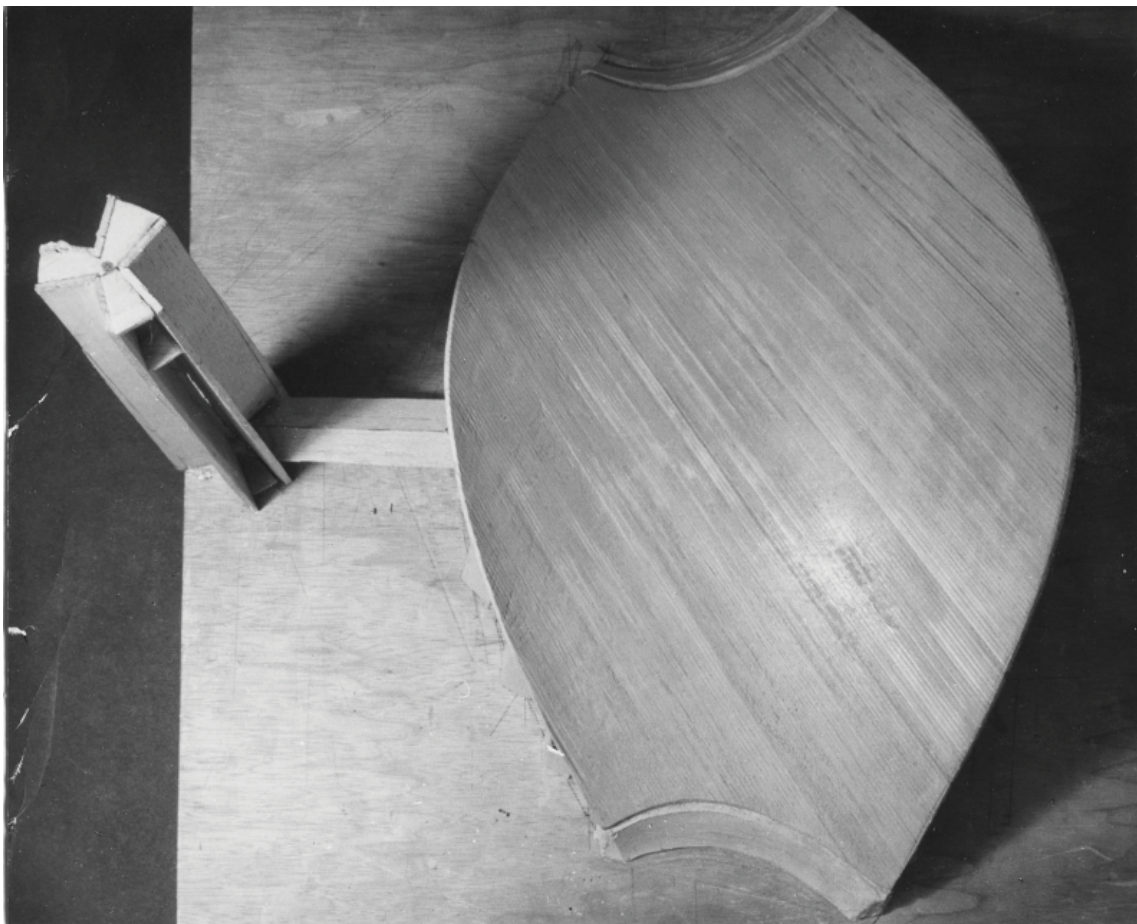
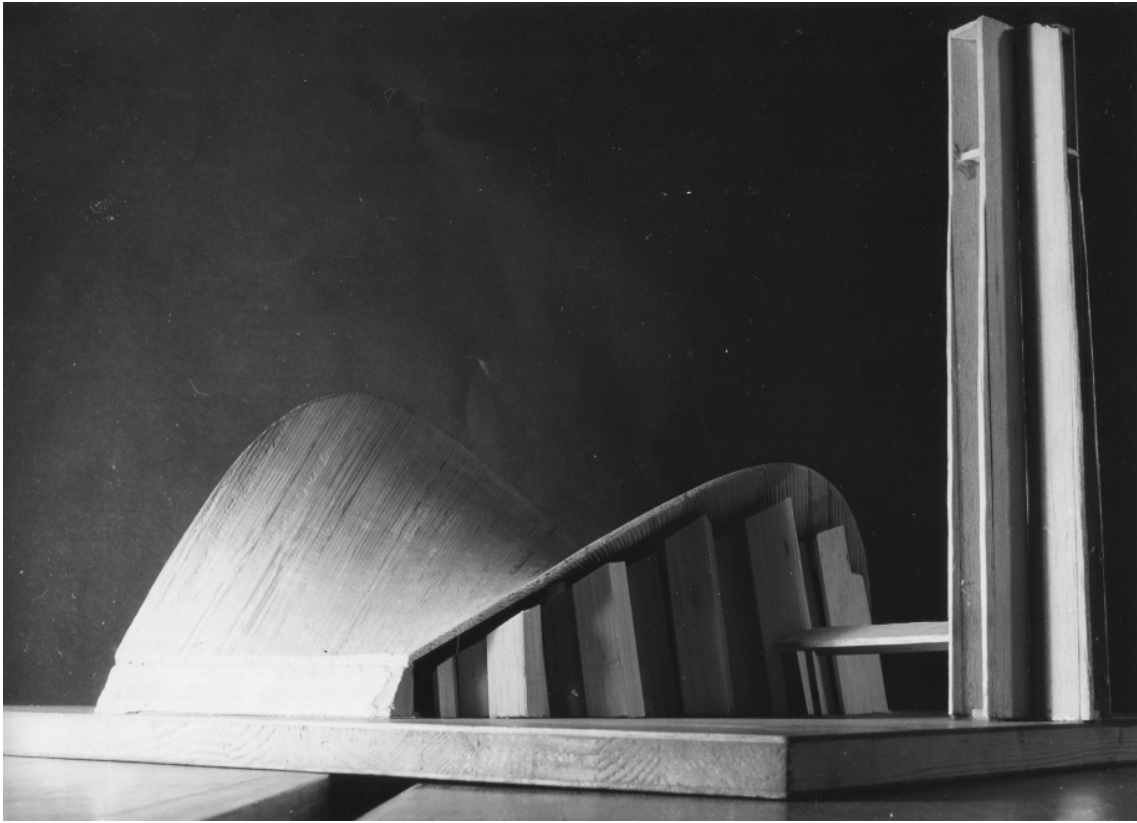
Josef Lehmbruck

Supporto:

Fotografia

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



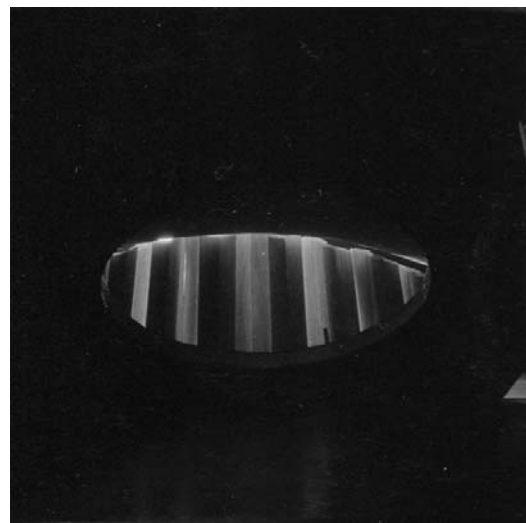
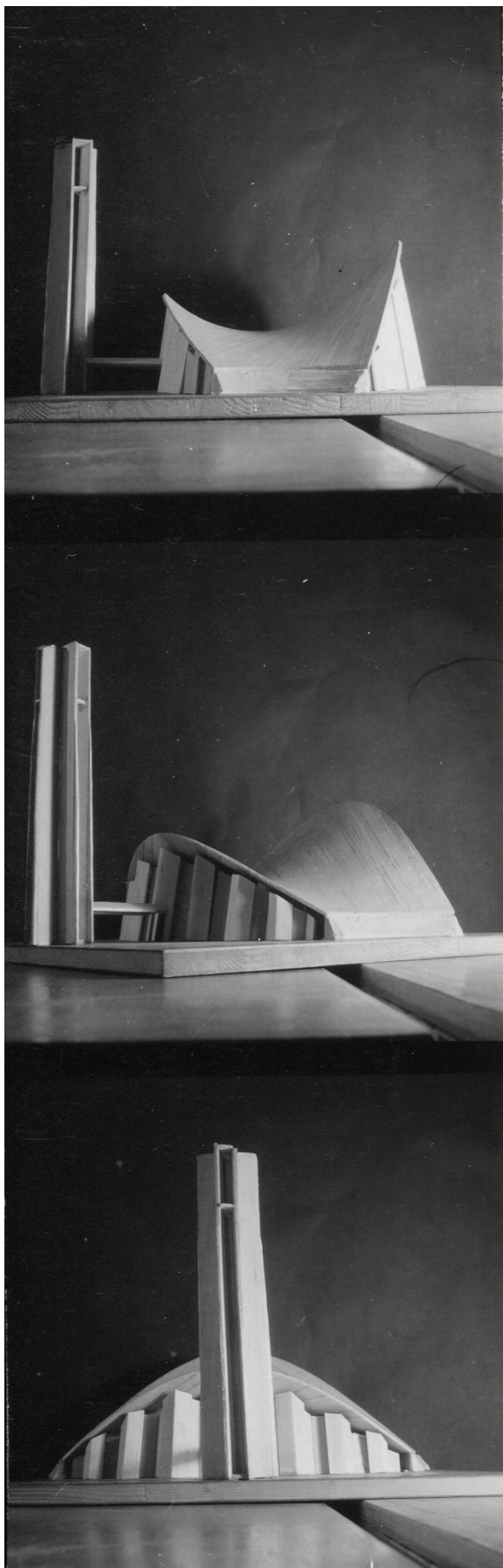


Immagine N. 4.45

Oggetto dell'elaborato:
Kirche St. Suitbert, modello

Descrizione dell'elaborato:
Serie di fotografie del modello che mostrano lo studio della relazione altimetrica e volumetrica fra l'aula liturgica e la torre campanaria (non realizzata) ed anche la loro relazione formale.

Supporto:
Fotografia

Fonte:
Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagine N. 4.46

Oggetto dell'elaborato:
Kirche St. Suitbert, modello

Descrizione dell'elaborato:
Fotografia dell'interno del modello effettuata per lo studio della luce naturale all'interno dell'edificio.

Supporto:
Fotografia

Fonte:
Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

arch. Claudia D'Amore

L'esperienza progettuale di Stefan Polónyi sull'utilizzo delle *Faltwerke*.
Rapporto forma struttura nelle strutture resistenti per foma.

Documentazione d'Archivio e
apparati fotografici

4. Caso studio: *St. Suitbert, Essen-Überruhr, 1964-65*

Identikit del progetto

<i>Denominazione edificio religioso:</i> Kirche St. Remigius	Referente: Peter Kock
<i>Luogo:</i> Wuppertal-Sonnborn	<i>Esecuzione:</i> A. G. Köhler, Wuppertal
<i>Committente:</i> Kath. Kirchengemeinde St. Remigius	<i>Data completamento:</i> 1976
<i>Progettazione architettonica:</i> Fritz Schaller	<i>Caratteristiche del progetto:</i> Due gusci a cono collegati a forma di anello ellittico con spessori da 5 cm a 6 cm.
<i>Progettazione strutturale:</i> Polónyi con Kalmar.	

Fonte:

Polónyi, S. (2003). Sakralbauten. In S. Polónyi, & W. Walochnik, *Architekture und Tragwerk* (p. 223). Berlin: Ernst & Sohn.

Immagine di copertina

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Remigius, schizzo

Descrizione degli elaborati:

Schizzo della sezione realizzato da Fritz Schaller

Fonte:

Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln*. Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

5. ST. REMIGIUS, Wuppertal-Sonnborn, 1976. Analisi del primo progetto della chiesa.

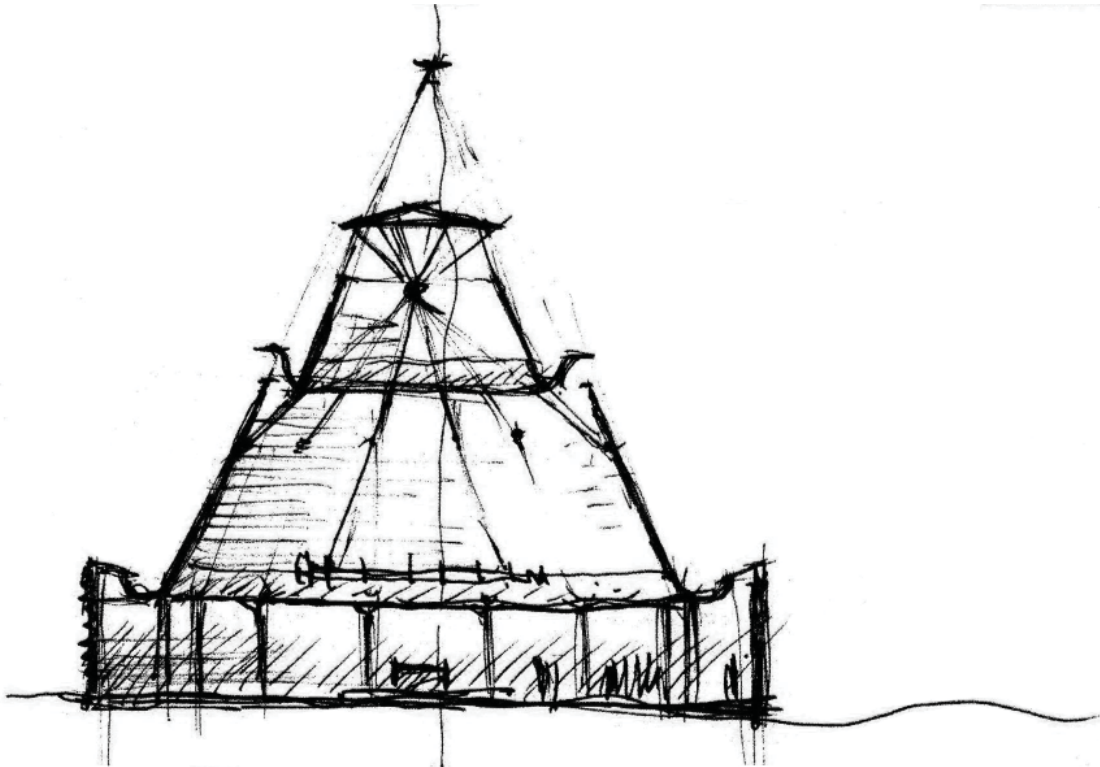


Immagine N. 5.01, N. 5.02, N. 5.03, N. 5.04, N. 5.05, N. 5.06

Oggetto degli elaborati:

Kirche St. Remigius, schizzi

Descrizione degli elaborati:

Primi schizzi della struttura della chiesa.

Nota dell'autore: Si attribuiscono gli schizzi a questo edificio religioso poiché rinvenuti nel cartone col codice numerico 6304 relativo alla chiesa di St. Remigius.

Autore:

Peter Koch

Supporto:

Cartaceo

Date:

07/04/1972

07/04/1972

07/04/1972

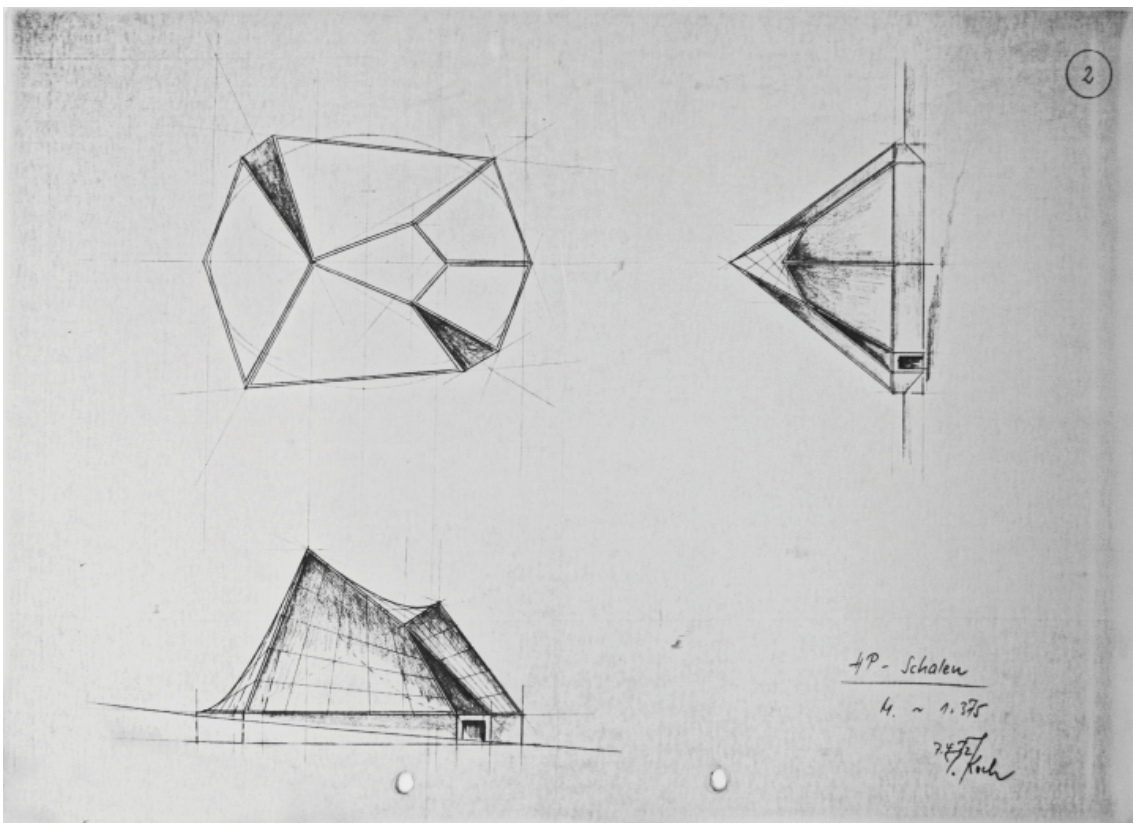
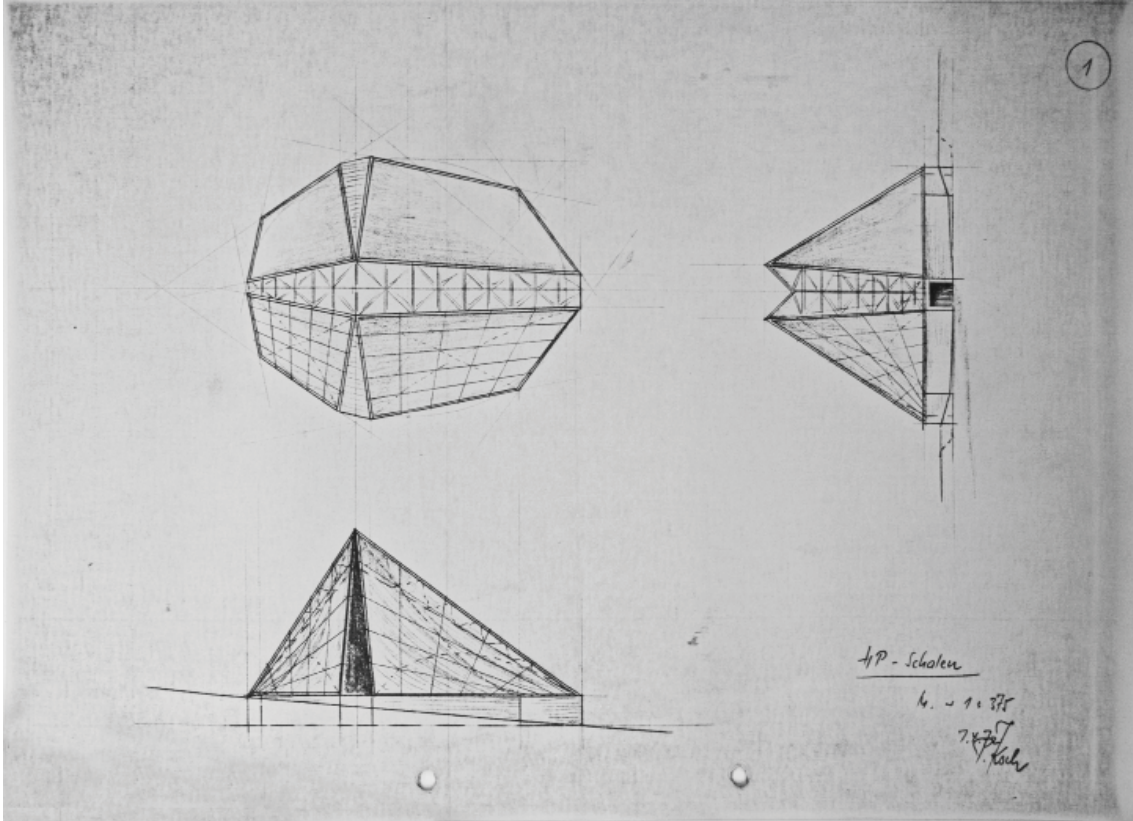
08/04/1972

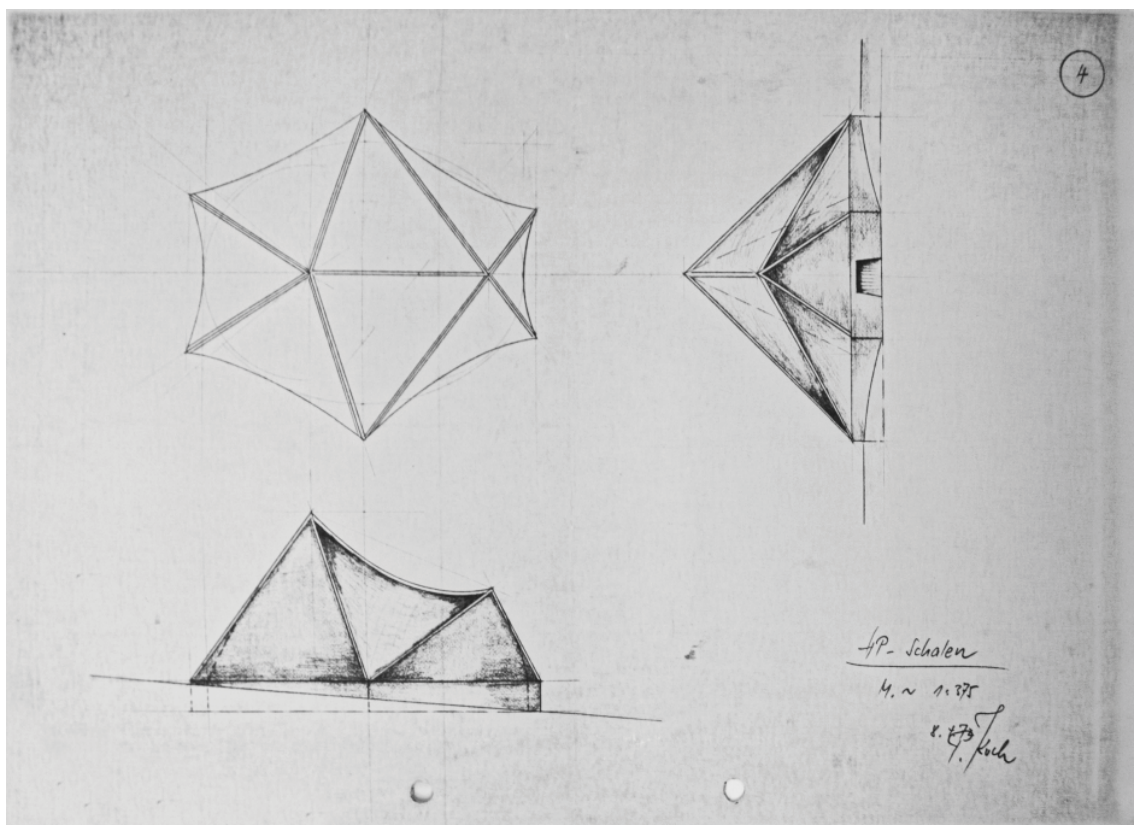
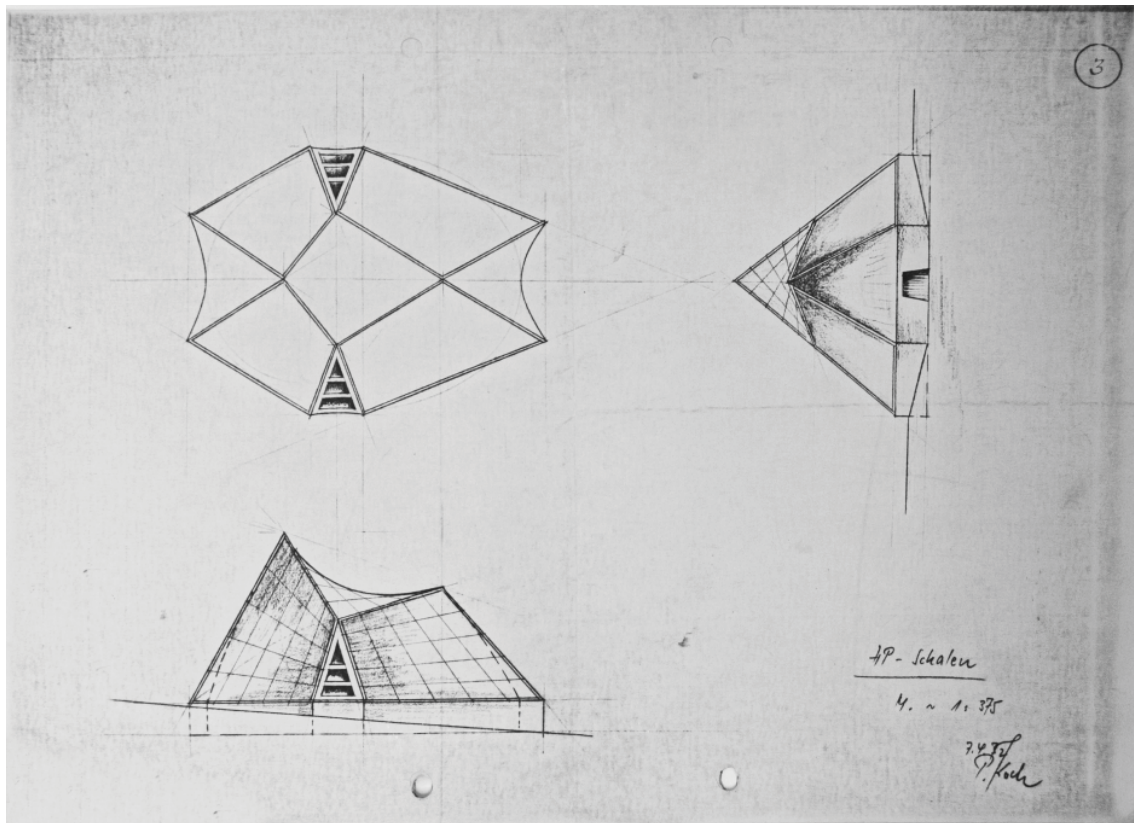
08/04/1972

