



a cura di / edited by

Mario Losasso

Maria Teresa Lucarelli

Marina Rigillo

Renata Valente

Adattarsi al clima che cambia

Innovare la conoscenza per il progetto ambientale

Adapting to the Changing Climate

Knowledge Innovation for Environmental Design

Book series STUDI E PROGETTI

directors *Fabrizio Schiaffonati, Elena Mussinelli*

editorial board *Chiara Agosti, Giovanni Castaldo, Martino Mocchi, Raffaella Riva*

scientific committee *Marco Biraghi, Luigi Ferrara, Francesco Karrer, Mario Losasso, Maria Teresa Lucarelli, Jan Rosvall, Gianni Verga*

edited by

Mario Losasso

Maria Teresa Lucarelli

Marina Rigillo

Renata Valente

editorial assistants

Federica Dell'Acqua

Sara Verde

The publication is realized with PRIN 2015 “Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico / Adaptive Design and Technological Innovations for the Resilient Regeneration of Urban Districts in Climate Change Regime” research funds. The scientific work was conducted by the following Research Units: Università degli Studi di Napoli Federico II (Principal Investigator and Research Lead Mario Losasso), Politecnico di Milano (Research Lead Elena Mussinelli), Sapienza Università di Roma (Research Lead Fabrizio Tucci), Università degli Studi della Campania *Luigi Vanvitelli* (Research Lead Renata Valente), Università degli Studi di Firenze (Research Lead Roberto Bologna), Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria (Research Lead Maria Teresa Lucarelli).

The book has been subjected to blind peer review.

Cover:

Paris-Plages (photograph by Enza Tersigni, 2009)

ISBN 9788891643193

© Copyright of the Authors.

Released in the month of December 2020.

Published by Maggioli Editore in Open Access with Creative Commons License

Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



Maggioli Editore is a trademark of Maggioli SpA

Company with certified quality system ISO 9001:2000

47822 Santarcangelo di Romagna (RN) • Via del Carpino, 8

Tel. 0541/628111 • Fax 0541/622595

www.maggiolieditore.it • e-mail: clienti.editore@maggioli.it

Adattarsi al clima che cambia
Innovare la conoscenza per il progetto ambientale

Adapting to the Changing Climate
Knowledge Innovation for Environmental Design

a cura di / edited by

Mario Losasso
Maria Teresa Lucarelli
Marina Rigillo
Renata Valente

PRIN 2015 Research - “Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico / Adaptive Design and Technological Innovations for the Resilient Regeneration of Urban Districts in Climate Change Regime”

RESEARCH UNITS

Università degli Studi di Napoli Federico II

Mario Losasso (Principal Investigator and Research Lead), Marina Rigillo (Operative Coordinator), Stefano Consiglio, Maurizio Giugni, Valeria D’Ambrosio, Francesco De Paola, Anna Maria Zaccaria, Ferdinando Di Martino, Mattia Federico Leone, Enza Tersigni, Federica Dell’Acqua.

Research Collaborators: Eduardo Bassolino, Carmela Apreda, Anita Bianco, Ensyie Farokhirad, Simona Mascolino.
Expert Group: Manfred Köhler (Hochschule Neubrandenburg), Norbert Kühn (Technische Universität Berlin), Paola Mercogliano (Fondazione CMCC, Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici).

Politecnico di Milano

Elena Mussinelli (Research Lead), Andrea Tartaglia (RU Operative Coordinator), Roberto Bolici, Daniele Fanzini, Matteo Gambaro, Raffaella Riva, Giovanni Castaldo, Davide Cerati, Andrea Rebecchi.

Sapienza Università di Roma

Fabrizio Tucci (Research Lead), Alessandra Battisti (RU Operative Coordinator), Serena Baiani, Domenico D’Olimpio, Romeo Di Pietro, Giuseppe Piras.

Research Collaborators: Valeria Cecafofso, Duilio Iamonicò, Gaia Turchetti, Margherita Fiorini, Alessandro Malatesta, Michela Paglia, Elisa Pennacchia, Giulia Sciarretti, Violetta Tulelli, Giuseppina Vespa.

Expert Group: Thomas Auer, Daniele Santucci (Technische Universität München), Marco Cimillo (Xi’an Jiaotong - Liverpool University, Department of Architecture), Françoise Blanc (Ecole Nationale Supérieure d’Architecture de Toulouse), Patrick Thépôt (Ecole Nationale Supérieure d’Architecture de Grenoble).

Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli

Renata Valente (Research Lead), Salvatore Cozzolino, Carolina De Falco, Armando Di Nardo, Michele Di Natale, Francesca La Rocca, Mariano Perneti, Daniela Ruberti, Sandro Strumia.

Research Collaborators: Marco Vigliotti, Roberto Bosco, Eduardo Cappelli, Pietro Ferrara, Giuseppe Moccia.

Expert Group: Louise A. Mozingo (University of California at Berkeley), Carlo Donadio (Università degli Studi di Napoli Federico II).

Università degli Studi di Firenze

Roberto Bologna (Research Lead), Francesco Alberti, Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli, Giulia Guerri, Giulio Hasanaj.

Expert Group: Alfonso Crisci (Istituto di Biometeorologia del CNR di Firenze), Marianna Nardino (Istituto di Biometeorologia del CNR di Bologna), Daniele Vergari (Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno).

Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria

Maria Teresa Lucarelli (Research Lead), Martino Milardi (RU Operative Coordinator), Corrado Trombetta.

Research Collaborators: Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella.

Expert Group: Valerio Morabito (Università Mediterranea di Reggio Calabria - Upenn, University of Pennsylvania); Giovanni Cavanna (Istituto per le Tecnologie della Costruzione - Consiglio Nazionale delle Ricerche ITC-CNR).

Indice / Summary

- 9** **Processi innovativi per l'adattamento climatico nella rigenerazione dei distretti urbani / Innovating Processes for Climate Adaptation in Urban District Regeneration**

Mario Losasso

- 15** **Progetto ambientale e sfida climatica / Environmental Design and Climate Challenge**

Maria Teresa Lucarelli, Marina Rigillo, Renata Valente

Le parole della ricerca / The Research Terms

a cura di / editor *Martino Milardi*

- 24** Costruire un glossario per l'adattamento climatico / Editing a Glossary for Climate Adaptation

Martino Milardi

- 31** Cambiamento climatico / Climate Change, *Paola Mercogliano*

- 41** Hazard, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*

- 47** Onda di calore / Heat Wave, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*

- 51** Pluvial Flooding, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*

- 55** Disaster Risk, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*

- 61** Climate Sensitivity, *Carlo Donadio, Alberto Fortelli*

- 71** Indicatori di impatto / Impact Indicators, *Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*

- 77** Vulnerabilità ai rischi naturali / Vulnerability to Natural Hazards, *Mattia Federico Leone*

- 83** Adattamento climatico e gestione del rischio / Climate Adaptation and Risk Governance, *Mattia Federico Leone*

- 89** Mitigazione climatica / Climate Mitigation, *Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*

- 95** Resilienza / Resilience, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*

- 99** Resilienza urbana / Urban Resilience, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*

- 103** Resilience Management, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*

- 107** Rigenerazione urbana / Urban Regeneration, *Alessandra Battisti, Gaia Turchetti*

- 113** Eco-Distretto / Eco-District, *Fabrizio Tucci, Serena Baiani*

- 123** Infrastrutture verdi / Green Infrastructure, *Elena Mussinelli, Matteo Gambaro, Raffaella Riva, Davide Cerati, Andrea Tartaglia*

