

Tecnica e Ricostruzione

ANNO DI FONDAZIONE 1945

01 / 2023

P/15

Solaris: produrre energia solare con pannelli fotovoltaici collocati nello spazio

P/ 26

Sostenibilità, etica, approccio prestazionale per la sicurezza e la salute nei luoghi di lavoro

P/ 58

Un modello di capacità semplice ma accurato per il progetto di nodi trave-pilastro in c.a.



Pensare da Ingegnere

“Gli ingegneri non sono solo quelli che fanno stare su le case; organizzano molta parte della nostra vita, dal sistema viario al riscaldamento, dall’organizzazione sanitaria all’industria spaziale” (M.Belpoliti).

A quest’ingegnere che lavora rimanendo quasi invisibile, si affida la risoluzione dei problemi che attanagliano la nostra quotidianità. La crisi climatica ci pone ogni giorno di fronte a soluzioni sempre più ardite e urgenti

“Pensare da ingegneri non significa pensare per sistemi, bensì costruire sistemi e vedere strutture là dove non ci sono ancora” (M.B.)



**ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI CATANIA**



Tecnica e Ricostruzione

ANNO DI FONDAZIONE 1945

ANNO LXXVI - MAGGIO 2023

Fondatore **Ing. Gaetano Motta**

ORGANO UFFICIALE

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Catania

Via V. Giuffrida, 202 - 95128 Catania
Reg. Trib. di Catania n. 15 del 19/6/1948

DIRETTORE RESPONSABILE

Mauro Antonino Scaccianocce

DIRETTORE EDITORIALE

Sebastiano Russo

CONSIGLIERE DELEGATO TECNICA E RICOSTRUZIONE

Alfredo Foti

COMITATO DI REDAZIONE

Cassaro Pascal Federico, Cavallaro Alfredo Maria, Di Stefano Antonio, Iuppa Claudio, Liotta Giovanni, Miano Salvatore, Musumeci Rosaria Ester, Nicolosi Martina, Pavone Mario Roberto, Pezzella Francesco, Rapisarda Andrea Nicolas, Regalbutto Giovanna, Russo Adriano, Sapienza Vincenzo, Venturi Vincenzo, Vitale Matteo.

EDITING E PROJECT DESIGN

I PRESS

Via Perugia, 1 Catania
www.i-press.it

STAMPA

Legatoria Rapisarda



Prevenzione sismica e grandi eventi

Il 2023 sarà l'anno della prevenzione sismica. Sono infatti trascorsi 330 anni dal terribile terremoto "del Val di Noto" e l'Ordine degli Ingegneri della provincia di Catania ha deciso di organizzare numerosi eventi per sensibilizzare le istituzioni e i cittadini su quella che è di fatto l'unica vera priorità territoriale da affrontare: la gestione del rischio. Sarà anche la stagione dei grandi eventi che vedranno protagonista la nostra categoria. A settembre, alle Ciminiere, organizzato dal nostro Consiglio in sinergia con il CNI, si svolgerà il Congresso nazionale degli Ordini degli Ingegneri. Inoltre tra giugno e settembre migliaia di "colleghi turisti" provenienti da tutta Italia faranno tappa in Sicilia per il Campionato nazionale di calcio a 11 e per gli eventi correlati: il torneo di calcio a 5, il torneo di padel, il trofeo podistico e la regata. Tutti eventi sportivi che coinvolgeranno colleghi di tutti gli Ordini della penisola.

