



## An Installation of Multilayer Green Roof in a Typical Southern Italy Urban Environment

---

Dario Pumo, Antonio Francipane, Francesco Alongi,  
Marcella Cannarozzo and Leonardo V. Noto

EasyChair preprints are intended for rapid  
dissemination of research results and are  
integrated with the rest of EasyChair.

May 22, 2022

# INSTALLAZIONE DI UN TETTO VERDE MULTISTRATO IN UN TIPICO AMBIENTE URBANO DEL SUD ITALIA

*Dario Pumo*<sup>1\*</sup>, *Antonio Francipane*<sup>1</sup>, *Francesco Alongi*<sup>1</sup>, *Marcella Cannarozzo*<sup>1</sup> & *Leonardo V. Noto*<sup>1</sup>

(1) Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Palermo (Palermo)

\*email: [dario.pumo@unipa.it](mailto:dario.pumo@unipa.it)

## ASPETTI CHIAVE

- *Tetto verde multistrato.*
- *Polder Roof Field Lab.*
- *Gestione distribuita della acque meteoriche in ambiente urbano.*
- *Mitigazione degli effetti del cambiamento climatico.*

## 1 PREMESSA

Il verde pensile è un sistema tecnologico che prevede l'utilizzo della vegetazione come strato superiore della copertura di un edificio, impiegato sia per le sue funzioni ambientali che per le sue caratteristiche estetiche (Cascone, 2019). Infatti, la realizzazione di un tetto verde, oltre al suo intrinseco valore ecologico, consente numerosi vantaggi economici ed ambientali rispetto alle coperture tradizionali (Berardi & Ghaffarianhoseini, 2014). Nel tempo, l'interesse nei confronti dei tetti verdi è sempre più cresciuto, sia per i benefici conseguibili che rispondono a molti degli obiettivi delle diverse politiche nazionali, europee e internazionali per la mitigazione e l'adattamento al cambiamento climatico e lo sviluppo sostenibile (es., 2030 Agenda for Sustainable Development, EU Cohesion Policy 2021-2027, Next Generation EU, Programma Nazionale Ricerca 2021-2027, Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza), che per la migliorata conoscenza delle tecnologie di cui si dispone, anche grazie alla pubblicazione di norme di settore come la norma UNI 11235:2015, e la diminuzione delle spese d'installazione legate anche a una serie di politiche incentivanti e di agevolazioni fiscali.

Tra i benefici legati all'utilizzo delle coperture a verde uno dei più importanti è sicuramente quello legato al miglioramento del microclima dei centri urbani grazie alla presenza della vegetazione che: 1) ha effetti positivi sulla riduzione delle "isole di calore" urbano e sull'aumento dei livelli di ombreggiamento e di isolamento acustico; 2) permette di abbattere considerevolmente le polveri inquinanti e di sequestrare la CO<sub>2</sub> atmosferica; 3) consente di abbattere il carico inquinante delle precipitazioni attraverso i processi di biofiltrazione su matrici porose pedologiche e attraverso l'attività dei microrganismi presenti nel suolo; 4) permette un effetto di laminazione delle acque meteoriche mediante processi d'immagazzinamento temporaneo e rilascio controllato (De Nardo et al., 2003; Liu & Minor, 2005; Fioretti et al., 2010). Con riferimento a quest'ultimo punto, l'installazione di un tetto verde, e in particolare di un sistema multistrato caratterizzato da una maggiore capacità d'immagazzinamento rispetto ai tetti verdi convenzionali, permette una migliore gestione delle acque meteoriche e una riduzione del carico sui sistemi fognari. In particolare, nel caso di più installazioni distribuite all'interno di una data area, è possibile ottenere una significativa riduzione della frequenza e/o della gravità degli allagamenti urbani, soprattutto in occasione di precipitazioni intense. I tetti verdi multistrato potrebbero inoltre consentire il riutilizzo delle acque piovane per l'irrigazione e come acque grigie per l'uso domestico, riducendo i consumi di acqua potabile. Tali soluzioni rientrano tra le *Nature Based Solution* spesso adottate in ambito urbano anche per l'efficientamento energetico degli edifici, poiché conferiscono un maggiore isolamento termico alle coperture consentendo una riduzione dei consumi energetici per il condizionamento dei locali interni.

