

Responsive skin: la forma architettonica come variabile

Original

Responsive skin: la forma architettonica come variabile / LO TURCO, Massimiliano; Calvano, Michele; Barosio, Michela; Thiebat, Francesca; Piccablotto, Gabriele; Taraglio, Rossella; LO VERSO, VALERIO ROBERTO MARIA; Tomalini, Andrea. - (2019), pp. 420-439. ((Intervento presentato al convegno 3DModeling&BIM tenutosi a Roma nel 10 - 11 Aprile 2019.

Availability:

This version is available at: 11583/2731958 since: 2019-05-03T00:10:18Z

Publisher:

Dei - Tipografia del Genio Civile

Published

DOI:

Terms of use:

openAccess

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)

COLLANA
3D MODELING & BIM

MODELLI E SOLUZIONI PER LA DIGITALIZZAZIONE

A CURA DI TOMMASO EMLER
E ALEXANDRA FUSINETTI

DIPARTIMENTO DI STORIA
DISEGNO E RESTAURO
DELL'ARCHITETTURA



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



TIPOGRAFIA DEL GENIO CIVILE

ISBN 978.88.496.1942.3

Copyright 2019

DEI s.r.l. TIPOGRAFIA DEL GENIO CIVILE

Roma, via Nomentana, 16 - 00161 Roma

Tel. 06.4416371 (r.a.) - Fax 06.4403307

Email dei@build.it

URL <http://www.build.it/>

Credit immagine di copertina: Marco Carpicci

A cura di **Tommaso Emler,**
Alexandra Fusinetti

3D MODELING & BIM

Modelli e soluzioni per la digitalizzazione

Il volume raccoglie i contributi, dei relatori e degli studiosi, pervenuti in occasione del Workshop 3DModeling&BIM. Modelli e soluzioni per la digitalizzazione, che si è svolto a Roma, Facoltà di Architettura - Sapienza Università di Roma, il 10 e 11 Aprile 2019.

La valutazione dei contributi pubblicati è avvenuta con la modalità del double blind review.

This book collects contributions, of speakers and scholars, received during the Workshop 3Dmodeling & BIM. Models and solutions for digitalization, which took place in Rome, Faculty of Architecture - Sapienza University of Rome, on the 10th and 11th of April 2019.

Contributions are printed under double blind review mode.

Organizing Committee

Director

- Tommaso Empler

Scientific Coordinator 3D Modeling

- Fabio Quici

Scientific Coordinator BIM

- Francesco Ruperto

Scientific Coordinator HBIM, Data and Semantics

- Graziano Mario Valenti

Coordinator

- Ivan Paduano
- Massimo Babudri
- Marco Capobianchi

General Coordinator

- Alexandra Fusinetti

- Carlo Bianchini
- Michele Calvano
- Andrea Casale
- Emanuela Chiavoni
- Carlo Inglese
- Elena Ippoliti
- Alfonso Ippolito
- Leonardo Paris
- Marta Salvatore
- Leonardo Baglioni

Scientific Committee

- Carlo Bianchini, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Fabio Bianconi, Università di Perugia (Italy)
- Cecilia Maria Bolognesi, Politecnico di Milano (Italy)
- Stefano Brusaporci, Università dell'Aquila (Italy)
- Marco Capobianchi, Ordine degli Architetti P.P.C. di Roma e Provincia (Italy)
- Michele Calvano, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Roberto de Rubertis, XY Digitale (Italy)
- Tommaso Empler, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Marco Filippucci, Università di Perugia (Italy)
- Donatella Fiorani, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Elena Gigliarelli, itabc-CNR (Italy)
- Elena Ippoliti, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Massimiliano Lo Turco, Politecnico di Torino (Italy)
- Giovanna Massari, Università di Trento (Italy)
- Anna Osello, Politecnico di Torino (Italy)
- Ivan Paduano, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Leonardo Paris, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Sandro Parrinello, Università di Pavia (Italy)
- Fabio Quici, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Alberto Raimondi, Università Roma Tre (Italy)
- Manuel Ròdenas, UPCT Universidad Politécnica de Cartagena (Spain)
- Michela Rossi, Politecnico di Milano (Italy)
- Francesco Ruperto, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Livio Sacchi, Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti – Pescara (Italy)
- Mario Sacco, BIM Expert (Italy)
- Cettina Santagati, Università di Catania (Italy)
- Alberto Sdegno, Università di Trieste (Italy)
- Graziano Mario Valenti, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Valeria Zacchei, PhD BIM Expert (Italy)

Graphic Design

Layout

- Atelier Crilo, Cristian Farinella, Lorena Greco

Impaginazione

- Axf Grafica & Comunicazione, Alexandra Fusinetti, Francesca Fusinetti

Indice

Summary

INTRODUZIONE

Tommaso Empler

IL BIM PER L'INDUSTRIA DELLE COSTRUZIONI

Impostazione di un processo collaborativo BIM per il Facility Management

—
BIM-based collaborative process for Facility Management

**Andrea Barbero, Francesca Maria Ugliotti
Matteo Del Giudice**

14

Il modello BIM per la valorizzazione dell'architettura moderna. Il caso Olivetti.

—
BIM model for enhancing modern architecture. Olivetti's case

Sara Conte, Michela Rossi

30

Modellazione parametrica per il retrofitting energetico dell'edilizia esistente: due possibili strategie.

—
Parametric modelling for energy retrofitting of existing building. Two possible strategies

Fabio Luce

46

Curtain wall ed elementi in replicazione. Un processo di gestione in ambiente BIM attraverso le famiglie nidificate.

—
Curtain wall and replicating elements. A management process in BIM environment through nested families.

Andrea Tonin, Piergiorgio Parisi

64

Building Information Analysis. Visualizza i tuoi dati

—
Building Information Analysis. Visualize your data.

Matteo Sarrocco, Andrea Reina Rojas

80

Il BIM e gestione tecnica del costruito

—
BIM and technical management of the built.

Alessandro Sepe, Andrea Tiveron

90

Metodologie BIM per l'analisi energetica

—
BIM methodologies for energy analysis

Alessia Maiolatesi

108

I livelli del BIM: metodologie di rappresentazione per il nuovo nodo di scambio di Amatrice

—
Levels of BIM: methodologic representation for the new exchange node of Amatrice.

Maria Grazia Cianci, Matteo Molinari

128

IL BIM PER LA VALORIZZAZIONE E GESTIONE DEL PATRIMONIO ESISTENTE

La gamifications incontra il BIM. Pudcad: progressi nello sviluppo di un gioco per l'insegnamento dei principi dell'universal design

—
Gamifications meets BIM. Pudcad: advances in development of a games to teach universal design principles

**Giorgio Buratti, Fiammetta Costa,
Michela Rossi**

146

DiGi-DDR-Schools. Processi digitalizzati per la documentazione e riqualificazione dell'edilizia scolastica nell'ex DDR

—
DiGi-GDR-Schools. Digitized processes for documentation and redevelopment of school buildings in the former GDR

**Monica Rossi-Schwarzenbeck, Marina Block
Cristina Vagnozzi, Simone Castellani** **166**

Prime riflessioni sulla rappresentazione e parametrizzazione HBIM dell'apparecchiatura costruttiva storica

—
First steps on HBIM representation and parametrization of historic constructive technologies

**Stefano Brusaporci, Pamela Maiezza,
Alessandra Tata** **182**

Sapienza e BIM

—
Sapienza and BIM

Giuseppe Paganelli **198**

Il Giardino di Ninfa: un'applicazione BIM per la conservazione dei ruderi

—
The Garden of Ninfa: a BIM application for the conservation of the ruins

**Elena D'Angelo, Federica Marini, Paola Morrone,
Andrea Natalucci, Alessandra Ponzetta** **214**

BIM negli edifici del patrimonio artistico e culturale: un algoritmo in Dynamo per la rappresentazione della variazione di umidità nelle facciate di edifici storici.

—
BIM in heritage buildings: A Dynamo algorithm to represent moisture variation in historic façades

**Danae Phaedra Pocobelli, Jan Boehm, Paul Bryan,
James Still, Josep Grau-Bové** **234**

Il computational design per il patrimonio storico diffuso. Aspetti genotipici e fondamenti teorici

—
Computational design for diffused historical heritage.
Genotypic aspects and theoretical foundations

Maria Laura Rossi

258

L'architettura romana al tempo del BIM

—
Roman architecture in the BIM age

Martina Attenni

276

3D MODELING

Acquisizione della geometria degli edifici con tecnica SFM – un caso studio con diversi software SFM

—
SFM-based building geometry acquisition for BIM-purposes
– a case study with different SFM-Software

Christian Musella, Ulrich Weferling, Holger Evers

294

Acquisizione della geometria degli edifici con tecnica SFM – un caso studio con diversi software SFM

—
Experience of an integrated survey of Fagnoni's school of war air

Silvia La Placa, Marco Ricciarini

310

Processi digitali per l'edilizia scolastica: esperienze didattiche sperimentali

—
Digital process for school building: experimental educational experience

Sergio Russo Ermolli, Giuliano Galluccio

326

Dal rilievo alla ricostruzione storica. Il caso di Villa Palma-Guazzaroni

—
From survey to historical reconstruction. The case of Villa Palma-Guazzaroni

Marco Carpiceci, Marco Angelosanti

342

**Il possibile ruolo dell'università nella rivoluzione BIM.
Esperienze di trasferimento di conoscenze e formazione
nel territorio umbro.**

—
The possible role of the university in BIM revolution.
Transfer experiences of knowledge and training in umbrian
territory.

Fabio Bianconi, Marco Filippucci, Marco Bifulco

358

**Dal set fotografico alla visualizzazione 3D
Modellazione delle sorgenti luminose in ambiente
informatico e relazioni con la fotografia**

—
Lorena Greco

380

**Questioni di stile. Le relazioni tra fotografia, cinema e CG
film nell'ambito della visualizzazione 3D**

—
Style issues. The relationships between photography, cinema
and CG film in the 3D visualization

Christian Farinella

400

Responsive skin: la forma architettonica come variabile

—
Responsive skin: the architectural form as a variable

**Massimiliano Lo Turco, Michele Calvano, Michela Barosio,
Francesca Thiebat, Gabriele Piccablotto, Rossella Taraglio,
Valerio R.M. Lo Verso, Andrea Tomalini**

420

—
Digital experience for the enhancement of cultural heritage. VR
and AR models of the Valentin im Viertel farmhouse.

