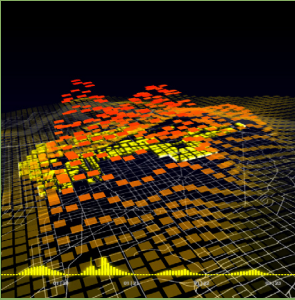
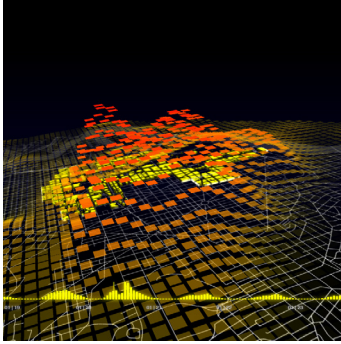


MD Journal  
[11] 2021



# DESIGN FOR SMART CITIES

MEDIA MD



DESIGN  
FOR SMART CITIES

Editoriale

**Gabriele Lelli,**  
**Ilaria Fabbri,**  
**Dario Scodeller**  
*Issue editors*

Essays

Guillermo Nicolau Adad, Emilio Antonioli,  
Margherita Ascari, Maria Antonia Barucco,  
Alessandro Caiffa, Stefania Camplone,  
Sofia Collacchioni, Vincenzo Cristallo,  
Giuseppe Di Bucchianico, Ilaria Fabbri,  
Marino Fantin, Irene Fiesoli, Angelo Figliola,  
Francesco Fittipaldi, Elena Formia,  
Gian Andrea Giacobone, Giovanni Ginocchini,  
Debora Giorgi, Silvia Imbesi, Gabriele Lelli,  
Ami Licaj, Giuseppe Losco, Marco Manfra,  
Antonio Marano, Michele Marchi, Miriam Mariani,  
Rossella Maspoli, Giuseppe Mincoelli,  
Alfonso Morone, Maria Carola Morozzo della Rocca,  
Marco Negri, Otello Palmioli, Susanna Parlato,  
Filippo Petrocchi, Marta Possiedi, Patrizia Ranzo,  
Chiara Rutigliano, Iole Sarno, Eleonora Trivellini,  
Davide Turrini, Rosanna Veneziano,  
Emidio Antonio Villani, Nazzareno Viviani,  
Theo Zaffagnini, Giulia Zappia, Mario Ivan Zignego



Le immagini utilizzate nella rivista rispondono alla pratica del fair use (Copyright Act 17 U.S.C. 107) recepita per l'Italia dall'articolo 70 della Legge sul Diritto d'autore che ne consente l'uso a fini di critica, insegnamento e ricerca scientifica a scopi non commerciali.

# MD Journal

Rivista scientifica di design in Open Access

Numero 11, Luglio 2021 Anno V

Periodicità semestrale

Direzione scientifica

Alfonso Acocella *Direttore*

Veronica Dal Buono *Vicedirettore*

Dario Scodeller *Vicedirettore*

Comitato scientifico

Alberto Campo Baeza, Flaviano Celaschi, Matali Crasset,  
Alessandro Deserti, Max Dudler, Hugo Dworzak, Claudio Germak,  
Fabio Gramazio, Massimo Iosa Ghini, Alessandro Ippoliti, Hans Kollhoff,  
Kengo Kuma, Manuel Aires Mateus, Caterina Napoleone,  
Werner Oechslin, José Carlos Palacios Gonzalo, Tonino Paris,  
Vincenzo Pavan, Gilles Perraudin, Christian Pongratz, Kuno Prey,  
Patrizia Ranzo, Marlies Rohmer, Cristina Tonelli, Michela Toni,  
Benedetta Spadolini, Maria Chiara Torricelli, Francesca Tosi

Comitato editoriale

Alessandra Acocella, Chiara Alessi, Luigi Alini, Angelo Bertolazzi,  
Valeria Bucchetti, Rossana Carullo, Maddalena Coccagna, Vincenzo  
Cristallo, Federica Dal Falco, Vanessa De Luca, Barbara Del Curto,  
Giuseppe Fallacara, Anna Maria Ferrari, Emanuela Ferretti,  
Lorenzo Imbesi, Carla Langella, Alex Lobos, Giuseppe Lotti,  
Carlo Martino, Patrizia Mello, Giuseppe Mincoelli,  
Kelly M. Murdoch-Kitt, Pier Paolo Peruccio, Lucia Pietroni,  
Domenico Potenza, Gianni Sinni, Sarah Thompson, Vita Maria Trapani,  
Eleonora Trivellin, Gulname Turan, Davide Turrini, Carlo Vannicola,  
Rosana Vasqu ez, Alessandro Vicari, Theo Zaffagnini, Stefano Zagnoni,  
Michele Zannoni, Stefano Zerbi

Procedura di revisione

Double blind peer review

Redazione

Giulia Pellegrini *Art direction*, Annalisa Di Roma, Graziana Florio  
Fabrizio Galli, Monica Pastore, Eleonora Trivellin

