POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Proposta di un catalogo visuale di modelli per lo studio della forma architettonica tra Matematica e Disegno | Visual Catalog of Models for the Study of Architectural Shapes

Original
Proposta di un catalogo visuale di modelli per lo studio della forma architettonica tra Matematica e Disegno | Visual Catalog of Models for the Study of Architectural Shapes between Mathematics and Drawing: a New Proposal / Cumino, Caterina; Pavignano, Martino; Zich, Ursula. - ELETTRONICO. - (2021), pp. 626-645. (Intervento presentato al convegno 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione CONNETTERE un disegno per annodare e tessere Linguaggi, Distanze, Tecnologie tenutosi a Reggio di Calabria nel 16, 17, 18 settembre 2021) [10.3280/oa-693.34].
Availability:
This version is available at: 11583/2927474 since: 2021-09-27T09:49:29Z

Publisher:
Franco Angeli

Published
DOI:10.3280/oa-693.34

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

19 April 2024

unione italiana disegno

CONNETTERE CONNECTING
un disegno per annodare e tessere
drawing for weaving relationships

Linguaggi Distanze Tecnologie
Languages Distances Technologies

42° CONVEGNO INTERNAZIONALE
DEI DOCENTI DELLE DISCIPLINE DELLA RAPPRESENTAZIONE
CONGRESSO DELLA UNIONE ITALIANA PER IL DISEGNO
ATTI 2021
42th INTERNATIONAL CONFERENCE
OF REPRESENTATION DISCIPLINES TEACHERS
CONGRESS OF UNIONE ITALIANA PER IL DISEGNO
PROCEEDINGS 2021

a cura di/edited by
Adriana Arena
Marinella Arena
Domenico Mediati
Paola Raffa

FrancoAngeli OPEN ACCESS

diségno

diségno

la Collana della UID - Unione Italiana per il Disegno

direttore Francesca Fatta

La Collana accoglie i volumi degli atti dei convegni annuali della Società Scientifica UID - Unione Italiana per il Disegno e gli esiti di incontri, ricerche e simposi di carattere internazionale organizzati nell'ambito delle attività promosse o patrocinate dalla UID. I temi riguardano il Settore Scientifico Disciplinare ICAR/17 Disegno con ambiti di ricerca anche interdisciplinari.
I volumi degli atti sono redatti a valle di una *call* aperta a tutti e con un forte taglio internazionale.
I testi sono in italiano o nella lingua madre dell'autore (francese, inglese, portoghese, spagnolo, tedesco) con traduzione integrale in lingua inglese. Il Comitato Scientifico internazionale comprende i membri del Comitato Tecnico Scientifico della UID e numerosi altri docenti stranieri esperti nel campo della Rappresentazione.

I volumi della collana possono essere pubblicati sia a stampa che in *open access* e tutti i contributi degli autori sono sottoposti a *double blind peer review* secondo i criteri di valutazione scientifica attualmente normati.

Comitato Scientifico / Scientific Committee

Giuseppe Amoruso *Politecnico di Milano*
Paolo Belardi *Università degli Studi di Perugia*
Stefano Bertocci *Università degli Studi di Firenze*
Mario Centofanti *Università degli Studi dell'Aquila*
Enrico Cicalò *Università degli Studi di Sassari*
Antonio Conte *Università degli Studi della Basilicata*
Mario Docci *Sapienza Università di Roma*
Edoardo Dotto *Università degli Studi di Catania*
Maria Linda Falcidieno *Università degli Studi di Genova*
Francesca Fatta *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*
Fabrizio Gay *Università IUAV di Venezia*
Andrea Giordano *Università degli Studi di Padova*
Elena Ippoliti *Sapienza Università di Roma*
Francesco Maggio *Università degli Studi di Palermo*
Anna Osello *Politecnico di Torino*
Caterina Palestini *Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara*
Lia Maria Papa *Università degli Studi di Napoli "Federico II"*
Rossella Salerno *Politecnico di Milano*
Alberto Sdegno *Università degli Studi di Udine*
Chiara Vernizzi *Università degli Studi di Parma*
Ornella Zerlenga *Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli"*

Componenti di strutture straniere

Caroline Astrid Bruzelius *Duke University - USA*
Pilar Chías *Universidad de Alcalá - Spagna*
Frank Ching *University of Washington - USA*
Livio De Luca *UMR CNRS/MCC MAP Marseille - Francia*
Roberto Ferraris *Universidad Nacional de Córdoba - Argentina*
Glaucia Augusto Fonseca *Universidade Federal do Rio de Janeiro - Brasile*
Pedro Antonio Janeiro *Universidade de Lisboa - Portogallo*
Jacques Laubscher *Tshwane University of Technology - Sudafrica*
Cornelie Leopold *Technische Universität Kaiserslautern - Germania*
Juan José Fernández Martín *Universidad de Valladolid - Spagna*
Carlos Montes Serrano *Universidad de Valladolid - Spagna*
César Otero *Universidad de Cantabria - Spagna*
Guillermo Peris Fajarnes *Universitat Politècnica de València - Spagna*
José Antonio Franco Taboada *Universidade da Coruña - Spagna*
Michael John Kirk Walsh *Nanyang Technological University - Singapore*

Progetto grafico e copertina di Enrico Cicalò e Paola Raffa

FrancoAngeli

OPEN ACCESS

Il presente volume è pubblicato in open access, ossia il file dell'intero lavoro è liberamente scaricabile dalla piattaforma FrancoAngeli Open Access (http://bit.ly/francoangeli-oa). FrancoAngeli Open Access è la piattaforma per pubblicare articoli e monografie, rispettando gli standard etici e qualitativi e la messa a disposizione dei contenuti ad accesso aperto. Oltre a garantire il deposito nei maggiori archivi e repository internazionali OA, la sua integrazione con tutto il ricco catalogo di riviste e collane FrancoAngeli ne massimizza la visibilità e favorisce la facilità di ricerca per l'utente e la possibilità di impatto per l'autore.

Per saperne di più:
http://www.francoangeli.it/come_pubblicare/pubblicare_19.asp

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio "Informatemi" per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

CONNETTERE CONNECTING
un disegno per annodare e tessere
drawing for weaving relationships

Linguaggi Distanze Tecnologie
Languages Distances Technologies

42° CONVEGNO INTERNAZIONALE
DEI DOCENTI DELLE DISCIPLINE DELLA RAPPRESENTAZIONE
CONGRESSO DELLA UNIONE ITALIANA PER IL DISEGNO
ATTI 2021
42th INTERNATIONAL CONFERENCE
OF REPRESENTATION DISCIPLINES TEACHERS
CONGRESS OF UNIONE ITALIANA PER IL DISEGNO
PROCEEDINGS 2021

Reggio Calabria | Messina 16-17-18 settembre 2021

a cura di/edited by
Adriana Arena
Marinella Arena
Domenico Mediati
Paola Raffa

FrancoAngeli OPEN ACCESS

42° Convegno Internazionale
dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione
Congresso della Unione Italiana per il Disegno

42th International Conference
of Representation Disciplines Teachers
Congress of Unione Italiana per il Disegno

Comitato Scientifico / Scientific Committee

Giuseppe Amoruso *Politecnico di Milano*
Fabio Basile *Università di Messina*
Paolo Belardi *Università di Perugia*
Stefano Bertocci *Università di Firenze*
Mario Centofanti *Università dell'Aquila*
Enrico Cicalò *Università di Sassari*
Daniele Colistra *Università Mediterranea di Reggio Calabria*
Antonio Conte *Università della Basilicata*
Gabriel Defranco *Universidad Nacional de La Plata*
Mario Docci *Sapienza Università di Roma*
Edoardo Dotto *Università di Catania*
Maria Linda Falcidieno *Università di Genova*
Francesca Fatta *Università Mediterranea di Reggio Calabria*
Ángela García Codoñer *Universitat Politècnica de València*
Juan Francisco García Nofuentes *Universidad de Granada*
Fabrizio Gay *Università IUAV di Venezia*
Gaetano Ginex *Università Mediterranea di Reggio Calabria*
Andrea Giordano *Università di Padova*
Massimo Giovannini *Università Mediterranea di Reggio Calabria*
Marc Hemmerling *Tecnology Arts Science Köln*
Mona Hess *University of Bamberger*
Elena Ippoliti *Sapienza Università di Roma*
Pedro Antonio Janeiro *Universidade de Lisboa*
Fakher Kharrat *Ecole Nationale d'Architecture de Tunis*
Cornelie Leopold *Technische Universität Kaiserslautern*
Francesco Maggio *Università di Palermo*
Roser Martinez Ramos Iruela *Universidad de Granada*
Carlos Montes Serrano *Universidad de Valladolid*
Pilar Chías Navarro *Universidad de Alcalá*
Pablo José Navarro Esteve *Universitat Politècnica de València*
Anna Osello *Politecnico di Torino*
Spiros Papadopoulos *University of Thessalyha*
Caterina Palestini *Università di Chieti-Pescara*
Lia Maria Papa *Università di Napoli "Federico II"*
Rossella Salerno *Politecnico di Milano*
Alberto Sdegno *Università di Udine*
José Antonio Franco Taboada *Universidad da Coruña*
Chiara Vernizzi *Università di Parma*
Ornella Zerlenga *Università della Campania "Luigi Vanvitelli"*

Coordinamento Scientifico / Scientific Coordination

Gaetano Ginex *Università Mediterranea di Reggio Calabria*
Daniele Colistra *Università Mediterranea di Reggio Calabria*

Coordinamento Editoriale / Editorial Coordination

Paola Raffa *Università Mediterranea di Reggio Calabria*

Comitato Editoriale / Editorial Committee

Alessio Altadonna *Università di Messina*
Adriana Arena *Università di Messina*
Marinella Arena *Università Mediterranea di Reggio Calabria*
Domenico Mediati *Università Mediterranea di Reggio Calabria*
Antonino Nastasi *Università di Messina*

I testi e le relative traduzioni oltre che tutte le immagini pubblicate sono stati forniti dai singoli autori per la pubblicazione con copyright e responsabilità scientifica e verso terzi. La revisione e redazione è dei curatori del volume.

The texts as well as all published images have been provided by the authors for publication with copyright and scientific responsibility towards third parties. The revision and editing is by the editors of the book.

Revisori / Peer Reviewers

Fabrizio Agnello *Università di Palermo*
Piero Albisinni *Sapienza Università di Roma*
Luis Agustin Hernandez *Universidad de Zaragoza*
Giuseppe Amoruso *Politecnico di Milano*
Adriana Arena *Università di Messina*
Marinella Arena *Università Mediterranea di Reggio Calabria*
Pasquale Argenziano *Università della Campania "Luigi Vanvitelli"*
Barbara Aterini *Università di Firenze*
Fabrizio Avella *Università di Palermo*
Alessandra Avella *Università della Campania "Luigi Vanvitelli"*
Vincenzo Bagnolo *Università di Cagliari*
Marcello Balzani *Università di Firenze*
Laura Baratin *Università di Urbino "Carlo Bo"*
Salvatore Barba *Università di Salerno*
José Antonio Barrera Vera *Universidad de Sevilla*
Cristiana Bartolomei *Università di Bologna*
Carlo Battini *Università di Genova*
Paolo Belardi *Università di Perugia*
Stefano Bertocci *Università di Firenze*
Marco Giorgio Bevilacqua *Università di Pisa*
Carlo Biagini *Università di Firenze*
Alessandro Bianchi *Politecnico di Milano*
Carlo Bianchini *Sapienza Università di Roma*
Fabio Bianconi *Università di Perugia*
Enrica Bistagnino *Università di Genova*
Antonio Bixio *Università della Basilicata*
Maurizio Marco Bocconcino *Politecnico di Torino*
Cecilia Bolognesi *Politecnico di Milano*
Stefano Brusaporci *Università dell'Aquila*
Massimiliano Campi *Università di Napoli "Federico II"*
Marco Canciani *Università di Roma Tre*
Cristina Càndito *Università di Genova*
Mara Capone *Università di Napoli "Federico II"*
Laura Carlevaris *Sapienza Università di Roma*
Laura Carnevali *Sapienza Università di Roma*
Marco Carpiceci *Sapienza Università di Roma*
Andrea Casale *Sapienza Università di Roma*
Stefano Chiarenza *Università di Napoli "Federico II"*
Pilar Chías *Universidad de Alcalá*
Emanuela Chiavoni *Sapienza Università di Roma*
Massimiliano Ciammaichella *Università IUAV di Venezia*
Maria Grazia Cianci *Università di Roma Tre*
Enrico Cicalò *Università di Sassari*
Giuseppina Cinque *Università di Roma "Tor Vergata"*
Paolo Clini *Università dell'Aquila*
Luigi Cocchiarella *Politecnico di Milano*
Daniele Colistra *Università Mediterranea di Reggio Calabria*
Antonio Conte *Università della Basilicata*
Carmela Crescenzi *Università di Firenze*
Giuseppe D'Acunto *Università IUAV di Venezia*
Pierpaolo D'Agostino *Università di Napoli "Federico II"*
Mario Docci Sapienza *Università di Roma*
Antonella di Luggo *Università di Napoli "Federico II"*
Edoardo Dotto *Università di Catania*
Tommaso Empler *Sapienza Università di Roma*
Maria Linda Falcidieno *Università di Genova*
Federico Fallavollita *Università di Bologna*
Marco Fasolo *Sapienza Università di Roma*
Francesca Fatta *Università Mediterranea di Reggio Calabria*
Maria Teresa Galizia *Università di Catania*
Noelia Galvan *Universidad de Valladolid*
Juan Francisco Garcìa Nofuentes *Universidad de Granada*
Giorgio Garzino *Politecnico di Torino*
Paolo Giandebiaggi *Università di Parma*
Gaetano Ginex *Università Mediterranea di Reggio Calabria*
Andrea Giordano *Università di Padova*
Massimo Giovannini *Università Mediterranea di Reggio Calabria*
Maria Pompeiana Iarossi *Politecnico di Milano*
Manuela Incerti *Università di Ferrara*
Carlo Inglese *Sapienza Università di Roma*
Pedro Antonio Janeiro *Universidade de Lisboa*
Sereno Marco Innocenti *Università di Brescia*
Elena Ippoliti *Sapienza Università di Roma*
Alfonso Ippolito *Sapienza Università di Roma*
Fabio Lanfranchi *Sapienza Università di Roma*
Mariangela Liuzzo *Università di Enna "Kore"*
Massimiliano Lo Turco *Politecnico di Torino*
Alessandro Luigini *Libera Università di Bolzano*
Carlos Marcos Alba *Universidad de Alicante*
Francesco Maggio *Università di Palermo*
Federica Maietti *Università di Ferrara*
Massimo Malagugini *Università di Genova*
Maria Martone *Sapienza Università di Roma*
Giovanna A. Massari *Università di Trento*
Domenico Mediati *Università Mediterranea di Reggio Calabria*
Giampiero Mele *Università eCampus*
Valeria Menchetelli *Università di Perugia*
Alessandro Merlo *Università di Firenze*
Barbara Messina *Università di Salerno*
Giuseppe Moglia *Politecnico di Torino*
Cosimo Monteleone *Università di Padova*
Carlos Montes Serrano *Universidad de Valladolid*
Marco Muscogiuri *Politecnico di Milano*
Anna Osello *Politecnico di Torino*
Alessandra Pagliano *Università di Napoli "Federico II"*
Caterina Palestini *Università di Chieti-Pescara*
Lia Maria Papa *Università di Napoli "Federico II"*
Leonardo Paris *Sapienza Università di Roma*
Sandro Parrinello *Università di Pavia*
Maria Ines Pascariello *Università di Napoli "Federico II"*
Giulia Pellegri *Università di Genova*
Nicola Pisacane *Università della Campania "Luigi Vanvitelli"*
Manuela Piscitelli *Università della Campania "Luigi Vanvitelli"*
Paolo Piumatti *Politecnico di Torino*
Paola Puma *Università di Firenze*
Ramona Quattrini *Università dell'Aquila*
Paola Raffa *Università Mediterranea di Reggio Calabria*
Luca Ribichini *Sapienza Università di Roma*
Andrea Rolando *Politecnico di Milano*
Adriana Rossi *Università della Campania "Luigi Vanvitelli"*
Daniele Rossi *Università di Camerino*
Gabriele Rossi *Politecnico di Bari*
Michela Rossi *Politecnico di Milano*
Maria Elisabetta Ruggiero *Università di Genova*
Michele Russo *Sapienza Università di Roma*
Rossella Salerno *Politecnico di Milano*
Antonella Salucci *Università di Chieti-Pescara*
Cettina Santagati *Università di Catania*
Salvatore Santuccio *Università di Camerino*
Nicolò Sardo *Università di Camerino*
Alberto Sdegno *Università di Udine*
Giovanna Spadafora *Università di Roma Tre*
Roberta Spallone *Politecnico di Torino*
Maurizio Unali *Università di Chieti-Pescara*
Graziano Mario Valenti *Sapienza Università di Roma*
Rita Valenti *Università di Catania*
Victor Hugo Velasquez *Universidad Nacional de Colombia*
Chiara Vernizzi *Università di Parma*
Daniele Villa *Politecnico di Milano*
Marco Vitali *Politecnico di Torino*
Andrea Zerbi *Università di Parma*
Ornella Zerlenga *Università della Campania "Luigi Vanvitelli"*

ISBN digital version 9788835125891

Copyright © 2021 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

Pubblicato con licenza Creative Commons Attribuzione-Non Commerciale-Non opere derivate 4.0 Internazionale (CC-BY-NC-ND 4.0)

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it

Indice
Index

11
Francesca Fatta
Prefazione | Preface

LINGUAGGI
LANGUAGES

19
Sabrina Acquaviva
Documentare la memoria storica.
Linguaggi digitali per la gestione del patrimonio archeologico
Documenting Historical Memory. Digital Languages to Manage the Archaeological Heritage

37
Alessio Altadonna, Adriana Arena
I linguaggi della rappresentazione: i disegni della fontana di Orione a Messina tra il XVI e il XXI secolo
The Languages of the Representation: the Drawings of the Orion Fountain in Messina between the 16th and the 21th Century

61
Marinella Arena, Daniele Colistra, Domenico Mediati
Arte e architettura. Teoria e prassi del meme dominante
Art and Architecture. Theory and Practice of the Dominant Meme

85
Pasquale Argenziano
Il disegno della città nelle tavole del *De Nola*.
Metodi della rappresentazione e della tipografia
City Drawing in *De Nola*'s Tables.
The Representation Methods and Typographic Analysis

103
Greta Attademo
La rappresentazione dello spazio nei videogiochi
The Representation of Space in Videogames

123
Martina Attenni, Alfonso Ippolito, Claudia Palmadessa
Indispensabili Utopie: Jakov Georgievič Černichov
Indispensable Utopias: Jakov Georgievič Černichov

