



Università degli Studi di Ferrara

DOTTORATO DI RICERCA IN "TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA"

CICLO XXII

COORDINATORE Prof. Graziano Trippa

SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO PER IL CONTROLLO MICROCLIMATICO DELL'AMBIENTE COTRUITO

Settore Scientifico Disciplinare ICAR/12

Dottorando

Dott. Olivieri Michele

(firma)

Tutore

Prof. Zaffagnini Theo

(firma)

Anni 2007/2009

1. IL VERDE IN AMBIENTE COSTRUITO	pag. 1
1.1 INTRODUZIONE	» 1
1.2 IL CONCETTO DI QUALITA' URBANA	» 6
1.3 L'IMPORTANZA DEL VERDE NEI CENTRI URBANI	» 10
1.3.1 Funzione e potenzialità del verde per il controllo microclimatico dei centri urbani	» 10
1.3.2 Esperienze di normazione per la regolazione dell'impiego degli involucri verdi in funzione del controllo della qualità ambientale nei centri urbani	» 13
1.4 IL VERDE APPLICATO ALL'INVOLUCRO EDILIZIO COME AMBITO D'INTERESSE SCIENTIFICO	» 20
2. LE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO	» 31
2.1 SUPERFICI VEGETALI COME COMPONENTE TECNOLOGICO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	» 31
2.2 CARATTERISTICHE DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO	» 33
2.2.1 Provenienza e distribuzione geografiche	» 33
2.2.2 Forma e Portamento	» 34
2.2.3 Caratteristiche del manto vegetale	» 35
2.2.3.1 Sviluppo in altezza ed in ampiezza del manto vegetale	» 36
2.2.3.2 Tempi di crescita del manto vegetale	» 39
2.2.3.3 Densità del manto vegetale	» 43
2.2.4 Caratteristiche delle foglie	» 48
2.2.4.1 Caratteristiche geometriche e dimensionali delle foglie	» 49
2.2.4.2 Caratteristiche superficiali delle foglie	» 50
2.2.4.3 Fototropismo delle foglie	» 52
2.2.4.4 Stagionalità delle foglie	» 54
3. VARIABILI TECNOLOGICHE DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO	» 59
3.1 LE MODALITA' DI COLTIVAZIONE COME SPARTIACQUE TECNOLOGICO	» 59
3.2 LA COLTIVAZIONE IN TERRA DELLE SUPERFICI VEGETALI	» 61
3.2.1 Introduzione	» 61
3.2.2 La gestione della coltivazione in terra	» 61
3.2.2.1 Scelta del sito	» 63
3.2.2.2 Impianto	» 65
3.2.2.3 Fabbisogno idrico e nutritivo	» 68
3.2.2.4 Potature e riproduzione	» 71
3.2.2.5 Avversità ed esigenze pedologiche	» 76
3.3 VARIABILI TECNOLOGICHE NELL'IMPIEGO DI SUPERFICI VEGETALI COLTIVATE IN TERRA	» 80
3.3.1 La scelta del substrato di coltura	» 80
3.3.1.1 Coltivazione in piena terra	» 81

3.3.1.2	Coltivazioni in vaso	»	83
3.3.2	La scelta della componente vegetale	»	87
3.3.2.1	Piante che necessitano di superfici di ancoraggio	»	90
3.3.2.2	Piante che necessitano di strutture di sostegno	»	92
3.3.3	La scelta della componente strutturale	»	96
3.3.3.1	Le superfici di ancoraggio	»	96
3.3.3.2	Le strutture di sostegno	»	100
3.4	COLTIVAZIONE FUORI SUOLO O IDROPONICA	»	113
3.4.1	Introduzione e classificazione	»	113
3.4.1.1	Evoluzione storica e caratteristiche delle tecniche per la coltivazione fuori suolo	»	113
3.4.1.2	Classificazione delle tecniche per la coltivazione fuori suolo	»	116
3.4.2	La gestione delle coltivazione fuori suolo	»	127
3.4.2.1	Standardizzazione della produzione	»	127
3.4.2.2	Costi di impianto e necessità di personale tecnico specializzato	»	131
3.4.2.3	Gestione degli apporti idrici e nutritivi delle piante e razionalizzazione del lavoro	»	133
3.4.2.4	Dismissione e smaltimento dei materiali impiegati	»	136
3.5	VARIABILI TECNOLOGICHE NELL'IMPIEGO DI SUPERFICI VEGETALI COLTIVATE FUORI SUOLO	»	139
3.5.1	La scelta del sub strato di coltura	»	139
3.5.1.1	Definizione e classificazione	»	139
3.5.1.2	I sub strati organici	»	146
3.5.1.3	I sub strati inorganici	»	153
3.5.1.4	Il feltro	»	156
3.5.2	La scelta della componente vegetale	»	157
3.5.2.1	Definizione e classificazione	»	157
3.5.2.2	Le piante epifite	»	164
3.5.2.3	Le piante xerofite	»	167
3.5.2.4	Le piante tappezzanti	»	171
3.5.2.5	I tappeti erbosi	»	174
3.5.3	La scelta della componente strutturale	»	180
3.5.3.1	Definizione e classificazione	»	180
3.5.3.2	Strutture di sostegno	»	181
3.5.3.3	Strutture di contenimento per sub strato di coltura ed apparato Radicale	»	183
3.5.3.4	Impianti per la fertirrigazione	»	189
4.	FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO DELL'AMBIENTE COSTRUITO DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO	»	191
4.1	INTRODUZIONE E CLASSIFICAZIONE DELLE FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO	»	191
4.2	I SISTEMI AMBIENTALI INTERESSATI DALLE FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO	»	195
4.3	L'ANALISI DELLE FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO	»	197

4.4	FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO	»	198
4.4.1	Schermatura dalla radiazione solare	»	199
4.4.2	Controllo della temperatura dell'aria	»	214
4.4.3	Controllo dell'umidità dell'aria attraverso il processo di evapotraspirazione	»	226
4.5	FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE	»	231
4.5.1	Isolamento termico dell'edificio	»	232
4.5.2	Protezione degli involucri edilizi dagli agenti atmosferici	»	239
4.5.3	Variazione della velocità del vento	»	244
5.	TECNOLOGIE PER L'APPLICAZIONE DI SUPERFICI VEGETALI ALL'INVOLUCRO EDILIZIO	»	251
5.1	LE RAGIONI DI UNA CLASSIFICAZIONE DELLE PARETI VERDI A PARTIRE DALLE ALTERNATIVE TECNOLOGICHE DI INTEGRAZIONE TRA VERDE ED INVOLUCRO EDILIZIO	»	251
5.2	CRITERI DI SCHEDATURA	»	255
5.2.1	Criteri di schedatura dei prodotti finalizzati all'applicazione di specie vegetali in terra	»	255
5.2.2	Criteri di schedatura dei prodotti finalizzati all'applicazione di specie vegetali fuori terra	»	258
5.2.3	Criteri di schedatura delle componenti vegetali	»	262
5.3	SCHEDATURA DELLE TECNOLOGIE PER L'APPLICAZIONE DI VEGETALI ALL'INVOLUCRO EDILIZIO	»	267
5.3.1	Schedatura delle strutture di sostegno all'involucro edilizio presenti sul mercato per l'applicazione di manti vegetali coltivati in quota o a terra	»	267
5.3.2	Schedatura delle categorie di specie vegetali rampicanti o adatte alla coltivazione su sub strati posti in verticale	»	297
6.	L'EFFICACIA DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO NEL CONTROLLO MICROCLIMATICO DELL'AMBIENTE COSTRUITO	»	341
6.1	STORIA DELLE VERIFICHE SPERIMENTALI SULL'EFFICACIA DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO PER IL CONTROLLO MICROCLIMATICO DELL'AMBIENTE COSTRUITO	»	341
6.2	VERIFICHE SPERIMENTALI DELL'EFFICACIA DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO PER IL CONTROLLO MICROCLIMATICO DELL'AMBIENTE COSTRUITO	»	347
6.2.1	Caratteristiche della parete	»	348
6.2.2	Caratteristiche e posizionamento della strumentazione	»	352
6.2.3	Analisi dei dati raccolti	»	361
6.2.4	Valutazioni conclusive sui dati raccolti	»	367

7. ANALISI DEI CASI BEST PRACTICES	»	369
7.1 IL CONTROLLO MICROCLIMATICO DELL'AMBIENTE COSTRUITO COME MOTORE DI INNOVAZIONE NELLA RECENTE SPERIMENTAZIONE ARCHITETTONICA	»	371
7.1.1 Edificio ex Ducati, Rimini Italia	»	372
7.1.2 Lo Showroom CR Land Guanganmen Green Technology, Pechino Cina	»	374
7.2 L'ECOLOGIA DELL'AMBIENTE COSTRUITO COME MOTORE DI INNOVAZIONE PER L'APPLICAZIONE DI SUPERFICI VEGETALI ALL'INVOLUCRO EDILIZIO	»	376
7.2.1 Superfici vegetali applicate all'involucro edilizio per il miglioramento della qualità dell'aria dell'ambiente costruito	»	379
7.2.2 Eco-Boulevard, Madrid Spagna	»	382
7.2.3 Superfici vegetali applicate all'involucro edilizio per la gestione delle risorse idriche nell'ambiente costruito	»	384
7.2.4 Edificio Harmonia 57, San Paolo Brasile	»	385
8. CONCLUSIONI	»	407
9. BIBLIOGRAFIA RAGIONATA	»	413

1. IL VERDE IN AMBIENTE COSTRUITO

1.1 INTRODUZIONE

INQUADRAMENTO DELL'AMBITO DI RICERCA

Il tema dell'applicazione di superfici vegetali all'involucro edilizio è da alcuni anni a questa parte al centro di crescente interesse non soltanto da parte di progettisti. Botanici ed artisti, ma di numerosi operatori del mercato delle costruzioni, disposti ad investire risorse e tempo nello sviluppo di queste tecnologie.

L'affermarsi di tale fenomeno si può sostanzialmente ricondurre alla concomitanza di due fattori, il primo dei quali chiama in causa l'eccezionale qualità e varietà estetica che un rivestimento vegetale può conferire all'involucro di un edificio. Questo costituisce tra l'altro il motivo dell'enorme successo mediatico ottenuto dalle lussureggianti composizioni idroponiche dell'estroso botanico francese Patrick Blanc.

Attraverso la sperimentazione di tecniche innovative¹ Blanc, ha saputo ricostruire sulle pareti delle principali capitali d'Europa le suggestive e coloratissime composizioni di piante epifite caratteristiche delle foreste subtropicali, rivoluzionando di fatto completamente nell'immaginario collettivo l'idea stessa di parete vegetale, sino a quel momento dominata dall'immagine ben consolidata nella nostra tradizione dalle voluminose chiome delle più comuni piante rampicanti.

¹ Le pareti prodotte tramite il sistema brevettato dal botanico francese Patrick Blanc già nel 1988 sono ancora oggi tra i numerosi prodotti proposti dal mercato, quelli che maggiormente si avvicinano a delle vere applicazioni idroponiche, utilizzando come substrato di coltura, solamente un sottile strato di feltro inumidito da un sistema di irrigazione automatico



Immagine 01.

Festa della locanda.
Affresco del Collegio D Filippi di Varese
Si noti la presenza di una struttura per il sostegno di una vite su una delle case rappresentate

Il secondo fattore fondamentale a comprendere la crescente attenzione rivolta nei confronti di tecnologie e prodotti per la creazione di pareti verdi, è determinata dalla domanda di tecnologie a basso impatto ambientale che in questi anni sta orientando le strategie di mercato della quasi totalità dei settori produttivi e che crea le premesse ideali allo sviluppo di tecnologie ibride² che consentano l'impiego di elementi naturali per migliorare l'efficacia di oggetti artificiali.

² Scudo Gianni, dall'Introduzione al testo : di Bellomo Antonella, Pareti verdi: linee guida alla progettazione , Sistemi editoriali, 2003, Napoli

Non rientra tra gli obiettivi di questo lavoro l'analisi sociologica della natura e della qualità del fenomeno appena descritto. Che il successo degli involucri naturalizzati sia o meno riconducibile ad una moda, resta il fatto che la rivoluzione in corso nell'ambito dell'integrazione tra elementi edilizi e naturali, ha spalancato una serie di scenari tecnologici innovativi che meritano di essere studiati con attenzione.

Se da un lato, le tecnologie finalizzate all'inverdimento parietale oggi disponibili sul mercato, offrono ai progettisti l'inedita possibilità di trasformare il piano di facciata in un campo di coltura per una enorme varietà di specie vegetali, estendendo i confini del verde urbano all'abbondante riserva di superfici verticali che caratterizza l'orografia artificiale delle nostre città. D'altra parte, l'impiego di substrati di coltura sempre più leggeri e sottili per essere più facilmente integrati agli involucri degli edifici, genera inevitabilmente degli effetti negativi sui manti vegetali che ospitano, rendendo necessario il ricorso ad una serie di onerose integrazioni impiantistiche che fanno lievitare i costi di queste tecnologie, ed ostacolandone la diffusione.

Si è in oltre rilevato, come a dispetto dell'enorme potenziale in termini di controllo microclimatico spesso prospettato da progettisti e produttori in favore dell'impiego di rivestimenti naturali in facciata, esistono notevoli lacune in merito alla disponibilità di dati scientifici concreti, che possano attestare l'effettiva efficacia, almeno per quanto concerne le più recenti tecnologie basate sull'impiego di substrati di coltura posto in verticale lungo il piano di facciata .

Il presente lavoro di ricerca intende approfondire e fare chiarezza sugli aspetti tecnologici e funzionali legati all'impiego di pareti naturalizzate per il controllo microclimatico degli spazi costruiti, tentando di colmare almeno in parte le suddette lacune.

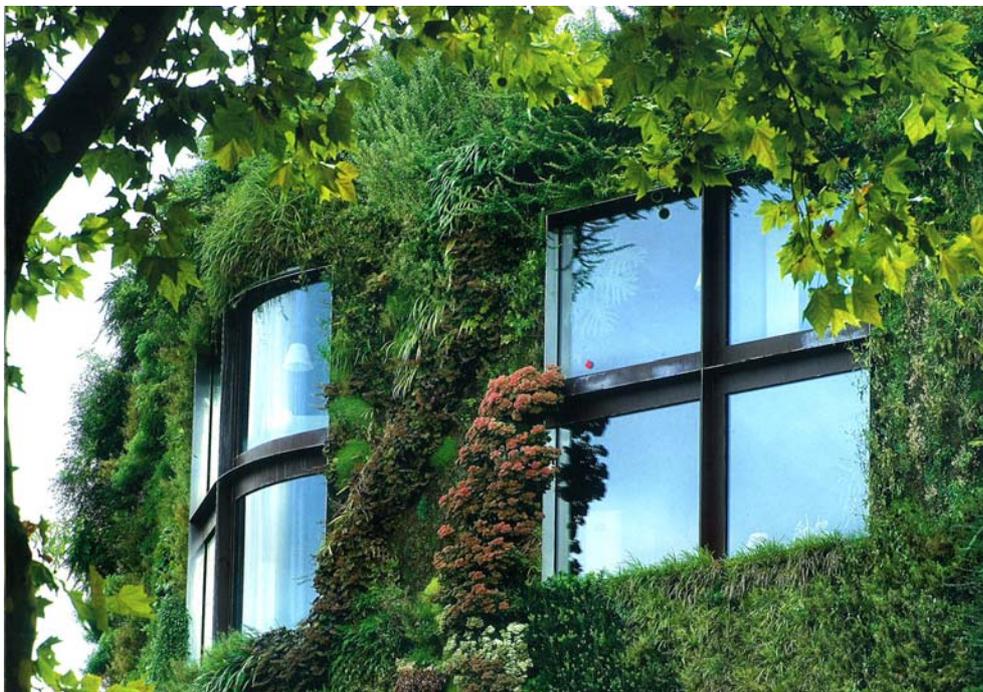


Immagine 02.

Dettaglio di facciata progettata da Patrick Blanc per il Quai Branly Museum di Jean Nouvel nel2004.

Obiettivi della ricerca

Il principale obiettivo della presente ricerca, è quello di contribuire a delineare le reali prospettive di diffusione su vasta scala, degli involucri naturalizzati, fornendo un quadro completo riguardante lo stato dell'arte delle alternative tecnologiche ad oggi reperibili sul mercato (in termini di sistemi di sostegno, substrati di coltura e scelta delle specie vegetali più adatte allo sviluppo parietale) e tentando di definire, col supporto di dati sperimentali, dei chiari confini prestazionali in termini di controllo microclimatico dell'ambiente costruito per le suddette tecnologie.

Si intende inoltre, attraverso la lettura incrociata dei dati raccolti e l'analisi di alcuni casi studio, selezionati come *best practices* tra le più recenti sperimentazioni architettoniche sul tema del verde verticale, individuare alcune possibili direttrici di sviluppo per la progettazione di nuovi involucri naturalizzati nel prossimo futuro.

Definizione dei limiti della ricerca

Trattando di tecnologie al confine tra diversi ambiti disciplinari come quelle degli involucri naturalizzati, è stato necessario porre in essere una serie di precise limitazioni del campo di indagine.

Nel corso della presente ricerca sono state analizzate esclusivamente le tecnologie finalizzate all'applicazione di superfici naturalizzate, sulle componenti dell'involucro edilizio classificabili come chiusure verticali esterne, non risultano dunque comprese nei limiti di questo studio i sistemi per la creazione di tetti verdi, o giardini pensili intensivi ed estensivi.

La scelta dei prodotti analizzati è stata effettuata sulla base di una analisi di mercato a scala internazionale, cercando di raccogliere informazioni relative al maggior numero possibile di alternative tecnologiche disponibili sul mercato, mentre si è rivelato necessario ricorrere a limitazioni di campo per la selezione delle piante più adatte all'impiego parietale, la cui scelta è stata limitata alle specie diffuse in ambito nazionale.

Relativamente alla selezione dei prodotti analizzati, va precisato che nei casi in cui si sia riscontrata l'esistenza di soluzioni tecnologicamente affini in tutte le loro componenti (situazione riscontrata con una certa frequenza nel corso della ricerca), si è privilegiata l'analisi di produttori italiani o europei, allo scopo di agevolare il reperimento di informazioni utili alla schedatura di tali prodotti.

Metodologia e fasi della ricerca

Il metodo scelto per lo sviluppo del lavoro, ha previsto una prima fase di ricerca ed analisi bibliografica, accompagnata dal confronto diretto con ricercatori, docenti universitari e rappresentanti di imprese produttrici e fornitrici di componenti verdi di facciata. Attraverso questa prima serie di studi ed incontri è stato possibile maturare le conoscenze necessarie ad affrontare consapevolmente gli aspetti tecnologici peculiari del progetto del verde verticale, acquisendo una serie di competenze specifiche, di integrazione a quelle proprie della formazione tecnica e teorica di un architetto.

Questo approccio, al progredire dalla ricerca ha dimostrato grande utilità per la gestione degli esiti sperimentali e valutativi della tesi, ed ha consentendo di impostare un confronto il più possibile paritetico con docenti e tecnici afferenti alle diverse aree disciplinari coinvolte dalla ricerca, indispensabile alla redazione di un quadro dello stato dell'arte in merito alle variabili tecnologiche per la creazione di involucri naturalizzati .

Ciò ha permesso di individuare alcune lacune nella conoscenza delle più recenti tecnologie sviluppate per questo settore, in particolare sul piano delle prestazioni per il controllo della qualità microclimatica dell'ambiente costruito da esse offerto.

Alle suddette lacune si è tentato di dare risposta programmando e ponendo in essere una apposita campagna di misurazioni strumentali, eseguite attraverso l'impiego di una parete di studio appositamente predisposta.

Si sono in fine individuate ed analizzate nella maggior parte dei casi attraverso sopralluoghi diretti, una serie di casi *best practices*, ritenuti indicativi dei possibili scenari di sviluppo tecnologico per la costruzione di pareti naturalizzate nel prossimo futuro.

1.2 IL CONCETTO DI QUALITÀ URBANA

Offrire una definizione esaustiva al concetto di qualità urbana appare un'impresa ardua persino per quanti quotidianamente se ne occupano e d'altronde tale finalità non rientra specificatamente tra gli obiettivi del presente studio. Risulta tuttavia imprescindibile affrontare tale definizione, per via del ruolo fondamentale che la domanda di qualità ambientale all'interno delle nostre città ha giocato nella diffusione delle tecnologie di facciata qui analizzate.

All'inizio degli anni '80 Mario Zaffagnini scriveva a proposito della qualità urbana, che essa non si identifica necessariamente con una serie di fattori sia pure fondamentali come il rispetto delle previsioni e degli indici di piano o con la qualità dei singoli edifici e delle singole iniziative di politica sociale che possono accompagnare determinati passaggi dello sviluppo di una città.

Ma si può piuttosto identificare in un equilibrio tra tutte questi fattori ed altri ancora, "equilibrio tra tradizione e innovazione, tra sfera privata e spazi collettivi, tra residenza e servizi, tra riposo e lavoro"³ un insieme sfaccettato e complesso, ma capace di valorizzare la qualità di singoli elementi "il colore dei muri, la tessitura delle pavimentazioni stradali, i dislivelli tra i percorsi o la vite americana che copre la parete in fondo alla via".

La qualità urbana è insomma frutto di una condizione sistemica e diffusa, che permette attraverso la coesistenza di numerosi fattori piccoli e grandi il raggiungimento di paradigmi che si alternano nel corso del tempo.

Relativamente alla qualità degli spazi urbani, "si è assistito nel corso dell'ultimo secolo al susseguirsi di una serie di modelli di riferimento, a partire dal paradigma igienista del secolo XIX e passando per quello funzionalista proposto dal movimento moderno"⁴, sino ad arrivare ad un approccio più sensibile alla dimensione umana e che punta sulla qualità ambientale diffusa degli spazi pubblici per strutturare quella dell'intera città.

³ Zaffagnini Mario, modelli abitativi e utenza

⁴ Scudo G., "qualità ambientale nella progettazione microurbana: il contributo dell'approccio bioclimatico alla sostenibilità", da: Logora Alessandro, Dessì Valentina (a cura di), Il comfort ambientale negli spazi aperti, Edicom Edizioni, Stampa Editoriale Lloid, San Dorigo della valle (TS), 2005, (pp17-24)



Immagine 03.

Parco Barigui, Curitiba (fonte IPPUC)

Tale approccio che trae origine da importanti sperimentazioni come quella condotta da Bosselmann e dal dipartimento di *city and regional planning* di San Francisco a cavallo degli anni '80 e finalizzata ad individuare delle regole di sviluppo volumetrico del tessuto urbano capaci di garantire il maggior livello possibile di confort sugli spazi aperti e pubblici della città, intende di fatto di lasciarsi alle spalle le rigide norme della pianificazione urbana modernista, cercando all'interno dello stesso tessuto urbano e degli equilibri che ne governano il quotidiano funzionamento gli strumenti più idonei ad orientarne lo sviluppo, per dirla con le parole di Jane Jacobs, "le città sono un immenso laboratorio sperimentale".

Questa visione organica della città, troverà a cavallo tra gli anni '80 e '90 grazie alla forza dei flussi migratori dalle campagne che già da alcuni decenni avevano cominciato ad interessare contesti non ancora toccati dal fenomeno dell'inurbamento in sud america ed in altre parti del mondo, terreni di sperimentazione estremamente fertili, come nel caso della città di Curitiba in Brasile.

Qui attraverso il lavoro di urbanisti provenienti da varie parti del mondo e sotto la guida del giovane sindaco Jaime Lerner anch'egli urbanista, pur facendo parte di un contesto socioeconomico di certo non semplice come

quello brasiliano da sempre fortemente segnato da una grandissima segmentazione sociale, si è riusciti a trasformare una città industrializzata e piuttosto povera di risorse naturali e culturali in un autentico modello di sviluppo per i paesi emergenti e non solo, puntando sulla sinergia di due differenti strategie di sviluppo: da una parte la creazione di una rete di trasporto pubblico su gomma estremamente efficiente e l'uso sapiente della perequazione urbana, permisero di ricucire in pochi anni e con investimenti tutto sommato contenuti un tessuto che sino a quel momento era cresciuto disordinatamente assecondando gli appetiti del mercato immobiliare feroce caratteristico dei contesti in via di sviluppo, e dall'altra, la programmazione negli anni di un gran numero di piccoli interventi di riqualificazione di singoli brani di città: giardinetti, piazze, piccole biblioteche comunali, fontane ed alberi, tanti alberi perché crescendo la città non perdesse mai il contatto con la natura ricca ed esuberante del paesaggio circostante, hanno consentito a Lerner ed al suo entourage di ricostruire l'identità di una città che stava passando in quegli anni attraverso un processo di crescita vertiginoso, a partire dal concetto di qualità diffusa.

Attraverso piccoli interventi di quella che lo stesso Lerner ha recentemente definito una terapia di *agopuntura urbana*⁵, si è riusciti a creare le condizioni necessarie ad instaurare un forte senso di appartenenza alla città, in una popolazione costituita per la grande maggioranza da emigranti di prima generazione, utilizzando la qualità degli spazi urbani come strumento per generare qualità sociale.

⁵ Lerner Jaime, *Acupuntura urbana*, Editora Record, Sao Paulo (BR), 2003

Le esperienze sin qui analizzate hanno in comune alcuni elementi:

- l'importanza attribuita alla qualità ambientale degli spazi urbani, che siano essi pubblici o semipubblici considerati come vere e proprie cartine tornasole della qualità sociale offerta dalle città e rispetto a cui l'impiego consapevole del verde gioca un ruolo di primaria importanza, costituendo una risorsa dalle grandi potenzialità (come vedremo nel corso dei prossimi paragrafi) e decisamente economica.

- L'approccio sistemico al problema della gestione urbana, per cui si tendono a mettere in campo strategie finalizzate a migliorare la qualità della vita nelle città, non tanto e non solo attraverso la progettazione di grandi opere, ma piuttosto facendo leva su di una serie di situazioni puntuali attraverso interventi diretti della pubblica amministrazione, o incentivando il diffondersi di determinati comportamenti individuali tra i cittadini.



Immagine 04.

Praça Carlos Gomes, Curitiba
(fonte Luca Bertacchi)

Questi principi che mettono la gestione della qualità ambientale degli spazi urbani al centro delle politiche di sviluppo delle città, costituiscono una premessa culturale fondamentale a comprendere l'entusiasmo con che ha guidato il recente sviluppo di tecnologie per la creazione di involucri edilizi naturalizzati ⁶ vedendo in esse una ulteriore possibilità di affinamenti per strumenti ed iniziative già oggi in atto e finalizzate alla trasformazione di un gran numero di città nel mondo, dai programmi di incentivo alla creazione di giardini pubblici e tetti verdi nel grande stato di New York attraverso cui l'amministrazione punta all'ambizioso obiettivo di portare un parco a non più di 10 minuti di cammino (800 metri circa) dalle case di tutti gli abitanti dello stato, Manhattan compresa ⁷, fino alla procedura RIE della piccola città di Bolzano che verrà analizzato più dettagliatamente nel corso dei prossimi paragrafi.

⁶ La definizione di involucri naturalizzati, è stata recentemente introdotta da Valeria Tatano, all'interno del testo *Il verde verticale* da lei recentemente curato: Tatano Valeria (a cura di), *Verde: naturalizzare in verticale*, Maggioli, Rimini, 2008

⁷ Cooper Jennifer, *Greenroof, lo sviluppo del verde pensile nello stato di New York*, Saper costruire, Bologna, 15/03/2008

1.3 L'IMPORTANZA DEL VERDE NEI CENTRI URBANI

1.3.1 Funzione e potenzialità del verde per il controllo microclimatico nei centri urbani

Nel corso degli ultimi trenta anni, sono stati numerosi gli studi e le esperienze progettuali attraverso le quali si sono potute testare le potenzialità di alberi e superfici verdi in termini di controllo ambientale e microclimatico degli spazi urbani, portati avanti accogliendo all'interno della pratica progettuale urbanistica i contributi di diverse discipline, dalla progettazione ambientale, alla bioclimatologia, alla psicologia, alla sociologia, allo scopo di cogliere tutte le possibili sfaccettature di tali sperimentazioni, spesso legate in virtù delle risorse economiche ad esse necessarie, alla preparazione di grandi eventi, come nel caso degli expo di Siviglia nel 1992 o Lisbona nel 1998, o delle olimpiadi di Sidney nel 2000, o in occasione di spettacolari interventi di recupero di aree caratterizzate da forte degrado ambientale, come nel caso del Duisburg-nord landscape park , meraviglioso parco realizzato sulle ceneri di un grande complesso siderurgico nella periferia della città di Duisburg in Germania.



Immagine 05.

Duisburg-nord landscape park, Duisburg, Germania
(fonte da: AAVV, Grundswell: constructing the contemporary landscape, MOMA, New York, 2005)

Ma negli spazi abitati, l'impiego di elementi naturali come piante ed acqua per migliorare le condizioni ambientali e microclimatiche costituisce di fatto una pratica antica e consolidata.

Nel caso del verde in particolare, le sue funzioni relativamente alla gestione qualitativa dello spazio costruito, sono sempre state molteplici, a cominciare da quelle simboliche ed ornamentali, sino a quelle più propriamente riconducibili all'ambito del controllo ambientale, tra queste solo alcune sono state fino ad oggi riconosciute e dimostrate su base scientifica, ed in particolare si tratta delle funzioni di:⁸

⁸ Bellobo A., op. cit.

- controllo microclimatico (temperatura, umidità, ventosità)
- depurazione dell'aria
- produzione di alimenti e fiori
- attenuazione del rumore
- azione antisettica
- difesa del suolo
- depurazione idrica
- conservazione della biodiversità
- benessere psicologico

Ai fini del presente studio si intendono approfondire in particolare i risultati scientifici prodotti dalla ricerca in merito alle funzioni di controllo microclimatico degli spazi costruiti attraverso l'impiego di specie vegetali, per via delle notevoli ricadute che lo studio di tale funzione può comportare in termini di sviluppo e diffusione delle tecnologie per la creazione di involucri vegetali, consentendo di ottenere benefici tanto a scala di edificio migliorandone le condizioni di confort degli spazi interni, quanto a scala urbana, influenzando positivamente anche il microclima degli spazi esterni limitrofi e trasformando di fatto le chiusure degli edifici in elementi attivi a favore della vivibilità delle nostre città.

Per fare questo, è in primo luogo necessario conoscere attraverso quali parametri si misurano le prestazioni di controllo microclimatico di un filtro vegetale applicato agli ambienti costruiti.

Si può dire che in estrema sintesi che “le variabili climatiche che interessano l'integrazione tra vegetazione e costruito sono:

- la radiazione solare(diretta, diffusa e riflessa)
- la radiazione infrarossa terrestre
- l'intensità e direzione del vento

che sono modificate dalla disposizione della vegetazione e dalle caratteristiche della massa fogliare e dalla temperatura dell'aria che è a sua volta modificata dal calore sensibile emesso dalla massa vegetale e dal calore latente dell'evapotraspirazione che modifica anche l'umidità dell'aria”⁹.

Tutto questo rende le piante dei meccanismi di regolazione igrotermica estremamente efficaci, specialmente se impiegate in contesti critici come quelli che generalmente caratterizzano i centri abitati a causa di fenomeni ambientali come quello relativo alla formazione delle isole di calore urbane¹⁰, che pur interessando ampie zone di territorio devono la loro origine esclusivamente all'intervento dell'uomo.

Nel corso dei prossimi capitoli si analizzeranno nel dettaglio tutti i più importanti meccanismi che regolano le finzioni di controllo microclimatico da parte degli organismi vegetali, analizzando anche le principali caratteristiche fisiche che ne determinano l'efficacia e le variabili tecnologiche relative al loro impiego.

⁹ Scudo Gianni, Ochoa de la Torre José Manuel, Spazi verdi urbani. La vegetazione come strumento di progetto per il comfort ambientale negli spazi abitati, Sistemi Editoriali, 2003, Napoli

¹⁰ Nei centri delle grandi città, la concentrazione di aree edificate e le pavimentazioni stradali, unite alla elevata conducibilità termica della maggior parte dei materiali da costruzione, determinano un'assorbimento del 10% in più dell'energia solare rispetto ad un'area ricoperta da vegetazione. L'accumulo dell'energia termica e la difficoltà di disperderla nello spazio sono dovuti alla forma stessa degli spazi urbani, spesso caratterizzati da una edificazione molto densa. A parità di umidità e di temperatura il comfort estivo nelle zone intensamente edificate è ulteriormente compromesso a causa della diminuzione nella densità del vento, stimata a turno al 20/30%. A causa di tali fattori, si genera un sensibile aumento delle temperature medie nello spazio urbano che risulta proporzionale all'ampiezza dell'area edificata e che può variare tra i 2 e 5°C rispetto al terreno naturale. Questo fenomeno viene definito “isola di calore urbana” e favorisce inoltre la formazione di smog e di inquinanti atmosferici.

1.3.2 Esperienze normative per la regolazione dell'impiego di involucri verdi per il controllo della qualità ambientale dei centri urbani

Il grande impatto mediatico e la curiosità generata nel corso degli ultimi anni dalle nuove modalità di applicazione di superfici vegetali agli involucri edilizi, non ha sortito effetti solamente nell'ambito della produzione di tecnologie finalizzate a tale applicazione, ma ha suscitato entusiasmo e risposte a vari livelli istituzionali, e se dal punto di vista della normativa europea e nazionale, non esistono ad oggi strumenti espressamente dedicati alla progettazione di pareti verdi (esiste invece una normativa piuttosto precisa invece in materia di verde pensile, come vedremo nel prossimo paragrafo), un dato interessante riguarda una serie di regolamenti edilizi di città italiane e da alcune iniziative intraprese da varie città nel mondo al fine di incentivare l'impiego tecnologie utili al controllo delle isole di calore urbane come tetti e pareti naturalizzate.

Nel corso di questo paragrafo si analizzano alcune delle più significative esperienze condotte su scala internazionale, europea ed italiana in materia di incentivazione dell'impiego di superfici vegetali applicate all'involucro degli edifici per la gestione del benessere ambientale in aree urbane.



Immagine 06.

La condizione di inquinamento atmosferico urbano, visto da una delle autostrade che dall'aeroporto di Guarulhos portano al centro della città di San Paolo. (fonte Michele Olicieri)

Esperienze in ambito internazionale

Alcune delle esperienze di maggiore interesse vengono dai continenti asiatici ed americani, in cui la dimensione assunta nel corso degli ultimi 40 anni dalle aree urbane rende ancora più urgente la messa a punto di misure di contenimento dei fenomeni legati all'inquinamento atmosferico ed all'impermeabilizzazione del suolo (ed evidentemente la creazione di superfici verdi a ridosso degli involucri edilizi fornisce una se pur parziale risposta ad entrambe queste istanze).

Rank	Metropolitan area	Country	Population	Area (km ²)	Population Density (People/km ²)
1	Tokyo	Japan	32,450,000	8,014	4,049
2	Seoul	South Korea	20,550,000	5,076	4,048
3	Mexico City ^[3]	Mexico	20,450,000	7,346	2,784
4	New York City ^[4]	United States	19,750,000	17,884	1,104
5	Mumbai	India	19,200,000	2,350	8,170
6	Jakarta	Indonesia	18,900,000	5,100	3,706
7	São Paulo	Brazil	18,850,000	8,479	2,223
8	Delhi	India	18,600,000	3,182	5,845
9	Osaka-Kobe-Kyoto	Japan	17,375,000	6,930	2,507
10	Shanghai	People's Republic of China	16,650,000	5,177	3,216
11	Metro Manila	Philippines	16,300,000	2,521	6,466
12	Hong Kong-Shenzhen ^[5]	People's Republic of China	15,800,000	3,051	5,179
13	Los Angeles ^[6]	United States	15,250,000	10,780	1,415
14	Kolkata	India	15,100,000	1,785	8,459
15	Moscow	Russia	15,000,000	14,925	1,005
16	Greater Cairo	Egypt	14,450,000	1,600	9,031
17	Buenos Aires	Argentina	13,170,000	10,888	1,210
18	London	United Kingdom	12,875,000	11,391	1,130
19	Beijing	People's Republic of China	12,500,000	6,562	1,905
20	Karachi	Pakistan	11,800,000	1,100	10,727

Immagine 07.

Dalla classifica delle 20 aree metropolitane più popolate al mondo, risulta un pressoché totale dominio delle città asiatiche ed americane. (fonte Wikipedia)

Partendo proprio dalla città più popolosa del pianeta Tokyo, l'attenzione di questa città e dell'intero Giappone alle potenzialità di controllare ambiente e microclima degli spazi urbani attraverso l'impiego di superfici verdi è oramai una tradizione pluridecennale e non è un caso se i primi e più importanti risultati scientifici relativi alle prestazioni di tali tecnologie vengono proprio da studi svolti presso le università di Tokyo e Fukuoka già nel corso degli anni '80.

Più recentemente, dal 2001 sempre nella città di Tokyo, un atto di legge prevede che almeno il 20% dei tetti piani nelle nuove realizzazioni, venga destinato ad ospitare giardini pensili.

Dall'altra parte del Pacifico, sono invece diverse le grandi città che hanno prodotto strumenti normativi e misure di vario genere al fine di incentivare

l'impiego del verde applicato alle nuove edificazioni, anche se si parla spesso esclusivamente di tetti verdi, senza fare riferimento salvo rari casi al verde parietale.

A Toronto per esempio, nel 2006, sono state previste delle misure per incentivare l'uso del verde pensile con l'obiettivo di rivestire il 50-75% delle nuove costruzioni.

Mentre a Chicago, sempre dal 2006 è partita una politica di finanziamenti mirati a diffondere l'utilizzo di preture verdi, incentivando con l'erogazione di incentivi a fondo perduto pari a 5.000 dollari per ogni copertura che pur rappresentando una somma ampiamente insufficiente a coprire il costo di opere piuttosto onerose come la realizzazione di tetti giardino, costituiscono comunque una delle misure più concrete in questo settore nel panorama americano.

Sempre negli Stati Uniti, un esempio particolarmente interessante essendo il primo nel suo paese ad avere adottato uno strumento urbanistico concreto per incentivare la creazione di superfici verdi anche in contesti densamente edificati, comprendendo al suo interno anche i casi di recupero e dando pari peso all'impiego di coperture e pareti verdi, è quello della città di Seattle, che con l'ordinanza n. 122311 del gennaio 2007, ha regolamentato i suoi "Seattle Green Factor" (SGF).

Questi indici, ispirati ad alcune importanti esperienze europee come quella della città di Berlino, che analizzeremo più avanti, sono in pratica degli standard relativi alla quantità di superficie minima da destinare a verde per ogni parcella di terreno edificata, ma che non si limitano a definire la misura quantitativa di tale superficie, ma entrano nel merito della sua qualità contemplando tramite l'applicazione di appositi moltiplicatori, la possibilità di ricavare tale superficie anche attraverso l'impiego di verde pensile o verticale.

Gli indici di Seattle collocano lo stesso moltiplicatore a tetti verdi e rivestimenti parietali (lo 0,7 su base 1 costituita da una superficie verde libera a terra), dimostrando di avere ormai completamente metabolizzato le possibilità offerte dall'impiego dei sistemi di inverdimento verticale con substrati in quota, tecnologicamente assai più vicini ad un tetto giardino di quanto non lo fossero le tradizionali pareti rivestite da rampicanti.



Immagine 08.

Tetto verde realizzato sulla copertura di un palazzo inserito in un contesto urbano ad elevata densità

Esperienze in ambito europeo

L'esperienza tedesca è di gran lunga la più consolidata in materia di incentivi alla creazione di verde applicato agli involucri edilizi ed in particolare la città di Berlino, grazie all'applicazione del "Biotope Area Factor" (BAF) dal 1994, rappresenta in questo campo un modello di riferimento su scala mondiale.

Le ambizioni primarie che hanno spinto all'utilizzo di tale strumento urbanistico, sono le seguenti:

- la salvaguardia e l'incremento del microclima e della salute atmosferica
- il controllo dell'uso del suolo e dell'utilizzo di acqua
- il miglioramento della qualità delle piante e dell'habitat degli animali
- il miglioramento dello spazio di vita per l'essere umano ¹¹

Il B.A.F., come già visto nel caso dell'S.G.F. di Seattle costituisce in pratica uno standard urbanistico attraverso cui viene espressa per ogni intervento di nuova edificazione o recupero, la percentuale da destinare a superfici vegetali o quantomeno impermeabili, dando per ognuna di esse un valore proporzionale attraverso l'impiego di appositi moltiplicatori definiti "valori ecologici" di seguito riportati.

¹¹ I dati qui riportati in merito ai principi guida e la tabella relativa agli ambiti di applicazione (Imm.9) del B.A.F. della città di Berlino sono stati riportati da uno studio condotto a cura di Tatano Valeria e redatto da Santi Valentina e pubblicato all'interno della pagina web dell'Archivio delle Tecnologie e dei Materiali per l'Architettura e il Disegno Industriale, dell'Università IUAV di Venezia

0.0 _ Superficie impermeabile all'aria e all'acqua

0.3 _ Superficie parzialmente permeabile all'aria e all'acqua senza vegetazione

0.5 _ Superfici semi aperte, permeabili all'aria e all'acqua senza vegetazione

0.5 _ Superfici con vegetazione non connessa al suolo e garage sotterranei con meno di

80cm di terreno a coprire.

0.7 _ Superfici con vegetazione, non connesso al suolo con più di 80cm di terreno a coprire

1.0 _ Superfici con vegetazione, connesse al suolo, disponibile per lo sviluppo di flora fauna

0.5 _ Pareti completamente coperte da vegetazione o pareti senza finestre, alte fino a 10 m

0.7 _ Coperture verdi

è interessante osservare, come avendo preceduto di oltre 10 anni l'adozione del S.G.F. di Seattle, nel caso del B.A.F. il valore assegnato all'impiego verde parietale fa evidentemente riferimento alla sola opzione delle specie rampicanti applicate alle pareti e risulta pertanto conforme al valore attribuito ad alberature e superfici vegetali non connesse al suolo, risultando invece inferiore a quello dei sistemi di copertura verdi.

Di seguito si riporta la tabella di riferimento per gli indici B.A.F. relativamente alle diverse tipologie funzionali di intervento previste (fig.09).

.Il B.A.F. di Berlino, oltre ad ispirare come abbiamo visto una serie di esperienze simili condotte negli anni in varie città del mondo, ha trovato diversi interessanti ambiti di applicazione, fornendo ispirazione ad esempio alle linee guida di concorsi e competizioni destinate a segnare la storia della progettazione urbana sostenibile, come nel caso del concorso per l'European Housing Expo, tenutasi nella città di Malmö in Svezia nell'estate del 2001

Rispetto a quanto visto nei casi di Berlino e Seattle, a Malmö, l'impiego di rivestimenti verdi è risultato ai fini dell'edificazione di nuovi insediamenti ancora più premiante, alla copertura verde viene infatti attribuito uncoefficiente di 0.8, invece dello 0.7 dei casi precedenti, mentre per il

verde in facciata il coefficiente è di 0.7 superiore allo 0.5 della capitale Tedesca ed in linea con i valori che saranno poi ripresi nel caso americano. Nel caso della città svedese poi, il principio si estende all'intero intervento urbano, spazi aperti compresi, per i quali le tecnologie impiegate devono sempre garantire un "Greenspace Factor" non inferiore a 0.5

BAF		
Modifiche/ Estensioni del costruito Creazione di spazio residenziale aggiuntivo o incremento della superficie coperta (DC)		Nuova edificazione
DC	BAF	
Residenziale (solo uso residenziale senza spazi commerciali)		
sopra 0.37 0.38 - 0.49 sotto 0.50	0.60 0.45 0.30	0.60
Commerciale (solo uso commerciale o uso misto)		
	0.30	0.30
Direzionale (strutture commerciali, amministrative o di uso terziario generale)		
	0.30	0.30
Strutture pubbliche (a scopo sociale e culturale)		
sopra 0.37 0.38 - 0.49 sotto 0.50	0.60 0.45 0.30	0.60
Scuole (istruzione generale, centri vocazionali, complessi polifunzionali e strutture sportive)		
	0.30	0.30
Scuole infermieristiche e Centri di assistenza		
sopra 0.37 0.38 - 0.49 sotto 0.50	0.60 0.45 0.30	0.60
Infrastutture tecniche		
	0.30	0.30

Immagine 09.

Ambiti di applicazione dell'indice BAF

Esperienze in ambito italiano

In Italia, le prime esperienze normative finalizzate ad incentivare l'impiego di superfici verdi applicate specialmente in copertura agli edifici e per il miglioramento della qualità microclimatica degli spazi urbani si localizzano nelle regioni settentrionali del paese e particolarmente rilevante risulta quella della città di Bolzano, di fatto ad oggi l'unica realtà d'Italia ad essersi dotata di strumenti paragonabili a quelli analizzati nelle realtà europee ed internazionali.

All'inizio del 2007, ed in particolare, con le deliberazioni del 12/02/2007 e del 12/03/2007, è stato adottato un indice per la certificazione della qualità ambientale degli edifici chiamato R.I.E. ovvero di Riduzione dell'Impatto Edilizio.

In pratica consiste in uno strumento per misurare la rispondenza dei progetti presentati all'interno del comune a determinate prestazioni relativamente al contenimento del loro impatto ambientale, e considerate vincolanti rispetto al rilascio della stessa concessione.

Il comune di Bolzano insomma non ha istituito particolari forme di incentivo come la maggior parte delle amministrazioni d'Italia per incoraggiare la progettazione sostenibile all'interno del proprio territorio, ma si è limitato a rendere vincolare il rilascio delle concessioni all'applicazione di una serie di possibili misure per la mitigazione dell'impatto ambientale degli edifici che si intendono costruire o recuperare in termini di occupazione ed impermeabilizzazione del suolo.

Tra queste misure rientra a pieno titolo l'impiego di tecnologie utili al recupero delle acque piovane e le coperture verdi (anche in questo caso però non si fa menzione alle pareti verdi).

L'obbligatorietà del rispetto del R.I.E. costituisce il vero elemento di originalità in ambito nazionale di tale strumento, chiaramente espresso dall'Art.19 bis della "Procedura per la riduzione dell'impatto edilizio" del R.E. del Comune di Bolzano, introdotto con deliberazione di C.C. n.11 del 10.02.2004 che rende obbligatoria l'adozione della procedura R.I.E. per tutti gli interventi di trasformazione edilizia ed urbanistica del territorio comunale soggetti a concessione edilizia ovvero oggetto di denuncia di inizio attività (D.I.A.) per gli interventi di qualsiasi natura che incidano sulle

superfici esterne (coperture, terrazze, sistemazioni esterne, cortili, aree verdi, aree pavimentate).

In seguito ad ulteriori modifiche poi, la certificazione finale R.I.E. è diventata elemento obbligatorio da ottenere al fine del rilascio del certificato di agibilità/abitabilità.

Ai fini della certificazione è stato assegnato un coefficiente moltiplicativo diverso in base alle diverse categorie di superfici.

Alla copertura verde ad esempio, viene dato un coefficiente oscillante tra 0.20 e 1.00, in base ai diversi spessori di terreno utilizzati ed alla diversa pendenza della copertura.

Per agevolare i professionisti nell'impiego di tale strumento, il comune di Bolzano ha elaborato un apposito foglio elettronico basato sull'applicazione di un algoritmo di calcolo ¹²

appositamente studiato e che consente di verificare con estrema facilità la rispondenza dell'intervento che si intende realizzare sia all'indice R.I.E. prescritto che al coefficiente di edificazione consentito sull'area.

¹² L'algoritmo R.I.E. si presenta, nella forma completa, come segue:

$$R I E = \frac{\sum_{i=1}^n S_{v_i} \frac{1}{\psi} + (S_e)}{\sum_{i=1}^n S_{v_i} + \sum_{j=1}^m S_{i_j} \psi}$$

Dove:
 R.I.E. = Indice di riduzione dell'impatto edilizio
 S_{v_i} = i-esima superficie permeabile, impermeabile o sigillata trattata a verde
 S_{i_j} = j-esima superficie permeabile, impermeabile o sigillata non trattata a verde
 ψ = coefficiente di deflusso
 S_e = Superfici equivalenti alberature

Le presenti informazioni sull'algoritmo di calcolo RIE sono state tratte dal sito del comune di Bolzano:
http://www.comune.bolzano.it/UploadDocs/712_RIE_I.PDF

Immagine 10

Tetto verde realizzato sulla copertura della ex sede delle poste della città di Bolzano (fonte Maria Carolina Semeghini)



Altre comuni in Italia a alcuni anni a questa parte hanno cominciato attraverso lo sviluppo di nuovi regolamenti edilizi, ad affrontare in maniera concreta il tema della necessità di produrre nuovi edifici attraverso

l'impiego di criteri di sostenibilità ambientale, tra cui viene sovente contemplata la possibilità di integrare degli strati vegetali organicamente alla progettazione dell'involucro edilizio, sia pur contemplando per tale pratica accezioni spesso diverse da comune a comune, ed incentivandone in varia forma il ricorso da parte degli operatori privati.

Verranno di seguito trattati tre di questi casi, scelti in base alla particolare attenzione riservata alle tecniche di integrazione tra manti vegetali e superfici costruite e più precisamente le indicazioni inserite all'interno dei R.E. di Brescia, Firenze e Rimini.

A Brescia, la recente stesura delle linee guida del regolamento edilizio in materia di sostenibilità degli interventi sul territorio, emanate all'inizio del 2008, prevede la suddivisione di tali indicazioni in base a cinque capitoli:

- Sostenibilità urbana
- Naturalità
- Energia
- Acqua
- Materiali

All'interno del capitolo relativo a "natura", viene affrontato il tema dell'impiego di pareti verdi, introducendo parametri quantitativi minimi in relazione alla possibilità di accedere ad una serie di incentivi, che costituiscono una misura estremamente innovativa nel contesto italiano.

In articolare viene indicato una percentuale di copertura minima del 25% rispetto alla superficie "dell'intero sviluppo di prospetti e copertura dell'edificio".

Anche sul piano della definizione tipologica di parete verde, l'esperienza del comune di Brescia presenta degli spunti decisamente interessanti, suddividendo di fatto in base a quelle che nel corso di questo lavoro indicheremo come variabili tecnologiche legate all'applicazione del verde in facciata, le diverse tipologie di superfici vegetali da considerarsi utili per accedere agli incentivi pubblici.

Le tipologie prese in considerazione dalle linee guida del regolamento edilizio in materia di sostenibilità degli interventi sul territorio del comune di Brescia sono:

- Rivestimenti in cui la vegetazione è ancorata direttamente alla struttura o inserita in un apposito strato separato dall'involucro attraverso una sottile lama d'aria.
- Rivestimenti sostenuti da strutture sovrapposte alle pareti dell'edificio ricoperte da specie rampicanti con sviluppo denso.
- Rivestimenti costituite da piante messe a dimora in appositi contenitori purchè realizzate con continuità (si noti che tale tipologia contiene al suo interno tutte le tecnologie per l'applicazione di manti vegetali coltivati fuori suolo a ridosso del piano di facciata, attraverso l'impiego di tecniche di coltura su substrato o idroponiche.

Nella città di Firenze, il regolamento edilizio in vigore dal 27.08.2007 contempla una serie di indicazioni piuttosto precise sull'impiego del verde per migliorare la qualità degli spazi costruiti in aria urbana che meritano di essere analizzate nel dettaglio, per quanto non prendano in considerazione i più recenti sviluppi tecnologici relativi all'applicazione di rivestimenti vegetali coltivati fuori suolo.

All'interno dell'allegato D del R.E. di Firenze, l'Articolo 3 relativo alle misure finalizzate a *Diminuire l'effetto "isola di calore"* si trovano una serie di dettagliate linee guida riguardanti l'impiego di filtri vegetali, alcune di queste sono state selezionate e riportate di seguito:

Dopo aver chiarito che il regolamento intende incentivare la formazione dell'isola di calore urbana "per mezzo di un'adeguata progettazione delle aree circostanti gli edifici" ed in particolare attraverso "il controllo dell'albedo (coefficiente di riflessione totale, cioè su tutte le lunghezze d'onda) della pavimentazione degli spazi pubblici (strade, marciapiedi, parcheggi, etc...)" che permette di ridurre le temperature superficiali con effetti sul comfort esterno e sulla riduzione dei carichi solari nel condizionamento degli spazi chiusi" si definiscono una serie di punti relativi al corretto impiego del verde urbano per il controllo microclimatico degli edifici e del loro intorno:

Punto 3. Il ricorso al verde non soltanto ha un valore decorativo ma dovrà essere progettato e quantificato in modo da produrre effetti sul microclima dell'area mitigando i picchi di temperatura estivi grazie all'evapotraspirazione ed inoltre consentire l'ombreggiamento per controllare l'irraggiamento solare diretto sugli edifici e sulle superfici circostanti durante le diverse ore del giorno.

Punto 4. Per quanto riguarda gli edifici, è opportuno disporre la vegetazione o altri schermi in modo tale da massimizzare l'ombreggiamento estivo delle seguenti superfici, in ordine di priorità:

- le superfici vetrate e/o trasparenti esposte a sud e sud ovest
- le sezioni esterne di dissipazione del calore degli impianti di climatizzazione, i tetti e le coperture ;
- le pareti esterne esposte a ovest, ad est ed a sud
- le superfici capaci di assorbire radiazione solare entro 6 metri dall'edificio
- il terreno entro 1,5 m dall'edificio;

Le ore in cui, nella stagione estiva l'effetto di schermatura consente maggiori risparmi sono:

- per superfici esposte ad ovest: dalle 14.30 alle 19.30
- per superfici esposte a est: dalle 7.30 alle 12.00
- per superfici esposte a sud dalle 9.30 alle 17.30

Punto 5. Per ottenere un efficace ombreggiamento degli edifici occorre che gli alberi utilizzati

vengano piantati a distanze tali che la chioma venga a situarsi a:

- non più di 1,5 metri di distanza dalla facciata da ombreggiare quando esposta ad est o ovest.
- non più di 1 metro di distanza dalla facciata da ombreggiare quando esposta a sud.

Punto 6. È consigliabile che anche le parti più basse delle pareti ad est ed ovest, vengano ombreggiate per mezzo di cespugli

In seguito, vengono inseriti dei richiami piuttosto generici alla possibilità di impiegare pareti e coperture verdi, ma senza la dovizia di dettagli che si può ritrovare nelle precedenti indicazioni relative all'applicazione di siepi ed alberature, limitandosi per quanto riguarda le pareti verdi a prendere in considerazione le sole superfici rivestite da piante rampicanti e senza citare nemmeno nel caso dei tetti verdi indicazioni relative a componenti e stratigrafie, che pure erano già state definite all'epoca dell'emanazione di questo R.E. dall'apposita normativa UNI 11235 del 2007.

Le indicazioni relative a tetti e pareti verdi sono in particolare:

Punto 7. Anche l'uso di rampicanti sulle facciate consente buone riduzioni dell'assorbimento della radiazione solare in estate e una riduzione delle dispersioni per convezione in inverno.

Punto 8. Si consiglia, compatibilmente con vincoli di natura artistica ed architettonica, il ricorso al verde anche per le coperture. Tale scelta, se correttamente applicata può avere il duplice effetto di miglioramento dell'inerzia termica estivo-invernale e di drenaggio del deflusso delle acque meteoriche.

Sempre nello stesso articolo si definiscono per l'impiego del verde sono indicate anche alcune modalità applicative finalizzate a serie funzioni di controllo ambientale su spazi pubblici e di servizio al di fuori dell'edificio come i parcheggi all'aperto.

Sul piano degli incentivi, a Firenze ne sono previsti di carattere economico e di carattere edilizio-urbanistico

Gli incentivi si applicano agli interventi di nuovo impianto, agli edifici di nuova costruzione, agli interventi di ristrutturazione urbanistica, ed alle estese ristrutturazioni edilizie.

La completa rispondenza alle linee guida indicate dall' Art.3 di cui sopra, è condizione indispensabile per l'ammissione degli interventi agli incentivi previsti.

L'ultimo caso qui proposto dal panorama normativo nazionale in materia di pareti verdi applicate agli edifici con finalità di controllo microclimatico,

quello del comune di Rimini, che già dal 2006 ha introdotto all'interno del suo regolamento edilizio una serie di incentivi alla sostenibilità dei nuovi interventi, definiti dal documento "interventi di Bioedilizia", per la definizione dei quali si introducono una serie di fattori che contemplano l'impiego del verde su facciate e coperture, precedendo in certa misura gli strumenti che abbiamo visto sviluppare a Brescia e Firenze, si sono definite una serie di capitoli all'interno delle linee guida identificate dal comune in materia di sostenibilità degli interventi sul territorio, per ognuno dei quali si è provveduto a definire una serie di azioni utili.

Nel capitolo relativo alla "Qualità di vita" ed in particolare alle voci "qualità urbana" e "qualità architettonica", vengono inserite una serie di "azioni" che prevedono l'impiego di superfici verdi, per ognuna delle quali, viene poi stabilita un'incidenza in relazione ai diversi articoli del regolamento, come riportato nel seguente estratto.

QUALITÀ DI VITA		TAV O3	
Obiettivo generale	Obiettivo specifico	Azioni	Articoli
1) qualità urbana	<ul style="list-style-type: none"> Aumento di occasioni sociali per i cittadini Tutela degli insiemi Salute psico-fisica Accesso al sole Visuali qualificate 	• Valorizzazione del rapporto sito-edificio	Art 4. Analisi del sito
		• Integrazione del progetto con il sito	Art 5. Integrazione del progetto con il sito
		• Aumento degli spazi verdi	Art 10. Verde nell'area circostante l'edificio
		• Miglioramento qualitativo spazi verdi	Art 10. Verde nell'area circostante l'edificio
		• Limitazione isole di calore per gli spazi aperti	Art 8. Isola di calore
2) qualità architettonica	<ul style="list-style-type: none"> Riduzione inquinamento acustico 	• Limitazione albedo per pavimentazioni di spazi aperti	Art 9. Albedo
		• Reintroduzione delle specie vegetali autoctone	Art 10. Verde nell'area circostante l'edificio
3) comodità del sistema	<ul style="list-style-type: none"> Riduzione delle emissioni inquinanti Riduzione inquinamento elettro-magnetico a bassa frequenza (50 Hz) Riduzione inquinamento elettro-magnetico ad alta frequenza (100-300 GHz) 	• Uso del verde orizzontale, verticale, pensile come elemento di arricchimento architettonico per nuove edificazioni e ristrutturazioni	Art 10. Verde nell'area circostante l'edificio Art 11. Verde sull'edificio Art 12. Verde nelle aree a parcheggio
		• Controllo e limitazione della radioattività nei materiali da costruzione	Art 28. Materiali edili
		• Controllo delle caratteristiche dei materiali da costruzione: mattoni, cementi, intonaci, pitture, vernici, materiali di coibentazione e impermeabilizzazione	Art 28. Materiali edili Art 29. Malte per intonaci e sottofondi Art 30. Impregnanti per legno, resine, colori e vernici
4) salubrità	<ul style="list-style-type: none"> Tradizione aspetto 	• Riduzione dell'inquinamento elettromagnetico interno: ad alta e bassa frequenza	Art 23. Impianto elettrico: campi elettrici e magnetici
		• Protezione dall'inquinamento elettromagnetico esterno	Art 5. Integrazione del progetto con il sito
		• Ripresa degli elementi tipologici e stili dell'architettura locale o storica.	Art 4. Analisi del sito

Immagine 11

Tabella riassuntiva contenente "azioni" e "articoli" relativi al Regolamento Edilizio del comune di Rimini (fonte Regolamento Edilizio del comune di Rimini,)

Questa relazione tra azioni ed articoli è molto importante ai fini dell'efficacia perché il sistema di incentivi previsti, che consistono in scomputi delle murature e riduzione fino ad un massimo del 50% degli oneri di urbanizzazione secondaria, variano in funzione degli interventi di "bioedilizia" realizzati e descritti attraverso i suddetti articoli per ognuno di quali è stato previsto un diverso peso percentuale secondo la modalità indicata dalla seguente tabella.

QUADRO RIEPILOGATIVO PERCENTUALI DI INCENTIVO

Sono riportati i singoli Articoli aventi incentivo, elencati con le rispettive percentuali di incentivo in ordine decrescente

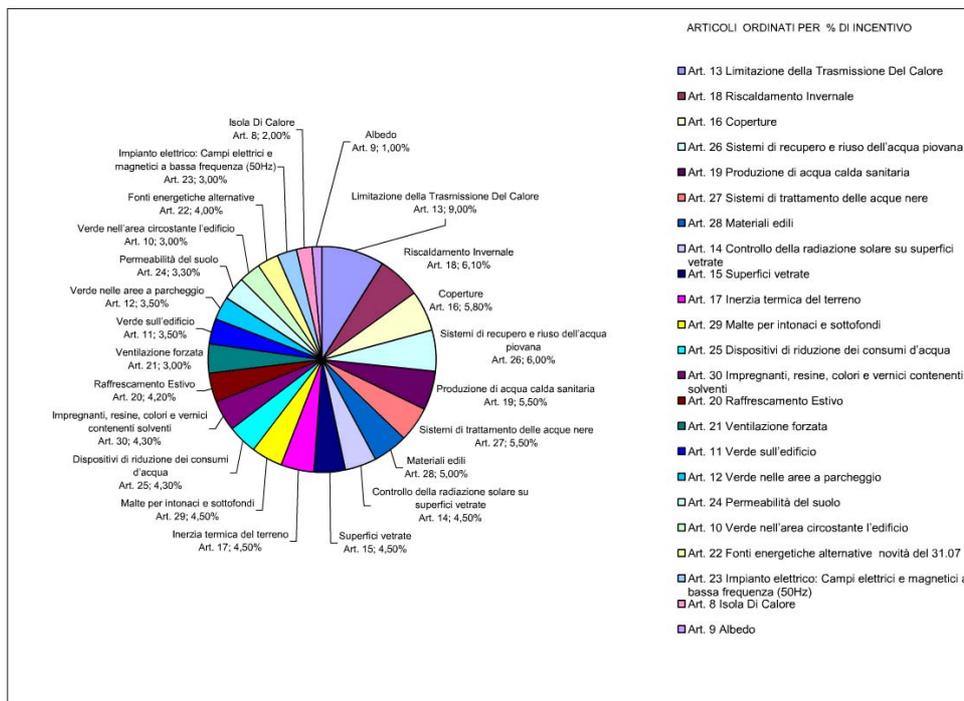


Immagine 12

Tabella riassuntiva degli incentivi alla bioedilizia previsti dal Regolamento Edilizio del comune di Rimini (fonte Regolamento Edilizio del comune di Rimini,)

Va precisato che i casi studiati nel corso di questo paragrafo rappresentano soltanto una selezione finalizzata ad inquadrare le principali strategie di incentivo alla diffusione di superfici verdi applicate agli involucri edilizi portate avanti in Italia e nel mondo da pubbliche amministrazioni virtuose. Relativamente al caso italiano, va chiarito che sono ormai molti i comuni che specialmente nelle regioni del centro-nord come Lombardia, Piemonte ed Emilia Romagna hanno cominciato a dotarsi di regolamenti edilizi studiati allo scopo di stimolare la diffusione di pratiche costruttive dal ridotto impatto ambientale, ma solo in pochi casi è stato possibile riscontrare un richiamo esplicito all'applicazione di tecnologie basate sull'impiego di strati vegetale in relazione all'erogazione di incentivi concreti, specialmente in merito al loro impiego a ridosso delle chiusure verticali che costituiscono il vero fulcro tematico della presente ricerca.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle principali esperienze analizzate sul territorio italiano contenenti dati relativi a tipologia di involucro vegetale considerato e modalità di erogazione degli incentivi ad esse riconducibili.

COMUNE	ANNO DI EMANAZIONE	TIPOLOGIE DI SUPERFICI VERDI	INCENTIVI PREVISTI
RIMINI	2006	Uso razionale del verde orizzontale, verticale e pensile come elemento di arricchimento architettonico per nuove edificazioni e ristrutturazioni	Incentivi di natura economica, riduzione fino a un max del 50% degli oneri di urbanizzazione secondaria
BOLZANO	2007	Casa Clima Certificato di qualità dell'intervento edilizio rispetto alla permeabilità del suolo e del verde	Alla copertura verde, viene dato un coefficiente oscillante tra 0,20 e 1,00 che va interpolato con altri valori per il raggiungimento di una classe di merito atta all'ottenimento del permesso di costruire
FIRENZE	2007	Diminuzione dell'effetto "Isola di calore": Interventi sull'albedo e uso del verde	Incentivi di natura economica, riduzione in % del contributo di concessione e applicazione di correttivi che tengono conto del maggior ingombro della S.U.L.
BRESCIA	2008	Muri vegetali	Incentivi di natura procedurale ed economica nella misura max del 25% (dell'intero sviluppo di prospetti e copertura dell'edificio)

Immagine 13

Tabella comparativa dei Regolamenti Edilizi delle città italiane esaminate nel presente capitolo
(fonte Michele Olivieri)

1.4 IL VERDE APPLICATO ALL'INVOLUCRO EDILIZIO COME AMBITO DI INTERESSE SCIENTIFICO

Definizione tipologica degli involucri verdi

Parlare di tecnologie per l'applicazione di involucri vegetali su involucri edilizi significa riferirsi ad una grande varietà di possibili applicazioni, in primo luogo per l'apertura intrinseca del termine involucro edilizio, che si intende in questa sede secondo la definizione per esso proposta dal Professor Thomas Herzog nel suo celebre Atlante delle facciate, ovvero "uno strato di separazione e di filtraggio tra l'esterno e l'interno, tra la natura e gli ambienti in cui vive l'uomo"¹³

Occorre allora introdurre a questo punto alcune precisazioni in merito alle componenti dell'involucro edilizio che il presente studio si propone di analizzare approfonditamente.

L'impiego del verde in architettura, costituisce un universo tematico estremamente vasto che si può articolare innanzitutto in relazione alla disposizione spaziale delle componenti progettuali, si può allora parlare di:

- Verde di protezione separato dell'edificio, ossia alberi, spalliere e siepi disposte sullo

spazio orizzontale attorno all'edificio

- Verde di protezione degli spazi filtro dell'edificio, come logge e terrazze
- Verde d'involucro integrato all'edificio

Nell'ambito di quest'ultima categoria, si possono poi individuare almeno due grandi sottocategorie:

- Verde pensile
- Verde parietale

Tra queste due declinazioni dell'involucro verde, la pensile è senza dubbio quella più studiata e conosciuta, con una lunghissima storia ed una precisa normativa di riferimento emanata nel 2007 (e a lungo attesa), la UNI 11235-2007, Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde.

¹³ , Herzog Thomas, *Atlante delle facciate* UTET, Torin, anno 2004, p.57



Immagine 14

Diverse declinazioni del possibile significato di involucro verde a confronto, tetto pensile e facciata verde (fonte imm.facciata verde, Michele Olivieri)

Il verde parietale al contrario, costituisce invece tutt'oggi un terreno decisamente meno esplorato dalla tecnologia dell'architettura, su cui pesano una tradizione meno ricca di nomi illustri e grandi opere e la pressoché totale assenza di riferimenti normativi mirati. Malgrado questo, anche sul verde parietale negli ultimi anni si è cominciato a rivolgere l'interesse di un pubblico sempre più numeroso, che in questa particolare tecnologia trova un'interfaccia capace di conciliare qualità architettonica e riqualificazione urbana.

Tema dello studio proposto in queste pagine, è dunque quello del verde parietale, tanto nell'accezione di vero e proprio involucro edilizio quanto in forma di transfer energetico a protezione degli spazi filtro tra edificio e città.

2. LE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO

2.1 SUPERFICI VEGETALI COME COMPONENTE TECNOLOGICO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

L'impiego di rivestimento vegetale a ridosso dell'involucro edilizio, costituisce una "tecnologia ibrida"¹, che associa elementi edilizi e vegetazione in un insieme dalle enormi potenzialità estetiche e funzionali.

Il grande successo delle recenti sperimentazioni architettoniche che tentano di esplorare le possibilità di integrazione tra natura e architettura, ne sono solo una piccola dimostrazione: un gran numero di aziende negli ultimi anni si sono messe in gioco per proporre al mercato soluzioni più o meno sofisticate per la creazione di involucri naturalizzati, cavalcando l'onda emotiva di queste architetture verdi.

Ma la logica premessa, a che l'ibridazione tra questi due universi possa generare risultati concreti dal punto di vista della diffusione su vasta scala dei suddetti sistemi, risiede nelle strategie di reciproca contaminazione che saremo in grado di progettare.

In architettura, il concetto di involucro edilizio incorporando al suo interno le complesse dinamiche che regolano il funzionamento degli organismi vegetali, dovrà necessariamente superare i suoi attuali confini.

Non potrà più essere considerato come frontiera fra interno ed esterno, uno strato di separazione e di filtraggio tra l'esterno e l'interno, tra la natura e gli ambienti in cui vive l'uomo², per trasformarsi in interfaccia capace di interagire allo stesso tempo con diversi sistemi ambientali, generando qualità per ognuno di essi.

Allo stesso tempo sarà indispensabile analizzare e comprendere il funzionamento ed i limiti dei nuovi componenti vegetali, delle tecnologie necessarie alla loro applicazione e sopravvivenza in simbiosi con l'involucro edilizio, per poterle inquadrare nel contesto di 'fabbricazione' delle componenti edilizie oramai soggette alla logica produttiva industriale³.

¹ Scudo Gianni, dall'Introduzione al testo : da: Bellomo A, op.cit.

² Herzog T. , op.cit.

³ Nardi Guido, Tecnologie dell'architettura, Collana Tecnologia e progetto, Milano, 2001, (p.70)



Immagine 01.

Montaggio di un modulo naturalizzato
L'elevato livello di prefabbricazione delle facciate verdi continue permette sin dal momento della loro installazione di avere superfici vegetali già perfete (fonte Michele Olivieri)

Se le superfici vegetali devono diventare autentiche componenti tecnologiche dell'involucro edilizio, è allora necessario identificare per esse caratteristiche e confini prestazionali, indispensabili a garantirne il corretto utilizzo.

Nel corso di questo e dei prossimi capitoli verranno analizzate nel dettaglio le caratteristiche delle superfici vegetali impiegate per l'inverdimento degli involucri edilizi e le principali alternative tecnologiche finalizzate alloro impiego, al fine di valutarne l'efficacia rispetto alle principali funzioni di controllo microclimatico di edifici e spazi aperti, che una serie di studi svolti nel corso degli ultimi decenni sull'impiego di superfici vegetali in architettura hanno messo in luce.

2.2 CARATTERISTICHE DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO

2.2.1 Provenienza e distribuzione geografica

Provenienza e distribuzione geografica delle piante impiegate dall'uomo per migliorare la qualità degli spazi che abita, costituisce un fattore di selezione estremamente importante.

Se la prima definisce le caratteristiche ambientale che hanno indotto gli organismi vegetali a sviluppare determinate strategie di crescita e funzionamento biologico, indicando di conseguenza le condizioni ideali per il loro impiego, la distribuzione geografica (nel caso del presente studio limitatamente al territorio italiano) costituisce un fattore ancora più utile all'impiego delle specie vegetali da parte dell'uomo, perché ci permette di capire in quale ambito geografico a prescindere dalla localizzazione dei luoghi di origine, queste sono riuscite ad ambientarsi.

Ai fini dell'oggetto della presente ricerca l'analisi di queste caratteristiche risulta fondamentale nel momento in cui, a causa delle caratteristiche loro richieste (legate alla necessità di abbarbicarsi a ridosso delle superfici da rivestire o di adattarsi alle condizioni di crescita su piani di coltura posti in verticale), le piante impiegate per la creazione di pareti verdi provengono da contesti dalle caratteristiche climatiche (si tratta generalmente di specie abituata a crescere in sottoboschi caratterizzati da un elevato tasso di umidità), decisamente diverse da quelle che caratterizzano le nostre regioni urbane; diventa dunque necessario conoscerne la capacità di adattamento.

2.2.2 Forma e Portamento

La forma biologica delle piante, ne sintetizza le informazioni relative al portamento ed agli adattamenti che questa dispone per superare la stagione avversa* , secondo il sistema istituito dal botanico Danese Christen C. Raunkiaer (1860-1938) e diffuso tra la maggior parte dei Botanici italiani.

Ai fini del presente studio la mole di informazioni relative al sistema classificatorio, risulta utile esclusivamente nella misura in cui, ci consente di distinguere tra le specie tradizionalmente impiegate per il rivestimento di superfici verticali, in genera a portamento arbustivo cespuglioso , rampicante, strisciante o decombente e la grande quantità di specie oggi integrabili all'involucro architettonico, grazie alle tecnologie sviluppate sul principio della coltivazione fuori terra, che per questioni relative a problemi di spazio , peso e manutenzione, sono in linea di massima riconducibili a specie a portamento arbustivo cespuglioso o in molti casi a portamento erbaceo, specie apprezzate in questo caso per la leggerezza conferitagli dalla mancanza nella composizione del fusto di tessuto legnoso.

Venendo alla definizione di portamento; in botanica si indica con questo termine, la forma che le piante stabiliscono con la crescita dalla loro parte aerea.

Le varie specie possono avere vari tipi di portamento e questa caratteristica risulta particolarmente interessante ai fini della presente ricerca, specialmente per quanto riguarda lo studio delle caratteristiche utili al controllo microclimatico degli spazi costruiti, espresse attraverso l'impiego di arbustive rampicanti. In questo caso infatti distinguere tra piante a portamento rampicante, strisciante, decombente o cespuglioso risulta determinante per determinarne innanzitutto la predisposizione al rivestimento di determinate superfici (che possono ad esempio presentare un'alternanza di piani verticali ed orizzontali). Per quanto riguarda poi in particolare le specie che contemplano possibilità di sviluppo in forma cespugliosa (si pensi ad esempio alla *Wisteria sinensis*, comunemente nota come glicine) diventa fondamentale considerare il notevole spessore che tali specie arrivano ad assumere, che al di là di maggiori oneri relativi alla

manutenzione, nel caso in cui, risulti necessario limitare per questioni estetiche o di spazio lo sviluppo orizzontale della pianta, può anche incidere come un'arma a doppio taglio sul bilancio delle prestazioni energetiche, offrendo un filtro di grande efficacia all'irraggiamento solare estivo da un lato, ma costituendo nel caso di essenze caratterizzate da un elevato numero di ramificazioni, anche un ostacolo indesiderato agli apporti solari nella stagione invernale. Questa caratteristica risulta particolarmente importante se si pensa che riguarda in particolar modo, specie lianose o sarmentose di grande valenza decorativa (come diversi tipi di rose) e di conseguenza estremamente diffuse per la decorazione di pergole, gazebo e spazi filtro.

2.2.3 Caratteristiche del manto vegetale

Il manto vegetale costituisce il principale elemento di controllo microclimatico a disposizione delle specie vegetali.

Le caratteristiche fisiche e dimensionali di questo componente, sono state impiegate nel corso del tempo per valutare l'impatto ambientale riconducibile all'impiego di piante rampicanti ed alberature, per la costituzione di barriere vegetali a protezione di edifici e spazi urbani, ed è ancora su tali parametri che si basa l'erogazione di sgravi fiscali previsti dalle varie leggi locali, in materia urbanistica, finalizzate a migliorare la qualità ambientale delle nostre città.

Scendendo alla scala dell'edificio, si è dimostrata attraverso una serie di studi condotti nel corso degli ultimi decenni⁴ sul tema degli effetti positivi dell'applicazione di superfici vegetali a ridosso degli edifici sul loro microclima interno e su quello degli spazi aperti ad essi limitrofi, la diretta relazione tra alcune caratteristiche della chioma delle piante utilizzate ed entità dei benefici riscontrati.

In particolare sono risultate importanti, al fine del controllo microclimatico degli spazi costruiti, le seguenti caratteristiche del manto vegetale:

- Sviluppo in altezza ed in ampiezza
- Tempi di crescita
- Densità

⁴ L'approfondimento di tali aspetti si rimanda al capitolo 4 "FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO DELL'AMBIENTE COSTRUITO DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO" del presente studio

2.2.3.1 Sviluppo in altezza ed in ampiezza del manto vegetale

Lo sviluppo in altezza ed ampiezza delle specie impiegate per la costruzione di pareti verdi è caratteristica che interessa sul piano dell'incidenza, sulle loro prestazioni energetiche, principalmente le pareti verdi realizzate, tradizionalmente tramite l'applicazione di piante rampicanti attraverso appositi elementi di sostegno.

Mentre infatti, per le più recenti tecnologie per la realizzazione di pareti verdi continue coltivate fuori terra, l'estensione del rivestimento parietale che avviene attraverso l'applicazione di elementi prefiniti e modulari, dipende esclusivamente dal numero di moduli applicati (e quindi sostanzialmente dalla volontà progettuale o dalla possibilità di spesa dell'utente) e non incide sostanzialmente sulle prestazioni in termini di controllo microclimatico del rivestimento, la cui entità dipende in parte dalle densità del manto vegetale delle specie ospitate da ogni modulo , ed in larga misura dalle caratteristiche di coibenza del substrato impiegato per la coltivazione in quota, per le specie rampicanti coltivate in terra le informazioni relative allo sviluppo dimensionale assieme a quelle inerenti al portamento risulta indispensabile, per una chiara definizione di limiti e potenzialità applicative di ogni singola specie .

Dimensione e forma della chioma infatti, sono tradizionalmente parametri impiegati per valutare sinteticamente l'efficacia delle varie piante rampicanti, così come di molte altre specie arboree, generalmente impiegate nella gestione del confort ambientale degli spazi costruiti, nell'adempire a funzioni di schermatura dei diversi agenti atmosferici, dalla luce solare al vento, fungendo tra l'altro da parametro quantitativo di massima, utile alla quantificazione di fenomeni dalle dinamiche anche più complesse come l'assorbimento di polveri e CO₂.

Nel momento in cui, si definiscano quindi una serie di funzioni di controllo della qualità ambientale degli spazi costruiti, attribuibili all'integrazione di specie vegetali agli involucri edilizi, la quantificazione dimensionale di queste, generalmente operata attraverso una serie di semplificazioni geometriche (imm.02) si è rivelato estremamente utile, nel quantificarne l'efficacia (specialmente nella progettazione di spazi verdi urbani).

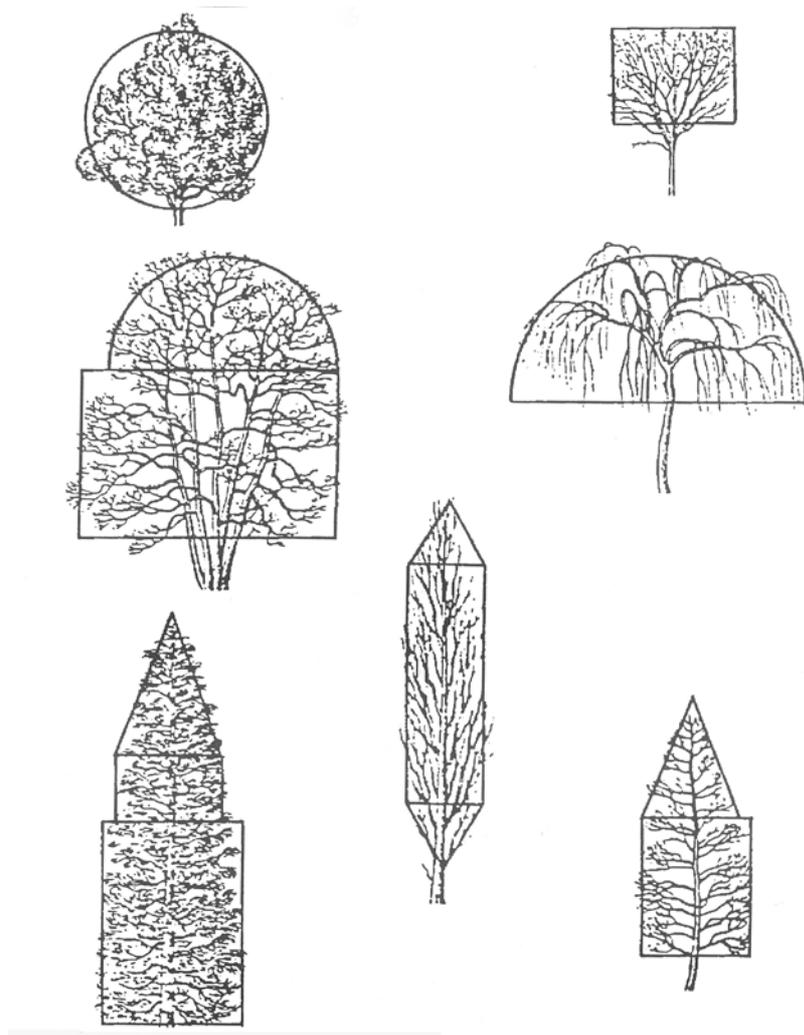


Immagine 02

Modelli geometrici storicamente impiegati a scala urbanistica per quantificare l'effetto schermante legato all'applicazione di filari alberati, simulandone le ombre portate (fonte da: Scudo G., Ochoa de la Torre J.M., op. cit.)

Per quanto riguarda più precisamente le specie rampicanti, lo sviluppo dimensionale in altezza ed ampiezza della chioma costituisce un elemento a maggior ragione fondamentale se si pensa che al di là di aiutarci a definirne il potenziale in termini di prestazioni di controllo ambientale ed il potenziale estetico delle diverse specie, dal momento in cui tale informazione ci da un'idea della superficie di involucro che di caso in caso sarà possibile rivestire, ci fornisce elementi utili al corretto dimensionamento della struttura di sostegno, che a seconda degli strumenti a disposizione della specie scelta per lo sviluppo in verticale, sarà necessario predisporre.

Le specie rampicanti sono infatti dotate di diversi sistemi di abbarbicamento per alcuni dei quali è sufficiente disporre di superfici da rivestire, come nel caso della presenza di ventose e radici aeree (si pensi all'edera o alla bigonia), mentre per molte altre specie risulta indispensabile la presenza di strutture di sostegno, perché dotate di apparati come viticci o perché munite di fusto volubile come ad esempio nel caso del glicine.

La trattazione dettagliata delle modalità di abbarbicamento e le esigenze strutturali di ogni singola specie è rimandata alle *schede pianta*⁵ contenute nel V° capitolo della presente ricerca, in questa sede si intendere solo mettere in evidenza, il ruolo strategico giocato dalla corretta conoscenza delle caratteristiche fisiche relative alle specie impiegate, nella progettazione delle strutture architettoniche destinate ad ospitarle, semplici o complesse che esse siano.

⁵ Schede contenute all'interno del Capitolo 5° del presente studio



Immagine 03.

Anche l'impiego di strutture di sostegno assolutamente convenzionali come pergole e gazebo, come quello rappresentato in questa foto, richiede una accurata selezione delle specie rampicanti da utilizzare, al fine di ottenere da esse il massimo contributo estetico e funzionale.

(fonte Maria Carolina Semeghini)

2.2.2.2 Tempi di crescita del manto vegetale

Il tempo di crescita delle specie vegetali applicate all'involucro edilizio, risulta essere spesso una delle discriminanti fondamentali nella scelta delle piante da adottare, la necessità di ottenere in tempi brevi e quanto più possibile sicuri la maturazione delle superfici verdi, risulta di estrema importanza per utenti e progettisti, specie nel momento in cui sempre di più si tende attraverso l'impiego di organismi vegetali integrati all'edificio, ad incrementarne la qualità tanto sul piano estetico che su quello prestazionale.

Se il progetto del verde applicato all'involucro, ha dunque per premessa una completa integrazione tra tecnologie tradizionali e tecnologie viventi il controllo dei tempi di crescita, sviluppo e riposo di queste ultime diventa uno dei grandi temi a cui dare risposta, ed attorno al quale si gioca la partita dell'innovazione per queste tecnologie.

Non è un caso, se uno dei punti di forza dell'interesse esercitato sul mercato dalle recenti produzioni di pareti verdi continue, fondate sull'impiego di tecniche di coltivazione idroponiche, stia (al di là dell'esuberanza estetica delle prime e più famose realizzazioni sperimentate dal francese Patrick Blanc) proprio nella possibilità di garantire in tempi brevissimi, praticamente sin dall'installazione, il risultato estetico desiderato dal progettista (Imm.04).

La proliferazione di tali tecnologie, ci pone però di fronte a scenari ignoti dal punto di vista della gestione del fattore temporale, per l'integrazione tra verde ed architettura, diviene infatti fondamentale considerare prima ancora dei tempi di crescita delle specie impiegate (crescita che generalmente avviene in vivaio e ben prima della costruzione vera e propria della parete verde) i tempi legati allo sviluppo stagionale ed all'eventuale dormienza delle suddette specie, fattori questi indispensabili a programmare il nutrimento e manutenzione delle piante coltivate fuori suolo ed a valutarne la durevolezza sul piano estetico.

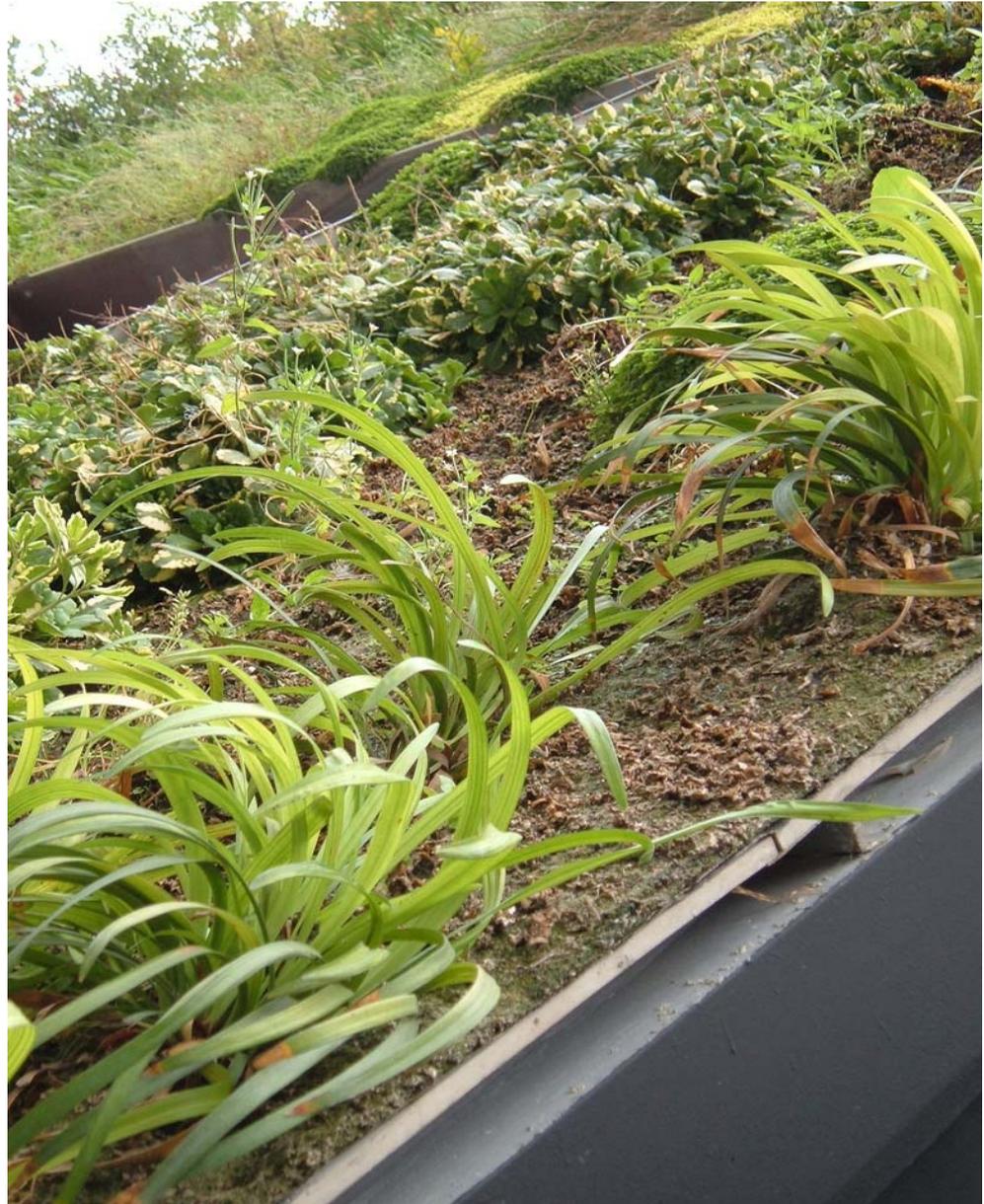


Immagine 04.

Dettagli della superficie naturalizzata di una delle pareti composte da Blanc per il Quai Branly Museum di Parigi. (fonte Michele Olivieri)

Per quanto riguarda l'applicazione di manti erbosi in verticale ad esempio, risulta fondamentale la distinzione tra specie macroterme o microterme, le prime garantiscono infatti a fronte di una crescita decisamente rigogliosa durante i mesi di maggiore calore (le condizioni ideali di crescita si hanno con temperature comprese tra 25 e 30°C), in cui è facile che le foglie crescano anche di oltre 5 cm in una settimana, una notevole resistenza a condizioni estreme di calore e siccità (condizioni piuttosto usuali in contesti urbani) e scontano la tara della scarsa resistenza al freddo invernale e la conseguente perdita di colorazione durante il periodo di dormienza, in cui le foglie passano dal verde acceso al giallo paglierino.