MAURO ANTONINO SCACCIANOCE

Sommario

3 Il 2023 sarà l'anno di Catania

di M. Scaccianoce



9 Pensare da Ingegnere

di S. Russo

11 Enel Green Power 3Sun Gigafactory

di Franco Pezzella

15 Solaris

di S. Russo



19 CER

di A. Astuto

23 Project Management

di M. Vitale

26 Sostenibilità, etica e approccio prestazionale

di M. Vitale

35 La sicurezza delle apparecchiature elettromedicali

di C. A. Carraro



41 Restauro delle zone umide costiere

di E. De Maria e S. Antoci



46 Riqualificazione di edifici esistenti mediante tetti verdi

di S. Cascone

51 I controlli di accettazione del calcestruzzo

di V. D. Venturi

58 Nodi trave-pilastro

di F. Sciacca

62 Summer school 2022

di A. Lo Faro, G. Rodonò, A. Monteleone, V. Sapienza



Riqualificazione di edifici esistenti mediante tetti verdi

Analisi critica degli aspetti strutturali

Una delle principali sfide per le città del futuro è la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici [1]. Di conseguenza, negli ultimi anni, ricercatori e progettisti hanno proposto soluzioni tecnologiche innovative che impiegano materiali ecocompatibili e che hanno l'obiettivo di ridurre sia il consumo energetico degli edifici che l'emissione dei gas serra in atmosfera legata al settore delle costruzioni [2-4]. Per raggiungere i suddetti obiettivi, è necessario intervenire sugli edifici esistenti realizzati nelle aree maggiormente urbanizzate, in quanto queste ultime sono caratterizzate ampie superfici impermeabili all'acqua e, pertanto, sono soggette al fenomeno dell'isola di calore (temperature dell'aria più elevate nei centri urbani rispetto a quelle misurate nelle zone agricole periferiche) [5]. Wang et al. [6] hanno valutato diverse strategie che è possibile adottare per mitigare gli effetti dell'isola di calore nel contesto urbano di Toronto. Nella suddetta ricerca, gli autori hanno riscontrato che un aumento del 10% della vegetazione urbana può ridurre la temperatura dell'aria e quella media radiante fino a 0,8 °C.

I tetti verdi rappresentano una valida soluzione per la mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici nelle città, in quanto aumentano la ritenzione dell'acqua piovana [7,8] migliorando al contempo le prestazioni energetiche degli edifici esistenti [9,10]. Nonostante l'aumento del numero di ricerche e delle installazioni dei tetti verdi, legato

soprattutto ad un crescente interesse da parte della comunità scientifica internazionale e ad una maggiore consapevolezza dei molteplici benefici dei tetti verdi, solamente pochi studi hanno analizzato le prestazioni dei tetti verdi quando installati su edifici esistenti. I risultati ottenuti da studi preliminari dimostrano che i benefici dei tetti verdi sono ridotti quando la copertura ha un elevato spessore di isolamento termico, come nel caso di edifici di nuova costruzione [11]. Al contrario, l'utilizzo dei tetti verdi per la riqualificazione di edifici esistenti, ovvero costruiti prima dell'entrata in vigore delle norme per il contenimento di consumi energetici degli edifici (anni '80), caratterizzati da un ridotto livello di isolamento termico, consente di ridurre il consumo di energia degli edifici e di massimizzare i benefici economici.

La maggior parte degli edifici esistenti, infatti, è stata realizzata prima dell'entrata in vigore delle leggi che regolano i consumi energetici degli edifici. Inoltre, in molte città, le aree disponibili per la costruzione di nuovi edifici sono limitate [12]. Nel 2010, Castleton et al. [13] hanno valutato la possibilità di installare i tetti verdi su edifici esistenti. Dopo aver analizzato la letteratura scientifica, gli autori hanno determinato i costi economici e le implicazioni strutturali dei tetti verdi quando utilizzati per la riqualificazione di edifici esistenti, dimostrando che il peso di un tetto verde saturo piantato con Sedum varia tra 0,49 e 0,96 kN/

m². Berardi [14] ha analizzato i benefici sul consumo di energia e sul microclima legati all'impiego dei tetti verdi nei casi di riqualificazione di caso di studio in un campus universitario di Toronto. I risultati dell'analisi microclimatica hanno dimostrato che **la riqualificazione dell'edificio mediante il tetto verde ha avuto un notevole impatto sul microclima in prossimità del tetto, con riduzione della temperatura dell'aria compresa tra 1,1 °C e 2,0 °C**, ottenendo un lieve effetto di raffreddamento anche a livello pedonale, con riduzione della temperatura dell'aria compresa tra 0,4 °C e 0,7 °C. Inoltre, è stato trovato che l'impiego dei tetti verdi ha ridotto il consumo energetico annuo di 10 kWh×m⁻²×y⁻¹. Silva et al. [15] hanno rilevato che il 79% della superficie di Lisbona è adatto per l'installazione dei tetti verdi.

Ad oggi, le ricerche si sono concentrate principalmente sulla valutazione dei benefici energetici associati all'installazione dei tetti verdi sugli edifici esistenti. Tuttavia, non sono stati trovati studi che hanno verificato se le soluzioni commerciali e sperimentali di tetti verdi, costituite da diversi materiali per il substrato e lo strato di drenaggio, possano essere impiegate per la riqualificazione degli edifici esistenti sulla base di un'analisi preliminare di fattibilità strutturale.