141
Alessandra Avella
Il disegno della città nelle tavole del *De Nola*.
Analisi geometrico-dimensionale delle iconografie
City Drawing in *De Nola*'s Tables.
Geometric-Dimensional Analysis of the Iconographies

159
Leonardo Baglioni, Marco Fasolo, Matteo Flavio Mancini, Sofia Menconero
I sistemi evoluzionistici nella ricerca della forma ideale
Evolutionary Algorithms in the Search for the Ideal Form

179
Leonardo Baglioni, Marta Salvatore
Andrea Pozzo e l'arte dei linguaggi scenici
Andrea Pozzo and the Art of Scenic Languages

197
Piero Barlozzini, Laura Carnevali, Fabio Lanfranchi
Dal rilievo all'analisi grafica della basilica di Santa Maria in Foro Claudio a Ventaroli
From Surveying to Graphical Analysis of the Basilica of Santa Maria in Foro Claudio in Ventaroli

215
Cristiana Bartolomei, Cecilia Mazzoli, Caterina Morganti
The Language of Rendering in Architectural Visualisations

225
Rachele Angela Bernardello, Andrea Momolo
Connessioni figurative e informative tra lo spazio costruito e lo spazio pittorico
Figurative and Informative Relations between the Built Space and the Pictorial Space

245
Paolo Borin, Devid Campagnolo, Alberto Longhin
Testo, modello, diagramma: continuità e aggiornamento dei linguaggi per la rappresentazione
Text, Model, Diagram: Representation as a Changing Language

261
Giovanni Caffio
Atlante dei borghi solitari: il disegno per le micro-città d'Abruzzo
Atlas of Lonely Towns: the Drawing for Abruzzo's Micro-Cities

285
Marco Canciani, Giovanna Spadafora, Paola Brunori, Francesca Laganà
Il lessico formale dell'architettura storica: il caso del centro storico di Sambiase
The Formal Lexicon of Historic Architecture: the Case of the Historic Center of Sambiase

307
Marco Canciani, Francesca Romana Stabile, Valentina Apostoli
Linguaggi architettonici tra presente e passato: la borgata giardino del Pigneto
Architectural Languages between Past and Present: the Garden City of Pigneto

329
Davide Carleo, Martina Gargiulo, Luigi Corniello, Michelangelo Scorpio, Giovanni Ciampi, Pilar Chías Navarro
Il linguaggio dell'architettura funzionale e della memoria nel Parco del Retiro a Madrid
The Language of Functional Architecture and Memory in the Retiro Park in Madrid

353
Marco Carpiceci, Antonio Schiavo
La facciata della Basilica di San Pietro: connessioni tra Luigi Moretti e Alberto Carpiceci
The Façade of St. Peter's Basilica: Connections between Luigi Moretti and Alberto Carpiceci

371
Matteo Cavagliá, Luigi Cocchiarella, Veronica Fazzina, Simone Porro
Tracking Future Graphics Education through Virtual Dystopian Spaces

378
Gerardo Maria Cennamo
Ermeneutica della rappresentazione: la preminenza del disegno nel confronto pluridisciplinare
Representation's Hermeneutics: the Supremacy of the Drawing in the Multidisciplinary Comparison

394
Santi Centineo
Da selezione a elezione: sintesi, antitesi e tesi nell'ideario grafico di Buzzi
From Selection to Election: Synthesis, Antithesis and Thesis in Buzzi's Graphic *Ideario*

414
Stefano Chiarenza
L'illustrazione di moda tra arte, comunicazione e progetto
Fashion Illustration between Art, Communication and Project

432
Pilar Chías Navarro, Tomás Abad
La construcción de los paisajes del Palacio Real de Madrid, Siglos XVI-XX
Planned and Built Landscapes Around the Palacio Real in Madrid, 16th to 20th Centuries

452
Emanuela Chiavoni, Sara Colaceci, Federico Rebecchini
Un disegno più vasto. Linguaggi, distanze & psicologie
A Wider Drawing. Languages, Distances & Psychologies

472
Maria Grazia Cianci, Daniele Calisi, Sara Colaceci, Matteo Molinari
Nuove e vecchie immagini della didattica: reale e virtuale
New and Old Images of Teaching: Real and Virtual

490
Margherita Cicala
Approcci metodologici finalizzati alla conoscenza geometrica di torri e campanili
Methodological Approaches Aimed at the Geometric Knowledge of Towers and Bell Towers

510
Enrico Cicalò, Marta Pileri, Michele Valentino
Connessione tra saperi. Il contributo delle scienze grafiche nella ricerca in ambito medico
Connecting Knowledge. The Contribution of Graphic Sciences to Medical Research

528
Paolo Clini, Ramona Quattrini, Romina Nespeca, Renato Angeloni, Mirco D'Alessio
L'Adriatico come accesso alla cultura tangibile e intangibile dei porti: il *Virtual Museum* di Ancona
Adriatic Sea as an Access to the Tangible and Intangible Culture of Ports: the Ancona *Virtual Museum*

548
Sara Conte, Valentina Marchetti
Progettisti a fumetti: quando la nona arte parla di progetto
Designers in Comics: When the Ninth Art Talks about Design

566
Luigi Corniello, Gennaro Pio Lento, Angelo De Cicco
Codici, spazi, processi. I monasteri del Monte Athos
Codex, Spaces, Processes. The Monasteries of Mount Athos

590
Domenico Crispino, Luigi Corniello
L'armonia del linguaggio dei Giardini Paesaggistici nell'Europa di fine '700
The Harmony of Language in Landscape Gardens in Late 18th Century Europe

608
Valeria Croce, Gabriella Caroti, Livio De Luca, Andrea Piemonte, Philippe Véron, Marco Giorgio Bevilacqua
Tra Intelligenza Artificiale e H-BIM per la descrizione semantica dei beni culturali: la Certosa di Pisa
Artificial Intelligence and H-BIM for the Semantic Description of Cultural Heritage: the Pisa Charterhouse

626
Caterina Cumino, Martino Pavignano, Ursula Zich
Proposta di un catalogo visuale di modelli per lo studio della forma architettonica tra Matematica e Disegno
Visual Catalog of Models for the Study of Architectural Shapes between Mathematics and Drawing: a New Proposal

646
Gabriella Curti
Sul linguaggio grafico di sintesi: segni e simboli nel mondo reale e virtuale
Innovation in Language: Signs and Symbols in the Real World and Virtual Reality

662
Massimo De Paoli, Luca Ercolin
I Colomba e i Reti: la decorazione a stucco nella chiesa delle Grazie in Brescia
The Colomba and the Reti: Plaster Decorations in the Church of Delle Grazie in Brescia

680
Tommaso Empler, Adriana Caldarone, Elena D'Angelo
Una Roma in cui giocare: ricostruzioni 3D e *serious games* dalla pianta del Nolli
A Rome to Play in: 3D Reconstructions and Serious Games from Nolli Plant

700
Cristian Farinella, Raissa Garozzo, Lorena Greco, Martino Pavignano, Jessica Romor
Connettere per conoscere e comunicare: sviluppi dell'applicazione UID 3.0
Connecting to Know and Communicate: Development of the UID 3.0 Application

722
Cristian Farinella, Lorena Greco
Il linguaggio grafico di Hugh Ferriss tra chiaroscuro e illustrazione 3D
The Graphic Language of Hugh Ferriss between Chiaroscuro and 3D Illustration

740
Mariateresa Galizia, Graziana D'Agostino, Andrés Payà Rico, Giuseppe Maria Spera
The Castle of Mussomeli (CL) and its Stables: an Educational and Connecting Space between Local Historical Heritage Sites

749
Francesca Gasparetto, Laura Baratin
Open Conservation: tecniche di rappresentazione a supporto dell'*iter* conservativo
Open Conservation: Representation Techniques to Support the Conservative Process

765
Paolo Giordano
Il disegno di restauro
The Restoration Drawing

783
Manuela Incerti, Paola Foschi
Pietro Fiorini e la prospettiva su Bologna
Pietro Fiorini and the Perspective on Bologna

805
Carlo Inglese, Roberto Barni, Marika Griffo
3D Archeolandscapes. Pantalica rupestre
3D Archeolandscapes. Rupestrian Pantalica

825
Sereno Innocenti
"Abitare con sé stessi". Dalla stanza sull'albero al Casello RAV (Reparto Alta Velocità) di Manerba del Garda (BS)
"Living With Yourself". From the Tree Room to the Toll Booth RAV (High Speed Department) in Manerba del Garda (BS)

841
Pedro António Janeiro
A Heurística do Desenho e a sua Aparente Lateralidade à Arquitectura: Meadas, nós e novelos
The Heuristic of Drawing and its Apparent Laterality to Architecture: Hanks, Knots and Balls of Yarn

859
Gennaro Pio Lento, Fabiana Guerriero, Luigi Corniello, Pedro António Janeiro
Linguaggi architettonici ed esoterici per la rappresentazione della Quinta da Regaleira a Sintra
Architectural and Esoteric Languages for the Representation of the Quinta da Regaleira in Sintra

879
Alessandro Luigini
Riviste scientifiche nel settore ICAR17: analisi quantitativa delle *keywords* e dei temi di ricerca
Scientific Journals in ICAR17: Quantitative Analysis of Keywords and Research Topics

901
Manuela Milone
From Detail to Project: House Caiozzo-Facciolà

909
Vincenzo Moschetti
Imago Sylvae. Strumenti di attraversamento e rappresentazione dello spazio selvatico
Imago Sylvae. Instruments for Navigating and Representing the Wilderness

925
Daniela Palomba, Simona Scandurra
La linea curva che avvolge lo spazio
The Curved Line that Envelops the Space

945
Domenico Pastore
Dalla superficie al volume. Un'indagine grafica del progetto *Solidi* di Cesare Leonardi
From Surface to Solid. A Close Reading about Cesare Leonardi's Project *Solids*

963
Anna Lisa Pecora
Il linguaggio grafico e gli indizi pittorici per una comunicazione inclusiva dello spazio
Graphic Language and Pictorial Clues for an Inclusive Communication of Space

979
Javier Peña Gonzalvo, Luis Agustín Hernández
Analisis y composicion geometrica del frente norte de la capilla de San Miguel, la seo de Zaragoza
Analysis and Geometric Composition of the North Front of the San Miguel Chapel, the Seo of Zaragoza

995
Giulia Pettoello
Quando l'architettura è illustrazione: la comunicazione del progetto
When Architecture is Illustration: Communicating the Project

1013
Nicola Pisacane
Il disegno della città nelle tavole del *De Nola*. Analisi degli aspetti geografici e cartografici
City Drawing in *De Nola*'s Tables. Geographical and Cartographical Analysis Features

1029
Manuela Piscitelli
Il linguaggio grafico modernista nelle pagine di *Pencil Points*
The Modernist Graphic Language in the Pages of *Pencil Points*

1047
Fabiana Raco
Le intenzioni di progetto. Disegno, rilievo e documentazione di luoghi della rappresentazione
The Purpose of Design. Drawing, Survey and Documentation of the Places of Performance

1063
Luca Ribichini, Vito Rocco Panetta, Antonio Schiavo, Lorenzo Tarquini, Ivan Valcerca
Exedra: il disegno dello spazio romano tra geometria e percezione
Exedra: Designing Space in Rome. Geometry and Perception

1085
Daniele Rossi
Closer Than We Think: visioni del futuro dell'alimentazione nelle illustrazioni di Arthur Radebaugh
Closer Than We Think: Visions of the Future of Food in the Illustrations of Arthur Radebaugh

1105
Michele Russo
La prospettiva curiosa in acqua: un nuovo linguaggio anamorfico
The Curious Perspective in Water: a New Anamorphic Language

1123
Marcello Scalzo
Riflessioni sul linguaggio grafico nei poster di Savignac
Reflections on the Graphic Language of Savignac's Poster

1143
Alberto Sdegno, Silvia Masserano, Veronica Riavis
Tre chiese a Trieste: per un'analisi grafica comparativa
Three Churches in Trieste: for a Comparative Graphic Analysis

1161
Francesco Stilo, Crystel Mamazza
Architettura sacra lungo le sponde del fiume Eufrate. Dura-Europos, il primo edificio di culto cristiano
Sacred Architecture Along the Banks of the Euphrates River. Dura Europos, the First Building for Christian Worship

1179
Ana Tagliari, Wilson Florio
Le Corbusier's *Maisons Sans Lieu*. Reconstructive Redrawing. Digital and Physical Model of Unbuilt Architecture

1188
Ana Tagliari, Wilson Florio, Luca Rossato
The Representation of Staircases in the Architecture of Lina Bo Bardi

1198
Ilaria Trizio, Adriana Marra, Francesca Savini, Andrea Ruggieri
L'architettura vernacolare e i suoi linguaggi: verso un'ontologia dei centri storici minori
The Vernacular Architecture and its Languages: Towards an Ontology of the Minor Historic Centres

1216
Pasquale Tunzi
La volgarizzazione del disegno tecnico
The Vulgarisation of Technical Drawing

1228
Francesca Maria Ugliotti, Anna Osello
Il disegno riscopre la sua intrinseca resilienza multidisciplinare
Drawing Rediscovers its Intrinsic Multidisciplinary Resilience

1242
Maurizio Unali
Rappresentare significa innescare ibridazioni culturali: il caso *Light Show '60*
To Represent Means Triggering Cultural Hybridizations: the *Case Light Show '60*

1256
Starlight Vattano
Distanze digitali nella danza disegnata. Schemi sulle coreografie dei *Ballets Russes*
Digital Distances in the Drawn Dance. Schemas on the *Ballets Russes* Performances

1274
Marco Vitali, Concepción López González, Giulia Bertola, Fabrizio Natta
Percorsi cerimoniali e organizzazione distributiva nei palazzi barocchi torinesi. Palazzo Capris di Ciglié
Ceremonial Ways and Distribution in the Baroque Palaces of Turin. Palazzo Capris di Ciglié

1294
Ornella Zerlenga, Vincenzo Cirillo
La tecnologia *Polaroid* fra linguaggi e distanze. Una suggestione videografica per i tempi di Covid-19
Polaroid Technology between Languages and Distances. A Video-Graphic Suggestion for the Covid-19 Times

DISTANZE
DISTANCES

1318
Marta Alonso Rodríguez, Noelia Galván Desvaux, Raquel Álvarez Arce
Aprendiendo a mirar. La copia como metodología de enseñanza en las asignaturas de dibujo durante el confinamiento
Learning How to Watch. Copying as Learning Methodology in Drawing Courses During Confinement

1334
Paolo Belardi, Valeria Menchetelli, Giovanna Ramaccini
diDaD - diségno e Didattica a Distanza. Tre esperienze di rimediazione
diDaD - Drawing and Distance Learning. Three Remediation Experiences

1352
Stefano Bertocci, Anastasia Cottini
Itinerari di Architettura Moderna a São Paulo, Brasile
Modern Architecture Itineraries in São Paulo, Brazil

1370
Alessandro Bianchi
Ecosystems and Green Connections: Representation and Strategy for Cremona Landscape

1381
Rosario Giovanni Brandolino, Paola Raffa
L'ultra-distanza e l'epifenomeno della finitezza, tra distanza e Distanza
Ultra-Distance and the Epiphenomenon of Finitude, between 'distance' and Distance

1397
Stefano Brusaporci, Pamela Maiezza, Alessandra Tata, Mario Centofanti
Ricostruire per riscoprire storie: la chiesa di S. Francesco a Piazza Palazzo all'Aquila
Rebuilding to Rediscover Stories: the Church of S. Francesco in Piazza Palazzo, L'Aquila

1415
Cristina Càndito, Alessandro Meloni
Il contributo della rappresentazione alla percezione dell'architettura. Orientamento, connessioni spaziali e accessibilità
The Contribution of Representation to the Perception of Architecture. Orientation, Spatial Connections and Accessibility

1435
Alessio Cardaci
Il disegno per l'infanzia al tempo della pandemia: l'esperienza del C.I. di Disegno, Arte e Musica di UniBg
Drawing for Children in Pandemic Era: the Experience of the C.I. of Drawing, Art and Music of UniBg

1451
Laura Carnevali, Fabio Colonnese
Insegnare il disegno di architettura tra pandemia e semestralizzazione
Teaching Architecture Drawing between Pandemic and Semi-Annualization

1471
Massimiliano Ciammaichella
Il disegno della danza. Notazione e controllo dello spazio performativo
Drawing of the Dance. Notation and Performative Space Control

1489
Federico Cioli, Roberta Ferretti
L'asse urbano dal Duomo a Ponte Vecchio a Firenze: sistemi di attività affini e commercio su suolo pubblico
The Urban Axis from Duomo to Ponte Vecchio in Florence: Commercial Activities Systems and Street Trading

1507
Alessandra Cirafici, Carlos Campos
L'occhio immobile di *Quad* che ferma il mondo
Quad's Motionless Gaze that Stops the World

1525
Giuseppe D'Acunto, Antonio Calandriello
Un 'disegno' alternativo: linguaggi, strumenti e metodologie di un'esperienza didattica ai tempi del Covid-19
An Alternative 'Drawing': Languages, Tools and Methodologies of a Teaching Experience at the Time of Covid-19

1545
Saverio D'Auria, Lia Maria Papa
Connessioni (im)materiali per una rigenerazione sostenibile
(IM)Material Connections for a Sustainable Regeneration

1563
Pia Davico
Connessioni tra città e immagini per tessere inediti legami sociali
Connections between Cities and Images to Weave Unprecedented Social Links

1581
Eleonora Di Mauro, Salvatore Damiano
Disegnare il non costruito: la Caserma-Teatro G.I.L. di Luigi Moretti a Piacenza
Drawing the Unbuilt: the Caserma-Teatro G.I.L. by Luigi Moretti in Piacenza

1601
Edoardo Dotto
Fuori luogo. Contatti uditivi tra Ottocento e Novecento
Out of Place. Auditory Contacts between
the Nineteenth and Twentieth Centuries

1615
Maria Linda Falcidieno, Enrica Bistagnino, Alessandro Castellano, Massimo Malagugini, Ruggero Torti, Maria Elisabetta Ruggiero
Modus in rebus
Modus in Rebus

1633
Isabella Friso, Gabriella Liva
Allentare le distanze: una esperienza didattica di fruizione espositiva virtuale
Loosening Distances: an Educational Experience of Virtual Exhibition Fruition

1649
Raissa Garozzo, Cettina Santagati
Nuove prospettive sulla ferrovia Circumetnea:
un viaggio tra archivi e rappresentazione digitale
Novel Perspectives on the Circumetnea Railway:
a Journey Across Archives and Digital Representation

