



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 Iamonic, 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 Cecafozzo*
- 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** Euromediterranée-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

Riduzione Impatto Edilizio (RIE)

Eduardo Bassolino, *Università degli Studi di Napoli Federico II*

Definizione dell'indice di Riduzione Impatto Edilizio

Il RIE, Riduzione Impatto Edilizio, è un indice che descrive la qualità ambientale di un'area urbana, ed è utile alla certificazione degli interventi edilizi in relazione alla permeabilità dei suoli e delle aree verdi che la Città di Bolzano ha adottato tra gli strumenti urbanistici di tipo operativo. Introdotto nel 2004 all'interno del Regolamento Edilizio del Comune di Bolzano all'art.19 bis, ha reso di fatto obbligatorio l'utilizzo della procedura RIE per la verifica ambientale per interventi di nuova costruzione, per interventi sull'edilizia esistente e per interventi di qualsiasi natura (fondi e/o edifici esistenti), che comportano la modificazione delle superfici esterne esposte alle acque meteoriche, quali coperture, terrazze, sistemazioni esterne, cortili, aree verdi, aree pavimentate, ecc. (Comune di Bolzano, 2004)

L'adozione di questo strumento ha permesso al Comune di Bolzano di promuovere azioni diffuse sul territorio comunale per il miglioramento del microclima urbano allo scopo di ottenere concessioni edilizie, un *do ut des* tra cittadini e Amministrazione utile al raggiungimento di un'elevata qualità ecologica urbana per l'intera comunità.

Il RIE è incentrato sull'applicazione integrata di sistemi e tecnologie utili alla gestione e al recupero delle acque meteoriche attraverso azioni finalizzate alla deimpermeabilizzazione dei suoli e al *greening* urbano.

Indici di misurazione del valore ecologico delle aree urbane costruite

Il RIE di Bolzano si inserisce all'interno di un ampio panorama di strumenti di supporto alle decisioni in fase di elaborazione, proposta ed approvazione di interventi in ambito urbano su edifici e spazi aperti e che, attraverso uno scambio tra cittadinanza ed amministrazione pubblica, consentono di attuare azioni diffuse per il miglioramento dell'ambiente urbano costruito.

Il primo tra questi strumenti è il BAF – Biotope Area Factor, introdotto dall'amministrazione pubblica di Berlino nel 1994. Il BAF, esprime il rapporto tra la superficie ecologicamente efficiente e la superficie totale considerata nell'intervento. È un indice che calcola, in maniera ponderata, il "valore ecologico" delle singole parti che compongono l'area presa in considerazione ed impone il raggiungimento di un punteggio minimo a seconda della tipologia di edificio (residenziale, commerciale, direzionale, pubblico, scuole, scuole infermieristiche e centri di assistenza, infrastrutture tecniche). L'introduzione del BAF è volta alla promozione ed all'incremento di servizi ecosistemici, in particolare, attraverso l'introduzione di tetti e facciate verdi su edifici pubblici e privati, ma anche attraverso l'incremento delle superfici evapotraspiranti in spazi pubblici e privati, al fine di implementare le superfici permeabili.

Definition of the Building Impact Reduction Index

The RIE, Building Impact Reduction, is an index that describes the environmental quality of an urban area and is useful for the certification of building interventions about the permeability of soils and green areas that the City of Bolzano has adopted as operative urban planning tool. Introduced in 2004 within the Building Regulations of the Municipality of Bolzano (art.19 bis), the use of the RIE has made mandatory for environmental verification of new construction, existing buildings and any interventions (funds and/or existing buildings), which involves the modification of the external surfaces exposed to rainwater, such as roofs, terraces, external arrangements, courtyards, green areas, paved areas, etc. (Comune di Bolzano, 2004, p. 2).

The adoption of this tool has allowed the Municipality of Bolzano to promote widespread actions in the municipal area to improve the urban microclimate to obtain building permits, a do ut des between citizens and Administration, useful for achieving high urban ecological quality for the whole community.

The RIE focuses on the integrated application of systems and technologies useful to manage and recovery rainwater through actions aimed at the de-sealing of soils and urban greening.

