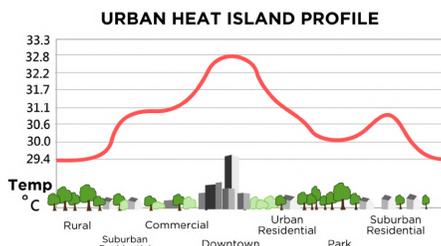


# Urban life problems

Sempre più città affrontano odiernamente continue pressioni dovute alla crescente urbanizzazione. La rapida crescita della popolazione e lo sviluppo urbano stanno trasformando gli ambienti naturali in aree di infrastrutture altamente ingegnerizzate. La generazione di calore dalle automobili, dall'industria e dal commercio, unita alla ritenzione dell'energia solare da parte degli edifici e delle superfici pavimentate, crea **ambienti urbani innaturalmente caldi** (noti come isole di calore urbane). Ciò può avere effetti negativi sulla salute e sul benessere umano. Il passaggio dal paesaggio naturale all'ambiente costruito ha anche creato ampie aree di pavimentazioni impermeabili, creando problemi quali perdita di vegetazione e habitat. Ciascuno di questi problemi è aggravato da un clima sempre più variabile. Nel loro insieme, questi problemi presentano enormi sfide ambientali, economiche e sociali e richiedono nuovi modi di pensare per rendere le nostre città più vivibili ora e in futuro.



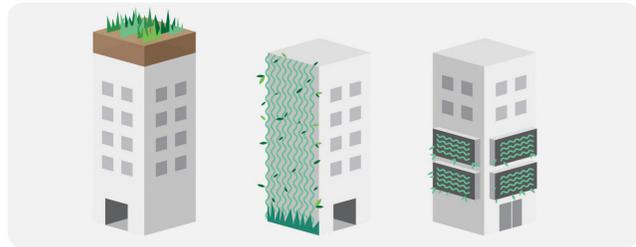
## Isola di calore urbana

L'isola di calore è in meteorologia il fenomeno che determina un **microclima più caldo all'interno delle aree urbane cittadine**, rispetto alle circostanti zone periferiche e rurali. Il fenomeno è prevalente nei grandi centri urbani in quanto il surriscaldamento dipende dalle caratteristiche termiche e radiative delle superfici, spesso sfavorevoli in contesti di elevata urbanizzazione, e dalla riduzione di verde urbano, altrettanto importante per la regolazione del microclima locale.

## Inquinamento ambientale

Secondo l'Agenzia Ambientale Europea (EEA) l'inquinamento atmosferico continua ad avere **impatti significativi sulla salute** della popolazione europea, in particolar modo per i cittadini delle aree urbane. Gli inquinanti sotto osservazione, in termini di rischio per la salute umana, sono:

- le polveri sottili (Pm),
- il biossido di azoto (NO2)
- l'ozono troposferico (O3)



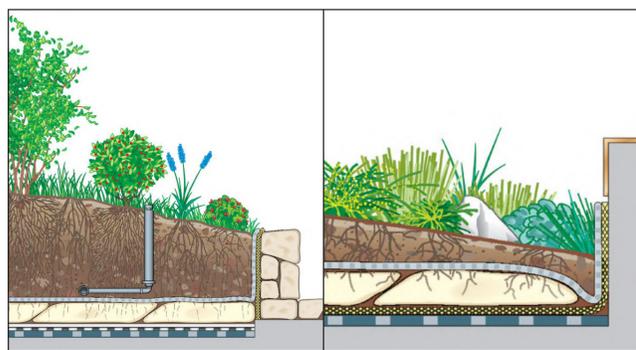
## Coperture verdi

### Green roof

Un paesaggio vegetato costituito da una serie di strati che vengono installati su una superficie del tetto come "posa libera" o modulare (ovvero, installati strato per strato sul tetto o come strati pre-preparati in vassoio).

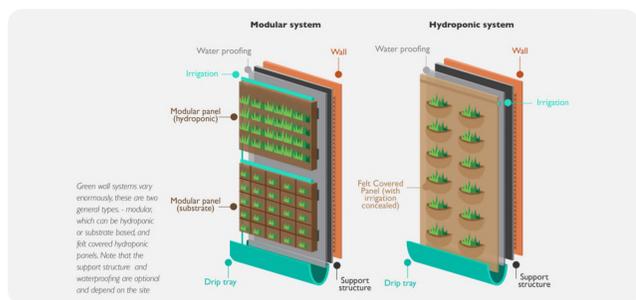
I tetti verdi **intensivi** sono generalmente più pesanti, con uno strato più profondo di substrato in crescita e supportano una **più ampia varietà di tipi di piante**. Poiché possono sostenere un peso maggiore, sono facilmente accessibili dalle persone. I tetti verdi intensivi **richiedono di più irrigazione e manutenzione** rispetto ai tetti estesi e sono paesaggi altamente ingegnerizzati, spesso costruiti direttamente su strutture con una notevole capacità di carico, come i parcheggi.

I tetti verdi estensivi sono i più **leggeri**, con uno strato superficiale di substrato di coltivazione di meno di 200 mm di profondità, che richiede una **manutenzione minima**. Generalmente hanno un **fabbisogno idrico inferiore** e utilizzano **specie vegetali piccole e a bassa crescita**, in particolare piante grasse.



### Green wall

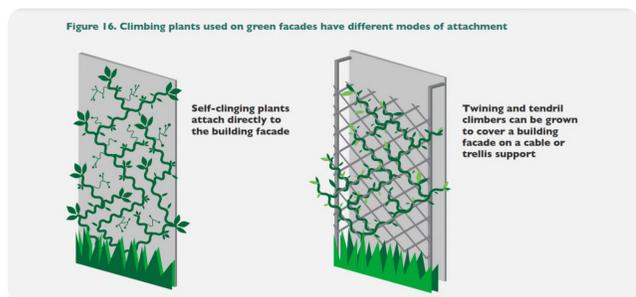
Un muro verde è composto da piante coltivate in sistemi verticali supportati che sono generalmente attaccati a un muro interno o esterno, sebbene in alcuni casi possano essere indipendenti. Come molti tetti verdi, i muri verdi incorporano vegetazione, substrato culturale, irrigazione e drenaggio in un unico sistema.



### Green facade

Una facciata verde viene creata coltivando piante rampicanti su e attraverso la facciata di un edificio, o da piante coltivate in aiuole alla sua base, o piantando contenitori installati a diversi livelli in tutto l'edificio.

Le piante rampicanti **possono attaccarsi direttamente alla superficie di un edificio**, oppure possono essere **sostenute su una struttura indipendente**.



## Benefici dei green roofs, green walls e facades

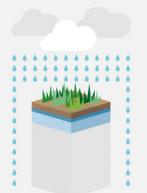
### 1 Aumento del valore della proprietà e altri vantaggi per i proprietari di edifici

I proprietari di edifici e gli sviluppatori installano sempre più spesso tetti, muri o facciate verdi per aggiungere un punto di differenza, aumentare i rendimenti commerciali, fornire fascino visivo e trasformare un edificio in un punto di riferimento locale. La maggior parte dei proprietari di edifici a ignora l'utenza di ampi spazi affittabili sui tetti che possono essere trasformati in attività ricreative versatili, servizi o strutture produttive, o spazi commerciali per bar, ristoranti o caffè. I tetti verdi possono allungare la durata di una superficie del tetto tradizionale. Proteggono la membrana impermeabile di un tetto dalla radiazione solare e aggiungono materiali isolanti (vegetazione, substrato e altri strati) per ridurre le forti fluttuazioni di temperatura sulla superficie del tetto.



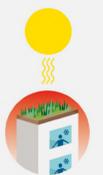
### 2 Gestione delle acque piovane

I tetti verdi assorbono e trattengono l'acqua piovana e possono essere utilizzati per gestire il deflusso delle acque piovane negli ambienti urbani. Possono anche filtrare articolazioni e sostanze inquinanti. Il deflusso delle acque piovane può essere ridotto o rallentato perché viene immagazzinato nel substrato, utilizzato o immagazzinato nel fogliame, nei fusti e nelle radici delle piante, ed evapora anche direttamente dal substrato. È possibile fornire ulteriore capacità di stoccaggio dell'acqua nei sistemi a tetto verde incorporando uno strato di ritenzione idrica o uno strato di drenaggio alla base del tetto verde.



### 3 Prestazioni termiche migliorate

Un vantaggio significativo di tetti verdi, pareti e facciate è il potenziale per ridurre i requisiti di riscaldamento e raffreddamento degli edifici. Pareti e facciate verdi possono ridurre il guadagno di calore in estate ombreggiando direttamente la superficie dell'edificio. **I tetti verdi riducono il trasferimento di calore attraverso il tetto e le temperature ambiente sulla superficie del tetto, migliorando le prestazioni dei sistemi di riscaldamento, ventilazione e condizionamento (HVAC).**



### 4 Raffreddare una città - effetto isola di calore urbano

Le temperature possono essere ridotte coprendo un tetto o una parete con uno strato di vegetazione che ombreggi i materiali da costruzione che altrimenti assorbirebbero il calore. **L'evapotraspirazione** fornisce effetti di **raffreddamento**, poiché l'acqua viene evaporata dal terreno e le piante e le piante traspirano prendendo l'acqua attraverso le radici e rilasciandola attraverso le foglie. L'energia del sole che altrimenti riscalderebbe la superficie del tetto o della parete e aumenterebbe la temperatura dell'aria ambiente viene invece utilizzata nel processo di evapotraspirazione, con conseguente **perdita di calore latente che abbassa la temperatura dell'aria circostante**. Quando le piante per pareti verdi e facciate vengono coltivate su un sistema di supporto che lascia uno spazio tra il muro e la piantagione, l'aria calda sale per convezione attraverso lo spazio tra il muro e la vegetazione, fornendo un raffreddamento passivo. **Una strategia a livello di città per implementare tetti, muri e facciate verdi potrebbe aiutare a mitigare alcune delle conseguenze negative delle isole di calore urbane**



### 5 Creazione e conservazione dell'habitat e della biodiversità ecologica

I tetti verdi possono contribuire e migliorare la biodiversità fornendo nuovi habitat urbani e habitat specifici per specie rare o importanti di piante o animali. I tetti verdi possono anche fornire un collegamento o un corridoio attraverso i "deserti ecologici" urbani e aiutare nella migrazione di invertebrati e uccelli. La progettazione per la biodiversità richiede una considerazione precoce nello sviluppo del concetto per quanto riguarda le specie vegetali, le fonti alimentari, i valori degli habitat, i punti di accesso e le altezze degli edifici.



### 6 Estetica, spazi aperti e produzione alimentare urbana

La vivibilità delle città dipende sempre più dalla disponibilità e dall'accesso allo spazio verde aperto. I tetti verdi, i muri e le facciate possono **aumentare l'amenità e fornire opportunità per la produzione alimentare, la ricreazione, il relax o le iniziative commerciali.**



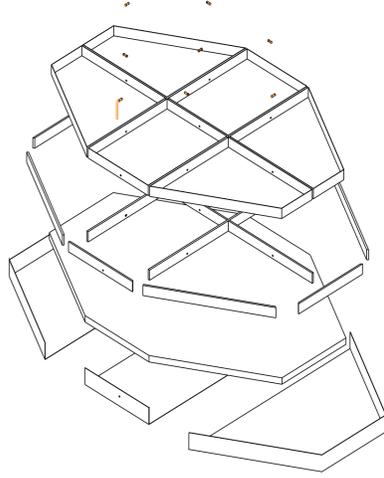
### 7 Pulizia dell'aria

I tetti verdi, le pareti e le facciate possono contribuire alla **rimozione degli inquinanti gassosi dall'aria**, sebbene la loro efficacia vari a seconda delle specie vegetali e dell'area di copertura. Le piante con un'alta densità di fogliame o con superfici fogliari texturizzate che intrappolano piccole particelle aiutano anche a rimuovere l'inquinamento da particolato, attraverso la deposizione a secco sul fogliame o attraverso la pioggia. Su scala più ampia, i tetti verdi, le pareti e le facciate possono **aiutare a ridurre il guadagno di calore ambientale complessivo** (ri-radiazione del calore da materiali da costruzione con massa termica elevata), migliorando a loro volta la qualità dell'aria poiché vengono prodotti meno inquinanti fotochimici a temperature dell'aria inferiori.

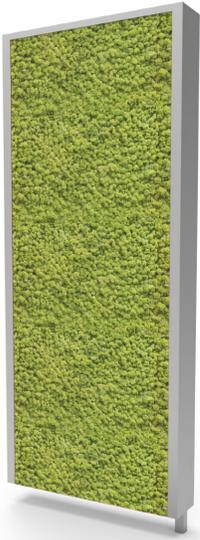
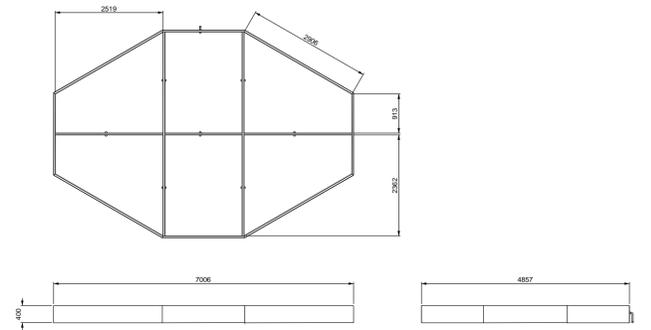




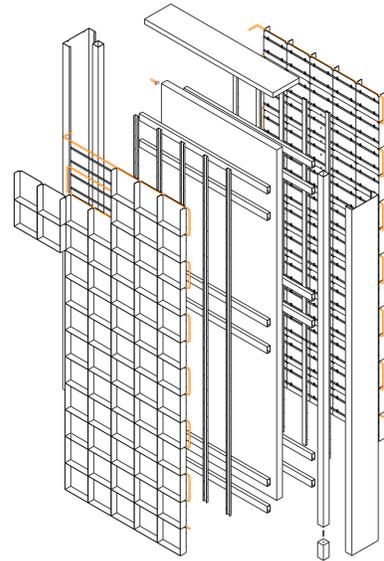
**Tetto**



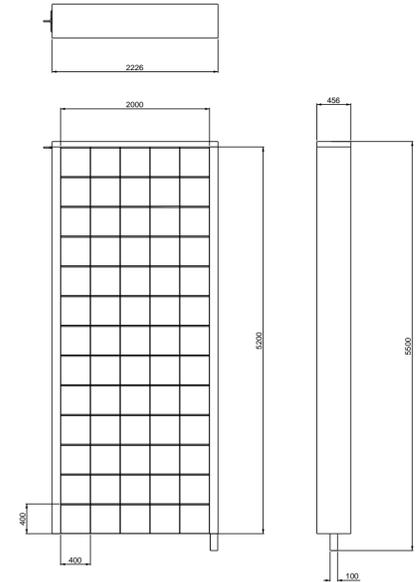
1. **Rivestimento.** Alucobond
2. **Base,** legno sandwich
3. **Divisori,** legno cemento
4. **Vasche,** vetroresina



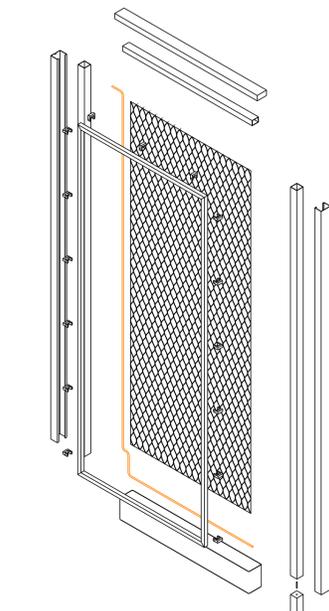
**Pannello Green Wall**



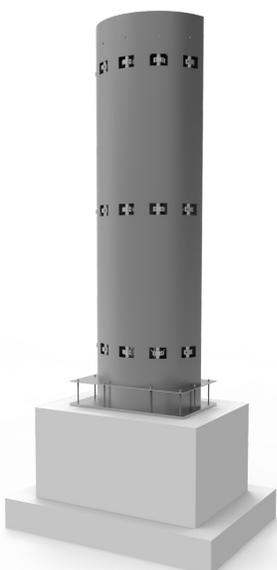
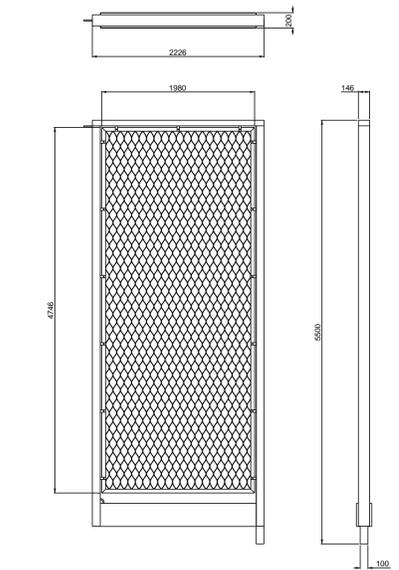
1. **Telaio,** acciaio estruso zincato
2. **Rivestimento,** acciaio inox verniciato
3. **Divisorio,** compensato
4. **Binari telaio,** trafilato di alluminio
5. **Aste supporto,** acciaio estruso zincato
6. **Tubo irrigazione,** PVC, stamp. iniezione
7. **Contenitore,** trafilato di alluminio



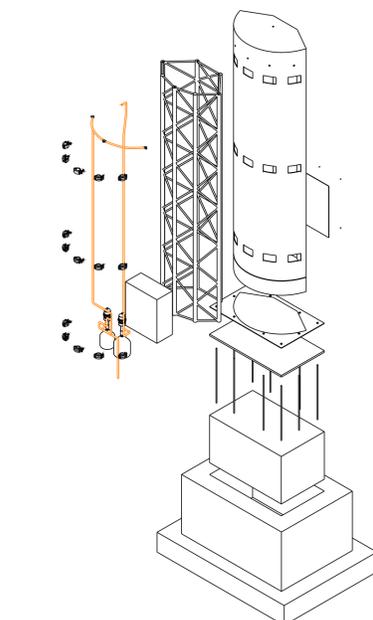
**Pannello Green Facade**



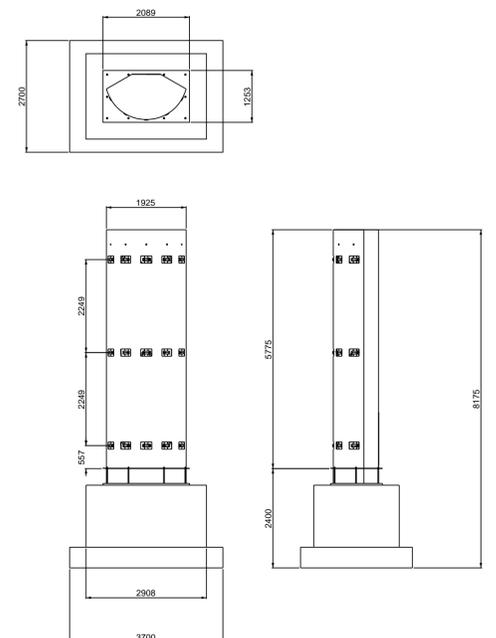
1. **Travi portanti,** acciaio estruso zincato
2. **Lamiera rivestimento,** acciaio inox verniciato
3. **Telaio rete,** acciaio estruso zincato
4. **Rete di cavi,** acciaio inox,
5. **Giunti a C,** acciaio inox, estrusione
6. **Tubo irrigazione,** PVC, stamp. iniezione
7. **Vaso,** acciaio inox
8. **Distanziatore,** acciaio estruso zincato



**Base**



1. **Rivestimento,** Alucobond
2. **Struttura reticolare,** acciaio estruso zincato
3. **Tubo irrigazione,** PVC, stamp. iniezione
4. **Sistema di irrigazione automatico**
5. **Giunti aliscafi,** acciaio
6. **Piastre di ancoraggio,** acciaio zincato
7. **Sottopiatra di livellamento,** acciaio zincato
8. **Tirafondi,** acciaio
9. **Getto di riempimento,** cemento
10. **Piombo,** cemento



## Tipologie di piante

Ogni tecnologia di inverdimento urbano è pensata per ospitare al meglio specifiche speci di piante, a seconda della tipologia e dello spessore del substrato. Questo risulta essere un punto di forza, andando a creare un vasto assortimento di piante disponibile alla semina e rendendo al tempo stesso il sistema adattabile a più zone climatiche. Alcune tipologie di piante riescono a sopravvivere anche in maniera autonoma, senza allaccio al sistema di irrigazione, come i muschi, i licheni alcuni tipi di piante rampicanti o le piante spontanee.



### Green roof

Il green roof è di tipo estensivo, caratterizzato da substrato di crescita basso. Può ospitare piante a bassa crescita, piante grasse e perenni, in quanto non dispone di un sistema di irrigazione, ma grazie al sistema di drenaggio raccoglie e conserva l'acqua piovana.



### Pannello Green wall

Il green wall è formato dall'insieme di contenitori, che contengono il substrato in lana di roccia che fornisce una base per la crescita della pianta e facilita l'accesso all'acqua e all'aria. Può ospitare dalle piante grasse alle piante erbacee perenni sempreverdi.

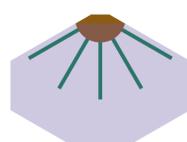
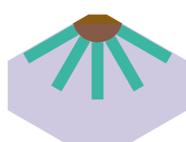
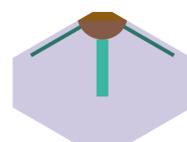
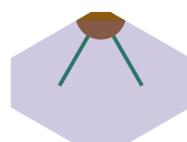
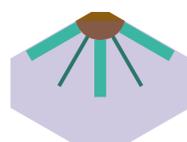
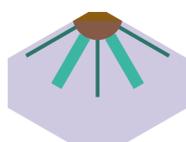


### Pannello Green facade

Il pannello che ospita le piante rampicanti presenta alla base un vaso che ospita il substrato di crescita. La pianta crescerà poi ancorandosi alla rete che si trova subito sopra. Le piante rampicanti possono variare a seconda della loro copertura e del loro tasso di crescita.