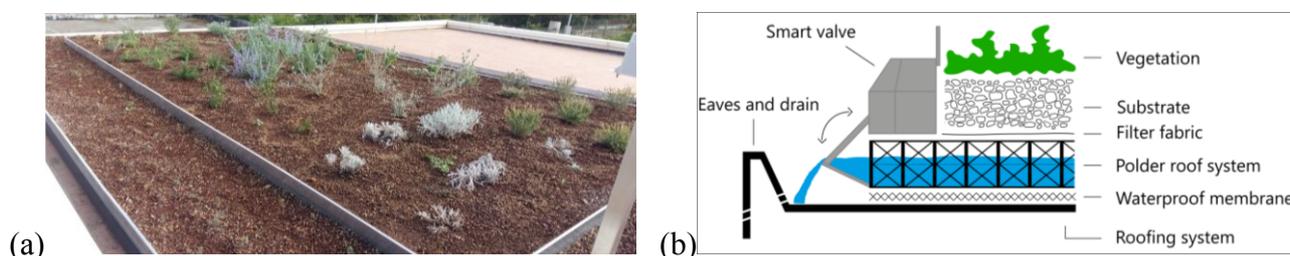
Lo scopo di questo studio è quello di descrivere un tetto verde multistrato installato sul tetto dell'Edificio 8 del Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Palermo. L'installazione, avvenuta nell'ambito del progetto pilota *Polder Roof Field Lab* a metà del 2020, ha consentito un intensivo monitoraggio durante tutto il 2021, di cui si riportano nel presente lavoro i risultati principali.

## 2 MATERIALI E METODI

### 2.1 Il sistema Polder Roof

Il progetto pilota *Polder Roof Field Lab* (<https://polderroof.tudelft.nl>), di cui l'Università di Palermo (UNIPA) fa parte, è frutto di un accordo di collaborazione con la *Delft University of Technology* (TU Delft, NL), l'Università per Stranieri di Perugia (UNISTRAPG), l'Università Tuscia di Viterbo (UNITUS) e l'Università di Cagliari (UNICA), tramite il *Water Resource Research and Documentation Centre* (WARREDOC). Nell'ambito di tale progetto sono state eseguite quattro installazioni del sistema multistrato *Polder Roof*, realizzato dalla *Metro-Polder Company*, in altrettante sedi universitarie italiane (Palermo, Perugia, Viterbo e Cagliari) con i seguenti obiettivi: 1) messa a punto di procedure per il controllo ottimizzato e intelligente dei deflussi in uscita dal tetto; 2) valutazione dell'idoneità del sistema a diverse latitudini italiane; 3) raccolta, gestione e analisi dei dati osservati.

Con riferimento al caso di UNIPA, l'installazione copre un'area complessiva di 32.1 m<sup>2</sup> (Figura 1).



**Figura 1.** (a): Foto del tetto verde multistrato subito dopo l'installazione. (b): Struttura del Polder Roof ([www.metropolder.com](http://www.metropolder.com))

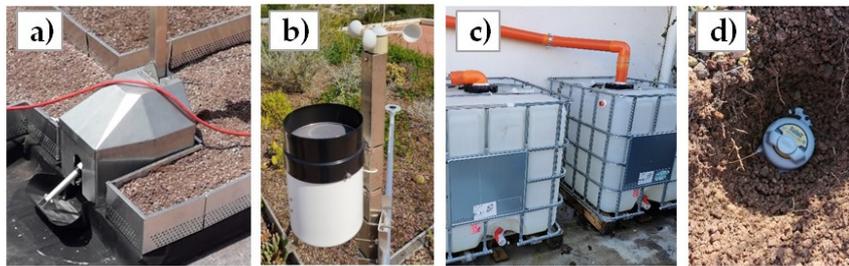
La struttura del *Polder Roof*, schematicamente riportata in Figura 1b, include, dal basso verso l'alto, i seguenti strati:

1. Strato di separazione tramite geotessile in polipropilene (spessore 4 mm); esso ha la funzione di conferire una migliore distribuzione dei carichi sulla struttura del tetto.
2. Membrana impermeabilizzante anti-radice in bitume-polimero e armata in tessuto-non tessuto di poliestere (spessore 4 mm); questa svolge una funzione di protezione meccanica, impermeabilizzazione e protezione dall'azione perforatrice delle radici.
3. Feltro di protezione in tessuto sintetico (spessore 6 mm) che ha lo scopo di proteggere la membrana anti-radice da cattive distribuzioni del carico superficiale; viene disteso tra lo strato drenante successivo e la membrana, in modo tale da evitare qualsiasi tipo di lesione a quest'ultima.
4. *Permavoid system*, ossia uno strato di drenaggio a iglù per *green roof* (spessore 80 mm) realizzato mediante elementi prefabbricati di supporto e coni capillari che consentono processi di risalita capillare, garantendo la possibilità di irrigazione passiva dello strato vegetato soprastante. Tale strato rappresenta lo *storage layer* in quanto svolge anche la funzione di serbatoio di accumulo.
5. Telo filtrante (spessore 2 mm) che evita il passaggio di particelle fini dallo strato colturale verso l'elemento di drenaggio, al fine di preservare nel tempo la funzionalità di quest'ultimo;
6. Suolo, ossia substrato vulcanico fertile con spessore diversificato (parte laterale con spessore 100 mm per 14,1 m<sup>2</sup> e parte centrale con spessore 200 mm per 18 m<sup>2</sup>, Figura 1); il suolo è costituito da una miscela di materiali vulcanici (90% lapillo vulcanico e 10% pomice con granulometria 0-10 mm) e sostanza organica tipo torba bionda di granulometria media.
7. Strato vegetato costituito da diverse specie di *sedum* (*album*, *dasiphylum*, *sediforme* and *anopetalum*) e vegetazione Mediterranea (*stipa capensis*, *trifolium angustifolium*, *trifolium stellatum*, *aegylops geniculata* and *silene coeli-rosa*) nella parte con substrato meno profondo, e