Promotore

Laboratorio Material Design, Media MD

Dipartimento di Architettura, Universit  di Ferrara

Via della Ghiara 36, 44121 Ferrara

[www.materialdesign.it](http://www.materialdesign.it)

Rivista fondata da Alfonso Acocella, 2016

ISSN 2531-9477 [online]

ISBN 978-88-85885-11-0 [print]

# DESIGN FOR SMART CITIES

6 Editoriale

## Essays

- 16 Progettare (chi e cosa) al tempo delle *smart cities*  
Vincenzo Cristallo, Miriam Mariani
- 28 Due intelligenze urbane  
Eleonora Trivellin
- 42 Habitat virtuale dalle smart cities alle virtual cities  
Ami Licaj
- 52 Attivare processi di empowerment dei cittadini  
Elena Formia, Giovanni Ginocchini, Margherita Ascari
- 62 AURA "Green & Smart Urban Furniture"  
Alfonso Morone, Susanna Parlato, Iole Sarno, Guillerme Nicolau Adad
- 76 Città collaborative e rigenerazione urbana  
Debora Giorgi, Irene Fiesoli, Chiara Rutigliano, Sofia Collacchioni
- 90 Nuovi oggetti che abitano lo spazio pubblico  
Gabriele Lelli, Ilaria Fabbri
- 108 Esercizio fisico e città umana, salubre e resiliente  
Rossella Maspoli
- 122 Cittadinanza *smart thing*  
Giuseppe Mincoelli, Michele Marchi, Silvia Imbesi, Filippo Petrocchi,  
Gian Andrea Giacobone
- 134 Smart and "soft"  
Rosanna Veneziano, Francesco Fittipaldi, Patrizia Ranzo
- 146 Small smart ethic mobility  
Theo Zaffagnini, Marco Negri, Otello Palmini

- 158 **I.TM – Innovative Territorial Map**  
Nazzareno Viviani, Angelo Figliola, Giuseppe Losco
- 172 **Blue Green Roof**  
Emilio Antonioli, Maria Antonia Barucco, Alessandro Caiffa,  
Marino Fantin, Marta Possiedi
- 184 **Periferie baricentriche**  
Marco Manfra, Davide Turrini
- 202 **Connected countries**  
Maria Carola Morozzo della Rocca, Giulia Zappia, Mario Ivan Zignego
- 212 **Smart information system per il cicloturista**  
Stefania Camplone, Giuseppe Di Bucchianico, Antonio Marano,  
Emidio Antonio Villani



In copertina  
"Obama, One People", autori  
Carlo Ratti, Senseable City MIT,  
© Proprietari dell'immagine,  
fonte: <http://senseable.mit.edu/obama/index.html>

# Blue Green Roof

I sensori ambientali nelle coperture a verde pensile

**Emilio Antoniol** Università luav di Venezia [antoniolemilio@iuav.it](mailto:antoniolemilio@iuav.it)

**Maria Antonia Barucco** Università luav di Venezia [barucco@iuav.it](mailto:barucco@iuav.it)

**Alessandro Caiffa** Daku Italia [alessandro@daku.it](mailto:alessandro@daku.it)

**Marino Fantin** Daku Italia [marino@daku.it](mailto:marino@daku.it)

**Marta Possiedi** Università luav di Venezia [mpossiedi@iuav.it](mailto:mpossiedi@iuav.it)

Attraverso l'impiego di sensori e soluzioni Internet of things (IoT), il progetto Blue Green Roof (BGR) definisce un'innovativa superficie a verde pensile, che contribuisce all'abbattimento dei costi energetici degli edifici, mitiga gli effetti delle "isole di calore" e funge, soprattutto, da bacino di laminazione utile a contrastare gli effetti di precipitazioni intense. L'acqua, nell'ideazione del sistema BGR, è una potenzialità, e come tale, non deve essere sprecata, ma conservata. Il progetto di ricerca e sperimentazione BGR si sviluppa a partire dal brevetto innovativo "Daku irriga" e studia il comportamento e le prestazioni di sei diversi prototipi a verde pensile. Il progetto BGR viene qui descritto attraverso i suoi primi risultati.

*Verde pensile, Bacini di laminazione, Campi prova, Network di sensori, PMI innovativa*

The Blue Green Roof (BGR) research project proposes to redesign the green roof, with the help of Internet of things (IoT) technology, to reduce the impact of extreme weather events, through an innovative system capable of capturing, storing and wisely using rainwater. The BRG project shows how it is possible, to reduce the amount of pollutants and the "heat island" effect, while reducing the energy costs of buildings but also reducing damages of intense rainfalls. Using the innovative patent "Daku Irriga", the research and testing project analyzes the behavior and performance of six different prototypes of greenroof. The present work describes promising preliminary results of the BGR project.