**Alessandro Luigini, Stefano Brusaporci, Alessandro
Basso, Starlight Vattano, Pamela Maiezza, Ilaria Trizio,
Alessandra Tata**

440

Responsive skin: la forma architettonica come variabile

Responsive skin: the architectural form as a variable

AUTHORS

Massimiliano Lo Turco¹

Michele Calvano¹

Michela Barosio¹

Francesca Thiebat¹

Gabriele Piccablotto²

Rossella Taraglio²

Valerio R.M. Lo Verso³

Andrea Tomalini³

¹Politecnico di Torino, Dipartimento di Architettura e Design;

²Politecnico di Torino, Dipartimento di Architettura e Design, Laboratorio di Analisi e Modellazione dei Sistemi Ambientali (LAMSA);

³Politecnico di Torino, Dipartimento Energia 'Galileo Ferraris';

EMAIL

massimiliano.loturco@polito.it; michele.calvano@polito.it;

michela.barosio@polito.it; francesca.thiebat@polito.it;

gabriele.piccablotto@polito.it; valerio.loverso@polito.it;

andrea.tomalini@studenti.polito.it

KEYWORDS

Modellazione parametrica,
Visual Programming
Language, Progettazione
integrata, Workshop

Parametric Modeling, Visual
Programming Language,
Integrated Design, Workshop

ABSTRACT

Nel presente contributo si descrive un'esperienza operativa di apprendimento dei processi di modellazione algoritmica esplicitata attraverso l'uso del Visual Programming Language (VPL). Il workshop "Responsive Skin" tratta il tema delle superfici piegate utilizzate come pelle architettonica, costituite da tasselli dinamici in grado di adattarsi alle condizioni ambientali esterne; forme mutevoli che, per essere progettate, devono avvalersi di modelli in grado di prefigurare la morfologia e il movimento. Il tema risulta essere transdisciplinare impegnando i partecipanti a confrontarsi con temi compositivi, tecnologici, fisici, costruttivi in cui il modello dinamico è il linguaggio utilizzato per il confronto.

This paper describes a practical experience of learning algorithmic modelling processes through the use of Visual Programming Language (VPL). The workshop "Responsive Skin" deals with the theme of folded surfaces used as an architectural skin, consisting of dynamic blocks able to adapt to external environmental conditions; changing forms that, to be designed, must use digital models able to predict morphology and movement. The theme is trans-disciplinary, committing participants to engage with compositional, technological, physical and constructive themes in which the dynamic model is the language used for comparison.

Introduzione: perché un workshop sulla modellazione parametrica nella Scuola di Architettura del Politecnico di Torino

A fronte di una grande richiesta, da parte degli studenti, di acquisire maggiori competenze in materia di modellazione digitale parametrica, sono stati attivati negli ultimi anni diversi corsi, sia all'interno dei percorsi universitari sia affidati a professionisti del settore di alto livello. Tali attività formative mirano principalmente a usare lo strumento digitale in fase di rappresentazione di un oggetto già concepito, sia che si tratti di prodotto industriale o di un'architettura. Il workshop proposto, invece, attraverso una costante ed efficace interazione multidisciplinare, si è dato come obiettivo quello di introdurre gli studenti che si affacciano alla laurea magistrale alla progettazione parametrica. La progettazione parametrica è qui intesa come un nuovo paradigma capace di rispondere alla crescente complessità del processo progettuale in termini di forme libere, ma anche di standard prestazionali richiesti, nonché alla sempre maggior articolazione del processo progettuale che lega la fase ideativa a quella realizzativa, con evidenti implicazioni di tipo costruttivo e produttivo.

La collaborazione didattica tra docenti di disegno, composizione architettonica, tecnologia dell'architettura e fisica tecnica ambientale, ha quindi permesso di introdurre gli studenti all'uso dei software parametrici come strumenti di concezione, di costruzione, e di controllo del soddisfacimento dei requisiti fisico-tecnici del progetto architettonico, privilegiando un approccio di tipo integrato e non inteso unicamente come semplice strumento di rappresentazione grafica.

Il tema assegnato quest'anno al workshop Responsive Skin ha permesso di indagare l'uso degli algoritmi per concepire gli oggetti architettonici anche nella dimensione temporale e di renderli responsivi alle mutevoli condizioni ambientali o al variare nel tempo delle prestazioni richieste.

Sull'organizzazione didattica: apporti disciplinari e presentazione del caso di studio

Il workshop è stato articolato in alcuni contributi di natura più teorica e successivamente in diversi momenti di discussione e revisione durante lo sviluppo delle proposte progettuali da parte degli studenti. Nella prolusione sono state descritte le potenzialità del cosiddetto AAD (Algorithms Aided Design) quale strumento utile nel gestire la complessità del progetto contemporaneo di architettura. Tale utilità si manifesta soprattutto nel gestire forme organiche lontane dalla geometria lineare, nel processo di ingegnerizzazione e produzione degli edifici - con particolare riferimento al rapporto struttura/pelle/rivestimento nelle free for-

Fig.1 Allestimento degli interni dell'edificio progettato dall'architetto Giò Ponti. Foto di Paolo Monti, 1961

Fig.1 Interior design of the building designed by the architect Giò Ponti. Photo by Paolo Monti, 1961

Introduction: why a workshop on parametric modeling at the School of Architecture at Politecnico di Torino?

In the last few years, in response to a great demand from students to acquire greater skills in parametric digital modelling, several courses have been activated, both within the university and by independent professionals. These training activities are mainly aimed at using the digital tool in the representational phase of an object already conceived, whether it is an industrial design product or a building. The workshop proposed, on the other hand, has the objective of introducing the students, who are approaching the master's degree, to parametric design through a constant and effective multidisciplinary interaction. Parametric design is here intended as a new paradigm capable of responding to the growing complexity of the design process on certain issues such as: free forms, the performance standards required, as well as to the ever-increasing articulation of the design process that links the design phase to the construction phase, with obvious implications of a constructive and productive kind.

The didactic collaboration between teachers of drawing, architectural design, architectural technology and building physics has therefore allowed to introduce students to the use of parametric software as tools of conception, construction, and control of the fulfillment of the physical and technical requirements of architectural design, by favoring an integrated approach and not intended only as a simple tool of graphic representation.



ms - e nel soddisfacimento di una molteplicità di requisiti tecnico normativi che occorre integrare nel processo di concezione dei manufatti architettonici.

Sono stati quindi presentati agli studenti molteplici esempi di architettura contemporanea basati sulla progettazione parametrica che spaziavano dall'Industrial Design alla scala territoriale. Si è inoltre messo in evidenza come i più recenti strumenti digitali possano si relazionino con alcuni approcci progettuali parametrici già presenti a partire dagli anni Sessanta, con i progetti di Luigi Moretti per lo stadio a visibilità ottimale (Moretti, 1952) o le opere strutturali di Sergio Musmeci (Musmeci, 1979). Quest'ultimo teorizzava come la forma fosse l'incognita da determinare partendo dai parametri di progetto, proponendo l'uso dei primi calcolatori elettronici per l'elaborazione di tali variabili. Approcci progettuali che vanno tutti ricondotti agli studi sulle grammatiche generative della forma capaci, a seconda dei casi, di generare, ampliare o fare evolvere elementi formali a partire dalla variazione dei dati presi in considerazione: si pensi al sistema proporzionale degli ordini classici, allo studio dei tipi morfologico-funzionali di Durand (Durand, 1813) o al museo a crescita illimitata di Le Cor-

This year, the theme assigned to the workshop Responsive Skin has allowed to explore the use of algorithms to conceive architectural objects even in the temporal dimension and to make them responsive to changes in the environmental conditions or to change over time in the performance required.

About the didactic organization: disciplinary contributions and description of the case study

The workshop was divided into some more theoretical contributions and then into different moments of discussion and review during the development of the design proposals. In the foreword were described the capabilities of the so-called AAD (Algorithms Aided Design) as a useful tool for managing the complexity of contemporary architectural

Fig.2 Tipologie di intervento proposte per indirizzare l'attività di composizione

Fig.2 Some proposed layouts to address the design activity

busier (Moulin, 2010), ove si comprende come il procedimento compositivo della generazione parametrica non sia un'invenzione dell'epoca contemporanea.

IL CASO DI STUDIO E LE TEMATICHE COMPOSITIVE

In merito al caso studio proposto, si è scelto di lavorare su uno dei capolavori di Pier Luigi Nervi, il Palazzo del Lavoro, esempio virtuoso di dialogo tra innovazione architettonica e strutturale, ampiamente pubblicato nelle principali riviste dell'epoca per la sua capacità di ottimizzare materiale e modalità di costruzione utilizzando forme rigorose.

L'edificio è caratterizzato da una struttura innovativa per l'epoca: il progetto consisteva infatti nella creazione di 16 elementi a fungo, a sezione variabile, strutturalmente autonomi e di circa 40 metri di lato, collegati tra loro da lucernai. Fanno riflettere le sue dimensioni, su cui Bruno Zevi aveva già speso alcune critiche, poiché le ipotesi di riuso non possono essere banali. Il Palazzo del Lavoro ha una pianta quadrata di circa 25000 metri quadrati e un volume di 650000 metri cubi. La copertura è sostenuta da 16 imponenti pilastri in ferroceemento alti 26 metri.

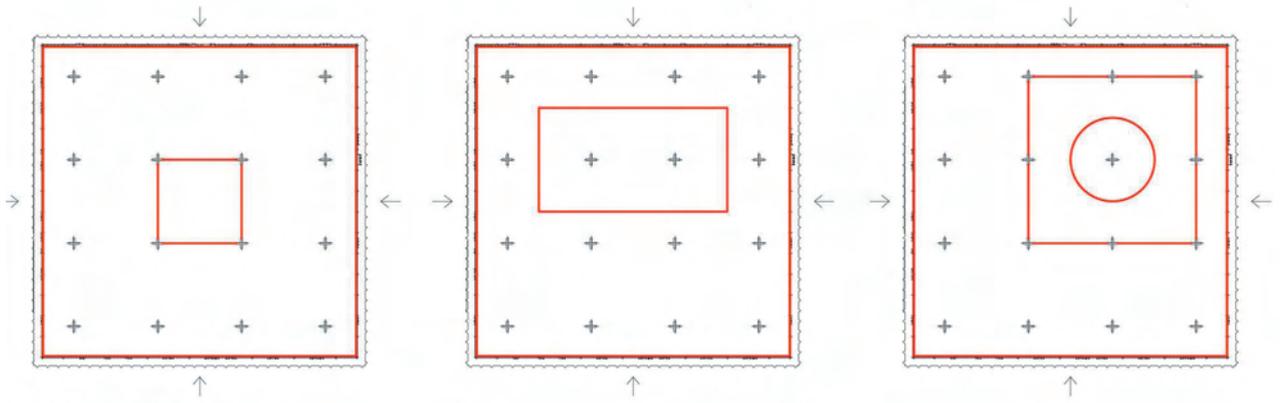
La base a sezione cruciforme è di 5 metri; in sommità sono imbullonate le travi metalliche che sorreggono la copertura. I prospetti sono caratterizzati da un curtain wall sorretto da 128 ritti di circa 20 metri di altezza a cui sono saldate lamelle frangisole orientate.

Di particolare interesse fu anche la rapidità di esecuzione, durata soli 10 mesi: il cantiere, iniziato nel febbraio del 1960, si concluse nel dicembre dello stesso anno. Per rispettare i tempi di consegna dell'opera si ricorse alla prefabbricazione del maggior numero di elementi e alla relativa razionalizzazione dei tempi di cantierizzazione. Purtroppo al termine dell'Esposizione non si riuscì a trovare una funzione permanente che potesse occupare questi spazi. A eccezione di alcune manifestazioni e un breve insediamento del BIT, poi della Regione, poi ancora della Facoltà di Economia e della Questura, tali volumi sono rimasti inutilizzati fino a oggi. Come ovvia conseguenza di questo lungo periodo di abbandono, la struttura, risulta fatiscente.