- 127** Nature-Based Solution, *Elena Mussinelli, Matteo Gambaro, Raffaella Riva, Davide Cerati, Andrea Tartaglia*

- 131** Servizi ecosistemici / Ecosystem Services, *Elena Mussinelli, Matteo Gambaro, Raffaella Riva, Davide Cerati, Andrea Tartaglia*

- 135** Approccio bioclimatico / Bioclimatic Approach, *Valeria Cecafosso, Domenico D'Olimpio*

- 141** Efficienza energetica / Energy Efficiency, *Giuseppe Piras, Elisa Pennacchia*

- 145** Involucro/ Envelope, *Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*

- 151** Climate Responsive Design, *Enza Tersigni*

- 157** Design Complexity, *Francesca La Rocca*

Dialogo / Dialogue

- 167** Dialogo intorno ai saperi per l'adattamento al clima / Dialogue about the Climate Adaptation Knowledges

Martino Milardi, Rosario Giuffré

Misurare l'adattamento climatico / Estimating Climate Adaptation

a cura di / editor *Valeria D'Ambrosio*

- 172** Progetto *climate proof*: indicatori, controllo e monitoring / Climate Proof Project: Indicators, Control and Monitoring
Valeria D'Ambrosio
- 179** Biotope Area Factor (BAF), *Anita Bianco*
- 183** Riduzione Impatto Edilizio (RIE), *Eduardo Bassolino*
- 187** Digital Terrain Model (DTM), *Francesco Alberti, Giulia Guerri*
- 191** Sky View Factor (SVF), *Francesco Alberti, Giulia Guerri*
- 195** Urban Aspect Ratio, *Francesco Alberti, Giulia Guerri*
- 199** Albedo, *Eduardo Bassolino*
- 203** Indice di permeabilità / Permeability Index, *Roberto Bosco, Salvatore Cozzolino, Carlo Donadio*
- 207** Trasmittanza termica dinamica / Dynamic Thermal Transmittance,
Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella
- 211** Rapporto superficie opaca /trasparente / Opaque/Transparent Surface Ratio,
Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella
- 215** Interfaccia edificio - spazio aperto / Building - Open Space Interface,
Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella
- 219** Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), *Romeo Di Pietro, Duilio Iamónico, Sandro Strumia*
- 223** Air Pollutant, *Elena Mussinelli, Roberto Bolici, Daniele Fanzini, Giovanni Castaldo, Andrea Tartaglia*
- 229** Indicatore di riduzione di CO₂ e CO₂eq / Indicator of CO₂ and CO₂eq Reduction,
Elena Mussinelli, Roberto Bolici, Daniele Fanzini, Giovanni Castaldo, Andrea Tartaglia
- 235** Greenhouse Gases, *Elena Mussinelli, Roberto Bolici, Daniele Fanzini, Giovanni Castaldo, Andrea Tartaglia*
- 241** Temperatura Media Radiante (TMR) / Mean Radiant Temperature (MRT), *Valeria Cecafosso*
- 245** Physiological Equivalent Temperature (PET), *Marco Cimillo*
- 249** Predicted Mean Vote (PMV), *Marco Cimillo*
- 253** Velocità del vento / Wind Speed, *Marco Cimillo*
- Dialogo / Dialogue
- 257** L'uso degli indicatori nel progetto ambientale / Use of Indicators in the Environmental Project
Federica Dell'Acqua, Norbert Kühn

Casi studio per l'adattamento agli effetti del cambiamento climatico / Case Studies for Climate Change Adaptation

a cura di/ editor *Renata Valente*

- 262** Esperienze di progetti ambientali multiscalari / Multi-scale Environmental Design Experiences,
Renata Valente
- 267** Il Piano di Adattamento Climatico di Barcellona 2018-2030 / Pla Clima de Barcelona 2018 - 2030, *Enza Tersigni*
- 273** La scelta green di Amburgo: “das Hamburger Klimaschutzkonzept 2011” / The Hamburg Green Option: “das Hamburger Klimaschutzkonzept 2011”, *Federica Dell'Acqua*
- 281** Approccio ecosistemico e soluzioni Nature-Based a Berlino: “StEP Klima 2016” / Ecosystem Approach and Nature-Based Solutions in Berlin: the “StEP Klima 2016”, *Federica Dell'Acqua*

- 289 Strumenti di pianificazione resiliente a Rotterdam / Resilient Planning Tools in Rotterdam,
Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella
- 295 La collaborazione istituzionale per il piano di adattamento di Padova / The Institutional Collaboration for the Padua Adaptation Plan,
Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella
- 301 Il progetto di rigenerazione integrata di Clichy-Batignolles a Parigi / The Clichy-Batignolles Integrated Regeneration Project in Paris,
Valeria Cecafosso
- 307 Euromediterrané-Smartseille Recovery, *Gaia Turchetti*
- 313 Ginko: un eco-quartiere sul lago di Bordeaux / Ginko: an Eco-neighborhood on the Lake Bordeaux, *Valeria Cecafosso*
- 319 Caserne De Bonne: il nuovo centro di Grenoble / Caserne De Bonne: the New Grenoble Center, *Valeria Cecafosso*
- 325 La riconversione ambientale di Ekostaden Augustenborg a Malmö / The Environmental Reconversion of Ekostaden Augustenborg in Malmö,
Elena Mussinelli, Raffaella Riva, Matteo Gambaro, Andrea Tartaglia
- 331 Hammarby Sjostad: rigenerazione urbana a Stoccolma / Hammarby Sjostad: Urban Regeneration in Stockholm,
Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella
- 337 Uno spazio verde sospeso a Dallas: Klyde Warren Park / A Suspended Green Space in Dallas: the Klyde Warren Park,
Elena Mussinelli, Raffaella Riva, Matteo Gambaro, Andrea Tartaglia
- 341 Forestazione urbana a Bologna: il Progetto Gaia / Urban Forestry in Bologna: the Gaia's Project, *Roberto Bologna, Giulio Hasanaj*
- 349 Il programma per le green streets a Portland / Green Streets Program in Portland, *Roberto Bosco, Pietro Ferrara*
- 355 Philadelphia Green Stormwater Infrastructures, *Roberto Bosco, Pietro Ferrara*
- 361 La gestione adattiva delle acque meteoriche a Seattle / Adaptive Stormwater Management in Seattle, *Roberto Bosco, Pietro Ferrara*
- 367 Bagby Street Reconstruction: un'infrastruttura adattiva a Houston / Bagby Street Reconstruction: an Adaptive Infrastructure in Houston,
Elena Mussinelli, Raffaella Riva, Matteo Gambaro, Andrea Tartaglia
- 375 Il corridoio ecologico del Passeig Sant Joan a Barcellona / The Ecological Corridor of the Passeig Sant Joan in Barcelona,
Roberto Bologna, Giulio Hasanaj
- 383 Water Square Benthemplein: spazi urbani multifunzionali a Rotterdam / Water Square Benthemplein: Multifunctional Urban Spaces in Rotterdam, *Roberto Bologna, Giulio Hasanaj*
- 391 Blue Infrastructures a Copenhagen. Il progetto di Tåsinge square / Blue Infrastructures in Copenhagen. The Project of Tåsinge square,
Roberto Bologna, Giulio Hasanaj
- Dialogo / Dialogue
- 399 Replicabilità e direzioni per il progetto ambientale appropriato / Replicability and Directions for Appropriate Environmental Design
Renata Valente, Louise A. Mozingo

Final Remarks

- 406 Sul confine. Assetti plurali per il progetto di adattamento climatico / On the Border. Plural Assets for the Climate Adaptation Project
Marina Rigillo

Involucro

Envelope

Martino Milardi, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*

Mariateresa Mandaglio, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*

Caterina Claudia Musarella, *Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria*

Definizione

Il termine involucro deriva dal verbo latino *involvere*, “volgere intorno”, non definisce solo l’aspetto esteriore e bidimensionale di un oggetto, ma indica tutto ciò che avvolge esternamente qualcosa, arrivando a definire un sistema più complesso, dotato di spessore proprio. L’involucro si può definire come un sistema tridimensionale di chiusura integrale dell’edificio, costituito da diversi elementi tecnici che sono strettamente interdipendenti.