*Green roof, Retention basin, Green roof test beds, Sensor networks, Innovative SME*

E. Antoniol Orcid id 0000-0001-6206-0293

M.A. Barucco Orcid id 0000-0002-5018-1386

M. Possiedi Orcid id 0000-0002-0474-3237

La qualità della vita urbana è oggetto di analisi, indagini e progetti che mettono in discussione l'esistente e che evidenziano i problemi legati alla distanza tra ciò che è fortemente urbanizzato (umanizzato) e ciò che è naturale (equilibrato, coerente con una logica ecosistemica). Ogni evento eccezionale di tipo naturale (ma anche sociale, sanitario, ecc.) accentua gli attriti esistenti nelle relazioni tra i luoghi in cui quotidianamente viviamo e questi due termini di confronto estremi e opposti tra loro. Per fronteggiare la crisi ambientale e le sue conseguenze, le linee guida UE promuovono lo sviluppo di strategie e di tecnologie a basso contenuto di carbonio che, tra loro collaboranti, possono contribuire alla trasformazione delle città in *Smart Cities*. Risulta complesso individuare una tecnologia o un progetto risolutivo, è invece necessaria una rete di relazioni e coazioni utili allo sviluppo di un sistema urbano che abbia il più possibile le caratteristiche di un metabolismo: gli edifici, le strade e tutti i luoghi e i mezzi della vita urbana devono reagire e/o interagire con gli eventi naturali, stagionali ed eccezionali. Tutto ciò è di estrema rilevanza soprattutto nel contesto mediterraneo, ove la qualità del clima, del suolo, della vegetazione e, soprattutto, la gestione del suolo [1] attestano una progressiva desertificazione dei territori e quindi un'estremizzazione dei danni causati dai fenomeni atmosferici più critici (Ferrara et al., 2020). La gestione dell'acqua piovana avviene solitamente attraverso un susseguirsi di superfici impermeabili che nelle città sono soprattutto strade e tetti: l'acqua è considerata un problema da risolvere nel più breve tempo possibile, non deve ristagnare, deve essere evacuata immediatamente tramite condotte e condutture all'interno della rete fognaria, nei corsi e nei bacini acquei disponibili e più vicini (Musacchio, Tatano, 2014). Questo tipo di gestione dell'acqua, con il mutare delle condizioni climatiche, sta generando seri problemi perché all'aumento delle superfici impermeabili e delle precipitazioni (e, in particolare, delle precipitazioni di eccezionale portata) non è possibile far corrispondere una proporzionale crescita del sistema di condotte (Abram, 2004). Tale problema, tanto complesso nella risoluzione quanto è semplice ed evidente la sua enunciazione, acquista caratteri critici nei contesti climatici in cui si riscontra una progressiva desertificazione, fenomeno che accentua la gravità dell'impatto delle cosiddette bombe d'acqua, indipendentemente dalla densità urbana del luogo (APAT, 2007).

Il progetto di ricerca e innovazione Blue Green Roof impiega sensori per il monitoraggio e il funzionamento di nuove sperimentali tipologie di coperture a verde che integrano i vantaggi del *green roof* [2] con quelli dei *blue*



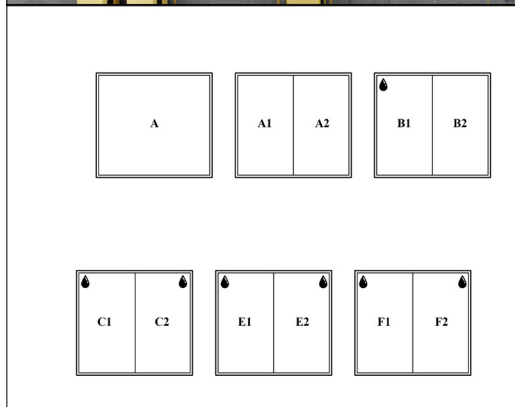
roof [3], da cui il nome Blue Green Roof (BGR). Il BGR contribuisce alla risoluzione delle problematiche descritte: trasforma il tradizionale pacchetto costruttivo di verde pensile in un sistema funzionale che, attraverso una progettazione attenta sia della messa in opera che del suo funzionamento, collabora all'innalzamento della qualità della vita in ambito urbano. Molte superfici impermeabili possono essere trattate con la tecnologia BGR e collaborare al funzionamento del metabolismo dei contesti urbanizzati sia in relazione alla gestione dell'acqua piovana, sia contribuendo all'aumento del verde e alla riduzione degli inquinanti volatili e delle isole di calore. Inoltre, nel caso dell'impiego sui tetti, il sistema BGR contribuisce al miglioramento dell'inerzia termica e alla riduzione della trasmittanza del pacchetto di copertura degli immobili, garantendo una riduzione dei consumi energetici dovuti alla climatizzazione (Lanza, Palla, 2009).