1669
Gaetano Ginex, Francesco Trimboli, Sonia Mercurio
Il caso della città di Shibam nello Yemen del Sud.
Conoscenza e monitoraggio avanzato del patrimonio culturale
The Case of the City of Shibam in South Yemen.
Knowledge and Advanced Monitoring of Cultural Heritage

1689
Massimiliano Lo Turco, Elisabetta Caterina Giovannini, Andrea Tomalini
Valorizzazione del patrimonio immateriale attraverso le tecnologie digitali: la Passione di Sordevolo
Enhancing Intangible Heritage through Digital Technologies:
La Passione di Sordevolo

1709
Cecilia Luschi
Il disegno che supera linguaggi e distanze.
La missione archeologica italiana di AskGate
The Design Transcending Languages and Distances.
The Italian Archaeological Mission of AskGate

1725
Federica Maietti, Andrea Zattini
Between Survey and Communication. On Distance Experiences

1734
Rosario Marrocco
I disegni della Luna e di Marte di Galileo e Schiaparelli.
Analisi sui disegni e sulle immagini di un altro mondo
Drawings of the Moon and Mars by Galileo and Schiaparelli.
Analysis on Drawings and Images of Another World

1760
Sofia Menconero
Distanze illusorie: l'uso della prospettiva aerea nelle *Carceri* piranesiane
Illusory Distances: the Use of Aerial Perspective in Piranesi's *Carceri*

1780
Daniele Giovanni Papi
La campagna d'Egitto: il contributo essenziale
di Bonaparte e Monge alla moderna egittologia
The Egypt Campaign: the Essential Contribution
of Bonaparte and Monge to Modern Egyptology

1796
Claudio Patanè, Dario Calderone
L'invisibile rivelato. Disamina e progetto per un itinerario museale diffuso dell'antica Contea di Mascali
The Invisible Revealed. Analysis and Plan for a Widespread
Museum Itinerary of the Ancient County of Mascali

1814
Anna Sanseverino, Victoria Ferraris, Davide Barbato, Barbara Messina
Un approccio collaborativo di tipo BIM per colmare
distanze fisiche, sociali e culturali
A BIM Collaborative Approach to Overcome
Physical, Social and Cultural Distances

1832
Michele Valentino, Enrico Cicalò, Marta Pileri
Dalla didattica epistolare alla didattica digitale. Tradizione e attualità dell'apprendimento a distanza del disegno
From Epistolary to Digital Teaching. Tradition and Relevance of Distance Learning of Drawing

1848
Marta Zerbini
Tempo e Spazio negli itinerari di viaggio: la costa mediterranea di levante
Time and Space in Travel Itinerary: the East Coast of Mediterranean Sea

TECNOLOGIE
TECHNOLOGIES

1866
Fabrizio Agnello, Mirco Cannella
Sperimentazione di una procedura per la creazione
di un atlante digitale per la documentazione dei soffitti lignei dipinti di Sicilia
A Workflow for the Creation of a Digital Atlas
for the Documentation of the Painted Wooden Ceilings of Sicily

1884
Laura Aiello
I disegni di viaggio di Étienne Gravier.
Restituzioni prospettiche e ipotesi ricostruttive
Travel Drawings by Étienne Gravier.
Perspective Restitution and Reconstructive Hypotheses

1902
Giuseppe Amoruso, Sara Conte, Polina Mironenko
Rappresentazione dell'intangibile, cultura beduina e tecnologie per connettere
Representation of the Intangible, Bedouin Culture and Technologies to Connect

1922
Sara Antinozzi, Diego Ronchi, Salvatore Barba
3Dino System, come accorciare le distanze nei rilievi di precisione
3Dino System, Shortening Distances in Precision Surveys

1942
Giuseppe Antuono
Sistemi e modelli integrati di conoscenza e visualizzazione.
Il 'Bosco' del Real Sito di Portici
Integrated Systems and Knowledge and Visualisation Models.
The 'Woods' of the Royal Site of Portici

1962
Marco Aprea, Giovanna Cacudi, Gabriele Rossi, Francesca Sisci
Rilievo dell'ex Ospedale dello Spirito Santo a Lecce
per la valutazione e riduzione del rischio sismico
Survey of Ex Ospedale dello Spirito Santo in Lecce
for Seismic Risk Assessment and Reduction

1978
Fabrizio Avella
Il secondo concorso per il Parlamento di Ernesto Basile.
Criteri di modellazione e stampa 3D
The Second Competition for the Parliament Building in Rome
by Ernesto Basile. 3D Modelling and Printing Criteria

1998
Fabrizio Banfi
Modelli dinamici interattivi per il patrimonio costruito
Dynamic Interactive Models for Built Heritage

2014
Carlo Battini, Marcella Mancusi, Mauro Stallone
Rilievo tridimensionale e virtualizzazione di sculture in marmo
del Museo Archeologico Nazionale di Luni
Three-dimensional Survey and Virtualization of Marble Sculptures
from the National Archaeological Museum of Luni

2036
Carlo Bianchini, Alekos Diacodimitri, Marika Griffo
Lost in conversion. Gli archivi fotografici tra analogico e digitale
Lost in Conversion. Photographic Archives between Analogue and Digital

2062
Fabio Bianconi, Marco Filippucci, Lara Anniboletti, Tiziana Caponi
Eredità archeologiche. Linguaggi, distanze,
tecnologie dal rilievo classico ai modelli digitali immersivi
Archaeological Heritage. Languages, Distances,
Technologies from Classic Architectural Survey to Immersive 3D-Modeling

2092
Matteo Bigongiari
Il rilievo digitale di una fabbrica del Quattrocento:
la Sagrestia Vecchia di San Lorenzo
Digital Survey of a Building Site of the Fifteenth Century:
the *Sagrestia Vecchia in San Lorenzo*

2110
Stefano Brusaporci, Alessandra Tata, Pamela Maiezza
The "LoH - Level of History" for an Aware HBIM Process

2119
Mara Capone, Emanuela Lanzara
Artefatti cognitivi interattivi *web-based*:
edutainment per il patrimonio culturale
Web-based Interactive Cognitive Artifacts:
Edutainment for Cultural Heritage

2137
Eduardo Carazo, Álvaro Moral, David Mahamud
Restitución de las villas no construidas de Le Corbusier
en India mediante la mirada de Lucièn Hervè
Restitution of Le Corbusier's Unbuilt Villas
in India through the Eyes of Lucièn Hervè

2151
Alessio Cardaci, Francesco Sala
La *Pala* del Moretto della Chiesa di Sant'Andrea:
una traduzione 3D per la fruizione di soggetti con disabilità visiva
The *Pala del Moretto* of the Church of Sant'Andrea:
a 3D Translation for People with Visual Disabilities

2173
Lorenzo Ceccon, Virginia Vecchi
Weaving Thoughts and Reality through Drawing:
New Technologies and Emerging Cognitive and Epistemological Paradigms

2181
Valeria Cera
L'interoperabilità tra *software* BIM e *gaming*.
Una sperimentazione aperta per l'architettura storica
Interoperability between BIM and Gaming Software.
An Open Experimentation for Historical Architecture

2199
Pierpaolo D'Agostino
La rappresentazione grafico-tecnica al tempo del 4.0.
Una riflessione sulla transizione digitale
Technical Graphic Representation in the 4.0 Era.
A Reflection about the Digital Transition

2211
Giuseppe Di Gregorio
Il disegno dei mosaici dell'ambulacro della Grande Caccia
nella villa Philosophiana di Piazza Armerina
The Drawing of the Mosaic Ambulatory of the Great Hunt
in the Philosophiana Villa in Piazza Armerina

2231
Alekos Diacodimitri
Virtual Plein Air. Quando il disegno dal vero diventa virtuale:
l'esperienza del Parco del Colle Oppio di Roma
Virtual Plein Air. When Life Drawing Becomes Virtual:
the Experience of Colle Oppio Park in Rome

2247
Vincenzo Donato, Carlo Biagini, Alessandro Merlo
H-BIM per il progetto di recupero della Facoltà di Arte Teatrale della Havana
H-BIM for the Faculty of Theatral Art of Havana

2265
Tommaso Empler, Alexandra Fusinetti
Dal rilievo strumentale ai pannelli informativi tattili per un'utenza ampliata
From Instrumental Surveys to Tactile Information Panels for Visually Impaired

2283
Marika Falcone, Massimiliano Campi
Il Quadriportico della Cattedrale di S. Matteo:
sensori *low cost* per rilievi di *rapid mapping*
The Quadriportico of the Cathedral of S. Matteo:
Low-Cost Sensors for Rapid Mapping Surveys

2301
Laura Farroni, Giulia Tarei
Lo sguardo connettivo: le macchine per disegnare in prospettiva
tra XVI e XVII secolo
Connective Eyesight: Tools for Perspective Drawings
between XVI e XVII Century

2319
Fausta Fiorillo, Marco Limongiello, Cecilia Bolognesi
Integrazione dei dati acquisiti con sistemi *image-based* e *range-based*
per una rappresentazione 3D efficiente
Image-Based and Range-Based Dataset Integration
for an Efficient 3D Representation

2337
Mara Gallo
Le 'fonti' delle connessioni
The 'Sources' of Connections

2353
Sara Gonizzi Barsanti, Adriana Rossi
Scan-to-HBIM e Gis per la documentazione dei beni culturali:
un'utile integrazione
Scan-to-HBIM and Gis Technologies for the Documentation of Cultural Heritage:
a Useful Integration

2367
Manuela Incerti, Gianmarco Mei, Anna Castagnoli
Ubaldo Castagnoli e la piscina pensile del Palazzo dei Telefoni di Torino
Ubaldo Castagnoli and the Hanging Swimming Pool of the *Palazzo dei Telefoni*
in Turin

2385
Federico Mario La Russa, Cettina Santagati
Rilievo Urbano e *City Information Modelling*
per la valutazione della vulnerabilità sismica
Urban Survey and City Information Modelling
for Seismic Vulnerability Assessment

2403
Víctor-Antonio Lafuente Sánchez, Daniel López Bragado
Videomapping arquitectónico:
la tecnología al servicio de la renovación del espacio
Architectural Videomapping: Technology at the Service of Space Renovation

2421
Gaia Lavoratti
Nelle Terre del Ghiberti.
Virtual Installation for Cultural Heritage Valorization
Through the Lands of Ghiberti.
Virtual Installation for Cultural Heritage Valorization

2437
Giulia Lazzari, Alessandro Manghi
Modelli interpretativi per la fruizione digitale delle architetture widinghe
Interpretative Models for the Digital Fruition of *Widinghe* Architectures

2455
Luca Masiello, Daniela Oreni, Mauro Severi
Un modello HBIM per la catalogazione dei restauri e la gestione degli interventi:
la Rocca estense di San Martino in Rio
A HBIM Model to Catalogue the Restorations and to Manage the Interventions:
the Rocca Estense of San Martino in Rio

2471
Marco Medici, Federico Ferrari
Realtà Virtuale e Aumentata per la valorizzazione
dell'Historical Archives Museum di Hydra
Virtual and Augmented Reality Applications
for Enhancement of the Historical Archives Museum of Hydra

2493
Alessandro Merlo, Matteo Bartoli
Modelli interpretativi a servizio dell'arte:
la porta del paradiso di Lorenzo Ghiberti
Interpretative Models Employed by Art:
the Gates of Paradise by Lorenzo Ghiberti

2513
Caterina Palestini, Alessandro Basso
Rilevamento a distanza: una metonimia per sperimentazioni
tra didattica e ricerca
Remote Sensing: a Metonym for Experimentation
between Teaching and Research

2535
Alice Palmieri
Paesaggi urbani tra tradizione e fruizione virtuale:
un viaggio tra sperimentazioni di estetica digitale
Urban Landscapes between Tradition and Virtual Fruition:
a Journey through Experiments in Digital Aesthetics

2549
Rosaria Parente
Disegno di rilievo fondativo di una ricerca multidisciplinare
presso il Complesso degli Incurabili
Design of Originating Survey of a Multidisciplinary Research
at the Complex of the Incurables

2571
Maurizio Perticarini, Valeria Marzocchella, Giovanni Mataloni
A Cycle Path for the Safeguard of Cultural Heritage:
Augmented Reality and New LiDAR Technologies

2580
Barbara Piga, Gabriele Stancato, Nicola Rainisio, Marco Boffi, Giulio Faccenda
Emotions and Places. An Investigation through Virtual Reality

2587
Giorgia Potestà
Modellazione BIM parametrica e Trattati:
analogie nella rappresentazione dell'ordine architettonico
Parametric BIM Modeling and Treatises:
Analogies in the Representation of the Architectural Order

2607
Marta Quintilla
Desarrollo de un Web-GIS para el patrimonio arquitectónico Mudéjar
Development of a Web-GIS for the Mudejar Architectural Heritage

2621
Adriana Rossi, Lucas Fabian Olivero, António Bandeira Araújo
Spazi digitali e modelli immersivi: applicazioni di prospettiva cubica
Digital Environments and Immersive Models: Applications of Cubical Perspective

2643
Miguel Sancho Mir, Beatriz Martín Domínguez, Angélica Fernández-Morales
Relaciones entre la muralla y la forma urbana a través de la cartografía:
el caso de Teruel
Relations between the Wall and Urban Form through Cartography:
the Case of Teruel

2659
Roberta Spallone, Fabrizio Lamberti, Marco Guglielminotti Trivel,
Francesca Ronco, Serena Tamantini
AR e VR per la comunicazione e fruizione del patrimonio
al Museo d'Arte Orientale di Torino
AR and VR for Heritage Communication and Fruition
at the Museo d'Arte Orientale of Turin

2677
Marco Vedoà
Combining Digital and Traditional Representation Techniques
to Promote Everyday Cultural Landscapes

2686
Cesare Verdoscia, Antonella Musicco, Michele Buldo, Riccardo Tavolare, Noemi Pepe
La documentazione digitale del patrimonio costruito attraverso l'A-BIM.
Il caso studio delle Terme di Diocleziano, Roma
The Digital Documentation of Cultural Heritage through A-BIM.
The Case Study of the Baths of Diocletian, Rome

2704
Chiara Vernizzi, Roberto Mazzi
Dal reale al virtuale: quando la tecnologia accorcia le distanze
From Real to Virtual: when Technology Shortens Distances

2722
Alessandra Vezzi, Beatrice Stefanini
Strategie di musealizzazione dinamica per nuovi ambiti di memoria:
il progetto DHoMus
Dynamic Musealization Strategies for New Areas of Memory:
the DHoMus Project

2740
Gianluca Emilio Ennio Vita
Disegno, Paradigma Informatico e Intelligenza Artificiale
Drawing, Computer Science Paradigm and Artificial Intelligence

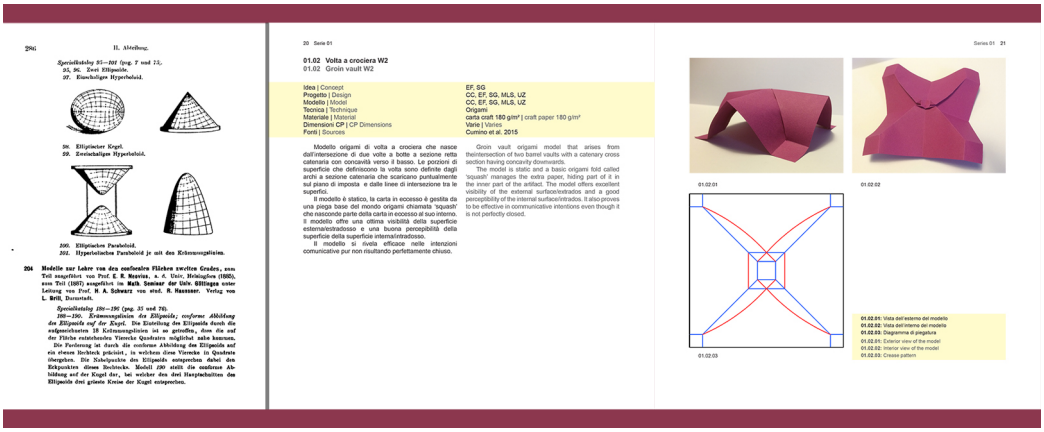
Proposta di un catalogo visuale di modelli per lo studio della forma architettonica tra Matematica e Disegno

Caterina Cumino
Martino Pavignano
Ursula Zich

Abstract

"I 'trattati' […] devono essere visti come un'integrazione essenziale ai modelli. Prima di tutto, forniscono al docente tutto ciò che è necessario per un loro uso efficace: istruzioni per l'uso e informazioni sul loro impiego in classe e riferimenti bibliografici. Inoltre, vi sono incluse le questioni, alle quali già il più semplice dei modelli offre occasione" [Wiener 1907, p. 2].
Una rilettura critica di cataloghi di superfici matematiche di fine XIX/inizio XX secolo si è rivelata fonte di ispirazione per l'esplorazione delle Geometria come linguaggio condiviso per indagare l'Architettura e per una sistematizzazione di modelli tangibili nati come ausili formativi per la comprensione e rappresentazione della forma architettonica.
La ricerca si inserisce nell'alveo del più articolato progetto di ricerca interdisciplinare MAG.IA, Matematica Architettura Geometria. Interconnessioni Applicative e un esito è la creazione di un apparato grafico descrittivo e progettuale che rende accessibili tali modelli, mediante un catalogo visuale.
L'analisi puntuale di alcuni dei suddetti repertori storici ha evidenziato inoltre l'estrema attualità di tale approccio nel momento in cui la dematerializzazione di molti supporti per la didattica, in diretta correlazione alla necessità di offrire formazione in modalità remota, spinge verso una digitalizzazione massiva a discapito di una pratica manuale e tangibile che è implicita nella produzione di modelli fisici.

Parole chiave
catalogo, modelli tangibili, geometria, rappresentazione, forma architettonica.