Indices to measure the ecological value of built urban areas

The RIE of Bolzano is part of a broad panorama of tools to support decisions during the development, proposal and approval of urban interventions on buildings and open spaces and which, through an exchange between citizenship and public administration, allow to implement widespread actions to improve the built urban environment.

The first of these tools is the BAF - Biotope Area Factor, introduced by the Berlin public administration in 1994. The BAF expresses the relationship between the environmentally efficient area and the total area considered in the intervention. It is an index that calculates, in a weighted way, the "ecological value" of the individual parts that form the considered area and requires the achievement of a minimum score depending on the type of building (residential, commercial, office, public, schools, nursing schools and care centres, technical infrastructure). The

introduction of the BAF is aimed at promoting and increasing ecosystem services through the introduction of green roofs and green facades on public and private buildings, but also through the increase of evapotranspiration of surfaces in public and private spaces to implement permeable surfaces.

Indices to measure the ecological value of built urban areas

Similar to BAF both by type of instrument and by calculation method, in 2001 the municipal administration of Malmö in Sweden adopted the Green Space Factor¹, a tool for measuring ecological value. The actions envisaged are substantially similar to those introduced by the BAF, such as green roofs and facades, but also provides the protection of large trees, the introduction of flower beds, hedges, green areas and areas treated with natural aggregates or sand, water bodies. The attribution of points, Green Points, is similar to the BAF, to differ are some coefficients related to planned actions, while the final score is related to the construction index², or the relationship between built and free area.

On the international scene, a similar experience is that of the city of Seattle which in 2007 adopted the Seattle Green Factor based on the Berlin and Malmö model. Through a similar evaluation system, the weight of interventions is based on the construction costs which favour more expensive solutions and have a greater effect on environmental benefits.

In Italy, following the experience of Bolzano, the RIE has been also adopted by other municipal administrations, which have effectively implemented urban transformation policies to improve the microclimate and increase the permeability of soils, in the awareness of the increase of risks due to climatic changes and the occurrence of dangerous phenomena for communities such as Urban Heat Island (UHI) and Pluvial Flooding. The RIE was first adopted by the city of Bologna and included in the part of the Performance Sheet E 8.4 "Green care, permeability and urban microclimate", set in art. 56 "Buildings" of the Building Planning Regulation. Subsequently, other Italian

Analogo al BAF sia per tipologia di strumento, sia per metodologia di calcolo, nel 2001 l'amministrazione comunale di Malmö in Svezia ha adottato il Green Space Factor¹, uno strumento per la misurazione del valore ecologico. Le azioni previste risultano sostanzialmente affini a quelle introdotte dal BAF, quali tetti e facciate verdi, ma prevede inoltre la salvaguardia di grandi alberature, l'introduzione di aiuole, siepi, aree verdi ed aree trattate con aggregati naturali o sabbia, specchi d'acqua. L'attribuzione dei punteggi, Green Points, è analoga al BAF, a differire sono alcuni coefficienti relativi ad alcune delle azioni progettuali previste, mentre il punteggio finale è relativo all'indice di costruzione², ovvero al rapporto tra area edificata ed area libera.

A livello internazionale, analoga esperienza è quella città di Seattle che del 2007 ha adottato il Seattle Green Factor, basandosi sul modello berlinese e di quello della città di Malmö. Attraverso un analogo sistema di valutazione, il peso degli interventi è basato sugli oneri di realizzazione che privilegiano soluzioni più onerose e di maggiore effetto sui benefici ambientali.

In Italia, a seguito dell'esperienza di Bolzano, il RIE è stato adottato anche da altre amministrazioni comunali, che hanno di fatto attuato politiche di trasformazione urbana per il miglioramento del microclima e l'aumento della permeabilità dei suoli, nella consapevolezza dell'aumento dei rischi dovuti alle alterazioni climatiche e al verificarsi di fenomeni pericolosi per le comunità quali l'Urban Heat Island (UHI) e il Pluvial Flooding. In particolare, il RIE è stato adottato dapprima nella città di Bologna, ed è inserito nella parte della Scheda prestazionale E 8.4 "Cura del verde, permeabilità e microclima urbano", fissata all' art. 56 "Edifici" del Regolamento Urbanistico Edilizio. In seguito, altri comuni italiani come la città di Volvera (TO) e la città di Fontaniva in provincia di Padova, hanno introdotto il RIE all'interno del proprio regolamento edilizio, quale sistema di valutazione negli studi d'impatto, al fine di valutare la permeabilità dei suoli a valle di interventi di trasformazione urbana, definendo, di caso in caso, punteggi minimi da raggiungere differenti rispetto agli standard definiti dal RIE di Bolzano, e a seconda della tipologia d'intervento.

