

BDC

Università degli Studi di Napoli Federico II

15

numero 2 anno 2015



BDC

Università degli Studi di Napoli Federico II

15

numero 2 anno 2015

**Towards
the Implementation
of the Science
of the City**



BDC

Università degli Studi di Napoli Federico II

Via Toledo, 402
80134 Napoli
tel. + 39 081 2538659
fax + 39 081 2538649
e-mail info.bdc@unina.it
www.bdc.unina.it

Direttore responsabile: Luigi Fusco Girard
BDC - Bollettino del Centro Calza Bini - Università degli Studi di Napoli Federico II
Registrazione: Cancelleria del Tribunale di Napoli, n. 5144, 06.09.2000
BDC è pubblicato da FedOAPress (Federico II Open Access Press) e realizzato con Open Journal System

Print ISSN 1121-2918, electronic ISSN 2284-4732

Editor in chief

Luigi Fusco Girard, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy

Co-editors in chief

Maria Cerreta, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Pasquale De Toro, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy

Associate editor

Francesca Ferretti, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy

Editorial board

Antonio Acierno, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Luigi Biggiero, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Francesco Bruno, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Vito Cappiello, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Mario Coletta, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Teresa Colletta, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Ileana Corbi, Department of Structures for Engineering and Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Livia D'Apuzzo, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Gianluigi de Martino, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Francesco Forte, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Rosa Anna Genovese, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Fabrizio Mangoni di Santo Stefano, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Luca Pagano, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Stefania Palmentieri, Department of Political Sciences, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Luigi Picone, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Michelangelo Russo, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Salvatore Sessa, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy

Editorial staff

Alfredo Franciosa, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Francesca Nocca, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy

Scientific committee

Roberto Banchini, Ministry of Cultural Heritage and Activities (MiBACT), Rome, Italy
Alfonso Barbarisi, School of Medicine, Second University of Naples (SUN), Naples, Italy
Eugenie L. Birch, School of Design, University of Pennsylvania, Philadelphia, United States of America
Roberto Camagni, Department of Building Environment Science and Technology (BEST), Polytechnic of Milan, Milan, Italy
Leonardo Casini, Research Centre for Appraisal and Land Economics (Ce.S.E.T.), Florence, Italy
Rocco Curto, Department of Architecture and Design, Polytechnic of Turin, Turin, Italy
Sasa Dobricic, University of Nova Gorica, Nova Gorica, Slovenia
Maja Fredotovic, Faculty of Economics, University of Split, Split, Croatia
Adriano Giannola, Department of Economics, Management and Institutions, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Christer Gustafsson, Department of Art History, Conservation, Uppsala University, Visby, Sweden
Emiko Kakiuchi, National Graduate Institute for Policy Studies, Tokyo, Japan
Karima Kourtit, Department of Spatial Economics, Free University, Amsterdam, The Netherlands
Mario Losasso, Department of Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy
Jean-Louis Luxen, Catholic University of Louvain, Belgium
Andrea Masullo, Greenaccord Onlus, Rome, Italy
Alfonso Morvillo, Institute for Service Industry Research (IRAT) - National Research Council of Italy (CNR), Naples, Italy
Giuseppe Munda, Department of Economics and Economic History, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, Spain
Peter Nijkamp, Department of Spatial Economics, Free University, Amsterdam, The Netherlands
Christian Ost, ICHEC Brussels Management School, Ecaussinnes, Belgium
Donovan Rypkema, Heritage Strategies International, Washington D.C., United States of America
Ana Pereira Roders, Department of the Built Environment, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands
Joe Ravetz, School of Environment, Education and Development, University of Manchester, Manchester, United Kingdom
Paolo Stampacchia, Department of Economics, Management, Institutions, University of Naples Federico II, Naples, Italy
David Throsby, Department of Economics, Macquarie University, Sydney, Australia



- 255 Editorial
Luigi Fusco Girard
- 265 Towards an Economic Impact Assessment
framework for Historic Urban Landscape
conservation and regeneration projects
*Luigi Fusco Girard, Antonia Gravagnuolo,
Francesca Nocca, Mariarosaria Angrisano,
Martina Bosone*
- 295 Un modello valutativo integrato per il Piano
Strategico della *Buffer Zone* del Sito Unesco
“Pompei, Ercolano e Oplonti”
Alessio D’Auria
- 315 Interno | Esterno: lo spazio soglia come nuovo
luogo della domesticità
Michela Bassanelli
- 327 Ideologia antiurbana nell’opera di Adolf Loos
Francesco Primari
- 343 The regeneration of historical small town
centers: A methodology for participate action
Alessandra Battisti, Silvia Cimini
- 359 Segregazione spaziale nelle società
occidentali contemporanee
Claudia Chirianni
- 371 La città come una sequenza di interni:
un approccio ecologico alla progettazione dello
spazio pubblico
Cristina F. Colombo

- 389 Coabitare in rete: dall'abitare la città
all'abitare diffuso
*Maria De Santis, Elena Bellini, Alessia
Macchi, Luisa Otti*
- 403 Architettura parametrica: strumenti di
rappresentazione innovativi per la
progettazione di superfici sostenibili
Mara Capone, Emanuela Lanzara
- 417 IACP 2.0: riqualificazione energetica,
ambientale e sociale dei quartieri (ex) IACP
Roberto Ruggiero
- 433 I Grands Ensembles: una *singolare*
plurale eredità
Orfina Fatigato
- 449 Nuove regole per l'innovazione dei modelli
abitativi per le nuove costruzioni e per il riuso
*Carlo Berizzi, Rosamaria Olivadese,
Salvatore Dario Marino*
- 469 Abitare temporaneo: luoghi e transizione
del bisogno sociale
Alessandro Gaiani, Andrea Chiarelli
- 485 Luoghi storici, consumati, fragili: ipotesi
dell'abitare. Lettura dello spazio, progettualità
della casa e proposte di recupero urbano
Silvia Gron, Giulia La Delfa
- 505 Occupare, trasformare, abitare.
Studentati romani e casi studio europei
*Emilia Rosmini, Maura Percoco,
Maria Argenti*

ARCHITETTURA PARAMETRICA: STRUMENTI DI RAPPRESENTAZIONE INNOVATIVI PER LA PROGETTAZIONE DI SUPERFICI SOSTENIBILI

Mara Capone, Emanuela Lanzara

Sommario

Le superfici complesse rappresentano un supporto in grado di consentire interessanti esperimenti volti alla realizzazione di gusci “sostenibili” sia dal punto di vista strutturale ed economico che ambientale. Lo scopo del contributo è quello di sperimentare metodi utili per controllare la progettazione di superfici parametriche attraverso la computazione di soluzioni in grado di ottimizzare la fase esecutiva, la manutenibilità e la durata dei risultati. Attualmente, questo processo è fortemente favorito dallo sviluppo di *tools* basati su un approccio *user friendly*. Questi strumenti stimolano processi che tendono all’auto-costruzione consentendo di controllare il processo dalla progettazione alla produzione e al montaggio. L’obiettivo principale è quello di dimostrare come, nell’ambito della rappresentazione parametrica, la geometria abbia un ruolo fondamentale per l’individuazione di soluzioni ottimizzate.