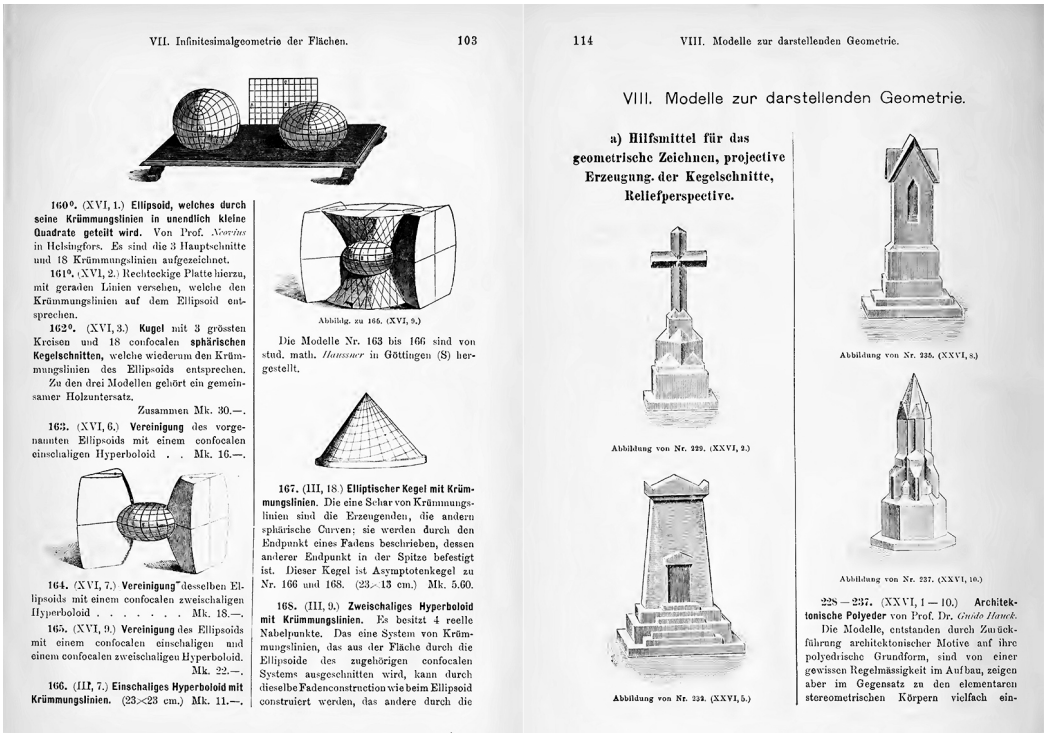


Esempio di catalogazione di modelli di superfici: *Katalog mathematischer und mathematisch-physikalischer Modelle* [Dick 1892, p. 286]; catalogo proposto dagli autori nel contributo.

doi.org/10.3280/oa-693.34

Introduzione

La Geometria costituisce un ambito comune tra Matematica e Architettura: nella prima la Geometria si occupa di spazi astratti, mentre nella seconda si occupa dello spazio concreto [Quaroni 1978] e "l'Architettura […] che in ogni sua operazione adopera le misure, dipende dalla Geometria, e vuol sapere almeno i primi suoi elementi" [Guarini 1737, p. 3]. La Geometria, nei secoli, ha sviluppato metodi e modelli sempre più raffinati e articolati, descrivibili per mezzo di vari linguaggi, che corrispondono a diverse specializzazioni: alcune interessano maggiormente l'architetto, da un punto di vista applicativo; per esempio, la Geometria Sintetica, che analizza gli oggetti del piano e dello spazio euclidei dal punto di vista del procedimento sotteso alla loro costruzione, è forse la più congeniale alla *forma mentis* degli architetti in quanto capace di dialogare con il loro principale linguaggio cioè con il Disegno [De Fusco 2010; Cardone 2016] e, come tale, è alla base della Geometria Descrittiva. Proprio nel contesto universitario della Geometria Descrittiva, si sviluppa in Europa nel XIX secolo un grande interesse per la produzione di ausili tattili e visivi per l'insegnamento pratico della teoria. Fiere mondiali e rispettive mostre –da Londra1851 a Saint Louis 1904– erano contesto dove strumenti matematici, modelli e macchine per il calcolo e per il disegno, venivano esposti al pubblico; erano occasioni per diffondere una cultura materiale in una dimensione geopolitica che ruotava intorno agli oggetti matematici, un contesto dove la comunità matematica promuoveva scambi di idee e tecnologia [Giacardi 2015] e non solo, dal momento che il primo catalogo di Schilling (1903) introduceva alcuni modelli di oggetti architettonici (fig. 1) utili allo sviluppo delle capacità di copia dal vero e di riconoscimento delle geometrie costituenti [Wiener 1911]. Ma i progettisti erano anche venditori e i cataloghi di modelli di superfici matematiche i loro registri per la promozione, divenuti poi memoria del fervore culturale intorno alla produzione dei modelli. Hermann Wiener, professore di Geometria Descrittiva a Karlsruhe, divenne noto per i suoi modelli matematici che presentava alle esposizioni di ausili per la didattica della matematica [Wiener 1907, p. 3]. Oggi quegli oggetti, divenuti patrimonio delle collezioni di istituzioni e musei scientifici, sono spesso poco accessibili, molte volte mediati dalle dinamiche di fruizione on line che ne condizionano l'essenza offrendo una esperienza indiretta di un prodotto tangibile. D'altra parte, al di là della curio-



VII. Infinitesimalgeometrie der Flächen. 103

160°. (XVI, 1.) **Ellipsoid, welches durch seine Krümmungslinien in unendlich kleine Quadrate geteilt wird.** Von Prof. *Neovius* in Helsingfors. Es sind die 3 Hauptschnitte und 18 Krümmungslinien aufgezeichnet.

161°. (XVI, 2.) Rechteckige Platte hierzu, mit geraden Linien versehen, welche den Krümmungslinien auf dem Ellipsoid entsprechen.

162°. (XVI, 3.) **Kugel** mit 3 grössten Kreisen und 18 confocalen **sphärischen Kegelschnitten,** welche wiederum den Krümmungslinien des Ellipsoids entsprechen.

Zu den drei Modellen gehört ein gemeinsamer Holzuntersatz.

Zusammen Mk. 30.—.

163. (XVI, 6.) **Vereinigung** des vorgenannten Ellipsoids mit einem confocalen einschaligen Hyperboloid . . Mk. 16.—.

164. (XVI, 7.) **Vereinigung** desselben Ellipsoids mit einem confocalen zweischaligen Hyperboloid . . . . . Mk. 18.—.

165. (XVI, 9.) **Vereinigung** des Ellipsoids mit einem confocalen einschaligen und einem confocalen zweischaligen Hyperboloid. Mk. 22.—.

166. (III, 7.) **Einschaliges Hyperboloid mit Krümmungslinien.** (23×23 cm.) Mk. 11.—.

Abbildg. zu 166. (XVI, 8.)

Die Modelle Nr. 163 bis 166 sind von stud. math. *Haussner* in Göttingen (S) hergestellt.

167. (III, 18.) **Elliptischer Kegel mit Krümmungslinien.** Die eine Schar von Krümmungslinien sind die Erzeugenden, die andern sphärische Curven; sie werden durch den Endpunkt eines Fadens beschrieben, dessen anderer Endpunkt in der Spitze befestigt ist. Dieser Kegel ist Asymptotenkegel zu Nr. 166 und 168. (23:13 cm.) Mk. 5.60.

168. (III, 9.) **Zweischaliges Hyperboloid mit Krümmungslinien.** Es besitzt 4 reelle Nabelpunkte. Das eine System von Krümmungslinien, das aus der Fläche durch die Ellipsoide des zugehörigen confocalen Systems ausgeschnitten wird, kann durch dieselbe Fadenconstruction wie beim Ellipsoid construiert werden, das andere durch die

114 VIII. Modelle zur darstellenden Geometrie.

VIII. Modelle zur darstellenden Geometrie.

a) Hilfsmittel für das geometrische Zeichnen, projective Erzeugung der Kegelschnitte, Reliefperspective.

Abbildung von Nr. 229. (XXVI, 2.)

Abbildung von Nr. 230. (XXVI, 8.)

Abbildung von Nr. 237. (XXVI, 10.)

Abbildung von Nr. 232. (XXVI, 5.)

228—237. (XXVI, 1—10.) **Architektonische Polyeder** von Prof. Dr. *Guido Hauck.* Die Modelle, entstanden durch Zurückführung architektonischer Motive auf ihre polyedrische Grundform, sind von einer gewissen Regelmässigkeit im Aufbau, zeigen aber im Gegensatz zu den elementaren stereometrischen Körpern vielfach ein-

Fig. 1. Esempi di descrizioni visuo-testuali dal *Catalog mathematischer Modelle* di Martin Schilling (1903): *VII. Infinitesimalgeometrie der Flächen* (p. 103); *VIII. Modelle zur darstellenden Geometrie*, (p. 114).

sità da *wunderkammer* che essi possono suscitare nel pubblico contemporaneo, sembrano tuttora meritevoli di attenzione da parte della comunità scientifica, non tanto per le loro prerogative puramente matematiche, quanto piuttosto per la loro caratteristica di artefatti visuali [Gay 2017, p. 95] utili per formulare una sorta di linguaggio visivo della Geometria. In tal senso, nell'esplorare le relazioni tra Matematica e Disegno per identificare le modalità per la comprensione e la rappresentazione delle forme architettoniche, abbiamo sviluppato negli anni metodologie che si appoggiano al modello fisico come esito della mediazione tra i due approcci culturali/scientifici. Una rilettura critica dei cataloghi di superfici matematiche di fine XIX/inizio XX secolo è stata per noi fonte di ispirazione per una sistematizzazione degli artefatti fin qui prodotti e per la creazione di un apparato grafico descrittivo e progettuale che rendesse accessibili tali modelli, mediante un catalogo visuale. L'analisi puntuale di questi repertori ha evidenziato l'estrema attualità di tale approccio in un momento in cui la necessità di una didattica in remoto induce la dematerializzazione di molti ausili didattici a discapito della tangibilità implicita nella produzione di modelli fisici (fig. 2).

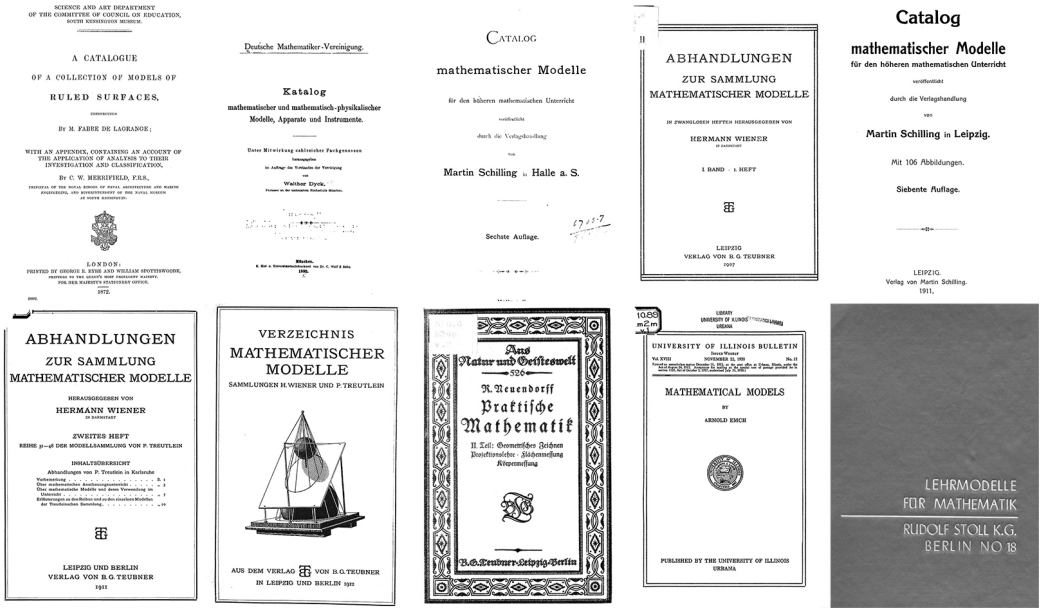


Fig. 2. Rassegna sintetica di copertine rappresentativa dei cataloghi di modelli matematici, dal 1872 al 1961, riletti criticamente. Fabre de Lagrange, Merriefiled (1872), Dick (1892), Schilling (1903), Wiener (1907), Schilling (1911), Wiener (1911), Wiener, Treutlein (1912), Neuendorff (1922), Emch (1920-1928), Stoll (1961).

Uno sguardo sulle collezioni scientifiche in rete

Il panorama italiano è ricco di collezioni scientifiche variamente esposte in rete. Tra gli Istituti che esplorano le potenzialità del virtuale, l'Università "la Sapienza" di Roma [1] mette a disposizione numerosi documenti digitalizzati suddivisi per tematiche, l'Università di Padova raccoglie le sue collezioni digitali – tanto archivistiche quanto museali – nel progetto phaidra [3] e l'Università "Federico II" di Napoli rende accessibili documenti di archivio, manoscritti, archivi fotografici e beni artistici e architettonici [2]; retemuseiuniversitari [4] propone una collaborazione attiva tra molte Istituzioni per definire il ruolo dei musei di natura scientifica, arricchendo con un alto livello di competenze i curricula scolastici e i percorsi di vita e carriera degli studenti. Ampliando lo sguardo verso il panorama internazionale, segnaliamo le gestioni innovative del patrimonio museale e archivistico universitario nelle collezioni online del Museum der Universität Tübingen [5], il cui sistema museale accoglie le collezioni più ampie della Germania. Una importante sezione è dedicata alla collezione di oggetti matematici [Seidl et al. 2018; Pavignano et al. 2020; Pavignano, Zich 2020]. Anche se nella contemporaneità la produzione e l'uso didattico di modelli fisici parrebbe superato, è indiscusso il ruolo assunto nel tempo, che diviene ancora più fondamentale se associato all'epistemologia stessa che li generò. Ne consegue che un supporto descrittivo delle valenze semantiche degli oggetti matematici, che ne espliciti i parametri rispetto ai quali poter

riconoscere nei modelli le rappresentazioni materiali di concetti matematici, sia necessariamente esito di mediazione tra valenze comunicative e didattiche. I modelli ottocenteschi, per esempio, pur nella loro semplicità materiale, si configurano come artefatti visuali, in quanto illustrazione tangibile di risultati teorici [Gay 2000, pp. 43-52] e perciò si presentano come connessione con il sistema astratto di segni.

Per un nuovo Catalogo: quesiti geometrici e intenzioni comunicative

La nostra collezione di modelli si confronta con l'intenzione di recuperare l'uso didattico di oggetti tangibili e di incentivarne la produzione in proprio. I cataloghi di riferimento elencavano le proprietà geometriche del singolo modello con una breve descrizione testuale, qualche indicazione analitica e solo raramente una rappresentazione grafica [Pavignano et al. 2020]. I nostri artefatti sono stati ideati con il fine di essere prodotti e divulgati attraverso le sintetiche informazioni inserite in un catalogo visuale sistematizzato –tecnico e divulgativo– non più un catalogo per la vendita; catalogo che, oltre a divulgare, consente di percorrere la produzione con un certo criterio prestabilito [Innocenti 2007] e un linguaggio comune, mediazione tra l'uso di un linguaggio specifico e rigoroso che ottimizzi il transito informativo e uno divulgativo che ne permetta la traduzione trasversale. Da una parte, il concetto di linguaggio in Matematica è usato con varie accezioni, anche se in questi ultimi anni ha assunto un significato ampio, si veda l'inquadramento teorico del *semiotic bundle* [Arzarello et al. 2009], includendo parole e simbolismo, diagrammi, gesti e interazione con artefatti; pur senza addentrarsi nella questione, si può osservare che indubbiamente il linguaggio riveste un ruolo importante nella disciplina, sia che si identifichi il pensiero matematico con il discorso e la comunicazione [Sfard 2008] sia che ci si attenga all'esistenza indipendente degli oggetti matematici come realtà oggettiva di cui non è possibile fare

serie	**00**	**Modelli base origami e kirigami. Edifici**
		Basic origami and kirigami models. Buildings
serie	**01**	**Modelli origami. Superfici voltate esito di intersezione di cilindri**
		Origami models. Vaulted surfaces generated by cylinders
serie	**02**	**Strumenti per la divulgazione scientifica. Reggia di Venaria. *Il Re e l'Origami***
		Tools for scientific dissemination. Royal Residence of Venaria. *The King and the origami*
serie	**03**	**Visualizzazione del costruito. Reggia di Venaria. *Il Re e l'Origami***
		Built visualization. Royal Residence of Venaria. *The King and the origami*
serie	**04**	**Approcci alla forma costruita. Mole Antonelliana**
		Approaching built architecture. Mole Antonelliana
serie	**05**	**Modellazione origami. Mole Antonelliana**
		Origami modeling. Mole Antonelliana
serie	**06**	**Tavoletta grafica. Strumenti per la comprensione della forma architettonica**
		Graphic tablet. Tools to understand of the architectural shapes
serie	**07**	**Modellazione OriKirigami. Architettura costruita**
		Orikirigami modeling. Built Architecture
serie	**08**	**Generalizzazione di quesiti geometrici relativi a sistemi di copertura a falde**
		Generalization of geometric questions about pitched roofing systems
serie	**09**	**Comunicazione del costruito. Geometrie rilevate, geometrie modellate**
		Built comunication. Surveyed and modeled geometries
serie	**10**	**Comunicazione di superfici teoriche**
		Communication of theoretical surfaces
serie	**11**	**Laser cut. Poliedri**
		Laser cut. Polyhedral
serie	**12**	**Laser cut. Sistemi di copertura**
		Laser cut. Roofing systems

Tab. 1. Elenco delle serie di modelli del Catalogo.