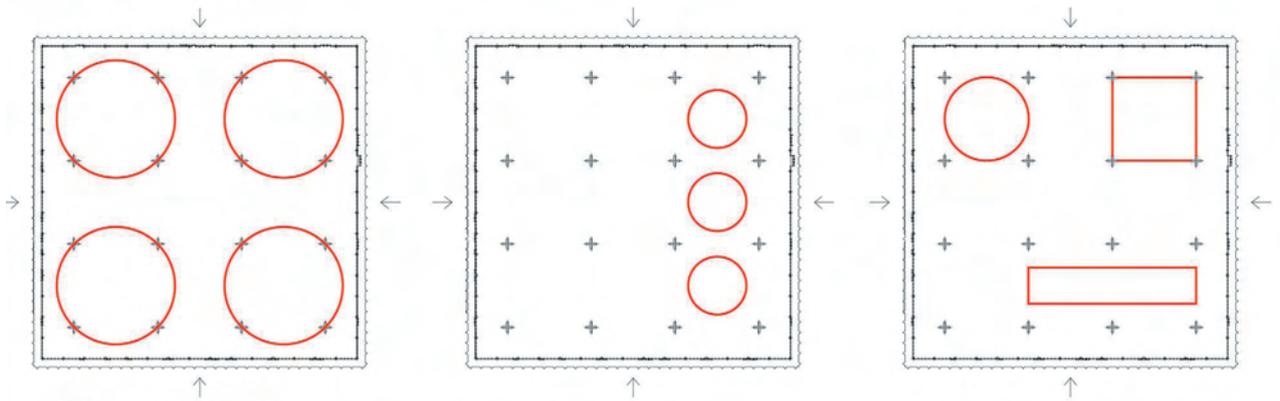
Per consentire agli studenti di affrontare il progetto nel tempo limitato di una settimana, il corpo docente ha deciso di fornire

design. This value is particularly relevant in the management of organic forms far from linear geometry, in the process of engineering and production of buildings - with particular reference to the structure/skin/coating ratio in free forms - and in the satisfaction of a multiplicity of technical and regulatory requirements that must be integrated into the process of conceiving architectural structures.

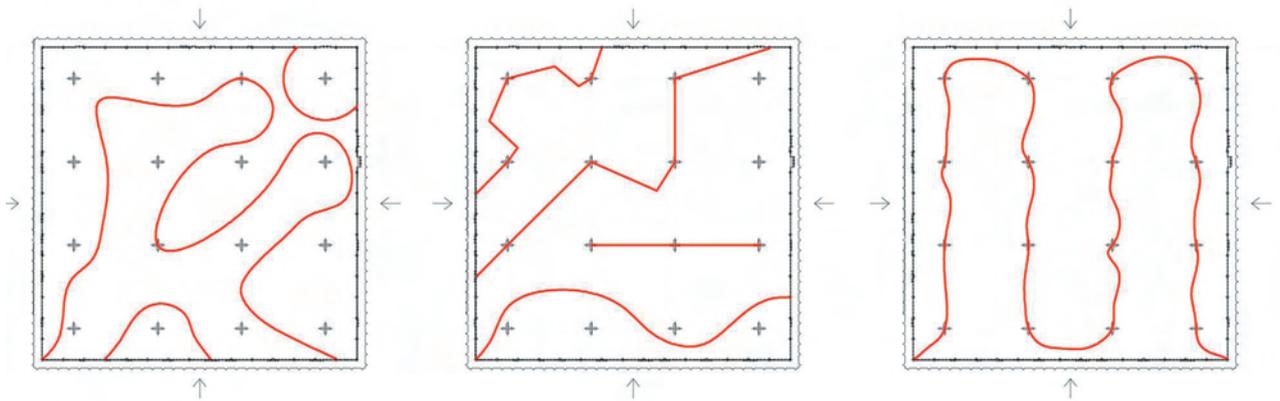
Moreover, students were introduced to multiple examples of contemporary architecture based on parametric design ranging from Industrial Design to the territorial scale. It was also highlighted how the most recent digital tools can relate to some parametric design approaches already present since the Sixties, with the projects of Luigi Moretti for the stadium with optimal visibility (Moretti, 1952) or the structural works of Sergio Musmeci (Musmeci, 1979). The latter theorized how form was the unknown to be determined starting from the design parameters, proposing the use of the first electronic calculators for processing these variables. Those kinds of Design approaches that all can be traced back to studies on generative grammars of form capable of generating, depending on the case, expanding or evolving formal elements starting from the variation of the considered data: let's think about the proportional system of classical orders, the study of morphological-functional types by Durand (Durand, 1813) or the museum with unlimited growth by Le Corbusier (Moulin, 2010); in this regard, it is clear that the compositional process of the parametric generation is not an invention of the contemporary era.



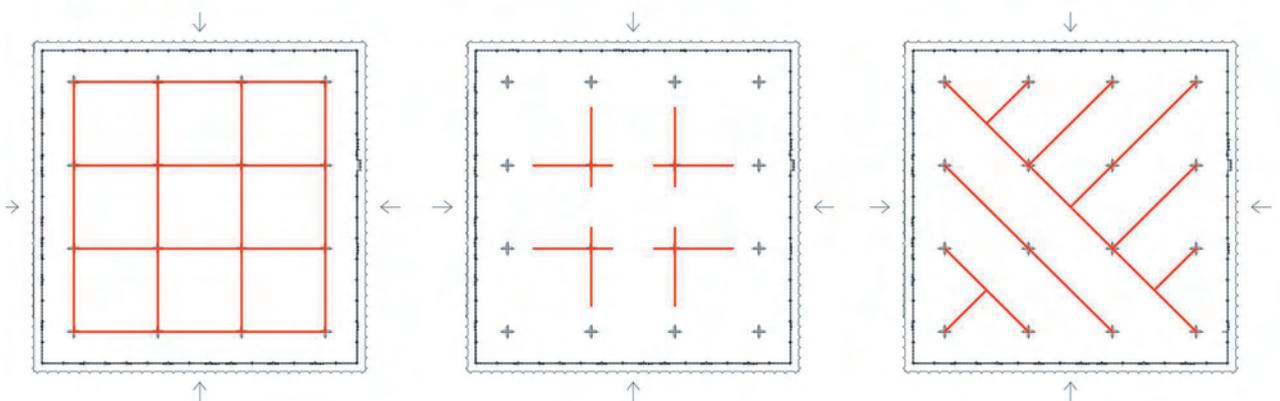
CONCENTRIC SHELLS



INDIPENDENT NUCLEUS



FREE PATHS



GRID

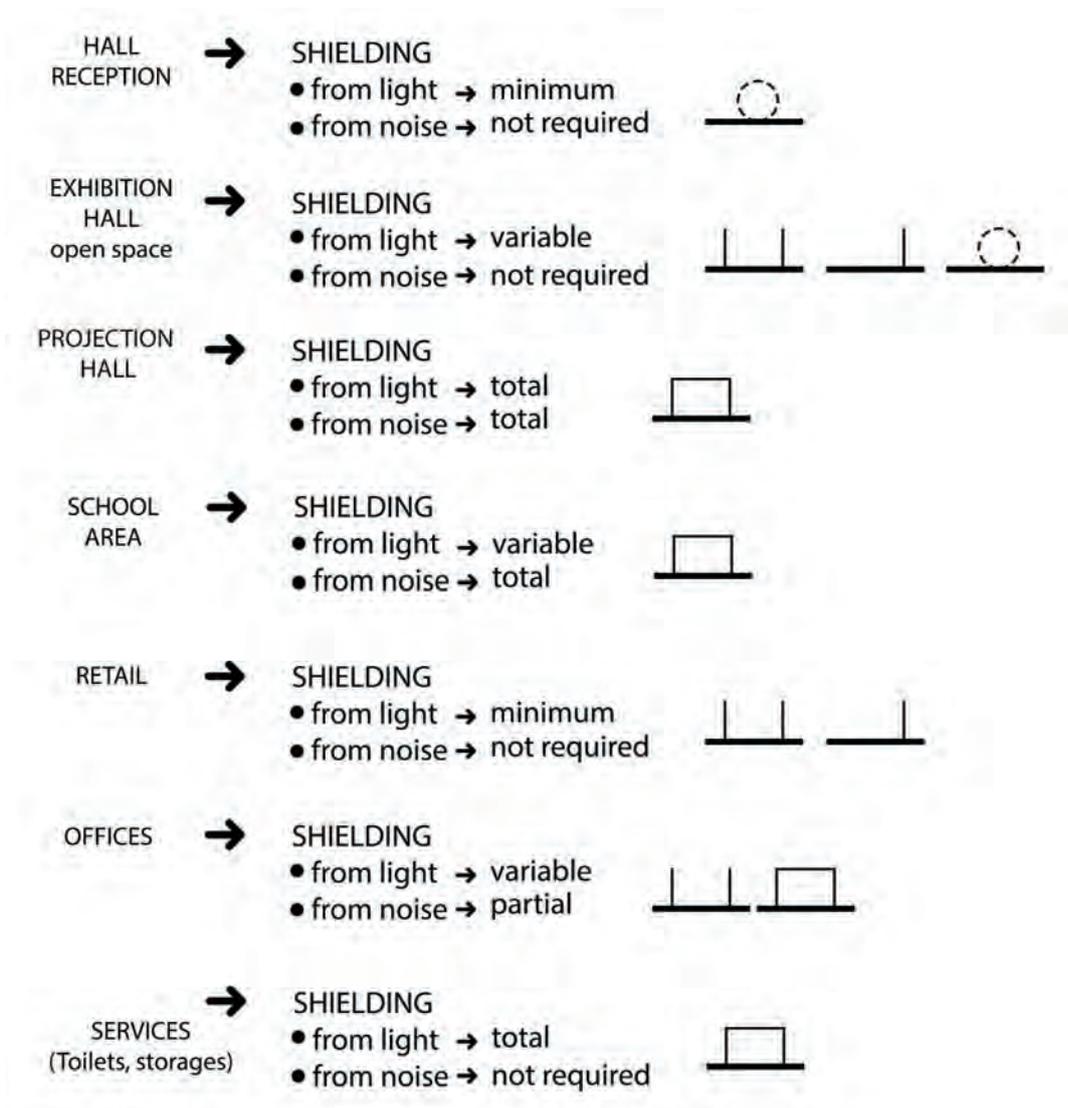


Fig.3 Sinossi delle funzioni associabili agli spazi interni

Fig.3 Synopsis of the functional areas that can be associated with internal spaces

loro un programma preliminare costituito da requisiti dimensionali e prestazionali (privacy, illuminazione, comfort ambientale e acustico), corredato da alcuni schemi tipologici alternativi, tra cui scegliere per procedere all'elaborazione di proposte di allestimento interno del Palazzo del Lavoro.