L’involucro edilizio è un elemento architettonico che delimita e conclude perimetralmente l’organismo costruttivo e strutturale (è perciò detto “di frontiera”). La sua funzione è quella di mediare, separare e connettere l’interno con l’esterno, ma esso è anche un elemento ambientale, che delimita e identifica gli spazi esterni circostanti.

L’involucro edilizio è costituito da tutte le unità tecnologiche ed elementi tecnici che morfologicamente e funzionalmente definiscono nelle tre direzioni il limite tra l’ambiente interno e l’ambiente esterno di un organismo edilizio, interagendo a sistema (insieme di elementi spaziali e unità ambientali, che devono garantire il soddisfacimento delle esigenze dell’utenza, e contesto ambientale, condizioni al contorno).

L’utilizzo del termine involucro riferito all’architettura è piuttosto recente, e nasce come evoluzione del concetto di chiusura che identificava, come unità distinte tra loro, i tamponamenti esterni verticali ed orizzontali.

L’involucro edilizio può essere definito inoltre come un filtro ambientale, nella misura in cui è capace di controllare l’influenza dei fattori ambientali esterni sull’ambiente interno. All’involucro sono demandate diverse funzioni da soddisfare: esso non è semplicemente una barriera tra interno ed esterno, ma fornisce protezione dal caldo, dal freddo, modula il passaggio di luce e aria (ARUP, 2018).

L’involucro di un edificio svolge inoltre un ruolo fondamentale nella gestione dei guadagni solari, dei carichi termici, della ventilazione, dei ricambi d’aria, dell’umidità e nell’aspetto formale dell’edificio.

Realizzare organismi edilizi energeticamente efficienti, garantire il comfort degli utenti e di compatibilità ambientale sono strettamente legati all’innovazione del sistema involucro (Wigginton M. & Harris J., 2002).

L’involucro acquisisce dunque nuove specificità e nuove prestazioni dettate dalla necessità di disporre di una membrana osmotica, graduabile e capace di variare il proprio comportamento al variare delle sollecitazioni: si trasforma in un elemen-

Definition

The word envelope derives from the latin verb involvere “revolve around” not only defines the exterior and two-dimensional appearance, but indicates everything that wraps something externally, going so far as to define a more complex system, with its own thickness. It can be defined as a three-dimensional system of integral closure of the building, consisting of several technical elements that are closely interdependent.

It is an architectural element that delimits and concludes parametrically the building and structural organism (or frontier). Its function is to mediate, separate and connect the interior with the exterior, but it is also an environmental element, that delimits and identifies the surrounding external spaces. The building envelope consists of all the technological units and technical elements that morphologically and functionally define in the three directions, interacting as a system, the boundary between the internal environment (set of spatial elements and environmental units that have to ensure the satisfaction of user needs) and the external environment (boundary conditions) of a building organism. The use of the term envelope referred to architecture is quite recent and was born as an evolution of the concept of closure that identified, as distinct units, the external vertical and horizontal curtain walls. The building envelope can also be defined as an environmental filter, if it is able to control the influence of external environmental factors on the indoor environment. The envelope has several functions to be fulfilled, it is not simply a barrier between inside and outside, but provides protection from heat, cold, modulates the passage of light and air (ARUP, 2018). The envelope of a building also plays a key role in the management of solar gains, heat loads, ventilation, air exchange, humidity and the formal appearance of the building.

Energy-efficient building systems, user comfort and environmental compatibility are closely linked to the innovation of the envelope system (Wigginton M. & Harris J., 2002). Therefore, it acquires new specificities and new performances deriving from

the need to have an osmotic membrane, graduated and able to vary its behaviour as the stresses change: it becomes an element of selective mediation, able to control, activate or deactivate a series of variable signals according to the project (Rossetti M., 2019).

The passive envelope indicates a technological system capable of exploiting natural energy in combination with architectural components and, therefore, maximizes direct solar gain because it has large glass surfaces on the walls exposed to solar radiation, provides buffer spaces for protection from cold and greenhouses to exploit solar energy in winter; promotes natural ventilation and uses external air to cool building structures at night. It can become active when it not only supports, but also integrates system systems such as, for example, envelopes equipped with air or water based solar collectors, envelopes equipped with photovoltaic panels, envelopes equipped with ventilated glazing (AA.VV., 2018). The hybrid envelope (building and plant become complementary and the envelope becomes part of an integrated building-plant system) is both passive and active, but also multi-purpose, because it is able to perform functions that in the past were entrusted to technological devices of different nature, and dynamic, because it is able to modify its physical-technical performance over time, in relation to the climatic circumstances and the needs of the occupants (Altomonte S., 2004). The environmental behaviour of the envelope inseparable from the building-plant-outdoor environment system leads to give other definitions: Integrated envelope: born from the integration of the façade and the summer and winter air conditioning systems. It can be composed of steel uprights and transoms in which hot or cold fluid flows fed by the heating plant,

to di mediazione selettiva, in grado di controllare, attivare o disattivare una serie di segnali variabili in funzione degli obiettivi di progetto (Rossetti M., 2019).

L'involucro "passivo" indica un sistema tecnologico capace di sfruttare l'energia naturale in combinazione con i componenti architettonici e, dunque, massimizza il guadagno solare diretto perché dotato di estese superfici vetrate sulle pareti esposte alla radiazione solare, prevede spazi cuscinetto per la protezione dal freddo e serre per sfruttare l'energia solare nel periodo invernale, favorisce la ventilazione naturale e utilizza l'aria esterna per raffreddare le strutture edilizie nel periodo notturno.

L'involucro edilizio diviene "attivo" quando non solo supporta, ma integra i sistemi impiantistici come, ad esempio, gli involucri dotati di collettori solari ad aria o ad acqua, gli involucri dotati di pannelli fotovoltaici, gli involucri dotati di vetrate ventilate (AA.VV., 2018).

L'involucro "ibrido" (in cui le tecnologie edilizie ed impiantistiche diventano fra loro complementari e l'involucro diviene parte di un sistema integrato edificio-impianti, ricco di apparati di regolazione e controllo) è insieme passivo e attivo, ma anche polivalente, perché in grado di svolgere funzioni che in passato erano affidate ad apparati tecnologici di differente natura; e dinamico, perché in grado di modificare le sue prestazioni fisico-tecniche nel tempo, in relazione alle circostanze climatiche e alle esigenze degli occupanti (Altomonte S., 2004).