Parole chiave: analisi della forma digitale, architettura parametrica, ottimizzazione ambientale

PARAMETRIC ARCHITECTURE: NEW REPRESENTATION TOOLS TO DESIGN SUSTAINABLE SURFACES

Abstract

Complex shapes represent a support capable to allow interesting experiments aimed at the realization of sustainable shells. The purpose of this contribution is to identify a useful method testing the design of parametric surfaces through computation of technological solutions that improve the feasibility, maintainability and durability of results. Currently, this process is strongly favoured by the development of computational tools based on user friendly visual scripting approach. These tools help the self-construction of the building product and allow checking the process from designing to manufacturing. Therefore, the purpose is to demonstrate how the geometry can be used as an analytical and planning tool, useful to integrate new forms and new materials in search of sustainable solutions and integrated approaches.

Keywords: digital form finding, parametric architecture, environment optimization

1. Strumenti di rappresentazione innovativi per la ricerca di soluzioni ottimizzate

«L'Architettura nel suo complesso si compone del disegno e della costruzione» così Alberti nel *De re Aedificatoria* (1452) definisce implicitamente la differenza tra un'opera di Architettura e una costruzione spontanea. Il progettista ha dunque la necessità di “rappresentare” prima di costruire, per elaborare e verificare il proprio pensiero, per definire l'ambito in cui il progetto si sviluppa, i vincoli, le funzioni, i “parametri” che consentono di controllare e scegliere una soluzione tra le infinite possibili. Soluzione che non potrà mai più essere concepita come un semplice esercizio di stile, ma piuttosto è quella più rispondente ai criteri individuati, quella che si può definire la “soluzione ottimizzata”, il risultato di un processo e non il riferimento a un “tipo”. È proprio il concetto di ottimizzazione che introduce un nuovo approccio al progetto e richiede l'utilizzo di metodi di rappresentazione che siano in grado di valutare le alternative progettuali in relazione a uno o più parametri scelti come riferimento.

Proprio sul principio dell'ottimizzazione strutturale si sviluppa il metodo del *form finding*, che esplora la tendenza del materiale ad auto-organizzarsi in relazione all'azione di particolari influenze esterne e alle caratteristiche intrinseche della materia stessa (Capone e Lanzara, 2014; Lanzara, 2015). Per controllare queste forme *gravity based* è stato utilizzato il più antico strumento di prefigurazione progettuale: il modello fisico. Dalla catenaria di Gaudì alle membrane di Isler questo metodo si sviluppa in modo sperimentale fino a giungere alla definizione di un nuovo approccio, teorizzato per la prima volta negli anni sessanta da Luigi Moretti che, insieme al matematico Bruno De Finetti, definisce il campo dell'Architettura Parametrica.

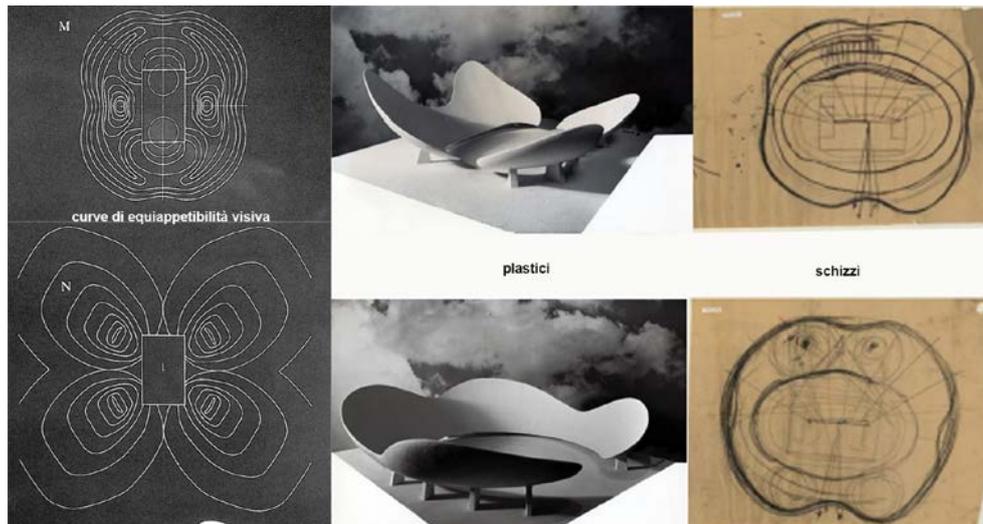
I “parametri” e le loro interrelazioni diventano così l'espressione, il codice, del nuovo linguaggio architettonico, la “struttura”, nel senso originario e rigoroso del vocabolo», scrive Moretti, e alla determinazione dei “parametri” e dei loro interrapporti, debbono chiamarsi a coadiuvare le tecniche e le strumentazioni del pensiero scientifico più attuali; particolarmente la logica-matematica, la ricerca operativa e i computers, specie questi per la possibilità che danno di esprimere in serie cicliche autocorrettive le soluzioni probabili dei valori dei parametri e delle loro relazioni (Rostagni, 2008). Moretti è il primo a teorizzare i principi dell'Architettura Parametrica, anticipando i moderni concetti di ottimizzazione e attribuendo all'architetto una nuova rigorosa moralità intellettuale, un ruolo sociale, in cui il progettista rifiuta sia l'arbitrio che il pressapochismo formalistico (Rostagni, 2008) in nome del metodo scientifico, dove il risultato è sempre dedotto in funzione dei parametri e non è mai un puro atto di compiacimento “della vanità personale”.