Sono state individuate a livello interdisciplinare le esigenze richieste per il corretto svolgimento delle attività da parte degli utenti (in questo caso in relazione alla funzione espositiva, didattica e commerciale). È stato quindi chiesto agli studenti di caratterizzare la responsive skin attraverso la definizione del quadro di requisiti che soddisfino le funzioni tecnologiche, geometriche, fisico-tecniche ed estetiche individuate negli obiettivi del progetto e di calcolare, attraverso processi algoritmici, i livelli prestazionali degli elementi tecnici.

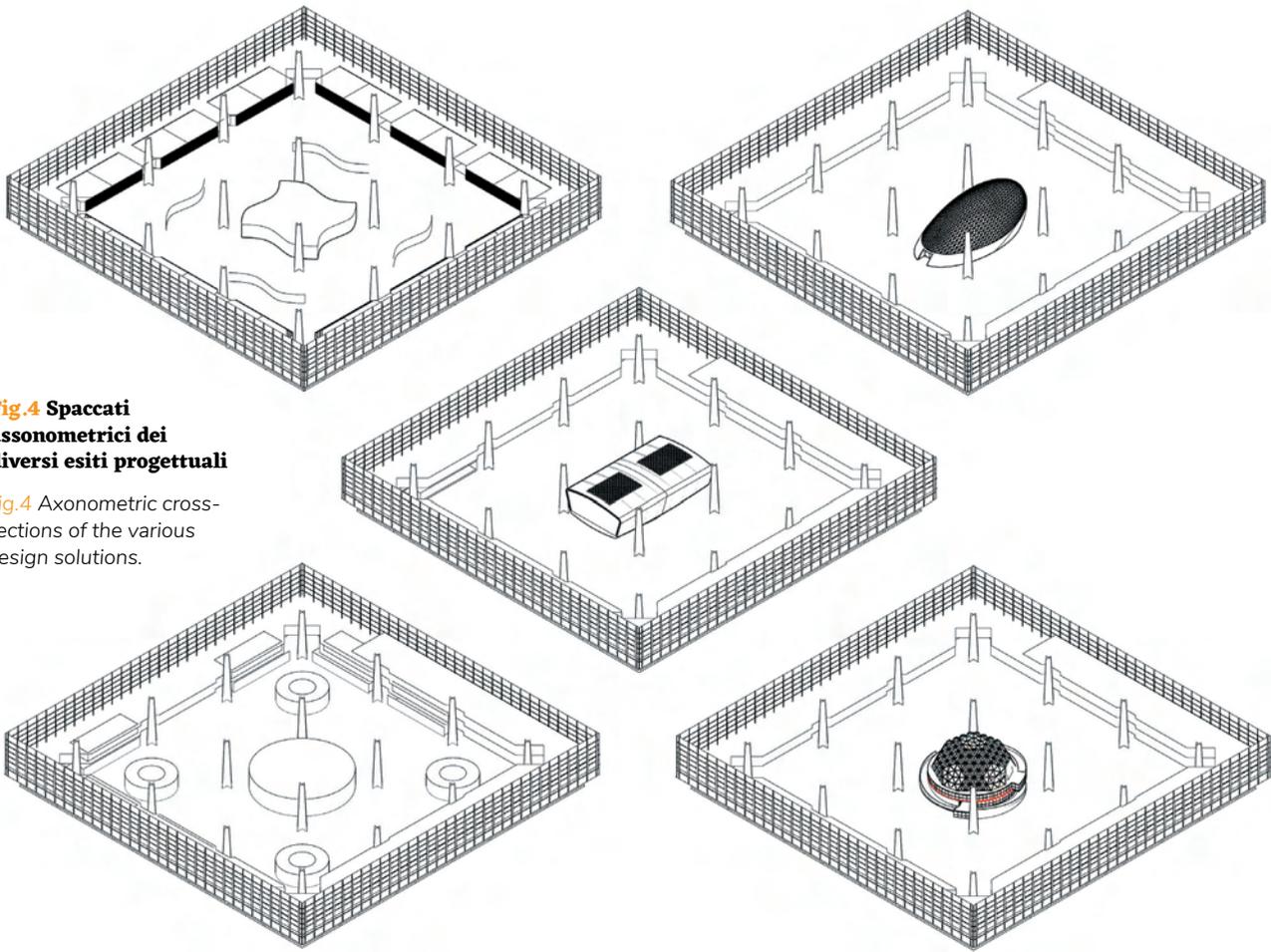
LA RAPPRESENTAZIONE DELLE SUPERFICI PIEGATE

Il contributo della rappresentazione si è invece concentrato nello studio degli algoritmi per la gestione del movimento: l'ela-

THE CASE STUDY AND THE DESIGN ISSUES

With regard to the case study proposed, it was decided to work on one of Pier Luigi Nervi's masterpieces, Palazzo del Lavoro, a virtuous example of dialogue between architectural and structural innovation, widely published in the major magazines of the time for its ability to optimize material and construction methods using rigorous forms.

The building is characterized by a structure that was innovative at the time: the project consisted in the creation of 16 mushroom-shaped elements, with variable sections, structurally autonomous and with a side length of about 40 metres, connected to each other by skylights. Its dimensions, on which Bruno Zevi had already spent some criticism, are out of scale, so the hypotheses of reuse cannot be banal. Palazzo



**Fig.4 Spaccati
assonometrici dei
diversi esiti progettuali**

Fig.4 Axonometric cross-sections of the various design solutions.

borazione di pelli architettoniche applicate a superfici non planari di edifici di nuova ideazione, intese nell'accezione più generica di separazione tra un dentro e un fuori, necessitano di un approccio interdisciplinare. Lo studio della forma è strettamente correlato alle necessità costruttive degli elementi che compongono la superficie. Le facce del poliedro ottenuto si possono muovere assumendo il doppio ruolo di dispositivo comunicativo a scala edilizia, ma, nell'ottica di essere un elemento dell'involucro architettonico dell'edificio, anche elemento di controllo per il comfort ambientale e dei consumi energetici per illuminazione e climatizzazione.

Nell'esperienza didattica si sono indagate le possibili configurazioni che una superficie piana può assumere se dotata di pieghe orientate ad angolo variabile secondo il pattern di suddivisione adottato, i tipi di relazioni che esistono tra le geometrie del disegno e le configurazioni che la superficie può assumere, ed infine il movimento applicato alla superficie nel passaggio da una configurazione all'altra.

La movimentazione di superfici poliedriche complesse è deter-

del Lavoro has a square plan of about 25000 square meters and a volume of 650000 cubic meters. The roof is supported by 16 impressive ferroceement pillars each 26 meters high.

The cruciform sectioned base is 5 meters long; the metal beams supporting the roof are bolted to the top. The elevations are characterized by a curtain wall supported by 128 uprights of about 20 meters high to which are welded oriented sunshades.

The speed of execution of the construction work, which lasted only 10 months, was also particularly interesting: the construction began in February 1960 and was completed in December of the same year. In order to respect the delivery times of the work, the greatest number of elements were prefabricated and the relative rationalization of site times was used. Un-

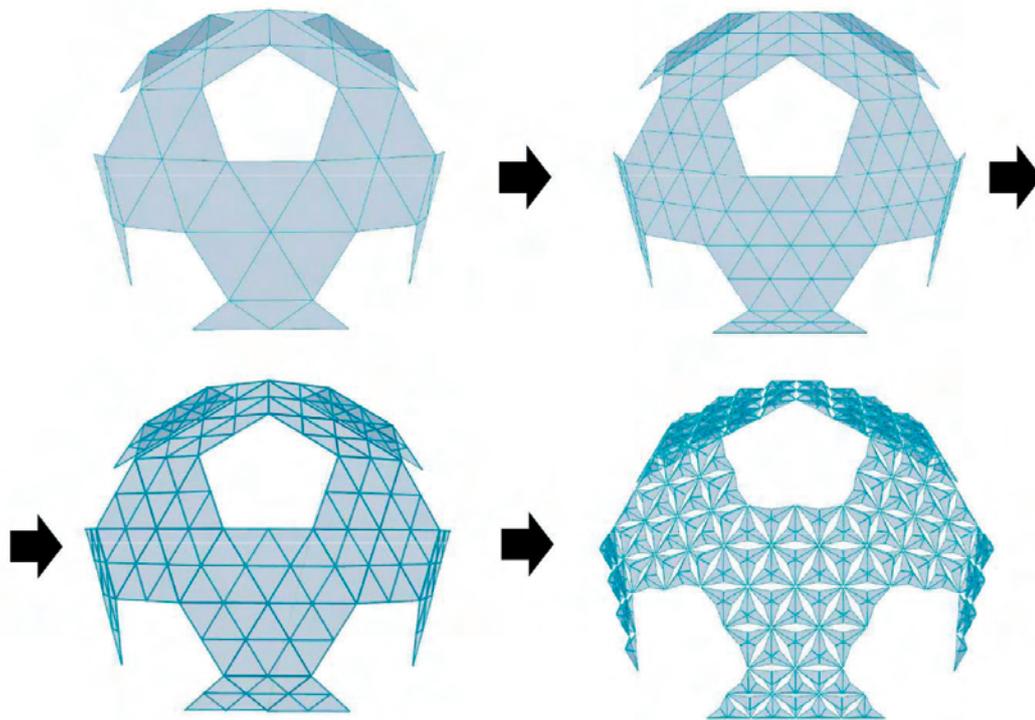


Fig.5 Procedure parametriche di tassellazione, dal modello di superficie alla pannellatura. Studenti: Delia, Destino, De Luca, Pons, Salpietro, Trazzi

Fig.5 Parametric tessellation procedures, from the surface model to the paneling one. Students: Delia, Destino, De Luca, Pons, Salpietro, Trazzi

minabile utilizzando procedure geometriche costruttive capaci di risolvere il dinamismo relativo al modulo minimo del pattern adottato (movimento locale). L'approccio geometrico si avvale di algoritmi costruttivi, in cui il linguaggio di programmazione visuale viene utilizzato per automatizzare costruzioni geometriche note che portano a un risultato esatto. La soluzione locale va poi reiterata su tutti i moduli individuabili nella totalità del pattern. L'approccio geometrico (costruttivo) richiede un codice il cui numero di componenti è legato alla dimensione del pattern esaminato.

Parallelamente all'approccio geometrico si è dunque sviluppato un approccio di tipo generativo, per l'ottimizzazione e la movimentazione di pattern complessi.

L'approccio generativo si avvale di algoritmi che svolgono un duplice ruolo: da una parte discretizzare le condizioni al contorno che influenzano la superficie poliedrica durante il movimento (vincoli ed obiettivi); dall'altra applicare un calcolo iterativo che converge in maniera asintotica verso la probabile soluzione, rispettando i vincoli precedentemente definiti. La definizione degli obiettivi è il risultato dell'osservazione del pattern attraverso una sequenza di schizzi e modelli fisici.