Il progetto BGR nel 2020 ha ottenuto un finanziamento POR-FESR 2014-20 dalla Regione Veneto a favore di una aggregazione di imprese [4]: la ricerca è finalizzata allo sviluppo di nuove tecnologie e fa dei sensori e dell'automazione gli strumenti chiave per il funzionamento di un pacchetto tecnologico innovativo, che ha le potenzialità per consentire una svolta funzionale e prestazionale per le coperture a verde pensile. Proposta da Daku Italia, PMI innovativa, la ricerca vede la partecipazione di due università [5] e di due aziende per la prototipazione e il monitoraggio del BGR: vengono analizzati la riduzione delle dispersioni termiche e l'accumulo, il riutilizzo e lo smaltimento dell'acqua piovana in relazione alla necessità di irrigare la vegetazione o di mitigare l'effetto delle bombe d'acqua in ambito urbano. Questi obiettivi e queste analisi vengono perseguiti facendo particolare riferimento al contesto mediterraneo.

Il finanziamento POR-FESR ha supportato la realizzazione di sei campi prova sulla copertura di un edificio ad uso terziario [6]: ciascuno dei campi prova è suddiviso in due aree e differisce dagli altri per stratigrafia, terreno di coltura e soluzione vegetativa [fig. 01]. Ogni campo prova è monitorato attraverso la lettura di sette sensori di temperatura e tre di umidità. I sensori sono posizionati al centro delle due aree di ogni prototipo. Quelli di temperatura sono installati in corrispondenza di ciascun elemento della stratigrafia e all'intradosso del solaio (un sensore appena sotto il solaio e un altro a 15 cm). Quelli di umidità sono posizionati invece all'interno del substrato di terreno e a 15 cm sotto l'intradosso del solaio [7].

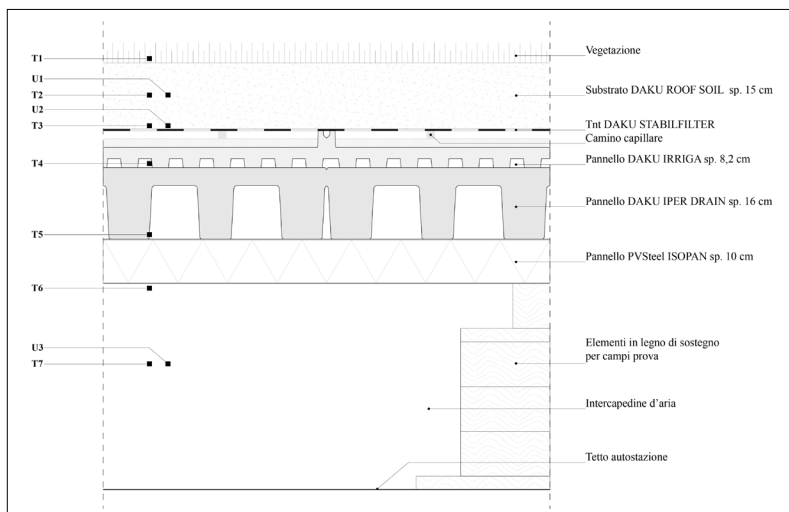
La ricerca bibliografica ha riscontrato che esistono soluzioni simili a BGR: i più noti sono gli *sponge garden*

(o *polder roof*) [8] realizzati ad Amsterdam. Questa città ha da alcuni anni avviato un progetto di sviluppo e di riqualificazione urbana incentrato sulla gestione delle acque meteoriche e degli eventi eccezionali ed è oggi in corso il monitoraggio di una copertura sperimentale realizzata sul tetto della Dutch Amsterdam University of Applied Sciences (HVA) (Kapetas, 2020). La ricerca BGR differisce da questa e da altre sperimentazioni per la sua specifica relazione con il clima mediterraneo e la ricerca di soluzioni che rispondano sia alla progressiva desertificazione del territorio sia alla gestione delle precipitazioni eccezionali. Il BGR non prevede la presenza di acque libere in copertura, soggette a evaporazione rapida in periodo estivo e che contestualmente divengono anche il luogo ideale per la proliferazione di animali e vegetali potenzialmente dannosi. Inoltre, le coperture



01  
 Fotografia e schemi descrittivi dei campi prova BGR: A: sedum, B: sedum, C: prato arido, E: prato di macroterme (gramigna), F: prato di microterme (festuca). La grafica indica la presenza di irrigazione artificiale in alcune delle parcelle

01



02

BGR sono composte da una stratigrafia più articolata rispetto a quella dei casi studio identificati e confrontati nella fase preliminare di ricerca (Shafique et al., 2018): in particolare il BGR è costituito da un bacino primario di accumulo, nel quale viene stoccata l'acqua piovana in occasione degli eventi piovosi estremi, e da un bacino secondario di accumulo e drenaggio, sul quale sono installati i "camini capillari" che fanno parte del sistema di irrigazione controllata ideata con il brevetto "Daku Irriga" [9].