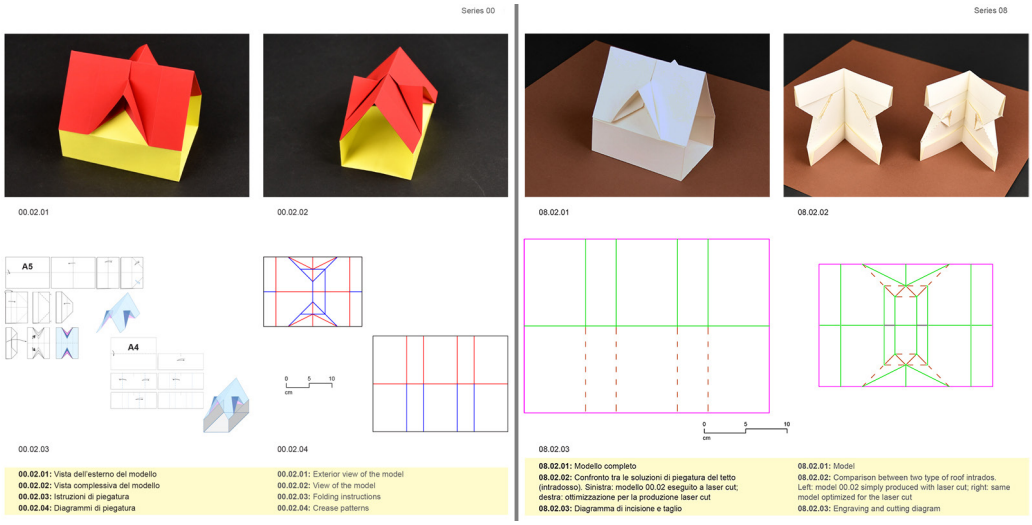


Fig. 3. Le schede del Catalogo permettono una comparazione, per esempio tra il modello 00.02 e il modello 08.02.

esperienza se non indirettamente [Duval 2006]. In ogni caso, come evidenziato da Maier (1989), l'uso adeguato del linguaggio rappresenta un mezzo potente di costruzione concettuale. Nel Catalogo proponiamo quindi che i termini tecnici vengano acquisiti attraverso l'uso di alcuni modelli illustrativi di un dato quesito geometrico, per poi essere ripresi nelle descrizioni successive. L'associazione di descrizioni testuali-grafico-analitiche permette di creare intersezioni utili a costruire un linguaggio condiviso su differenti registri della comunicazione e della conoscenza. Sistematizzando il corpus documentario dei modelli di superfici geometriche prodotto in questi anni abbiamo rispettato la cronologia di ideazione creando accorpamenti tematici e definito un indice ragionato di serie omogenee per caratteristiche geometriche della produzione e/o della finalità (tab. 1). I modelli sono quindi descritti attraverso una serie di dati univoci che ne permettono la consultazione rapida, nell'intenzione di una loro riproducibilità in autonomia. Tra le informazioni, sono esplicitate le fasi di ideazione, elaborazione e stesura finale del progetto di produzione oltre alla sua descrizione comprensiva di indicazioni puntuali: fonti e contesti, modelli di ispirazione e ottimizzati. Ad esempio, la serie 00 presenta modelli di edifici come sequenza di pieghe e/o tagli, ottenuti senza strumenti per la produzione, mentre la serie 08 offre modelli esemplificativi del processo progettuale esito della mediazione tra l'approccio origamistico classico e quello *laser cut* attraverso la generalizzazione del processo geometrico costruttivo che si

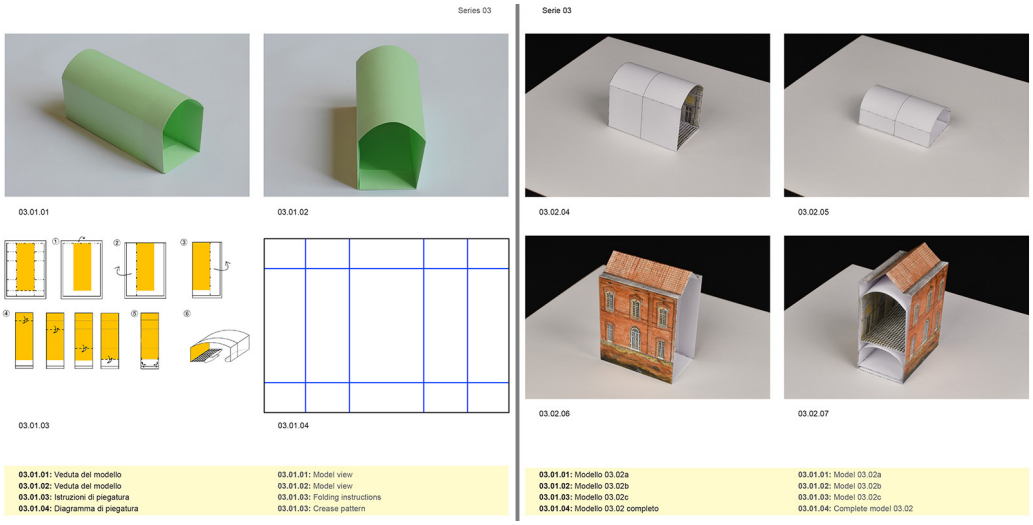


Fig. 4. Estratto della scheda del modello 03.01, volta a botte su base rettangolare. Estratto della scheda del modello 03.02, porzione della Galleria Grande della Reggia di Venaria Reale (TO), dove si applica lo schema di costruzione del modello 03.01.

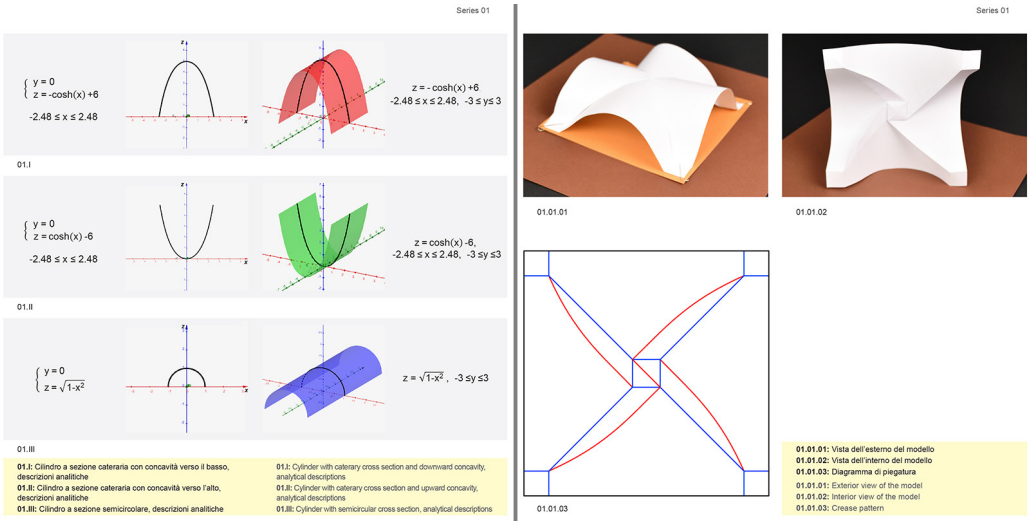


Fig. 5. Scheda di introduzione alle geometrie dei cilindri da intersecarsi per la generazione delle superfici teoriche rappresentate dai modelli della serie 01, come il 01.01, volta a crociera con sezione catenaria.

svincola dalla forma reale per divenire strumento di visualizzazione di una forma teorica (fig. 3). Nella revisione dei materiali prodotti si è dato maggiormente spazio a modelli di forme architettoniche: oltre alla serie 00, di riferimento a modelli origami già noti, undici delle dodici serie sono specifiche. I modelli catalogati sono artefatti iconici, idonei alla visualizzazione di architetture o parti delle stesse, qui ridotte ai minimi termini e private di ogni elemento all'infuori del proprio volume, in alcune occasioni addirittura lasciato inconcluso e definito solamente da intersezioni di superfici. In un crescendo di difficoltà, tutti i modelli offrono la possibilità di dare forma al volume attraverso poche operazioni e si possono quindi collocare tra i possibili ausili didattici per differenti età dello sviluppo, dallo stadio preoperatorio di Piaget (1955) al livello universitario. La serie 03 presenta un set di artefatti idonei a educare la mente anche alla discretizzazione dei dati da rappresentare: attraverso la modellazione fisica, il fruitore correla forma e rappresentazione superando i limiti di interpretazione della stessa. La sequenza di piega si avvale di un linguaggio grafico codificato supportato da rappresentazioni intuitive tanto da renderne l'uso proponibile sia in attività di didattica esperienziale sia in sede di formazione dei formatori [Spreafico, Zich 2017]. I modelli, in parte statici e in parte dinamici, sono pensati come oggetti riproducibili e smontabili. L'approccio origami permette di realizzare sia modelli simbolici sia modelli che rispettano il rigore geometrico delle superfici. Ad esempio, il modello 03.01 rappresenta una volta a botte: può essere iconico, senza valenze geometriche, capace di cambiare sezione al variare della quantità di carta inserita nella tasca di base ma anche realizzato in modo rigoroso, per illustrare una geometria specifica nonostante la flessibilità del materiale cartaceo. La modellazione origami rende il modello adatto alla didattica esperienziale a differenti livelli e utile anche per introdurre le prime nozioni di linguaggio architettonico: qui, l'intersezione tra la superficie cilindrica e la parete verticale rappresenta il piano di imposta e evidenzia

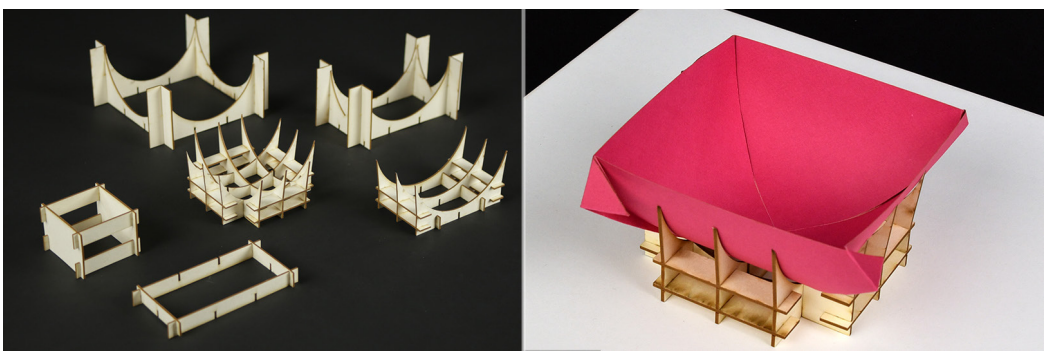


Fig. 6. Supporti costruiti per la 'messa in forma' dei modelli e per facilitarne le riprese fotografiche.

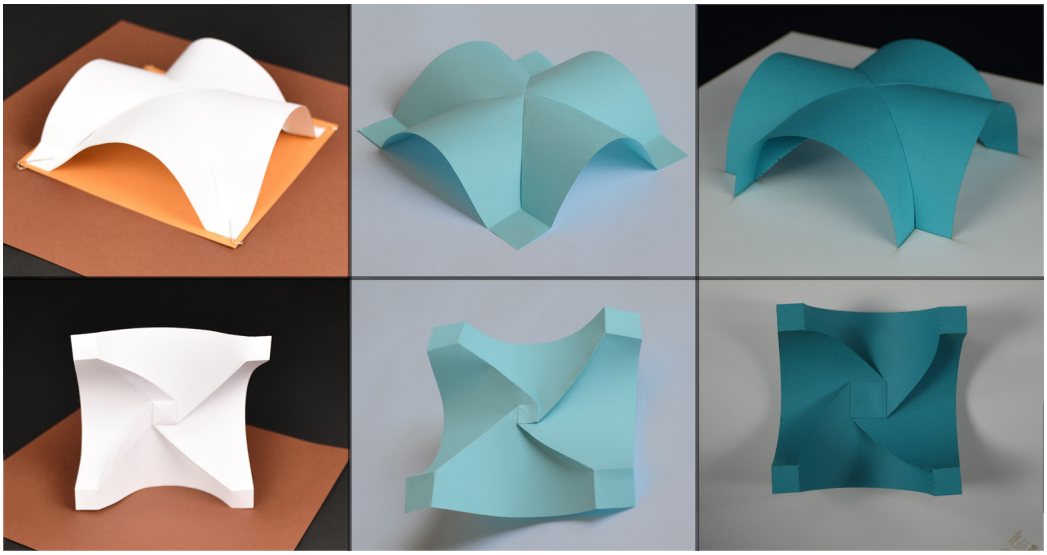


Fig. 7. Esempio di trasformazione di un modello di volta a crociera: 01.01, a sezione catenaria-origami; 03.07, a sezione semicircolare-origami; a sezione semicircolare-*laser cut*.

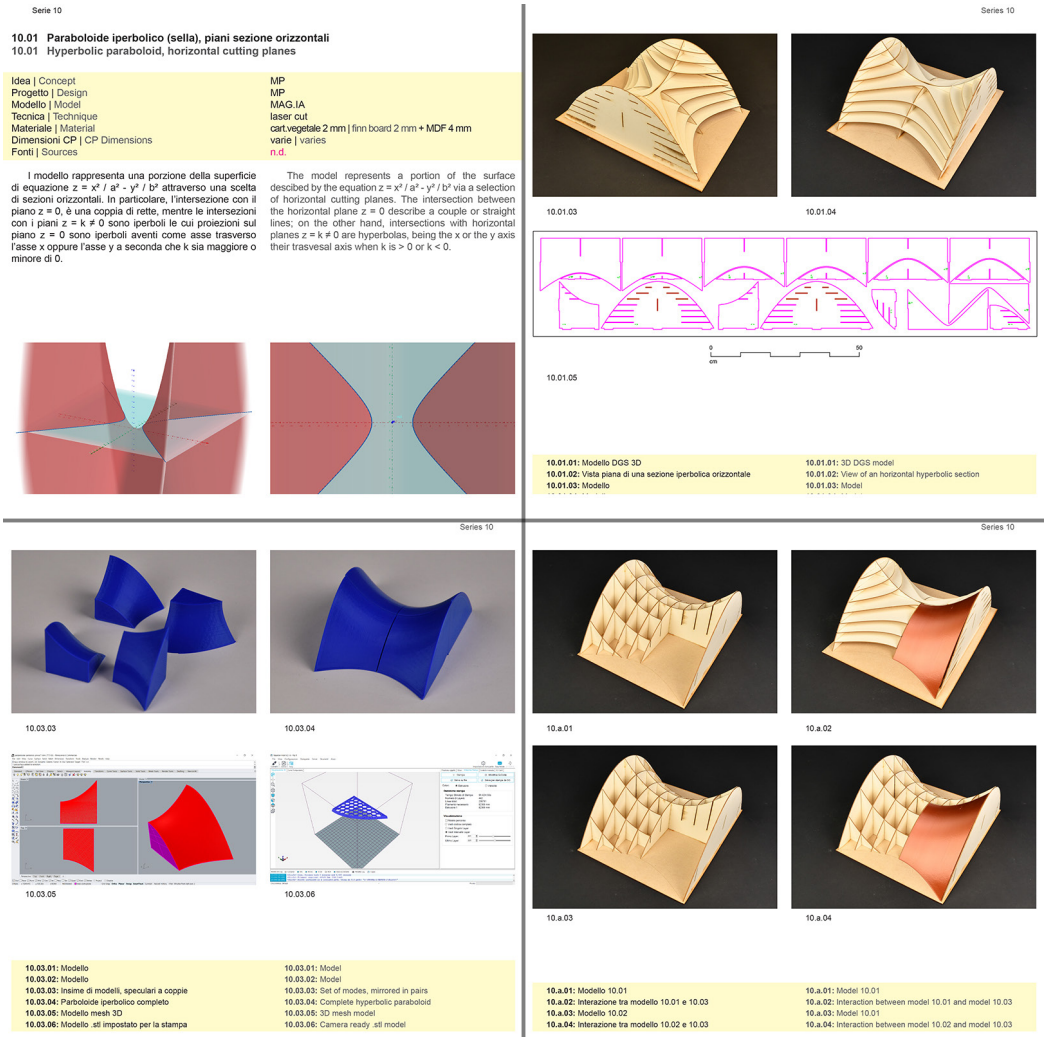


Fig. 8. Schede relative al paraboloide iperbolico: 10.01, costruito per piani sezioni orizzontali-*laser cut*; 10.03 stampato in 3D; interazione visuale tra le differenti tipologie di prototipazione utili al miglioramento della comprensione e della percezione della forma teorica rappresentata dai modelli.

una retta che indica la direzione di traslazione dell'arco/curva direttrice; la linea di terra è definita dall'intersezione tra parete verticale e pavimento; la superficie interna è l'intradosso, quella esterna l'estradosso (fig. 4). La serie 01 presenta differenti tipologie di volte generate dall'intersezione di due cilindri; la loro configurazione spaziale è l'esito di una prima ricerca di vincoli per poter controllare rigorosamente il processo geometrico di sviluppo delle superfici rigate (fig. 5). La serie 03 li rivisita variandone le geometrie di base e la serie 12 li ripropone cambiandone la tecnica di produzione, con processo di stampa *laser cut*, creazione di supporti per la 'messa in forma', elaborazione del supporto materico in modo da facilitarne la piega senza indebolirne la struttura (fig. 6) variandone accessibilità/riproducibilità e rigore geometrico. Per gestire al meglio le geometrie teoriche, nella serie 01 si presentano più soluzioni di uno stesso tipo di volta e ogni modello ha le proprie specificità comunicative esplicitate dalla gestione della carta in eccesso a sottolineare (o parzialmente nascondere) potenziali/limiti della rappresentazione plastica, mentre nella serie 12 il processo di ottimizzazione ha ridotto il numero delle possibili soluzioni a quelle migliori per lo strumento scelto (fig. 7). Nell'intenzione di valutare l'efficacia comunicativa di differenti modalità di produzione di uno stesso modello, la serie 10 confronta modelli ottenuti con la stampante 3D o come sequenza di piani sezione con la *laser cutter* utilizzata quindi non più per gestire superfici sviluppate, ma per definire uno scheletro sul quale leggere la pelle della forma da descrivere (fig. 8). La serie 09 riassume il processo di traduzione di una forma costruita, rilevata, in un modello fisico per trasmetterne le peculiarità geometriche a un fruitore non specialistico, sottolineando il dibattito intorno a quanti e quali siano i modelli utili a descrivere quale geometria per quale utente, per visualizzare la superficie teorica più plausibile per descriverne la complessità: il modello del costruito, con tutte le sue irregolarità non aiuterebbe infatti a cogliere le specificità geometriche della superficie (fig. 9). Molti sono i modelli che presentano il rapporto architettura costruita/modello fisico nella sua accezione iconica e pertanto non devono gestire tali irregolarità; in altri, l'architettura costruita è invece indagata attraverso la lettura critica delle fonti grafiche e il conseguente riconoscimento delle superfici teoriche ad essa più affine.

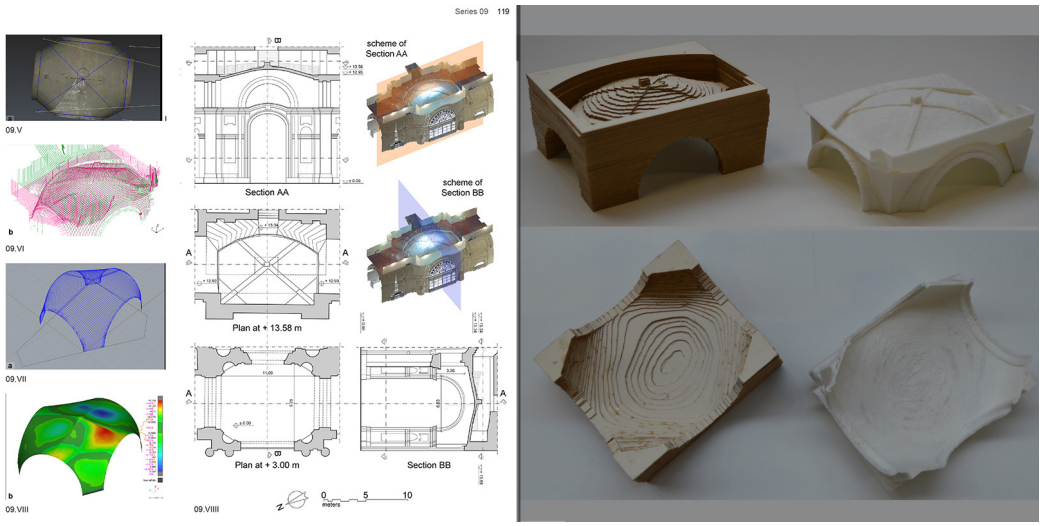


Fig. 9. Dalla forma reale al modello tangibile. Volta di Benedetto Alfieri, Reggia di Venaria Reale (TO).