La movimentazione del prototipo ha consentito di individuare i vincoli attivi e passivi. Per vincoli attivi intendiamo le azioni che attuano il movimento; sono invece vincoli passivi quell'insieme di regole che simulano digitalmente il comportamento reale della superficie poliedrica. I vincoli passivi da simulare non sono sempre i medesimi, cambiano in relazione alla tipologia di pattern e alle azioni che si vogliono attuare sulle superfici per ottenere determinati movimenti.

fortunately, at the end of the Exhibition it was not possible to find a permanent function that could occupy these spaces. With the exception of a few events and a brief establishment of the BIT, then of the Region offices, then again of the Faculty of Economics and the Police Headquarters, these volumes have remained unused until today. As an obvious consequence of this long period of neglect, the structure is crumbling.

In order to allow the students to face the project in the limited time of one week, the teaching staff decided to provide them with a preliminary program consisting of dimensional and performance requirements (privacy, lighting, environmental and acoustic comfort), accompanied by some alternative typological schemes, from which to choose how to proceed with the elaboration of proposals for the interior design of Palazzo del Lavoro.

The needs required for the correct performance of the activities by the users (in this case with relation to the exhibition, teaching and commercial function) have been identified at an interdisciplinary level. Students were then asked to characterize the responsive skin by defining the framework of requirements that meet the technological, geometric, physical-technical and aesthetic functions identified in the objectives of the project and to calculate, throu-

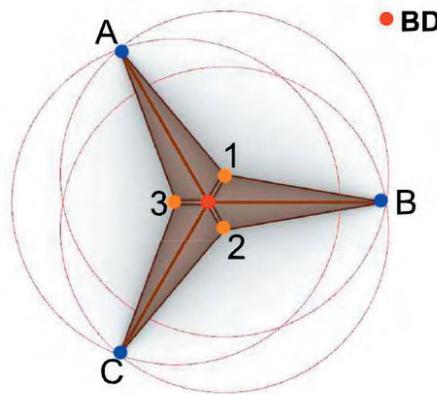
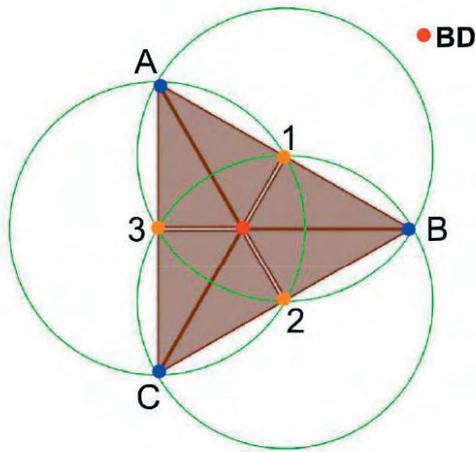


Fig.6 Tecniche di origami: traslazioni sul piano.
Studenti: Delia, Destino, De Luca, Pons, Salpietro, Trazzi

Fig.6 Origami techniques: translations on the plane.
 Students: Delia, Destino, De Luca, Pons, Salpietro, Trazzi

LA RESPONSABILITÀ E IL CONTROLLO DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI INTERNE

Approfondimenti di fisica tecnica ambientale hanno reso possibile il controllo del comfort visivo e termico all'interno dello spazio progettato. Il metodo ha previsto l'analisi delle variazioni delle condizioni ambientali interne in relazione al modificarsi della superficie responsiva, scegliendo lo scenario prestazionale che meglio si adatta alla destinazione d'uso scelta da ogni gruppo.

I contributi teorici forniti hanno messo in evidenza l'importanza del controllo della luce naturale negli edifici, in relazione al benessere degli utenti (comfort visivo e termico) e al risparmio energetico. In primo luogo è stato approfondito il comportamento del sistema costituito dal vetro e dalla schermatura, in particolare rispetto alla prestazione termica e visiva. Dalla scelta delle prestazioni tecniche di questo sistema e dal progetto della facciata derivano le condizioni ambientali di illuminazione interna che sono state oggetto di verifica attraverso la valutazione di indici quali da un lato il Fattore di Luce Diurna medio (FLDm, unico parametro cogente prescritto dalla normativa italiana per la concessione dell'abitabilità di uno spazio architettonico), dall'altro di indici dinamici, cosiddetti climate-based, in quanto nella loro definizione tengono conto (a differenza del concetto di FLDm) delle caratteristiche climatiche del sito in esame.

Questi indici non sono ancora inseriti nella normativa italiana, ma in alcuni casi fanno parte di protocolli di valutazione della sostenibilità energetico-ambientale di un edificio, quali ad esempio il protocollo LEED, attualmente impiegato negli Stati Uniti. I più diffusi e importanti fra questi indici sono: Useful Daylight Illuminance (UDI), Daylight autonomy (DA), Continuous Daylight autonomy (DAcon) e spatial Daylight autonomy (sDA). È opportuno notare come tutti questi indici si basino sull'illuminamento come grandezza fotometrica. In relazione al consumo di energia per illuminazione, questa è stata quantificata attraverso l'indice LENI (Lighting Energy Numerical Indicator), l'indice prescritto dalla normativa europea di riferimento

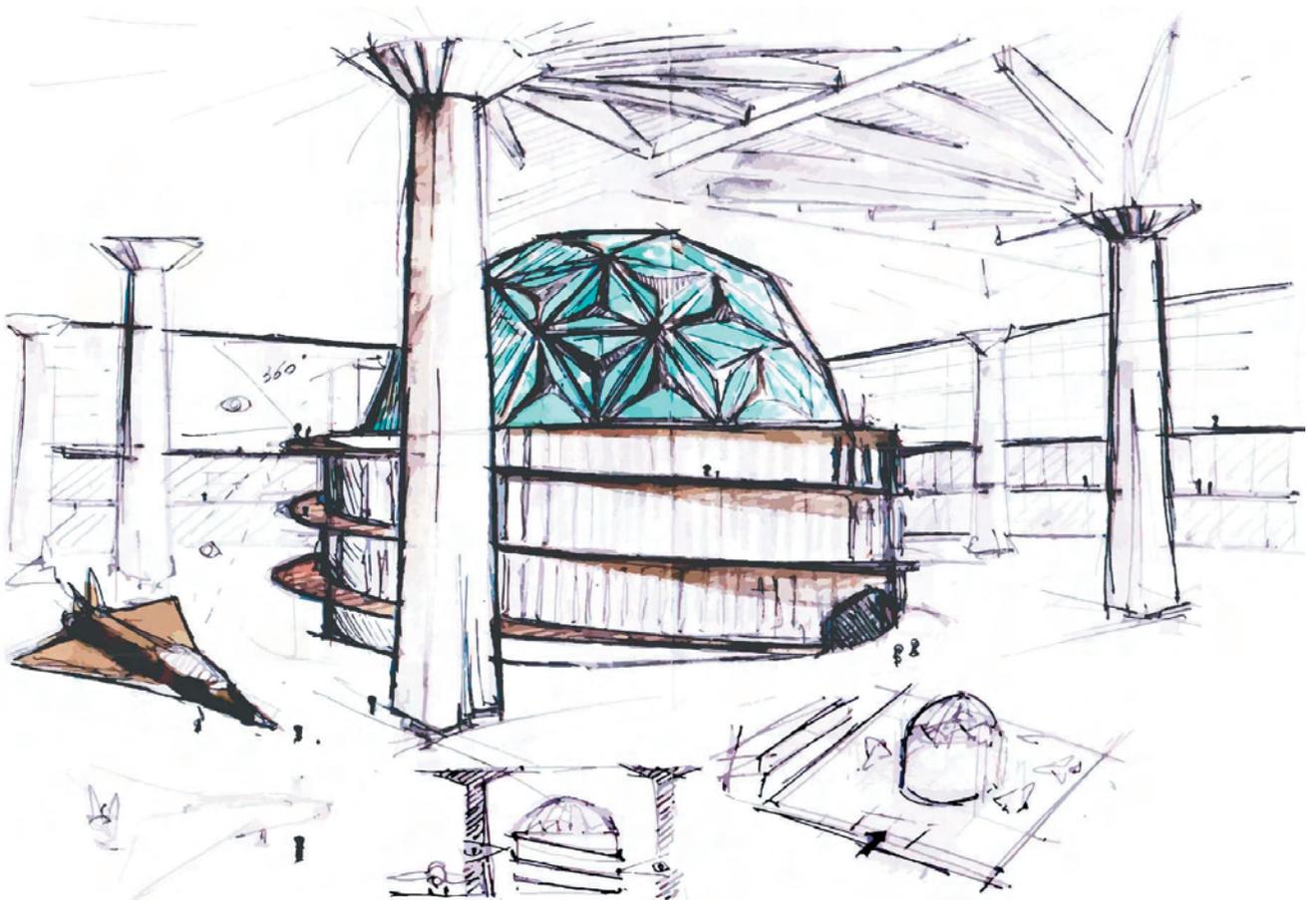
gh algorithmic processes, the performance levels of the technical elements.

THE REPRESENTATION OF THE FOLDED SURFACES

The contribution of representation has instead been concentrated in the study of algorithms for the management of the movement: the elaboration of architectural leathers applied to non-planar surfaces of buildings of new conception, understood in the most general sense as a separation between an inside and an outside, require an interdisciplinary approach. The study of form is closely related to the construction needs of the elements that make up the surface. The faces of the obtained polyhedron can be moved by assuming the double role. The first role is of communicative device on a building scale. The second one is a controlling element for environmental comfort and energy consumption for lighting and air conditioning, in order to be an element of the architectural envelope of the building.

In the didactic experience, the different configurations that a flat surface can assume have been investigated. Among them:

- a surface equipped with folds oriented at a variable angle according to the adopted subdivision pattern;
- the types of relations that exist between the design geometries and the configurations that the surface can assume;
- the movement applied to the surface in the passage from one configuration to another.



(EN 15193-1:2017). Una più dettagliata spiegazione delle metriche statiche e climate-based può essere trovata in Lo Verso et al. (2014)

Attraverso esempi di realizzazioni (uno dei più famosi citato è l'Istituto del mondo arabo, progettato da Jean Nouvel, del quale è stato possibile esaminare un modello in scala reale del meccanismo di movimentazione a diaframma) è stato illustrato come il dinamismo di cui può essere dotato il sistema di facciata per rispondere alla dinamica del contesto climatico esterno (presenza di irraggiamento diretto sulla facciata e di quale intensità, in funzione delle condizioni di cielo, dell'ora del giorno e della stagione) influisca direttamente sulla variazione delle condizioni ambientali interne; tali condizioni che si modificano nel tempo possono essere simulate attraverso un modello parametrico che al variare di un parametro tecnico del componente consente la valutazione istantanea degli illuminamenti nello spazio considerato, su una griglia definita dall'utente, e quindi il calcolo degli indici sopra citati. La valutazione può essere fatta per un qualunque istante temporale (time-step) così come può essere riferita a un intero anno, al fine di analizzare la prestazione annuale di uno spazio, in termini sia di comfort ambientale, sia di consumo energetico per illuminazione artificiale.