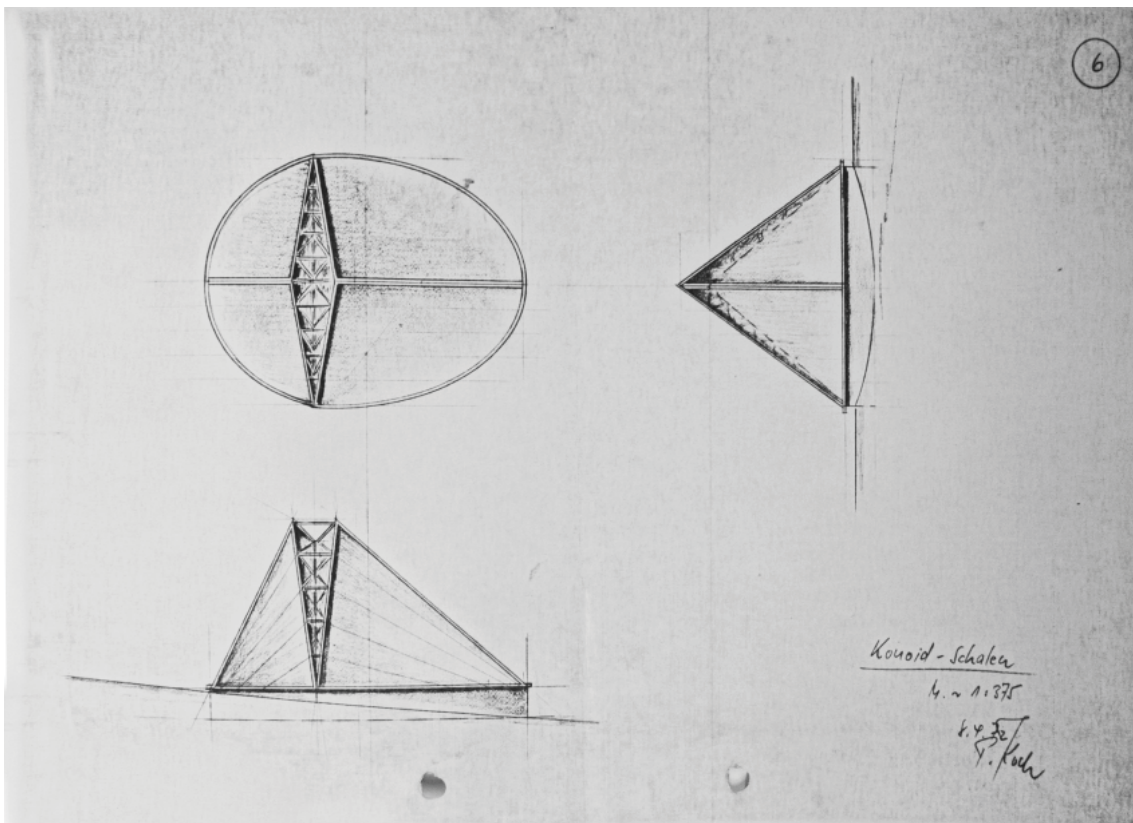
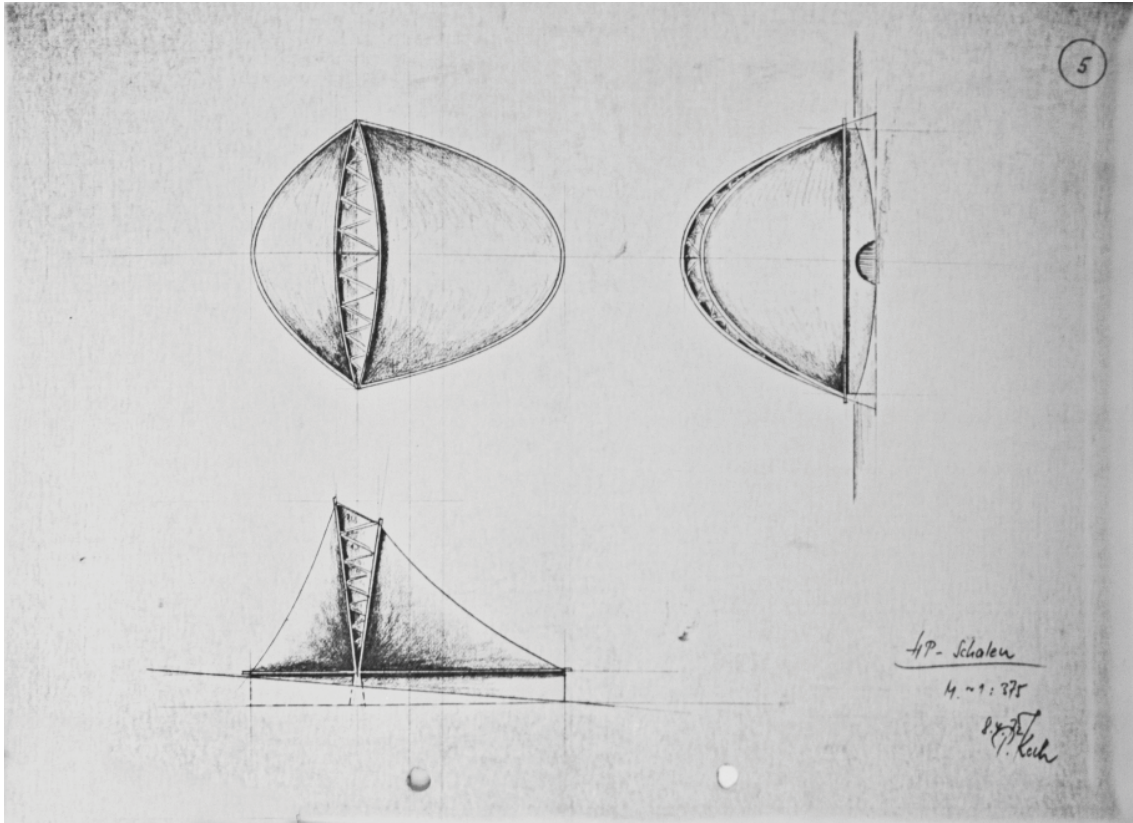
08/04/1972

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW









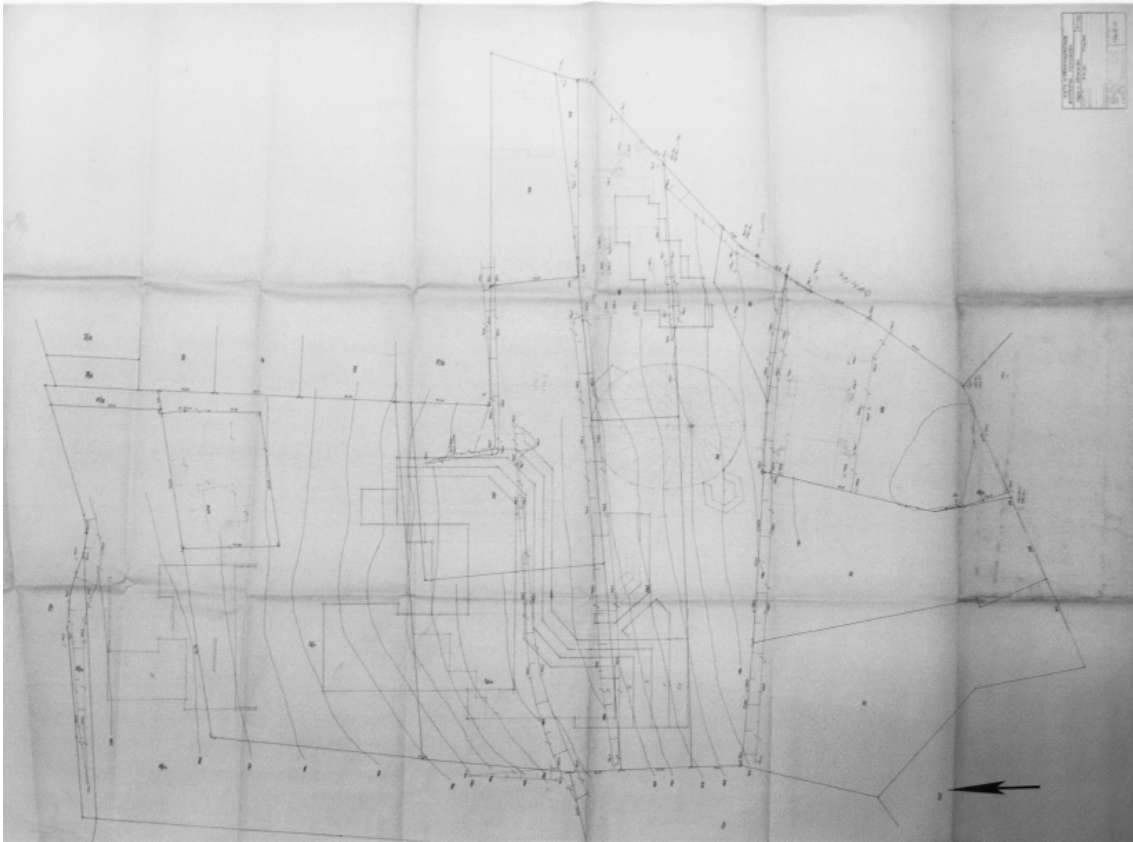


Immagine N. 5.07

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Remigius, disegno del progetto 1

Descrizione dell'elaborato:

Planimetria del complesso religioso.

Supporto:

Cartaceo di grande formato

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagine N. 5.08

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Remigius, disegno del progetto 4

Descrizione dell'elaborato:

Planimetria del complesso religioso. Il disegno mostra le quote altimetriche del sito su cui sorge il complesso.

Supporto:

Cartaceo di grande formato

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

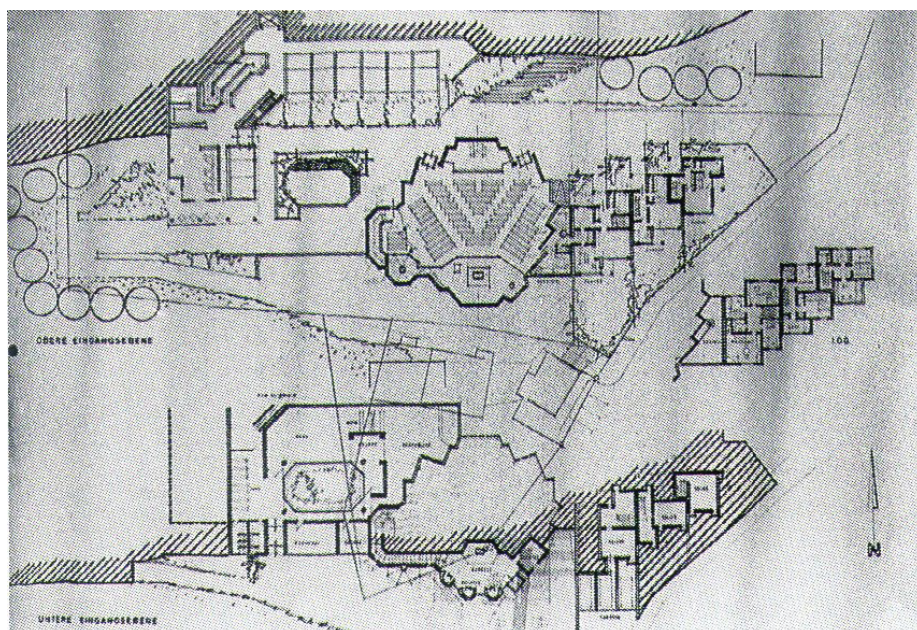
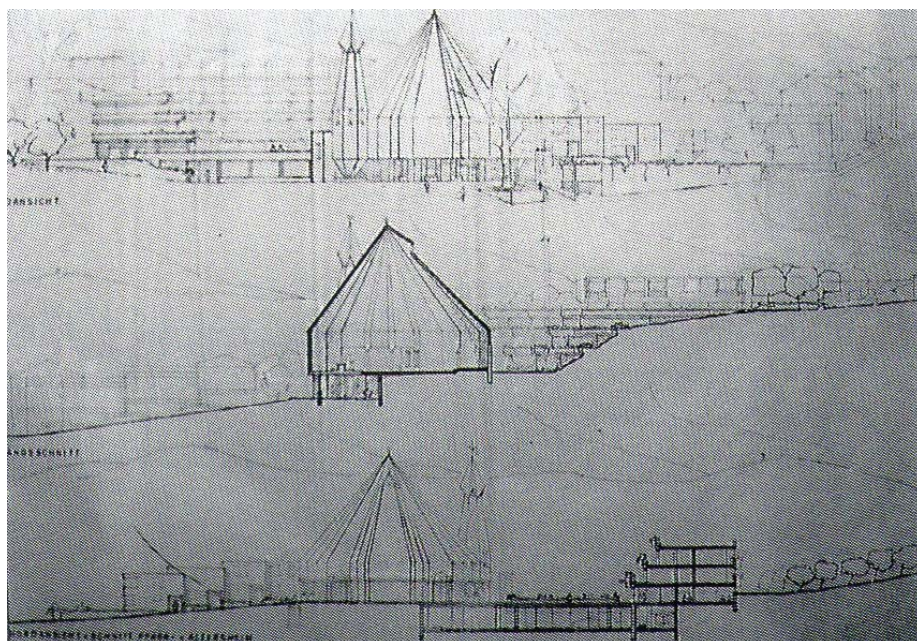


Immagine N. 5.09, 5.10

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Remigius, disegni del progetto 1

Descrizione degli elaborati:

Sezیه di prospetti e sezioni della chiesa che ne mostrano l'integrazione nel complesso religioso.

Planimetria del complesso religioso.

Supporto: Cartaceo

Fonte: Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

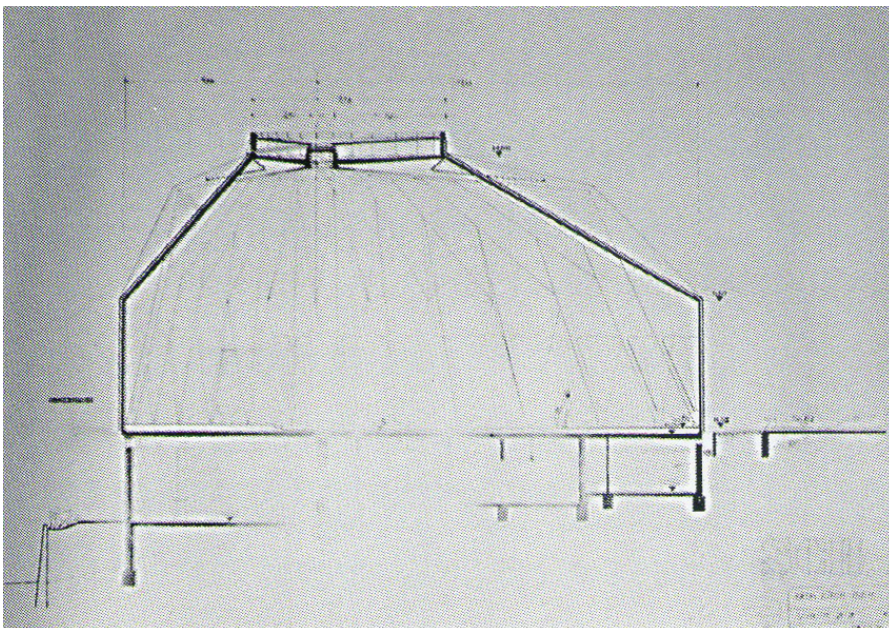
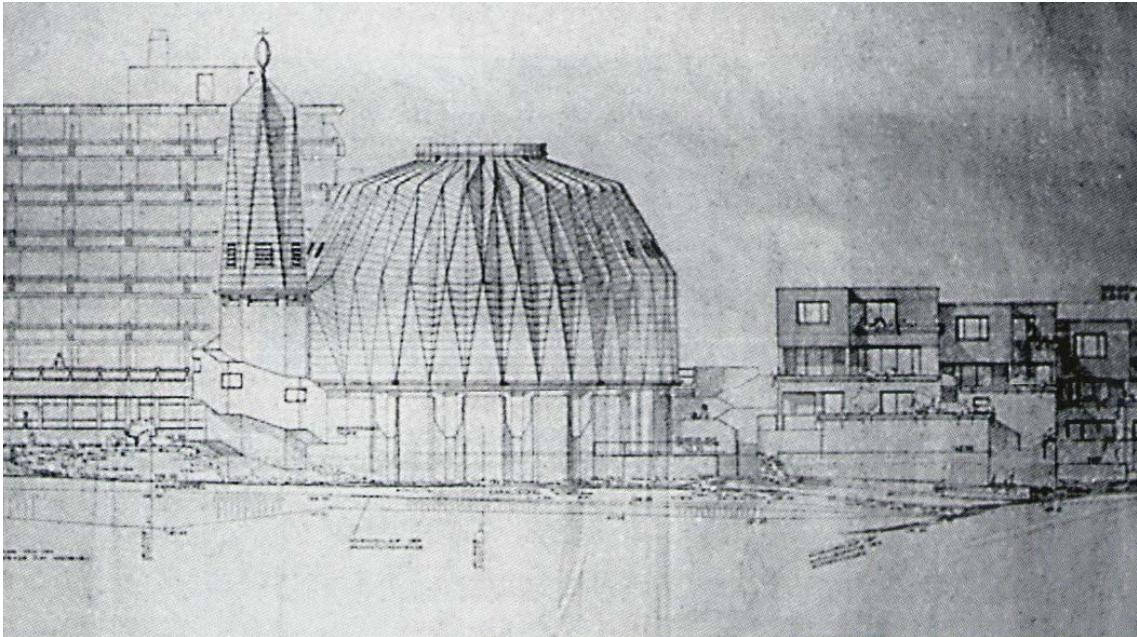


Immagine N. 5.11, 5.12

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Remigius, disegni del progetto 2

Descrizione degli elaborati:

Prospetto della chiesa inserita nel complesso religioso.

Sezione della chiesa.

Supporto: Cartaceo

Fonte: Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

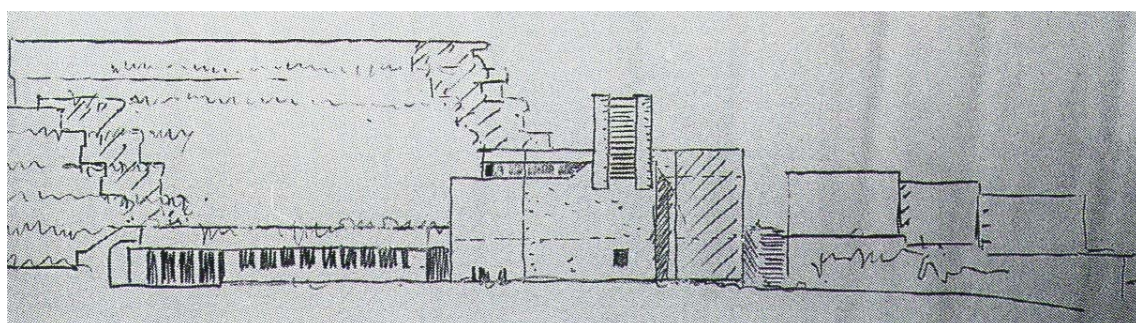
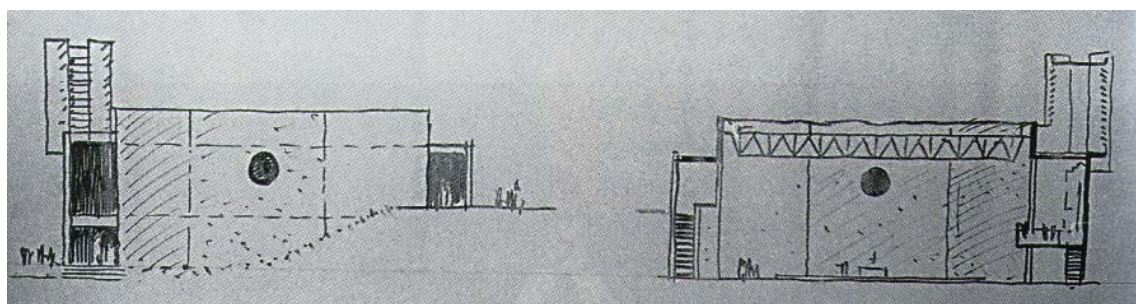
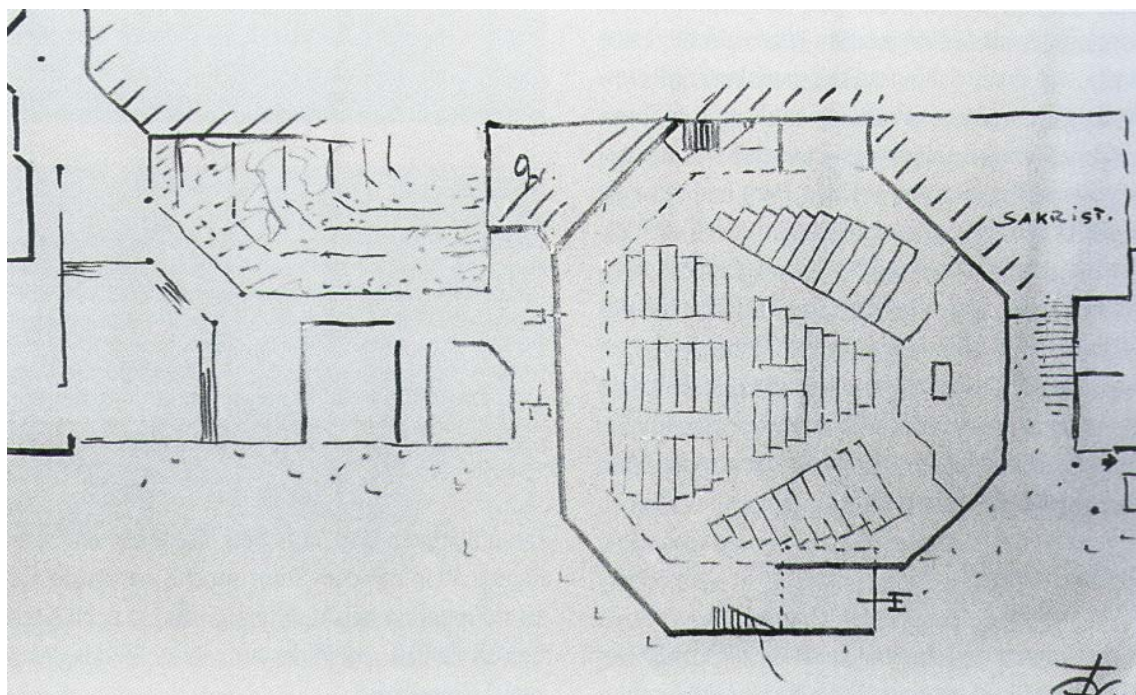


Immagine N. 5.13, 5.14, 5.15

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Remigius, schizzi del progetto 3.

Descrizione degli elaborati:

Planimetria della chiesa.

Prospetti della chiesa.

Prospetto della chiesa inserito nel complesso religioso.