## Configurazioni

Uno degli elementi fondamentali del progetto è la modularità, che permette all'utente finale di configurare il sistema più adatto alle proprie esigenze. Partendo dalla base, elemento fisso nel sistema, è possibile scegliere come configurare gli altri elementi: quale tipologia di verde verticale più si adatta alle esigenze del sito e se inserire o meno il tetto. La presenza del tetto è in ogni caso consigliata per la creazione di una maggiore zona d'ombra.



**Simone Argentesi**

# **Sistema di inverdimento urbano modulare**

Relatore/

**Carlo Vannicola**

Correlatore/

**Manuel Scortichini**

Unicam SAAD/

**Tesi di laurea in disegno industriale e ambientale**

**Simone Argentesi**

# **Sistema di inverdimento urbano modulare**

**Università degli studi di Camerino**

Scuola di Ateneo Architettura e Design - Ascoli Piceno  
Corso di laurea in Disegno Industriale e Ambientale

Relatore/ **Carlo Vannicola**

Correlatore/ **Manuel Scortichini**

**A.A. 2019/2020**

# Indice

## 01/Ricerca

Introduzione	10
Urban Life problems	16
Project Drivers	18
Coperture verdi	20

## 02/Benchmarking

Superverde, <i>Stefano Boeri Interiors</i>	42
Escale Numérique, <i>Mathieu Lehanneur</i>	44
Urban Canopee, <i>Urban Canopee</i>	46
City Three Bench, <i>Green City Solutions</i>	48
Looped In, <i>ISA Architects</i>	50

## 03/Progetto

Concept	54
VerdeVivo	58
Pannello Green Wall	62
Pannello Green Facade	68
Tetto	74
Base	80
Configurazioni	88

## 04/Bibliografia

Bibliografia e Sitografia	94
---------------------------	----

*“ Immagina se i comuni e le città di tutto il mondo avessero la possibilità di creare in modo semplice, flessibile e in modo diffuso delle piccole zone verdi lungo gli spazi urbani della propria città. Sarebbe sicuramente una possibilità interessante. Soprattutto se queste isole verdi fossero modulari e quindi fossero potenzialmente in grado di creare dei veri e propri mini parchi su piazze, vie, lungomari e cementificazioni varie.”*

*Stefano Boeri Architetti*



**01**

**Ricerca**

# Introduzione

L'eccesso di urbanizzazione è oggi uno dei principali problemi delle città. La rapida crescita della popolazione e lo sviluppo urbano stanno trasformando gli ambienti naturali in aree di infrastrutture altamente ingegnerizzate. La **generazione di calore dalle automobili, dall'industria e dal commercio**, unita alla **ritenzione dell'energia solare da parte degli edifici e delle superfici pavimentate**, crea ambienti urbani innaturalmente caldi (noti come isole di calore urbane). Ciò può avere **effetti negativi sulla salute** e sul **benessere umano**. Il passaggio dal paesaggio naturale all'ambiente costruito ha anche creato ampie aree di pavimentazioni impermeabili, creando problemi quali **perdita di vegetazione e habitat**, aumento del deflusso superficiale e inondazioni improvvise. Ciascuno di questi problemi è aggravato da un clima sempre più variabile.

Nel loro insieme, questi problemi rappresentano enormi sfide ambientali, economiche e sociali e richiedono nuovi modi di pensare per rendere le nostre città più vivibili ora e in futuro. Le amministrazioni e i Governi occidentali riconoscono l'importanza di avere infrastrutture verdi; ovvero, beni paesaggistici naturali, inclusi spazi verdi e

sistemi idrici. Le infrastrutture verdi come alberi, parchi e strutture urbane sensibili all'acqua (come zone umide e giardini pluviali) sono oggi sempre più spesso affiancati da tetti, muri e facciate verdi. I tetti verdi, i muri e le facciate sono un modo "attraente" per aggiungere infrastrutture verdi a una città. Vengono utilizzati per **compensare la perdita di verde urbano** e per **fornire un raffreddamento localizzato** e miglioramenti estetici nei centri urbani densi dove non c'è spazio sufficiente per altri tipi di infrastrutture verdi.



# Urban life problems

## Isola di calore

**L'isola di calore** in meteorologia è il fenomeno che determina un **microclima più caldo all'interno delle aree urbane cittadine**, rispetto alle circostanti zone periferiche e rurali. L'effetto isola di calore è provocato da differenti cause, in relazione tra loro, all'intensificarsi delle quali ne consegue una maggiore alterazione del microclima locale.

Il fenomeno è prevalente nei grandi centri urbani in quanto il **surriscaldamento dipende dalle caratteristiche termiche e radiative delle superfici**, spesso sfavorevoli in contesti di elevata urbanizzazione. Infatti, **le superfici asfaltate e i manufatti in cemento assorbono calore e non permettono adeguata traspirazione ed evaporazione del terreno**. Spesso questo si accompagna alla **riduzione di aree verdi urbane, altrettanto importanti per la regolazione del microclima locale**. Infine per molto tempo nei centri urbani si è costruito senza tener conto dei criteri di sostenibilità e oggi le conseguenze sono evidenti.

Contemporaneamente, proprio nei centri urbani si concentrano un maggior numero di attività che producono calore. Quindi, il traffico e le emissioni delle automobili, le industrie, i sistemi di riscaldamento e raffreddamento degli edifici sprigionano una grande quantità di calore che non viene adeguatamente dispersa, ma si accumula nelle isole urbane.

Anche **l'effetto del vento**, che favorisce un ricambio d'aria e un conseguente raffreddamento, è spesso smorzato a causa dell'elevata densità di edifici, che schermano molte aree dai moti ventosi. Definite le cause, è semplice intuire che **maggiore sarà l'estensione dell'area urbana, maggiori saranno i rischi di intensificare l'effetto isola di calore, con elevata differenza di temperatura rispetto alle aree periurbane e rurali, che può raggiungere anche 4 o 5°**.

Infine negli ultimi anni abbiamo assistito a un **aumento di intensità, frequenza e durata delle ondate di calore in tutto il mondo**, soprattutto nelle città e si prevede che queste tendenze peggioreranno con l'aumento del **riscaldamento globale**, che probabilmente produrrà impatti più gravi e forse

irreversibili in alcuni settori. Una ricerca recentemente pubblicata su Nature Communications evidenzia che in quasi tutto il mondo il fenomeno è peggiorato in maniera rapida negli ultimi anni: nell'area del Mediterraneo dagli anni 80 ad oggi ogni decennio ci sono state 6,4 giornate di caldo estremo in più.

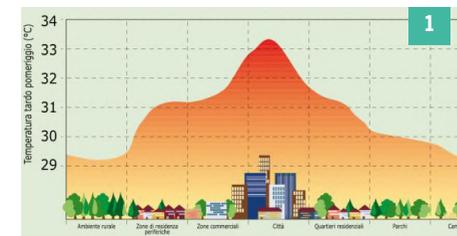
**Il costo sociale delle ondate di calore ha una ricaduta diretta sulla salute dell'uomo e sulla sua capacità lavorativa, nonché sulla produzione agricola, sulla frequenza e l'intensità degli incendi e sull'usura delle infrastrutture.**

La conseguenza diretta dell'effetto isola di calore è l'innalzamento delle temperature, sia in estate che in inverno. Chiaramente in estate si percepiranno maggiori disagi con l'aumento delle temperature massime e l'intensificarsi di ondate di calore intenso.

A questo innalzamento, come detto principale effetto diretto dell'effetto isola di calore, seguono una serie di conseguenze secondarie. **Più caldo significherà maggior lavoro di condizionatori, climatizzatori e ventilazione meccanica per raffrescare gli ambienti interni e garantire comfort.**

Si consumerà più energia e **aumenteranno le emissioni inquinanti**. La popolazione che risiede nei centri urbani è in notevole crescita e si attende un'intensificazione del fenomeno per il futuro, motivo per cui nei prossimi anni è atteso un peggioramento dell'effetto isola di calore urbana, correlato al surriscaldamento globale.

Proprio per la grande diffusione del problema, in tutto il mondo le città si stanno organizzando per dare finalmente risposta al problema, partendo da una progettazione più attenta al microclima locale. Le università, i centri di ricerca e le case produttrici dei materiali edili stanno lavorando per offrire un ventaglio di soluzioni sempre più ampio ed efficace.



1. Il grafico in immagine mostra l'andamento della temperatura in relazione alla zona. Il picco di temperatura si raggiunge nelle città, scendendo nelle aree rurali, nei parchi e nelle campagne.
2. Nell'immagine un centro residenziale altamente urbanizzato.

Prima di tutto va ribadita l'importanza fondamentale di un approccio progettuale ed urbanistico consapevole e attento al microclima urbano. Andrebbe svolto sempre uno studio microclimatico dell'area, con l'intenzione di favorire la ventilazione naturale, valutare le migliori forme e dimensioni degli edifici, le ombre e le altezze dei volumi e l'inserimento di aree verdi. Una volta fatto ciò, è possibile ragionare sul tipo di superfici e di materiali e sulle modalità di inserimento del verde urbano.

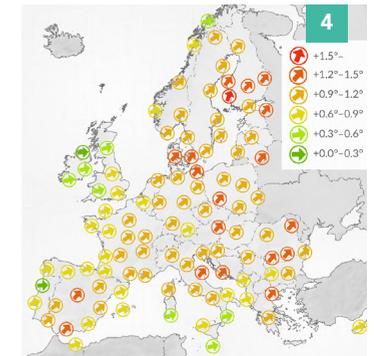
Le coperture, molto spesso grigie o di colori scuri, sono tra gli elementi che causano l'effetto isola di calore. Un intervento vincente è l'installazione di **tetti verdi e giardini verticali** che non solo **restituiscono spazi utili alla socialità, ma contribuiscono al controllo microclimatico urbano, favoriscono l'evaporazione, l'assorbimento di agenti inquinanti e la riduzione di polveri sottili.**

In alternativa si possono realizzare i **"Cool Roof"**, tetti freddi grazie al **rivestimento delle superfici di copertura con materiali riflettenti. I tetti freddi sono in grado di riflettere fino all'80% della radiazione solare e si realizzano con l'applicazione di materiali chiari con un basso fattore di assorbimento solare e un'elevata emissività.**

Anche le **pavimentazioni, in cemento o in asfalto**, peggiorano l'effetto isola di calore, basti pensare alle grandi superfici occupate da strade e parcheggi. Anche qui la scelta di materiali può contribuire a realizzare pavimentazioni che mantengono una temperatura inferiore, esistono bitumi, pitture e aggregati che hanno queste caratteristiche. Nel caso dei parcheggi, inoltre, è possibile optare per soluzioni di verde armato e pavimentazioni drenanti.

**E' importante che le pavimentazioni siano ad alta riflettanza, realizzate con materiali naturali, permeabili e con proprietà di riflessione solare.** Un **valore alto SRI (Solar Reflectance Index)** limita l'accumulo di calore e dunque il surriscaldamento cittadino.

Infine, è scontata la necessità di bilanciare sempre le superfici costruite con la **realizzazione di aree verdi urbane, inserendo parchi e aree dedicate alla vegetazione**, con benefici sia per la riduzione del surriscaldamento urbano, che dell'inquinamento dell'aria, senza contare il valore per la qualità della vita e la socialità degli abitanti delle nostre città.



**3.** Esempio di "Cool Roof". Il rivestimento chiaro del tetto fa sì che le radiazioni solari non vengano totalmente assorbite, al contrario vengono riflesse disperdendo calore.

**4.** La mappa mostra la variazione di calore nei centri urbani rispetto alle periferie in Europa.

**5.** L'asfalto con cui vengono realizzate strade, parcheggi e di cui sono pieni i centri urbani contribuisce ad aumentare le temperature.

**6.** Esempio di zona edificata in cui è stata posta una grande attenzione al verde.

## Inquinamento ambientale

Circa il 91% della popolazione mondiale vive in luoghi in cui i livelli di qualità dell'aria superano i limiti dell'OMS.

Le **principali fonti di inquinamento** all'aperto includono **veicoli, produzione di energia, sistemi di riscaldamento degli edifici, agricoltura/incenerimento dei rifiuti e industria**. Politiche e investimenti a sostegno di trasporti più puliti, abitazioni a basso consumo energetico, produzione di energia, industria e migliore gestione dei rifiuti urbani possono ridurre efficacemente le principali fonti di inquinamento dell'aria. La qualità dell'aria è strettamente legata al clima e agli ecosistemi terrestri a livello globale. Molti dei fattori che causano l'inquinamento atmosferico (ovvero la combustione di combustibili fossili) sono anche fonti di elevate emissioni di CO<sub>2</sub>.

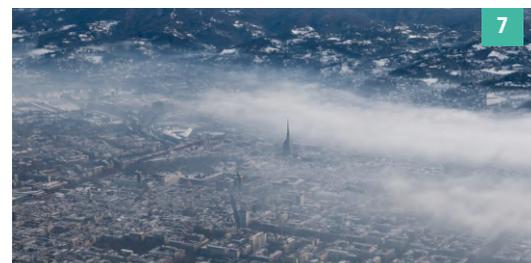
Secondo l'Agenzia Ambientale Europea (EEA) **l'inquinamento atmosferico continua ad avere impatti significativi sulla salute** della popolazione europea, in particolar modo per i **cittadini delle aree urbane**. Gli inquinanti sotto osservazione, in termini di rischio per la salute umana, sono:

- le polveri sottili (Pm),
- il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)
- l'ozono troposferico (O<sub>3</sub>)

L'inquinamento è un fenomeno che riguarda tutte le persone ma, in realtà, l'EEA evidenzia come **una parte della popolazione sia più colpita dall'inquinamento rispetto ad un'altra per via della maggior esposizione ai rischi ambientali**: risultano più esposte all'inquinamento atmosferico tanto le fasce di persone meno abbienti quanto le fasce deboli, più comunemente conosciute come i bambini e gli anziani. L'inquinamento ha anche un impatto economico se si considerano i costi sanitari associati, l'accorciamento dell'aspettativa di vita, le morti premature e le giornate di lavoro perse.

In sostanza l'inquinamento atmosferico è al momento **la più grande minaccia ambientale per la salute umana** ed è percepita come la seconda più grande minaccia ambientale dopo il cambiamento climatico.

A proposito di cambiamenti climatici, l'inquinamento atmosferico e il climate change sono due facce della stessa medaglia. Alcuni inquinanti hanno un potenziale impatto sul clima e sul riscaldamento globale a breve termine: l'ozono troposferico (O<sub>3</sub>) e il black carbon (BC) – un componente delle polveri sottili – ne sono un esempio. Il metano, potente gas ad effetto serra, contribuisce alla formazione dell'ozono troposferico, uno degli inquinanti più importanti per l'inquinamento atmosferico.



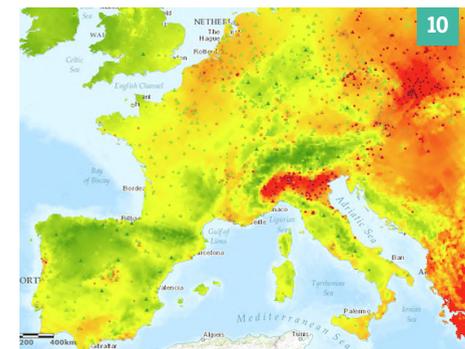
7



8



9



10

7. Nel 2019 Torino è risultata essere la città più inquinata d'Italia

8. Nelle aree urbane i gas di scarico delle automobili hanno un forte impatto sui livelli di inquinamento.

9. Le aree urbane sono solite avere un grande divario termico tra mesi invernali e quelli estivi. I sistemi di riscaldamento e raffreddamento degli edifici emettono grandi quantità di inquinanti nell'aria esterna. In foto un palazzo a Bologna.

10. La mappa mostra le zone con più o meno concentrazione di Pm 10 in Italia e in Europa.

# Project drivers

Dopo anni di noncuranza, il tema ambientale è tornato al centro di numerosi dibattiti e studi di ricerca, da cui emerge una preoccupazione generale per la situazione del nostro pianeta. Ruolo rilevante lo ricopre la natura, con alberi e piante per secoli soggetti a selvaggi abbattimenti e a tristi fenomeni di disboscamento.

Oggi proprio gli **alberi sono i protagonisti dei piani urbanistici di molte città**, con una **crescente sensibilità** che fa ben sperare e che si sta diffondendo anche tra i Governi. Perché il verde ci aiuta a vivere meglio.

Secondo gli esperti, **tantissimi sono i benefici che il verde urbano ha sul nostro organismo e sulla qualità di vita di tutti noi**:

- Rende l'aria più salubre;
- Aumenta le zone d'ombra, sollievo soprattutto nei mesi estivi;
- Migliora l'estetica delle città;
- Favorisce la socializzazione, combattendo depressione e solitudine;
- Abbassa il livello di stress, aumentando il benessere;
- È un valido aiuto curativo per chi soffre di malattie degenerative.

Ogni area di verde, grande o piccola che sia è una "boccata di aria fresca". Così che sempre di più nei centri urbani, oltre a parchi, cortili e viali alberati il verde sta iniziando a diffondersi sui tetti degli edifici e sulle pareti. Lo studio di questi nuovi sistemi è in continua evoluzione, al fine di rendere **tetti verdi, facciate verdi e pareti verdi sempre più performanti** ed adattabili alle diverse situazioni in cui vengono collocati.

Per questo ho deciso di progettare un sistema che sfrutti i vantaggi del verde urbano, che sia versatile e capace di adattarsi al meglio ai diversi spazi urbani che si possono avere a disposizione.

## Project drivers:

- Analizzare le diverse tipologie di coperture verdi
- Analizzare i benefici riscontrati con la presenza di coperture verdi
- Analizzare le soluzioni ora adottate per diminuire il forte caldo urbano e depurare l'aria nelle aree esterne



- 1.** La ricercatrice italiana Viola Follini, in collaborazione con Thimus, startup di Brescia, ha svolto una ricerca sperimentale sul campo per evidenziare come il verde urbano si rifletta positivamente sulla salute mentale. Lo studio ha coinvolto 14 soggetti, osservati e registrati per 40 minuti in due parchi di Milano, il parco Indro Montanelli (sx) e Citylife (dx).
- 2.** I parchi e le aree verdi favoriscono la socializzazione e il benessere.
- 3.** La presenza di alberi garantisce zone d'ombra, importanti soprattutto nei periodi più caldi



# Coperture verdi

## Green roof

Un paesaggio vegetato costituito da una serie di strati che vengono installati su una superficie del tetto come "posa libera" o modulare (ovvero, installati strato per strato sul tetto o come strati pre-preparati in vassoi).

I tetti verdi sono costruiti per molteplici funzioni: come spazi che le persone possono utilizzare, come elementi architettonici, per aggiungere valore alla proprietà o per ottenere particolari benefici ambientali (ad esempio, cattura e ritenzione delle acque piovane, migliore diversità delle specie, o come isolamento termico di un edificio).

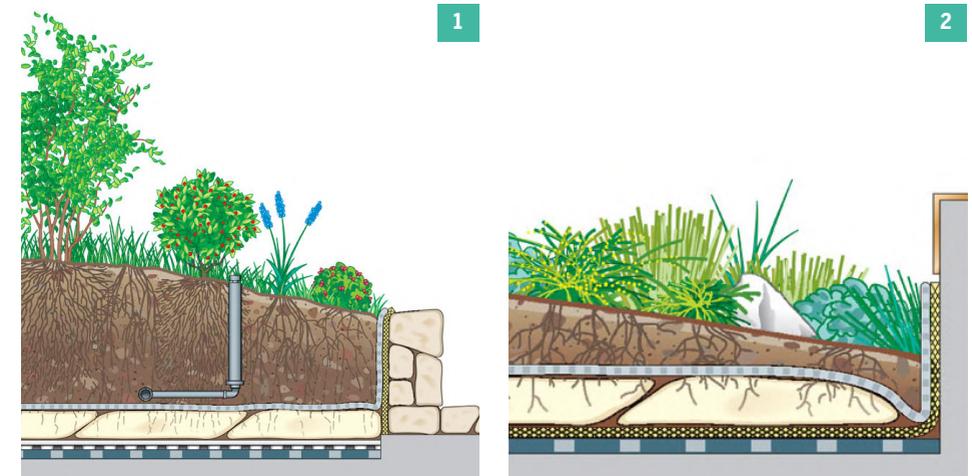
La vegetazione sui tetti verdi è piantata in un substrato di crescita (un mezzo di sostituzione del suolo appositamente progettato) che può variare in profondità da 50 mm a più di un metro, a seconda della capacità di carico del tetto dell'edificio e degli obiettivi del progetto.

I tetti verdi sono stati tradizionalmente classificati come "**intensivi**" o "**estensivi**".

I tetti verdi **intensivi** sono generalmente più pesanti, con uno strato più profondo di substrato in crescita e supportano una più ampia varietà di tipi di piante. Poiché possono sostenere un peso maggiore, **sono facilmente accessibili dalle persone**. I

tetti verdi intensivi necessitano di più irrigazione e manutenzione rispetto ai tetti estesi e sono paesaggi altamente ingegnerizzati, spesso costruiti direttamente su strutture con una notevole capacità di carico, come i parcheggi. "**Giardini pensili**" o "**tetti del podio**" sono alcuni termini usati per descrivere questi tipi di tetti verdi. Il "giardino pensile" viene utilizzato in particolare per i siti in cui viene dedicato meno spazio alla vegetazione e al substrato di coltivazione e più a infrastrutture rigide come il decking.

I tetti verdi **estensivi** sono i più leggeri, con uno strato superficiale di substrato di coltivazione di meno di 200 mm di profondità, che richiede una manutenzione minima. Generalmente hanno un fabbisogno idrico inferiore e utilizzano **specie vegetali piccole e a bassa crescita**, in particolare piante grasse. "**Ecoroofs**" o "**brown roofs**" sono termini usati per descrivere questi ampi tetti verdi. I tetti progettati e piantati specificamente per aumentare la diversità vegetale locale e fornire l'habitat (cibo e riparo) per la fauna selvatica sono noti come "**tetti verdi biodiversi**".