Nel presente capitolo è stata svolta un'analisi di fattibilità strutturale preliminare sull'utilizzo dei tetti verdi per la riqualificazione di edifici esistenti. A tal

fine, sono stati considerati una vasta gamma di soluzioni di tetti verdi che impiegano diversi materiali per il substrato e lo strato di drenaggio. Il sovraccarico derivante dall'impiego di ciascuna soluzione è stato valutato nella condizione più sfavorevole, ovvero quando il substrato è saturo d'acqua, e confrontato con il limite di carico che è possibile applicare sulla copertura esistente.

Modalità di determinazione del carico aggiuntivo sulla struttura della copertura

La prima fase del progetto di riqualificazione di un edificio esistente con un tetto verde consiste nel determinare la capacità portante della struttura di copertura. Considerato che il tetto verde aumenta il carico agente sulla copertura, è necessario determinare il sovraccarico in relazione alle di-

verse configurazioni del tetto verde e confrontarlo con la capacità portante residua della struttura dell'edificio. Al fine di evitare un dispendioso adeguamento strutturale che scaturirebbe dall'installazione di un tetto verde che supera la capacità portante della copertura esistente, è necessario mantenere il peso del tetto verde al di sotto del suddetto limite di carico. **Tuttavia, quando i progettisti valutano il sovraccarico sulle strutture esistenti, di solito viene considerato il peso specifico dei materiali e lo spessore degli strati utilizzati nel sistema di tetto verde in condizioni asciutte, non considerando quindi il sostanziale aumento del peso del tetto verde dovuto alla quantità di acqua assorbita dal substrato.** Infatti, lo strato di terreno riceve l'acqua sia dall'impianto di irrigazione sia dalle precipitazioni atmosferiche,

a sua volta cedendo l'acqua in eccesso tramite il sistema di drenaggio e per evapotraspirazione. A seguito di abbondanti piogge, il substrato diventa saturo e il tetto verde raggiunge il suo peso massimo in condizioni d'esercizio. In base alla normativa europea, il carico che può essere applicato sui tetti piani degli edifici residenziali esistenti è di 200 kg/m² (circa 1,96 kN/m²). Il suddetto valore corrisponde a tetti piani che sono stati considerati come calpestabili in fase di progettazione della struttura dell'edificio. Tuttavia, non tutto il sovraccarico di 200 kg/m² può essere utilizzato per l'installazione del tetto verde. Infatti, un carico residuo di 0,5 kN/m² deve essere considerato per l'esecuzione delle operazioni di manutenzione. Pertanto, il massimo carico aggiuntivo disponibile per l'installazione di un tetto

Campione	Torba di cocco %	Compost %	Rifiuti frantumati %	Sabbia %	Pozzolana %	Silice porosa %	Ardesia espansa %	Argilla espansa %
Sub 1	0	40	0	20	40	0	0	0
Sub 2	25	25	40	10	0	0	0	0
Sub 3	N/A	6	N/A	N/A	N/A	0	0	0
Sub 4	25	40	5	5	0	0	0	0
Sub 5	60	15	5	5	0	0	0	0
Sub 6	0	10	40	40	0	50	0	0
Sub 7	0	0	50	50	0	50	0	0
Sub 8	0	0	25	25	0	75	0	0
Sub 9	0	10	15	15	0	75	0	0
Sub 10	0	10	40	40	0	0	50	0
Sub 11	0	0	50	50	0	0	50	0
Sub 12	0	0	25	25	0	0	75	0
Sub 13	0	10	15	15	0	0	75	0
Sub 14	0	10	40	40	0	0	0	50
Sub 15	0	0	50	50	0	0	0	50
Sub 16	0	0	25	25	0	0	0	75
Sub 17	0	10	15	15	0	0	0	75

Tabella 1. Composizione dei differenti substrati analizzati

verde su un edificio esistente è di 1,46 kN/m².

In questo studio, sono stati confrontati i pesi di diciassette substrati commerciali e di tre materiali granulari impiegati per lo strato di drenaggio. Il peso dei suddetti materiali dipende dal loro stato di compattazione, che a sua volta è funzione dell'indice dei vuoti, e dalla porosità dei materiali utilizzati. Tuttavia, per le normali procedure di posa del tetto verde, la compattazione è quasi costante nel tempo (dopo la fase di assestamento iniziale in seguito all'installazione). La Tabella 1 mostra la composizione dei vari substrati analizzati, caratterizzati da un'ampia varietà di materiali impiegati.