Applicazione dell'indice RIE

L'indice del RIE fa riferimento ad un algoritmo che è in grado di calcolare la capacità di un'area edificata o edificabile, di rispondere adeguatamente alla gestione delle acque meteoriche. L'indice può variare all'interno di una scala che va da 0 a 10 (con intervallo superiore aperto) in cui, maggiore è il punteggio ottenuto, migliore sarà la risposta in termini di miglioramento. In termini pratici, il comune

1 In 2001 in Malmö, in the former industrial area of Western Harbour, the international exhibition called "Bo01" or "The Sustainable City of Tomorrow" was held. The exhibition consisted of two experiences, the first, provided a temporary exhibition area of buildings surrounded by gardens and art, the second, the construction of a new residential neighbourhood of 500 houses. The ideas, concepts and solutions lead to the Green Space Factor (Kruuse, 2011, pp. 4-5).

2 For example, if the building covers 60% of the site, the GSF to reach is 0.4; if the buildings covers 50% of the area, the required GSF is 0.5 (Kruuse, 2011, p. 10).

1 Nel 2001 nella città di Malmö, ed in particolare nell'ex area industriale di Western Harbour, si è tenuta l'esposizione internazionale sull'edilizia abitativa chiamata "Bo01", ma anche "The Sustainable City of Tomorrow". L'esposizione consisteva di due esperienze, la prima, prevedeva un'area espositiva temporanea di edifici circondati da giardini e forme d'arte, una seconda, la realizzazione un nuovo quartiere residenziale di 500 abitazioni. Le idee, i concetti e le soluzioni presentate hanno dato l'avvio alla definizione del Green Space Factor (Kruuse, 2011, pp. 4-5).

2 Ad esempio, se l'edificio copre il 60% del sito, il Green Space Factor da raggiungere è dello 0,4; mentre se gli edifici coprono il 50% dell'area, il Green Space Factor richiesto è 0,5 (Kruuse, 2011, p. 10).

di Bolzano ha stabilito dei limiti entro cui è possibile ottenere la certificazione RIE per il rilascio della concessione edilizia o dell'abitabilità:

- un valore di RIE maggiore o uguale a 1,50, se si tratta di costruzioni in zona produttiva (es. capannoni, stabilimenti produttivi...);
- un valore di RIE maggiore o uguale a 4,00, in caso di zona residenziale (es. condomini, ma anche scuole, chiese...).

L'algoritmo del RIE viene definito da questa formula:

$$RIE = \frac{\sum_{i=1}^n S_{vi} \frac{1}{\Psi_i} + (Se)}{\sum_{i=1}^n S_{vi} + \sum_{j=1}^m S_{ij} \Psi_j}$$

dove:

- S_{vi} = i-esima superficie permeabile, impermeabile o sigillata trattata a verde
- S_{ij} = j-esima superficie permeabile, impermeabile o sigillata non trattata a verde
- ψ_i = i-esimo coefficiente di deflusso
- ψ_j = j-esimo coefficiente di deflusso
- Se = Superfici equivalenti alberature

I differenti coefficienti moltiplicativi di deflusso sono stati elaborati a partire dalla letteratura e dalla normativa (Norme DIN, FLL, ATV, scala Frühling, UNI 11235), sono attribuiti a seconda della tipologia di soluzione tecnica e suddivisi in categorie:

- categorie di superfici da inserire al numeratore: superfici permeabili, impermeabili o sigillate trattate a verde;

municipalities such as the city of Volvera (Turin) and the city of Fontaniva in the province of Padua, introduced the RIE into their building regulations, as an evaluation system in impact studies, to preventively evaluate the permeability of urban transformation interventions, defining, on case-by-case basis, minimum scores to be achieved different from the standards defined by the RIE of Bolzano, and depending on the type of intervention.