Per quel che riguarda le microterme, specie estremamente diffuse per la creazione di tappeti erbosi nel panorama italiano, garantiscono una buona tenuta delle loro caratteristiche cromatiche anche in periodo invernale, mentre, trovando tra i 15 ed i 25°C le condizioni ideali di sviluppo, presentano in climi particolarmente caldi, periodi di dormienza sia in estate che in inverno, presentando valori di crescita che raggiungono picchi di circa 4 cm a settimana, per attestarsi in buona parte dei periodi estivi ed invernali su valori inferiori ai 2cm a settimana durante le mezze stagioni. Questo comporta una maggiore stabilità di immagine e resa formale da un lato, ma di contro, la necessità di maggiori interventi manutentivi distribuiti nell'arco dell'anno.

Per quanto riguarda i tempi di crescita degli arbusti rampicanti, tradizionalmente impiegati per il rivestimento parietale, sono generalmente più rapidi rispetto a quelli delle specie arboree, anche se come per tutte le caratteristiche riconducibili agli organismi vegetali, la velocità con la quale queste piante sviluppano, variano di specie in specie e dipendono dalle caratteristiche del contesto nel quale vengono inserite come: condizioni climatiche, condizioni pedologiche, cure culturali ed eventuale stress da trapianto subito. Infine, il tipo di messa a dimora può giocare per le rampicanti un ruolo fondamentale, premesso che solo poche specie tra quelle generalmente impiegate per il rivestimento di ampie superfici, tollerano la coltivazione in vaso, va rilevato che tale forma di coltivazione ha un effetto inibitore sui tempi di sviluppo delle piante.

La crescita delle rampicanti come per gli alberi, si misura tradizionalmente in cm per anno e può variare a seconda della specie prescelta tra 50 e 200 cm anno, in particolare i tempi di crescita sono generalmente classificati secondo la seguente scala di valori⁵:

Rapido: > 200 cm all'anno

Veloce: 100-200 cm all'anno

Medio: 50-100 cm all'anno

Lento: < 50 cm all'anno

⁵ Classificazione tratta da:
Bellomo A., op. cit.

Nel caso delle piante rampicanti la conoscenza dei tempi di crescita risulta decisivo, non solo e non tanto, per la buona riuscita formale del rivestimento parietale (come invece avviene per le pareti idroponiche), ma risulta indispensabile anche per quel che riguarda l'efficacia nell'opera di controllo microclimatico degli spazi costruiti, che questa può essere chiamata a svolgere, ed il corretto dimensionamento della superficie destinata all'inverdimento e degli apparati strutturali di sostegno alle piante. Impiegare rampicanti per il rivestimento dell'involucro edilizio significa innanzitutto accettare un certo grado di indeterminatezza riguardo all'esito del proprio lavoro, indeterminatezza giustamente dovuta al naturale sviluppo delle componenti vegetali impiegate, ma che una scelta oculata delle specie, un'adeguata conoscenza delle loro necessità, ed una corretta programmazione dei tempi di crescita, possono limitare notevolmente evitando ritardi e disfunzioni (Imm.05).



Immagine 05.

Nella copertura progettata dallo studio inglese Foster + partners per l'edificio *Trade Center* di San Marino, la scelta di una struttura di sostegno non appropriata allo sviluppo di rampicanti volubili, sta generando notevoli ritardi allo sviluppo delle piante, con i conseguenti disagi derivati dal mancato ombreggiamento degli spazi sottostanti.

(fonte Michele Olivieri)

2.2.2.3. Densità del manto vegetale

La densità, riferita al manto fogliare è la caratteristica degli organismi vegetali che più di ogni altra incide sulla qualità delle funzioni di controllo microclimatico esercitate sugli spazi costruiti dalla vegetazione, specialmente durante il periodo estivo, in cui la chioma delle specie poste a rivestimento dell'involucro edilizio, sono chiamate ad intercettare con la massima efficienza le radiazioni solari incidenti sulla loro chioma.

La densità del manto vegetale dipende nella sua entità in primo luogo dalla densità e dalle caratteristiche fisiche delle foglie che lo compongono (caratteristiche che verranno analizzate dettagliatamente nelle prossime pagine), ed in parte dalla massa legnosa del fusto e dei rami, che contrariamente alle foglie che costituiscono in molti casi una massa non perenne, permangono inalterate anche nei periodi di dormienza⁶ invernale delle piante.

Si può così parlare, almeno per quanto riguarda le specie arbustive rampicanti a foglia caduca, maggiormente impiegate per svolgere le funzioni di ombreggiamento dell'involucro edilizio (tali specie vengono generalmente preferite alle sempreverdi esattamente per la possibilità da esse offerta di lasciare filtrare gli apporti solari invernali), di densità di chioma estiva ed invernale.

Esattamente come accade per le specie arboree più comunemente impiegate per l'ombreggiamento degli spazi pubblici (Imm.06), anche per le rampicanti, non esistono regole precise che mettano in correlazione queste diverse densità, e non è difficile imbattersi in piante come le Ionicere, largamente utilizzate in virtù del loro valore decorativo, ma decisamente poco efficaci sul piano del controllo microclimatico degli spazi costruiti perché caratterizzate da un basso coefficiente di ombreggiamento estivo ed elevato in inverno.

La scelta di specie che presentano molte ramificazioni può limitare notevolmente l'apporto solare invernale delle pareti esposte a sud e dovrà essere pertanto cura del progettista individuare le specie più adatte, a conciliare le istanze estetiche e bioclimatiche, che con sempre maggiore frequenza conducono oggi all'impiego di pareti verdi.

⁶ Con il termine dormienza ci si riferisce ad un periodo di pausa vegetativa delle piante (generalmente coincidente con i mesi invernali) in cui queste, riducono al minimo la loro esigenza nutritive, perdendo d'altronde anche in vigore della massa fogliare.

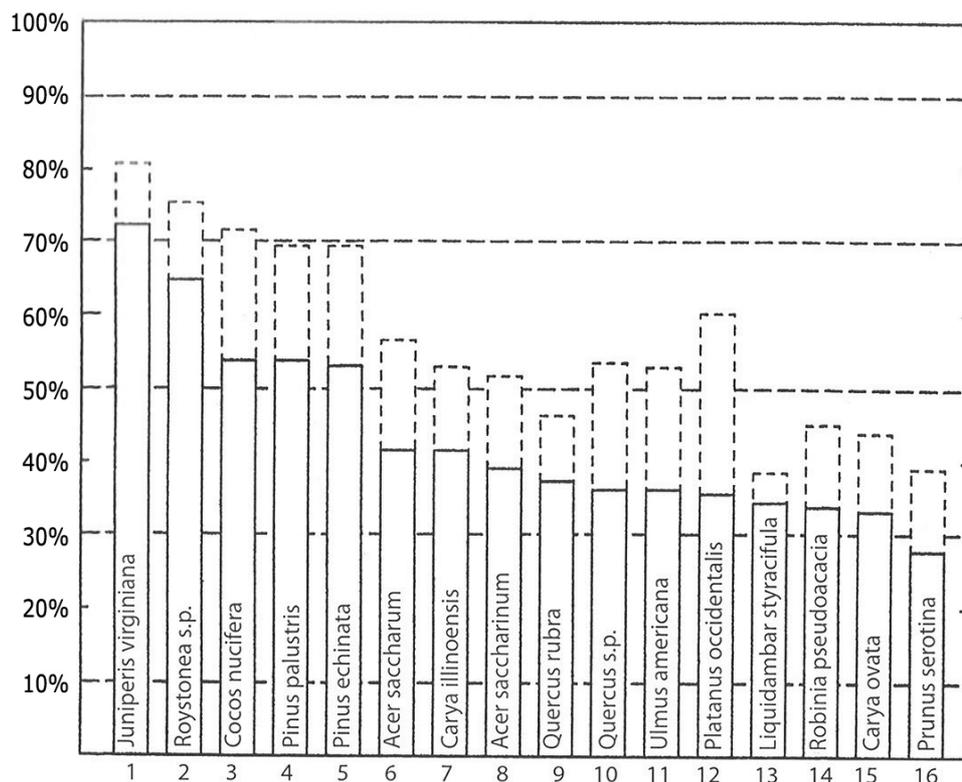


Immagine 06.

Istogramma che rappresenta la densità delle silhouette invernali di diverse specie di alberi. L'area tratteggiata indica il campo di variazione della densità (fonte Scudo G., Ocha de la Torre J.M. op. cit.)

⁷ da: Bellomo A., op. cit.

La densità del manto fogliare, assieme allo spessore della chiome (spessore che può generalmente variare tra i 15 ed i 110 cm)⁷, rappresenta in ogni caso il principale indicatore di efficienza della gestione della qualità microclimatica degli spazi, da parte delle specie poste a filtro tra ambiente naturale e spazio costruito. Diversi sono gli studi che hanno messo in evidenza a relazione tra abbattimento delle radiazioni solari e densità del fogliame, prima fra tutte la ricerca condotta in Germania nel 1985 da Baumann, attraverso misurazioni condotte su campioni di rampicanti delle dimensioni di 25x35x35cm, di cui sono di seguito riportati alcuni risultati. Per quanto riguarda la colorazione del manto fogliare, non si hanno ad oggi evidenze scientifiche che possa comportare alterazioni significative, nel funzionamento di controllo microclimatico degli spazi costruiti, da parte dagli elementi vegetali integrati all'involucro edilizio, mentre sul piano della scelta delle specie ad elevato valore decorativo le variazioni stagionali nella colorazione di alcune rampicanti, come la vite canadese o quella americana o le tinte accese di alcune specie epifite e semi-epifite⁸, impiegate per la creazione di pareti verdi idroponiche, possono giocare un ruolo decisivo.

⁸ Le piante epifite si caratterizzano per la presenza di radici ed apparati di captazione aerei delle sostanze nutritive, che gli consentono di vivere a ridosso di altre specie vegetali in assenza di terreno. Per approfondimenti si veda il paragrafo 3.5.2 del presente studio.

Essenza	Distanza da parete (cm)	Numero di foglie	Grandezza media delle foglie (cm ²)	Grado di copertura (1)	Densità di copertura (2)
1 <i>Phaseolus coccineus</i>	30	108	38,5	1,7	0,042
2 <i>Phaseolus coccineus</i>	60	108	38,5	1,7	0,042
3 <i>Lagenaria siceraria</i>	30	28	113,3	1,3	0,024
4 <i>Partheocissus quinquefolia</i>	30	470	5,3	1	0,022
5 <i>Fallopia auberti</i>	30	68	13,2	0,4	0,03
6 <i>Lonicera tellmanniana</i>	30	88	40,8	1,5	0,073
7 <i>Cabota, Ipomoea, Lathyrus</i>	30	372	8,8	1,3	0,061
8 <i>Clematis montana</i>	30	582	5,2	1,2	0,039

(1) Grado di copertura: superficie fogliare/(2x35x35).

(2) Densità di copertura: superficie fogliare/(2x35x35) x spessore del sistema.

Immagine 07.

Nella presente tabella si riportano gradi e densità di copertura di alcune specie rampicanti.
(fonte da: Bellomo A. op. cit.:
Baumann R., Begrunte Architektur, E. Callwey, Monaco, 1985.)

Come visto per la maggior parte delle caratteristiche sin qui descritte, anche densità e colorazione del manto vegetale offrono un riferimento alle prestazioni di controllo bioclimatico delle varie soluzioni di verde verticale ad oggi proposte dal mercato, un'incidenza decisamente più marcata sulle tecnologie, basate nella tradizionale applicazione di arbusti rampicanti, a causa del più elevato indice di industrializzazione del processo produttivo legato alle soluzioni per la creazione di pareti idroponiche, che a fronte di un'ampia scelta di specie impiegabili e di una minore garanzia di durata (per il semplice fatto che si tratta di tecnologie talmente recenti da non possedere uno storico che possa avvalorarne la durevolezza), offre sul piano delle prestazioni di controllo degli agenti atmosferici, il vantaggio di poter contare sul contributo dei substrati per la coltivazione posti in quota. Attraverso l'introduzione di tale fattore, si svincola almeno parzialmente, il funzionamento energetico delle pareti idroponiche, dalle caratteristiche fisiche e dalle trasformazioni stagionali delle specie vegetali in esse impiegate.



Immagine 08.

Variabilità dell'attenuazione degli effetti relativi alla variazionr (SD dir) attraverso l'impiego di diversi rampicanti, in funzione del grado di copertura del loro manto fogliate
(fonte Baumann R., op. cit.)

⁹ da: Bellomo A., op. cit

Di seguito, si riporta una tabella riassuntiva delle caratteristiche botaniche di alcune specie rampicanti, tratta da uno studio condotto all'inizio degli anni 2000 presso il BEST di Milano⁹, si noti come incrociando i dati riportati con i valori recentemente emersi da una campagna strumentale condotta presso il politecnico di Torino, finalizzata all'individuazione per diverse specie di piante rampicanti, di un indice misuratore della riduzione di energia entrante, attraverso la parete naturalizzata denominato *costante verde*¹⁰, la suddetta costante tenda ad assumere valori più significativi, per quelle specie caratterizzate da un manto fogliare di maggiore spessore, ma soprattutto di maggiore densità¹¹.

¹⁰ da: Ariaudo F., Fracastoro G.V., Il verde parietale come elemento di controllo dei carichi termici, in "Il progetto sostenibile" n. 15, 2007, pp. 56-65

Superfici vegetali applicate all'involucro edilizio per il controllo microclimatico dell'ambiente costruito

Le superfici vegetali applicate all'involucro edilizio

Specie	H	Spessore manto	Modo di ancorag.	Portam. /massa fogliare	Ritmo di crescita	Esposiz. alla rad. solare	Fiore		Foglia	
							colore	stag.	colore	stag.
Altezza raggiungibile fino a 10 m										
<i>Actinidia arguta</i>	6-8 m	0,40 m	volubile	R/folta	veloce	○●	bianco	V-VI	verde scuro	IV-XI
<i>Actinidia chinensis</i>	8-10 m	0,60 m	volubile	R/folta	rapido	○●	bianco	V-VI	verde-chiaro	IV-XI
<i>Akebia quinata</i>	8-10 m	0,50 m	volubile	R/folta	veloce	○●	bianco	IV-V	bruno-purpureo	IV-XII
<i>Clematis montana</i> varietà 'rubens' varietà 'superba'	8-10 m	0,70 m	viticci	R/folta	rapido	○●	rosa bianco	IV-VI	verde scuro verde scuro	IV-X
<i>Clematis tangutica</i>	6 m	0,30 m	viticci	R/semirada	medio	○●	giallo-oro	IV-IX	verde-scuro	IV-X
<i>Hedera colchica</i> varietà 'Dentata' var. 'Dentata variegata'	6-8 m	1,50 m	radici aeree	R, D/fitta	medio	●●			verde chiaro verde chiaro/ crema	sempre verde
<i>Jasminum officinale</i>	6 m	0,50 m	si intreccia	R, D/folta	media	○	bianco	V-VI	verde scuro	V-X
<i>Lonicera henry</i>	8 m	0,30 m	volubile	R/semifolta	veloce	●●	giallo-rosso	V-VIII	verde scuro	sempre verde
<i>Vitis coignetiae</i>	8-10 m	0,60 m	viticci	R/folta	veloce	○●	insignificante	IV-VI	verde brillante, rossastre in autunno	IV-X
Altezza raggiungibile fino a 15 m										
<i>Campsis radicans</i>	12 m	0,50 m	radici aeree	R/folta	veloce	○	rosso-arancio	VI-IX	verde chiaro	V-X
<i>Clematis vitalba</i>	12-14 m	1,10 m	viticci	R/folta	rapida	○●	bianco crema	VII-IX	verde scuro	IV-X
<i>Hydrangea petiolaris</i>	10-15 m	0,60 m	radici aeree	R/folta	medio	●●	bianco	VI-VII	verde scuro	IV-XI
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	10-15 m	0,60 m	viticci/vent.	R, D/folta	veloce	○●			verde brillante, rosso vivo in autunno	III-X
<i>Vitis vinifera</i>	10-15 m	0,50 m	viticci	R/folta	veloce	○●	insignificante	IV-VI	verde chiaro	IV-X
<i>Wisteria floribunda</i>	10-15 m	0,80 m	volubile	R/folta	veloce	○●	bluviolto	IV-VI	verde chiaro	V-XI
Altezza raggiungibile fino a 25 m										
<i>Hedera canariensis</i>	20-25 m	1,00 m	radici aeree	R, D/fitta	veloce	●●	insignificante		verde scuro, foglie molto grandi	sempre verde
<i>Hedera helix</i>	20-25 m	2,50 m	radici aeree	R, D/fitta	lenta	●●	insignificante		verde scuro	sempre verde
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	20-25 m	0,20 m	ventose	R, D/fitta	rapida	○●	insignificante		verde brillante, arancio rosso in autunno	III-X
<i>Wisteria sinensis</i>	25-30 m	1,50 m	volubile	R/fitta	rapida	○●	lilla	IV-VI	verde chiaro	V-XI

PORTAMENTO:

- R: rampicante
- D: decombente

RITMO DI CRESCITA:

- Rapido: > 200 cm all'anno.
- Veloce: 100 - 200 cm all'anno
- Medio: 50-100 cm all'anno
- Lento: < 50 cm all'anno

ESPOSIZIONE ALLA RADIAZIONE SOLARE:

○ pieno sole
● mezz'ombra
● ombra

11 A partire dall'estate del 2006 sono state condotte da F.Ariaudo e G.Fracastoro, presso il Dipartimento di energetica del Politecnico di Torino una serie di rilievi strumentali finalizzati a verificare la rispondenza dei valori relativi all'impatto energetico prodotto da piante rampicanti applicate agli involucri edilizi, nell'ambito del nostro contesto climatico, con quelli già pubblicati da ricercatori stranieri, inoltre estendendo il rilievo a diverse specie rampicanti, i ricercatori torinesi sono riusciti a ricavare una serie di valori parametrici indicativi dell'efficienza, in termini di dissipazione dell'energia prodotta dall'irraggiamento solare, per ognuna delle piante analizzate (Actinidia, Wisteria, Ampelopsis, Parthenocissus, Rincospermo, ed Hedra) chiamati costanti verdi (Kv). Tali valori sono ricavati attraverso una serie di semplici dati sperimentali, secondo la seguente equazione:

$$K_v = 1 - \frac{h_e T_v}{h'_e} = \frac{T_{se} - T_{sev}}{T_{se} - T_{ae}}$$

In cui, per T_{se} si intende la temperatura superficiale della parete in assenza di rivestimento, per T_{sev} la temperatura della stessa superficie ricoperta dal manto vegetale, mentre T_{ae} è la temperatura dell'aria esterna.

Di seguito sono riportati i valori relativi alle costanti rilevate dai ricercatori torinesi:

Tabella 3. Applicazione dell'indicatore individuato.

Specie	K
Ampelopsis Glandulosa Brevipedunculata	0,64
	0,56
Clematide	0,73
	0,79
Wisteria Sinensis	0,45
	0,42
Hedera Helix	0,83
	0,84

Si noti la corrispondenza tra l'aumento dei valori riscontrati in relazione all'impiego di specie caratterizzate dalla maggiore densità fogliare del manto, a riprova dell'importanza fondamentale di tale caratteristica.

Immagine 09.

Tabella comparativa delle caratteristiche relative alle chiome di alcune piante rampicanti (fonte Bellomo A., op. cit)

2.2.4 Caratteristiche delle foglie

Se come abbiamo visto, le caratteristiche geometriche del manto incidono attivamente nella definizione dell'efficacia di un rivestimento vegetale in termini di controllo microclimatico degli spazi costruiti, un fattore altrettanto determinante risultano essere le qualità di singoli organi vegetali che fisicamente lo compongono, ovvero la dimensione e le caratteristiche fisiche delle foglie.

Tali parametri risultano essere, specialmente per quanto riguarda gli arbusti rampicanti, estremamente variabili a seconda delle specie, variando specialmente in funzione dell'esposizione alla radiazione solare ed all'apporto idrico necessario alla sopravvivenza delle piante.

L'importanza di valutare le qualità delle foglie per le varie specie o categorie di piante utilizzate nel caso della produzione di pareti verdi, è legata al fatto che numerose tra le funzioni di controllo ambientale fornite all'uomo, dall'impiego di organismi vegetali, dipende direttamente dal maggiore o minore grado di interazione del fogliame con il suo contesto ambientale, ad esempio, le caratteristiche che fanno sì che un certo tipo di foglia sia più o meno efficiente nel captare o riflettere le radiazioni solari, o la capacità di questa nel produrre e rilasciare in aria vapore acqueo.

Con la finalità di introdurre gli elementi necessari a comprendere tali fenomeni, verranno di seguito analizzate le seguenti caratteristiche relative al fogliame delle piante:

- Caratteristiche geometriche e dimensionali
- Caratteristiche superficiali
- Fototropismo
- Stagionalità

2.2.4.1 Caratteristiche geometriche e dimensionali delle foglie

La foglia è l'organo della pianta adibito ad effettuare la fotosintesi, ed a questa funzione deve la sua geometria.

La necessità di esporre i cloroplasti in essa contenuti alla luce solare, e la necessità che questa penetri completamente nei propri tessuti, fa sì infatti, che la grande maggioranza delle specie vegetali abbiano sviluppato foglie comunemente piatte e sottili.

La classificazione morfologica delle foglie dipende dalla configurazione che, di specie in specie (e di caso in caso, come vedremo di seguito), assumono le loro componenti anatomiche.

Tra queste, interessa in questa sede, trattare brevemente le variazioni morfologiche legate alle componenti che maggiormente incidono sulle proprietà utili a fare delle foglie elementi schermanti e regolatori, rispetto all'azione degli agenti atmosferici ed in particolare, la lamina detta anche lembo (la parte piatta della foglia), ed il margine, ossia il disegno che caratterizza il bordo della lamina.

Come accennato, comunque, le caratteristiche geometriche delle singole foglie, rappresentano un ambito di studio decisamente complesso ed articolato, e pur concorrendo assieme all'estensione ed alla densità della chioma, a determinare la propensione delle diverse specie, ad assolvere funzioni di controllo ambientale, sull'ambiente costruito, costituisce una variabile piuttosto sensibile al variare delle condizioni ambientali, alle quali le piante possono essere di volta in volta sottoposte.

In tal senso risulta emblematico il caso di una rampicante estremamente diffusa nel nostro territorio come l'edera, pianta che predilige le zone in ombra per il suo sviluppo e dalle caratteristiche foglie a forma leggermente *lobulata*, che se esposte in pieno sole assumono invece una semplice forma *ovata* e di dimensione mediamente più modesta¹².

¹² Si veda a tal proposito, la scheda n.4 relativa alle caratteristiche dell' Hedra, contenuta all'interno del V° capitolo del presente studio

2.2.4.2 Caratteristiche superficiali delle foglie

La sezione della foglia contiene una serie di elementi, che ne determinano in modo decisivo la funzionalità di strumento di regolazione ambientale, ed è proprio attraverso tale livello di indagine, che si ritrovano gli elementi della morfologia di questi organi vegetali più utili allo svolgimento della presente ricerca.

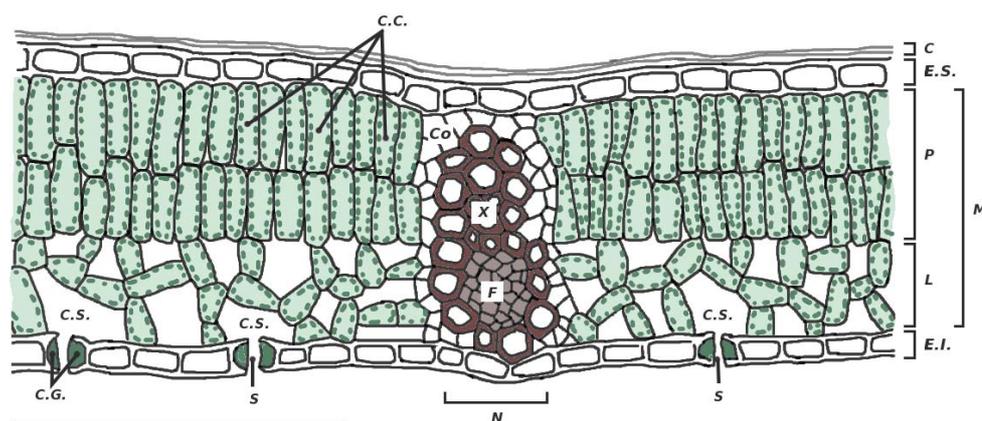


Immagine 10.

Sezione tipo di una foglia, con in evidenza tutte le sue possibili componenti

LEGENDA

- | | |
|---|---|
| C = cuticola (cuticle) | F = floema (phloem) |
| Co = collenchima (collenchyma) | M = mesofillo (mesophyll) |
| C.C. = cellule clorenchimatiche (chlorenchyma cells) | N = nervatura (vein) |
| C.G. = cellule di guardia (guard cells) | P = palizzata (palisade mesophyll) |
| C.S. = camere sottostomatiche (substomatal chambers) | S = lacunoso (spongy mesophyll) |
| E.I. = epidermide inferiore (lower epidermis) | St = stomi (stomata) |
| E.S. = epidermide superiore (upper epidermis) | X = xilema (xylem) |

Una foglia è generalmente costituita dai seguenti tessuti:

- L'Epidermide: la superficie superiore ed inferiore più esterna della foglia.
- Il Mesofillo: lo strato della foglia all'interno del quale sono contenuti i cloroplasti*(nota)
- Lo Xilema : strato posto superiormente rispetto alla sezione della foglia che contiene i vasi per il trasporto di acqua e sali provenienti dalle radici
- Il Floema: strato posto inferiormente rispetto alla sezione della foglia che contiene cellule allungate per il trasporto dei prodotti di fotosintesi

- Gli Stomi: aperture disposte lungo tutta la superficie erbacea delle piante (e quindi in particolare sulla lamina delle foglie), che mantengono lo scambio gassoso tra organismo vegetale ed ambiente esterno (attraverso gli stomi entra ossigeno ed anidride carbonica ed esce acqua)

Tra queste componenti, sono in particolare, epidermide e stomi a fare delle foglie degli eccellenti strumenti di regolazione della qualità ambientale.

Gli stomi, sono infatti gli elementi attraverso cui prende materialmente forma il fenomeno dell'evapotraspirazione, che immettendo in aria vapore acqueo, ne modifica il tasso di umidità (si pensi che un albero centenario può rilasciare un atmosfera attraverso le proprie foglie anche 400 litri di acqua al giorno), questo fattore se sommato all'abbassamento della temperatura generalmente provocato dall'azione di ombreggiamento, operata dalla stessa massa vegetale, può portare a consistenti miglioramenti in termini di confort microclimatico, specie nell'ambito di spazi inseriti all'interno di un contesto urbano, o marcatamente antropizzato.

Nell'epidermide della foglia poi, si colloca uno degli elementi di maggiore incidenza sull'efficacia dell'effetto schermante dalle radiazioni solari dirette, prodotto da tale organo.

La parte superiore dell'epidermide fogliare è infatti spesso ricoperta dalla cuticola, una sostanza cerosa, la cuticola, uno strato di materiale idrofobico composto da cere e da cutina¹³ depositato esclusivamente sulla parte esterna delle cellule dell'epidermide, con funzione protettiva, che conferisce alla foglia impermeabilità all'acqua, ed in minor misura, ai gas atmosferici. Questo sottile strato ceroso, conferisce alle foglie la loro caratteristica (e variabile a seconda delle specie) lucidità e consente a tali apparati di riflettere parte della radiazione solare incidente sulla loro superficie.

La cuticola, riveste foglie, giovani rami e tutte quelle parti aeree delle piante non legnose ed ancora prive di periderma¹⁴, come nel caso di molti degli apparati preposti all'abbarbicamento delle specie rampicanti (si pensi ad esempio ai volubili getti caratteristici del glicine) e rappresenta a maggior ragione per tali specie un elemento di fondamentale competitività in termini di prestazioni di controllo ambientale da queste esercitato sulle superfici e sugli ambienti rivestiti.

¹³ La cuticola è uno strato di materiale idrofobico composto da cere e da cutina depositato esclusivamente sulla parte esterna delle cellule dell'epidermide con funzione protettiva. Conferisce impermeabilità all'acqua ed, in minor misura, ai gas atmosferici. La cellula, però, essendo coperta di cuticola solo sulla faccia esterna, può ricevere acqua e nutrimento dalle cellule vicine e quindi rimanere vitale

¹⁴ Il periderma è il tessuto che riveste il fusto e le radici delle piante legnose, una volta terminata la fase di crescita primaria, formando la corteccia esterna.

2.2.4.3 Fototropismo delle foglie

Per fototropismo, si intende indicare la capacità delle foglie di disporsi nel modo più favorevole alla radiazione solare, dando vita quindi a diverse configurazioni del manto vegetale nel corso della giornata.

Questo fenomeno è dovuto alla necessità da parte delle foglie di catturare sulla loro superficie quanta più energia possibile per attivare il processo di fotosintesi.

In alcune specie l'effetto è estremamente evidente, e il piano della foglia tende ad essere sempre perpendicolare alla radiazione solare, anche se non risultano a questo proposito, dati attendibili relativi al comportamento delle specie più comunemente impiegate per il rivestimento delle pareti.

In qualche modo grazie al fototropismo le foglie funzionano come schermi autoregolanti (peron 2009) e questo può generare effetti estremamente interessanti sulle pareti ricoperte, se si considera che una densa copertura di piante, siano esse di alto fusto o di modeste dimensioni, è in grado di schermare anche più del 90% dell'energia solare (Wilmers 1988).

Un altro aspetto, da tenere in considerazione pensando al fenomeno de fototropismo, riguarda l'alternanza del suo effetto nel corso delle ore diurne, con le funzioni di controllo dei flussi di calore esercitato dal manto vegetale durante le ore notturne.

La copertura vegetale infatti, agisce anche da schermo nei confronti della energia reirradiata dalle superfici da essa rivestite verso la volta celeste durante la notte. Quando cala il sole e le foglie si ricompattano per il venire meno degli effetti legati al loro fototropismo, la copertura vegetale aumenta li suo potenziale isolante nei confronti delle pareti retrostanti.

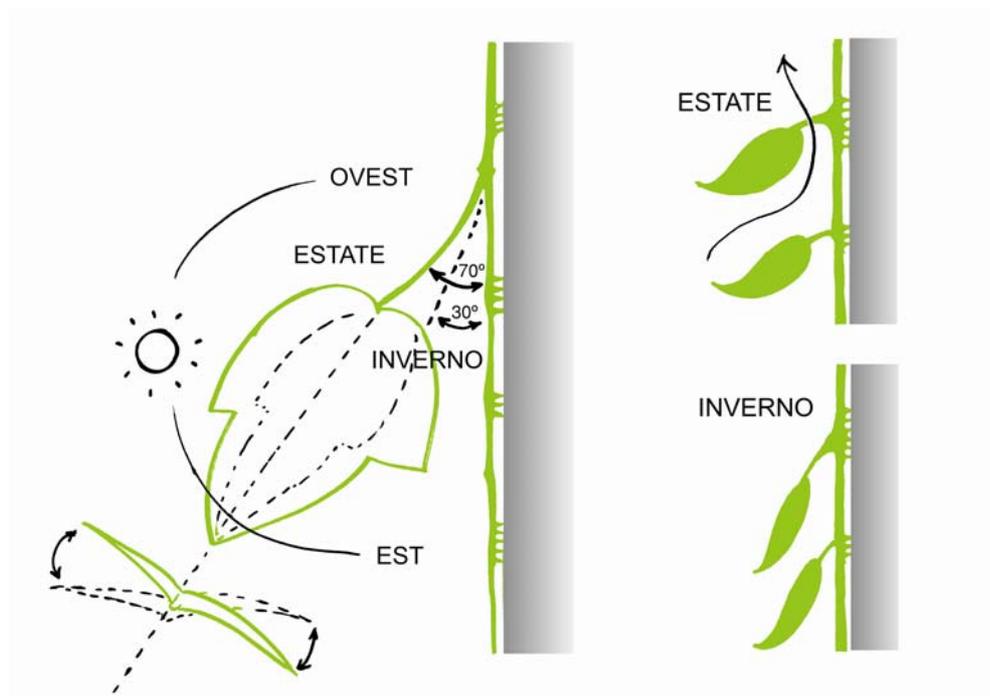


Immagine 11.

Schema delle dinamiche relative al fototropismo delle foglie.

Si noti come in particolare, il sole più basso e le scarse ore di luce che caratterizzano le giornate invernali, portino le foglie a formare durante tali periodi delle masse più chiuse e compatte incrementando la protezione dagli agenti atmosferici offerta alle superfici rivestite.

(Fonte: Olivieri M.)

2.2.2.4 Stagionalità delle foglie

Parlare di stagionalità, significa prendere in considerazione la più peculiare delle caratteristiche relative all'impiego del verde in architetture, si tratta infatti di prendere in considerazione, gli effetti prodotti sugli organismi vegetali dai cambiamenti di temperatura, umidità ed ore di luce solare che periodicamente si susseguono durante l'alternarsi delle stagioni.

Come per tutte le caratteristiche, relative alla componente vegetale delle tecnologie per la costruzione di pareti verdi trattate dal presente studio, la stagionalità del ciclo vegetativo riguarda in diversa misura le differenti specie vegetali impiegabili.

Una differenza fondamentale riguarda innanzitutto, la possibilità offerta dalla recente applicazione di tecnologie basate su tecniche di coltivazione fuori suolo, di estendere la scelta delle specie per l'inverdimento parietale dal pur vario universo degli arbusti a portamento rampicante, alle più disparate specie di tappezzanti e manti erbosi.

Se infatti per le specie rampicanti tradizionalmente impiegate per il rivestimento parietale, la questione della stagionalità si poteva di fatto risolvere nella selezione di specie sempreverdi, piuttosto che a foglia

caduca a seconda dell'effetto estetico e bioclimatico desiderato, l'impiego di specie erbacee direttamente coltivate in quota, comporta la necessità di prendere in considerazione gli effetti prodotti su di esse dai periodi di riposo o dormienza, peculiari specialmente delle specie macroterme.

Stagionalità del fogliame e variazioni di grana, densità e tonalità del manto vegetale

Una delle caratteristiche più interessanti e peculiari dell'applicazione di manti vegetali all'involucro edilizio, per il controllo microclimatico estivo ed invernale degli edifici, è senza dubbio la stagionalità che regola l'alternarsi di periodi di fogliazione e di deciduità della massa fogliare.

A seconda delle specie scelte e delle necessità da soddisfare attraverso l'applicazione della parete vegetale, sarà di volta in volta necessario ricercare la migliore sintonia possibile tra tempi biologici dei manti vegetali ed esigenze di confort degli utenti.

Per quanto riguarda l'impiego di arbusti rampicanti, la distinzione tra specie a foglia caduca e specie sempreverdi (sia pure o no le dovute cautele dettate come visto dalla vastità dei fattori incidenti su tale caratteristica), rappresenta la principale discriminante legata ai mutamenti stagionali e rappresenta di per sé, se adeguatamente sfruttato, un fattore di eccezionale funzionalità nella gestione della qualità microclimatica degli spazi costruiti.

La massa fogliare infatti, costituisce nel caso delle specie caducifoglie, come un filtro estremamente efficiente e compatto all'irraggiamento solare diretto nei mesi estivi, lasciando invece filtrare gli apporti solari invernali, per via della caduta delle foglie nei mesi più freddi dell'anno.

Tale fenomeno, dipende sostanzialmente dal naturale rallentamento delle funzioni vitali degli organismi vegetali, durante il periodo invernale, e risulta come visto generalmente coerente con le funzioni di controllo microclimatico tradizionalmente collegate all'impiego di verde parietale in architettura, ma tale sinergia risulta tanto più sicura relativamente all'impiego di specie rampicanti autoctone, che dovrebbero in tal senso essere preferite a quelle esotiche.

L'impiego di determinate specie, al di fuori del loro abituale ambito di diffusione territoriale, può infatti portare ad alterarne il comportamento, è il caso per delle specie comunemente definita semisempreverdi, come l'Akebia quinata, rampicante della famiglia delle Lardizabalaceae originaria della Cina, del Giappone e della Korea, generalmente impiegata per la sua valenza decorativa (abbondante fioritura dalla delicata profumazione), capace se coltivata in climi particolarmente miti di conservare il fogliame anche nei mesi invernali, o della Lonicera henry della famiglia delle caprifoliacee, originaria delle regioni della Cina meridionale che pur essendo generalmente considerata una sempreverde, in contesti climatici molto rigidi può perdere parzialmente il fogliame.

Anche nel caso delle specie sempreverdi, l'impiego oculato delle caratteristiche stagionali, può rivelarsi un elemento vincente in chiave bioclimatica.

Tali piante infatti, pur rallentando in periodo invernale il loro ritmo di crescita mantengono intatto il loro manto fogliare, costituendo di fatto un filtro all'azione degli agenti atmosferici durante tutto l'anno.

Tale caratteristica, risulta in genere propria delle specie meno adatte all'esposizione solare diretta, e meno tolleranti rispetto alle elevate temperature (una fra tutte è la comune Hedera helix diffusissima anche sul nostro territorio nazionale), questo comporta un impiego di specie sempreverdi tradizionalmente su pareti poco soleggiate, dove d'altronde per via degli scarsi apporti solari l'effetto coibente del loro manto fogliare può produrre anche in inverno, effetti benefici in termini di bilancio energetico.

Per quanto concerne le pareti costituite da arbusti e manti erbosi coltivati in quota con tecniche Hidroponiche, l'estrema varietà delle specie impiegabili rende impossibile una trattazione dettagliata degli effetti dovuti al ciclo vegetativi stagionale per ognuna di esse, mentre limitatamente all'impiego di manti erbosi è possibile in questa sede operare una doverosa distinzione tra specie microterme, che conservano pressoché inalterate le caratteristiche del manto anche nella stagione invernale (pur rallentando come gli arbusti sempreverdi il loro ritmo di crescita) e macroterme, che Originarie dell'Africa, del centro-sud America e dell'estremo Oriente,

risultano adatte a climi caldi e presentano un'elevata resistenza alle alte temperature, in inverno (o comunque con temperature inferiori a 10 °C), vanno in dormienza, assumendo una uniforme colorazione giallo paglierino. Al di là della capacità dei diversi manti erbosi di resistere alle diverse temperature stagionali, si deve comunque rilevare, come nel caso di superfici verdi coltivate in quota, l'estrema importanza del substrato nell'adempiere a funzioni di controllo microclimatico, fa sì, che almeno da questo punto di vista, gli effetti dovuti alla stagionalità dei cicli vegetativi siano decisamente meno evidenti (tanto negli aspetti positivi dovuti a tali fenomeni che nelle criticità ad essi riconducibili), rispetto a quanto non accada con l'impiego di piante rampicanti.

In tal senso la maggiore differenza tra caratteristiche dello strato vegetale tra estate ed inverno riguarda la quantità di acqua erogata (attraverso il substrato posto in quota) che risulterà tanto più abbondante nei periodi di maggiore calore e praticamente nulla nei mesi di dormienza invernale.

Tali variazioni in termini di umidità del substrato posto in quota, possono generare discontinuità nelle prestazioni di controllo microclimatico delle superfici verdi continue, di cui ad oggi non sono purtroppo ancora disponibili studi dettagliati.

Stagionalità di fioritura e creazione di frutti

Un ulteriore aspetto legato alla stagionalità e caratteristico dell'impiego di organismi vegetali applicati all'involucro edilizio riguarda la produzione di fiori e frutti.

La fioritura delle specie impiegate nell'inverdimento parietale, pur non costituendo un elemento in se particolarmente influente sulla capacità di controllo microclimatica degli spazi costruiti (oggetto della presente ricerca), rappresenta in molti casi un fattore di fondamentale importanza nella scelta delle suddette specie da parte degli utenti, che generalmente tendono a prediligere specie dall'abbondante e colorata fioritura.

Le gradevoli variazioni cromatiche ed olfattive, garantite dall'impiego di arbusti rampicanti e da una grande varietà di specie tappezzanti integrabili all'involucro edilizio, attraverso l'impiego di tecniche di coltivazione fuori

terra, rappresentano uno degli elementi di qualità decisivi ad orientare la diffusione da un mercato di nicchia, al grande pubblico delle tecnologie per la costruzione di pareti verdi, sia in positivo che in negativo (si pensi alla caratteristica di numerose specie vegetali caratterizzate da un 'abbondante fioritura di attirare insetti) per tale ragione, sono state fatte oggetto di analisi nello sviluppo della presente ricerca e descritte sia pure in forma sintetica all'interno delle schede che riportano nel dettaglio caratteristiche e funzioni attribuibili alle diverse specie vegetali.

La produzione, rappresenta un nodo nella maggior parte dei casi decisamente meno importante, data la modesta entità della produzione che generalmente caratterizza rampicanti e piccoli arbusti impiegati nell'inverdimento parietale. Non mancano comunque anche in questo caso notevoli eccezioni, basti pensare alla *Vitis vinifera*, comunissima sul nostro territorio e sovente scelta per il rivestimento di tettoie, gazebi e spazi filtro di varie natura, anche per le pregiate caratteristiche delle sue bacche (meglio note come acini).

Nel caso della *Vitis vinifera*, come in altri casi di specie caratterizzate da dalla produzione di frutta più abbondante, assieme alla gradevolezza vanno però tenute in debita considerazione una serie di fattori negativi, legati alle maggiori difficoltà di manutenzione delle suddette specie (la frutta prodotta va comunque raccolta, specie se appassendo rischia di tingere e deteriorare superfici e manufatti prossimi, ed alla capacità di attirare aviofauna. Anche in questo caso, come per la fioritura, le caratteristiche relative alla produzione di frutta da parte delle diverse specie sono state inserite all'interno del protocollo di schedatura della presente ricerca.

Per finire, si ritiene necessario fare cenno ai rischi, legati all'impiego di arbusti rampicanti e manti erbosi, in termini di reazioni allergiche da parte degli utenti degli spazi costruiti ad esse prossimi. Aspetto quest'ultimo ad oggi piuttosto trascurato dalla trattativa di settore ma decisamente insidioso, se è vero come attesta una ricerca condotta nel 2007 dall'università di Genova, che entro il 2020 il 50% degli adolescenti italiani sarà interessato dai sintomi di riniti allergiche e se si pensa che gli effetti di tali reazioni risultano particolarmente evidente in estate ¹⁵ (in particolare per

¹⁵ Dati riportati dal Bollettino dei pollini allergenici del 19 agosto 2009

le rampicanti fra la fine di maggio e gli inizi di giugno) nel periodo cioè in cui si manifestano con maggiore evidenza gli aspetti positivi in termini di controllo microclimatico dello spazio costruito dovuti all'impiego di pareti vegetali.

3. VARIABILI TECNOLOGICHE DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO

3.1 LE MODALITA' DI COLTIVAZIONE COME SPARTIACQUE TECNOLOGICO

La recente introduzione di tecnologie, basate sul principio di coltivazione fuori suolo nell'ambito dell'inverdimento parietale, ha comportato l'apertura di un capitolo completamente nuovo nella storia di questo settore.

Il rivestimento di involucri edilizi, attraverso l'applicazione di manti vegetali, ha infatti da sempre comportato da parte dell'uomo l'impiego di tecnologie semplici e leggere, finalizzate ad accompagnare il naturale sviluppo di piante a portamento rampicante o decombente appositamente selezionate, ed a cui di fatto veniva delegata qualsiasi funzione di controllo estetico ed ambientale.

Da parte sua l'uomo aveva il compito di garantire alle piante condizioni e cure adeguate al loro sviluppo attraverso una serie di pratiche andatesi consolidando nei secoli.

Nel momento in cui grazie all'impiego di nuove tecniche e nuovi materiali sviluppati in ambito vivaistico, diventa possibile allontanare le piante dal suolo e coltivarle in verticale, direttamente sul piano di facciata, si assiste ad uno stravolgimento degli equilibri tra gli elementi naturali ed artificiali in un gioco tale da renderne necessaria una nuova definizione.

Il passaggio dalla coltivazione in terra, alla coltivazione soilless, ha comportato notevoli variazioni su diversi aspetti legati alla creazione di superfici verdi verticali ed in particolare relativamente a:

- La gestione delle specie vegetali impiegate, che passa, specialmente per quanto riguarda le fasi di impianto e crescita delle piante, dalle mani degli utenti, a quelle dei vivaisti impiegati nella

produzione su vasta scala di manti vegetali già pronti da applicare all'involucro degli edifici, con notevoli implicazioni sul piano delle procedure e dei costi di manutenzione.

- selezione delle diverse componenti del rivestimento di facciata, che cambiano a seconda del tipo di coltura impiegato, dovendo adeguare a tale parametro non solo le caratteristiche dei substrati di coltura, ma anche le specie vegetali e le strutture di sostegno che di volta in volta sarà possibile impiegare, con inevitabili conseguenze in termini di rendimento estetico ed ambientale degli involucri.

In base a quanto detto, si è ritenuto necessario nel corso della presente ricerca tracciare una linea di demarcazione netta tra le tecnologie di inverdimento basate sull'impiego di colture in terra e le tecnologie che sfruttano sistemi di coltura fuori suolo, affrontando separatamente la trattazione delle caratteristiche e delle variabili tecnologiche legate al loro impiego e la valutazione dei rispettivi esiti in termini di produzione di sistemi di facciata, relativamente agli effetti di controllo microclimatico su edifici e spazi, aperto da questi prodotti.



Immagine 01.

immagine relativa alla coltivazione in serra di tappeti erbosi destinati all'applicazione su pareti naturalizzate.
Fonte: Olivieri M.

3.2 LA COLTIVAZIONE IN TERRA DELLE SUPERFICI VEGETALI

3.2.1 Introduzione

Le testimonianze dell'impiego di specie rampicanti, per l'inverdimento di pergole e pareti nel corso della storia dall'antica Grecia ad oggi a noi pervenute sono varie e numerose e ci danno la misura di quanto profondo sia nella tradizione del costruire il rapporto di integrazione tra strutture lapidee ed organismi vegetali, la coltivazione in terra offre in questo senso una serie di caratteristiche estremamente interessanti nel momento in cui ci si trovi a progettare superfici verdi per il rivestimento di spazi costruiti ed involucri edilizi, poiché proprio in virtù del patrimonio di esperienza accumulato nei secoli attorno a tale pratica, risulta oggi possibile accedere ad un gran numero di informazioni utili per orientare utenti e progettisti, nella soluzione di tutti i problemi relativi alla costruzione ed alla manutenzione, che di caso in caso, si possono presentare.

3.2.2 La gestione della coltivazione in terra

Le variabili legate alla gestione delle specie rampicanti coltivate in terra, risultano inoltre per quanto articolate e complesse, accomunabili a quelle tipiche della gestione del verde urbano, nel momento in cui con questo termine si indichi l'introduzione artificiale di organismi vegetali in contesti variamente antropizzati, allo scopo di assolvere alle più varie istanze umane, dall'alimentazione alla gestione della qualità climatica, sanitaria ed estetica degli spazi abitati.

Si è in questa sede scelto di articolare l'esposizione delle suddette variabili gestionali, articolandole secondo i seguenti punti:

Scelta dei sito

Impianto

Fabbisogno idrico e nutritivo

Potatura e riproduzione

Avversità ed esigenze podologiche

Ognuno di questi temi verrà analizzato nello specifico, relativamente all'impiego delle più comuni specie rampicanti nel corso dei paragrafi a seguire.

Nell'ambito delle tecniche di coltivazione in terra di stampo tradizionale, si può comunemente distinguere tra coltura in piena terra e coltura in vaso (o in vasca), ognuna di queste modalità offre vantaggi che di volta in volta porteranno i progettisti ed gli utenti a propendere per l'una piuttosto che per l'altra, ma va tuttavia riposta la massima attenzione, una volta decisa la modalità di coltura, nel selezionare le specie vegetali coerenti con la scelta effettuata.

Sono infatti numerose, le specie rampicanti che si distinguono tra gli arbusti più comunemente impiegati dall'uomo per scopi decorativi, o di controllo ambientale, per rapidità e vigore della crescita ed ovviamente non tutte trovano nella coltivazione in vaso lo spazio per un corretto sviluppo.

Generi vegetali	Coltura in piena terra	Coltura in vaso
<i>Actinidia</i>	necessaria	—
<i>Akebia</i>	necessaria	—
<i>Campsis</i>	X	X
<i>Clematis</i>	X	X
<i>Hedera</i>	X	X
<i>Hydrangea</i>	necessaria	—
<i>Jasminum</i>	X	X
<i>Lonicera</i>	X	X
<i>Parthenocissus</i>	X	X
<i>Vitis</i>	X	X
<i>Wisteria</i>	necessaria	—

Tipo di messa a dimora a seconda del genere vegetale
(fonte da: Bellomo A., op.cit.)

3.2.2.1 Scelta del sito

L'orientamento delle pareti che si desidera rivestire, rappresenta una variabile di estrema importanza determinando l'esposizione a luce e vento delle piante impiegate.

Come si vedrà in dettaglio, nelle schede relative alle principali specie rampicanti impiegate per il rivestimento di involucri edilizi, queste richiedono di caso in caso un diverso grado di esposizione alle radiazioni solari per la loro crescita, facendo di tale fattore ambientale, un punto essenziale ad orientarne la corretta scelta rispetto alle caratteristiche offerte dal sito di progetto.

Sempre in merito all'esposizione solare, occorre poi considerare che specialmente in contesti urbani, può essere definito non solo dall'orientamento del fronte destinato all'inverdimento, ma dalle caratteristiche morfologiche del costruito in cui questo si trova ad essere inserito e dalla quantità di ombra portata prodotta in tale contesto.

Un'altra caratteristica, da tenere in debita considerazione in merito all'orientamento di una parete verde riguarda l'esposizione al vento. Rispetto alle specie arboree generalmente impiegate nella costruzione di barriere contro questo agente atmosferico, le specie rampicanti risultano generalmente meno efficaci, ma non solo, un'esposizione diretta di tali piante a forti venti, specie se invernali e specie se nelle fasi immediatamente successive all'impianto, rischiano di comprometterne seriamente la crescita, causando danni fisici o portandole all'essiccamento. Occorre comunque puntualizzare, che nel caso dell'esposizione ai venti, contrariamente a quanto visto per la luce solare, il contesto urbano con la sua elevata densità edilizia può costituire un ambiente decisamente favorevole, non presentando generalmente al suo interno grande ventosità, anche se resta necessario porre attenzione nel collocare rivestimenti vegetali in prossimità degli spigoli degli edifici o su fronti che si sappia essere esposti a venti dominanti.

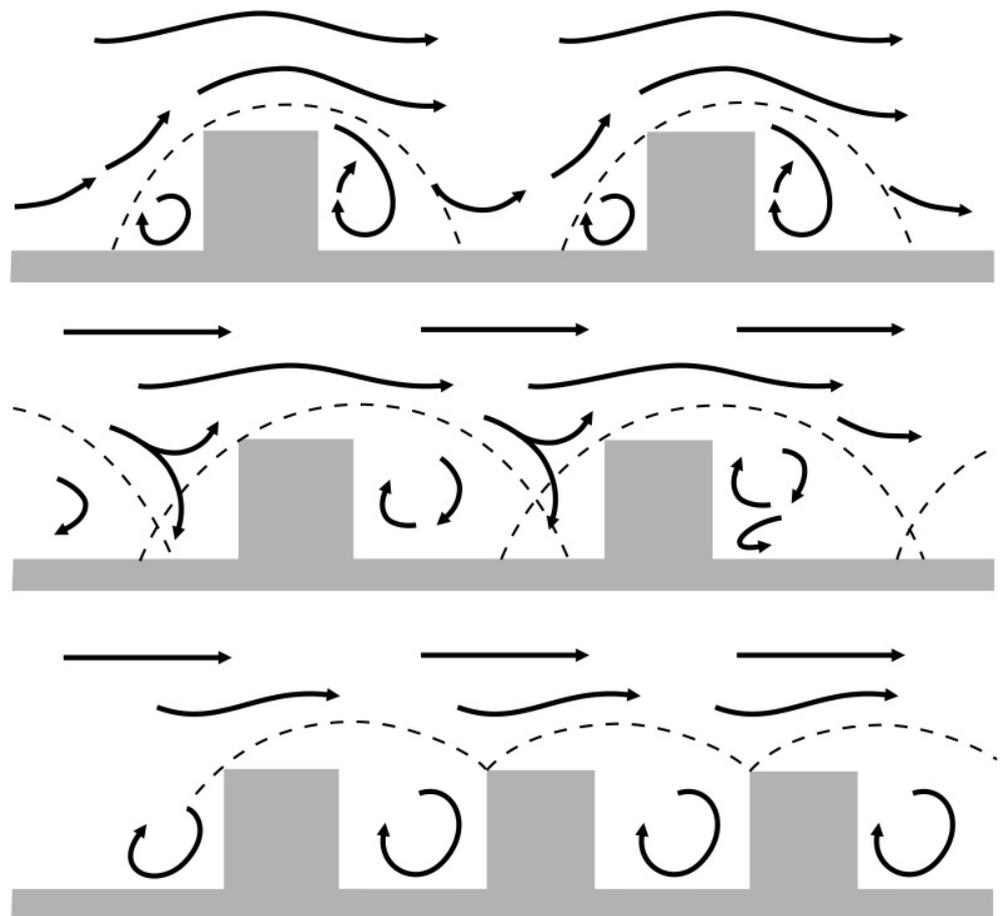


Immagine 02.

Flussi di aria associati a diverse geometrie urbane all'aumentare del rapporto tra l'altezza e distanza tra i fabbricati. (fonte da: Scudo G., Ochoa de la Torre J.M., op.cit.)

Un ultimo aspetto legato alle condizioni ambientali che si ritiene necessario discutere in questa sede, anche se solo indirettamente influenzato all'orientamento del sito, riguarda la temperatura minima di resistenza delle piante che si desidera impiegare.

Il grado di massimo freddo che gli organismi vegetali sono in grado di sopportare, costituisce infatti l'aspetto più importante nella selezione delle specie da impiegare per l'inverdimento in virtù degli effetti devastanti su di esse prodotti da una scelta non oculata.

3.2.2.2 Impianto

Per impianto, si intendono la serie di procedure e di cure che generalmente richiede la corretta messa a dimora delle specie vegetali da parte dell'uomo.

Come per altre variabili gestionali discusse in questo paragrafo, non si tratta di un parametro direttamente legato e proporzionale all'efficienza espressa dalle specie vegetali applicate all'involucro in termini di controllo ambientale, ma rappresenta comunque un onere gestionale che non si può non prendere in considerazione nel momento in cui si voglia stilare un bilancio dell'impiego del verde parietale in qualità di componente tecnologica dell'involucro edilizio.

Il primo fattore che occorre prendere in considerazione a seconda delle specie impiegate riguarda il periodo più favorevole ad eseguire le operazioni di impianto, che varia di specie in specie (si rimanda la trattazione dei singoli casi alle schede-pianta) ma che si tende generalmente a definire in base alle caratteristiche di stagionalità del manto fogliare, ed in particolare:

Per le rampicanti decidue, si tende ad indicare il periodo più favorevole all'impianto tra i mesi di ottobre e di marzo, ma con condizioni climatiche il più possibile favorevoli (evitando quindi pioggia neve o gelo) e con terreno il più possibile asciutto.

Nel caso in cui tali condizioni venissero meno occorrerà attendere e rinviare le operazioni di messa a dimora delle piante, tale considerazione mette una volta di più in evidenza l'assoluta particolarità delle tecnologie di inverdimento fondate sull'impiego di tecniche tradizionali per le quali risulta sovente difficile la gestione dei tempi, non solo di crescita, ma come visto anche di posa in opera.

Per le rampicanti sempreverdi si prediligono periodi di maggiore calore in cui anche la temperatura del terreno risulta maggiore e non rischia di compromettere, nel corso dei primi giorni successivi alla messa a dimora della pianta il suo apparato radicale.

In particolare, si tendono ad indicare come periodi favorevoli, le prime settimane d'autunno o i mesi primaverili.

La prima operazione da compiere è chiaramente lo scavo di una fossa a fondo piatto, che ospiterà le radici delle piante e le cui dimensioni dovrebbero risultare il più possibile coerenti a quanto indicato nel precedente paragrafo e comunque maggiori dell'apparato radicale da mettere a dimora.

Sul fondo della fossa, prima della pianta è buona norma porre un letto di ghiaia o altro materiale di granulometria grossa al fine di migliorarne il drenaggio, su tale strato va poi disposto uno strato di spessore variabile, a seconda delle caratteristiche della pianta, di concime organico o di composto, che dovrà a sua volta essere ricoperto con un cuscinetto di terra, per evitare il contatto diretto con le radici.

Collocata la pianta, le si deve aggiustare la posizione, distribuendo terriccio se possibile miscelato con dell'altro concime organico. In genere, la profondità dell'impianto dovrebbe essere tale da consentire alle parti aeree della pianta di uscire dal terreno in corrispondenza della quota che questo presentava prima dello scavo della fossa, ed in particolare per le specie innestate come generalmente sono le rose, si dovrà fare attenzione che il punto di innesto stia fuori dalla terra.

Al termine dell'impianto, il terreno va abbondantemente annaffiato, perchè aderisca adeguatamente alle radici che prima di venire inserite nel terreno,

allo scopo di favorire la ripresa delle piante, si possono immergere in bagni di argille e concimi organici.

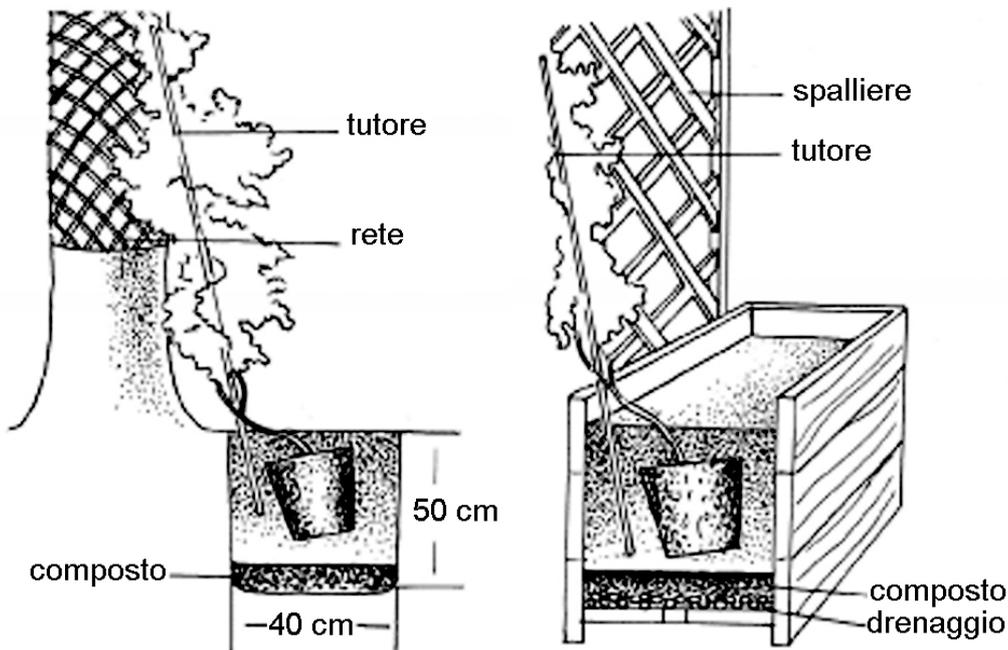


Immagine 03.

Impianto di clematide al piede di un'albero e in contenitore (fonte da: Del Fabro A., Impianto cura e varietà dei rampicanti, Demetra srl., Verona, 1994)

Dopo l'impianto, è fondamentale che i rampicanti non vengano abbandonati a se stessi, in questa fase infatti, le piante presentano generalmente un elevato grado di fragilità e sensibilità rispetto al contesto climatico ed agli agenti atmosferici.

In questo periodo e per almeno un anno dopo la messa a dimora, risulta quindi fondamentale per un gran numero di rampicanti, una frequente e regolare annaffiatura, specialmente in periodi caldi e siccitosi.

Per molte specie di origine tropicale, ed estremamente apprezzate per il loro valore estetico, sovente impiegate sia attraverso l'impiego di tecniche di inverdimento tradizionali, che nelle pareti costituite da contenitori di substrato posti in quota lungo i fronti da rivestire, il pericolo costituito nel nostro contesto climatico nazionale da freddo e gelate invernali, rappresenta un problema anche oltre il primo anno dall'impianto, diventa dunque fondamentale per garantire la durata di queste specie, porre in essere periodicamente pratiche, finalizzate alla loro protezione, per la cui trattazione specifica si rimanda alla letteratura di settore¹ esulando dagli intenti del presente studio.

1. Si veda: Del Fabro A., op.cit.

3.2.2.3 Fabbisogno idrico e nutritivo

Il fabbisogno idrico e nutritivo delle piante rappresenta un aspetto fondamentale per la gestione della qualità estetica e della salute del verde urbano, e diventa tanto più importante al diminuire della quantità e della qualità del substrato a disposizione della pianta per lo sviluppo del suo apparato radicale.

Nel caso dell'impiego di specie rampicanti, la condizione più problematica risulta sicuramente quella della coltivazione fuori suolo, in vasca o in vaso, in cui diventa indispensabile un'annaffiatura costante anche se come visto nel paragrafo relativo alle variabili tecnologiche della coltivazione in terra esiste oggi sul mercato un'ampia gamma di prodotti per agevolare l'utente nella gestione dei fabbisogni idrici delle specie coltivate in vaso.

Per quanto riguarda la coltivazione in piena terra, che costituisce comunque la condizione di coltura ideale per la maggior parte delle specie rampicanti ad elevato potenziale in termini di controllo ambientale, posto che i consumi idrici, vanno tarati sulle necessità delle singole specie (anche in questo caso nelle schede-pianta sviluppate nel corso del presente lavoro si riportano i dati salienti relativi alle esigenze delle varie essenze) si può considerare in linea di principio il dato di consumo tipico per specie arboree di pari dimensioni.

Per quanto riguarda invece, la modalità di erogazione dell'acqua per le piante coltivate a terra, si fa comunemente ricorso a tecnologie più o meno automatizzate, generalmente impiegate nell'ordinaria manutenzione dei giardini domestici, dalla semplicissima erogazione manuale di acqua corrente presa direttamente dalla rete idrica, all'impiego di sistemi di erogazione di acqua nebulizzata controllata per mezzo di reti più o meno articolate di tubi microforati collegati a timer per la gestione di orari e durata dell'erogazione.



Immagine 04.

Impianto di irrigazione interrato.
(fonte: Uniflex)

Risulta comunque evidente, che al di là dell'impegno in termini di tempo per l'ordinaria erogazione di risorse idriche alle piante, resta da considerare nella scelta dei sistemi di irrigazione citati, la questione dei costi, mentre infatti, per quanto riguarda l'erogazione manuale è sufficiente mettere in conto solamente la spesa relativa al consumo di acqua (voce che purtroppo oggi risulta variare anche sensibilmente da comune a comune in virtù dei processi di privatizzazione in atto), soltanto il costo irrisorio dei metri lineari di tubatura necessari a raggiungere agevolmente le varie parti della superficie rivestita, per la messa in opera di reti automatizzate i costi sono piuttosto elevati se si considera che per servire adeguatamente un giardino della superficie di 100 mq attraverso l'impiego di tubi corrugati ed irrigatori dinamici i prezzi di mercato si attestano ad oggi su cifre dell'ordine di 1.000 – 1.200 euro.

Un discorso a parte va invece fatto a proposito della somministrazione di sostanze nutritive.

Per vivere e svilupparsi, le piante devono assorbire una serie di elementi, ed in determinate quantità.

Alcuni di questi come il carbonio l'idrogeno e l'ossigeno vengono assorbiti da aria ed acqua, mentre altri come l'azoto, il fosforo, il potassio, lo zolfo, il calcio, il ferro, il magnesio, ed altre, vengono estrapolate dal terreno attraverso le radici.

Tra gli elementi citati, quelli di cui certi terreni, specialmente in contesto urbano risultano carenti, sono azoto fosforo e potassio e per rimediare a tale carenze sono disponibili sul mercato un grande numero di concimi chimici semplici (ossia caratterizzati dalla massiccia presenza di un determinato componente tra quelli citati) o complessi, definiti binari, ternari o quaternari a seconda del numero di componenti in essi miscelati.

Se i concimi chimici, rappresentano una risorsa estremamente preziosa al fine dell'impiego progettuale delle caratteristiche di controllo ambientale delle rampicanti applicate a finitura dell'involucro edilizio, perché ne consentono un impiego decisamente flessibile consentendo alle piante di crescere e svilupparsi anche in contesti e periodi difficili, non si può trascurare l'impiego periodico di fertilizzanti naturali come il letame maturo, da tempo oramai inserito in un processo di produzione e distribuzione industrializzato, che ne consente l'agevole reperimento anche in aree urbane.

In virtù delle sue caratteristiche, tale elemento resta ad oggi l'elemento base di qualsiasi efficace pratica di fertilizzazione, oltre ad apportare al terreno un prezioso contributo in termini di elementi chimici utili alla sua fertilità, l'applicazione di concimi organici migliora le caratteristiche fisiche dei terreni sabbiosi e argillosi e contrariamente all'impiego di semplici derivati chimici riduce sensibilmente l'alcalinità dei terreni basici².

2. Per ulteriori approfondimenti si rimanda al paragrafo 3.2.2 del presente studio.

3.2.2.4 Potatura e riproduzione

Perché i rampicanti possano svolgere con il massimo dell'efficacia il loro ruolo coprente e schermante, occorre sottoporli a potature periodiche programmate in funzione di specie e modalità di coltura.

Se tale pratica fosse trascurata nella gestione di una parete inverdita non soltanto si avrebbero nel tempo risultati disomogenei e talvolta indesiderati sul piano del controllo ambientale degli spazi retrostanti, ma si perderebbe il controllo estetico (situazione in alcuni casi assolutamente compatibile con gli intenti progettuali) e soprattutto dimensionali della parete, infatti per via dell'estremo vigore che caratterizza alcune delle specie più comunemente impiegate, queste arriverebbero in pochi anni (in alcuni casi si può parlare di stagioni) ad invadere disordinatamente oggetti e vegetazione estranee alla superficie che si desiderava rivestire, finendo per deteriorarle o soffocarle nel caso di altre specie vegetali per via della forza che specialmente alcune piante volubili come il glicine sono in grado di sviluppare durante la loro crescita e che possono comportare pressioni dell'ordine dei 50 kg.

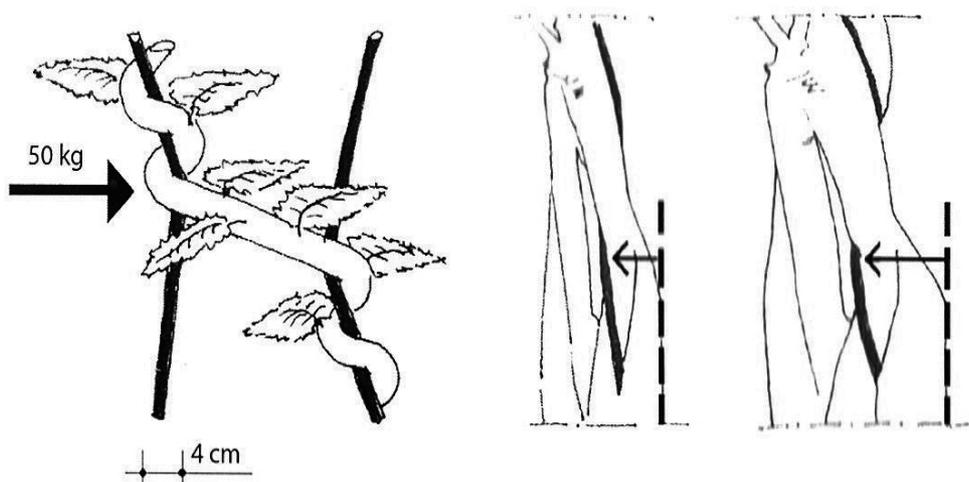


Immagine 05

Possibili deformazioni dei cavi in tensione causate dalla crescita di rampicanti volubili. (fonte da: Bellomo A., op.cit.)



Immagine 06

Vigorous development of an exemplar of *Wisteria sinensis* (source: Raasch L.)

Una periodica potatura, risulta inoltre necessaria nel caso di rampicanti dalla chioma particolarmente voluminosa, per ridurre l'incidenza dell'effetto provocato su piante e strutture di sostegno (telai di varia natura o semplici pareti) dall'azione degli agenti atmosferici come vento gelo e neve.

Anche per quanto riguarda le pratiche di potatura, come per altre questioni relative ad impianto e fabbisogno nutritivo delle piante si rimanda alla trattatistica di settore per approfondimenti che non rientrano tra le prerogative del presente studio, in questa sede ci si limiterà ad illustrarne rapidamente le principali variabili tecniche e procedurali.

In prima istanza, anche per la scelta di una corretta tecnica di potatura, si dovrà distinguere tra specie a foglia caduca e sempreverdi.

Nel caso dei rampicanti decidui, la potatura andrebbe preferibilmente effettuata in febbraio prima della ripresa vegetativa, secondo le seguenti modalità, a seconda dell'età e dello stato di salute delle piante:

- Potatura di formazione, finalizzata in seguito all'impianto ad orientare correttamente ed ordinatamente lo sviluppo verticale delle piante, caratterizzato da tagli particolarmente vigorosi e di conseguenza inficanti delle caratteristiche schermanti della pianta, si ripete generalmente con cadenza annuale fino al secondo anno di età.
- Potatura di mantenimento, che si esegue in genere a partire dal terzo anno di età della pianta ad impalcatura formata, con lo scopo di tenerla pulita, si ripete con una cadenza di 1-2 volte per anno e va comunque garantita alla fine dell'inverno prima della ripresa vegetativa e della fioritura, consentendo ai giovani getti di crescere senza l'ingombro dei rami più vecchi. Tale pratica va necessariamente garantita per il benessere delle piante, ma è possibile dosarne l'intensità in funzione dell'efficacia schermante che al di là della gradevolezza estetica il progetto richiede al rivestimento vegetale.

Nel caso dei rampicanti sempreverdi, il periodo migliore per la potatura, in coincidenza con quello di impianto risulta essere generalmente aprile senza comportare per quanto riguarda le modalità di potatura differenze sostanziali rispetto a quanto già detto per le specie decidue.

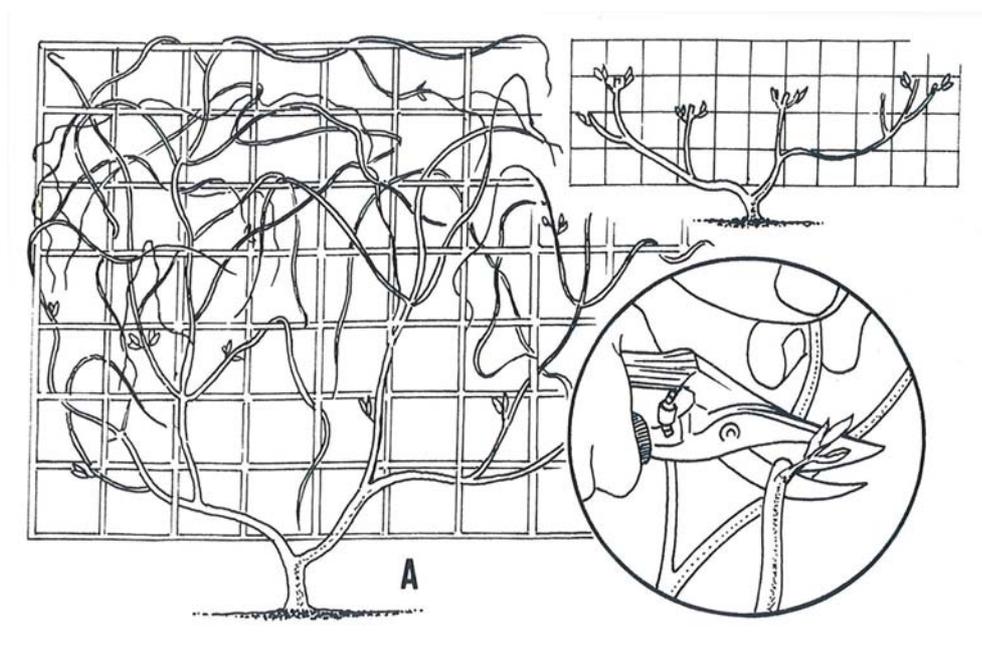
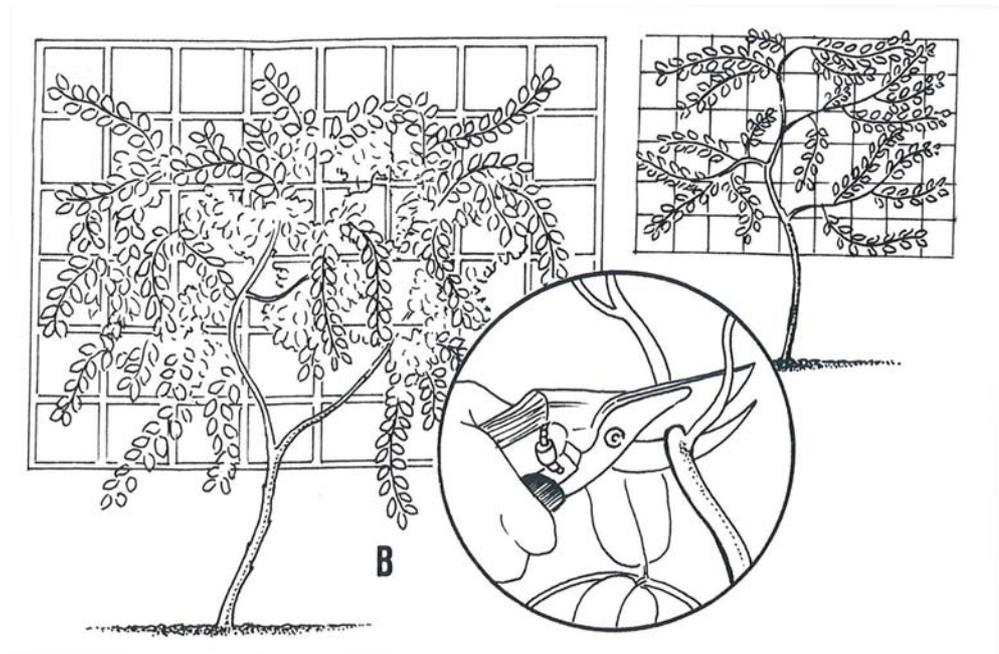


Immagine 07

Potatura della Clematis, è soprattutto murata a ripulire la pianta da getti disordinati. Gli esemplari che fioriscono in estate possono anche venire sottoposti però a un taglio drastico, che abbassi la pianta fino anche a 30 cm dal terreno tagliando sopra le nuove gemme (nel particolare). (fonte da: Del Fabro A., op.cit.)

Immagine 08

Potatura della Bignonia. Il disegno schematizza un intervento di svecchiamento, con il quale cioè si eliminano i rami secchi, troppo vecchi (che andranno sostituiti con il getto giovane più basso come da particolare) e a contenere lo sviluppo della chioma (fonte da: Del Fabro A., op.cit.)



La possibilità offerta dall'impiego delle piante in edilizia di crescere, svilupparsi e rinnovarsi autonomamente contrariamente per quanto accade per i materiali lapidei costituisce senza dubbio uno dei grandi punti di forza e di interesse per queste tecnologie.

Tale caratteristica, assume ancora maggiore forza di suggestione se si considera il potenziale riproduttivo proprio degli organismi vegetali, che consente di arrivare a produrre ingenti quantitativi di materiale utile al rivestimento a partire dall'acquisto di un singolo esemplare, in tempi relativamente brevi, pur variando a seconda delle specie, tale sistema costituisce ad esempio, il fondamento della produzione industrializzata di manti erbosi in serra e che consente ai vivaisti di produrre in poche settimane quantitativi di manto erboso sufficiente a rivestire grandi facciate o interi campi sportivi.

Per le rampicanti, trattandosi di strutture vegetali decisamente più complesse, i tempi sono più lunghi, ma le modalità di riproduzione sono comunque relativamente semplici ed efficaci.

I rampicanti che generalmente vengono impiegate sul nostro territorio si possono riprodurre per due vie: la via gemmica (per parte di seme) che rappresenta la via più naturale ma anche la meno efficace dal punto di vista dei tempi e della semplicità di esecuzione e la via agemmica (o vegetativa), questa ultima modalità costituisce come detto l'alternativa più semplice e

facilmente ripetibile, oltre a garantire maggiori margini all'identità tra pianta creata e pianta madre.

Le tecniche di riproduzione vegetativa, costituiscono in linea di massima nel fare si che da alcuni rami o germogli messi in contatto col terreno, attraverso apposite strutture di fissaggio, seppellendone le estremità in piena terra (tecnica chiamata a Propaggine) o racchiudendo una porzione di ramo aereo in un recipiente di terra contenente terriccio detto margotta (tecnica a margotta), in entrambi i casi dopo avere compiuto un' incisione sulla superficie del ramo, su questi si formano spontaneamente gli apparati radicali che verranno poi utilizzati per l'impianto una volta effettuata la separazione del ramo in questione dal resto della pianta.

L'impianto avviene con tempi differenti a seconda dell'epoca di fioritura della pianta ed in particolare in primavera per quelle che fioriscono all'inizio dell'autunno e sul finire dell'estate per quelle invece che fioriscono in primavera.



Immagine 09

Principali fasi di esecuzione di una margotta. Dopo avere inciso il ramo (1), lo si avvolge con film plastico possibilmente nero, fermato alla base con del filo di ferro (2) All'interno dell'involucro si inserisce torba o sfagno ben umidi (3) in modo che il substrato aderisca bene al ramo (4). Non appena spunteranno le nuove radici (1-2 mesi) è possibile separare la parte. (fonte da: Del Fabbro A. op.cit.)

3.2.2.5 Avversità ed esigenze podologiche

Le piante, come ogni creatura vivente, risentono delle condizioni dell'ambiente nel quali sono inserite, nel caso particolare delle specie coltivate in piena terra questo è due volte vero, se si pensa che allo stesso modo in cui la qualità dell'aria incide sullo stato di salute di rami e foglie (la parte aerea dell'organismo vegetale la cui influenza sull'ambiente costruito ai fini energetici costituisce il focus tematico di questa ricerca), la qualità fisica e chimica del terreno è in grado di incidere sul buon funzionamento dell'apparato radicale.

Cominciando proprio dalla componente ipogea, risulta evidente la grande utilità che un'accurata analisi podologica del terreno di progetto, una volta che il sedime della parete verde che si intende costruire sia stato individuato, allo scopo di valutarne le caratteristiche ed individuare, compatibilmente con gli obiettivi della progettazione, la specie rampicante più adatta. A diversi rampicanti corrispondono infatti differenti esigenze podologiche, di cui a seguito si riporta una breve selezione effettuata sulle specie di più comune impiego parietale.

Generi vegetali	Esigenze pedologiche
<i>Actinidia</i>	Terreno da fresco a umido, ben drenato, non tollera terreni calcarei.
<i>Akebia</i>	Terreno sostanzioso e ben drenato.
<i>Campsis</i>	Tollerante terreni calcarei, predilige substrati argillosi ricchi di humus e profondi.
<i>Celastrus</i>	Terreno fresco, senza particolari esigenze.
<i>Clematis</i>	Terreno da fresco a umido; predilige terreni a reazione neutro-alcalina, anche argillosi.
<i>Fallopia</i>	Terreno fresco, senza particolari esigenze.
<i>Hedera</i>	Terreno da fresco a umido, argilloso, ricco di componenti minerali; se è calcareo il pH è tollerato fino a un valore di 8.
<i>Jasminum</i>	Terreno ben drenato, con abbondante disponibilità di elementi minerali; calciofila.
<i>Hydrangea</i>	Terreno umido e profondo ricco di humus, ben drenato, a reazione sub-acida; non tollera terreni calcarei ai quali reagisce con clorosi; non tollera terreni asfittici o troppo compatti.
<i>Lonicera</i>	Terreno ricco di humus, nessun ristagno.
<i>Parthenocissus</i>	Terreno fresco, senza particolari pretese, può essere calcareo; predilige un terreno tendenzialmente acido.
<i>Vitis</i>	Terreno fresco ricco di humus e ben drenato.
<i>Wisteria</i>	Terreno fresco, ben drenato, da sabbioso ad argilloso; igrofila, ma sensibile ai ristagni d'acqua.

Esigenze podologiche di alcune specie rampicanti
(fonte da: Bellomo A., op.cit.)

Si può comunque affermare come regola generale, che le piante rampicanti, provenendo per la maggior parte da contesti boschivi umidi e freschi, tendano a prediligere terreni argillosi e con una elevata presenza di humus estremamente ricchi sotto il profilo nutritivo, trovandosi altresì a disagio su terreni leggeri e sabbiosi. In questi casi, come abbiamo visto nel precedente paragrafo relativo al fabbisogno nutritivo delle piante impiegate nell'inverdimento parietale, il ricorso alla semplice concimazione naturale del terreno può portare nei casi meno problematici alla soluzione del problema, mentre nei casi peggiori si rendono necessaria l'aggiunta di strati composti da humus o torba, terreni caratterizzati da un elevato tasso di ritenzione idrica.

Le condizioni di drenaggio del suolo, rappresentano parlando di suolo, un argomento estremamente delicato, per le quali occorre che il sedime di progetto sia in grado di garantire una situazione di giusto equilibrio.

Se abbiamo visto, come terreni eccessivamente asciutti non offrano condizioni di crescita adeguate alle specie rampicanti, si deve comunque tenere presente che in generale l'apparato radicale delle piante necessita per il suo sviluppo di ricevere una data percentuale di ossigeno.

Occorre dunque evitare anche terreni argillosi e limacciosi e prediligere sottofondi con una tessitura³ adeguata a garantire un buon drenaggio di aria e liquidi.

La mancanza di permeabilità dei terreni è generalmente legata alla presenza di strati a bassa conducibilità idrica, che generano situazioni di saturazione, o eventuali pendii ed insenature che favoriscono ristagni d'acqua, in entrambi i casi la reazione delle piante, anche nel caso in cui si parli di specie che per loro natura prediligono substrati umidi, come la maggior parte delle rampicanti, può comportare disfunzioni e blocchi della crescita. Reazione particolarmente sgradita se si pensa a quanto dimensione e densità del manto fogliare costituiscano elementi di fondamentale importanza nella valutazione del contributo energetico, dato agli edifici dalle specie vegetali integrate al suo involucro.

Un ulteriore aspetto dei substrati terrosi che è necessario tenere in doverosa considerazione riguarda le caratteristiche chimiche che li caratterizzano.

3. La tessitura del suolo configura la proporzione tra sabbia, limo e argilla le cui particelle costituiscono la frazione inorganica o minerale del suolo. In genere la si classifica in pietre, sabbia, limo e argilla, in base alle dimensioni delle particelle che la compongono

Occorre prima di procedere all'impianto, alla misurazione del livello di pH del suolo, che costituendo un indicatore della saturazione basica del terreno, ne determina indirettamente anche la fertilità, poiché le basi in esso presenti rappresentano in generale per le piante importanti elementi nutritivi⁴.

4. La correzione del pH del suolo può essere effettuata con l'aggiunta di sostanze alcaline (calcare) o di sostanze acide (zolfo). Si può per esempio, aumentare di un punto il valore del pH aggiungendo 2,5kg di calcare macinato per ogni 10mq di terreno; oppure abbassarlo di 1 punto con l'aggiunta di 225g di zolfo per ogni 10mq (fonte da: Bellomo A., op.cit.)

Un suolo eccessivamente acido, incide altresì negativamente sul nutrimento delle piante che vi siano messe a dimora e possono costituire un pericolo perché tendono a liberare particelle di alluminio fitotossico attraverso il processo di dissociazione dei minerali argillosi in esso presenti⁵ anche nel caso di elevata acidità, una buona concimazione può costituire comunque un efficace palliativo.

5. Il pH del suolo costituisce un indicatore della sua saturazione in basi, fornendo indirettamente una misura della sua fertilità in quanto le basi sono importanti elementi nutrienti per le piante.

È necessario mantenere sempre, una certa distanza di sicurezza di almeno 20 cm tra le fondazioni della parete che si desidera inverdire e l'apparato radicale delle piante impiegate e tale scopo per evitare che l'elevata alcalinità dal terreno in prossimità dell'edificio, causata dalla possibile presenza di calce o calcinacci, possa compromettere il regolare sviluppo degli organismi vegetali.

In contesti urbani, come quelli che generalmente ospitano gli edifici che presentano pareti rivestite da manti vegetali, anche la concentrazione di agenti inquinanti nell'aria può costituire un pericolo per la sopravvivenza di queste piante.

Si tende comunemente a dividere secondo tre categorie di tolleranza all'inquinamento urbano le diverse specie di rampicanti⁶:

6.(fonte da: Bellomo A., op.cit.)

Molto sensibili

Mediamente sensibili

Resistenti

In generale, le specie più comunemente impiegate nell'ambito del nostro panorama nazionale sono accomunate da un elevato grado di resistenza agli agenti inquinanti, salvo rare eccezioni come quella della clematide o la actinidia che presentano la tendenza ad accumulare sulle loro foglie tracce

di polveri ed inquinamento riconducibile ai gas di scarico delle auto, per cui se ne sconsiglia in genere l'impiego in zone particolarmente inquinate, anche perché in questo caso, persino la buona propensione caratteristica di queste specie a formare barriere schermanti per le radiazioni solari dirette, finirebbero con l'essere parzialmente compromesse dall'accumulo di polveri sulla superficie riflettente e cerosa delle foglie, cercando di prediligere collocazioni più appropriate come corti giardini o strade a bassa percorrenza carrabile.

Tra le fonti di maggiore incidenza, sull'alterazione climatica dei grandi centri abitati, accanto alla voce relativa ai gas di scarico delle automobili, troviamo sovente le esalazioni prodotte dagli impianti di climatizzazione degli edifici che oltre a peggiorare la qualità climatica degli spazi urbani, finiscono spesso col peggiorarne anche l'impatto estetico.

La tentazione di cancellare almeno visivamente la presenza di queste apparecchiature brutte ed ingombranti attraverso l'applicazione di filtri vegetali può essere un proposito sulla carta più che condivisibile, ma c'è anche in questo caso da considerare attentamente gli effetti negativi che la prossimità a tali apparecchiature può provocare sugli organismi vegetali che si andrebbero ad impiegare per il loro rivestimento.

Se messe a dimora nelle vicinanze di getti di aria calda, si possono infatti verificare nelle rampicanti effetti indesiderati come la germogliazione precoce, possibile causa di essiccamento o sviluppo asimmetrico dalla chioma.

3.3 VARIABILI TECNOLOGICHE NELL'IMPIEGO DI SUPERFICI VEGETALI COLTIVATE IN TERRA

3.3.1 La scelta del substrato di coltura

La suddivisione qui proposta, tra tecnologie fondate su sistemi di coltivazione in terra e fuori suolo, si fonda di fatto sugli esiti estremamente diversificati che l'impiego di tali tecniche ha generato in termini di produzione di sistemi per l'inverdimento parietale.

Da un lato infatti troviamo sistemi costituiti da semplici telai, finalizzati a contenere ed orientare lo sviluppo della chioma di piante coltivate a terra e dall'altro, sistemi di facciata continui e stratificati in modo da costituire direttamente in quota sul piano verticale il substrato di coltura per contenere e nutrire l'apparato radicale delle piante.

È chiaro dunque che, fattori come spessore e peso del substrato di coltura, estensione e sviluppo dell'apparato radicale e peso delle piante, diventano nel caso dei sistemi continui di inverdimento fuori suolo, fattori vincolanti rispetto alla scelta di queste componenti, al contrario, la condizione delle piante coltivate all'interno di vasi o vasche di terreno poste in quota, sia pure con qualche restrizione per quanto riguarda le dimensioni dell'apparato radicale, che andranno armonizzate rispetto alla capienza del contenitore predisposto, si avvicina notevolmente a quella offerta da una comune coltura in piena terra.

Non a caso, numerosi produttori di sistemi di sostegno rigidi o tesati per l'applicazione di piante rampicanti, prevedono la possibilità di integrare elementi per il contenimento di substrato in quota ai loro telai di facciata.

A seguire, verranno dunque trattate nell'ambito della scelta del substrato di coltura per l'impiego parietale di specie vegetali coltivate in terra alcune caratteristiche relative alle seguenti modalità di coltivazione:

- coltivazione in piena terra
- coltivazione in vaso

3.3.1.1 coltivazione in piena terra

La coltivazione in piena terra, rappresenta ancora oggi in assoluto la soluzione ottimale per ottenere un inverdimento parietale a costi contenuti e di semplice manutenzione, consentendo all'utente di sfruttare al massimo le risorse idriche e nutritive utili alle piante messe gratuitamente a disposizione dalla natura.