Supporto: Cartaceo

Fonte: Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

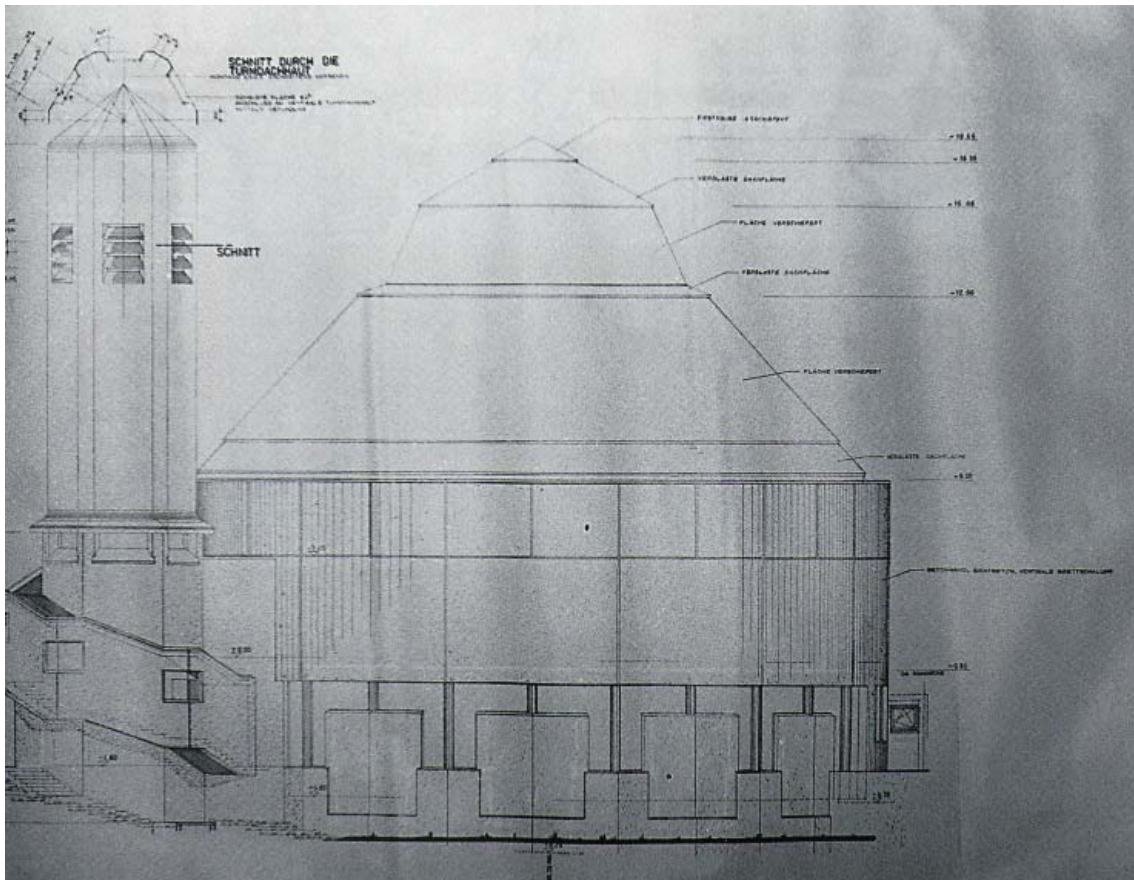


Immagine N. 5.16

Oggetto dell'elaborato:

Kirche St. Remigius, disegno tecnico del progetto 4

Descrizione dell'elaborato:

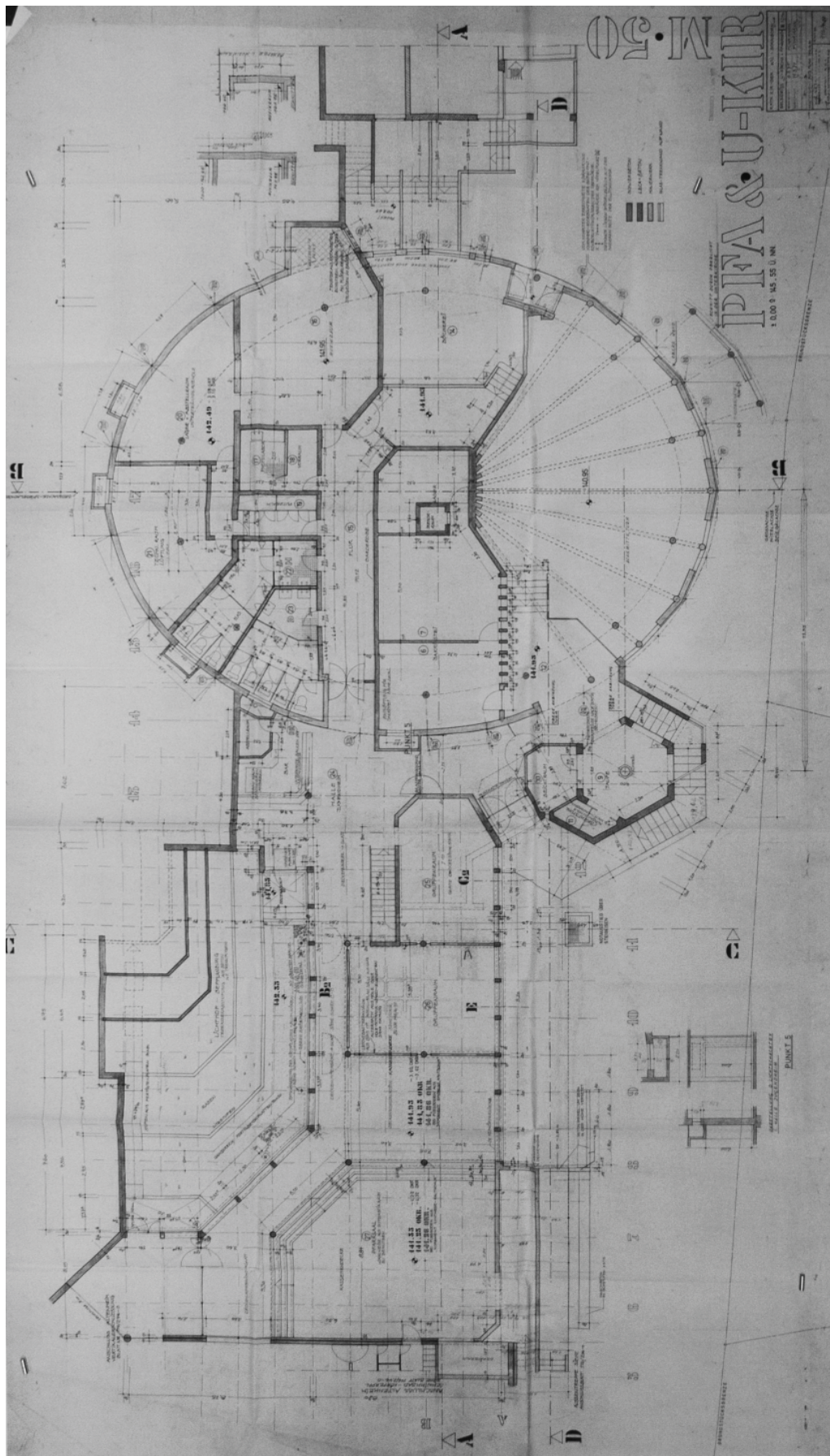
Prospetto della chiesa e della torre ottagonale. Di quest'ultima è riportata anche una parte della planimetria.

Supporto:

Cartaceo

Fonte:

Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtpuren, Denkmäler in Köln*. Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.



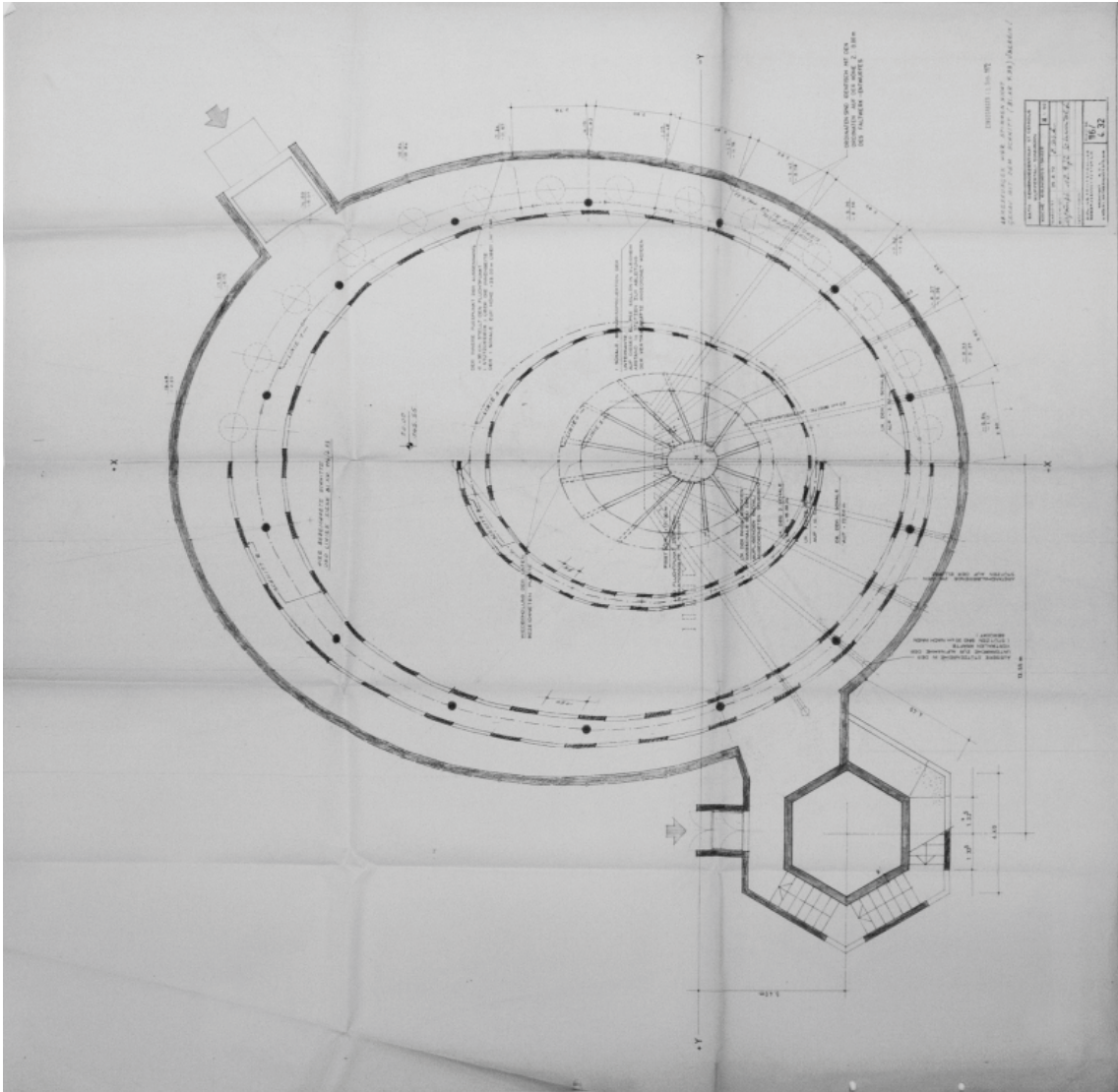


Immagine N. 5.17

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Remigius, disegno tecnico del progetto 4

Descrizione dell'elaborato: Planimetria del piano interrato del complesso religioso in
prossimità della chiesa

Autore: Fritz Schaller

Supporto: Cartaceo di grande formato

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagine N. 5.18

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Remigius, disegno tecnico del progetto 4

Descrizione dell'elaborato: Ipografia della chiesa.

Autore: Fritz Schaller

Supporto: Cartaceo di grande formato

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

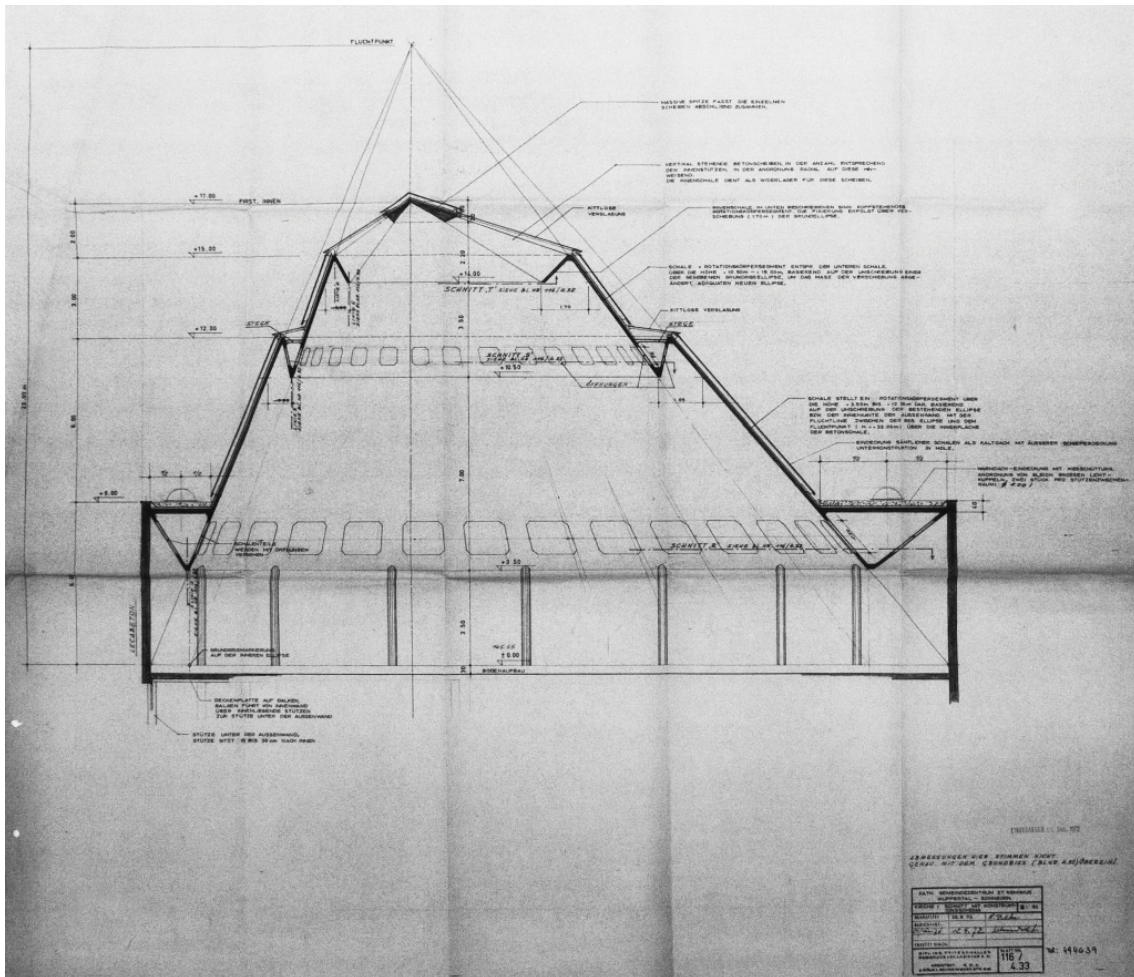


Immagine N. 5.19

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Remigius, disegno tecnico del progetto 4

Descrizione dell'elaborato: Sezione longitudinale. Il disegno mostra la geometria che da forma alle pieghe della copertura a guscio ellittica.

Autore: Fritz Schaller

Supporto: Cartaceo di grande formato Fonte: Dortmund, A:Al

Immagine N. 5.20

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Remigius, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato: Sezione trasversale definitiva della chiesa.

Supporto: Cartaceo Fonte: Dortmund, A:Al

Immagine N. 5.21

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Remigius, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato: Ipografia e planimetria definitiva della chiesa.

Supporto: Cartaceo Fonte: Dortmund, A:Al

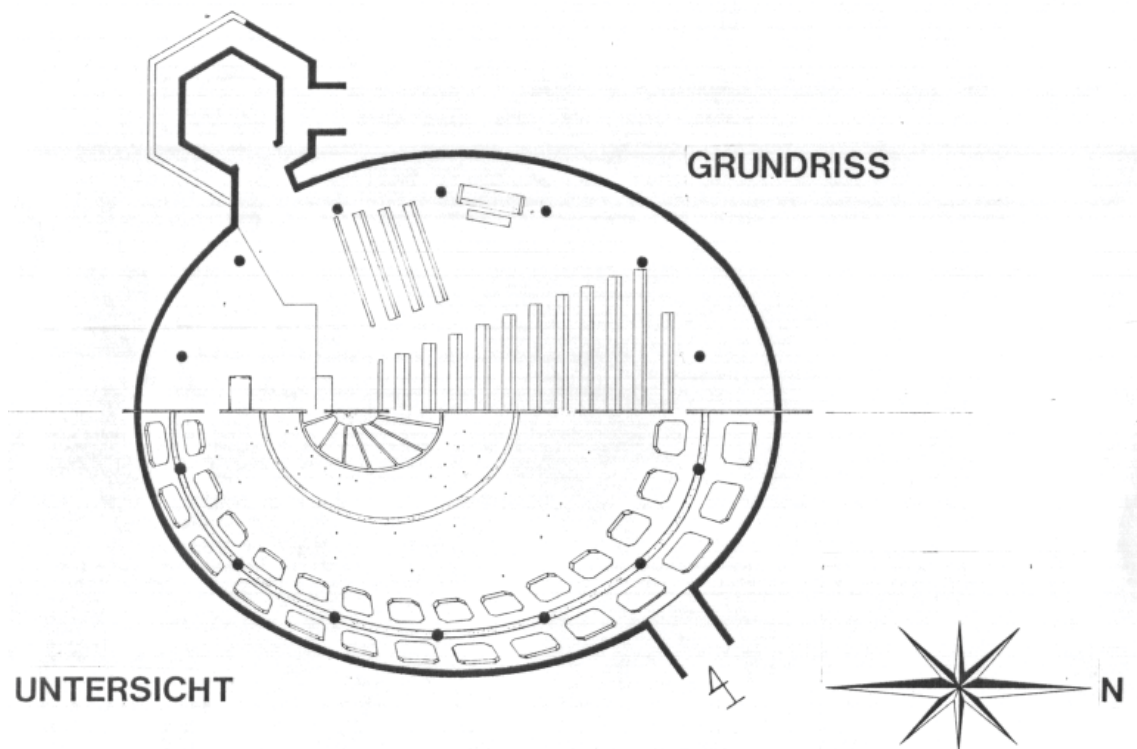
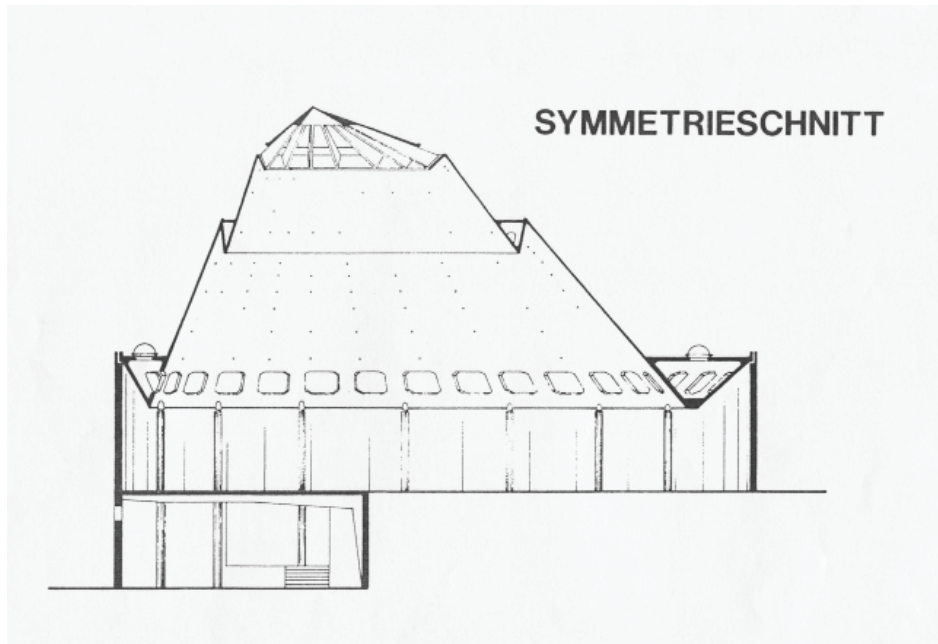




Immagine N. 5.22, N. 5.23

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Remigius, fotografie d'epoca

Descrizione dell'elaborato:

Vista dall'alto del complesso progettato da Fritz Schaller

Vista frontale del complesso progettato da Fritz Schaller

Supporto: Diapositiva

Fonte: Dortmund, A:AI

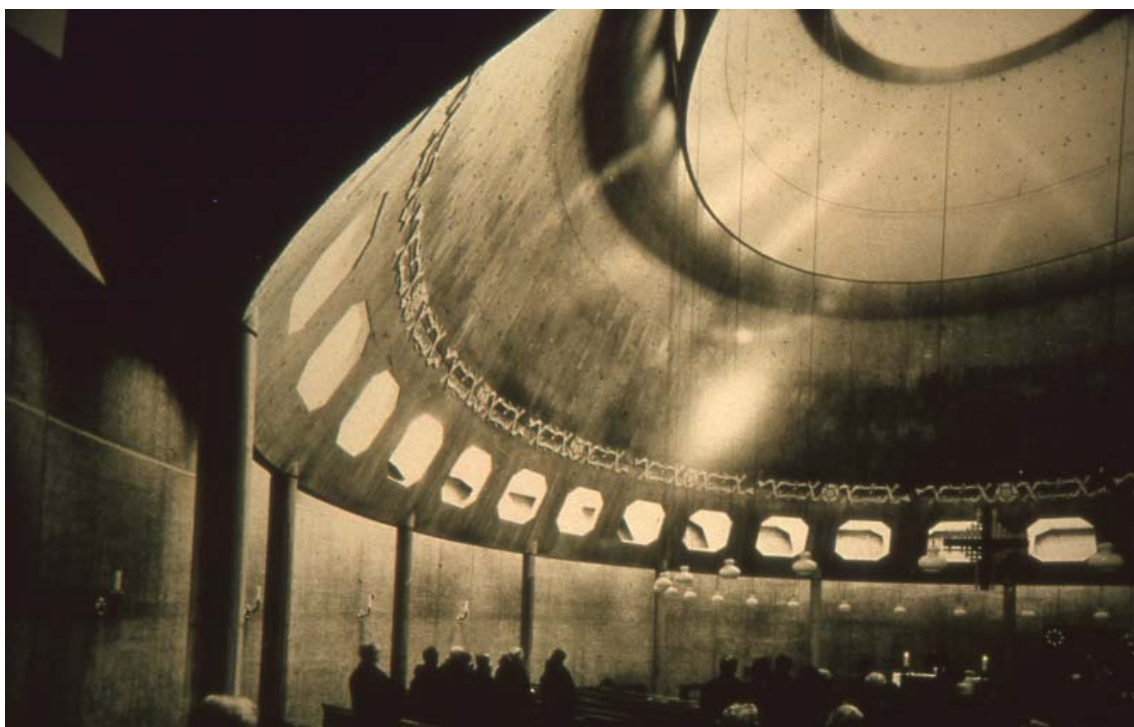


Immagine N. 5.24, N. 5.25

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Remigius, fotografie d'epoca

Descrizione dell'elaborato:

Vista dell'accesso all'edificio sacro

Vista dell'interno del guscio ellettico

Supporto: Diapositiva

Fonte: Dortmund, A:AI

Identikit del caso studio

<i>Denominazione edificio religioso:</i> Tribüne des 1. FC Köln	<i>Data completamento:</i> 1967
<i>Progettazione strutturale:</i> Polónyi con Kalmar	<i>Caratteristiche del progetto:</i> Struttura corrugata con elementi prefabbricati di 7 cm di spessore.
<i>Esecuzione:</i> Stewing-Spannbetonwerk, Dorsten	

Fonte:

Polónyi, S. (2003). Sakralbauten. In S. Polónyi, & W. Walochnik, *Architekture und Tragwerk* (p. 183). Berlin: Ernst & Sohn.

arch. Claudia D'Amore

L'esperienza progettuale di Stefan Polónyi sull'utilizzo delle Faltwerke.
Rapporto forma struttura nelle strutture resistenti per foma.

Documentazione d'Archivio e
apparati fotografici

6. *Tribuna dello stadio di Colonia*

6. TRIBUNA DELLO STADIO, Colonia, 1967-68

Immagine N. 6.01

Oggetto dell'elaborato: Tribuna dello stadio di Colonia, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato: Sezioni e prospetto della Faltwerk che compone la tribuna dello stadio.