Application of the RIE index

The RIE index refers to an algorithm that can calculate the capacity of a built or buildable area, to respond adequately to the management of rainwater. The index can vary within a scale ranging from 0 to 10 (with the upper range open) in which, the higher the score obtained, the better is the response in terms of improvement. In practical, the municipality of Bolzano has established limits within it is possible to obtain RIE certification for the issue of the building permit or habitability:

- a value of RIE greater than or equal to 1.50, if it concerns constructions in the production area (eg sheds, production plants ...);
- a value of RIE greater than or equal to 4.00, in the case of a residential area (eg. apartment buildings, but also schools, churches ...).

The RIE is defined by this formula:

$$RIE = \frac{\sum_{i=1}^n S_{vi} \frac{1}{\Psi_i} + (Se)}{\sum_{i=1}^n S_{vi} + \sum_{j=1}^m S_{ij} \Psi_j}$$

where:

- S_{vi} = i-th permeable, waterproof or sealed green treated surface
- S_{ij} = j-th permeable, waterproof or sealed untreated green surface
- ψ_i = i-th outflow coefficient
- ψ_j = j-th outflow coefficient
- Se = equivalent surfaces of trees

The different multiplication coefficients of outflow have been elaborated starting from literature and legislation (DIN, FLL, ATV, Frühling scale, UNI 11235), they are attributed according to the type of technical solution and divided into categories:

- categories of surfaces to be included in the numerator: permeable, waterproof or sealed green treated surfaces;
- categories of surfaces to be included in the denominator: permeable, waterproof or sealed surfaces not treated with green (Fig. 1).

In this way, the RIE manages to express a relationship in which, taking into consideration an area subject to environmental analysis, those surfaces treated with green

N.rif.	Categoria di superficie	Sezione indicativa o immagine tipo	Specifiche o varianti	Norme di riferimento, valori limite o indicazioni	Ψ
N1	Superfici a verde su suolo profondo, prati, orti, superfici boscate ed agricole				0,10
N2	Corsi d'acqua in alveo naturale				0,10
N3	Specchi d'acqua, stagni o bacini di accumulo e infiltrazione con fondo naturale				0,10
N4	Incolto, sterrato, superfici naturali degradate				0,20
N5	Pavimentazione in lastre posate a opera incerta con fuga inerbita		Percentuale di superficie inerbita >40% del totale	Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kt in m/s $10^0 - 10^{-3}$	0,40
			Qualsiasi tipologia	Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kt in m/s $< 10^{-5}$	1,00
N6	Area di impianto sportivo con sistemi drenanti e superficie a prato			Con coefficiente di permeabilità del sistema kt in m/s $10^0 - 10^{-3}$	0,30
				Con coefficiente di permeabilità del sistema kt in m/s $< 10^{-5}$	1,00

Fig. 1 - Estratto delle schede superfici permeabili, impermeabili o sigillate trattate a verde con indicazione degli indici di permeabilità / Extract from the tab of permeable surfaces, waterproof or sealed treated with green surfaces with indication of the permeability indexes (Source: Allegato 1 "Categorie di superficie RIE". Comune di Bolzano, 2009).

surfaces are attributed to the numerator, while all other types of surfaces are attributed to the denominator.

The RIE, in addition to being adopted by several Italian municipalities as an assessment tool for urban transformation and redevelopment interventions, proving useful not only for the assessment of the response to rainwater management but as a tool for measuring the degree of naturalization of an area in response to microclimatic improvement, has found wide application within the experimentation in different scientific disciplinary sectors, such as environmental planning, urban planning, naturalistic engineering and agriculture. Within the scientific literature, the RIE is used as an analytical tool for the measurement and evaluation of critical issues, and therefore of environmental performance, providing a useful decision support tool to define urban transformation interventions capable of giving adequate answers in terms of adaptation and mitigation to environmental risks, contributing to the increase in the degree of resilience of the built urban environment.

- categorie di superfici da inserire al denominatore: superfici permeabili, impermeabili o sigillate non trattate a verde (Fig. 1).

In tal modo il RIE riesce ad esprimere un rapporto in cui, prese in considerazione un'area oggetto di analisi ambientale, al numeratore sono imputate quelle superfici trattate a verde, mentre al denominatore, sono imputate tutte le altre tipologie di superfici.