D'altro canto, va considerata la tara costituita dalla scarsa flessibilità offerta da tale modalità di messa a dimora, che rende inevitabilmente vincolanti i limiti dimensionali ed i tempi di crescita delle piante utilizzate, nel caso si voglia procedere al rivestimento di superfici di grande estensione.

Specialmente per i fronti alti (difficilmente i rampicanti nel pieno della loro crescita superano i 20-25m) o nei casi in cui per ragioni estetiche e funzionali l'avvenuto sviluppo delle pianta risulti imprescindibile per il corretto funzionamento dell'edificio, sarà necessario per il progettista individuare soluzioni che prevedano la coltivazione in quota, anche nel caso in cui si siano impiegando specie rampicanti.



10



11

Immagini 10, 11

Immagini relative ai sedimi di coltura poste in terra (10) ed in quota (11) per la facciata dell'edificio ex Ducati a Rimini, in questo caso la scelta di utilizzare diverse tipologie di substrato è dovuta alla necessità di ridurre i tempi di crescita del manto vegetale. (fonte: Olivieri M.)

Occorre inoltre, tenere in debita considerazione, nel selezionare il luogo idoneo alla piantumazione in terra di piante rampicanti una serie di fattori fondamentali per l'adattamento delle piante.

Occorre innanzitutto verificare che al disotto del terreno non passino reti impiantistiche (condotti fognari, di acqua luce e gas) che possano entrare in conflitto con lo sviluppo degli apparati radicali della pianta (e che comunque variano di specie in specie) l'eventuale interferenza tra radici ed infrastrutture sotterranee potrebbe causare danni alle une e alle altre e richiedere interventi di risanamento anche molto onerosi, è pertanto consigliabile effettuare un rilievo preliminare dello stato di fatto per individuare le porzioni di terreno più adatte alla piantumazione.

Nel caso in cui poi non fosse possibile scegliere una localizzazione ottimale, o determinare in fase progettuale la presenza di infrastrutture preesistenti all'intervento di inverdimento parietale, occorre quantomeno porre in essere alcune elementari misure di prevenzione dei danni che l'apparato radicale potrebbe causare agli impianti presenti in sito, adottando sostanzialmente gli stessi provvedimenti che sovente precedono la piantumazione di specie arboree in zone urbane, procedendo al rivestimento delle tubature con materiali studiati per impedire alle radici di penetrarli.

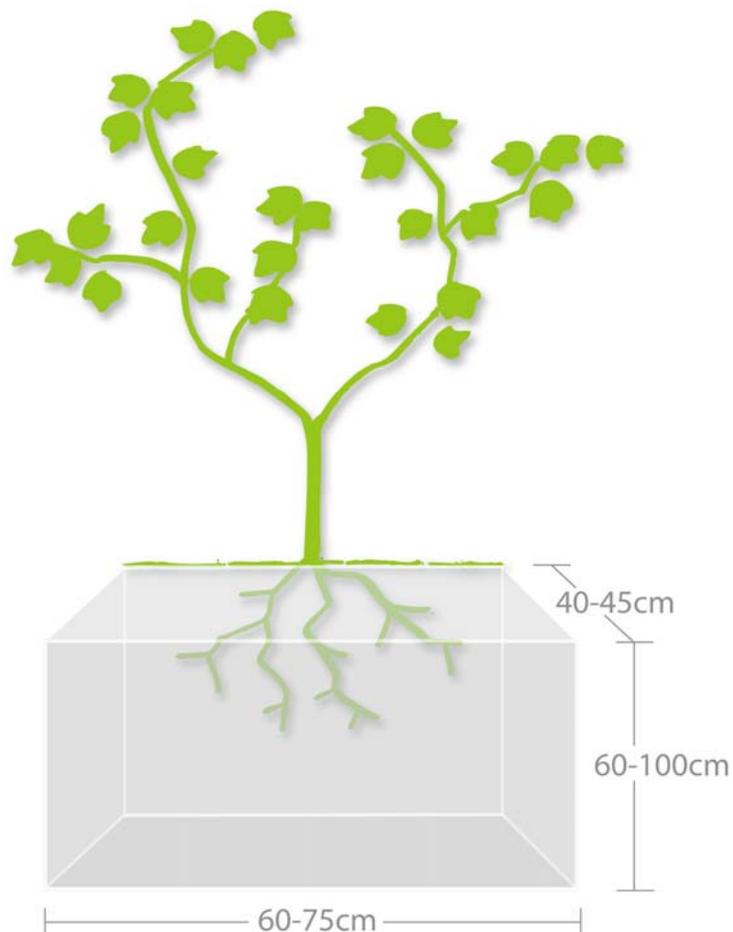


Immagine 12.

Caratteristiche geometriche della buca per messa a dimora di specie rampicanti a ridosso di una facciata. (fonte Olivieri M.)

Per quanto riguarda le dimensioni dello sbancamento, necessario alla messa a dimora delle rampicanti, queste variano anche sensibilmente di specie in specie, ma si consiglia una profondità generalmente comprese tra i 50cm ed 1m ed una larghezza di almeno 75 cm sull'asse parallelo alla parete, che può invece ridursi per ragioni legate alle caratteristiche funzionali del contesto anche al di sotto dei 50 cm lungo l'asse perpendicolare alla parete.

3.3.1.2 coltivazione in vaso

La coltivazione in vaso, con limitati quantitativi di terreno a disposizione di specie rampicanti, implica anche per queste energiche e vigorose piante una serie di cure ed oneri manutentivi, relativi alla somministrazione degli apporti idrici e nutritivi, che vedremo divenire sempre più importanti via via che dalle tecnologie per la costruzione di pareti verdi fondate su colture tradizionali ci si sposta verso l'impiego di tecniche di coltivazione fuori suolo fino a richiedere l'impiego di soluzioni tecnologiche decisamente sofisticate nel caso delle pareti idroponiche.

Tali complicazioni, si possono comunque tranquillamente limitare attraverso l'impiego delle tecnologie oggi ampiamente disponibili sul mercato atte a ridurre al minimo gli interventi di manutenzione necessari alla vita delle piante in vaso.

Tra queste tecnologie, le più interessanti in termini di riduzione del carico manutentivo, riguardano le fioriere munite di propri sistemi per l'erogazione controllata ed automatizzata dell'acqua, generalmente basati sul principio di subirrigazione⁷ sul principio cioè dello sfruttamento di riserve d'acqua immagazzinate lungo la base della fioriera, al disotto del substrato terroso in cui affondano le radici delle piante.

Per mezzo di tali apparati, l'acqua immagazzinata risale gradualmente sino alle radici, a seconda delle necessità nutritive della pianta e sfruttando

7. Per subirrigazione si intende la modalità di erogazione delle risorse idriche necessarie alle piante coltivate in contenitore a partire dalla base del contenitore stesso, in questo modo la quantità di liquidi somministrata tende a risalire per capillarità attraverso il substrato di coltura raggiungendo in maniera uniforme l'intero apparato radicale delle piante.

diverse tecnologie per la gestione dell'irrigazione di cui di seguito saranno brevemente illustrate le principali tipologie.

- Subirrigazione a stoppino: il sistema denominato a stoppino è quello più semplice sul piano tecnologico e si basa sull'impiego di uno strato di materiale assorbente, generalmente spugnoso (detto appunto stoppino) interposto tra terreno e serbatoio di stoccaggio dell'acqua, la quale per capillarità sale gradualmente fino a raggiungere l'apparato radicale.
- Subirrigazione a colonna capillare: sistema più sofisticato di quello a stoppino, ma che generalmente garantisce una maggiore durata nel tempo, anche in questo caso l'acqua sale dal serbatoio al substrato di coltura per capillarità, ma questa volta passando per vari strati assorbenti di diversi materiali sistemati lungo una colonna centrale rispetto al serbatoio.

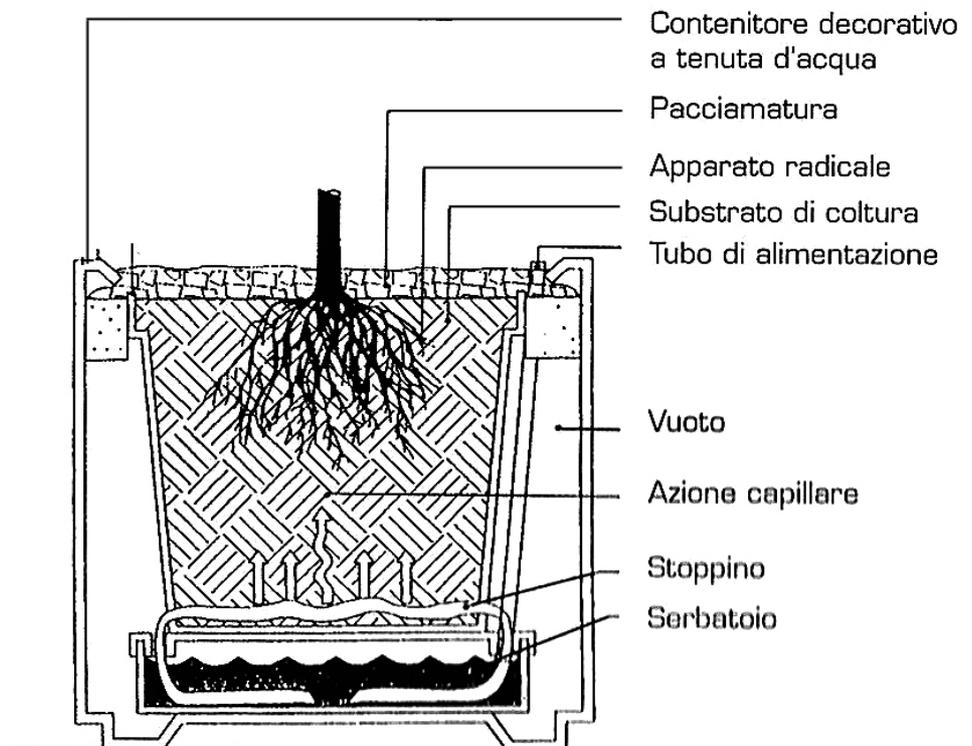


Immagine 13.

Esempio di subirrigazione a stoppino
(fonte da: Bellomo A., op.cit.)

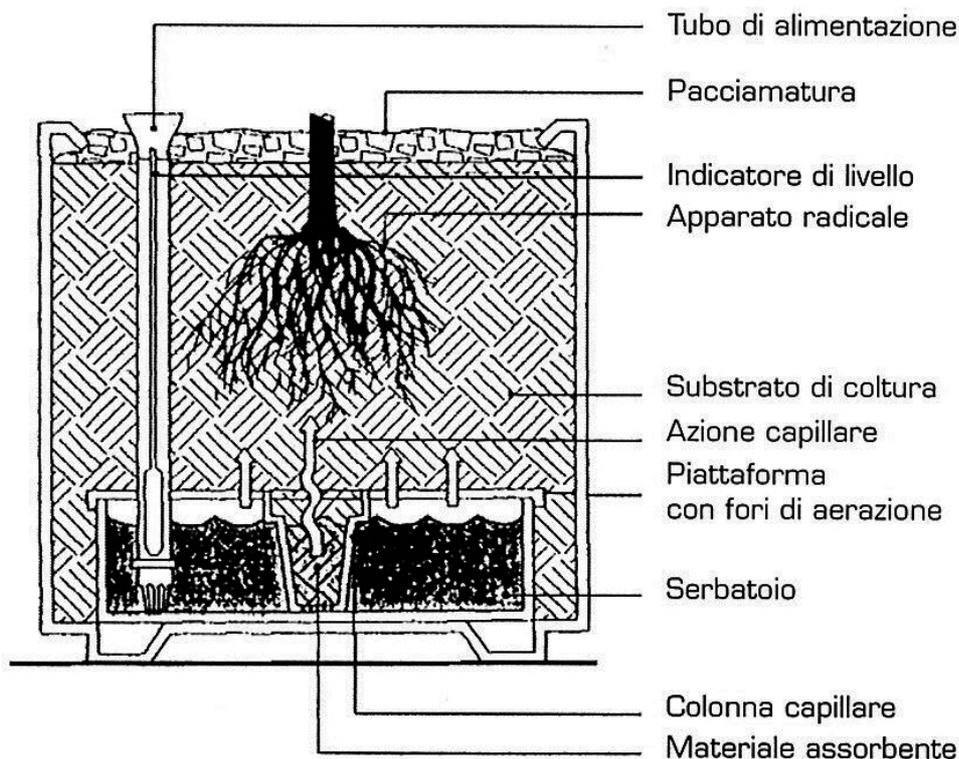


Immagine 14.

Esempio di subirrigazione a stoppino (fonte da: Bellomo A., op.cit.)

La coltura in vaso, sebbene come abbiamo visto non costituisca in se condizione ottimale per lo sviluppo di numerose specie rampicanti ed in particolar modo per quelle che per rapidità di crescita e tenacia si qualificano come le più indicate per l'impiego al fine di controllo microclimatico degli spazi costruiti, si rende in ogni caso necessaria per il rivestimento di ampie ed alte superfici.

Ricorrere a sistemi costituiti da vasche e contenitori posti lungo la facciata ad intervalli più o meno regolari, costituisce ad esempio una pratica imprescindibile per il rivestimento di fronti che si elevino per più di 7-8 piani fuori terra.

Non esistono indicazioni precise sulle dimensioni di vasi e vasche per la coltura di rampicanti, ma il buon senso imporrebbe l'impiego di elementi sufficientemente grandi da garantire all'apparato radicale delle piante, almeno lo spazio di cui esse hanno bisogno al momento della posa in piena terra e che come abbiamo visto nel precedente paragrafo si possono approssimativamente indicare in 50x75 cm di base per una profondità di almeno 50 cm.

Al di là di errori nel dimensionamento dei vasi, o nell'erogazione delle sostanze nutritive che possono dipendere da leggerezze in fase progettuale, o di manutenzione della parete verde, va comunque evidenziato in questa sede come la coltura in vaso rispetto a quella in terra generi inevitabilmente ritardi e disfunzioni nello sviluppo tanto in termini di dimensione, che di densità del manto fogliare, limitando inevitabilmente la loro efficacia di controllo ambientale sugli spazi al loro intorno.

Immagine 14.

Questa immagine si distingue chiaramente la differente densità di vegetazione a seconda del tipo di impianto impiegato, sulla destra notiamo infatti la massa fogliare vigorosa dell'arbusto coltivato in piena terra a dispetto della densità decisamente inferiore che caratterizza il resto della facciata, rivestita attraverso piante coltivate in vaso. (fonte: Olivieri M.)



3.3.2 La scelta della componente vegetale

L'inverdimento di superfici verticali, attraverso l'impiego di tecniche di coltivazione tradizionali in piena terra (o nella sua variante in vaso) è la più antica e diffusa tra le possibili modalità di costruzione di una parete vegetale, l'impiego del terreno come substrato di coltura consente l'impiego di specie vegetali di grande dimensione e dotate di apparati radicali anche notevolmente sviluppati. Questo comporta generalmente una maggiore resistenza della pianta, ed una notevole "autonomia" nel senso di ridurre al minimo gli interventi di cura e manutenzione da parte dell'uomo (sia pure con tutti i limiti analizzati nel corso dei precedenti paragrafi).

Se da un lato dunque l'inverdimento parietale fondato sulla coltivazione in suolo, offre la possibilità di selezionare specie vegetali vigorose e di facile manutenzione, dall'altro limita la scelta delle suddette piante ad una cerchia ristretta di specie.

Con l'apparato radicale bloccato a terra infatti il rivestimento delle superfici verticali delle pareti viene a dipendere completamente delle modalità e dai tempi di sviluppo dell'organismo vegetale, la cui selezione dovrà necessariamente avvenire tra specie a portamento rampicante, o strisciante e decombente nel caso si impieghino vasi e vasche di terreno poste in quota.



Immagine 15.

Vigorous development of an example of *Jasminum officinale* (source: Olivieri M)

Con il termine rampicanti, si tende generalmente ad individuare un insieme affatto ampio ed eterogeneo di piante tanto arbustive quanto erbacee, appartenenti a diverse famiglie botaniche ma accomunate da un portamento simile, che ne vincola lo sviluppo in altezza, allo sfruttamento di superfici e piani d'appoggio per mezzo delle quali arrampicarsi.

Nei contesti non antropizzati, in cui tale strategia di crescita ha avuto origine, queste piante sfruttano la presenza di specie arboree più grandi e robuste in particolare esemplari vecchi o morenti attorno cui si avvinghiano perché possano sostenere la propria crescita, in questo modo contribuiscono al disfacimento dei ruderi ed indirettamente al loro abbellimento.

Non suscita pertanto alcuno stupore il fatto che ben presto l'uomo abbia imparato a sfruttarne le caratteristiche a favore della decorazione e del miglioramento delle strutture da esso costruite.

I rampicanti si possono in qualche misura considerare come ibridi vegetali, chiome arboree alla costante ricerca di qualcosa che possa sostenerne lo sviluppo, e per questo le varie specie hanno nel tempo sviluppato delle strategie per l'abbarbicamento anche molto diverse tra loro, che rappresentano nel momento in cui si voglia sfruttarne le caratteristiche, al servizio della qualità ambientale degli spazi costruiti una risorsa fondamentale.

Il fatto di avere a disposizione certa varietà di modalità per l'ancoraggio offerto dalle diverse specie rampicanti, consente infatti un discreto margine di flessibilità progettuale consentendo di scegliere di volta in volta la specie con le caratteristiche più adatte alle esigenze tecniche ed economiche in cui ci si trovi ad operare.

Generalmente si tende a classificare in forma semplificata la varietà di strumenti per arrampicarsi a disposizione dei rampicanti, utilizzando a tal scopo cinque grandi categorie o modalità di ancoraggio:

- piante volubili
- piante che si intrecciano
- piante dotate di viticci
- piante dotate di radici aeree
- piante dotate di ventose

Tali categorie, per le quali di seguito si riportano descrizioni più dettagliate possono a loro volta essere raggruppate attraverso due macroinsiemi che non hanno questa volta origine dalle caratteristiche fisiche o essenziali delle piante, ma che dipendono esclusivamente dal tipo di interfaccia tecnologica necessaria all'uomo per il loro impiego.

Si può allora parlare di piante che non necessitano di strutture di sostegno e per le quali è necessario soltanto disporre di un semplice piano di appoggio, a cui possano arrampicarsi autonomamente, ed è il caso delle specie dotate di radici aeree e ventose, e piante che invece per la loro crescita in verticale abbisognano di apposite strutture di sostegno tridimensionali attorno a cui avvinghiarsi e sono le specie volubili e le piante che si intrecciano attraverso i loro interi rami o soltanto tramite l'utilizzo di viticci.

3.3.2.1 Piante che necessitano di superfici di ancoraggio

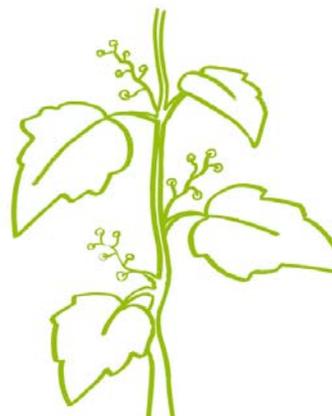
Dal punto di vista delle tecnologie necessarie al loro impiego, questi rampicanti rappresentano in certa misura il grado di massima semplicità ipotizzabile nell'ambito dell'inverdimento parietale, sono infatti piante strutturalmente attrezzate a crescere su piani verticali per cui è richiesto all'utente il minimo grado di impegno in termini di spesa e manutenzione per la componente artificiale della parete verde.

Occorre comunque considerare che, come vedremo più approfonditamente nel paragrafo relativo alle tecnologie per l'applicazione di superfici vegetali all'involucro edilizio, un maggiore grado di semplicità tecnologica, comporta in questo caso una serie di restrizioni progettuali in termini delle caratteristiche materiche richieste ai piani destinati al rivestimento vegetale, tale da renderne in molti casi difficile l'applicazione, senza contare i rischi derivati dalla scarsissima reversibilità di tali soluzioni in cui la pianta, integrandosi in certa misura fisicamente con il piano della parete tende inevitabilmente a comprometterne integrità ed aspetto dando vita ad un continuum nel tempo sempre più difficile da modificare.

Di questa categoria, fanno parte piante dotate di radici aeree e ventose, la differenza sostanziale tra queste due tipologie consiste nella presenza o meno di discoidi adesivi all'estremità degli apparati impiegati per fare presa sulle superfici d'appoggio.



radici aeree



ventose

Per quanto, come visto, uno dei principali vantaggi offerti dall'impiego di tali specie, sia costituita dalla loro autonomia strutturale, il rischio di compromettere strutture murarie già parzialmente danneggiate dal tempo e dagli agenti atmosferici e l'estremo vigore che caratterizza talune piante riconducibili alla tipologia in questione, impone al progettista di considerare anche per tali specie ove necessario l'impiego di spalliere o altre superfici fisicamente staccate dalla parete da rivestire, almeno nella sua parte basamentale.

Al fine di sfruttare al meglio le caratteristiche utili al controllo microclimatico degli spazi costruiti, offerto dalle specie che si auto sostengono, che si possono sostanzialmente ricondurre al di là dell'estensione e della densità della massa vegetale variabile a seconda dei casi, alla notevole coesione tra rivestimento e parete.

In questo caso infatti oltre al ruolo schermante tipico delle barriere naturali, si possono prendere in considerazione una serie di fenomeni caratteristici delle facciate ventilate, che per le sempreverdi si estendono anche al periodo invernale offrendo protezione permanente alla parete dagli agenti atmosferici.

L'elevato grado di autonomia, offerto in termini di sviluppo, dall'impiego di specie autosostenenti si accompagna in ogni caso alla necessità di cure e manutenzione da parte degli utenti che specialmente nei casi di specie munite di radici aeree, dovranno orientare nei primi mesi successivi all'impianto la crescita della pianta in direzione della parete da rivestire attraverso piccole strutture di sostegno, e dovranno negli anni avere cura di guidare attraverso la potatura lo sviluppo vigoroso di queste piante perché la loro estrema prossimità all'involucro dell'edificio non si rivolti a svantaggio dell'integrità di quest'ultimo, ed i getti delle rampicanti non causino danni alle altre componenti di facciata come infissi e canali di gronda.

3.3.2.2 Piante che necessitano di strutture di sostegno

Questa categoria di rampicanti costituisce un'insieme di alternative sia in termini di specie che di tecnologie per la loro integrazione all'involucro decisamente ampio.

In questa sede interessa descrivere le principali caratteristiche legate alle rispettive modalità di ancoraggio, che possono orientare alla scelta delle diverse specie progettisti ed utenti rimandando ai prossimi capitoli l'analisi delle alternative strutturali e tecniche legate alla costruzione degli apparati di sostegno, che di volta in volta si renderanno necessari a garantire lo sviluppo delle piante in coerenza alle prestazioni ad esse richieste.

Passeremo pertanto brevemente in disamina le caratteristiche relative a:



Piante dotate di viticci



Piante volubili



Piante che si intrecciano

Piante volubili

Il segreto di queste specie, risiede nella particolare configurazione dei vasi linfatici che potendosi deformare senza formare strozzature, consente loro di sostenersi avvolgendo si alle strutture di supporto.

Necessitano generalmente, in virtù della loro modalità di crescita, di reti di preferibilmente ordite in verticale, per assecondarne la naturale tendenza di sviluppo ascensionale.

Le rampicanti volubili, rappresentano una categoria di piante dalle caratteristiche decisamente interessanti, specie per il rivestimento di spazi filtro come logge e terrazze attraverso schermature vegetali, mentre ne risulta decisamente più complicato lo sfruttamento per il rivestimento di involucri edilizi per via degli spazi piuttosto larghi che generalmente richiede il loro sviluppo.



Immagine 16.

Sviluppo di un esemplare di Wisteria sinensis su un pergolato. (fonte: Pagans D)

Piante con viticci

Gli organi che queste piante utilizzano per sostenersi, detti viticci o cirri possono essere il frutto a seconda delle specie, di modificazioni a partire dalle foglie, dal fusto della pianta come nel caso della *Vitis vinifera* o vite comune caratteristica del nostro territorio.

I viticci sono steli che tendono a restare aerei fino a quando non incontrano un qualche supporto attorno al quale avvolgersi, dopodichè specialmente nel caso in cui abbiano preso forma dal fusto della pianta, arrivano a costituire elementi piuttosto robusti e possono arrivare a misurare anche 15 cm di lunghezza, date le dimensioni piuttosto contenute dei loro organi di sostegno, le piante rampicanti dotate di viticci necessitano in genere di elementi strutturali sottili, affinché, questi riescano ad abbracciarli in maniera completa e stabile, risultano pertanto decisamente indicati graticci e fili tesi attraverso l'impiego di strutture autonome o direttamente assicurati sulla superficie da rivestire, lasciando uno spazio tra elementi parete e struttura, uno spazio che a seconda delle necessità può essere ridotto veramente al minimo, bastano infatti a queste piante pochissimi centimetri.

Le piante appartenenti a questa categoria, costituiscono un'alternativa decisamente radicale alle modalità di applicazione richieste dalle piante volubili, pur rappresentando a loro volta una tecnologia validissima ed ampiamente diffusa per la creazione di diaframmi vegetali finalizzati alla schermatura di spazi aperti, semiaperti e pertinenziali alle residenze, come gazebo e pergolati.



Immagine 17.

Crescita di un esemplare di *Vitis vinifera* su un pergolato. (fonte: Pagans D.)

Piante che si intrecciano

Dal punto di vista delle possibili applicazioni, tali specie costituiscono una opzione intermedia tra quelle precedentemente indicate per piante volubili e con viticci.

Tali piante che in condizioni naturali tenderebbero a sviluppare secondo un andamento strisciante in orizzontale, devono essere legate agli elementi di sostegno, perché correggano verso l'alto la propria crescita.

Le piante appartenenti a questa categoria, sono generalmente sarmentose caratterizzate da una struttura lignea piuttosto leggera ed esile come nel caso di diverse specie di rose e che si prestano molto bene a crescere a ridosso di elementi tesi o rigidi anche non particolarmente robusti ed orditi a maglie piuttosto larghe come generalmente accade per le spalliere.



Immagine 18.

Esemplare di rosa sviluppata per intreccio su una spalliera. (fonte: Mattesini M.)

3.3.3 La scelta della componente strutturale

3.3.3.1 Le superfici di ancoraggio

Un rivestimento vegetale, direttamente applicato all'involucro edilizio senza l'interposizione di strutture di sostegno, può causare per via dell'azione degli organi di sostegno di cui alcune specie rampicanti sono dotate, interazioni di tipo fisico e chimico con la superficie esterna della parete che le ospita e capaci di danneggiarla alterandone l'aspetto estetico, nel caso le finiture di questa non risultino appropriate a sopportarne l'entità.

le ventose e le radici aeree, di specie di piante come l'edera o la bignonia, alla ricerca di ombra e protezione dalle radiazioni solari, possono infatti arrivare a penetrare attraverso le fessure o le porosità dei materiali che costituiscono l'involucro edilizio, sia pure per profondità moderate e diventa pertanto importante conoscere quali superfici per via delle loro caratteristiche si prestano a fungere da piano d'ancoraggio per lo sviluppo di specie rampicanti e quali no .

Non esiste molto in letteratura a proposito della scelta delle superfici di ancoraggio più adatte ad ospitare piante rampicanti, tuttavia una ricerca recentemente condotta a Milano⁸ attraverso l'osservazione diretta di una serie di casi studio, ha dimostrato la maggiore propensione all'inverdimento di determinate superfici che vengono di seguito elencate:

- Superfici rivestite con prodotti ceramici o clinker. Per via della sua bassa porosità ed alla buona resistenza all'attacco degli agenti chimici (specie se trattato con impermeabilizzanti a base di silice), il clinker rappresenta una delle migliori opzioni per l'accostamento diretto di manti vegetali. Va però precisato che sia nel caso del clinker che in quello di altre superfici ceramiche occorre prestare attenzione alla qualità della malta presente nei giunti, per evitare che questa rappresenti un elemento debole per la conservazione dell'integrità di facciata.

8. (fonte da: Bellomo A., op.cit.)

- Superfici rivestite con intonaci di calce e cemento.
- Superfici in calcestruzzo o setti in cemento armato. Ma solo se privi di difetti o lesioni.
- Muratura in mattoni a vista con giunti rientranti. In questo caso la caratteristica di giunti risulta decisiva perché attraverso le rientranze le radici aeree delle piante trovano appoggio ed ombra senza dovere penetrare attraverso la malta.
- Rivestimenti in legno. Questo caso risulta più delicato degli altri poiché se da una parte è vero che il rivestimento vegetale può in determinate condizioni conservare dall'azione degli agenti atmosferici la superficie del legno, è altrettanto vero che nel caso di fronti molto soleggiati, in estate le elevate temperature superficiali dei rivestimenti lignei possono costituire un ostacolo allo sviluppo delle piante.



Immagine 19.

Superficie in materiale ceramico particolarmente adatta a fungere da sostegno per piante dotate di ventose o radici aeree. (fonte: Olivieri M.)

Come detto non sono molti gli studi condotti sulle caratteristiche degli involucri edilizi utili al loro inverdimento, è però possibile integrare le informazioni si qui riportate analizzando le caratteristiche che al contrario incidono sull'inadeguatezza di un determinato tipo di chiusura verticale esterna ad essere direttamente rivestita da piante rampicanti.

Queste possono essere di varia natura e dipendere da:

- caratteristiche fisiche e chimiche che ne determinano la vulnerabilità rispetto all'azione delle piante
- caratteristiche fisiche e chimiche che possono costituire un impedimento al corretto sviluppo delle piante

Per quanto riguarda il primo caso, la vulnerabilità di un involucro dipende sostanzialmente dalle caratteristiche dei materiali e dei sistemi che ne costituiscono la finitura.

Uno studio condotto in Germania nel corso degli anni '90 dall'*Associazione tedesca dei costruttori del paesaggio* (FLL)⁹ ha individuato una serie di finiture particolarmente sensibili ai fenomeni di degrado prodotti dall'applicazione diretta di manti vegetali:

9. (fonte da: Bellomo A., op.cit.)

- Murature con mattoni a vista e giunti deboli. Caratteristica che consente alle radici aeree di infiltrarsi all'interno dei giunti deteriorandoli, tale condizione si riscontra con una certa facilità nel recupero di vecchi edifici agricoli e non, o in presenza di giunti in malta con un'eccessiva percentuale di sabbia.
- Murature con finitura ad intonaco a base di calce con bassa resistenza meccanica. In questo caso la tensione generata attraverso le ventose dal peso della pianta e dal carico del vento agente sulla chioma potrebbero causare il distacco dell'intonaco.
- Superfici composte da pannelli prefabbricati divisi da fughe di dilatazione. Caratteristica estremamente diffusa tra gli edifici alla periferia delle grandi aree urbane d'Italia e di tutta Europa e che per

questo merita particolare attenzione. In questi casi infatti le radici aeree delle piante alla ricerca di zone d'ombra possono generare, infiltrandosi tra i giunti, tensioni meccaniche che nel tempo possono finire per compromettere l'intero sistema di facciata.

- Murature in cemento armato già lesionate.
- Superfici idrofobe, costituite da pietre calcaree e rivestimenti minerali. Questi materiali estremamente porosi, si prestano per loro natura a subire l'azione invasiva da parte degli apparati radicali aerei delle piante, sono inoltre estremamente sensibili al degrado generato dalle condizioni di inquinamento atmosferico e risentono negativamente dell'umidità prodotta dai manti vegetali.
- Superfici lesionate.
- Facciate che presentino grondaie in ghisa, che la crescita energica di piante come l'Hedera può seriamente danneggiare.

Si parla invece di caratteristiche fisiche e chimiche che possono costituire un impedimento al corretto sviluppo delle piante, nei seguenti casi:

- Eccessivo surriscaldamento delle superfici rivestite, a causa dell'impiego di materiali che in condizioni di forte irraggiamento solare superano temperature di 42°C come quelle metalliche o lignee.
- Eccessiva rifrazione delle onde luminose a causa di colori molto chiari e superfici molto riflettenti.
- Frequenti ed estesi interventi di manutenzione richiesti dalle superfici da ricoprire. In questo caso la necessità di sottoporre a frequenti (ed in alcuni casi vigorose) potature il manto vegetale rischia di comprometterne seriamente la sopravvivenza, oltre che ad invalidarne gli eventuali benefici in termini di controllo microclimatico dello spazio costruito. È il caso dei rivestimenti in resina o in materiali sintetici, o ancora di sistemi per l'isolamento termico posti all'esterno dell'involucro.

3.3.3.2 Le strutture di sostegno

Nel momento in cui, le piante rampicanti che si intendono impiegare in virtù delle loro caratteristiche, non possiedono organi dedicati all'abbarbicamento come ventose o radici aeree, o la parete che si intende rivestire presenta condizioni tali, per cui non risulti possibile l'applicazione diretta di specie vegetali (e abbiamo visto come sia facile imbattersi in pareti inadatte a questo tipo di rivestimento), occorre porre in essere una serie di elementi strutturali tra involucro e strato vegetale tali da garantire l'integrità del primo ed il corretto sviluppo del secondo.

Il mercato offre oggi una buona varietà di prodotti finalizzati al sostegno di specie rampicanti da impiegare per la costruzione di pareti verdi, un'offerta arricchitasi notevolmente nel corso degli ultimi anni, risentendo positivamente del successo d'immagine ottenuto dalle pareti idroponiche realizzate da Blanc, che pur impiegando criteri strutturali e botanici assai lontani di quelli che stanno alla base di queste tecnologie, è riuscito a richiamare sul tema del verde verticale tanta curiosità da parte del mercato da incoraggiare aziende attive già da tempo in questo settore con telai per il sostegno di piante rampicanti ad incrementare la loro offerta commerciale.



Immagine 20.

Sistema Confina di inverdimento verticale. (fonte Poliflor)

Ed in effetti sia pure fondandosi sull'utilizzo di tecniche di coltivazione tradizionali (principalmente in piena terra, ma anche in vaso) l'inverdimento ottenuto con l'applicazione di strutture di sostegno per lo sviluppo del manto vegetale, costituisce un passaggio fondamentale tra la semplice applicazione di piante rampicanti alle pareti dell'edificio e la produzione di sofisticati sistemi per la costruzione di superfici vegetali continue coltivate sul piano verticale.

Attraverso la costruzione di elementi di sostegno infatti, si introducono nell'ambito dell'inverdimento parietale alcuni concetti che vedremo essere fondamentali nello sviluppo tecnologico delle pareti verdi continue e più precisamente:

- Il concetto di flessibilità. Per cui collegando lo sviluppo della componente vegetale all'utilizzo di un supporto artificiale leggero ed appositamente concepito, l'impiego della pianta si svincola parzialmente dalle caratteristiche dell'involucro per definire nuovi spazi ed estendere anche a questi i suoi benefici.
- Il concetto di reversibilità. Fondamentale allo sviluppo delle più recenti tecnologie per pareti verdi, perché pone rimedio a quella che storicamente ha rappresentato una delle maggiori criticità relative all'impiego di tali tecnologie, ovvero il fatto di costituire pratiche invasive nei confronti dell'involucro.
- Il concetto di prodotto. Anche in questo caso abbondantemente ripreso nello sviluppo delle pareti verdi continue, il fatto di concepire l'inverdimento parietale come un processo che contempla l'applicazione di manti vegetali attraverso l'impiego di prodotti industriali in qualità di interfaccia tra natura e costruito e dai quali è lecito attendersi la rispondenza a determinati requisiti di qualità, in particolare rispetto a:

- Durevolezza e ridotti oneri di manutenzione
- Resistenza prolungata ai carichi delle piante ed alle sollecitazioni dovute al loro sviluppo
- Impiego di materiali adattati a favorire l'abbarbicamento delle piante senza risultare lesiva del loro sviluppo, in particolare con riferimento ai valori di trasmittanza termica dei materiali impiegati.

Ai fini del controllo microclimatico esercitato dal rivestimento vegetale, su edifici e spazi filtro, va osservato che per quanto gli elementi strutturali di sostegno non incidano direttamente sulle prestazioni del sistema di facciata, non costituendo generalmente superfici continue, giocano però un ruolo fondamentale nell'efficace gestione della componente vegetale, che come abbiamo visto rappresenta nell'ambito dei sistemi di inverdimento, basati su coltivazione in terra, l'unico vero elemento di controllo ambientale.

Nello scegliere o progettare un telaio di sostegno occorre pertanto tenere in debita considerazione le caratteristiche di sviluppo delle diverse specie rampicanti, in questo modo, tiranti e puntoni del telaio dovranno presentare di caso in caso le dimensioni, l'inclinazione ed il passo strutturale più adatto a favorire l'abbarbicamento delle piante che vi si andranno ad applicare.

L'esperienza maturata in questo campo da giardinieri progettisti ed utenti nel corso degli anni, fa sì che sia oggi possibile incontrare in letteratura una buona quantità di indicazioni utili alla corretta progettazione dei sostegni per ogni diversa specie rampicante (almeno per quelle maggiormente impiegate a scopi ornamentali).

Specie	Modo di arramp.	Presenza del sostegno	Configurazione in funzione della direzionalità	Profili dei correnti (dimensioni massime)		Distanze tra i correnti	
				Circolari	A spigolo	Larghezza	Altezza
				diam. (cm)	vivo (cm)	(cm)	(cm)
<i>Actinidia arguta</i>	volubile	necessaria	III \ / / + + +	3,5	—	20-45	50-100
- <i>chinensis</i>	volubile	necessaria	III \ / / + + +	4	—	20-45	50-150
<i>Akebia quinata</i>	volubile	necessaria	III \ / / + + +	4	—	20-45	30-100
<i>Campsis radicans</i>	radici aeree	consigliata	== = xxx + + +	—	-	30-60	30-60
<i>Clematis alpina</i>	viticci	necessaria	xxx + + +	—	4	10-30	10-30
- <i>montana</i>	"	"	"	—	5	15-30	15-40
- <i>tangutica</i>	"	"	"	—	3	15-40	15-40
- <i>vitalba</i>	"	"	"	—	4	15-40	15-40
- <i>viticella</i>	"	"	"	—	4	10-30	10-30
<i>Hedera helix</i>	radici aeree	raramente nec.	== = xxx + + +	—	-	—	-
<i>Hydrangea petiolaris</i>	radici aeree	consigliata	== = xxx + + +	—	-	30-60	30-60
<i>Jasminum nudiflorum</i>	si intreccia	necessaria	== = xxx + + +	—	-	25-60	25-50
<i>Lonicera brownii</i>	volubile	necessaria	III \ / / + + + xxx	2	—	20-40	40-80
- <i>caprifolium</i>	"	"	"	2	—	20-40	40-80
- <i>henryi</i>	"	"	"	2,5	—	15-40	60-120
- <i>japonica</i>	"	"	"	2	—	20-40	40-80
- <i>perclymenum</i>	"	"	"	2	—	20-40	40-60
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	viticci	spesso necess.	(+ + + xxx)	—	5	15-30	15-40 8
- <i>tricuspidata</i>	ventose	nessuna	(+ + + xxx)	—	-	—	-
<i>Vitis coignetiae</i>	viticci	necessaria	(+ + + xxx)	—	8	20-40	20-40
- <i>vinifera</i>	viticci	necessaria	(+ + + xxx)	—	6	30-50	30-50
<i>Wisteria floribunda</i>	volubile	necessaria	III \ / / + + +	7,5	—	35-80	60-200 10
- <i>sinensis</i>	"	"	III \ / / + + +	8	—	35-80	60-200

Configurazione forma dei sostegni in funzione delle specie rampicanti (fonte da: Bellomo A., op.cit.)

Configurazione in funzione della direzionalità necessaria.

III	verticale, eventualmente con pioli
\ / /	ripida verso l'alto, senza inroci acuti, eventualmente con pioli
+ + +	a rettangoli incrociati
xxx	a diagonali incrociate
== =	orizzontale

La strutture di sostegno ad oggi presenti sul mercato possono dividersi in due categorie in base alla logica strutturale che ne regola il funzionamento. Si può allora parlare di:

- Strutture tesate
- Strutture rigide

Strutture tesate

Generalmente costituito da sistema di tiranti metallici o in fibra sintetica, rappresentano la soluzione più semplice per l'applicazione delle specie volubili o dotate di viticci agli involucri edilizi, ma anche la meno versatile, dal momento che vincola fortemente forma ed entità del rivestimento alle caratteristiche morfologiche e strutturali offerte dalla parete che si desidera rivestire.

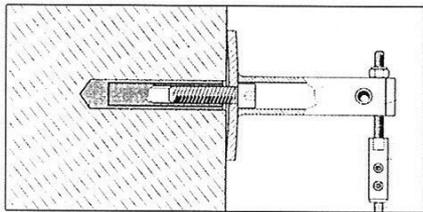
Questo da un lato vincola fortemente la libertà compositiva del progettista, che pur potendo gestire liberamente la forma e l'andamento sul piano dei tiranti di sostegno, non può con altrettanta semplicità uscire dalle due dimensioni ed estendere allo spazio aperto attorno all'edificio i benefici estetici e microclimatici riconducibili all'impiego di superfici vegetali, se non attraverso il ricorso ad espedienti strutturali sofisticati e decisamente costosi.



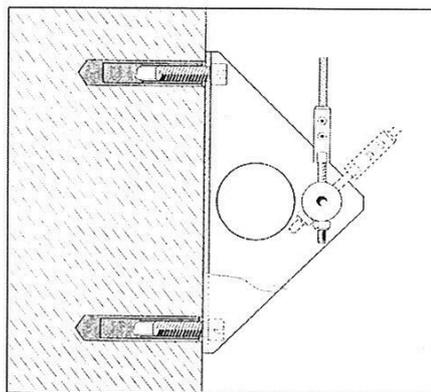
Immagini 21,22.

immagini relative alle strutture di sostegno per piante rampicanti del Trade Center a San Marino, progettato da Norman Foster (a destra) e di un rivestimento in cavi metallici direttamente appoggiati all'involucro di un edificio (a sinistra) da tale confronto emerge chiaramente l'elevato livello di flessibilità consentito da queste tecnologie.

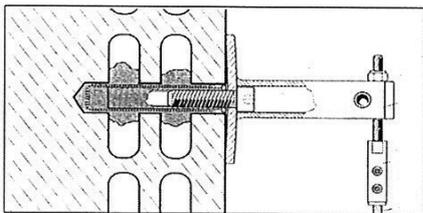
D'altra parte utilizzare sistemi tesati a ridosso della facciate, comporta la necessità di ricorrere a tecnologie di ancoraggio invasive, il cui impiego richiede di conseguenza un'attenta ponderazione da parte del progettista in funzione delle condizioni di conservazione fisiche e strutturali in cui si trova il manufatto che si desidera rivestire, a scampo di inconvenienti che potrebbero rivelarsi anche più impattanti di quelli presi in considerazione nel caso di applicazione diretta delle piante rampicanti.



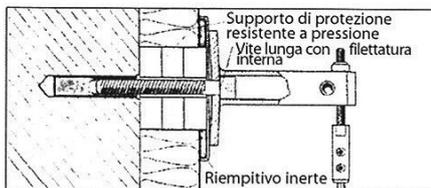
Calcestruzzo, muratura piena, materiali lapidei naturali
Ancoraggio: vite interna, tassello e malta



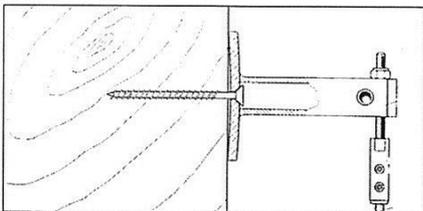
Distanziatore a due punti di ancoraggio per una maggiore stabilità



Mattoni forati, materiali lapidei calcarei
Ancoraggio: tassello con protezione e malta



Isolamento a cappotto



Legno
Ancoraggio: vite piatta autofilettante in acciaio

Immagine 23

elementi di ancoraggio del sistema di tiranti brevettato dall'azienda Brandmeier.
fonte: Brandmeier

I sistemi presenti sul mercato offrono proprio in virtù dell'estrema semplicità delle tecnologie impiegate la massima libertà nel configurare le dimensioni ed il passo più appropriati all'applicazione delle diverse specie volubili. Nel caso del passo tra i tiranti di facciate si può tranquillamente passare da configurazioni molto fitte (ed ovviamente più costose in funzione della quantità di cavi e ferramenta impiegati), con intervalli di 20cm, fino alla costruzione di maglie strutturali decisamente ampie fino a d oltre 100cm,

sulle quali applicare piani grigliati rigidi per agevolare la crescita delle piante ed andando di fatto a comporre sistemi strutturalmente ibridi (Thomas Brandmeier Begrünungssysteme GmbH, Eimeldingen, Germania).

Il parametro del passo, tra gli elementi strutturali gioca un ruolo fondamentale sulla corretta crescita delle piante, e di conseguenza sulla qualità della loro chioma in termini di estensione, spessore e densità così come è importante che l'azienda fornitrice proponga un adeguata varietà di elementi distanziatori per definire a seconda delle caratteristiche di pianta e muratura lo spazio libero lasciare tra essi, generalmente si parla di misure comunque piuttosto contenute comprese tra 10-20 cm, anche se alcuni produttori hanno cominciato a giocare sulle possibilità di articolazione spaziale offerte da questo parametro per arricchire la propria offerta commerciale.



Immagine 24

Sistema brevettato Greenover per la creazione di manti vegetali attraverso l'applicazione di specie rampicanti. Questo sistema pur prevedendo l'impiego di tecnologie invasive rispetto ai fronti rivestiti, assorbe attraverso la sua struttura qualsiasi tipo di tensione generato dallo sviluppo del manto vegetale. (fonte: Archés)

I materiali impiegati nella costruzione di strutture di sostegno tesate, sono generalmente come già accennato, acciaio e materiali sintetici, eventualmente rinforzati con fibre di vetro che stanno nel tempo sempre più prendendo il posto dei metalli per via della loro maggiore inerzia termica.

Se infatti l'acciaio è stato storicamente il grande protagonista nell'ambito dei sistemi tesati di facciata per la sua elevata resistenza a cricchi prodotti dal peso delle piante e dal vigore del loro sviluppo, non costituisce però la migliore opzione per la salute degli organismi vegetali che possono essere ostacolati nella loro crescita se non addirittura subire danni a causa del suo eccessivo surriscaldamento superficiale se sottoposto ad intensa irradiazione solare, questo costituisce un limite soprattutto nella fase di crescita delle piante quando cioè tanto la superficie da rivestire, quanto la struttura di sostegno si trovano maggiormente esposte all'azione del sole e rappresenta di conseguenza una seria minaccia rispetto all'efficacia in termini di controllo ambientale dello strato vegetale.

Un'altra interessante sperimentazione allo studio dei produttori riguarda l'integrazione a strutture composte da maglie più o meno larghe di tiranti, di reti in fibra di vetro e resine poliesteri e semplici reti plastiche per l'ombreggiamento.

Le reti in fibra di vetro, applicate al posto di semplici reti metalliche aumentano notevolmente in virtù delle loro caratteristiche fisiche la flessibilità del sistema, estendendo anche ai sistemi che abbiamo definito ibridi, i vantaggi prodotti sulla crescita delle piante, dall'impiego di materiali ad elevata inerzia termica, mentre l'utilizzo di teli plastici tirati tra i cavi costituisce, pur nell'assoluta semplicità delle tecnologie impiegate un espediente artificiale utile ad integrare l'effetto schermante ed estetico delle piante rampicanti, specialmente nelle prime fasi della loro crescita, proteggendo inoltre l'involucro edilizio da possibili effetti indesiderati dovuti al contatto diretto con le piante.

Immagine 25

Nodi strutturali dei telai di facciata Greenover (fonte: Archés)



Strutture rigide

La caratteristica più interessante dell'impiego di strutture di sostegno rigide per la creazione di rivestimenti vegetali, è offerta dalla possibilità di costituire elementi integrati o indipendenti dalla parete che si desidera rivestire.

In questo modo diventa possibile allargare i confini applicativi di tali sistemi dalla schermatura degli involucri edilizi, alla protezione visiva ed ambientale degli spazi aperti ad essi adiacenti.



Immagine 26

Applicazione del sistema brevettato dall'azienda Poliflor come elemento schermante per le facciate continue di un edificio specialistico in Belgio. Fonte: Poliflor

Esistono molteplici prodotti per la costruzione di strutture rigide finalizzate al sostegno di manti vegetali, ma tutti comunque riconducibili ad alcune tipologie, che verranno di seguito brevemente analizzate.

- Sistemi basati sull'impiego di singoli elementi strutturali. È questo il caso più semplice (e proprio per questo meno presente tra i sistemi industriali) di struttura rigida per l'inverdimento parietale, basata generalmente sulla semplice applicazione di montanti o sistemi intelaiati per sostenere l'abbarbicamento di piante rampicanti volubili. Occorre precisare che a dispetto della sua semplicità, la semplice applicazione di semplici elementi strutturali rigidi alla facciata o lo sfruttamento di elementi strutturali già presenti e propri dell'edificio sul quale si va ad intervenire, costituisce una delle poche concrete possibilità (oltre all'impiego di cavi in acciaio) per l'impiego di piante dalle eccellenti caratteristiche estetiche e funzionali al controllo ambientale degli spazi costruiti come la

Wisteria sinensis, a causa delle notevoli tensioni da queste esercitate sulle strutture impiegate per indirizzarne la crescita.

- Sistemi basati sull'impiego di pannelli reticolari. È il caso di un gran numero di prodotti come grigliati o spalliere e per la costruzione di filtri verdi attraverso l'impiego di piante che si arrampicano intrecciandosi al suo supporto e utilizzando appositi organi come i viticci. Questa categoria di strutture ha per caratteristica una grande varietà di forme ed applicazioni, potendo presentare svariate trame ed orditure a seconda del prodotto che si desidera impiegare e soprattutto trovando ampio impiego nella costruzione di elementi tridimensionali staticamente autonomi come pergole e gazebo.
- Sistemi basati sull'impiego di elementi stampati. Sono in genere elementi costituiti da plastiche rigide e ad alta densità, progettati e prodotti per la comporre sistemi di facciata modulari. Questi prodotti stanno conoscendo negli ultimi anni un certo successo dovuto alla concomitanza di diversi fattori, tra cui la facilità ed i bassi costi di produzione, oltre alla possibilità di ottenere prodotti dall'estetica innovativa senza ricorrere a significativi mutamenti del processo produttivi (lo stesso principio che sta alla base del successo dei prodotti finalizzati al rinnovamento estetico di oggetti tecnologicamente convenzionali come le cover per telefoni cellulari). Per quanto riguarda la selezione delle specie più adatte ad essere impiegate attraverso tali supporti, valgono gli stessi principi già trattati per i sistemi basati sull'impiego di pannelli reticolari, prestandosi quindi particolarmente all'impiego di piante che si arrampicano intrecciandosi o dotate di viticci.



Immagine 27

Trama strutturale di un pannello in polietilene stampato per accompagnare lo sviluppo di specie rampicanti. Fonte: Wall-y

Per quanto riguarda i materiali impiegati per la produzione di sistemi di sostegno rigidi, è possibile affermare che l'impiego di plastiche e fibra di vetro in sostituzione dell'acciaio, costituisce una tendenza in atto anche in questo caso, le cui ragioni risiedono sostanzialmente, come per strutture tesate, nella maggiore inerzia termica dei materiali plastici rispetto ai metalli, caratteristica che determina condizioni più favorevoli al corretto sviluppo del manto vegetale.

Come per le strutture tesate poi, anche nel caso dell'impiego di telai rigidi, l'ancoraggio alle superfici verticali, nel caso in cui non si ricorra all'impiego di sostegni autoportanti, avviene attraverso elementi invasivi ma che risultano potenzialmente meno dannosi per l'involucro edilizio, portando su di esso nella peggiore delle ipotesi solamente il carico dovuto al peso proprio e del manto vegetale (oltre ovviamente ai carichi determinati dagli agenti atmosferici), ma senza generare ulteriori sollecitazioni legate al loro tensionamento.

3.4 COLTIVAZIONE FUORI SUOLO O IDROPONICA

3.4.1 Introduzione e classificazione

3.4.1.1 Evoluzione storica e caratteristiche delle tecniche per la coltivazione fuori suolo

Le tecnologie sviluppate da agronomi e produttori, per la coltivazione fuori suolo di specie vegetale, rappresentano oggi il fronte di innovazione più promettente per lo sviluppo e la diffusione delle pratiche finalizzate all'integrazione tra involucro architettonico e superfici vegetali finalizzate a migliorarne le prestazioni di controllo ambientale.

Col nome di coltivazione fuori suolo, si indicano tutte quelle tecniche di coltura sviluppate in tempi più o meno recente, attuabili in assenza di comune terreno agrario e nelle quali di conseguenza il rifornimento alle piante di acqua ed elementi nutritivi, deve avvenire in forma completamente artificiale attraverso la somministrazione di soluzioni nutritive per mezzo di diversi tipi di substrato.

Il ruolo tradizionalmente riservato alla terra viene dunque assolto nelle colture fuori suolo dall'impiego di soluzioni chimiche somministrate attraverso medium o substrati che possono assumere diverse forme a seconda della tecnica utilizzata.

La storia delle tecniche di coltivazione fuori suolo costituisce ad oggi un tema piuttosto controverso, se infatti alcuni studiosi fanno risalire le prime sperimentazioni su tali tecniche già presso civiltà antichissime come quella egizia o quella azteca¹, è invece possibile affermare che la prima applicazione su scala commerciale di colture idroponiche risultano decisamente più recenti, quando negli anni tra le due guerre mondiali del secolo passato, il fisiologo californiano W.F. Gericke propose un sistema alternativo alla comune coltivazione in piena terra allo scopo di migliorare la produzione agricola degli stati uniti alleviandola, dalla tara costituita dai naturali problemi di stanchezza dei terreni.

¹ Da: Dimauro B., Incrocci L., Malorgio F., Paradossi A., La tecnica della coltivazione fuori suolo, Progetto interregionale "Orticoltura" 2001-2004, sottoprogetto "Colture Protette", Pisa, 2005

Come avviene sovente nella storia delle innovazioni tecnologiche, un passo avanti decisivo nello sviluppo delle tecniche idroponiche si è verificato in tempi di guerra, in particolare durante la seconda guerra mondiale, quando ben 22 ha di colture idroponiche vennero realizzate dal governo americano in Giappone, per rifornire di prodotti freschi le truppe alleate impegnate in quel paese non risultando possibile in quel frangente per ragioni igieniche coltivare in terra, a guerra finita il sistema Gericke non riuscì a trovare una diffusione significativa a causa dell'estrema fragilità ed inaffidabilità dovute ai numerosi problemi insoluti che ancora si trovava a scontare, oltre che dagli elevati costi iniziali che l'impiego delle tecnologie ad esso necessarie comportavano (limiti in vero ad oggi non ancora pienamente superati), ma negli anni della ricostruzione agronomi e chimici giapponesi incuriositi dagli impianti di Chofu ereditati dalla guerra, ebbero modo di studiare e perfezionare le tecnologie in essi impiegate.

L'introduzione della plastica in agricoltura attorno agli anni '60 semplificò notevolmente alcuni aspetti costruttivi (tubazioni, cabalette, ecc..) che fino a quel momento avevano costituito un limite per lo sviluppo delle colture fuori suolo, suscitando un rinnovato interesse attorno a queste tecniche.

I ricercatori continuarono a lavorare per perfezionare la coltivazione in idroponica e nel 1965, Allen Cooper in Inghilterra diede vita al sistema NFT, fondamentale per la diffusione su ampia scala di questi sistemi di produzione e che nei prossimi paragrafi verrà analizzato più dettagliatamente:

gli anni '70 videro per la prima volta la produzione commerciale fuori suolo raggiungere percentuali significative, mentre solo a partire dagli anni '80 l'impiego di nuovi substrati di natura organica a base di torba e di substrati artificiali costituiti da lana di roccia, perlite o pomice, dalle caratteristiche fisiche e chimiche decisamente più appropriate alla coltivazione rispetto alla sabbia o alla ghiaia generalmente impiegate sino a quel momento, si assiste ad una vera diffusione su larga scala di queste tecniche.

Oggi in Olanda il 90% della produzione in serra di ortaggi e fiori avviene per mezzo di coltura idroponica, mentre il recente giro di vite europeo sul consumo in agricoltura di pesticidi e fertilizzanti, che si prevede provocherà nei prossimi anni una profonda revisione delle tecniche colturali

attualmente in uso, potrebbe costituire il giusto pretesto per diffondere e migliorare ulteriormente i sistemi di coltura fuori suolo.

Tuttavia su scala globale resta ancora lunga la strada da percorrere se si pensa che su un totale di circa 2 milioni di ha destinati a coltivazione protetta, in meno di 30.000 risultavano ancora alla fine del 2001, applicate tecniche idroponiche, per le quali risulta oramai evidente che solo il conseguimento di nuovi e significativi sviluppi tecnologici possono rappresentare una concreta prospettiva di ulteriore diffusione.

Il tema relativo all'opportunità di sviluppare e utilizzare sistemi che non prevedano l'impiego di terreno per la produzione su grande scala fiori, manti erbosi, ortaggi e piante di vario genere, si presenta ancora oggi ricco di contraddizioni e problemi irrisolti e la maggior parte degli studiosi in esso coinvolti, tendono a concordare sull'esistenza di una serie di vantaggi e svantaggi utili a decifrarne la complessità.

Vantaggi	Svantaggi
<ul style="list-style-type: none"> • Standardizzazione della produzione • Migliore controllo delle condizioni fitosanitarie • Miglior controllo dell'ambiente radicale • Riduzione del consumo idrico • Uso efficiente dei concimi e migliore gestione della nutrizione della pianta • Maggiore precocità • Razionalizzazione del lavoro e possibilità di meccanizzazione 	<ul style="list-style-type: none"> • Costi d'impianto elevati • Necessità di personale tecnico specializzato • Smaltimento dei substrati utilizzati od "esausti" • Smaltimento delle soluzioni drenate non completamente esaurite • Maggior uso di materiali difficili da riciclare (plastica) • Necessità di disporre di acqua di buona qualità • Rischi di asfissia radicale

Immagine 01

Vantaggi e svantaggi delle coltivazioni fuori suolo
(fonte Da: Dimauro B., Incrocci L., Malorgio F., Paradossi A., op. cit.)

Leggendo tra le righe dei suddetti punti, è possibile individuare alcuni concetti chiave che hanno portato nel corso degli ultimi anni un numero sempre maggiore di imprenditori e vivaisti ad investire sullo sviluppo di prodotti finalizzati alla creazione di pareti naturalizzate fondati sull'applicazione di tecniche di coltura fuori suolo.

3.4.1.2 Classificazione delle tecniche per la coltivazione fuori suolo

Generalmente le colture fuori terra o soilless coltures nella terminologia anglosassone vengono suddivise e classificate in base al tipo di supporto dato offerto alla pianta in:

- Colture su substrato, che può essere costituito da materiale sintetico, minerale o organico o anche da una miscela tra questi. È importante già a questo punto sottolineare come lo sviluppo delle più recenti tecnologie per l'applicazione di superfici verdi continue agli involucri d'architettura si possano considerare in massima parte una diretta conseguenza dell'esperienza maturata negli anni su tali colture².
- Colture senza substrato, che rappresentano la frontiera più estrema della ricerca in questo settore, tali tecniche consistono sostanzialmente nel coltivare piante il cui apparato radicale viene direttamente immerso in soluzioni nutritive liquide senza l'impiego di alcun tipo di medium tra pianta e nutrimento, queste tecnologie risultano ancora oggi, se pur moderatamente impiegate nella coltivazione in serra di ortaggi e piante tappezzanti, decisamente delicate e di conseguenza non ancora sufficientemente mature per trovare riscontro effettivo di prodotti impiegati per l'inverdimento parietale. Ma se i tempi non sono ancora maturi per un vero e proprio trasferimento tecnologico, risulta di estremo interesse l'osservazione delle criticità scaturite dall'applicazione in serra (in un ambiente quindi decisamente più favorevole e controllabile di qualsiasi contesto in cui ci si possa trovare a voler costruire una parete vegetale) poiché da tale analisi è già oggi possibile individuare con estrema chiarezza una serie di problematiche peculiari delle coltivazioni fuori suolo, indipendentemente dalle infinite variabili legate a fattori ambientali ed atmosferici.

² come avremo modo di vedere nel corso dei prossimi capitoli, la quasi totalità dei prodotti per la costruzione di superfici naturalizzate ad oggi sul mercato, sfruttano tecnologie e materiali propri delle tecniche di coltura fuori suolo su substrato, si vedano a tale proposito le schedature contenute nel capitolo V°

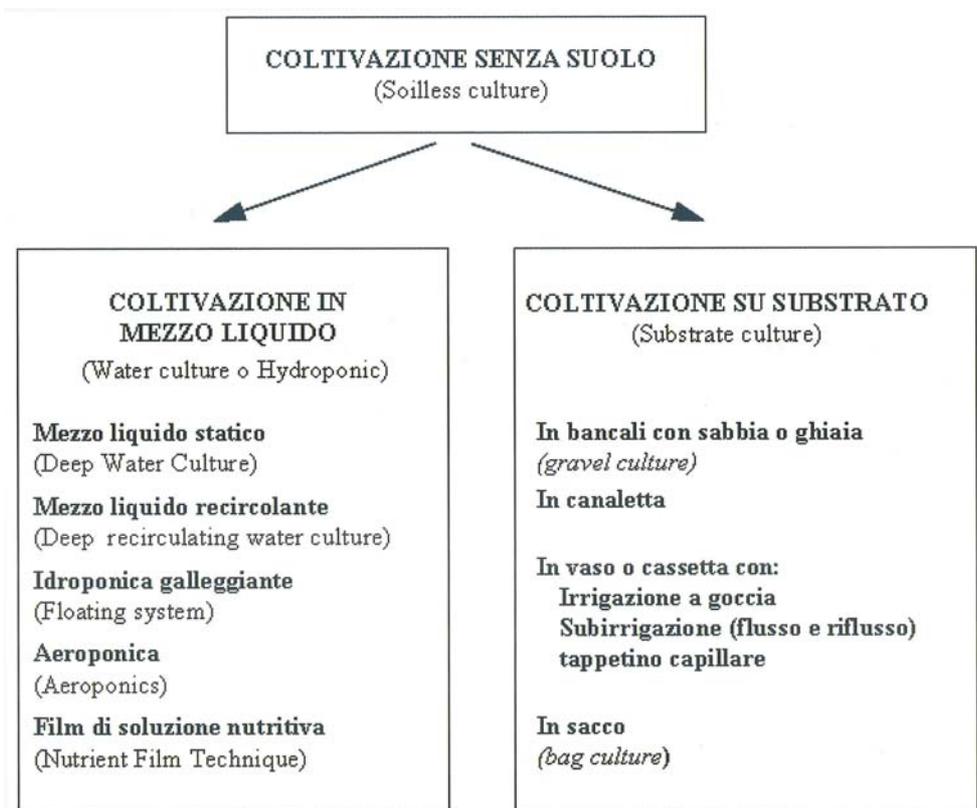


Immagine 02

Classificazione delle tecniche di coltivazione fuori suolo più diffuse (fonte Da: Dimauro B., Incrocci L., Malorgio F., Paradossi A., op. cit.)

Qui di seguito si illustrano in breve i principali sistemi di coltivazione fuori suolo sviluppati per il settore agricolo e che hanno trovato parziale riscontro nei sistemi sviluppati dai vari produttori per la costruzione di pareti verdi continue.

L'analisi di tali sistemi risulta particolarmente utile non solo a leggere e comprendere il funzionamento delle più recenti tecnologie per la costruzione del verde verticale, ma a prevederne e prevenirne le eventuali criticità.

Coltura in mezzo liquido o Idroponica

Rispetto all'evoluzione tecnologica dei vari sistemi che a partire da quello messo a punto da Gericke nel 1929 si sono susseguiti con alterne fortune per cercar di migliorarne le prestazioni, nel presente studio verrà presa per brevità in considerazione solo la versione più nota, progettata da Cooper nel 1972 e denominata Nutrient Film Technique (NFT).

La tecnica messa a punto da Cooper, prevede la coltivazione delle piante in cabalette in leggera pendenza tra 1,5° e 12,5°, dentro cui viene fatta scorrere una sottile pellicola di soluzione nutritiva ad una velocità di circa 1-3 litri al minuto.

L'applicazione di tale sistema che non contempla l'applicazione di alcun tipo di substrato, ha comportato negli anni non pochi problemi per proprio via della sua estrema arditezza tecnica, che hanno finito per comprometterne inevitabilmente la diffusione commerciale.

L'inconveniente più comune e grave riguardava, almeno per alcune specie, la formazione di un apparato radicale eccessivamente abbondante che, oltre a poter causare proprio per l'eccessiva massa patologie come l'ipossia radicale (in pratica la quantità di radici è tale da rendere difficile l'accesso di ossigeno alle stesse), può agevolare il diffondersi di organismi patogeni.

Oltre all'eccesso di sviluppo radicale il sistema NFT ha nel tempo rivelato una serie di altre criticità come il fatto di presentare scarsa inerzia termica.

In assenza di substrato infatti, gli apparati radicali delle piante sono esposte a forti escursioni termiche tanto in inverno quanto in estate, con tutti gli inconvenienti inerenti a tempi e modalità di crescita che possono conseguire.

Nel 1992, la GVI System Corporation ha sviluppato un sistema chiamato "super Nutrient Film Technique" (SNFT) con l'obiettivo di perfezionare il sistema di Cooper.

In questo nuovo sistema, la soluzione nutritiva non scorre più lungo le canalette dove sono alloggiati gli apparati radicali delle piante, ma viene distribuita attraverso una serie di ugelli distribuiti lungo di esse, producendo un doppio vantaggio, da un lato infatti garantisce una

distribuzione assai più omogenea e contemporaneamente lascia alle radici un'adeguata quantità di aria. Inoltre le cabalette sono appositamente sagomate per facilitare la raccolta laterale e lo scorrimento dei liquidi in eccesso, evitando in tal modo il formarsi di ristagni dannosi per la salute delle piante.

I vantaggi che rendono tale sistema decisamente più competitivo rispetto all'originale, riguardano la lunghezza delle cabalette impiegate che in questo caso possono raggiungere la ragguardevole lunghezza di 12m e soprattutto la qualità della fertirrigazione, che aumenta notevolmente perché attraverso l'impiego degli augelli le radici di ogni singola pianta sono bagnate da soluzione nutritiva fresca e non già impoverita dal passaggio attraverso l'apparato radicale di altre piante a monte di ogni cabaletta.

Le criticità più comuni parlando di tecniche idroponiche sono dunque sintetizzabili come di seguito:

- Eccessivo sviluppo dell'apparato radicale con conseguente rischio di Ippossia radicale e diffusione di organismi patogeni
- Forte esposizione dell'apparato radicale a sbalzi termici estivi ed invernali

Molte delle criticità riscontrate durante l'applicazione della tecnica idroponica di Cooper, ed in particolare le disfunzioni generate da una distribuzione disomogenea delle sostanze nutritive e l'esposizione a sbalzi termici dell'apparato radicale delle piante, si possono considerare comuni sia pure in forma meno evidente alla maggior parte delle tecnologie per la costruzione di pareti verticali continue attualmente presenti sul mercato.

In questo caso un ruolo fondamentale è giocato dalle caratteristiche del substrato offerto dai diversi produttori, in particolare occorre fare attenzione a diffidare da quei prodotti che in nome di ingombri e peso ridotti, presentano substrati eccessivamente sottili, esponendo eccessivamente le radici delle piante agli agenti atmosferici, in questo caso gli esperti della facoltà di botanica di Pisa sconsigliano di scendere al disotto dei 6-8 cm di substrato a seconda della sua porosità.

Un altro particolare relativo al substrato sul quale occorre riporre la massima attenzione, riguarda la qualità dei materiali impiegati, che devono

sempre risultare sufficientemente drenanti per evitare ristagni idrici ed assicurare alle radici la necessaria quantità di ossigeno. Le soluzioni più convincenti in questo senso sono quelle ottenute attraverso miscele di materiali con buoni valori di ritenzione idrica come la torba con materiali decisamente più drenati come pomice o fibre di cocco.

Sempre relativamente all'esperienza maturata dai produttori di sistemi per la produzione agricola in idroponica, ed in particolare dall'esperienza del SNFT, si deduce che l'impiego di sistemi di irrigazione per percolazione largamente diffusi tra le tecnologie d'inverdimento parietale su substrato per via del loro moderato impatto estetico, comporta inevitabilmente delle disomogeneità nella distribuzione delle sostanze nutritive, alla quale è possibile dare risposta, riducendo al minimo il passo tra i tubi asolati che la distribuiscono lungo la parete (attualmente invece i produttori parlano di passi che possono raggiungere anche i 5 o 6m) e cercando strategie progettuali per cercare di integrare sistemi di somministrazione aerea se non alternativi senza dubbio complementari a quelli per percolazione attualmente impiegati.

Coltura Aeroponica

Il sistema di coltura Aeroponica, sfrutta di fatto le stesse modalità di fertirrigazione che abbiamo incontrato nell'idroponico SNFT, ma introducendo una serie di sofisticatezze tecniche per cui le radici delle piante vengono lasciate sospese all'interno di appositi contenitori e mantenute costantemente umide da un sistema di nebulizzazione la soluzione nutritiva in questi impianti è ricircolante, viene cioè recuperata in seguito all'erogazione, riarricchita ed erogata nuovamente, sperimentazioni condotte per conto della FAO nel corso dei primi anni '90, attestano la completa eliminazione dei rischi di ipossia radicale riscontrati un idroponica, ma ben presto l'emergere di altre criticità fece sì che la diffusione commerciale di questi sistemi risultasse ancora minore di quella ottenuta dagli impianti idroponici.

In pratica i fattori che non permisero all'aeroponica di conquistare ampie fette di mercato furono due ed entrambi riconducibili alla eccessiva sofisticatezza tecnologica del sistema.

In pratica fu di fatto segregato a poche e marginali applicazioni per gli inconvenienti prodotti dalla troppa tecnologia necessaria al suo funzionamento, che in particolare consistevano in:

- Elevati costi di impianto, sui quali evidentemente il progresso tecnologico non è riuscito ad influire in modo significativo
- Buffer idrico praticamente inesistente in caso di guasti all'impianto. In pratica se gli augelli per qualsiasi motivo si dovessero fermare, non ci sarebbe a disposizione delle radici nessuna fonte di nutrimento compensativa, questo rende particolarmente fragile l'equilibrio dell'intero sistema specialmente se a fronte di elevati costi di impianto

Analizzando l'esperienza condotta nei decenni passati sulle tecniche di coltura aeroponica, saltano all'occhio almeno due elementi ricorrenti nella produzione di tecnologie per la costruzione di pareti verdi coltivate fuori suolo attualmente disponibili sul mercato.

Innanzitutto la questione dei costi che rappresenta in assoluto un tasto dolente per la competitività di tali sistemi rispetto ad altri più tradizionali fondati sull'impiego di specie rampicanti e che impone a chi intenda proporre l'inverdimento di superfici verticali un'accurata analisi costi-benefici per la scelta delle tecnologie da mettere in campo³.

³ Si vedano a tale proposito le schedature contenute nel capitolo V°, relative ad una serie di prodotti selezionati per rappresentare il più ampio ventaglio possibile di offerte sul mercato

Un ulteriore appunto va fatto a proposito dell'opportunità di prediligere di volta in volta prodotti che non deleghino alla sola tecnologia la delicata funzione di nutrimento delle piante, ma che prevedano attraverso l'impiego di substrati più o meno organici la possibilità di forme alternative di nutrimento e conservazione dell'integrità del manto vegetale.

Ancora una volta il consiglio di chi scrive è di prediligere sistemi che prevedano la presenza di substrati non troppo sottili e composti da un equilibrato mix di sostanze organiche ed inerti drenanti.

Coltura su substrato

Le prime coltivazioni su substrato furono realizzate utilizzando bancali di cemento riempiti di sabbia e ghiaia, anche se la prima affermazione commerciale di tali sistemi che tra i fuori suolo, risultano ad oggi essere di gran lunga i più diffusi, avvenne in seguito all'introduzione di substrati a base di torba capaci di assicurare maggiore riserva idrica ed aerazione all'apparato radicale.

L'evoluzione delle colture su substrato è stata determinata dalla necessità di ridurre i costi di impianto ed è estremamente interessante notare come le voci di spesa indicate in tal senso dalla letteratura specializzata coincidono perfettamente con quelle caratteristiche delle tecnologie di facciata verde continua ed in particolare:

- Supporti
- Manodopera specializzata per il montaggio
- Substrati

Nel campo delle applicazioni in serra finalizzate alla produzione alimentare o di piante ornamentali, l'introduzione della plastica negli anni '80 ha permesso l'abbandono dei vecchi e costosi bancali in cemento, a favore dell'impiego di:

- sacchi contenenti inerti come perlite e lastre di lana di roccia, che hanno consentito un abbattimento considerevole dei costi di montaggio e smontaggio degli impianti
- cassette in polistirolo profilate rivelatesi nel tempo un elemento decisivo per la diffusione di queste tecniche razionalizzando notevolmente la quantità di substrato necessario per ogni singola pianta.



Immagine 03

Alcune delle principali tecnologie che hanno segnato l'evoluzione dei sistemi di coltura su substrato.

Foto A: i sistemi più datati impiegavano banquette in polipropilene, opportunamente sagomate e riempite di perlite

Foto B: il passaggio a comuni vasi, è stato un passaggio successivo finalizzato a ridurre i costi di acquisto e manutenzione degli impianti

Foto C, D: negli ultimi anni per ragioni di costi e semplicità gestionale, si sono andati diffondendo sacchi pronti all'uso (grazie alle caratteristiche studiate per il loro packaging).

Tale sviluppo, specialmente negli esiti raggiunti nel corso degli ultimi anni, costituisce il punto di partenza per la maggior parte delle tecnologie impiegate nella creazione di pareti naturalizzate, che risultano spesso costituiti da elementi foderati in materiali simili al feltro e contenenti substrati inorganici dello stesso tipo di quelli impiegati in serra.

(fonte Da: Dimauro B., Incrocci L., Malorgio F., Paradossi A., op. cit.)

È estremamente interessante notare come d'altro canto queste due tipologie di substrati costituiscano la necessaria premessa a tutte le più promettenti tecnologie per la produzione di superfici verdi verticali continue ad oggi presenti sul mercato (si rimanda in questa sede l'ulteriore approfondimento di tale aspetto nel corso dei paragrafi introduttivi alla schedatura dei suddetti prodotti).

Un ulteriore aspetto di notevole interesse riguarda le modalità di fertirrigazione sviluppate nelle applicazioni in serra della coltura su substrato. In particolare risulta estremamente diffusa la pratica della subirrigazione (detta anche del flusso e riflusso) in cui i vasi ordinati su

bancali o platee impermeabilizzate vengono trattate attraverso flussi intermittenti di soluzione nutritiva che penetra dalla base e per risalita capillare si diffonde verso l'alto, simulando in qualche misura il naturale nutrimento delle piante coltivate in piena terra.

L'introduzione di tali modalità di nutrimento e l'impiego di macchinari per la gestione posizionamento, spaziatrice e raccolta delle piante dai vasi hanno fatto della coltura in vaso un processo industriale di grande successo, abbattendo enormemente i costi di gestione degli impianti relativi alla manodopera sia pure a fronte di un incremento degli investimenti iniziali necessari. Tutti questi elementi sono anche alla base dell'interessante fenomeno di ibridazione industriale che da qualche anno a questa parte ha consentito ad aziende storicamente operanti nel settore della produzione di infissi e sistemi di facciata continui per l'architettura di entrare nel mercato delle facciate naturalizzate creando sinergie con vivaisti specializzati nella produzione di tappezzanti e manti erbosi. Senza lo sviluppo di tecniche di produzione rapide ed efficienti come quelle relative alle colture in contenitore sarebbe stato assai difficile per questi due settori industriali incontrarsi a causa dei tempi della qualità di produzione richieste da un mercato delle costruzioni sempre più esigente e regolamentato.



Immagine 04

Imponente distribuzione di serpentine al di sotto delle vasche di coltura, all'interno di una serra parzialmente dedicata alla coltivazione di erbacee destinate alla creazione di pareti verdi (fonte Olivieri M.)

Anche le colture in contenitore malgrado l'ampio successo commerciale presentano comunque inconvenienti che è necessario in questa sede ricordare:

- E' necessario impiegare acque di qualità controllata per l'irrigazione. Infatti il fenomeno di risalita capillare all'interno dei vasi, può generare condizioni di forte salinità per accumulo di ioni non essenziali e di conseguenza non assorbiti dalla pianta come sodio e cloro, inficanti per la qualità del substrato



Immagine 05

Malgrado le condizioni ambientali controllate e favorevoli allo sviluppo della vegetazione e nonostante la presenza di impianti di fertirrigazione automatizzati e posti a diversi livelli nella serra, è comunque necessaria la presenza di personale specializzato per controllare la risposta delle piante alla somministrazione di sostanze nutritive, per via della delicatezza che la coltivazione fuori suolo gli conferisce.

Tale condizione destinata evidentemente ad acuitizzarsi nel caso di colture all'aperto e poste in verticale, solleva dubbi sulle garanzie di durata che potranno garantire nel tempo, molte delle tecnologie per pareti verdi, lanciate sul mercato negli ultimi anni
(fonte Olivieri M.)

Risulta evidente da quanto detto rispetto alle coltivazioni in contenitore che per quanto efficienti e sviluppate, le tecnologie per la coltivazione fuori suolo non riescono comunque ancora a garantire le condizioni ideali alla naturale crescita delle piante in piena terra, incrementando la sensibilità delle specie vegetali in esse alloggiate rispetto a qualsiasi tipo di interferenza ambientale.

Ciò che dunque la natura non riesce a garantire alle piante costrette a crescere fuori suolo, si trasforma in onere manutentivo a carico dell'uomo che può in questo caso agire attraverso l'oculata scelta di componenti e sostanze nutritive appropriate.

L'infinita varietà di situazioni nelle quali può essere richiesta la costruzione di pareti verdi, non consente di poter sempre contare su un'adeguata qualità idrica. In questi casi occorre prendere in considerazione l'impiego di tecnologie che consentano l'applicazione di specie vegetali adeguatamente resistenti alla salinità come ad esempio alcune specie di manti erbosi⁴.

Si conferma invece una volta di più decisiva la componente costituita dal substrato che rappresenta il cardine attorno a cui ruotano tutte le altre componenti del sistema e dal quale dipende la possibilità di sviluppo delle diverse specie oltre alla logica strutturale necessaria per la progettazione delle diverse strutture di sostegno delle pareti verdi.

Il substrato definendo per ogni sistema presente sul mercato la tipologia di coltura che ne sottende la progettazione, rappresenta anche un elemento chiave nel definirne i costi, che stando ai dati empiricamente raccolti nel corso del presente lavoro,, tendono generalmente (almeno per quanto riguarda i costi di impianto) a crescere in funzione del progressivo differenziarsi dei vari sottofondi dal comune terreno.

Agli aspetti legati alla scelta del substrato per le tecniche di coltivazione in contenitore è comunque dedicato il seguente paragrafo, mentre di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche tecniche di coltivazione fuori suolo sin qui descritte.

⁴ studi sulla tolleranza alla salinità di alcune tra le più comuni specie di tappeto erboso sono contenuti nel seguente volume:

Panella A., Croce P., De Luca A., Falcinelli M., Modestini F.S., Veronesi F., Tappeti erbosi, Calderoni Ed agricole, 2002

MATERIALE	DIAMETRO PARTICELLE (mm)	PESO SPECIFICO (g/L)	POROSITÀ TOTALE (% VOL.)	CAP. ARIA A 1 KPA (% VOL.)	CAP.RIT. IDR. A 1 KPA (% VOL.)	ACQUA FAC. DISP. (% VOL.)	CSC (meq/100 g)	pH
Lana roccia	0.005	80-90	94-97	10-15	75-80	80-85	0-2	7-7.5
Lapillo vulcanico	-	960	63.5	31	32.6	10	5	6.6
Argilla espansa	4-16	600-900	85-90	40-50	35-45	10-15	70-120	5-7
Perlite+torba	-	100-150	90-95	50-55	40-50	25-35	50-100	5-6
Perlite fine	0.2-1	150-200	85-90	15-20	50-60	40-45	1.5-4	7-7.5
Perlite	1-4	80-120	85-90	50-60	30-35	10-15	1.5-4	7-7.5
Pomice+torba		400-500	80-85	20-30	60-65	20-25	50-100	5-6
Pomice	2-10	650-950	65-75	40-50	20-30	10-15	0-2	6.5-7.5
Torba bionda	1-3	60-100	90-95	30-35	60-70	35-45	100-200	2.5-4
Torba bruna	0.5-2	100-150	85-90	30-40	55-65	30-40	100-300	5-7
Torba nera	0.2-1.5	250-450	80-85	10-20	70-80	20-35	100-300	5.5-7.5
Vermiculite	1-5	90-150	90-95	35-40	45-50	7-10	80-150	7-7.5

Immagine 06

Caratteristiche dei principali substrati impiegati nelle colture fuori suolo (fonte Da:Dimauro B., Incrocci L., Malorgio F., Paradossi A., op. cit.)

3.4.2 La gestione della coltivazione fuori suolo

3.4.2.1 Standardizzazione della produzione

Sono fattori determinanti nel momento in cui si intendano applicare alla produzione di pareti verdi una serie di criteri qualitativi propri della produzione industriale di materiali e componenti per l'edilizia.

L'impiego di tecniche di coltivazione su substrato pur nella varietà delle soluzioni possibili e che di seguito analizzeremo nel dettaglio, trasformano radicalmente il concetto di inverdimento, già a partire dalla gestione dei tempi che abbiamo visto essere un elemento di valutazione fondamentale nella scelta delle specie rampicanti da coltivare in piena terra, consentendo il trasferimento all'interno del vivaio delle fasi di impianto e crescita della massa vegetale destinata ad essere integrata nell'involucro e di conseguenza azzerandoli di fatto agli occhi di progettista ed utenti che si vedranno consegnare in opera moduli contenenti piante già sufficientemente cresciute da poter restituire l'immagine finita dell'involucro. Un'altra caratteristica essenziale per comprendere la portata dei cambiamenti prodotti dall'introduzione del concetto di coltura fuori suolo nel campo delle pareti naturalizzate, riguarda il peso che attraverso l'impiego di tali tecnologie viene ad assumere la componente chiamata substrato che di

fatto oltre a garantire la distribuzione alle piante del nutrimento ad esse necessario e ad offrire una sia pur minima protezione al loro apparato radicale, assume un'importanza fondamentale nel garantire all'intero sistema di facciata un elevato livello prestazionale in termini di controllo microclimatico degli spazi costruiti⁵ ridimensionando enormemente il peso di una serie di caratteristiche fisiche e botaniche della componente vegetale riguardanti le qualità di manto e foglie.

Le specie vegetali fatte crescere sui pannelli che compongono il sistema di facciata, a questo punto rivestono un ruolo quasi esclusivamente estetico rispetto agli esiti volumetrici cromatici e persino olfattivi che il progetto dell'inverdimento parietale di volta in volta si propone di raggiungere e possono essere scelte con un elevato grado di libertà tra numerosissime essenze erbacee ed arbustive, con gli unici vincoli rappresentati a questo punto da:

- La necessità di adeguare la scelta delle essenze alle caratteristiche climatiche del sito di progetto (come del resto abbiamo visto nel caso delle piante coltivate in terra)
- La necessità di dover scegliere per via dello spessore generalmente piuttosto contenuto del substrato delle specie non troppo pesanti e dal modesto sciupo radicale (il che ne limita generalmente le dimensioni).

La produzione di tecnologie per la realizzazione di queste superfici vegetali si basa di fatto su una serie di elementi modulari da applicare a secco sull'involucro edilizio, senza limiti teorici di estensione ed articolazione, come un qualsiasi rivestimento lapideo o metallico.

Questa frammentazione della continuità del manto, necessaria a consentirne la trasportabilità ed un adeguato livello di adattabilità alle caratteristiche geometriche delle diverse superfici da rivestire, offre a fronte di una maggiore quantità di componenti necessari alla costruzione della parete una notevole velocità e semplicità di posa in opera sfruttando modalità costruttive sviluppate a partire da quelle comunemente impiegate per la costruzione di facciate continue a montanti e traversi⁶.

⁵ Si veda a tal fine l'esperienza sperimentale su di una parete naturalizzata di studio, svolta nel corso del presente studio e descritta nel capitolo VI° del presente volume

⁶ Si vedano le informazioni riportate a proposito della scelta delle componenti strutturali per sistemi di inverdimento modulari coltivati in verticale, riportate in chiusura del presente capitolo

Tali elementi oltre ad assicurare come abbiamo visto tempi di montaggio decisamente rapidi, conferisce al rivestimento vegetale anche un'estrema reversibilità, caratteristica del tutto inedita se si considera l'estrema rigidità dell'inverdimento ottenuto tramite l'impianto di specie rampicanti e che consente all'utente di modificare con grande rapidità e costi relativamente contenuti l'aspetto della propria parete verde attraverso l'applicazione di moduli contenenti specie vegetali diverse, oltre a conservarne nel tempo l'integrità potendo agevolmente sostituire le porzioni di manto che risultino per varie ragioni danneggiate (eventualità non troppo remota data l'esposizione agli agenti atmosferici degli apparati radicali delle piante impiegate in questo genere di facciate la mancanza di dati sulla tenuta nel tempo delle stesse), fino al caso estremo di completa rimozione del rivestimento vegetale, che in questo caso non lascerebbe tracce particolarmente evidenti nella struttura sottostante, come invece abbiamo visto accadere con l'utilizzo di specie rampicanti dotate di ventose o radici aeree.

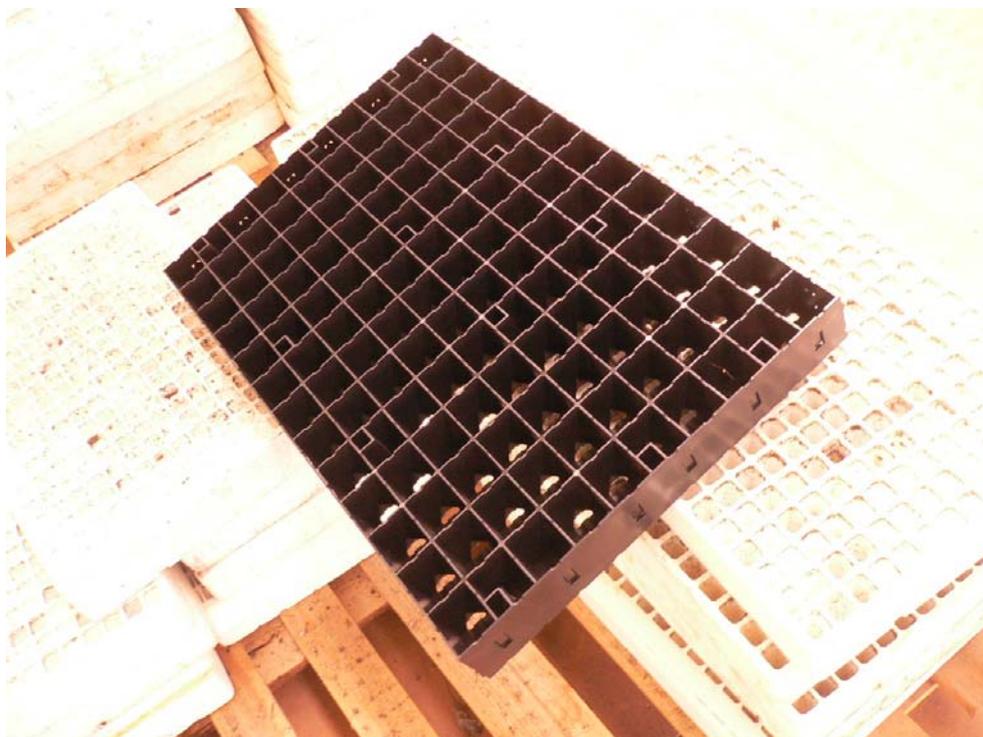


Immagine 07

Pannello di contenimento di un sistema di facciata verde continua, privo di substrato e manto vegetale, si notino le bucaure sulle superfici degli alveoli, per consentire agli apparati radicali di congiungersi, e la presenza di appositi roquadri, destinati agli elementi di fissaggio al le superfici da rivestire (fonte Olivieri M.)



Immagine 08

Pannello di contenimento di un sistema di facciata verde continua, completo di substrato e manto vegetale (fonte Olivieri M..)

In questo modo il manto vegetale impiegato per il rivestimento parietale sacrifica alcune delle caratteristiche che storicamente gli derivavano dall'ibridazione tra strutture umane e naturali, per diventare una sorta di cover se non equivalente, di sicuro intercambiabile con qualsiasi tipo di materiale comunemente impiegato per la costruzione di facciate ventilate.

Si può concludere dicendo che l'introduzione di tecniche di coltivazione fuori terra, comporta per le pareti verdi un enorme passo avanti in termini di standardizzazione del prodotto dal quale diventa possibile ottenere una serie di garanzie prestazionali e qualitative, un tempo difficilmente esigibili dai rivestimenti vegetali costituiti da specie rampicanti, se si pensa all'enorme quantità di variabili che possono incidere sui modi e sui tempi del loro sviluppo.