La stratigrafia di un BGR è composta a partire dai layers che DAKU utilizza per la realizzazione dei propri sistemi a verde pensile, con l'utilizzo di un elemento in polistirene espanso [10] che ha il compito di alzare il livello di posa del pacchetto verde creando un'intercapedine (il bacino primario) tra il solaio di copertura e l'elemento di accumulo [11]. L'acqua accumulata può essere utilizzata per irrigare il substrato, e l'intercapedine può essere svuotata grazie ad un sistema IoT che consente al BGR di raccogliere grandi quantità di acqua piovana [12], caratteristica vantaggiosa nel caso di eventi meteorologici particolarmente violenti (bombe d'acqua). La copertura pensile è quindi così costituita (dall'estradosso all'intradosso): un substrato [13] (da 6 a 15 cm, a seconda dei campi) sul quale sono state seminate e/o piantate diverse specie vegetali; uno strato filtrante in geotessile [14]; uno strato di drenaggio e accumulo idrico [15] sul quale è installato il sistema di camini capillari, in contatto con

02

Disposizione dei sensori di temperatura (T) e di umidità (U) e di sezione tipo dei campi prova BGR

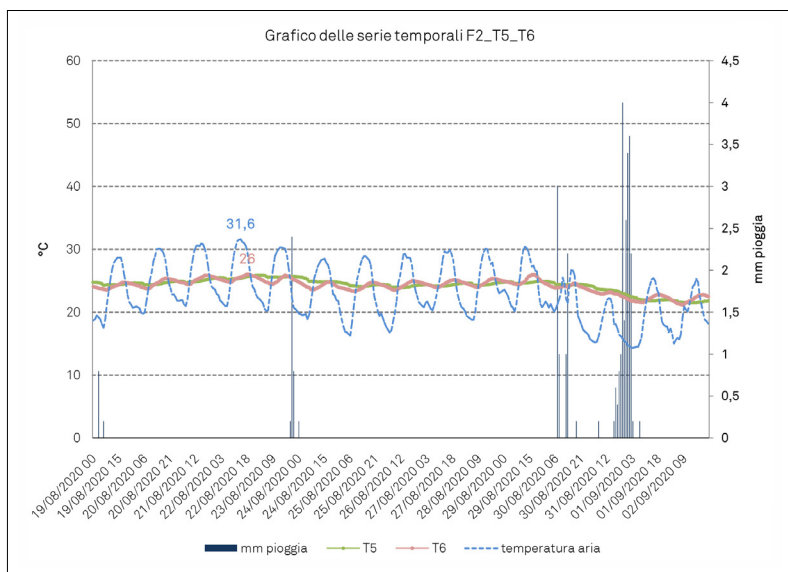
il geotessile; un'intercapedine di accumulo e stoccaggio dell'acqua [16]; e infine il solaio di copertura, opportunamente impermeabilizzato. Nel caso dei campi prova, il solaio di copertura è realizzato con pannelli sandwich in doppia lamiera e poliuretano [17].

Tre sensori di temperatura sono posizionati all'interno dello strato di terriccio (a 1,5 cm fuori terra, a metà dello spessore e al di sotto del substrato), altri due sono situati tra i due strati di accumulo e il solaio, e gli ultimi due sono posizionati al di sotto del solaio (uno appena sotto l'intradosso, l'altro 15 cm al di sotto di quest'ultimo). Due sensori di umidità sono disposti all'interno dello strato di terriccio (uno circa a metà dello spessore), e uno a 15 cm sotto l'intradosso del solaio [fig. 02]. La distribuzione dei sensori consente di leggere il comportamento dei prototipi in modo dettagliato e di individuare i contributi prestazionali di ogni singolo elemento costituente il BGR: si legge, per esempio, quanto incide sulle prestazioni della copertura un substrato con uno spessore consistente rispetto ad uno più sottile o qual è l'elemento della stratigrafia dalla maggiore trasmittanza termica. Tali aspetti vengono valutati in regime "asciutto", nei periodi in cui i campi non contengono acqua stoccata al loro interno, e in regime "bagnato", quando questi accolgono quantità d'acqua tali da riempire il bacino primario. Ciò anche per capire come la presenza dell'acqua negli strati del BGR incida sull'andamento delle temperature interne agli edifici. Infine, grazie ai sensori di umidità, è possibile monitorare il passaggio dell'acqua dal bacino secondario al substrato e la reazione della vegetazione alla mancanza di umidità: queste informazioni sono utili a ridurre il consumo di acqua per l'irrigazione, a progettare una elevata evapotraspirazione e contribuire all'abbassamento delle temperature urbane in regime estivo. In una prima fase di analisi si è verificato il funzionamento del sistema di monitoraggio: dalle letture dei dati emerge una coerenza generale del comportamento dei campi, non solo rispetto a quanto previsto da progetto, ma anche nel confronto tra i dati dei differenti campi prova. Mettendo a sistema i dati rilevati dai sensori di temperatura posizionati sopra e sotto il solaio di copertura (rispettivamente T5 e T6) è emerso che, per tutti i campi prova, il pacchetto BGR incide sensibilmente sull'abbassamento delle temperature interne: durante le due settimane più calde del periodo studiato [18] è risultato che, per temperature esterne medie pari a 30°C, la temperatura interna T6 risulta pari a circa 26°C [19]. Inoltre, la temperatura T5 (appena sopra il solaio e immediatamente sotto il pacchetto BGR) ha un andamento

e dei valori molto simili a T6: ciò dimostra che l'abbassamento delle temperature interne è da attribuire al sistema BGR e non alle prestazioni (comunque alte) del solaio di copertura [fig. 03].