Il RIE, oltre ad essere stato adottato da diversi comuni italiani quale strumento di valutazione per gli interventi di trasformazione e riqualificazione urbana, risultando utile non solo per la valutazione della risposta alla gestione delle acque meteoriche, bensì quale strumento per misurare il grado di naturalizzazione di un area in risposta al miglioramento microclimatico, ha trovato ampia applicazione all'interno della sperimentazione in diversi settori scientifico disciplinari, quali ad esempio la progettazione ambientale, la progettazione urbanistica, l'ingegneria naturalistica l'agraria. All'interno della letteratura scientifica, il R.I.E. viene usato quale strumento analitico per la misurazione e la valutazione delle criticità, quindi delle performance ambientali, fornendo un utile strumento di supporto alle decisioni per la definizione di interventi di trasformazione urbana capaci di dare risposte adeguate in termini di adattamento e mitigazione ai rischi ambientali, concorrendo all'incremento del grado di resilienza dell'ambiente urbano costruito.

References

- Comune di Bologna (2015), *Schede tecniche di dettaglio 2015 - R.U.E. Regolamento Urbano Edilizio*, available at: <http://sit.comune.bologna.it/al-fresco/d/d/workspace/SpacesStore/6c31f8aa-1fdd-4218-a908-c4e437ded0b0/SchedeTecnicheDettaglio2015.pdf> (accessed 15 November 2019).
- Comune di Bolzano (2004), *R.I.E. - Riduzione dell'Impatto Ambientale*, available at: http://www.comune.bolzano.it/urb_context02.jsp%3FID_LINK%3D512%26page%3D10%26area%3D74%26id_context%3D4663 (accessed 15 November 2019).
- Comune di Bolzano (2004), *Allegato A del Regolamento Edilizio - Procedura R.I.E (Riduzione dell'Impatto Edilizio)*, available at: https://www.comune.bolzano.it/UploadDocs/14046_allegato_Anlage_A.pdf (accessed 10 November 2019).
- Comune di Fontaniva (2017), *Prontuario per la qualità architettonica e la mitigazione ambientale*, available at: <http://www.comune.fontaniva.pd.it/c028038/zf/index.php/trasparenza/index/visualizza-documento-generico/categoria/279/page/2/documento/1005> (accessed 15 November 2019).
- Comune di Volvera (2018), *Linee guida per l'incentivazione delle attività di riqualificazione edilizia e territoriale in chiave ambientale per favorire il recupero del patrimonio edilizio esistente*, available at: https://www.comune.volvera.to.it/wp-content/uploads/2018/03/Linee_Guida_All_Delib_4_2018.pdf (accessed 15 November 2019).
- Città di Berlino (1994), *BAF – Biotope Area Factor*, available at: https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/landschaftsplanung/bff/index_en.shtml (accessed 15 November 2019).
- Climate Adapt (2014), *Berlin Biotope Area Factor – Implementation of guidelines helping to control temperature and runoff*, available at: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/berlin-biotope-area-factor-2013-implementation-of-guidelines-helping-to-control-temperature-and-runoff> (accessed 15 November 2019).
- Kruuse, A. (2011), *GRaBS Expert Paper 6: The Green Space Factor and the Green Points System*, available at: <https://www.redfrogforum.org/wp-content/uploads/2020/04/125-GRaBS-Expert-Paper-6-the-green-space-factor-and-the-green-points-system.pdf> (accessed 15 November 2019).
- Santi, V. (2007), *Gli strumenti normativi inerenti l'uso del verde in copertura e in facciata, Archivio delle Tecniche e dei Materiali per l'architettura e il disegno industriale*, Università Iuav di Venezia, available at: <http://www.iuav.it/SISTEMA-DE/Archivio-d/approfondi/progettare/Normative-di-riferimento-per-le-supe.pdf> (accessed 15 November 2019).
- Seattle Department of Construction & Inspections (2007), *Seattle Green Factor*, available at: [https://www.seattle.gov/sdci/codes/codes-we-enforce-\(a-z\)/seattle-green-factor](https://www.seattle.gov/sdci/codes/codes-we-enforce-(a-z)/seattle-green-factor) (accessed 15 November 2019).