Gli studi sulle forme degli stadi, progettati in funzione delle curve di equi-appetibilità visiva (Fig. 1), sono un tipico esempio di ottimizzazione funzionale e prefigurano un metodo basato sulla definizione dei parametri e delle relazioni di tipo matematico che tra essi intercorrono.

L'evoluzione tecnologica e la diffusione dei *software* parametrici, strumenti di rappresentazione che consentono il controllo di più parametri contemporaneamente, hanno, dunque, determinato un ritorno a questo approccio scientifico per la ricerca della forma, sempre più intesa come migliore soluzione rispetto ai parametri considerati. Questi strumenti offrono la possibilità di visualizzare in ambiente digitale le modifiche di un modello tridimensionale al variare dei parametri scelti (azione delle forze, incidenza dei raggi solari, curva di visibilità, ecc.) e di definire la soluzione attraverso un processo

diagrammatico in grado di generare la forma utilizzando una sequenza ordinata d'istruzioni e non secondo una logica additiva.

Fig. 1 – Progetto per uno stadio in funzione della curva di equi-appetibilità visiva (Milano 1960)



Fonte: Archivio Centrale di Stato, Moretti-Progetti

L'utilizzo di questi nuovi strumenti di rappresentazione favorisce la diffusione di atteggiamenti culturali sempre più orientati ai principi della sostenibilità, alla ricerca di forme che siano "efficienti" da un punto di vista ambientale, dove, parafrasando l'*Incomplete Manifesto for Growth* di Bruce Mau (2000), non sia il risultato a guidare il processo, perché così si va sempre dove si è già stati, ma sia invece il processo a guidarci, in questo modo potremmo non sapere dove stiamo andando ma sapremo di essere nella direzione giusta.

Gli attuali strumenti rendono, dunque, possibile il sogno di Moretti, utilizzando questi *tools* il progettista può rappresentare le complesse relazioni tra forma, uomo e ambiente definendo set multiparametrici capaci di includere diverse variabili all'interno del sistema con l'obiettivo di generare superfici ottimizzate soprattutto in funzione dei parametri ambientali, e quindi sostenibili, la cui forma, solo apparentemente libera, è la risposta più pertinente alla complessità contemporanea.

2. Superfici complesse: ottimizzazione costruttiva/autocostruzione

La superficie, ente geometrico la cui natura dipende strettamente dalle mutue relazioni esistenti tra le parti che la compongono, risulta essere particolarmente adatta a rispondere in maniera prestante ed espressiva alle sfide architettonico ambientali del nostro tempo.

Dunque, le forme complesse non rappresentano solo l'espressione di una nuova estetica, legata al particolare momento culturale e socio-economico generato dalla rivoluzione digitale, ma possono essere considerate il luogo per sperimentare soluzioni ottimizzate cui la nuova coscienza ecologica mira per la realizzazione di un'architettura sostenibile. Generate e parametrizzate in funzione e in risposta degli stimoli ambientali caratterizzanti il contesto all'interno del quale sono inserite, esse sembrano indifferenti alle convenzioni di stile o di estetica a favore di una continua attività a servizio della speculazione.

La superficie di una forma complessa è quantitativamente inferiore rispetto a quella di una primitiva geometrica di volume identico: ciò può determinare, ad esempio, non solo la conseguente riduzione del numero di elementi necessari per la sua realizzazione, ma anche la conseguente riduzione delle dispersioni termiche. I calcoli eseguiti per la verifica prestazionale degli edifici possono dunque essere utilizzati "a priori" per modellare la forma in modo dinamico e performante, alterando la geometria sulla base dell'ottimizzazione di specifici criteri, acustici, termici, ecc. Pertanto, è importante dedicare una particolare attenzione all'involucro e alla sua forma, da progettare in funzione dell'ambiente circostante, del risparmio energetico, della fattibilità, della stabilità e della manutenibilità (Foletto e Guagnini, 2007). La complessità delle forme contemporanee spinge al massimo la potenzialità espressiva dell'architettura; tuttavia, è necessario un bagaglio tecnico di livello elevato per raggiungere delle soluzioni costruttive che siano fattibili e sostenibili. Attualmente, la progettazione tecnologica e ambientale deve confrontarsi con gli scenari emergenti della digitalizzazione del settore delle costruzioni e dell'ambiente costruito. Più specificatamente, a imitazione della tradizione, la progettazione computazionale e la fabbricazione digitale sfruttano il potenziale morfogenetico proprio dei materiali (Kolarevic, 2003). Ciò incoraggia la creazione di processi integrati e multidisciplinari rivolti allo sviluppo di nuove competenze da parte delle figure coinvolte all'interno di tale approccio collaborativo: lo scopo è favorire l'innovazione dei processi, congiungendo le conoscenze produttive, eventualmente derivanti da altri settori, con le necessità funzionali ed espressive del progetto. La crescente diffusione di nuovi strumenti *user friendly* favorisce la definizione di un linguaggio comune in grado di ridurre la distanza tra le varie figure professionali, diverse per competenze e per conoscenze, coinvolte all'interno del processo decisionale e attuativo, e determina un approccio sempre più consapevole alle nuove tecnologie. Le case produttrici di software hanno sviluppato dei *visual tools* in grado di rendere più accessibile l'attività di *scripting* sottesa al *computational design*. Questi strumenti consentono agli utenti di computare geometrie complesse (*output*) mediante l'associazione di geometrie e di dati semplici (*input*).

Nel campo della realizzazione delle forme complesse, il vantaggio di tali strumenti risiede nell'ottimizzare i processi conoscitivi e attuativi attraverso le potenzialità della scienza e dello sviluppo tecnologico, coordinando e fondendo le conoscenze tecniche provenienti da diversi settori. È, dunque, necessario concepire la fase di progetto come un'attività multidisciplinare e partecipativa in cui, piuttosto che favorire quegli specialismi che causano la separazione tra le varie figure coinvolte, si punta al miglioramento e all'integrazione delle competenze allo scopo di favorire una crescita consapevole. Tutto ciò dimostra quanto l'impiego di strumenti computazionali possa contribuire ad ampliare la dimensione partecipativa del progetto di forme complesse.