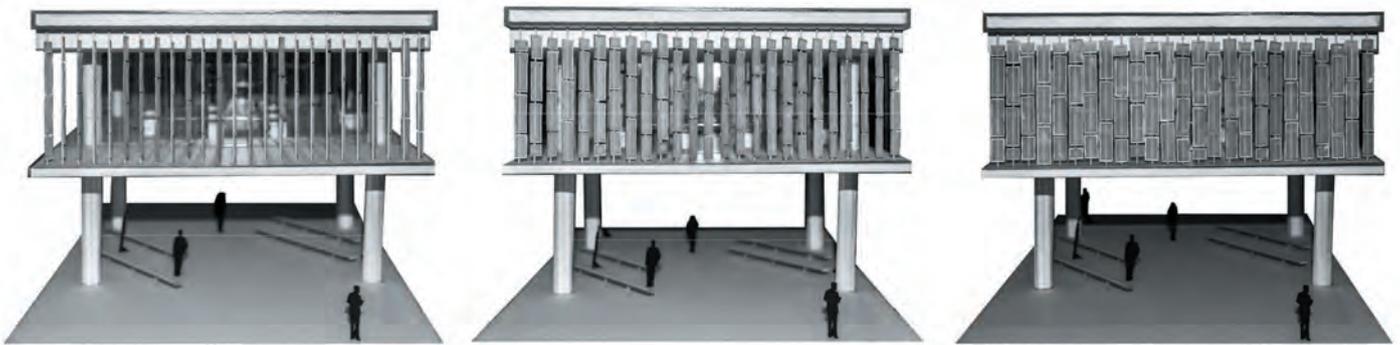
E' stato dunque proposto agli studenti di applicare questo approccio al caso studio attraverso la modellazione parametrica della facciata e il calcolo degli indici di valutazione della luce na-

Fig.7 Schizzo prospettico della soluzione proposta. Studenti: Delia, Destino, De Luca, Pons, Salpietro, Trazzi

Fig.7 Perspective sketch of the proposed solution. Students: Delia, Destino, De Luca, Pons, Salpietro, Trazzi

The movement of complex polyhedral surfaces can be determined using geometric construction procedures capable of resolving the dynamism relative to the minimum module of the adopted pattern (local movement). The geometric approach uses construction algorithms, in which the visual programming language is used to automate known geometric constructions that lead to an exact result. The local solution is then repeated on all the modules identifiable in the totality of the pattern. The geometric (constructive) approach requires a code whose number of components is linked to the size of the pattern examined.

In addition to the geometric approach, a ge-



turale e del consumo energetico per illuminazione. Per il calcolo, è stato usato l'add-on 'DIVA-for-Grasshopper', che contiene dei tools pre-costruiti per la simulazione degli illuminamenti in condizioni sia statiche (per il calcolo dell'indice FLDm), sia dinamiche (per il calcolo delle metriche climate-based e del consumo di energia per illuminazione).

DALL'IDEA ALLA COSTRUZIONE DELLA FORMA DINAMICA

La disciplina della tecnologia dell'architettura ha contribuito alla definizione del processo di progettazione parametrica sia in chiave metaprogettuale, proponendo l'applicazione dell'approccio esigenziale-prestazionale (Fig.12.a), sia dal punto di vista operativo, attraverso la progettazione del dettaglio tecnologico dei componenti di involucro responsivo.

Stabilite le caratteristiche prestazionali dell'involucro e costruito il modello dinamico, è stato chiesto agli studenti di elaborare il dettaglio tecnologico, passando così dalla fase ideativa alla fase realizzativa del processo. Il passaggio di scala dal modello parametrico al disegno costruttivo dei tasselli di involucro è stato portato a compimento attraverso l'elaborazione di esplosi assonometrici e modelli fisici (Fig.12.b).

Nonostante il breve tempo a disposizione del workshop, tali elaborati hanno permesso agli studenti di affrontare in modo consapevole la sfida dell'ingegnerizzazione degli elementi tecnici e, al contempo, al corpo docente di dare supporto ai gruppi nella concretizzazione dell'idea progettuale.

Gli approfondimenti applicativi sono stati affiancati da un contributo teorico in cui sono state affrontate le principali caratteristiche dei sistemi tecnologici di facciata in relazione al concetto di responsive skin. Estendendo il requisito primario dell'involucro quale riparo per l'uomo dagli agenti atmosferici, a quello di mediatore tra l'organismo edilizio e l'ambiente esterno, "le condizioni ambientali esterne diventano una risorsa e non una forza contro cui lottare, mentre l'involucro può intendersi come una "pelle reattiva" che migliora il benessere interno ed evoca molte possibilità di cambiamento" (Herzog, 2005). Inoltre, sono state messe in evidenza le modalità operative di messa in opera delle facciate a

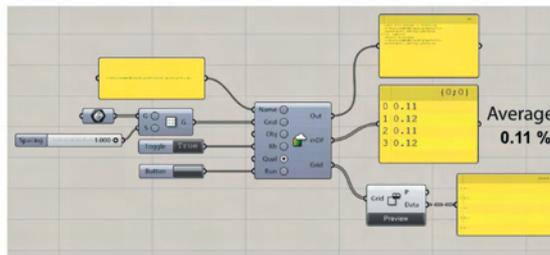
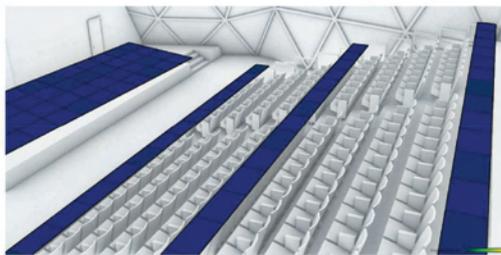
Fig.8 Immagini del modello fisico. Diverse configurazioni formali associabili al movimento della pelle di facciata. Studenti: Dumitrache, Fornaro, Menegon, Murru, Reitsma, Sandu

Fig.8 Pictures of the physical model. Different shapes that can be associated with the movement of the facade skin. Students: Dumitrache, Fornaro, Menegon, Murru, Reitsma, Sandu

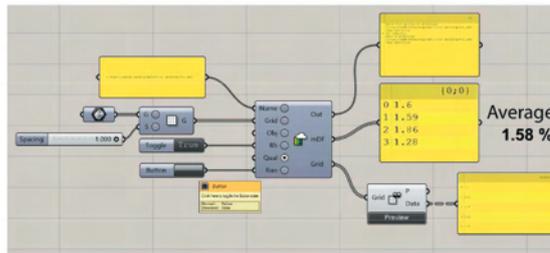
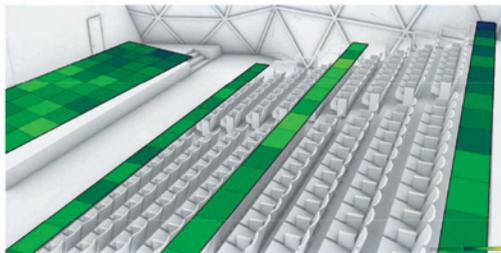
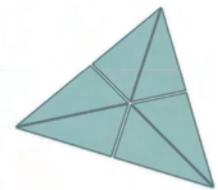
nerative approach has been developed for the optimization and handling of complex patterns.

The generative approach uses algorithms that play a dual role: on the one hand, to discretize the boundary conditions that influence the polyhedral surface during movement (constraints and objectives); on the other hand, to apply an iterative calculation that converges asymptotically towards the probable solution, respecting the previously defined constraints. The definition of the objectives is the result of the observation of the pattern through a sequence of sketches and physical models.

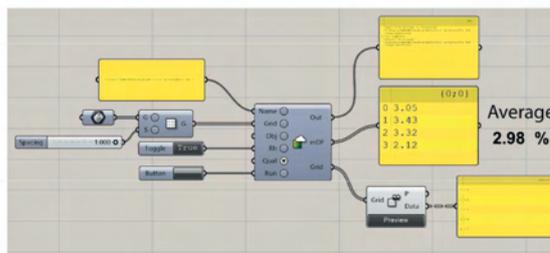
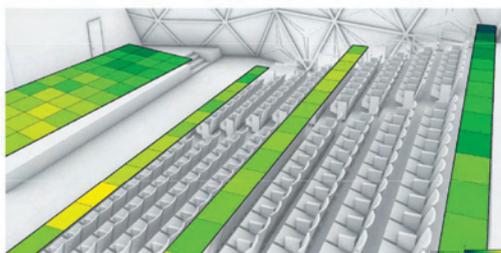
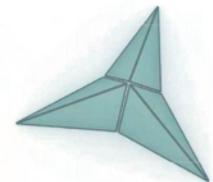
The movement of the prototype made it possible to identify the active and passive constraints. By active constraints we mean the actions that implement the movement; passive constraints are instead the set of rules that digitally simulate the real behavior of the multifaceted surface. The passive constraints to be simulated are not always the same, they change in relation to the type of pattern and the actions to be carried out on the surfaces to obtain certain movements.



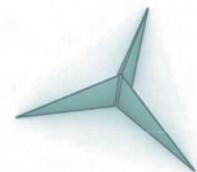
Opening Percentage 0%



Opening Percentage 50%



Opening Percentage 100%



partire dai primi esempi di involucri innovativi, come il Crystal Palace di Joseph Paxton (1851), dove la scelta del modulo costruttivo ripetuto era subordinato alla dimensione delle lastre di vetro disponibili all'epoca e al peso massimo trasportabile in cantiere; gli esempi sperimentali degli anni Settanta, quali ad esempio la gridshell della Multihalle di Mannheim progettata da Frei Otto (1975); sono stati inoltre criticamente analizzati gli esempi più recenti di architettura biomimetica o delle liquide facades, in cui attraverso processi digitali, vengono riprodotti processi biologici o meccanici nella progettazione di edifici.

Risultati conseguiti

L'applicativo VPL utilizzato e le relative plug in hanno supportato efficacemente lo sviluppo progettuale che prevedesse uno studio approfondito di pelli di tipo responsivo, consentendo inoltre a tutti gli studenti di appropriarsi delle conoscenze necessarie a proporre un progetto avanzato di illuminazione naturale. La particolare configurazione dello spazio proposto ha previsto la progettazione di spazi confinati all'interno del contenitore, vincolato, del Palazzo del Lavoro di Nervi, secondo una schema di 'scatola nella scatola'. Il tema avrebbe potuto rivelarsi potenzialmente penalizzante ai fini di uno studio ottimale dell'il-

Fig.9 Elaborato che affianca lo studio della variazione della distribuzione spaziale dell'indice FLD in funzione della percentuale di apertura del modulo di facciata (da sinistra: rappresentazione in falsi colori, algoritmo da software parametrico, rappresentazione del modulo). Studenti: Delia, Destino, De Luca, Pons, Salpietro, Trazzi

Fig.9 The study of the variation of the spatial distribution of the DF index in accordance with the opening percentage of the facade module (from the left: representation in false colors, algorithm obtained by parametric software, graphic representation of the module). Students: Delia, Destino, De Luca, Pons, Salpietro, Trazzi.