Il comportamento ambientale dell'involucro inscindibile dal sistema edificio-impianto-ambiente esterno porta ad ulteriori definizioni.

Involucro "integrato": nasce dall'integrazione della facciata e degli impianti di climatizzazione estiva e invernale. Può essere costituito da montanti e traversi in acciaio in cui scorre fluido caldo o freddo alimentato dalla centrale termica, a seconda delle stagioni. Il calore viene erogato con questa tipologia impiantistica principalmente per irraggiamento, con un funzionamento del tipo "a termostiscia", quindi si realizzano le classiche condizioni di pannello radiante, con la differenza che la superficie radiante è in realtà costituita dalla facciata stessa dell'edificio.



Fig. 1 - Involucro interattivo. L'edificio per uffici a Wiesbaden, Germania (progetto Thomas Herzog & Partner)/Interactive Envelope. The office building in Wiesbaden, Germania (Thomas Herzog & Partner) (Source: infobuildenergia.it).

Involucro iperisolato: sfrutta le tecnologie stratificate struttura/rivestimento che hanno la possibilità di calibrare le stratificazioni e rispondere puntualmente ai requisiti previsti in fase progettuale.

Dal punto di vista termico, in un involucro leggero e “iperisolato”, si ha una diminuzione del passaggio di calore: più l’edificio è isolato più elevata è la resistenza termica che si oppone al passaggio di calore. L’involucro sostanzialmente ha un comportamento adiabatico. I punti chiave dell’involucro iperisolato pertanto sono il miglioramento della resistenza termica delle parti opache e di quelle trasparenti, e una tenuta all’aria pressoché perfetta.

Involucro “ventilato”: può essere considerato come una chiusura opaca a isolamento dinamico, infatti attraverso il fluire variabile al suo interno di aria caratterizzata da una determinata temperatura, è in grado di far variare “dinamicamente” il suo comportamento termico. Il flusso d’aria, a seconda della velocità, del suo stato termico e di quello delle superfici di suo contenimento, del rapporto tra volume del condotto e superfici di scambio termico può infatti cedere o asportare calore dalla parete. Questo comportamento può essere fatto variare in funzione degli obiettivi che ci si propone e in relazione alla variabilità delle condizioni al contorno. È dimostrato che, sia in condizioni invernali che estive, la parete ventilata con circuito d’aria esterno-esterno o esterno-interno, rispetto ad una parete identica ma con intercapedine chiusa, ha prestazioni termiche inferiori e tanto più inferiori tanto più cresce la portata; invece la parete ventilata con circuito interno-esterno, sia in condizioni di progetto invernali che estive, ha prestazioni termiche superiori rispetto ad una parete identica ma con intercapedine chiusa, e tanto migliori quanto più cresce la portata. Anche nel caso della temperatura superficiale, migliori prestazioni (ovvero una temperatura superficiale che si avvicina di più alla temperatura interna) si ottengono con una parete ventilata con circuito interno-esterno.

“Doppio involucro”: appartiene alla categoria dei sistemi di chiusura a isolamento dinamico. Questo sistema, nato nei paesi nordici, per essere realmente efficace deve tenere conto della specificità climatica del sito. Questi involucri possono essere classificati, utilizzando l’origine dell’aria di ventilazione, il tipo di ventilazione, o la destinazione dell’aria di ventilazione:

- doppio involucro passivo: l’intercapedine è ventilata naturalmente (Parlamento Europeo a Strasburgo, Architecture Studio Europe);
- doppio involucro attivo: l’intercapedine è ventilata meccanicamente (Moor House a Londra di Foster e partners, la nuova sede di Manulife Financial a Boston di Skidmore Owings & Merrill Architects);
- doppio involucro interattivo: sono presenti entrambi i modi di ventilazione (ST microelettronics a Ginevra, AM Architetti, 2003).

Involucro “integrato” ad impianti per la produzione di energia: una buona integrazione presuppone che gli impianti siano progettati simultaneamente con la concezione dell’organismo edilizio. Soprattutto il fotovoltaico sta conoscendo nell’ultimo periodo un’evoluzione esponenziale, grazie alla sua versatilità: più o meno alto grado di trasparenza, diversi colori, modularità, ecc..

Involucro “interattivo multimediale”: si tratta di un sistema ottenuto grazie alla retroproiezione di immagini su vari supporti trasparenti (Compagno A., 2002). Il vetro o il materiale iridescente consente l’apparenza di immagini di buona qualità sulla trasparenza, assicurando nel contempo visibilità dall’interno verso l’esterno, permettendo inoltre la vista e il passaggio della luce attraverso le vetrate (Rice

depending on the season. The heat is supplied with this type of system mainly by irradiation, with an operation of the “thermostrip” type, so the classic radiant panel conditions are realized, with the difference that the radiant surface is actually constituted by the facade of the building itself. Hyper-insulated envelope: it exploits the structure/cladding stratified technologies that have the possibility to calibrate the stratification and respond punctually to the requirements foreseen in the design phase. From the thermal point, there is a decrease in the passage of heat: the more the building is insulated the higher the thermal resistance that opposes the passage of heat. The key points of the hyper-insulated envelope are therefore the improvement of the thermal resistance of the opaque and transparent parts and an almost perfect airtightness.

Ventilated envelope: it can be considered as an opaque closure with dynamic insulation, in fact through the variable flow of air inside it characterized by a certain temperature, it is able to “dynamically” vary its thermal behaviour. The flow of air, depending on its speed, its thermal state and that of its containment surfaces, the ratio between the volume of the duct and the heat exchange surfaces can in fact remove heat from the wall. This behaviour can vary according to the objectives proposed and in relation to the variability of the boundary conditions. It has been demonstrated that, both in winter and summer conditions, the ventilated wall with an external-external or external-internal air circuit, has lower thermal performance and the lower the flow rate increases; while the ventilated wall with an internal-external circuit, both in winter and summer conditions, has higher thermal performance compared to an identical wall but with a closed cavity, and the higher the flow rate increases. Even in the case of surface temperature, better performance is obtained with a ventilated wall with internal-external circuit.

Double envelope: belongs to the category of dynamically insulated locking systems. This system, born in the Nordic countries, to be effective it has to take into account the climatic specificity of the site. These envelopes can be classified using the origin of the ventilation air, the type of ventilation, or the destination of the ventilation air:

- *double passive envelope: is naturally ventilated (EU Parliament in Strasbourg, Architecture Studio Europe);*
- *double active envelope: is mechanically ventilated (Moor House in London, Foster and partners and Manulife Financial headquarters in Boston, Skidmore Owings & Merrill);*
- *double interactive envelope: both ventilation modes are present (ST microelettronics in Ginevra AM Architects, 2003)*

Integrated envelope to energy production facilities: good integration requires that the facilities are designed simultaneously with the design of the building organisation. Especially photovoltaics is experiencing an exponential evolution in the last period, thanks to

its versatility. *Interactive multimedia envelope: is a system obtained thanks to the rear projection of images on various transparent media (Compagno A., 2002). The glass or iridescent material allows the appearance of good quality images on the transparency, while ensuring visibility from the inside to the outside, also allowing the view and the passage of light through the glass (Rice P., 2000). The skin of the building for this type of envelope consists of vertical panels of translucent material coupled, on which the images are projected, mounted on these supporting metals.*

Evolution of the term

Technological evolution has led to the definition of a new concept of envelope, no longer static and passive, but adaptive and complex (Gregory D.P., 1986), allowing to investigate and understand the advantages of the integration of automation systems on an architectural scale that interact and regulate both the plant engineering system and the aesthetic-architectural conformation of the envelope, with the aim of reducing its energy requirements.