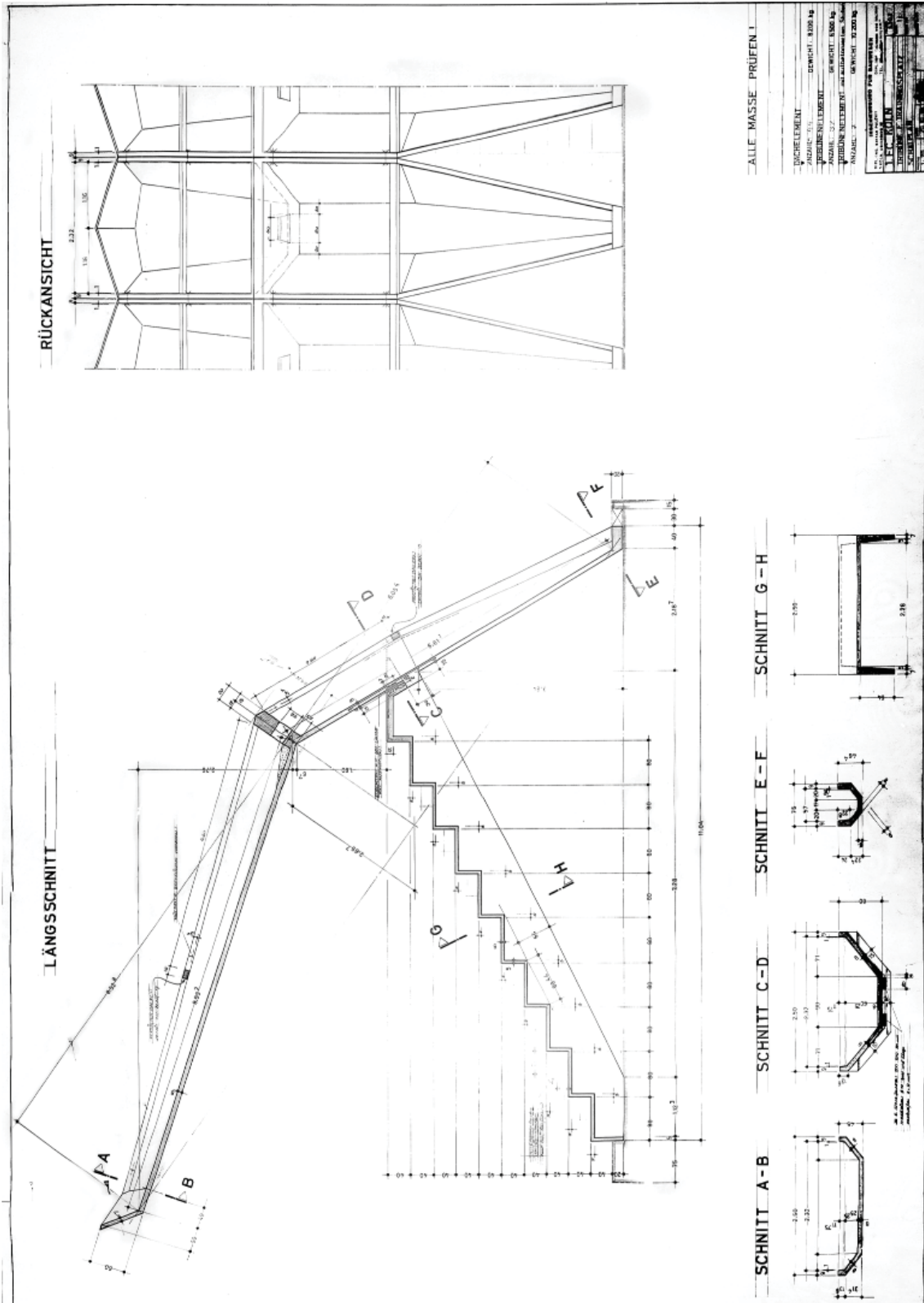
Autore:

Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche

Data: (illeggibile)

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



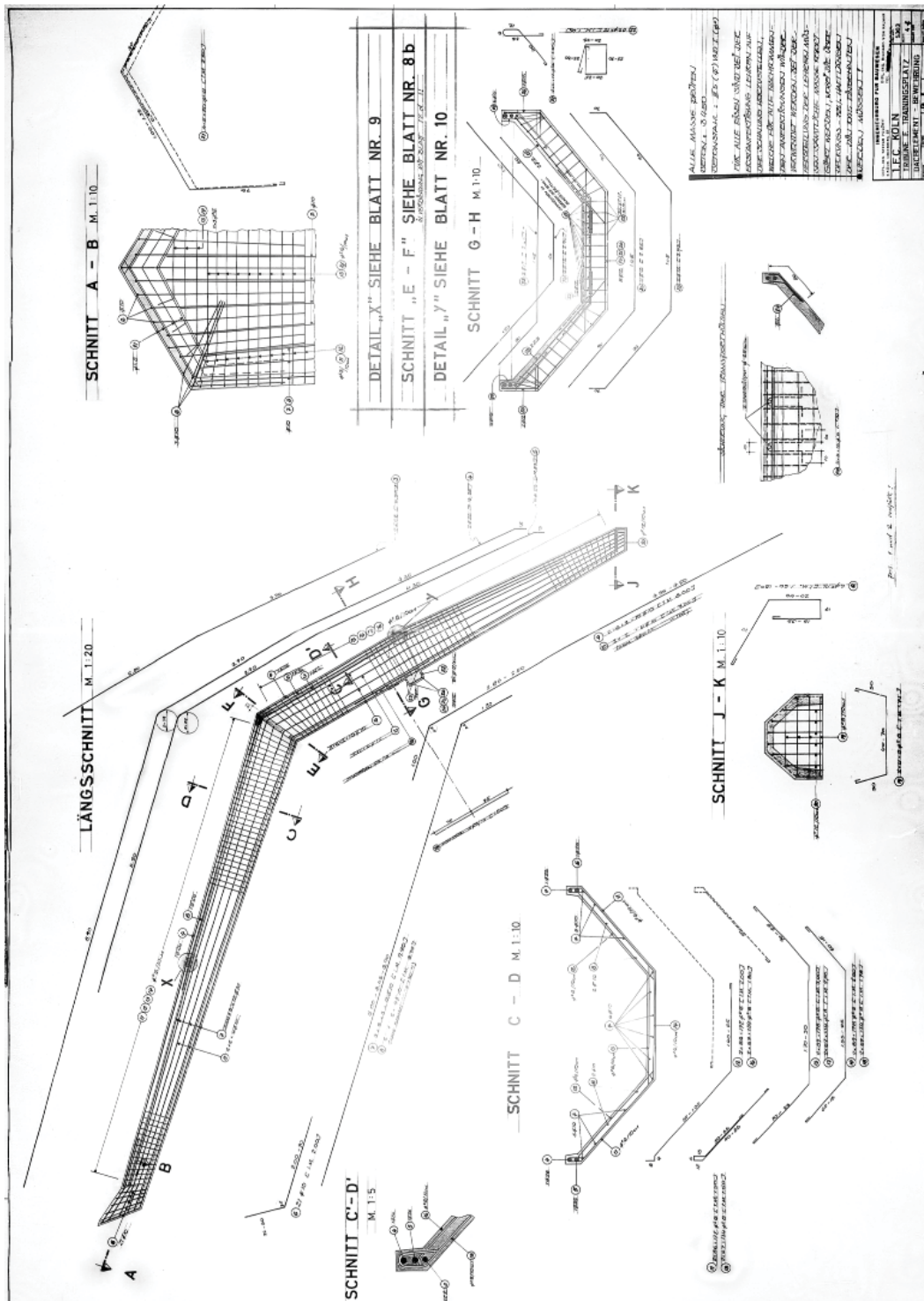


Immagine N. 6.02

Oggetto dell'elaborato: Tribuna dello stadio di Colonia, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato: Disegni di dettaglio dell'armatura contenuta nella Falzwerk.

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche

Data: 06/03/1967

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

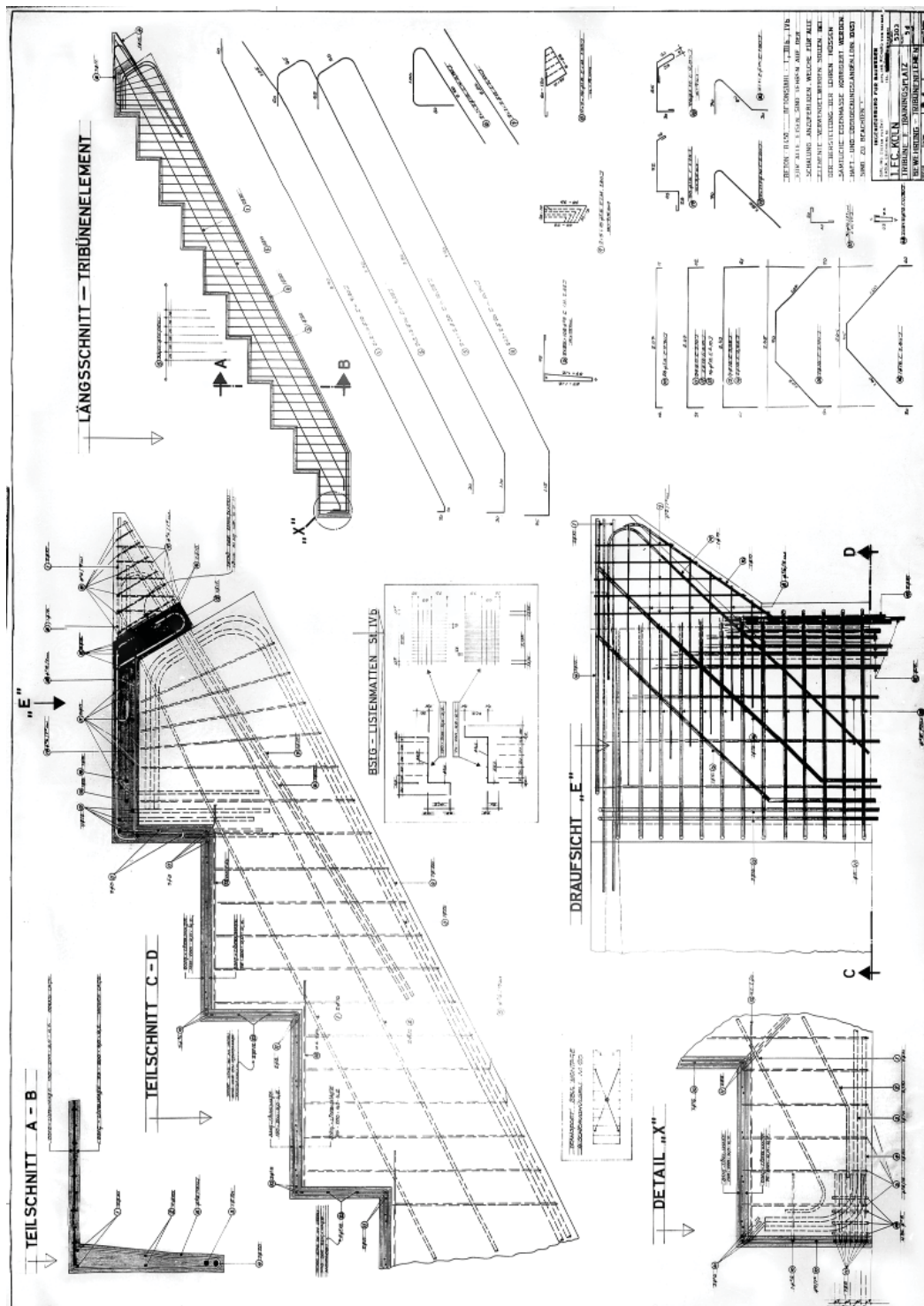


Immagine N. 6.03

Oggetto dell'elaborato: Tribuna dello stadio di Colonia, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato: Disegni di dettaglio dell'armatura della gradonata.

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche

Data: 22/10/1967

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

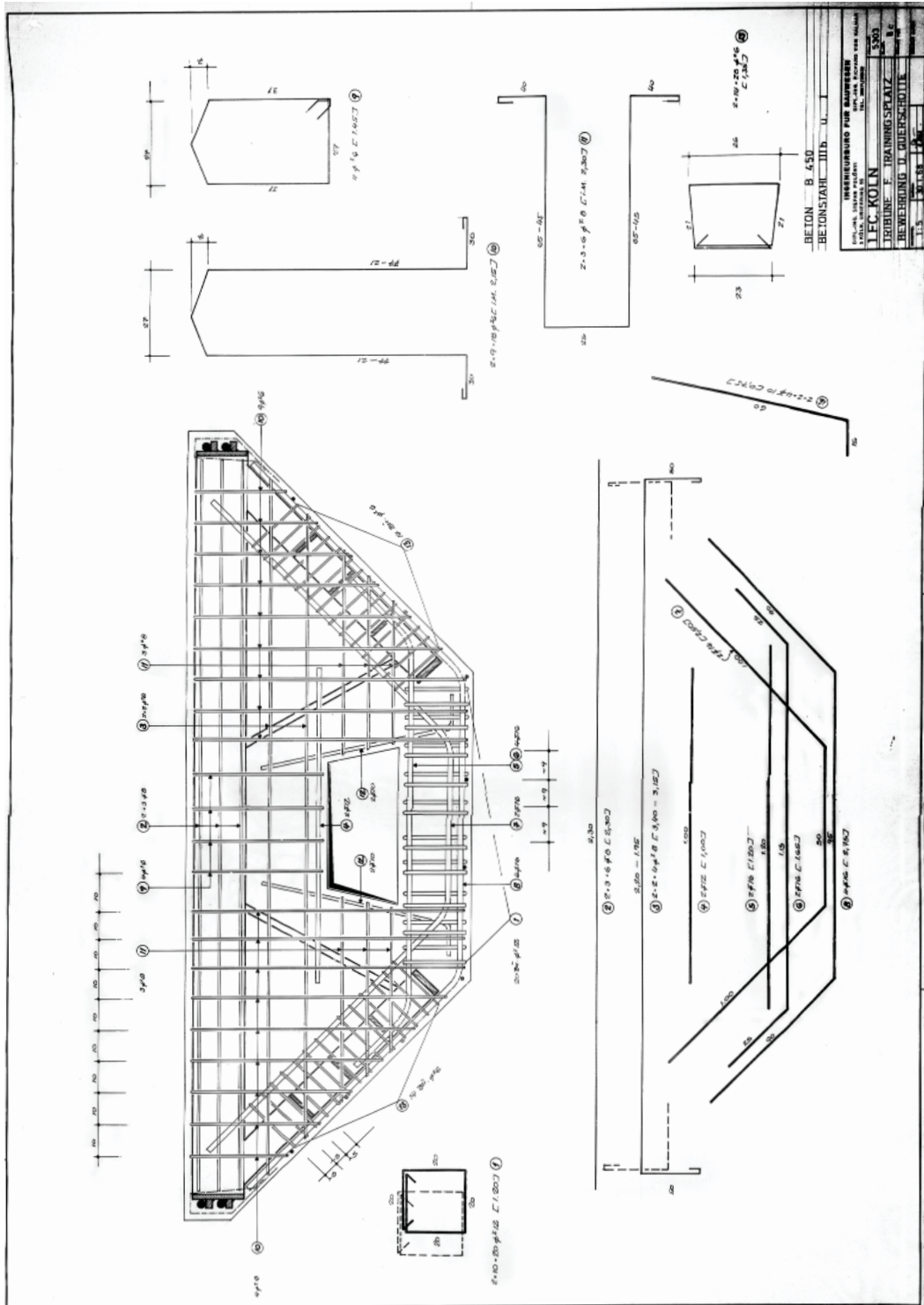


Immagine N. 6.04

Oggetto dell'elaborato: Tribuna dello stadio di Colonia, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato: Disegni di dettaglio dei rinforzi trasversali.

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche Data: 30/01/1968

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

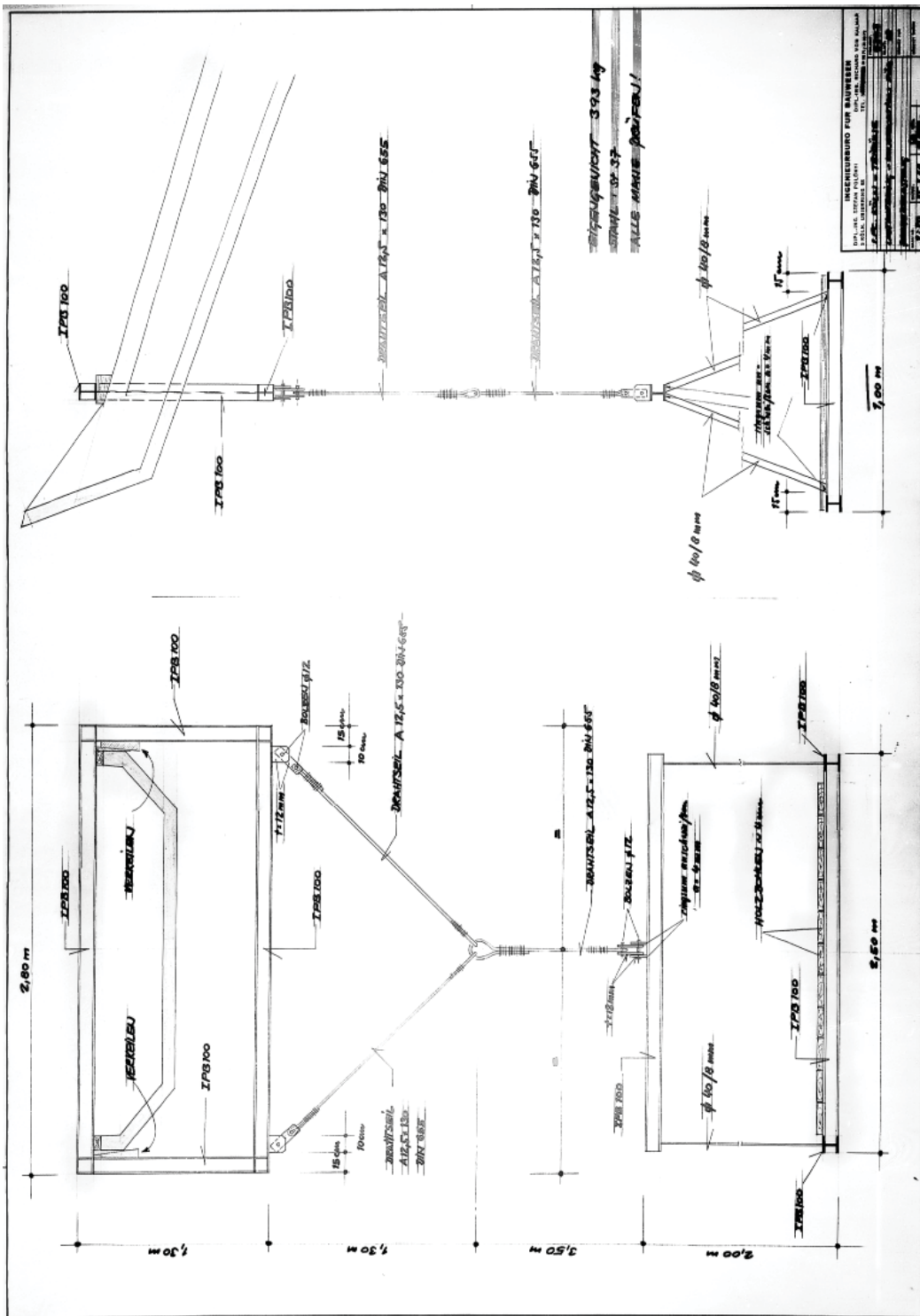


Immagine N. 6.05

Oggetto dell'elaborato: Tribuna dello stadio di Colonia, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato: Ausili al montaggio della struttura

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche

Data: 15/08/1968

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagine N. 6.06, N. 6.07

Oggetto dell'elaborato:

Tribuna dello stadio di Colonia, disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato:

Disegni di dettaglio della chiusura a pressione dei giunti. Prima e seconda variante.

Autore:

Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto:

Microfiche

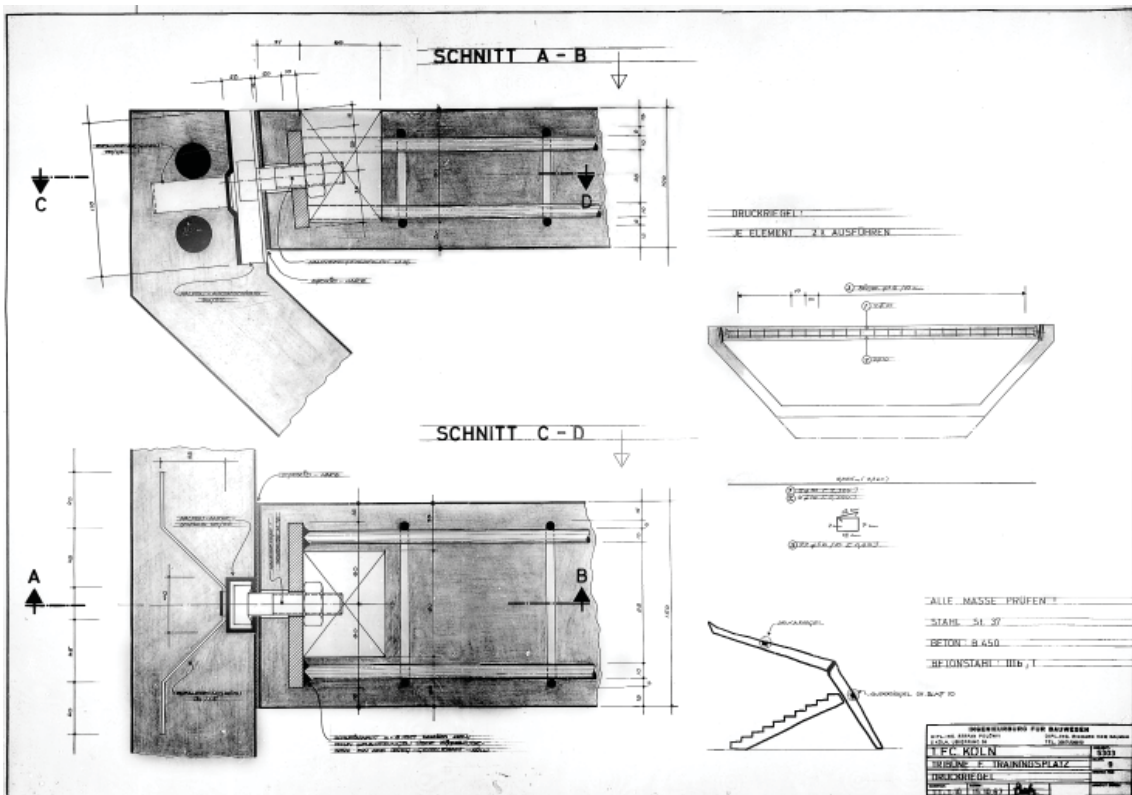
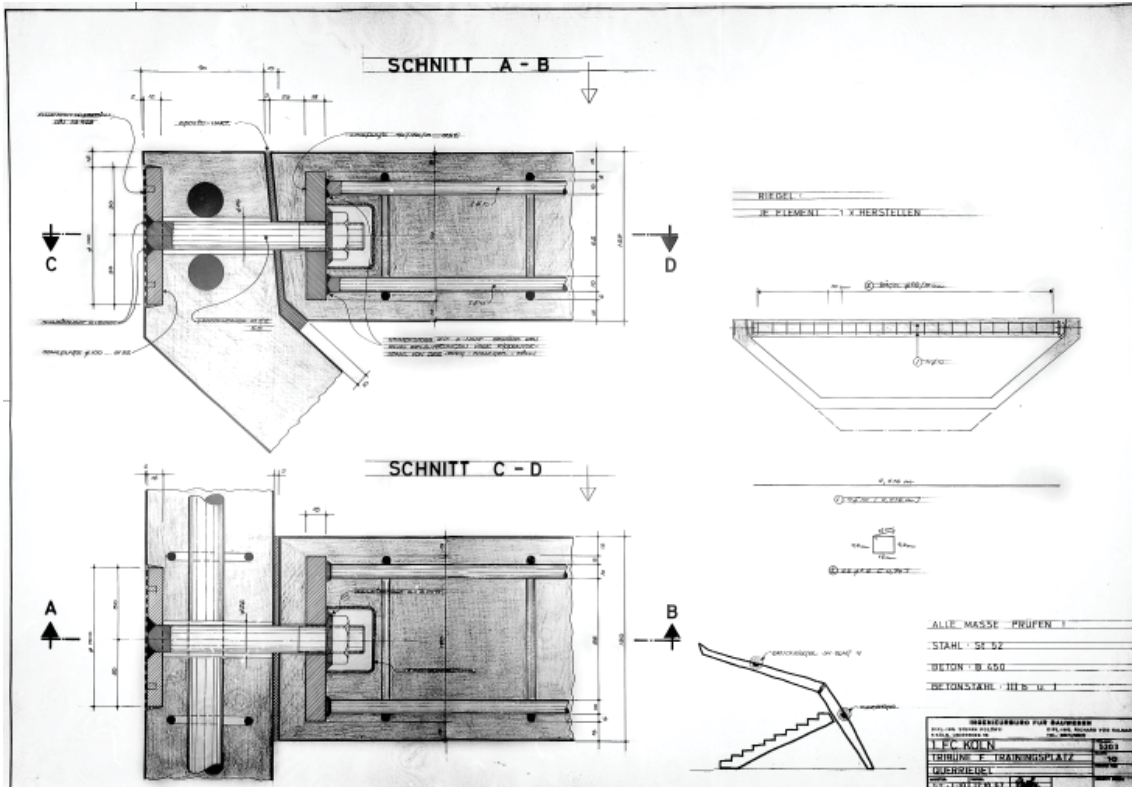
Data:

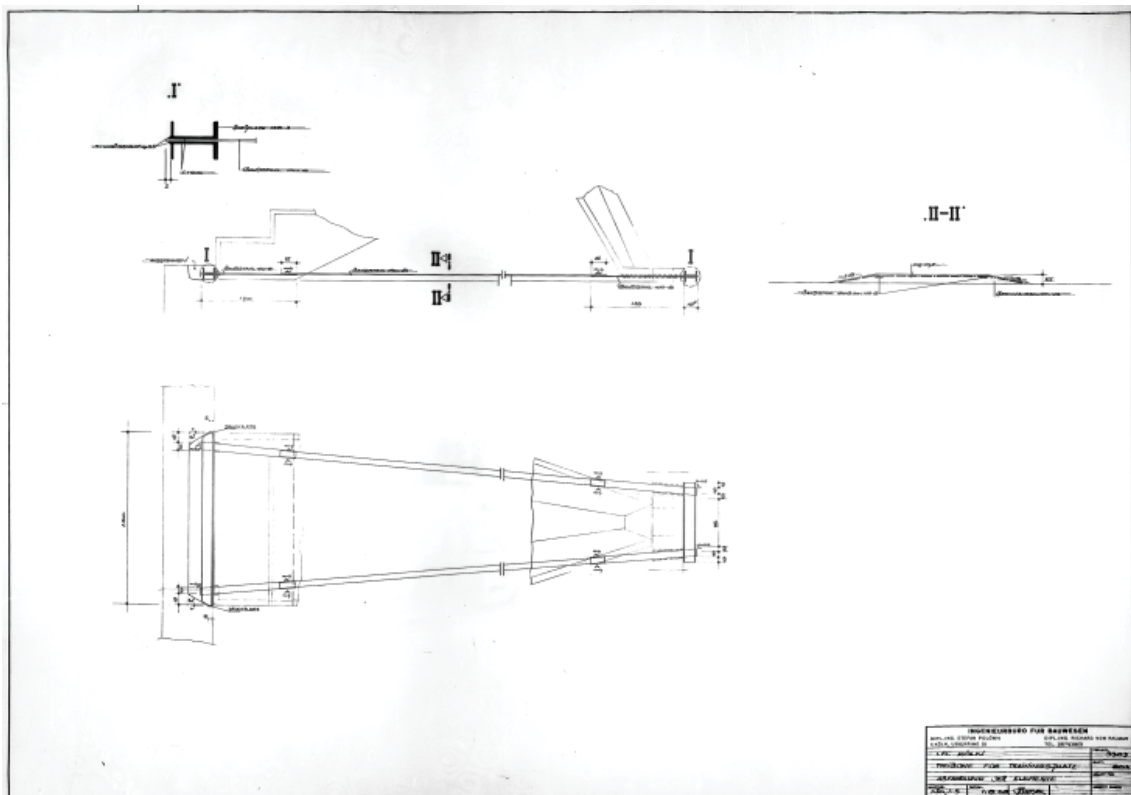
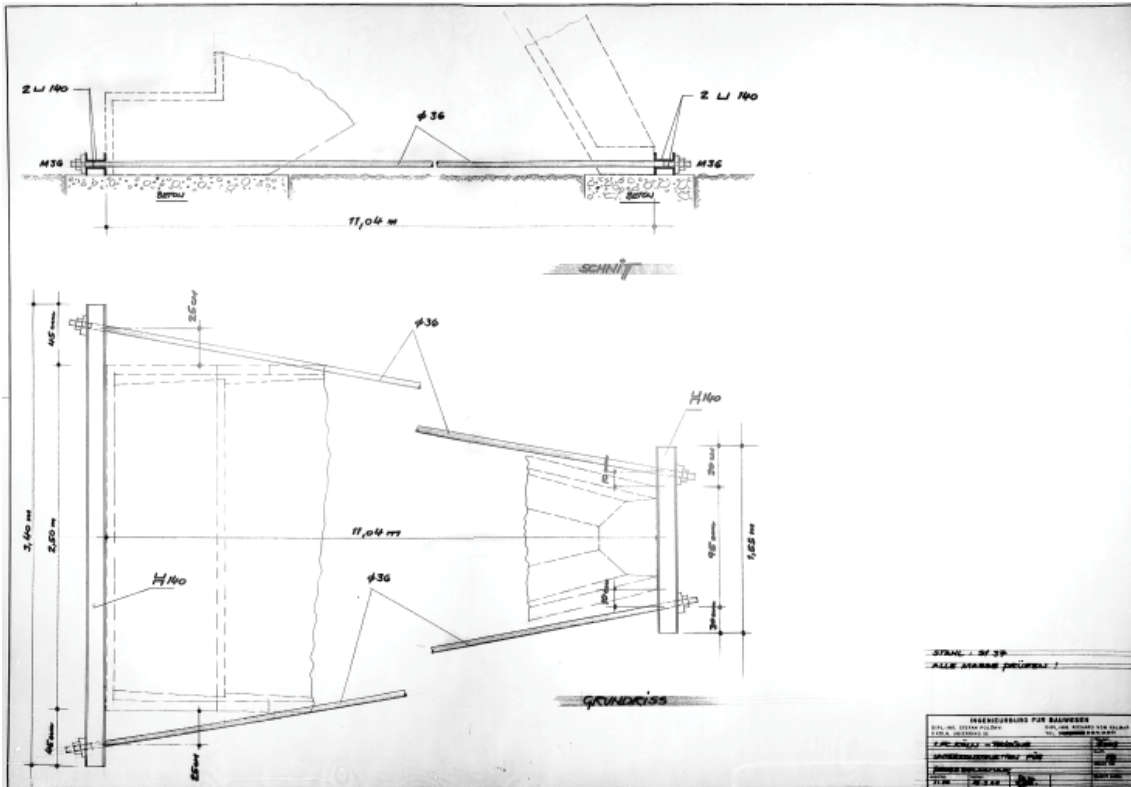
12/10/1967

15/10/1967

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW





Immagini N. 6.08, N. 6.09

Oggetto degli elaborati:

Tribuna dello stadio di Colonia,
disegno tecnico

Descrizione degli elaborati:

Elemento di collegamento inferiore
della gradinata agli elementi della
Faltwerk.

Autore:

Ingenieurbüro für Bauwesen: S.
Polónyi, R. von Kalmar

Supporto:

Microfiche

Data:

18/03/1968

01/08/1968

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für
Architektur und Ingenieurbaukunst
NRW

Immagine N. 6.10

Oggetto dell'elaborato:

Tribuna dello stadio di Colonia,
disegno tecnico

Descrizione dell'elaborato:

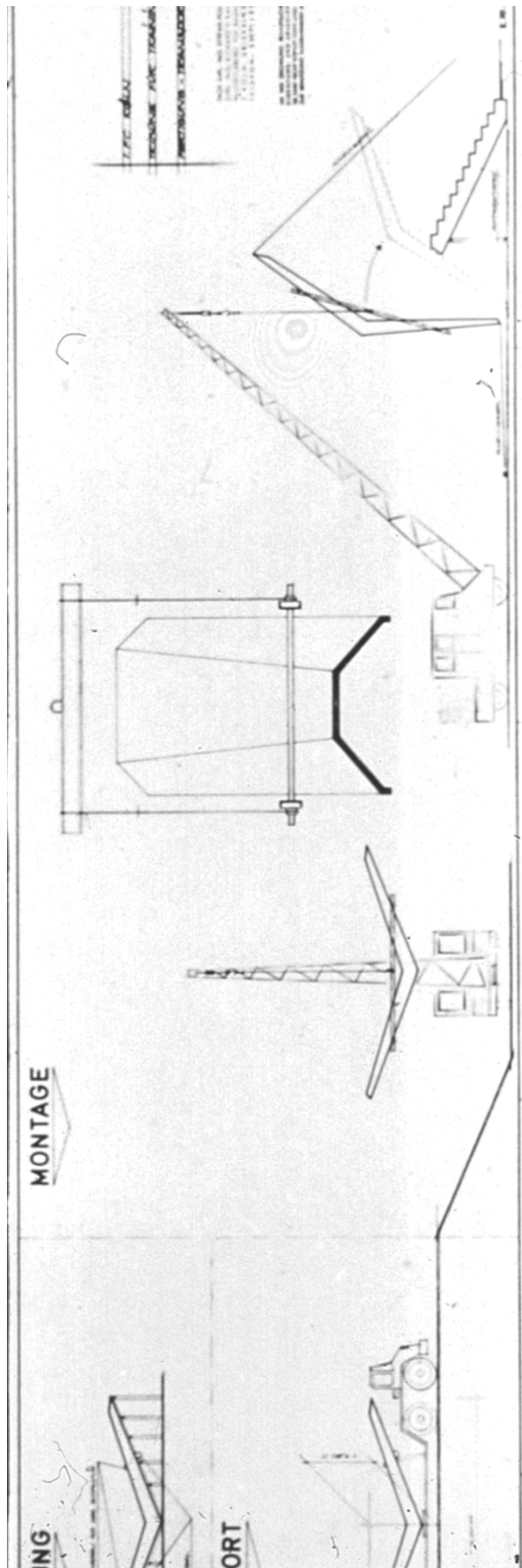
Porzione di una tavola che rappresenta
la produzione, il trasporto ed il
montaggio degli elementi della
Faltwerk prefabbricata.

Supporto:

Diapositiva

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für
Architektur und Ingenieurbaukunst
NRW



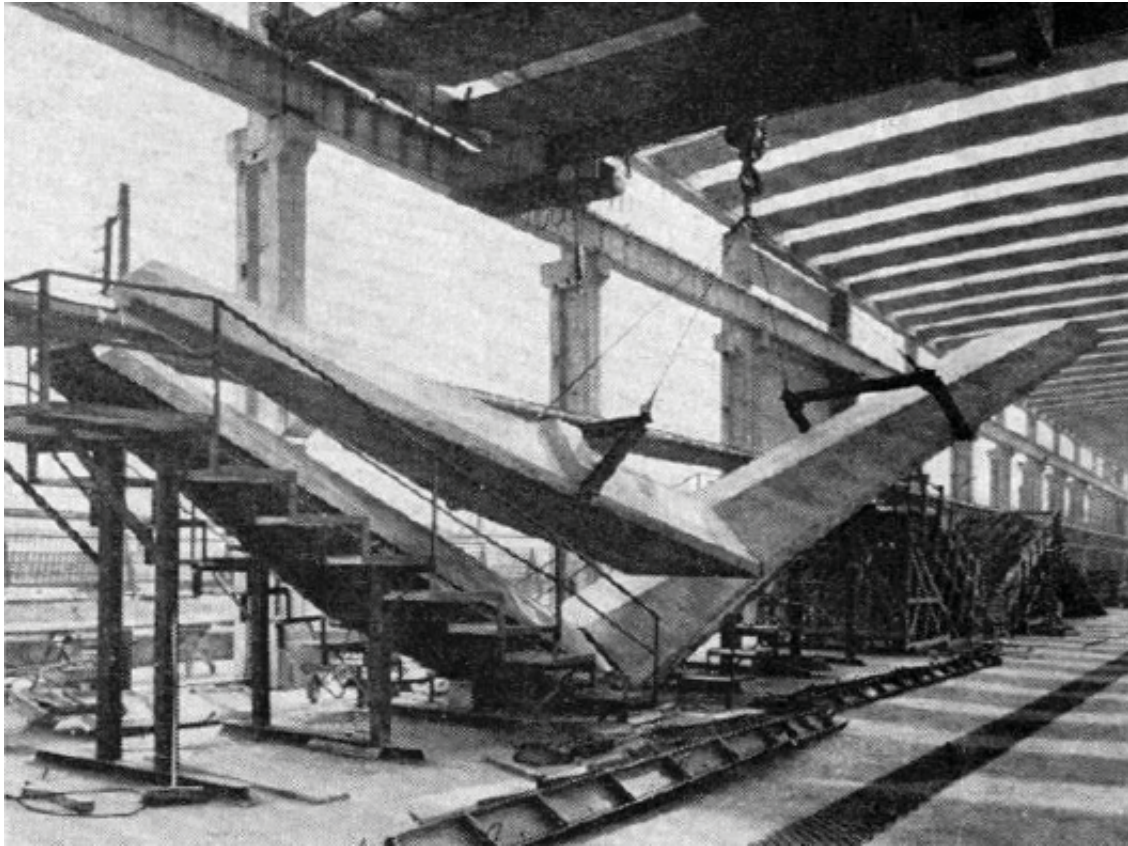


Immagine N. 6.11, N. 6.12, N. 6.13

Oggetto degli elaborati:

Tribuna dello stadio di Colonia, fotografie d'epoca su diapositive

Descrizione degli elaborati:

Realizzazione dell'elemento della Faltwerke in calcestruzzo armato.

Sollevamento dell'elemento per liberarlo dalla cassaforma.

Vista degli elementi prefabbricati.

Supporto:

Cartaceo

Fonte:

Polónyi, S. (1967, Fascicolo 36). *Schalen und Faltwerke*. Bauwelt 58, 908-913.

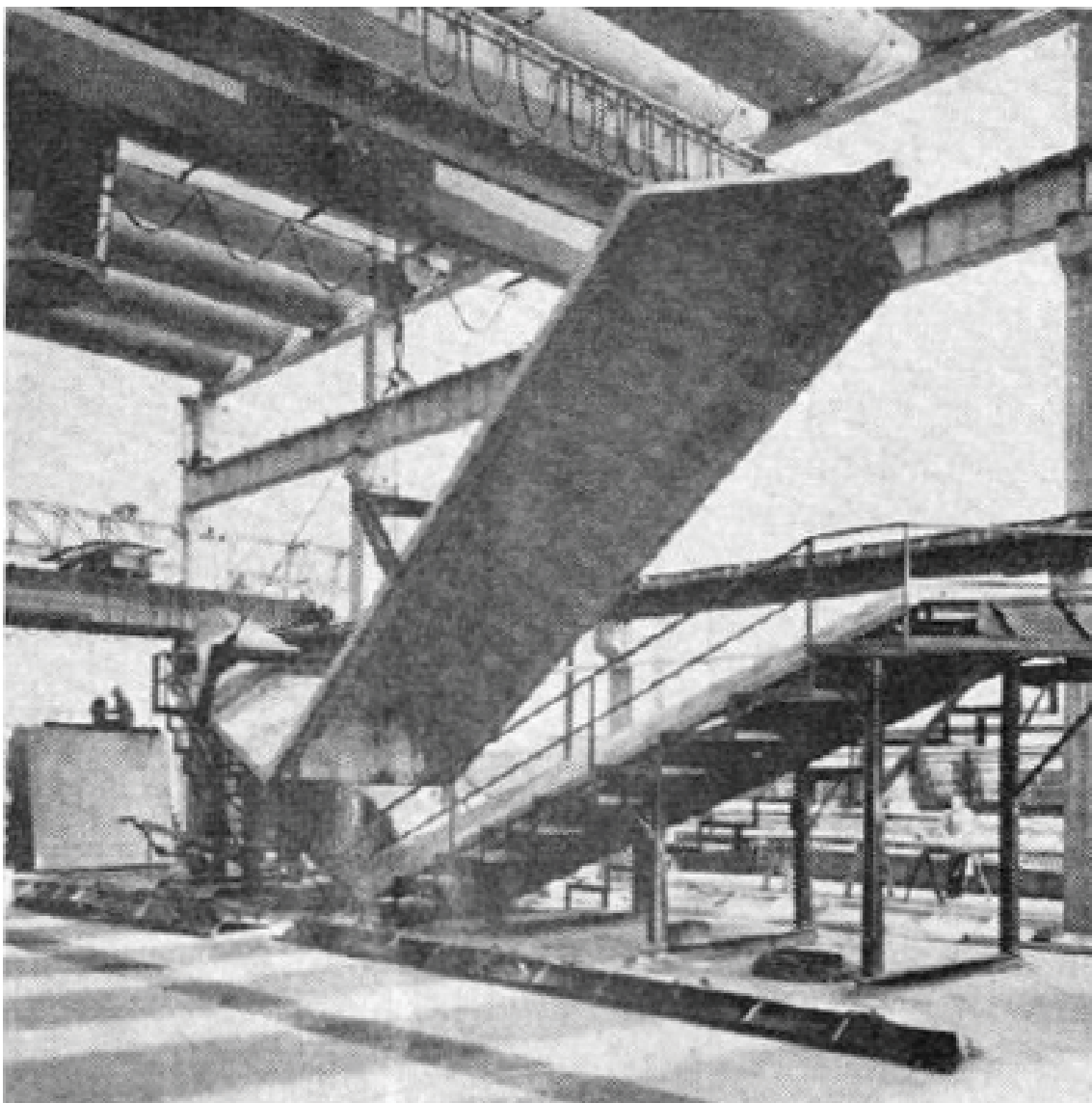




Immagine N. 6.14, N. 6.15, N. 6.16, N. 6.17

Oggetto degli elaborati:

Tribuna dello stadio di Colonia, fotografie d'epoca su diapositive

Descrizione degli elaborati:

Sistemazione dell'elemento della Faltwerk dal camion che l'ha trasportato al luogo in cui verrà montato.

Utilizzo di una gru per scaricare gli elementi della Faltwerke in cantiere.

Sollevamento dell'elemento per il montaggio.

Posizionamento dell'elemento per il montaggio.

Supporto:

Diapositive

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



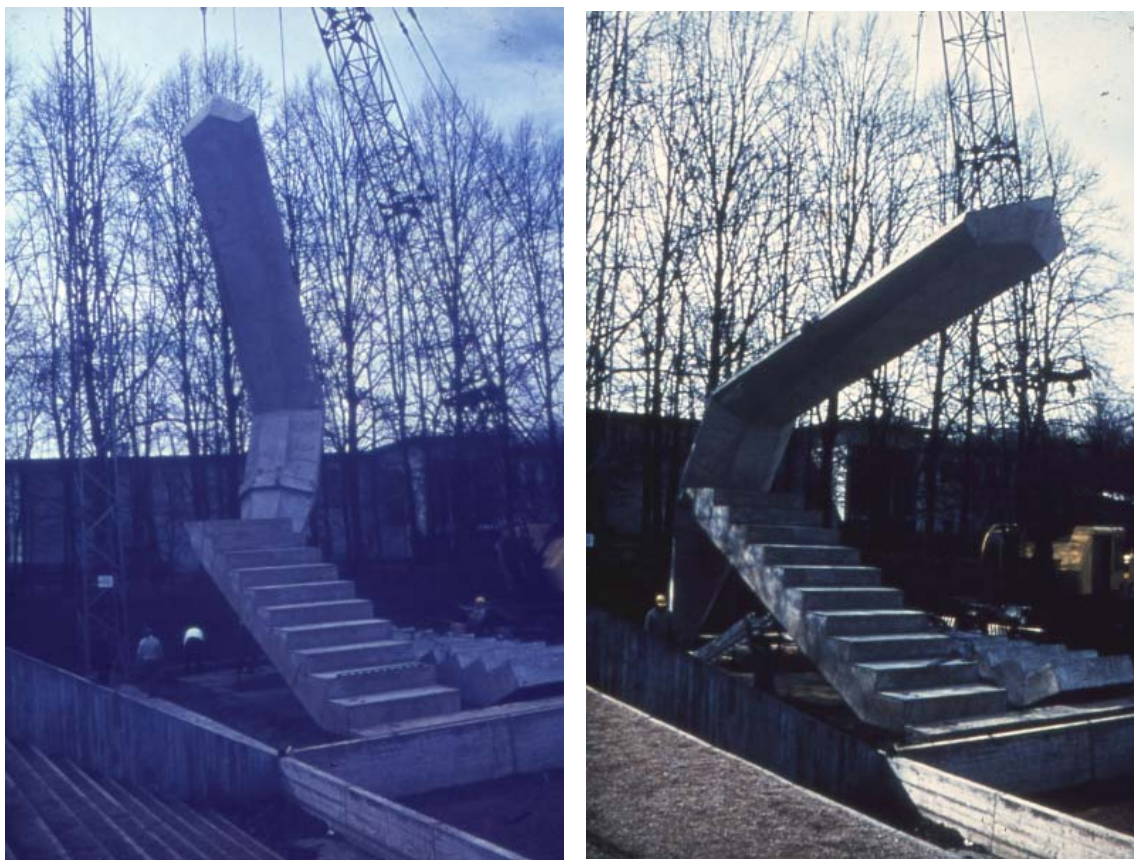


Immagine N. 6.18, N. 6.19, N. 6.20, N. 6.21

Oggetto degli elaborati:

Tribuna dello stadio di Colonia, fotografie d'epoca su diapositive

Descrizione degli elaborati:

Fasi del posizionamento dell'elemento della Faltwerk rispetto alla porzione della gradonata, quest'ultima già posizionata e sostenuta da tubolari in acciaio in maniera provvisoria.

Supporto:

Diapositive

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

698







Immagine N. 6.22, N. 6.23, N. 6.24

Oggetto degli elaborati:

Tribuna dello stadio di Colonia, fotografie d'epoca su diapositive

Descrizione degli elaborati:

Aggancio del secondo elemento della *Faltwerk* alla gru.

Sollevamento del secondo elemento che compone la *Faltwerk*.

Posizionamento del secondo elemento che compone la *Faltwerk* prefabbricata.

Supporto:

Diapositive

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagine N. 6.25, N. 6.26

Oggetto degli elaborati: Tribuna dello stadio di Colonia, fotografie d'epoca *Descrizione degli elaborati:*

Posizionamento di uno degli elementi della Faltwerk, vista dall'alto.
Fase di sganciamento dell'elemento in calcestruzzo armato dalla gru.

Supporto: Diapositive

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagine N. 6.27, N. 6.28

Oggetto degli elaborati: Tribuna dello stadio di Colonia, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati: Vista frontale e laterale della tribuna durante la costruzione.

Supporto: Diapositive

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagine N. 6.29

Oggetto dell'elaborato:

Tribuna dello stadio di Colonia, fotografie d'epoca

Descrizione dell'elaborato:

Vista della tribuna durante le ultime fasi della costruzione.

Supporto:

Cartaceo

Fonte:

Polónyi, S., & Walochnik, W. (2003). *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst & Sohn.



Immagine N. 6.30, N. 6.31

Oggetto degli elaborati: Tribuna dello stadio di Colonia, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati: Viste della struttura durante una partita.

Supporto: Diapositive

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Identikit dei progetti

Luogo:

in tutta la Germania e nei paesi limitrofi

Committente:

compagnie petrolifere (Gasolin, Esso, Shell, BP ed altri)

Progettazione strutturale:

Stefan Polónyi

Esecuzione:

Spannbetonwerk Moers: Spann-
betonwerk Stewig, Dorsten

Completamento:

fra il 1963 e il 1968 sono state costruite
un totale di circa 4000 unità

Caratteristiche del progetto:

Realizzato con pannelli prefabbricati in
calcestruzzo armato, costruzione tipo
in quattro versioni

Fonte:

Polónyi, S. (2003). Sakralbauten. In S. Polónyi, & W. Walochnik, *Architekture und Tragwerk* (p. 91). Berlin: Ernst & Sohn.