Il concetto di *usability* di una data tecnologia è definito in relazione al grado di efficacia, di efficienza e di soddisfazione con le quali determinati utenti raggiungono determinati

obiettivi in determinati contesti. L'usabilità non consiste, dunque, in una caratteristica intrinseca dello strumento, quanto nel processo d'interazione tra classi di utenti, prodotto e finalità. Se le figure di progettista e di utente coincidono il prodotto che si ottiene sarà certamente soddisfacente, e dunque sostenibile. L'impiego di tali *tools* favorisce a pieno lo sviluppo di un possibile approccio finalizzato a raggiungere anche l'autocostruzione del prodotto edilizio, controllando il processo dalla fase d'ideazione fino al montaggio delle diverse parti che compongono il manufatto. Uno dei fini principali dell'autocostruzione è certamente la progettazione di sistemi ottimizzati dal punto di vista sia economico che costruttivo: tale finalità può sicuramente essere perseguita coinvolgendo a pieno tutti gli utenti interessati all'interno della maggior parte delle fasi che strutturano l'intero processo. Tuttavia, tale approccio richiede necessariamente un nuovo atteggiamento culturale, organizzativo e tecnologico, che richiami la messa a sistema di risorse provenienti da diverse realtà e diverse figure. Autocostruzione non significa, dunque, mirare alla cooperazione solo nella fase esecutiva, ma soprattutto appropriarsi delle conoscenze necessarie per essere capaci di gestire il processo con l'obiettivo di ottenere una soluzione che sia complessivamente il più possibile sostenibile e rispondente a specifiche esigenze. Mediante un approccio di tipo *user centered* si riconosce l'importanza di rafforzare non solo delle capacità cognitive degli utenti che collaborano all'interno del processo, ma anche di coinvolgere le relazioni culturali, sociali e organizzative che influenzano il modo di vivere e di lavorare dell'uomo nell'ambiente che lo circonda. Dunque, l'intero processo, dalla fase iniziale, che può essere definita di ricerca pura, alla successiva fase pedagogico-collaborativa basata sul coinvolgimento degli utenti a cui l'opera edilizia è destinata, è finalizzato allo sviluppo di un sistema *user oriented*, in grado di agevolare la flessibilità di utilizzo delle tecnologie *hardware* e *software* coinvolte favorendo la partecipazione attiva ed efficiente dell'utente. Ciò determina una condizione di uguaglianza e di pari opportunità nell'accesso e nell'uso delle tecnologie a disposizione nel rispetto del modo di pensare e di operare in relazione ai diversi contesti sociali. Pertanto, integrando la progettazione, la fabbricazione e l'assemblaggio con le attuali tecnologie digitali, la collaborazione tra architetti, ingegneri, matematici, informatici, educatori e utenti/costruttori può ridefinire radicalmente le relazioni tra ideazione e produzione: lo scopo è quello di generare un possibile sistema gerarchico che muova dalla preventiva attività di ricerca e che, attraverso un vero e proprio percorso di tipo pedagogico, possa giungere fino all'autocostruzione del prodotto.

Negli anni '50, Reyner Banham ipotizzava che gli spazi abitati dai primitivi fossero "non volumetrici", ricorrendo alla realizzazione di accampamenti capaci di rispondere alle diverse esigenze. I sistemi che potremmo, quindi, definire privi di massa, come ad esempio le coperture, gli involucri o le facciate, si riferiscono, dunque, ai più antichi esempi di rami e di pelli intrecciati per la realizzazione delle costruzioni primitive. A partire da tempi remoti gli abitanti di villaggi o di quartieri urbani periferici hanno lavorato per costruire autonomamente le proprie case. La persistenza di specifiche tecnologie costruttive deriva dalla volontà di difendere i caratteri distintivi e le tradizioni di una cultura.

La mancanza d'innovazione tecnologica è talvolta legata all'utilizzo delle tecnologie esistenti limitate alle loro funzioni tipiche, ciò induce a trascurare, anche per lungo tempo, le effettive o eventuali potenzialità di una nuova tecnologia. È il contesto che, generalmente, favorisce l'introduzione e lo sviluppo di un sistema o di un elemento innovativo. La soluzione risiede dunque proprio nel grado di consapevolezza delle

tecnologie coinvolte: il fine è quello di ricavare dei sistemi che si rivelino appropriati in termini sia ambientali che antropologici.