The envelope, as “skin”, plays the decisive role of a dynamic environmental filter system capable not only of regulating the flows of heat (Scudo G. & Rogora A., 1998), radiation, air and steam, but also of converting solar radiation into energy (thermal and electrical) that can be used for the “metabolism” of buildings, and in general of performing a series of key performances that make it the cornerstone of a global process of eco-efficient interaction with natural environmental factors (Milardi M., 2015). The choice to define the envelope as skin systems from the analogy to be created between this physical element and human skin, which is the largest organ of the body of living beings. The envelope plays, in fact, the role of metabolic and morphological part of the building interpreted in a holistic sense, and through the complex system of actuators and sensors, which characterize it in the most advanced technological conformation, it can regulate actively the thermal-functional dynamics that characterize an evolved building (Tucci F., 2014). Michael Davis introduced the concept of variability in the skin of the building in 1981, describing a technological system equipped with microsystems to absorb, irradiate, reflect, filter and transfer services from one space to another one.

Over time, this concept is consolidated in the image of an envelope capable of changing conformation in relation to external thermophysical stresses, becoming from transparent to opaque, changing its colour, and varying its optical properties. These characteristics can be determined by the choice of materials that present evolved solutions in relation to their chemical composition or the application of dynamic elements on the envelope (Puglisi V., 2015). Richard Rogers, in 1978 study, defines «the building has to become like a chameleon that fits. A proper-

P., 2000). La pelle dell’edificio per questo tipo di involucro consiste in pannelli verticali di materiale traslucido accoppiati, su cui vengono proiettate le immagini, montati su tali metallici di supporto.

Evoluzione del termine

L’evoluzione tecnologica ha portato alla definizione di un nuovo concetto di involucro, non più statico e passivo, ma adattivo e complesso (Gregory D.P., 1986), permettendo di indagare e comprendere i vantaggi dell’integrazione di sistemi di automazione a scala architettonica, che interagiscono e regolano sia il sistema impiantistico, sia la conformazione estetico - architettonica dell’involucro, con l’obiettivo di ridurre il fabbisogno energetico.

L’involucro, come ‘pelle’, svolge il ruolo determinante di sistema dinamico di filtro ambiente capace non solo di regolare i flussi di calore (Scudo G. & Rogora A., 1998), radiazione, aria e vapore, ma anche di convertire l’irraggiamento solare in energia (termica ed elettrica) utilizzabile per il ‘metabolismo’ degli edifici, ed in genere di assolvere una serie di prestazioni chiave che ne fanno l’elemento cardine di un globale processo di interazione eco-efficiente con i fattori ambientali naturali (Milardi M., 2015).

La scelta di definire l’involucro come pelle nasce dall’analogia che si vuole creare tra questo elemento fisico e la pelle umana, che è il più esteso organo del corpo degli esseri viventi. L’involucro assolve, infatti, il ruolo di parte metabolica e morfologica dell’edificio interpretato in senso olistico, e attraverso il complesso sistema di attuatori e sensori, che lo caratterizzano nella sua conformazione tecnologica più evoluta, riesce a regolare in modo attivo le dinamiche termico-funzionali che caratterizzano un edificio evoluto (Tucci F., 2014).

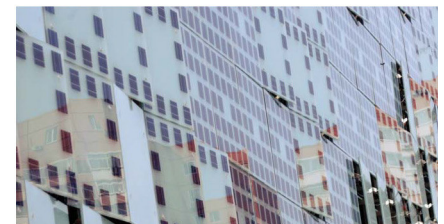
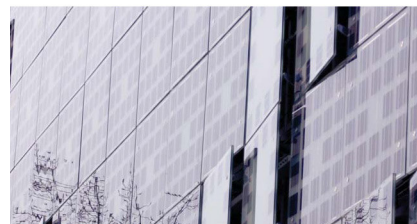
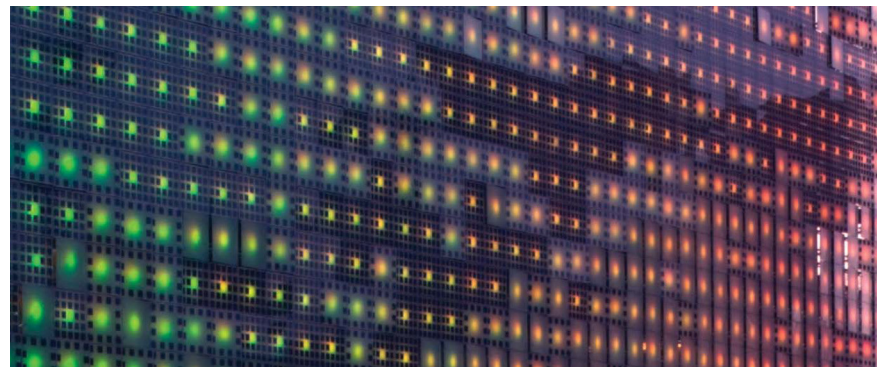


Fig. 2 - Involucro interattivo multimediale. Progetto GreenPix – Zero Energy Media Wall_Xicui Road, Beijing, China, 2008/Multimedial interactive envelope..GreenPix – Zero Energy Media Wall_Xicui Road, Beijing, China, 2008 (Source: www.sgp-architects.com).

Michael Davis introduceva nel 1981 il concetto di variabilità della pelle dell'edificio, descrivendo un sistema tecnologico dotato di microsistemi per assorbire, irraggiare, riflettere, filtrare e trasferire servizi da uno spazio all'altro.

Nel tempo questo concetto si è consolidato nell'immagine di un involucro in grado di cambiare conformazione in relazione alle sollecitazioni termofisiche esterne, diventato da trasparente ad opaco, modificando il suo colore, e variando le sue proprietà ottiche. Queste caratteristiche possono essere determinate dalla scelta di materiali che presentano soluzioni evolute in relazione alla loro composizione chimica, o all'applicazione sull'involucro di elementi dinamici nel tempo (Puglisi V., 2015).

Richard Rogers, in uno studio del 1978 per la definizione di futuri campi della ricerca, sostiene che: «L'edificio deve diventare come un camaleonte che si adatta. Un edificio propriamente equipaggiato ed adeguatamente rivestito dovrebbe monitorare tutte le variabili interne ed esterne, temperatura, igrometria e livello della luce, radiazione solare, ecc., per determinare la migliore equazione energetica, date queste condizioni, e modificare l'edificio in accordo con un sistema interno. Non è troppo chiedere ad un edificio di incorporare, nella sua struttura e nel suo sistema nervoso, la fondamentale qualità dell'adattamento» (Rogers, 1979).

L'importanza crescente del ruolo svolto dall'involucro edilizio, che sempre più deve rispondere a requisiti in materia di confort ambientale e risparmio delle risorse energetiche, determina quindi la consapevolezza che l'involucro stesso costituisce la prima e necessaria cerniera di collegamento tra sistema ambientale e sistema tecnologico (OECD - IEA, 2013).