Dunque, garanzie sui tempi e garanzie sulle prestazioni sono i primi grandi vantaggi competitivi che entrano in gioco parlando di manti vegetali coltivati fuori suolo integrati all'involucro degli edifici, i cui componenti assumono sempre di più le caratteristiche di veri e propri prodotti, riproducibili e certificabili in virtù dell'elevato livello di industrializzazione oramai raggiunto della produzione vivaistica su cui si fondano.

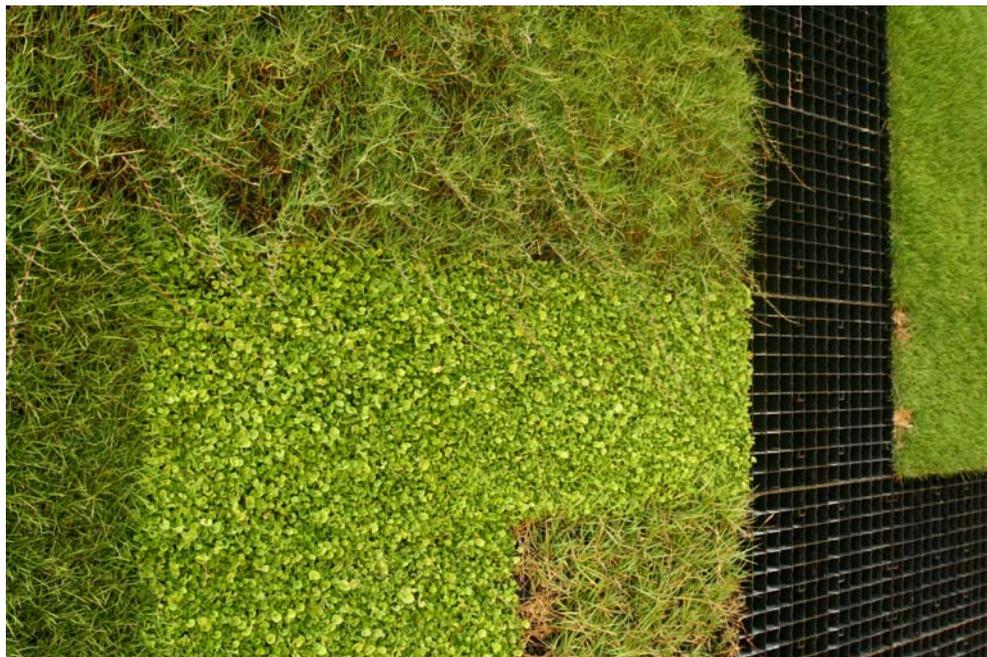


Immagine 09

Sistema di facciata verde continua costituito attraverso l'accostamento di moduli che pur presentando strutture di contenimento e substrati assolutamente affini, si differenziano per il tipo di manto vegetale impiantato. La natura attraverso l'impiego di tali sistemi, finisce sempre di più per costituire una semplice variabile estetica, in sorta di cover intercambiabile su sottofondi tecnologici prodotti in serie. (fonte Olivieri M.)

3.4.2.2 Costi d'impianto e necessità di personale tecnico specializzato

Per seguire crescita e cura delle piante impiegate in condizioni estreme come quelle delle colture su substrato in verticale, ci sono alcuni svantaggi potenzialmente più impattanti sul possibile successo di mercato di queste tecnologie.

Se infatti come abbiamo visto la posa in opera di pannelli preinverditi e la loro gestione con l'impiego di impianti di fertirrigazione più o meno sofisticati costituiscono dal punto di vista di utenti e progettisti una notevole semplificazione nel mondo delle pareti verdi, è anche vero che l'anomalia delle condizioni che caratterizzano la crescita e la sussistenza delle specie vegetali risulta tale da richiedere conoscenze e pratiche molto specifiche per gestire proficuamente l'insorgere di qualsiasi tipo di problema complicazione o imprevisto nel corso della vita della parete vegetale una volta posta in essere.

Risulta di conseguenza obbligatorio per le aziende e per i vivai impegnati nella produzione di pareti verdi continue farsi carico della formazione e della messa a disposizione di personale specializzato abilitato ad offrire consulenza e soluzioni in questo senso, costituendo inevitabilmente un

onere aggiuntivo rispetto al costo già considerevole dei sistemi di inverdimento fuori terra.

Le tecnologie in questione infatti dal punto di vista dei costi di produzione scontano la considerevole tara della complessità tecnologica che le caratterizza e della quantità di componenti che ne deriva, per cui produrre pannelli per la costruzione di pareti verdi continue significa anche dover produrre ed assemblare tra loro:

- le specie vegetali che costituiscono la finitura del sistema
- il substrato su cui le specie vegetali sono impiantate e che dovendo fungere per esse da sedime sin dall'impianto in vivaio, dovrà essere concepito per adeguarsi il più possibile agli spazi ristretti e standardizzati della produzione vivaistica
- le strutture di sostegno ed ancoraggio alla parete indispensabili all'applicazione del sistema e che di conseguenza andranno progettati avendo cura di ridurne al minimo l'impatto estetico sulla configurazione finale della parete rivestita
- gli impianti di irrigazione e somministrazione delle sostanze nutritive necessarie alle piante coltivate in quota

nell'insieme tutto questo finisce per determinare per i prodotti riconducibili a questa categoria ad oggi presenti sul mercato costi d'impianto (ove per impianto si intende la fornitura e posa in opera dei prodotti in questione) affatto elevati e che stando a dati raccolti presso diverse aziende produttrici nel corso della presente ricerca, possono variare da 350 ad oltre 800 EURO al metro quadrato di facciata rivestita.

3.4.2.3 Gestione degli apporti idrici e nutritivi delle piante e razionalizzazione del lavoro

L'utilizzo di substrati in quota comporta la necessità di automatizzare il sistema di erogazione di acqua ed elementi nutritivi attraverso l'impiego di impianti di fertirrigazione⁷, (di cui parleremo in modo più articolato nel paragrafo dedicato alle modalità di irrigazione ed erogazione di sostanze nutritive per le colture fuori suolo), capaci di garantire il mantenimento del delicato equilibrio nutritivo delle piante coltivate nelle condizioni sicuramente estreme offerte da un sottile substrato organico o sintetico posto in verticale.

L'impiego delle suddette tecnologie a fronte di un maggiore onere economico in fase di impianto, se paragonato ai sistemi di irrigazione tradizionalmente in uso nei nostri giardini, offre il notevole vantaggio di svincolare completamente l'utenza di molte tra le incombenze legate alla comune gestione delle superfici verdi e di fatto deresponsabilizzandolo riguardo al mantenimento delle ottimali condizioni di salute delle piante impiegate.

È chiaro che un grado di automatizzazione tanto elevato può costituire agli occhi di utenti appassionati di botanica o giardinaggio un fattore negativo in quanto limitante ai fini dell'interazione tra uomo e pianta, che diventa in un certo senso un oggetto da guardare ma non toccare come un pesce tropicale che nuota in un acquario domestico, ma se si pensa alla possibilità di impiegare questi elementi di inverdimento sulle grandi superfici caratteristiche degli involucri che rivestono edifici pubblici o specialistici, la semplicità di gestione di irrigazione e nutrimento diventa un fattore fondamentale alla competitività di tale soluzione rispetto a sistemi di facciata più tradizionali basati sull'impiego di materiali metallici o lapidei.

L'automatizzazione del sistema di fertirrigazione può inoltre costituire se applicato con cura ed intelligenza progettuale su superfici di una certa importanza, un motivo di ricchezza e varietà estetica nell'articolazione della facciata e del suo impatto urbano.

⁷ La fertirrigazione rappresenta una pratica comune nell'ambito delle colture fuori suolo, e consiste in pratica nella contemporanea somministrazione di acqua e sostanze nutritive necessarie alla crescita delle piante, ma che l'assenza di terreno non gli consente di procurarsi diversamente. Tale pratica, costituisce una costante per i sistemi modulari per la coltivazione in verticale di superfici naturalizzate, date le condizioni estreme che le caratterizzano



Immagine 10

L'irrigazione del manto vegetale di facciata si trasforma in un momento spettacolare nell'edificio Harmonia 57, realizzato a San Paolo dallo studio Triptique. (fonte Triptique)

Un discorso a parte va fatto in merito all'importanza di disporre di acqua di buona qualità ed ai rischi legati al complesso rapporto con acqua e sostanze nutritive tipiche delle piante coltivate fuori suolo.

Se da una parte è vero che la questione relativa alla qualità dell'acqua è facilmente risolvibile attraverso una scelta oculata delle specie impiegate come nel caso della produzione di sistemi di inverdimento fondati sull'impiego di manti erbosi ed altre specie non particolarmente esigenti da questo punto di vista, è anche vero che problemi di ristagno e disfunzioni nella diffusione attraverso la superficie interessata dal rivestimento vegetale di acqua e concimi costituisce un problema effettivo, che può essere contrastato solo parzialmente attraverso l'evoluzione di substrati sempre più efficienti e dall'impiego di sofisticati impianti di irrigazione.



Immagine 11

Particolare di una parete continua danneggiata a causa di una disfunzione dell'impianto di fertirrigazione.

L'eccesso di sostanza nutritive erogate alla parete ha in questo caso causato la morte della maggior parte delle piante in essa alloggiate
(fonte Olivieri M.)

La fragilità della componente vegetale sembra purtroppo alla luce degli elementi raccolti fino ad oggi attraverso il presente studio una componente intrinseca dei sistemi di coltivazione in quota su substrato, nel momento in cui infatti l'eccezionale azione di filtraggio e nutrizione che la natura ha da sempre affidato alla terra viene sostituita da pochi centimetri di torba o lana di roccia vengono meno tutta una serie di tutele per la pianta che la rendono estremamente sensibile alla qualità di ciò che gli viene somministrato e qualsiasi errore meccanico o umano rischia di rivelarsi letale anche per le specie più tenaci.

Lo scarso valore drenante di alcuni materiali per substrati frettolosamente lanciati sul mercato negli ultimi anni poi, espongono le piante al concreto rischio della formazione di ristagno idrico e conseguente asfissia radicale per mancanza d'ossigeno, che in molti casi può determinarne l'avvizzimento se non la morte.

Una volta di più risulta fondamentale ai fini della possibile diffusione sul mercato edilizio di prodotti per l'inverdimento parietale fondati su tecniche di coltivazioni fuori suolo su cui in tanti hanno scommesso, l'estrema reversibilità di tali sistemi e la conseguente possibilità di sostituire rapidamente le piante o le porzioni di manto vegetale che per l'insorgere di

una qualsiasi tra le tante possibili complicazioni appena descritte possano soffrire danno, anche se viene da chiedersi fino a quando ed a che prezzo le aziende produttrici, che in questo caso dovrebbero occuparsi di tali sostituzioni, avranno interesse a farsene carico.



Immagine 12

Particolare di una parete continua danneggiata a causa di una disfunzione dell'impianto di fertirrigazione.

L'eccesso di sostanza nutritive erogate alla parete ha in questo caso causato la morte della maggior parte delle piante in essa alloggiate

(fonte Olivieri M.)

3.4.2.4 Dismissione e smaltimento dei materiali impiegati

I materiali impiegati sia per il nutrimento delle piante sia per la costruzione degli stessi substrati di coltivazione in quota, sono aspetti riconducibili anch'essi alla complessità e all'elevato livello di artificialità che caratterizzano i sistemi di verde parietale coltivati fuori suolo.

Come vedremo più dettagliatamente nel paragrafo dedicato all'analisi dei substrati infatti, questi possono essere costituiti tanto da materiale organico quanto da materie artificiali sintetiche, il cui impiego aumenta notevolmente il consumo di energia primaria dei sistemi qui trattati, consumando una serie di risorse ambientali dal momento della loro fabbricazione e quello del loro smaltimento.

Una questione estremamente dibattuta tra gli agronomi che si occupano di questioni relative alle applicazioni (specialmente agricole) delle tecniche di coltura fuori suolo, è quella riguardante il riutilizzo o meno del drenato.

Infatti per motivi tecnologici come difformità tra i punti di erogazione delle sostanze nutritive, e differente sviluppo vegetativo delle piante coltivate o alla scarsa qualità dell'acqua impiegata per l'irrigazione, l'impiego in serra di soiless colture richiede un impiego di sostanze nutritive superiore a quella che le piante riescono a smaltire attraverso il processo di evapotraspirazione, che da origine ad un articolato denominato drenato.

Se questo viene raccolto e dopo essere stato opportunamente reintegrato viene somministrato alle piante, gli agronomi parlano di colture a ciclo chiuso nel quale non si verificano dispersioni di articolato e si ottimizzano le risorse in campo, mentre se questo viene riutilizzato per il nutrimento di comuni colture in suolo o peggio viene disperso in ambiente si parla invece di ciclo aperto.

In base agli elementi raccolti attraverso interviste a tecnici e produttori impegnati nello sviluppo di tecnologie per la costruzione di pareti verdi continue condotte nel corso del presente lavoro di ricerca, non risulta ad oggi con evidenza che la questione della produzione di drenato da parte delle suddette pareti sia stata levata in considerazione nella progettazione dei componenti che ne costituiscono sostegno e sottofondo, o nella stesura dei protocolli di manutenzione relativi al loro mantenimento.

A parere di chi scrive comunque, aspetti come questo dovranno presto o tardi essere considerati con maggiore serietà se si pensa che le condizioni che generalmente conducono ad un'impiego superiore al necessario di sostanze nutritive nelle colture fuori suolo eseguite in serra, costituiscono la normalità nel caso dell'applicazione parietale di tali tecniche, dal momento in cui la quantità di possibili localizzazioni non consente di contare su valori prestabiliti riguardanti la qualità dell'acqua impiegata per l'irrigazione, che d'altronde in molti casi avviene per percolazione tra i vari moduli di facciata, secondo modalità cioè che non ne garantisce in alcun modo la diffusione

omogenea, mentre l'eterogeneità di specie impiegabili su un'unica parete che costituisce uno dei motivi estetici irrinunciabili per il successo commerciale di queste tecnologie, non fa che contribuire a rendere ancora più complessa un'equilibrata fertirrigazione.

3.5 VARIABILI TECNOLOGICHE NELL'IMPIEGO DI SUPERFICI VEGETALI COLTIVATE FUORI SUOLO

3.5.1 La scelta del substrato di coltura

3.5.1.1 Definizione e classificazione

È possibile tentare di definire i substrati nell'ambito delle coltivazioni fuori suolo a partire dalle loro funzioni principali, ovvero di elemento designato a assicurare il rifornimento d'ossigeno, acqua e nutrienti alle radici delle piante oltre che garantirne l'ancoraggio.

Negli ultimi anni si è assistito all'introduzione di molti nuovi materiali per la costruzione di substrati per le colture in contenitore, tra questi comunque solo pochi hanno di fatto trovato vasto impiego pratico e risultano idonei per caratteristiche chimico-fisiche alla coltivazione delle varie specie.

Il campo si restringe ulteriormente se si prendono in considerazione solo quelli che hanno trovato impiego nella produzione di moduli per la costruzione di facciate verdi continue.

Per quel che riguarda i materiali impiegati, una prima classificazione può essere fatta a partire dall'origine di questi. Abbiamo pertanto:

- Substrati inorganici, che a loro volta possono essere di origine naturale o sintetica.. tra questi i più utilizzati in vivaio e che ritroviamo solo sporadicamente nelle miscele di alcuni prodotti per l'inverdimento parietale troviamo: la perlite, la pomice, l'argilla espansa e la lana di roccia
- Substrati organici, derivanti o meno da sottoprodotti dell'industria agro-alimentare, introdotti piuttosto recentemente nelle pratiche di coltivazione soiless, sono quelli che più comunemente troviamo impiegati nelle facciate verdi coltivate fuori suolo, in particolar modo in forma di torba e fibre di cocco o di Kena.

I requisiti che generalmente si richiedono ad un buon substrato di coltura sono i seguenti:

Caratteristiche fisiche

- Proprietà meccaniche adeguate a garantire stabilità all'impianto a garantire cioè che le radici riescano stabilmente a fare presa all'interno de substrato. Tale caratteristica fondamentale per le colture in serra, lo diventa a maggior ragione nelle condizioni estreme della crescita in verticale, anche se va detto che un po tutti i produttori hanno sviluppato sistemi in cui il ruolo statico del substrati risulta di ratto marginale, classificabili secondo due categorie:

- Una prima tipologia riguarda i prodotti generalmente basati sulla coltivazione di manti erbosi che fa affidamento per il suo sostegno sul fitto intreccio di radici e stoloni⁸ caratteristici della componente ipogea delle specie impiegate attraverso cui la massa vegetale riesce a formare un sistema unico e solidale con substrato e soprattutto gli elementi di contenimento direttamente collegati alla superficie da rivestire
- Una seconda tipologia che invece fa direttamente affidamento sulla conformazione fisica degli elementi di contenimento assicurati alla superficie di fondo per mantenere coesi ed in quota manto vegetale e substrato di coltura

- Stabilità e durevolezza

intese come elevata capacità di mantenere le caratteristiche originarie per le colture con ciclo colturale lungo. Si noti che questa caratteristica nel caso dell'impiego per inverdimento parietale riveste notevole importanza data l'impossibilità di determinare tempi di permanenza certi per le colture impiantate, ma che comunque ci si attende non essere di sicuro troppo brevi.

Inoltre nel caso delle pareti verdi l'esposizione diretta delle colture e dello stesso substrato, specialmente nei periodi di dormienza*(nota) del manto vegetale, costituisce una notevole incognita per quanto riguarda la capacità di tenuta nel tempo dei materiali che si trovano

⁸ Uno stolone è un ramo laterale che spunta da una gemma ascellare vicino alla base (colletto) della pianta, definita appunto stolonifera, e che si allunga scorrendo sul suolo, o appena sotto il terreno, emettendo radici e foglie dai nodi da cui si generano nuove piantine. L'esistenza di tali apparati vegetali, è stata sfruttata in favore della stabilità dei pannelli naturalizzati, da numerosi produttori

ad esercitare il loro ruolo in un ambiente decisamente più difficile ed ostile di quello caratteristico delle coltivazioni in serra.

- Adeguata capacità di drenaggio

con una porosità dell'ordine del 75-80%, allo scopo di garantire all'apparato radicale, non solo l'accesso ad idratazione e nutrimento, ma anche alla necessaria quantità di ossigeno.

L'importanza di questa caratteristica del sottofondo di coltura già descritta per i terreni, risulta tanto più evidente parlando di coltivazione fuori suolo se come abbiamo visto nel precedente paragrafo patologie legate alla scarsa ossigenazione delle radici come l'asfissia radicale hanno in passato contribuito notevolmente a limitare la diffusione delle tecniche idroponiche per la produzione agro-alimentare.

- Adeguata capacità di ritenzione idrica

Ovvero la capacità del materiale impiegato come substrato di trattenere acqua e risulta inversamente proporzionale alla dimensione delle particelle che lo costituiscono.

Da questo parametro si ricava potenziale idrico del terreno che misura in pratica il lavoro che le piante devono spendere per l'assorbimento radicale ed è di basilare importanza nei calcoli relativi all'irrigazione.

Lo stesso quantitativo d'acqua infatti, presente in differenti terreni, è soggetto a tensioni differenti. Una maggiore tensione dell'acqua si traduce in un potenziale idrico più basso, per cui le piante devono esercitare uno sforzo più intenso per assorbire l'acqua.

Per ogni tipo di substrato esistono dunque specie più o meno adatte, e diventa di conseguenza fondamentale seguire le indicazioni dei produttori in merito alle piante integrabili all'interno delle diverse tecnologie disponibili sul mercato, per avere un'idea della profonde differenze tra i materiali più comunemente impiegati per la costruzione di substrati di coltura si riporta qui di seguito un diagramma che ne paragona le curve di ritenzione idrica.

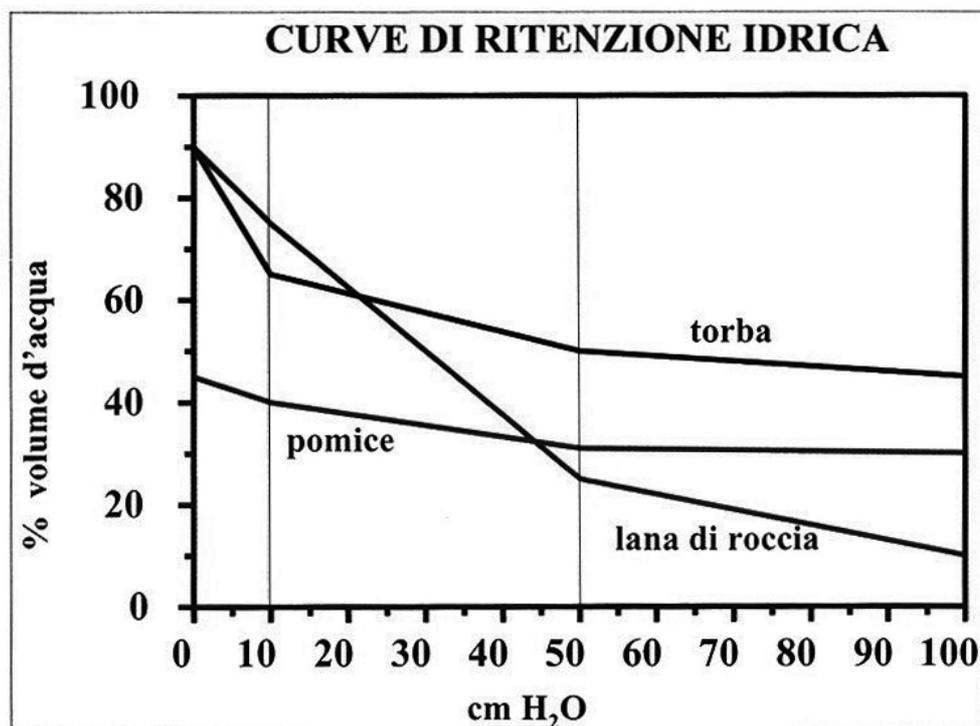


Immagine 13

Curve di ritenzione idrica tipiche di torba, pomice e lana di roccia. Si noti come la pomice offra alle piante una ridotta quantità di acqua facilmente disponibile, rispetto a materiali meno drenanti come torba o lana di roccia

(fonte Da: Dimauro B., Incrocci L., Malorgio F., Paradossi A., op. cit.)

Caratteristiche chimiche

- pH compreso tra 5.0 e 6.5

il pH come già ricordato nel capitolo dedicato alle varianti tecnologiche delle pareti verdi basate sull'impiego di piante coltivate in piena terra, costituisce nell'ambito delle tecnologie trattate dal presente studio una scala di misura dell'acidità di acqua e terreno impiegati per la coltivazione delle piante e deve la sua importanza al fatto di incidere sensibilmente sulla disponibilità di sostanze nutritive per la pianta all'interno del substrato di coltura.

Se confrontato con il range di valori considerati ottimali per il comune terreno di coltura che variano tra 6.2 e 6.9, aumentando ulteriormente all'aumentare della frazione argillosa del terreno, risultano leggermente più bassi.

Questo si spiega per le diverse caratteristiche che nei substrati specialmente di natura organica che determina per questi, a pari quantità di sostanze nutritive, valori di pH meno significativi rispetto ai normali terreni.

- Capacità di scambio cationico

La capacità di scambio cationico (CSC) è la quantità di cationi scambiabili, che un materiale, detto scambiatore, può trattenere per scambio ionico.

Lo scambio ionico rappresenta ai fini della coltivazione di specie vegetali (in questo caso la modalità di coltivazione non fa particolare differenza) un elemento di grande rilevanza costituendo uno dei principali meccanismi con cui il terreno trattiene e mette a disposizione delle piante e dei microrganismi elementi nutritivi essenziali quali il calcio, il magnesio, il potassio, l'azoto ammoniacale. La CSC è dunque di fatto un indice della potenziale fertilità chimica del terreno.

La capacità di scambio cationico rappresenta comunque una questione estremamente delicata e complessa, la cui definizione richiede caso per caso l'attenta ponderazione da parte di tecnici e specialisti del settore. Se è vero infatti che un substrato con scarsa CSC costringe l'utente o il manutentore a fare in modo che la parete riceva una fertirrigazione continua per evitare carenze di minerali, dall'altra però assicura un maggior controllo sulla stessa nutrizione minerale dalla piante.

In questo caso eseguire una scelta consapevole significa di volta in volta stilare un piccolo bilancio dei costi e benefici relativi all'impiego di diversi tipi di substrato ad oggi disponibili sul mercato.

- Basso contenuto in Sali solubili

Caratteristiche economiche

- Facilità di reperimento

Tale caratteristica particolarmente importanza per quel che riguarda la produzione fuori suolo in serra, che spesso interessano superfici di svariati ettari, per quanto riguarda l'Italia per esempio è significativo il caso della diffusione presso diverse regioni del meridione dell'impiego di lapillo lavico che pur presentando evidenti limiti dovuti all'estrema eterogeneità della sua composizione costituiva in passato una risorsa a buon mercato in quanto ricavato direttamente dalle eruzioni dell'Etna, oggi comunque tale costume risulta superato perché nel frattempo sono state proibite nell'area del parco costituito attorno al vulcano l'estrazione di questo materiale.

La questione della reperibilità sta in qualche misura all'origine della grande varietà di prodotti per l'inverdimento parietale che da qualche anno hanno invaso il nostro mercato, infatti se gran parte di questi nasce dall'incontro tra aziende già attive nel mercato della produzione di materiale per l'edilizia e vivaisti, non è difficile capire che in ognuno di questi casi, la tendenza sia stata quella di mettere in comune le esperienze già maturate nel corso degli anni. Gli esempi sono tanti dalla Daku ace ha riportato in verticale una serie di tecnologie e componenti già impiegati per la produzione dei suoi famosi tetti giardino, alla tecnologia che nascendo dall'incontro tra vivaisti toscani specializzati nella produzione in cassette di manti erbosi e tappezzanti di vario genere con alcuni tecnici attivi nel settore delle facciate continue ha proposto un prodotto che di fatto costituisce una perfetta sintesi tra queste due realtà *(nota, schede prodotto), fino ad arrivare a veri e propri casi emblematici come quello dell'azienda "perlite italiana" di proporre in autonomia un suo pacchetto per la costruzione di pareti verdi.

- Costi contenuti

Tanto dolente per definizione dei sistemi di coltura fuori suolo la ricerca di soluzioni più economiche possibile per la produzione di

substrati diventa una necessità se si pensa alla quantità di voci di spesa aggiuntive in fase di impianto rispetto ad una parete verde tradizionale che le colture fuori suolo, idroponiche o meno impongono.

Nei prossimi capitoli avremo comunque modo di analizzare altri elementi riguardanti componente vegetale, strutturale ed impiantistica che possono incidere notevolmente sulla calmierazione dei prezzi relativi ai prodotti qui trattati.

Caratteristica chimica	Breve descrizione e valori ottimali
Capacità di Scambio Cationico (CSC)	capacità di trattenere i nutrienti (ammonio, potassio, calcio, magnesio, microelementi) determina il potere tampone del substrato valori >10-15 meq/100 g
pH	concentrazione idrogenionica del mezzo (controlla la disponibilità degli elementi nutritivi) val.ottimali: 5.0-6.5 (5.2-6.2)
Contenuto di sali solubili (salinità)	valori ottimali < 1-1.5 g/l CE (e.a. 1:1.5 v/v) < 0.5 mS/cm
Rapporto C/N	determina il tasso di decomposizione della componente organica del substrato valori ottimali: 15-20
Contenuto di nutrienti	funzione del tipo di materiale (la valutazione dipende dal tipo di fertilizzazione adottata) attenzione a livelli fitotossici di microelementi e metalli pesanti K, Na, Cl < 2 mM (e.a. 1:1.5 v/v) Fe < 10 µM; Mn, Zn, Cu < 3 µM; B, Br < 15 µM
Sostanza organica	riduce gli effetti negativi di salinità

Immagine 14

Principali caratteristiche chimiche da considerare nella scelta dei substrati (fonte Da:Dimauro B., Incrocci L., Malorgio F., Paradossi A., op. cit.)

Caratteristica	Descrizione e valori ottimali
Densità apparente o peso specifico (DA)	massa secca per unità di volume (quello occupato al momento del prelievo, dopo saturazione, drenaggio fino a -1 KPa)
Porosità (P)	volume totale di spazi vuoti (porosità interna o chiusa o intraparticellare; porosità esterna od aperta od interparticellare); determinazione con picnometro a spostamento di gas o liquido; >80-85% in volume
Capacità per l'aria (CA)	capacità di assicurare aria (ossigeno) nella zona radicale: diminuisce con la riduzione delle dimensioni delle particelle; [O ₂] >5-6 mg/l (60-70% di saturazione)
Capacità di ritenzione idrica (CRI)	capacità di trattenere acqua (rifornimento e riserva): diminuisce con l'aumento delle dimensioni delle particelle
Stabilità	capacità di mantenere le proprie caratteristiche nel tempo

Immagine 15

Principali caratteristiche fisiche da considerare nella scelta dei substrati (fonte Da:Dimauro B., Incrocci L., Malorgio F., Paradossi A., op. cit.)

Di seguito vengono forniti una serie di dati relativi alle caratteristiche chimiche, fisiche ed economiche relative ai materiali per la costruzione di substrati più impiegati nelle tecnologie per l'inverdimento parietale fuori suolo, allo scopo di chiarirne caso per caso limiti e potenzialità che possano risultare utili ad orientare progettisti ed utenti verso la loro scelta.

3.5.1.2 I substrati organici

La torba

Si individuano come torbe quei materiali contenenti residui vegetativi più o meno decomposti ed un contenuto di ceneri inferiore al 10%⁹.

Le torbe sono presenti in giacimenti naturali denominati torbiere, localizzati in diverse aree della superficie terrestre, tra queste quelle più profonde possono avere fino a diecimila anni, mentre quelle più recenti e più comunemente impiegate per l'estrazione di materiale destinato alle colture derivano in genere da formazioni di circa mille anni.

Tra i numerosi sistemi di classificazione delle torbe, quello che risulta essere il più funzionale all'impiego agricolo, fa riferimento al loro grado di decomposizione. Si può dunque parlare di:

- sfagno o orba bionda, nel caso di materiale meno degradato e caratterizzato da colore chiaro, granulometria piuttosto incoerente per la presenza di fibre lunghe (foglioline e branche ancora riconoscibili) ed un'elevata porosità
- torba nere, di colore per l'appunto scuro ed in cui, il grado di deterioramento degli organi vegetali che le compongono risulta decisamente più marcato

Tra queste tipologie, lo sfagno risulta di gran lunga il migliore per l'impiego agricolo, ed in particolare rappresenta ad oggi il materiale di partenza più utilizzato per la realizzazione di substrati, per gli impianti in serra, ma anche (e di conseguenza) nell'ambito delle tecnologie per la creazione di pareti vegetali continue e questo per una serie di caratteristiche estremamente interessanti che ne hanno determinato nel giro di pochi anni la notevole diffusione commerciale.

9

⁹ Da: Dimauro B., Incrocci L., Malorgio F., Paradossi A., op. cit.

In particolare le torbe bionde si distinguono per le seguenti caratteristiche fisiche e chimiche:

- relativa omogeneità e buona stabilità strutturale, che come abbiamo visto costituiscono la premessa indispensabile a che i substrati possano nel tempo conservare il più possibile inalterate le loro caratteristiche fisiche
- elevata ritenzione idrica. Il comportamento della torba in relazione all'acqua per via delle sue qualità chimiche ma soprattutto morfologiche è la principale causa della sua diffusione come materiale per la produzione di substrati di coltura.
Specialmente per la torba che risulti poco degradata infatti, foglioline e branche espletano in maniera ottimale la funzione di contenimento nei confronti dell'acqua, mentre per torbe in più avanzato stato di decomposizione aumenta anche il degrado delle strutture fogliari con il conseguente peggioramento in termini di ritenzione
- buona aerazione, caratteristica direttamente legata all'elevata porosità delle torbe, che nel caso siano di sfagno possono raggiungere valori decisamente elevati superiori al 90% ed un basso grado di restringimento. Con questo valore si indica la diminuzione di volume che avviene nella torba in seguito all'evaporazione dei liquidi in essa riversati e risulta proporzionale al suo grado di decomposizione, per cui in torbe di sfagno si aggira su valori dell'ordine del 25%, che possono arrivare invece a toccare il 45% nel caso delle torbe nere
- valore di pH attorno a 3, ma che si presta con facilità ad essere corretto e modificato a seconda delle differenti esigenze colturali
- Limitato apporto di elementi nutritivi. La caratteristica di rappresentare un ambiente chimicamente il più neutro possibile decisamente importante per quanto riguarda i substrati di coltura realizzati con materiali organici poiché in questo modo non si provoca la necessità di alterare di volta in volta i piani di concimazione prestabiliti
- Assenza di sostanze tossiche

Sul piano della reperibilità emerge però un'importante criticità legata all'impiego di torba in grandi quantità, poiché rappresenta una risorsa in pratica non rinnovabile (i tempi della sua formazione lo abbiamo visto all'inizio del presente paragrafo variano generalmente tra i mille ed i diecimila anni) e la cui estrazione richiede tra l'altro la devastazione di zone umide, popolate da flora e fauna selvatiche e sembra pertanto destinata ad essere fatta oggetto di norme atte a moderarne l'entità.

Tale fattore, assieme agli elevati valori di ritenzione idrica che la caratterizzano, fanno sì che la torba si trovi oggi sempre più spesso miscelata con componenti come pomice o fibre di cocco per migliorarne il drenaggio e che nel tempo (specialmente per quanto riguarda le fibre di cocco come vedremo di seguito) cominciano sempre più spesso ad esserle preferite.

Fibra di cocco o di Kenaf

Il cocco grazie alle sue naturali qualità chimiche e fisiche ed alla sua eco-compatibilità, rappresenta oggi la più valida alternativa nel campo della produzione di substrati di coltura con materiali di origine organica.

Per questo il suo utilizzo un ambito agricolo è in costante aumento e lo si ritrova spesso impiegato nella composizione; integrale o in miscela con altri materiali, di substrati per la coltivazione in verticale di manti vagatali e secondo le seguenti modalità:

- in forma di tessuto fibroso
- in forma di torba di fibra

Le qualità naturali del cocco più importanti ai fini del suo successo commerciale sono:

- Eccellente bagnabilità, ovvero elevata capacità di stabilire una volta entrata in contatto con una massa liquida una situazione di equilibrio nella quale la risultante dalle interazioni molecolari tra le varie interfacce coinvolte è tale da garantire la stabilità della struttura.

- Questa caratteristica, fondamentale per assicurare la stabilità fisica e strutturale dei substrati composti attraverso l'impiego di fibre vegetali, raggiunge nel caso della fibra di cocco, valori ancora superiori a quelli già elevati caratteristici delle torbe bionde
- Elevata capacità di ritenzione idrica, sia pure generalmente inferiore a quella delle torbe di sfagno, ragione per la quale i due materiali si trovano sovente miscelati nella composizione di miscele finalizzate alla coltura.
- Ottima porosità, con conseguenti vantaggi in fatto di ossigenazione degli apparati radicali, anche in questo caso come per la bagnabilità le prestazioni della fibra di cocco risultano superiori a quella di numerose torbe presenti sul mercato
- Materiale al 100% organico e biodegradabile, caratteristiche destinate a rivestire nei prossimi anni una sempre maggiore importanza tanto nel settore agricolo, quanto in quello delle costruzioni, se si pensa al crescente peso della valutazione del *Life Cycle Assessment* (LCA, ovvero valutazione del ciclo di vita) nella scelta di ogni singolo componente degli edifici
- Facile reperibilità ed ecocompatibilità. Il cocco rappresenta realmente una risorsa rinnovabile, infatti contrariamente a quanto avviene per la torba che richiede come abbiamo visto una serie di operazioni di estrazione ad elevato impatto ambientale, nel caso del cocco si utilizzano dei frutti che nelle zone di provenienza come India e Sri Lanka sono disponibili in grandissima abbondanza, generando fino a tre raccolti l'anno¹⁰.
- Se in passato i prodotti ottenuti in questo modo potevano poi presentare l'inconveniente di un'eccessiva eterogeneità di caratteristiche fisico-chimiche perché sostanzialmente derivati dall'impiego di materiale di scarto risultato da altre lavorazioni industriali, la qualità delle fibre attualmente impiegate in molti prodotti risulta oggi decisamente migliorata potendo contare su equilibrate miscele di fibre lunghe, medie e corte che rendono stabili nel tempo le caratteristiche fisiche di questo materiale.

¹⁰ Da: Dimauro B., Incrocci L., Malorgio F., Paradossi A., op. cit.

Unici nei, relativi all'impiego della fibra di cocco, sono anch'essi riconducibili all'origine naturale di questo prodotto, e riguardano:

- La necessita di trattare e sterilizzare adeguatamente il materiale prima del suo impiego commerciale per tutelarsi contro la possibile presenza di elementi indesiderati come semi di piante infestanti, funghi, insetti o sostanze patogene
- La presenza di Sali solubili dovuti alla presenza di sodio

Le caratteristiche sin qui descritte si possono in linea di principi estendere in forma più o meno ridotta anche ad altre fibre naturali tra cui quella di canapa e quella di Kenaf. Quest'ultimo in particolare per le sue ottime caratteristiche di stabilità strutturale e durevolezza è sovente impiegato nella produzione di prato a zolle o a rotoli, ha trovato recentemente posto anche in alcune applicazioni destinate alla creazione di verde in verticale.

il Kenaf (*Hibiscus Cannabinus*) appartiene alla famiglia delle Malvacee ed è una pianta annuale a crescita molto rapida, ha origini probabilmente africane ed è oggi coltivata in varie parti del mondo, tra cui Europa ed America. Si sta lentamente diffondendo anche nel nostro paese, grazie alle buone proprietà di adattamento.

Inoltre, pur essendo un "parente stretto" della più nota canapa con la quale condivide una notevole semplicità in termini di coltivazione e successiva lavorazione; non presenta varietà coltivabili per la produzione di sostanze stupefacenti, eliminando così la possibilità di spiacevoli "disavventure" a cui sono spesso andati incontro i coltivatori legali di canapa per usi industriali.

Anche il ciclo vitale del kenaf è rapido e permette raccolti abbondanti (cresce mediamente di circa 4 metri in 120 giorni), rappresentando un materiale altamente rinnovabile.

Relativamente alla necessità di sviluppare miscele che integrino le migliori caratteristiche dei diversi materiali organici adatti alla costruzione di substrati di coltura per pareti verticali, esistono alcune recenti esperienze condotte anche da produttori nazionali che risultano particolarmente significative.

È il caso di alcuni prodotti per l'applicazione parietale di manti erbosi per i quali si era in prima battuta previsto l'impiego di semplice torba per la diffusione della formula nutritiva prevista per le varie specie, mentre la stabilità strutturale del sistema si delegava al vigoroso sviluppo radicale dai manti erbosi ingabbiato da moduli congiuntamente al substrato terroso all'interno di moduli di sostegno in plastica appositamente forato e sagomato.

Nei fatti però la fragilità dimostrata dal sistema in fase sperimentale rispetto al rischio di ipossia radicale causata in talune specie dall'eccesso di ritenzione idrica del sistema formato da sottofondo in torba ed elementi di sostegno, hanno spinto progettisti e botanici impegnati nello sviluppo dei suddetti prodotti ad optare per una miscela di torba e fibra di cocco al fine di ridurre il valore di ritenzione idrica del substrato di coltura, migliorandone allo stesso tempo il drenaggio.



Immagine 16

Dettaglio di un campione di torba bionda, o sfagno, si noti la presenza di fibre di grandi dimensioni
(fonte Da:Dimauro B., Incrocci L., Malorgio F., Paradossi A., op. cit.)



Immagine 17

Dettaglio di un campione di fibra di cocco
(fonte Da:Dimauro B., Incrocci L., Malorgio
F., Paradossi A., op. cit.)

3.5.1.3 I substrati Inorganici

Perlite, pomice e lapillo

Sono materiali lapidei di origine vulcanica, frutto di processi che ne determinano l'elevata porosità di origine naturale, nel caso di pomice e lapillo o artificiale nel caso della perlite.

Estremamente diffusi come substrati di coltura fuori suolo in serra, questi materiali hanno trovato largo impiego nel settore vivaistico in orticoltura, sotto forma di racchi contenenti perlite al 100% o miscele con fibre di cocco al 50%, ed in floricoltura dove generalmente viene impiegata sfusa in vasi o in cabalette opportunamente miscelata a fibra di cocco.

L'impiego all'interno di soluzioni per la coltura di verde verticale per questo materiale avviene generalmente attraverso l'ultima delle modalità sopra descritte, inserito all'interno di appositi contenitori come nel caso del sistema messo a punto e commercializzato in Italia dall'azienda Daku¹⁰

¹⁰ Si veda a tal proposito la scheda relativa a tale prodotto all'interno del V° capitolo del presente studio

Le caratteristiche principali dei substrati inorganici di origine naturale sono le seguenti:

- Capacità di ritenzione idrica piuttosto moderata, specie se paragonata a quella delle torbe di sfagno, o delle fibre naturali. Per questo nelle applicazioni in verticale si presta particolarmente bene ad ospitare piante dalle limitate esigenze di apporti nutritivi o particolarmente sensibili alla formazione nel substrato ristagni idrici come le xerofite negli altri casi occorre provvedere ad integrarle attraverso l'impiego di materiali meno drenanti come torbe o fibre vegetali.
- Elevata porosità, in linea con i altri materiali di origine naturale come torbe e fibre, e di conseguenza buona capacità di ossigenazione degli apparati radicali delle piante.
- Materiali di origine naturale, ma che si caratterizzano per consumi di energia primaria estremamente diversificati tra loro. Nei casi di pomice e lapillo, l'origine interamente naturale dei materiali fa sì che questo parametro risulti addirittura più basso rispetto a quelli visti

per le fibre naturali, mentre i processi artificiali che danno origine alla porosità della perlite, incrementano di tanto i consumi energetici necessari a generarla, rendendola decisamente meno competitiva di altri materiali sul piano della sostenibilità ambientale.

- Facile reperibilità sul mercato. Non a caso tra i sistemi di rivestimento parietale risultano essere i materiali maggiormente impiegati (eguagliati solo dalla fibra di cocco) per la produzione di substrati di coltura in quota.

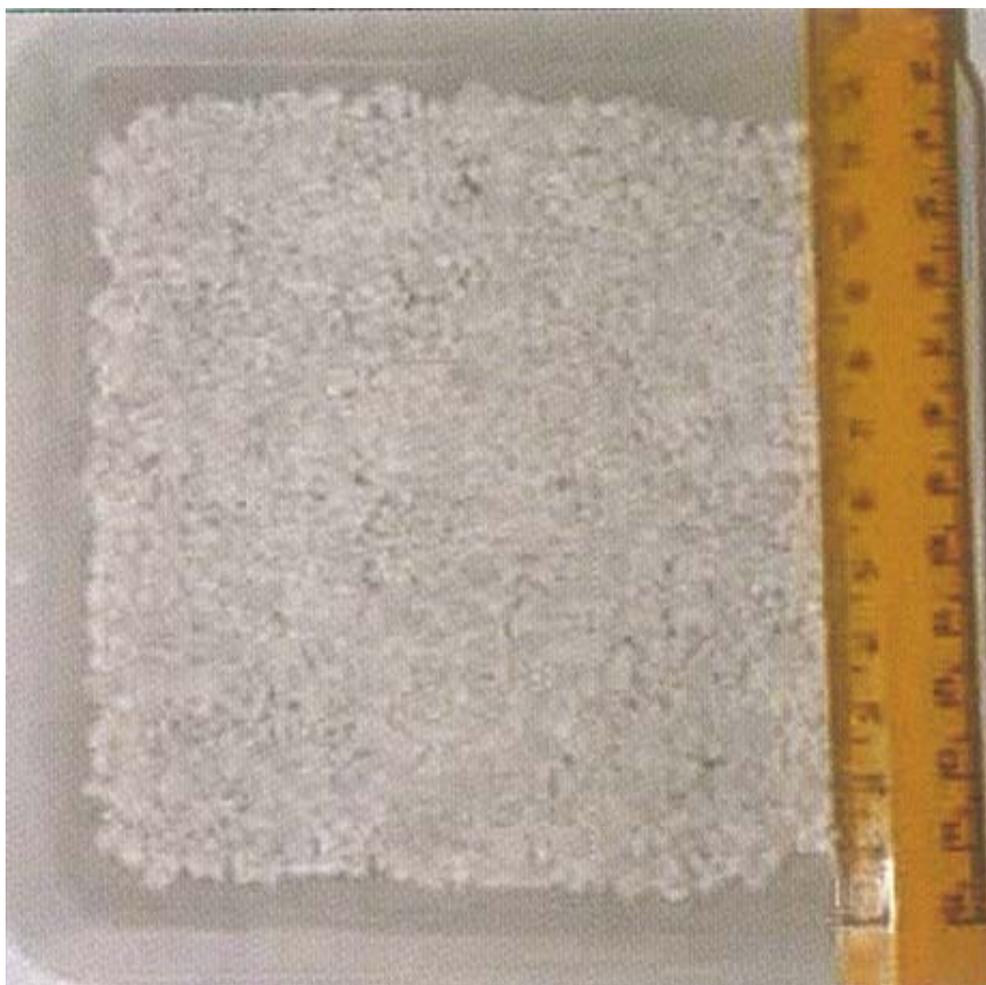


Immagine 18

Dettaglio di un campione di perlite
(fonte Da: Dimauro B., Incrocci L., Malorgio F., Paradossi A., op. cit.)



Immagine 19
Dettaglio di un campione di pomice
(fonte Da:Dimauro B., Incrocci L., Malorgio F., Paradossi A., op. cit.)

3.5.1.4 Il Feltro

Il feltro non rientra propriamente tra quelli che i botanici sono soliti considerare materiali per la produzione di substrati di coltura, malgrado questo però la fortuna delle pareti vegetali create dall'estro e dalla sapienza di Blanc, hanno fatto sì che un gran numero di produttori li prendessero in considerazione inserendolo di fatto all'interno dei loro sistemi di facciata.

Il feltro sintetico presente infatti le caratteristiche ottimali per la coltivazione in quota delle piante epifite e semi-epifite impiegate dal botanico francese in contesti climatici secchi e caldi, non particolarmente adatti a queste specie:

- il feltro si distingue in primo luogo per l'elevato livello di ritenzione idrica, questo fa sì che una volta imbevuto artificialmente d'acqua questo materiale generi una base umida indispensabile alla sopravvivenza delle specie epifite.
- La superficie e la consistenza fibrosa di questo materiale, fanno sì che gli apparati radicali aerei delle specie epifite o eventualmente di alcune piante tappezzanti¹¹ possano farvi presa ed assicurarsi alla parete verticale, come farebbero a ridosso di un albero nelle foreste pluviali di cui in molti casi sono originarie.

¹¹ degli aspetti relativi alla scelta delle componenti vegetali, si parlerà più approfonditamente nel corso del prossimo paragrafo del presente capitolo

Immagine 20

Tabella riassuntiva delle principali caratteristiche fisico-chimiche dei substrati più comunemente impiegati nelle tecniche di coltura fuori suolo.
(fonte Da:Dimauro B., Incrocci L., Malorgio F., Paradossi A., op. cit.)

MATERIALE	DIAMETRO PARTICELLE (mm)	PESO SPECIFICO (g/L)	POROSITÀ TOTALE (% VOL.)	CAP. ARIA A 1 KPA (% VOL.)	CAP.RIT. IDR. A 1 KPA (% VOL.)	ACQUA FAC. DISP. (% VOL.)	CSC (meq/100 g)	pH
Lana roccia	0.005	80-90	94-97	10-15	75-80	80-85	0-2	7-7.5
Lapillo vulcanico	-	960	63.5	31	32.6	10	5	6.6
Argilla espansa	4-16	600-900	85-90	40-50	35-45	10-15	70-120	5-7
Perlite+torba	-	100-150	90-95	50-55	40-50	25-35	50-100	5-6
Perlite fine	0.2-1	150-200	85-90	15-20	50-60	40-45	1.5-4	7-7.5
Perlite	1-4	80-120	85-90	50-60	30-35	10-15	1.5-4	7-7.5
Pomice+torba		400-500	80-85	20-30	60-65	20-25	50-100	5-6
Pomice	2-10	650-950	65-75	40-50	20-30	10-15	0-2	6.5-7.5
Torba bionda	1-3	60-100	90-95	30-35	60-70	35-45	100-200	2.5-4
Torba bruna	0.5-2	100-150	85-90	30-40	55-65	30-40	100-300	5-7
Torba nera	0.2-1.5	250-450	80-85	10-20	70-80	20-35	100-300	5.5-7.5
Vermiculite	1-5	90-150	90-95	35-40	45-50	7-10	80-150	7-7.5

3.5.2 La scelta della componente vegetale

3.5.2.1 Definizione e classificazione

Nella pareti verdi continue, la componente vegetale coltivata in quota non gioca come nel caso dei rivestimenti eseguiti attraverso l'uso di piante rampicanti il ruolo di protagonista assoluto ai fini della buona riuscita dell'inverdimento, ma di fatto si trasforma nella finitura di una serie di sistemi di facciata stratificati.

La complessità dei processi di coltivazione fuori suolo richiede infatti grande cura nella selezione da parte dell'uomo delle tecnologie più appropriate alla costruzione di substrati di coltura artificiali e la progettazione di tali componenti esercita quindi un grande peso nel determinare le caratteristiche dei prodotti per l'inverdimento parietale ad oggi presenti sul mercato, ivi comprese quelle più utili al controllo microclimatico degli spazi costruiti, come del resto avremo modo di vedere più dettagliatamente nel corso dei prossimi capitoli.

L'introduzione di tecniche di coltura su substrato nella produzione di pareti naturalizzate, non ha comunque inciso minimamente sulla centralità formale e simbolica della componente vegetale nell'orientare la diffusione e lo sviluppo di tali tecnologie, la prospettiva di poter arricchire gli spazi costruiti ed abitati dall'uomo attraverso l'eccezionale varietà di forme, colori, ed odori propria degli organismi vegetali, continua inevitabilmente ad essere l'obiettivo principale per chi decide di investire nel rivestimento vegetale di un involucro edilizio, ed in quest'ottica gli scenari aperti dalla coltivazione in quota introducendo la possibilità di scegliere tra un'enorme varietà di specie di piante da impiegare nel rivestimento, non fanno che aumentarne l'importanza.



Immagine 21

Varietà di erbacee tappezzanti che caratterizzano le pareti di Blanc (fonte Olivieri M.)

Come nel caso delle pareti verdi coltivate in terra, le specie impiegate nel rivestimento dell'involucro edilizio devono offrire all'utenza garanzie di durata e resistenza alle azioni atmosferiche, sufficienti a ridurre al minimo la necessità di interventi di manutenzione, dovendo per di più rispondere ad una serie di requisiti decisamente nuovi, rispetto a quelli che storicamente hanno determinato la diffusione delle specie rampicanti nell'ambito del rivestimento parietale e dettati proprio dalla particolarità della condizioni in cui tali piante sono chiamate a sopravvivere e svilupparsi.

Volendo tentare una sintesi tra le caratteristiche che influiscono sulla scelta delle specie che ad oggi si trovano maggiormente impiegate all'interno delle pareti verdi continue, si può parlare di:

- Caratteristiche finalizzate alla resa estetica della parete
- Caratteristiche finalizzate a ridurre la necessità di cure e manutenzione della parete
- Caratteristiche finalizzate all'integrazione con le componenti artificiali della parete

Per quanto riguarda la resa estetica della parete, le piante impiegate dovrebbero possedere le caratteristiche di seguito elencate.

- Capacità di costituire superfici continue e compatte. Requisito funzionale a nascondere verso l'esterno della parete tutto l'insieme degli elementi artificiali finalizzati al sostegno ed al nutrimento (impianti di fertirrigazione e substrato di coltura) spesso assai antiestetici ed ingombranti.
- Foglie perenni o sempreverdi. Se il manto vegetale deve costituire una finitura per l'involucro edilizio, è importante che mantenga quanto più inalterata nel corso del tempo la sua consistenza, in questo senso il fenomeno della perdita stagionale del manto fogliare costituisce una notevole criticità, senza contare che contrariamente a quanto visto per l'applicazione di specie rampicanti, la perdita delle foglie durante i mesi più freddi non comporterebbe in questo caso alcun effetto positivo sul piano dei guadagni termici per gli edifici rivestiti, dal momento che la presenza del substrato di coltura in quota continuerebbe a funzionare da filtro alle radiazioni solari.
- Varietà di forme e colori. La ricchezza cromatica delle pareti idroponiche create da Blanc è un fattore fondamentale al loro enorme successo mediatico e per questo la grande maggioranza dei produttori oggi attivi sul mercato dei sistemi per la costruzione di pareti verdi, hanno puntato sulla selezione di specie adatte a garantire una buona varietà di forme e colori. L'impatto estetico della parete può inoltre essere arricchito aggiungendo all'articolazione volumetrica già di per se propria degli organismi

vegetale anche la variabile della quarta dimensione (il tempo), attraverso lo sfruttamento dei processi stagionali di inflorescenza.

A causa della difficoltà di accesso alle diverse parti delle superfici verdi applicate agli involucri degli edifici, in ragione del loro sviluppo lungo il piano verticale di facciata, è molto importante che (specialmente nel caso di superfici di notevole estensione) le piante scelte per l'inverdimento possiedano caratteristiche tali da limitare al massimo il carico di interventi manutentivi richiesti all'utenza per il loro mantenimento.

In particolare le caratteristiche emerse dall'analisi delle offerte ad oggi presenti sul mercato si possono articolare secondo i seguenti punti.

- Buona resistenza allo stress idrico. È importante che le piante impiegate lungo le pareti, se coltivate direttamente su substrati in quota possano resistere per periodi più o meno brevi in assenza di apporti idrici. Se infatti il substrato di coltura si trova direttamente applicato assieme alla pianta a ridosso delle chiusure verticali degli edifici si rende necessario il ricorso a sistemi di irrigazione automatizzati, e dunque solo fino ad un certo punto controllabili direttamente dagli utenti, diventa dunque necessario che la componente vegetale di facciata sia in grado di resistere a momentanee disfunzioni o guasti del sistema di irrigazione senza venirne eccessivamente danneggiata.
- Crescita contenuta degli apparati aerei. Foglie e getti delle specie impiegate su pareti verdi continue dovrebbero richiedere all'utenza una frequenza quanto più bassa possibile degli interventi di potatura, per via della difficoltà di eseguirli e dell'onerosità di dover ricorrere all'acquisto o all'affitto di appositi macchinari¹³.
- Elevata resistenza al freddo. La crescita sul piano verticale delle specie in questione rende di fatto assai difficile il ricorso a dispositivi atti a garantirne la protezione dagli agenti atmosferici durante i mesi più freddi dell'anno ed è pertanto necessario garantire che tali piante siano in grado di adattarsi senza difficoltà al clima invernale del sito in cui ci si trovi ad operare.

¹² ovvero alla prolungata scarsità di risorse idriche a disposizione dell'apparato radicale

¹³ Per facciate sviluppate in altezza si dovrebbe infatti ricorrere alla predisposizione di appositi sistemi di cavi e carrucole per il sostegno e la movimentazione sul piano di facciata del personale addetto alla manutenzione, se non ricorrere all'affitto mezzi dotati di bracci meccanici per assolvere allo stesso scopo come avviene comunemente per la manutenzione di facciate continue in vetro



Immagine 22

Foglie e fioritura di Sedum Acre, uno dei più diffusi in Italia, particolarmente apprezzato per il suo valore decorativo

L'integrazione tra componenti vegetali e componenti artificiali rappresenta il nodo più delicato da risolvere nella progettazione dei sistemi di inverdimento parietale, fondati sul principio di coltivazione in quota.

La scelta oculata di materiali e soluzioni tecnologiche relative alla costruzione dei substrati gioca senza dubbio un ruolo di primaria importanza in questo senso, ma altrettanto fondamentale risulta la selezione di specie vegetali in grado di garantire le caratteristiche qui riportate.

- Peso ridotto. È molto importante nella selezione delle specie da coltivare sul piano di facciata che data la scarsa profondità dei substrati le piante presentino, a fronte di un discreto sviluppo della chioma sul piano di appoggio, una scarsa profondità del manto (generalmente contenuto tra 10 e 40 cm) ed una bassa incidenza degli apparati legnosi, allo scopo di non destabilizzare alla fine dello sviluppo, la stabilità statica del sistema a causa dell'eccessivo peso proprio.
- Crescita contenuta dell'apparato radicale. A causa dell'esigua quantità di spazio che caratterizza i substrati di coltura in quota è bene che le radici delle piante selezionate presentino uno sviluppo il più possibile contenuto in profondità. Tale caratteristica oltre che

funzionale al buon adattamento della pianta alle stressanti condizioni proprie dalla coltura fuori suolo, serve a prevenire l'eventualità di interferenze tra apparato radicale ed involucro edilizio.

- Capacità di costituire in quota una superficie coesa e solidale alle strutture di sostegno. Se come abbiamo visto risulta sconsigliabile l'impiego in verticale di piante dall'apparato radicale troppo sviluppato, è invece assolutamente necessario che le radici delle specie selezionate, tendano a svilupparsi parallelamente al piano di coltura, attraverso l'impiego di organi come gli stoloni *(nota) comuni a tutte quelle specie dal portamento cespuglioso o strisciante comunemente impiegate per il rivestimento di estese superfici orizzontali (come prati o tappezzanti). L'importanza di questa caratteristica ai fini della stabilità dei sistemi verdi di facciata si deve al fatto che dall'inviluppo degli stoloni appartenenti a diverse piante che la compongono, nasce un piano vegetale unico e coeso, capace di resistere senza problemi, per quanto posto in verticale, alle sollecitazioni dovute all'azione degli agenti atmosferici ed al peso proprio. In alcuni prodotti attualmente disponibili sul mercato, la tenuta statica di manto e substrato di coltura (composto in questo caso da materiali non troppo coerenti come torba e fibra di cocco) risulta di fatto interamente delegata al fitto intreccio di apparati ipogei dei rivestimenti vegetali.



Immagine 23

In questa immagine si può vedere l'estensione degli stoloni che determinano lo sviluppo e la diffusione dei tappeti erbosi, in questo caso in particolare si riporta un esemplare di *Cynodon dactylon*

La necessità di fornire attraverso i propri prodotti manti vegetali, che possedessero almeno una parte delle suddette caratteristiche, ha orientato negli ultimi anni le scelte di un gran numero di produttori e vivaisti su alcune particolari categorie di piante.

Attraverso un'analisi delle specie proposte o suggerite dalle diverse aziende del settore è stato possibile individuare quattro categorie di specie vegetali.

Le piante all'interno di ciascuna delle suddette categorie presentano caratteristiche sufficientemente omogenee da poter essere trattate congiuntamente. Tale semplificazione è resa in questa sede indispensabile dato il numero potenzialmente elevatissimi di piante impiegabili nella costruzione di pareti vegetali continue (si pensi alle 177 diverse specie impiegate da Patrick Blanc in poche decine di metri quadrati di parete idroponica, realizzata per il Caffè Trussardi di Milano).

Le categorie individuate attraverso la presente ricerca, le cui principali caratteristiche e potenzialità verranno brevemente illustrate nel corso delle prossime pagine, si possono elencare come di seguito.

- Piante epifite
- Piante xerofite
- Piante tappezzanti
- Tappeti erbosi

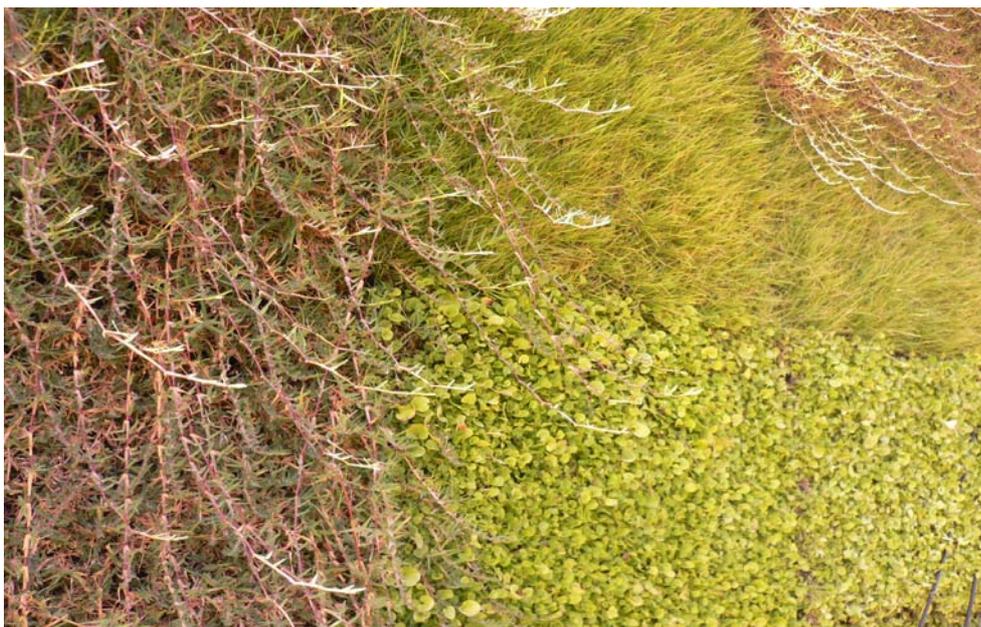


Immagine 24

Parete verde composta da diverse specie di tappeti erbosi ed erbacee tappezzanti (fonte Olivieri M.)

3.5.2.2 Le piante epifite

Note anche come piante aeree, sono diffuse soprattutto all'interno di foreste tropicali o subtrpicali e presentano la caratteristica (estremamente interessante ai fini della costruzione di un muro vegetale) di vivere e crescere completamente svincolate dal suolo.

Il termine epifita riferito alle specie vegetali in questione, deriva dal greco *epi* sopra e *phyton* pianta, è infatti comune per tali specie, di cui fanno parte anche felci, licheni e muschi svilupparsi a ridosso di altre piante, sfruttandone la struttura legnosa come supporto alla propria crescita, ma senza di fatto trarre da queste alcun tipo di nutrimento (non sono piante parassite).

Le piante epifite presentano un funzionamento organico assolutamente peculiare, utilizzando le radici aeree di cui sono munite principalmente per ancorarsi alla pianta o alle superfici che le sostengono senza però impiegarle (salvo rari casi come i muschi) per nutrirsi.

La captazione dei nutrienti necessari alla sopravvivenza delle piante, avviene invece direttamente attraverso lo sfruttamento dell'umidità ambientale (pioggia, rugiada, nebbia), per mezzo di appositi apparati assorbenti, i tricomi¹⁴, presenti sulla superficie delle foglie, ed è convinzione diffusa che lo sviluppo di tale modalità di nutrimento sia dovuta alla necessità di captare una quantità di luce necessaria alla sopravvivenza delle piante, all'interno di contesti estremamente ombreggiati come nel caso della fitta vegetazione delle foreste pluviali tropicali.

L'impiego di specie epifite, o semi epifite, è divenuto piuttosto frequente soprattutto nel campo della sperimentazione d'avanguardia architettonica, come nel caso delle ricche composizioni di specie tropicali che caratterizzano le pareti progettate da Blanc, o di altri interessanti esperimenti condotti ad esempio attraverso l'impiego di felci, come nella casa R&Sie(n) recentemente realizzata in Francia da una equipe di giovani architetti (Roche, Lavaux e Navarro).

¹⁴ Tricomi o peli. Comprendono tutte le strutture costituite da una o più cellule che si proiettano al di fuori del piano dell'epidermide; possono avere funzione protettiva (peli di rivestimento) oppure produrre sostanze di vario tipo

Nonostante l'interesse suscitato da tali sperimentazioni però, la maggior parte dei produttori ha scelto di optare per l'impiego di specie diverse, dotate di apparati radicali parzialmente ipogei (dotate di stoloni). Secondo i dati ed i pareri raccolti nel corso del presente lavoro si può affermare che l'origine del moderato utilizzo di specie epifite tra i prodotti disponibili per l'inverdimento parietale risiede almeno in due fattori:

- Il fatto che molti produttori di superfici verdi verticali vengano da esperienze legate alla produzione di giardini pensili ed abbiano generalmente tentato di trasferire sul piano di facciata specie vegetali e tecnologie derivate dalla produzione di coperture verdi estensive, come nel caso dell'impiego di sedum e manti erbosi.
- Le difficoltà riscontrate nel corso di alcune esperienze progettuali nell'adattamento al nostro clima temperato di alcune specie epifite di origine tropicale. Queste piante infatti necessitano di condizioni ambientali non sempre facili da riprodurre sul nostro territorio, necessitando di un'elevata temperatura dell'aria (sempre al di sopra dei 10°C) e di un alto tasso di umidità ambientale, oltre ad una buona quantità di luce, risultando sofferenti rispetto al clima estivo caldo e secco di molte delle nostre città.



Immagine 25

Parete verde realizzata da Patrick Blanc a Milano per la vetrina del Caffè Trussardi (fonte Olivieri M.)

Va inoltre ricordato in questa sede che le specie epifite, traendo il nutrimento ad esse necessario direttamente dall'aria, risultano estremamente sensibili alle condizioni di inquinamento atmosferico del contesto all'interno in cui vengono inserite, tanto da venire spesso impiegate come bioindicatori dei cambiamenti apportati dai fattori inquinanti ai loro ecosistemi di appartenenza.

Dal punto di vista dei vantaggi che l'impiego di tali specie può comportare sul piano del controllo di edifici e spazi aperti, va rivelato che:

- I sistemi che prevedono l'impiego di specie epifite, pur necessitando della creazione di un piano di substrato continuo a ridosso della facciata (generalmente costituito da tasche ricavate all'interno di fogli di feltro), l'esiguo spessore del suddetto substrato, ne limita l'efficacia nel moderare l'entità de flussi di calore in entrata ed in uscita dalla parete, con ripercussioni che ci si può attendere essere maggiormente evidenti durante il periodo invernale, per via della minore inerzia termica del substrato (che tra l'altro ha bisogno di essere mantenuto umido anche nei mesi più freddi).
- L'esigenza di un elevato tasso di umidità ambientale, che richiede per altro un importante dispendio idrico¹⁵ fa sì che l'impiego di specie epifite, specie se combinato alla creazione di filtri vegetale per l'ombreggiamento del suolo, presenti ottime potenzialità in termini di controllo della temperatura e dell'umidità dell'aria in regime estivo, anche se come già accennato occorre avere cura in caso di esposizione in pieno sole in zone dal clima caldo e secco, che ad aumenti di temperatura corrispondano anche incrementi dell'umidità ambientale, se necessario sottoponendo le piante a periodiche spruzzature di acqua nebulizzata, o mantenendo costantemente bagnato il substrato di coltura.

¹⁵ per molte specie epifite è necessario annaffiare almeno una volta al giorno durante il periodo vegetativo (anche due se fa molto caldo), utilizzando se possibile acqua non calcarea, meglio se piovana; in inverno è sufficiente tenere appena umido il substrato

3.5.2.3 Le piante xerofite

Queste piante presentano caratteristiche estremamente utili a garantirne la sopravvivenza anche in condizioni estremamente critiche tanto in termini di qualità ambientale che di ricchezza del substrato di coltura.

Le xerofite infatti si prestano a vivere in ambienti caratterizzati da lunghi periodi di siccità, caratteristici per l'appunto degli ambienti xerici (dal greco xeros, secco) caratteristici degli ambienti mediterranei, nei quali si hanno piogge principalmente concentrate durante i mesi freddi invernali ed estati calde e secche.

Queste piante che in natura crescono spontaneamente a ridosso di superfici rocciose ed aride, hanno spesso trovato impiego, in virtù della loro tenacia, nella creazione di coperture verdi estensive, in cui fattori come la necessità di utilizzare substrati ridotti e leggeri, e la difficoltà di garantire una manutenzione costante alle piante, hanno premiato la resistenza delle specie xerofite, tanto da incoraggiare in diversi paesi la ricerca di specie autoctone, ed avulse alla tradizionale produzione vivaistica, per arricchire la gamma vegetale delle soluzioni per la creazione di tetti giardino a ridottissimo fabbisogno manutentivo.

I sedum

Tra le se specie più comunemente utilizzate sulle coperture estensive e che hanno trovato applicazione in un certo numero di sistemi per la costruzione di pareti verdi continue, troviamo i sedum.

Sono piante originarie dell'emisfero boreale, ma naturalizzate anche nel nostro paese e per via delle diverse centinaia di specie esistenti in natura, sono tra le piante grasse più diffuse in Europa.

I sedum oltre a garantire l'elevata resistenza in condizioni di coltura estreme ed una ridotta necessità di interventi manutentivi da parte dell'uomo caratteristiche delle xerofite, potendo anche resistere a seconda delle specie alle basse temperature (sono generammente tollerate temperature di qualche grado al disotto dello zero) presentano inoltre alcune peculiarità che ne hanno favorito l'impiego parietale:

- Caratteristiche legate al portamento. Le Sedum non presentano tra le loro varietà un portamento unico e definito, potendo passare a secondo della specie da un portamento perfettamente eretto ad uno strisciante o cespuglioso, questa caratteristica, ha incoraggiato nel tempo una grande varietà di impieghi ornamentali da parte dell'uomo. Venendo al caso del rivestimento di superfici vegetali, le specie maggiormente impiegate in questo campo come il *sedum acre*, il *sedum album*, o il *Sedum sarmentosum*, presentano portamento cespuglioso e strisciante e questo comporta l'impiego nel loro sviluppo di apparati radicali aerei come gli stoloni, che abbiamo visto essere una discriminante fondamentale nella selezione di specie adatte alla coltivazione in verticale, consentendo loro di formare superfici continue e solidali alle strutture di sostegno che le collegano al piano di facciata.
- Caratteristiche legate a chioma e fioritura. Anche le caratteristiche estetiche concorrono a definire il successo del sedum per la decorazione di spazi costruiti, infatti la chioma di queste piante se pure non particolarmente folta e voluminosa, tende comunque a costituire superfici vegetali continue e caratterizzate da una grande varietà cromatica, sia in funzione delle varie tonalità che a seconda delle specie tendono ad assumere le foglie, sia a causa del fenomeno di fioritura che generalmente avviene per queste piante durante la stagione primaverile ed estiva, con fiori che cambiano per forma e dimensione, in funzione della specie.



Immagine 26

Superficie tappezzata da sedum sarmentosum.

Ppur non costituendo superfici particolarmente dense a causa della modesta entità dell'apparato fogliare, i sedum impiegati per tappezzare giardini e pareti vegetali, si contraddistinguono in genere per la continuità del manto

Per quanto riguarda le caratteristiche che possono influenzare il microclima interno o esterno degli edifici rivestiti, va ricordato che i sedum sono innanzi tutto delle xerofite e come tali hanno sviluppato nel corso della loro evoluzione strategie e meccanismi di sopravvivenza che ne determinano lo sviluppo fisico degli apparati aerei e radicali e che inevitabilmente finiscono per incidere anche sulle loro potenzialità come agenti di controllo ambientale.

- In primo luogo occorre considerare che nelle specie xerofite l'apparato fogliare è quello che nel tempo ha sviluppato gli adattamenti più significativi per la crescita in ambienti secchi. Questo in genere (ed è anche il caso della maggior parte dei sedum) si traduce in una serie di caratteristiche della chioma e delle foglie finalizzate a moderare le dispersioni idriche dell'organismo vegetale:
 - Una ridotta superficie traspirante. Che si traduce nei fatti nella produzione di masse fogliari di scarsa densità e di conseguenza inadeguate alla formazione di un strato vegetale particolarmente efficace ai fini della captazione delle radiazioni solari incidenti sulla parete.
 - Una riduzione del numero degli stomi. Ovvero degli organi distribuiti lungo tutta la superficie delle foglie che governano il processo di evapotraspirazione, consentendo lo scambio gassoso fra interno ed esterno del vegetale, in particolare la fuoriuscita di vapore acqueo e l'entrata di ossigeno e di anidride carbonica.
 - La presenza di elementi istologici e cioè propri dei tessuti vegetali, che aumentano la resistenza ai flussi di vapore rallentano le perdite d'acqua tra pianta e atmosfera. A tale scopo le piante hanno sviluppato determinate caratteristiche fisiche come la presenza di *tomento*, ossia una fitta copertura di peli che si sviluppa in genere nella pagina inferiore delle foglie e sui germogli e più rada sulle pagine superiori che ha la funzione di conservare in prossimità della

superficie delle foglie uno strato d'aria saturo di umidità allo scopo di ridurre il deficit di pressione di vapore saturo in atmosfera e di conseguenza l'intensità della traspirazione da parte della massa vegetale. Un'altra strategia di riduzione delle dispersioni idriche da parte delle specie xerofite riguarda la formazione di un consistente strato di cuticola, ovvero dello strato superficiale ceroso ed idrofobico che serve a rendere impermeabile ad acqua e gas le pareti esterne delle cellule epidermiche esposte all'esterno. Per quanto presente in tutti gli organismi vegetali nelle specie xerofite (ed in particolare nelle succulente come i sedum) questo strato si ispessisce notevolmente, ostacolando l'evaporazione di acqua attraverso l'epidermide.

Tutte le caratteristiche sin qui elencate incidono inevitabilmente sulle potenzialità di controllo microclimatico di queste specie, in particolar modo fanno sì che l'utilizzo del sedum a ridosso degli involucri edilizi e negli spazi costruiti non incida significativamente, come avviene invece attraverso l'impiego di alcune piante rampicanti, sul controllo di temperatura ed umidità dell'aria.

- I sedum necessitano per il loro sviluppo di substrati di coltura, come perlite, argilla espansa o fibra di cocco, in grado di fornire un buon drenaggio d'acqua, ed evitare il formarsi di ristagni idrici estremamente dannosi per i loro apparati radicali. Nel caso si decida per l'impiego di queste specie occorre inoltre tarare gli interventi d'irrigazione per quantità e frequenza sulle loro effettive esigenze. In particolare, le irrigazioni vanno sospese, quasi completamente, durante l'inverno, mentre vanno eseguiti con "regolarità" durante l'estate e diluite durante la primavera e l'autunno. Volendo fornire un'indicazione di massima, possiamo dire di innaffiare settimanalmente durante l'estate ed ogni quindici giorni durante la primavera e l'autunno. Il basso tenore idrico se da un lato come abbiamo visto facilita notevolmente la cura e la gestione delle pareti realizzate attraverso l'impiego di sedum, concorre però nel

ridurne l'impatto ai fini della mitigazione di temperatura ed umidità dell'aria.



Immagine 27

Dettaglio delle foglie di un esemplare di *sedum reflexum*.

3.5.2.4 Le piante tappezzanti

Con il termine tappezzante si identifica una categoria decisamente ampia di specie e famiglie vegetali diverse, in realtà con tappezzanti si tende ad indicare tutte quelle piante che pur non essendo tappeti erbosi si caratterizzano per una modalità di crescita “in larghezza”, si mantengono cioè molto basse e sono adatte a essere utilizzate per rivestire il suolo.

In questa sede si intende affrontare in particolare, rispetto all'enorme quantità di specie vegetali classificabili come tappezzanti, l'impiego di erbacee perenni. Queste piante rustiche ed estremamente adattabili, sono generalmente utilizzate come piante decorative per giardini e costituiscono un'opzione di inverdimento parietale piuttosto comune tra quelle attualmente proposte dal mercato.

L'interesse suscitato da queste specie, è legato ad una serie di fattori che ne facilitano, come abbiamo già visto nel caso dei sedum, l'adattamento

alle condizioni di crescita in verticale, e che verranno di seguito brevemente illustrate:

- Caratteristiche legate al portamento. Essendo piante striscianti possiedono radici che si distribuiscono parallelamente al piano del terreno (sono munite di stoloni) creando una fitta rete che contribuisce alla solidità del substrato (non a caso vengono comunemente impiegate per controllare l'erosione dei terreni) ed alla coesione dell'intero sistema di rivestimento alle strutture di sostegno.
- Caratteristiche legate a chioma e fioritura. Le tappezzanti a fronte di uno sviluppo ragionevolmente contenuto in altezza della chiome (compreso in genera tra i 15 ed i 100cm) tendono a costituire superfici vegetali piuttosto compatte se pure non particolarmente fitte. Tali piante richiedono inoltre una bassa frequenza di interventi manutentivi, sia pure leggermente maggiore di quanto visto per le xerofite, che possono generalmente consistere secondo le indicazioni raccolte presso alcuni vivaisti produttori¹⁶, nell'essere irrigate settimanalmente durante la stagione più calda, oltre che di essere concimate e tagliate ogni uno o due anni, inoltre, trattandosi di piante perenni(almeno per quel che riguarda le specie indicate da alcuni produttori per l'impiego su pareti verticali) sono in grado di garantire una volta piantate un certo numero di cicli vegetativi. Sotto il profilo estetico poi l'impiego di queste specie garantisce, specialmente se abbinata tra loro, di ottenere superfici vibranti nelle forma e nei colori, essendo molte di esse interessate da abbondanti fenomeni di fioritura.

¹⁶ In particolare si è fatto riferimento per informazioni relative ad esigenze e caratteristiche di alcune specie tappezzanti ritenute adatte all'impiego parietale, ai vivaisti di uno dei maggiori vivai di specie tappezzanti d'Italia: il vivaio Priola di Treviso.



Immagine 28

Esemplari di Arabis Caucasicus, coltivati al di sopra di un substrato estremamente drenante ed in assenza di impianti di irrigazione.

Come visto per i sedum, queste piante sono dotate di una elevatissima resistenza allo stress idrico (fonte Olivieri M.)

Sul piano delle potenzialità di controllo microclimatico che si possono in forma generale attribuire all'impiego di piante erbacee tappezzanti perenni va evidenziato che:

- l'inviluppo generato dalla crescita degli apparati radicali, costituisce anche sul piano delle azioni di controllo climatico un punto di forza per le piante tappezzanti, poiché rappresenta una valida protezione del substrato di coltura dall'azione della pioggia, dallo scorrimento dell'acqua in superficie e dalla forza del vento, riducendo in tal senso anche le possibili criticità ascrivibili alla perdita invernale del manto, caratteristica di molte di queste piante.
- L'effetto della perdita invernale delle foglie, che nel caso dell'applicazione di specie rampicanti rappresentava un fattore positivo (almeno nel caso in cui il fronte rivestito si trovi direttamente esposto alle radiazioni solari), per i manti vegetali coltivati fuori suolo tramite l'impiego di substrati direttamente ancorati alla parete, perde invece di qualsiasi utilità, divenendo al contrario una grave tara estetica per la parete, ed è dunque in ogni caso consigliabile ricorrere il più possibile alla selezione di specie sempreverdi (come Arabis caucasica o Hypericum calycium).

- Anche nel caso delle erbacee perenni, come già visto nel caso di sedum, l'effetto prodotto dal manto vegetale in termini di umidità e temperatura dell'aria risulta piuttosto contenuto. Se infatti da una parte la massa vegetale sviluppata da queste piante risulta decisamente più voluminosa rispetto a quella di una parete di xerofite, l'elevata resistenza a stress idrici che caratterizza anche molte di queste specie fa sì che si caratterizzino per la presenza di foglie dalla superficie molto cerosa e di dimensioni ridotte.



Immagine 29

Foglie di *Stachys lanata*.

La grande resistenza a condizioni climatiche estreme di queste piante ha fatto sì che sviluppassero una serie di caratteristiche per la limitazione delle dispersioni idriche in fase di evapotraspirazione; come foglie di dimensioni mediamente contenute, ed in certi casi dotate di peluria che aiuta la pianta a conservare acqua

3.5.2.5 I tappeti erbosi

Una delle categorie più interessanti per l'applicazione su substrato verticale è quella dei tappeti erbosi, con questo nome si indica "una copertura erbacea comprendente lo strato più superficiale di suolo interessato dalla presenza di radici e/o rizomi, usualmente tagliato basso e caratterizzato da uniformità e bassa crescita" (Beard, 1991).

I tappeti erbosi presentano dal punto di vista della produzione su vasta scala, alcuni notevoli vantaggi competitivi rispetto alle altre categorie di

piante sin qui trattate, infatti la necessità di produrre in serra, grandi estensioni di superfici verdi finalizzate alla costruzione di gigantesche strutture sportive come i campi da golf, spesso in tempi molto ridotti, ha fatto sì che nel corso degli anni si formassero anche in Italia una serie di strutture vivaistiche specializzate nella produzione di questi manti vegetali. Nel corso degli ultimi anni poi alcuni produttori hanno deciso di investire nello sviluppo di tecnologie per il rivestimento di facciata basate sulla coltivazione in quota dei tappeti erbosi, ed in effetti questi rivestimenti vegetali offrono alcune caratteristiche decisamente interessanti ai fini di questo tipo di applicazione.

- Pur essendo generalmente composti da piante erbacee perenni caratterizzate da una buona resistenza a condizioni critiche come stress idrico e basse temperature, è possibile classificare le diverse specie impiegabili per la realizzazione di tappeti erbosi secondo due grandi categorie basate sul loro potenziale di adattamento ai diversi agenti climatici:
 - Le specie macroterme. Specie particolarmente adatte ai climi caldi (la temperatura ideale per il loro sviluppo nel corso della stagione vegetativa sono comprese tra 25 e 30°C) queste piante rallentano il loro ritmo di crescita con temperature inferiori ai 20°C fino a fermarsi completamente al di sotto dei 10°C. con temperature prossime allo zero poi, tendono generalmente a perdere la loro colorazione verde entrando in dormienza. Queste piante sono estremamente diffuse in natura, come nel caso delle *Cyndon dactylon* (meglio note come gramigne) o le zoysie, conosciute per il loro sviluppo estremamente aggressivo e vigoroso, caratteristica che conferisce loro un'eccellente capacità di recupero da qualsiasi tipo di stress.
 - Le specie microterme. Queste piante, estremamente diffuse sul nostro territorio nazionale per la creazione di prati domestici, rappresentano un'ottima opzione per l'inverdimento di superfici non troppo soleggiate, presentando la predisposizione a crescere con maggiore

facilità durante i periodi più freschi della stagione vegetativa, con temperature comprese tra 15 e 25°C. sono caratterizzate da una maggiore tolleranza al freddo rispetto alle macroterme e a conservare la colorazione durante i mesi invernali, sia pure a dispetto di una minore resistenza alle alte temperature.

Attraverso l'impiego mirato di queste categorie nel progetto dei rivestimenti di facciate è possibile ottenere manti continui ed in buone condizioni di conservazione durante tutti i mesi dell'anno (contrariamente a quanto visto a proposito della maggior parte delle specie rampicanti e tappezzanti).

- Un altro aspetto decisamente interessante ai fini dell'applicazione parietale dei tappeti erbosi riguarda le caratteristiche del loro manto fogliare, infatti pur garantendo una grande compattezza e continuità visiva non arriva mai a raggiungere volumi e carichi capaci di mettere in crisi il sistema di facciata, per via della completa assenza di parti legnose (come nel caso dei sedum, ma con una densità fogliare decisamente superiore a quella caratteristica delle xerofite).
- Gli apparati radicali dei tappeti erbosi presentano le stesse caratteristiche di sviluppo incontrate per le specie tappezzanti, tendono cioè a crescere parallelamente al piano di coltura, attraverso l'impiego di stoloni, capaci di costituire trame densissime che collegano in soluzione di continuità la superficie del tappeto erboso e lo fissano saldamente al substrato ed alle strutture di sostegno collegate (o meno) alla facciata da rivestire.



Immagine 30

I tappeti erbosi pur consentendo una applicazione parietale basata sull'impiego di moduli di dimensioni contenute, garantiscono una continuità del manto eccellente rispetto alla maggior parte dei rivestimenti vegetali, sia pure a discapito della ricchezza cromatica, offerta da altre soluzioni (fonte Vector Architects)

Esistono comunque anche una serie di criticità, che l'esperienza maturata dalle aziende produttrici, ha permesso nel tempo di riscontrare rispetto all'applicazione di manti erbosi in verticale.

- Dal punto di vista estetico, per quanto l'applicazione di diverse specie di tappeto erboso costituisca di per se una possibilità di variazione in termini di grana e colore del manto vegetale, non rappresenta però un grado significativo di libertà compositiva se paragonato alla grande quantità di combinazioni cromatiche e formali offerte dall'impiego di piante tappezzanti o epifite.
- I tempi di crescita per quanto non particolarmente significativi se paragonati a quelli delle specie rampicanti, costituiscono comunque un problema data l'oggettiva difficoltà di gestire operazioni di taglio in quota di una superficie vegetale densa come quella di un tappeto erboso. Secondo i dati forniti da alcune aziende produttrici e dai botanici che per esse curano la selezione e le essenze, mantenere l'altezza dell'apparato fogliare ad un livello che non ne danneggi le caratteristiche estetiche (consistenza e colore delle foglie) richiede infatti un numero di interventi di potatura che può variare a seconda delle specie e dell'orientamento tra uno e sei all'anno*(nota).

- I tappeti erbosi richiedono infine rispetto a sedum e tappezzarti, una maggiore quantità di acqua, per conservare intatte le qualità dei loro densi manti fogliari, sempre dalle informazioni raccolte da botanici e produttori è possibile stimare approssimativamente il consumo idrico di un m² di tappeto erboso in una quantità di acqua che in estate a seconda dell'orientamento può variare tra 7 e 10 litri, per scendere a 5 durante le mezze stagioni ed azzerarsi durante la dormienza invernale.

Per quanto riguarda le potenzialità in termini di controllo microclimatico di superfici rivestite attraverso l'impiego di tappeti erbosi, si può affermare che in relazione alle categorie vegetali sin qui esaminate, questa tipologia di rivestimento sembra poter offrire le migliori prospettive di efficienza.

- La fitta trama degli apparati radicali, come nel caso delle tappezzanti costituisce di fatto un filtro all'azione degli agenti atmosferici sulla parete per il substrato di coltura sottostante. Ma oltre a questo, la densa superficie fogliare che riveste completamente ed in soluzione di continuità il substrato, collabora attivamente con questo, nel definire le prestazioni di controllo microclimatico sulla parete rivestite e sugli spazi al suo intorno, incrementando in maniera significativa nel moderare i flussi di calore in entrata e in uscita delle superfici rivestite¹⁷.
- Gli elevati consumi idrici evidenziati per i tappeti erbosi, pur rappresentando un onere dal punto di vista della manutenzione delle superfici vegetali in questione, rende però anche l'idea dell'estrema efficacia di questi manti vegetali nel regolare temperatura ed umidità ambientale al loro intorno in virtù della grande quantità di vapore acqueo emesso attraverso il fenomeno dell'evapotraspirazione dalle loro numerosissime foglie.

¹⁷ Gli aspetti energetici legati all'uso di tali rivestimenti vegetali, sono stati oggetto di apposite misurazioni strumentali, i cui esiti, saranno riportati e descritti nel corso del VI° capitolo

¹⁸ Il segno meno nell'unità di misura dell'evapotraspirazione deriva dal fatto che questa equivale, ai consumi idrici di una coltura, ed è la voce negativa principale del bilancio idrico. Si esprime in quantità di acqua per unità di superficie per unità di tempo e generalmente in mm giorno⁻¹, mm anno⁻¹. Sapendo che: 1 mm = 1 L m⁻² = 10 m³ ha⁻¹

Allo scopo di fornire ulteriori dati relativamente al potenziale dei manti erbosi in termini di umidità prodotta attraverso l'evapotraspirazione si riportano di seguito i dati prodotti su questo tema da uno studio statunitense¹⁸.

	Mm g⁻¹	Microterme	Macroterme
Molto basso	<6		Buchloe dactyloides
Basso	6-7		Cynodon ibridi Cynodon dactylon Zoysia spp.
Medio	7-8,5	Festuca rubra	Paspalum vaginatum Stenotaphrum secundatum
Alto	8,5-10	Lolium perenne	Pennisetum clandestinum
Molto alto	>10	Festuca arundinacea Agrostis stolonifera Poa pratensis	

Immagine 31

Tabella riassuntiva della evapotraspirazione giornaliera per i diversi tipi di tappeti erbosi. Tale indicatore risulta particolarmente utile a definire il potenziale in termini di controllo microclimatico attribuibile li diversi tappeti erbosi, incidendo, come vedremo nel corso del prossimo capitolo su umidità e temperatura dell'aria in prossimità della superficie verde.

(Fonte da: Volterrani M., Nuovi indirizzi nella realizzazione di tappeti erbosi ad uso sportivo, ornamentale o di recupero ambientale in Italia, Comunicazione personale, 2009 da Beard, 1989)

3.5.3 La scelta della componente strutturale

3.5.3.1 Definizione e classificazione

Per le facciate verdi continue la componente strutturale costituisce in genere dei sistemi più articolati e complessi di quelli visti nel caso dell'impiego di organismi vegetali coltivati in suolo.

Tale componente deve infatti svolgere una serie di funzioni che vanno oltre il semplice sostegno della componente vegetale, come contenere il substrato di coltura e gli apparati radicali delle piante posti in quota, ed in molti casi integrare al suo interno gli impianti necessari ad assicurare il nutrimento del manto vegetale.