1. Green roof intensivo. Le specie vegetali possono essere più varie. Il substrato di crescita è più spesso ed è generalmente presente un sistema di irrigazione per semplificare manutenzione.
2. Green roof estensivo. Le specie vegetali scelte sono a bassa crescita, in particolare piante grasse o perenni, quindi la manutenzione richiesta è bassa. Essendo poco spesso non è calpestabile.

## Green Wall

Un muro verde è composto da piante coltivate in sistemi verticali supportati che sono generalmente attaccati a un muro interno o esterno, sebbene in alcuni casi possano essere indipendenti. Come molti tetti verdi, i muri verdi incorporano vegetazione, substrato colturale, irrigazione e drenaggio in un unico sistema. Le pareti verdi differiscono dalle facciate verdi in quanto incorporano più piantagioni “**containerizzate**” per creare la copertura vegetale piuttosto che fare affidamento su un numero inferiore di piante che si arrampicano e si diffondono per fornire copertura. Sono anche noti come “**muri viventi**”, “**biopareti**” o “**giardini verticali**”.

Le pareti verdi forniscono una caratteristica di design attraente, ma contribuiscono anche all'isolamento degli edifici andando a creare ombre direttamente sulla parete. **Creano microclimi più freschi e migliorano la qualità dell'aria locale**: offrono la possibilità di coltivare piante in luoghi che normalmente non sostengono la vegetazione. Una vasta gamma di piante viene utilizzata sui muri verdi, **generalmente erbacei**, anche se possono essere adatti anche **alcuni piccoli arbusti**. La fornitura di luce adeguata è una considerazione importante, in particolare quando si pianifica una parete verde interna, dove può essere necessaria l'illuminazione artificiale.



3. Green roof estensivo. Le specie vegetali scelte sono a bassa crescita, in particolare piante grasse.
4. Green roof in piccola scala su un'abitazione privata. La scelta è ricaduta su un tetto verde estensivo, che richiede poca manutenzione e prevede un substrato poco profondo.
5. La biodiversità delle piante scelte rendono questo green roof habitat ideale per la fauna. I green roof ad alta biodiversità possono essere sia intensivi che estensivi
6. Il green roof dell'università di Melbourne, Burnley campus, è accessibile. Presenta oltre alla vegetazione delle passerelle calpestabili. Questo green roof intensivo presenta un complesso sistema di irrigazione nascosto.



1. Illura Apartments a Melbourne ha quattro grandi green wall esterni rivolti a nord-est, che grazie alle ombre che le piante stesse creano, aiutano a ridurre il calore durante il periodo estivo.
2. Illuminazione dedicata ad un green wall interno.

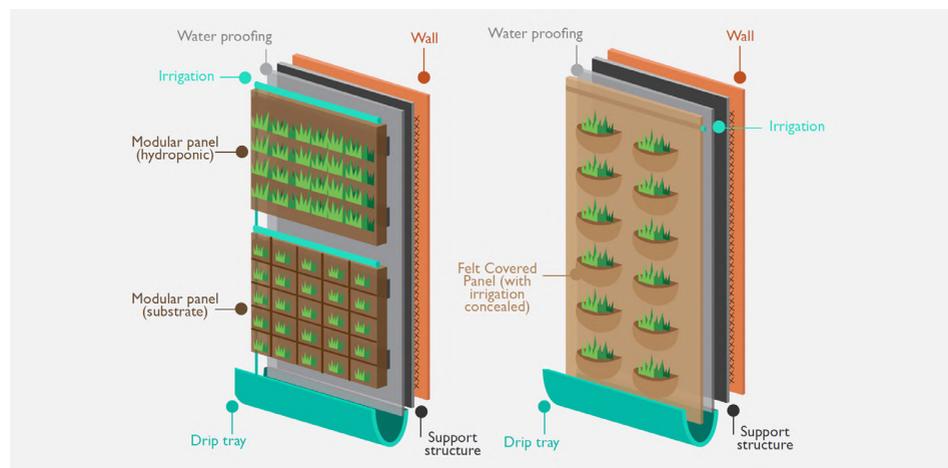
Esistono molti diversi sistemi di pareti verdi. Alcuni sono **idroponici** e altri usano un **substrato in crescita**. Esistono tre tipi di pareti verdi:

**Pannelli / sistemi modulari:** le piante sono già coltivate in pannelli modulari che possono essere utilizzati all'interno o all'esterno e in qualsiasi tipo di clima. Ogni pannello, solitamente in **compensato marino o in PVC**, dispone di un sistema di aggancio sul retro. Per permettere la crescita della pianta ed un corretto radicamento, è presente un **substrato di roccia basaltica stratificata** che distribuisce uniformemente acqua, ossigeno e sostanze nutritive, e sotto di questo un **tappetino di drenaggio** per prevenire eventuali perdite

**Sistemi di vassoi:** le piante sono **pre-coltivate fuori sede** e inserite nel muro, il che consente un grande grado di flessibilità di progettazione, soprattutto perché **i vassoi possono essere facilmente rimossi e sostituiti**. Tipicamente più economici dei sistemi a pannelli, i sistemi a vassoio sono più comunemente utilizzati negli ambienti interni.

Con i sistemi a vassoio, ogni singolo vassoio è progettato per contenere una quantità misurata di acqua, il che significa che le piante non devono competere per l'idratazione. Inoltre, a causa dell'orientamento dei vassoi, né il suolo né l'acqua fuoriesce in avanti, il che li rende **adatti agli ambienti interni**.

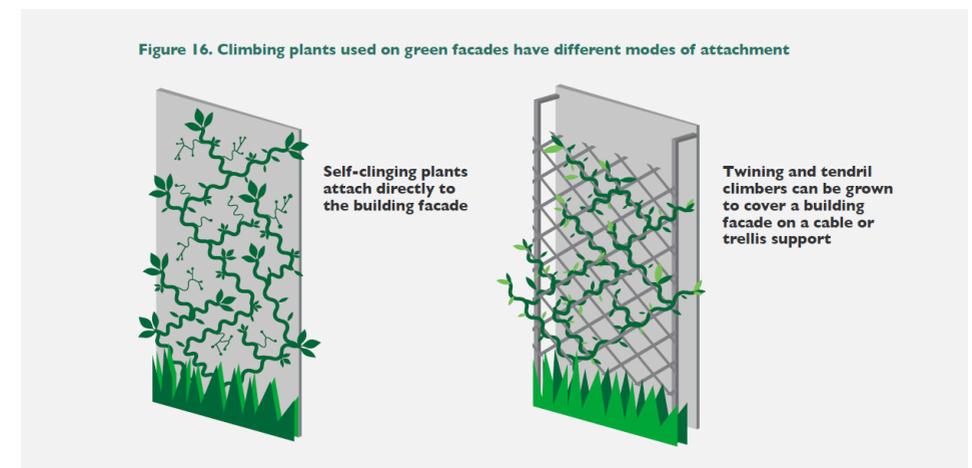
**Pareti autoportanti:** le pareti autoportanti sono **pareti viventi più piccole e mobili** che possono essere collocate in ambienti interni o esterni. Possono essere posizionati contro un muro o al centro di una stanza, e sono ideali per spazi temporanei o planimetrie che cambiano nel tempo. Possono anche essere usati come partizioni o divisori.



## Green Facade

Una facciata verde viene creata coltivando piante rampicanti su e attraverso la facciata di un edificio, o da piante coltivate in aiuole alla sua base, o piantando contenitori installati a diversi livelli in tutto l'edificio.

Le piante rampicanti **possono attaccarsi direttamente alla superficie di un edificio**, oppure possono essere **sostenute su una struttura indipendente** dall'edificio. L'uso di rampicanti che si ancorano a una struttura attorcigliando gli steli consente di installare una facciata verde davanti a pareti solide, di creare una partizione, uno schermo per la privacy o un parasole. Il **grado di densità** della copertura della facciata **può essere regolato** per **adattarsi alla funzione richiesta**. Ad esempio, una facciata progettata per ombreggiare il muro di un edificio avrebbe idealmente una densità di fogliame maggiore rispetto a uno schermo installato vicino a una finestra progettata per consentire viste almeno parziali dell'ambiente oltre la facciata.



Le facciate verdi sono spesso installate perché forniscono un aspetto attraente a un muro di un edificio, oppure possono essere utilizzate per bloccare una vista o per fornire ombra a un edificio. Le facciate verdi possono **creare un microclima più fresco** immediatamente adiacente a un edificio, principalmente attraverso l'ombreggiatura diretta della facciata dell'edificio, ma anche dal raffreddamento del fogliame delle piante (traspirazione dell'acqua attraverso le foglie) e dalla perdita di acqua per evaporazione dal terreno di coltura. Tutte le piante rampicanti forniranno una certa **ritenzione dell'acqua piovana, ombreggiatura dell'edificio, protezione della sua superficie e cattura di particolato aerodisperso e inquinanti gassosi volatili**. Questi benefici saranno maggiori per le specie sempreverdi che mantengono la copertura del fogliame tutto l'anno.

Per le facciate a più livelli, in particolare in quota, **il vento può creare notevoli problemi** per l'attacco delle piante. In queste impostazioni, **le piante rampicanti sono preferite** rispetto alle piante che aderiscono direttamente alla facciata dell'edificio poiché gli steli intrecciati si attaccano fortemente attorno ai supporti verticali e orizzontali. Il fogliame può ancora essere spogliato in condizioni di vento estremo, quindi il tipo e le dimensioni del fogliame dovrebbero essere adattati al livello di esposizione e alla probabile forza del vento nel sito. In generale, maggiore è la piantumazione su un edificio, più è probabile che le condizioni di crescita siano estreme. Altri fattori importanti nella progettazione di facciate multilivello includono il design della fioriera (volume, substrato, drenaggio), accesso per manutenzione e progettazione del sistema di irrigazione. La distinzione tra pareti verdi e facciate verdi non è sempre chiara. Con l'espansione del design e dell'uso di piante su superfici verticali, i sistemi diventano più difficili da definire. Ad esempio, ad Adelaide è stato creato un sistema di "pareti viventi ibride" che utilizza tecnologie sia per pareti verdi che per facciate verdi.



1. Questa facciata è realizzata con piante rampicanti piantate alla base dell'edificio, che si sviluppano poi lungo la griglia ancorata alla facciata
2. La facciata laterale del Caixa Forum di Madrid è un ottimo esempio di facciata verde. È realizzata con un'ampia varietà di piante sostenute da un supporto modulare indipendente dalla struttura,
3. Le piante rampicanti intrecciano i loro steli lungo le strutture portanti. Sono quindi molto versatili quando si parla di rivestimenti.
4. Esempio di pianta rampicante che cresce "libera" sulla facciata di un edificio, senza la presenza di una griglia di appoggio.

## Benefici dei green roofs, green walls e facades

Esiste una serie di vantaggi, descritti di seguito, che possono essere potenzialmente forniti da tetti verdi, muri e facciate. Alcuni forniscono vantaggi al pubblico in generale e alcuni avvantaggiano solo il proprietario dell'edificio o gli occupanti. È importante riconoscere che i seguenti vantaggi si ottengono solo se il tetto, il muro o la facciata sono progettati e costruiti bene e hanno la gestione di supporto necessaria per sostenerli.

### 1 Aumento del valore della proprietà e altri vantaggi per i proprietari di edifici

I proprietari di edifici e gli sviluppatori installano sempre più spesso tetti, muri o facciate verdi **per aggiungere un punto di differenza, aumentare i rendimenti commerciali, fornire fascino visivo e trasformare un edificio in un punto di riferimento locale.** La maggior parte dei proprietari di edifici ignora l'utenza di ampi spazi affittabili sui tetti che possono essere trasformati in attività ricreative versatili, servizi o strutture produttive, o spazi commerciali per bar, ristoranti o caffè.

Sebbene la costruzione di un tetto, un muro o una facciata verde possa essere indipendente dal resto di un progetto edilizio è importante sottolineare che le prime discussioni sulla progettazione contribuiranno a garantire che il tetto, il muro o la facciata possano essere pianificati e incorporati in altri aspetti dell'edificio come drenaggio, irrigazione, illuminazione e carico del peso.

I tetti verdi possono allungare la durata di una superficie del tetto tradizionale. Proteggono la membrana impermeabile di un tetto dalla radiazione solare e aggiungono materiali isolanti (vegetazione, substrato e altri strati) per ridurre le forti fluttuazioni di temperatura sulla superficie del tetto.



### 2 Gestione delle acque piovane

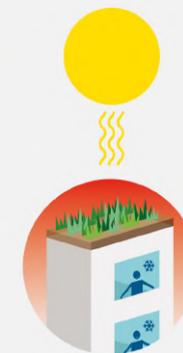
I tetti verdi assorbono e trattengono l'acqua piovana e possono essere utilizzati per **gestire il deflusso delle acque piovane negli ambienti urbani. Possono anche filtrare articolazioni e sostanze inquinanti.** Il deflusso delle acque piovane può essere ridotto o rallentato perché viene immagazzinato nel substrato, utilizzato o immagazzinato nel fogliame, nei fusti e nelle radici delle piante, ed evapora anche direttamente dal substrato. È possibile fornire ulteriore capacità di stoccaggio dell'acqua nei sistemi a tetto verde incorporando uno **strato di ritenzione idrica o uno strato di drenaggio alla base del tetto verde.**

Diversi fattori influenzano la misura in cui un tetto verde può ridurre il volume del deflusso dell'acqua nel sistema delle acque piovane, tra cui la profondità e le proprietà del substrato in crescita, il tipo di strato di drenaggio utilizzato e la pendenza del tetto. Pianta e sistemi di drenaggio sono considerazioni importanti nella progettazione di un tetto verde per la gestione delle acque piovane.



### 3 Prestazioni termiche migliorate

Un vantaggio significativo di tetti verdi, pareti e facciate è il potenziale per ridurre i requisiti di riscaldamento e raffreddamento degli edifici. Pareti e facciate verdi possono ridurre il guadagno di calore in estate ombreggiando direttamente la superficie dell'edificio. **I tetti verdi riducono il trasferimento di calore attraverso il tetto e le temperature ambiente sulla superficie del tetto, migliorando le prestazioni dei sistemi di riscaldamento, ventilazione e condizionamento (HVAC).** Sebbene vi sia un grande potenziale per raffreddare gli edifici, i dati della ricerca e i risultati degli studi di modellazione variano notevolmente in relazione all'entità della differenza di temperatura e al risparmio energetico previsto per gli edifici con tetti verdi rispetto ai tetti convenzionali.



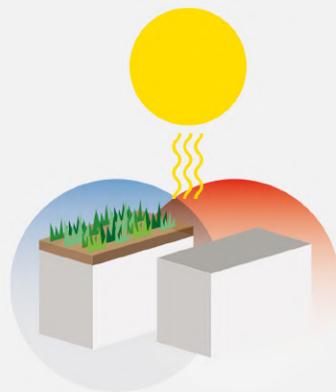
#### 4 Raffreddare una città - effetto isola di calore urbano

Le superfici dure negli ambienti urbani, come cemento, mattoni, vetro, asfalto e coperture, hanno un'elevata massa termica, raccolgono il calore del sole durante il giorno e lo irradiano lentamente nell'atmosfera. Ciò contribuisce a un aumento della temperatura ambiente nelle città, creando grandi e stabili masse di aria calda (isole di calore urbane), specialmente durante i periodi di calma e tempo immobile.

Le temperature possono essere ridotte coprendo un tetto o una parete con uno strato di vegetazione che ombreggi i materiali da costruzione che altrimenti assorbirebbero il calore.

**L'evapotraspirazione** fornisce effetti di **raffreddamento**, poiché l'acqua viene evaporata dal terreno e le piante e le piante traspirano prendendo l'acqua attraverso le radici e rilasciandola attraverso le foglie. L'energia del sole che altrimenti riscalderebbe la superficie del tetto o della parete e aumenterebbe la temperatura dell'aria ambiente viene invece utilizzata nel processo di evapotraspirazione, con conseguente **perdita di calore latente che abbassa la temperatura dell'aria circostante**. Quando le piante per pareti verdi e facciate vengono coltivate su un sistema di supporto che lascia uno spazio tra il muro e la piantagione, l'aria calda sale per convezione attraverso lo spazio tra il muro e la vegetazione, fornendo un raffreddamento passivo.

**Una strategia a livello di città per implementare tetti, muri e facciate verdi potrebbe aiutare a mitigare alcune delle conseguenze negative delle isole di calore urbane**, e si dovrebbe prendere in considerazione la selezione appropriata delle piante e la profondità del substrato per massimizzare il potenziale di raffreddamento.



#### 5 Creazione e conservazione dell'habitat e della biodiversità ecologica

I tetti verdi possono contribuire a **migliorare la biodiversità** fornendo **nuovi habitat urbani e habitat specifici** per specie rare o importanti di piante o animali. I tetti verdi possono anche fornire un collegamento o un corridoio attraverso i "deserti ecologici" urbani e aiutare nella **migrazione** di invertebrati e uccelli.

La progettazione per la biodiversità richiede una considerazione precoce nello sviluppo del concetto per quanto riguarda le specie vegetali, le fonti alimentari, i valori degli habitat, i punti di accesso e le altezze degli edifici.



#### 6 Estetica, spazi aperti e produzione alimentare urbana

La vivibilità delle città dipende sempre più dalla disponibilità e dall'accesso allo spazio verde aperto. I tetti verdi, i muri e le facciate possono **aumentare l'amenità e fornire opportunità per la produzione alimentare, la ricreazione, il relax o le iniziative commerciali**.

Nelle aree urbane dense e in rapida crescita, il contributo di tetti verdi, muri e facciate allo spazio verde complessivo non deve essere sottovalutato. Soprattutto nelle aree urbane, la maggior parte dello spazio è occupato da edifici e relative infrastrutture e le **opportunità per nuovi parchi e giardini sono estremamente limitate**. Tetti verdi, pareti e facciate possono essere utilizzati per progetti di vegetazione a più livelli che si collegano con spazi verdi a livello del suolo.



#### 7 Pulizia dell'aria

I tetti verdi, le pareti e le facciate possono contribuire alla **rimozione degli inquinanti gassosi dall'aria**, sebbene la loro efficacia vari a seconda delle specie vegetali e dell'area di copertura. Le piante con un'alta densità di fogliame o con superfici fogliari testurizzate che intrappolano piccole particelle aiutano anche a rimuovere l'inquinamento da particolato, attraverso la deposizione a secco sul fogliame o attraverso la pioggia. Su scala più ampia, i tetti verdi, le pareti e le facciate possono **aiutare a ridurre il guadagno di calore ambientale complessivo** (ri-radiazione del calore da materiali da costruzione con massa termica elevata), migliorando a loro volta la qualità dell'aria poiché vengono prodotti meno inquinanti fotochimici a temperature dell'aria inferiori.



**Negli ambienti interni, le piante hanno dimostrato di avere una capacità significativa di ridurre i composti organici volatili dall'aria**. Tappeti e altri tessuti d'arredo e attrezzature per ufficio sono fonti comuni di questi inquinanti gassosi; l'inclusione di vegetazione, come un muro verde, può aiutare a migliorare la qualità dell'aria dell'ambiente interno.