L'involucro adattivo può essere descritto come un sistema di chiusura che possiede le capacità di cambiare le sue proprietà e controllare in maniera flessibile differenti parametri. Questi cambiamenti sono prodotti per rispondere ad un mutamento delle condizioni climatiche esterne o interne allo scopo di migliorare il benessere ambientale interno (Denner D., Hessler F. & Kraise J., 1999). Il cambiamento delle prestazioni di un involucro può essere ottenuto in svariati modi differenti: attraverso cambiamenti chimici nei materiali che lo compongono, con la movimentazione di elementi o introducendo flussi d'aria (Corrado V.F., 2020).

Diventa così una complessa macchina, il cui funzionamento è regolato da sistemi tecnologici particolarmente avanzati, tali da regolare e controllare una serie di apparati meccanici capaci di adattare il rapporto complesso tra il clima esterno e quello interno: involucri automaticamente reattivi alle condizioni e alle sollecitazioni climatiche esterne (Knaack U., Klein T., Bilow M., & Auer T., 2014).

Considerata la complessità di progettazione di questi sistemi, risulta chiaro come l'ambito più adatto allo sviluppo degli stessi sia quello legato alla dinamicità del loro funzionamento e all'adattabilità alle variazioni delle condizioni al contorno: involucri evoluti a comportamento dinamico, cioè sistemi innovativi in grado di raggiungere prestazioni elevate e adattabili alle variazioni.

Nell'ambito degli studi sul *climate change*, il termine adattività compare in stretta relazione con quello di dinamicità.

Si può affermare quindi che l'involucro si sia lentamente evoluto da elemento barriera, prevalentemente protettivo, in un complesso sistema-filtro selettivo e polivalente, in grado di ottimizzare le interazioni tra ambiente interno e macro-ambiente esterno (e viceversa) al mutare delle diverse condizioni climatico-ambientali nel corso della giornata, nel corso dell'anno, e finanche nel corso della vita dell'organismo edilizio e/o dell'uomo che lo abita; inoltre, il sistema involucro

ly equipped and adequately clad building should monitor all internal and external variables, temperature, hygrometry and light level, solar radiation, etc., to determine the best energy equation, given these conditions, and modify the building according to an internal system. It is not too much to ask a building to incorporate, in its structure and nervous system, the fundamental quality of the adaptation» (Rogers, 1979). The growing importance of the role played by the building envelope, which increasingly has to meet requirements in terms of environmental comfort and energy saving, determines the awareness that the envelope is the first and necessary hinge connecting the environmental and technological system (OECD - IEA, 2013).

The adaptive envelope can be described as a locking system that has the ability to change its properties and flexibly control different parameters. These changes are produced to respond to an outdoor or indoor climatic conditions to improve indoor environmental well-being (Denner D., Hessler F. & Kraise J., 1999). The change in the performance of an envelope can be achieved in several different ways: through chemical changes in the materials of which it is composed, through the movement of elements or by introducing airflows (Corrado V.F., 2020). Therefore becomes a complex machine, whose operation is regulated by particularly advanced technological systems, such as to regulate and control a series of mechanical devices capable of adapting the complex relationship between the external and internal climate: envelopes that are automatically reactive to external climatic conditions and stresses (Knaack U., Klein T., Bilow M., & Auer T., 2014).

Considering the complexity of the design of these systems, it is clear that the most suitable area for their development is the one related to the dynamism of their operation and adaptability to variations in the boundary conditions: evolved envelopes with dynamic behaviour, i.e. innovative systems capable of achieving high performance and adaptable to variations. In the context of climate change studies, the term adaptivity appears in close relation to the term dynamicity. It can therefore be said that the envelope has slowly evolved from a mainly protective barrier element into a complex selective and polyvalent filter-system, capable of optimizing the interactions between the internal environment and the external macro-environment (and vice versa) and the changing climatic-environmental conditions during the day, the year and the life of the building organism and/or the man who lives in it. The envelope system, responds in an "smart" sense to the same psychological, sociological and cultural changes in the way of living the relationships with these micro and macro-environmental factors on the part of the users of "enveloped" architecture.

In the last years, the theme of climate and environmental change has led many operators in the construction sector to

identify the building envelope as the strategic element for reducing consumption and the impacts of the construction industry throughout the entire life cycle of processes and products. In this sense, the interest for an architectural project linked to criteria of smart interaction with the environment has led to conceive the envelope as a “dynamic epidermal layer that changes and adapts” according to the different conditions of the climate-environmental context and the different needs of users (Romano R., 2019).

The concept of dynamicity and interactivity/adaptivity of the envelope with the integration of systems or rather of smart materials, capable of controlling the energy consumption performance of buildings, leads to the creation of prototypes capable of being translated into serial components for advanced envelopes capable of providing high environmental performance (Milardi M., 2018). It is not only a matter of producing the knowledge and methodologies necessary to encourage the activation of processes linked to innovation, but above all, of making the transfer of technology from the scientific sector to the production sector involved for the drafting of solutions and prototypes a useful synergy for those involved.

References

- AA.VV. (2018) “Proceedings of the 13th Conference on Advanced Building Skins”, *Proceeding of Conference*, Bern, Switzerland, Advanced Building Skins GmbH, Wilen (Sarnen), 1-2 October 2018.
- ARUP (2018), *Cities Alive. Green Building Envelope*, ARUP Deutschland Publisher GmbH.
- Altomonte, S. (2004), *L'involucro architettonico come interfaccia dinamica. Strumenti e criteri per un'architettura sostenibile*, Alinea, Firenze.
- Compagno, A. (2002), *Intelligent Glass Façades*, Birkhauser Publishers, Berlin.
- Corrado, V. F. (2020), “Proceedings of Building Simulation 2019”, *Proceeding of 16th Conference of IBPSA International Building Performance Simulation Association*, Rome, Italy, 2-4 September 2019.
- Danner, D., Hassler, F.H. & Krause, J.R. (1999), *Die klima-active Fassade*, Verlagsanstalt, Alexander Koch GmbH, Leinfeld-Echterdingen.
- Gregory, D.P. (1986), “Adaptive Building Envelopes”, *BSRIA-TN-3/86*, Bracknell.
- Knaack, U., Klein, T., Bilow, M., & Auer, T. (2014), *Facades. Principles of construction*, Basel: Birkhäuser Verlag GmbH.
- Milardi, M. (2015), *L'edificio risorsa. Caratteri e indicatori di eco-efficienza in edilizia*, Nuova Cultura, Roma.
- Milardi, M. (2018) “Adaptive Models for the Energy Efficiency of Building Envelopes”, *Journal of Technology Innovations in Renewable Energy*, n. 6, 2018, pp. 108-117, Mississauga: Lifescience Global (CAN).
- OECD-IEA (2013), *Technology Roadmap. Energy efficiency building envelopes*, Paris: International Energy Agency IEA, OECD-IEA.
- Puglisi, V. (2015), *Sistemi, tecnologie e materiali innovativi per gli involucri contemporanei*, Aracne, Roma.
- Rice, P. (2000) *Transparente Architektur. Glassfassadenmit Structural Glazing*, Birkhauser Publishers, Berlin.
- Rogers, R. (1979), *Notes on the Future of Glass (Private report to Pilkington Glass Ltd)*, Richard Rogers and Partners, London.
- Romano, R. & Gallo, P. (2019), “Nuovi modelli cognitivi nella fase di pre-progettazione dei sistemi di involucro complessi”, *La Produzione del Progetto*, proceedings of Conference, Dipartimento Architettura e Territorio-dArTe dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, 14-15 giugno 2018, Maggioli Editore, pp. 0-12.
- Rossetti, M. (2019), *L'involucro architettonico contemporaneo*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna.
- Scudo, G. & Rogora, A. (1998), “L'involucro come regolatore dei flussi energetici”, *Ambiente Costruito*, vol.1, Maggioli, Rimini.
- Tucci, F. (2006), *L'involucro ben temperato*, Alinea, Firenze.
- Tucci, F., (2014), *Involucro, Clima, Energia. Qualità bioclimatica ed efficienza energetica in architettura nel progetto tecnologico ambientale della pelle degli edifici*, AltraAlineaEdizioni, Firenze.
- Wigginton, M. & Harris, J. (2002), *Intelligent Skins*, Architectural Press, Oxford.

risponde sempre più spesso in senso “intelligente” agli stessi mutamenti psicologici, sociologici e culturali del modo di vivere i rapporti con tali fattori micro e macro ambientali da parte dei fruitori dell'architettura “involucrata”.