Immagine di copertina

Oggetto degli elaborati:

Stazione di servizio

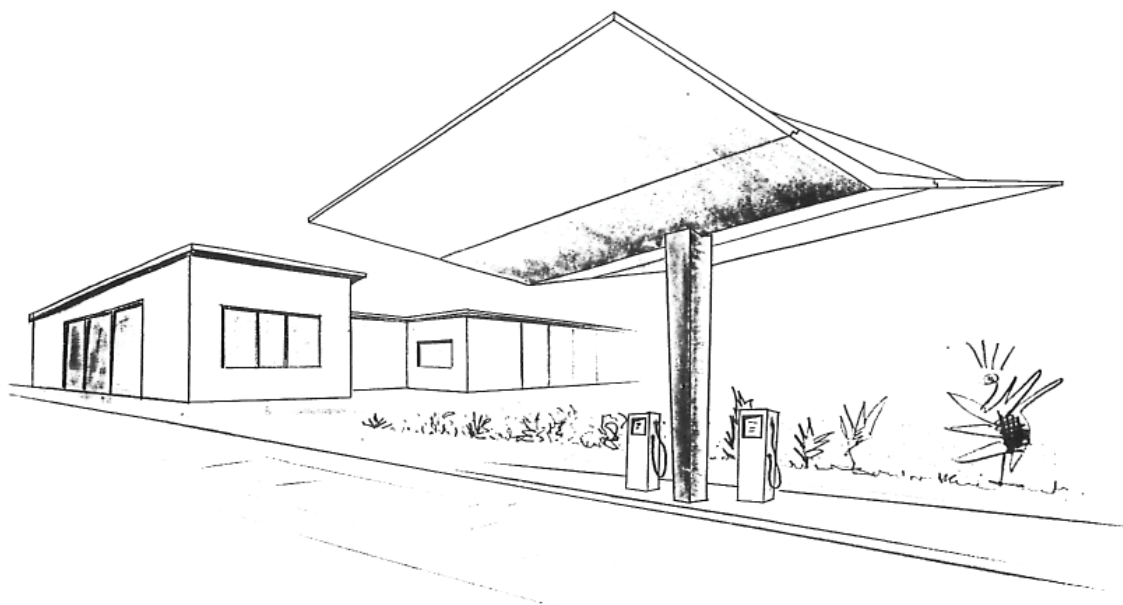
Descrizione degli elaborati:

Schizzo prospettico di una stazione di servizio in calcestruzzo armato, variante 1

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

7. STAZIONI DI SERVIZIO



Variante 1



Variante 2

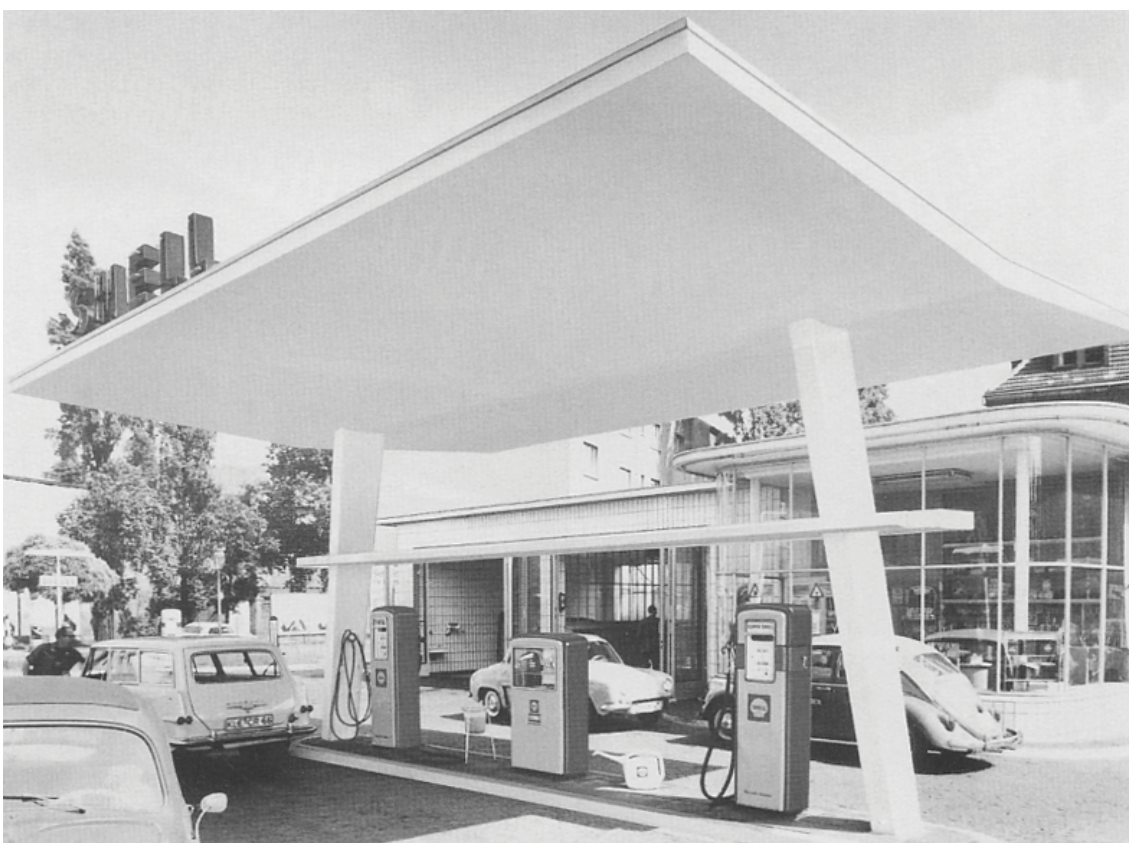


Immagine N. 7.01, N. 7.02

Oggetto degli elaborati: Stazione di servizio, fotografia d'epoca

Descrizione degli elaborati: Vista delle stazioni di servizio nella variante 1 e 2 durante l'utilizzo.

Fonte: Polónyi, S. (2003). S. Polónyi, & W. Walochnik, *Architekture und Tragwerk* (p. 91-93). Berlin: Ernst & Sohn.

Variante 3



Variante 4



Immagine N. 7.03, N. 7.04

Oggetto degli elaborati: Stazione di servizio, fotografia d'epoca

Descrizione degli elaborati: Vista delle stazioni di servizio nella variante 3 e 4 durante l'utilizzo.

Fonte: Polónyi, S. (2003). S. Polónyi, & W. Walochnik, *Architekture und Tragwerk* (p. 91-93). Berlin: Ernst & Sohn.

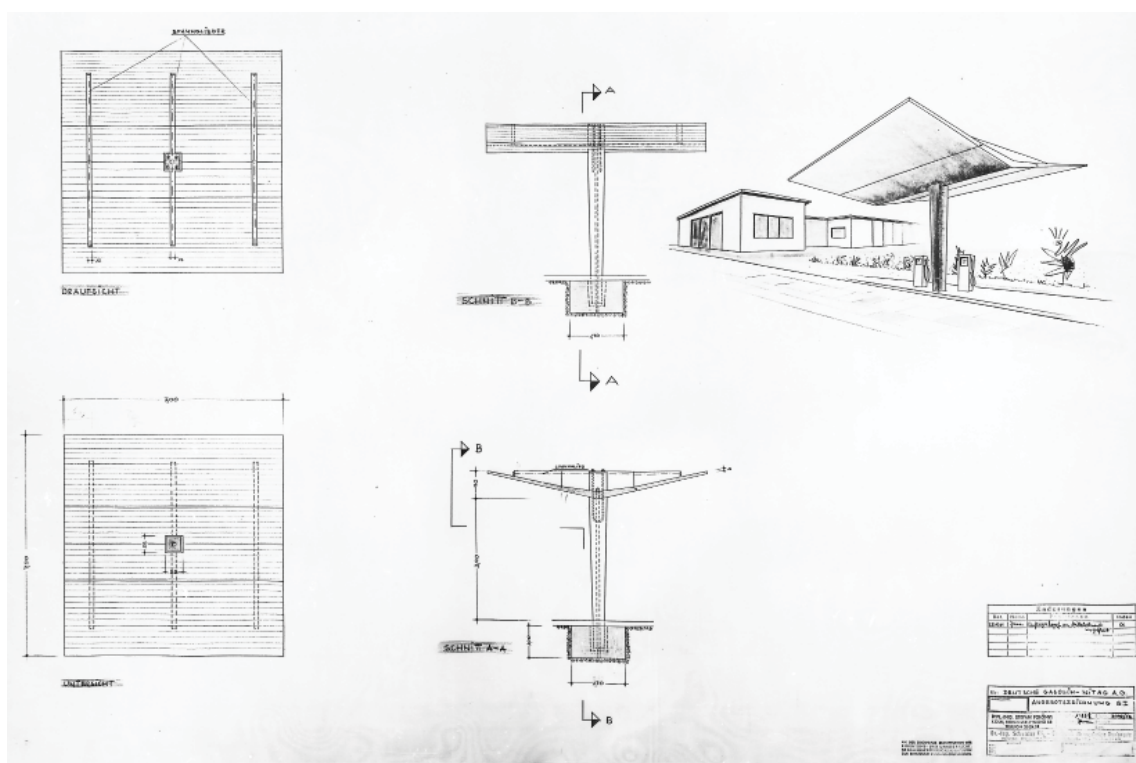
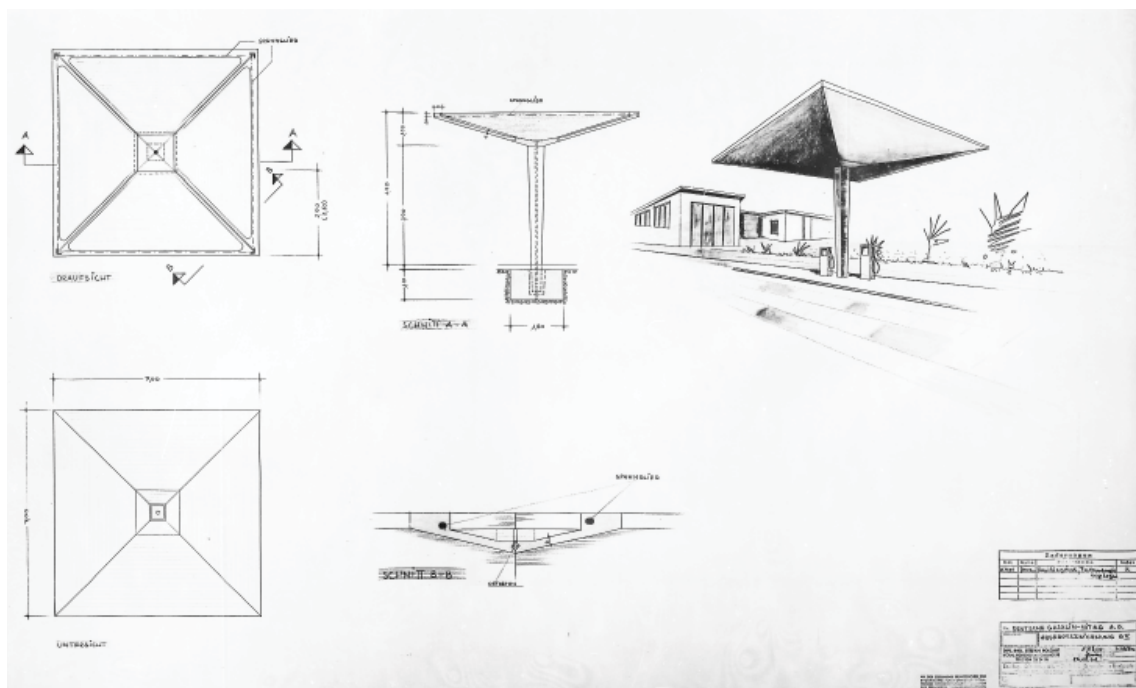


Immagine N. 7.05, N. 7.06

Oggetto degli elaborati: Stazioni di servizio, disegni tecnici

Descrizione degli elaborati: Pianta, prospetto, sezione e vista assonometrica della stazione di servizio per la Deutsche Gasolin-Nitag A. G.

Autore: Ingenieurbüro Polónyi

Supporto: Microfiche

Date: 23/10/1961 | 25/10/1961

Fonte: Dortmund, A:Al

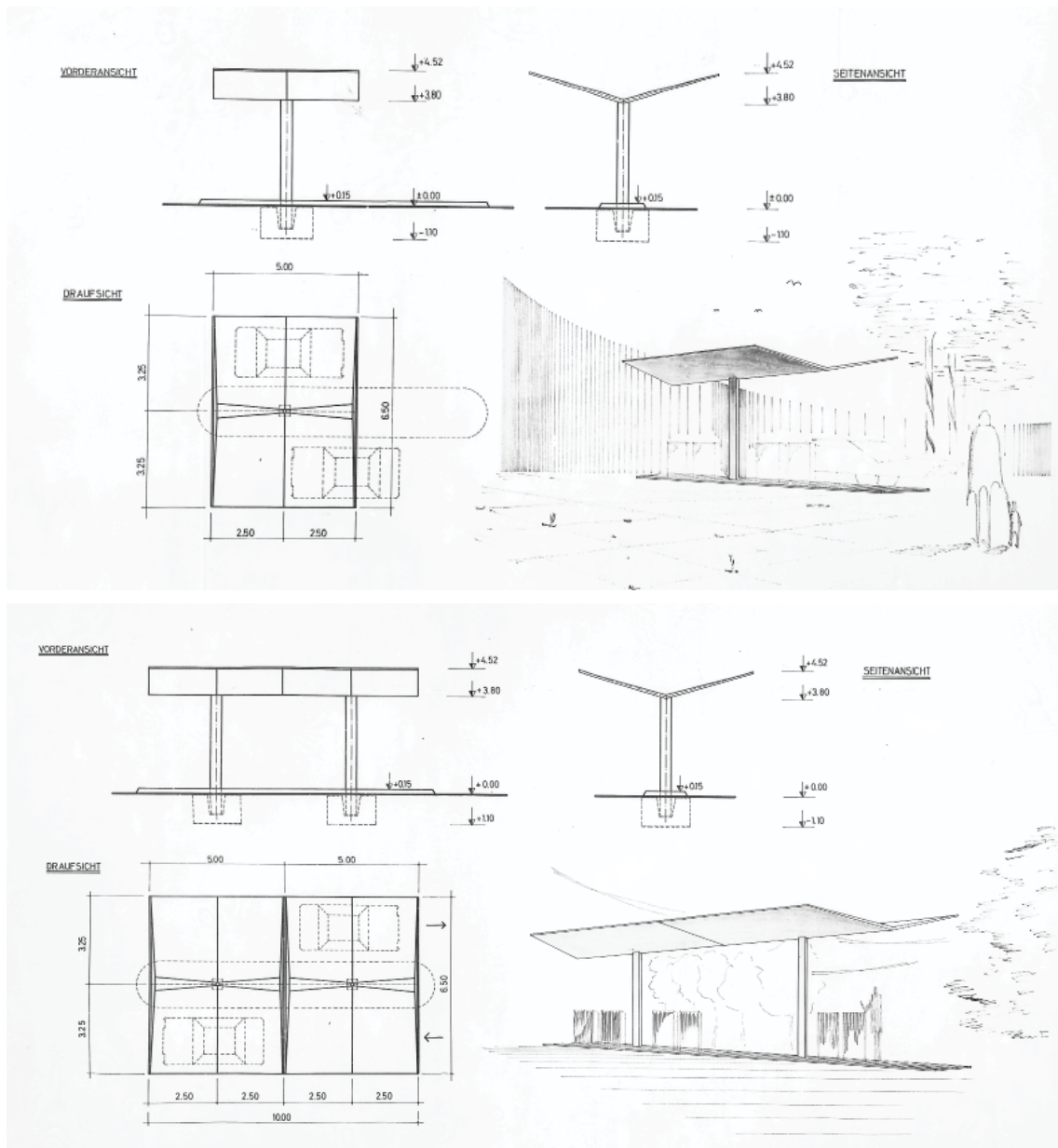


Immagine N. 7.07, N. 7.08

Oggetto degli elaborati: Stazioni di servizio, disegni tecnici

Descrizione degli elaborati: Pianta, prospetto, sezione e vista assometrica della stazione di servizio

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche

Date:

07/02/1966

07/02/1966

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

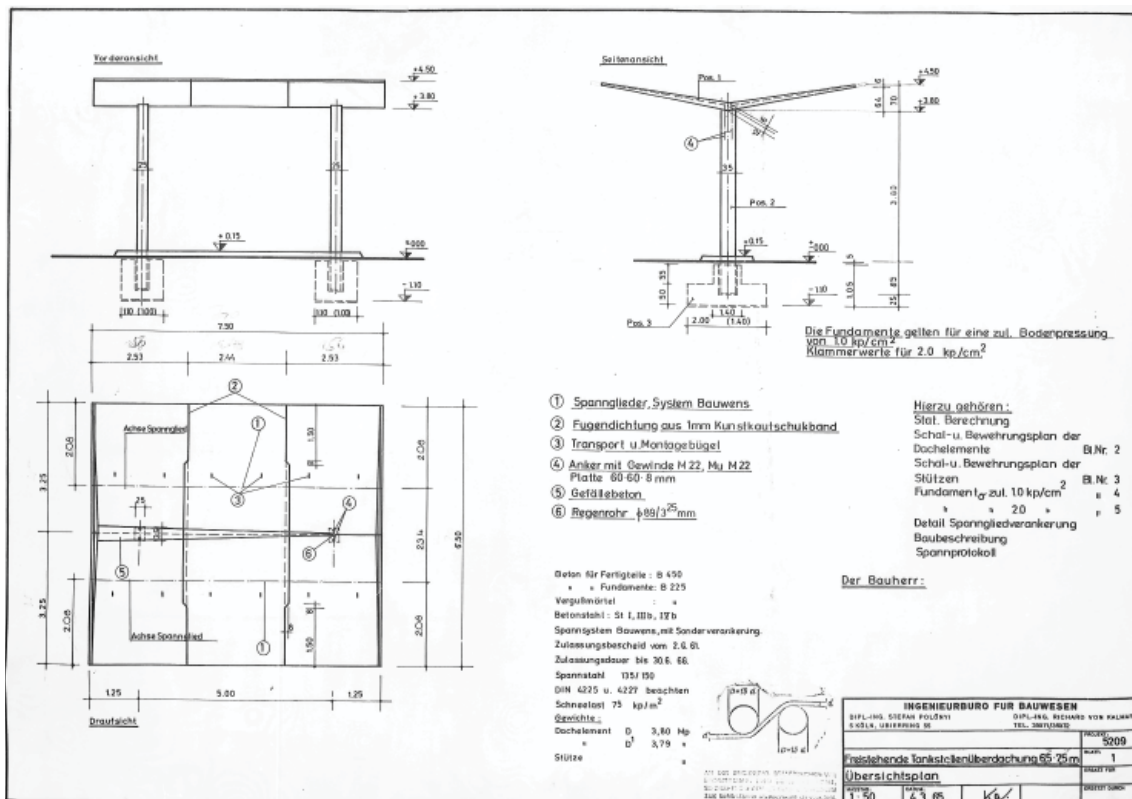


Immagine N. 7.09

Oggetto dell'elaborato:

Stazioni di servizio, disegni tecnici

Descrizione dell'elaborato:

Pianta, prospetto, sezione e vista assometrica della stazione di servizio

Autore:

Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto:

Microfiche

Data:

04/03/1965

Fonte:

Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

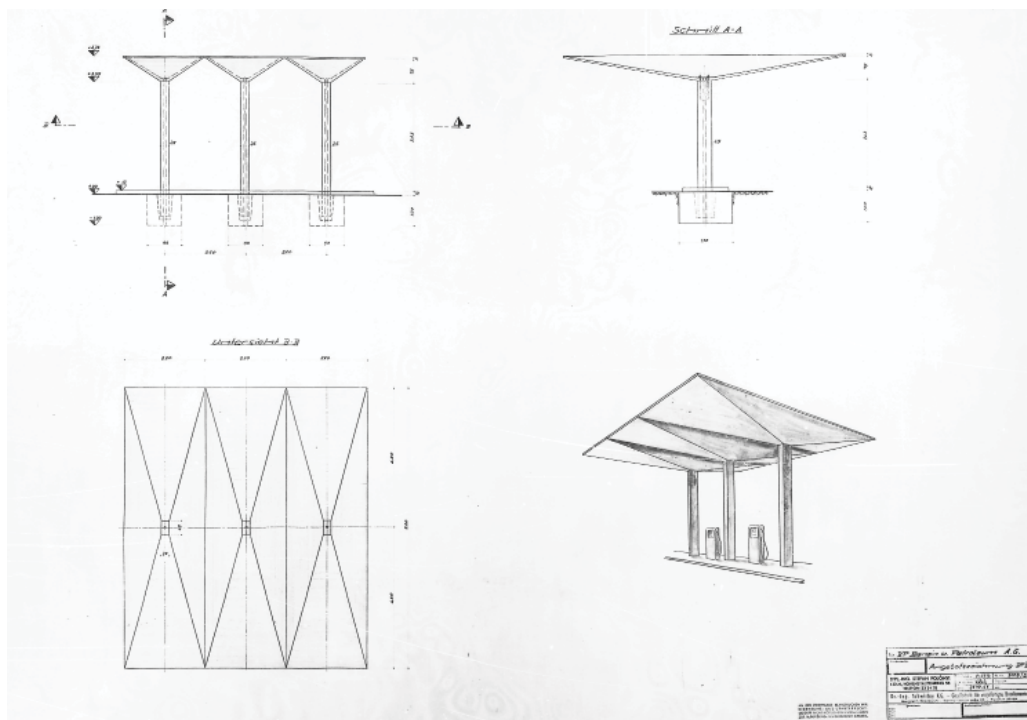
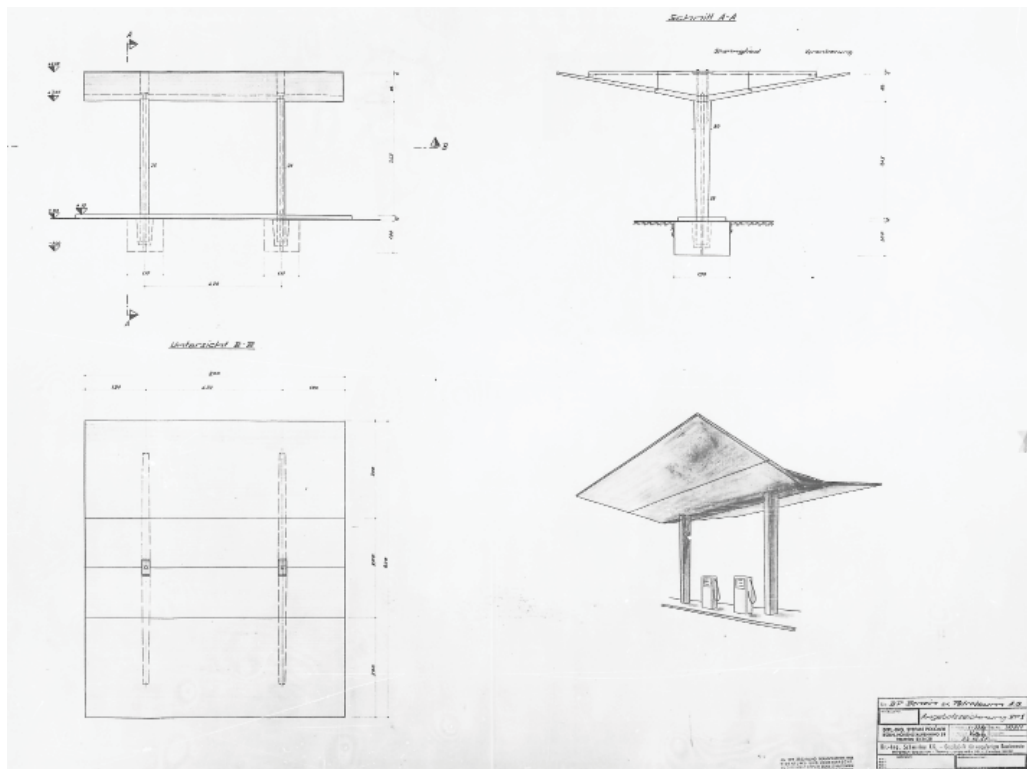


Immagine N. 7.10, N. 7.11

Oggetto degli elaborati: Stazioni di servizio, disegni tecnici

Descrizione degli elaborati: Pianta, prospetto, sezione e vista assonometrica della stazione di servizio per B P Benzin u. Petroleum A. G.