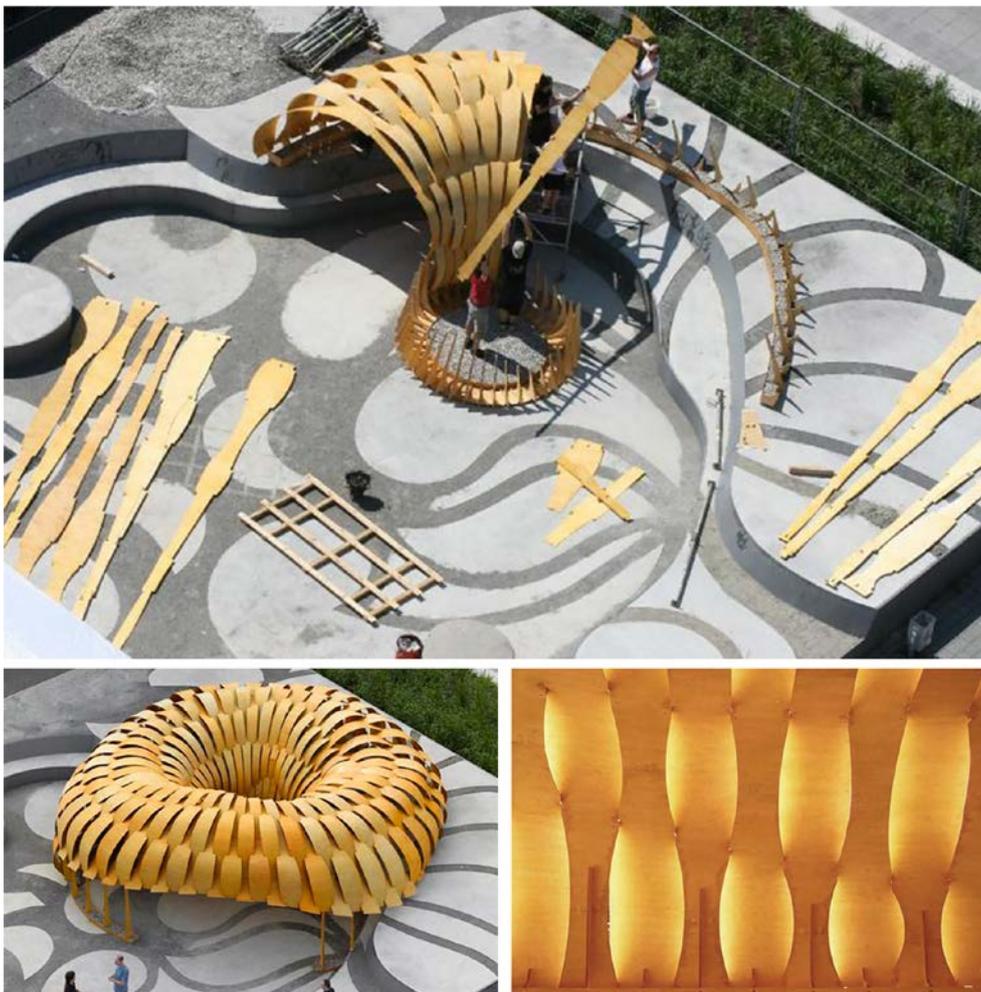
Dalle cupole di Richard Buckminster Fuller alle autoconstruzioni di Shigeru Ban, abitazioni temporanee realizzate con tubi di carta riciclata in zone colpite da calamità naturali o strutture realizzate con stecche di bambù, l'obiettivo è quello di offrire degli esempi consolidati che fungano da modelli per le nuove sperimentazioni orientate a sfruttare al meglio le intime relazioni esistenti tra geometria e materiale, tra modello virtuale e modello fisico, e dunque tra progetto e costruzione. Lo scopo è, dunque, quello di generare un'integrazione intelligente dell'uomo nell'ambiente in cui egli vive sfruttando al meglio le proprie capacità e le risorse disponibili al fine di ottenere dei manufatti che possano anche essere autoconstruiti a basso impatto economico e ambientale coinvolgendo materiali e manodopera locali. I risultati sono, quindi, inevitabilmente condizionati dalle diverse circostanze culturali, tettoniche, morfologiche, materiali, economiche e ambientali che influenzano ed informano il progetto. È fondamentale rilevare che il problema non si riduce alla sola individuazione di tecnologie adeguate ma incoraggia la ricerca di soluzioni avanzate e innovative. Pertanto, ottimizzazione e innovazione sono da considerare due processi strettamente interdipendenti dove lo sviluppo dell'uno è favorito dagli avanzamenti dell'altro.

All'interno degli attuali scenari di ricerca finalizzati allo sviluppo di tali approcci e dedicati al *Computational Design* e alla *Digital Fabrication* (Menges, 2012) sono da sottolineare gli studi e le sperimentazioni condotti all'interno degli Istituti Universitari e delle Accademie di ricerca indipendenti, spesso *spin-off* di realtà accademiche, oltre che gli apporti e le soluzioni derivanti dal mondo dei *makers*. Promuovere il confronto tra tali realtà, sperimentando nuove forme di *co-working* e di *co-fabbing*, significa produrre e divulgare le conoscenze, proprie e acquisite, all'interno di progetti di collaborazione e di formazione strutturati secondo un sistema che si potrebbe definire gerarchico, e dunque finalizzato ad arricchire quelle realtà meno consapevoli. Ciò dimostra quanto oggi sia necessario colmare il divario tra il mondo accademico, i settori produttivi e gli utenti coinvolti.

Tra gli esempi contemporanei, emblematico è il caso dell'ICD/ITKE Reserch Pavilion, di cui il prof. Achim Menges è il responsabile. È un progetto di ricerca interdisciplinare rivolto allo sviluppo della possibile correlazione tra i processi computazionali integrati e i nuovi processi di produzione robotizzata. Con il suo team di ricerca, Menges ha realizzato una serie di padiglioni mediante l'impiego di diverse tipologie di materiali. L'accoppiamento diretto tra la geometria e i sistemi computazionali ha permesso la genesi e l'analisi comparativa di numerose soluzioni mirate allo sviluppo di strutture altamente efficienti con il minimo uso di materiale. In particolare, nel 2010, l'Istituto di Computational Design (ICD) e l'Istituto di Strutture Edilizie e Progettazione Strutturale (ITKE) ha realizzato una struttura autoportante, del diametro superiore a dodici metri, composto interamente da sottili strisce di legno compensato di betulla piegate. Il modello di analisi strutturale si basa su una simulazione FEM, e il calcolo della struttura è interamente basato sulla flessione delle singole strisce in origine piane e mutuamente collegate (Fig. 2).

3. Superfici complesse: ottimizzazione costruttiva/paneling

I nuovi strumenti di rappresentazione parametrica svolgono un ruolo fondamentale nei processi di ottimizzazione delle forme complesse e la geometria applicata all'architettura consente di trovare soluzioni sostenibili ai problemi di natura costruttiva.

Fig. 2 – Forschungspavillon ICD/ITKE, Universität Stuttgart. Ottimizzazione costruttiva