Negli ultimi anni il tema dei cambiamenti climatici e ambientali ha portato molti operatori del settore delle costruzioni ad individuare l'involucro edilizio come l'elemento strategico ai fini della riduzione dei consumi e degli impatti dell'industria edilizia nell'intero ciclo di vita dei processi e dei prodotti. In tal senso, l'interesse per un progetto di architettura legato a criteri di interazione intelligente con l'ambiente ha portato a concepire l'involucro come uno “strato epidermico dinamico che muta e si adatta” in funzione alle diverse condizioni di contesto climatico-ambientale ed alle diverse esigenze degli utenti (Romano R., 2019).

Il concetto di dinamicità ed interattività/adattività dell'involucro con l'integrazione impiantistica o meglio di materiali intelligenti, capaci di controllare le prestazioni di consumo energetico degli edifici, conduce alla realizzazione di prototipi in grado di essere tradotti in componenti seriali per involucri evoluti capaci di fornire alte performances ambientali (Milardi M., 2018). Si tratta non solo di produrre conoscenze e metodologie necessarie per favorire l'attivazione dei processi legati all'innovazione ma soprattutto di concretizzare il trasferimento tecnologico dal settore scientifico al settore produttivo coinvolto per la stesura di soluzioni e prototipi, creando una sinergia utile ai soggetti coinvolti.

Book series STUDI E PROGETTI

Books

1. Andrea Tartaglia, *Project Financing e Sanità. Processi, attori e strumenti nel contesto europeo*, 2005.
2. Daniele Fanzini (ed), *Il progetto nei programmi complessi di intervento. L'esperienza del Contratto di Quartiere San Giuseppe Baia del Re di Piacenza*, 2005.
3. Fabrizio Schiaffonati, Elena Mussinelli, Roberto Bolici, Andrea Poltronieri, *Marketing Territoriale. Piano, azioni e progetti nel contesto mantovano*, 2005.
4. Matteo Gambaro, *Regie evolute del progetto. Le Società di trasformazione urbana*, 2005.
5. Silvia Lanzani, Andrea Tartaglia (eds), *Innovazione nel progetto ospedaliero. Politiche, strumenti tecnologie*, 2005.
6. Alessandra Oppio, Andrea Tartaglia (eds), *Governo del territorio e strategie di valorizzazione dei beni culturali*, 2006.
7. Fabrizio Schiaffonati, Arturo Majocchi, Elena Mussinelli (eds), *Il Piano d'area del Parco Naturale della Valle del Ticino piemontese*, 2006.
8. Matteo Gambaro, Daniele Fanzini (eds), *Progetto e identità urbana. La riqualificazione di piazza Cittadella in Piacenza*, 2006.
9. Lorenzo Mussone, Luca Marescotti (eds), *Conoscenza e monitoraggio della domanda di mobilità nelle aree metropolitane: teoria, applicazioni e tecnologia*, 2007.
10. Luca Marescotti, Lorenzo Mussone (eds), *Grandi infrastrutture per la mobilità di trasporto e sistemi metropolitani: Milano, Roma e Napoli*, 2007.
11. Giorgio Casoni, Daniele Fanzini, Raffaella Trocchianesi (eds), *Progetti per lo sviluppo del territorio. Marketing strategico dell'Oltrepò Mantovano*, 2008.
12. Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia, Matteo Gambaro (eds), *Tecnologia e progetto urbano. L'esperienza delle STU*, 2008.
13. Elena Mussinelli (ed), *Il Piano Strategico di Novara*, 2008.
14. Fabrizio Schiaffonati, Elena Mussinelli, *Il tema dell'acqua nella progettazione ambientale*, 2008.
15. Raffaella Riva, *Il metaprogetto dell'ecomuseo*, 2008.
16. Fabrizio Schiaffonati, Elena Mussinelli, Roberto Bolici, Andrea Poltronieri (eds), *Paesaggio e beni culturali. Progetto di valorizzazione dell'Area Morenica Mantovana*, 2009.
17. Matteo Gambaro (ed), *Paesaggio e sistemi territoriali. Strategie per la valorizzazione della fascia contigua al Parco naturale della Valle del Ticino piemontese*, 2009.
18. Roberto Bolici, Andrea Poltronieri, Raffaella Riva (eds), *Paesaggio e sistemi ecomuseali. Proposte per un turismo responsabile*, 2009.
19. Fabrizio Achilli, Daniele Fanzini, Valeria Poli, Cesarina Raschiani (eds), *Popolare la città. Cento anni di case popolari a Piacenza*, 2009.
20. Giovanni Boncinelli, *Simmetria e funzione nell'architettura*, 2009.
21. Giorgio Casoni, Daniele Fanzini, *I luoghi dell'innovazione. Complessità, management e progetto*, 2011.
22. Marta Ferretti, Tamara Taiocchi, *26 Km Bergamo-San Pellegrino Terme. Strategie e progetti per la riqualificazione della ferrovia della Valle Brembana*, 2012.
23. Giorgio Bezoari, Eduardo Salinas Chávez, Nancy Benitez Vázquez (eds), *San Isidro en el Valle de los Ingenios. Trinidad. Cuba*, 2013.
24. Elena Mussinelli (ed), *La valorizzazione del patrimonio ambientale e paesaggistico. Progetto per le Corti Bonoris nel Parco del Mincio*, 2014.
25. Fabrizio Schiaffonati, *Il progetto della residenza sociale*, editor Raffaella Riva, 2014.
26. Fabrizio Schiaffonati (ed), *Renato Calamida, Marco Lucchini, Fabrizio Schiaffonati Architetti*, 2014.
27. Giovanni Castaldo, Adriana Granato (eds), *Un progetto per gli scali ferroviari milanesi*, 2015.