Conclusioni

La rilettura critica di alcuni cataloghi di superfici matematiche ha ispirato la stesura di un catalogo visuale di modelli esito di un percorso progettuale dettato dalla calibrazione dei contenuti in funzione del processo produttivo e della sua attitudine alla condivisione dei concetti in funzione delle differenti intelligenze coinvolte. I modelli sono evidentemente simbolici, rappresentazioni senza spessore delle superfici teoriche che costituiscono la strut-

tura di forme architettoniche, presentati con un apparato grafico descrittivo e progettuale che li rende condivisibili. Le tecniche di produzione spaziano dal classico origami basato su sequenza di piega all'uso di laser cutter che imprime direttamente tutte le pieghe sul foglio, dalla stampa 3D alla modellazione con software di Geometria Dinamica (GeoGebra). Nel catalogo si sottolineano le intenzioni comunicative oltre a quelle geometrico descrittive e si propone il confronto tra modelli di una stessa forma risolti con tecniche e approcci differenti per educare alla lettura della forma architettonica. Il rapporto superficie teorica/modello fisico/architettura costruita, sia essa rilevata direttamente o interpretata attraverso la lettura critica di fonti di progetto o di rilievo, trova spazio nel catalogo nel rispetto delle finalità dello stesso: la possibilità di accompagnare teoricamente e operativamente alla produzione di modelli con differenti registri comunicativi. Tutti i modelli del catalogo sono strumenti idonei per educare la mente alla percezione dei volumi e alla discretizzazione dei dati da rappresentare, pertanto possono essere proposti dalla docenza in differenti momenti e contesti didattici, a più livelli. Nelle sempre più attuali dinamiche della didattica a distanza, la sperimentazione di attività laboratoriali diffuse ci ha dato conferme sulla loro efficacia.

Ringraziamenti

Ringraziamo il ModLab Architettura (DAD - PoliTo) per il supporto alla prototipazione, il RilDoc (DAD - PoliTo) per il supporto alla riproduzione fotografica, tutti gli studenti che sono intervenuti dal 2015 a oggi nell'ambito dei progetti di ricerca che hanno portato alla realizzazione dei modelli presentati.
C. Cumino è membro del Gruppo Nazionale per le Strutture Algebriche, Geometriche e le loro Applicazioni (GNSAGA-INDAM). Per M. Pavignano e U. Zich il contributo è stato sviluppato nell'ambito del progetto di ricerca MAG.IA 2020: Matematica Architettura Geometria. Interconnessioni Applicative.

Note

[1] <https://sbs.uniroma1.it/sapienzadigitallibrary> (consultato il 20 febbraio 2021).

[2] <www.eco.unina.it> (consultato il 20 febbraio 2021).

[3] <www.phaidra.cab.unipd.it> (consultato il 20 febbraio 2021).

[4] <www.retemuseiuniversitari.unimore.it> (consultato il 20 febbraio 2021).

[5] <www.unimuseum.uni-tuebingen.de> (consultato il 20 febbraio 2021).

Riferimenti bibliografici

Cardone V. (2016). Imagining the cultural area of the visual images. In *XY digitale*, 1(1), pp. 12-27.

Cumino C. et al. (2017). Modelli cartacei per la comprensione della forma architettonica: ricerca, progetto, sperimentazione e didattica in un dialogo tra geometria e rappresentazione. In A Di Luggo et al. (a cura di). *Territori e frontiere della rappresentazione*. Atti del 39° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione. Napoli, 14-16 settembre 2017, pp. 1279-1286. Roma: Gangemi.

Cumino C. et al. (2020). Geometry to Build Models, Models to Visualize Geometry. In *Digital Experiences in Mathematics Education*, pp. 149-166.

De Fusco R. (2010). *Architecturminimum: Le basi dello storicismo, strutturalismo, semiotica, ermeneutia & altre teorie*. Napoli: Clean Edizioni.

Dick W. (1892). *Katalog mathematischer und mathematisch-physikalischer Modelle, Apparate und Instrumente*. München: K. Hof. u. Universitäts Buchdruckerei von Dr. C. Wolf & Sohn.

Duval R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in the learning of mathematics. In *Educational Studies in Mathematics*, 61(1-2), pp. 103-131.

Emch A. (1920). Mathematical models. In *University of Illinois Bulletin*, XVIII (12).

Emch A. (1923). Mathematical models II series. In *University of Illinois Bulletin*, XX (42).

Emch A. (1925). Mathematical models III series. In *University of Illinois Bulletin*, XXII (35).

Emch A. (1928). Mathematical models IV series. In *University of Illinois Bulletin*, XXV (43).

Estanave E. (s.d.). *Construction des modèles de surfaces applicables sur le paraboloide de révolution dèfinies par M. G. Darboux*. Paris: Gauthier-Villars.

Fabre de Lagrange M., Merrifield C. W. (1872). *A catalogue of a collection of models of ruled surfaces*. London: George E. Eyre and William Spottiswoode.

Fehr H. F. (1938). *The construction and use of mathematical models*. Upper Montclair: s.e.

Gay F. (2017). Immagini che parlano di immagini. In A. Luigini (a cura di). *Lineis Describere. Sette seminari tra rappresentazione e formazione*, pp. 94-117. Melfi: Libria.

Gay F. (2000). *Intorno agli Omografi. Strumenti e Modelli per la Geometria Descrittiva*. Venezia: IUAV.

Giacardi L. (2015). Geometric Models in Mathematics Teaching in Italy at the Turn of the Twentieth Century. In *Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach*, 47, pp. 2784-2787.

Guarini G. (1737). *Architettura civile*. Torino: Gianfrancesco Mairesse.

Innocenti P. (2007). A proposito di Bucherkunde: 1. La Bibliographia di Blum, 2. Il Fra biblioteca e archivio di Cavallaro, 3. Due recensioni di Serrai: una risata le seppellì. In *Culture del testo e del documento*, n. 25, pp. 27-70.

Maier H. (1989). Conflit entre langue mathématique et langue quotidienne pour les élèves. In Cahiers de didactique des mathématiques, 3, pp. 86-118.

Neuendorff R. (1922). *Praktische mathematik*. Leipzig: B. G. Teubner.

Pavignano M., Cumino C., Zich U. (2020). Catalog Mathematischer Modelle: Connessioni tra testo, rappresentazione grafica e descrizione analitica. In A. Arena et al. (a cura di). *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Atti del 42° Convegno internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione*, pp. 3660-3677. Milano: Franco Angeli.

Pavignano M., Zich U. (2020). Colore tra forma e materia dei modelli fisici per lo studio della Geometria. In V. Marchiafava, M. Piccolo (a cura di). Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari, vol. XVI A, pp. 398-405. Milano: Gruppo del Colore - Associazione Italiana Colore.

Quaroni L. (1978). *Progettare un edificio: Otto lezioni di architettura*. Milano: Mazzotta.

Schilling M. (1903). *Catalog mathematischer Modelle für den höheren mathematischen Unterricht*. Halle: Martin Schilling.

Schilling M. (1911). *Catalog mathematischer Modelle für den höheren mathematischen Unterricht*. Leipzig: Martin Schilling.

Sdegno A. et al. (2017). Modellare smorfie. Rilievo e rappresentazione aptica di due teste scultoree di Franz Xavier Messerschmidt. In A Di Luggo et al. (a cura di). *Territori e frontiere della rappresentazione. Atti del 39° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione*. Napoli, 14-16 settembre 2017, pp. 969-976. Roma: Gangemi.

Seidl E., Loose F., Bierende. E. (ed.) (2018). *Mathematik mit Modellen. Alexander von Brill und die Tübinger Modell Sammlung*. Tübingen: Museum der Universität Tübingen.

Sfard A. (2008). *Thinking as communicating: Human development, the growth of discourses, and mathematizing*. Cambridge University Press.

Spreafico M. L., Zich U. (2017). Train the trainers on learn geometry by doing. In: L. Gómez Chova, A. López Martínez, I. Candel Torres (a cura di). *EDULEARN17. Proceedings 9th International Conference on Education and New Learning Technologies*. Barcelona 3-5 July 2017, pp. 1969-1976. Valencia: IATED.

Stoll R. (1961). *Lehrmodelle für Mathematik*. Berlin: Rudolf Stoll K.G.

Tagliari A., Florio W. (2013). Digital fabrication of physical models to analyze unbuilt projects using laser cutter. In P. J. da Silva Bartolo et al. (a cura di). *High Value Manufacturing: Advanced Research in Virtual and Rapid Prototyping. Proceedings of the 6th International Conference on Advanced Research in Virtual and Rapid Prototyping*. Leiria, Portugal, 1-5 October 2013. Boca Raton (FL): CRC Press.

Wiener H. (1907). *Abhandlungen zur Sammlung mathematischer Modelle*. Leipzig: B. G. Teubner.

Wiener H. (1911). *Abhandlungen zur Sammlung mathematischer Modelle*. Leipzig: B. G. Teubner.

Wiener H., Treutlein, P. (1912). *Verzeichnis mathematischer Modelle*. Leipzig: B. G. Teubner.

Autori
Caterina Cumino, Politecnico di Torino, caterina.cumino@polito.it
Martino Pavignano, Politecnico di Torino, martino.pavignano@polito.it
Ursula Zich, Politecnico di Torino, ursula.zich@polito.it

Per citare questo capitolo: Cumino Caterina, Pavignano Martino, Zich Ursula (2021). Proposta di un catalogo visuale di modelli per lo studio della forma architettonica tra Matematica e Disegno/Visual catalog of models for the study of architectural shapes between Mathematics and Drawing: a new proposal. In Arena A., Arena M., Mediati D., Raffa P. (a cura di). *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Linguaggi Distanze Tecnologie. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Connecting. Drawing for weaving relationship. Languages Distances Technologies. Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 626-645.

Copyright © 2021 by FrancoAngeli s.r.l. Milano, Italy Isbn 9788835125891

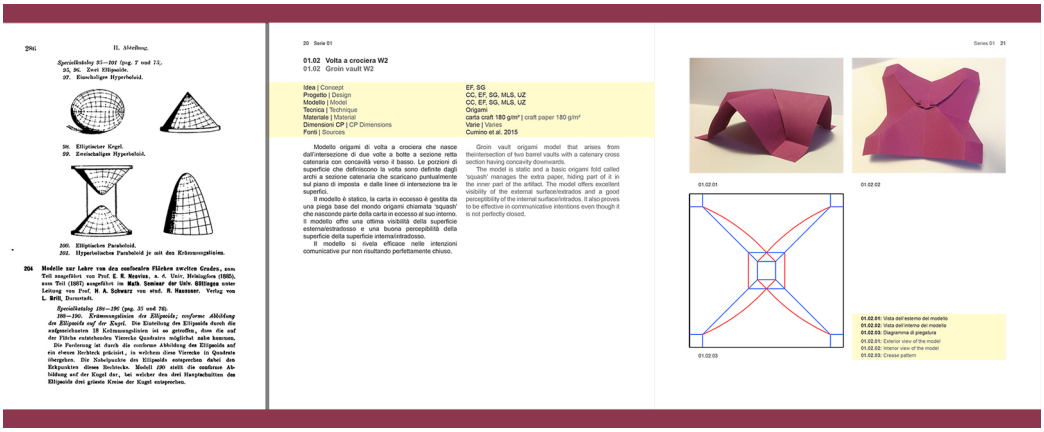
Visual Catalog of Models for the Study of Architectural Shapes between Mathematics and Drawing: a New Proposal

Caterina Cumino
Martino Pavignano
Ursula Zich

Abstract

A critical re-reading of late 19th/early 20th century catalogs of mathematical surfaces proved to be a source of inspiration for the exploration of Geometry as a shared language to investigate Architecture and for a systematization of tangible models born as training/educative aids for understanding and representation of the architectural form.
The creation of a descriptive and design graphic apparatus that makes these models accessible, through a visual catalog is an outcome of the more complex interdisciplinary research project MAG. IA, Mathematics, Architecture, Geometry. Application and Interconnections.
The detailed analysis of some of the aforementioned historical catalogues also highlighted the great relevance of this approach when the dematerialization of many teaching aids, in direct correlation to the need to offer training remotely, pushes towards a massive digitalization to the detriment of a manual and tangible practice that is implicit in the production of physical models.

Keywords
catalogue, physical models, geometry, representation, architectural shape.

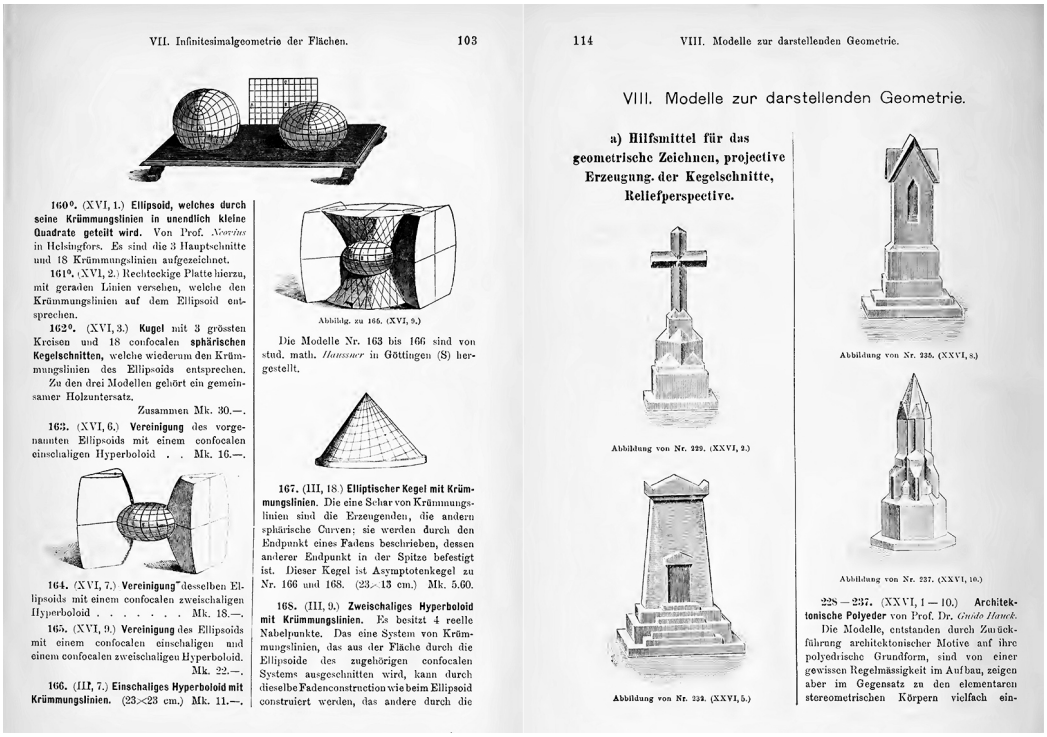


Models of surfaces, examples of catalogues: *Katalog mathematischer und mathematisch-physikalischer Modelle* [Dick 1892, p. 286]; authors proposal discussed in the contribution.

doi.org/10.3280/oa-693.34

Introduction

Geometry is a common topic between Mathematics and Architecture: in the first, it deals with abstract spaces, while in the second one it concerns with concrete space [Quaroni 1978] and "Architecture relies on Geometry, thus he [the architect] needs to know at least its basic principles" [Guarini 1737, p. 3]. Over centuries, Geometry developed increasingly refined and articulated methods and models, which can be described by means of various languages, which correspond to different specializations. Some of them are of more interest to the architect, from an applicative point of view; for example, Synthetic Geometry analyses objects in the Euclidean plane and space from the point of view of the process underlying their construction is perhaps the most congenial to the mindset of architects as it can communicate with their main language, Drawing [De Fusco 2010, Cardone 2016] and, as such, is the basis of Descriptive Geometry. In Europe during the nineteenth century and precisely in the academic context of Descriptive Geometry, a great interest arose in the production of tactile and visual aids for the practical teaching of theory. World fairs and exhibitions – from London 1851 to Saint Louis 1904– were contexts where mathematical instruments, models and machines for calculation and drawing were exhibited to the public. They were occasions to spread a material culture in a geopolitical dimension that born around mathematical objects, a context where the mathematical community promoted exchanges of ideas and technology [Giacardi 2015] and beyond, since the first Schilling catalog (1903) introduced some models of architectural objects (fig. 1) useful for developing coping skills from still-life and for recognizing the constituent geometries [Wiener 1911]. Nonetheless, designers were also sellers and their catalogues of models of mathematical surfaces were tools for promotion, later becoming a tangible memory of the cultural fervour underpinning models production. Hermann Wiener, professor of Descriptive Geometry in Karlsruhe, became known for the mathematical models he presented at exhibitions as aids for teaching mathematics [Wiener 1907, p. 3]. Today, those objects, which have become property of Institutions and Museums collections, are often not very accessible, usually mediated by the dynamics of online use that influence their essence by offering an indirect experience of a tangible product. On the other hand, beyond the effect of '*wunderkammer* curiosity'



VII. Infinitesimalgeometrie der Flächen. 103

160⁰. (XVI, 1.) **Ellipsoid, welches durch seine Krümmungslinien in unendlich kleine Quadrate geteilt wird.** Von Prof. *Neovius* in Helsingfors. Es sind die 3 Hauptschnitte und 18 Krümmungslinien aufgezeichnet.

161⁰. (XVI, 2.) Rechteckige Platte hierzu, mit geraden Linien versehen, welche den Krümmungslinien auf dem Ellipsoid entsprechen.

162⁰. (XVI, 3.) **Kugel** mit 3 grössten Kreisen und 18 confocalen **sphärischen Kegelschnitten,** welche wiederum den Krümmungslinien des Ellipsoids entsprechen.

Zu den drei Modellen gehört ein gemeinsamer Holzuntersatz.

Zusammen Mk. 30.—.

163. (XVI, 6.) **Vereinigung** des vorgenannten Ellipsoids mit einem confocalen einschaligen Hyperboloid . . Mk. 16.—.

Abbildg. zu 166. (XVI, 9.)

Die Modelle Nr. 163 bis 166 sind von stud. math. *Haussner* in Göttingen (S) hergestellt.

167. (III, 18.) **Elliptischer Kegel mit Krümmungslinien.** Die eine Schar von Krümmungslinien sind die Erzeugenden, die andern sphärische Curven; sie werden durch den Endpunkt eines Fadens beschrieben, dessen anderer Endpunkt in der Spitze befestigt ist. Dieser Kegel ist Asymptotenkegel zu Nr. 166 und 168. (23:13 cm.) Mk. 5.60.