Fonte: www.archplus.net

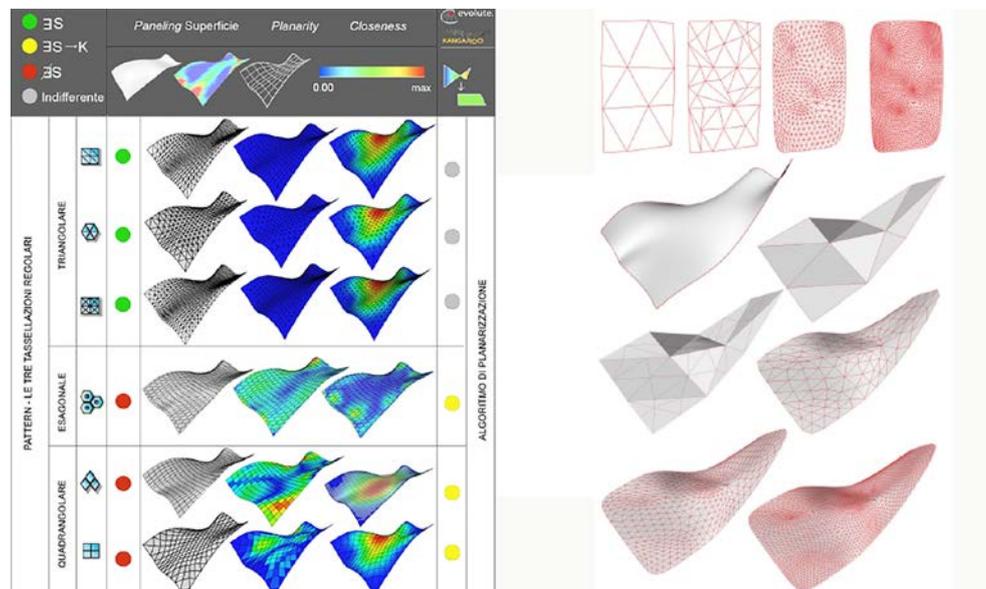
Per realizzare una superficie complessa è generalmente necessario trasformare il sistema continuo, la superficie teorica, in un sistema discreto, scomporlo in un numero finito di parti. È sempre possibile suddividere una superficie in parti ma il problema sussiste quando l'obiettivo è quello di scomporla in modo "ottimizzato", cioè conveniente dal punto di vista sia economico-costruttivo che estetico. Questo processo avviene grazie alle possibilità offerte dai diversi *tools* di discretizzare la superficie in modo non casuale ma nel rispetto della configurazione geometrica dell'oggetto. Gli esempi dimostrano, infatti, come l'attuale opportunità di manipolare l'oggetto architettonico attraverso la finestra virtuale del computer consenta di focalizzare l'attenzione sulle proprietà geometriche della forma alla

ricerca di una possibile semplificazione della complessità mediante l'impiego di geometrie elementari, quindi più gestibili ed economiche, nel rispetto delle proprietà morfogenetiche dei materiali. Le superfici sono realizzate ricucendo materialmente le singole porzioni, o *patches*, geometricamente definite mediante l'operazione di *paneling* del prototipo digitale (Eigensatz *et al.*, 2010a; 2010b; Picerno Ceraso Lab|Aramplus, 2011).

“Pannellizzare” una superficie significa approssimarne il design utilizzando diverse tipologie di pannelli, piani, curvi, o di entrambi i tipi, computando una soluzione che sia costruttivamente, economicamente ed esteticamente sostenibile (Fig. 3).

Grazie all'evoluzione dei materiali, delle tecnologie, e delle capacità di calcolo, le forme che una volta erano fuori controllo, sia in termini di controllo geometrico, che di fattibilità economica, oggi riescono a essere realizzabili in modo razionale.

Fig. 3 – Discretizzazione e pannellizzazione di superfici complesse



Fonte: Lanzara (2015)

In particolare, il termine *rationalization* (razionalizzazione) è attualmente utilizzato dai *geometry experts* per considerare tanto i processi di *optimized paneling* che mirano alla discretizzazione di una superficie complessa (scomposizione in facce piane), tanto quelli che mirano alla genesi di modelli semi-discreti (scomposizione in elementi sviluppabili e dunque a singola curvatura con curvatura gaussiana nulla). Tra le figure principali per lo sviluppo di questo *topic* di ricerca emerge quella del prof. Helmut Pottmann che lavora alla sperimentazione di soluzioni tecnologiche avanzate nel campo del *surfaces paneling*. L'obiettivo del progetto ARC-*Architectural Freeform Structures from Single Curved Panels*

(Pottmann, 2013), è quello di razionalizzare una superficie *free form* assemblando porzioni di superfici sviluppabili, quindi a singola curvatura (cilindri, coni e superfici rigate le cui generatrici sono a due, a due incidenti, dunque complanari) per ridurre i costi di produzione e per ottimizzare la fabbricazione e la qualità estetica delle superfici. I pannelli a singola curvatura, in quanto più semplici da realizzare e, al tempo stesso, capaci di generare l'effetto di continuità delle superfici curve, offrono un buon compromesso tra le intenzioni progettuali ed i costi di produzione di tali superfici. Inoltre, è interessante sottolineare come oggi le nuove forme, in virtù della loro curvatura o della curvatura degli elementi che le compongono, siano capaci di supportare nuove tecnologie, dimostrandosi, dal punto di vista prestazionale, particolarmente funzionali e versatili.

Un esempio emblematico è il sistema sperimentale CURVET® (2016), pannelli fotovoltaici in vetro curvo, che ha brevettato la possibilità di produrre pannelli cilindrici con cellule fotovoltaiche integrate. Se si immagina di impiegare tale sistema per pannellizzare una superficie la cui forma è stata parametrizzata, ad esempio, in base all'incidenza solare, appare evidente quanto sia possibile potenziarne le prestazioni. Dunque, la superficie/involucro, dalla forma generale al singolo tassello che la compone, può essere, in virtù della sua stessa natura geometrica, in grado di rispondere, in maniera tecnologicamente tanto attiva, quanto passiva, alle esigenze avanzate dalle attuali sfide architettonico-funzionali. Lo scopo è, quindi, quello di utilizzare la geometria come uno strumento tanto analitico, quanto progettuale, utile per compiere degli atti "speculativi" finalizzati ad individuare soluzioni morfologicamente e tecnologicamente innovative orientate dalla ricerca di un approccio sostenibile. In questo ambito uno dei temi che stiamo affrontando nella nostra ricerca è quello della progettazione di involucri autoportanti da realizzare utilizzando pannelli o strisce sviluppabili, particolarmente vantaggiose dal punto di vista sia economico che produttivo. Si intendono progettare strutture che mostrino un'elevata adattabilità, partendo dai risultati e dalle soluzioni ottenute ed effettuando successivi approfondimenti, fino a giungere alla realizzazione di manufatti aventi una precisa funzione o di sistemi utili per riqualificare o integrare il costruito esistente. Per ottimizzare la costruzione di un'architettura di forma complessa è importante evitare la distribuzione casuale delle parti che la compongono. Tale casualità è il risultato derivante dall'applicazione di tecniche di discretizzazione totalmente indifferenti alla natura geometrica dell'oggetto sul quale sono applicate. A tal proposito, obiettivo principale del nostro studio risiede nell'individuazione dei principi geometrici che possono guidare i processi di ottimizzazione come, ad esempio, il legame esistente tra la curvatura gaussiana delle superfici complesse e le tecniche di razionalizzazione che consentono di ottimizzarne la fattibilità. In conformità a tale ipotesi, si dimostra che l'analisi della curvatura gaussiana rappresenta uno strumento progettuale capace di veicolare e di ottimizzare preventivamente l'intero processo di razionalizzazione di una superficie in quanto influenza gli esiti che sottendono alla distribuzione dei pattern, reti di curve o distribuzione di pannelli piani e curvi, necessari per la scomposizione e successiva realizzazione dell'opera. Come anticipato, le superfici rigate, rappresentano, da sempre, la tipologia di forme più semplice da gestire. A tale scopo sono state condotte una serie di sperimentazioni di *Digital Form Finding* finalizzate alla ricerca e all'ottimizzazione delle condizioni geometriche che consentono di coniugare la natura formale delle superfici con le tecniche di razionalizzazione ritenute più idonee. Pertanto, le riflessioni sulla maggiore o minore sovrapposibilità tra superfici aventi curvatura dello stesso segno hanno ispirato la ricerca di