La componente strutturale delle tecnologie per la costruzione di facciate verdi idroponiche o con substrato in quota, è a sua volta costituita da varie sottocomponenti con finalità diverse:

- Strutture di sostegno
- Strutture di contenimento per substrato di coltura ed apparato radicale
- Impianti per la fertirrigazione

Di seguito verranno analizzate le principali caratteristiche relative a materiali, modalità di impiego ed eventuale incidenza sul potenziale di controllo microclimatico del rivestimento vegetale per ognuna delle suddette sottocomponenti.

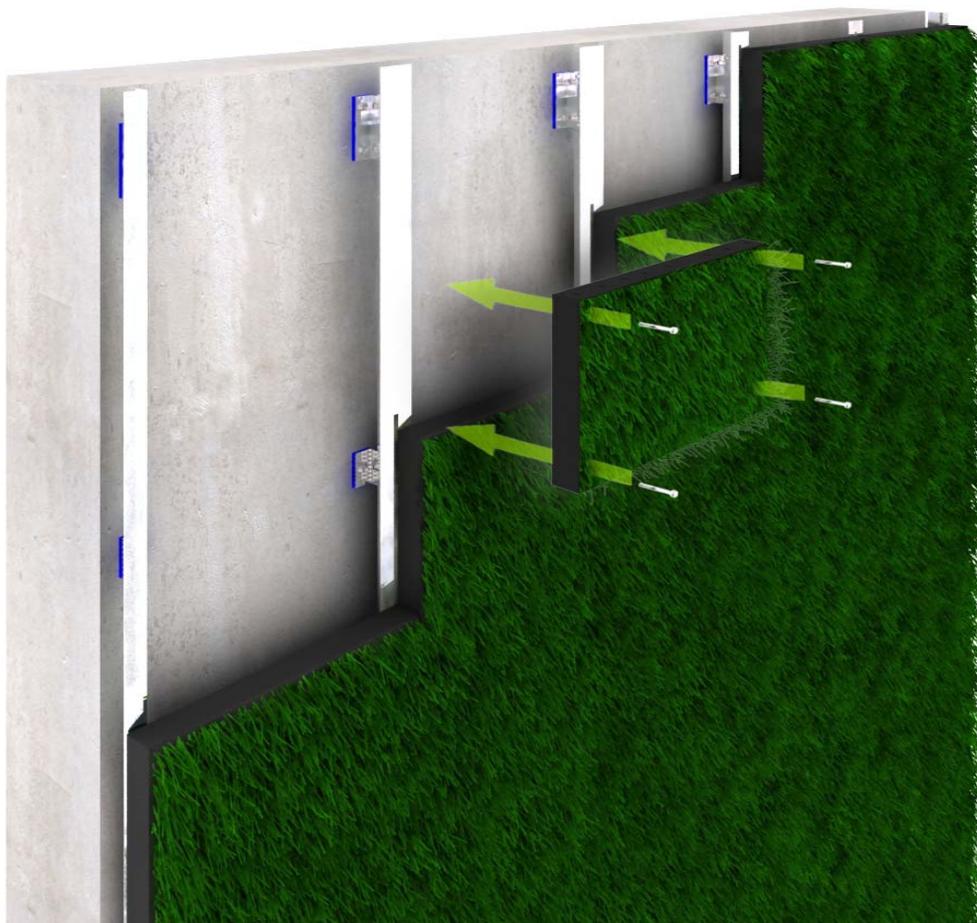


Immagine 32

Elementi di sostegno e contenimento per pareti verdi continue
(fonte Arch. Aldo Toto, tecnico dell'azienda Tecology srl)

3.5.3.2 Strutture di sostegno

La componente propriamente strutturale dei sistemi di facciate verde continui, deriva direttamente dalla consolidata esperienza maturata nel corso dei decenni nel campo delle facciate ventilate e di fatto ne riprende in pieno la tecnologia senza aggiungere innovazioni di particolare rilievo.

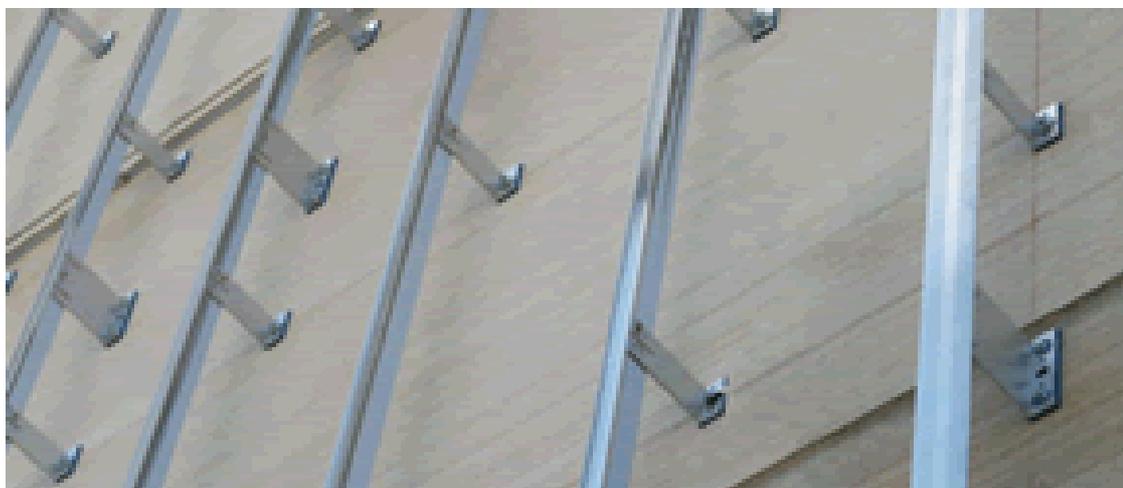
La maggior parte dei sistemi presenti sul mercato impiega infatti sistemi di montanti metallico, generalmente in alluminio per ragioni di leggerezza e resistenza all'ossidazione visto l'elevato tasso di umidità generato dalla vicinanza dei substrati e relativi sistemi di distribuzione idrica in quota.

L'ancoraggio dei montanti avviene di solito direttamente sulla parete da rivestire tramite semplici carpenterie metalliche e nelle stesse modalità già

indicate per l'ancoraggio di strutture rigide finalizzate al sostegno di specie rampicanti.

Immagine 33

Strutture di sostegno e particolare dei fissaggi, si noti come le tecnologie di sostegno dei sistemi di facciata verdi modulari e con substrato in quota, richiamano molto da vicino i telai di un qualsiasi sistema di facciata a doppia pelle (Fonte: Tecology)



¹⁹ Lo studio dell'azione antirumore attribuibile dovuta all'impiego di schermi vegetali esula dagli obiettivi del presente studio, tuttavia si ritiene in questa sede introdurre in breve alcune nozioni utili a comprendere almeno superficialmente l'entità di tale fenomeno.

L'effetto di protezione dal rumore attraverso l'impiego di filtri vegetali non costituisce in termini quantitativi un fenomeno di grande rilevanza, fornendo un effetto principalmente psicologico agli utenti di spazi molto rumorosi, rendendoli di fatto più sopportabili, mentre barriere acustiche artificiali o semplici murature possono garantire in questo senso una schermatura più efficace.

In generale una copertura verde spessa, alberi con foglie di dimensioni notevoli, chiome che scendono fino a terra e densi cespugli danno i maggiori livelli di riduzione del rumore. Valori da ritenere indicativi sono intorno a 6dB (Peron 2009)

non si sono ritrovati in letterature dati relativi al funzionamento in termini di isolamento acustico prodotto dall'impiego di pareti vegetali continue con substrato in quota, ma indicativo è in tal senso osservare come alcuni tra i produttori di questi sistemi, abbiano per essi previsto l'integrazione all'interno delle strutture di sostegno di appositi strati costituiti da materiali fonoassorbenti

Un aspetto interessante di queste strutture, riguarda le varianti studiate dalle diverse aziende produttrici per garantire anche alle pareti verdi continue, la flessibilità tipologica che abbiamo visto caratterizzare l'impiego di rampicanti coltivate in suolo.

Le pareti verdi continue non si prestano infatti per via della loro complessa stratigrafia a costituire elementi filtranti come la chiome di un albero o di un arbusto volubile, ma possono essere comunque svincolati dalla presenza di involucri edilizi da rivestire e venire impiegati per la costruzione di veri e propri setti autoportanti, generalmente commercializzati con la funzione di barriere acustiche¹⁹, o per il rivestimento di superfici che per ragioni strutturali o conservative, non consentisse l'applicazione diretta del rivestimento vegetale.

In questi casi dall'applicazione di semplici sistemi strutturali bidimensionali composti da semplici montanti, di fatto portati dall'involucro dell'edificio, si passa alla creazione di veri telai tridimensionali, generalmente in alluminio o acciaio zincato e composti da elementi modulari.

Tali moduli possono prevedere diversi livelli di integrazione con le strutture di contenimento per substrato di coltura ed apparato radicale, ma vengono generalmente proposti dai produttori come elementi preassemblati, pensati per arrivare in opera già completi di substrati e manto vegetale.

3.5.3.3 Strutture di contenimento per substrato di coltura ed apparato radicale

Questa componente è la più peculiare dei sistemi dei rivestimenti verdi continui e consente di fatto la permanenza in quota del substrato di coltura e della componente vegetale di facciata.

Per tale ragione i contenitori impiegati in questo senso devono risultare adeguati a svolgere una doppia funzione, venendo impiegati:

- come vasi per l'impianto e la crescita in serra del manto vegetale
- come elementi di contenimento una volta eseguito il montaggio della parete verde

gli standard dimensionali richiesti dalla produzione vivaistica, che sta alla base della produzione della componente vegetale delle facciate verdi continue, gioca dunque un ruolo fondamentale nel determinare forma e dimensioni di queste componenti, tanto che diversi produttori hanno scelto di adeguare la dimensione dei propri moduli di facciata a quelle delle cassette in polistirene espanso largamente impiegate per le coltivazioni in serra (generalmente di 40x60 cm).



Immagine 34

moduli 40x50cm del sistema di rivestimento vegetale Reviwall, prodotti dalla torinese Reviplant
(Fonte: Reviplant)

In alcuni casi, si è invece direttamente riproposto il principio della cassetta per vivai, adeguandone la geometria ed i materiali alle necessità di lunga durata sul piano verticale.

Nel caso della tecnologia messa a punto dall'azienda Tecology di Milano ad esempio, si è ricorso alla produzione di cassette in polipropilene riciclato, di 60x40cm per 6cm di profondità caratterizzato da alveoli di 3x3cm che, oltre ad ospitare substrato ed apparati radicali, definiscono anche la misura di base per la suddivisione del pannello in sottomoduli, nel caso le dimensioni della superficie da rivestire lo rendessero necessario .

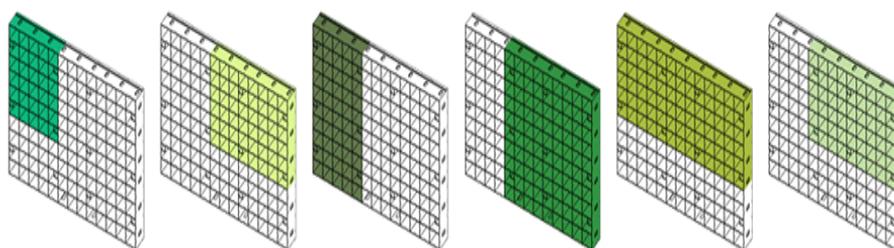


Immagine 35

Modularità del sistema di facciata Tecology

(Fonte: Tecology)

All'interno delle pareti dei singoli alveoli sono inoltre stati ricavate delle bucaure finalizzate a consentire il passaggio degli stoloni *(nota) dei tappeti erbosi che costituiscono il manto vegetale proposto per questo prodotto e per consentire la percolazione attraverso il pannello delle sostanze nutritive fornite da un sistema di fertirrigazione costituito da ali gocciolanti poste alla sommità dei pannelli.

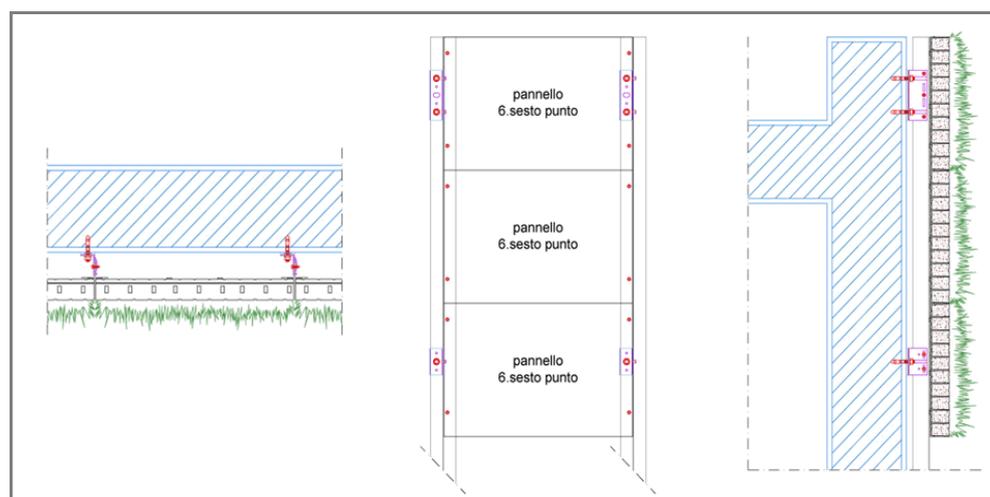


Immagine 36

Dettaglio della sottostruttura del sistema di facciata

(Fonte: Tecology)

A seconda dei prodotti e delle specie impiegate, variano anche i materiali impiegati per la realizzazione degli elementi di contenimento, in generale è però possibile ricondurre le varianti proposte sul mercato alle seguenti tipologie:

- *Cassette in polipropilene.* Che come abbiamo visto sfruttano per il contenimento del substrato la combinazione della loro superficie capillare (suddivisa in alveoli di dimensioni generalmente contenute tra i 3 ed i 5cm) con la fitta trama formata dagli apparati radicali delle piante ospitate al loro interno. Tale scelta sia pure rappresentando un ottimo esempio di integrazione funzionale tra le componenti artificiali e naturali dei sistemi di facciata, vincola però fortemente la scelta delle specie vegetali in funzione delle modalità di sviluppo dei loro apparati radicali. L'impiego di materiali plastici o comunque caratterizzati da una bassa conduttanza termica, è in questo caso reso necessario dal forte livello di interazione tra radici e struttura di contenimento, mentre un appunto va fatto a proposito del colore. L'impiego di elementi estrusi in plastica consente ai produttori di scegliere tra un'ampia gamma cromatica e malgrado questo in tutti i prodotti di questo tipo analizzati nel corso del presente studio si è optato per il nero. Tale scelta non costituirebbe, stando ai pareri espressi da botanici coinvolti nel corso del presente studio *(nota) l'opzione migliore, per via della tendenza delle superfici scure a scaldarsi accumulando calore. A questo proposito sarebbe piuttosto interessante provare a trasferire sulle tecnologie per facciate verdi continue l'esperienza maturata dai produttori di sistemi di sostegno per piante rampicanti basati sull'impiego di elementi plastici stampati, che ormai da tempo utilizzano plastiche chiare, bianche o verdi per realizzare i loro pannelli.
- *Griglie metalliche foderate.* Questi sistemi sono i più diffusi per il contenimento del substrato di coltura all'interno di sistemi di facciata, costituendo una soluzione tecnologicamente molto semplice ma al contempo estremamente versatile. In pratica si tratta di moduli strutturali che comprendono un telaio portante in tubolari

d'acciaio zincato, saldati a tamponamenti in rete elettrosaldata con maglie che a seconda dei prodotti presentano orditure variabili dai 3 ai 10cm. All'interno di questi contenitori metallici il substrato di coltura, generalmente costituito da materiale inorganico naturale come perlite o pomice e fibre di cocco, è tenuto assieme all'interno di apposite fodere in tessuto non tessuto o feltro di diversi spessori. Quest'ultimo componente al di là di evitare la dispersione di substrato, serve ad agevolare l'ancoraggio degli apparati radicali. Attraverso l'impiego di queste strutture di sostegno e contenimento nella costruzione di pareti verdi continue, è possibile ampliare notevolmente la scelta di specie vegetali utilizzabili, per via della possibilità di sfruttare come substrati tanto la superficie del feltro esterna quanto la cospicua massa di materiale drenante interno ai moduli che presentano generalmente spessori dell'ordine dei 20cm. Diventa così possibile utilizzare categorie di piante anche molto diverse fra loro, dalle erbacee tappezzanti, alle xerofite e le epifite (anche se con i dovuti trattamenti nutritivi). I punti di debolezza di tali tecnologie risiedono invece nello scarso livello di standardizzazione dovuto al fatto che le piante non vengono coltivate sin dall'inizio sui pannelli che possono così assumere le dimensioni e le proporzioni più diverse, e nel loro notevole peso che le caratterizza e che a seconda dei prodotti può variare tra i 20 ed i 25 kg al m² per la sola struttura metallica che possono diventare 50 o 60 kg al m² una volta posto il substrato di coltura (vertical-italia), carichi davvero notevoli se si pensa che le superfici composte attraverso l'impiego di cassette in polipropilene comprensive il substrato e manto vegetale non superano i 25kg a m².

- *Vasi metallici foderati.* Queste tecnologie costituiscono una versione più sofisticata delle griglie metalliche, prevedendo l'impiego di contenitori o vasi metallici forati in sostituzione della rete elettrosaldata, pur presentando praticamente le stesse caratteristiche descritte per la precedente tipologia di elementi di contenimento, in queste tecnologie è stata introdotta un'interessante miglioria relativa all'integrazione col sistema di

irrigazione, che invece di funzionare per percolazione attraverso l'inserimento all'intero del substrato di ali gocciolanti, prevede che il rifornimento idrico avvenga dal basso grazie alla geometria appositamente studiata dei contenitori e che di lì per capillarità le sostanze nutritive risalgano garantendo una distribuzione più omogenea all'interno di ogni singolo modulo (vertical-italia).

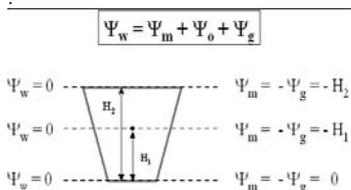
- *Tasche in feltro.* Quest'ultima tipologia di elementi di contenimento costituisce la variante in assoluto più semplice e leggera sul mercato, ma anche la più delicata e limitante per quel che riguarda la scelta delle specie vegetali. Nata dal celebre brevetto di Patrick Blanc, consiste in pratica nell'applicazione a ridosso di pannelli rigidi in PVC, di due distinti strati di feltro: il primo che riveste l'esterno del supporto in PVC ed il secondo lavorato in modo da costituire una tasca aperta in sommità all'interno della quale alloggiare l'apparato radicale delle piante. Tra i due fogli di feltro vengono fatte passare le canaline microforate del sistema di irrigazione, mentre l'insieme dei fogli in feltro e PVC risulta tenuto assieme tramite apposite cornici in alluminio, utili anche ad ancorare questi moduli alle sottostrutture piste a ridosso delle facciate da rivestire. È però evidente che a dispetto della notevole semplicità di tali tecnologie, queste presentino l'inconveniente di vincolare la scelta delle specie a piante dal ridottissimo sviluppo dell'apparato radicale, o piante epifite che pur consentendo il raggiungimento di eccellenti risultati sul piano compositivo, risultano di difficile gestione all'interno dei climi caldi e secchi che caratterizzano le estati di molte città europee.

La caratteristiche, legate alla scelta delle strutture di contenimento di substrato ed apparati radicali nelle pareti verdi continue, che possono in qualche misura incidere sulle potenzialità delle pareti verdi in termini di controllo microclimatico degli spazi costruiti al loro intorno, sono riconducibili ad alcune loro caratteristiche dimensionali e geometriche.

²⁰ Come per il terreno, anche nelle colture su substrato si può parlare di "capacità di campo" o, meglio "capacità di contenitore" (CC). CC rappresenta il contenuto di acqua massimo per un substrato posto in un particolare contenitore, cioè la quantità d'acqua che il sistema trattiene dopo un'irrigazione fino a saturazione e successivo drenaggio (sgocciolamento). La CC non dovrebbe essere inferiore al 50% del volume del contenitore.

In un contenitore, dopo irrigazione fino a saturazione e successivo drenaggio, quando l'acqua cessa di drenare significa che si è raggiunto un equilibrio di ψ_w , con $\psi_w = 0$, perché sul fondo permane uno strato d'acqua libera (a tensione nulla, assumendo come detto $\psi_w = 0$).

Quindi, se $\psi_w = 0$, $\psi_m = -\psi_g$, s, sul fondo del vaso $\psi_m = -\psi_g = 0$, ma ad un'altezza 'H', $\psi_m = -\psi_g = -H$, come mostrato dall'immagine in basso. Il contenuto idrico all'altezza H, cioè al potenziale matriciale (o tensione) pari a $-H$, è determinato dalla curva di ritenzione idrica caratteristica del substrato contenuto dall'alveolo



Ciò significa che ad ogni strato di substrato situato ad altezza crescente dal fondo corrisponde un contenuto di umidità via via decrescente (quindi, un contenuto d'aria crescente) e pari al valore da leggersi sulla curva di ritenzione per l'altezza (tensione) prescelta.

In generale, per qualsiasi substrato, minore è l'altezza del contenitore, maggiore è il rapporto acqua/aria e dunque, è l'altezza del contenitore che influenza la ripartizione fra aria/acqua dopo l'irrigazione (F. Malorgio 2005). Prendendo in considerazione che nel caso di una parete verticale, l'alveolo è disposto orizzontalmente, capovolto quindi, di 90° (fonte Da:Dimauro B., Incrocci L., Malorgio F., Paradossi A., op. cit.)

- La profondità dei contenitori incide direttamente sulla quantità di substrato presente a ridosso della parete. Essendo come abbiamo visto caratterizzati da bassi valori di conducibilità termica, l'aumento del loro spessore a ridosso dell'involucro edilizio incide da elemento calmieratore dell'intensità dei flussi termici tra edifici ed ambiente. La dimensione contenuta delle cellule di substrato che contengono gli apparati radicali delle piante incide positivamente sul bilancio delle risorse idriche impiegate in proporzione alla quantità di vapore acqueo emesso dalle piante attraverso il processo di evapotraspirazione, attraverso cui le foglie acquisiscono anidride carbonica ed ossigeno e rilasciano acqua in atmosfera. Esiste infatti una relazione che se pur blandamente, vincola l'efficacia del substrato nel trattenere l'acqua adottagli attraverso gli impianti di irrigazione e la profondità del contenitore in cui questo è contenuto. Accade così che ridotte porzioni di substrato siano in grado di trattenere una percentuale maggiore dell'acqua erogatagli di quanto non farebbero quantità maggiori dello stesso materiale, ottenendo così un equivalente livello di idratazione del manto vegetale con l'impiego di minori risorse idriche.²⁰
- La geometria degli elementi di contenimento, gioca infine un ruolo fondamentale nel definire la continuità del sistema verde lungo la superficie della facciata, caratteristica fondamentale a garantirne l'efficienza in termini di controllo dei flussi termici e della captazione delle radiazioni solari incidenti sugli edifici.

3.5.3.4 Impianti per la fertirrigazione

L'impiego di tecnologie di coltura fuori suolo per la creazione di superfici verdi in verticale, comporta la necessità di utilizzare impianti di fertilizzazione automatizzati.

Per fertirrigazione si intende la distribuzione attraverso l'impiego di un'unica miscela liquida di acqua e di tutti gli apporti nutritivi di cui gli organismi vegetali necessitano per il loro sviluppo e che contrariamente al comune terreno agricolo, pochi centimetri di substrati organici o inorganici, non sono in grado di fornirgli.

Nella maggior parte dei prodotti presenti sul mercato il sistema di fertirrigazione è composto da una rete di ali gocciolanti a portata costante, e rispondenti ad una serie di requisiti utili a garantirne nel tempo la necessità del minor numero possibile di interventi di manutenzione ed una distribuzione uniforme e costante delle sostanze nutritive.²¹

A queste reti sono integrati uno o più sistemi di fertilizzazione automatizzati, composti da banchi con dosatori che permettono di arricchire l'acqua con elementi nutritivi, fungicidi e antiparassitari. La presenza di questo sistema riduce notevolmente gli interventi di manutenzione ed interventi da parte dell'utente e rende di fatto autonomo il sistema di facciata, il cui cuore è costituito da un programmatore elettronico che regola la frequenza e la quantità dell'apporto idrico prestabilito e che può essere regolato direttamente da appositi display o in remoto tramite un computer o un telefono cellulare.

²¹ E' buona norma che gli elementi utilizzati per gli impianti di fertirrigazione di superfici verdi verticali, per via delle condizioni estreme in cui si trovano ad operare e soprattutto a causa della limitata o difficile ispezionabilità siano di tipo autopulente, autocompensante e antidrenante_fonte Gian Domenico Dorigo - Toro irrigazione

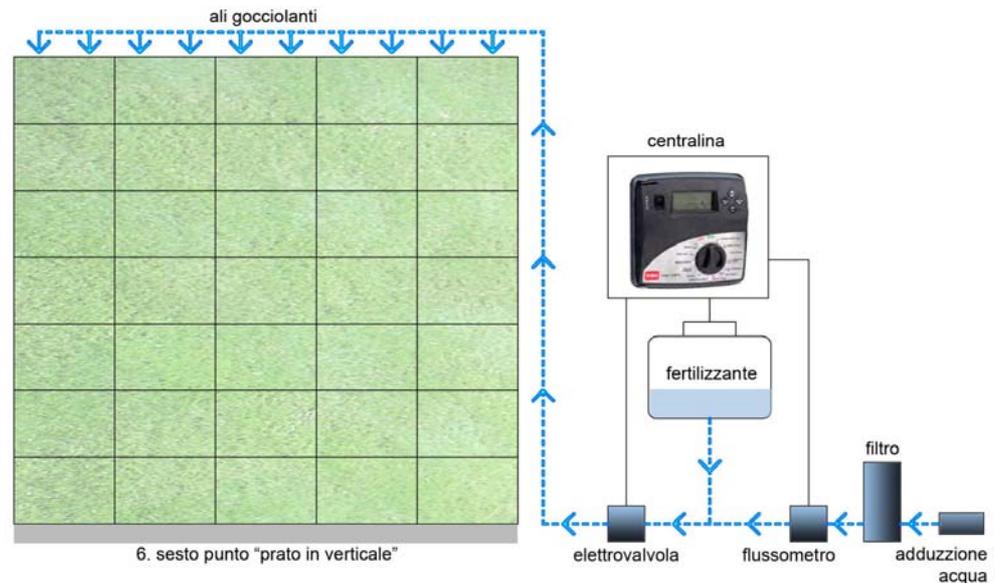


Immagine 37

Impianto di irrigazione per pareti
naturalizzate
(Fonte: Toro irrigazioni)

Impianto di irrigazione (Fonte Toro irrigazioni)

Gli impianti di miscelazione generalmente impiegati nella fertirrigazione delle superfici verticali sono pompe volumetriche meccaniche o elettroniche, capaci cioè di regolare l'immissione di sostanze nutritive sulla base di un contaltri elettronico posto sulla condotta principale (F. Malorgio 2005), attraverso cioè l'impiego di tecnologie sostanzialmente semplici.

L'impiego di dispositivi sofisticati come pompe a dosaggio elettrico proporzionale e sensori di umidità deve essere valutata in virtù dell'estensione e della complessità (legata all'impiego di specie differenti e dalle esigenze nutritive disomogenee) dell'inverdimento parietale a cui il sistema di erogazione va ad essere applicato, comportando un aumento considerevole dei costi, per cui a fronte di una spesa che può normalmente oscillare a seconda della dotazione elettronica tra 500 e 1500 Euro si possono arrivare a spendere diverse migliaia di euro per l'acquisto di tecnologie a dosaggio proporzionale (F. Malorgio 2005). Inoltre questi sofisticati sistemi di fertirrigazione, sono stati sviluppati per un mercato di tecnici vivaisti e risultano decisamente meno semplici sotto il profilo della programmazione dei comuni impianti a dosaggio volumetrico.

4. FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO DELL'AMBIENTE COSTRUITO DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1 INTRODUZIONE E CLASSIFICAZIONE DELLE FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO

L'utilizzo di arbusti rampicanti in facciata per il controllo microclimatico urbano e degli edifici è una pratica radicata nella tradizione delle nostre città e se negli ultimi trenta anni qualcosa si è mosso per cercare di comprenderne e misurarne l'efficacia¹, costituisce ad oggi un fronte di ricerca decisamente attivo per le grandi potenzialità che ad applicazioni di questo tipo si potrebbero attribuire in particolar modo nei centri urbani, dove la grande disponibilità di superficie verticale e l'elevato indice di impermeabilizzazione del suolo, fanno del verde verticale una risorsa preziosa per il contrasto di fenomeni congeniti alle aree fortemente edificate come quello delle UHI (Urban Heat Island), poiché contrariamente a qualsiasi altra tecnologia impiegata dall'uomo per la costruzione di involucri edilizi, un manto vegetale non si limita ad assorbire e rilasciare radiazioni solari, ma interagisce attivamente con il suo contesto ambientale metabolizzando e trasformando energia.

Ogni organismo vegetale sia pure in misura proporzionale alle sue caratteristiche fisiche (portamento, estensione e forma della chioma, densità e caratteristiche dimensionali del fogliame), utilizza nel processo di fotosintesi il 2% dell'energia solare incidente sulle sue foglie che ne riflettono invece grazie alla loro superficie cerosa mediamente il 20%, ne trattiene il 48% attraverso il suo sistema linfatico, mentre solo il 30% delle radiazioni vengono trasformate in calore che non viene però direttamente disperso in atmosfera, ma impiegato dalla pianta stessa per alimentare il fenomeno di evapotraspirazione attraverso cui l'acqua raccolta dalle radici circola fino alle foglie che la restituiscono all'ambiente sotto forma di vapore

¹ Se già a partire dagli anni '70 si sono cominciati ad indagare i benefici energetici prodotti dall'applicazione di manti vegetali agli involucri edilizi, i primi dati ricavati da analisi strumentali sono quelli pubblicati nel 1988 dal ricercatore giapponese A. Hoyano relativamente a studi sul potere schermante di pianta rampicanti e barriere vegetali condotti a più riprese nel corso degli anni '80 presso la città di Fukuoka in Giappone, ed è soltanto negli ultimi anni, che si sono registrati anche in Italia, i primi tentativi di confutare ed aggiornare i suddetti risultati con misurazioni condotte all'interno del nostro territorio nazionale.

Si vedano: di Hoyano A., "Climatology uses of plants for solar control and the effects on the thermal environment of a building", in ENERGY AND BUILDINGS, n.11, 1988, pp. 181-199 ; di Ariaudo F., Fracastoro G.V., "Il verde parietale come elemento di controllo dei carichi termici", in Il Progetto Sostenibile, n.15, 2007, pp. 56-65

acquoso, aumentando l'umidità relativa dell'aria circostante senza generare un innalzamento della temperatura.

L'impiego di sistemi così efficienti nella stratigrafia dell'involucro edilizio lo trasforma da semplice barriera ad interfaccia capace di fare dialogare sistemi ambientali diversi e comporta una serie di vantaggi che diventano tanto più evidenti alla scala del singolo edificio, ma che si riflettono anche sulla qualità microclimatica dello spazio aperto al suo intorno.

È possibile analizzare questi benefici suddividendoli sostanzialmente in due grandi categorie che fanno riferimento al periodo dell'anno e di conseguenza al contesto climatico all'interno del quale essi vanno ad inserirsi, si può parlare allora di:

- Funzioni di controllo microclimatico degli edifici in regime estivo. Un manto vegetale costituisce un eccellente strato di protezione dall'irraggiamento solare diretto, in primo luogo per quanto riguarda le superfici trasparenti, potendo fungere da vero e proprio elemento schermante capace di intercettare in proporzione alla sua densità fino al 90% dell'energia solare diretta² e di autoregolatori, grazie all'interessante caratteristica delle foglie di disporsi nel modo più favorevole alla captazione delle radiazioni solari o fototropismo³. Su pareti e superfici opache è possibile moderare il surriscaldamento delle pareti stesse sfruttando assieme alla resistenza offerta dalle piante, anche l'inerzia termica dello strato d'aria che la separa parete e manto vegetale, riducendo in questo modo per l'ambiente interno carico termico e necessità di condizionamento. Una copertura verde garantisce infine agli involucri edilizi minore assorbimento ed emissività superficiale, limitando quindi non solo l'assorbimento di energia solare da parte delle pareti, ma anche l'emissione durante le ore notturne dell'energia da queste immagazzinata durante il giorno.
- Funzioni di controllo microclimatico microclima degli edifici in regime invernale. L'utilizzo di specie sempreverdi consente di garantire nei periodi più freddi un'efficace schermatura all'azione del vento, grazie all'elevata superficie di contatto offerta dalla complicata geometria di chiome e foglie. In questo modo al vento viene impedito di incrementare lo scambio termico convettivo sulla superficie

² Si veda: di Wilmers f., "Green for melioration of urban climate", in ENERGY AND BUILDINGS, n. 11, 1988, pp. 289-299

³ Con fototropismo si indica il fenomeno attraverso cui le foglie delle piante si muovono nel corso della giornata seguendo l'inclinazione delle radiazioni solari allo scopo di ottenere il maggiore irraggiamento possibile utile al processo di fotosintesi.

dell'edificio e si conserva intatta la resistenza termica offerta dallo strato liminare³ esterno delle pareti. I rivestimenti vegetali consentono anche un incremento diretto del potere isolante delle superfici alle quali si applicano in virtù della presenza di un cuscinetto d'aria tra parete e strato vegetale, per l'effetto di assorbimento e riflessione delle radiazioni infrarosse irradiate dall'edificio da parte delle foglie che ne riducono così le dispersioni termiche. A quanto detto va aggiunto l'effetto positivo offerto dalla stagionalità a buona parte delle specie rampicanti più comunemente utilizzate che perdendo ciclicamente la loro chioma si comportano di fatto come componenti tecnologici intelligenti capaci di costituire densi corpi captanti nei mesi più caldi dell'anno senza per questo bloccare l'apporto di calore gratuito offerto dall'irradiazione solare durante l'inverno.

Il reale impatto di tali funzioni di controllo microclimatico sugli edifici di ognuna delle suddette funzioni, non è ovviamente lo stesso, storicamente l'impiego di filtri vegetali a ridosso delle pareti degli edifici, venivano principalmente impiegate (almeno nella tradizione costruttiva del nostro territorio nazionale) per lo sfruttamento dei benefici da esse offerti durante il periodo estivo, e non è un caso se la maggior parte dei dati sperimentali ad oggi in nostro possesso riguarda funzioni di controllo ambientale appartenenti a tale categoria.

Le nuove tecnologie legate ai principi di coltivazione fuori suolo, hanno però introdotto all'interno delle tecnologie per la costruzione di pareti naturalizzate una serie di nuovi componenti e materiali che come abbiamo visto nel precedente capitolo possiedono caratteristiche tali da spingerci a prendere in più seria considerazione di quanto non sia stato fatto sino ad oggi, le prestazioni energetiche offerte da queste tecnologie durante tutto il corso dell'anno.

⁴ Per liminare si intende lo strato d'aria che si forma a ridosso della superficie esterna delle pareti e può concorrere in parte ad incrementare il valore di isolamento termico della parete stessa. Perché questo accada è però necessario che la velocità del vento sia tale da non vanificarne l'effetto e non superi i 4 m/s, condizione che l'impiego di specie rampicanti sempre verdi come l'edera per il rivestimento di involucri edilizi può garantire anche nei mesi invernali, periodo in cui l'azione isolante del suddetto strato d'aria risulta più utile.



Immagine 1

Parete naturalizzata ricoperta da una coltre di neve.

Impiegando le tecnologie di inverdimento parietale in un contesto climatico come il nostr, caratterizzato da lungu periodo di freddo diventa imprescindibile valutarne la tenuta ed eventualmente le prestazioni in regime invernale.

4.2 I SISTEMI AMBIENTALI INTERESSATI DALLE FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO

l'individuazione di criteri di classificazione utili a comprendere ed ordinare il complesso sistema di meccanismi attraverso cui una parete vegetale interagisce con il suo intorno, non si risolve nella semplice divisione su base stagionale dei fenomeni da questi generati.

L'impiego di schermi vegetali a ridosso degli involucri edilizi come detto, trasforma le chiusure verticali degli edifici, da barriere a interfacce tra diversi sistemi ambientali, sistemi che a questo punto è necessario tentare di individuare con maggiore precisione, almeno per quanto riguarda quelli che risultano direttamente interessati dagli effetti prodotti dalle pareti verdi attraverso le funzioni di controllo microclimatico ad esse riconducibili.

L'azione ambientale di un manto vegetale applicato all'interno di un conteso costruito, a prescindere che risulti direttamente applicato all'involucro di un edificio o sostenuto attraverso l'impiego di appositi telai strutturali, riguarda generalmente almeno due distinti sistemi ambientali:

- L'ambiente interno al rivestimento, che nella fattispecie delle pareti naturalizzate tende a coincidere con l'esterno del volume edilizio rivestito e rispetto al quale lo strato vegetale gioca sostanzialmente il ruolo di una componente di facciate, mettendo a sistema il proprio contributo in termini di controllo dei flussi termici ed energetici, con quello delle altre componenti e formando di fatto assieme ad esse una unico sistema di facciata ibrido, in cui natura ed opera umana si sostengono e si valorizzano vicendevolmente.
- L'ambiente esterno e limitrofo al rivestimento, ossia l'insieme degli spazi aperti attorno all'involucro rivestito che in qualche misura rientrano all'interno dell'area di influenza microclimatica del manto vegetale. A tal proposito va precisato che non esiste una definizione univoca e valida di tali spazi, che possono essere chiamati spazi filtro o pertinenze degli edifici, ma che di fatto comprendono potenzialmente al loro interno un gran numero di altre specie di spazi urbani e che possono variare nella loro estensione a seconda della quantità e qualità delle strutture naturalizzate o specie vegetali

che concorrono a definirne le caratteristiche ambientali. Le azioni di controllo microclimatico esercitate dalle superfici vegetali sugli spazi aperti, risultano tanto più efficaci, come avremo modo di vedere nel corso del presente capitolo a seconda che si mescolino tra di loro gli effetti prodotti da diversi tipi di rivestimento come nel caso in cui si riesca ad ottenere un decisivo abbassamento della temperatura dell'aria unendo all'effetti schermante di una pergola rivestita attraverso l'impiego di specie rampicanti, quello di filtro all'azione del vento prodotto utilizzando pareti modulari composte da pannelli inverditi tramite il ricorso a manti erbosi, piante tappezzanti e coltivate fuori suolo.

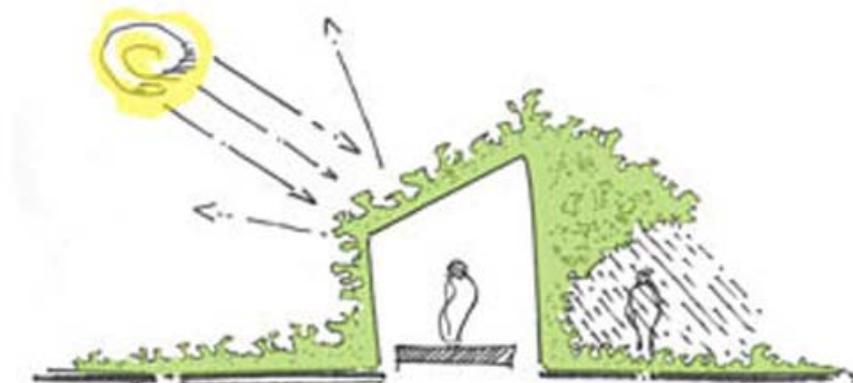
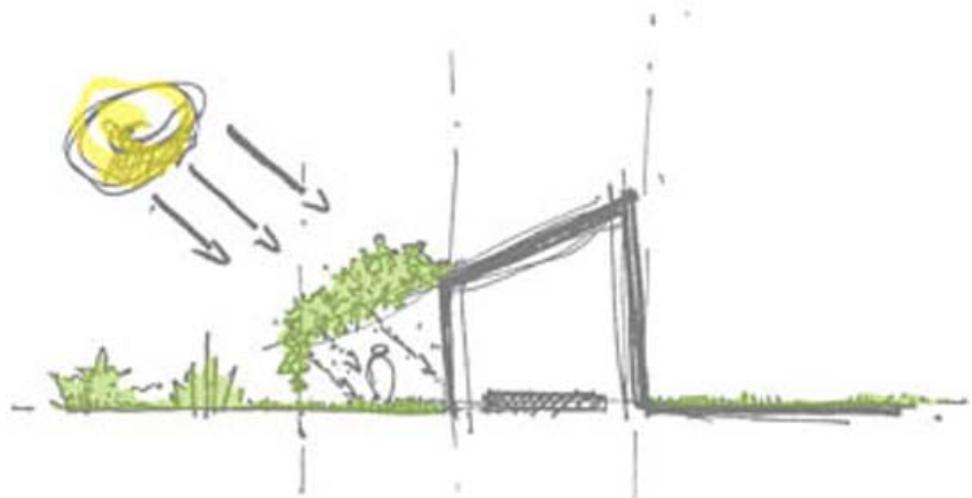


Immagine 2

Sistemi ambientali interessati dalle funzioni di controllo microclimatico dei rivestimenti vegetali:
 In basso, l'involucro edilizio e spazi in esso contenuti.
 In alto, gli spazi aperti e limitrofi all'involucro edilizio.

4.3 L'ANALISI DALLE FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO

In base a quanto sin qui enunciato, nel corso del presente capitolo si tratteranno le più significative funzioni di controllo microclimatico sull'ambiente costruito, riconducibili all'impiego di pareti naturalizzate, ed organizzate secondo un criterio che tiene conto tanto del contesto climatico, che del sistema ambientale all'interno dei quali esse agiscono.

Le funzioni di controllo ambientale, sono state identificate nel corso del presente studio attraverso l'analisi incrociata dei dati empirici presenti in letteratura e di valori sperimentali ricavati da misurazioni sul campo effettuate nel corso della ricerca, sono le seguenti:

Per quanto riguarda le funzioni di controllo microclimatico in regime estivo

- Schermatura dalle radiazioni solari e controllo della temperatura interna all'edificio
- Controllo della temperatura dell'aria
- Controllo dell'umidità dell'aria

Per quanto riguarda le funzioni di controllo microclimatico in regime invernale

- Isolamento termico dell'edificio
- Protezione dell'involucro edilizio dagli agenti atmosferici
- Variazione della velocità del vento

La trattazione di ognuna di queste funzioni è passata attraverso tre livelli di analisi:

Una descrizione di massima del fenomeno e degli effetti collegati alla funzione in esame

Una breve analisi dei valori sperimentali presenti in letteratura o raccolti nel corso della presente ricerca

Una analisi in base alle informazioni raccolte in merito all'incidenza delle diverse:

- Caratteristiche relative delle specie vegetali
- Variabili tecnologiche finalizzate alla costruzione di pareti verdi

Individuate nel corso dei precedenti capitoli.

Quest'ultimo livello di analisi comprende la redazione per ogni funzione trattata di due tabelle di sintesi delle informazioni raccolte.

La prima relativa alle caratteristiche del manto vegetale è strutturata su due colonne, una contenente l'elenco delle caratteristiche studiate, ed una contenente delle note sintetiche relative al peso ed ai valori che di caso in caso la caratteristica in questione dovrà assumere rispetto alle funzioni che il manto vegetale è chiamato a svolgere.

La seconda tabella, più articolata, tratta invece le variabili tecnologiche del verde applicato agli involucri, e si struttura su tre colonne: una contenente 'elenco delle opzioni tecnologiche rilevate nel corso dello studio, una contenente delle note sintetiche che trattano l'efficacia di ognuna di queste opzioni, relativamente alle diverse funzioni di controllo prese in esame, ed una contenente per ogni opzione un valore sintetico ancora in merito alla sua efficacia espressa secondo la seguente scala di valori: ELEVATA, BUONA, MODERATA e NULLA , ove per nulla si intende una totale mancanza di incidenza delle caratteristiche del rivestimento con le funzioni in esame, in questi casi la simbologia utilizzata è stata la seguente (□), allo scopo di rendere la lettura delle schede prodotte ancora più veloce.

4.4 FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO

L'impiego di specie rampicanti applicate all'involucro edilizio costituisce una pratica ampiamente diffusa nella tradizione di numerosi paesi delle regioni temperate e subtropicali, tanto per scopi decorativi quanto per favorire la regolazione microclimatica degli spazi abitati che siano essi interni o pertinenze esterne adiacenti agli edifici.

L'azione energetica esercitata dagli involucri vegetali sullo spazio, sui volumi e al loro intorno, costituisce come vedremo di seguito un terreno di analisi decisamente complesso ed articolato, ma che da sempre trova la sua massima espressione nei periodi di maggior calore.

È infatti nei mesi estivi che la maggior parte delle specie utilizzate nell'inverdimento parietale raggiunto il massimo vigore possono esercitare

un'azione di controllo estremamente efficace sul microclima dell'ambiente che le ospita sfruttando a pieno le loro potenzialità fisiche e biologiche (si pensi all'impatto che hanno sulla dissipazione del calore, attività peculiari degli organismi vegetali come la fotosintesi e l'evapotraspirazione).

Di seguito si analizzeranno le principali azioni di controllo microclimatico riconducibili all'impiego di superfici vegetali per il rivestimento degli involucri edilizi e degli aperti ad essi collegati, durante il periodo estivo.



Immagine 2

Schermatura prodotta da una pergola rivestita da un manto vegetale.

4.4.1 Schermatura dalla radiazione solare

Descrizione del fenomeno

Parlare di riduzione dell'influenza della radiazione solare sulle condizioni di confort termico degli spazi interni nella stagione estiva riconducibile all'applicazione di rivestimenti vegetali, significa parlare di una serie di fattori che simultaneamente concorrono a determinare l'efficacia di tali soluzioni.

Un rivestimento vegetale, assolve infatti senza dubbio ad una funzione propriamente schermante nei confronti della radiazione solare, grazie alle caratteristiche geometriche di chiome e foglie, ed alle eccezionali proprietà superficiali di queste ultime, che rivestite di uno strato ceroso chiamato cuticola (che ovviamente varia a seconda delle specie che di volta in volta si

andranno a prendere in considerazione) riescono a riflettere un quinto delle radiazioni solari incidenti su di esse.

Diversamente da qualsiasi altra schermatura però, un manto vegetale è anche in grado, in virtù delle sue caratteristiche organiche, di abbattere le onde corte dell'irraggiamento e di assorbire l'energia radiante, senza ricederla come un qualsiasi materiale minerale o lapideo, all'ambiente circostante durante le più fredde ore notturne sotto forma di calore termico.

Occorre inoltre ricordare gli effetti prodotti dal fototropismo delle foglie, che malgrado la mancanza di studi mirati a misurarne l'incidenza sulle prestazioni di controllo microclimatico, ascrivibili all'utilizzo di manti vegetali integrati agli spazi costruiti, costituisce un elemento di eccezionale interesse. La capacità delle foglie di disporsi nel modo più favorevole alla radiazione solare disponendo il piano della foglia, tende a essere sempre perpendicolare ad essa in modo da catturare quanta più energia possibile per attivare i processi fotosintetici, arriva ad essere anche estremamente evidente per alcune specie, concorrendo ad accrescerne l'efficacia, ai fini del controllo ambientale degli spazi abitati dall'uomo.

Lo schermo vegetale si trasforma così in una sorta di "tapparella veneziana"⁵ autoregolante capace di adeguare naturalmente il proprio assetto all'inclinazione dei raggi solari.

⁵ Da: Bellomo A., op.cit.

Valori sperimentali

L'efficacia in termini di moderazione delle escursioni termiche esercitata su involucro ed ambiente attraverso l'impiego di filtri vegetali, è stata fatta oggetto a partire dalla seconda metà degli anni '80 di una serie di analisi in vari paesi del mondo.

Alcuni studi tedeschi condotti nell'85 da ricercatori di Monaco e Colonia ⁶ parlano di valori decisamente importanti in termini di riduzione degli sbalzi termici misurati sulla superficie di alcune parti inverdite, per cui, a fronte di una media che in assenza di rivestimento oscilla tra un valore massimo di 60°C, misurato in estate ed un minimo di -10°C misurato in inverno, si potrebbe di fatto passare ad una media di circa +30°C in estate e di -5°C in inverno.

⁶ Da: Bellomo A., op.cit.

Sempre nell'ambito delle suddette ricerche si sono misurati dei valori medi di riduzione nella trasmissione di radiazioni solari ottenute attraverso l'impiego di alcune specie rampicanti. Si è in questo caso proceduto a misurare nel corso di 5 giornate caratterizzate da un intenso irraggiamento solare, la riduzione prodotta da 8 diverse specie rampicanti, che pur essendo state controllate dai ricercatori nel corso del loro sviluppo al fine di ottenere campioni confrontabili per caratteristiche dimensionali hanno prodotto valori estremamente eterogenei, che i ricercatori hanno poi utilizzato per risalire a fattori medi di riduzione della trasmissione solare.

Al di là della valenza dei valori in questione che andremo di seguito ad approfondire analizzando una serie di valori sperimentali ricavati da misurazioni più recenti è interessante rilevare le elevate prestazioni emerse in quella sede in termini di riduzione della radiazione solare diffusa.

Valori più precisi sono emersi dal lavoro svolto sul finire degli anni '80 da alcuni ricercatori giapponesi.

In particolare le misurazioni condotte da Hoyano e dal suo gruppo di lavoro presso il campus di Fukuoka city, sulla distribuzione giornaliera delle temperature attraverso una parete in calcestruzzo esposta ad ovest (esposizione scelta perché maggiormente interessata da scambi termici notturni tra parete ed atmosfera dovuti all'elevato surriscaldamento prodotto dai forti apporti solari accumulati lungo le ore serali) rivestita da vite americana.

Lo studio di Hoyano costituisce una pietra miliare nell'analisi energetica delle pareti naturalizzate e sarà analizzato dettagliatamente più avanti nel corso del presente studio, i dati salienti portati alla luce dai valori rilevati, sono comunque i seguenti:

- In termini di temperatura superficiale esterna della parete, si è riscontrato che mentre nell'ora di picco (in questo caso le 15.00) in assenza di rivestimento si raggiungeva un valore superiore di circa 10°C alla temperatura dell'aria esterna e tale dislivello continuava a restare pressoché invariato fino alle ore notturne, con l'applicazione del manto vegetale si riusciva a conservare una temperatura superficiale di poco inferiore a quella dell'aria.

La diminuzione in termini di riscaldamento superficiale risulta dunque essere nell'ora di picco di oltre 10°C.

- La temperatura dell'aria tra schermo vegetale e parete è comunque risultata essere più alta di quella dell'aria esterna, creando una condizione favorevole alla formazione di moti di risalita dell'aria interna all'intercapedine, generando un effetto camino utile a prevenire la formazione di condensa sulla superficie esterna della parete a causa dell'umidità generata dallo stesso rivestimento vegetale.
- Si è rilevato che la temperatura superficiale interna della parete non rivestita risulta essere maggiore di quella dell'aria nell'ambiente interno retrostante, mentre nel caso della parete ricoperta dal manto vegetale la situazione si inverte



Immagine 3

Foto della parete rivestita da rampicanti analizzata da Di e Wang. (fonte da: Di H., Wang D., Cooling effect of ivy on a wall, Experimental heat transfer, 12, 235-245, 1999)

Nel 1996 a Pechino due ricercatori Di e Wang, partendo da una serie di test analoghi a quelli sperimentati da Hoyano otto anni prima, hanno ricavato una serie di parametri estremamente utili a comprendere le dinamiche di scambio termico che si stabiliscono tra ambiente, organismo vegetale ed

involucro edilizio nel momento in cui una parete verde viene sottoposta alla radiazione solare.

I due ricercatori cinesi, hanno studiato in particolare l'effetto di una copertura verde rivolta ad ovest all'interno del campus della Tsinghua University Library presso Pechino, esposta alla radiazione dalle 11:30 alle 18:00.

La parete, era rivestita di edera direttamente ancorata alla superficie del muro, senza l'ausilio di alcuna struttura di sostegno, formando tra parete e manto fogliare un cuscinetto d'aria di circa dieci cm.

Dai dati raccolti tra le estati del 1996 e del 1997 da Di e Wang, risultache:

- La temperatura superficiale delle foglie se pure mediamente $8,2^{\circ}\text{C}$ più alta di quella della parete retrostante, risultava comunque più bassa di $4,5^{\circ}\text{C}$ rispetto a quella delle porzioni di muratura non rivestite.
- Nel corso della notte, la temperatura superficiale rilevata sul manto fogliare risultava essere più bassa (16°C rilevati il 9 giugno 1996) di quella della muratura priva di rivestimento (20°C).

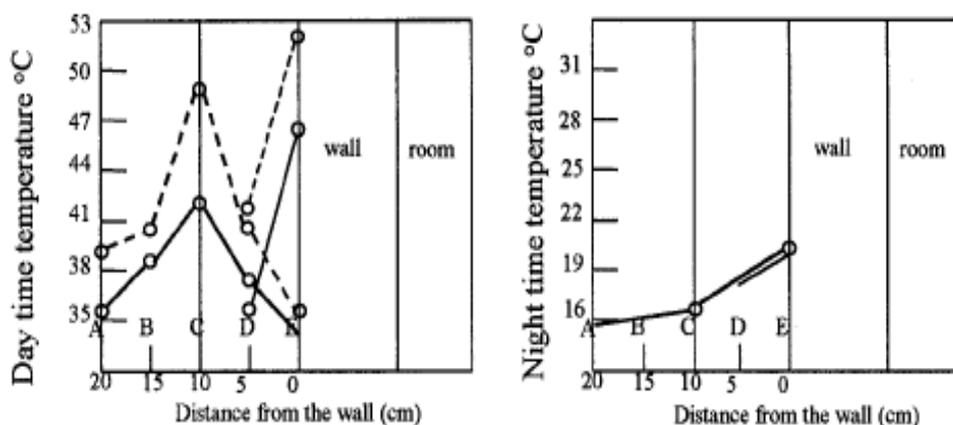


Immagine 4

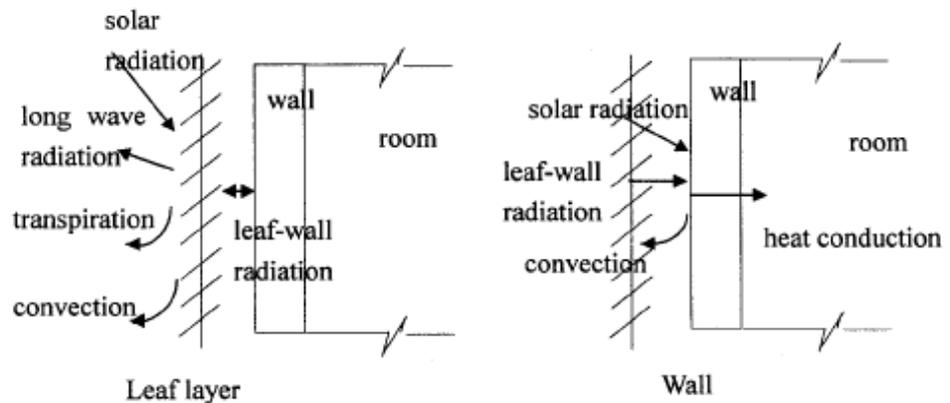
Temperature superficiali sulla parete rivestita da rampicanti analizzata da Di e Wang.
(fonte da: Di H., Wang D., Cooling effect of ivy on a wall, *Experimental heat transfer*, 12, 235-245, 1999)

Nel corso dello stesso studio si è proceduto ad una analisi dettagliata dei flussi di calore tra foglie e parete, evidenziando che dell'energia proveniente dalle radiazioni incidenti assorbita dal fogliame:

- Il 42% veniva impiegata per la traspirazione
- Il 40% veniva dispersa per convezione
- Il 18% veniva irradiata verso la muratura sottostante

Immagine 5

Flussi di calore attraverso la parete rivestita da rampicanti analizzata da Di e Wang. (fonte da: Di H., Wang D., Cooling effect of ivy on a wall, Experimental heat transfer, 12, 235-245, 1999)



Altri aspetti di grande interesse emersi da questo esperimento, riguardano la penetrazione del calore attraverso il pacchetto costituito da verde e muratura, si è infatti misurato che:

- Il carico di lavoro di picco dell'impianto di condizionamento veniva ridotto in seguito al rivestimento della parete del 28%.
- Il picco di calore superficiale penetrava all'interno con un ritardo di 8 ore rispetto ai valori rilevati esternamente.

Per quanto riguarda i dati relativi al comportamento energetico in regime estivo di pareti rivestite attraverso l'impiego di sistemi di facciata verde continui, con substrato in quota, non si sono riscontrati in letteratura studi dettagliati su tale argomento, tuttavia una campagna di misurazioni, svolte nel mese di settembre 2009 durante lo sviluppo del presente lavoro di ricerca, ha fatto emergere alcuni dati inediti per quanto riguarda l'abbattimento della temperatura superficiale dell'involucro edilizio in seguito all'applicazione del rivestimento vegetale.

In particolare, nel corso del suddetto esperimento, la cui trattazione approfondita sarà affrontata nel corso del VI° capitolo della presente ricerca, è emerso che:

- nelle giornate più soleggiate la temperatura della parete ricoperta dal pannello naturalizzato, risulta mediamente 10°C più bassa rispetto a quella rilevata su porzioni di parete non rivestita, con punte di 13-14°C.
- I valori notturni rilevati mostrano invece come la temperatura della superficie rivestita, tendano a mantenersi più costanti di alcuni gradi,

più elevati di quelli ricavati dalla muratura non rivestita, indicando una minore dispersione termica.

- La temperatura all'interno dell'intercapedine, risulta essere di poco più elevata rispetto a quella della parete rivestita e decisamente più bassa di quella esterna. Nelle giornate più soleggiate i valori possono raggiungere differenze dell'ordine di 15°C
- Data la buona inerzia termica della parete rivestita, costituita di blocchi forati in cls e le condizioni non ottimali in questo senso offerte dalla parete di studio (le misure sono state prese simultaneamente su porzioni della stessa parete rivestite e non e confinanti con un unico vano interno, mentre sarebbe stato preferibile che le parti inverdite e quelle libere confinassero con due spazi interni distinti) non si sono potute rilevare differenze degne di nota tra l'intradosso della muratura spoglia e quello del pacchetto composto da muratura e pannelli naturalizzati, mentre risulta di estremo interesse il fatto che la temperatura dell'aria interna risulti estremamente prossima a quelle rilevate nell'intercapedine tra pannello verde e muratura portante.
- L'analisi dettagliata delle temperature superficiali attraverso gli strati del pannello verde (mento vegetale, substrato di coltura e struttura di contenimento, mostrano che la temperatura superficiale del sottofondo al di sotto del rivestimento vegetale risulta già di circa 5-7°C più bassa rispetto a quella della parete non rivestita
- Durante la notte la temperatura superficiale del substrato di coltura al di sotto del manto vegetale risulta di alcuni gradi più basso della temperatura dell'aria interna all'intercapedine, per via dell'inerzia termica del substrato stesso e decisamente più bassa (fino a 5-6°C in meno) di quella rilevata sulla muratura non rivestita.

Analizzando gli esiti prodotti da questa campagna di misurazioni e confrontandole con le sperimentazioni su pareti inverdite attraverso l'applicazione di specie rampicanti sin qui analizzate, si possono trarre alcune conclusioni utili ad identificare similitudini e differenze in merito alle

caratteristiche di elementi schermanti riconducibili all'utilizzo di queste diverse tipologie di inverdimento parietale.

- I valori di abbattimento termico riscontrati al di sotto del manto vegetale nel caso di pareti coltivate in quota sono in linea con quelli già noti per le piante rampicanti, considerando le dovute proporzioni legate al fatto che la massa vegetale di un arbusto rampicante risulta generalmente maggiore di quella delle specie coltivate su substrati verticali (in molti casi sedum o manti erbosi).
- Nel caso delle pareti continue coltivate in quota, risulta cruciale il ruolo del substrato di coltura e della camera d'aria che si forma tra sottofondo e parete portante giocano però un ruolo decisivo nel controllo degli scambi termici tra atmosfera e parete, compensando la minore inerzia termica dovuta alla minore entità dei manti vegetali coltivati in quota, portando le prestazioni di queste tecnologie in termini di riduzione dell'influenza della radiazione solare, sulle condizioni di confort termico, degli spazi costruiti, ad eguagliare se non a superare i valori attribuibili ad un vigoroso rivestimento di rampicanti.

Caratteristiche utili

Al fine di individuare le caratteristiche utili all'efficienza delle diverse tecnologie di inverdimento dell'involucro edilizio in termini di schermatura dalla radiazione solare e fornire ad utenti e progettisti un'idea di massima delle prestazioni ottenibili attraverso il loro impiego, sono oggi disponibili gli esiti sperimentali di alcuni studi che di seguito vengono brevemente illustrati.

Nel 2000 un ricercatore cinese di Hong Kong⁷, ha pubblicato i risultati di alcuni studi sperimentali e simulazioni eseguiti attraverso modelli di calcolo teorici appositamente sviluppati, relativi agli effetti in termini di riduzione dell'influenza della radiazione solare di una pianta d'edera applicata ad una parete in muratura rivolta a sud e situata nella città di Hong Kong.

⁷ Da: Zaiyri L., Niu J., Study on thermal function of ivy-covered walls, 6th International IBPSA Conference, 1999

Lo studio ha messo in evidenza e dimostrato l'importanza di alcune caratteristiche della superficie vegetale applicata all'involucro in relazione alle sue prestazioni energetiche, ed in particolare:

- Il rapporto di copertura della parete, ovvero il rapporto tra superficie coperta e scoperta.
Si è infatti riscontrato che per rivestimenti inferiori al 30% dell'estensione della parete, i benefici riconducibili all'inverdimento parietale tendono ad annullarsi, riportando i valori relativi a surriscaldamento e scambi termici a quella riscontrabile per una muratura spoglia.
- L'aumento della densità del manto fogliare, per la quale si è riscontrato che il valore di 2,5 costituisce una soglia, al di sopra della quale ulteriori aumenti non producono miglioramenti significativi.
- La distanza tra schermatura verde e muratura, all'aumentare della quale, aumenta anche il flusso di calore che attraversa la parete, dal momento che l'aria calda esterna ha maggiore possibilità di entrarvi in contatto.

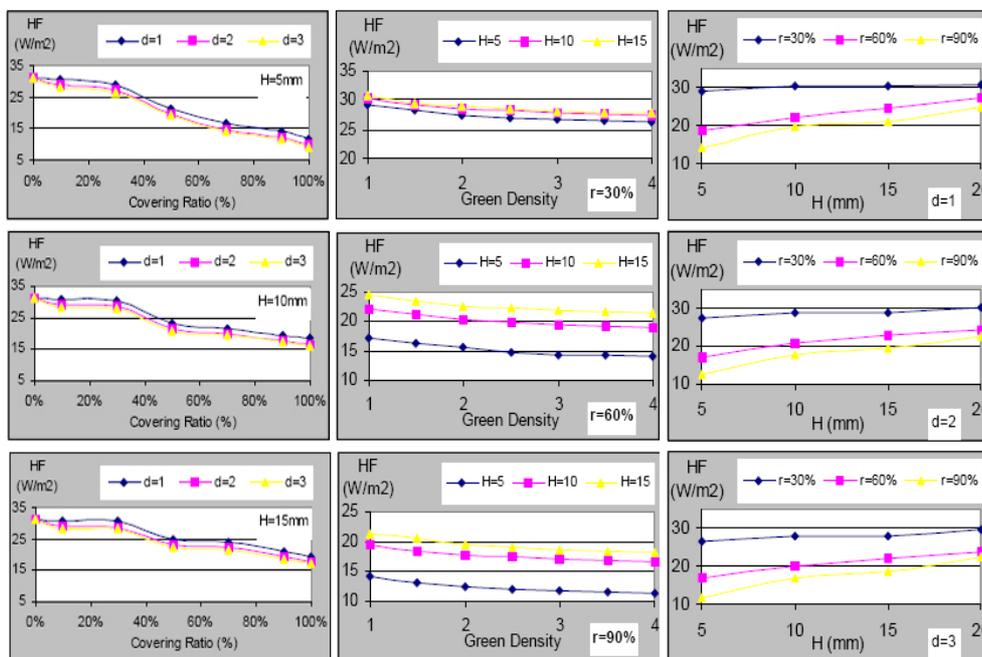


Immagine 6

Grafici relativi al comportamento energetico delle schermature testate da Zaiyri e Niu, in relazione ad alcune caratteristiche fisiche e geometriche delle schermature, da sinistra: Ampiezza delle chiome, Densità, Altezza (fonte da: Zaiyri L., Niu J., Study on thermal function of ivy-covered walls, 6th International IBPSA Conference, 1999)

Dal lavoro di Zaiyi, si possono dunque ricavare una serie di informazioni utili alla corretta progettazione di rivestimenti vegetali integrati a pareti in muratura per la moderazione degli effetti termici prodotti delle radiazioni solari.

- Garantire che attraverso un'adeguata selezione delle specie ed una buona progettazione del loro impianto e della loro crescita, si raggiungano in tempi quanto più brevi possibile un rapporto di copertura delle superfici da rivestire di almeno il 40-50%, con una buona densità di manto, quanto più prossima al 2,5.
- Sempre attraverso l'adeguata scelta delle specie da utilizzare, si deve avere cura di far crescere il rivestimento quanto più possibile in aderenza alla parete sottostante, allo scopo di ridurre al minimo gli scambi termici tra atmosfera e parete con una riduzione conseguente dei carichi termici che per quest'ultima si è stimato possa raggiungere percentuali decisamente importanti, dell'ordine del 30-40%.

Un'altra esperienza i cui esiti risultano estremamente utili all'individuazione di caratteristiche utili al funzionamento energetico delle facciate verdi e da prendere quindi in considerazione in sede di progetto, è quella condotta nel 2002 dall'inglese Lam presso l'Università di Brighton.

In particolare Lam, si è occupato di studiare la possibilità attraverso l'applicazione di schermi vegetali per limitare la radiazione solare incidente su di una parete ed i carichi termici da esse prodotti, di garantire un effettivo miglioramento delle condizioni ambientali interne all'edificio.

Per fare questo, contrariamente a tutti i ricercatori che lo avevano preceduto, ha scelto di fare crescere una rampicante (*Parthenocissus*) dotata di viticci e non adatta a svilupparsi verticalmente in maniera autonoma a ridosso delle pareti come molte delle specie analizzate sino ad allora, servendosi di un telaio metallico appositamente predisposto e montato all'esterno di una facciata vetrata.

Oltre che per la possibilità di svilupparsi senza invadere la superficie della sottostante facciata, e lasciando dunque al progettista la massima libertà nel prevedere su di essa aperture e specchiature vetrate, la *Parthenocissus*

è stata scelta perchè caducifoglie e dunque lasciare penetrare le radiazioni invernali in profondità all'interno dell'edificio, assorbendo invece in funzione del fitto manto fogliare estivo le radiazioni nei mesi più caldi dell'anno.

È stato misurato l'effetto prodotto in termini di temperature ed umidità dell'aria nell'ambiente interno interessato da tale rivestimento, utilizzando come termine di paragone un' ambiente ad esso analogo ed adiacente , ma privo di schermatura.

data	13/07	20/07	10/08	24/08	21/09	28/09	12/10	26/10
ora	15:45	16:00	15:30	17:00	15:15	14:40	14:20	13:30
ΔT °C	4,1	5,6	3,9	4,4	4,3	5,3	3,8	1,1
ΔUR	10%	13,5%	8,4%	11,7%	13,7%	11,8%	9%	4,9%

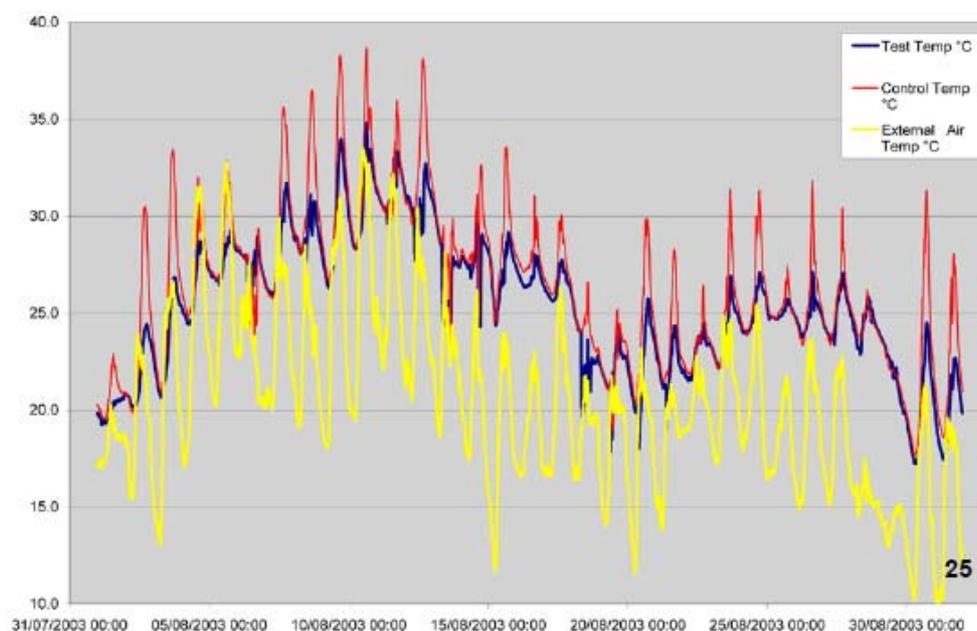


Immagine 7

Valori ed andamento delle temperature, nell'ambiente di misura ed in quello di controllo predisposti da Lam (fonte da: Lam M., Vegetation on building facades "bioshader", Centre sustainability of built environment, Brighton University, 2000)

I valori ottenuti in questo caso sia pure non eccessivamente elevati, si parla di una riduzione di circa 4°C passando da un ambiente esposto alle radiazioni ad uno schermato, e di una riduzione dell'umidità di circa il 10%, che sono comunque sufficienti a riportare all'interno dell'area di comfort le condizioni ambientali per gran parte del giorno.

Nelle ore più calde poi, quando normalmente la temperatura all'interno dell'edificio esposto raggiungeva i 30°C, nello spazio rivestito dal manto

vegetale, si registravano valori massimi di 24°C, con una effettiva riduzione in termini di temperatura ambientale interna di circa 6°C.

Un ulteriore approfondimento riguarda l'influenza esercitata da numero, distanza e densità del rivestimento vegetale in questione sul confort interno degli edifici.

Si sono considerati da 1 a 5 strati schermanti posti in successione lungo la traiettoria della luce solare tra ambiente ed edificio, registrando aumenti molto significativi dell'incidenza sulla radiazione, il cui parametro di riduzione passa da 37% fino a 86%.

Numero di strati foliari	1	2	3	4	5
Percentuale di riduzione	37%	66%	75%	79%	86%

Dall'esperienza di Lam, si possono dunque evincere alcuni parametri necessari all'efficacia delle schermature costituite da manti fogliari come regolatori del benessere microclimatico degli spazi interni agli edifici:

- alla luce di quanto riscontrato, acquisiscono una volta in più importanza al fine di mitigare gli effetti delle radiazioni solari le caratteristiche fisiche delle specie vegetali di chioma e foglie che possono incidere su spessore e densità della massa vegetale.
- Altre indicazioni utili riguardano l'opportunità di sfruttare al meglio ai fini della gestione dell'energia solare, il meccanismo di autoregolazione della massa inerte a seconda delle stagioni dell'anno peculiare alle piante con foglie caduche.

Per completare il quadro scientifico di riferimento per quanto riguarda gli studi che nel corso degli ultimi anni hanno supportato il diffondersi degli involucri naturalizzati come strumento di per il controllo della qualità non solo estetica, ma anche microclimatica delle costruzioni, è necessario ricordare un recente studio condotto proprio in Italia, ed in particolare presso il Politecnico di Torino da Gian Vincenzo Fracastoro e Federica Ariaudo.

Attraverso una campagna di misurazioni strumentali compiute su pareti rivestite da diverse specie rampicanti si sono ricavati nel corso del maggio

del 2006 i dati relativi ai diversi valori di abbattimento della temperatura superficiale, riconducibili all'impiego delle varie essenze considerate.

Al di là del valore comunque parziale dei dati rilevati (che in ogni caso costituisce una costante di tutte le esperienze sperimentali sin qui presentate), la grande quantità di dati raccolti attraverso la suddetta campagna di rilievi, ha consentito ai ricercatori torinesi di arrivare ad individuare quello che hanno definito "parametro verde", ossia una semplice formula matematica per valutare e quantificare l'entità del risparmio energetico ottenibile attraverso l'impiego delle diverse specie rampicanti.

$$K_v = 1 - \frac{\tau_v h_e}{h_e^*} = \frac{T_{se} - T_{sev}}{T_{se} - T_{ae}}$$

In cui, per T_{se} si intende la temperatura superficiale della parete in assenza di rivestimento, per T_{sev} la temperatura della stessa superficie ricoperta dal manto vegetale, mentre T_{ae} è la temperatura dell'aria esterna.

Di seguito sono riportati i valori relativi alle costanti rilevate dai ricercatori torinesi:

Species	Kv
Ampelopsis Glandulosa Brevipedunculata	0.57
Clematide	0.76
Wisteria Sinensis	0.44
Hedera Helix	0.84
Actinidia	0.61
Rincospermo	0.69

È interessante osservare come anche in questo caso, i valori del parametro verde risultino tanto più elevati in funzione dell'accentuarsi di alcune caratteristiche fisiche del manto vegetale proprie delle diverse specie rampicanti, ed in particolare risulta evidente l'estrema importanza che a tale proposito acquisiscono i valori relativi alla densità del manto.

In sintesi, per quanto riguarda le caratteristiche utili a garantire un adeguato livello di benessere microclimatico legato agli effetti della schermatura, dalla radiazione solare in regime estivo sono le seguenti:

SCHERMATURA DALLE RADIAZIONI SOLARI E DELLA TEMPERATURA INTERNA ALL EDIFICIO	
CARATTERISTICHE DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO	
Caratteristiche delle specie vegetali	
Orientamento richiesto	È necessario che le piante si prestino a crescere in pieno sole e con un'elevata tolleranza rispetto alle elevate temperature
Forma e Portamento	Le specie più adatte sono quelle a portamento rampicante o decombente, volubili o dotate di strumenti per l'abbrabicamento come ventose e radici avventizie
Caratteristiche del manto vegetale	
Sviluppo in altezza ed in ampiezza	È fondamentale prevedere l'impiego di specie che presentino caratteristiche dimensionali adeguate all'estensione pari almeno al 50% delle superfici da rivestire , ed in ogni caso dalla maggiore ampiezza possibile del manto fogliare
Tempi di crescita del manto vegetale	È importante che i tempi di crescita risultino contenuti per poter rivestire quanto più rapidamente possibile il 40-50% delle superfici, da preferirsi specie come il glicine capaci di crescere di 1,5/2m all'anno
Densità del manto vegetale	L'elevata densità del manto assieme alla sua ampiezza costituisce la caratteristica più importante in termini di capacità schermante delle piante
Caratteristiche delle foglie	
Caratteristiche geometriche e dimensionali	È importante ai fini della schermature che le foglie siano di grandi dimensioni
Caratteristiche superficiali delle foglie	È necessario che le foglie presentino colore chiaro e superficie cerosa allo scopo di favorire la riflessione delle radiazioni solari
Fototropismo delle foglie	Caratteristica molto importante ai fini della schermatura ma sulla quale non si possiedono dati relativi alle singole specie vegetali
Stagionalità delle foglie	Sono da preferire specie a foglia caduca che pur costituendo in estate un valido elemento schermante consentono il passaggio delle radiazioni solari in inverno

SCHERMATURA DALLE RADIAZIONI SOLARI E DELLA TEMPERATURA INTERNA ALL EDIFICIO		
VARIABILI TECNOLOGICHE NELL'IMPIEGO DI SUPERFICI VEGETALI COLTIVATE IN TERRA		
Coltivazione in piena terra	Adatta perchè non ponendo limiti dimensionali agli apparati radicali consente l'impiego di specie arboree ed arbustive anche di notevoli dimensioni. Consente una limitata gestione del rivestimento, vincolandone tempi ed estensione alle caratteristiche delle piante utilizzate	BUONA
Coltivazione in vaso	Particolarmente adatta permettendo di ricoprire con maggiore rapidità ed efficacia facciate dalle superfici anche estese	ELEVATA
Piante che necessitano di sup. di ancoraggio	Poco adatte perchè rendono difficile la gestione del rivestimento sulle parti trasparenti dell'involucro	MODERATA
Piante che necessitano di strutture di sostegno	Permettono di gestire il posizionamento dello strato vegetale rispetto all'involucro ed al suo intorno con grande libertà	ELEVATA
VARIABILI TECNOLOGICHE NELL'IMPIEGO DI SUPERFICI VEGETALI COLTIVATE I FUORI SUOLO		
NOTA: Va precisato che dal punto di vista della schermatura solare le soluzioni relative all'impiego di manti coltivati fuori suolo risultano comunque svantaggiose rispetto all'impiego di piante rampicanti coltivate a terra, rispetto al rivestimento di superfici trasparenti, formando comunque a causa della presenza del substrato di coltura in quota elementi schermanti continui che non consentono di gestire il passaggio delle onde luminose. I giudizi di seguito riportati, riguardano di conseguenza esclusivamente l'applicazione di tali tecnologie alle componenti opache di facciata e l'efficacia delle variabili tecniche per esse identificabili, nel moderare i flussi termici da ambiente a edificio.		
I substrati organici	Generalmente impiegati in strati dallo spessore che varia tra i 5 e i 10cm, risultano adatti a moderare i flussi termici da ambiente a edificio per via della loro porosità.	ELEVATA
I substrati Inorganici	Generalmente impiegati in strati dallo spessore che varia tra i 20 e i 25cm, risultano adatti a moderare i flussi termici da ambiente a edificio per via della loro porosità.	ELEVATA
Il Feltro	Presentandosi generalmente in forma di strati piuttosto sottili risulta il substrato meno indicato per la gestione dei flussi termici da ambiente a edificio	BUONA
Le piante epifite	Tendono a formare superfici continue adatte a schermare le radiazioni solari, risultano però generalmente soffrire l'esposizione solare diretta in condizioni di caldo secco	BUONA
Le piante xerofite (sedum)	Pur caratterizzandosi per l'elevata resistenza a stress idrici ed elevate temperature, queste piante presentano l'inconveniente di formare superfici meno continue rispetto a quelle ottenute da altre specie	MODERATA
Le piante tappezzanti	Tendono a formare generalmente chiome voluminose ma dalla scarsa densità, dovuta spesso alle modeste dimensioni delle foglie, veri elementi schermanti dei manti vegetali	BUONA
I tappeti erbosi	Particolarmente adatti per via dell'elevata compattezza del manto fogliare, risulta comunque necessaria la selezione di specie macroterme in caso di fronti esposti ad irraggiamento solare diretto (sud ed ovest) durante il periodo estivo	ELEVATA
Cassette in polipropilene	Particolarmente adatte, consentono di formare superfici schermanti continue e costituite da materiali dalla bassa conducibilità termica	ELEVATA
Griglie metalliche foderate	Particolarmente adatte, consentono di formare superfici schermanti continue e costituite da materiali dalla bassa conducibilità termica	ELEVATA
Vasi metallici foderati	Non consentono in genere la formazione di superfici schermanti continue sul piano di facciata	MODERATA
Tasche in feltro	Consentono un rivestimento della facciata continuo e nel caso dell'impiego di substrati di coltura all'interno delle tasche si può migliorarne la capacità di moderare i flussi termici da ambiente a edificio	ELEVATA

4.4.2 Controllo della temperatura dell'aria

Descrizione del fenomeno

L'impiego di schermi vegetali per il miglioramento delle condizioni ambientali di spazi aperti situati a ridosso o in prossimità delle abitazioni durante i mesi estivi, costituisce una pratica estremamente diffusa e consolidata.

Tradizionalmente le tipologie di spazi aperti interessati dagli effetti del rivestimento vegetale sono il generati attraverso l'applicazione al volume edilizio di una serie di strutture tridimensionali progettate per il sostegno delle piante rampicanti, come nel caso di :

- Porticati
- Logge
- Verande
- Pergole

La presenza di una copertura verde, comporta una molteplicità di azioni, capaci di incidere simultaneamente sul microclima degli spazi esterni con essa confinanti e che si possono sintetizzare come di seguito:

- Schermatura dalle radiazioni solari
- Moderazione delle infiltrazioni d'aria

In particolare, l'azione relativa alla schermatura delle radiazioni solari si esplicita attraverso una serie di dinamiche legate alle caratteristiche fisiche ed al funzionamento biologico degli organismi vegetali impiegati come schermo, che sono:

- Variazione dell'albedo⁸
- Moderazione degli scambi radiativi infrarossi
- Aumento dell'umidità e dissipazione del calore accumulato attraverso l'evapotraspirazione

La schermatura degli edifici e del suolo può cioè, portare a diminuzioni notevoli delle temperature delle superfici rivestire e quindi dell'aria che per convezione da queste è riscaldata, agendo anche da schermo nei confronti

⁸ L'albedo di una superficie è la frazione di luce o, più in generale, di radiazione incidente che viene riflessa indietro. minore o maggiore assorbimento, possono influenzare la temperatura di un corpo

dell'energia da queste re irradiata verso la volta celeste, specie durante la notte.

I risultati pratici dovuti al sommarsi di queste azioni microclimatiche e la condizione di fatto percepita e ricercata dall'utente che scelga di porre in essere questo tipo di schermature sono comunque un abbassamento della temperatura dell'aria ed un livello di umidità più elevato.

Effetti particolarmente apprezzabili in ambiente urbano dove la temperatura media radiante di solito elevata per la grande quantità di superficie costruita o impermeabile, viene ad essere riequilibrata dalla presenza di superfici verdi poste in prossimità o direttamente a ridosso degli edifici, migliorando notevolmente la vivibilità degli spazi esterni durante il periodo estivo.

Di seguito verranno illustrati gli esiti di alcuni studi compiuti nel corso degli ultimi venti anni e finalizzati a quantificare l'effettivo contributo degli schermi vegetali sulla qualità microclimatica degli spazi esterni.

Valori sperimentali

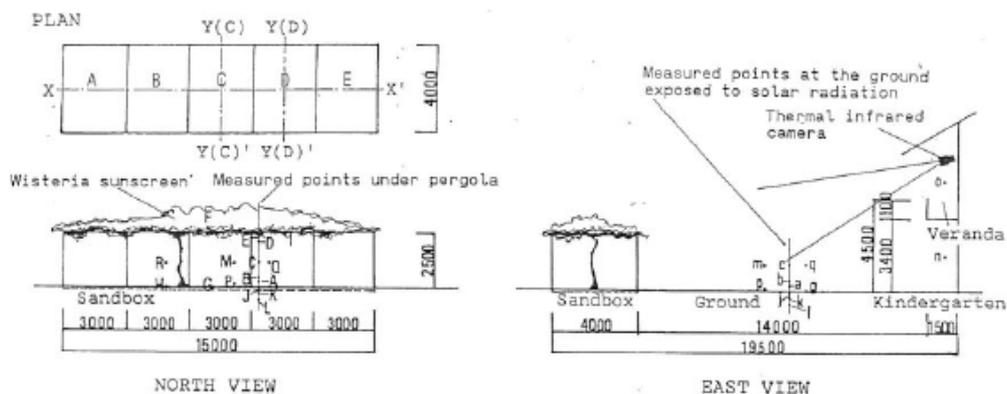
I primi valori sperimentali presenti in letteratura relativamente all'efficacia in termini di moderazione della temperatura ambientale, presenti in letteratura, sono quelli emersi da due diversi esperimenti condotti da Hoyano e dai suoi collaboratori nel luglio del 1984 (la pubblicazione risale comunque al 1988) sul comportamento energetico di filtri vegetali applicati a diverse tipologie di spazi aperti, nella fattispecie una pergola ed una loggia.

Nel primo caso Hoyano ha considerato una schermatura orizzontale realizzata attraverso un pergolato rettangolare di 15m di lunghezza (sull'asse est-ovest) per 4m di larghezza (sull'asse nord-sud) rivestito da una voluminosa pianta di Wisteria (glicine) la cui massa fogliare si trovava sospesa a circa 2,5m dal suolo.

Le misurazioni si sono svolte in giornate completamente serene ed in un contesto il più libero possibile da interferenze dovute alla prossimità di altri volumi, infatti i lati sud ed ovest (i più importanti ai fini della captazione di radiazioni solari) si trovavano completamente liberi, mentre edifici confinanti

a nord ed a est della pergola si trovavano comunque ad una distanza superiore ai 10m.

Infine allo scopo di rilevare più agevolmente le condizioni di umidità del suolo era stata posta al di sotto della pergola una grande cassa ripiena di sabbia.



Measured items under pergola and at open ground
 1 Leaf temp. of wisteria screen
 2 Solar transmittance of screen
 3 Horizontal distribution of air temp.
 4 Wind velocity at 1.0m height

5 Globe temperature at 1.0m height
 6 Solar radiation from the surrounding at 1.0m height
 7 Horizontal solar radiation on sandbox and ground
 8 Surface temp. of sandbox and ground

Immagine 8

Caratteristiche fisiche e geometriche della pergola predisposta da Hoyano al fine di misurare l'efficacia in termini di ombreggiamento e raffreddamento dell'aria (fonte da: Hoyano A., Climatological uses of plants for solar control and the effects on the thermal environment of a building, Energy and Buildings, 11, pp.181-199, 1988)

I risultati più interessanti riscontrati ai fini del presente studio sono:

- una notevole riduzione della radiazione solare incidente, per cui si è rilevato che nella parte centrale della pergola (dove maggiore è il volume della chioma) la radiazione filtrata attraverso la pergola risultava inferiore al 10% della totale, senza per altro risentire sensibilmente del cambiamento di inclinazione durante la giornata, dei raggi solari.
- All'interno della chioma, vero elemento filtrante del sistema analizzato, si registrano temperature della massa fogliare che pur variando in funzione del livello di esposizione diretta alle radiazioni solari, tendono a mantenersi entro un arco di valori piuttosto ristretto, nei giorni più soleggiati infatti, la parte superiore della chioma presenta temperature più elevate rispetto a quella inferiore di massimo 2°C, mentre le temperature tendono invece a coincidere nei giorni di cielo coperto.

- La temperatura del suolo è risultata invece decisamente più bassa al di sotto della pergola oscillando durante il giorno tra temperature di 25-30°C, rispetto ai 50°C raggiunti in pieno sole.

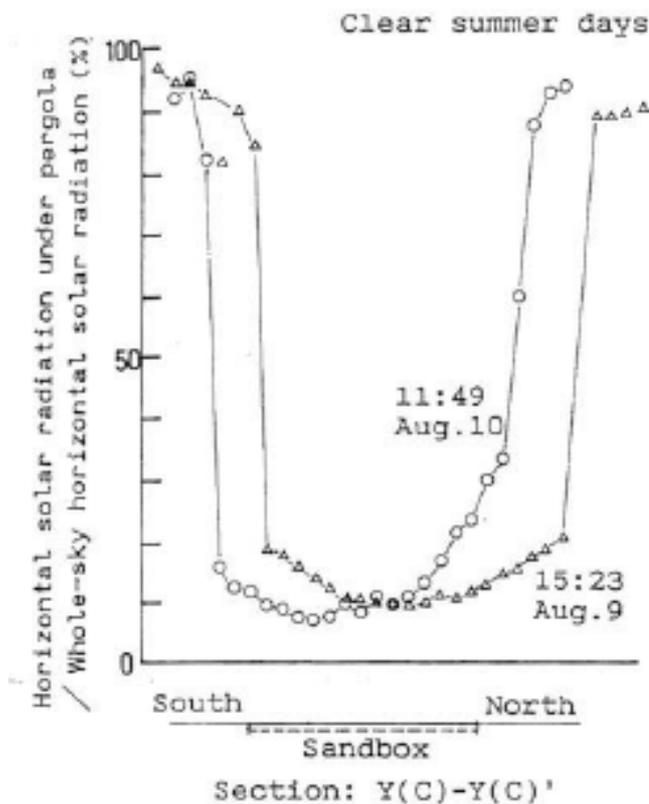


Immagine 9

Distribuzione orizzontale della radiazione solare incidente sul terreno sotto la pergola. La distribuzione è espressa in relazione alla radiazione incidente sul terreno scoperto (fonte da: Hoyano A., Climatological uses of plants for solar control and the effects on the thermal environment of a building, Energy and Buildings, 11, pp.181-199, 1988)

Questo dimostra ancora una volta l'enorme potere schermante delle chiome vegetali, specialmente considerando l'impiego di specie dalla massa fogliare voluminosa e discretamente densa come il glicine.