diverse specie di piante perenni aromatiche nella parte con substrato più profondo (*rosmarinus officinalis*, *teucrium fruticans*, *teucrium flavum*, *pallenis maritima*, *helichrysum rupestre*, *trifolium fragiferum*, *lavandula spica*, *crithmum maritimum*, *micromeria graeca*, *coridothymus capitatus*, *dianthus ruipicola*, *origanum heracleoticum*, *convolvulus cneorum*).

## 2.2 Smart Flow Control e sistema di monitoraggio

Un sistema semiautomatico di controllo del deflusso, chiamato *Smart Flow Control* (SFC), consente l'immagazzinamento e il rilascio dell'acqua dal sistema, e include una valvola con paratoia stramazzone a ribalta (Figura 2a) che può essere controllata a distanza da una *dashboard*, accessibile su Internet, mediante la quale è possibile impostarne il grado di apertura.



**Figura 2.** *Smart Flow Control* (a); sistema di monitoraggio (pluviometro e anemometro) integrato al *Polder Roof* (b); sistema di serbatoi di accumulo di acqua in uscita dal sistema (c); sensore outdoor di temperatura superficiale (d)

Sia il sistema *Polder Roof*, sia una zona limitrofa del tetto di pari dimensioni (da ora in poi denominata “tetto grigio”) sono monitorati mediante un sistema complesso, operativo a partire dal 21 Dic 2020, che include: un sistema di monitoraggio integrato al sistema *Polder Roof* (Figura 2b); una stazione di monitoraggio di variabili meteo-climatiche esterna al sistema; due serbatoi plastici di accumulo dell'acqua in uscita dal sistema e dal tetto grigio (Figura 2c), ciascuno di capacità pari a 1000 l e dotato di sensori di pressione (*vanEssen micro-diver pressure logger*) che consentono di risalire al livello d'acqua immagazzinato in ogni serbatoio e quindi al deflusso prodotto dal sistema *Polder Roof* e dal tetto grigio; una rete di quattro sensori MX2203 HOBO di temperatura superficiale (Figura 2d), installati sulla superficie esterna (outdoor) ed interna (indoor) del tetto in corrispondenza del tetto verde e del tetto grigio.

Il sistema di monitoraggio integrato al sistema *Polder Roof* comprende un pluviometro a bascula, un sensore di temperatura dell'aria, un anemometro e un sensore di livello dell'acqua immagazzinata all'interno dello strato di accumulo del sistema *Polder Roof* (*storage layer*).

La stazione di monitoraggio esterna al sistema include sensori termo-igrometrici e di pressione dell'aria e tre sensori per il monitoraggio della precipitazione: un pluviometro a pesata OTT Pluvio2-400; un disdrometro laser OTT- Parsivel2; un pluviometro a bascula DQA130.1 LSI LASTEM.