Di recente è stato implementato il programma che consente di sincronizzare le rilevazioni dei sensori su ciascun campo prova BGR con i dati delle centraline meteorologiche del Consorzio di Bonifica Veneto Orientale: l'obiettivo di analizzare l'isolamento termico si aggiunge quello di verificare la quantità di acqua che i BGR possono raccogliere, gestire e rilasciare in relazione al susseguirsi degli eventi meteorologici. La messa a punto di impianti IoT, al fine di strutturare al meglio l'accumulo e la gestione delle acque meteoriche, è coordinata con il sistema di irrigazione automatizzato che prevede un'erogazione dell'acqua controllata a volumi ridotti. Qualora le centraline meteorologiche comunicano l'arrivo di forti precipitazioni, il sistema IoT provvede a smaltire l'acqua stoccata in modo tale da permettere ai BGR di funzionare come bacini di accumulo e lavorare al 100% della loro capacità di portata, raccogliendo e trattenendo la pioggia e limitando i danni delle bombe d'acqua. A valle della ricerca [20] verranno attestati i valori soglia e i valori medi utili a descrivere le coperture BGR come micro-bacini di laminazione per la gestione delle precipitazioni con carattere di eccezionalità.

Le soluzioni vegetative ideali per una copertura BGR in clima mediterraneo sono in corso di progettazione anche per offrire le migliori prestazioni nella riduzione delle isole di calore e nell'abbattimento degli inquinanti (Provenzano et al., 2010). Questa parte della ricerca avviene tramite l'osservazione del comportamento dei vegetali presenti sui campi prova e tramite l'analisi di 48 parcelle da 1 mq l'una, coltivazioni a variabili imposte, in corso presso il dipartimento Dafnae dell'Università degli studi di Padova. L'obiettivo è identificare il tipo di vegetazione che è in grado di sfruttare meglio l'accumulo d'acqua piovana trattenuto in copertura e non direttamente a disposizione degli apparati radicali. La vegetazione, grazie al sistema brevettato Daku Irriga, assorbe l'acqua erogata dai camini capillari in modo costante e attentamente calibrato. Le piante sono pertanto tenute in uno stato di stress idrico che favorisce una crescita reattiva, in cui la vegetazione, fortificata, è pronta ad affrontare periodi di scarsità di acqua, mantenendo allo stesso tempo uno stato di salute ottimale. Nel Veneto il costo dell'acqua è di circa 2,5 €/mc e un prato consuma circa 800 l/mq/anno con un costo annuo per l'approvvigionamento idrico di circa 2 €/mq. Altrove i costi sono differenti: a Barcellona



03

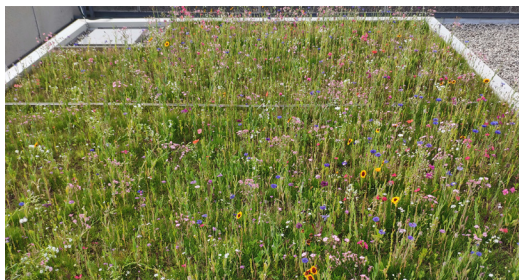
l'acqua costa 6,5 €/mc e un prato consuma circa 1000 l/mq/anno, quindi il costo annuo per l'approvvigionamento idrico è di 6,5 €/mq. Con la tecnologia BGR si stima di ridurre il consumo idrico di un tetto verde di circa un terzo rispetto ai sistemi di irrigazione tradizionali, e al termine della ricerca finanziata POR-FESR tali valori troveranno descrizione, e verrà misurato il vantaggio nell'impiego delle tecnologie BGR ai fini della riduzione dei consumi annui e al costo dell'acqua. Contestualmente si stanno indagando opportunità di applicazione della tecnologia BGR anche in altri ambiti (giardini, fitodepurazione, ecc.) e in altri territori, dove il costo dell'acqua è più alto che nel contesto mediterraneo.

L'insieme di sensori di cui sono dotati i campi prova di BGR trasforma una copertura a verde pensile in un sistema IoT che offre la possibilità di innovare le aree verdi (in copertura come a terra) che possono essere intelligenti e predittive senza necessariamente richiedere che la logica di ottimizzazione sia residente negli oggetti in campo. Sarà possibile operare sui sistemi BGR da remoto e tramite sistemi automatizzati, gestire ed incrociare simultaneamente parametri in loco (temperatura, umidità, scorte d'acqua) con dati di previsioni meteo, ottimizzare l'uso dell'acqua e aumentare le superfici di laminazione in ambito urbano a favore di una sempre maggiore sostenibilità ambientale. Nello specifico, i sensori sui campi prova di