Una densa copertura vegetale garantisce infatti un elevato isolamento termico sia al suolo che sugli edifici, dal momento che la sua massa per unità di volume complessiva è infatti bassa.

I valori più interessanti tra quelli rilevati da Hoyano, riguardano comunque la temperatura dell'aria al di sotto del manto vegetale che ricopriva la pergola:

- Per valori di radiazione solare di non particolare rilevanza (inferiori a 465W/m²) non si rilevano in pratica differenze tra le temperature dell'aria sotto la pergola e quella esterna, mentre un leggero abbassamento si verifica al di sotto della copertura vegetale con

valori di radiazione elevati, i dati pubblicati indicano una differenza di circa 2°C con un irraggiamento di 930W/m².

- Analizzando i profili verticali delle temperature dell'aria al di sotto della pergola si è notato che a quote inferiori al metro questa risultava via via più bassa, a dimostrare che a generare lo scarso scarto termico sono in larga misura i moti d'aria che in prossimità del terreno tendono a farsi più deboli favorendo la formazione di un microclima più fresco a causa del basso irraggiamento termico del terreno ombreggiato.
- Da rilievi termici effettuati tramite globotermometro *(nota) si è potuta misurare la temperatura radiante al di sotto della pergola, che è risultata di ben 7°C più bassa di quella esterna, si noti che tale fattore risulta di importanza cruciale nel determinare le condizioni di benessere degli spazi abitati in quanto un minor tenore dei flussi radiativi in atmosfera, comporta una diminuzione degli scambi anche per il corpo umano.

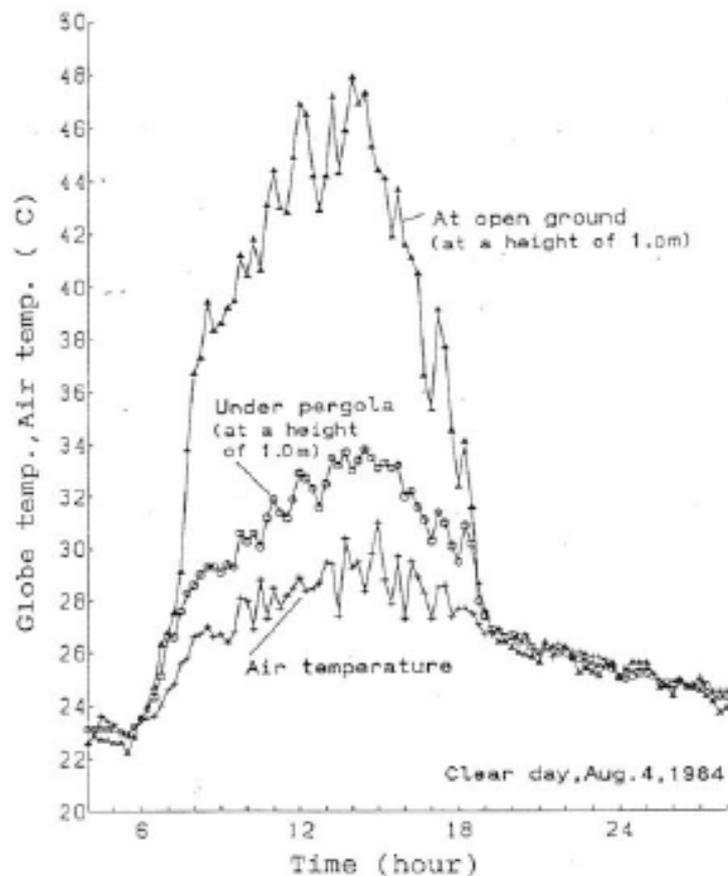


Immagine 10

Variazioni giornaliere della temperatura radiante misurata attraverso un termometro a globo sotto la pergola e da un termometro ad asta sul terreno scoperto. Non si sono in questo caso riscontrate variazioni di velocità del vento.

(fonte da: Hoyano A., Climatological uses of plants for solar control and the effects on the thermal environment of a building, Energy and Buildings, 11, pp.181-199, 1988)

Un altro studio dagli esiti interessanti sempre condotto da Hoyano riguarda la schermatura (laterale e superiore) di una loggia attraverso l'impiego di vite selvatica fatta crescere a ridosso di un telaio composto da uno schermo verticale ed uno a falda che aggetta sul piano di facciata, schermando di fatto fino alle prime ore del pomeriggio anche la parete verde sottostante.

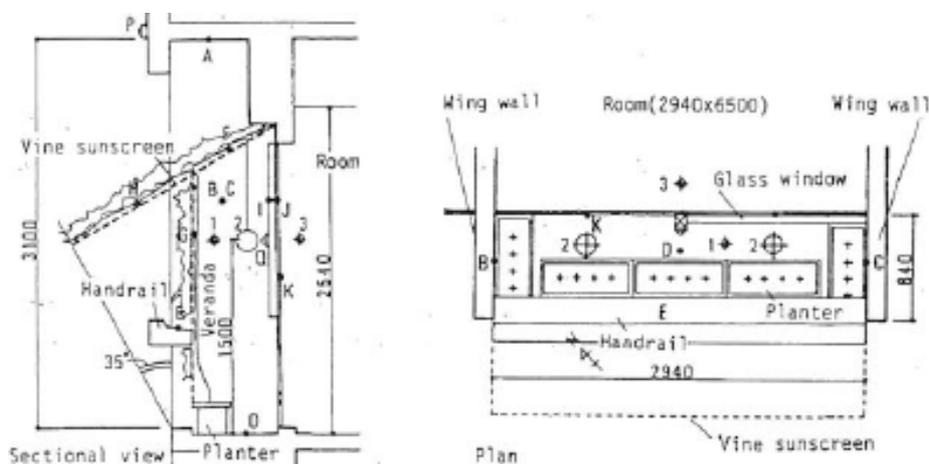
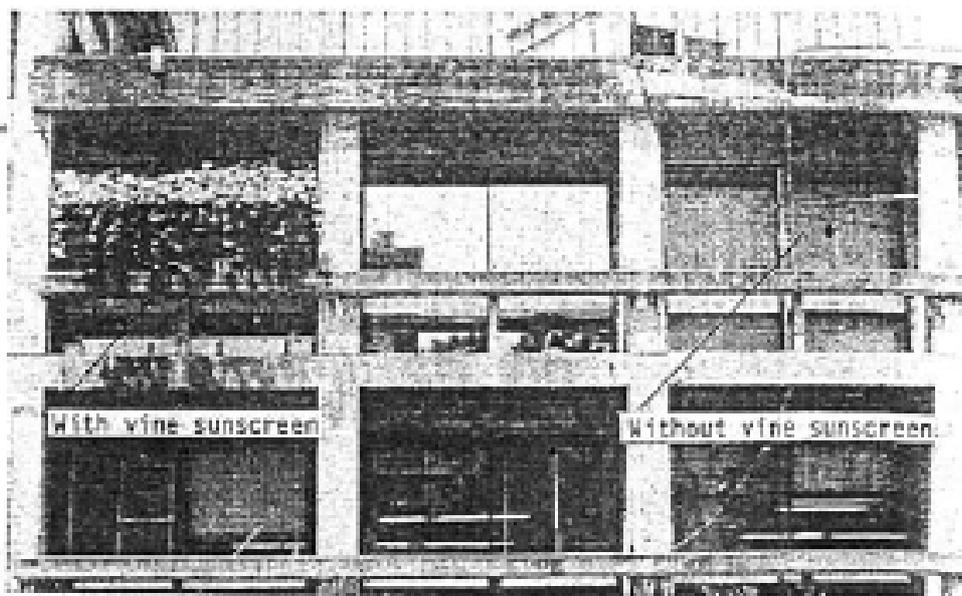


Immagine 11

Caratteristiche fisiche e geometriche della loggia impiegata da Hoyano per le sue misurazioni.

Si noti a lato della loggia schermata con un filtro verde, la presenza di altri ambienti simili, ma aperti.

(fonte da: Hoyano A., Climatological uses of plants for solar control and the effects on the thermal environment of a building, Energy and Buildings, 11, pp.181-199, 1988)

I dati raccolti nella loggia rivestita dal manto vegetale sono stati confrontati dagli autori dello studio con i valori misurati all'interno di un'altra loggia con essa confinante e lasciata invece completamente aperta.

Dalle informazioni così raccolte risulta:

- La maggiore efficacia della schermatura costituita dalla vite, si verificava durante le ore pomeridiane (dopo le 15.00) quando cioè i raggi solari più bassi colpivano la chioma della rampicante con inclinazioni più prossime alla perpendicolare delle foglie.
- Se da un lato la temperatura dell'aria interna alle due logge considerate in virtù delle loro caratteristiche volumetriche, risultava in ambedue i casi inferiore a quella dell'aria esterna, tale differenza risultava comunque più marcata nello spazio filtrato dalla vite, in questo caso infatti si sono raggiunte temperature più basse con scarti oscillanti tra i 2 e i 4°C, contro gli 1-3°C misurati nella loggia aperta.
- Durante le ore serali, ed in particolare dopo le 18.00 la temperatura dell'aria interna alla loggia risulta invece maggiore in virtù della minore ventilazione e conseguente minore circolazione d'aria causata dallo schermo vegetale.
- La riduzione della ventilazione interna alla loggia generava però anche effetti negativi limitando di fatto di oltre il 50% l'intensità dei flussi interni alla loggia e riducendo di conseguenza i benefici effetti di raffreddamento serale dell'aria interna dovuti alla ventilazione naturale.

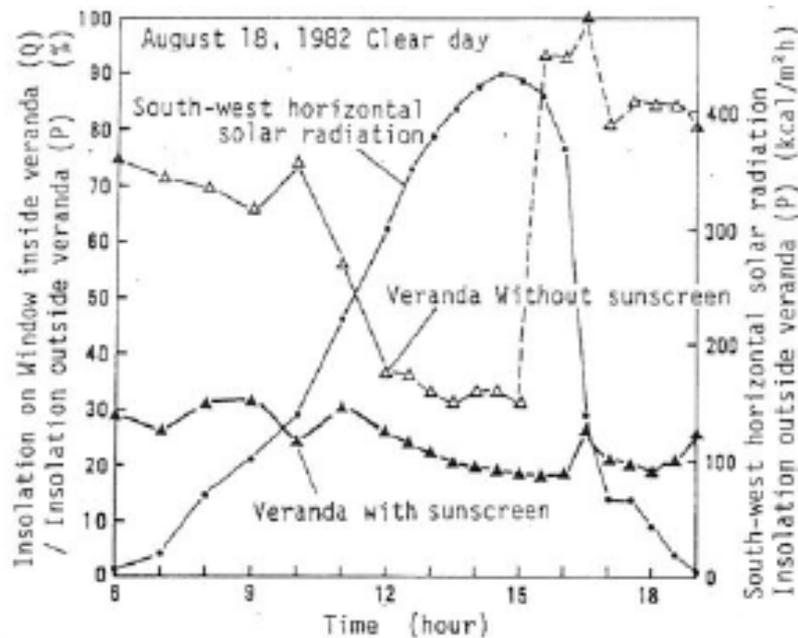


Immagine 12

Variazione giornaliera della radiazione solare incidente attraverso la loggia schermata e quella aperta.

(fonte da: Hoyano A., Climatological uses of plants for solar control and the effects on the thermal environment of a building, Energy and Buildings, 11, pp.181-199, 1988)

Caratteristiche utili

È possibile in linea di principio affermare che per quanto riguarda l'utilizzo di specie rampicanti finalizzate al controllo delle radiazioni solari e della temperatura dell'aria in spazio aperto si possano fare valere molti dei principi già espressi studiando le schermature per la riduzione degli effetti dovuti radiazione solare sugli involucri edilizi.

Si possono dunque estendere anche a questo caso le considerazioni maturate a partire dagli studi di Lam e Zaiyi al riguardo dell'importanza di estensione densità e spessore del manto di copertura e della dimensione e caratteristiche superficiali delle foglie.

Nel caso del controllo microclimatico degli spazi esterni, acquisisce però un peso ancora maggiore di quanto non avvenga nel caso delle applicazioni parietali la scelta di un'adeguata struttura di sostegno perché è attraverso questa che si possono orientare e sfruttare al meglio le schermature vegetali.

Gli spazi esterni in questione, sono spesso di fatto delle estensioni dello spazio costruito al suo esterno e costituiscono per questo di fatto delle interfacce tra involucri dotati di massa, bucatore ed ambiente circostante.

Come visto nel secondo degli esperimenti di Hoyano illustrati, il rivestimento di una pertinenza esterna come una loggia finisce inevitabilmente per generare effetti non soltanto sulla temperatura dell'aria dello spazio esterno, ma anche sul benessere interno agli edifici ad esso prossimi, limitando come in questo caso l'effetto rinfrescante della ventilazione naturale e riducendo inevitabilmente la quantità di luce all'interno negli edifici, compromettendone l'illuminazione naturale e diminuendo, nel caso di sempreverdi anche gli apporti solari gratuiti invernali.

Occorre pertanto parlando di schermatura degli spazi filtro porre grande attenzione alla scelta di sostegni e specie vegetali adeguate a svolgere al meglio le funzioni di controllo estivo sulla temperatura dell'aria e del benessere ambientale che ne consegue, senza penalizzare indirettamente le condizioni di confort interno agli edifici limitrofi.

Per quanto riguarda le possibilità di sfruttamento per il benessere termico degli spazi esterni di tecnologie di inverdimento parietale con substrati di coltura in quota o di derivazione idroponica, risultano assai ridotte, essendo tali schermature in molti casi per le loro caratteristiche tecniche applicabili esclusivamente a superfici di chiusura verticale.

Esistono comunque prodotti finalizzati alla costruzione di berbere al suono ed al vento che possono risultare funzionali al controllo delle temperature esterne se applicate in combinazione a coperture orizzontali ottenute da rampicanti o alberature.

Basti ricordare l'importanza dell'attenuazione dei moti d'aria nell'accentuare gli effetti termici legati all'assorbimenti della radiazione solare attraverso schermature vegetali.

Studi condotti negli stati uniti sull'impatto ambientale del verde urbano, hanno poi dimostrato le eccellenti potenzialità in termini di dissipazione del calore e regolazione delle temperature impiegando tappeti erbosi.

A fronte di un aumento medio della temperatura dell'aria rilevata in area urbana dell'ordine di 5-7°C rispetto alle vicine aree rurali, si è riscontrato che le temperature giornaliere massime di un prato presentano (in questo caso di *Cynodon*) in virtù di processi biologici come fotosintesi ed evapotraspirazione, mantiene temperature superficiali più basse rispetto al semplice terreno o a pavimentazioni artificiali e soprattutto presenta oscillazioni termiche piuttosto ridotte tra giorno e notte, secondo i valori di seguito riportati.

Tipi di superfici	Massimo giorno superficie	Minimo Notte Superficie
	temperatura	temperatura
✓ Tappeto erboso verde di <i>Cynodon</i> sp.	31 °C	24 °C
✓ terreno nudo e asciutto	39 °C	26 °C
✓ Tappeto erboso dormiente di <i>Cynodon</i> sp.,	52 °C	27 °C
✓ Tappeto sintetico	70 °C	29 °C

Immagine 13

Comparazione delle temperature sui diversi tipi di superfici, eseguite il 20 Agosto del 1985 da Beard e Johns, Stazione del College, Texas.

(fonte da: Volterrani M., Magni S., Gaetani M. (2004). Le specie da tappeto erboso e loro strategie di utilizzo dell'acqua. Atti Conv. "Prato senz'acqua" Monza 21 ottobre 2004)

Tutto questo genera un basso tenore di scambi convettivi e radiativi tra superficie erbosa ed ambiente, generando di conseguenza un abbattimento della temperatura dell'aria e migliori condizioni di confort per l'uomo.

Se dunque le superfici verdi continue non offrono concrete possibilità di controllo degli ambienti esterni in termini di effettiva schermatura della radiazione luminosa per via del limite tecnico costituito dalla necessità di porre il substrato di coltura in quota, possono in funzione di una corretta scelta di tutte le sue componenti (struttura di sostegno, substrato di coltura e manto vegetale) offrire dei concreti vantaggi in termini di riduzione - attenuazione di moti d'aria e scambi radiativi.

Le caratteristiche dei rivestimenti vegetali utili a garantire un adeguato livello di benessere termico agli spazi esterni, attraverso la schermatura e l'assorbimento dalla radiazione solare in regime estivo sono le seguenti:

SCHERMATURA DALLE RADIAZIONI SOLARI E CONTROLLO DELLA TEMPERATURA DELL'ARIA	
CARATTERISTICHE DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO	
Caratteristiche delle specie vegetali	
Orientamento richiesto	È necessario che le piante si prestino a crescere in pieno sole e con un'elevata tolleranza rispetto alle elevate temperature
Forma e Portamento	Le specie più adatte sono quelle a portamento rampicante o decumbente, volubili o dotate di viticci, per la possibilità di adattarsi senza problema alle strutture di sostegno piane o tridimensionali per la protezione di edifici e spazi esterni, come spalliere, pergole e gazebo
Caratteristiche del manto vegetale	
Sviluppo in altezza ed in ampiezza	È fondamentale prevedere l'impiego di specie che presentino caratteristiche dimensionali adeguate all'estensione delle superfici da rivestire, ed in ogni caso dalla maggiore ampiezza possibile del manto fogliare
Tempi di crescita del manto vegetale	È importante che i tempi di crescita risultino contenuti per offrire quanto prima schermatura agli edifici rivestiti e sono dunque da preferirsi specie come il glicine capaci di crescere di 1,5/2m all'anno
Densità del manto vegetale	L'elevata densità del manto assieme alla sua ampiezza costituisce la caratteristica più importante in termini di capacità schermante delle piante
Caratteristiche delle foglie	
Caratteristiche geometriche e dimensionali	È importante ai fini della schermatura che le foglie siano di grandi dimensioni
Caratteristiche superficiali delle foglie	È necessario che le foglie presentino colore chiaro e superficie cerosa allo scopo di favorire la riflessione delle radiazioni solari, anche se l'eccessiva presenza di cuticola, comporta in genere una minore attività in termini di evapotraspirazione delle piante e di conseguenza una minore efficacia nell'abbattimento delle temperature atmosferiche
Fototropismo delle foglie	Caratteristica molto importante ai fini della schermatura ma sulla quale non si possiedono dati relativi alle singole specie vegetali
Stagionalità delle foglie	Caratteristica poco influente in termini di efficacia nel controllo della temperatura dell'aria in regime estivo, va però considerato ai fini del controllo estetico delle strutture rivestite, l'effetto prodotto dall'eventuale perdita del manto fogliare durante l'inverno

SCHERMATURA DALLE RADIAZIONI SOLARI E CONTROLLO DELLA TEMPERATURA DELL'ARIA		
VARIABILI TECNOLOGICHE NELL'IMPIEGO DI SUPERFICI VEGETALI COLTIVATE IN TERRA		
Coltivazione in piena terra	Pur consentendo un'ampia gamma di soluzioni di ombreggiamento degli spazi esterni, questa tecnica presenta il limite di vincolare ai tempi di crescita della pianta l'efficacia del rivestimento	BUONA
Coltivazione in vaso	Particolarmente adatta permettendo di ricoprire con maggiore rapidità ed efficacia facciate dalle superfici anche estese o dallo sviluppo spaziale articolato	ELEVATA
Piante che necessitano di sup. di ancoraggio	Queste specie pur adattandosi generalmente a crescere a ridosso di spalliere ed altre strutture di sostegno svincolate dal piano di facciata, non rappresentano nella maggior parte dei casi l'opzione migliore per la creazione di filtri verdi orizzontali	BUONA
Piante che necessitano di strutture di sostegno	Rappresentano l'opzione migliore consentendo il controllo del proprio sviluppo attraverso l'impiego di semplici strutture leggere intelaiature	ELEVATA
VARIABILI TECNOLOGICHE NELL'IMPIEGO DI SUPERFICI VEGETALI COLTIVATE FUORI SUOLO		
<p>NOTA: Va precisato che dal punto di vista della schermatura solare le soluzioni relative all'impiego di manti coltivati fuori suolo risultano comunque svantaggiose rispetto all'impiego di piante rampicanti coltivate a terra, rispetto al rivestimento di superfici trasparenti, formando a causa della presenza del substrato di coltura in quota elementi schermanti opachi e continui, difficilmente impiegabili per il tamponamento di strutture leggere come pergole e gazebo. I giudizi di seguito riportati, riguardano di conseguenza esclusivamente gli effetti prodotti sul microclima degli spazi aperti dalla bassa remissività delle superfici verdi continue applicate a ridosso di edifici e recinzioni.</p>		
I substrati organici	Generalmente impiegati in strati dallo spessore che varia tra i 5 e i 10cm e dall'elevata porosità, risultano adatti a moderare i flussi termici dagli involucri edilizi all'ambiente esterno.	ELEVATA
I substrati Inorganici	Per quanto caratterizzati da spessore e porosità tali da consentire un buon livello di contenimento dei flussi termici da interno a esterno degli edifici, il loro elevato potere drenante tende a penalizzare le pareti sul piano del controllo delle emissioni esterne.	BUONA
Il Feltro	Generalmente presente in strati piuttosto sottili risulta il substrato meno indicato per la gestione dei flussi termici da interno a esterno degli edifici	BUONA
Le piante epifite	Tendono a formare superfici continue coprente ed umida adatte a schermare i flussi termici dagli involucri edilizi all'ambiente esterno.	ELEVATA
Le piante xerofite (sedum)	Formano superfici meno continue rispetto ottenute da altre specie e sono caratterizzate da una bassa attività evapotraspirativa che ne limita ulteriormente l'efficacia in termini di raffrescamento ambientale	MODERATA
Le piante tappezzanti	In caso di specie caratterizzate da scarsa densità del manto e modeste dimensioni delle foglie, costituiscono un argine poco efficace alle dispersioni termiche degli edifici	MODERATA
I tappeti erbosi	Particolarmente adatti per via dell'elevata compattezza del manto fogliare, e dell'abbondante attività evapotraspirativa	ELEVATA
Cassette in polipropilene	Particolarmente adatte, essendo costituite da materiali con bassi valori di trasmittanza termica, e scarsa propensione a costituire superfici radianti in caso di esposizione solare diretta	ELEVATA
Griglie metalliche foderate	Essendo per larga parte costituite da materiali con bassi valori di trasmittanza termica a dispetto della scarsa bassa percentuale di superficie metallica, presentano scarsa propensione a costituire superfici radianti in caso di esposizione solare diretta	ELEVATA
Vasi metallici foderati	Non consentono in genere la formazione di superfici continue sul piano di facciata, e la grande quantità di superficie metallica che le costituisce rischia se non adeguatamente schermata dal manto vegetale di costituire un elemento radiante	MODERATA
Tasche in feltro	Costituiscono in genere piani di rivestimento della facciata continui ed umidi	BUONA

4.4.3 Controllo dell'umidità dell'aria attraverso il processo di evapotraspirazione

Descrizione del fenomeno

L'evapotraspirazione, è un processo fondamentale per il metabolismo delle piante e che genera l'emissione in atmosfera di vapore acqueo.

Tale fenomeno risulta particolarmente interessante ai fini di questo studio, poiché oltre ad esercitare una funzione di controllo sull'umidità dell'aria, caratteristica particolarmente utile specie in regime estivo ad assicurare se combinata ad un adeguato ombreggiamento, ad aumentare il confort degli spazi urbani, consente di ridurre di fatto anche la temperatura in funzione dell'assorbimento di calore necessario per il passaggio di stato liquido-vapore dell'acqua.

Si pensi a tale proposito che alla pressione atmosferica sono necessari circa 2500kJ per ogni chilogrammo di acqua evaporata e che un grosso albero durante una giornata estiva può fare evaporare 300-400l di acqua con un corrispondente impiego di circa 750-1000MJ, corrisponde all'energia impiegata da un climatizzatore da 10kW *(nota_citazione peron_p.65).

In generale va precisato che l'azione di dissipazione termica dell'aria per evapotraspirazione risulta tanto più efficace in condizione di bassa umidità dell'aria o all'interno di verdi confinate topograficamente o in tessuti urbani densi e morfologicamente chiusi al passaggio di flussi importanti flussi d'aria.

Valori sperimentali

Il fenomeno dell' evapotraspirazione può comportare consistenti diminuzioni di temperatura dell'aria.

È stato verificato che In condizioni di elevata disponibilità d'acqua e bassa umidità dell'aria l'evapotraspirazione può intercettare fino all'80%

dell'energia solare incidente (Wilmers 1988), anche se per la maggior parte delle specie i valori di assorbimento delle emissioni solari risultano inferiori.

Superficie	evaporazione	riscaldamento dell'aria
Foresta di abeti	66,5 %	33,4 %
Foresta di pini	64,8 %	33,8 %
Querceto	70,0 %	30,0 %
Faggeta	83,8 %	14,6 %
Prato	78,8 %	16,2 %
Città (calcolato)	15,0 %	60,0 %

Immagine 14

Percentuale di energia solare incidente utilizzata nell'evapotraspirazione e rilasciata all'aria per diversi tipi di copertura. (fonte da: Peron F., Tatano V. (a cura di) op. cit.)

Se è vero Infatti che l'evapotraspirazione avviene all'interfaccia foglia-aria, allora è possibile affermare che:

- quanto maggiore è l'estensione della superficie fogliare tanto maggiore è l'intensità del fenomeno e quindi la quantità di acqua evaporata e l'energia utilizzata.

Il peso di tale caratteristica risulta evidente analizzando i valori riportati nella tabella (Imm.14) da cui si evince che le chiome delle specie arboree più voluminose ed estese costituiscano la migliore opzione nel momento in cui si desidera sfruttare il dispendio energetico e la produzione di vapore dovuti al processo evapotraspirativo per il controllo microclimatico di uno spazio.

Alcune specie di rampicanti possono comunque in virtù della loro esuberante crescita rappresentare una scelta alternativa all'impiego di alberature, mentre un discorso a parte va fatto per le superfici rivestite con superfici verdi continue coltivate in quota.

In questi casi infatti esiste grande differenza a seconda delle specie vegetali che i diversi prodotti disponibili sul mercato sono stati studiati per ospitare, potendo passare da rivestimenti a basso impatto ambientale costituiti da sedum fino a d arrivare alla coltivazione di veri e propri tappeti erbosi capaci di incidere sensibilmente sulle condizioni igrotermiche del suo intorno.

I manti erbosi richiedono sia pure in misura variabile a seconda delle diverse specie un consumo idrico notevole e l'intensità della evaporazione giornaliera varia con la stagione passando da 50l/m² in estate a 20l/m².

Uno studio sperimentale del dipartimento dei lavori pubblici della città di Phoenix in nel 1990 ha messo in evidenza alcuni effetti microclimatici riconducibili alla presenza di manto erboso attorno agli edifici.

- Si è registrata in quella sede una diminuzione della temperatura dell'aria massima di 1-1,5°C.
- Lo stesso studio ha evidenziato una diminuzione del carico di raffrescamento di una abitazione tra il 10% e il 20% in presenza di un prato ben irrigato.

Caratteristiche utili

Le caratteristiche dei rivestimenti vegetali utili a garantire un adeguato livello di benessere igrotermico agli spazi esterni, producendo vapore acqueo e evapotraspirazione sono :

CONTROLLO DELL'UMIDITÀ DELL'ARIA ATTRAVERSO IL PROCESSO DI EVAPOTRASPIRAZIONE	
CARATTERISTICHE DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO	
Caratteristiche delle specie vegetali	
Orientamento richiesto	Caratteristiche non direttamente collegata all'umidità prodotta dalle specie vegetali
Forma e Portamento	
Caratteristiche del manto vegetale	
Sviluppo in altezza ed in ampiezza	Caratteristica fondamentale come dimostrato dai valori sperimentali citati nel corso del presente studio. La produzione di vapore acque da parte delle piante, risulta infatti proporzionale all'estensione ed alla densità del suo manto fogliare
Tempi di crescita del manto vegetale	Per quanto tale caratteristica non risulti incidere in maniera evidente sulla produzione di vapore da parte dei manti vegetali, è importante che un ritmo di crescita sostenuto consenta in seguito all'impianto di ottenere in tempi brevi una massa fogliare sufficiente a produrre effetti sull'umidità atmosferica circostante
Densità del manto vegetale	Caratteristica fondamentale come dimostrato dai valori sperimentali citati nel corso del presente studio. La produzione di vapore acque da parte delle piante, risulta infatti proporzionale all'estensione ed alla densità del suo manto fogliare
Caratteristiche delle foglie	
Caratteristiche geometriche e dimensionali	Le piante sfruttano per il processo evapotraspirativo di una serie di piccole bocche chiamate stomi, distribuiti lungo la superficie delle loro foglie, ed è quindi molto importante ai fini della produzione di vapore acqueo che a parità di densità della componente legnosa della chioma, le foglie risultino quanto più grandi possibile.
Caratteristiche superficiali delle foglie	Sono da prediligere specie con delle foglie non particolarmente cerosi, poiché tale caratteristica generalmente si accompagna ad una minore predisposizione alla dispersione di liquidi delle piante.
Fototropismo delle foglie	Caratteristiche non direttamente collegata all'umidità prodotta dalle specie vegetali in regime estivo
Stagionalità delle foglie	

CONTROLLO DELL'UMIDITÀ DELL'ARIA ATTRAVERSO IL PROCESSO DI EVAPOTRASPIRAZIONE		
VARIABILI TECNOLOGICHE NELL'IMPIEGO DI SUPERFICI VEGETALI COLTIVATE IN TERRA		
Coltivazione in piena terra	Particolarmente adatta alla coltivazione di specie arbustive ed arboree dalla notevole dimensione di chioma e dunque dall'importante produzione di umidità attraverso il processo evapotraspirativo	ELEVATA
Coltivazione in vaso	Per quanto consenta l'impiego di specie dalla massa fogliare notevolmente estesa, tale tecnica di coltura risulta in tal senso più limitante della coltivazione in piena terra	BUONA
Piante che necessitano di sup. di ancoraggio	La scelta tra tali variabili tecnologiche risulta ininfluente ai fini del controllo dell'umidità dell'aria	-
Piante che necessitano di strutture di sostegno		-
VARIABILI TECNOLOGICHE NELL'IMPIEGO DI SUPERFICI VEGETALI COLTIVATE I FUORI SUOLO		
I substrati organici	Estremamente efficaci per via del loro elevato livello di ritenzione idrica che li rende adatti ad ospitare piante dell'abbondante attività evapotraspirativa	ELEVATA
I substrati Inorganici	Per via del loro elevato potere drenante tali substrati vengono generalmente scelti per ospitare specie dalla scarsa necessità di apporti idrici e meno attive sotto il profilo della produzione di vapore acqueo	MODERATA
Il Feltro	Estremamente efficaci per via del loro elevato livello di ritenzione idrica che li rende adatti ad ospitare piante dell'abbondante attività evapotraspirativa	ELEVATA
Le piante epifite	Tendono a formare superfici continue coprente ed umida necessitando di tali condizioni per la loro sopravvivenza.	ELEVATA
Le piante xerofite (sedum)	Sono piante che tendono a disperdere un bassissimo quantitativo di umidità in atmosfera, in virtù della loro elevata resistenza allo stress idrico	MODERATA
Le piante tappezzanti	In caso di specie caratterizzate da scarsa densità del manto, e modeste dimensioni delle foglie, costituiscono un argine poco efficace alle dispersioni termiche degli edifici	MODERATA
I tappeti erbosi	Pur presentando un livello di dispersione idrica che varia a seconda delle specie, nel caso di quelle generalmente più indicate per il rivestimento parietale e cioè le sempreverdi, tale caratteristica non risulta particolarmente accentuata	ELEVATA
Cassette in polipropilene	Pur non incidendo direttamente sul parametro ambientale dell'umidità, questi contenitori sono generalmente riconducibili all'impiego di substrati organici dall'elevata ritenzione idrica	BUONA
Griglie metalliche foderate	Pur non incidendo direttamente sul parametro ambientale dell'umidità, questi contenitori sono generalmente riconducibili all'impiego di substrati inorganici piuttosto drenanti.	MODERATA
Vasi metallici foderati	Pur non incidendo direttamente sul parametro ambientale dell'umidità, questi contenitori sono generalmente riconducibili all'impiego di substrati inorganici piuttosto drenanti.	MODERATA
Tasche in feltro	Costituiscono in genere piani di rivestimento della facciata continui ed umidi configurando le condizioni di coltura più prossime a quelle propriamente dette idroponiche, generando un microclima in prossimità della loro superficie sufficientemente umido da consentire lo sviluppo di specie epifite.	ELEVATA

4.5 FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE

Le prestazioni in termini di controllo microclimatico in regime invernale esercitate dai rivestimenti vegetali, costituiscono un fronte di ricerca attualmente ancora poco esplorato, e non a caso, se la maggior parte delle specie tradizionalmente impiegate per la creazione di inverdimenti parietali si caratterizzano per la perdita invernale del loro manto fogliare, garantendo di conseguenza il loro apporto alla gestione ambientale degli spazi soltanto durante i mesi più caldi dell'anno.

In realtà come vedremo di seguito le poche analisi note su sistemi di rivestimento vegetali, eseguiti tramite l'applicazione di specie vegetali coltivate a terra hanno di fatto prodotto risultati poco significativi sul piano dell'efficacia di tali sistemi, inducendo progettisti e produttori, a fare affidamento principalmente sulle loro prestazioni estive.

Di fatto però l'introduzione delle tecniche di coltivazione fuori suolo e del concetto di substrato di coltura verticale, direttamente applicato a ridosso dell'involucro edilizio hanno cambiato radicalmente le carte in tavola relativamente alle prestazioni energetiche ricavabili dai rivestimenti vegetali, anche rispetto al tema dell'isolamento termico invernale da essi prodotto.

Il lavoro svolto nel corso della presente ricerca intende fornire parziale risposta alla mancanza di dati ed informazioni relative alle prestazioni energetiche invernali delle pareti verdi ed a questo scopo sono trattate le principali funzioni di controllo messe in evidenza in letteratura, si sono integrati i pochi dati disponibili con dati e considerazioni emerse nel corso di una campagna di misurazioni strumentali, appositamente svolta nel corso di questo studio.

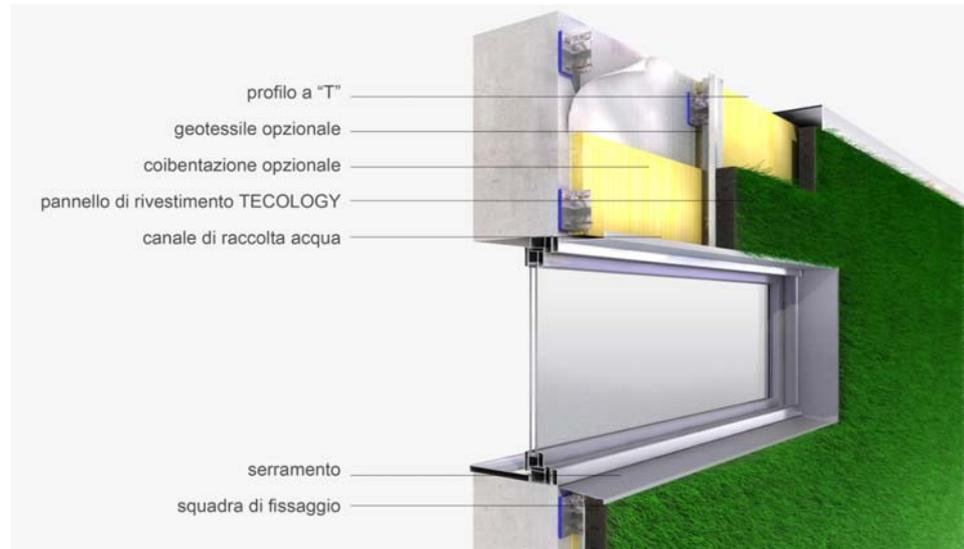


Immagine 15

Spaccato prospettico di un sistema di facciata composto da elementi modulari per la coltura del manto vegetale in verticale, si noti la semplicità di integrare aperture ed altri elementi delle chiusure verticali con la modularità del sistema di facciata (Fonte Toto A.)

4.5.1 Isolamento termico dell'edificio

Descrizione del fenomeno

L'isolamento termico prodotto dall'applicazione di manti vegetali all'involucro edilizio costituisce di per se un fenomeno piuttosto limitato nella sua entità e va precisato sin da subito che se in alcuni casi è possibile sostituire attraverso l'impiego di strati vegetali sistemi d'ombreggiamento artificiali come tende o lame frangisole, ottenendo per altro alcuni significativi vantaggi sul piano della qualità microclimatica degli spazi esterni all'edificio, non è invece in alcun caso possibile pensare di fare a meno in caso di inverdimento di pareti con elevati valori di trasmittanza (come nel caso di setti in cemento armato) di uno strato isolante integrativo.

Per quanto riguarda le pareti rivestite attraverso l'impiego di specie rampicanti, un manto fogliare sufficientemente denso e continuo può assolvere alla funzione di isolamento termico agendo sul valore di dispersione liminare esterno della parete rivestita.

La chioma applicata a ridosso dell'involucro può tendere cioè a conservare dall'azione del vento lo strato d'aria che formandosi a ridosso della superficie esterna della parete, concorre (sia pure in piccola parte) ad aumentarne la resistenza termica.

Per quanto riguarda invece le pareti inverdite attraverso specie vegetali coltivate su substrato in quota, alla conservazione dello strato d'aria

laminare, comunque garantita (a meno che i moti ascensionali dell'aria interna all'intercapedine tra sottofondo di coltura e parete portante non presentino velocità superiori ai 4m/s), si devono aggiungere le caratteristiche proprie dei materiali che compongono i substrati.

In particolare si rileva che la quasi totalità dei materiali impiegati per ospitare gli apparati radicali delle piante coltivate in quota, sono storicamente già impiegati da tempi in edilizia come materiali isolanti proprio per la loro bassa conducibilità termica.

MATERIALI PER SUBSTRATI DI COLTURA	CONDUCIBILITA' (W/mk)	TERMICA
Argilla espansa (sfusa)	0,110	
Fibra di cocco	0,045	
Fibra di Kenaf	0,039	
Lana di roccia	0,045	
Perlite espansa (sfusa)	0,051	
Pomice (sfusa)	0,100	
Calcestruzzo	2,000	

Immagine 16

Attraverso questa tabella si mettono a confronto le prestazioni in termini di isolamento termico dei principali materiali utilizzati come substrati fuori suolo nella costruzione di pareti naturalizzate. Il calcestruzzo chiaramente non rientra tra questi materiali, ma è stato inserito in tabella come semplice metro di paragone.

Occorre precisare che nel caso dell'impiego dei suddetti materiali in qualità di substrati di coltura, le caratteristiche di coibenza che li caratterizzano vengono in parte neutralizzate da alcune criticità.

- Le piante utilizzano il substrato di coltura per la soddisfazione delle loro esigenze idriche e nutritive e questo fa sì che tale strato venga ad essere periodicamente imbevuto d'acqua, condizione che può parzialmente alterarne le prestazioni. A tal proposito va però aggiunto che nei periodi freddi dell'anno (quando cioè risulta più utile il contributo del rivestimento all'isolamento della parete) numerose specie tra quelle impiegate sui sistemi di facciata verde continua vanno in dormienza e non necessitano di conseguenza di apporti idrici.

- La camera d'aria tra parete portante e substrato, costituisce a sua volta un potenziale *vulnus*, ma anche una potenzialità per questi sistemi in termini di isolamento termico prodotto. In questo caso infatti sarebbe interessante valutare la possibilità di chiudere l'intercapedine ventilata trasformandola in una camera d'aria ferma, sfruttandone di conseguenza anche l'elevata resistenza termica, oppure annullarla di fatto inglobando all'interno dello spessore del cappotto termico dell'involucro il telaio di sostegno del substrato di coltura. In questo caso si perderebbero i benefici estivi prodotti dall'intercapedine ventilata, ed è dunque necessario che il progettista di volta in volta si faccia carico di porre in essere le soluzioni tecniche più adatte ad assolvere le funzioni energetiche richieste dal contesto in cui si trovi ad operare.

Valori sperimentali

Dai dati raccolti per mezzo di misurazioni svolte in Germania su pareti diverse per stratigrafia e grado di coibentazione e rivestite con arbusti rampicanti, finalizzate, alla valutazione della trasmittanza termica prima e dopo l'inverdimento, si possono dedurre alcuni elementi utili a comprendere limiti e potenzialità che caratterizzano le prestazioni energetiche invernali delle tradizionali tecniche di inverdimento parietale.

Si è innanzitutto riscontrato che l'isolamento offerto dal manto vegetale di copertura risulta più efficace nel caso di pareti poco isolate, come risulta dai valori riportati in tabella

Il miglioramento percentuale più elevato tra quelli rilevati risulta essere dell'ordine del 6%, poiché nelle situazioni per le quali si siano riscontrati valori più importanti (è il caso di pareti costituite esclusivamente da pietra naturale o calcestruzzo), si dovrebbe comunque considerare come obbligatoria, l'aggiunta di ulteriori strati isolanti.

Parete	Stratigrafia	K (W/m ² K) valore di trasmissione senza rivestimento vegetale	K (W/m ² K) valore di trasmissione con rivestimento vegetale	Miglioramento ottenuto espresso in %
Parete leggera in legno	1 cm intonaco di gesso 3 cm listellatura 8 cm fibra minerale 8 cm intercapedine 8 mm vetrata	0,32	0,31	3,12
Parete in laterizio isolata	1 cm intonaco di gesso 3 cm isolante 24 cm laterizio alveolare 2 cm intonaco calce-cemento	0,54	0,51	5,56
Parete in laterizio non isolata	1 cm intonaco di gesso 24 cm laterizio alveolare 1 cm intonaco di gesso	1,24	1,16	6,45
Parete in cls	30 cm cls con inerte non poroso senza intercapedine (struttura compatta)	2,06	1,74	15,53
Parete in pietra naturale	30 cm pietra naturale	2,53	2,06	18,58

Immagine 17

Miglioramento dell'isolamento termico ottenuto attraverso un rivestimento di piante rampicanti sempreverdi, su diversi tipi di pareti.
(fonte Bellomo A. op. cit.)

Per quanto riguarda le prestazioni in termini di isolamento termico ottenute tramite la costruzione di pareti verdi continue, non trovando riscontro di dati esistenti in letteratura si riportano di seguito gli esiti di alcune misurazioni strumentali svolte su di una parete di studio parzialmente inverdita, appositamente predisposta nel corso del presente lavoro di ricerca.

Dai dati rilevati nel corso delle giornate più fredde e meno soleggiate della campagna di rilievo, è emerso che nella porzione di parete dotata di rivestimento vegetale, le temperature superficiali sia interne che esterne tendevano a rimanere più elevate rispetto a quanto misurato sulla porzione prova di rivestimento, con valori compresi, nelle ore più fredde tra i 2 ed i 3°C.

Questi numeri pur non rappresentando in valore assoluto miglioramenti di particolare rilevanza, vanno però letti alla luce di alcune considerazioni.

Relativamente alla stratigrafia della parete, composta da blocchi in calcestruzzo di argilla espansa tipo "Lecablocco Tagliafuoco" da 20 cm, già dotati di buoni valori di conducibilità termica (0,42 W/mK).

Relativamente alle condizioni climatiche nelle quali si sono svolte le misurazioni strumentali, che essendo state eseguite nel corso mese di

settembre e la prima settimana di ottobre 2009, non hanno mai fatto registrare temperature al di sotto dei 13°C, permettendoci di conseguenza solo una valutazione piuttosto approssimativa del potenziale in termini di isolamento termico effettivamente offerto dal sistema di facciata impiegato.

Caratteristiche utili

Le caratteristiche dei rivestimenti vegetali utili a contribuire all'isolamento termico degli edifici emerse dall'analisi dei dati a disposizione sono le seguenti:

ISOLAMENTO TERMICO DELL'EDIFICIO	
CARATTERISTICHE DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO	
Caratteristiche delle specie vegetali	
Orientamento richiesto	Essendo necessaria all'efficacia di una parete verde in termini di isolamento termico, una elevata compattezza e continuità del manto sarà necessario porla specialmente su pareti poco esposte al sole in cui questa non produca mancati guadagni termici.
Forma e Portamento	Il portamento rampicante per le specie impiegate in facciata è l'unica a garantire un livello di aderenza atto a generare effetti in termini di isolamento termico dell'involucro
Caratteristiche del manto vegetale	
Sviluppo in altezza ed in ampiezza	E' importante che le chiome delle specie utilizzate per il rivestimento di pareti, siano sufficientemente estese da garantire la massima copertura possibile delle superfici sottostanti
Tempi di crescita del manto vegetale	E' fondamentale che i tempi di crescita siano contenuti ai fini dell'efficacia del rivestimento, anche se non si dispone di dati relativi al rapporto di copertura minimo per garantire il conseguimento di risultati in termini di isolamento termico.
Densità del manto vegetale	Dovendo consentire la formazione di una camera d'aria tra se e la parete il più possibile riparata dal vento, è necessario che la sua densità sia sufficiente a bloccarne l'azione (non inferiore al 60%)
Caratteristiche delle foglie	
Caratteristiche geometriche e dimensionali	Disporre di fogliame di grande dimensione può congiuntamente ad un'adeguata densità del manto, essere funzionale alla formazione di uno strato d'aria sufficientemente ferma tra pianta e parete da aumentarne la coibenza termica
Caratteristiche superficiali delle foglie	Caratteristiche non direttamente collegata all'isolamento termico dell'involucro edilizio
Fototropismo delle foglie	
Stagionalità delle foglie	È importante al fine di ottenere dall'applicazione di un manto vegetale all'involucro edilizio un se pur minimo contributo isolante, selezionare specie sempreverdi

ISOLAMENTO TERMICO DELL'EDIFICIO		
VARIABILI TECNOLOGICHE NELL'IMPIEGO DI SUPERFICI VEGETALI COLTIVATE IN TERRA		
Coltivazione in piena terra	Tale opzione comporta il limite di vincolare completamente alle caratteristiche della pianta il potenziale funzionamento in termini di isolamento termico del rivestimento, pur non comportando limiti in termini di scelta delle specie	BUONA
Coltivazione in vaso	Questa opzione rende più facile rispetto alla precedente l'ottenimento in tempi ragionevoli di un adeguato rivestimento delle parete	ELEVATA
Piante che necessitano di sup. di ancoraggio	Perché da un rivestimento vegetali si possano ottenere vantaggi in termini di isolamento termico è necessario che si formi tra manto di copertura e parete una camera d'aria il più possibile protetta da vento ed agenti atmosferici esterni, per tanto una densa copertura vegetale direttamente ancorata all'involucro rappresenta da questo punto di vista la migliore opzione	ELEVATA
Piante che necessitano di strutture di sostegno	L'efficacia isolante delle superfici vegetali applicate attraverso tale tipologia strutturale risulta direttamente proporzionale alla vicinanza tra parete e rivestimento, ci si dovrebbe ricondurre alla situazione offerta dalle piantesi arrampicano direttamente sull'involucro	BUONA
VARIABILI TECNOLOGICHE NELL'IMPIEGO DI SUPERFICI VEGETALI COLTIVATE I FUORI SUOLO		
I substrati organici	Estremamente efficaci ai fini dell'isolamento termico, essendo generalmente composti da materiali porosi e dall'elevata resistenza termica (tanto da venire comunemente usati come isolanti in edilizia)	ELEVATA
I substrati Inorganici	Estremamente efficaci ai fini dell'isolamento termico, essendo generalmente composti da materiali porosi e dall'elevata resistenza termica (tanto da venire comunemente usati come isolanti in edilizia)	ELEVATA
Il Feltro	Nell'impiego sulle facciate verdi continue tale materiale viene generalmente impiegato con spessori piuttosto limitati dell'ordine dei 2 o 3 cm, moderandone l'impatto in termini di coibenza termica	MODERATA
Le piante epifite	Tendono a formare superfici continue coprente ed umida adatte a schermare i flussi termici dagli involucri edilizi all'ambiente esterno.	BUONA
Le piante xerofite (sedum)	Piante che non costituendo superfici particolarmente compatte tendono a contribuire blandamente al livello di coibentazione delle pareti	MODERATA
Le piante tappezzanti	Queste piante tendono a risentire abbastanza delle condizioni invernali e sono in molti casi a foglia caduca, non costituiscono comunque in generale un valido strato di contenimento per le dispersioni termiche invernali	MODERATA
I tappeti erbosi	Particolarmente adatti per via dell'elevata compattezza del manto fogliare, anche durante i periodi di dormienza invernali	ELEVATA
Cassette in polipropilene	Particolarmente adatte, essendo costituite da materiali con bassi valori di trasmittanza termica, e prestandosi alla creazione di superfici continue di substrato di coltura lungo la facciata	ELEVATA
Griglie metalliche foderate	Particolarmente adatte, prestandosi alla creazione di superfici continue di substrato di coltura lungo la facciata	ELEVATA
Vasi metallici foderati	Non consentono in genere la formazione di superfici continue sul piano di facciata, caratteristica indispensabile al buon funzionamento invernale di un rivestimento vegetale	MODERATA
Tasche in feltro	Costituiscono piani di rivestimento della facciata continui ma di scarsa consistenza e spessore	MODERATA

4.5.2 Protezione dell'involucro edilizio dagli agenti atmosferici

Descrizione del fenomeno

Rivestire le pareti di un edificio attraverso l'impiego di arbusti rampicanti o sistemi modulari per la costruzione di facciate verdi continue, significa comunque collocare un filtro tra l'involucro edilizio (e di conseguenza gli ambienti in esso contenuti), e gli agenti atmosferici peculiari del contesto in cui questo si va ad inserire.

Si sono già affrontate nel corso di questo lavoro le azioni di controllo sulle radiazioni solari attribuibili all'impiego del verde in facciata, ma tali rivestimenti svolgono anche funzioni protettive rispetto ad altri agenti atmosferici come pioggia e vento.

Anche un semplice rivestimento di rampicanti, se eseguito previa accurata selezione delle specie impiegate (si dovrà avere cura di scegliere piante sempreverdi e dalla buona densità del manto fogliare) può mantenere asciutte le pareti durante la stagione invernale, ed in questo senso risulta a maggior ragione efficace l'azione protettiva svolta dalle superfici continue di coltura caratteristiche dei sistemi di inverdimento fuori suolo o idroponica.

In entrambi i casi va comunque ricordata l'importanza di prevedere tra rivestimento e parete la presenza di un idoneo strato d'aria perché non sia la stessa umidità generata dalle piante o dai substrati di coltura a provocare nel tempo effetti negativi sulle chiusure retrostanti.

Un discorso a parte merita invece la protezione dal vento, rispetto a cui la protezione offerta da l'impiego delle piante risulta particolarmente efficace in funzione del livello di permeabilità che ne caratterizza la chioma, caratteristica che ne favorisce la dissipazione senza innescare significativi fenomeni di turbolenza *(nota_cit.peron_p75), raggiungendo di fatto prestazioni migliori rispetto a quanto non si possa ottenere dall'impiego di schermi artificiali.

La protezione dell'involucro edilizio dall'azione del vento in regime invernale, costituisce un'azione di controllo decisiva nella valutazione dell'impatto energetico di un rivestimento vegetale, dal momento in cui una significativa diminuzione delle infiltrazioni d'aria può (specialmente su edifici

esistenti che non offrono certezze in termini di una perfetta tenuta all'aria degli infissi o dell'involucro nel suo insieme) comportare un concreto abbattimento dei consumi energetici per il riscaldamento.

Valori sperimentali

L'effetto prodotto dal vento sugli edifici resta ad oggi uno degli aspetti più difficili da valutare e controllare anche attraverso l'impiego di sofisticati programmi di simulazione.

Non mancano comunque in letteratura studi sperimentali svolti eseguendo misurazioni su edifici reali o su modelli in scala nella galleria del vento e finalizzati a valutare gli effetti sul costruito dovuti alla presenza di elementi verdi con funzione di barriere antivento.

DeWalle e Heisler hanno effettuato una serie di test utilizzando un camper e una barriera di pini lunga 61m e alta intorno ai 3m.

Spostando di volta in volta il camper in relazione alla posizione della siepe, i due studiosi hanno confrontato gli effetti da questo prodotti rispetto a diverse distanze (in particolare si sono considerate distanze pari a 1, 2, 4 e 8 volte l'altezza, h, della barriera vegetale).

Rispetto ad una velocità del vento in campo aperto compresa tra 1,7 e 12m/s nei giorni delle prove, dai valori raccolti emerge che:

- Le infiltrazioni risultarono ridotte al massimo del 54% con la siepe posizionata a 1h.
- La massima riduzione della velocità del vento sempre del 54% si ottenne con siepe posizionata ad una distanza pari a 2h.
- Con distanze siepe-camper di 2, 4 e 8h si ottennero rispettivamente riduzioni del 41%, 31% e 30%.
-

Emerge chiaramente dai dati riportati il potenziale delle barriere vegetali in termini di riduzione delle infiltrazioni d'aria, anche se va precisato che l'effettivo impatto di tale riduzione sui consumi energetici invernali degli edifici varia a seconda dei casi in funzione della loro entità.

Alcuni studi hanno ad esempio evidenziato come l'effetto della schermatura del vento prodotta dalla vegetazione, pur producendo scarsi effetti sulla variazione della ventilazione estiva per il raffrescamento estivo degli edifici, abbia invece un impatto sull'energia necessaria al riscaldamento invernale che Akbari e Taha hanno stimato poter raggiungere valori del 10-15% (Akbari 1992).

Caratteristiche utili

Le caratteristiche della barriera che ne determinano le prestazioni in particolare in termini di riduzione delle dispersioni possono essere così elencate:

PROTEZIONE DELL'INVOLUCRO DAGLI AGENTI ATMOSFERICI	
CARATTERISTICHE DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO	
Caratteristiche delle specie vegetali	
Orientamento richiesto	Essendo necessaria all'efficacia di una parete verde in termini di protezione dagli agenti atmosferici, una elevata compattezza e continuità del manto sarà necessario per la specialmente su pareti poco esposte al sole in cui questa non produca mancati guadagni termici.
Forma e Portamento	Caratteristiche non direttamente collegata all'efficacia di una parete verde in termini di protezione dagli agenti atmosferici
Caratteristiche del manto vegetale	
Sviluppo in altezza ed in ampiezza	E' importante che le chiome delle specie utilizzate per il rivestimento di pareti, siano sufficientemente estese da garantire la massima copertura possibile delle superfici sottostanti, mentre dai dati raccolti in letteratura pare che lo spessore della chioma non incida più di tanto sulla sua capacità di ostacolare l'azione del vento
Tempi di crescita del manto vegetale	E' fondamentale che i tempi di crescita siano contenuti ai fini dell'efficacia del rivestimento.
Densità del manto vegetale	E' necessario che la densità del manto sia sufficienti a dissipare l'azione del vento (non inferiore al 60%)
Caratteristiche delle foglie	
Caratteristiche geometriche e dimensionali	Disporre di fogliame di grande dimensione può congiuntamente ad un'adeguata densità del manto, essere funzionale a contrastare l'azione del vento
Caratteristiche superficiali delle foglie	Caratteristiche non direttamente collegata all'efficacia nella protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici
Fototropismo delle foglie	
Stagionalità delle foglie	E' importante selezionare specie sempreverdi che possano conservare intatto il loro manto nel periodo invernale in cui la protezione dagli agenti atmosferici risulta maggiormente utile

PROTEZIONE DELL'INVOLUCRO DAGLI AGENTI ATMOSFERICI		
VARIABILI TECNOLOGICHE NELL'IMPIEGO DI SUPERFICI VEGETALI COLTIVATE IN TERRA		
Coltivazione in piena terra	Tale opzione comporta il limite di vincolare completamente alle caratteristiche della pianta il potenziale funzionamento in termini di protezione dagli agenti atmosferici del rivestimento, pur non comportando limiti in termini di scelta delle specie	BUONA
Coltivazione in vaso	Questa opzione rende più facile rispetto alla precedente l'ottenimento in tempi ragionevoli di un adeguato rivestimento delle parete	ELEVATA
Piante che necessitano di sup. di ancoraggio	Particolarmente adatti perché per ottenere da un rivestimento vegetali un'adeguata protezione dagli agenti atmosferici è necessario che questo di trovi quanto più possibile prossimo alla facciata.	ELEVATA
Piante che necessitano di strutture di sostegno	L'efficacia di tale soluzione è vincolata alla distanza ed alla dimensione degli elementi schermanti impiegati come dai valori sperimentali riportati nel presente studio	BUONA
VARIABILI TECNOLOGICHE NELL'IMPIEGO DI SUPERFICI VEGETALI COLTIVATE I FUORI SUOLO		
I substrati organici	La scelta tra tali variabili tecnologiche risulta ininfluenza ai fini della protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	–
I substrati Inorganici		–
Il Feltro		–
Le piante epifite	La scelta tra tali variabili morfologiche risulta ininfluenza ai fini della protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici, si deve comunque considerare ai fini della buona riuscita del rivestimento che le specie impiegate siano in ogni caso sufficientemente resistenti al vento ed alle basse temperature, data l'oggettiva difficoltà di predisporre elementi di protezione del manto vegetale sul piano verticale.	–
Le piante xerofite (sedum)		–
Le piante tappezzanti		–
I tappeti erbosi		–
Cassette in polipropilene	Particolarmente adatte, prestandosi alla creazione di superfici continue di substrato di coltura lungo la facciata	ELEVATA
Griglie metalliche foderate	Particolarmente adatte, prestandosi alla creazione di superfici continue di substrato di coltura lungo la facciata	ELEVATA
Vasi metallici foderati	Non consentono in genere la formazione di superfici continue sul piano di facciata, caratteristica indispensabile al buon funzionamento invernale di un rivestimento vegetale	BUONA
Tasche in feltro	Particolarmente adatte, prestandosi alla creazione di superfici continue di substrato di coltura lungo la facciata	ELEVATA

4.5.3 Controllo della velocità del vento

Descrizione del fenomeno

Il vento è un elemento ambientale che può avere un effetto sulle persone e sugli edifici più o meno favorevole a seconda della temperatura, della umidità dell'aria, nel caso in cui si intendano sfruttare le caratteristiche dei filtri vegetali per controllare il microclima e migliorare il benessere degli spazi aperti, occorre comunque tutelarsi dalla sua azione.

Infatti se in estate come abbiamo visto l'effetto di eccessivi moti d'arie può vanificare l'effetto rinfrescante prodotto dalla vegetazione, in inverno moderare l'azione del vento sugli spazi aperti diventa fondamentale per il loro utilizzo.

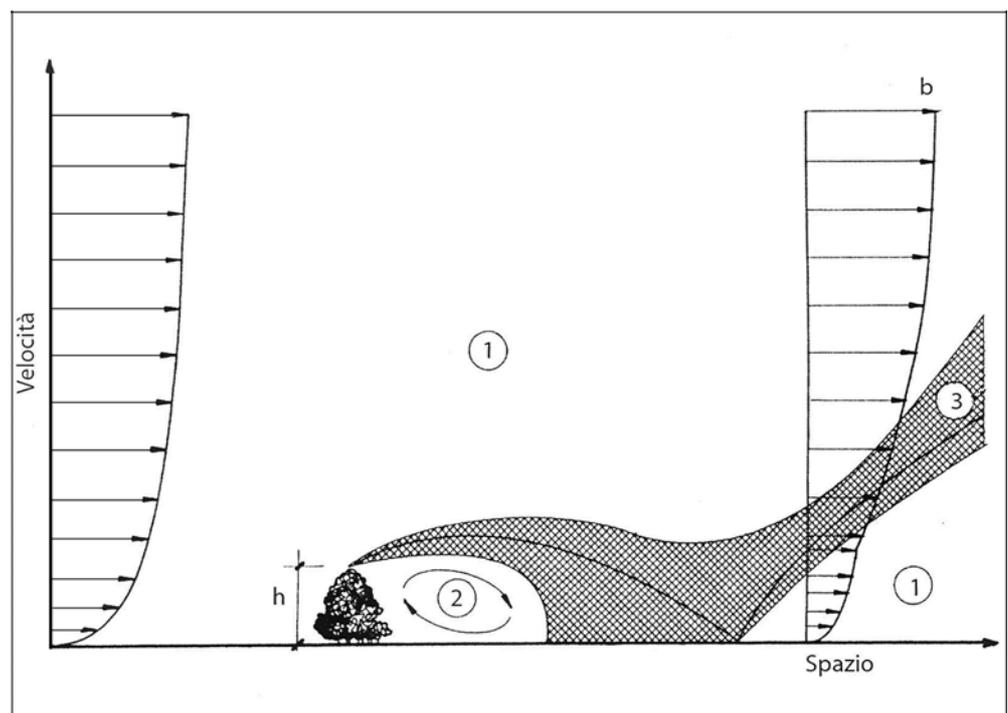


Immagine 18

Diagramma della modifica del profilo di velocità del vento a valle di una barriera vegetale:

1 - aree a regime laminare

2 - aree a regime turbolento

3 - aree a regime misto.

(fonte Scudo G., Ocha de la Torre J. M., op. cit.)

Oltre alle grandi chiome degli alberi (che comunque a scala urbana restano gli elementi più indicati per la costruzione di barriere al vento) anche cespugli e arbusti rampicanti costituiscono elementi importanti nell'azione di contrasto ai moti dell'aria.

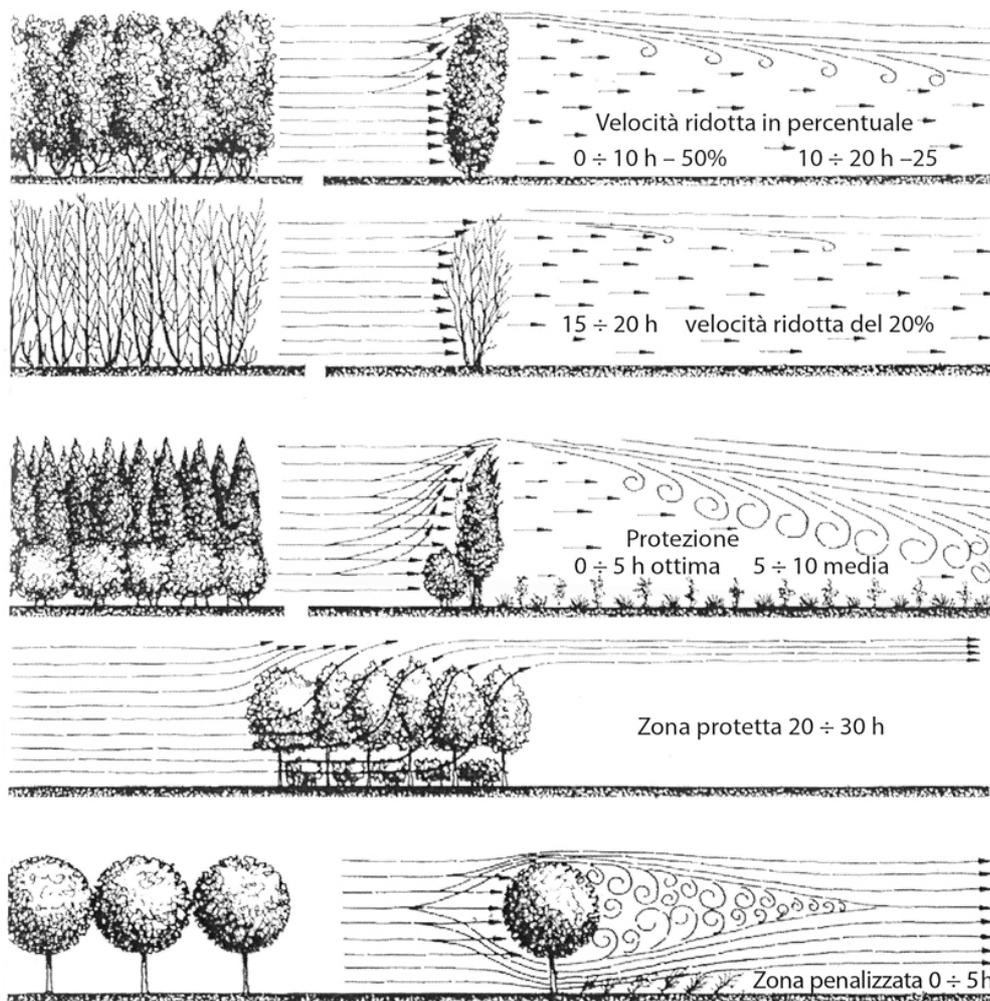


Immagine 19

Alcune tipologie di barriere verdi, con indicazioni qualitative sulla modifica ei flussi di vento. (fonte Scudo G., Ocha de la Torre J. M., op. cit.)

Le piante attraverso la loro chioma costituiscono degli schermi estremamente efficaci nei confronti del vento potendo essere utilizzate per deviarlo o filtrarlo e moderandone quindi gli effetti.

L'aria in moto infatti interagisce con le superfici di tutte le foglie presenti nella chioma, disperdendo energia a causa della elevata superficie di contatto da esse offerta e non si limita dunque ad impattare con il volume della pianta nel suo insieme come farebbe nel caso di una roccia o di un edificio.

Proprio in virtù del loro livello di permeabilità, le piante utilizzate come barriere antivento riescono quindi ad avere prestazioni anche migliori di muri o pannelli di legno comunemente impiegati a tal scopo e possono risentire della loro presenza sul lato sopravvento e su quello sottovento due zone di larghezza rispettivamente circa 2-5 volte e 10-15 volte l'altezza della barriera.

Valori sperimentali

I dati raccolti da Hoyano nell'ambito del suo esperimento del 1982, finalizzato alla valutazione dell'impatto sul microclima di una loggia tamponata attraverso un filtro vegetale costituito da vite selvatica, già dettagliatamente descritto nelle sue modalità di esecuzione nel corso del paragrafo riguardante il controllo della temperatura dell'aria, ha fatto emergere alcuni valori utili almeno a definire se non proprio a quantificare gli effetti sull'intensità dei moti d'aria che attraversano gli spazi rivestiti che si possono ottenere dall'applicazione di un filtro vegetale.

Nella fattispecie dello spazio preso in esame da Hoyano infatti, pur non trovandoci in presenza di un filtro vegetale di particolare densità, dovendo comunque garantire agli ambienti interni un adeguato livello di illuminazione naturale, la ventilazione interna alla loggia rivestita risultava comunque aver ridotto di oltre il 50% la sua intensità rispetto a quanto rilevato in una loggia limitrofa ed uguale per caratteristiche spaziali alla prima, ma priva di rivestimenti vegetali.

Sono poi esistenti in letteratura una serie di valori relativi alle caratteristiche che richieste alle piante utilizzate come barriere antivento per poter ottenere prestazioni ottimali e si possono sintetizzare come di seguito.

- Con una densità verde intorno al 60% si ha la massima efficienza.
- Aumentare la profondità della barriera non ha grande effetto,
- Forma e disposizione variegata della chioma danno alle specie utilizzate migliori performance.

Per quanto riguarda le applicazioni possibili di muri vegetali realizzati con substrato di coltivazione in quota, occorre rilevare la scarsa attitudine di tali tecnologie a svolgere funzioni di contenimento dei moti d'aria in relazione agli spazi aperti, facendo venire meno a causa delle caratteristiche di coltura che li caratterizzano proprio la qualità che abbiamo individuato essere la qualità più importante in tal senso per alberi ed arbusti rampicanti e cioè la permeabilità della loro chioma.

Malgrado questo esistono sul mercato prodotti che per la flessibilità delle loro strutture di sostegno si prestano anche a tale impiego.

Caratteristiche utili

Le caratteristiche della barriera che ne determinano le prestazioni in particolare in termini di riduzione delle dispersioni possono essere così elencate:

VARIAZIONE DELLA VELOCITÀ DEL VENTO	
CARATTERISTICHE DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO	
Caratteristiche delle specie vegetali	
Orientamento richiesto	Per l'impiego di barriere vegetali allo scopo di moderare la velocità del vento, è necessario innanzitutto che la direzione di provenienza dei venti dominanti sia coerente all'orientamento richiesto dalle specie che si intende impiegare
Forma e Portamento	L'unica caratteristica relativa a forma e portamento delle piante utile ai fini di contrastare l'azione del vento sugli spazi aperti, è la forma che i manti vegetali assumono una volta impiantati, che dovrà risultare quanto più frastagliata possibile per migliorarne l'effetto di dissipazione
Caratteristiche del manto vegetale	
Sviluppo in altezza ed in ampiezza	E' importante che le dimensione della chioma risulti in qualche misura proporzionata alla dimensione ed alla distanza della superficie o dallo spazio da riparare, come risulta dai test condotti da DeWalle e Heisler riportati nel precedente paragrafo
Tempi di crescita del manto vegetale	E' fondamentale che i tempi di crescita siano contenuti ai fini dell'efficacia del rivestimento.
Densità del manto vegetale	E' necessario che la densità del manto sia sufficienti a dissipare l'azione del vento (non inferiore al 60%)
Caratteristiche delle foglie	
Caratteristiche geometriche e dimensionali	Disporre di fogliame di grande dimensione può congiuntamente ad un'adeguata densità del manto, essere funzionale a contrastare l'azione del vento
Caratteristiche superficiali delle foglie	Caratteristiche non direttamente collegata all'efficacia della parete vegetale nel controllo della velocità del vento
Fototropismo delle foglie	
Stagionalità delle foglie	È importante selezionare specie sempreverdi che possano conservare intatto il loro manto nel periodo invernale in cui la protezione di spazi ed edifici risulta maggiormente utile

VARIAZIONE DELLA VELOCITÀ DEL VENTO		
VARIABILI TECNOLOGICHE NELL'IMPIEGO DI SUPERFICI VEGETALI COLTIVATE IN TERRA		
Coltivazione in piena terra	La scelta tra tali variabili tecnologiche risulta ininfluente ai fini del controllo della velocità del vento	–
Coltivazione in vaso		–
Piante che necessitano di sup. di ancoraggio	Tali specie tendono a formare a ridosso di reti e grigliati, delle superfici compatte e piuttosto efficaci nel contrasto del vento sugli spazi aperti	–
Piante che necessitano di strutture di sostegno	Rispetto a quanto detto per le piante dotate di ventose e radici aeree, le specie volubili, presentano a parità di massa, il vantaggio di costituire generalmente chiome più spesse, ma soprattutto più articolate, caratteristica che ne migliora le prestazioni in termini di dissipazione del vento	ELEVATA
VARIABILI TECNOLOGICHE NELL'IMPIEGO DI SUPERFICI VEGETALI COLTIVATE I FUORI SUOLO		
I substrati organici	La scelta tra tali variabili tecnologiche risulta ininfluente ai fini del controllo della velocità del vento	–
I substrati Inorganici		–
Il Feltro		–
Le piante epifite	La scelta tra tali variabili morfologiche risulta ininfluente ai fini del controllo della velocità del vento, si deve comunque considerare ai fini della buona riuscita del rivestimento che le specie impiegate siano in ogni caso sufficientemente resistenti al vento ed alle basse temperature, data l'oggettiva difficoltà di predisporre elementi di protezione del manto vegetale sul piano verticale.	–
Le piante xerofite (sedum)		–
Le piante tappezzanti		–
I tappeti erbosi		–
Cassette in polipropilene	Risultano adatte, se impiegate attraverso apposite sottostrutture di sostegno (tra i prodotti di questo genere non si conoscono versioni autoportanti per la creazione di schermi svincolati dalla facciata) prestandosi alla creazione di superfici continue di substrato	BUONA
Griglie metalliche foderate	Particolarmente adatte, prestandosi alla creazione di superfici continue di substrato, in genere i prodotti di questo genere presenti sul mercato prevedono la possibilità di assemblarsi formando pareti autoportanti	ELEVATA
Vasi metallici foderati	Non consentono in genere la formazione di superfici continue, caratteristica indispensabile al buon funzionamento invernale di un rivestimento vegetale	BUONA
Tasche in feltro	Pur costituendo superfici continue, la leggerezza caratteristica di tali tecnologie impedisce di farne delle schermature al vento particolarmente efficaci	MODERATA

5. TECNOLOGIE PER L'APPLICAZIONE DI SUPERFICI VEGETALI ALL'INVOLUCRO EDILIZIO

5.1 LE RAGIONI DI UNA CLASSIFICAZIONE DELLE PARETI VERDI A PARTIRE DALLE ALTERNATIVE TECNOLOGICHE DI INTEGRAZIONE TRA VERDE ED INVOLUCRO EDILIZIO

Nel corso di questo capitolo verranno analizzati e messi a confronto una serie di prodotti rappresentativi dell'offerta tecnologica ad oggi reperibile sul mercato per l'applicazione di manti vegetali in verticale a ridosso degli involucri edilizi o degli spazi aperti ad essi limitrofi.

Lo scopo di tale analisi è innanzitutto quello di comprendere le principali differenze tecnologiche che caratterizzano questi prodotti e poterli di conseguenza valutare sulla base dei criteri individuati nel corso dei precedenti capitoli, relativi all'efficacia in termini di funzioni di controllo microclimatico degli spazi costruiti di:

- caratteristiche delle componenti vegetali
- variabili tecnologiche di substrati e componenti strutturali

Nell'organizzare la schedatura dei diversi prodotti è stato necessario sviluppare protocolli di analisi differenziati in base alle modalità di coltivazione del manto vegetale da essi sfruttato.

Si è infatti già visto nel corso dei precedenti capitoli come la scelta di impiegare piante coltivate a terra piuttosto che direttamente in quota sul piano verticale di facciata, sia all'origine di strategie di sviluppo completamente differenti per tutte le principali componenti di queste tecnologie, tanto da richiedere strumenti di analisi dedicati.

Tanto nel caso delle tecnologie per l'applicazione di specie vegetali coltivate a terra, quanto per quelle che prevedono la coltivazione su substrati posti sul piano verticale di facciata, si è comunque proceduto all'individuazione di un ventaglio di prodotti sufficientemente articolato da rappresentare tutti i diversi gradi di integrazione tra manto vegetale ed involucro edilizio.

Questo fattore, risulta fondamentale al fine di definire gli ambiti d'applicazione più adeguati ai diversi prodotti che possono servire esclusivamente da rivestimento per le pareti esterne degli edifici, o essere funzionali alla protezione degli spazi aperti al loro intorno.

Nel caso specifico dei prodotti da applicare alle pareti, va poi operato un ulteriore distinguo tra elementi vincolati ed aderenti all'involucro ed elementi ad esso vincolati ma separati dalla sua superficie, aspetto che risulta determinante nella gestione del rivestimento di pareti che presentano bucatore, su cui i sistemi non aderenti al piano di facciata offre in genere maggiore versatilità, potendo costituire elementi parzialmente schermanti applicati ad una distanza tale da non rendere obbligatoria l'interruzione netta del manto vegetale.



Definire il livello di interazione con l'involucro per le diverse soluzioni tecnologiche proposte dal mercato delle pareti verdi, consente infine di valutare l'effettiva importanza delle funzioni di controllo microclimatico offerte dall'impiego di tali prodotti rispetto al loro ambito d'applicazione.

Nel caso in cui ad esempio un prodotto sia pensato appositamente per il rivestimento parietale, acquisteranno particolare rilievo le funzioni di controllo microclimatico estivo ed invernale da questo esercitate sull'involucro e spazi interni, come:

- Schermatura dalla radiazione solare
- Isolamento termico dell'edificio
- Protezione dell'involucro edilizio dagli agenti atmosferici

Nel caso invece di prodotti finalizzati all'applicazione su spazi aperti o semiaperti in prossimità degli edifici, acquisteranno maggiore rilevanza funzioni come:

- Controllo della temperatura dell'aria
- Controllo dell'umidità dell'aria
- Variazione della velocità del vento

Si è dunque proceduto all'individuazione di una serie di categorie utili alla classificazione di tutti i prodotti per la creazione di pareti verdi individuati sul mercato italiano ed europeo, basate sui seguenti parametri:

- Modalità di coltivazione della componente vegetale
- Livello di interazione tra rivestimento ed involucro edilizio

Le categorie di classificazione così individuate sono:

- Strutture di sostegno per specie rampicanti vincolate ed aderenti all'involucro edilizio
- Strutture di sostegno per specie rampicanti vincolate e non aderenti all'involucro edilizio
- Strutture di sostegno per specie rampicanti svincolate dall'involucro edilizio
- Sistemi modulari per la per la coltivazione di manti vegetali in verticale vincolati e aderenti all'involucro edilizio
- Sistemi modulari per la per la coltivazione di manti vegetali in verticale vincolati e non aderenti all'involucro edilizio
- Sistemi modulari per la per la coltivazione di manti vegetali in verticale svincolati dall'involucro edilizio

Di seguito si riporta una tabella contenente i nomi di aziende e prodotti per la creazione di verde verticale individuati nel corso della presente ricerca, ed ordinate attraverso le suddette categorie.

STRUTTURE DI SOSTEGNO PER SPECIE RAMPICANTI VINCOLATE ED ADERENTI ALL'INVOLUCRO EDILIZIO	
Geoplas - Italia	Wall-y
Tenax - Italia	Traliccio estensibile
STRUTTURE DI SOSTEGNO PER SPECIE RAMPICANTI VINCOLATE E SEPARATI DALL'INVOLUCRO EDILIZIO	
Arches - Italia	Greenover (cavi) Greenover (rete)
Brandmeier - Germania	Gittersysteme
G-Sky - Canada	Green Wall
Gripple Limited – United Kingdom	Gripple
STRUTTURE DI SOSTEGNO PER SPECIE RAMPICANTI SVINCOLATE DALL'INVOLUCRO EDILIZIO	
Arcaset - Italia	Pannelli grigliati
Ceppo - Italia	Pannelli grigliati
Poliflor - Italia	Confina Confina soiless
G-Sky - Canada	Green Wall containers
SISTEMI MODULARI PER LA COLTIVAZIONE DI MANTI VEGETALI IN VERTICALE VINCOLATI E ADERENTI ALL'INVOLUCRO EDILIZIO	
Canevaflor - Francia	Mur végétal
Tecology - Italia	Pannello Tecology
ELT Easy Green - Canada	Living wall
Green Living Technologies LCC - USA	Wall
Reviplant - Italia	Reviwall
Verdeprofilo - Italia	Giardini in verticale
Reviplant - Italia	Reviwall
Patrick Blanc - Francia	Brevetto per giardini verticali
Naturewall - Italia	Naturewall
Elmich - Singapore	VGM Green Wall
Copijn - Olanda	Wonderwall
SISTEMI MODULARI PER LA COLTIVAZIONE DI MANTI VEGETALI IN VERTICALE VINCOLATI E SEPARATI DALL'INVOLUCRO EDILIZIO	
Mandelli – Daku - Italia	Vertical
Poliflor - Italia	Sistema poliflor
SISTEMI MODULARI PER LA COLTIVAZIONE DI MANTI VEGETALI IN VERTICALE SVINCOLATI DALL'INVOLUCRO EDILIZIO	
Canevaflor - Francia	Mur végétal antu bruit
Reviplan - Italia	Revitalus

Tale selezione, resa necessaria dalla presenza di un buon numero di soluzioni tecnologicamente equivalenti proposte da diversi produttori, è stata comunque effettuata, con l'obiettivo di rappresentare in modo più completo l'ampia varietà di alternative tecnologiche oggi offerte dal mercato.

Nel corso dei prossimi paragrafi saranno analizzati nel dettaglio i criteri seguiti nel corso della schedatura.

5.2 CRITERI DI SCHEDATURA

5.2.1 Criteri di schedatura dei prodotti finalizzati all'applicazione di specie vegetali coltivate a terra

Le strutture finalizzate al sostegno delle specie rampicanti, costituiscono nel loro insieme la famiglia di prodotti più semplice tra quelle analizzate, essendo costituite dalla sola componente strutturale utile a sostenere ed orientare la crescita delle piante, prevedendo solo in sporadici casi l'integrazione puntuale di elementi per il contenimento di substrato in quota, ma di fatto, senza dovere integrare per l'intero sviluppo delle superfici da rivestire substrati per la coltivazione di manti vegetali in verticale.

Pertanto gli unici elementi di tali sistemi che possono giocare un ruolo sul controllo microclimatico degli spazi costruiti, sono in pratica:

- La componente strutturale. Che può essere costituita come abbiamo visto nel corso del 3° capitolo da intrecci più o meno fitti di elementi rigidi (come le barre di una spalliera) o tesati (generalmente cavi metallici) saltuariamente integrati con semplici sistemi di contenimento di substrato come vasi o vasche.
- La componente vegetale. Costituita nella quasi totalità dei casi da piante rampicanti coltivate a terra o in comuni vasi posti in quota e delle cui modalità di schedatura parleremo in modo più approfondito nei prossimi paragrafi.



Immagine 02

Dettaglio di un puntone impiegato per tensionare i cavi su cui si sviluppa la densa chioma di un glicine che il progettista ha previsto per ombreggiare il piazzale sottostante. Questo esempio ci mostra come pur non collaborando fisicamente all'azione ambientale dal sistema un elemento strutturale possa esprimere attraverso la sua morfologia e le sue caratteristiche dei valori di maggiore o minore utilità rispetto alla possibilità di orientare la massa vegetale all'adempimento di determinate funzioni di controllo microclimatico degli spazi costruiti

Ogni scheda relativa ai prodotti finalizzati all'applicazione di rampicanti coltivate in terra, tratta dunque essenzialmente delle caratteristiche e delle potenzialità in termini di controllo microclimatico offerte dalla loro componente strutturale, secondo una serie di punti così articolati:

- **Applicazione.** Ovvero si indica se la struttura in questione necessita o meno di essere vincolata all'involucro da schermare, o posta in aderenza al suo piano di facciata.
- **Descrizione.** Si fornisce una descrizione generica dell'elemento strutturale, indicandone le caratteristiche relative alle modalità di ancoraggio alle superfici da rivestire o eventualmente le proprie caratteristiche strutturali in caso di elementi autoportanti. Si descrivono inoltre le possibilità di assetto spaziale offerte dall'impiego di ogni prodotto e le caratteristiche di portamento richieste per le specie rampicanti da alloggiarvi. In sintesi, si danno

attraverso la descrizione dei sistemi strutturali le informazioni relative alle sue possibili configurazioni spaziali ed al tipo di rivestimento vegetale su di esso impiegabile, entrambe informazioni utili a definirne le potenzialità in termini di controllo microclimatico.

- **Nodi e struttura.** Questo punto risulta fondamentale alla valutazione del contributo offerto dalle diverse componenti strutturali al funzionamento energetico del rivestimento vegetale, indicatndo nel dettaglio le caratteristiche tecnologiche e dimensionali delle strutture, fornendo indicazioni utili come quelle relative al passo tra gli elementi di sostegno (che possono giocare un ruolo decisivo sulla densità e sulla continuità del manto vegetale) ed alla distanza tra parete e rivestimento.
- **Materiali.** In questo punto sono riportate le informazioni relative al tipo di materiali impiegati per la costruzione della struttura di sostegno, che pur non incidendo particolarmente sulle prestazioni di controllo microclimatico della parete, costituiscono comunque un elemento importante per il regolare sviluppo delle specie impiegate affinché non soffrano danni a causa della vicinanza di elementi con alta conducibilità termica.
- **Integrazione impiantistica.**
- **Costo e garanzia.** Nel caso delle strutture di sostegno per rampicanti si considerano generalmente i prezzi al netto del rivestimento vegetale per il quale viene riferito a parte un costo medio per singola pianta impiegata.

Nell'ultima parte di ogni scheda si forniscono le valutazioni relative all'efficacia espressa da ogni sistema ai fini del controllo microclimatico degli spazi e delle pareti su cui venisse applicato, i valori in questo caso non sono riferiti al potenziale della struttura in se (che risulterebbe inevitabilmente molto basso), ma della struttura in quanto componente di sostegno di un manto vegetale, ed esprimono quindi il suo potenziale in termini di valorizzazione dell'azione di controllo fisicamente esercitata dalle piante (Imm.02),

5.2.2 Criteri di schedatura dei prodotti finalizzati all'applicazione di specie vegetali fuori terra su substrato verticale

I sistemi modulari impiegati per consentire la coltivazione in quota dei manti vegetali, costituiscono dei sistemi tecnologici piuttosto complessi, dovendo comprendere al loro interno una serie di componenti e di strati, finalizzati al contenimento dell'apparato radicale delle specie vegetali su di essi impiantate ed alla distribuzione delle sostanze nutritive.

Gli elementi che troviamo all'interno dei prodotti che rispondono a queste caratteristiche sono:

- La componente strutturale. Che come abbiamo visto nel corso del 3° capitolo si compone a sua volta di: strutture di ancoraggio vere e proprie con il compito di assicurare l'intero sistema al suolo o sulla superficie da rivestire (in genere semplici telai a montanti e traversi) e strutture di contenimento per il substrato di coltivazione (come vasche e cassette)
- Il substrato di coltura. Generalmente costituito da materiale incoerente ed estremamente poroso (come perlite, torba o fibre naturali) che richiede di essere assicurato in quota attraverso l'impiego di appositi strati di contenimenti, all'interno dei quali è necessario che passino anche gli impianti di irrigazione.
- La componente vegetale. Costituita nel caso delle pareti coltivate in verticale da un numero decisamente elevato di specie impiegabili (possono essere tappezzanti di vario tipo, piante epifite e tappeti erbosi), ma allo stesso tempo essendo poste a ridosso di substrati di coltura più o meno spessi, esercitano sulle prestazioni energetiche del sistema un ruolo decisamente meno decisivo di quanto visto nel caso dell'impiego di arbusti rampicanti



Immagine 03

Contrariamente a quanto rilevato a proposito delle strutture di sostegno per piante rampicanti, i sistemi modulari per la coltivazione di manti vegetali in verticale, prevedono una massiccia presenza di componenti artificiali, che devono poter svolgere una complessa serie di funzioni; dal sostegno strutturale dell'intero sistema al nutrimento delle piante in esse coltivate.

Risulta dunque del tutto evidente che dallo sviluppo di tali componenti dipende il futuro successo di queste tecnologie. (fonte Olivieri M.)

Ogni scheda relativa ai prodotti finalizzati all'applicazione di rampicanti coltivate in terra, tratta dunque essenzialmente delle caratteristiche e delle potenzialità in termini di controllo microclimatico offerte dalla loro componente strutturale, secondo una serie di punti così articolati:

- **Applicazione.** Ovvero si indica se la struttura in questione necessita o meno di essere vincolata all'involucro da schermare, o posta in aderenza al suo piano di facciata.
- **Descrizione.** In questo punto vengono indicate alcune caratteristiche che mettono in risalto pregi e difetti del sistema analizzato rispetto ad altri sistemi simili o concorrenti, oltre a riportare informazioni relative alla versatilità del prodotto in base alle configurazioni spaziali che possono assumere in relazione alle superfici o agli spazi nei quali venga posizionato e di conseguenza alle funzioni di controllo microclimatico che è chiamato a svolgere con maggiore efficacia.

- **Componenti strutturali.** In questa sezione delle schedature sono riportate informazioni relative alla consistenza ed al dimensionamento dell'intero sistema strutturale di questi prodotti, che abbiamo visto essere costituito in primo luogo da elementi di sostegno ed ancoraggio dell'intero sistema, il cui dimensionamento fornisce informazioni utili a definire i rapporti tra superficie schermante e superficie schermata. Rientrano poi alla voce componenti strutturali, anche gli elementi di contenimento di substrati ed apparati radicali posti in quota. L'analisi di questo secondo insieme di componenti risulta fondamentale ai fini del comportamento schermante della parete verde, definendone le caratteristiche relative a spessore e continuità.
- **Materiali e substrato di coltura.** Qui si analizzano le caratteristiche più interessanti dei materiali (spesso molti diversi materiali) che compongono i sistemi in esame. Si trattano in questi casi due distinte questioni legate alle caratteristiche dei materiali: questioni relative ai materiali delle componenti strutturali, alle quali si richiede il ricorso a materiali con una conducibilità termica sufficiente bassa da non incidere negativamente sulla salute del manto vegetale che sono chiamati a sostenere, ed informazioni relative ai materiali che compongono i substrati di coltura, in genere dotati di notevole resistenza termica e che possono fornire un contributo decisivo al controllo dei flussi di calore attraverso la parete, tanto in regime estivo, quanto in regime invernale.
- **Integrazione impiantistica.** L'integrazione di impianti per la fertirrigazione costituisce per questo tipo di prodotti una condizione fondamentale a garantirne funzionamento e durata. Per quanto come avremo modo di vedere attraverso i dati riportati nelle schede non ci sono differenze di sostanza tra le soluzioni adottate dalle diverse imprese del settore, la questione dell'integrazione impiantistica è uno dei nodi decisivi su cui occorrerà lavorare per favorire la diffusione nei prossimi anni dei sistemi modulari per la coltivazione di manti vegetali in verticale.

- Costo. Il costo costituisce uno degli aspetti di maggiore criticità rispetto all'impiego delle tecnologie qui trattate.

Anche in questo caso nell'ultima parte di ogni scheda si forniscono le valutazioni relative all'efficacia espressa da ogni sistema ai fini del controllo microclimatico degli spazi e delle pareti su cui venisse applicato.