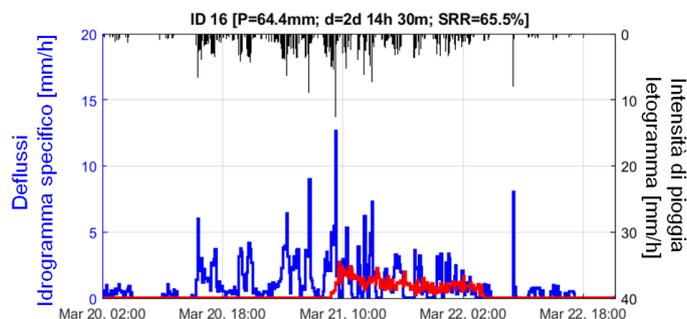
## 3 RISULTATI E CONCLUSIONI

Il periodo di monitoraggio copre una durata di un anno e ha consentito di analizzare il comportamento idraulico e termico del sistema ed effettuare un confronto con un tetto grigio di riferimento di pari dimensioni al fine di valutare i benefici dell'installazione di tetti verdi multistrato in regioni Mediterranee. L'analisi è stata focalizzata prevalentemente sull'effetto di laminazione che il sistema è in grado di garantire a scala di evento, in relazione alle caratteristiche dell'evento precipitativo (durata, intensità media e di picco, forma dello ietogramma) e alle condizioni antecedenti di umidità del suolo dello strato verde e di acqua immagazzinata nello *storage layer*. Nello specifico, per diverse tipologie di eventi di pioggia e condizioni antecedenti, facendo riferimento a diversi indicatori di performance rintracciabili in letteratura, è stata valutata la capacità di ritenzione del sistema e l'effetto di laminazione sia in termini di riduzione del volume di deflusso che di riduzione e ritardo del picco di deflusso. Al contempo, è stato possibile effettuare una

stima della quantità d'acqua immagazzinabile dal sistema e potenzialmente riutilizzabile in un anno. È stata inoltre stimata l'efficacia del sistema nell'aumentare l'isolamento termico degli edifici, valutando la riduzione dell'escursione termica giornaliera sia sulle superfici esterne che interne del tetto su cui il sistema è installato.

Durante il periodo invernale, che rappresenta il periodo più sfavorevole in termini di capacità di ritenzione con riferimento alle condizioni antecedenti, e mantenendo la valvola del SFC costantemente chiusa (condizione non ottimale di utilizzo), è stato stimato un coefficiente di ritenzione medio a scala di evento pari al 68%, ovvero confrontabile con i valori medi annui riferibili a tetti verdi estensivi tradizionali, una riduzione media dei picchi di deflusso pari all'82,5% e un ritardo medio del picco di oltre 6 ore. Un esempio di analisi a scala di evento viene riportato in Figura 3, dove vengono riportati lo ietogramma di pioggia (in nero), ed i corrispondenti idrogrammi misurati in uscita dal *Polder Roof* (in rosso) e dal tetto grigio (in blu). Un utilizzo ottimale del sistema SFC durante il periodo invernale avrebbe inoltre consentito una capacità di ritenzione prossima al 100%. Dal punto di vista termico, il valore medio di escursione termica giornaliera relativo al tetto verde, in inverno, si riduce per la superficie outdoor da 18.1°C (valore riscontrato per il tetto grigio) a 1.7°C e per la superficie indoor da 1°C a 0.6°C. Sia le performance idrauliche che termiche aumentano durante le altre stagioni dell'anno, in particolare durante il periodo estivo.

In conclusione, il *Polder Roof* rappresenta una nuova tecnologia nel campo dei tetti vegetati che combina i vantaggi dei tradizionali tetti verdi con quelli dei sistemi di raccolta delle piogge (*rainfall harvesting systems*). Tale sistema è infatti caratterizzato dalla presenza di un ulteriore *storage layer*, collegato allo strato verde attraverso coni capillari, che consente un facile riutilizzo dell'acqua trattenuta sia per l'irrigazione passiva della vegetazione del sistema stesso che per altri usi potenziali. Tali proprietà rendono questa tecnologia particolarmente adatta alle aree semi-aride del Mediterraneo, dove la mitigazione delle pressioni sui sistemi di drenaggio urbano durante i sempre più frequenti ed intensi eventi estremi di pioggia, la riduzione dei consumi idrici, e il miglioramento dell'isolamento termico degli edifici, rappresentano priorità cruciali.



**Figura 3.** Analisi a scala di evento (Evento ID16, 20/03/20). Le caratteristiche dell'evento sono riportate in alto (P=altezza totale di pioggia; d= durata; SRR=coefficiente di ritenzione). Lo ietogramma delle intensità di pioggia (mm/h) è riportato in alto (in nero), mentre le curve blu e rosse mostrano l'idrogramma dei deflussi (mm/h) generati rispettivamente dal *Polder Roof* e dal tetto grigio.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Berardi, U. & Ghaffarianhoseini, A. State of the art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy*, Vol. 115, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.10.047>. 2014
- Cascone, S. Green roof design: State of the art on technology and materials. *Sustainability (Switzerland)*, 11(11), 2019.
- De Nardo, J.C., Jarrett, A.R., Manbeck, H.B., Beattie, D.J. & Berghage, R.D. Stormwater detention and retention abilities of green roofs. *World Water & Environmental Resources Congress 2003*. [https://doi.org/10.1061/40685\(2003\)310](https://doi.org/10.1061/40685(2003)310)
- Fioretti, R., Palla, A., Lanza, L.G. & Principi, P. Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. *Building and Environment*, Vol. 45, Issue 8, 2010, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.03.001>.
- Liu, K. & Minor, J. Performance evaluation of an extensive green roof. In *Third Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference*, 2005.