03

Andamento delle temperature T5 e T6 nel campo prova F2. Si leggono i dati relativi ad un lungo periodo caldo (19-29.08) e ad un successivo evento piovoso (31.08)

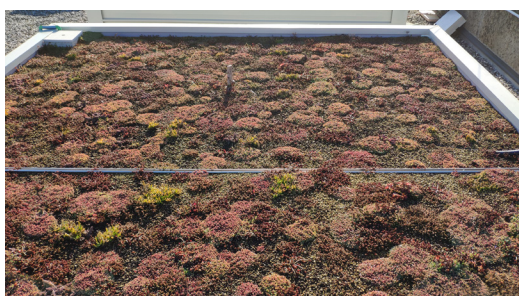
04



04

Il campo prova BGR dedicato al prato arido in una fotografia scattata il 16 ottobre 2020

05



05

Il campo prova BGR dedicato al sedum, in una fotografia scattata il 07 dicembre 2020

BGR consentono di sperimentare e di definire le prestazioni delle seguenti componenti del sistema:

- bacino di accumulo primario: trattiene l'acqua piovana e, grazie ai sistemi IoT, gestisce la quantità di acqua stoccata attraverso un sistema di pompaggio per l'alimentazione dei bacini secondari e di un sistema di scarico collegato alla centrale di previsioni meteo.
- bacino di accumulo secondario: trasmette al substrato l'acqua attraverso una serie di elementi contenitori e di camini capillari in grado di consentire una risalita dell'acqua conforme al progetto della stratigrafia e alle specifiche esigenze della vegetazione.
- sistema di restituzione dell'acqua tramite camini capillari: i sensori di umidità monitorano il passaggio calibrato dell'acqua attraverso il substrato. L'acqua erogata dal basso favorisce l'approfondimento radicale generando condizioni ottimali per una vegetazione resistente, resiliente e parca nei consumi. L'ambiente superficiale secco riduce gli attacchi fungini, il proliferare degli insetti e la germinazione di infestanti, con riduzione dei trattamenti fitosanitari e di diserbo.
- sistema vegetato [figg. 04-07]: il progetto prevede l'individuazione delle specie vegetali più idonee, resistenti alla siccità, con un alto valore di traspirabilità e, non secondario, con un impatto positivo sulla biodiversità



06



06

Il campo prova BGR dedicato alle macroterme (gramigna), in una fotografia scattata il 3 maggio 2021

07

Il campo prova BGR dedicato alle microterme (festuca), in una fotografia scattata il 27 ottobre 2020

06



dell'ambiente urbano. Sensori di monitoraggio e verifica delle prestazioni del BGR valuteranno il grado dell'evapotraspirazione e dell'abbattimento degli inquinanti volatili al fine di comunicare al pubblico le prestazioni ottenute attraverso il sistema impiegato, contribuendo alla consapevolezza nel merito delle tematiche della sostenibilità ambientale.

La ricerca BGR lavora seguendo un programma definito, volto all'ottenimento di dati e risultati scientifici chiari e riproducibili in modo sistematico. La ricerca BGR trova tuttavia la propria definizione migliore nell'osservazione e nella descrizione di un piccolo ecosistema avente come centro nevralgico l'innovativo sistema di verde pensile e caratterizzato da un numero e una vastissima gamma di variabili naturali e umane che le tecnologie IoT consentono di mettere a sistema e coordinare attraverso l'analisi puntuale delle relazioni e delle interazioni. Con il procedere della ricerca e della relativa raccolta dati, aumenta la percezione delle opportunità di sviluppo e di relazione tra lo studio in atto e altre discipline, al fine di migliorare la qualità della vita anche negli ambiti urbani più densi e complessi, ispirandosi agli articolati equilibri naturali.



## NOTE

[1] Si veda: <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/view> [25 gennaio 2021].

[2] Il *green roof* è una copertura coperta (parzialmente o completamente) da piante: contribuisce alla biodiversità locale, garantisce un grado di ritenzione, attenuazione e trattamento dell'acqua piovana e favorisce l'evapotraspirazione (Woods Ballard et al., 2007).

[3] Il *blue roof* è una soluzione di copertura che prevede l'immagazzinamento di acqua: può prevedere la realizzazione di superfici di acque libere e lo stoccaggio di acqua (Woods Ballard et al., 2007).

[4] La ricerca è stata proposta da Daku Italia (operativa sul mercato del verde pensile dal 1997, con 1.300.000 mq realizzati su circa 1.500 progetti), coinvolge Protolab (sistemi hardware e software per il controllo industriale, la presentazione e la gestione dei prodotti) e MR Energy System (assistenza e progetti di efficienza energetica).

[5] Il dipartimento Dafnae dell'Università di Padova partecipa all'aggregazione di imprese. L'Università luav di Venezia è impegnata nello studio comparativo di sistemi simili al BGR, nell'elaborazione e nella traduzione dei risultati del monitoraggio dei campi prova.

[6] Realizzati nell'estate 2020 sul tetto della stazione ATVO di San Donà di Piave (Venezia).