In questo caso però si esprimono valori separatamente in merito al contributo offerto da ognuna delle componenti, si parla dunque di efficacia della struttura di sostegno e contenimento, che stabilisce la posizione, lo spessore e la continuità del sistema schermante e di efficacia del substrato che oltre a rappresentare in se un valido strato isolante se applicato con continuità a ridosso della parete, contribuisce a stabilire il tipo di rivestimento vegetale da applicare alla parete (Fig_03).

5.2.3 Criteri di schedatura delle componenti vegetali

La valutazione del contributo offerto dalla componente vegetale, rispetto al controllo microclimatico prodotto dai diversi sistemi presenti sul mercato, costituisce un nodo estremamente complesso.

Infatti tale valore varia sensibilmente passando dalle tradizionali tecnologie fondate sull'impiego di specie rampicanti, a quelle di più recente diffusione che prevedono la costruzione di piani di coltura direttamente in verticale. Se nel primo caso la vegetazione costituisce di fatto l'unico elemento di mediazione tra ambiente e superfici rivestite, captando le radiazioni solari, attenuando l'azione del vento e generando umidità attraverso le caratteristiche fisiche della sua massa fogliare più o meno compatta ed estesa, nel secondo caso l'azione filtrante è in buona parte esercitata dal substrato di coltura posto in quota e dipende solo parzialmente dalle caratteristiche del manto vegetale che lo riveste (nel caso dell'impiego di feltro poi, il substrato non solo intercetta vento e raggi solari, ma genera un elevato tasso di umidità in prossimità della parete). Tutto questo unito all'oggettiva difficoltà di studiare e comprendere il comportamento di tutta l'enorme varietà di specie vegetali impiegabili con l'impiego di substrati in quota, rende particolarmente complesso valutare l'effettiva incidenza delle diverse componenti vegetale in merito al controllo microclimatico degli ambienti costruiti.

La scelta operata in fase di schedatura per affrontare la questione delle componenti vegetali è stata innanzitutto quella di circoscriverla il più possibile, trattando tali componenti separatamente dalle strutture artificiali (che siano esse elementi strutturali o substrati di coltura).

In questo modo, su ogni scheda prodotto sono riportati dei semplici elenchi di specie vegetali potenzialmente integrabili, selezionate in base alle indicazioni di volta in volta fornite dalle stesse case produttrici, per ognuna delle specie elencate sono state poi preparate apposite schede che ne riassumono e ne analizzano le caratteristiche utili alle diverse funzioni di controllo microclimatico richieste alla parete.

Nel caso dei prodotti per il sostegno di piante rampicanti le informazioni piuttosto precise fornite dai produttori, spesso maturate attraverso anni di pratica, hanno permesso la creazione di schede dedicate ad ogni singola specie, e strutturate secondo i seguenti livelli di analisi:

- Caratteristiche del manto. Queste caratteristiche nel caso delle piante rampicanti incidono enormemente sulle prestazioni di controllo ambientale delle piante, attraverso la definizione di estensione, densità e tempi di crescita del manto, si può stabilire il potenziale di ogni specie a costituire schermature per proteggere spazi ed edifici dall'azione di sole, vento ed altri agenti atmosferici.
- Caratteristiche del fogliame. Anche le caratteristiche dimensionali e superficiali delle foglie incidono sulla regolazione del microclima esterno, influenzando sull'efficacia del manto nella moderazione degli agenti atmosferici e soprattutto determinando la quantità di vapore acqueo prodotto da ogni pianta.
- Variabili tecnologiche. Finalizzate all'impiego delle rampicanti a ridosso degli involucri edilizi.
- Aspetti gestionali. Relativi all'impianto ed alla cura delle specie vegetali impiegate

La scelta di produrre schedature dedicate per le varie specie rampicanti, è di fatto resa indispensabile non soltanto per l'enorme importanza che tali piante rivestono sotto ogni punto di vista all'interno delle tecnologie che contemplano la loro applicazione, ma anche dalle risposte estremamente differenziate che l'impiego dell'una dell'altra rampicante a ridosso di un sistema di facciata possono produrre rispetto ad alcune funzioni di controllo microclimatico.

Assai diverso è il caso delle specie applicate a substrati di coltura verticali che risultano essere così numerose¹, da rendere difficile per gli stessi produttori dei sistemi di facciata che ne fanno uso, dare indicazioni in merito a quali piante sia più opportuno impiegare. In realtà questa situazione trae origine da molteplici fattori ben precisi, quali:

- l'interesse degli stessi produttori a non focalizzare troppo l'attenzione sull'applicazione di determinate specie vegetali, per non

¹ Si pensi che nella modesta superficie del caffè armani a Milano, Blanc è riuscito ad impiegare ben 177 specie vegetali diverse.

impoverire il proprio prodotto di uno dei principali punti di competitività su cui questo può contare e cioè l'assoluta libertà compositiva apparentemente lasciata alla fantasia di architetti e botanici dal substrato "vergine" di questi sistemi di facciata.

- La scarsa esperienza sul campo spesso effettivamente maturata, da chi oggi si occupa di produrre sistemi modulari di coltura in verticale.

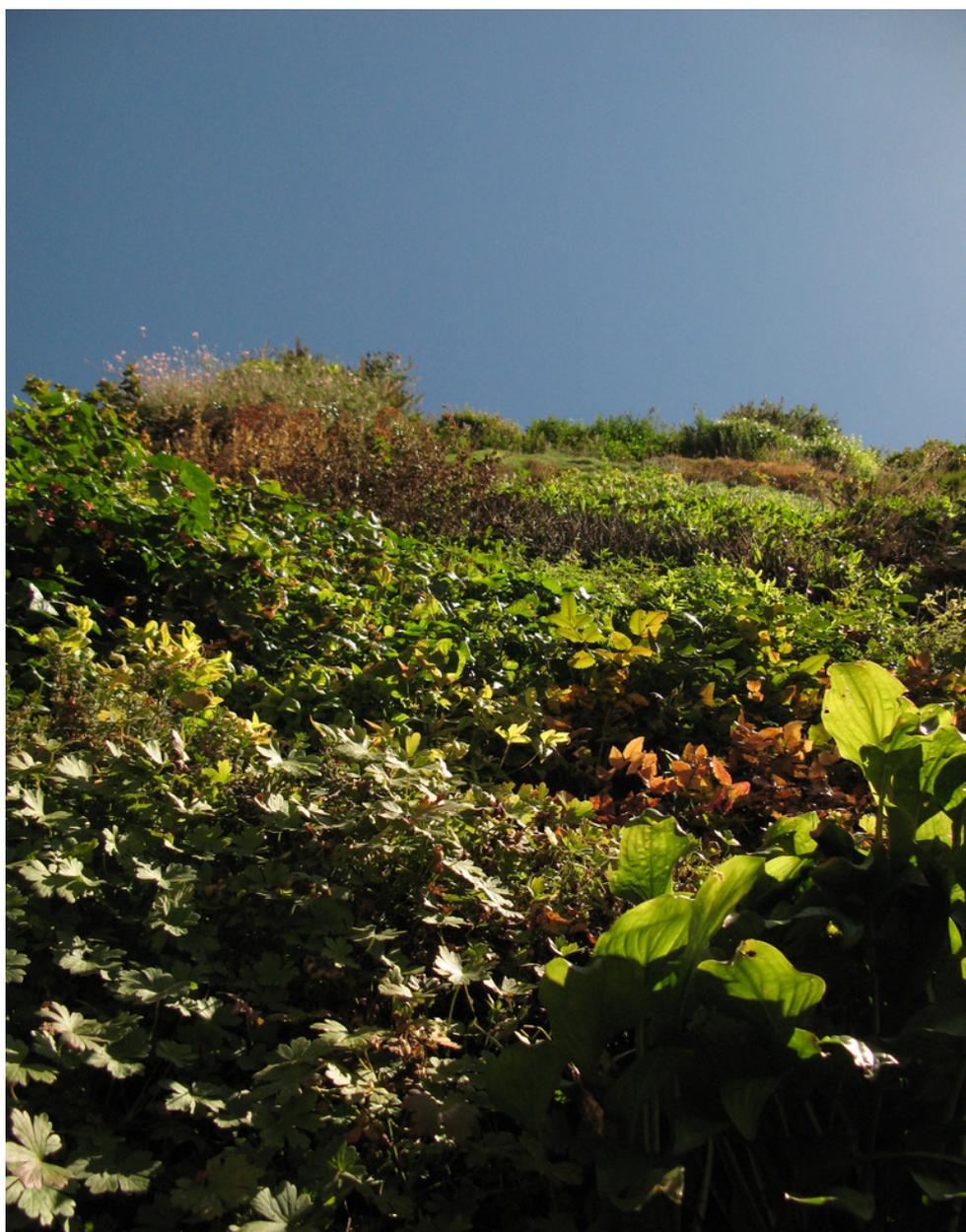


Immagine 04

La ricchezza di variazioni cromatiche e botaniche consentite dall'impiego di tecnologie modulari naturalizzate per la costruzione di pareti verdi, costituisce per questa tecnologia un enorme punto di forza, tanto da rendere difficile il reperimento da parte dei produttori di chiare indicazioni sulle specie più adate all'impiego inverticale.

In realtà va rilevato, che a fronte della grande varietà estetica delle specie impiegabili attraverso queste recenti tecnologie, esiste di fatto una certa omogeneità tra le caratteristiche delle piante che le popolano, specialmente rispetto a quelle caratteristiche fisiche della chioma che abbiamo visto essere funzionali a valutare il contributo degli organismi vegetali in termini di controllo microclimatico degli spazi al loro intorno.

Questo si deve alle difficili condizioni imposte alle piante dalla crescita sul piano verticale, che determinano di fatto le condizioni per la selezione basata sui seguenti parametri:

- Le specie impiegate devono possedere apparati radicali dallo sviluppo idoneo al limitato spessore dei substrati di coltura posti in quota, ed adatto a sostenere sul piano di facciata il carico dovuto al peso proprio delle piante. Questo comporta inevitabilmente l'impiego di specie striscianti dotate di stoloni, o di piante munite di radici aeree.
- Devono poter contare su di una chioma leggera per non caricare troppo le radici e non eccessivamente voluminosa, per non uscire eccessivamente dal filo delle facciate rivestite, caratteristiche che indirizzano verso la scelta di specie erbacee, caratterizzate dall'assenza di organo legnosi.
- Devono offrire a fronte di una voluminosità ridotta, un'elevata densità della chioma, ottenuta attraverso la dimensione o la quantità del fogliame allo scopo di impedire dall'esterno la vista dei substrati di coltura.
- Devono conservare quanto più possibile inalterata nel corso dell'anno la qualità del manto, ed essere dunque delle sempreverdi sufficientemente resistenti a freddo e stress idrico.

Tutte le specie impiegate sui substrati di coltura in verticale rispondono almeno parzialmente a questi requisiti, sia pure attraverso strategie diverse.

Attraverso l'analisi di queste strategie è possibile individuare un numero limitato di categorie vegetali adatte alla messa a dimora in verticale e si tratta di:

- Piante epifite

- Tappeti erbosi
- Le tappezzanti, all'interno delle quali è ancora possibile individuare
 - Le erbacee perenni
 - Le erbacee perenni xerofite (Sedum)

Si è dunque provveduto a creare delle schede riassuntive delle caratteristiche (già trattate nel corso del 3° capitolo) di tutte le suddette categorie, articolate sulla falsa riga di quelle impiegate per le specie rampicanti e contenenti informazioni relative a:

- Caratteristiche del manto. Attraverso cui in pratica si definisce la rispondenza delle piante appartenenti alla categoria in esame, alla maggior parte delle condizioni critiche dello sviluppo in verticale e che al contempo, come per le rampicanti se ne stabilisce il potenziale schermante rispetto all'azione di sole, vento ed altri agenti atmosferici.
- Caratteristiche del fogliame. elementi utili a valutare la capacità schermante del manto e la propensione della categoria di piante in esame a rilasciare vapore acqueo in atmosfera.
- Variabili tecnologiche. Finalizzate all'applicazione ed alla coltura in verticale delle piante
- Aspetti gestionali. Per la cura e la manutenzione del manto vegetale

Si è infine ritenuto utile a completare le informazioni sintetizzate nelle schede per le diverse categorie vegetali analizzate, porre in appendice ad alcune di esse, le immagini e le peculiarità di alcune specie selezionate tra quelle presenti in natura sul territorio italiano, con lo scopo di suggerirne la possibile varietà di forme grana e colori.

5.3 SCHEDATURA DELLE TECNOLOGIE PER L'APPLICAZIONE DI MANTI VEGETALI ALL'INVOLUCRO EDILIZIO

5.3.1 Schedatura delle strutture di sostegno all'involucro edilizio presenti sul mercato per l'applicazione di manti vegetali coltivati in quota o a terra

GITTERSYSTEME
BRANDMEIER



Spaccato assonometrico del sistema GITTERSYSTEME.

Il sistema strutturale semplice e versatile si offre ad ospitare piante dalle diverse caratteristiche in termini di manto e portamenti, alternando elementi tesati e rigidi dalla trama variabile, comunque assicurati alle superfici di sostegno da distanziatori in acciaio estremamente stabili, precisi comodi da porre in opera.

L'assonometria mette però in evidenza anche uno di principali limiti da questo prodotto, ovvero la necessità di disporre di terreno di colture a o di vasche di terra in cui far crescere le piante che andranno a comporre il manto vegetale, tale situazione limita di molto le possibilità di applicazione del sistema

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

APPLICAZIONE	Struttura di sostegno per specie rampicanti, vincolata ed aderente all'involucro edilizio
DESCRIZIONE	Il sistema si propone in continuità con le tecnologie di stampo tradizionale di sostegno a specie rampicanti, senza affrontare il tema della coltivazione in quota. La scelta delle specie impiegabili è dunque limitata ai rampicanti già tradizionalmente diffusi sul territorio nazionale e limita le prospettive di sviluppo tecnologico, rispetto ad altri prodotti di questo tipo presenta una buona versatilità per via della sottostruttura in tiranti dal funzionamento estremamente ed efficiente e che consentono numerose configurazioni spaziali. Come tutti i prodotti privi di sistemi integrati per la coltura in quota presenta però il limite di dovere essere posto in vicinanza di terreno o apposite vasche per la coltura delle rampicanti, con i limiti di altezza ed estensione di impiego che ne derivano.
NODI E STRUTTURA	Il sistema costruttivo si basa su di un principio strutturale estremamente semplice, partendo da una sottostruttura in cavetti d'acciaio tesati del diametro di 4mm con la funzione di direzionare la crescita delle specie volubili, assicurati alla parete attraverso l'uso di appositi distanziatori in acciaio inox composti da un piatto d'ancoraggio di 50mm di diametro per 4mm di spessore ed un braccio che definisce la distanza tra cavi e parete della lunghezza che varia a seconda delle specie impiegate tra 90 e 150mm e caratterizzati dalla presenza di una doppia foratura sfalsata sulla parte più esterna per consentire l'incrocio dei cavi. Un'altro foro è predisposto in testa ai profili e serve a consentire il fissaggio di appositi elementi rigidi e modulari in griglia metallica. Tali pannelli sono disponibili in due misure: 320x1600, 400x1600mm, ed 800x1600mm, e con maglie da 80x200mm o 100x200mm
MATERIALI	Sul piano dei materiali questo sistema segue una linea tanto classica quanto criticabile. Risulta infatti interamente composto da elementi in acciaio inox, che per quanto efficienti sotto il profilo statico non temendole le tensioni generate dalla crescita delle piante, non costituisce a causa della sua elevata conducibilità termica la migliore interfaccia con la componente vegetale. Struttura invasiva nei confronti dell'involucro da rivestire
INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA	Il sistema è pensato per ospitare piante rampicanti coltivate al suolo ed il sistema di irrigazione si prevede di conseguenza a terra svincolato dal sistema stesso, e di fatto dunque non integrato
COSTO	Il prezzo del modulo base di griglia è di 70 EURO comprensivo di ferramenta per l'ancoraggio mentre il costo del sistema varia a seconda della quantità di cavi e ferramenta



<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO</i>	
Schermatura dalla radiazione solare	BUONA
Controllo della temperatura dell'aria	BUONA
Controllo dell'umidità dell'aria	ELEVATA
<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE</i>	
Isolamento termico dell'edificio	BUONA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	BUONA
Controllo della velocità del vento	-

<i>SPECIE VEGETALI CONSIGLIATE</i>	
CLEMATIS - Ranunculaceae	Scheda 03
HEDRA helix - Araliaceae	Scheda 04
JASMINUM officinale - Oleaceae	Scheda 05
PARTHENOCISSUS tricuspidata - Vitaceae	Scheda 09
JASMINUM nudiflorum - Oleaceae	Scheda 06
THUNBERGIA alata -	Scheda 10

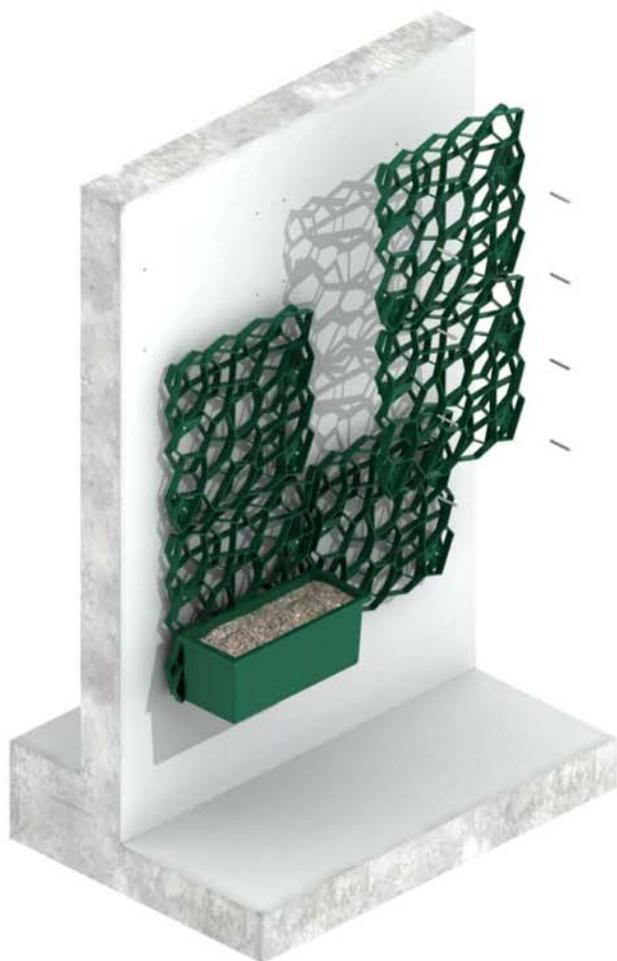


Particolare della griglia adatta ad ospitare specie che si abbarbicano per intrecciano



L'applicazione congiunta di cavi e griglie consente una configurazione variabile delle piante che nel caso dei cavi possono formare colonne di volubili, mentre la presenza del grigliato consente la formazione di fronti compatti dei varie specie di rampicanti, in ogni caso però come risulta evidente dall'immagine, l'entità ed i tempi dell'inverdimento sono legati alle caratteristiche naturali delle piante coltivate al suolo

WALL-Y
GEOPLAST

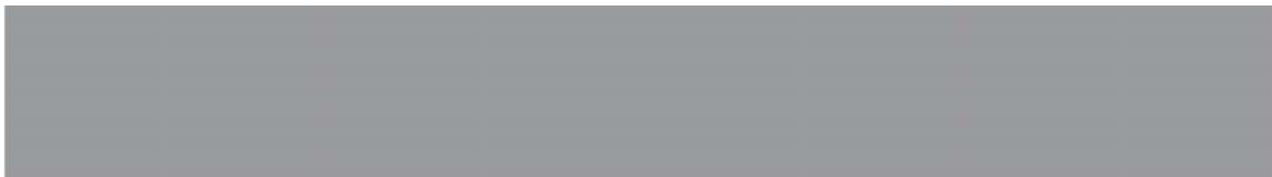


Spaccato assonometrico del sistema WALL-Y.

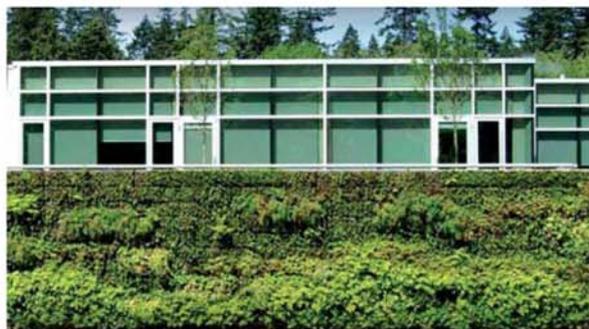
La struttura di Wall-y, pur nella sua semplicità tecnologica si presenta con una veste esteticamente accattivante, sfruttando e pieno le potenzialità offerte dal materiale plastico di cui si compone. Tale materiale si presta ad essere stampato, offrendo con spese ridotte la produzione in serie di molteplici forme e geometrie. In questo caso dalla semplice sovrapposizione di die elementi stampati, si ottiene un effetto organico capace di integrar ed arricchire la trama de manto vegetale, costituendo ima risorsa estetica piuttosto che un elemento da nascondere. Il costo contenuto e la permeabilità visiva possono costituire altri fattori di competitività del sistema che sil piano delle possibili modalità d'uso presenta però l'inconveniente di una estrema rigidezza.

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

APPLICAZIONE	Struttura di sostegno modulare per specie rampicanti vincolata e aderente all'involucro edilizio
DESCRIZIONE	Il sistema Wall-y, brevettato da geoplast rappresenta un'interessante variazione sul tema classico dell'inverdimento parietale eseguito tramite piante rampicanti. Infatti pur essendo di fatto un semplice grigliato di sostegno, presenta una serie di caratteristiche decisamente interessanti riguardo alla qualità ed alla modalità di impiego del materiale che la compone e perché pur nella sua assoluta semplicità prevede l'integrazione di contenitori per porre il substrato di coltura in quota svincolandori di fatto dalla necessità comune a molti prodotti di questo tipo di essere posizionati in prossimità del terreno
NODI E STRUTTURA	Il sistema costruttivo è estremamente semplice e si basa sull'impiego di moduli in materiale plastico direttamente applicati alla superficie da rivestire. Tali moduli di dimensioni contenute per facilitarne trasporto e posa in opera, misurano 580x580x75mm e vengono fissate alle pareti attraverso l'impiego di semplici viti applicate su piedini che attraverso la loro altezza di 25mm definiscono la tistanza tra griglia e superficie portane. Pur costituendo un sistema decisamente invasivo nei confronti della superficie da rivestire prevedendo 4 fissaggi a pannello (e quindi circa 12 a m2), in virtù della sua rigidezza e del peso estremamente contenuto di 1,5 kg/pz risulta potenzialmente meno lesivo di altri sistemi più pesanti o tesati.
MATERIALI	La griglia di Wall-y così come i vasi ad essa integrabili, sono interamente sostituiti da polietilene ad alta densità, materiale che pur non brillando in termini di energia primaria, costituisce un'ottima opzione per l'alloggiamento e l'orientamento della crescita di piante rampicanti, presentando una bassa conducibilità termica. I colori proposti dall'azienda sono il verde utile all'integrazione estetica tra la trama del grigliato e quella delle specie vegetali in fase di crescita, ed il bianco che consente di aumentare ulteriormente le caratteristiche positive del materiale in termini di diffusione di calore
INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA	Il sistema è pensato per funzionare con sistemi gocciolanti lungo il piano di facciata ma non prevede al suo interno integrazione impiantistica
COSTO	Costo pannelli 43 €/mq, costo vaschetta 14 €/pz , costo piante 15-20 €



<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO</i>	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	BUONA
<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE</i>	
Isolamento termico dell'edificio	ELEVATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	ELEVATA
Controllo della velocità del vento	–



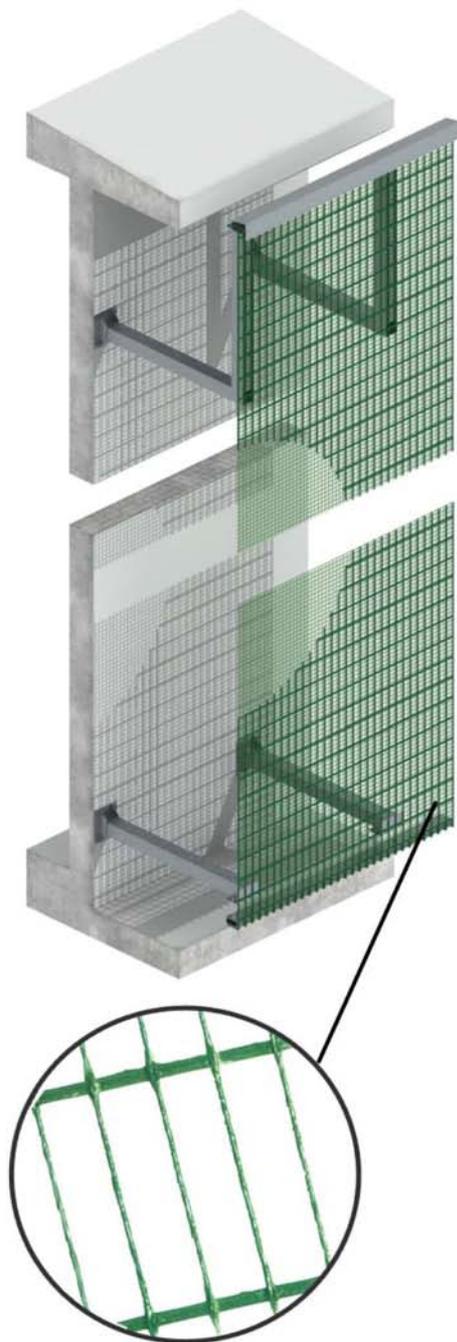
Ipotesi applicative del sistema Wall-y

<i>SPECIE VEGETALI CONSIGLIATE</i>	
TAPPEZZANTI	Scheda 13
HEDRA helix - Araliaceae	Scheda 04
JASMINUM - oleaceae	Schede 05-06



Particolare dell'applicazione di Hedera coltivata in vaso. Da questa immagine emergono chiaramente tutti gli elementi migliori offerti dal sistema: la gradevolezza estetica della sua trama e la possibilità di utilizzare supporti di coltura integrati al sistema per svincolarne l'applicazione dalla presenza di suolo.

GREENOVER
ARCHES



Spaccato assonometrico del sistema GREENOVER.
La struttura di sostegno metallica mantiene lontana dal fronte dell'esificio la superficie vegetale (a circa 1m dal fronte), la rete in F.R.P. (Fiber Reinforced Polymer), di cui viene messo in evidenza un dettaglio, che ospita le rampicanti viene in questo modo tesa attraverso emplici puntoni metallici senza di fatto venire a contatto con il terreno, ma rimanendo sospesa ad un' altezza che varia tra 20 e 30cm

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE	
APPLICAZIONE	Struttura di sostegno per specie rampicanti, vincolata e separata dall'involucro edilizio
DESCRIZIONE	Il sistema si propone in continuità con le tecnologie di stampo tradizionale di sostegno a specie rampicanti, senza affrontare il tema della coltivazione in quota. Questo limita sensibilmente la scelta delle specie impiegabili ai rampicanti già tradizionalmente diffusi sul territorio nazionale e limita le prospettive di sviluppo tecnologico, puntando invece sull'estrema semplicità e versatilità di costruttiva delle strutture di sostegno e costi relativamente contenuti
NODI E STRUTTURA	Il sistema costruttivo, concepito in prima battuta per soddisfare il mercato legato al recupero di edifici degradati residenziali ed industriali, si basa su di un principio strutturale molto semplice, partendo da una sottostruttura in tubolari metallici appositamente dimensionata e posizionata alle estremità superiore ed inferiore della parete portante da rivestire. Da queste sottostrutture viene poi tesa una rete in materiale plastico (F.R.P.) su cui verranno successivamente fatti crescere i rampicanti. La portanza dunque viene interamente delegata alla parete da rivestire, questo se da un lato vincola la versatilità del sistema, dall'altro consente di lavorare in economia, senza bisogno di sottofondi particolari o di opere di fondazione.
MATERIALI	A di sostegno ai rampicanti può essere realizzata tramite l'impiego di reti di materiale composito commercializzato come "fibranet" o F.R.P. (Fiber Reinforced Polymer). Questo materiale costituito da fibre di vetro e poliesteritermoindurenti, offre un'elevata resistenza agli agenti atmosferici, risulta più leggero dell'acciaio pur offrendo proprietà meccaniche molto simili e grazie alla sua bassa conduttività termica, non inibisce la crescita delle piante come farebbe un materiale metallico se sottoposto a un forte irraggiamento solare. A questa rete in caso di impiego di specie dotate di radici avventizie, si può aggiungere un substrato in fibre di polietilene
INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA	Il sistema è pensato principalmente per ospitare piante rampicanti coltivate al suolo ed il sistema di irrigazione si prevede di conseguenza a terra svincolato dal sistema stesso, e di fatto dunque non integrato
COSTO	Il costo delle piante indicate dal produttore varia da 15 a 20 euro ad arbusto Il costo dichiarato della sottostruttura è mediamente di 30 euro a mq



FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO	
Schermatura dalla radiazione solare	BUONA
Controllo della temperatura dell'aria	BUONA
Controllo dell'umidità dell'aria	ELEVATA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE	
Isolamento termico dell'edificio	MODERATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	BUONA
Controllo della velocità del vento	-



Particolare di Wisteria sinensis applicata al sistema greenwall

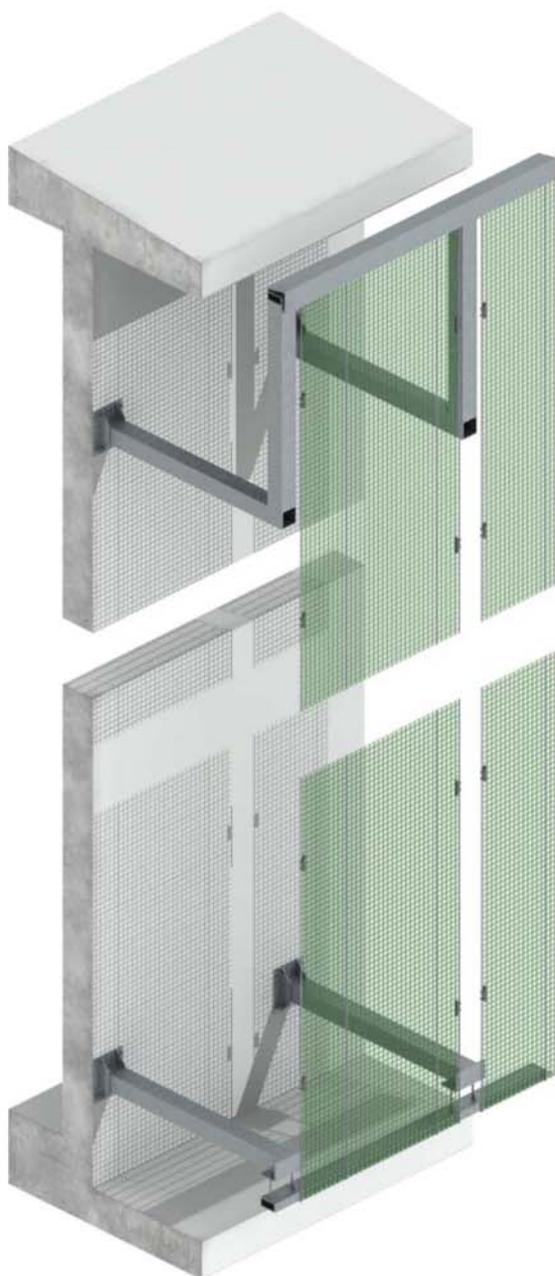
SPECIE VEGETALI CONSIGLIATE	
CLEMATIS - Ranunculaceae	SP_00
HEDRA helix - Araliaceae	Scheda 04
JASMINUM nudiflorum – Oleaceae	Scheda 06
PARTHENOCISSUS tricuspidata – Vitaceae	Scheda 09
WISTERIA sinensis – Leguminosae	Scheda 12



Particolare del sistema greenwall applicato ad un edificio industriale, il recupero di questo tipo di strutture rappresenta un mercato importante per questo prodotto che consente di rivestire in economia e rapidamente grandi superfici.

GREENOVER II

ARCHES



Spaccato assonometrico del sistema GREENOVER. La struttura di sostegno metallica mantiene lontana dal fronte dell'edificio la superficie vegetale (a circa 1m dal fronte), i cavi metallici che fisicamente sostengono il manto vegetale di rivestimento, vengono tesati attraverso l'impiego di semplici puntoni metallici senza di fatto venire a contatto ne con la superficie dell'involucro che viene rivestita, ne con il terreno, ma rimanendo sospesa ad un' altezza che varia tra 20 e 30cm. Dimensione e passo del telaio sono da definirsi di volta in volta a seconda delle esigenze progettuali.

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE	
APPLICAZIONE	Struttura di sostegno per specie rampicanti, vincolata e separata dall'involucro edilizio
DESCRIZIONE	<p>Il sistema si propone in continuità con le tecnologie di stampo tradizionale di sostegno a specie rampicanti, senza affrontare il tema della coltivazione in quota. Questo limita sensibilmente la scelta delle specie impiegabili ed in particolare data la scelta di offrire un sistema di sostegni sostanzialmente composto da cavi metallici a quelle volubili o munite di appositi organi come i viticci che possano consentirgli la presa a ridosso di semplici elementi tesati.</p> <p>Il sistema nasce soprattutto con l'obbiettivo di servire il mercato del rivestimento di grandi superfici tecniche ed offre la possibilità di gestire liberamente la presenza di volumi ed aperture retrostanti, essendo sospeso ad 1m di distanza dalle superfici rivestite</p>
NODI E STRUTTURA	<p>Il sistema costruttivo, si basa su di un principio strutturale molto semplice, partendo da una sottostruttura in tubolari metallici appositamente dimensionata e posizionata alle estremità superiore ed inferiore della parete portante da rivestire.</p> <p>Da queste sottostrutture viene poi tesi una serie di cavi metallici su cui verranno successivamente fatti crescere i rampicanti.</p> <p>La scelta di svincolare dal piano di facciata l'applicazione degli elementi tesati come avviene generalmente nei sistemi di questo tipo è da ricondursi alla volontà di consentire al sistema di adattarsi facilmente anche a superfici caratterizzate da discontinuità e dalla presenza di integrazioni impiantistiche</p>
MATERIALI	<p>Rispetto ad altre proposte della stessa azienda basate sull'impiego di reti in F.R.P. (Fiber Reinforced Polymer). Questo prodotto costituisce una variante più semplice e tradizionale oltre che meno performante dal punto di vista dei materiali impiegati. L'impiego di cavi metallici infatti, non costituisce per le piante la struttura di sostegno più adatta, accumulando e rilasciando molto calore per via dell'elevata conducibilità termica.</p> <p>In aggiunta a questa rete, l'azienda propone che oltre a costituire uno sfondo neutro per l'applicazione delle piante, impedisce ai loro getti di interferire con le pareti retrostanti.</p>
INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA	Il sistema è pensato principalmente per ospitare piante rampicanti coltivate al suolo ed il sistema di irrigazione si prevede di conseguenza a terra svincolato dal sistema stesso, e di fatto dunque non integrato
COSTO	<p>Il costo delle piante indicate dal produttore varia da 15 a 20 euro ad arbusto.</p> <p>Il costo varia in funzione della quantità di cavi, come base si può considerare il prezzo della versione con griglia in FRP</p>



<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO</i>	
Schermatura dalla radiazione solare	MODERATA
Controllo della temperatura dell'aria	MODERATA
Controllo dell'umidità dell'aria	BUONA
<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE</i>	
Isolamento termico dell'edificio	MODERATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	MODERATA
Controllo della velocità del vento	–



Particolare relativo all' ancoraggio del sistema greenwall sulla parete da rivestire, che risulta rispetto a questa decisamente invasivo

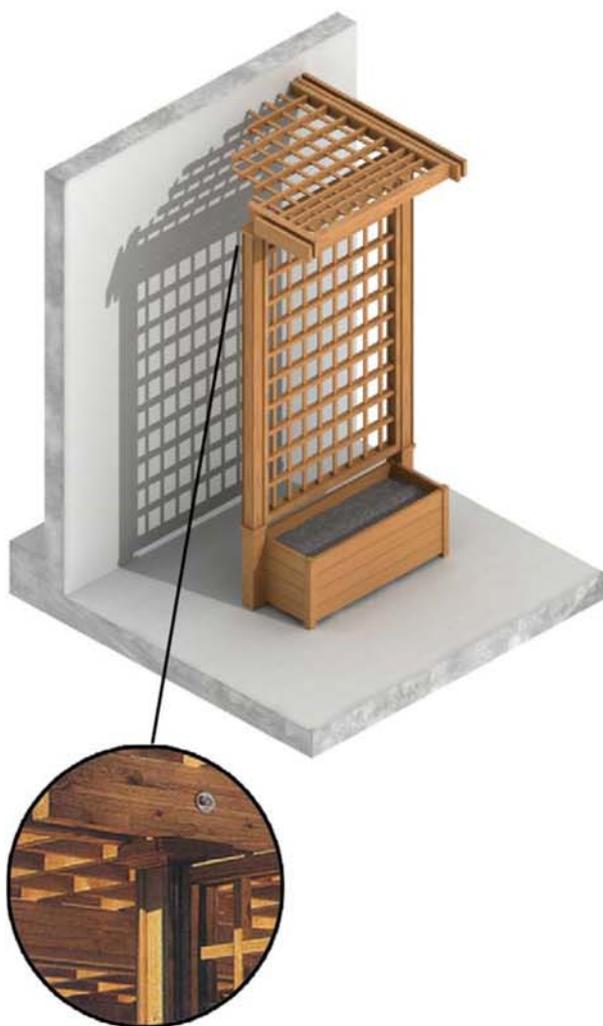
<i>SPECIE VEGETALI CONSIGLIATE</i>	
CLEMATIS - Ranunculaceae	Scheda 03
HEDRA helix - Araliaceae	Scheda 04
JASMINUM nudiflorum – Oleaceae	Scheda 06
PARTHENOCISSUS tricuspidata – Vitaceae	Scheda 09
WISTERIA sinensis – Leguminosae	Scheda 12



Particolare del sistema montanti e traversi attraverso cui vengono resati i cavi che sostengono la crescita dalle rampicanti in facciata.

PANNELLI GRIGLIATI

ARCASET



Spaccato assonometrico del sistema di PANNELLI GRIGLIATI prodotti dall'Azienda Arcaset.

La struttura di sostegno autoporante in legno consente di ottenere le condizioni ottimali al fine di favorire la crescita delle piante, la presenza della vasca di coltura alla base del sistema gli conferisce la massima autonomia sia sul piano dell'inverdimento che a questo punto non richiede più necessariamente la presenza di terreno, sia sul piano statico.

Uno degli aspetti di maggiore interesse del sistema consiste nella possibilità di integrare al piano grigliato verticale studiato per l'abbarbicamento delle rampicanti un apposito sistema di piani orizzontali, così da poter costituire autonomamente o a ridosso dell'involucro delle schermature tridimensionali estremamente efficienti ai fini del controllo di parametri come temperatura ed umidità dell'aria.

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

APPLICAZIONE	Sistema di sostegno per specie rampicanti svincolato dall'involucro edilizio
DESCRIZIONE	Il sistema si propone in continuità con le tecnologie di stampo tradizionale di sostegno a specie rampicanti, senza affrontare il tema della coltivazione in quota. L'aspetto più interessante del prodotto che si configura come una struttura potenzialmente del tutto autonoma dalla presenza di edifici da rivestire, consiste nel fatto di prevedere l'integrazione di elementi grigliati anche sul piano orizzontale, in modo da poter anche autonomamente costituire elementi di schermatura spaziali
NODI E STRUTTURA	Il principio strutturale su cui si fonda il questo prodotto comporta l'assoluta autonomia di questo dalla struttura di edifici o spazi limitrofi. L'intero sistema è composto in legno di pino massello e si regge grazie all'impiego di piastrini di 70x70mm con altezze variabili tamponati e controventati attraverso l'uso di grigliati a maglia quadrata di 128x128mm, costituita da listelli uniti ad incastro di 30x30mm. La stabilità della struttura è garantita dall'integrazione alla sua base di elementi come panche o vasi per la coltivazione delle specie rampicanti in caso di assenza di substrati naturali. Al disopra di questo setto è possibile applicare ulteriore elementi di sostegno allo sviluppo di arbusti rampicanti.
MATERIALI	La scelta del legno è un elemento decisamente positivo di questo per la valutazione di questo prodotto. Contrariamente a quanto accade per le strutture di sostegno metalliche il legno si presta meno ad accumulare calore per irraggiamento solare, e non rischia in questo modo di provocare lesioni sulle piante che ospita o di ritardarne il corretto sviluppo. Oltre a questo c'è da aggiungere sempre a proposito dell'impiego del legno che le strutture composte da tale materiale grazie all'aspetto naturale che lo contraddistingue consentono anche visivamente una maggiore integrazione tra componenti artificiali e manto vegetale di rivestimento.
INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA	Il sistema è pensato principalmente per ospitare piante rampicanti coltivate al suolo o impiantate direttamente all'interno del vaso che ne favorisce la stabilità strutturale, ma non prevede particolari integrazioni impiantistiche al suo interno
COSTO	Il costo parametrico dichiarato per la struttura è di 110 euro a mq, non comprensivo delle piante rampicanti per ognuna delle quali vanno aggiunti tra i 15 e i 20 EURO



<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO</i>	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	BUONA
<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE</i>	
Isolamento termico dell'edificio	–
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	BUONA
Controllo della velocità del vento	ELEVATA

<i>SPECIE VEGETALI CONSIGLIATE</i>	
CLEMATIS - Ranunculaceae	Scheda 03
HEDRA helix - Araliaceae	Scheda 04
JASMINUM nudiflorum – Oleaceae	Scheda 06
LONICERIA - Caprifoliaceae	Scheda 07



Modulo tipo del sistema di pannelli grigliati in legno



Particolare delle doghe intrecciate che compongono un pannello grigliato

CONFINA SOILLES

POLIFLOR



Spaccato assonometrico del sistema CONFINA SOILLES. Questo sistema come suggerisce in suo stesso nome è stato pensato per l'applicazione in assenza su substrato terroso e per questo contempla l'impiego di un strato di kenaf per consentire l'applicazione di specie rampicanti dallo sviluppo dell'apparato radicale sufficientemente contenuto. Le note dolenti di questo prodotto sono: la situazione di eccessiva esposizione agli agenti ambientali in cui si trovano le radici delle piante, ed il materiale scelto per il sostegno dell'apparato fogliare degli stessi organismi vegetali, che tende per via delle sue caratteristiche fisiche a scaldarsi molto se direttamente esposto alle radiazioni solari, potendo creare problemi al regolare sviluppo delle piante

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

APPLICAZIONE	Struttura di sostegno per specie rampicanti, svincolata dall'involucro edilizio
DESCRIZIONE	Il sistema confina è uno dei più semplici sul piano tecnologico tra quelli presenti sul mercato, e si basa sull'applicazione di specie rampicanti tradizionalmente adibite al rivestimento parietale sostenute da una struttura estremamente leggera in rete metallica e coltivate attraverso l'impiego di un substrato costituito da una fascia di kenaf, che fa di questa tecnologia un ibrido estremamente interessante a metà strada tra una struttura di sostegno tradizionale ed un sistema di coltura <i>soiless</i>
NODI E STRUTTURA	Sulla struttura di questo prodotto non ci sono grandi osservazioni da fare, trattandosi di un sistema strutturato sull'impiego di una semplice griglia in acciaio elettrosaldato e piegata a terra a formare una sezione ad "L", sulla cui base viene appoggiato il substrato di coltura in kenaf. L'intero sistema è assicurato da una serie di semplici tubolari in acciaio zincato dal diametro che varia in funzione delle dimensioni della barriera vegetale. A tale proposito, le dimensioni massime del sistema confina in alzato sonodi 1000mm di larghezza per 2000mm di altezza con una base variabile tra i 100 e i 200mm. La griglia metallica costituita da barre del diametro di 5mm con una trama strutturale di 200x100mm.
MATERIALI	L'aspetto più interessante di questa tecnologia di inverdimento parietale sta di certo nell'impiego del kenaf, un materiale fibroso di origine vegetale ricavato da una pianta dalle caratteristiche molto simili alla canapa e coltivato oggi in grandi quantità. In questo caso si impiega un materassino di base 1000x100mm e spesso 20mm, che ricorda per certi versi le base di un prato in rotoli. Questo substrato, insolitamente ardito per una tecnologia tutto sommato piuttosto tradizionale sul piano delli componenti strutturale e vegetale, non consente una grande libertà di manovra nella scelta delle piante, ma costituisce comunque un elemento di grande versatilità per le possibilità di applicazione di questo prodotto
INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA	Il sistema non prevede direttamente integrazioni impiantistiche che possono comunque essere fornite su richiesta della committenza assieme alla posa dei pannelli grigliati e del substrato di coltura
COSTO	Il costo di un singolo modulo del sistema è di 90 EURO, a cui vanno aggiunti 15-20 euro ad arbusto impiantato



<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO</i>	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	BUONA
<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE</i>	
Isolamento termico dell'edificio	ELEVATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	ELEVATA
Controllo della velocità del vento	ELEVATA

<i>SPECIE VEGETALI CONSIGLIATE</i>	
HEDRA helix - Araliaceae	Scheda 04
JASMINUM nudiflorum – Oleaceae	Scheda 06

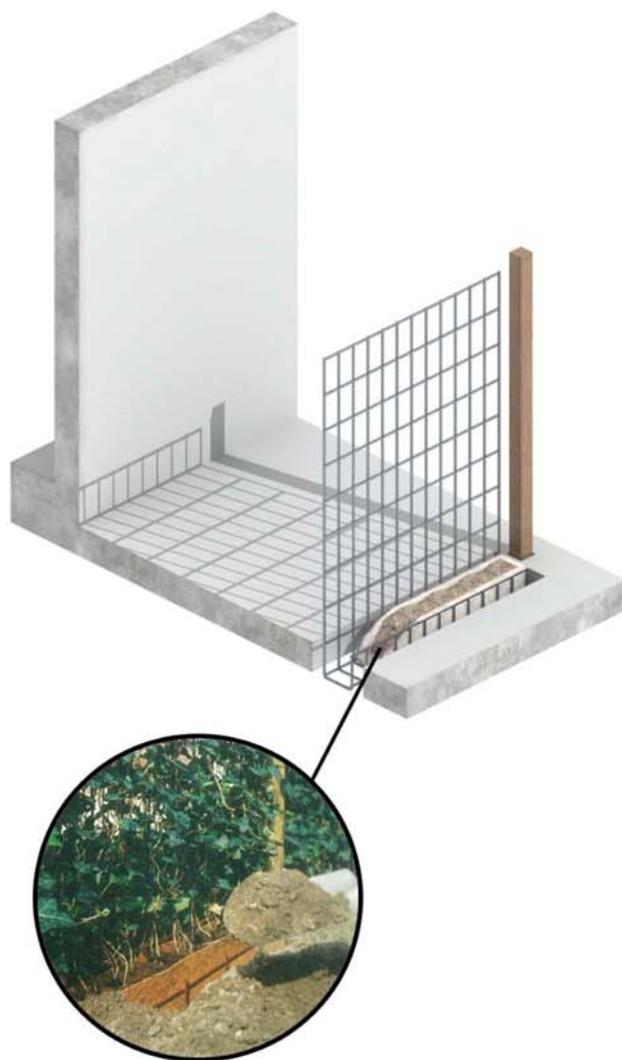


Particolare dell'impianto diretto di un esemplare di Hedera helix sul supporto in kenaf



Esempio di applicazione del sistema confina soilless. Si noti come la struttura risulta completamente svincolata tanto dalla muratura, tanto dalla presenza di un substrato terroso da cui far partire il rivestimento vegetale.

CONFINA
POLIFLOR

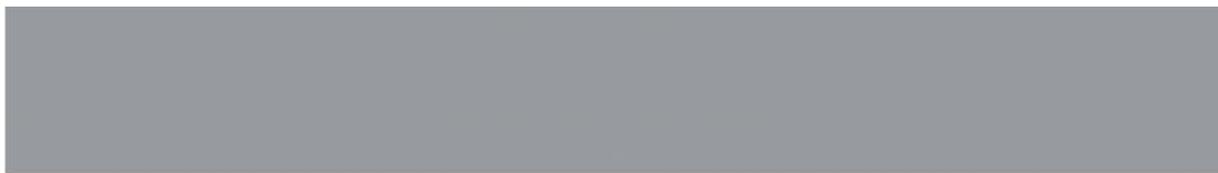


Spaccato assometrico del sistema CONFINA.

IL SISTEMA Confinna della Poliflor, costituisce in se un elemento ibrido tra la coltivazione in terra e la possibilità di porre in quota il substrato di coltura, direttamente a ridosso dell'involucro dell'edificio, questo sistema infatti essendo stato studiato appositamente per potenziali applicazioni in quota, ha dimostrato di possedere però di essere estremamente funzionale relativamente all'applicazione in piena terra, dove consentendo di superare la maggioranza dei problemi di natura podologica che caratterizzano i suoli delle nostre città e garantendo dunque uno sviluppo rapido e sano delle componenti vegetali.

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

APPLICAZIONE	Struttura di sostegno per specie rampicanti, svincolata dall'involucro edilizio
DESCRIZIONE	Il sistema confina è il primo ed il più tradizionale dei prodotto Poliflor, è in pratica un sistema appositamente studiato per l'applicazione di specie rampicanti coltivate in vaso e fa dell'impiego razionale ed intelligente di materiali estremamente semplici il suo maggiore punto di forza, dando il via ad una tradizione di innovazione giocata sui materiali impiegati che in certa misura costituisce il marchio di fabbrica di tutti i suoi prodotti per l'inverdimento parietale.
NODI E STRUTTURA	La struttura del sistema "confina" è costituita da una griglia in acciaio elettrosaldata piegata a terra a formare una sezione ad "U", sulla cui base viene appoggiato il substrato di coltura, un vero e proprio vaso in fibra di cocco contenente terriccio e torba. L'intero sistema è assicurato da una serie di semplici paletti in legno o da tubolari in acciaio zincato dal diametro che varia in funzione delle dimensioni della barriera vegetale. Le dimensioni massime del sistema confina in alzato sono di 1200mm di larghezza per 1800mm di altezza con il vaso alla base di 1200x200x200mm. La griglia metallica costituita da barre del diametro di 5mm con una trama strutturale di 200x100mm.
MATERIALI	L'aspetto più interessante di questa tecnologia di inverdimento parietale sta nell'impiego di un sistema di contenimento per il substrato costituito da un materiale naturale come la fibra di cocco. All'interno di questa struttura di contenimento, si impiega un substrato di coltura pressoché tradizionale e ricavato dalla lunga tradizione legata all'applicazione di piante in vaso. Questa tecnologia, pur non costituendo di per se il prodotto più ardito di questo produttore, è comunque già un sistema ibrido piuttosto interessante sul piano dei materiali impiegati, tra una coltivazione in piena terra ed una su substrato. Questo sistema, piuttosto tradizionale sul piano dei componenti strutturale e vegetale, non consente una grande libertà di manovra nella scelta delle piante, ma costituisce comunque un elemento di grande versatilità per le sue possibilità di applicazione
INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA	Il sistema non prevede direttamente integrazioni impiantistiche che possono comunque essere fornite su richiesta della committenza assieme alla posa dei pannelli grigliati e del substrato di coltura
COSTO	Il costo di un singolo sistema è di 120 EURO, a cui vanno aggiunti 15-20 euro ad arbusto impiantato



<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO</i>	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	BUONA
<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE</i>	
Isolamento termico dell'edificio	ELEVATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	ELEVATA
Controllo della velocità del vento	ELEVATA

<i>SPECIE VEGETALI CONSIGLIATE</i>	
HEDRA helix - Araliaceae	Scheda 04
JASMINUM nudiflorum – Oleaceae	Scheda 06

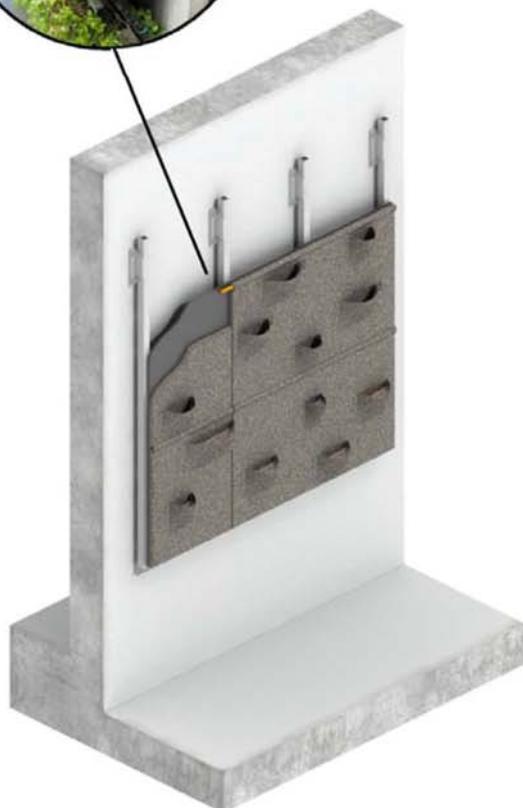


Particolare dell'impianto di un esemplare di Hedera helix all'interno del vaso in fibra di cocco del sistema "Confina"



l Esempio di applicazione del sistema confina. Si notino la modularità del prospetto ed il modo in cui le vasche di terreno si integrano grazie al loro ridotto ingombro.

BREVETTO PATRICK BLANC



La caratteristica più interessante e peculiare delle pareti prodotte da Blanc, al di là della loro assoluta originalità, sta nel fatto di essere a tutti gli effetti prodotti artigianali, non riconducibili a standard dimensionali precisi o a precise specie da applicare, ma piuttosto il frutto della selezione sapiente del loro creatore, questo ne fa a tutti gli effetti dei prodotti d'arte, con tutto quel che di positivo e negativo che ne consegue, e se da una parte queste pareti col loro eccezionale successo hanno messo in moto un intero settore produttivo, dall'altro la loro unicità e la loro eccezionale fragilità sono destinate a generare la frustrazione di qualsiasi esplicito tentativo di emulazione da parte del settore industriale

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

APPLICAZIONE	Sistema modulare per la coltivazione di manti vegetali in verticale vincolato e aderente all'involucro edilizio
DESCRIZIONE	Il sistema di facciata brevettato già nel 1988 da Patrick Blanc, geniale e coltissimo botanico francese e grande conoscitore di vegetazione tropicale, parte dal presupposto di decorare lo spazio urbano delle città europee, attraverso l'applicazione di composizioni vegetali inusuali per quei contesti, ottenute impiegando specie originarie delle foreste subtropicali. L'applicazione di tali specie è riuscita a Blanc dopo anni di tentativi attraverso l'impiego di semplici fogli di feltro applicati a supporti rigidi ed impermeabili, all'interno dei quali attraverso la creazione di apposite tasche vengono allocate le piante che presentano la caratteristica essendosi sviluppate per vivere a ridosso degli alberi di non necessitare di substrato.
NODI E COMPONENTE STRUTTURLE	Sul piano strutturale il sistema Blanc è semplicissimo, consistendo in pratica in semplici fogli di PVC dello spessore di 10mm e di dimensione variabile a seconda degli interventi, ad una sottostruttura costituita da montanti e traversi in alluminio ancorati alla parete
MATERIALI E SUBSTRATO DI COLTURA	La scelta del feltro è arrivata dopo diversi tentativi con i materiali più diversi. Alla fine Blanc ha optato per l'impiego di semplice feltro in poliammide per la sua elevata capacità di ritenere liquidi e sostanze nutritive. Questo strato di tela lavorato in modo da ottenere una serie di tasche al suo interno, costituisce di fatto l'unico substrato di coltura delle pareti di Blanc.
INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA	Fondamentale al fine della sopravvivenza nei climi urbani delle città europee di piante abituate a crescere nell'ambiente caldo e molto umido delle foreste subtropicali, è la predisposizione di un sistema di irrigazione automatico in grado di mantenere costantemente umide le superfici in feltro che vengono solitamente applicati tra i due fogli di questo materiale applicati a ridosso della base in PVC.
COSTO	Le pareti prodotte da Blanc hanno un prezzo base di 700 Euro a m ² , ma a seconda della quantità di piante e della complessità del sistema di irrigazione si possono raggiungere i 900-1000 EURO



FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO	
EFFICACIA DEL SUBSTRATO DI COLTURA	
Schermatura dalla radiazione solare	BUONA
Controllo della temperatura dell'aria	BUONA
Controllo dell'umidità dell'aria	ELEVATA
EFFICACIA DELLA COMPONENTE STRUTURALE	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	BUONA
Controllo dell'umidità dell'aria	MODERATA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE	
EFFICACIA DEL SUBSTRATO DI COLTURA	
Isolamento termico dell'edificio	MODERATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	-
Controllo della velocità del vento	-
EFFICACIA DELLA COMPONENTE STRUTURALE	
Isolamento termico dell'edificio	MODERATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	MODERATA
Controllo della velocità del vento	MODERATA

SPECIE VEGETALI CONSIGLIATE	
EPIFITE (E SEMI-EPIFITE)	Scheda 16



Vista di una parete rivestita tramite il sistema brevettato da Blanc, si veda l'eccezionale varietà di forme e vegetali che la caratterizza



Particolare di una delle tasche che caratterizzano le superfici naturalizzate da blanc, si notino l'elevato livello di degrado e di naturalizzazione del feltro.

REVIWALL

REVIPLANT



Spaccato assonometrico del sistema REVIWALL.

Il sistema Reviwall reinterpretando venendo incontro ad esigenze di produzione su vasta scala il sistema di coltivazione fuori suolo proposto e brevettato da Blanc, introducendo l'impiego di substrato aggiuntivo al solo feltro, per estendere a specie tappezzanti più comuni da incontrare nel nostro contesto geografico.

Nel suo insieme la proposta in questione non costituisce un'evoluzione particolarmente significativa del suo sistema di partenza, migliorandone certo alcuni aspetti, ma anche sacrificandone parzialmente la versatilità estetica

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

APPLICAZIONE	Sistema modulare per la coltivazione di manti vegetali in verticale vincolato e aderente all'involucro edilizio
DESCRIZIONE	Il sistema modulare per facciate verdi Reviwall, si basa sull'impiego di una tecnologia derivata direttamente dal brevetto del botanico francese Patrick Blanc e consiste nell'impiego di pannelli modulari composti da due filtri di feltro applicati su di un sostegno rigido in materiale plastico, da cui si ricavano tasche per l'applicazione diretta di specie vegetali dette Epifite o Semi epifite o per l'applicazione di altre specie dal modesto sviluppo dell'apparato radicale previa inserimento all'interno delle stesse tasche di un adeguato quantitativo di substrato.
NODI E COMPONENTE STRUTTURLE	Nel caso del prodotto sviluppato dall'azienda piemontese Reviplant, rispetto alla versione di Blanc il prodotto acquisisce un aspetto meno artigianale, presentando un telaio modulare in alluminio di 400x500x30mm di dimensione ripartito lungo il lato più lungo attraverso l'applicazione di fascette sempre in alluminio in tre riquadri uguali, all'interno di ognuno dei quali sono ricavate due tasche di feltro. Il sistema è stato concepito principalmente per l'impiego parietale, venendo fissato attraverso l'impiego di appositi montanti. Anche se sono già state sperimentate applicazioni a ridosso di apposite strutture autoportanti per la costruzione di setti autonomi dall'involucro degli edifici
MATERIALI E SUBSTRATO DI COLTURA	Dal punto di vista dei materiali impiegati, l'alluminio per quanto leggero non rappresenta una scelta particolarmente azzeccata sul piano della trasmittanza termica e delle ripercussioni che tale caratteristica può sortire sulle piante contenute nella parete, mentre di estremo interesse è l'idea di reinterpretare il supporto in feltro, aumentandone la consistenza ed impiegandovi all'interno un substrato in perlite e fibra di cocco allo scopo di impiegare anche piante dalle caratteristiche meno complicate sul piano della gestione delle epifite
INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA	Il sistema Reviwall, prevede integrazione all'interno del telaio o direttamente tra i filtri di feltro di gocciolanti per l'irrigazione automatica, per la cui alimentazione l'azienda propone l'integrazione di un sistema fotovoltaico
COSTO	Il costo del sistema al m2 può variare a seconda delle dimensioni del rivestimento tra i 650 e gli 800 EURO, comprensivo di impianti e posa in opera



FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO	
EFFICACIA DEL SUBSTRATO DI COLTURA	
Schermatura dalla radiazione solare	BUONA
Controllo della temperatura dell'aria	BUONA
Controllo dell'umidità dell'aria	ELEVATA
EFFICACIA DELLA COMPONENTE STRUTURALE	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	BUONA
Controllo dell'umidità dell'aria	MODERATA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE	
EFFICACIA DEL SUBSTRATO DI COLTURA	
Isolamento termico dell'edificio	MODERATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	-
Controllo della velocità del vento	-
EFFICACIA DELLA COMPONENTE STRUTURALE	
Isolamento termico dell'edificio	MODERATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	MODERATA
Controllo della velocità del vento	MODERATA

SPECIE VEGETALI CONSIGLIATE	
SEDUM - Xerofite	Scheda 14
TAPPEZZANTI	Scheda 13
EPIFITE	Scheda 16



Vista di una parete rivestita tramite il sistema Reviwall. Si noti la grande rigidezza visiva conferita al sistema dalla modularità dei pannelli se confrontati con quelli del brevetto Blanc

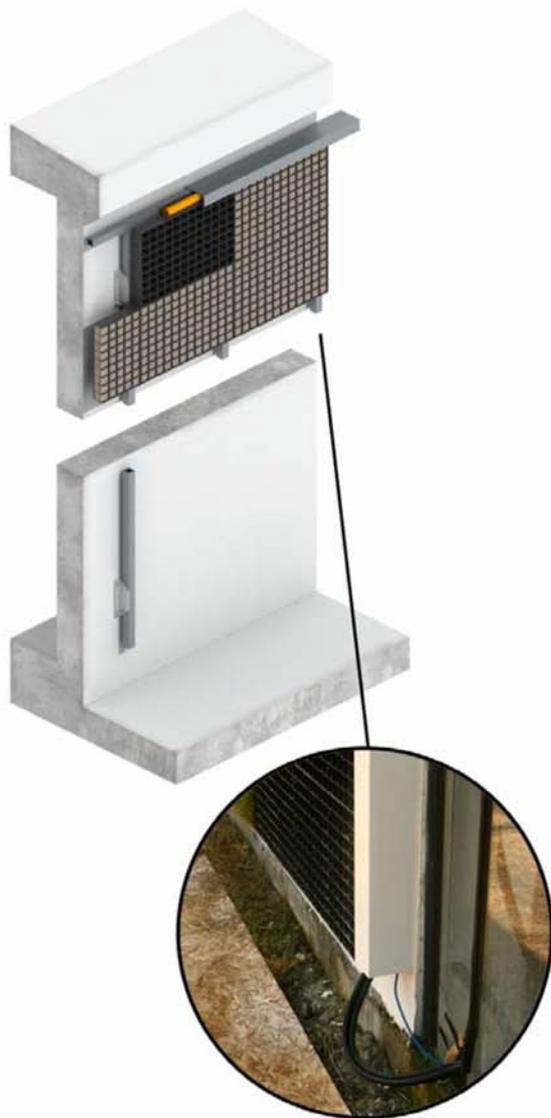


Particolare del sistema a telaio tripartito del pannello Reviwall, l'azienda ha sviluppato una gamma di possibili colorazioni per la geostuoia da utilizzare nelle tasche



PANNELLO TECOLOGY

TECOLOGY



Il sistema tecologi, costituisce un'opzione piuttosto interessante di rivestimento offrendo buone caratteristiche tecniche ad un prezzo relativamente contenuto tra i prodotti di questo genere, anche il tipo di manto vegetale costituito sostanzialmente da soli tappeti erbosi rappresenta una scelta sensata in termini di resistenza, durata e scarso impatto manutentivo, anche se i consumi idrici di cui necessitano sono mediamente maggiori rispetto all'impiego di tappezzanti e succulente. La scelta di puntare sui tappeti erbosi inoltre ha condizionato in maniera decisiva lo sviluppo dei moduli di facciata che a causa dell'esigua dimensione degli alveoli mal si adattano ad ospitare altre specie vegetale, limitando dunque pesantemente la versatilità del sistema in termini di libertà compositiva.

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

APPLICAZIONE	Sistema modulare per la coltivazione di manti vegetali in verticale vincolato e aderente all'involucro edilizio
DESCRIZIONE	Il sistema modulare per facciate verdi proposto da tecology, si distingue rispetto ai suoi concorrenti per l'estrema cura riposta nello studio di ognuna delle componenti dalla struttura di contenimento alle specie vegetali selezionate per il manto di finitura. Essendo nata per essere una tecnologia di facciata continua e ventilata e garantendo in questa veste tutte le caratteristiche necessarie ad un ottimo funzionamento, sconta però una certa rigidità sul piano delle possibilità di applicazione
NODI E COMPONENTE STRUTTURALI	Estremamente curata la scelta dei materiali, prevede per la struttura portante una serie di semplici correnti in alluminio di dimensione variabile a seconda della profondità richiesta per la camera d'aria tra pannelli e parete, mentre i moduli di contenimento per il substrato di coltura sono costituiti da cassette in polipropilene, le cui dimensioni sono tarate su quelle delle comuni cassette in polistirene espanso impiegate nella produzione vivaistica, dovendo ospitare sin dalle prime fasi dello sviluppo le piante che poi costituiranno il componente vegetale di facciata. Le dimensioni delle cassette sono quindi piuttosto contenute: 600x400x60mm, questo costituisce un vantaggio in termini di semplicità di trasporto e minaccia di queste facciate. Ogni modulo poi è suddiviso al suo interno in alveoli da 30x30mm e 40mm di profondità per l'alloggiamento dei germogli.
MATERIALI E SUBSTRATO DI COLTURA	La scelta del polipropilene costituisce di per sé un vantaggio essendo un materiale a ridotta trasmittanza termica e quindi non lesivo nei confronti delle piante ospitate. Per quanto riguarda il substrato di coltura, è composto da una miscela di torba e fibra di cocco che garantiscono buona compattezza ed un'elevata ritenzione idrica, indispensabile all'impiego dei manti erbosi
INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA	Tecology propone un sistema impiantistico molto pulito sul piano dell'integrazione estetica ed intelligente nella gestione delle risorse, impiegando una rete di gocciolanti meno fitta di altre aziende, che non potendo contare sulla diffusione per risalita capillare a causa della frammentarietà del substrato funziona esclusivamente per percolazione. Va detto però che se i tecnici dell'azienda parlavano inizialmente di porre le canaline con un passo di circa 6 moduli l'una dall'altra, le prime sperimentazioni del sistema hanno rilevato problemi di scarsa omogeneità nella distribuzione delle sostanze nutritive, per le quali sono allo studio misure correttive.
COSTO	Il costo del sistema naturalizzato e non comprensivo di impianto di irrigazione è di circa 350 EURO a m2



FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO	
EFFICACIA DEL SUBSTRATO DI COLTURA	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	ELEVATA
EFFICACIA DELLA COMPONENTE STRUTURALE	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	BUONA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE	
EFFICACIA DEL SUBSTRATO DI COLTURA	
Isolamento termico dell'edificio	ELEVATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	-
Controllo della velocità del vento	-
EFFICACIA DELLA COMPONENTE STRUTURALE	
Isolamento termico dell'edificio	ELEVATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	ELEVATA
Controllo della velocità del vento	BUONA

SPECIE VEGETALI CONSIGLIATE	
TAPPETI ERBOSI	Scheda 15

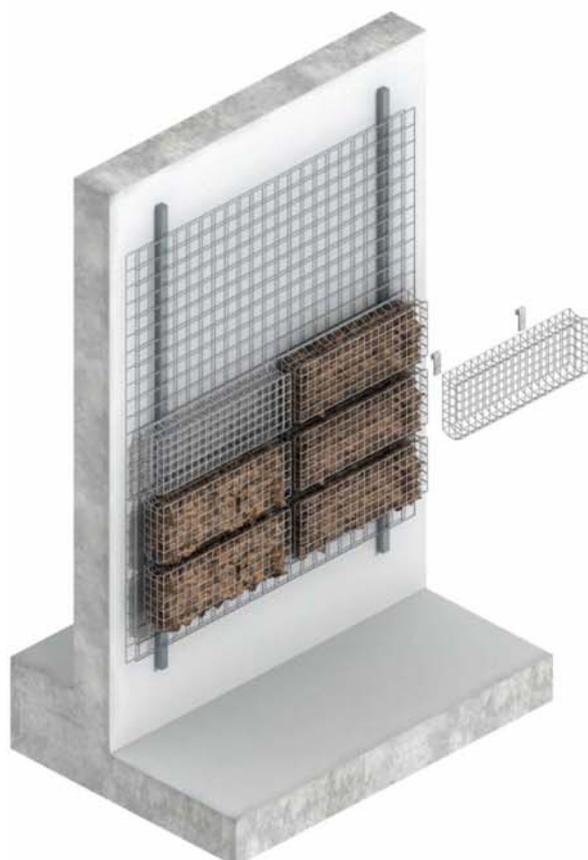


Particolare di una cassetta Tecology. Allo scopo di sfruttare ai fini della stabilità del sistema l'abbondante apparato radicale orizzontale dei tappeti erbosi, si sono studiate per queste cassette delle apposite buccature che oltre a consentire la percolazione di acqua tra gli alveoli, permette agli stoloni delle piante di formare all'interno del pannello un unico sistema intrecciato



Vista di una parete Tecology posta in opera (a fini sperimentali). Si possono osservare tra i pannelli contenenti differenti specie di tappeti erbosi delle leggere differenze cromatiche, offrendo comunque variazioni estetiche limitate.

VEGETALIS GREENWALL



Il sistema proposto dalla Greenwall per la costruzione di pareti verdi continue, costituisce un classico nel mondo delle facciate naturalizzate e spicca per la grande semplicità tecnologica che lo caratterizza, tanto sul piano delle scelte strutturali, per cui si impiegano in pratica solamente reti elettrosaldate, sia sul piano della tecnologia di substrato che essendo composto in pratica da un unico materiale rappresenta una delle proposte più essenziali sul mercato.

I nei di questo prodotto sono fronte di una discreta facilità di posa in opera, i costi piuttosto elevati ed alcuni problemi legati all'impiego della torba che pur essendo un' eccellente substrato, non rappresenta una scelta particolarmente sostenibile per via dell'elevato impatto ambientale delle sue modalità di estrazione.

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE	
APPLICAZIONE	Sistema modulate per la coltivazione di manti vegetali in verticale vincolato e aderente all'involucro edilizio
DESCRIZIONE	Il sistema qui descritto è uno dei più diffusi e conosciuti presente sul mercato francese ed europeo già dal 2004. Si tratta di un sistema di rivestimento per pareti basato sull'applicazione di semplici gabbie contenenti substrato di coltura ad un sottofondo applicato direttamente a ridosso della parete e non presenta quindi almeno sulla carta particolare elasticità dal punto di vista dei possibili ambiti di applicazione. Come per la maggior parte dei prodotti di questo tipo comunque, esiste una certa predisposizione dell'azienda (anche in funzione dei costi elevati) a fornire prodotti ad hoc a seconda delle diverse esigenze progettuali.
NODI E COMPONENTE STRUTTURLE	Vegetalis è un sistema modulare basato sull'impiego di gabbie metalliche costituite da barre metalliche del diametro di 4mm e con passo di 30x30mm. Ogni modulo misura 200x600x85mm e l'ancoraggio alla parete dell'edificio di tali elementi avviene tramite l'impiego di appositi uncini posti a lato dei moduli, che sono a loro volta sagomati sui lati superiori ed inferiori per incastrarsi stabilmente tra loro. La posa in opera dei pannelli avviene per incastro gin una sottostruttura anch'essa in rete metallica fissata alla parete da rivestire per mezzo di tasselli e viti. I pannelli di contenimento sono costruiti in modo da lasciare tra se e la parete una camera d'aria per la ventilazione dello spessore di 60mm
MATERIALI E SUBSTRATO DI COLTURA	Questo sistema impiega come materiale di substrato le fibre di una torba particolarmente assorbente chiamata sfagno, direttamente compattata all'interno della rete metallica, in sistema semplicissimo e molto efficace che sfrutta direttamente l'inviluppo degli apparati radicali delle piante che compongono la parete per garantire nel tempo la stabilità del substrato
INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA	Il sistema di irrigazione è costituito da serpentine gocciolanti interne ai moduli con un passo che viene di volta in volta definito in base al clima ed al tipo di vegetazione impiegata. L'acqua erogata dai gocciolanti si diffonde attraverso la massa porosa del substrato sostanzialmente per percolazione e dunque discendendo dall'alto al basso. Anche in questo caso il sistema può essere integrato con canaline e pozzetti per il recupero dell'acqua.
COSTO	Il prezzo è anche in questo caso tarato di volta in volta a seconda della scala dell'istallazione, ma si aggira sugli 800EURO a m2



FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO	
EFFICACIA DEL SUBSTRATO DI COLTURA	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	BUONA
Controllo dell'umidità dell'aria	BUONA
EFFICACIA DELLA COMPONENTE STRUTURALE	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	MODERATA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE	
EFFICACIA DEL SUBSTRATO DI COLTURA	
Isolamento termico dell'edificio	ELEVATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	-
Controllo della velocità del vento	-
EFFICACIA DELLA COMPONENTE STRUTURALE	
Isolamento termico dell'edificio	ELEVATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	ELEVATA
Controllo della velocità del vento	-

SPECIE VEGETALI CONSIGLIATE	
SEDUM - Xerofite	Scheda 14
TAPPEZZANTI	Scheda 13
EPIFITE	Scheda 16



L'esuberante effetto estetico che caratterizza le superfici vegetali applicabili su di un substrato in torba pressata



In questa immagine si vede un dettaglio di un prototipo di parete verde che utilizza gli stessi principi e materiali che caratterizzano i pannelli di vegetalis.

MUR EXTENSIF

CANEVAFLOR



Spaccato assonometrico del sistema MUR EXTENSIF. L'impiego simultaneo di strutture contenenti substrato di coltura e semplici grigliati metallici consente l'impiego di una discreta varietà di specie e soluzioni, contemplando una varietà di specie vegetali che vanno dai sedum ad alcune specie di rampicanti (quelle che in genere per il modesto sviluppo radicale si prestano ad essere coltivate in vaso). La modularità della struttura se da un lato gioca un ruolo positivo sui tempi di montaggio, dall'altro vista l'entità dei moduli e la complessità del loro assemblamento comporta un parziale limite alla versatilità del prodotto.

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE	
APPLICAZIONE	Sistema modulare per la coltivazione in quota di manti vegetali in verticale vincolato e aderente all'involucro edilizio
DESCRIZIONE	Il sistema si configura come ibrido offrendo la possibilità di sfruttare tanto specie coltivate in terra che specie coltivate in quota, il cospicuo spessore del substrato di coltura consente di alloggiare senza problemi una buona varietà di tappezzanti, mentre la modularità dell'intero sistema non pone alcun tipo di vincolo dimensionale all'applicazione di questo prodotto.
NODI E COMPONENTE STRUTTURALI	La struttura si compone sostanzialmente di due elementi: un telaio metallico modulare di dimensioni 1000x1000mm e dalla profondità da 200mm in acciaio zincato che serve da supporto statico all'intero sistema e che è la parte che fisicamente viene ancorata alla parete per mezzo di correnti o semplice carpenteria metallica. Una griglia metallica elettrosaldata dalla maglia di 100x100mm, utilizzata sia come tamponamento del telaio (ed elemento di contenimento per il substrato), sia come elemento di sostegno per la crescita di piante rampicanti dal moderato sviluppo dell'apparato radicale
MATERIALI E SUBSTRATO DI COLTURA	Al di là della struttura intelaiata metallica e dal tamponamento in rete elettrosaldata, il substrato di coltura posta internamente ad ogni modulo, si compone da un doppio strato. Internamente si trova un nucleo granulare composto da materiali sfusi dall'elevata porosità, nella fattispecie una miscela di perlite e fibre di cocco, mentre esternamente a sigillare il tutto si trova uno strato di tessuto non tessuto con il doppio compito di contenere la crescita dell'apparato radicale e la creazione di uno strato di pacciamatura contro l'insediamento di eventuali specie estranee alla composizione di progetto, caratterizzato dall'apertura ad intervalli variabili a seconda delle necessità per consentire l'innesto della componente vegetale
INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA	Il sistema di irrigazione è costituito da serpentine gocciolanti interne ad ogni modulo, in ogni elemento si trovano almeno 2 canaline disposte orizzontalmente a costituire un pettine a distanza di 500mm l'una dall'altra. L'acqua erogata dai gocciolanti si diffonde attraverso la massa porosa del substrato risalendo per capillarità e discendendo per percolazione, assicurando comunque un elevato livello di diffusione delle sostanze nutritive. Il sistema può essere integrato con canaline e pzzetti per il recupero dell'acqua.
COSTO	Il costo dei pannelli naturalizzati posti in opera varia dai 450 ai 600 Euro l'uno e non comprende l'impianto di irrigazione



FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO	
EFFICACIA DEL SUBSTRATO DI COLTURA	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	BUONA
Controllo dell'umidità dell'aria	MODERATA
EFFICACIA DELLA COMPONENTE STRUTURALE	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	MODERATA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE	
EFFICACIA DEL SUBSTRATO DI COLTURA	
Isolamento termico dell'edificio	ELEVATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	-
Controllo della velocità del vento	-
EFFICACIA DELLA COMPONENTE STRUTURALE	
Isolamento termico dell'edificio	ELEVATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	ELEVATA
Controllo della velocità del vento	-

SPECIE VEGETALI CONSIGLIATE	
SEDUM - Xerofite	Scheda 14
TAPPEZZANTI	Scheda 13
HEDRA helix - Araliaceae	Scheda 04
JASMINUM - oleaceae	Schede 05-06



Questa immagine pubblicata dall'azienda produttrice mette però in evidenza i limiti del sistema ad adattarsi a forme complesse per via dell'ingombro e della rigidità dei suoi moduli



Prototipo contenente una grande varietà di specie, la libertà lasciata a tali sistemi nella scelta delle specie vegetali costituisce il loro vero punto di forza

VERTICAL MANDELLI

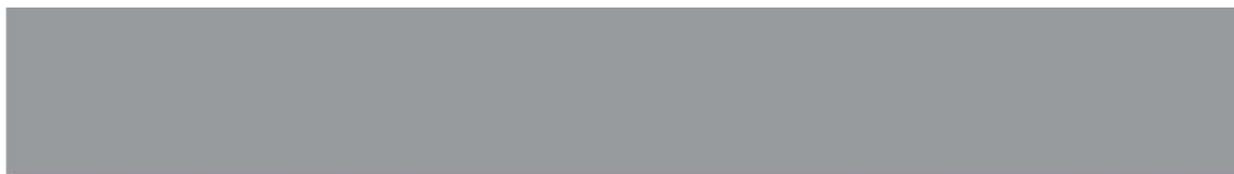


Spaccato assonometrico del sistema VERTICAL.

Il sistema Vertical, rappresenta senza dubbio un prodotto complesso e sofisticato caratterizzato da grande cura nella scelta di nodi e materiali, ma proprio per questo decisamente macchinoso. Infatti se le dimensioni generose dei pannelli e la scelta di puntare sull'autonomia strutturale del prodotto, ne consentono una discreta varietà nelle modalità di rivestimento, impiego e collocazione spaziale, la grande pesantezza della struttura e la scarsa frazionabilità del sistema non gli consentono di adattarsi facilmente ad esigenze dimensionali precise.

Oltre a quanto detto le criticità legate all'impiego di strutture metalliche per sostenere ed orientare la crescita delle piante trovano in questo prodotto la loro massima espressione.

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE	
APPLICAZIONE	Sistema modulate per la coltivazione di manti vegetali in verticale vincolato e separato dall'involucro edilizio
DESCRIZIONE	Il sistema Vertical è un brevetto commercializzato da Daku, nota azienda attiva nel settore del verde pensile, ei è basato sull'impiego di un sistema di contenimento piuttosto sofisticato composto da vasi metallici, agganciati ad un telaio sostenuto da strutture tridimensionali autonome, consentendo una buona elasticità d'uso al prodotto, o eventualmente ancorati alla facciata, soluzione comunque opzionale e da ponderare con cautela dato il peso piuttosto rilevante di questo sistema di inverdimento di circa ai 60Kg al m2. Il sistema presenta l'inconveniente di formare superfici discontinue
NODI E COMPONENTE STRUTTURLE	La componente strutturale del sistema Vertical, è tra quelle analizzate decisamente la più articolata, si compone di quattro elementi: un telaio esterno in acciaio zincato che serve al sostegno dell'intera facciata, un secondo telaio che definisce la dimensione dei singoli pannelli, di 3000x1500mm composto da scatolari in acciaio zincato da 30x30mm e da una rete elettrosaldata di maglia 100x100mm che funge da schermo di contenimento ed eventuale sostegno per l'abbrabicamento delle specie impiantate ne moduli. Un terzo elemento del telaio e vero cuore del sistema, sono i vasi metallici di 1300x800x200mm che contengono il substrato di coltura, appositamente forati per consentire la fuoriuscita del manto vegetale e sagomati per la raccolta dei liquidi in egresso
MATERIALI E SUBSTRATO DI COLTURA	Il substrato di coltura impiegato su tale sistema è piuttosto comune e costituito da una miscela di pomice, lapillo e torba, cinti in questo caso da uno strato drenante di geocomposto con il compito di agevolare verso il sistema di raccolta posto alla base di ogni vaso dell'acqua in eccesso, senza creare ristagno potenzialmente dannosi per piante e struttura di contenimento.
INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA	Il sistema di irrigazione è costituito da un doppio sistema , da una parte ci sono dei gocciolanti, che posti sopra ogni vaso consentono la diffusione per percolazione delle sostanze nutritive, in oltre i vasi sono appositamente sagomati per favorire il deposito sul fondo dell'acqua in eccesso, che da qui viene smaltita attraverso un sistema di tubature appositamente studiato. L'impiego del geocomposto come drenante tutto attorno alla superficie interna del vaso aiuta l diffusione per capillarità delle sostanze nutritive in ogni parte dei vasi
COSTO	Il prezzo del sistema varoa dai 700 ai 900 Euro al m2 a seconda della dimesione dell'intervento



FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO	
EFFICACIA DEL SUBSTRATO DI COLTURA	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	BUONA
Controllo dell'umidità dell'aria	MODERATA
EFFICACIA DELLA COMPONENTE STRUTTURALE	
Schermatura dalla radiazione solare	MODERATA
Controllo della temperatura dell'aria	MODERATA
Controllo dell'umidità dell'aria	MODERATA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE	
EFFICACIA DEL SUBSTRATO DI COLTURA	
Isolamento termico dell'edificio	ELEVATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	–
Controllo della velocità del vento	–
EFFICACIA DELLA COMPONENTE STRUTTURALE	
Isolamento termico dell'edificio	MODERATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	BUONA
Controllo della velocità del vento	BUONA

SPECIE VEGETALI CONSIGLIATE	
SEDUM - Xerofite	Scheda 14
TAPPEZZANTI	Scheda 13
HEDERA helix - Araliaceae	Scheda 04
JASMINUM - oleaceae	Schede 05-06



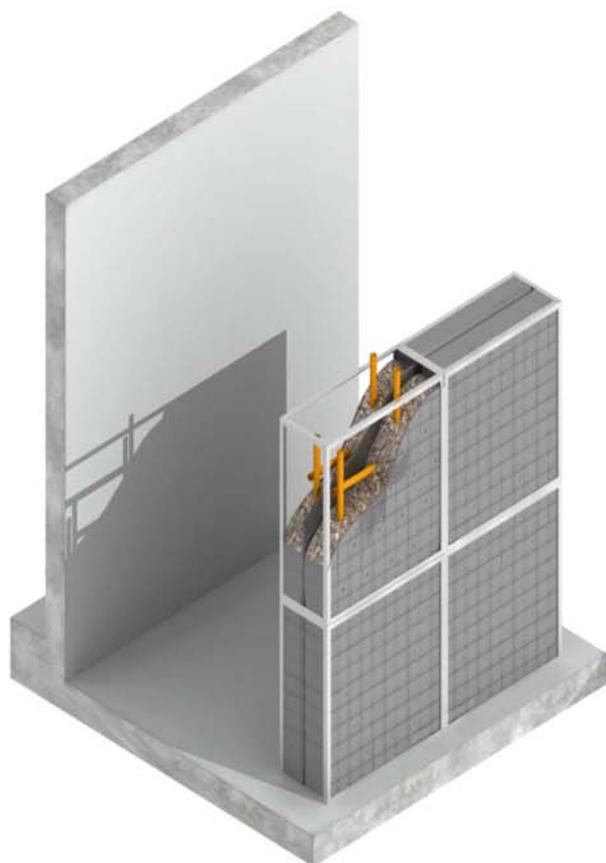
Prototipo di sistema Vertical applicato come schermatura svincolata dalla parete. Si notino le dimensioni importanti del sistema intelaiato necessario al sostegno dei pannelli



Particolare del sistema Vertical. Bucature sulla superficie dei vasi metallici per consentire l'innesto del manto vegetale e l'utilizzo della griglia metallica per orientare lo sviluppo delle piante a portamento rampicante o strisciante.