164. (XVI, 7.) **Vereinigung** desselben Ellipsoids mit einem confocalen zweischaligen Hyperboloid . . . . . Mk. 18.—.

165. (XVI, 9.) **Vereinigung** des Ellipsoids mit einem confocalen einschaligen und einem confocalen zweischaligen Hyperboloid. Mk. 22.—.

166. (III, 7.) **Einschaliges Hyperboloid mit Krümmungslinien.** (23×23 cm.) Mk. 11.—.

168. (III, 9.) **Zweischaliges Hyperboloid mit Krümmungslinien.** Es besitzt 4 reelle Nabelpunkte. Das eine System von Krümmungslinien, das aus der Fläche durch die Ellipsoide des zugehörigen confocalen Systems ausgeschnitten wird, kann durch dieselbe Fadenconstruction wie beim Ellipsoid construiert werden, das andere durch die

114 VIII. Modelle zur darstellenden Geometrie.

VIII. Modelle zur darstellenden Geometrie.

a) Hilfsmittel für das geometrische Zeichnen, projective Erzeugung. der Kegelschnitte, Reliefperspective.

Abbildung von Nr. 229. (XXVI, 2.)

Abbildung von Nr. 230. (XXVI, 8.)

Abbildung von Nr. 232. (XXVI, 5.)

Abbildung von Nr. 237. (XXVI, 10.)

228—237. (XXVI, 1—10.) **Architektonische Polyeder** von Prof. Dr. *Guido Hauck.* Die Modelle, entstanden durch Zurückführung architektonischer Motive auf ihre polyedrische Grundform, sind von einer gewissen Regelmässigkeit im Aufbau, zeigen aber im Gegensatz zu den elementaren stereometrischen Körpern vielfach ein-

Fig. 1. Examples of visual/textual descriptions from the *Catalog mathematischer Modelle* by Martin Schilling (1903): *VII. Infinitesimalgeometrie der Flächen* (p. 103); *VIII. Modelle zur darstellenden Geometrie*, (p. 114).

they can arouse in the contemporary public, they still seem worthy of attention from the scientific community, not so much for their purely mathematical prerogatives, but rather for their characteristic of visual artifacts [Gay 2017, p. 95] useful for formulating a sort of visual language of Geometry. In this sense, exploring the relationships between Mathematics and Drawing to identify ways of understanding and representing architectural shapes, we have developed over the years methodologies that rely on the physical model because of the mediation between the two cultural/scientific approaches. A critical re-reading of catalogues of mathematical surfaces of the late nineteenth/early twentieth century was a source of inspiration for us, specifically for a systematization of the artifacts produced up to now and for the creation of a descriptive and design graphic apparatus that made these models accessible, through a visual catalogue. The detailed analysis of these repertoires has highlighted the great relevance of this approach at a time when the need for remote teaching leads to the dematerialization of many teaching aids to the detriment of the tangibility implicit in the production of physical models (fig. 2).

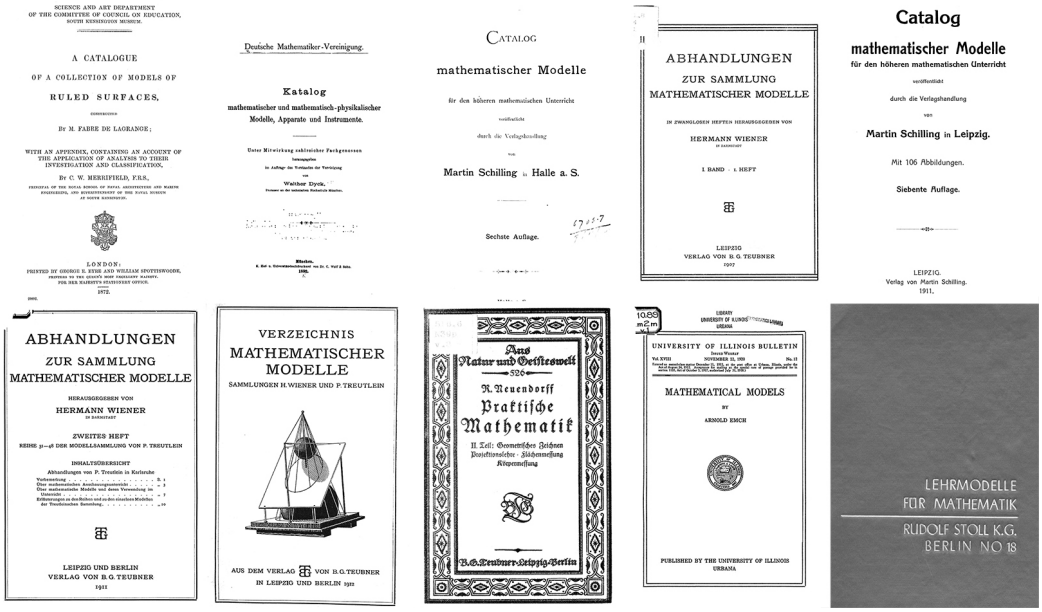


Fig. 2. Critical re-reading of some catalogues of mathematical models, visualization of covers, from 1872 to 1961. Fabre de Lagrange, Merriefiled (1872), Dick (1892), Schilling (1903), Wiener (1907), Schilling (1911), Wiener (1911), Wiener, Treutlein (1912), Neuendorff (1922), Emch (1920-1928), Stoll (1961).

Scientific collections on the web

In Italy many scientific collections are variously exhibited on the web. Among the Institutes that explore the potential of digital approaches we find: the "La Sapienza" University of Rome [1] which provides numerous digitized documents divided by theme, the University of Padua that gathers its digital collections –both archival and museum– in the project phaidra [3] and the "Federico II" University of Naples which provides access to many archival documents, manuscripts, photographic archives and artistic/architectural heritage [2]. Moreover, the retemuseiuniversitari [4] proposes an active collaboration between many institutions to better define the role of museums of a scientific nature, enriching school curricula and life and career paths of students with a high level of scientific skills. Moving to the international panorama, we point out the innovative management of the university museum and archival heritage in the online collections of the Universität Tübingen [5], whose digital museum system houses the largest virtual collections in Germany. An important section is dedicated to tangible mathematical objects [Seidl et al. 2018; Pavignano et al. 2020; Pavignano, Zich 2020]. Although in contemporary times the production and educational use of physical models would seem outdated, the role they assumed over time is undisputed and it becomes even more fundamental when associated with the epistemology that generated them. Describing the semantic values of mathematical objects via properly designed

aids helps in clarifying parameters with respect to which the material representations of mathematical concepts can be recognized in the models. Thus, this process is the result of mediation between communicative and educational values. The nineteenth-century models, for example, despite their material simplicity, are configured as visual artifacts, as a tangible illustration of theoretical results [Gay 2000, pp. 43-52] and therefore appear as a connection with the abstract system of signs.

For a new Catalog: geometrical questions and communicative aims

Our collection of models is born with the aims of recovering the educational use of tangible objects while encouraging their self-production. We started our project by analyzing historical Catalogs that used to list geometric properties of the single model with a short textual description, some analytical information and sometimes, but rarely, with graphic representation [Pavignano et al. 2020]. We designed our artifacts with the aim of being produced and disseminated through a set of synthetic information included in a systematized visual catalog –technical and informative– no longer a catalog for sale; a catalog that, in addition to disseminating, allows you to run through the production with a certain pre-established criterion [Innocenti 2007] and a common language, mediation between the use of a specific and rigorous language that optimizes information transit and a popular language that allows transversal translation. On the one hand, the concept of language in Mathematics is used with various meanings, although in recent years it has taken on a broad meaning, see the theoretical framework of semiotic bundles [Arzarello et al. 2009], including words and symbolism, diagrams, gestures and interaction with artifacts; even without going into the question, it can be observed that language undoubtedly plays an important role in the discipline, whether we identify mathematical thinking with speech and communication [Sfard 2008] or

serie	**00**	**Modelli base origami e kirigami. Edifici**
		Basic origami and kirigami models. Buildings
serie	**01**	**Modelli origami. Superfici voltate esito di intersezione di cilindri**
		Origami models. Vaulted surfaces generated by cylinders
serie	**02**	**Strumenti per la divulgazione scientifica. Reggia di Venaria. *Il Re e l'Origami***
		Tools for scientific dissemination. Royal Residence of Venaria. *The King and the origami*
serie	**03**	**Visualizzazione del costruito. Reggia di Venaria. *Il Re e l'Origami***
		Built visualization. Royal Residence of Venaria. *The King and the origami*
serie	**04**	**Approcci alla forma costruita. Mole Antonelliana**
		Approaching built architecture. Mole Antonelliana
serie	**05**	**Modellazione origami. Mole Antonelliana**
		Origami modeling. Mole Antonelliana
serie	**06**	**Tavoletta grafica. Strumenti per la comprensione della forma architettonica**
		Graphic tablet. Tools to understand of the architectural shapes
serie	**07**	**Modellazione OriKirigami. Architettura costruita**
		Orikirigami modeling. Built Architecture
serie	**08**	**Generalizzazione di quesiti geometrici relativi a sistemi di copertura a falde**
		Generalization of geometric questions about pitched roofing systems
serie	**09**	**Comunicazione del costruito. Geometrie rilevate, geometrie modellate**
		Built comunication. Surveyed and modeled geometries
serie	**10**	**Comunicazione di superfici teoriche**
		Communication of theoretical surfaces
serie	**11**	**Laser cut. Poliedri**
		Laser cut. Polyhedral
serie	**12**	**Laser cut. Sistemi di copertura**
		Laser cut. Roofing systems

Tab. 1. List of series of models presented in our Catalogue.

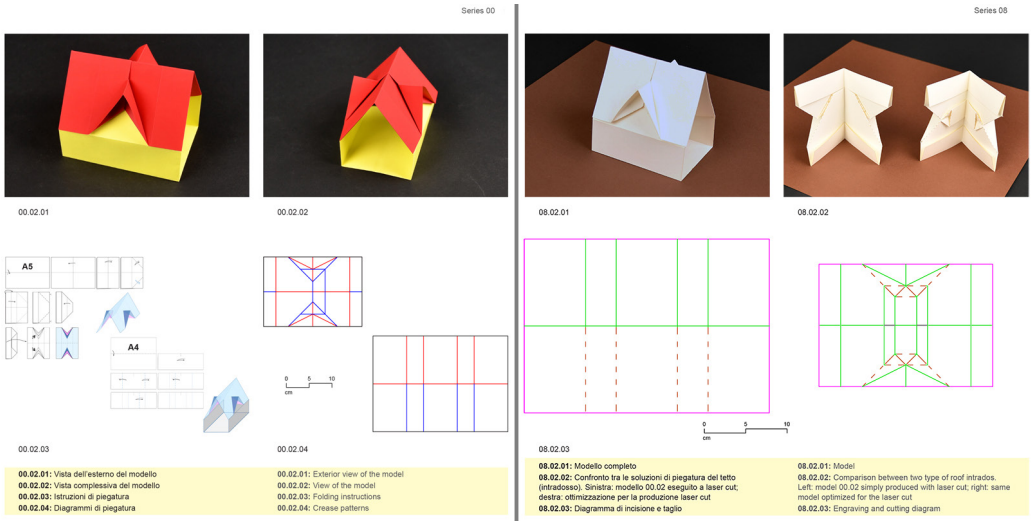


Fig. 3. Catalogues' files allow a comparison between different types of models (referred to the same object), here an example between models 00.02 and 08.02.

we adhere to the independent existence of mathematical objects as objective reality which cannot be experienced except indirectly [Duval 2006]. In any case, as highlighted by Maier [1989], the adequate use of language represents a powerful means of conceptual construction. In our Catalog, we therefore propose that the technical terms be acquired through the use of some illustrative models of a given geometric question, and then be taken up in subsequent descriptions. The association of textual-graphic-analytical descriptions allows you to create useful intersections to build a shared language on different registers of communication and knowledge. By systematizing the documentary corpus of geometric surface models produced in recent years, we have respected the chronology of conception by creating thematic groupings and defined a reasoned index of homogeneous series by geometric characteristics of production and / or purpose (table 1). The models are therefore described through a series of univocal data that allow them to be consulted quickly, so that they can be autonomously reproduced. Among the information, the phases of conception, elaboration and final drafting of the production project are explained, as well as its description including precise indications: sources and contexts, inspiration and optimized models. For example, the 00 series presents models of buildings as a sequence of folds and / or cuts, obtained without tools for production, while the 08 series offers exemplary models of the design process resulting from the mediation between the classic origamistic approach and

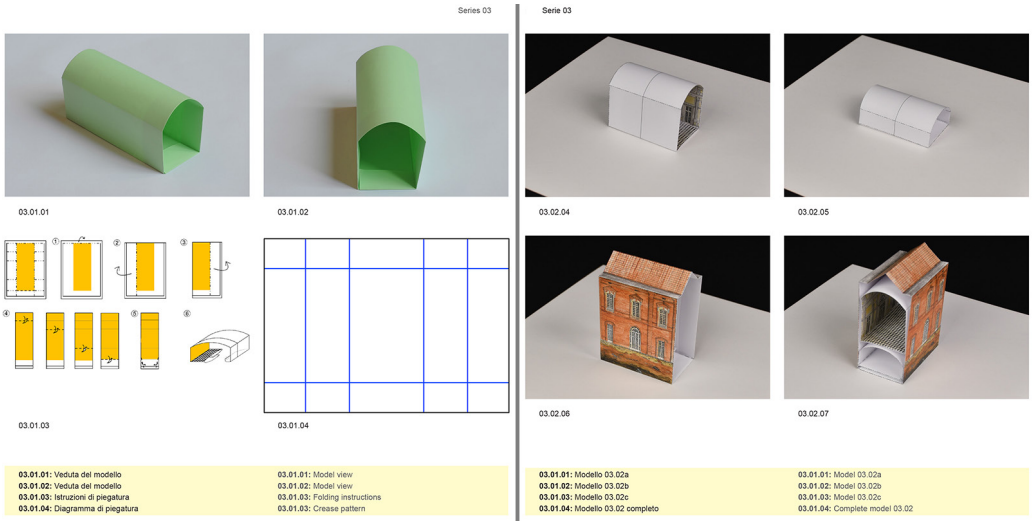


Fig. 4. Detail of the file of model 03.01, barrel vault on a rectangular base. Detail of the file of model 03.02, portion of the Galleria Grande in the Royal Palace of Venaria Reale (TO), where readers can analyze the scheme of construction of the model 03.01.

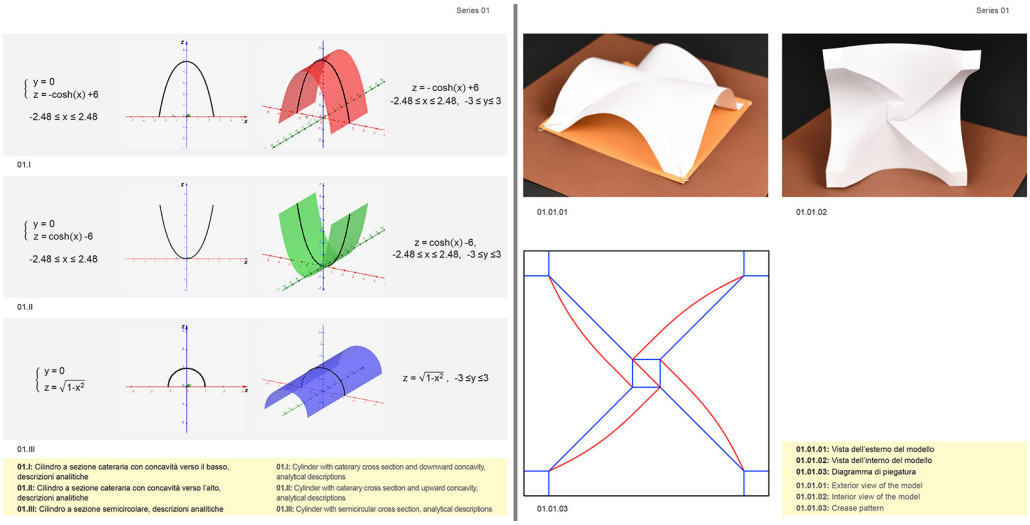


Fig. 5. Intersecting cylinders that generate models from series 01, i.e. 01.01, introductory file to the catenary sections.

the laser cut one: this is achieved through the generalization of the constructive geometric process which is released from the real shape to become a tool for visualizing a theoretical shape (fig. 3). In the revision of the produced materials, more space was given to models of architectural shapes: in addition to the 00 series, referring to already known origami models, eleven of the twelve series are specific. The cataloged models are iconic artifacts, suitable for displaying architectures or parts of them, here reduced to a minimum and deprived of every element other than its own volume, on some occasions even left unfinished and defined only by intersections of surfaces. In a crescendo of difficulty, all models offer the possibility of giving shape to the volume through a few operations and can therefore be placed among the possible teaching aids for different ages of development, from the preoperative stage of Piaget (1955) to the university level. The 03 series presents a set of artifacts suitable for educating the mind also in the discretization of the data to be represented: through physical modeling, the user correlates shape and representation, overcoming the limits of its interpretation. The folding sequence makes use of a coded graphic language supported by intuitive representations so as to make its use feasible both in experiential teaching activities and in the training of trainers [Spreafico, Zich 2017]. The models, partly static and partly dynamic, are conceived as reproducible and dismountable objects. The origami approach allows the creation of both symbolic models and models that respect the geometric rigor of surfaces. For example, model 03.01 represents a barrel vault: it can be iconic, without geometric values, capable of changing section as the amount of paper inserted in the base pocket varies, but also rigorously constructed, to illustrate a specific geometry despite paper flexibility. Origami modeling makes the model suitable for experiential teaching at different levels and also useful for introducing the first notions of architectural language: here, the intersection between the cylindrical surface and the vertical wall represents the springer

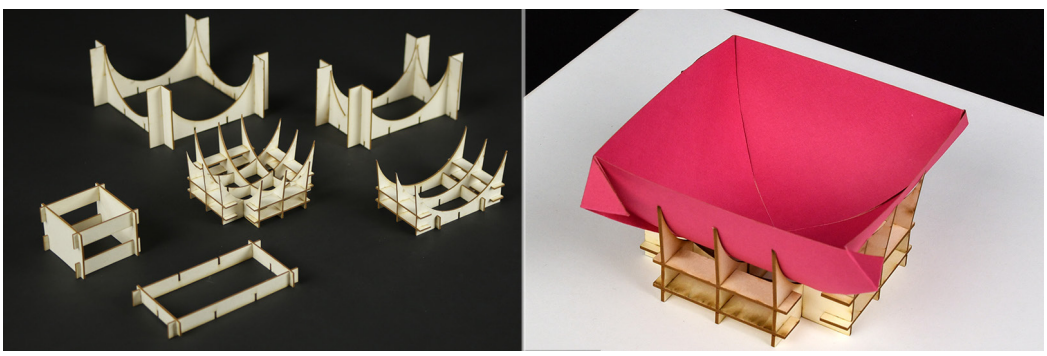


Fig. 6. Structural supports for helping the folding process and the picturing operations.