sistemi capaci di generare delle forme a curvatura gaussiana prevalentemente negativa o nulla, dunque idonee a favorire la distribuzione di pannelli a singola curvatura. Computare e verificare le possibili soluzioni “a priori” consente di modellare la forma degli edifici in modo dinamico e performante. A tale proposito, è interessante visualizzare come varia la distribuzione della curvatura gaussiana di superfici generate mediante l’applicazione di tecniche di *Digital Form Finding*: la forma finale coinciderà con la condizione di equilibrio del sistema sottoposto all’azione di carichi virtuali applicati.

Uno degli aspetti più interessanti, che caratterizza e favorisce l’uso degli strumenti computazionali, rispetto ai modelli fisici tradizionalmente utilizzati per generare la forma utilizzando tecniche di *form finding*, consiste soprattutto nella possibilità di osservare le trasformazioni morfologiche e di modificare il sistema in tempo reale oltre che definire la forma anche in funzione di altri parametri che non sino esclusivamente quelli gravitazionali.

Nell’ambito della nostra ricerca, sono state effettuate sperimentazioni utilizzando per la modellazione parametrica *Rhinoceros* unitamente al *plug-in Grasshopper*, completo degli *add-on Kangaroo*, *Lunch Box* e *Weavebird*, per la simulazione virtuale delle forze agenti. In particolare per simulare le tecniche di *Form Finding* sono stati applicati i componenti/forza, *Unary Force*, per simulare il comportamento delle membrane invertite e *Catenary*, per simulare il comportamento delle curve catenarie. In seguito all’azione della forza virtuale il sistema discreto e piano di partenza si trasforma in una membrana rilassata (*Unary Force*), oppure in un sistema di cavi “appesi”, o catenarie (*Catenary*). Più precisamente, l’approccio utilizzato per le seguenti prove è quello di sottoporre all’azione della forza virtuale un sistema di curve ancorate agli estremi (catenarie). In particolare, il componente *Catenary (Grasshopper)*, algoritmo creato da Giulio Piacentino nel 2010, si è dimostrato particolarmente utile per ottenere la genesi di superfici a curvatura gaussiana prevalentemente nulla o negativa (Tedeschi, 2014). Tale componente contiene al suo interno l’equazione della curva catenaria. Analogamente alle membrane appese, la catenaria è una configurazione che, se invertita, resiste soprattutto agli sforzi di compressione e per questo motivo ritorna utile per generare molteplici soluzioni (Fig. 4).

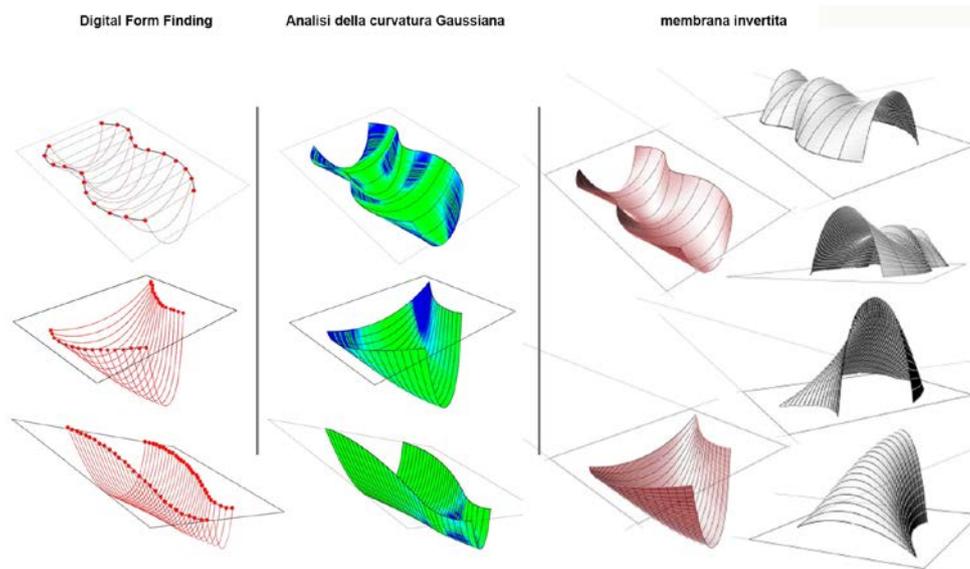
Il componente *Catenary*, per consentire la simulazione del comportamento fisico di una catenaria, richiede, quali dati di input, l’identificazione dei due punti estremi di una curva necessari per l’ancoraggio, l’indicazione della lunghezza della curva da “appendere” e l’indicazione della direzione (lungo l’asse z), del vettore rappresentante la forza di gravità: l’output è infine rappresentato dalla curva catenaria. Nel caso studio gli *anchor points* (punti di ancoraggio) del sistema discreto di partenza sono stati collocati lungo due curve piane. Variando la lunghezza di tali segmenti/curve (catene) e il valore della forza e gestendo, quindi, opportunamente il “rilassamento” degli archi catenari, è possibile ricavare diverse configurazioni.

Le curve “appese” rappresentano le sezioni consecutive necessarie per generare una superficie *loft*, successivamente invertita allo scopo di ottenere una configurazione architettonica facilmente ottimizzabile dal punto di vista strutturale.