Le caratteristiche termiche e fisiche dei suddetti substrati commerciali sono state determinate in precedenti studi sperimentali [16,17]. Le proprietà analizzate, tuttavia, non includono il peso del substrato in condizioni di saturazione. Pertanto, quest'ultimo è stato calcolato (secondo le indicazioni fornite in [18]) usando la seguente equazione che correla la densità secca γ_d con la densità satura γ_s del substrato:

$$\gamma_s = \gamma_d + n \gamma_w$$

dove γ_w è la densità dell'acqua (1.000 kg/m³) ed n è la porosità del substrato espressa come percentuale del volume dei vuoti. La Tabella 2 mostra i diversi tipi di materiali drenanti analizzati. La perlite e l'argilla espansa sono soluzioni commerciali di drenaggio, mentre i granuli di gomma sono una soluzione innovativa rispetto a quelle attualmente in commercio per i tetti verdi, derivanti dal riciclo degli pneumatici usati e dismessi. Le prestazioni termiche e le caratteristiche fisiche dei materiali drenanti commerciali sono state valutate utilizzando le schede tecniche dei prodotti in commercio, mentre le

Drainage material	Density [kg/m ³]	Thermal Conductivity [W/mK]
Perlite	100	0,066
Expand clay	300	0,10
Rubber crumb	480	0,15

Tabella 2. Proprietà fisiche e termiche dei materiali granulari usati per il drenaggio

prestazioni dei granuli di gomma sono state valutate in precedenti studi di ricerca [19].

Considerato che il peso dei granuli di gomma dipende dalla dimensione delle particelle del materiale, è stato selezionato il materiale a densità inferiore, al fine di aumentare il meno possibile il sovraccarico sul tetto esistente. Tuttavia, come si evince dalla Tabella 2, tra i materiali di drenaggio studiati, i granuli di gomma hanno la densità e la conducibilità termica più elevate. Pertanto, il vantaggio principale legato all'impiego dei granuli di gomma deriva dalla loro natura di essere un materiale riciclato con ridotti impatti ambientali. I substrati e i drenaggi sopra de-

scritti sono stati combinati al fine di confrontare i carichi aggiuntivi determinati dalle diverse soluzioni di tetto verde. Ciò ha reso possibile individuare le combinazioni idonee per la riqualificazione di edifici esistenti.

Risultati dell'analisi dei carichi

Dall'analisi dei risultati è emerso che **vi sono significative differenze** tra la densità secca e la densità calcolata in condizioni di saturazione dovute principalmente alla differente composizione dei substrati riportata in Tabella 1. Infatti, i substrati più leggeri, come Sub4 e Sub5, sono costituiti principalmente da torba di cocco e compost, che sono materiali con ridotti valori di densità a secco (rispettivamente 0,07 g/cm³

Sample identifier	Densità secca [kg/m ³]	Densità satura [kg/m ³]
Sub1	788	1490
Sub2	923	1560
Sub3	1360	2010
Sub4	546	1320
Sub5	375	1220
Sub6	1050	1750
Sub7	1020	1720
Sub8	730	1430
Sub9	680	1380
Sub10	1430	2130
Sub11	1490	2190
Sub12	1240	1940
Sub13	1250	1950
Sub14	1290	1990
Sub15	1410	2110
Sub16	1280	1980
Sub17	1150	1850

Tabella 3. Densità secca e satura dei substrati

e 0,24 g/cm³), mentre substrati più pesanti, come Sub1 e Sub2, hanno un'elevata percentuale di rifiuti frantumati provenienti dalle demolizioni eseguite nei cantieri edili (densità a secco di 0,494 g/cm³), sabbia (densità a secco di 0,457 g/cm³), e pozzolana. Inoltre, substrati leggeri come Sub8 e Sub9 sono composti da elevate percentuali di silice porosa.

Sulla base degli spessori dello strato di drenaggio e del substrato, 6 cm e 10 cm rispettivamente, è stato calcolato il carico aggiuntivo delle diverse configurazioni di tetto verde (Tabella 4). I risultati mostrano che, considerando la capacità portante residua del tetto esistente calcolata nel precedente paragrafo (1,46 kN/m²),

soltanto poche soluzioni di tetto verde sono idonee ad essere impiegate per la riqualificazione di edifici esistenti. In particolare, come evidenziato nella Tabella 4, sono idonei quattro substrati con la perlite, due substrati con l'argilla espansa e un solo substrato con i granuli di gomma. Tuttavia, l'argilla espansa e la perlite, a differenza dei granuli di gomma, sono materiali igroscopici e, pertanto, incrementano il loro peso in funzione della quantità di acqua assorbita. Inoltre, se lo spessore del substrato viene aumentato da 10 cm a 15 cm, nessuna delle soluzioni di tetto verde considerata può essere installata su edifici esistenti senza prevedere interventi di miglioramento delle strutture portanti dell'edificio.