Autore: Ingenieurbüro Polónyi

Supporto: Microfiche

Date: 23/10/1961 | 23/10/1961

Fonte: Dortmund, A:Al

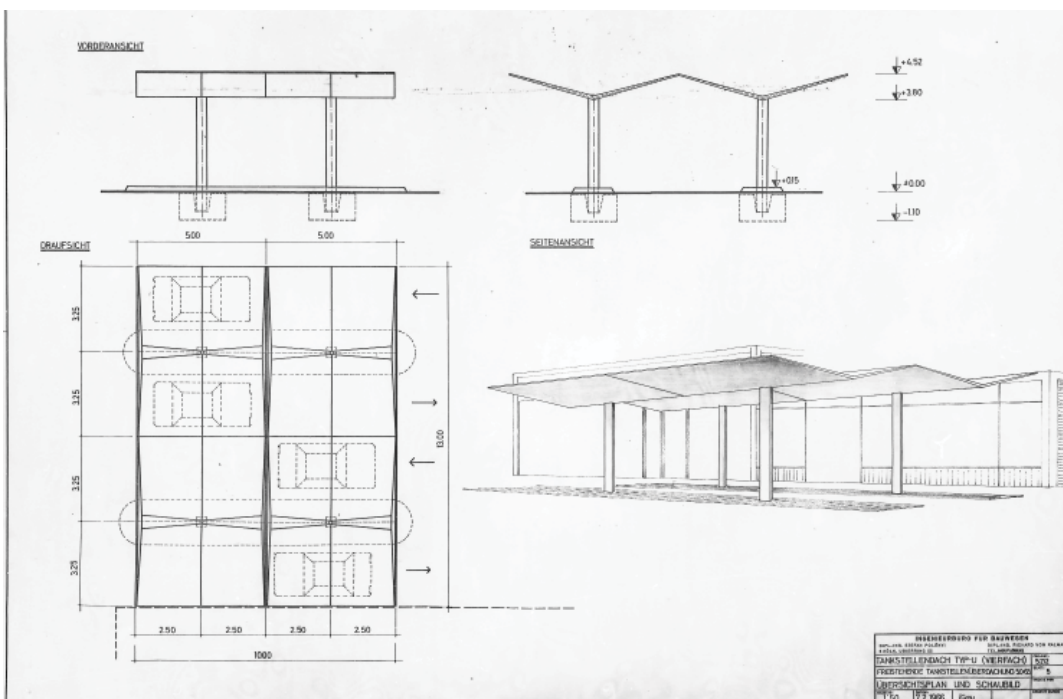
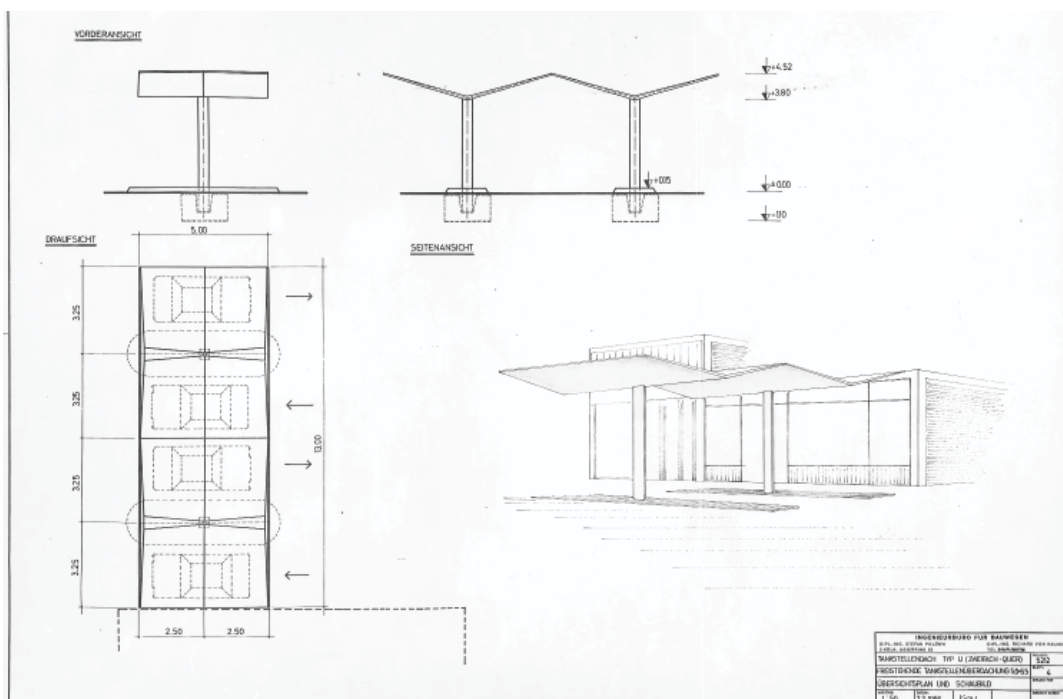


Immagine N. 7.12, N. 7.13

Oggetto degli elaborati: Stazioni di servizio, disegni tecnici

Descrizione degli elaborati: Pianta, prospetto, sezione e vista assometrica della stazione di servizio

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche

Date: 07/02/1966 | 07/02/1966

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

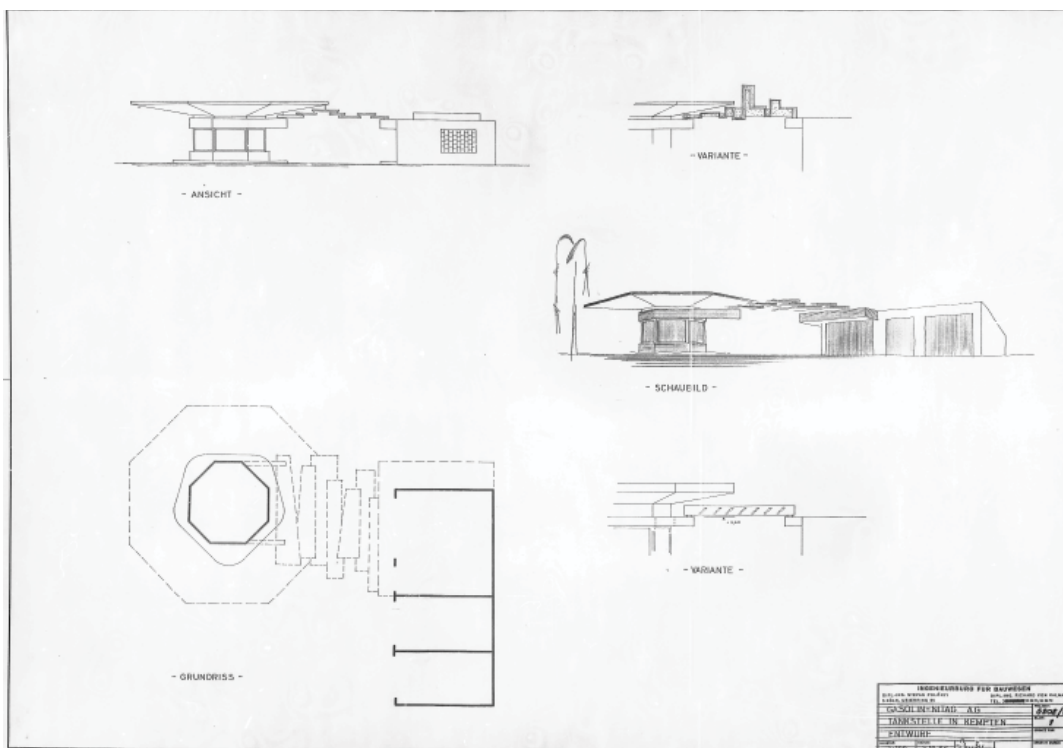
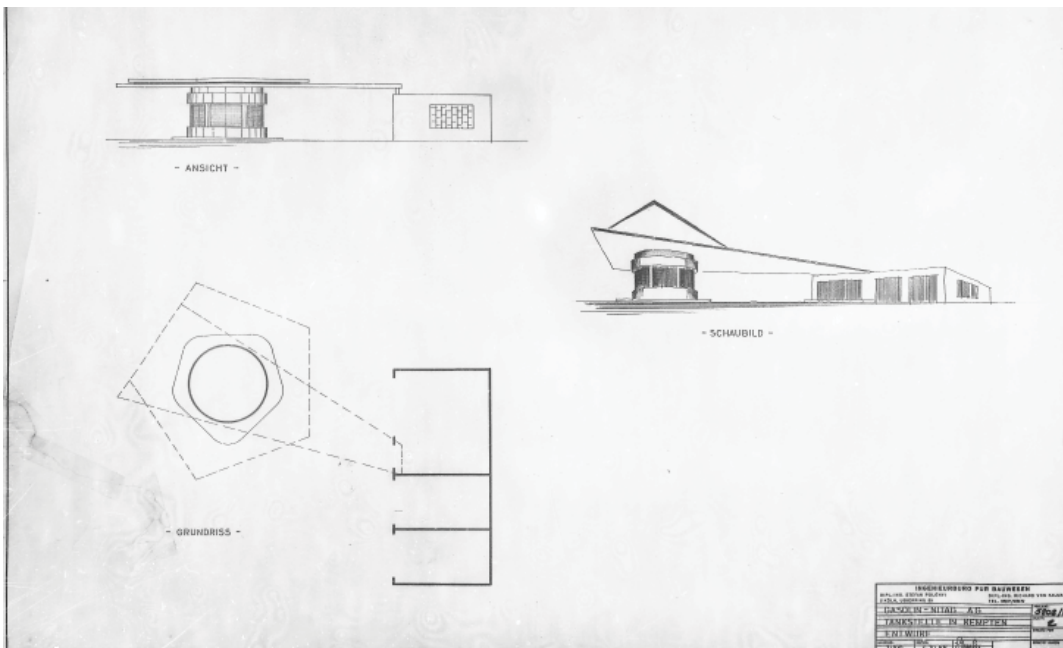


Immagine N. 7.14, N. 7.15

Oggetto degli elaborati: Stazioni di servizio, disegni tecnici

Descrizione degli elaborati: Pianta, prospetto, sezione e vista assonometrica della stazione di servizio per la Gasolin-Nitag A. G.

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche

Date: 03/10/1966 | 04/10/1966

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagine N. 7.16, N. 7.17

Oggetto degli elaborati: Stazioni di servizio, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati: Elementi della copertura della stazione di servizio prima del montaggio. Prova di carico.

Supporto: Fotografie

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW



Immagine N. 7.18, N. 7.19

Oggetto degli elaborati: Stazioni di servizio, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati: Fasi terminali della costruzione della variante 1.

Supporto: Fotografie

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

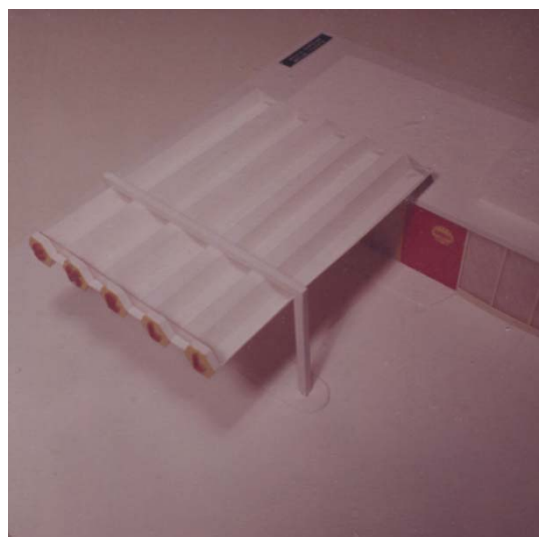


Immagine N. 7.20, N. 7.21, N. 7.22, N. 7.23, N. 7.24

Oggetto degli elaborati: Stazioni di servizio, modelli

Descrizione degli elaborati: Vista laterale, frontale e superiore del modello della stazione di servizio per la Shell.

Supporto: Fotografie

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

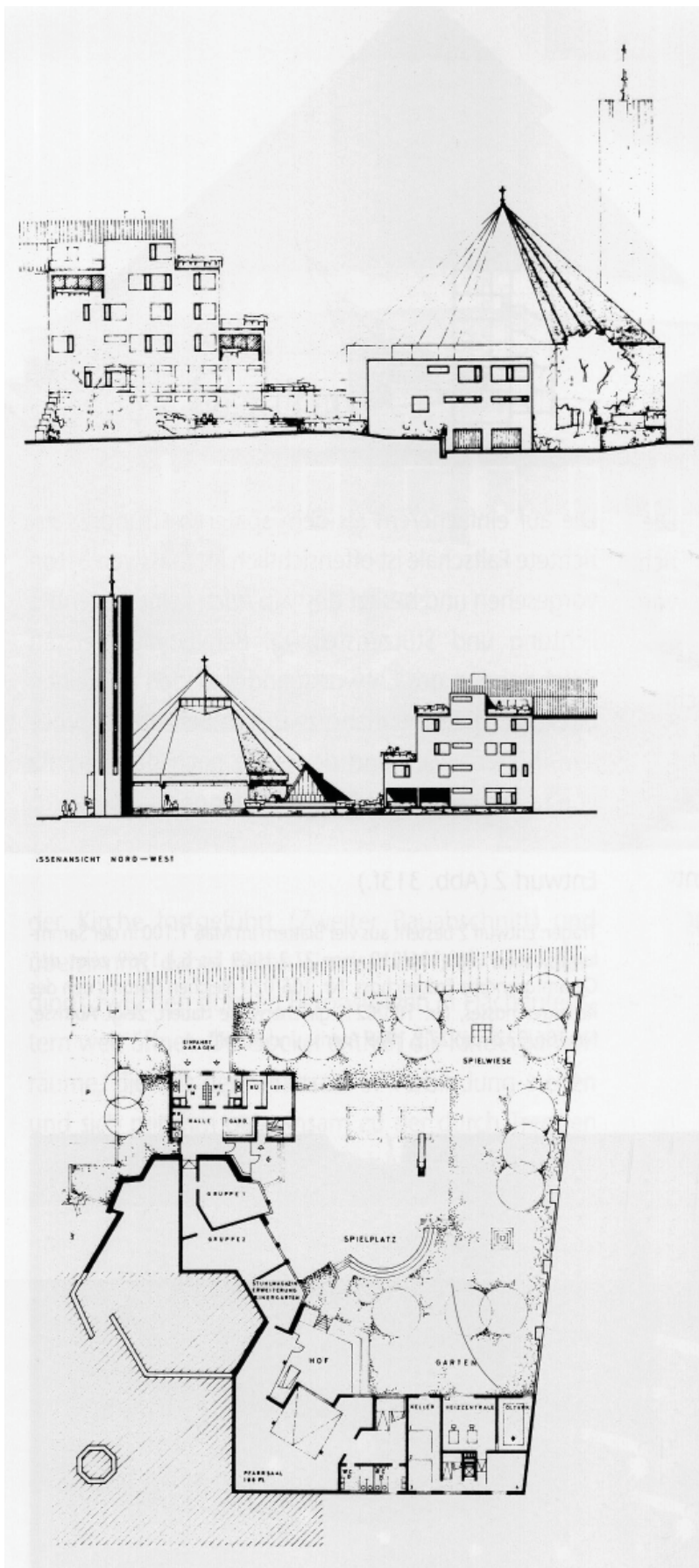
arch. Claudia D'Amore

L'esperienza progettuale di Stefan Polónyi sull'utilizzo delle Faltwerke.
Rapporto forma struttura nelle strutture resistenti per foma.

Documentazione d'Archivio e
apparati fotografici

8. *Chiesa di St. Ewalde*, Wuppertal-Cronenberg, 1976

8. ST. EWALDE, Wuppertal-Cronenberg, 1974



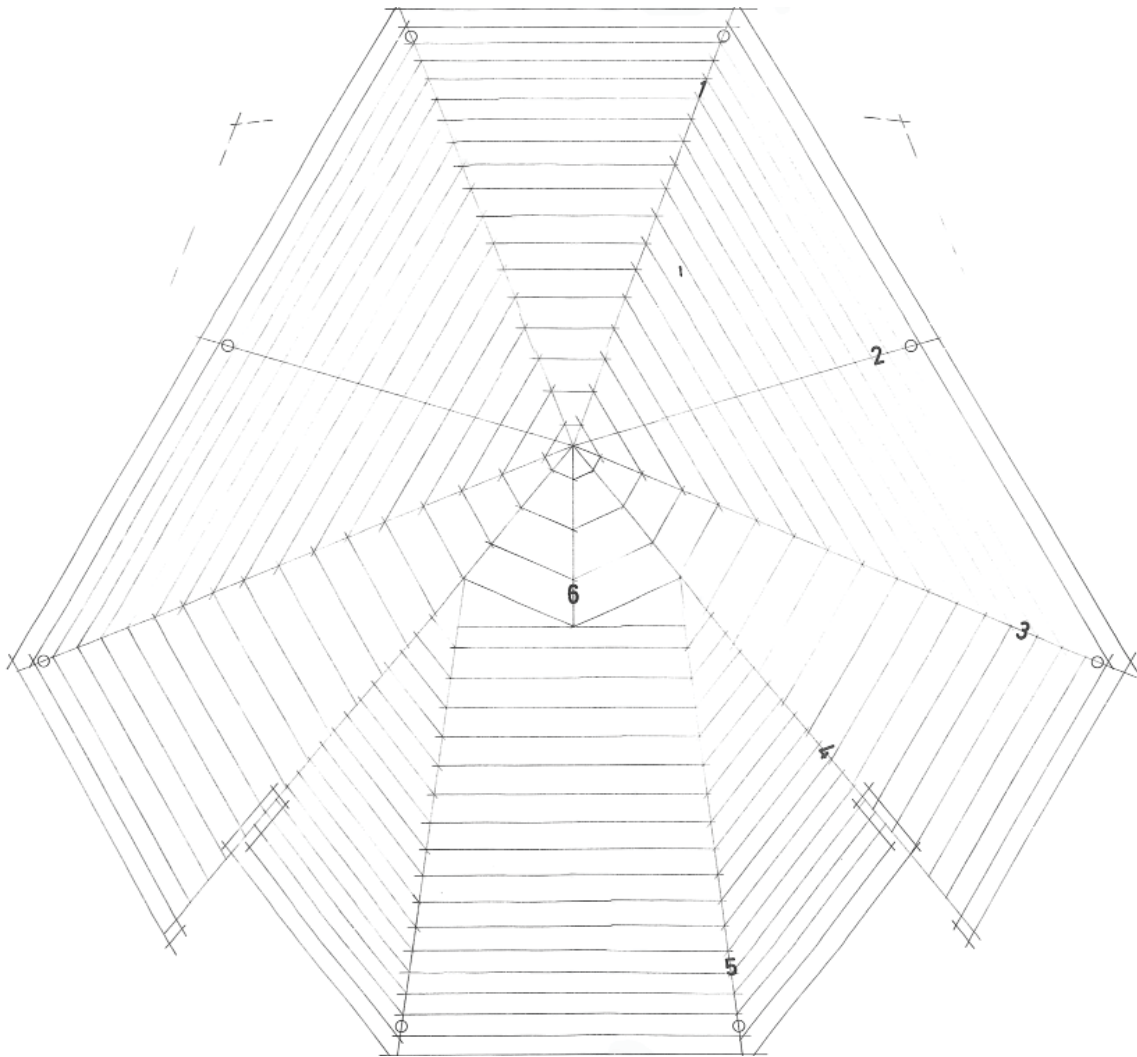


Immagine N. 8.01

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Ewalde, disegno del progetto 1

Descrizione dell'elaborato: Planimetria e prospetti del complesso religioso.

Fonte: Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

Immagine N. 8.02

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Ewalde, disegno del progetto 1

Descrizione dell'elaborato: Schema della copertura lignea

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche *Data:* 18/08/1969

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

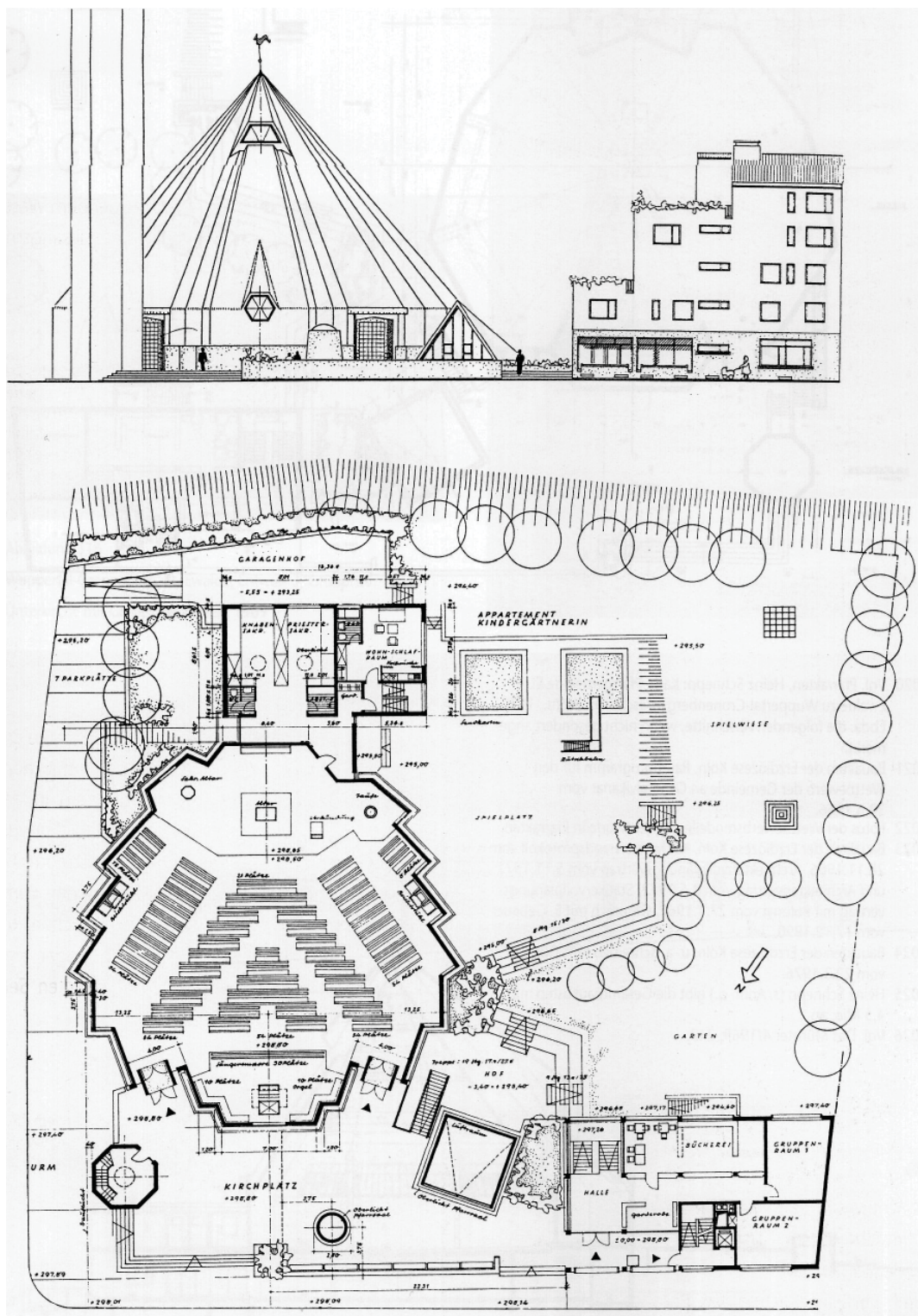
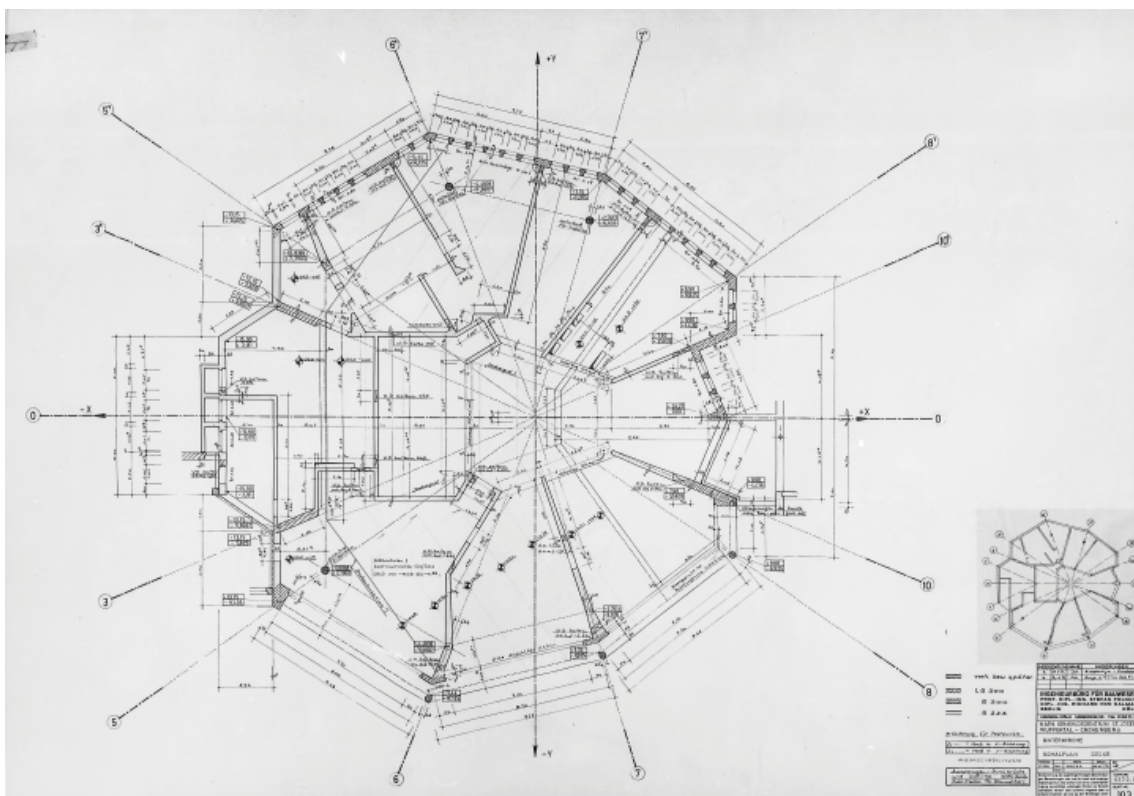
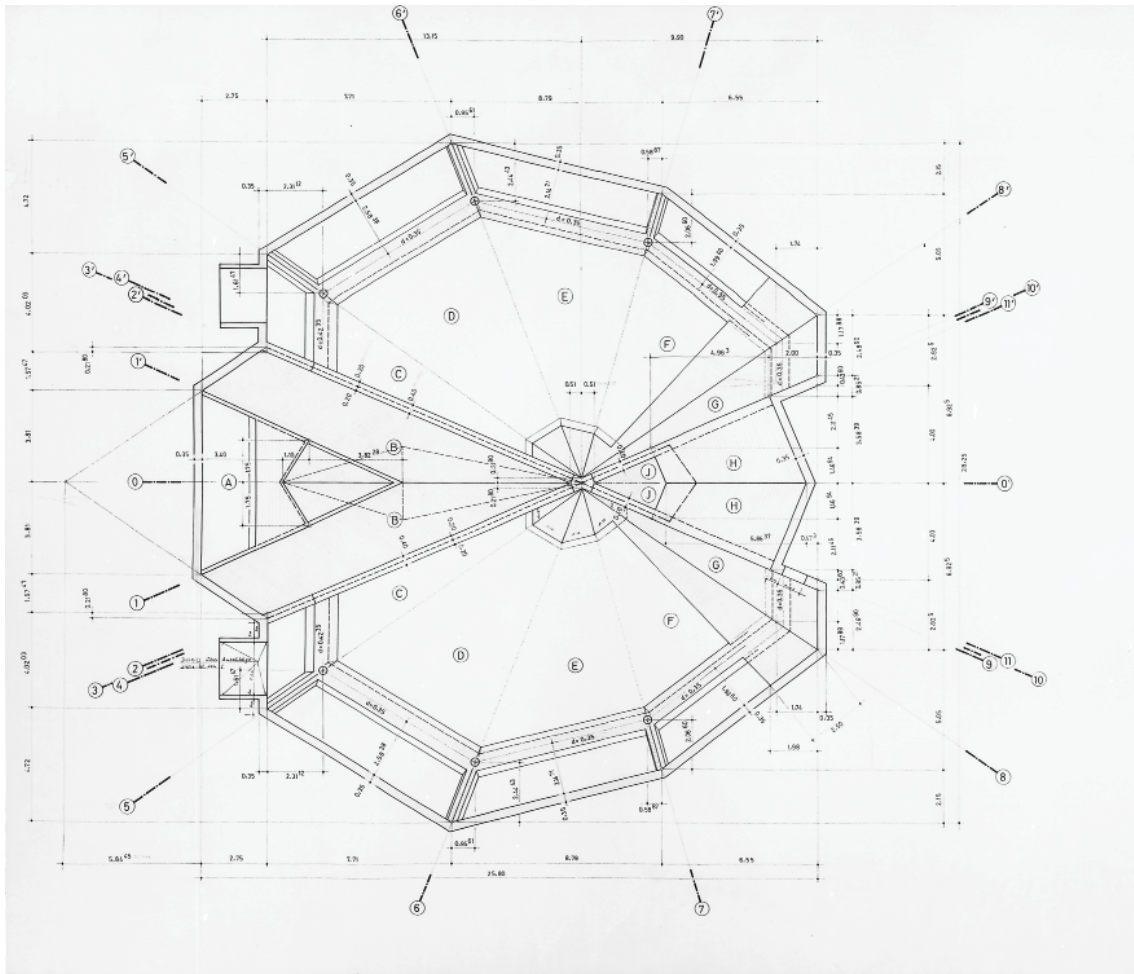


Immagine N. 8.03

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Ewalde, disegno del progetto 2

Descrizione dell'elaborato: Planimetria e prospetto del complesso religioso.