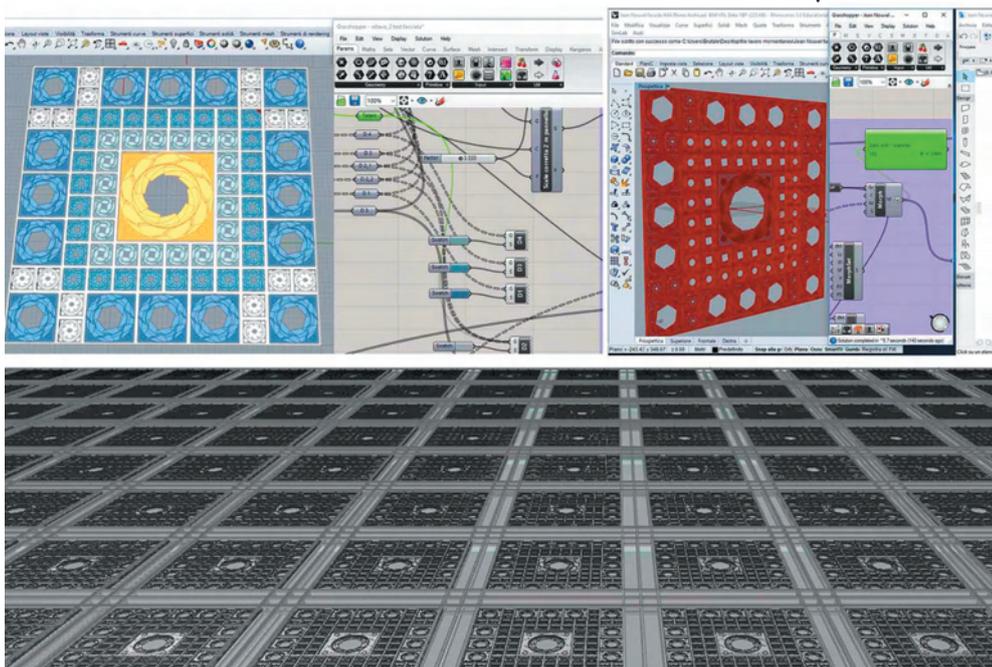


Fig.10 Modello parametrico di un modulo della facciata dell'Istituto del mondo arabo a Parigi. Algoritmo sviluppato con Grasshopper per lo studio del cinematicismo (autore: arch. Yoseph Bausola Pagliero)

Fig.7 Parametric model of a module of the facade of the Institute of the Arab World in Paris. Algorithm developed with Grasshopper for the analysis of the cinematic studies (author: arch. Yoseph Bausola Pagliero)

luminazione naturale interna.

Questo ha costretto gli studenti a una continua reiterazione del processo progettuale, in termini di ottimizzazione della relazione fra il pattern geometrico della facciata responsiva e la disposizione degli spazi interni, allo scopo di definire la soluzione più soddisfacente. In quest'ottica, è interessante sottolineare come spesso in spazi, quali le sale conferenze, che strettamente non sarebbero risultati a norma secondo le prescrizioni legislative del FLDm, si sia prodotta invece una buona qualità ambientale in termini di illuminazione naturale, secondo le metriche dinamiche e i relativi valori minimi di accettabilità. Nel caso presentato a titolo di esempio in Fig. 11, il valore dell'indice FLDm (2%) è infatti insufficiente e non rispetta il valore richiesto dalle norme cogenti (3%), ma l'analisi dei valori spaziale e medi dell'indice UDI rivela un ambiente luminoso coerente e stimolante, che riscontrerebbe una buona accettabilità da parte dell'utenza.

Questo tipo di esperienza progettuale ha pertanto dimostrato anche come lo stesso apparato legislativo italiano in materia di illuminazione naturale sia obsoleto e limitato, con il rischio di portare a risultati progettuali non corretti o fortemente limitati.

Conclusioni: Punti di forza e criticità rilevate nell'esperienza

L'interazione costante nel tempo e nello spazio tra le diverse discipline è stato senza dubbio il fattore di successo dell'esperienza didattica che si è giovata anche dell'esperienza dell'anno precedente focalizzandosi così su un tema di progetto più preciso e circoscritto a partire da un programma funzionale e

THE RESPONSIVENESS AND CONTROL OF INTERNAL ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Detailed studies about building physics have made possible to control the visual and thermal comfort within the designed space. The method involved the analysis of the variations of the internal environmental conditions, in relation to the modification of the responsive surface, choosing the performance scenario that best suits the intended use chosen by each group.

The theoretical contributions provided have highlighted the importance of controlling natural light in buildings, in with relation to the comfort of users (the visual and the thermal ones) and energy savings. First, the behaviour of the glass and shielding system was investigated, in particular with respect to the thermal and the visual performance. The choice of the technical performance of this system and the design of the facade result in the environmental conditions of interior lighting that have been verified through the evaluation of indices such as, the Average Daylight Factor. (DFm, the only mandatory parameter prescribed by Italian law for the granting of the habitability of an architectural space) On the other hand dynamic indices were also evaluated as in their definition, since they are also called cli-

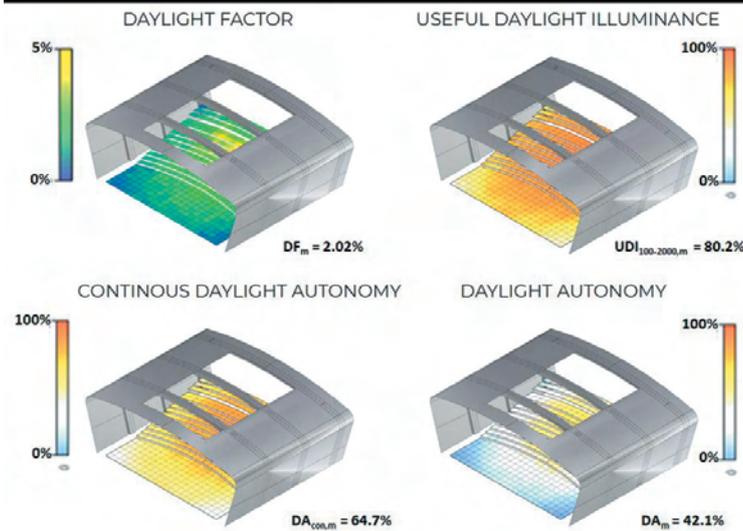


Fig.11 Rappresentazione spaziale in falsi-colori e calcolo dei valori medi del FLDm e delle principali metriche dinamiche climate-based. Il caso-studio è una delle sale conferenze elaborate da un gruppo di studenti (viene proposto anche un render dello spazio interno con vista della responsive skin progettata). Studenti: Di Lisa, Nicita, Scacchetti, Smaila, Tuccio

Fig.11 Spatial representation in false colours and calculation of the average values of the DFm and of the main climate-based dynamic metrics. The case-study is one of the conference rooms elaborated by a group of students (a rendering of the internal space with a view of the designed responsive skin is also proposed). Students: Di Lisa, Nicita, Scacchetti, Smaila, Tuccio.

prestazionale piuttosto definito. Per la sua ricchezza e la sua complessità l'esperienza richiederebbe sicuramente un tempo maggiore per permettere una circolarità del progetto che sfrutti pienamente la potenzialità della progettazione parametrica.

Tuttavia se, da una parte, il tempo a disposizione limitato che caratterizza i workshop ha rappresentato un limite nell'approfondimento del progetto, allo stesso tempo ha permesso agli studenti di arrivare a un esito progettuale interdisciplinare che può costituire una base di partenza avanzata per il prosieguo del percorso formativo della Laurea Magistrale e, in futuro, della pratica professionale.

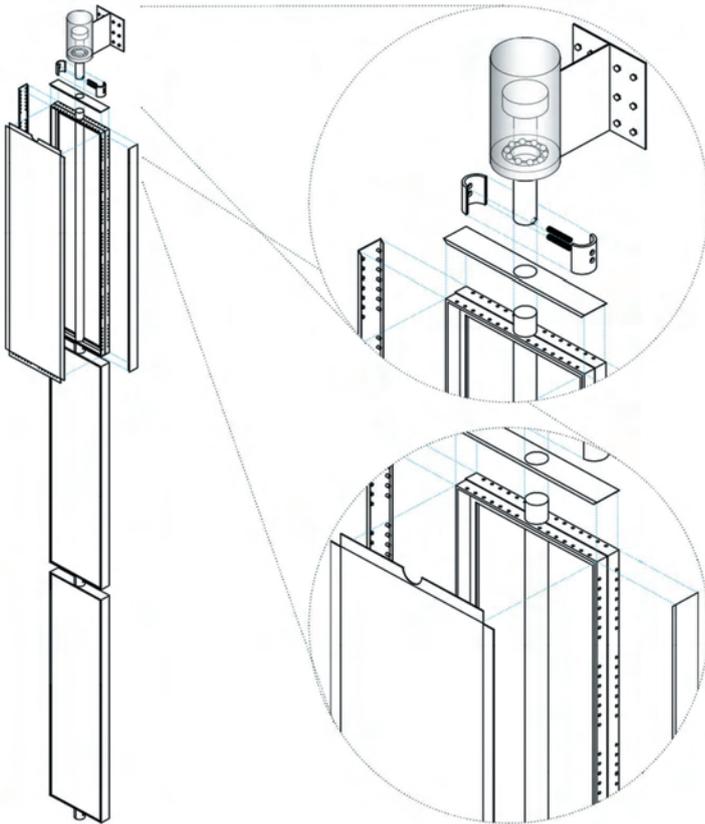
L'approccio parametrico al progetto di architettura si candida dunque a diventare lo strumento migliore per creare occasioni progettuali interdisciplinari in cui priorità e requisiti diversi possono essere chiaramente formalizzati e integrati nel progetto e nella rappresentazione della forma che non diventi ancella dei requisiti tecnici, ma bensì interprete delle esigenze sociali, economiche e funzionali.

mate-based, they take into account (unlike the concept of DFm) the climatic characteristics of the examined site.

These indicators are not yet included in Italian legislation, but in some cases they are part of protocols for assessing the energy-environmental sustainability of a building, such as the LEED protocol, currently used in the United States. The most common and important of these indices are: Useful Daylight Illuminance (UDI), Daylight autonomy (DA), Continuous Daylight autonomy (DAcon) and spatial Daylight autonomy (sDA). It is worth noting that all these indices are based on illuminance as a photometric quantity. In relation to energy consumption for lighting, this has been quantified using the LENI (Lighting Energy Numerical Indicator), the index prescribed by the European reference standard (EN 15193-1:2017). A more detailed explanation of static and climate-based metrics can be found in Lo Verso et al. (2014).

Through samples (one of the most famous mentioned is the Institute of the Arab world, designed by Jean Nouvel, with which it has been possible to examine a full-scale model of the diaphragm movement mechanism) it has been illustrated how the dynamism with

ACTIVITY	REQUIREMENTS	RESPONSE
Teaching	Natural lighting of the room	Maximum opening of the shield according to the level of external lighting
Class projection	Natural lighting on the desk and shading on the screen	Differentiation of the shield opening according to the area to be illuminated / shaded
Meeting	Privacy	Opening of the shield according to the user's needs
Auditorium projection	Complete darkness	Total shutting of the shield
Exhibiting	Diffuse lighting	Light Reflective / translucent internal shielding



Bibliografia

[1] BUCCI, Federico, MULAZZANI, Marco (2000), Luigi Moretti: Opere e scritti, Electa, Milano.