Lo strumento *Analisi curvatura* mostra che le superfici generate con questo procedimento sono a curvatura prevalentemente negativa o nulla (Fig. 5).

Com’è possibile osservare in figura 6, le superfici-involucro computate attraverso tale approccio sono quindi composte da strisce tendenzialmente sviluppabili, ulteriormente ottimizzabili mediante l’uso di specifici *tools*.

Fig. 4 – Digital Form finding. Discretizzazione in strisce sviluppabili



Fonte: Lanzara (2015)

Fig. 5 – Superfici complesse-metodologie per la discretizzazione in strisce sviluppabili

		SUPERFICI A SINGOLA CURVATURA		CURVATURA GAUSSIANA NULLA (K=0)	
		RIGATE (sviluppabili)			
		PIANO	CILINDRO	TANGENTI CURVA SGHEMBA=GENERATRICI	CONO
Superficie					
	K>0				
	K=0				
	K<0				

Fonte: Lanzara (2015)

In virtù della curvatura gaussiana originaria di tali strisce, per la maggior parte nulla o di segno negativo, è, infatti, possibile ottenere delle strisce completamente sviluppabili senza causare variazioni eccessive nelle forme modellate, ciò comporta che queste configurazioni

possono essere realizzate con strisce di materiale locale, quindi, facilmente reperibili dagli utenti eventualmente impegnati nell'autocostruzione del sistema (Fig. 6).

Questa procedura favorisce la realizzazione di strutture la cui forma complessa può essere computata in funzione di parametri ambientali e generata in maniera strutturalmente ottimizzata. Tali strutture possono quindi essere definite "superfici sostenibili".

Fig. 6 – Fondazione Luis Vuitton, Parigi, pannelli composti da strisce svilupabili



Fonte: Capone (2015)

4. Conclusioni

La realizzazione di superfici complesse utilizzando strisce svilupabili non è che un esempio finalizzato soprattutto a dimostrare come i nuovi strumenti di rappresentazione parametrica possano consentire di ottenere risultati ottimizzati, in questo caso sotto il profilo costruttivo. Ma la sostenibilità economico-strutturale non è che un aspetto della costruzione che deve invece essere ottimizzata in relazione ai requisiti ambientali richiesti. Questo atteggiamento culturale determina un crescente interesse a sperimentare l'uso combinato degli strumenti parametrici con quelli per l'analisi ambientale in modo da generare la forma proprio in funzione di questi parametri.

L'*Environmental Design*, consente di mettere in relazione la geometria, la forma, con i dati ambientali, con Ecotec e GECO si possono, ad esempio, calcolare i diagrammi solari in relazione ad un dato luogo, le ombre in relazione ai raggi solari, progettare facciate con comportamento responsivo, dove la dimensione delle aperture può essere definita in funzione del confronto tra la normale alla superficie e l'angolo di incidenza del vettore solare o la pelle, *Bioclimatic Responsive Skin*, è configurata in modo da garantire i livelli prestazionali stabiliti, o, ancora, la geometria potrebbe essere definita con il preciso obiettivo di massimizzare gli effetti del soleggiamento durante l'inverno e minimizzarli durante l'estate, quindi in modo da definire superfici la cui complessità dipende essenzialmente dalla volontà di ottimizzare una o più prestazioni.

Riferimenti bibliografici

- Alberti L. B. (1452), *De re Aedificatoria*, libro I, capitolo I.
- Capone M., Lanzara E. (2014), "Form finding structures: representation methods from analog to digital", in Oliviero L.F., Barba S. (a cura di), *EGraFIA, revisiones del futuro-previsiones del pasado*. CUES, Rosario, Argentina, pp. 485-496.
- CURVET® (2016), *Pannelli fotovoltaici in vetro curvo*, www.curvet.it.
- Eigensatz M., Deuss M., Schiftner A., Kilian M., Mitra N. J., Pottmann H., Pauly M. (2010a), "Case studies in cost-optimized paneling of architectural freeform surfaces", in Ceccato C., Hesselgren L., Pauly M., Pottmann H., Wallner J. (eds), *Advances in architectural geometry 2010*. Springer, New York, U.S.A., pp. 49-72.
- Eigensatz M., Kilian M., Schiftner A., Mitra N. J., Pottmann H., P. Mark (2010b), "Paneling Architectural Freeform Surfaces". *ACM Transactions on Graphics*, vol. 29, n. 3, 2010.
- Foletto M., Guagnini M. (2007), "Progettare l'involucro edilizio. Risultati delle prime esperienze condotte presso il politecnico di Torino", in Greco A., Quagliarini E. (a cura di), *L'involucro edilizio: una progettazione complessa*. Alinea, Firenze, pp. 257-263.
- Kolarevic B. (2003), *Architecture in the digital age: design and manufacturing*, Spon Press, Richmond, U.S.A.
- Lanzara E. (2015), *Paneling complex surfaces. Razionalizzazione di superfici complesse per l'Industrializzazione*. Tesi di Dottorato in Tecnologia dell'Architettura e Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente, XXVII ciclo. Università degli Studi di Napoli "Federico II".
- Bruce M. (2000), *Incomplete manifesto for growth*, www.manifestoproject.it.
- Menges A. (2012), "Material computation. Higher integration in morphogenetic". *Architectural design*, vol. 82, n. 2, pp. 14-21.
- Picerno Ceraso Lab|Aramplus (2011), *House prototype the Philippines: typhoon homes*, www.e-architect.co.uk.
- Pottmann H. (2013), *Optimised building. ARC, International innovation-disseminating science, research and technology*, www.geometrie.tuwien.ac.at.
- Rostagni C. (2008), *Luigi Moretti 1907 1973*. Electa Mondadori, Firenze.
- Tedeschi A. (2014), *Algorithms aided design. Parametric strategies using grasshopper*. Leenseur, Napoli.

Mara Capone

Dipartimento di Architettura, Università di Napoli Federico II
Via Toledo, 402 – I-80134 Napoli (Italy)
Tel.: +39-081-2538422; fax +39-081-2538717; email: mara.capone@unina.it

Emanuela Lanzara

Dipartimento di Architettura, Università di Napoli Federico II
Via Toledo, 402 – I-80134 Napoli (Italy)
Tel.: +39-081-2538422; fax +39-081-2538717; email: emanuela.lanzara@libero.it