## Contributo al raffreddamento urbano

Cemento, mattoni, vetro e vaste aree di sentieri pavimentati e strade asfaltate contribuiscono all'aumento di calore nelle aree urbane. Questo, e la perdita di zone d'ombra insieme al raffreddamento dato dalla vegetazione nello sviluppo urbano ad alta densità, contribuisce alla formazione di isole di calore urbano: temperature ambientali aumentate che si verificano quando masse d'aria calda e stabile si sviluppano sopra le città, in particolare quando il tempo è sereno e la velocità del vento bassa. Uno studio di modellizzazione condotto dal CSIRO e dall'industria dei vivai e dei giardini australiani ha studiato il probabile effetto dell'aumento della copertura vegetale nel Central Business District (CBD) di Melbourne sulle temperature massime giornaliere estive medie (ASDM) nel periodo da dicembre a febbraio. Le immagini di telerilevamento dell'estate 2009 sono state analizzate e hanno mostrato che le temperature diurne della superficie terrestre erano significativamente ridotte dalla vegetazione. Un modello climatico urbano è stato quindi utilizzato per prevedere i cambiamenti di temperatura urbana in diversi schemi di vegetazione per il clima del 2009 e per i climi futuri previsti nel 2050 e 2090. I confronti sono stati effettuati utilizzando il CBD sia nella sua forma attuale come riferimento (rispetto al confine e densità di vegetazione) e con densità di vegetazione aumentate. La densità di vegetazione è stata raddoppiata a livello del suolo, installata su tetti verdi o entrambi. La vegetazione dei tetti verdi era alta 0,5 m e copriva completamente il 50% dei tetti degli edifici. In tutti i modelli, si è ipotizzato che la vegetazione fosse irrigata, in modo che i tassi di evapotraspirazione non variassero in modo significativo tra i diversi anni. **Nello scenario del 2009, le temperature ASDM sono state ridotte di 0,3 ° C raddoppiando la densità della vegetazione nel CBD, o di 0,4 ° C con i tetti verdi. L'aumento della densità di vegetazione sia a livello del suolo che con i tetti verdi ha ridotto le temperature ASDM di 0,7 ° C. In confronto, la creazione di grandi parchi urbani ha ridotto le temperature ASDM di 2 ° C. (Le aree suburbane erano da 0,5 a 0,7 ° C più fresche del CBD.)** Lo stesso effetto relativo della vegetazione sulle temperature ASDM è stato previsto per il 2050 e il 2090. **Tetti verdi, insieme al raffreddamento ottenuto da una maggiore densità di alberi e vegetazione al livello del suolo, potrebbero aiutare a diminuire le temperature urbane, ridurre lo stress da caldo estivo e il fabbisogno massimo di elettricità per il condizionamento dell'aria.**

## Qualità dell'aria urbana

Molti studi internazionali mostrano un legame tra la scarsa qualità dell'aria e gli effetti negativi sulla salute umana. Ciò è particolarmente evidente per le persone inclini all'asma e ad altre condizioni respiratorie e per quelle con malattie cardiovascolari. Uno studio dell'Environmental Protection Authority, intrapreso a Melbourne tra il 1991 e il 1996, **ha dimostrato un'associazione tra elevati livelli di biossido di azoto, monossido di carbonio, ozono e particolato atmosferico (come fumo e polvere) e mortalità dovuta a malattie cardio-respiratorie, inclusa l'asma.** Questa associazione era più forte nella stagione calda, quando i livelli di ozono sono elevati a causa dell'aumento della produzione a temperature più elevate e condizioni meteorologiche stabili che riducono la miscelazione dell'aria. **Poiché la popolazione urbana continua a crescere, e anche con il miglioramento della qualità delle emissioni dei veicoli a motore, si prevede che aumenterà anche la concentrazione di inquinanti come l'ozono e il particolato fine (PM<sub>2,5</sub>).** La gestione dell'inquinamento richiede il controllo delle fonti di emissione e misure che riducano le concentrazioni di inquinanti nell'atmosfera. Aumentare la quantità di vegetazione negli ambienti urbani è una di queste misure: **le foglie delle piante assorbono gli inquinanti gassosi, mentre il particolato può cadere sulle foglie o essere lavato su di esse dalla pioggia e, infine, nel mezzo di coltura, dove viene degradato o immagazzinato.**

Le tettoie più grandi di alberi e arbusti offrono la più ampia superficie per la cattura dell'inquinamento, suggerendo che i tetti verdi con substrato più profondo, con il potenziale per accogliere un'ampia gamma di tipi di vegetazione, saranno un approccio efficace alla gestione dell'inquinamento in altezza. Tuttavia, poiché qualsiasi aumento della superficie disponibile per assorbire o adsorbire gli inquinanti offre il potenziale per il miglioramento della qualità dell'aria, tetti verdi meno profondi o pareti e facciate coltivate con specie erbacee possono ancora fornire un vantaggio significativo. L'entità della cattura dell'inquinante varierà con la densità della copertura fogliare e il grado di complessità delle superfici fogliari. Nelle strette strade cittadine a livello del suolo (i cosiddetti "canyon urbani"), i muri verdi e le facciate offrono l'opportunità di migliorare la qualità dell'aria urbana in spazi ristretti, aumentando l'area coperta dalla vegetazione e fornendo più superfici potenziali per la deposizione di inquinanti. Le misure di cattura dell'inquinamento nei canyon urbani (e le stime degli studi di modellazione) variano ampiamente, poiché molti fattori contribuiscono al risultato, comprese le dimensioni del canyon

urbano e la velocità del vento che lo attraversa. Uno studio che ha modellato l'effetto della vegetazione nei canyon stradali di Londra ha stimato una **riduzione dal 15% al 40% per il biossido di azoto** e **dal 23% al 60% per le concentrazioni di particolato**, con l'adozione di muri verdi in un canyon urbano tanto largo quanto alto.

## Salute e benessere dell'uomo

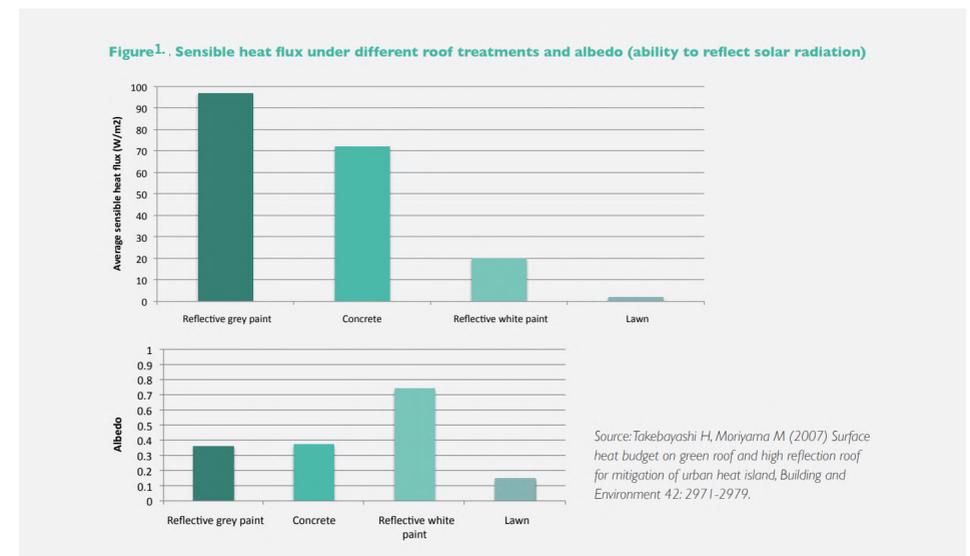
Durante l'estate di Melbourne, la città sperimenta spesso diversi giorni consecutivi di clima caldo. Ciò è successivamente associato a tassi più elevati di malattia e morte: le temperature estremamente elevate sono uno stress aggiuntivo per le persone la cui salute può essere già fragile, in particolare gli anziani. Un rapporto del Victorian Department of Health ha quantificato la maggiore incidenza di malattie e decessi correlati al calore durante le forti ondate di caldo nel gennaio 2009. Durante questo periodo, ci sono stati il 62% in più di decessi rispetto a quanto ci si sarebbe aspettato in media per questo periodo dell'anno, per lo più nella fascia di età pari o superiore a 75 anni. È probabile che mantenere i nostri edifici più freschi attraverso una maggiore ombreggiatura contribuisca a ridurre la perdita di vite umane e le richieste di servizi sanitari associate a condizioni climatiche estreme.

Gli ambienti con vegetazione fanno bene alle persone. **I tradizionali parchi pubblici e gli spazi aperti offrono ristoro e panorami riposanti, spazio per la ricreazione e fresche zone d'ombra in estate, e gli orti comunitari offrono opportunità per la produzione di cibo. Questi ambienti offrono il potenziale per l'interazione sociale e la costruzione di comunità. Fanno bene alla salute e al benessere fisico e psicologico e forniscono sollievo dalle pressioni della vita ad alta densità.** Le stime dei costi di morbilità e mortalità associate alla mancanza di accesso allo spazio verde aperto non sono facili da analizzare poiché di solito ci sono fattori concomitanti e co-dipendenti che limitano la capacità delle persone di interagire con la natura. **L'esposizione alla natura migliora la capacità delle persone di concentrarsi, affrontare lo stress, generare idee creative e diminuire i comportamenti volatili e antisociali.**

## Ridurre il costo energetico dell'edificio

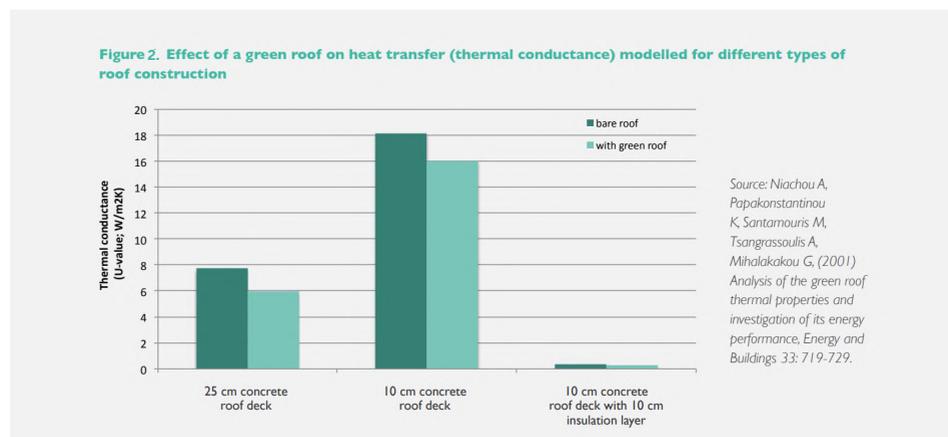
Tetti verdi, pareti e facciate possono ridurre i costi di raffreddamento e riscaldamento, riducendo il guadagno o la perdita di calore su tutta la superficie dell'edificio.

La Figura 1 mostra i risultati di uno studio presso l'Università di Kobe, in Giappone, in cui un tetto verde ha dato il meglio di quattro diversi trattamenti del tetto nel ridurre il flusso di calore dall'esterno all'interno dell'edificio. I tetti differivano in albedo (la capacità di riflettere, piuttosto che assorbire, l'energia solare). Un valore di albedo alto significa che più luce viene riflessa e meno viene assorbita. Un tetto verde piantumato con erba del prato aveva l'albedo più basso, ma era più efficace nel ridurre il flusso di calore nell'edificio. Il flusso di calore attraverso il trattamento del "tetto freddo" con vernice bianca riflettente era 10 volte superiore a quello del tetto verde, sebbene il suo albedo fosse quasi cinque volte maggiore. Il flusso di calore sensibile sulla superficie bianca del tetto è piccolo perché la maggior parte della radiazione solare viene riflessa e poco viene assorbita. Il flusso di calore sensibile attraverso il tetto verde è piccolo a causa della perdita di calore latente attraverso l'evaporazione dell'acqua dalle piante e dal substrato in crescita, anche se la quantità di radiazione solare assorbita è elevata. La vernice grigia e il cemento hanno una riflettanza simile, ma il flusso di calore con la vernice per tetto fredda alternativa (grigio riflettente) era maggiore del solo tetto in cemento nudo.



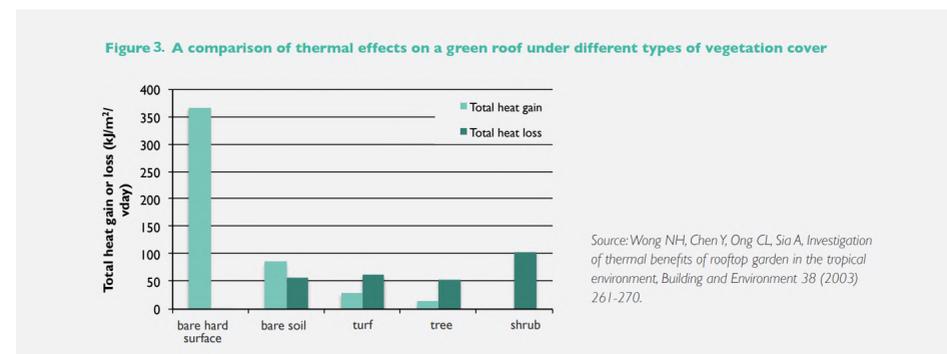
Un tetto verde offre vantaggi di raffreddamento significativi rispetto a un tetto nudo non isolato, sebbene il raffreddamento più efficace derivi dall'inclusione di isolamento sotto il tetto. I confronti di modelli suggeriscono che i tetti verdi potrebbero essere utili su edifici scarsamente isolati per ridurre la conduttanza termica attraverso la copertura del tetto. La conduttanza termica (valore U) è l'inverso della resistenza al trasferimento di calore (valore R).

Uno studio condotto ad Atene, in Grecia, ha modellato l'effetto dell'aggiunta di un tetto verde a tetti in cemento di diversa costruzione. La figura 2 mostra che un tetto verde riduce il trasferimento di calore attraverso un tetto in cemento non isolato di 25 cm di spessore e 10 cm di spessore.



L'isolamento di un edificio si traduce in risparmio energetico sia per il riscaldamento che per il raffrescamento. Con un edificio ben isolato, è probabile che il riscaldamento invernale domini i costi energetici totali, sebbene ciò dipenderà dai punti di regolazione del riscaldamento e del raffreddamento preferiti dagli occupanti dell'edificio. Il valore R di un materiale isolante è una misura della sua resistenza al trasferimento di calore. La determinazione del valore R offerto da un tetto, un muro o una facciata verde dipende da una complessa interazione di tutti i materiali utilizzati, dalla profondità del substrato in crescita e dalla quantità di acqua trattenuta nel substrato, nonché dalla selezione della pianta, dal grado di copertura delle piante e se tale copertura è presente tutto l'anno. I seguenti studi hanno studiato l'effetto dei tetti verdi rispetto ai tetti spogli sulle prestazioni termiche degli edifici.

Uno studio condotto a Singapore, confrontando l'effetto di diversi tipi di vegetazione su un tetto verde con terreno profondo 40 cm, ha mostrato che il guadagno di calore era impedito e la perdita di calore era maggiore sotto la vegetazione con la copertura di fogliame più grande e fitta (la palma Rapis usata come un arbusto) - vedere la Figura 3. La superficie nuda e dura del tetto si è accumulata e ha trattenuto la maggior parte del calore. Il manto erboso e gli alberi con una chioma aperta fornivano meno benefici di raffreddamento, con una perdita di calore simile a quella del suolo nudo. La riduzione del guadagno di calore e l'aumento della perdita di calore dal suolo, rispetto alla superficie dura del tetto, è molto probabilmente dovuta all'evaporazione dell'acqua trattenuta nel terreno.

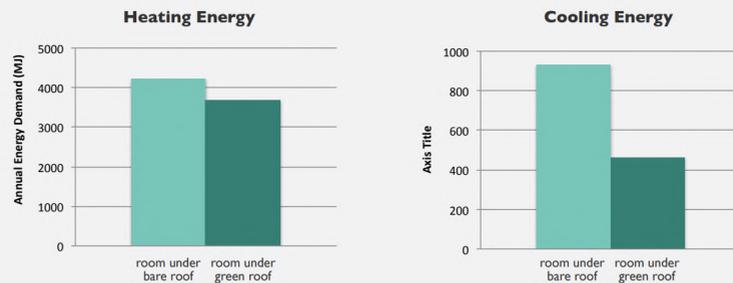


La figura 4 mostra i risultati di uno studio sulla domanda di energia sotto un tetto verde e un tetto nudo a Melbourne. L'edificio è stato descritto come dotato di doppi muri esterni in mattoni, un pavimento in lastre di cemento e tetti in cemento - non è stata fatta menzione dell'isolamento del soffitto. Le misurazioni della temperatura sono state effettuate tra settembre 2008 e luglio 2009, in una stanza con un tetto nudo in cemento impermeabilizzato convenzionale e una stanza con un tetto verde installato sopra la copertura del tetto. Queste misurazioni sono state utilizzate in una simulazione per prevedere l'effetto di un tetto verde sui costi energetici annuali. I parametri utilizzati nel modello includevano setpoint di raffreddamento e riscaldamento rispettivamente di 24 ° C e 18 ° C e l'ipotesi che l'ambiente fosse riscaldato o raffreddato tra le 8:00 e le 18:00. I risultati hanno mostrato che i costi di raffreddamento e riscaldamento per la stanza coperta da un tetto con vegetazione sarebbero rispettivamente inferiori del 50% e del 12% rispetto alla stessa stanza con un tetto in cemento nudo convenzionale. Per un edificio costruito con

materiali meno fortemente isolanti, sebbene i requisiti di riscaldamento invernale e raffreddamento estivo sarebbero maggiori, il tetto verde consentirebbe di ottenere risparmi energetici comparabili.

Gli studi sperimentali su pareti verdi e facciate si concentrano sui benefici dell'ombreggiatura e del raffreddamento offerti

Figure 4. Heating and cooling energy demand in a room under a bare roof and a green roof



Source: Chen and Williams (2009) Green roofs as an adaptation to climate change: modelling the green roof at the Burnley campus, The University of Melbourne, Research Report for CSIRO Climate Adaptation Flagship.

dall'inverdimento delle facciate. Anche se una vasta gamma di fattori influenzano la quantità di ombreggiatura offerta da una facciata verde (inclusa la presenza e il tipo di una struttura di supporto, l'orientamento della facciata e se il rampicante è deciduo o sempreverde), la temperatura della superficie della parete diminuisce generalmente tra i 5 ° C e i 10 ° C.

La tabella 1 mostra i risultati di uno studio spagnolo sulle facciate verdi. Le misurazioni della temperatura sono state effettuate nell'arco di un anno sui lati nord-est, sud-est e sud-ovest di un edificio a Golmés, in Spagna, ricoperto dal rampicante deciduo *Wisteria sinensis* (glicine cinese) che è stato coltivato su un sistema di supporto in rete d'acciaio. L'ombreggiatura della facciata sud-ovest dell'edificio ha fornito il massimo effetto di raffreddamento.

Table 1. Effect of a green facade on building thermal performance

Parameter measured	Outcome	Effect of the green facade
Difference in temperature in front of and behind the facade	1.4°C cooler in summer	Absorption of light and heat energy by foliage keeps the cavity temperature lower.
	3.8°C warmer in winter	Facade support system creates a microclimate/unstirred air layer next to the wall even when stems are bare.
Difference in surface temperature between bare wall and vegetated wall (summer)	Average bare wall temperature is 5.5°C higher	Full leaf cover provides effective shading and prevents heat gain by the building
	Maximum temperature is 15.2°C higher	
Difference in relative humidity in front of and behind the facade	7% higher in summer	Evapotranspiration from leaves causes a local increase in humidity (and cooling) in summer which is not apparent when stems are bare
	8% lower in winter	

2

**Benchmarking**

## Superverde /2020

Stefano Boeri Interiors

Superverde è il progetto dell'architetto italiano Stefano Boeri per l' **arredo urbano modulare per città dotato di alberi, piante e panchine.**

Un bordo metallico incornicerà le fioriere, che conterrebbero un appropriato mix di terreno e vegetazione per il clima in cui sono installate. Le panchine in metallo possono essere fissate in alcuni punti del telaio in modo che i passanti possano sedersi e riposarsi tra il fogliame.

Superverde è progettato per essere assemblato in base al contesto in cui si trova: un sistema di moduli, bordi e strutture laterali nascoste, permette di comporre paesaggi di diverse forme e dimensioni.

E' presente un **sistema di manutenzione autonoma ad alta efficienza energetica: grazie a un fitto sistema di irrigazione e sensori per il controllo e l'analisi del benessere e dell'umidità del suolo, è possibile sia gestire l'uso dell'acqua e di tutte le risorse sia garantire la salute delle piante.**

Oltre a fornire decorazioni, un piacevole spazio per sedersi e un habitat per insetti, Superverde potrebbe migliorare il clima immediato. Le aree verdi infatti diminuirebbero l'effetto isola di calore urbana e ridurrebbero le temperature nelle aree ad alta densità.

Un'Isola Urbana di Calore (UHI) è il luogo in cui le aree edificate diventano più calde della campagna circostante perché il terreno è stato ricoperto da superfici scure che assorbono il calore. Gli alberi e la vegetazione possono essere utilizzati strategicamente per **ridurre la temperatura dell'aria intorno a loro creando ombra e attraverso l'evapotraspirazione.** la combinazione di traspirazione delle piante e acqua che evapora dal suolo.

La versione più piccola di Superverde misura tra i nove e i 20 metri quadrati e può contenere fino a tre alberi e 20 arbusti insieme a erbe e piante perenni. Una versione extra-large copre tra 60 e 100 metri quadrati e può contenere fino a una dozzina di alberi.



## Escale Numérique /2012

Mathieu Lehanneur

Il designer francese Mathieu Lehanneur ha creato una serie di stazioni Wi-Fi a Parigi dove le persone possono sedersi per utilizzare i loro laptop o accedere alle informazioni locali tramite un grande schermo.

Denominata Escale Numérique, che si traduce in Digital Break, la proposta ha vinto un concorso per progettare arredi urbani che si colleghino alla rete sotterranea in fibra ottica in modo che residenti e visitatori senza accesso a Internet mobile possano connettersi in movimento.

Sedie girevoli in cemento con tavoli annessi per laptop si trovano sotto un riparo ricoperto di fogliame e un grande cartellone digitale fornisce informazioni sulla città e notizie per coloro che non hanno un laptop o uno smartphone con loro. **Un gruppo di gambe in legno come tronchi d'albero sostiene il tetto verde, che è progettato per sembrare un giardino se visto dai balconi in alto.** Il progetto è stato realizzato in collaborazione con la società di pubblicità esterna JCDecaux.



## Urban Canopee /2019

### Urban Canopee

Urban Canopee offre soluzioni innovative per **aiutare a combattere gli effetti dei cambiamenti climatici negli ambienti urbani**. È una soluzione leggera e modulare per il raffreddamento urbano. Installato come una copertura in crescita su spazi pubblici e privati o sui tetti, fornisce ombra a qualsiasi superficie. La soluzione perfetta per fornire ombra e raffreddamento dove gli alberi non possono essere piantati, le strutture Green Funnel sono indipendenti, auto-irriganti e trasferibili, senza alcun impatto sui servizi sotterranei.

Ogni Green Funnel può supportare fino a **tre diverse specie di piante rampicanti**. Ogni struttura è realizzata in materiale composito e **non necessita di manutenzione**. Sono resistenti al vento, agli agenti atmosferici estremi e alla corrosione. Un grande serbatoio dell'acqua è alloggiato all'interno di ogni struttura ed è dotato di un pannello solare, una batteria e una pompa dell'acqua per alimentare un sistema di irrigazione intelligente Senseopee. Le sonde di umidità e temperatura combinate con un innovativo dispositivo IoT forniscono il monitoraggio remoto 24 ore su 24, 7 giorni su 7 delle condizioni di crescita delle piante utilizzate per rendere verde la chioma. L'irrigazione è automatizzata per gestire e preservare in modo ottimale le risorse idriche.

Il design elegante e unico di Green Funnel richiede solo una **piccola quantità di spazio per creare una tettoia molto grande**. Con un diametro del terreno di soli 1,1 metri, la copertura può estendersi da 7-9 metri di diametro a 4-5 metri di altitudine, fornendo un'area d'ombra complessiva fino a **60 metri quadrati**.