[2] CALVANO, Michele, CASALE, Andrea, VALENTI, Graziano Mario, (2016) From origami to folded surfaces. Representing moving forms. In Proceedings of 17TH international conference on geometry and graphics ICGG. Beijing.

[3] DURAND, Jean-Nicolas-Louis, (1813), Nouveau précis des leçons d'architecture : données à l'École impériale polytechnique, Fantin, Paris.

Fig.12 a) Analisi dei requisiti in relazione alle attività da svolgere e risposta della schermatura; (b) Dettaglio esecutivo del componente di schermatura. Studenti: Dumitrache, Fornaro, Menegon, Murru, Reitsma, Sandu

Fig.12 (a) Analysis of the requirements in relation to the activities to be carried out and response of the shielding; (b) Executive detail of the shielding component. Students: Dumitrache, Fornaro, Menegon, Murru, Reitsma, Sandu

which the facade system can be equipped to respond to the dynamics of the external climatic context (presence of direct irradiation on the façade and of what intensity, depending on the conditions of the sky, the time of day and the season) directly affects the variation of the internal environmental conditions; these conditions, which change over time, can be simulated through a parametric model that, with the variation of a technical parameter of the component, allows the instantaneous evaluation of the illuminances in the considered space, on a grid defined by the user, and therefore the calculation of the above mentioned indexes. The evaluation can be made for any temporal instant (time-step) as it can be referred to a whole year, in order to analyze the annual performance of a space, in terms of both environmental comfort and energy consumption for artificial lighting.

It was therefore proposed to the students to apply this approach to the case study through the parametric modeling of the facade and the calculation of the indices of evaluation of natural light and energy consumption for lighting. For the calculation, the add-on 'DIVA-for-Grasshopper' was used, which contains pre-built tools for the illuminance simulation under both static (for the calculation of the DFm index) and dynamic (for the calculation of climate-based metrics and energy consumption for lighting) conditions.



[4] HERZOG, Thomas, KRIPPNER, Roland, LANG, Werner, (2005), Atlante delle facciate, UTET, Torino.

Mitchell, M. (1998). An introduction to genetic algorithms. Cambridge: The MIT Press.

[5] LO TURCO, Massimiliano, (2012), Elogio al disegno parametrico: dalla teoria ai processi operativi. In Atti del XXXIV Convegno dei Docenti della Rappresentazione (pp. 293-300). Roma: Gangemi.

[6] LO VERSO, Valerio R.M., FREGONARA, Elena, CAFFARO, Federica, MORISANO, Caterina, PEIRETTI, Gian Maria, (2014),

Fig.13 Render d'interni.
**Studenti: Aprile-Ximenes,
 Arata, Arpaia, Belfiore,
 Bravo, Occhineri**

Fig.13 Rendering of the interior. Students: April-Ximenes, Arata, Arpaia, Belfiore, Bravo, Occhineri



Daylighting as the Driving Force of the Design Process: from the Results of a Survey to the Implementation into an Advanced Daylighting Project, *Journal of Daylighting* 1, 36-55.

[7] MORETTI, Luigi, *Struttura come forma*, in *Spazio n°6*, dicembre 1951-aprile 1952, pagg. 21-30 e 110.

[8] MOULIS, Antony, (2010), *Forms and techniques: Le Corbusier, the spiral plan and diagram architecture*. *Architectural Research Quarterly*, 14(4), 317-326. doi:10.1017/S135913551100011X

[9] MUSMECI, Sergio, (1979), *La genesi della forma nelle strutture spaziali*, in *PARAMETRO* (80), pp. 13-33.

FROM THE IDEA TO THE CONSTRUCTION OF THE DYNAMIC FORM

The discipline of architectural technology has contributed to the definition of the parametric design process both from a meta-design point of view, proposing the application of the performance-based design approach (Fig.12.a), and from an operational point of view, through the design of the technological detail of the components of the responsive envelope.

Once the performance features of the envelope had been established and the dynamic model built, the students were asked to elaborate the technological detail, thus moving from the conception phase to the implementation phase of the process. The scale transition from the parametric model to the constructive design of the building blocks was completed through the elaboration of axonometric exploded views and physical models (Fig.12.b).

Despite the short time available for the workshop, these works allowed on one hand the students to face the challenge of engineering the technical elements in a conscious way and, on the other hand the teaching staff to support the groups in the realization of the project idea.

The in-depth application studies were accompanied by a theoretical contribution in which the main characteristics of technological façade systems in relation to the concept of responsive skins were addressed. By extending the primary requirement of the envelope as a shelter for man from the elements, to that of a mediator between the building organism and the external environment, “the external environmental conditions become a resource and not a force against which to fight, while the envelope can be understood as a “reactive skin” that improves internal well-being and evokes many possibilities for change” (Herzog, 2005). In addition, the working methods for installing the façades have been highlighted, starting with the first examples of innovative envelopes, such as Joseph Paxton’s Crystal Palace (1851), where the choice of the repeated construction module was dependent

on the size of the glass sheets available at the time and the maximum weight that could be transported to the building site; the experimental examples of the 1970s, such as the gridshell of the Multihalle in Mannheim designed by Frei Otto (1975); the most recent examples of biomimetic architecture or liquid facades, in which biological or mechanical processes are reproduced in building design through digital processes, have also been critically analysed.

Achieved results

The VPL application used and the relative plugins effectively supported the design development, which included an in-depth study of responsive skins, also allowing all students to acquire the knowledge necessary to propose an advanced project of natural lighting. The particular configuration of the proposed case study involved the design of spaces confined within the bound container of the Nervi's Palazzo del Lavoro, according to a scheme of a 'box in box'. The theme could have been potentially penalizing for an optimal study of the internal natural lighting.

This constraint has forced the students to a continuous repetition of the design process, in terms of optimizing the relationship between the geometric pattern of the responsive facade and the arrangement of the internal spaces, in order to define the most satisfactory solution. From this point of view, it is interesting to underline how often in spaces, such as conference rooms, which strictly would not have been compliant with the legislative requirements of the DFm, a good environmental quality was produced in terms of natural lighting, according to the dynamic metrics and the relative minimum values of acceptability. In the case presented as an example (Fig. 11), the value of the DFm index (2%) is in fact inadequate and does not comply with the value required by the mandatory standards (3%), but the analysis of the spatial and average values of the UDI index reveals a coherent and stimulating light environment, which would find a good acceptance by users.

This kind of design experience has therefore also shown how the Italian legislative apparatus itself in the field of natural lighting is obsolete and limited, with the risk of leading to incorrect or strongly limited design results.

Conclusions: Strengths and weaknesses observed in the didactic experience

The constant interaction in time and space between the different disciplines was undoubtedly the success factor of the teaching experience, which also benefited from the experience of the previous year, thus focusing on a more precise and circumscribed project theme, starting from a rather defined functional and performance programme. Because of its richness and complexity, the experience would certainly require more time to allow a circularity of the project that fully exploits the potential of parametric design.

However, if, on the one hand, the limited time available that characterizes the workshops has been a limit in the deepening of the project, at the same time has allowed students to arrive at an interdisciplinary project outcome that can be a starting point for the advanced continuation of the educational path of the Master's Degree and, in the future, of professional practice.

The parametric approach to architectural design is therefore intended to become the best tool for creating interdisciplinary design opportunities in which different priorities and requirements can be clearly formalized and integrated into the design and representation of the form that does not become the ancillary element of technical requirements, but rather interprets social, economic and functional needs.



References

[1] BUCCI, Federico, MULAZZANI, Marco (2000), *Luigi Moretti: Opere e scritti*, Electa, Milan.

[2] CALVANO, Michele, CASALE, Andrea, VALENTI, Graziano Mario, (2016) *From origami to folded surfaces. Representing moving forms*. In *Proceedings of 17TH international conference on geometry and graphics ICGG*. Beijing.

[3] DURAND, Jean-Nicolas-Louis, (1813), *Nouveau précis des leçons d'architecture : données à l'École impériale polytechnique*, Fantin, Paris.

[4] HERZOG, Thomas, KRIPPNER, Roland, LANG, Werner, (2005), *Atlante delle facciate*, UTET, Turin.

Mitchell, M. (1998). *An introduction to genetic algorithms*. Cambridge: The MIT Press.

[5] LO TURCO, Massimiliano, (2012), *Praising parametric drawing: from theory to operational processes*. In *Proceedings of the XXXIV Convegno dei Docenti della Rappresentazione* (pp. 293-300). Rome: Gangemi.

[6] LO VERSO, Valerio R.M., FREGONARA, Elena, CAFFARO, Federica, MORISANO, Caterina, PEIRETTI, Gian Maria, (2014), *Daylighting as the Driving Force of the Design Process: from the Results of a Survey to the Implementation into an Advanced Daylighting Project*, *Journal of Daylighting* 1, 36-55.

[7] MORETTI, Luigi, *Struttura come forma*, in *Spazio n°6*, December 1951-April 1952, pagg. 21-30 e 110.

[8] MOULIS, Antony, (2010), *Forms and techniques: Le Corbusier, the spiral plan and diagram architecture*. *Architectural Research Quarterly*, 14(4), 317-326. doi:10.1017/S135913551100011X

[9] MUSMECI, Sergio, (1979), *La genesi della forma nelle strutture spaziali*, in *PARAMETRO* (80), pp. 13-33.

Il volume raccoglie i contributi dei ricercatori, dei professionisti e degli operatori del settore, sullo stato della ricerca nell'ambito del 3D Modeling & BIM.

È interessante verificare come, analizzando le "Keywords" presenti nei contributi, siano presenti quelle più comuni e fondanti il tema, come i termini BIM, HBIM, 3D modeling, VR, AR, Interoperabilità. Allo stesso tempo si può constatare come gli autori abbiano fatto emergere, con maggiore consapevolezza delle loro centralità, nuove parole chiave, attingendo a volte a settori di studio affini, che nel loro insieme manifestano un'accelerazione nella capacità critica di affrontare il tema generale dell'Information Modeling, individuandone le criticità e plasmandolo con innovative e ottimizzate funzionalità. Le nuove "Keywords" sono "Level of Reliability", "Model checking", "Combine Modeling", "Algorithms aided design", "Complexity", "Design analysis" e "Dataset".

Oltrepassando il livello percettivo-interpretativo delle parole chiave, si entra nel merito dei contenuti, riordinando le tematiche del digitale collegate alle attività di conoscenza, ideazione e comunicazione dello spazio antropizzato. Procedendo dal generale al particolare, si registra nell'evoluzione delle attività prima individuate una maggiore consapevolezza del ruolo centrale dell'elaborazione digitale.

In particolare, appare sempre più evidente il superamento del paradigma operativo del digitale utilizzato come strumento di automazione di vecchie metodologie in favore del digitale inteso come ausilio per la definizione di nuovi processi.

ISBN 978.88.496.1942.3



9 788849 619423