Fonte: Gebauer, Emanuel. Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadts Spuren, Denkmäler in Köln. Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.



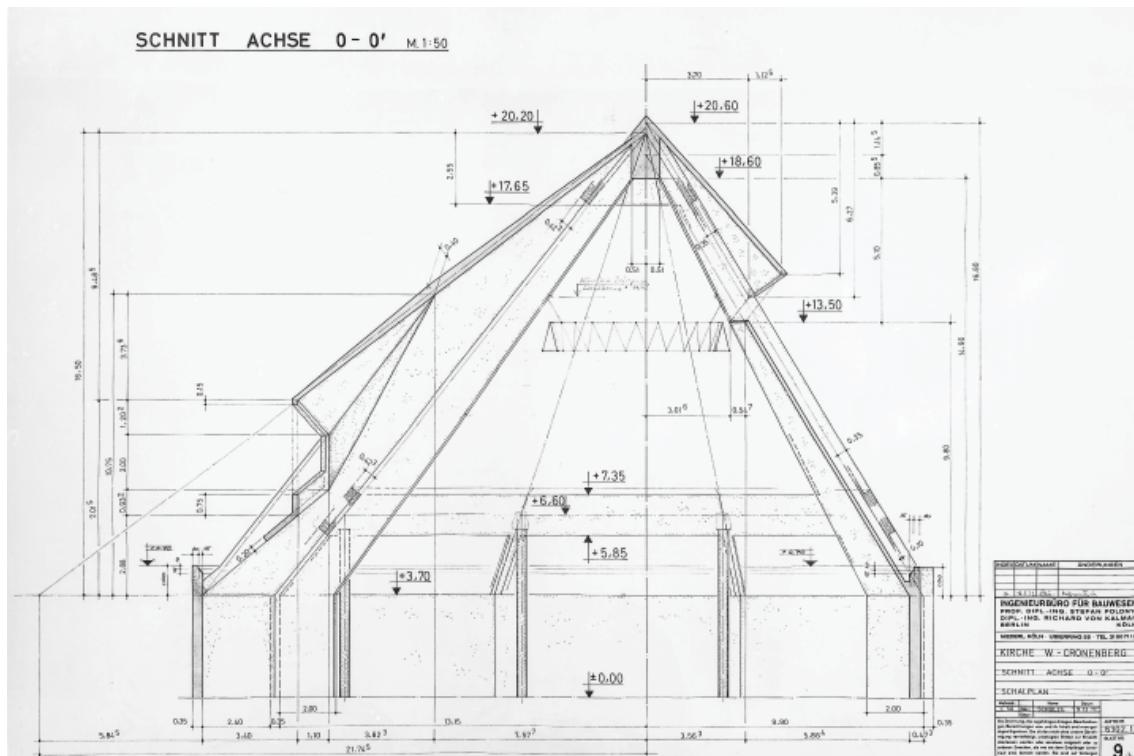


Immagine N. 8.05

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Ewalde, disegno del progetto 3

Descrizione dell'elaborato: Planimetria in cui sono evidenziate le strutture portanti della copertura.

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche *Data:* 13/01/1971

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagine N. 8.06

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Ewalde, disegno del progetto 3

Descrizione dell'elaborato: Planimetria del piano seminterrato.

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche *Data:* 13/01/1972

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

Immagine N. 8.07

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Ewalde, disegno del progetto 3

Descrizione dell'elaborato: Sezione trasversale dell'aula liturgica

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche *Data:* 09/12/1971

Fonte: Dortmund, A:AI - Archiv für Architektur und Ingenieurbaukunst NRW

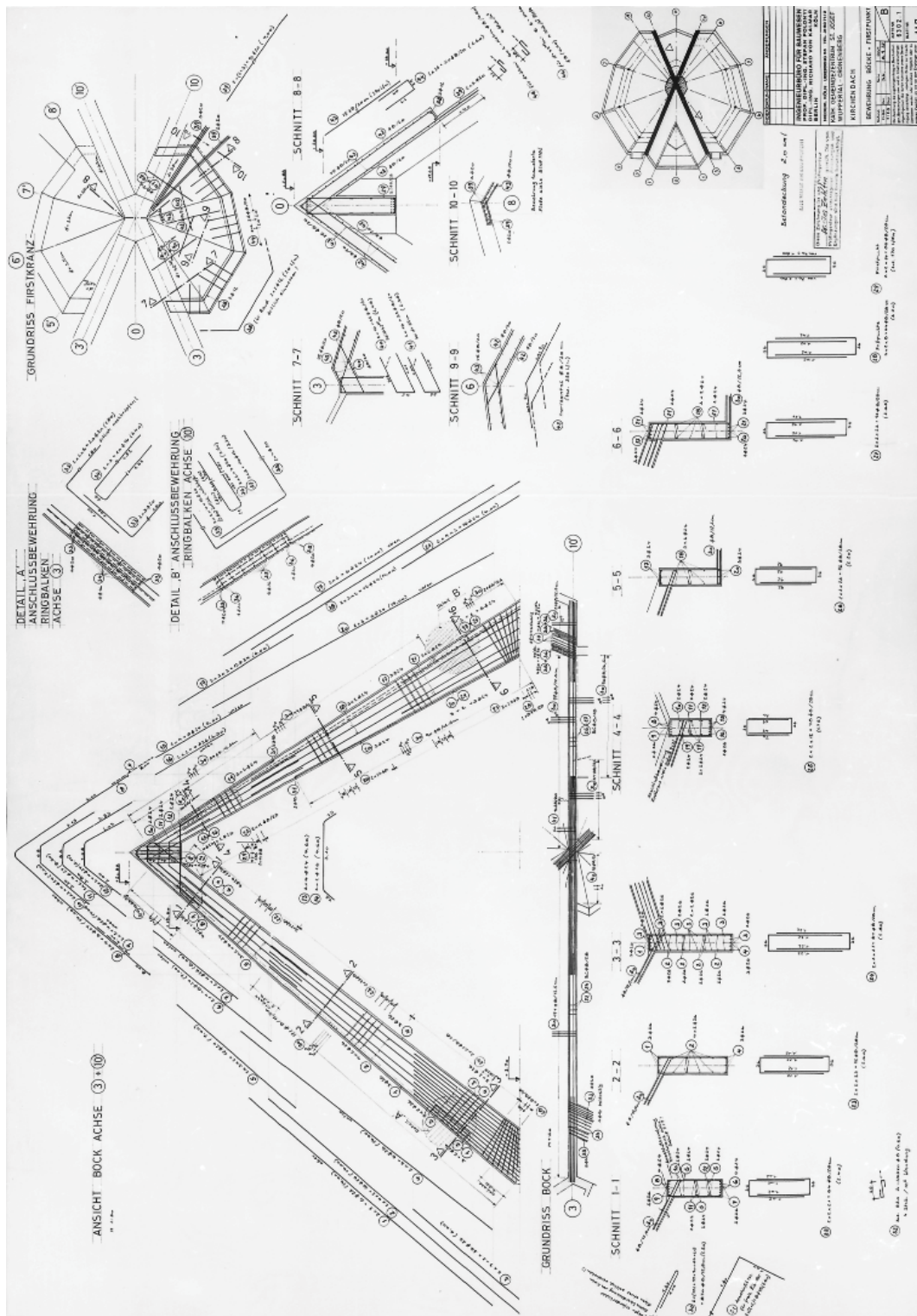


Immagine N. 8.08

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Ewalde, disegno del progetto 3

Descrizione dell'elaborato: Struttura portante della copertura.

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche

Data: 06/09/1972

Fonte: Dortmund, A:AI

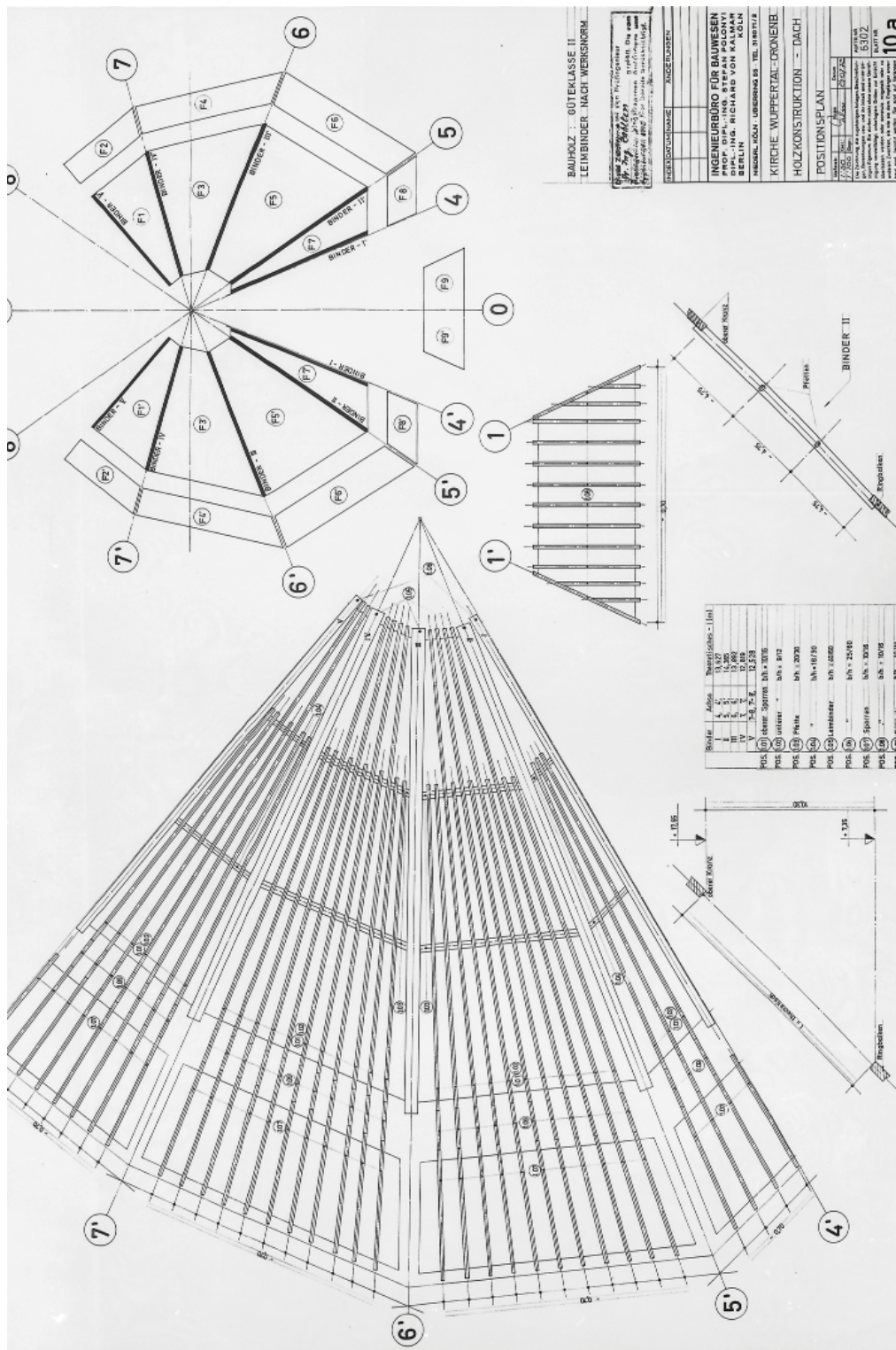


Immagine N. 8.09

Oggetto dell'elaborato: Kirche St. Ewalde, disegno del progetto 3

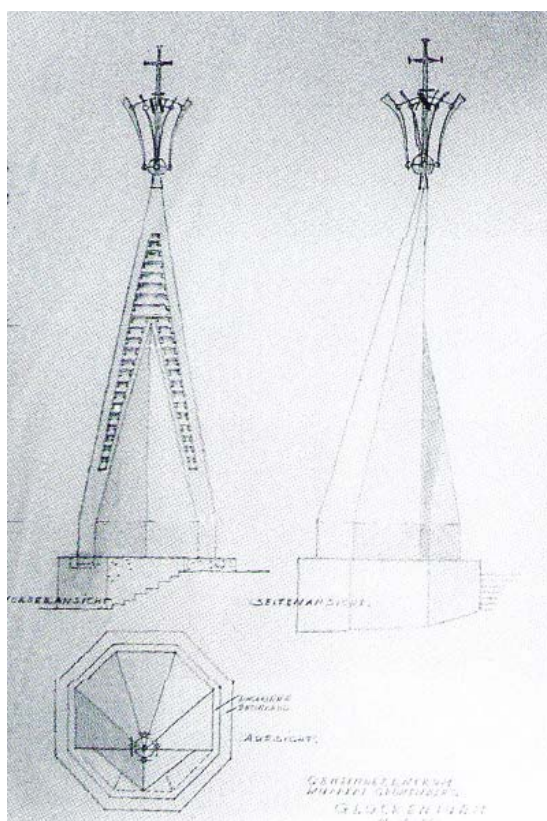
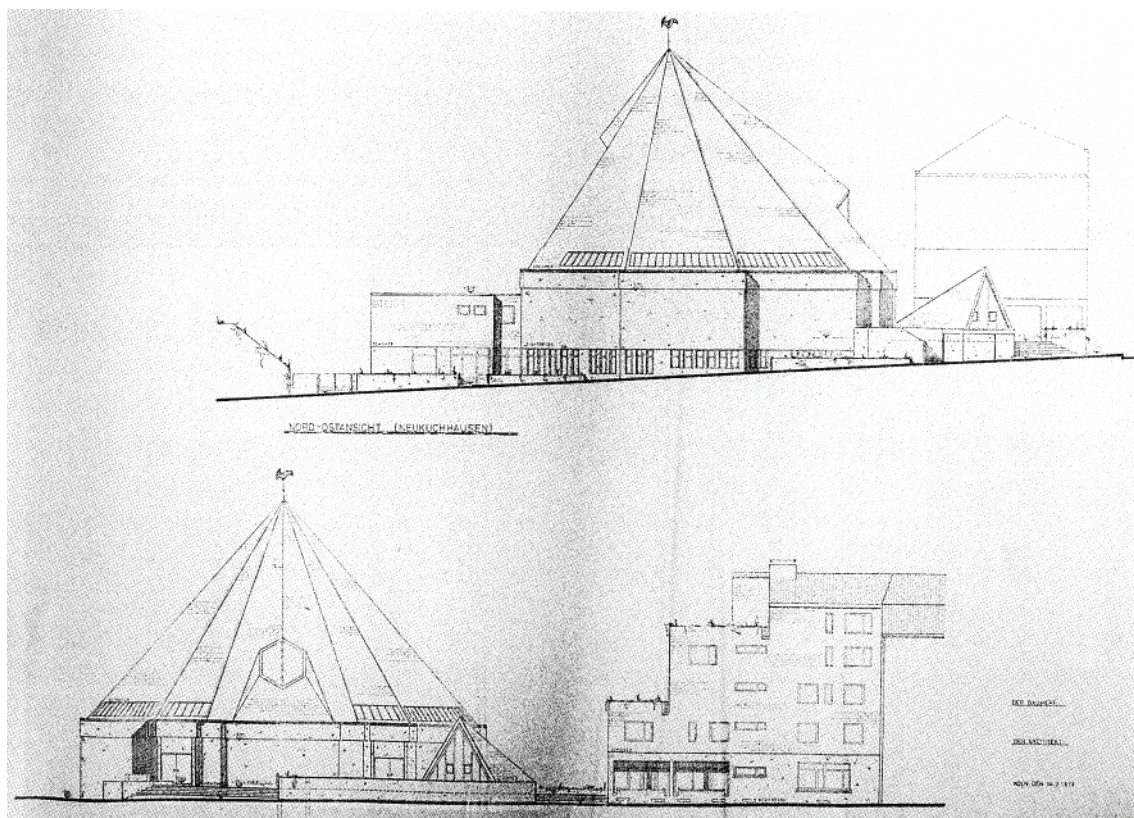
Descrizione dell'elaborato: Elementi lignei della copertura

Autore: Ingenieurbüro für Bauwesen: S. Polónyi, R. von Kalmar

Supporto: Microfiche

Data: 24/07/1972

Fonte: Dortmund, A:AI



Immagini N. 8.10, N. 8.11,

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Ewalde, disegni del progetto 3

Descrizione degli elaborati:

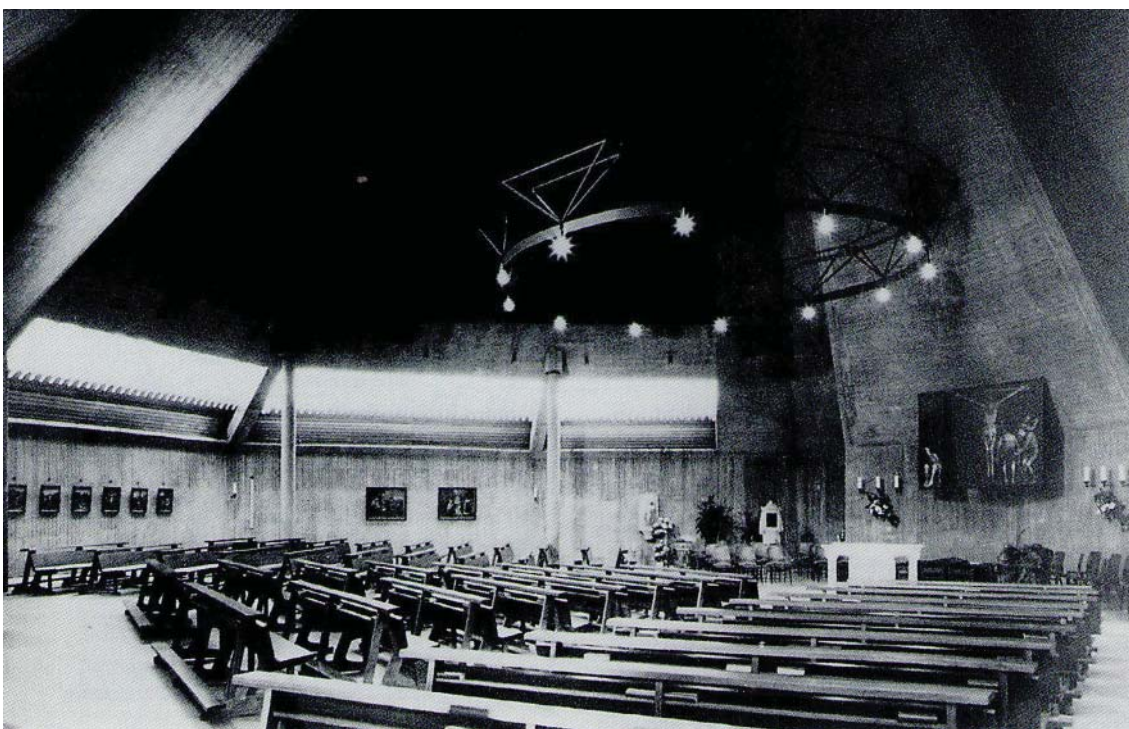
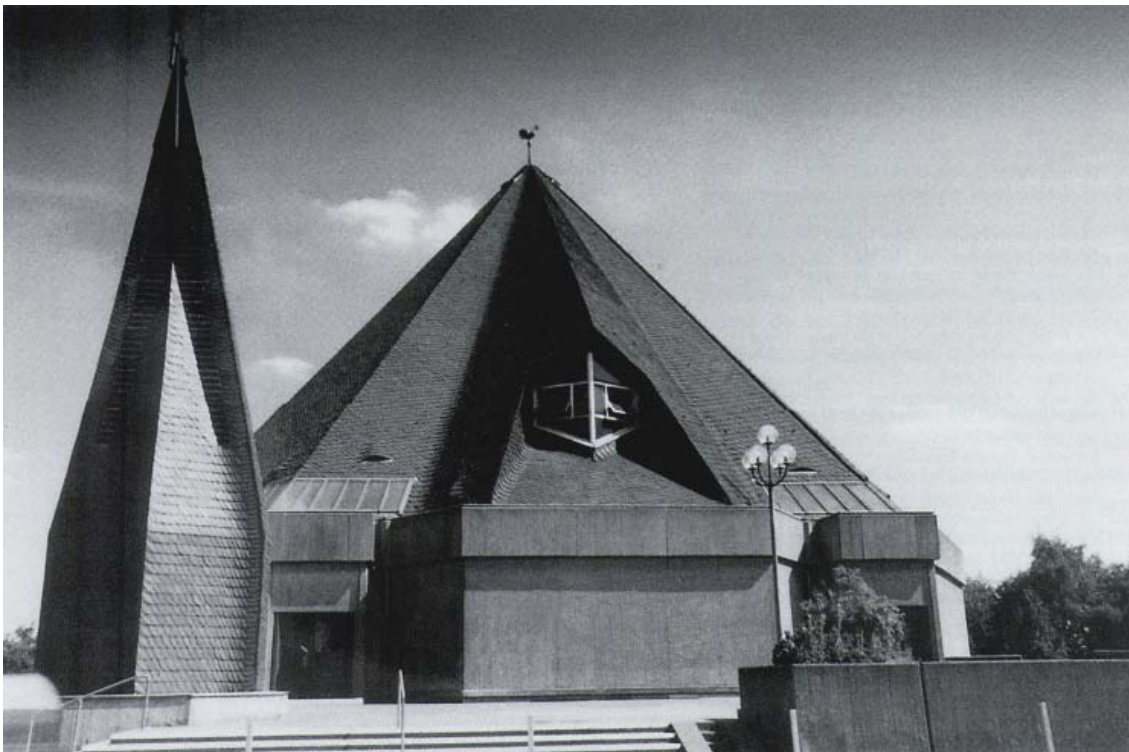
Prospetti e vista dall'alto della torre a

bese ottagonale.

Supporto: Cartaceo

Fonte: Gebauer, Emanuel. Fritz Schaller:

Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtsuren, Denkmäler in Köln. Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.



Immagini N. 8.12, N. 8.13

Oggetto degli elaborati: Kirche St. Ewalde, fotografie d'epoca

Descrizione degli elaborati: Vista del prospetto principale e dell'interno della chiesa.

Fonte: Gebauer, Emanuel. *Fritz Schaller: Der Architekt und sein Beitrag zum Sakralbau in 20. Jahrhundert. Stadtspuren, Denkmäler in Köln.* Köln: J. P. Bachem Verlag, 2000.