La struttura composita è fissata su una base in acciaio zincato che ospita il serbatoio dell'acqua e il vaso di supporto. Vengono effettuati calcoli ingegneristici specifici del progetto per valutare la soluzione di ancoraggio più sicura per adattarsi alla copertura del terreno esistente e ai limiti di distribuzione del carico del sito.

La forma, la consistenza e il colore di ciascuna base Green Funnel sono adattati alle specifiche desiderate del cliente e il prodotto finale è altamente personalizzabile, con vari addons integrati disponibili, da panchine circolari, teli ombreggianti e dissuasori, a sistemi di illuminazione e nebulizzazione.



## CityTree Bench /2018

Green City Solutions

Un “muro vivente” muschioso con un **potere di assorbimento dell'inquinamento equivalente a centinaia di alberi** è stato installato a Piccadilly Circus a Londra, nel tentativo di combattere i livelli di qualità dell'aria pericolosa della città. Progettato dalla startup tedesca Green City Solutions, il CityTree è classificato dalla società come il **primo filtro dell'aria biologico intelligente al mondo**.

È stato creato in risposta alla ricerca condotta dalla startup, che ha rivelato che circa 9.000 londinesi e 50.000 britannici muoiono prematuramente ogni anno a causa di malattie respiratorie, cardiovascolari e di altro tipo associate agli inquinanti.

Ogni panca è dotata di un cosiddetto “muro vivente”, riempito con una varietà di tipi di muschio che assorbono naturalmente l'inquinamento. L'intero progetto occupa una frazione dello spazio che sarebbe necessario per ottenere gli stessi risultati di purificazione dell'aria utilizzando 275 alberi reali. Utilizzando la tecnologia Internet of Things è in grado di misurare e mantenere le proprie prestazioni e le esigenze degli impianti. CityTree, quindi, utilizza piante protettive e ombreggianti per creare un ambiente in cui i muschi appositamente coltivati possano prosperare nelle condizioni urbane. Alimentata da pannelli solari, la struttura abitativa **raccoglie anche l'acqua piovana e la ridistribuisce automaticamente utilizzando un sistema di irrigazione integrato**.

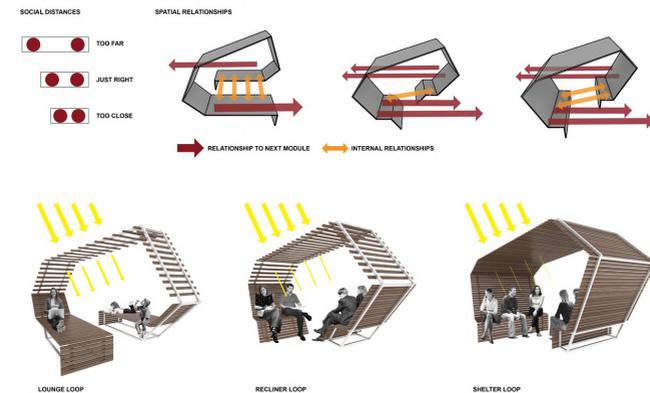
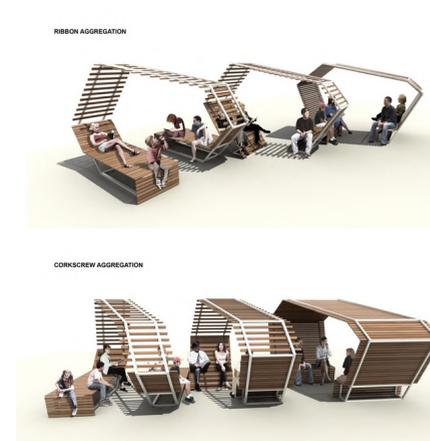
**Il muro di muschi irrigati genera anche un effetto rinfrescante sull'area circostante, aiutando a combattere l'effetto isola di calore urbana.**



## Looped In /2015

ISA Architects

Looped In è il progetto vincitore del concorso per un sistema di sedute sociali pop-up. Gioca con il linguaggio normativo delle panchine dei parchi urbani, amplificandolo in qualcosa di inaspettato. I baldacchini avvolgenti **forniscono ombra** e incoraggiano diversi livelli di interazione tra le persone sedute ai lati opposti di ogni anello. L'installazione ha occupato posizioni di rilievo presso The Porch adiacente alla stazione ferroviaria principale di Filadelfia, nonché Clark Park e Drexel Park a West Philadelphia.



**3**

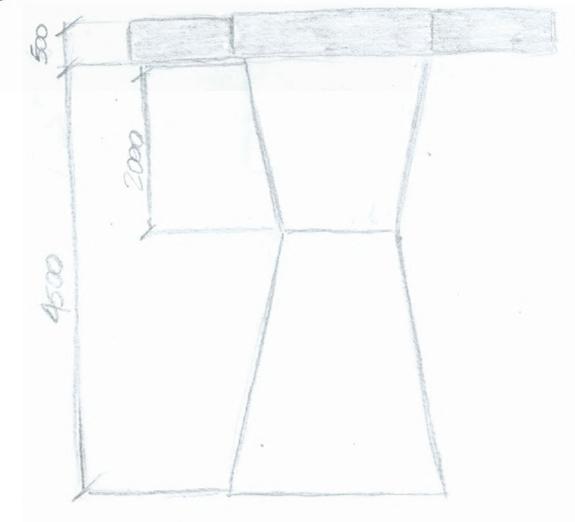
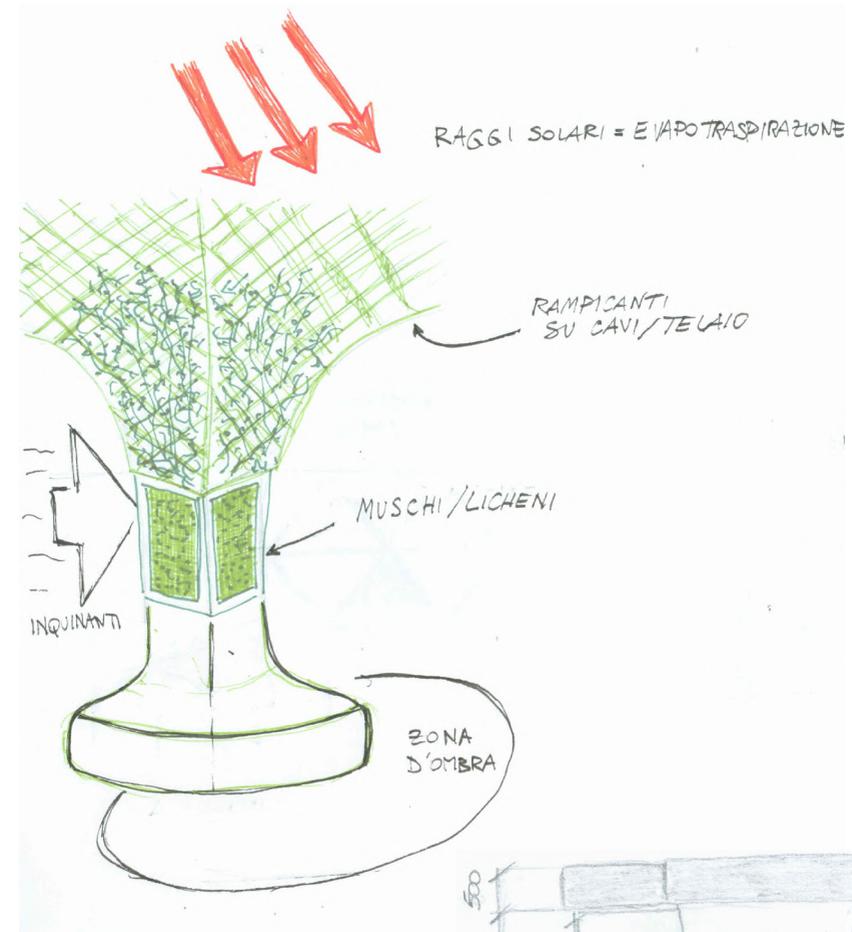
**Progetto**

## Concept

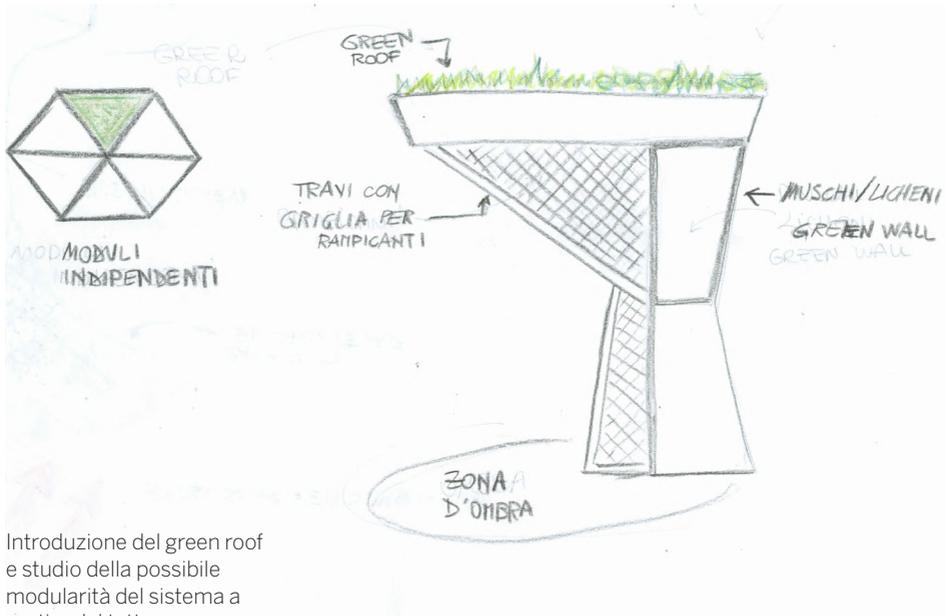
Il mio progetto si pone come obiettivo quello di andare a creare una soluzione versatile e innovativa per la diffusione del verde nei centri urbani dove non è possibile collocare alberi.

### Requisiti fondamentali:

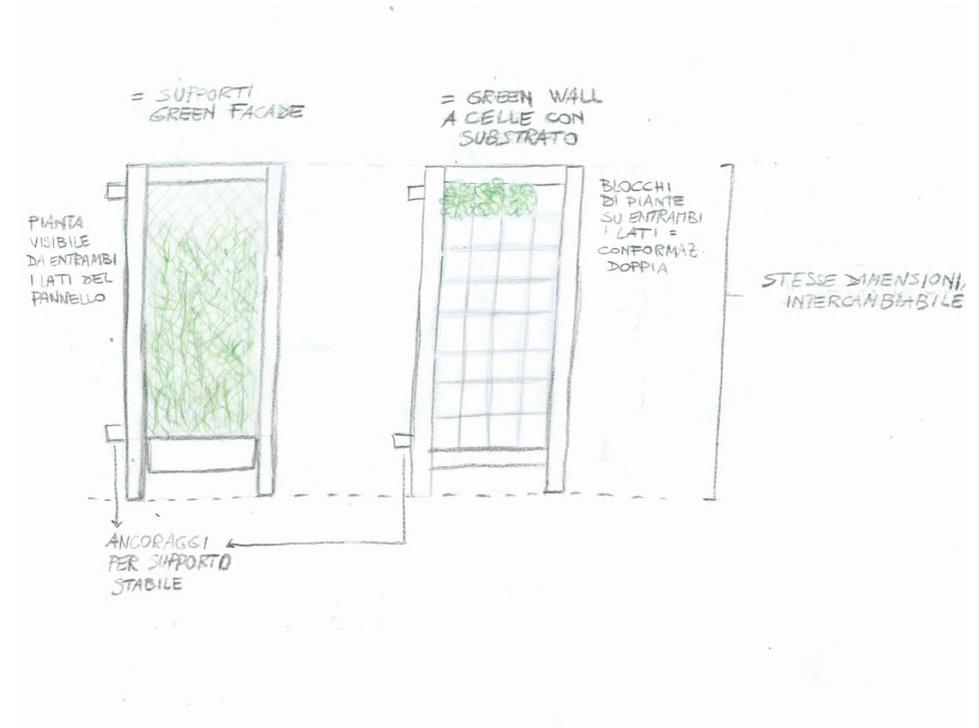
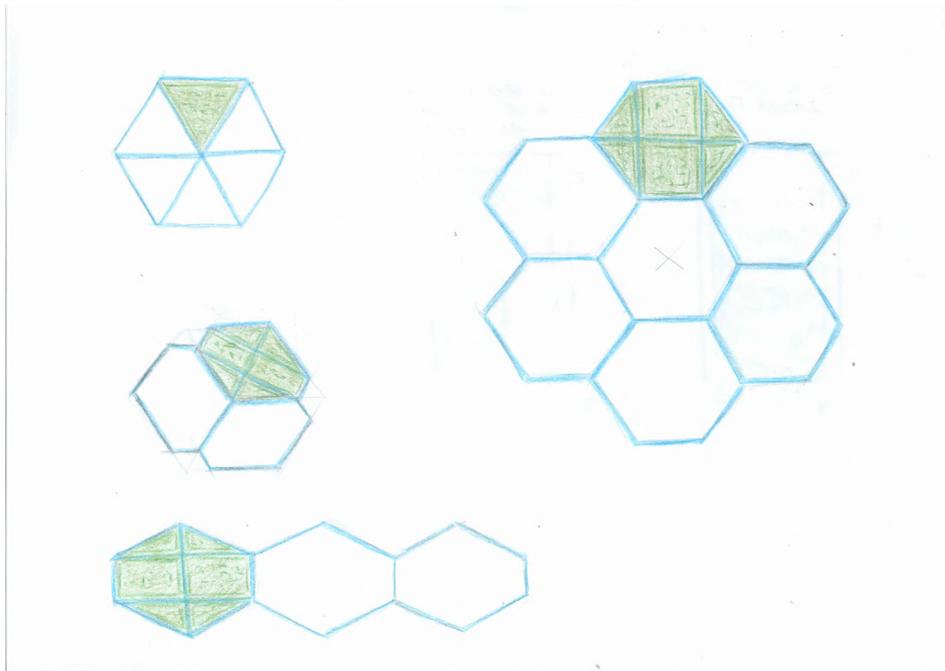
- la superficie verde dovrà essere il più estesa possibile
- si dovranno poter inserire più tipologie di piante differenti, per garantire una maggiore adattabilità alle diverse zone climatiche.
- la manutenzione dovrà essere minima
- l'irrigazione dovrà essere autonoma
- il sistema sarà modulare per lasciare all'utente la possibilità di configurarlo in base alle specifiche esigenze del sito ove verrà aposto
- il sistema non potrà prescindere dalla presenza di un modulo adatto alla coltivazione di muschi che sono risultati i più efficaci depuratori dell'aria disponibili in natura
- il progetto adatterà green wall, green facade e green roof al sistema di arredo urbano



Primi schizzi per cercare di adattare le tecnologie dell'inverdimento verticale ad un sistema di arredo urbano.



Introduzione del green roof e studio della possibile modularità del sistema a partire dal tetto.



Studio della modularità dei singoli elementi che compongono il sistema.

## VerdeVivo

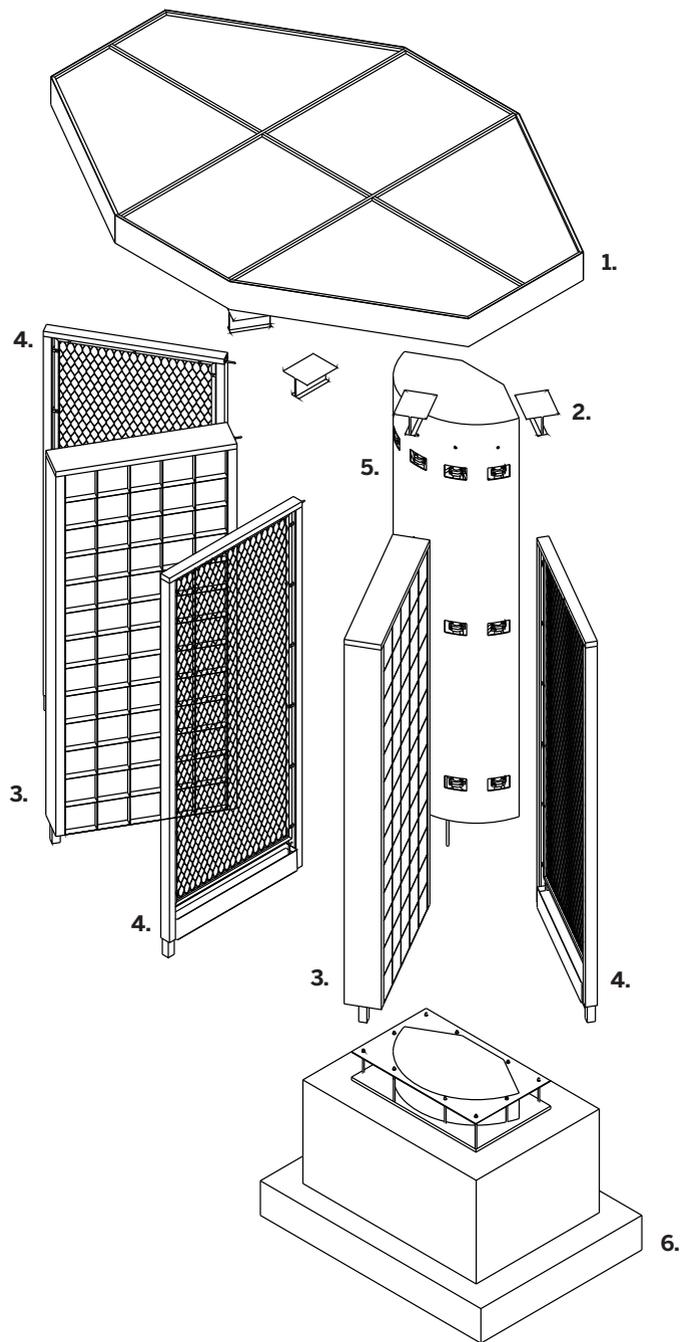
VerdeVivo è un sistema modulare d'arredo urbano; una soluzione innovativa per aiutare a combattere gli effetti dei cambiamenti climatici negli ambienti urbani, mettendo il verde dove non è possibile piantare alberi. È pensato per essere collocato in spazi pubblici, scuole, sedi aziendali, aree pedonali e altri spazi aperti.

La sua alta struttura coperta da un tetto verde crea alla base una piacevole zona d'ombra, che offre refrigerio al passaggio. Il verde verticale ricopre la struttura in tutta la sua altezza. Due diversi moduli, dedicati a due diverse tecnologie di inverdimento, consentono all'utente finale di scegliere la tipologia di pianta più adatta al clima e alle esigenze di manutenzione: dai rampicanti, al muschio, alle piante perenni.

Le piante utilizzate per creare una tettoia vivente sopra la struttura e le pareti verdi a raggera aiutano a **ripristinare la biodiversità nelle città e migliorare la qualità dell'aria; attraverso l'evapotraspirazione combatte l'effetto isola di calore** urbana e migliora la vita degli abitanti di una città fornendo una connessione con la natura.

La base della struttura ospita un serbatoio per l'acqua e uno per il fertilizzante dotati di una pompa idrica per alimentare un sistema di irrigazione intelligente, capace di raccogliere anche l'acqua in eccesso proveniente dalla copertura green roof.

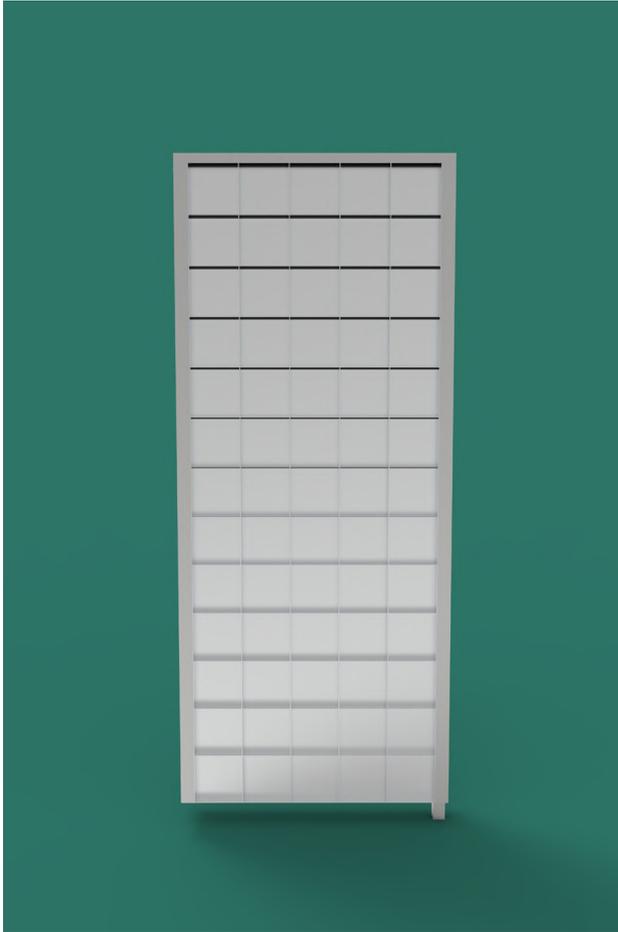




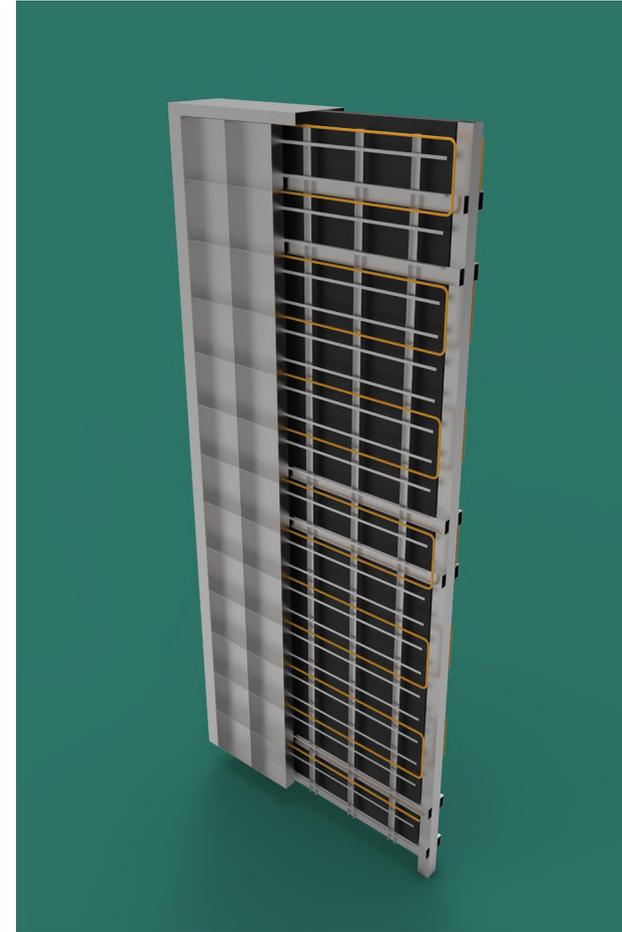
1. Copertura Green Roof
2. Distanziali
3. Pannello Green Wall
4. Pannello Green Facade
5. Base
6. Plinto



## Pannello Green Wall

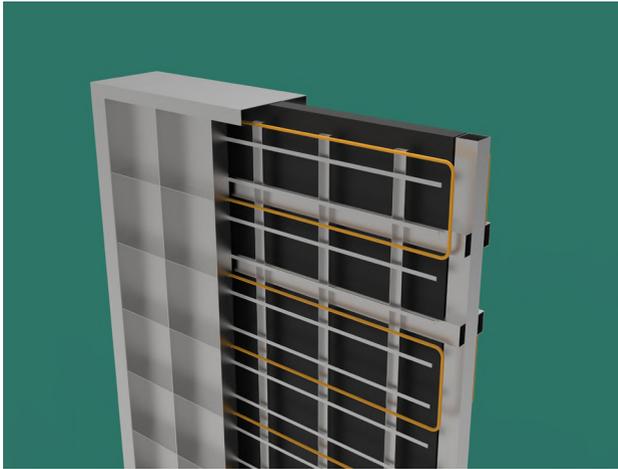


Il pannello è costituito da un **sistema modulare** che utilizza contenitori di supporto del substrato in alluminio anodizzato.