28. Elena Mussinelli (ed), *Design, technologies and innovation in cultural heritage enhancement*, 2015.
29. Fabrizio Schiaffonati, Elena Mussinelli, Arturo Majocchi, Andrea Tartaglia, Raffaella Riva, Matteo Gambaro, *Tecnologia Architettura Territorio. Studi ricerche progetti*, 2015.
30. Oscar Eugenio Bellini, *Student housing_1*, 2015.
31. Maria Teresa Lucarelli, Elena Mussinelli, Corrado Trombetta (eds), *Cluster in progress. La Tecnologia dell'architettura in rete per l'innovazione / The Architectural technology network for innovation*, 2016.
32. Paola De Joanna, *Architettura e materiali lapidei. Strategie sostenibili e processi estrattivi*, 2016.
33. Luca Mora, Roberto Bolici, *Progettare la Smart City. Dalla ricerca teorica alla dimensione pratica*, 2016.
34. Fabrizio Schiaffonati, Giovanni Castaldo, Martino Mocchi, *Il progetto di rigenerazione urbana. Proposte per lo scalo di Porta Romana a Milano*, 2017.
35. Raffaella Riva (ed), *Ecomuseums and cultural landscapes. State of the art and future prospects*, 2017.
36. Daniele Fanzini (ed), *Tecnologie e processi per il progetto del paesaggio. Reti e modelli distrettuali*, 2017.
37. Andrea Tartaglia, *Progetto e nuovo Codice dei contratti. Innovazioni nel processo edilizio*, 2018.
38. Roberto Ruggiero, *La versione di Rice. Cultura progettuale di un ingegnere umanista*, 2018.
39. Sergio Russo Ermolli (ed), *The Changing Architect. Innovazione tecnologica e modellazione informativa per l'efficienza dei processi / Technological innovation and information modeling for the efficiency of processes*, 2018.
40. Andrea Tartaglia, Davide Cerati (eds), *Il progetto di valorizzazione dei territori rurali metropolitan Proposte per il Sud-Abbatense / Design for the enhancement of metropolitan rural territories Proposals for the Sud-Abbatense*, 2018.
41. Oscar Eugenio Bellini, Andrea Ciaramella, Laura Daglio, Matteo Gambaro (eds), *La Progettazione tecnologica e gli scenari della ricerca*, 2018.
42. Maria Teresa Lucarelli, Elena Mussinelli, Laura Daglio (eds), *Progettare Resiliente*, 2018.
43. Massimo Lauria, Elena Mussinelli, Fabrizio Tucci (eds), *La Produzione del Progetto*, 2019.
44. Oscar Eugenio Bellini, *Student housing_2. Il progetto della residenza universitaria*, 2019.
45. Daniele Fanzini, Andrea Tartaglia, Raffaella Riva (eds), *Project challenges: sustainable development and urban resilience*, 2019.
46. Eugenio Arbizzani, Eliana Cangelli, Laura Daglio, Elisabetta Ginelli, Federica Ottone, Donatella Radogna (eds), *Progettare in vivo la rigenerazione urbana*, 2020.
47. Sergio Russo Ermolli, *The Digital Culture of Architecture. Note sul cambiamento cognitivo e tecnico tra continuità e rottura / Notes on cognitive and technical change between continuity and disruption*, 2020.
48. Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia (eds), *Nodi infrastrutturali e rigenerazione urbana. Stazioni, spazio pubblico, qualità ambientale*, 2020.

E-book

Maria Teresa Lucarelli, Elena Mussinelli, Laura Daglio, Mattia Federico Leone (eds), *Designing Resilience*, June 2019.

Maria Azzalin, Eliana Cangelli, Laura Daglio, Federica Ottone, Donatella Radogna (eds), *Il progetto tra ricerca e sperimentazione applicata. Il contributo dei giovani ricercatori*, October 2019.

E-book Open Access

Raffaella Riva (ed), *Ecomuseums and cultural landscapes. State of the art and future prospects*, December 2017.

Daniele Fanzini, Andrea Tartaglia, Raffaella Riva (eds), *Project challenges: sustainable development and urban resilience*, December 2019.

Associazione culturale Urban Curator Tecnologia Architettura Territorio (ed), *Una strategia per il sud-est di Milano. L'hub di Rogoredo. Progetti, operatori, infrastrutture e valorizzazione ambientale*, February 2020.

Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia (eds), *Nodi infrastrutturali e rigenerazione urbana. Stazioni, spazio pubblico, qualità ambientale*, October 2020.

Massimo Lauria, Elena Mussinelli, Fabrizio Tucci (eds), *Producing Project*, November 2020.

Le conseguenze del cambiamento climatico impongono di innovare i metodi del progetto ambientale alla luce di più complessi approcci al sistema di produzione della conoscenza, integrando nel livello meta-progettuale strategie e azioni per garantire più efficaci contributi ai processi di riduzione del rischio, sui quali convergono le raccomandazioni e le politiche di numerosi organismi internazionali e nazionali. Il volume *Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale*, è il primo dei due libri che restituiscono il lavoro della ricerca PRIN 2015 *Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico*, delle *Research Units* dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, del Politecnico di Milano, della Sapienza Università di Roma, dell'Università degli Studi della Campania *Luigi Vanvitelli*, dell'Università degli Studi di Firenze, dell'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria. La ricerca propone una ridefinizione del quadro teorico e metodologico per il progetto di adattamento climatico, individuando nella dimensione inter-scalare e sistemica le chiavi di accesso per interventi in specifici contesti urbani. Partendo da questo punto di vista, il volume inquadra in modo integrato i processi e gli strumenti della conoscenza attraverso i quali affrontare la gestione dei *topics* analitico-interpretativi a supporto delle azioni di *adaptive design*, puntando sulla interazione tra metodi di ricerca quantitativi e l'approccio euristico al progetto per la ricerca di soluzioni *site-specific*. Un sistema di indicatori definisce le condizioni di criticità legate agli impatti climatici e gli esiti *ex-post* degli interventi di rigenerazione urbana. Conclude il volume una lettura critica di casi studio internazionali e nazionali, dai quali sono state evinte prassi efficaci, trasferibili e applicabili ai contesti Italiani in ragione dei livelli inter-scalari utilizzati.

Curatori

Mario Losasso

Professore Ordinario di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II

Maria Teresa Lucarelli

Professore Ordinario di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura e Territorio dell'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria

Marina Rigillo

Professore Associato di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II

Renata Valente

Professore Associato di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi della Campania *Luigi Vanvitelli*

Climate change consequences require more innovation in the design process at the light of the complex approaches to the knowledge-production system, integrating project strategies and actions within the meta-design approach in order to provide effective contributions to risk reduction, and to support recommendations and policies of the many international and national bodies concerning. The volume Adapting to the Changing Climate.

Knowledge Innovation for Environmental Design is the first of the two books tracing the scientific report of the PRIN 2015 research Adaptive design and technological innovations for the resilient regeneration of urban districts in climate change regime, conducted by Università degli Studi di Napoli Federico II, Politecnico di Milano, Sapienza Università di Roma, Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli, Università degli Studi di Firenze, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria. The research goal is to redefine the theoretical and methodological framework of the adaptation project, looking at the systemic and multi-scaling models as the conceptual keys to base the design actions in specific urban contexts. Starting from this point of view, the volume aims at integrating processes and tools of knowledge production, merging the quantitative research methods with the heuristic design approach for providing site-specific solutions. A set of indicators depict the site conditions in terms of climate criticalities and feedbacks resulting from the urban regeneration. The book concludes with a critical reading of international and national case studies, specifically themed, from which effective, transferable and enforceable practices with appropriate multi-scaling levels have been inferred for the Italian contexts.

Editors

Mario Losasso

Full Professor of Architectural Technology at the Department of Architecture, Università degli Studi di Napoli Federico II

Maria Teresa Lucarelli

Full Professor of Architectural Technology at the Department of Architecture and Territory, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria

Marina Rigillo

Associate Professor of Architectural Technology at the Department of Architecture, Università degli Studi di Napoli Federico II

Renata Valente

Associate Professor of Architectural Technology at the Department of Engineering, Università degli Studi della Campania *Luigi Vanvitelli*