Implicazioni progettuali

In generale, i risultati sopra riportati hanno dimostrato che **solo poche soluzioni di tetto verde sono attualmente idonee per la riqualificazione degli edifici esistenti**. In questo paragrafo sono riportati i principali suggerimenti che i progettisti dovranno prendere in considerazione per rendere possibile l'installazione dei tetti verdi su edifici esistenti. Oltre all'utilizzo di substrati e materiali drenanti più leggeri, si possono adottare diverse strategie per ridurre il peso sul tetto esistente e, quindi, aumentare il numero di soluzioni di tetto verde che è possibile installare. Le suddette strategie includono la rimozione della pavimentazione esistente dalla copertura, spesso realizzata con materiale pesante, come le piastrelle in graniglia di marmo, e del massetto in calcestruzzo. Ad esempio, un tetto costruito con materiali tradizionali pesa circa 25 kg/m², a cui si aggiunge il peso della membrana monostrato di impermeabilizzazione di circa 2,0 kg/m². Tale riduzione di peso contribuirebbe ad incrementare la capacità portante delle strutture esistenti.

Inoltre, al fine di aumentare il numero di soluzioni di tetto verde idonee per la riqualificazione di edifici esistenti, è possibile ridurre la densità saturi dei substrati utilizzati, che, come visto, dipende principalmente dalla densità a secco del materiale. Tale risultato può essere raggiunto utilizzando materiali più leggeri o riducendo l'indice dei vuoti del materiale stesso. Infatti, maggiore è la quantità di vuoti tra una particella e l'altra del materiale, maggiore è la quantità di acqua che può essere immagazzinata nel substrato quando è saturo. Di conseguenza, riducendo l'indice di vuoti diminuisce il peso del substrato saturo. Per ridurre

Sample identifier	Substrate load	Total load (Substrate+Drainage)		
	[kN/m ²]	Perlite [kN/m ²]	Expanded clay [kN/m ²]	Rubber Crumb [kN/m ²]
Sub1	1,46	1,52	1,64	1,74
Sub2	1,53	1,58	1,70	1,80
Sub3	1,97	2,03	2,14	2,25
Sub4	1,29	1,35	1,47	1,57
Sub5	1,20	1,25	1,37	1,47
Sub6	1,72	1,78	1,89	2,00
Sub7	1,69	1,75	1,86	1,97
Sub8	1,40	1,46	1,58	1,68
Sub9	1,35	1,41	1,53	1,63
Sub10	2,09	2,15	2,27	2,37
Sub11	2,15	2,21	2,32	2,43
Sub12	1,90	1,96	2,08	2,18
Sub13	1,91	1,97	2,09	2,19
Sub14	1,95	2,01	2,13	2,23
Sub15	2,07	2,13	2,25	2,35
Sub16	1,94	2,00	2,12	2,22
Sub17	1,81	1,87	1,99	2,09

Tabella 4. Sovraccarico aggiuntivo delle differenti configurazioni di tetto verde

il numero di vuoti, durante l'installazione è necessario utilizzare macchine adatte ad incrementare la compattazione del materiale. Tuttavia, compattando il substrato per ridurre l'indice dei vuoti, a parità di spessore, aumentano sia la quantità di materiale utilizzato che il peso a secco del sistema.

Pertanto, è necessario utilizzare una percentuale maggiore di materiali leggeri nella composizione del substrato, al fine di ridurre l'indice di vuoti senza aumentare il peso del sistema di tetto verde. Inoltre, nelle normali applicazioni del tetto verde, sia il substrato che lo strato drenante vengono installati "a mano" senza l'utilizzo di appositi macchinari compattatori, che avrebbero peraltro lo svantaggio di aumentare sia i costi di produzione che la complessità della lavorazione di installazione del tetto verde. Alla luce delle considerazioni sopra effettuate, è necessario sviluppare nuovi materiali che possano essere impiegati nel substrato e nello strato di drenaggio dei tetti verdi. I suddetti materiali, oltre a provenire da un processo di riciclaggio, devono impiegare materiali leggeri, come la torba di cocco e la silice porosa, in grado di essere utilizzati per la riqualificazione degli edifici esistenti. **È fondamentale, inoltre, che i progettisti tengano conto della densità satura dei materiali durante la fase di progettazione del tetto verde.**

Conclusioni

La ricerca svolta ha evidenziato gli attuali limiti strutturali per l'adozione di tetti verdi per la riqualificazione di edifici esistenti e l'inadeguatezza dei materiali presenti in commercio, fornendo specifiche informazioni sulle diverse configurazioni di tetto verde analizzate.