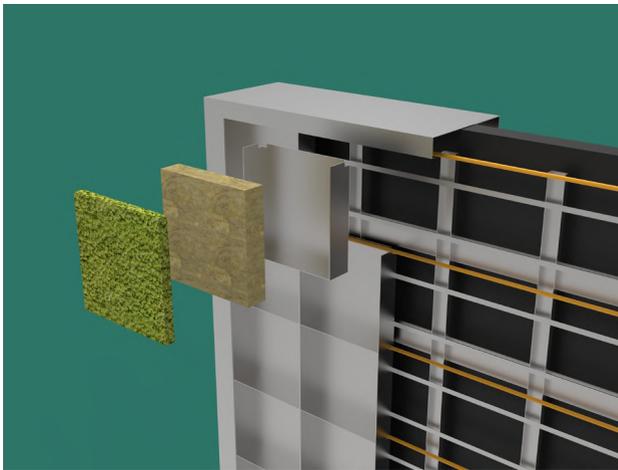
### Sistema d'irrigazione

Nascosta all'interno della struttura è presente una serpentina di tubi in PVC collegata all'impianto di irrigazione automatico in grado di fornire la corretta quantità di nutrienti alle piante.



### Fissaggio contenitori

I contenitori sono ancorati ad un telaio di acciaio indipendente e strutturalmente sicuro. Centralmente è presente un pannello divisorio in compensato.



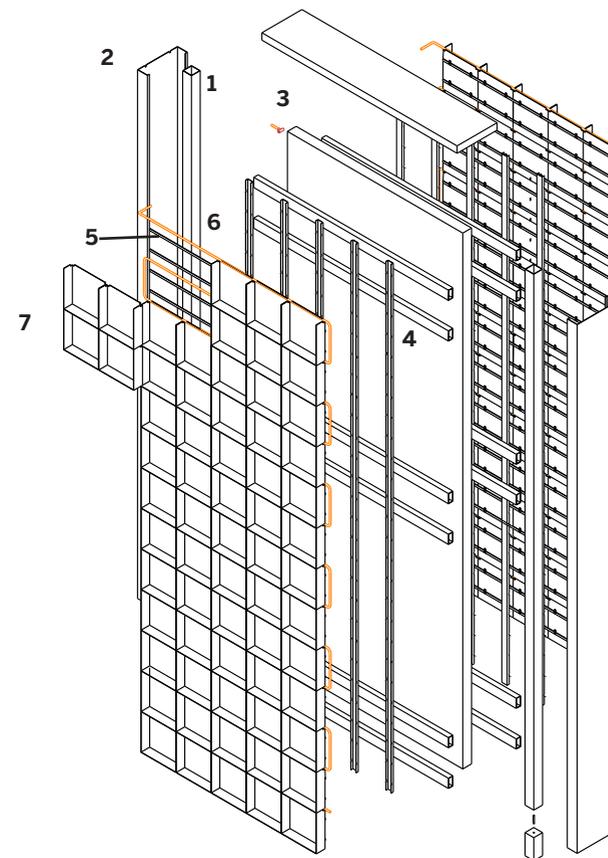
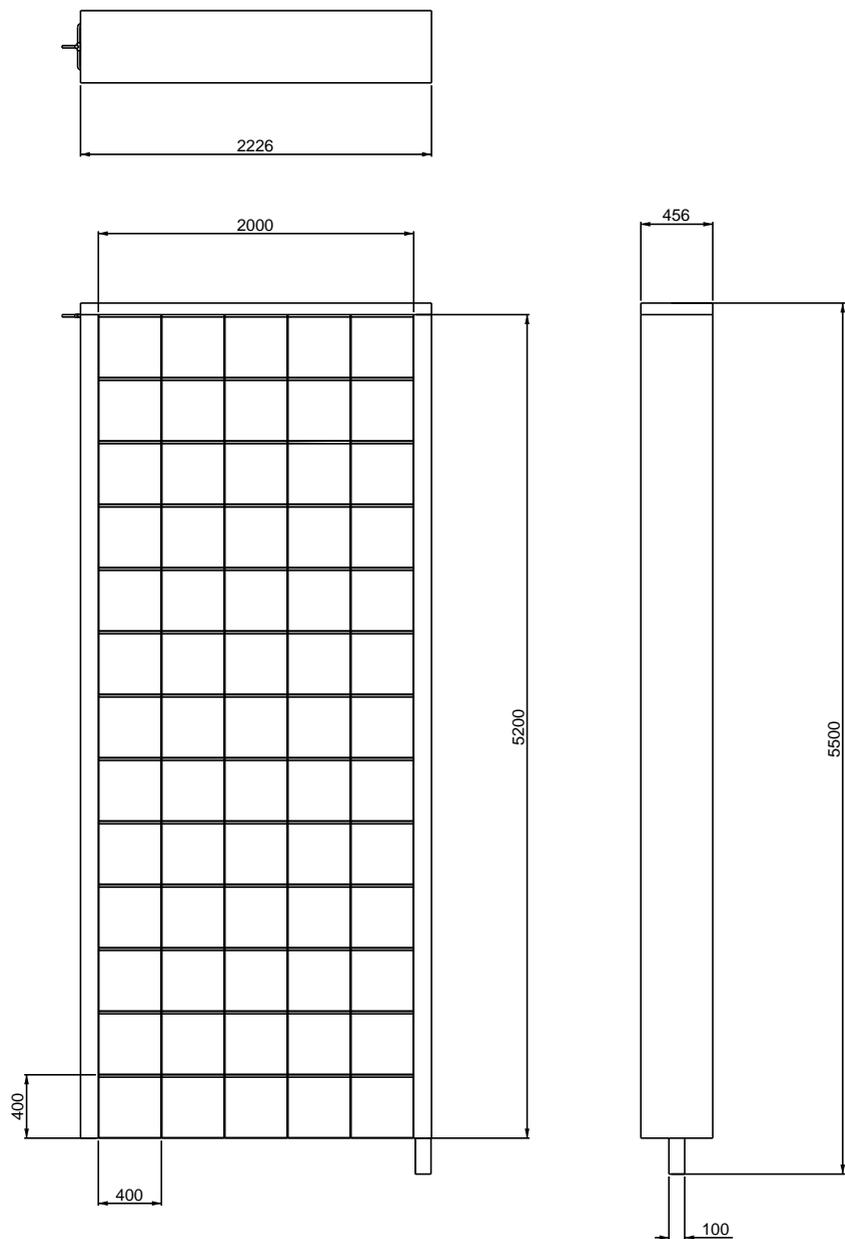
### Layer contenitore

Il substrato di lana di roccia fornisce una struttura per supportare la pianta e facilita l'accesso all'acqua e all'aria, diminuendo la necessità di una gestione costante associata ai sistemi idroponici. I singoli contenitori possono essere rimossi per la manutenzione o il reimpianto.

## Piante adatte per Green Wall

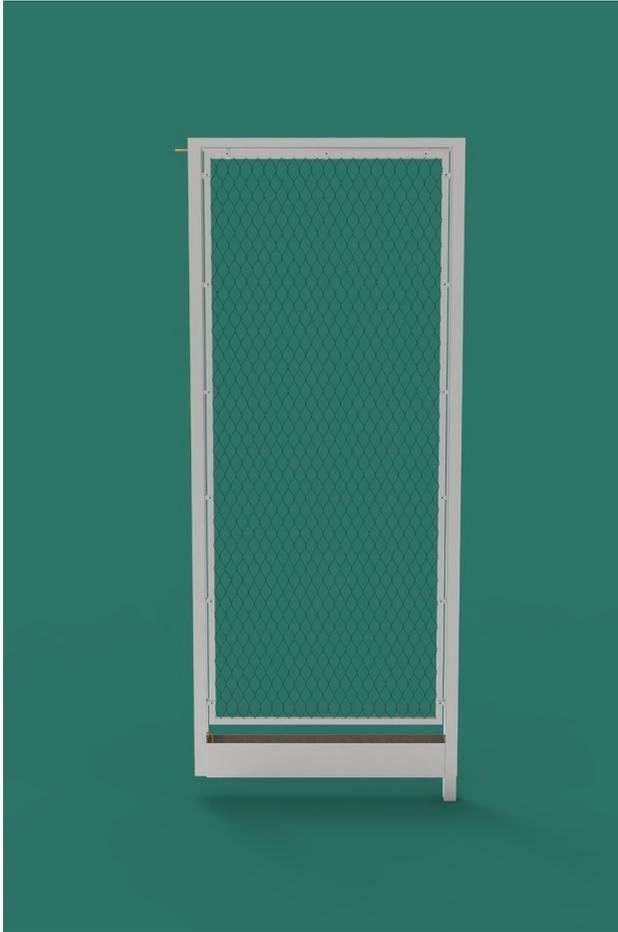


<b>Shrubs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Correa</i> cultivars</li> <li><i>Escallonia</i> cultivars</li> <li><i>Ficus</i> species</li> <li><i>Metrosideros excelsa</i> 'Nana'</li> </ul>
<b>Evergreen herbaceous perennials</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Spathiphyllum</i> cultivars</li> <li><i>Philodendron</i> 'Winterbourn' and 'Xanadu'</li> <li><i>Monstera</i> species</li> <li><i>Liriope</i> species and cultivars</li> <li><i>Schleffera</i> species</li> <li><i>Viola</i> species</li> <li><i>Erigeron karvinskianus</i></li> <li><i>Chlorophytum comosum</i></li> <li><i>Peperomia</i> species</li> <li><i>Plectranthus</i> species</li> <li><i>Rhipsalis</i> species</li> <li><i>Bromeliad</i> species</li> <li><i>Orchid</i> species</li> </ul>
<b>Herbaceous ground covers</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Epipremnum</i> species</li> <li><i>Plectranthus ciliatus</i></li> </ul>
<b>Ferns</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Asplenium</i> species</li> <li><i>Blechnum</i> species</li> <li><i>Davallia pyxidata</i></li> <li><i>Humata tyermanii</i></li> <li><i>Nephrolepis</i> species</li> </ul>
<b>Grass-like foliage forms</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Acorus gramineus</i> cultivars</li> <li><i>Bulbine</i> species</li> <li><i>Ficinia nodosa</i></li> <li><i>Dianella</i> species and cultivars</li> <li><i>Diets</i> species</li> <li><i>Lomandra</i> species and cultivars</li> <li><i>Ophiopogon japonicus</i></li> </ul>
<b>Lillies &amp; irises</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Arthropodium cirratum</i> 'Te Puna' and 'Parnel'</li> <li><i>Arthropodium</i> species and cultivars</li> <li><i>Neomarica gracilis</i></li> <li><i>Patersonia occidentalis</i></li> </ul>



1. **Telaio**, acciaio estruso zincato
2. **Rivestimento**, acciaio inox verniciato
3. **Divisorio**, compensato
4. **Montanti telaio**, trafilato di alluminio
5. **Aste supporto**, acciaio estruso zincato
6. **Tubo irrigazione**, PVC, stamp. iniezione
7. **Contenitore**, trafilato di alluminio

## Pannello Green Facade

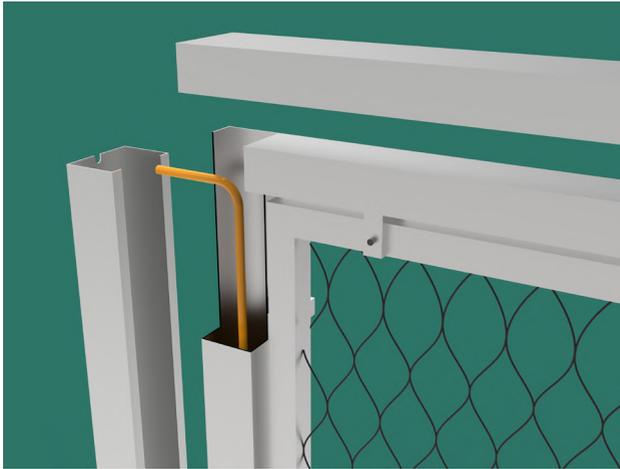


Il pannello è progettato per sostenere la crescita di piante rampicanti. Presenta al centro una **rete di cavi** in acciaio che richiede poca manutenzione, è di lunga durata e si adatta a diverse specie vegetali.



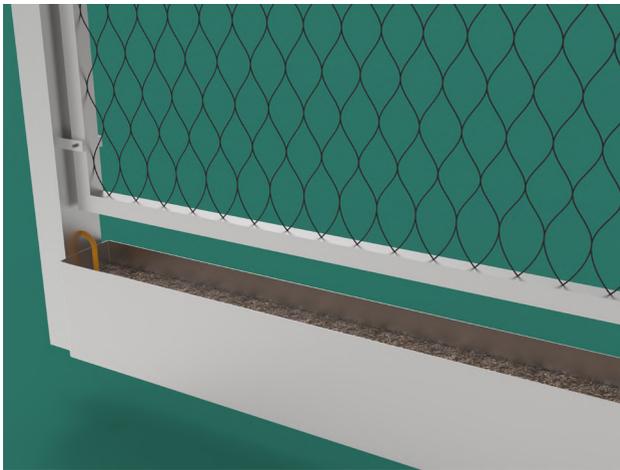
### Fissaggio

Il telaio della rete di cavi è collegato alla struttura portante in travi d'acciaio attraverso dei giunti a C.



### Sistema d'irrigazione

Il tubo dell'irrigazione in PVC passa all'interno della trave d'acciaio per connettersi al vaso situato alla base del pannello garantendo il corretto apporto di acqua e nutrienti.



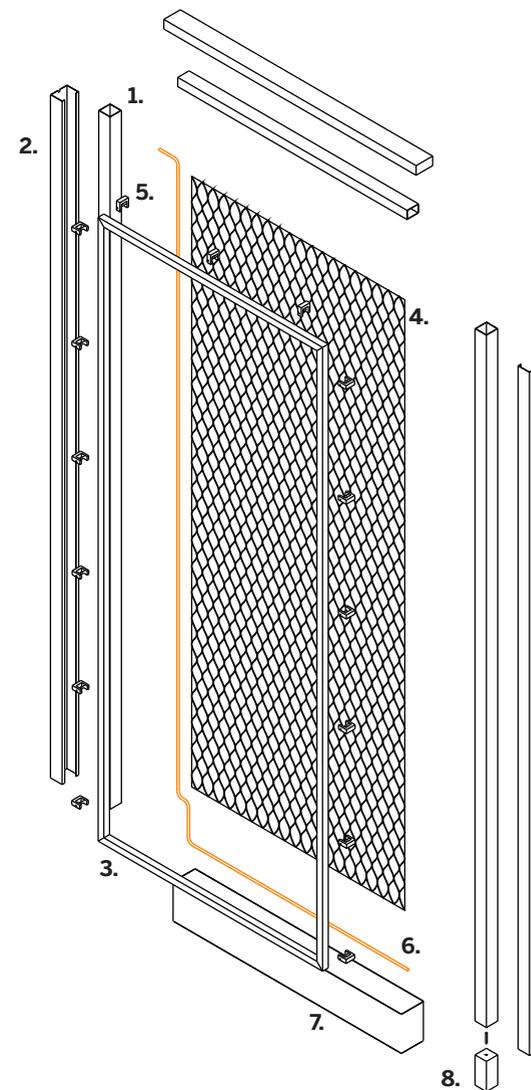
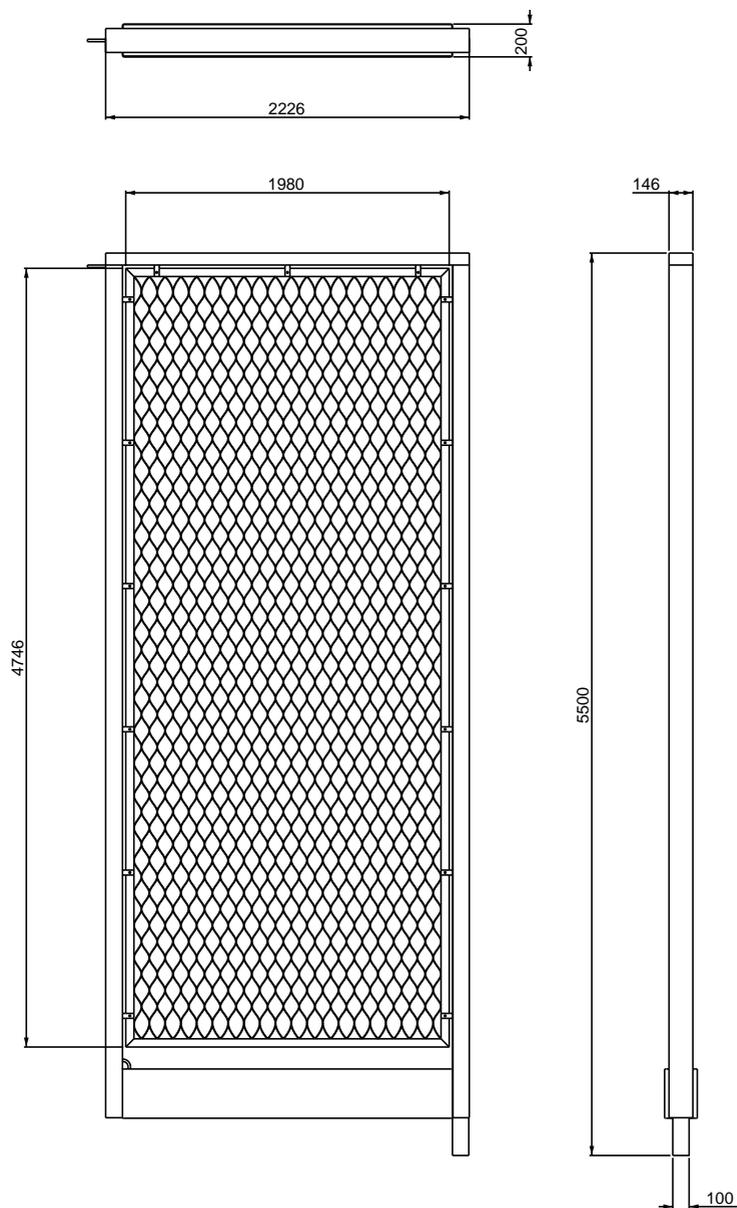
### Vaso e substrato

Il vaso che contiene il substrato di crescita delle piante rampicanti. È connesso direttamente alle travi d'acciaio contribuendo così alla stabilità strutturale del pannello.