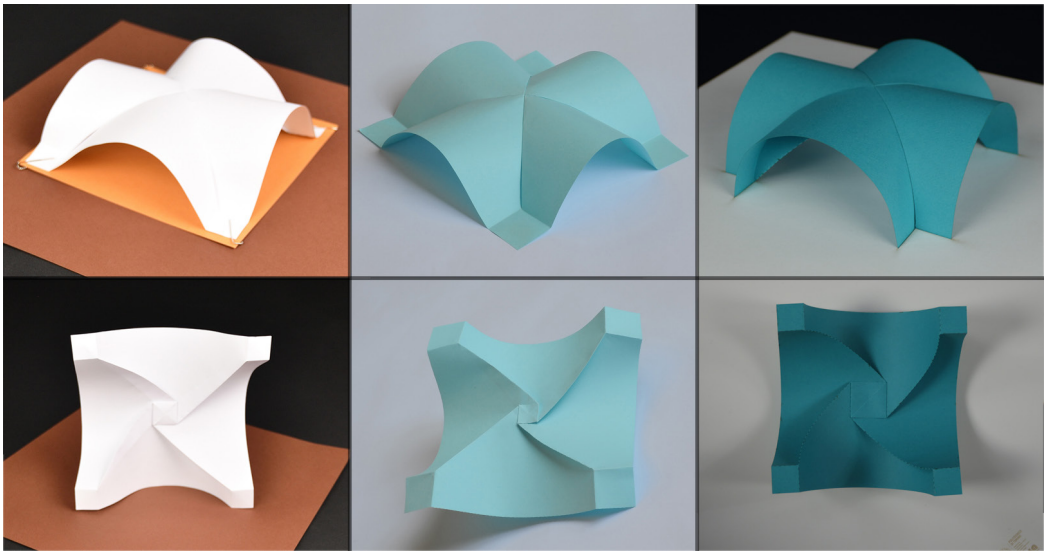


Fig. 7. Example of evolution of a groin vault model: 01.01, catenary section-origami; 03.07, semicircular section-origami; semicircular section-laser cut.

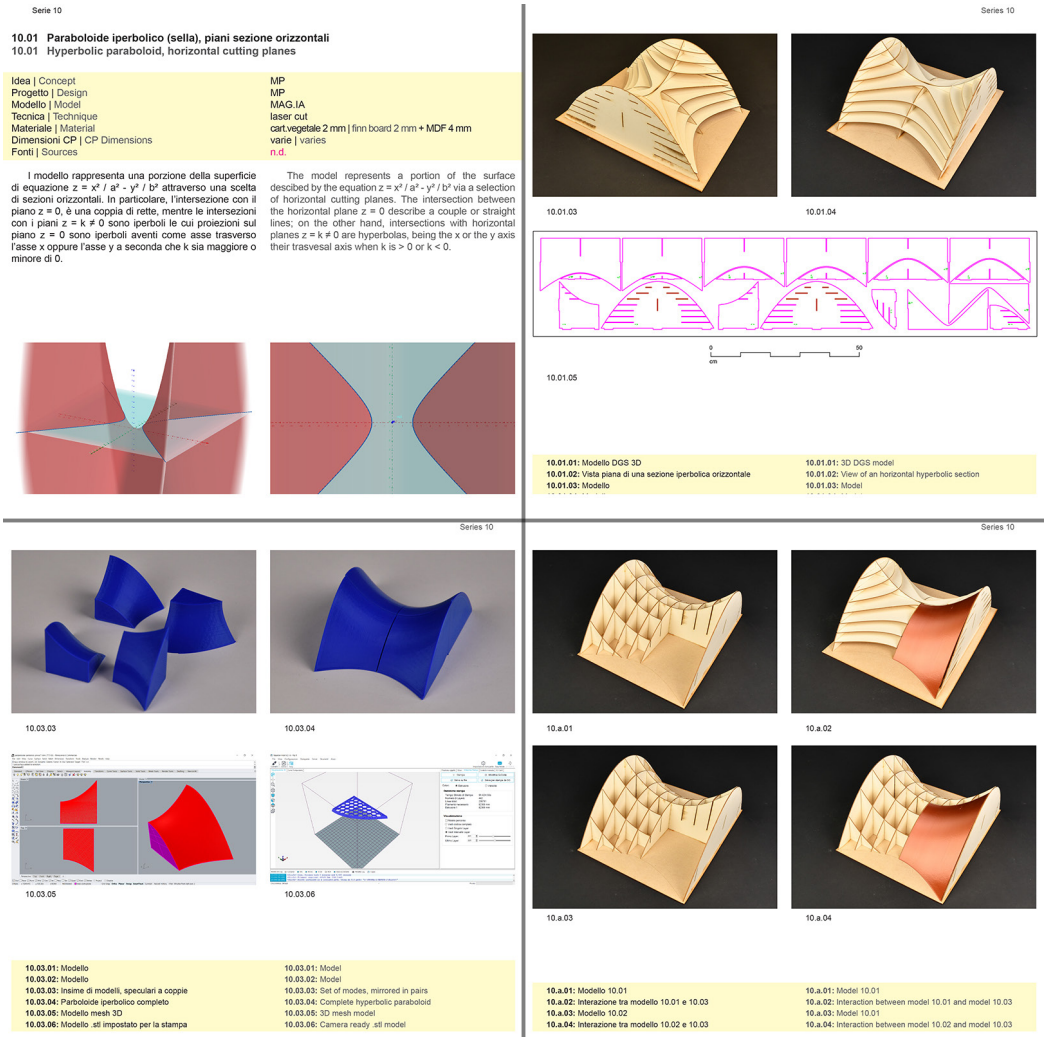


Fig. 8. Hyperbolic paraboloid, files: 10.01, horizontal cutting planes-laser cut; 10.03, 3D print; visual and tangible interaction between different typology models of the same object can enhance user's comprehension and perception of the theoretical shapes.

plane and highlights a straight line indicating the translation direction of the arc/directrix curve; the ground line is defined by the intersection between the vertical wall and the floor; the inner surface is the intrados, the outer surface is the extrados (fig. 4). The 01 series presents different types of vaults generated by the intersection of two cylinders; their spatial configuration is the result of an initial search for constraints in order to rigorously control the geometric process of development of the ruled surfaces (fig. 5). The 03 series revisits them by varying their basic geometries and the 12 series proposes them again by changing their production technique, with laser cut printing process, creation of supports for 'shaping', processing of the material support in order to facilitate the fold without weakening its structure (fig. 6) by varying accessibility/reproducibility and geometric rigor. To better manage the theoretical geometries, in the 01 series there are more solutions of the same type of vault and each model has its own communicative specificities made explicit by the management of excess paper to underline (or partially hide) potential/limits of the plastic representation, while in series 12 the optimization process has reduced the number of possible solutions to the best ones for the chosen tool (fig. 7). With the aim of evaluating the communicative effectiveness of different production methods of the same model, the series 10 compares models obtained by 3D printer or as a sequence of plane sections with the laser cutter, that is used therefore no longer to manage developed surfaces, but to define a skeleton on which one can read the skin of the shape to be described (fig. 8). The series 09 summarizes the process of translating a built shape into a physical model to convey its geometric peculiarities to a non-specialist user, underlining the debate around how many and which models are useful to describe which geometry for which user, to create and visualize the more plausible theoretical surface to describe its complexity: the model of the built, with all its irregularities, would not help to grasp the geometric specificities of the surface (fig. 9). There are many models that address the relationship between the built architecture and the physical model in its iconic meaning and therefore do not have to manage these irregularities; in others, the built architecture is instead investigated through the critical reading of graphic sources and the successful recognition of the theoretical surfaces more similar to it.

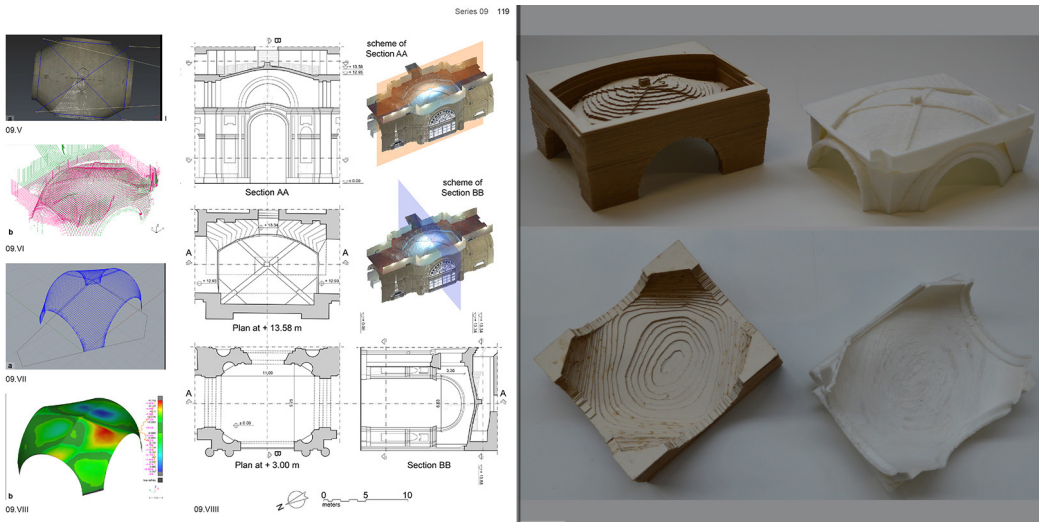


Fig. 9. From the real shape to the tangible model. Benedetto Alfieri's conoidical vault, Royal Palace of Venaria Reale (TO).

Conclusions

The critical re-reading of some catalogs of mathematical surfaces has inspired the drawing up of a visual catalog of models following a design process that adapts contents according to the production process and its aptitude for sharing concepts, taking into account the different intelligences involved. The models are obviously symbolic, they are representations without thickness of the theoretical surfaces that make up architectural shapes structure,

presented with a descriptive and design graphic apparatus that makes them shareable. Production techniques range from classic origami based on a folding sequence to the use of laser cut that directly imprint all the folds on a sheet, from 3D printing to modeling with Dynamic Geometry Software (GeoGebra). The catalog underlines its communicative aims as well as the descriptive geometric ones and proposes the comparison between models of the same shape solved with different techniques and approaches to educate to architectural shape reading.
The relationship between the theoretical surface, physical model and built architecture, whether it is directly measured or interpreted through the critical reading of graphical sources, finds space in the catalog in compliance with the purposes of the same: the possibility of theoretically and operationally accompanying the production of models with different communicative registers.
In the increasingly current dynamics of distance learning, the experimentation of on-line laboratory activities has confirmed their effectiveness. All the models in the catalog are suitable tools to educate the mind to volumes perception and to discretize the data to be represented, therefore they can be proposed by teachers in different moments and educational contexts, at different levels.

Acknowledgments

We thank the ModLab Architecture (DAD - PoliTo) for supporting prototyping, the RilDoc (DAD - PoliTo) for supporting photographic reproduction, all the students who intervened from 2015 to today in the research projects that have led to the creation of the presented models.
C. Cumino is a member of the National Group for Algebraic and Geometric Structures and their Applications (GNSAGA-INDAM). For M. Pavignano and U. Zich the contribution was developed within the research project MAG.IA 2020: Mathematics Architecture Geometry. Interconnections and Applications.

Notes

[1] <https://sbs.uniroma1.it/sapienzadigitallibrary> (accessed 2021, February 20).

[2] <www.eco.unina.it> (accessed 2021, February 20).

[3] <www.phaidra.cab.unipd.it> (accessed 2021, February 20).

[4] <www.retemuseiuniversitari.unimore.it> (accessed 2021, February 20).

[5] <www.unimuseum.uni-tuebingen.de> (accessed 2021, February 20).

References

Cardone V. (2016). Imagining the cultural area of the visual images. In *XY digitale*, 1(1), pp. 12-27.

Cumino C. et al. (2017). Modelli cartacei per la comprensione della forma architettonica: ricerca, progetto, sperimentazione e didattica in un dialogo tra geometria e rappresentazione. In A Di Luggo et al. (a cura di). *Territori e frontiere della rappresentazione*. Atti del 39° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione. Napoli, 14-16 settembre 2017, pp. 1279-1286. Roma: Gangemi.

Cumino C. et al. (2020). Geometry to Build Models, Models to Visualize Geometry. In *Digital Experiences in Mathematics Education*, pp. 149-166.

De Fusco R. (2010). *Architecturminimum: Le basi dello storicismo, strutturalismo, semiotica, ermeneutia & altre teorie*. Napoli: Clean Edizioni.

Dick W. (1892). *Katalog mathematischer und mathematisch-physikalischer Modelle, Apparate und Instrumente*. München: K. Hof. u. Universitäts Buchdruckerei von Dr. C. Wolf & Sohn.

Duval R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in the learning of mathematics. In *Educational Studies in Mathematics*, 61(1-2), pp. 103-131.

Emch A. (1920). Mathematical models. In *University of Illinois Bulletin*, XVIII (12).

Emch A. (1923). Mathematical models II series. In *University of Illinois Bulletin*, XX (42).

Emch A. (1925). Mathematical models III series. In *University of Illinois Bulletin*, XXII (35).

Emch A. (1928). Mathematical models IV series. In *University of Illinois Bulletin*, XXV (43).

Estanave E. (s.d.). *Construction des modèles de surfaces applicables sur le paraboloide de révolution dèfinies par M. G. Darboux*. Paris: Gauthier-Villars.

Fabre de Lagrange M., Merrifield C. W. (1872). *A catalogue of a collection of models of ruled surfaces*. London: George E. Eyre and William Spottiswoode.

Fehr H. F. (1938). *The construction and use of mathematical models*. Upper Montclair: s.e.

Gay F. (2017). Immagini che parlano di immagini. In A. Luigini (a cura di). *Lineis Describere. Sette seminari tra rappresentazione e formazione*, pp. 94-117. Melfi: Libria.

Gay F. (2000). *Intorno agli Omolografi. Strumenti e Modelli per la Geometria Descrittiva*. Venezia: IUAV.

Giacardi L. (2015). Geometric Models in Mathematics Teaching in Italy at the Turn of the Twentieth Century. In *Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach*, 47, pp. 2784-2787.

Guarini G. (1737). *Architettura civile*. Torino: Gianfrancesco Mairesse.

Innocenti P. (2007). A proposito di Bucherkunde: 1. La Bibliographia di Blum, 2. Il Fra biblioteca e archivio di Cavallaro, 3. Due recensioni di Serrai: una risata le seppellì. In *Culture del testo e del documento*, n. 25, pp. 27-70.

Maier H. (1989). Conflit entre langue mathématique et langue quotidienne pour les élèves. In Cahiers de didactique des mathématiques, 3, pp. 86-118.

Neuendorff R. (1922). *Praktische mathematik*. Leipzig: B. G. Teubner.

Pavignano M., Cumino C., Zich U. (2020). Catalog Mathematischer Modelle: Connessioni tra testo, rappresentazione grafica e descrizione analitica. In A. Arena et al. (a cura di). *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Atti del 42° Convegno internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione*, pp. 3660-3677. Milano: Franco Angeli.

Pavignano M., Zich U. (2020). Colore tra forma e materia dei modelli fisici per lo studio della Geometria. In V. Marchiafava, M. Piccolo (a cura di). Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari, vol. XVI A, pp. 398-405. Milano: Gruppo del Colore - Associazione Italiana Colore.

Quaroni L. (1978). *Progettare un edificio: Otto lezioni di architettura*. Milano: Mazzotta.

Schilling M. (1903). *Catalog mathematischer Modelle für den höheren mathematischen Unterricht*. Halle: Martin Schilling.

Schilling M. (1911). *Catalog mathematischer Modelle für den höheren mathematischen Unterricht*. Leipzig: Martin Schilling.

Sdegno A. et al. (2017). Modellare smorfie. Rilievo e rappresentazione aptica di due teste scultoree di Franz Xavier Messerschmidt. In A Di Luggo et al. (a cura di). *Territori e frontiere della rappresentazione. Atti del 39° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione*. Napoli, 14-16 settembre 2017, pp. 969-976. Roma: Gangemi.

Seidl E., Loose F., Bierende. E. (ed.) (2018). *Mathematik mit Modellen. Alexander von Brill und die Tübinger Modell Sammlung*. Tübingen: Museum der Universität Tübingen.

Sfard A. (2008). *Thinking as communicating: Human development, the growth of discourses, and mathematizing*. Cambridge University Press.

Spreafico M. L., Zich U. (2017). Train the trainers on learn geometry by doing. In: L. Gómez Chova, A. López Martínez, I. Candel Torres (a cura di). *EDULEARN17. Proceedings 9th International Conference on Education and New Learning Technologies*. Barcelona 3-5 July 2017, pp. 1969-1976. Valencia: IATED.

Stoll R. (1961). *Lehrmodelle für Mathematik*. Berlin: Rudolf Stoll K.G.

Tagliari A., Florio W. (2013). Digital fabrication of physical models to analyze unbuilt projects using laser cutter. In P. J. da Silva Bartolo et al. (a cura di). *High Value Manufacturing: Advanced Research in Virtual and Rapid Prototyping. Proceedings of the 6th International Conference on Advanced Research in Virtual and Rapid Prototyping*. Leiria, Portugal, 1-5 October 2013. Boca Raton (FL): CRC Press.

Wiener H. (1907). *Abhandlungen zur Sammlung mathematischer Modelle*. Leipzig: B. G. Teubner.

Wiener H. (1911). *Abhandlungen zur Sammlung mathematischer Modelle*. Leipzig: B. G. Teubner.

Wiener H., Treutlein, P. (1912). *Verzeichnis mathematischer Modelle*. Leipzig: B. G. Teubner.

Authors
Caterina Cumino, Politecnico di Torino, caterina.cumino@polito.it
Martino Pavignano, Politecnico di Torino, martino.pavignano@polito.it
Ursula Zich, Politecnico di Torino, ursula.zich@polito.it

To cite this chapter: Cumino Caterina, Pavignano Martino, Zich Ursula (2021). Proposta di un catalogo visuale di modelli per lo studio della forma architettonica tra Matematica e Disegno/Visual catalog of models for the study of architectural shapes between Mathematics and Drawing: a new proposal. In Arena A., Arena M., Mediati D., Raffa P. (a cura di). *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Linguaggi Distanze Tecnologie. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Connecting. Drawing for weaving relationship. Languages Distances Technologies. Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 626-645.

Copyright © 2021 by FrancoAngeli s.r.l. Milano, Italy
Isbn 9788835125891