Infine, i risultati ottenuti hanno sottolineato la necessità di effettuare una scelta appropriata dei materiali e degli spessori relativi ai vari strati del tetto verde. Ciò dovrebbe essere fatto in relazione al carico massimo applicabile sul tetto di un edificio esistente e fornendo informazioni utili ai progettisti in merito ai vincoli presenti.

Stefano Cascone

Bibliografia

1. U. Berardi, A cross-country comparison of the building energy consumptions and their trends, *Resour. Conserv. Recycl.* 123 (2017) 230–241
2. S.B. Sadineni, S. Madala, R.F. Boehm, Passive building energy savings: a review of building envelope components, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 15 (2011) 3617–3631
3. C. Ionescu, T. Baracu, G.E. Vlad, H. Necula, A. Badea, The historical evolution of the energy efficient buildings, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 49 (2015) 243–253
4. S. Cascone, F. Catania, A. Gagliano, G. Sciuto, Energy performance and environmental and economic assessment of the platform frame system with compressed straw, *Energy Build.* 166 (2018) 83–92
5. Z. Ma, P. Cooper, D. Daly, L. Ledo, Existing building retrofits: methodology and state-of-the-art, *Energy Build.* 55 (2012) 889–902
6. Y. Wang, U. Berardi, H. Akbari, Comparing the effects of urban heat island mitigation strategies for Toronto, Canada, *Energy Build.* 114 (2016) 2–19
7. T. Carter, C.R. Jackson, Vegetated roofs for stormwater management at multiple spatial scales, *Landsc. Urban Plann.* 80 (2007) 84–94
8. K.L. Getter, D.B. Rowe, J.A. Andresen, Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention, *Ecol. Eng.* 31 (2007) 225–231
9. G. Virk, A. Jansz, A. Mavrogiani, A. Mylona, J. Stocker, M. Davies, The effectiveness of retrofitted green and cool roofs at reducing overheating in a naturally ventilated office in London: direct and indirect effects in current and future climates, *Indoor Built Environ.* 23 (2014) 504–520
10. A. Gagliano, M. Detommaso, F. Nocera, U. Berardi, The adoption of green roofs for the retrofitting of existing buildings in the Mediterranean climate, *Int. J. Sustain. Build. Technol. Urban Dev.* 7 (2016) 116–129

11. M.M. Liu, Probabilistic prediction of green roof energy performance under parameter uncertainty, *Energy* 77 (2014) 667–674
12. G. Verbeeck, H. Hens, Energy savings in retrofitted dwellings: economically viable? *Energy Build.* 37 (2005) 747–754
13. H.F. Castleton, V. Stovin, S.B.M. Beck, J.B. Davison, Green roofs; Building energy savings and the potential for retrofit, *Energy Build.* 42 (2010) 1582–1591
14. U. Berardi, The outdoor microclimate benefits and energy saving resulting from green roofs retrofits, *Energy Build.* 121 (2016) 217–229
15. C.M. Silva, I. Flores-Colen, M. Antunes, Step-by-step approach to ranking green roof retrofit potential in urban areas: a case study of Lisbon, Portugal, *Urban For. Urban Green.* 25 (2017) 120–129
16. J. Coma, A. de Gracia, M. Chàfer, G. Pérez, L.F. Cabeza, Thermal characterization of different substrates under dried conditions for extensive green roofs, *Energy Build.* 144 (2017) 175–180
17. D.J. Sailor, M. Hagos, An updated and expanded set of thermal property data for green roof growing media, *Energy Build.* 43 (2011) 2298–2303
18. C. Farrell, X.Q. Ang, J.P. Rayner, Water-retention additives increase plant available water in green roof substrates, *Ecol. Eng.* 52 (2013) 112–118
19. G. Pérez, A. Vila, L. Rincón, C. Solé, L.F. Cabeza, Use of rubber crumbs as drainage layer in green roofs as potential energy improvement material, *Build. Environ.* 97 (2012) 347–354