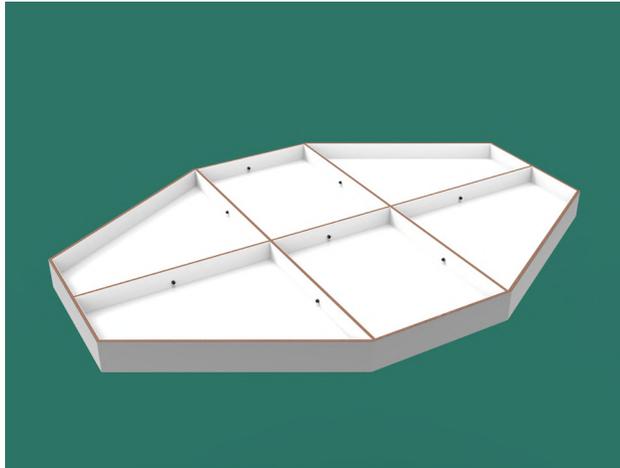
### Piante adatte per Green Wall

Species	Type	Screening and Growth Rate	Light Tolerance
<i>Akebia quinata</i>	Twining	Medium cover and growth rate	Average
<i>Aphanopetalum resinosum</i>	Twining	Medium cover and growth rate	Average
<i>Cissus antarctica</i>	Tendrils	High cover and growth rate	Tolerates low light
<i>Clematis aristata</i>	Twining	Medium cover and growth rate	Tolerates low light
<i>Clematis armandii</i>	Twining	Low cover and growth rate	Average
<i>Clematis montana*</i>	Twining	Low cover and growth rate	Average
<i>Distichlis buccinatoria</i>	Tendrils	High cover and medium growth rate	Requires high light
<i>Ficus pumila</i>	Self-clinger	High cover and medium growth rate	Requires high light
<i>Hibbertia scandens</i>	Twining	Medium cover and growth rate	Requires high light
<i>Muehlenbeckia complexa</i>	Twining	High cover and growth rate	Average
<i>Kennedia rubicunda</i>	Twining	Medium cover and high growth rate	Requires high light
<i>Pandorea pandorana</i>	Twining	High cover and growth rate	Average
<i>Pandorea jasminoides</i>	Twining	Medium cover and growth rate	Average
<i>Parthenocissus quinquefolia*</i>	Self-clinger	High cover and medium growth rate	Average
<i>Parthenocissus tricuspidata*</i>	Self-clinger	High cover and growth rate	Requires high light
<i>Podranea ricasoliana</i>	Scandent shrub	High cover and growth rate	Requires high light
<i>Vitis vinifera*</i>	Tendrils	Medium cover and growth rate	Requires high light
<i>Trachelospermum jasminoides</i>	Twining	High cover and medium growth rate	Average

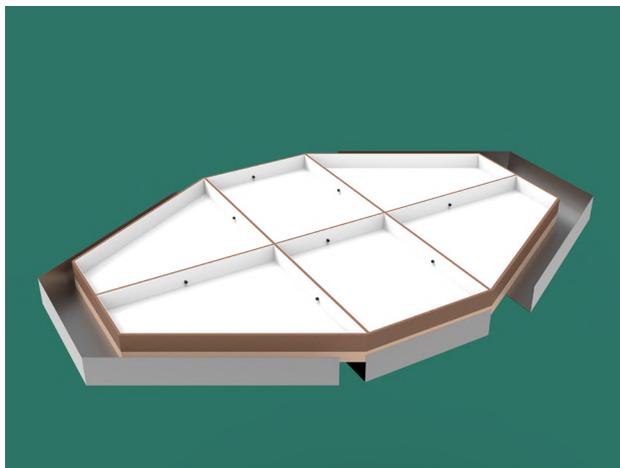


1. **Travi portanti**, acciaio estruso zincato
2. **Lamiera rivestimento**, acciaio inox verniciato
3. **Telaio rete**, acciaio estruso zincato
4. **Rete di cavi**, acciaio inox,
5. **Giunti a C**, acciaio inox, estrusione
6. **Tubo irrigazione**, PVC, stamp. iniezione
7. **Vaso**, acciaio inox
8. **Distanziatore**, acciaio estruso zincato

## Copertura Green Roof

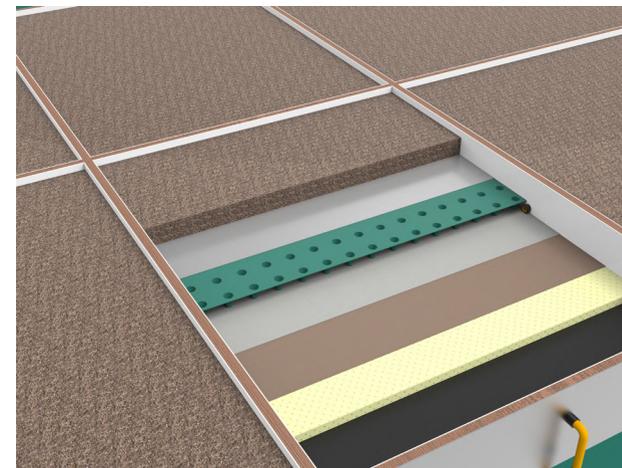
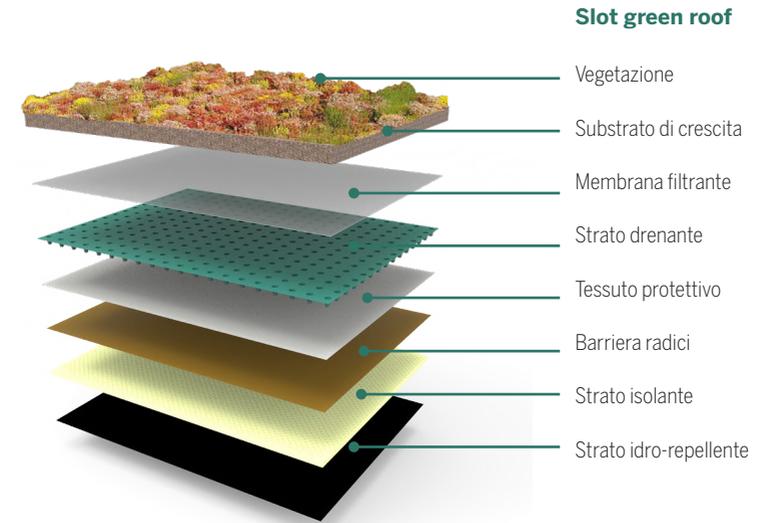


La copertura accoglie un giardino estensivo, che consiste in un sistema di tetto verde con substrato di crescita fino a 150 mm. La superficie del tetto è in legno sandwich e divisa in sei grandi slot da travi di legno cemento. All'interno degli slot sono presenti delle vasche in vetroresina nelle quali è piantato il tetto in tutti i suoi livelli.



### Rivestimento

I pannelli in legno sandwich che costituiscono la superficie del tetto assieme ai divisori sono avvolti da pannelli di Alucobond, che gli garantiscono un isolamento maggiore dagli agenti atmosferici ai raggi UV.



### Drenaggio

Ogni strato presente nelle vasche svolge un ruolo fondamentale per la corretta crescita delle piante. Lo strato drenante trattiene l'acqua e permette a quella in eccesso di scorrere verso i tubi di scarico. In caso di siccità, l'acqua immagazzinata nello strato drenante può essere riassorbita dalla vegetazione dello strato superiore. Il drenaggio permette inoltre una buona aereazione delle radici.



## Piante grasse a bassa crescita

### Type Examples

**Small and/or thin leaves** *Crassula multica*  
*Sedum mexicanum*, *S. reflexum*, *S. sexangulare*

<b>Thick leaves and/or stems</b>	<i>Carpobrotus rossii</i> , <i>C. modestus</i> <i>Disphyma clavellatum</i> <i>Carpobrotus edulis</i> <i>Cotyledon orbiculata</i> <i>Crassula tetragona</i> <i>Kleinia mandraliscae</i> , <i>K. repens</i> <i>Lampranthus deltooides</i>	<i>Mesembryanthemum echinatum</i> , <i>M. lehmanii</i> , <i>M. floribundum</i> <i>Sedum nussbaumerianum</i> <i>Sedum pachyphyllum</i> <i>Sedum xrubrotinctum</i> <i>xGraptosedum</i> 'Bert Swanwick' <i>xSedeveria</i> 'Pat's Pink'
----------------------------------	---	--

## Piante annuali e biennali

### Type Examples

**Plants for floral display** *Calandrinia eremaea*, *C. polyandra*  
*Calendula officinalis* *Tagetes patula*, *T. erecta*  
*Zinnia elegans*

**Culinary herbs and vegetables** *Ocimum basilicum*  
*Petroselinum crispum*  
*Salvia officinalis*, *S.* 'Greek Skies'  
*Thymus vulgaris*  
*Origanum vulgare* *Allium schoenoprasum*

With a suitable substrate and irrigation, most vegetables that can be grown in containers should succeed on a green roof

## Piante erbacee perenne

### Type Examples

**Upright flowering perennials** *Brachyscome ciliaris*, *B. multifida*  
*Calocephalus citreus*  
*Calotis cuneifolia*  
*Chrysocephalum apiculatum*, *C. semipapposum*  
*Leptorhynchus tenuifolius*  
*Podolepis jaceoides*  
*Rhodanthe anthemoides*  
*Veronica gracilis*, *V. perfoliata*  
*Vittadinia cuneata* *Wahlenbergia communis*, *W. stricta*  
*Xerochrysum bracteatum*  
*Achillea* cultivars  
*Agastache* species and cultivars  
*Euphorbia rigida*, *E. myrsinites*  
*Nepeta* cultivars  
*Pelargonium sidoides*  
*Hylotelephium* 'Matrona', *H.* 'Autumn Joy'  
*Hylotelephium cauticola* 'Ruby Glow'  
*S. nemorosa* cultivars

### Low, spreading ground covers

*Dichondra repens*  
*Einadia nutans*  
*Eutaxia microphylla*  
*Grevillea lanigera*  
*Kennedia prostrata*  
*Myoporum parvifolium*  
*Senecio spathulatus* *Viola hederacea*  
*Aptenia cordifolia*  
*Cerastium tomentosum*  
*Convolvulus sabatius*  
*Glechoma hederacea*  
*Tradescantia pallida* 'Purpurea'  
*Thymus pseudolanuginosus*, *T. serpyllum*

### Geophytes (bulbs, corms, tubers, etc)

*Arthropodium milleflorum*  
*Bulbine bulbosa*, *B. crassa*, *B. vagans*  
*Pelargonium rodneyanum* *Allium* species and cultivars  
*Tulbaghia violacea*

### Larger succulents (upright and rosette forms)

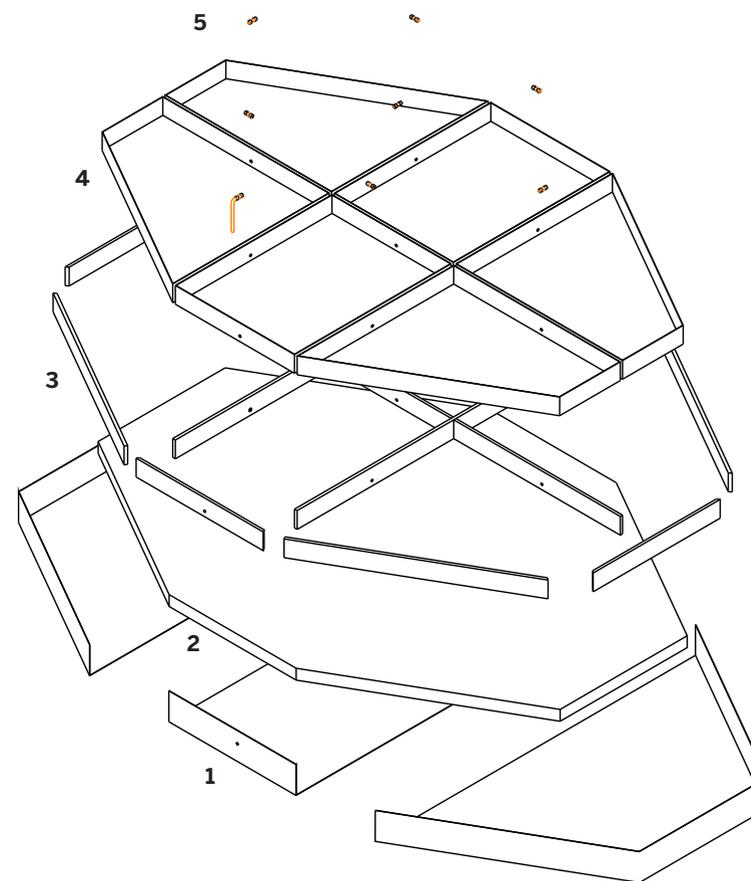
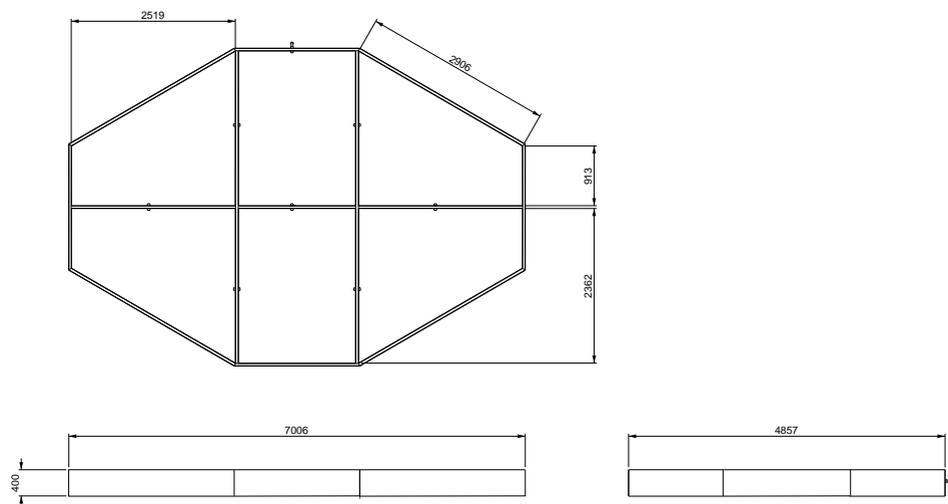
*Aeonium arboreum*  
*Aeonium haworthii*  
*Aloe mitriformis*  
*Aloe* 'Gemini'  
*Aloe brevifolia* *Crassula falcata*, *C. ovata* 'Blue Bird', *C. tetragona*  
*Echeveria ximbricata*  
*Echeveria* cultivars  
*Hesperaloe parviflora*  
*Yucca desmetiana*

### Grasses

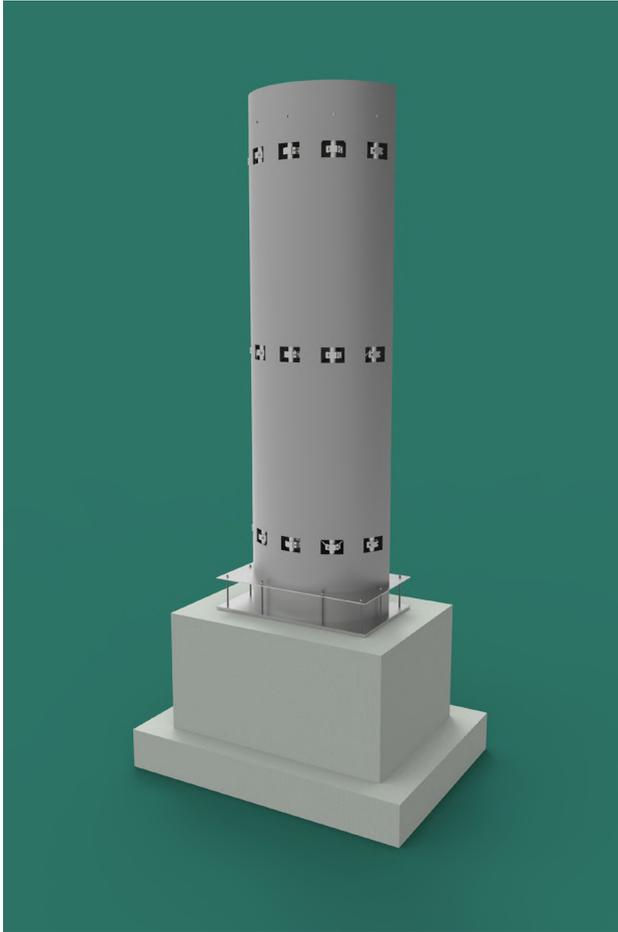
*Austrodanthonia caespitosa*, *A. setacea*  
*Austrostipa scabra*  
*Chloris truncata*  
*Deyeuxia quadriseta* *Dichelachne crinita*  
*Orthosanthus multiflorus*  
*Helictotrichon sempervirens*  
*Miscanthus* cultivars

### Flowering plants with 'grass-like' foliage

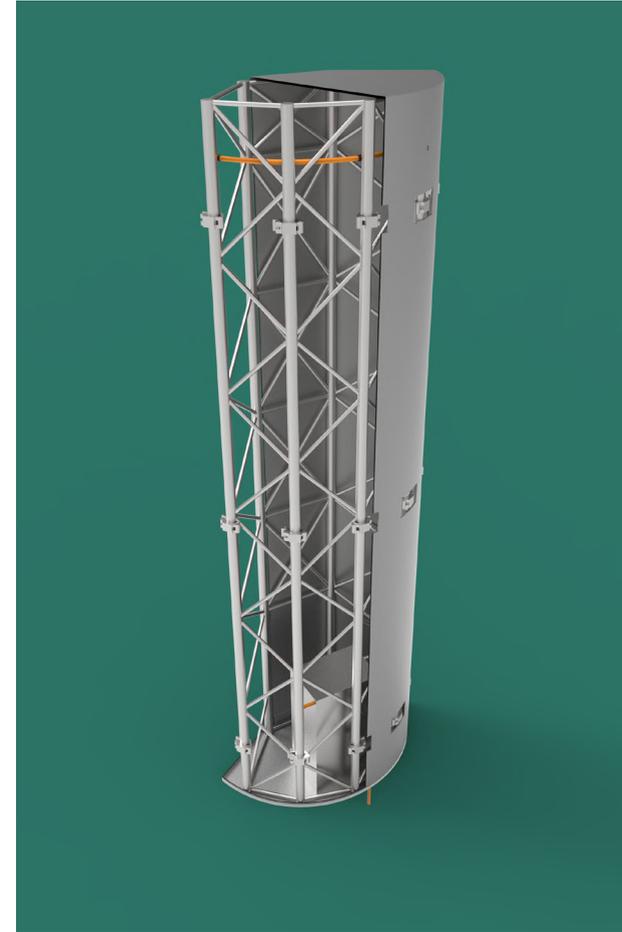
*Anigozanthos* cultivars  
*Conostylis* species and cultivars  
*D. caerulea*, *Dianella revoluta*, *D. tasmanica* species and cultivars  
*Ficinia nodosa*  
*Lomandra micrantha*, *L. multifida* and cultivars  
*Poa hiemata* *Stypandra glauca*  
*Themeda triandra*  
*Armeria maritima*  
*Sisyrinchium* cultivars  
*Iris unguicularis*  
*Liriope* species and cultivars  
*Ophiopogon japonicus*



1. **Rivestimento**, Alucobond
2. **Base**, legno sandwich
3. **Divisori**, legno cemento
4. **Vasche**, vetroresina
5. **Sistema di drenaggio**, PVC

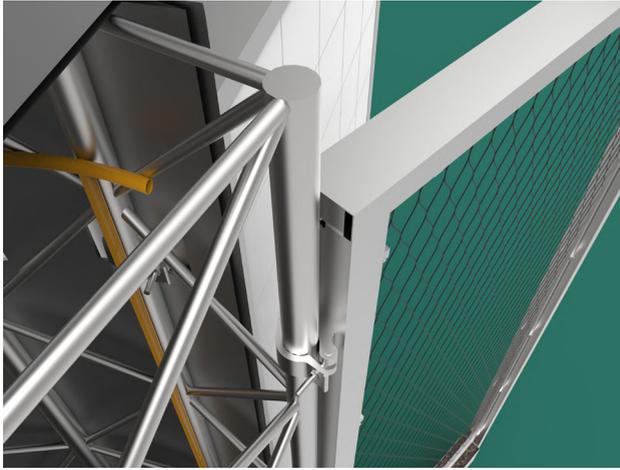


La base garantisce stabilità alla struttura grazie al fissaggio al **plinto interrato**. La sua funzione è centrale nel sistema modulare scaricando a terra il peso di tutti gli elementi del sistema.



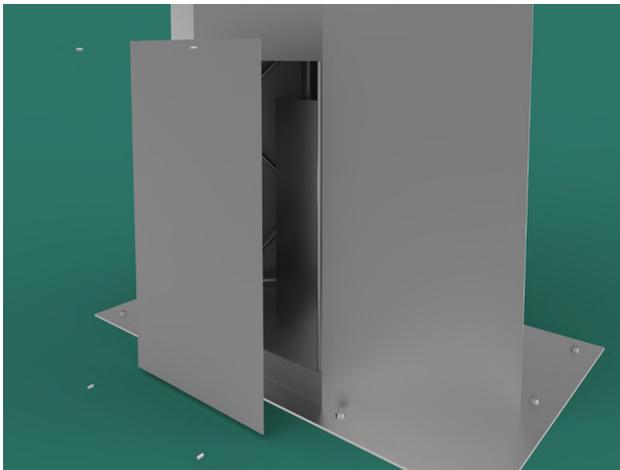
### Struttura

L'interno della base è costituito da una struttura tubolare in acciaio, rivestita da pannelli di Alucobond. Il rivestimento presenta diverse fessure dalle quali passano i tubi di irrigazione e si connettono i pannelli.



### Giunti base-pannelli

Grazie a dei giunti Aliscaf la struttura base si collega ai pannelli, scaricando il peso sostenuto da questi a terra.