[7] I sensori di umidità nel terreno, sono sonde per la misurazione della quantità di volume di acqua presente all'interno del substrato. Ogni sonda è stata calibrata in laboratorio e il valore rilevato nei prototipi è espresso in percentuale.

[8] Alcune informazioni sui *polder roof* sono reperibili sul Climate Innovation Window. Si veda: <https://brigaid.eu/2851-2-2> [25 gennaio 2021].

[9] Elementi innovativi progettati per il brevetto "Daku Irriga", dallo strato di accumulo secondario trasmettono l'acqua per capillarità allo strato filtrante in geotessile che garantisce una omogenea distribuzione dell'acqua a tutto il substrato.

[10] Daku Hyper Drain.

[11] Daku Fsd Irriga.

[12] Nel caso dei prototipi, si arriva fino a 1700 l di acqua accumulata per 20 mq di superficie a verde pensile.

[13] Daku Roof Soil.

[14] Daku Stabifilter: strato di separazione e diffusione.

[15] Daku Fsd Irriga: svolge sia il compito di drenaggio che quello di accumulo secondario d'acqua e consente l'accumulo secondario dell'acqua in copertura fino a 13 litri per ogni mq.

[16] Daku Hyper Drain: consente la realizzazione del bacino primario, distanziando il piano di scorrimento dell'acqua dallo strato di accumulo realizzato con Daku Fsd Irriga.

[17] I pannelli (PVSteel di Isopan, azienda esterna al progetto POR-FSE ma che collabora alla sperimentazione) sono utilizzati diffusamente per la realizzazione delle chiusure superiori dei capannoni industriali, tipologia edilizia di particolare interesse per la realizzazione di una rete di bacini di laminazione con tecnologia BGR.

[18] Dal 19/08/2020 al 02/09/2020.

[19] Media delle temperature massime di tutti i campi prova, con picchi massimi di 27°C.

[20] Sfruttando soprattutto i dati ottenuti dal monitoraggio dei fenomeni meteorologici più estremi che si verificheranno nella primavera e nell'estate del 2021.

## REFERENCES

Abram Paolo, *Giardini pensili. Coperture a verde e gestione delle acque meteoriche*, Pozzuoli, Sistemi Editoriali, **2004**, pp. 239.

ISPRA, Proceedings of the National Conference on Climate Change, Rome, Italy, 23 September 2007, **2008**, p. 149. ISBN 978-88-448-0344-5 [25 gennaio 2021].

Lanza Luca Giovanni, Palla Anna, "Il ciclo idrologico nell'ambiente costruito: il ruolo del verde pensile", *Il progetto sostenibile* n. 24, **2009**, pp. 38-41.

Provenzano Maria, Cardarelli Mariateresa, Saccardo Francesco, Colla Giuseppe, Battistelli Alberto and Proietti Simona, "Evaluation of Perennial Herbaceous Species for their Potential Use in a Green Roof under Mediterranean Climate Conditions", *Acta Horti*, n. 881, **2010**, pp. 661-668.

Musacchio Antonio, Tatano Valeria, *Tetti giardino. Storia, tecnica, progetto*, Santarcangelo di Romagna, Maggioli Editore, **2014**, pp. 198.

Woods Ballard Bridget, Wilson Steve, Udale-Clarke Helen, Illman Sue, Scott Tamasine, Ashley Richard, Kellagher Richard, The SUDS Manual, London, Construction Industry Research & Information Association (CIRIA), **2015**, pp. 968.

Shafiq Muhammad, Kim Reeho, Rafiq Muhammad, "Green roof benefits, opportunities and challenges. A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n. 90, **2018**, pp. 757-773.

Ferrara Agostino, Kosmas Constantinos, Salvati Luca., Padula Antonietta, Mancino Giuseppe, Nolè Angelo, "Updating the MEDALUS-ESA Framework for Worldwide Land Degradation and Desertification Assessment", *Land Degradation & Development*, n.12, **2020**, pp. 1593-1607.

Kapetas Leon, "The RESILIO project: Journal N°1. Project led by the City of Amsterdam", 2020. [https://www.uia-initiative.eu/sites/default/files/2020-06/Amsterdam\\_Resilio\\_Journal%201.pdf](https://www.uia-initiative.eu/sites/default/files/2020-06/Amsterdam_Resilio_Journal%201.pdf) [25 Gennaio 2021]

<https://unric.org/it/agenda-2030/> Sito web Onu Agenda 2030 [25 gennaio 2021]

<https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/view>

Sito web promosso da Copernicus (EEA) con mappature digitali di aree urbane [25 gennaio 2021]

<https://brigaid.eu/2851-2-2/> Sito web riguardante l'Horizon 2020 Infoday [25 gennaio 2021]

<https://climateinnovationwindow.eu/innovations/polder-roof-polderdak>

Sito web in cui si presenta il progetto "Polder Roof" promosso da Metropolder Company [08 gennaio 2021]