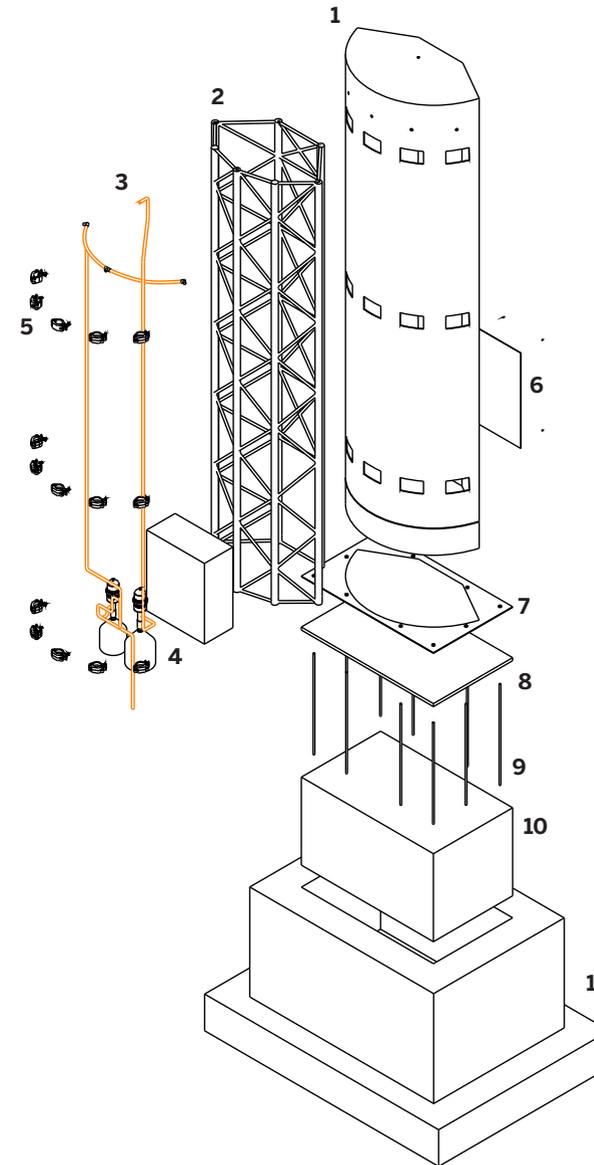
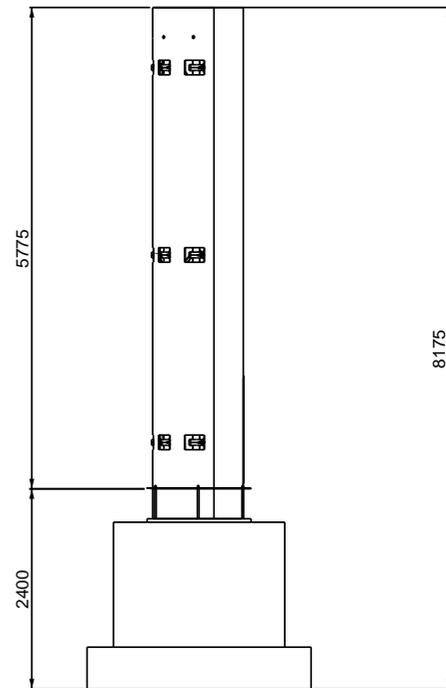
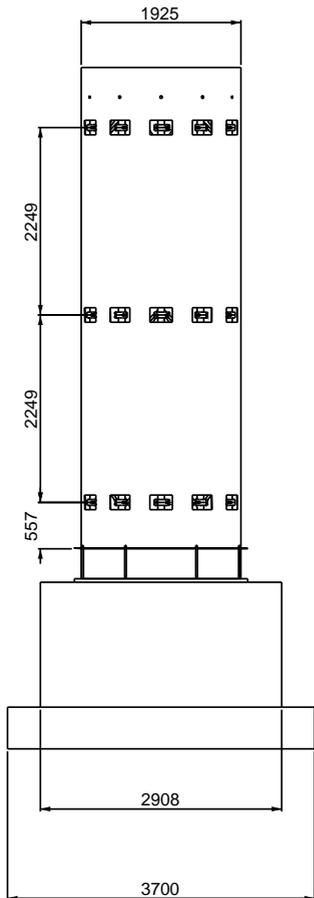
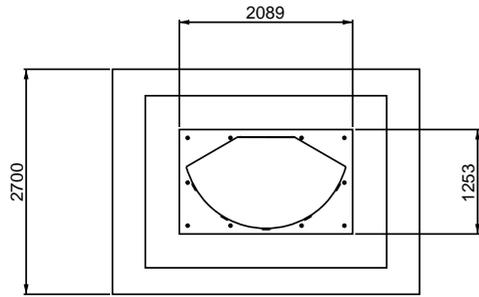
### Pannello manutenzione

Sul retro della base è presente un pannello rimovibile che serve agli addetti alla manutenzione per accedere all'interno della struttura.



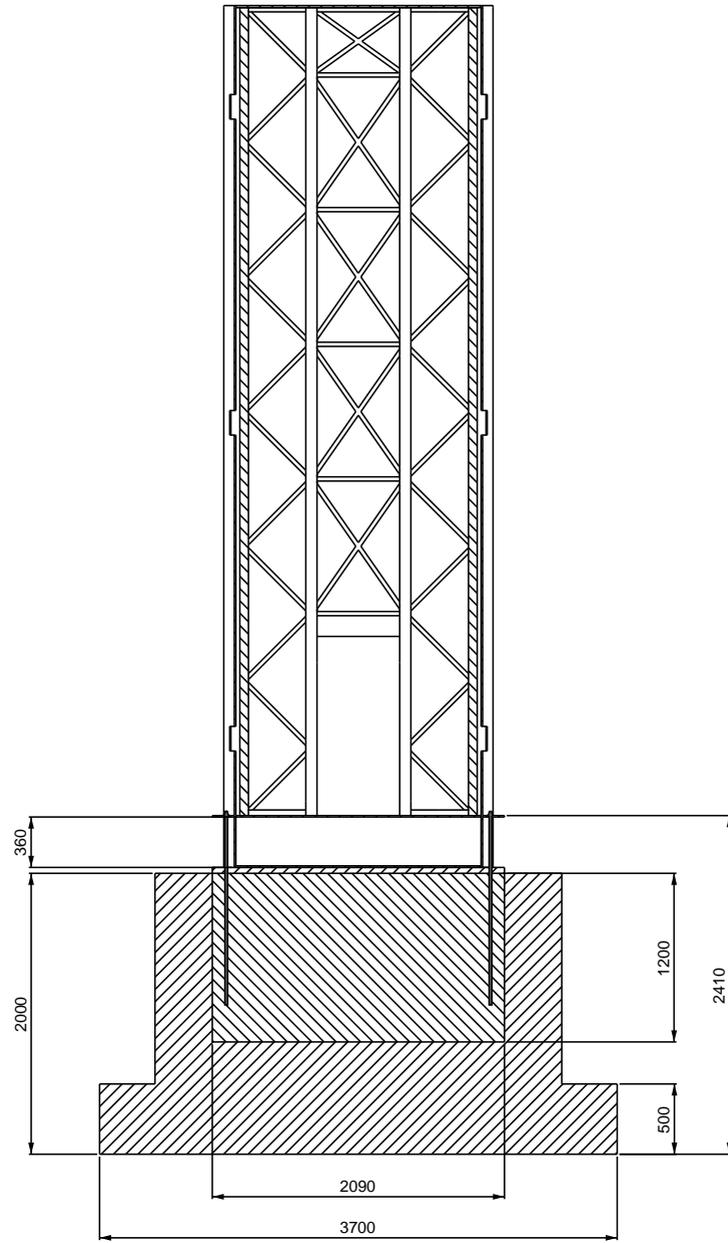
### Irrigazione

All'interno della base è presente il serbatoio del fertilizzante e la pompa di irrigazione, da cui partono i tubi che, ancorandosi ai tubolari della struttura, portano acqua e nutrienti a tutte le piante del sistema. È presente un secondo contenitore, che raccoglie l'acqua in eccesso che arriva dal sistema di drenaggio del tetto per rimetterla poi in circolo nel sistema.

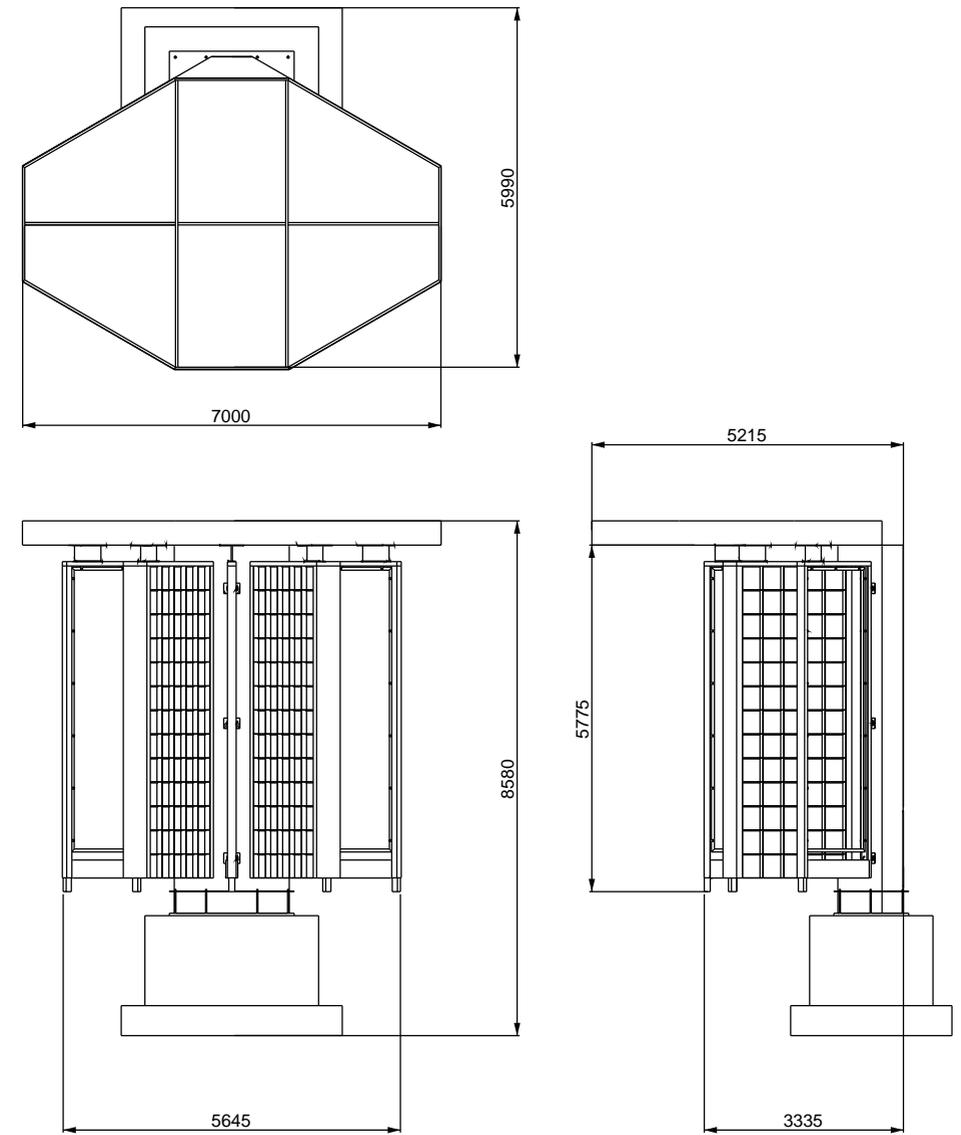


1. **Rivestimento**, Alucobond
2. **Struttura reticolare**, acciaio estruso zincato
3. **Tubo irrigazione**, PVC, stamp. iniezione
4. **Sistema di irrigazione automatico**
5. **Giunti aliscaf**, acciaio
6. **Pannello rimovibile**, acciaio estruso zincato
7. **Piastra di ancoraggio**, acciaio zincato
8. **Sottopiastra di livellamento**, acciaio zincato
9. **Tirafondi**, acciaio
10. **Getto di riempimento**, cemento
11. **Plinto**, cemento

## Tavola tecnica - Sezione Plinto



## Tavola tecnica - Assieme

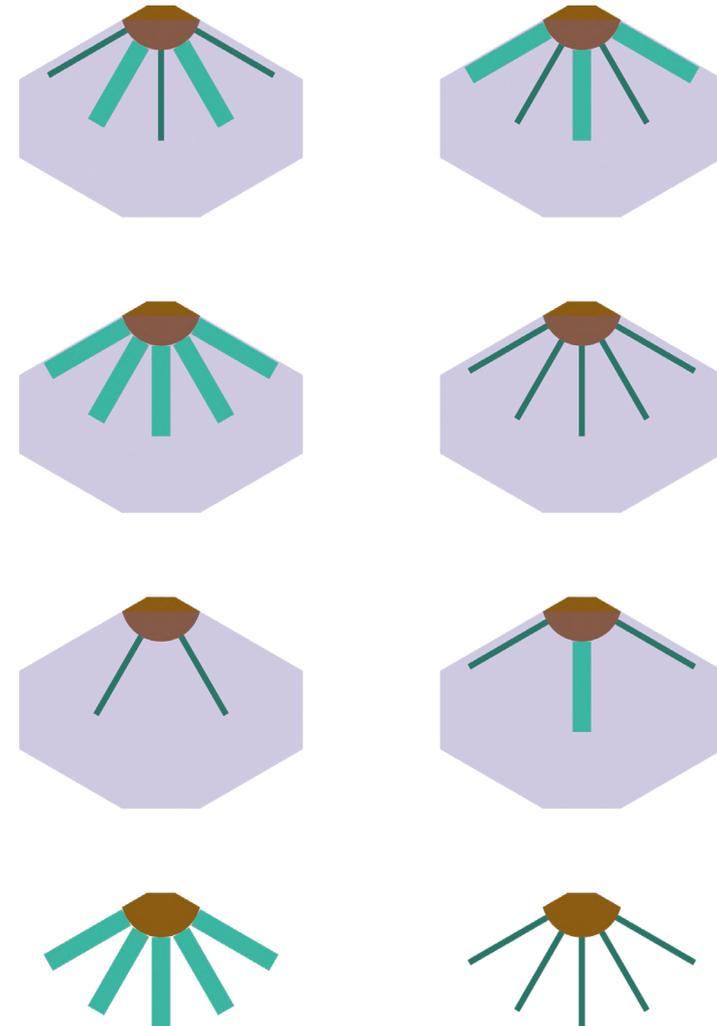
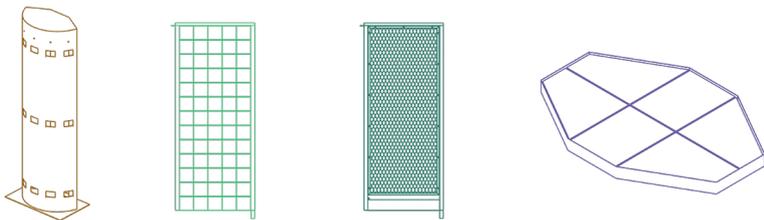


## Configurazioni

Uno degli elementi fondamentali del progetto è la modularità, che permette all'utente finale di configurare il sistema più adatto alle proprie esigenze.

Il sistema si compone di quattro moduli:

- 1. La base:** che funge da fulcro. Contiene il sistema di irrigazione e scarica a terra il peso dell'intera struttura.
- 2. Il pannello green wall:** che contiene un sistema a vasche con substrato di crescita pronto ad accogliere diverse speci, dai muschi alle piccole piante sempre verdi. Offre una copertura totale della superficie.
- 3. Il pannello green facade:** che favorisce la crescita di piante rampicanti a partire dal vaso alla base. Anche in questo caso esistono diverse tipologie di piante rampicanti, dai diversi colori, copertura e tasso di crescita. A differenza del pannello green wall la copertura della superficie è meno omogenea.
- 4. La copertura green roof:** che non richiede manutenzione e fornisce ombra alla base. È possibile piantarvi piante perenni, piante grasse e a bassa crescita.



Partendo dalla base, elemento fisso nel sistema, è possibile scegliere come configurare gli altri elementi: quale tipologia di verde verticale più si adatta alle esigenze del sito e se inserire o meno il tetto. La presenza del tetto è in ogni caso consigliata per la creazione di una maggiore zona d'ombra.

La forma stessa del sistema suggerisce diversi modalità di accostamento degli stessi. Il tetto ha una forma ottagonale che permette l'accostamento dei lati sia in una conformazione lineare che in una radiale.

La conformazione lineare è pensata per percorsi pedonali, viali in cui non è possibile piantare alberi o per confinare uno spazio. Le conformazioni radiali sono pensati per le piazze o gli spazi più ampi.



4

**Bibliografia**

## Bibliografia:

[https://www.growinggreenguide.org/wp-content/uploads/2014/02/growing\\_green\\_guide\\_ebook\\_130214.pdf](https://www.growinggreenguide.org/wp-content/uploads/2014/02/growing_green_guide_ebook_130214.pdf)

<https://www.bauder.co.uk/getmedia/b3149150-d29a-4ee6-9e40-d3ceb9d9f89f/Extensive-Green-Roof-Vegetation.pdf>

## Sitografia:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Tactical\\_urbanism](https://en.wikipedia.org/wiki/Tactical_urbanism)

[https://www.behance.net/gallery/40153755/Stations?tracking\\_source=search\\_projects\\_recommended%7Cstations](https://www.behance.net/gallery/40153755/Stations?tracking_source=search_projects_recommended%7Cstations)

<https://www.archdaily.com/tag/hello-wood>

[https://www.researchgate.net/publication/282356895\\_Urban\\_Design\\_Guidelines\\_to\\_Mitigate\\_Urban\\_Heat\\_Island\\_UHI\\_Effects\\_In\\_Hot-Dry\\_Cities](https://www.researchgate.net/publication/282356895_Urban_Design_Guidelines_to_Mitigate_Urban_Heat_Island_UHI_Effects_In_Hot-Dry_Cities)

<https://www.designboom.com/project/unity/>

<https://www.dezeen.com/2012/07/05/escale-numerique-by-mathieu-lehanneur-and-jcdecaux/>

<https://www.dezeen.com/2020/07/20/stefano-boeri-superverde-trees-street-furniture/>

<http://www.is-architects.com/looped-in/4lceh1jb7s8orv9sxt8wkyu8pqg8cc>

<https://patricknadeau.com/projets/#nature-individuelle--relief--680>

<https://www.dezeen.com/2016/09/30/smog-free-tower-daan-roosegaarde-beijing-china/>

[https://www.researchgate.net/publication/283515262\\_Evapotranspiration\\_variability\\_of\\_different\\_plant\\_types\\_at\\_romanian\\_experimental\\_evapometric\\_measurement\\_stations](https://www.researchgate.net/publication/283515262_Evapotranspiration_variability_of_different_plant_types_at_romanian_experimental_evapometric_measurement_stations)

<https://it.wikipedia.org/wiki/Evapotraspirazione>

<https://www.dezeen.com/2018/03/21/moss-covered-citytree-bench-combats-urban-pollution-london-uk/amp/>

<https://greencitysolutions.de/en/products/#section2>

<https://www.behance.net/gallery/9121777/Ameba>

<https://www.kickstarter.com/projects/briiv/briiv-the-worlds-most-sustainable-air-filter>

<https://www.vanillamagazine.it/il-pannello-citytree-purificanta-aria-inquinata-quanto-un-intera-foresta/>

<https://divisare.com/projects/332409-atelier-starzak-strebicki-courtyard-city-hall>

<https://www.artformurban.co.uk/triangle-planter.html>

<https://inhabitat.com/noriega-street-parklet-is-a-succulent-meeting-spot-crafted-by-the-community-in-san-francisco/>

<https://www.metalco.it/prodotto/isolaurbana-sedute-e-fioriere/>

<https://www.outdoordesign.com.au/news-info/urban-canopee-has-come-to-australia/7875.htm>

[https://www.wedemain.fr/Des-canopees-urbaines-pour-rafraichir-Toulouse\\_a3792.html?fbclid=IwAR12s2a9tV5U6\\_FzGjIq\\_xsx4-YwzLEruut1sVJWp8vE7zXz4Do\\_tELQT3o](https://www.wedemain.fr/Des-canopees-urbaines-pour-rafraichir-Toulouse_a3792.html?fbclid=IwAR12s2a9tV5U6_FzGjIq_xsx4-YwzLEruut1sVJWp8vE7zXz4Do_tELQT3o)

<https://www.mosmuur.be/en/luchtzuivering/>

<https://www.mosswalls.com/articles>

<http://www.arpato.toscana.it/notizie/notizie-brevi/2016/pure-air-zone-progetto-per-purificare-laria-a-torino>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Hypnum\\_cupressiforme](https://en.wikipedia.org/wiki/Hypnum_cupressiforme)

<https://en.wikipedia.org/wiki/Moss>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Green\\_wall](https://en.wikipedia.org/wiki/Green_wall)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Green\\_roof](https://en.wikipedia.org/wiki/Green_roof)

[https://it.wikipedia.org/wiki/Inquinamento\\_atmosferico#:~:text=L'Inquinamento%20atmosferico%20%C3%A8%20una,caratteristiche%20naturali%20dell'atmosfera%20terrestre.&text=L'inquinamento%20dell'aria%20esterna,milioni%20di%20morti%20ogni%20anno.](https://it.wikipedia.org/wiki/Inquinamento_atmosferico#:~:text=L'Inquinamento%20atmosferico%20%C3%A8%20una,caratteristiche%20naturali%20dell'atmosfera%20terrestre.&text=L'inquinamento%20dell'aria%20esterna,milioni%20di%20morti%20ogni%20anno.)

<https://it.wikipedia.org/wiki/Fitorisanamento>

<https://it.wikipedia.org/wiki/Fitodepurazione>

<https://it.wikipedia.org/wiki/Fotocatalisi>

[https://it.wikipedia.org/wiki/Biossido\\_di\\_titanio](https://it.wikipedia.org/wiki/Biossido_di_titanio)

<https://www.biotope.uk.com/portfolio/?type=exterior>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Hemp#Plastic\\_and\\_composite\\_materials](https://en.wikipedia.org/wiki/Hemp#Plastic_and_composite_materials)

<https://en.wikipedia.org/wiki/Hempcrete>

<https://www.infobuild.it/approfondimenti/materiali-isolanti-naturali-una-scelta-eco-friendly/#fibra-canapa-soluzione-innovativa>

<https://www.biotope.uk.com/>

<https://www.architonic.com/en/project/camilo-restrepo-arquitectos-orquideorama/5100749>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969715308500>

<https://www.architonic.com/en/project/camilo-restrepo-arquitectos-orquideorama/5100749>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969715308500>

<https://land8.com/top-10-plants-for-an-extensive-green-roof/>

<https://architizer.com/blog/product-guides/product-guide/green-roofs/>

<https://architizer.com/blog/product-guides/product-guide/eantka-green-walls/>

Università degli studi di Camerino  
Scuola di Ateneo Architettura e Design — Ascoli Piceno  
Corso di Laurea in Disegno Industriale e Ambientale

**TESI DI LAUREA/** titolo della tesi  
a.a. 2019/2020

Simone Argentesi