MUR ANTI BRUIT

CANEVAFLOR



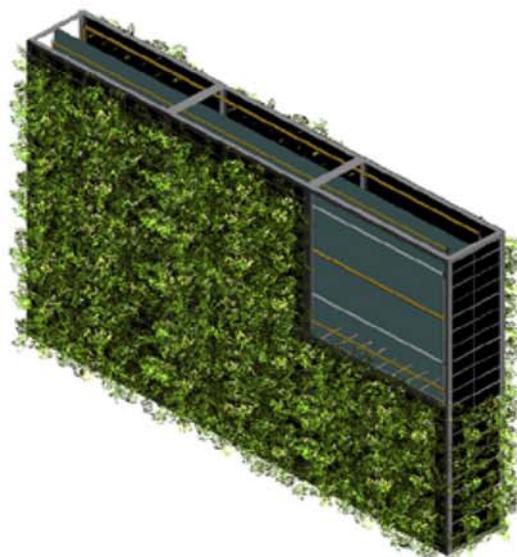
Spaccato assonometrico del sistema MUR ANTI BRUIT. Questo sistema presenta l'interessante caratteristica di comprendere attraverso l'impiego di una singola tipologia di moduli una certa varietà di opzioni compositive: da pezzi per l'impiego parietale a quelli autoportanti come in questo caso. Il limite per l'applicazione di queste tecnologie sta in due fattori fondamentali; i costi elevati e la complessa composizione di materiali e tecnologie al loro interno che ne vincolano la flessibilità. Nel caso di questo prodotto pio, si deve anche considerare l'integrazione di fogli fonoassorbenti che possono incrementare ulteriormente le sue possibilità di applicazione

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE	
APPLICAZIONE	Sistema modulare per la coltivazione in quota di manti vegetali in verticale svincolato dall'involucro edilizio
DESCRIZIONE	Il sistema si presta ad essere utilizzato in forma autonoma rispetto alla presenza di superfici di sostegno, prestandosi a fungere da filtro visivo, acustico e di contrasto all'azione del vento tra diversi spazi aperti. Tecnicamente costituisce una variante dal sistema di facciata prodotto dalla stessa azienda, composto da un doppio pannello al cui interno può essere inserito un foglio di materiale fonoassorbente.
NODI E COMPONENTE STRUTTURALI	La struttura si compone sostanzialmente di due elementi: Un telaio metallico modulare di dimensioni 1000x1000mm e dalla profondità di 200mm in acciaio zincato che serve da supporto statico all'intero sistema e che è la parte che fisicamente viene ancorata alla parete per mezzo di correnti o semplice carpenteria metallica. Una griglia metallica elettrosaldata dalla maglia di 100x100mm, utilizzata come tamponamento del telaio ed elemento di contenimento per il substrato. Nel caso della parete autoportante i moduli strutturali sono collocati in coppia, facendo così raggiungere alla struttura uno spessore di 400mm.
MATERIALI E SUBSTRATO DI COLTURA	Al di là della struttura intelaiata metallica e dal tamponamento in rete elettrosaldata, il substrato di coltura posta internamente ad ogni modulo, si compone da un doppio strato. Internamente si trova un nucleo granulare composto da materiali sfusi dall'elevata porosità, nella fattispecie una miscela di perlite e fibre di cocco, mentre esternamente a sigillare il tutto si trova uno strato di tessuto non tessuto con il doppio compito di contenere la crescita dell'apparato radicale e la creazione di uno strato di pacciamatura contro l'insediamento di eventuali specie estranee alla composizione di progetto, caratterizzato dall'apertura ad intervalli variabili a seconda delle necessità per consentire l'innesto della componente vegetale.
INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA	Il sistema di irrigazione è costituito da serpentine gocciolanti interne ad ogni modulo. In ogni elemento si trovano almeno 2 canaline disposte orizzontalmente a costituire un pettine a distanza di 500mm l'una dall'altra. L'acqua erogata dai gocciolanti si diffonde attraverso la massa porosa del substrato risalendo per capillarità e discendendo per percolazione, assicurando comunque un elevato livello di diffusione delle sostanze nutritive. Il sistema può essere integrato con canaline e pozzetti per il recupero dell'acqua.
COSTO	Il costo dei pannelli naturalizzati posti in opera varia dai 750 ai 900 Euro l'uno e non comprende l'impianto di irrigazione



FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO	
EFFICACIA DEL SUBSTRATO DI COLTURA	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	BUONA
Controllo dell'umidità dell'aria	MODERATA
EFFICACIA DELLA COMPONENTE STRUTURALE	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	MODERATA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE	
EFFICACIA DEL SUBSTRATO DI COLTURA	
Isolamento termico dell'edificio	–
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	–
Controllo della velocità del vento	–
EFFICACIA DELLA COMPONENTE STRUTURALE	
Isolamento termico dell'edificio	–
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	ELEVATA
Controllo della velocità del vento	ELEVATA

SPECIE VEGETALI CONSIGLIATE	
SEDUM - Xerofite	Scheda 14
TAPPEZZANTI	Scheda 13



Vista assonometria del sistema. La scarsa disponibilità di immagini spesso a disposizione delle stesse aziende produttrici, è chiaro indice della novità e della ancora scarsa diffusione di questi prodotto



Alle pareti possono essere accostati altre strutture di coltura come la vasca che vediamo in questa foto o coltivazioni in piena terra, incrementando ulteriormente la possibile varietà di specie vegetali e l'articolazione volumetrica delle masse vegetali che caratterizzano la superficie della parete, aumentando tra l'altro l'efficacia della sua zione di contrasto al vento. Nel caso dell'impiego di vasche è possibile integrare sistemi per il recupero dell'acqua

5.3 SCHEDATURA DELLE TECNOLOGIE PER L'APPLICAZIONE DI MANTI VEGETALI ALL'INVOLUCRO EDILIZIO

5.3.2. Schedature delle categorie di specie vegetali rampicanti o adatte alla coltivazione su substrati posti in verticale

01 Akebia quinata

Lardizabalaceae



Akebia quinata



Particolare dei fiori di Akebia quinata



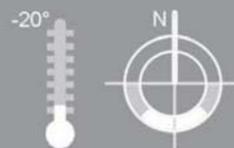
Particolare dei frutti di Akebia quinata



Dettaglio dell'ancoraggio su un supporto di cavi tesati

CARATTERISTICHE DEL MANTO	
PORTAMENTO	Rampicante volubile
SVILUPPO	Sviluppo rampicante Sviluppo a cascata (decombente) Sviluppo orizzontale (strisciante)
ALTEZZA ED AMPIEZZA	8m - 10m l'altezza, 2m - 4m, l'ampiezza
TEMPI DI CRESCITA	Veloce, tra 1,5m e 2m l'anno.
GRANA, DENSITA' E TONALITA'	Chioma piuttosto folta di colore verde chiaro caratterizzata dalla perdita del manto in inverno, in climi miti persiste anche in inverno
CARATTERISTICHE DEL FOGLIAME	
GEOMETRIA E DIMENSIONE	Composta da 5 foglioline ovali
CONSISTENZA	Di consistenza leggera e poco cerosa
COLORE	Bruno-purpureo
FIORI	Fiori a calice di colore porpora – rossastro e profumati
FRUTTI	5-8cm di lunghezza e di colore violetto-brunastro. Tendono ad attirare l'aviofauna come fonte di nutrimento
VARIABILI TECNOLOGICHE	
COLTIVAZIONE	Coltivazione preferibilmente in terra
TIPO DI SUPPORTO	Superfici d'appoggio: adatta a facciate e muri quando i getti vanno guidati verso le superfici Superfici di sostegno: adatta a crescere su qualsiasi struttura di sostegno
SOSTEGNI	Cavi tesati, montanti metallici e strutture rigide per rampicanti
ESIGENZE ECOLOGICHE	
ORIENTAMENTO	Predilige il sud, l'esposizione ideale è quella solare, ma si adatta alla mezzombra
IMPIANTO	In primavera e in terra preventivamente drenata; i primi getti vanno legati
FABBISOGNO IDRICO	Senza particolari necessita
FABBISOGNO NUTRITIVO	Senza alcuna pretesa
POTATURA	E' consigliata, con cautela, per alcune ramificazioni, quando la pianta inizia a spogliarsi alla base.
ESIGENZE PODOLOGICHE	Necessita di terreno sostanzioso e ben drenato

02 Campsis BIGNONIACEAE



Campsis (Bignonia)



Foglie di Bignonia



Particolare una pianta di Bignonia attaccata al pluviale ed alla parete di un edificio per mezzo di radici aeree

<i>CARATTERISTICHE DEL MANTO</i>	
PORTAMENTO	Rampicante con Radici avventizie
SVILUPPO	Sviluppo rampicante Sviluppo a cespuglio
ALTEZZA ED AMPIEZZA	Da 10 a 12m l'altezza ; da 3 a 6m l'ampiezza
TEMPI DI CRESCITA	Rapido in età adulta, tra 1m e 1,5m l'anno
GRANA, DENSITA' E TONALITA'	Verde e rigoglioso in estate e di chioma voluminosa, larga e compatta ma leggera
<i>CARATTERISTICHE DEL FOGLIAME</i>	
GEOMETRIA E DIMENSIONE	Foglia pennata lunga fino a 25cm
CONSISTENZA	Foglia piuttosto leggera e non particolarmente cerosa
COLORE	Verde chiaro
FIORI	Inflorescenza piuttosto intensa con fiori a calice tubuloso di 5-8cm e di colore dal giallo al rosso
FRUTTI	Capsule di 8-10cm (poco significative)
<i>VARIABILI TECNOLOGICHE</i>	
COLTIVAZIONE	Coltivazione in terra o in vaso
TIPO DI SUPPORTO	Superfici d'appoggio: adatta a facciate e muri perchè dotata di radici avventizie Superfici di sostegno: adatta a crescere su supporti robusti come cavi metallici
SOSTEGNI	Necessita di sostegni malgrado le radici aeree
<i>ESIGENZE ECOLOGICHE</i>	
ORIENTAMENTO	Predilige zone di pieno sole
IMPIANTO	Si pianta in primavera, in zone riparate da correnti fredde, in terra o in vaso ma facendo attenzione a destinarle uno spazio adeguato alla sua crescita vigorosa
FABBISOGNO IDRICO	Notevole, in primavera ed estate almeno ogni settimana
FABBISOGNO NUTRITIVO	Senza particolari esigenze
PTATURA	Ben tollerata e necessaria in primavera
ESIGENZE PODOLOGICHE	Cresce bene su suoli agricoli, fertili e ricchi di sostanze organiche, ma adeguatamente drenati



<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO</i>	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	ELEVATA
<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE</i>	
Isolamento termico dell'edificio	–
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	MODERATA
Controllo della velocità del vento	–



Impiegata principalmente per scopi decorativi per via dalla rapidità di crescita e della resistenza dei fiori a freddo e umidità.

La notevole densità ed estensione del manto fanno della Bignonia, in regime estivo, un eccellente strumento di controllo per la qualità microclimatica dello spazio costruito.



03 Clematis

RANUNCULACEAE



Clematis (clementine)



Foglie di Clementide



Particolare dei viticci di una pianta di Clementide

CARATTERISTICHE DEL MANTO

PORTAMENTO	Rampicante con Viticci
SVILUPPO	Sviluppo rampicante Sviluppo a cespuglio
ALTEZZA ED AMPIEZZA	Da 3 a 10m l'altezza ; da 1 a 6m l'ampiezza
TEMPI DI CRESCITA	Piuttosto rapido, circa 1m l'anno
GRANA, DENSITA' E TONALITA'	Verde in estate e di densità variabile a seconda delle specie, leggero per sviluppi limitati e folto per grandi sviluppi (fino a 10m)

CARATTERISTICHE DEL FOGLIAME

GEOMETRIA E DIMENSIONE	Foglia imparipennata da 3 a 7 foglie
CONSISTENZA	Foglia piuttosto leggera e di consistenza cerosa
COLORE	Verde scuro ed intenso
FIORI	Inflorescenza piuttosto intensa e di colore vario
FRUTTI	Noci rivestite da stili piumosi ed argentei

VARIABILI TECNOLOGICHE

COLTIVAZIONE	Coltivazione in terra o in vaso
TIPO DI SUPPORTO	Superfici di sostegno: adatta a crescere su qualsiasi struttura di sostegno, se sufficientemente sottili da essere abbracciati dai viticci
SOSTEGNI	Non necessita di sostegni

ESIGENZE ECOLOGICHE

ORIENTAMENTO	Predilige zone blandamente soleggiate, anche se l'apparato radicale richiede per l'impianto zone ombreggiate
IMPIANTO	Richiede siti in ombra e la presenza di sostegni per arrampicarsi, essendo rampicante a fusto
FABBISOGNO IDRICO	Regolare ed intenso in caso di clima caldo-secco
FABBISOGNO NUTRITIVO	Senza particolari esigenze
PTATURA	Ben tollerata a scopo di contenimento e preferibilmente dopo la fioritura in primavera o autunno
ESIGENZE PODOLOGICHE	Predilige terreni acidi, freschi, poco compatti, profondi e fertili



<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO</i>	
Schermatura dalla radiazione solare	BUONA
Controllo della temperatura dell'aria	BUONA
Controllo dell'umidità dell'aria	ELEVATA
<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE</i>	
Isolamento termico dell'edificio	—
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	MODERATA
Controllo della velocità del vento	MODERATA



Impiegata principalmente per scopi decorativi per via dalla rapidità di crescita e dell'estrema varietà estetica di fiori e frutti da essa prodotti, essendo disponibile anche in una variegata serie di specie ibride.



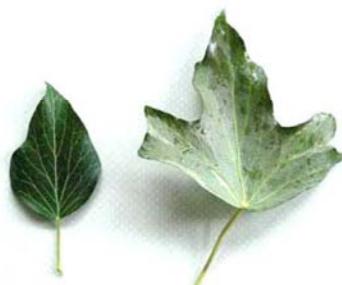
04 Hedera helix

ARALIACEAE

-20°



Hedra



Foglie di Hedra, come si può notare,



Particolare delle radici avventizie di una pianta di Hedra

CARATTERISTICHE DEL MANTO

PORTAMENTO	Rampicante con Radici avventizie
SVILUPPO	Sviluppo rampicante Sviluppo strisciante (orizzontale) Sviluppo decombente (a cascata)
ALTEZZA ED AMPIEZZA	Da 20 a 30m di altezza ; da 3 a 10 m larghezza, i tralci muniti di radici aeree possono raggiungere i 2m
TEMPI DI CRESCITA	Da 0,5 A 1M l'anno, ma più lenta nel primo anno
GRANA, DENSITA' E TONALITA'	Sempreverde a fortezza uniforme e dalla massa fogliare fitta

CARATTERISTICHE DEL FOGLIAME

GEOMETRIA E DIMENSIONE	Foglia cordiforme, lobata se ombreggiata e ovale se esposta alla luce
CONSISTENZA	Foglia piuttosto spessa e di consistenza cerosa
COLORE	Verde scuro, o verde chiaro nel caso di piante giovani
FIORI	Inflorescenza ombrelliforme, di colore verde e gialla
FRUTTI	Bacche sferiche, di colore blu-nero

VARIABILI TECNOLOGICHE

COLTIVAZIONE	Coltivazione in terra o in vaso
TIPO DI SUPPORTO	Superfici d'appoggio: adatta a facciate e muri perchè dotata di radici avventizie Superfici di sostegno: adatta a crescere su qualsiasi struttura di sostegno
SOSTEGNI	Non necessita di sostegni

ESIGENZE ECOLOGICHE

ORIENTAMENTO	Predilige il nord, e le zone ombreggiate
IMPIANTO	In primavera ed autunno
FABBISOGNO IDRICO	Annaffiare 1-2 volte la settimana in estate ed 1 volta la settimana in inverno
FABBISOGNO NUTRITIVO	Si concima ogni 15gg. In estate ed ogni 30-40gg. In inverno
PTATURA	Cimare 1-2 volte all'anno per dare una forma più compatta al manto e aumentare la voluminosità delle foglie
ESIGENZE PODOLOGICHE	Predilige terreno argilloso, fresco, umido e ricco di minerali; Tollerato pH fino a 8



<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO</i>	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	BUONA
<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE</i>	
Isolamento termico dell'edificio	BUONA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	ELEVATA
Controllo della velocità del vento	ELEVATA



Densità del manto di una pianta di hedera esposte a nord, questa caratteristica resta sostanzialmente immutata in state ed in inverno, garantendo un'ottima varietà di funzioni di controllo ambientale durante l'intero anno.

05 Jasminum officinale

OLEACEAE

-20°



Jasminum officinale
(gelsomino bianco)



Foglie di Gelsomino bianco



Dettaglio di getti di gelsomino bianco intrecciati a barre metalliche

CARATTERISTICHE DEL MANTO

PORTAMENTO	Rampicante per Intreccio
SVILUPPO	Sviluppo rampicante Sviluppo decombente (a cascata) Sviluppo a cespuglio
ALTEZZA ED AMPIEZZA	Fino a 5m di altezza ; da 2 a 3 m larghezza
TEMPI DI CRESCITA	Getti di circa 1M l'anno
GRANA, DENSITA' E TONALITA'	Stagionale con getti lunghi e sottili a portamento decombente, le piante adulte presentano un manto dalla trama estremamente fitta

CARATTERISTICHE DEL FOGLIAME

GEOMETRIA E DIMENSIONE	Foglia imparipennata composta da un numero generalmente variabile tra 5-9 foglie lanceolate
CONSISTENZA	Foglia piuttosto spessa e di consistenza cerosa
COLORE	Verde scuro su ambo i lati
FIORI	A calice con forma di stella e diametro di circa 2,5 cm, di colore bianco
FRUTTI	Bacche sferiche, di colore nero (piuttosto modesta)

VARIABILI TECNOLOGICHE

COLTIVAZIONE	Coltivazione in terra o in vaso
TIPO DI SUPPORTO	Superfici di sostegno: adatta a crescere su struttura di sostegno attraverso cui vanno guidati i getti più giovani
SOSTEGNI	adatta a crescere su struttura di sostegno a maglie larghe come barre o cavi tesi poco adatta a spalliere e pergole

ESIGENZE ECOLOGICHE

ORIENTAMENTO	Predilige il sud, e necessita di almeno alcune ore su sole al giorno
IMPIANTO	In primavera e generalmente nei mesi più caldi
FABBISOGNO IDRICO	Annaffiare regolarmente specialmente con terreni drenanti
FABBISOGNO NUTRITIVO	Si concima 2 volte l'anno In primavera ed estate
PTATURA	Cimare periodicamente per fare spazio a nuovi getti (la pottura è ben sopportata)
ESIGENZE PODOLOGICHE	Predilige terreni leggeri



<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO</i>	
Schermatura dalla radiazione solare	MODERATA
Controllo della temperatura dell'aria	BUONA
Controllo dell'umidità dell'aria	BUONA
<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE</i>	
Isolamento termico dell'edificio	–
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	MODERATA
Controllo della velocità del vento	MODERATA



La densità del manto di una pianta di Gelsomino bianco esposte a sud o comunque su orientamenti fortemente soleggiati, la consistenza e densità del fogliame ed il notevole fabbisogno idrico, fanno del gelsomino bianco un eccellente elemento di controllo ambientale durante il periodo estivo, mentre la stagionalità del manto ne attenua l'effetto schermante nei mesi più freddi, consentendo in questo periodo di ottenere guadagni termici solari.

06 Jasminum nudiflorum

OLEACEAE



Jasminum nudiflorum



Foglie di Jasminum nudiflorum



Dettaglio di getti di gelsomino intrecciati ad una spalliera in legno

CARATTERISTICHE DEL MANTO	
PORTAMENTO	Rampicante per Intreccio
SVILUPPO	Sviluppo rampicante Sviluppo decombente (a cascata) Sviluppo a cespuglio
ALTEZZA ED AMPIEZZA	Fino a 5m di altezza ; da 2 a 3 m lam piezza
TEMPI DI CRESCITA	Getti di circa 1M l'anno
GRANA, DENSITA' E TONALITA'	Stagionale con getti lunghi e sottili a portamento decombente comunemente impiegato nell'inverdimento di pareti e pergolati
CARATTERISTICHE DEL FOGLIAME	
GEOMETRIA E DIMENSIONE	Foglia imparipennata generalmente composta da 3 foglie
CONSISTENZA	Foglia di consistenza piuttosto cerosa
COLORE	Verde scuro su ambo i lati
FIORI	Fioritura abbondante. Fiori a calice con diametro di circa 2,5 cm, di colore giallo e dalla corona bianca. I fiori aperti tendono a resistere all'inverno senza gelare.
FRUTTI	Bacche sferiche, di colore nero (piuttosto modesta)
VARIABILI TECNOLOGICHE	
COLTIVAZIONE	Coltivazione in terra o in vaso, adatto alla coltivazione in quota per sfruttarne al meglio il portamento decombente
TIPO DI SUPPORTO	Superfici di sostegno: adatta a crescere su struttura di sostegno attraverso cui vanno guidati i getti più giovani
SOSTEGNI	adatta a crescere su struttura di sostegno a maglie larghe come barre o cavi tesati e a spalliere e pergole se di dimensione adeguata
ESIGENZE ECOLOGICHE	
ORIENTAMENTO	Predilige il sud, e necessita di almeno alcune ore su sole al giorno
IMPIANTO	In primavera e generalmente nei mesi più caldi
FABBISOGNO IDRICO	Annaffiare regolarmente specialmente con terreni drenanti, mantenere umido il terreno anche in inverno
FABBISOGNO NUTRITIVO	Si concima 2 volte l'anno In primavera ed estate
POTATURA	potatura annuale ben sopportata
ESIGENZE PODOLOGICHE	Predilige terreni leggeri



FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO	
Schermatura dalla radiazione solare	MODERATA
Controllo della temperatura dell'aria	BUONA
Controllo dell'umidità dell'aria	BUONA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE	
Isolamento termico dell'edificio	-
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	MODERATA
Controllo della velocità del vento	MODERATA



Caratteristiche del Gelsomino d'inverno sono la rapidità di crescita e l'abbondante fioritura che riesce a conservarsi sino al periodo invernale offrendo un'elevata resistenza alle gelate. Per via delle suddette caratteristiche il Gelsomino d'inverno viene tradizionalmente impiegato come pianta decorativa ma la gradevolezza e la consistenza del suo manto uniti alla rapidità di crescita ne fanno un'eccellente elemento schermante specialmente adatto all'impiego su spazi filtro.

07 Lonicera

CAPRIFOLIACEAE



Campsis (Bignonia)



Foglie di Bignonia



Particolare una pianta di Bignonia attaccata al pluviale ed alla parete di un edificio per mezzo di radici aeree

CARATTERISTICHE DEL MANTO	
PORTAMENTO	Rampicante con Fusto volubile (si avvolge in senso orario)
SVILUPPO	Sviluppo rampicante Sviluppo a cespuglio
ALTEZZA ED AMPIEZZA	Da 3 a 6m l'altezza ; da 2 a 4m l'ampiezza
TEMPI DI CRESCITA	Fino a 1m l'anno
GRANA, DENSITA' E TONALITA'	Chioma generalmente decidua a portamento rampicante e non particolarmente folta
CARATTERISTICHE DEL FOGLIAME	
GEOMETRIA E DIMENSIONE	Foglia ellittica e dal bordo liscio
CONSISTENZA	Foglia piuttosto pesante e di consistenza cerosa
COLORE	Verde chiaro e scuro
FIORI	Inflorescenza a fiori isolati dalla corolla imbutoforme e di vari colori, dal bianco al giallo al rosso e dal profumo intenso
FRUTTI	Bacche di colore scuro ed attrattivi per l'aviofauna
VARIABILI TECNOLOGICHE	
COLTIVAZIONE	Coltivazione in terra
TIPO DI SUPPORTO	Superfici di sostegno: adatta a crescere su supporti di qualsiasi tipo, dalle spalliere, alle pergole, ai tiranti
SOSTEGNI	Necessita di sostegni
ESIGENZE ECOLOGICHE	
ORIENTAMENTO	Tollera l'esposizione solare, ma predilige la mezz'ombra
IMPIANTO	A seconda della specie si impianta in primavera o in autunno, evitando giornate di freddo o di cattivo tempo destinarle uno spazio adeguato alla sua crescita vigorosa
FABBISOGNO IDRICO	Notevole, durante il primo anno e di periodi di clima secco prolungato
FABBISOGNO NUTRITIVO	Concimazione annuale
PTATURA	Ben tollerata e necessaria ogni 3-5 anni
ESIGENZE PODOLOGICHE	Cresce bene su suoli agricoli, ricchi di sostanze organiche, profondi e privi di ristagni d'acqua.



<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO</i>	
Schermatura dalla radiazione solare	MODERATA
Controllo della temperatura dell'aria	BUONA
Controllo dell'umidità dell'aria	MODERATA
<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE</i>	
Isolamento termico dell'edificio	—
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	MODERATA
Controllo della velocità del vento	MODERATA



Per via dell'abbondante e profumata fioritura, è generalmente impiegata per scopi decorativi, non particolarmente indicata per il controllo microclimatico a causa di scarsa densità e crescita piuttosto lenta.



08 Parthenocissus quinquefolia

VITACEAE



Parthenocissus quinquefolia
(Vite del Canada)



Foglia di Vite del Canada



Dettaglio dell'ancoraggio alla parete
tramite ventose

CARATTERISTICHE DEL MANTO

PORTAMENTO	Rampicante con viticci e ventose
SVILUPPO	Sviluppo rampicante Sviluppo a cascata (decombente) Sviluppo orizzontale (strisciante)
ALTEZZA ED AMPIEZZA	Altezza ed ampiezza, da 8 a 15m
TEMPI DI CRESCITA	Crescita rapida, fino a 2m all'anno
GRANA, DENSITA' E TONALITA'	Leggero, estremamente folto e verde in estate con getti che si allontanano dalle superfici di appoggio ed ancoraggio

CARATTERISTICHE DEL FOGLIAME

GEOMETRIA E DIMENSIONE	Palmata e composta da 5 lobi
CONSISTENZA	Di consistenza estremamente leggera e poco cerosa
COLORE	Verde chiaro in estate e rosso in autunno
FIORI	Fioritura modesta, di colori dal bianco al verde, e dalla leggera profumazione
FRUTTI	Bacche di colore blu-nero. Tendono ad attirare l'aviofauna come fonte di nutrimento

VARIABILI TECNOLOGICHE

COLTIVAZIONE	Coltivazione preferibilmente in terra
TIPO DI SUPPORTO	Superfici d'appoggio: adatta a facciate e muri perché leggera e dotata ventose Superfici di sostegno: adatta a crescere su qualsiasi struttura di sostegno
SOSTEGNI	Necessita di sostegni per lo sviluppo in altezza

ESIGENZE ECOLOGICHE

ORIENTAMENTO	Predilige il sud, l'esposizione ideale è quella solare, ma si adatta alla mezzombra
IMPIANTO	Dall'inizio dell'autunno alla fine dell'inverno evitando giornate piovose o particolarmente fredde (da piantare 2m dalla superficie da inverdire)
FABBISOGNO IDRICO	Annaffiare abbondantemente nei periodi secchi ed immediatamente dopo l'impianto
FABBISOGNO NUTRITIVO	Senza particolari necessità
POTATURA	Potature frequenti a cura della rapida crescita sono ben tollerate
ESIGENZE PODOLOGICHE	Tollera senza problemi diversi tipi di terreno purché sufficientemente freschi nei mesi caldi



FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO DEGLI SPAZI FILTRO – REGIME ESTIVO	
Variazione della radiazione solare diretta e diffusa	ELEVATA
Variazione della temperatura dell'aria	ELEVATA
Variazione dell'umidità dell'aria	ELEVATA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO DEGLI SPAZI INTERNI – REGIME ESTIVO	
Assorbimento dell'energia radiante da parte dello strato vegetale	ELEVATA
Riflessione delle radiazioni solari incidente da parte dello strato vegetale	BUONA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO DEGLI SPAZI FILTRO – REGIME INVERNALE	
Variazione della velocità e della direzione del vento	BASSA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO DEGLI SPAZI INTERNI – REGIME INVERNALE	
Isolamento termico prodotto dallo strato vegetale	BASSA
Protezione dagli agenti atmosferici prodotta dallo strato vegetale	BASSA
sfruttamento dell'energia solare passiva	ELEVATA



La caratteristica leggerezza della chioma e la disponibilità di diversi mezzi per arrampicarsi, come viticci e ventose ne fanno una pianta estremamente versatile, mentre la colorazione cangiante dal verde al rosso la rendono particolarmente apprezzata per la sua valenza estetica, anche se la produzione di frutti che attirano l'aviofauna può costituire un limite all'applicazione



09 Parthenocissus tricuspidata

VITACEAE



Parthenocissus tricuspidata
(Vite Americana)



Foglia di Vite Americana



Dettaglio dell'ancoraggio alla parete tramite ventose

CARATTERISTICHE DEL MANTO	
PORTAMENTO	Rampicante con viticci e ventose
SVILUPPO	Sviluppo rampicante Sviluppo a cascata (decombente) Sviluppo orizzontale (strisciante)
ALTEZZA ED AMPIEZZA	Altezza da 10 a 15m ed ampiezza da 8 a 5m
TEMPI DI CRESCITA	Crescita rapida, 2m all'anno (più lenta per i primi 2 anni)
GRANA, DENSITA' E TONALITA'	Estremamente folto ed uniforme, verde in estate ma riconoscibile anche in inverno e formando una superficie articolata con i getti che tendono ad allontanarsi dal piano d'appoggio
CARATTERISTICHE DEL FOGLIAME	
GEOMETRIA E DIMENSIONE	Trilobata cordiforme
CONSISTENZA	Di consistenza piuttosto leggera e cerosa
COLORE	Verde scuro e brillante ed arancio-rosso in autunno
FIORI	Fioritura modesta, di colori dal giallo al verde, e dalla leggera profumazione
FRUTTI	Bacche di colore blu-nero dallo stelo rosso (in autunno). Tendono ad attirare l'aviofauna come fonte di nutrimento
VARIABILI TECNOLOGICHE	
COLTIVAZIONE	Coltivazione preferibilmente in terra
TIPO DI SUPPORTO	Superfici d'appoggio: adatta a facciate e muri perché leggera e dotata ventose Superfici di sostegno: adatta a crescere su qualsiasi struttura di sostegno
SOSTEGNI	Non necessita di sostegni
ESIGENZE ECOLOGICHE	
ORIENTAMENTO	Predilige il sud, l'esposizione ideale è quella solare, ma si adatta alla mezzombra
IMPIANTO	Dall'inizio dell'autunno alla primavera evitando giornate piovose o particolarmente fredde (da piantare 3m dalla superficie da inverdire)
FABBISOGNO IDRICO	Annaffiare abbondantemente nei periodi secchi ed immediatamente dopo l'impianto
FABBISOGNO NUTRITIVO	Senza particolari necessità
POTATURA	Potature frequenti a cura della rapida crescita sono ben tollerate
ESIGENZE PODOLOGICHE	Tollera senza problemi diversi tipi di terreno purché sufficientemente freschi nei mesi caldi



<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO</i>	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	ELEVATA
<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE</i>	
Isolamento termico dell'edificio	–
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	MODERATA
Controllo della velocità del vento	MODERATA



La caratteristica leggerezza della chioma e la disponibilità di diversi mezzi per arrampicarsi, come viticci e ventose ne fanno una pianta estremamente versatile, mentre la colorazione cangiante dal verde al rosso la rendono particolarmente apprezzata per la sua valenza estetica, e la compattezza del manto fogliare ne garantisce un buon rendimento in termini di controllo microclimatico, anche se la produzione di frutti che attirano l'aviofauna può costituire un limite all'applicazione



10 Thunbergia grandiflora

Acanthaceae



Thunbergia grandiflora



Foglia di Thunbergia grandiflora



Dettaglio dello sviluppo volubile su un supporto

CARATTERISTICHE DEL MANTO	
PORTAMENTO	Rampicante volubile
SVILUPPO	Sviluppo rampicante Sviluppo a cascata (decombente) Sviluppo orizzontale (strisciante)
ALTEZZA ED AMPIEZZA	Fino a 5 metri di altezza
TEMPI DI CRESCITA	Crescita rapida, fino a 2m all'anno
GRANA, DENSITA' E TONALITA'	Folta massa fogliare di colore verde scuro tutto l'anno.
CARATTERISTICHE DEL FOGLIAME	
GEOMETRIA E DIMENSIONE	portano foglie appaiate, di forma ovato-triagonale, lunghe 8 cm. e di colore verde scuro
CONSISTENZA	Di consistenza estremamente leggera e poco cerosa
COLORE	Verde scuro
FIORI	fiore larghi 5-8 cm., di colore azzurro-lavanda, con gola bianca o giallo chiaro, che sbocciano riuniti in grappoli penduli.
FRUTTI	Il frutto è una capsula globosa che contiene al suo interno diversi semi.
VARIABILI TECNOLOGICHE	
COLTIVAZIONE	Coltivazione preferibilmente in terra
TIPO DI SUPPORTO	Adatta a salire su graticci e pergole
SOSTEGNI	Necessita di sostegni per lo sviluppo in altezza
ESIGENZE ECOLOGICHE	
ORIENTAMENTO	Sono piante che amano la luce ma è preferibile che non siano al sole diretto
IMPIANTO	Marzo-aprile, alla temperatura di 16-18°C.
FABBISOGNO IDRICO	Durante il periodo primaverile - estivo va annaffiata in modo da mantenere il terreno costantemente umido. A partire dall'autunno e per tutto l'inverno le irrigazioni vanno diminuite in modo che il terreno sia appena umido.
FABBISOGNO NUTRITIVO	Senza particolari necessità.
POTATURA	Le piante giovani vanno cimare per favorire la ramificazione ed avere una pianta più compatta. Le piante adulte, in primavera possono essere potate per accorciare i rami cresciuti troppo o troppo disordinatamente.
ESIGENZE PODOLOGICHE	Può essere coltivata in terreno leggero e arioso, anche calcareo.



FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO	
Schermatura dalla radiazione solare	BUONA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	BUONA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE	
Isolamento termico dell'edificio	BUONA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	BUONA
Controllo della velocità del vento	MODERATA



Caratteristica della crescita vigorosa della chioma



In alcuni paesi dove trova il clima particolarmente adatto, ad esempio in Australia, e' considerata una pianta infestante.

11 Vitis

VITACEAE



Vitis



Foglia di Vite



Dettaglio dello sviluppo volubile lungo un sostegno verticale

CARATTERISTICHE DEL MANTO

PORTAMENTO	Rampicante con viticci
SVILUPPO	Sviluppo rampicante Sviluppo a cascata (decombente) Sviluppo orizzontale (strisciante)
ALTEZZA ED AMPIEZZA	Altezza da 6 a 10m di altezza, da 4 a 8m di ampiezza
TEMPI DI CRESCITA	Crescita rapida, 4m all'anno
GRANA, DENSITA' E TONALITA'	Chioma folta e caratterizzata da foglie molto ampie, verde in estate e gialla-rossa in autunno, forma una superficie articolata con i getti che tendono ad allontanarsi dal piano d'appoggio, grande componente legnosa

CARATTERISTICHE DEL FOGLIAME

GEOMETRIA E DIMENSIONE	Arrotondata o lobata, lunga 10-15cm
CONSISTENZA	Di consistenza piuttosto leggera e cerosa
COLORE	Da verde chiaro a verde scuro, gialla e rossa in autunno
FIORI	Infiorescenza a grappolo, fiori giallo-verdi con un delicato profumo
FRUTTI	Bacche riunite in grappoli Tendono ad attirare l'aviofauna come fonte di nutrimento

VARIABILI TECNOLOGICHE

COLTIVAZIONE	Coltivazione preferibilmente in terra
TIPO DI SUPPORTO	Superfici d'appoggio: adatta a facciate e muri perché leggera e dotata ventose Superfici di sostegno: adatta a crescere su qualsiasi struttura di sostegno
SOSTEGNI	Cavi tesi e strutture rigide stabili, a cui va necessariamente legata

ESIGENZE ECOLOGICHE

ORIENTAMENTO	Predilige il sud, l'esposizione ideale è quella solare, ma si adatta alla mezzombra
IMPIANTO	In primavera; i getti vanno legati.
FABBISOGNO IDRICO	Senza particolari pretese
FABBISOGNO NUTRITIVO	Necessaria una concimazione annuale
POTATURA	Da effettuare in tardo autunno
ESIGENZE PODOLOGICHE	Terreno sostanzioso, ricco di sostanza organica ed elementi minerali, fresco, ben drenato



FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	ELEVATA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE	
Isolamento termico dell'edificio	–
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	BUONA
Controllo della velocità del vento	MODERATA



Frutti della Vitis vinifera



Frutti della Vitis vinifera



Particolare del colore rossastro che le foglie assumono durante l'autunno

12 Wisteria sinensis

LEGUMINOSAE



Wisteria sinensis (glicine)



Foglie di Glicine



Dettaglio dell'intreccio formato dai rami di glicine e dell'abbondante fioritura caratteristica di questa pianta

CARATTERISTICHE DEL MANTO	
PORTAMENTO	Rampicante volubile
SVILUPPO	Sviluppo rampicante Sviluppo a cespuglio
ALTEZZA ED AMPIEZZA	Fino a 20-25m di altezza ; attorno a 1,5 m l'ampiezza
TEMPI DI CRESCITA	Lenta per 3-4 anni e poi veloce fino a 2m l'anno
GRANA, DENSITA' E TONALITA'	In estate il manto risulta estremamente fitto e verde con getti esili e sinuosi che si intrecciano in modo molto vigoroso (con una pressione che arriva fino a 50 kg)
CARATTERISTICHE DEL FOGLIAME	
GEOMETRIA E DIMENSIONE	Composta e lunga fino a 40 cm
CONSISTENZA	Di consistenza estremamente leggera e poco cerosa
COLORE	Verde chiaro su ambo i lati
FIORI	Fioritura estremamente abbondante, di racemi pendenti di 15-30cm, di colori dal bianco al blu, al violetto, dalla leggera profumazione
FRUTTI	Bossoli di 10-15cm, di colore verde
VARIABILI TECNOLOGICHE	
COLTIVAZIONE	Coltivazione in terra, il vaso è sconsigliato per l'estremo vigore e rapidità di crescita, evitare terreni calcarei
TIPO DI SUPPORTO	Superfici di sostegno: necessarie strutture resistenti alla pressione dei rami, da evitare spalliere e pergole in legno
SOSTEGNI	adatta a crescere su struttura di sostegno a maglie larghe come barre (preferibilmente metalliche) o cavi tesati ad almeno 15 cm dalla superficie da rivestire
ESIGENZE ECOLOGICHE	
ORIENTAMENTO	Predilige il sud, e necessita di almeno alcune ore su sole al giorno
IMPIANTO	In primavera e generalmente nei mesi più caldi
FABBISOGNO IDRICO	Annaffiare regolarmente e mantenere umido il terreno in estate specie se a contatto con pareti
FABBISOGNO NUTRITIVO	Si concima 1 volta l'anno
POTATURA	Una blanda potatura estiva ed una più energica in inverno
ESIGENZE PODOLOGICHE	Predilige terreni sabbiosi e argillosi (ricchi di humus) , mentre sono da evitare i terreni calcarei



<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO</i>	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	ELEVATA
<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE</i>	
Isolamento termico dell'edificio	-
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	MODERATA
Controllo della velocità del vento	MODERATA



malgrado sia una pianta a foglia caduca, le ramificazioni del fusto di glicine col tempo tendono ad assumere una complessità tale da costituire un filtro all'irraggiamento solare piuttosto efficace anche nei mesi invernali



Elemento qualificante, ma anche potenziale punto di debolezza del glicine applicato all'involucro edilizio è l'estremo vigore della sua crescita. Essendo infatti pianta particolarmente invasiva ed alla continua ricerca di luce solare, richiede particolare attenzione nella scelta delle altre piante ad essa prossime, che potrebbero venirne danneggiate. Lo sviluppo decisamente veloce a partire dal 3°-4° anno costituisce invece da sempre una caratteristica funzionale all'impiego di questa pianta per l'inverdimento parietale, ma anche in questo caso la scelta delle strutture di sostegno va operata in virtù della loro rigidità e resistenza alla forza operata dalla pianta (che come già accennato arriva fino a 50 kg).

13 Erbacee perenni

TAPPEZZANTI



Foglie di *Heuchera sanguinea* (sopra) e *Stachys lanata*, l'impiego di erbacee tappezzanti permette di ottenere una grande varietà visiva



Fiore di *Hypericum calycinum*



Stachys lanata, si noti in questo caso la disomogeneità della copertura vegetale sul terreno

CARATTERISTICHE DEL MANTO	
PORTAMENTO	Le specie più adatte all'impiego in verticale sono erbacee perenni che presentano portamento cespitoso
SVILUPPO	Sviluppo strisciante (orizzontale) Sviluppo a cespuglio
ALTEZZA ED AMPIEZZA	A seconda delle specie la dimensioni sia in altezza possono variare tra i 20 ed i 100cm, e generalmente contenuta tra i 40 e 60 cm l'ampiezza
GRANA, DENSITA' E TONALITA'	Sempreverde che tendono generalmente a formare macchie piuttosto compatte compatte di vegetazione formando una fitta se pur circoscritta trama di organi aerei ed apparati radicali, in questo caso rispetto ai sedum le erbacee a foglia perenne formano superfici più dense e continue
CARATTERISTICHE DEL FOGLIAME	
GEOMETRIA DIMENSIONE CONSISTENZA	Le foglie pur variando nella forma a seconda delle specie presentano alcune caratteristiche comuni di grande importanza ai fini di ridurre la traspirazione: <ul style="list-style-type: none"> • Contenuta dimensione (tra i 3 ed i 6 cm di diametro) • superficie generalmente piuttosto cerosa, con eventuale presenza di peluria (caratteristiche necessarie a limitare le dispersioni idriche)
COLORE	Generalmente Verde scuro
FIORI	Inflorescenza abbondante che a seconda delle specie varia dal bianco al giallo al viola
VARIABILI TECNOLOGICHE	
COLTIVAZIONE	Le specie più indicate per l'impiego in verticale sono piante resistenti a freddo e stress idrici, capaci di crescere naturalmente anche in modeste quantità di terreno per via dello sviluppo strisciante del loro apparato radicale, non presentano dunque particolari, adattandosi ad ogni tipo di supporto
TIPO DI SUBSTRATO	Le tappezzanti perenni necessitano generalmente per il loro sviluppo di substrati di coltura come perlite argilla espansa o fibra di cocco, in grado di fornire un buon drenaggio d'acqua, ed evitare il formarsi di ristagni idrici
GESTIONE	
ORIENTAMENTO	Piante che generalmente richiedono esposizione in pieno sole
FABBISOGNO IDRICO E NUTRITIVO	Tali piante richiedono una bassa frequenza di interventi manutentivi, che possono generalmente consistere nell'essere irrigate settimanalmente durante la stagione più calda, oltre che di essere concimate ogni uno o due anni
PTATURA	La potatura in caso si desideri uno spessore del manto costante nel tempo va fatta ogni uno o due anni



<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO</i>	
Schermatura dalla radiazione solare	BUONA
Controllo della temperatura dell'aria	BUONA
Controllo dell'umidità dell'aria	MODERATA
<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE</i>	
Isolamento termico dell'edificio	MODERATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	ELEVATA
Controllo della velocità del vento	–



Arabis caucasica si noti (in alto) la propensione della pianta di adattarsi a radicare su un substrato estremamente drenante e poroso che genera condizioni paragonabili a quelle di tutti i prodotti per la costruzione di pareti verdi che impiegano perlite o lapillo. Sotto la massa vegetale compatta di un manto ottenuto della stessa specie erbacea.

Hypericum calycinum

ERBACEE TAPEZZANTI PERENNI



Iperico . Pianta perenne semisempreverde, sviluppa lunghe ramificazioni striscianti o prostrate, che si allargano notevolmente, dando origine a larghi tappeti compatti, alti soltanto 25-35 cm; i fusti sottili, di colore marrone, sono coperti da lunghe foglie opposte, ovali, di colore verde scuro sulla pagina superiore, più chiare e biancastre sulla pagina inferiore; possono diventare rossastre in autunno. Produce grandi fiori di colore giallo oro, a stella, con vistosi stami gialli.

Stachys lanata

ERBACEE TAPEZZANTI PERENNI



S. byzantina, *S. olympica*. Pianta dal fogliame molto ornamentale, ricoperto da una fitta peluria argentea. In estate produce spighe di fiori rosa-porpora. Molto resistente alla siccità. Altezza: 40 cm Larghezza: 20 cm
Periodo di fioritura: luglio-agosto
Foglie decorative in: gennaio-dicembre

Arabis caucasica

ERBACEE TAPEZZANTI PERENNI



Costituisce densi tappeti, alti da 15 a 20 cm, di piccole foglie ovali, verde scuro, ricoperte da una sottile e densa peluria che le fa apparire argentee; in primavera, talvolta già a partire da febbraio se le temperature sono miti, produce innumerevoli fiorellini bianchi, delicatamente profumati, che ricoprono quasi completamente le foglie fino a maggio. La varietà "rosea" ha fiori rosa intenso. Questa pianta tappezzante è ideale per i giardini rocciosi o per i muri a secco.

Heuchera sanguinea

ERBACEE TAPEZZANTI PERENNI



Altezza 40cm, fino a 50cm. Foglie rotondeggianti lobate, di colore verde scuro. Fiore piccolo, campanulato, riunito in pannocchie lunghe 15 - 20cm, di colore rosso chiaro - porpora. Fioritura: Maggio - Luglio. Distanza d'impianto: 30cm. Impiego: bordure (soprattutto sul bordo frontale), tappezzante. Attira le farfalle (e colibri). Rustica (-30° / -20°C). Epoca d'impianto: in Ottobre o in Aprile

Lysimachia nummularia

ERBACEE TAPEZZANTI PERENNI



Mazza d'oro strisciante, Quattrinella, Erba soldina, Erba moneta. Pianta erbacea con fusto quadrangolare lungo fino a 60 cm.,strisciante, ricopre il terreno con le fitte ramificazioni. Le foglie opposte, intere, rotondeggianti di 15-20 mm. di lunghezza. I fiori gialli, all'ascella delle foglie di 1,5-2 cm di diametro, normalmente a copia, formati da 5 petali ovali. E' specie degli ambienti umidi, spesso ombrosi, sponde di fossati e zone acquitrinose.

Vinca major

ERBACEE TAPEZZANTI PERENNI



Pianta erbacea sempreverde, rizomatosa, con lunghi stoloni (fino a oltre 1 m) che formano un intricato tappeto erboso di circa 15-20 cm in altezza, ed emettono radici ad ogni nodo; gli stoloni fioriferi erbacei si erigono fino a poter raggiungere l'altezza di 50 cm. Foglie verdi-scure, lucide e glabre sulla pagina superiore, più chiare e opache in quella inferiore. Da marzo-aprile a giugno e in qualche caso, una seconda volta in settembre-ottobre.

14 Sedum

TAPPEZZANTI XEROFITE



Sedum



Rametto di sedum acre, si noti la superficie ridotta e la consistenza estremamente carnosa delle foglie



Sedum cresciuti a ridosso di una superficie rocciosa, ed in assenza quindi di terreno

CARATTERISTICHE DEL MANTO	
PORTAMENTO	Le specie più adatte all'impiego in verticale come il sedum acre, il sedum album, o il Sedum sarmentosum, presentano portamento cespitoso
SVILUPPO	Sviluppo strisciante (orizzontale) Sviluppo a cespuglio
ALTEZZA ED AMPIEZZA	A seconda delle specie la dimensioni sia in altezza possono variare tra i 10 ed i 50cm, e generalmente contenuta tra i 40 e 60 cm l'ampiezza
GRANA, DENSITA' E TONALITA'	Sempreverde che tendono generalmente a formare macchie molto compatte di vegetazione formando una fitta se pur circoscritta trama di organi aerei ed apparati radicali
CARATTERISTICHE DEL FOGLIAME	
GEOMETRIA DIMENSIONE CONSISTENZA	Le foglie pur variando nella forma a seconda delle specie presentano alcune caratteristiche comuni di grande importanza ai fini di ridurne la traspirazione: <ul style="list-style-type: none"> • ridotta superficie traspirante • consistenza estremamente carnosa • ridotto numero di stomi
COLORE	Generalmente possono assumere diversi toni di verde chiaro
FIORI	Inflorescenza abbondante che a seconda delle specie varia dal bianco al giallo al viola
VARIABILI TECNOLOGICHE	
COLTIVAZIONE	Le piante di sedum sono tra le migliori "tappezzanti da roccia", per la loro capacità di crescere in condizioni estremamente difficili, non temono dunque stress idrici e si prestano ed essere coltivate su ogni tipo di supporto
TIPO DI SUBSTRATO	I sedum necessitano per il loro sviluppo di substrati di coltura come perlite argilla espansa o fibra di cocco, in grado di fornire un buon drenaggio d'acqua, ed evitare il fermarsi di ristagni idrici
GESTIONE	
ORIENTAMENTO	I sedum richiedono almeno alcune ore di luce al giorno, anche se alcune specie come il Sedum Acre non vogliono un'esposizione diretta continuativa
FABBISOGNO IDRICO E NUTRITIVO	Pianta resistente allo stress idrico e molto sensibile ai ristagni idrici. Occorre sospendere le irrigazioni, quasi completamente, durante l'inverno, mentre vanno eseguiti con "regolarità" durante l'estate e diluite durante la primavera e l'autunno. Volendo fornire un'indicazione di massima, possiamo dire di innaffiare settimanalmente durante l'estate ed ogni quindici giorni durante la primavera e l'autunno.



<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO</i>	
Schermatura dalla radiazione solare	BUONA
Controllo della temperatura dell'aria	MODERATA
Controllo dell'umidità dell'aria	MODERATA
<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE</i>	
Isolamento termico dell'edificio	BUONA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	ELEVATA
Controllo della velocità del vento	–



Le piante di sedum tendono a formare chiazze di elevata densità sia pure di sviluppo moderato in altezza, ma pur essendo delle eccellenti tappezzanti, non riescono a dare vita come i tappeti erbosi a superfici caratterizzate da un'elevatissima continuità.

Sedum sarmentosum

TAPEZZANTI XEROFITE



Borracina sarmentosa. Erbacea tapezzante perenne e sempreverde. La sua forma biologica è camefito succulenta, adatte ad ambienti aridi, con gemme perennanti radenti il suolo e con organi adatti a conservare l'acqua - bassa evapotraspirazione. Sviluppo da 10 a 25cm di altezza. Foglie ovali, piccole di 2-4 mm, carnose, disposte a gruppi di tre. Fiori in sepali di 2 mm simili alle foglie; petali gialli, lanceolati, acuti. Fioritura: da giugno a luglio

Sedum sexangulare

TAPEZZANTI XEROFITE



Sedum boloniense Loisel; *Sedum mite* Gilib.; *Borracina insipida*; *Erba pignola*
Erbacea tapezzante perenne di colore verde chiaro. E' una camefito succulenta, adatte ad ambienti aridi, con gemme perennanti radenti il suolo e con organi adatti a conservare l'acqua - bassa evapotraspirazione. Sviluppo da 8 a 12cm di altezza. Foglie cilindriche, 4-5 mm, verdi e glabre, disposte in sei file. Fiori gialli dialipetali, lanceolati, acuti. Fioritura: da maggio a luglio

Sedum spurium

TAPEZZANTI XEROFITE



Sedo del Caucaso. Erbacea tapezzante perenne e sempreverde. La sua forma biologica è camefito succulenta, adatte ad ambienti aridi, con gemme perennanti radenti il suolo e con organi adatti a conservare l'acqua - bassa evapotraspirazione. Sviluppo da 5 a 20cm di altezza. Presenta foglie laminari obovato-obcunee, con dentelli all'apice. Fiori lanceolato-acuminati con petali roseo-porporini. Fioritura: da giugno a agosto

Sedum acre

TAPEZZANTI XEROFITE



Borracina acre, Erba pignola. Erbacea tapezzante perenne e sempreverde. La sua forma biologica è camefita succulenta, adatte ad ambienti aridi, con gemme perennanti radenti il suolo e con organi adatti a conservare l'acqua - bassa evapotraspirazione. Sviluppo da 3 a 10cm di altezza. Le foglie sono glabre, carnose, disposte a spirale embricata e alterne sul fusto. I fiori sono raccolti in corte spighe cimose composta da 1-3 fiori di colore giallo. Fioritura: da maggio a luglio

Sedum album

TAPEZZANTI XEROFITE



Borracina bianca, Pinocchiola. Erbacea tapezzante perenne di colore verde chiaro; sfuma verso il rosso a fine stagione. E' una camefita succulenta, adatte ad ambienti aridi, con gemme perennanti radenti il suolo e con organi adatti a conservare l'acqua - bassa evapotraspirazione. Sviluppo da 10 a 15cm di altezza. Le foglie sono oblunghie, alterne, glabre, carnose. Fiori con petali bianchi screziati di rosso di 5 mm. Fioritura: da aprile a luglio.

Sedum reflexum

TAPEZZANTI XEROFITE



Sedum rupestre, Borracina rupestre. Erbacea tapezzante perenne e sempreverde. La sua forma biologica è camefita succulenta, adatte ad ambienti aridi, con gemme perennanti radenti il suolo e con organi adatti a conservare l'acqua - bassa evapotraspirazione. Sviluppo da 15 a 30cm di altezza. Presenta foglie alterne, grasse, cilindrico-lineari, acute e generalmente mucronate all'apice. Fiori di colore giallo brillante, lunghi 6-7 mm

15 TAPPETI ERBOSI



Un manto di Festuca arundinacea



In questa foto è raffigurata la modalità di sviluppo attraverso l'impiego di stoloni di un manto di Cynodon dactylon



Esemplari di Festuca (in basso) e Cynodon, si noti lo sviluppo di quest'ultima specie in altezza

CARATTERISTICHE DEL MANTO	
PORTAMENTO	Le piante epifite impiegate sulle pareti vegetali, sono in genere erbacee sempreverdi a portamento cespitoso
SVILUPPO	Sviluppo strisciante (orizzontale) Sviluppo a cespuglio
ALTEZZA ED AMPIEZZA	A seconda delle specie la dimensioni sia in altezza possono variare tra i 10 ed i 40cm, l'estensione del singolo germoglio diventa invece in questo caso poco influente, poiché le tecnologie che sfruttano tale tipo di rivestimenti sono sviluppate appositamente per consentire l'impiego di porzioni modulari di tappetogia sviluppata
GRANA, DENSITA' E TONALITA'	Sempreverde che tendono generalmente a formare superfici estremamente compatte di vegetazione formando una fitta trama in virtù dello sviluppatissimo apparato fogliare, e dell'involuppo di organi radicali che sviluppano in orizzontale parallelamente al suolo
CARATTERISTICHE DEL FOGLIAME	
GEOMETRIA DIMENSIONE CONSISTENZA	Le foglie sono nel caso dei manti erbosi elementi estremamente sviluppati in lunghezza, per garantire ad ogni unità vegetazionale l'accesso ad un'adeguata quantità di luce, si presentano inoltre di consistenza leggera e poco cerosa (caratteristiche riconducibili tra l'altro all'elevata attività in termini di evapotraspirazione che caratterizza i tappeti erbosi)
COLORE	Generalmente Verde chiaro
VARIABILI TECNOLOGICHE	
COLTIVAZIONE	La coltivazione dei tappeti erbosi, per le caratteristiche dello sviluppo loro apparato radicale, si presta estremamente bene ad essere ospitato in supporti di coltura piuttosto sottili (un tappeto erboso può svilupparsi in 5 o 6 cm di terra), ma che consentano agli stoloni delle piante che lo compongono di collegarsi agevolmente tra loro, formando una trama utile alla protezione dello stesso substrato di coltura ed indispensabile alla stabilità del manto vegetale.
TIPO DI SUBSTRATO	I tappeti erbosi si sviluppano generalmente a terra, necessitando per la loro sussistenza di un buon livello di umidità per il proprio apparato radicale, il substrato ideale per le specie vegetali che lo compongono consiste dunque in materiali non eccessivamente drenanti, una soluzione ottimale in tal senso è rappresentata dall'impiego di fibre di cocco e sfagno (torba)
GESTIONE	
ORIENTAMENTO	Tutte le specie di tappeto erboso a prescindere dalla loro tolleranza al freddo, hanno bisogno di apporti solari diretti durante il giorno, anche se alcune specie meglio di altre tollerano anche di essere posizionate in mezz'ombra
FABBISOGNO IDRICO E NUTRITIVO	A seconda della categoria a cui appartengono, i tappeti erbosi tollerano diversamente lo stress idrico (le macroterme risultano più tolleranti). Il consumo idrico di un m ² di tappeto erboso in estate a seconda dell'orientamento può variare tra 7 e 10 litri, per scendere a 5 durante le mezze stagioni ed azzerarsi durante la dormienza invernale.



<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO</i>	
Schermatura dalla radiazione solare	ELAVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELAVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	ELAVATA
<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE</i>	
Isolamento termico dell'edificio	BUONA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	ELAVATA
Controllo della velocità del vento	–



Sopra e in basso sono riportate immagini relative allo sviluppo di manti di Dicentra, che pur non essendo classificabile sul piano botanico come un tappeto erboso, viene di fatto da diversi anni impiegato in contesti caldi e soleggiati in sostituzione di graminacee macroterme come la Cynodon, e ha dato ottimi risultati anche nell'impiego su sistemi modulari di coltivazione in verticale.



Dettaglio di un manto di Dicentra

Zoysia japonica

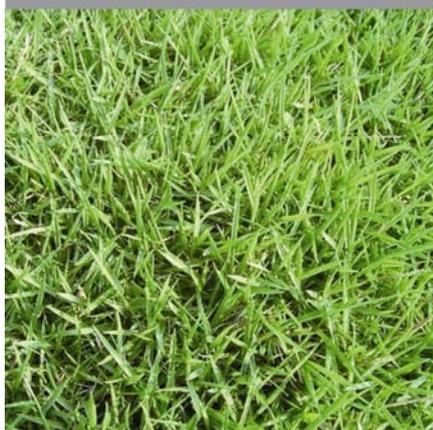
TAPPETI ERBOSI - MACROTERME



E' una specie di origine asiatica e forma un tappeto erboso di buona qualità, larghezza fogliare media, colore verde piuttosto chiaro. Produce stoloni e rizomi molto robusti. Ha una buona resistenza alle elevate temperature. Entra in dormienza invernale, con perdita di colore verde, quando le temperature scendono al disotto di $-2/-3$ °C.

Zoysia matrella

TAPPETI ERBOSI - MACROTERME



E' una specie molto diffusa in oriente. Il tappeto erboso è caratterizzato da foglie fini e densità elevata. La resistenza alla salinità è molto elevata. Se non tagliata tende a formare una coltre spessa, molto resistente con proprietà di isolamento termico e acustico. La crescita si arresta a circa 9 °C. Quando la temperatura scende al di sotto di -2 °C perde la colorazione verde.

Dicondra repens

TAPPETI ERBOSI - MACROTERME



Si presenta come un basso tappeto erboso, folto, compatto e aderente al terreno. Può raggiungere l'altezza di 2-3 cm. È formata da fusti striscianti che generano radici e foglie ovali molto piccole. Le foglie non superano la grandezza di 1,5 cm. Cresce rapidamente, e s'infoltisce con grande rapidità. È una pianta da copertura a germinazione primaverile. Produce fiori bianchi, imbutiformi che sbocciano nel periodo estivo.

Cynodon dactylon

TAPPETI ERBOSI - MACROTERME



Di tessitura media, forma un tappeto piuttosto robusto. Resiste in modo eccellente ad elevate temperature, siccità e salinità; non tollera l'ombra e come le altre specie macroterme arresta la crescita alla temperatura di 10°C

Paspalum vaginatum

TAPPETI ERBOSI - MACROTERME



E' una specie nativa delle zone sub-tropicali del Sud America orientale. Si è naturalizzata in aree costiere di tutti i continenti. Paspalum vaginatum è la specie da tappeto erboso più resistente alla salinità, tanto da poter essere irrigata con acqua di mare. Molto elevata è anche la tolleranza alle alte temperature e alla carenza idrica.

Stenotaphrum secundatum

TAPPETI ERBOSI - MACROTERME



E' una specie originaria del Centro America. Presenta una foglia molto larga di colore verde chiaro. La crescita è vigorosa per la presenza di grossi e robusti stoloni. Tra le macroterme è quella più tollerante l'ombra. Buona è la resistenza alla salinità, siccità ed elevate temperature. Si adatta bene alle condizioni del clima mediterraneo.

Festuca arundinacea

TAPPETI ERBOSI - MICROTERME



E' una specie a portamento cespitoso fra le più usate nei climi di transizione. Rimane verde tutto l'anno e può resistere alle alte temperature ed alle carenze idriche meglio di tutte le altre specie microterme. E' inoltre resistente alla maggior parte delle malattie tipiche delle specie da tappeto erboso. E' persistente anche in zone ombreggiate. E' la specie più utilizzata in Italia per realizzare tappeti erbosi ornamentali.

Festuca rubra

TAPPETI ERBOSI - MICROTERME



Tra le specie microterme è quella che tollera meglio l'ombra, le foglie sono molto sottili. Forma un tappeto molto denso. Quando è tagliata bassa la qualità del tappeto erboso è elevata, con colore da verde intermedio a verde scuro. Specie che si adatta ottimamente ai climi freddi umidi, non tollera temperature molto elevate.

Poa pratensis

TAPPETI ERBOSI - MICROTERME



E' utilizzata per la sua tessitura media, il suo colore generalmente scuro e la sua crescita laterale. E' abbastanza esigente per l'acqua, ma in carenza idrica entra in dormienza e recupera quando le condizioni tornano favorevoli. E' una specie molto diffusa nel mondo ed è caratterizzata da una eccezionale produzione di rizomi. I tappeti erbosi sono di ottima qualità, preferisce zone soleggiate.

16 EPIFITE



Rivestimento parietale composto da specie Epifite



Fiore di Orchidea, una delle epifite più diffuse sul territorio italiano



Particolare di pannelli in feltro rivestiti attraverso l'applicazione (all'interno di apposite tasche) di specie Epifite, nel rigido clima parigino

CARATTERISTICHE DEL MANTO	
PORTAMENTO	Le piante epifite impiegate sulle pareti vegetali, sono in genere erbacee sempreverdi a portamento cespitoso
SVILUPPO	Sviluppo strisciante (orizzontale) Sviluppo a cespuglio
ALTEZZA ED AMPIEZZA	A seconda delle specie la dimensioni sia in altezza possono variare tra i 10 ed i 80cm, e generalmente contenuta tra i 20 e 80 cm l'ampiezza
GRANA, DENSITA' E TONALITA'	Sempreverde che tendono generalmente a formare superfici piuttosto compatte compatte di vegetazione formando una fitta trama in virtù dello sviluppatissimo apparato fogliare, che in questo caso, compensa la presenza di apparati radicali di modesta entità
CARATTERISTICHE DEL FOGLIAME	
GEOMETRIA DIMENSIONE CONSISTENZA	Le foglie delle piante epifite sono di gran lunga i loro organi più sviluppati dovendo in molti casi sopperire alla mancanza di radici ipogee, attraverso la captazione di liquidi dall'umidità atmosferica. Possono pertanto presentare dimensioni anche molto importanti misurando fino ad oltre 40 centimetri. La proporzioni sono in genere strette ed allungate per via degli adattamenti che tali specie hanno compiuti, per riuscire a captare il pi possibile luce ed aria. La superfidie delle foglie è solitamente liscia e poco cerosa.
COLORE	Generalmente Verde chiaro, ma possono assumere varie tonalità del viola e dell'arancio
FIORI	Inflorescenza generalmente abbondante e dalle molteplici colorazioni che variano a seconda delle specie
VARIABILI TECNOLOGICHE	
COLTIVAZIONE	Le specie più indicate per l'impiego in verticale sono generalmente le più tolleranti rispetto ai nostri climi continentali, anche se la scarsa tolleranza a gelate e basse temperature costituisce un limite per l'impiego in esterno di tali piante
TIPO DI SUBSTRATO	Le piante epifite, per loro natura tendono a vivere a ridosso di altre piante, sfruttandone la mole per arrivare a captare luce, questo comporta uno sviluppo molto ridotto dell'apparato radicale che serve soprattutto e tenere aggrappata la pianta a determinate superfici, le applicazioni sino ad oggi effettuate mostrano come il feltro sintetico sia un eccellente base d'appoggio.
GESTIONE	
ORIENTAMENTO	Le epifite richiedono in genere una buona esposizione solare, ma don luce diretta tutto il giorno specialmente in estate
FABBISOGNO IDRICO E NUTRITIVO	D'estate deve essere annaffiata abbondantemente, e dovrebbero essere mantenute costantemente umide durante la crescita, riducendo poi gradatamente le annaffiature quando le nuove vegetazioni sono mature. È inoltre necessaria un'umidità costante su valori intorno all'80% in estate, per poi passare ai 60% in inverno.



<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO</i>	
Schermatura dalla radiazione solare	BUONA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	ELAVATA
<i>FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE</i>	
Isolamento termico dell'edificio	BUONA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	ELAVATA
Controllo della velocità del vento	—



Parete esterna rivestita attraverso l'applicazione di specie epifite, si noti la densità e la consistenza della massa fogliare

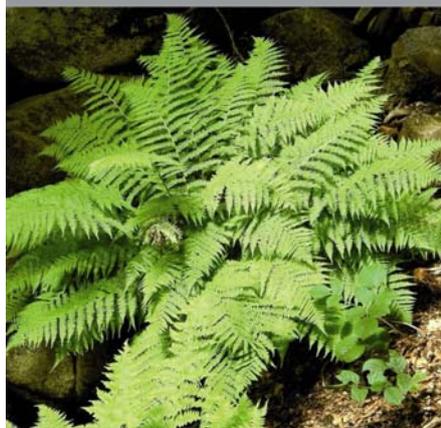


Dettaglio relativo al modesto sviluppo dell'apparato radicale delle specie Epifite, che in questo caso vengono vendute con le radici aeree, incastrate nelle cavità di a piccoli blocchi in pietra.

Athyrium filix femina

ERBACEE EPIFITE

-20°



Altezza: 60 cm
Portamento: cespitoso
Fogliame: deciduo, fronde bipennate di colore verde chiaro brillante
Esposizione: parzialmente ombreggiata od ombreggiata
Terreno: leggermente acido, drenato, ricco di humus
Resistenza alla siccità: bassa
Resistenza al freddo: forte
Avversità: ristagni idrici, vento forte, marciumi radicali, clorosi
Note: i fusti di colore marrone chiaro contrastano col verde delle foglie

Athyrium filix femina 'Frizelliae'

ERBACEE EPIFITE

-20°



Altezza: 40 cm
Portamento: cespitoso
Fogliame: deciduo, fronde bipennate strette ed arricciate, con pinnule corte, di colore verde chiaro brillante
Esposizione: parzialmente ombreggiata od ombreggiata
Terreno: leggermente acido, drenato e ricco di humus
Resistenza alla siccità: bassa
Resistenza al freddo: forte
Avversità: ristagni idrici, vento forte, marciumi radicali, clorosi
Note: trova il proprio habitat ideale nei pressi delle sponde di ruscelli

Athyrium niponicum Red Beauty

ERBACEE EPIFITE

-20°



Altezza: 30-60 cm
Portamento: cespitoso
Fogliame: deciduo, fronde tripennate con colorazione variabile dal verde-glaucò al porpora con riflessi argentati
Esposizione: parzialmente ombreggiata od ombreggiata
Terreno: leggermente acido, drenato, ricco di humus
Resistenza alla siccità: bassa
Resistenza al freddo: forte
Avversità: ristagni idrici, vento forte, marciumi radicali, clorosi
Note: i fusti e nervature fogliari sono di un insolito rosso porpora

Athyrium niponicum 'Metallicum'

ERBACEE EPIFITE



Altezza: 30-60 cm
Portamento: cespitoso
Fogliame: deciduo, fronde tripennate di colore glauco argentato
Esposizione: parzialmente ombreggiata od ombreggiata
Terreno: leggermente acido, drenato, ricco di humus
Resistenza alla siccità: bassa
Resistenza al freddo: forte
Avversità: ristagni idrici, vento forte, marciumi radicali, clorosi
Note: felce dalle insolite tinte azzurre

Athyrium niponicum 'Wildwood Twist'

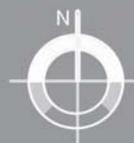
ERBACEE EPIFITE



Altezza: 50-60 cm
Portamento: cespitoso
Fogliame: persistente, foglie finemente tripennate, di colore verde-grigio metallo con nervature scure
Esposizione: ombreggiata
Terreno: drenato e fresco
Resistenza alla siccità: media
Resistenza al freddo: media
Avversità: gelate tardive
Note: nuova cultivar di Athyrium niponicum dal fogliame molto appariscente

Athyrium niponicum 'Silver Falls'

ERBACEE EPIFITE

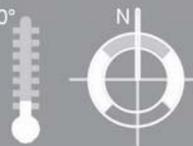


Altezza: 50-60 cm
Portamento: cespitoso
Fogliame: persistente, foglie finemente tripennate color grigio metallo con nervature rossicce
Esposizione: ombreggiata
Terreno: fresco e drenato
Resistenza alla siccità: media
Resistenza al freddo: media
Avversità: gelate tardive
Note: nuova varietà dal fogliame molto decorativo

Dryopteris affinis 'Crispa'

ERBACEE EPIFITE

-20°

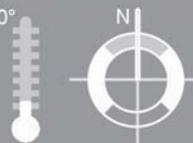


Altezza: 60 cm
Portamento: cespitoso
Fogliame: deciduo, fronde bipennate di colore verde chiaro brillante
Esposizione: parzialmente ombreggiata od ombreggiata
Terreno: leggermente acido, drenato, ricco di humus
Resistenza alla siccità: bassa
Resistenza al freddo: forte
Avversità: ristagni idrici, vento forte, marciumi radicali, clorosi
Note: i fusti di colore marrone chiaro contrastano col verde delle foglie

Dryopteris erythrosora

ERBACEE EPIFITE

-20°

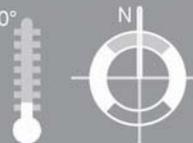


Altezza: 40-60 cm
Portamento: cespitoso
Fogliame: persistente, fronde bipennate triangolari dapprima color arancio mattone poi verdi
Esposizione: parzialmente ombreggiata od ombreggiata
Terreno: da neutro a moderatamente acido
Resistenza alla siccità: media
Resistenza al freddo: forte
Avversità: nessuna
Note: specie originaria del Giappone, il cui nome "erythrosora" è riferito al colore rosso delle spore

Dryopteris erythrosora

ERBACEE EPIFITE

-20°



Altezza: 40-60 cm
Portamento: cespitoso
Fogliame: persistente, fronde bipennate triangolari dapprima color arancio mattone poi verdi
Esposizione: parzialmente ombreggiata od ombreggiata
Terreno: da neutro a moderatamente acido
Resistenza alla siccità: media
Resistenza al freddo: forte
Avversità: nessuna
Note: specie originaria del Giappone, il cui nome "erythrosora" è riferito al colore rosso delle spore

6 L'EFFICACIA DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO NEL CONTROLLO MICROCLIMATICO DELL'AMBIENTE COSTRUITO

6.1 STORIA DELLE VERIFICHE SPERIMENTALI DELL'EFFICACIA DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO PER IL CONTROLLO MICROCLIMATICO DELL'AMBIENTE COSTRUITO

Nell'arco degli ultimi 30 anni, un buon numero di ricercatori da più parti del mondo, si sono posti il problema di indagare, attraverso il loro lavoro, la possibilità di dare risposta ad alcune questioni fondamentali per la qualità degli spazi abitati dall'uomo, facendo ricorso alle eccezionali risorse di cui dispongono gli organismi vegetali.

In particolare, per quel che riguarda l'applicazione di manti vegetali a ridosso degli involucri edilizi e gli effetti da questi generati sul microclima di spazi interni ed esterni, i risultati più significativi risalgono ai primi anni '80, quando in Giappone alcuni studiosi hanno potuto per la prima volta quantificare, attraverso una serie di prove strumentali su pareti e spazi rivestiti da piante rampicanti, l'effettivo contributo offerto in termini di controllo dei flussi di calore, riconducibile all'applicazione di manti vegetali.



Immagine 01.

Vite americana (fonte: Olivieri M.)

Una sperimentazione particolarmente significativa in tal senso, è stata quella condotta a Fukuoka da Hoyano tra 1979 e 1980, attraverso cui il ricercatore ha potuto mettere in luce una serie di aspetti funzionali legati all'impiego di manti vegetali per la protezione di involucri e spazi aperti, sino ad allora solo teorizzati.

Attraverso una campagna di misurazioni, eseguite sulle pareti di un edificio rivestito da uno spesso manto di vite americana, condotta durante il mese di agosto del '79 e ripetuta nello stesso periodo dell'anno successivo, si è potuta misurare la distribuzione delle temperature, attraverso la sezione della parete rivestita (che in quel caso era costituita da un semplice setto di 15 cm di cemento armato). Le misurazioni effettuate dal ricercatore giapponese, attraverso l'impiego di semplici sensori si temperatura riguardavano:

- la temperatura delle foglie della vite
- la temperatura superficiale delle facce interne ed esterne della parete rivestita
- la temperatura superficiale delle facce interne ed esterne della parete non rivestita
- la temperatura radiante interna (misurata tramite un globo-termometro)
- la temperatura dell'aria esterna
- la temperatura dell'aria nell'intercapedine tra parete e manto vegetale

Gli esiti di questo piccolo rilievo strumentale, risultano di particolare interesse, non solo per l'entità dei valori rilevati¹, ma soprattutto per avere messo in evidenza l'incidenza di una serie di caratteristiche peculiari ai rivestimenti vegetali, che di fatto esercitando le proprie funzioni vitali a ridosso degli spazi costruiti, possono generare benefici in termini di confort microclimatico tanto al loro interno, moderando il surriscaldamento delle pareti durante il giorno ed i flussi di calore in uscita durante la notte, quanto sullo spazio esterno all'edificio, offrendo ad esso un'interfaccia verde caratterizzata da temperature superficiali decisamente più basse rispetto a qualsiasi tipo di involucro metallico, ligneo o lapideo.

¹ La temperatura della superficie esterna del muro privo di vegetazione raggiungeva alle ore 15:00 del pomeriggio una temperatura superficiale di oltre 10°C superiore a quella dell'aria, grazie allo schermo vegetale invece, la temperatura del muro rivestito alla stessa ora risultava inferiore, seppure di poco, alla temperatura esterna. Inoltre la temperatura dell'aria tra lo schermo vegetale e il muro risultava essere più alta rispetto all'aria esterna, permettendo così l'innescarsi di una risalita di aria calda per effetto camino, utile ad evitare possibili fenomeni di umidità e condensa sul muro.

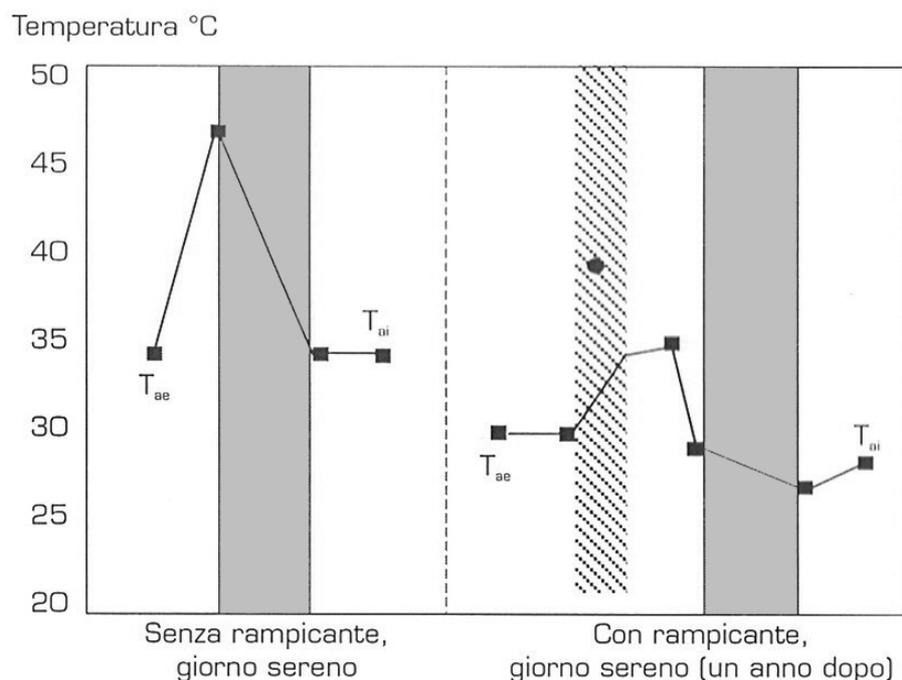


Immagine 02.

Distribuzione delle temperature attraverso la parete analizzata da Hoyano (fonte da: Bellomo A., op.cit)

Più recentemente, il risveglio di un notevole interesse da parte del mercato rivolto verso l'impiego di tecnologie a basso impatto ambientale, ed una serie di fortunate sperimentazioni sulle possibilità espressive offerte dall'applicazione di nuove modalità di coltura *soiless*, nella creazione di rivestimenti vegetali, hanno creato le condizioni ideali a far sì che, parallelamente all'attività di professionisti e ricercatori, si cominciasse ad interessare allo sviluppo di nuove tecnologie per l'integrazione tra organismi vegetali e spazio costruito, un numero sempre maggiore di

aziende, spesso già specializzate nella creazione di verde pensile, o nate dalla collaborazione di vivaisti ed imprese attive nel settore dei sistemi per facciate continue.



Immagine 02.

Industrializzazione del verde
(fonte: Baade W.)

L'ingresso dell'industria nel settore del verde parietale, sino ad allora legato all'impiego di tecniche e modalità di produzione sostanzialmente artigianali e consolidate nel tempo, ha fatto sì che nel giro di pochissimi anni un fiume in piena di nuovi prodotti, più o meno innovativi invadessero il mercato, offrendo una varietà di possibili alternative tecnologiche per l'integrazione tra manti vegetali ed ambienti costruiti, sino a poco tempo fa inimmaginabile.

Malgrado questo, non sono ad oggi reperibili in letteratura dati che rendano conto degli effettivi benefici in termini di controllo microclimatico e benessere ambientale, direttamente attribuibili all'utilizzo di tali tecnologie, almeno per quanto riguarda i sistemi di facciata vegetale di più recente concezione, sviluppati attraverso l'impiego di tecniche di coltura di derivazione idroponica.

Se non mancano infatti, dati e studi anche recenti sull'impatto microclimatico relativamente alle specie rampicanti o decumbenti più comunemente utilizzate per il rivestimento parietale sul nostro territorio².

Non si conoscono ad oggi studi analoghi condotti su sistemi di inverdimento che prevedano l'impiego di substrati a ridotto spessore e posti direttamente in verticale sul piano di facciata.

Le ragioni di tale lacuna sono imputabili a diversi fattori come:

- L'estrema novità di tali tecnologie e la fragilità che in molti casi questo comporta per esse.
- La ridotta diffusione ad oggi conosciuta dei sistemi di facciata verde continua (specialmente a causa dei costi elevati)
- La ricchezza di variabili tecnologiche e progettuali, che sistemi di questo tipo sono in grado di fornire. Portando il substrato in quota infatti, diviene teoricamente possibile impiegare una enorme varietà di specie vegetali rendendo di fatto estremamente ardua la ricerca di standard qualitativi e prestazionali adatti a qualificare le suddette tecnologie.



² A partire dall'estate del 2006 sono state condotte da F. Ariaudo e G. Fracastoro, presso il Dipartimento di Energetica del Politecnico di Torino una serie di rilievi strumentali, finalizzati a verificare la rispondenza dei valori relativi all'impatto energetico prodotto da piante rampicanti applicate agli involucri edilizi, nell'ambito del nostro contesto climatico, con quelli già pubblicati da ricercatori stranieri, inoltre estendendo il rilievo a diverse specie rampicanti, i ricercatori torinesi sono riusciti a ricavare una serie di valori parametrici indicativi dell'efficienza, in termini di dissipazione dell'energia prodotta dall'irraggiamento solare, per ognuna delle piante analizzate (Actinidia, Wisteria, Ampelopsis, Parthenocissus, Rincospermo, ed Hedra). Al di là dell'effettiva applicabilità di tali valori, l'aspetto decisamente interessante messo in luce da questo lavoro, è legato all'incidenza di alcuni parametri qualitativi delle specie rampicanti impiegate, come densità del manto, dimensione e cerosità superficiale delle foglie, sull'azione schermante prodotta. Altro rilevante lavoro di ricerca da citare è sicuramente quello di natura sperimentale - attualmente in corso - condotto a verifica delle reali prestazioni energetiche del verde verticale, è quello allo studio da parte di Valeria Tatano e da Fabio Peron del Dipartimento di Progettazione Architettonica dell'Università IUAV di Venezia).

Immagine 03.

Parete oggetto di studio

In tale contesto, il presente lavoro di ricerca ha costituito l'occasione per colmare almeno in parte le suddette lacune, ponendosi in continuità con la ricerca in atto, ovvero testando, attraverso una serie di prove strumentali, l'effettiva efficacia dell'applicazione di pareti verdi continue, in termini di confort igrometrico di spazi interni ed esterni in prossimità delle porzioni di involucro edilizio alle quali queste siano state applicate.

Si riportano a seguire gli esiti della prima fase di un lavoro di sperimentazione³ programmato in due fasi ed avviato nel corso del 2009, svolto attraverso l'impiego di una parete di studio (vedi Fig.03) appositamente predisposta, utilizzando la tecnologia di facciata brevettata dall'azienda Tecology per la costruzione di pareti verdi, allestita allo scopo di simulare situazioni ambientali anche estreme e testare nel tempo il funzionamento dell'intero sistema di facciata proposto dall'azienda, sia nelle sue componenti più propriamente tecnologiche come meccanismi di fissaggio alla parete portante e sistemi di irrigazione automatizzati, sia nella sua componente naturale, attraverso la prova e la valutazione delle reazioni offerte dall'applicazione di diverse specie vegetali, al fine di selezionare le più adatte alle condizioni di crescita in verticale.

³ I dati qui riportati sono l'esito della prima fase di una sperimentazione programmata in due fasi, finalizzata a valutare l'efficacia in termini di controllo microclimatico di alcune tipologie di sistemi modulari per la coltura di manti vegetali in verticale.

I dati qui riportati, sono stati raccolti attraverso l'impiego di una parete di studio appositamente allestita, con il patrocinio dell'azienda tecology srl detentrica del brevetto del sistema di facciata utilizzato ai fini della ricerca, mentre una seconda fase in via di definizione, dovrebbe prevedere l'impiego di un apposito test cell mobile, al fine di incrementare la mole di informazioni raccolte ed agevolare il controllo della parete durante la fase di acquisizione dati

6.2 VERIFICHE SPERIMENTALI DELL' EFFICACIA DELLE SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRO EDILIZIO PER IL CONTROLLO MICROCLIMATICO DELL'AMBIENTE COSTRUITO

Le misurazioni riportate nel presente capitolo, sono state effettuate per un periodo della durata di quattro settimane, più precisamente dal 05 settembre 2009 al 02 ottobre 2009, caratterizzato dalla presenza di scarsa piovosità, che ha interessato 5 giorni sui 27 di rilievo con precipitazioni di modesta entità, (attorno ai 120mm totali) e temperature massime decisamente alte che sono arrivate a superare i 30° , contro i 26° di media del territorio pisano, mitigato dalla vicinanza del mare.

Si è scelto di collocare la parete di studio a ridosso di uno dei blocchi servizi del vivaio, costituito da semplici pareti in blocchi di calcestruzzo ed orientata a sud-est. Il suddetto orientamento, pur non offrendo le migliori condizioni ipotizzabili in termini di esposizione solare, è stato comunque valutato in relazione alle condizioni offerte dal sito, funzionale a raccogliere una quantità di dati sufficiente ad una prima valutazione della resa energetica della parete verde in esame.

Le notevoli oscillazioni termiche che hanno caratterizzato il periodo di analisi, in cui si sono registrate temperature dell'aria esterna tra i 15 ed i 30°C pur non configurando una condizione ottimale per valutare il massimo apporto prodotto dal sistema di facciata analizzato in termini di moderazione dei flussi termici dall'esterno all'interno dell'edificio, ci ha consentito durante le ore più fredde, di raccogliere dati indicativi del potenziale contributo di coibentazione dalla parete offerto dal rivestimento naturalizzato.

Di seguito saranno analizzati nel dettaglio tutti i principali aspetti tecnici e procedurali legati allo svolgimento delle misurazioni, secondo il seguente ordine:

- Caratteristiche della parete
- Caratteristiche e posizionamento della strumentazione
- Analisi dei dati raccolti
- Conclusioni



Immagine 04.

Modularità della parete di studio
(fonte: Olivieri M.)

6.2.1 Caratteristiche della parete

Il progetto della parete utilizzata per le misurazioni è stato concordato assieme all'impresa produttrice della tecnologia di rivestimento allo scopo di poter raggiungere allo stesso tempo più obiettivi.

Presenta infatti dimensioni piuttosto importanti, dovendo conciliare l'esigenza dei produttori di testare la tenuta allo stress idrico e la resa estetica delle diverse specie di tappeto erboso impiegato, con la necessità, di presentare al suo interno superfici dal trattamento omogeneo, sufficientemente estese da costituire un test attendibile per la misurazione dei flussi di calore.

La parete di studio si sviluppa infatti, per una lunghezza di 10 metri e 80 centimetri e per un'altezza di 2 metri ed 80 centimetri, si compone di un totale di 126 pannelli da 60 per 40 centimetri ordinati su 7 file da 18 unità ciascuna, tutti i moduli della parete provvisti di strato vegetale, ospitano manti erbosi di specie differenti (vedi Fig.04, 05), ed in particolare costituiti da:

- Zoysia matrella 'Zeon'
- Zoysia tenuifolia
- Zoysia japonica 'El Toro'
- Cynodon dactylon X Cynodon trasvalensis 'Patriot' (cultivar ottenuta da incrocio)
- Stenotaphrum secundatum
- Dicandra
- Paspalum vaginatum
- Cynodon transvalensis



Immagine 05.

Differenti specie di manto erboso della parete di studio (fonte: Olivieri M.)

Mentre circa il 15% dei moduli sono vuoti per consentire più agevolmente il rilievo della condizione relativa alla parete priva di rivestimento (vedi Fig.06).



Immagine 06.

Dettaglio di un pannello privo di manto vegetale (fonte: Olivieri M.)

Il rivestimento, occupa quasi per intero il prospetto a sud-est del volume tecnico, sul quale si trova installato (si tratta di un blocco servizi cieco verso l'esterno e con le pareti composte da muratura in blocchi di calcestruzzo, tipo *lecablocco tagliafuoco* dello spessore di 20 cm), lasciandone scoperta soltanto una porzione di circa 2m di sviluppo lineare, allo scopo di consentire la misurazione in parallelo dei valori termici relativi alle superfici della muratura nuda e rivestita.

L'allestimento della parete di studio è avvenuto presso i vivai Pacini di San Giuliano Terme (vedi Fig.07) in provincia di Pisa, i vivai che ospitano la produzione dei manti erbosi impiegati nei pannelli Tecology (vedi Fig.08).



Immagine 07.

Parete montata presso il vivaio Pacini di San Giuliano Terme, Pisa (fonte: Olivieri M.)

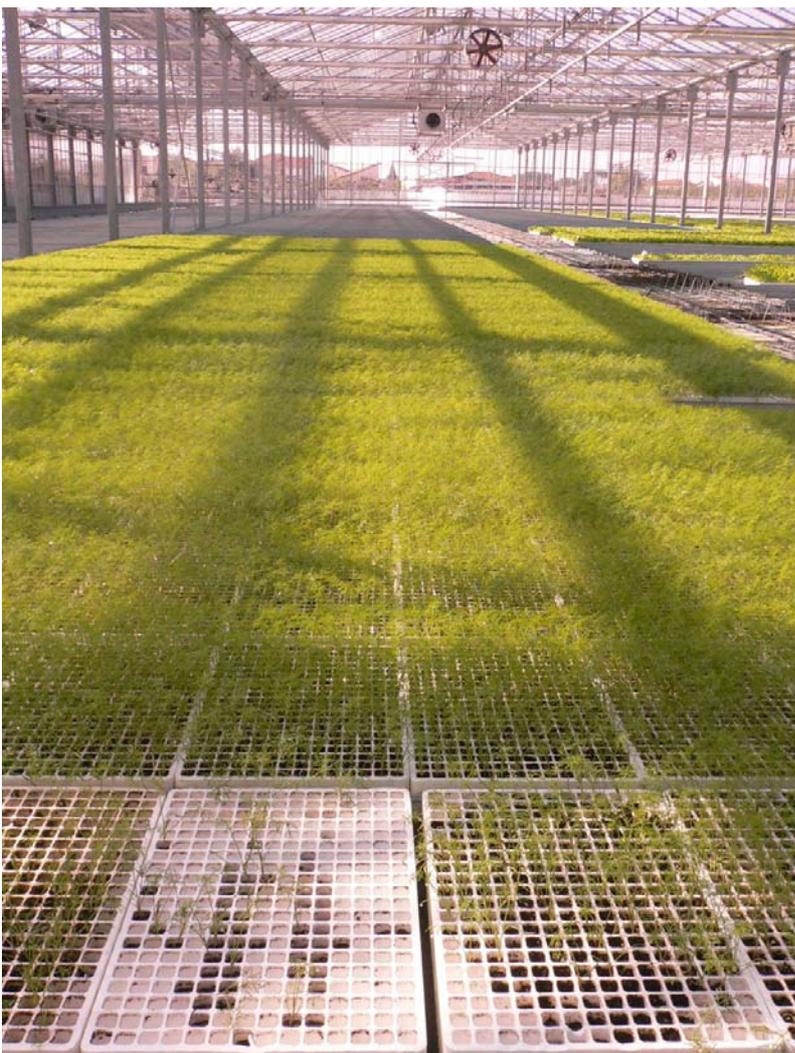


Immagine 08.

Produzione di manti erbosi presso il vivaio Pacini di San Giuliano Terme, Pisa (fonte: Olivieri M.)

6.2.2 Caratteristiche e posizionamento della strumentazione

La scelta della strumentazione impiegata ed il suo posizionamento rispetto alla parete, sono state effettuate allo scopo di ricavare valori relativi a:

- temperatura sotto foglia del tappeto erboso
- temperatura superficiale delle facce interne ed esterne della parete rivestita
- temperatura superficiale delle facce interne ed esterne della parete non rivestita
- temperatura dell'aria interna
- temperatura dell'aria esterna
- temperatura dell'aria nell'intercapedine tra parete e moduli del sistema verde di facciata
- radiazione solare (tramite l'impiego di un Piranometro)
- umidità dell'aria esterna , ed in prossimità del tappeto erboso

La scelta di lavorare sui suddetti valori, è legata innanzitutto all'utilità che questi assumono nel definire in modo semplice e chiaro, il potenziale offerto dalla tecnologia analizzata, in termini di controllo dei flussi di calore, ed energia tra ambiente ed involucro edilizio.

Inoltre, i valori rilevati si prestano facilmente ad essere analizzati in comparazione con quelli relativi al lavoro di Hoyano in Giappone e più recentemente del gruppo di ricerca del Prof.Peron a Venezia, che ha anche nel caso qui presentato, fornito il suo supporto tecnico in fase di raccolta ed analisi dei dati raccolti.



Immagine 09.

Allestimento della strumentazione per la campagna di rilievo (fonte: Olivieri M.)

Strumentazione utilizzata

Per effettuare le misurazioni necessarie a formulare le prime valutazioni sull'effettiva efficacia energetica della parete verde continua in esame, sono stati impiegati durante la campagna di rilievi i seguenti strumenti:

- Temperatura: 9 Sonde PT100

La termoresistenza è un sensore di temperatura che sfrutta la variazione della resistività di alcuni materiali al variare della temperatura.

In particolare le PT100 sono termoresistenze in platino (Pt), in cui la resistenza alla temperatura di 0 °C è pari a 100 Ω. Secondo la norma IEC 751 (1995) le PT100 sono classificate a seconda della tolleranza nella misura fornita; quelle utilizzate sono Pt100 Classe A $\pm 0,15$ °C [0 °C] $\pm 0,06$ Ω [0°C]

- **Radiazione solare: 1 Piranometro**
Il piranometro è un dispositivo di misura della radiazione solare. Esistono diverse tipologie, divisibili in base al principio di funzionamento.
E' stato utilizzato un piranometro a termopila prodotto dalla Kipp&Zonen modello CM6B
Sensibilità spettrale: 305-2800nm;
Sensibilità: 9-15 uV/Wm²;
Limiti ambientali: -40 +80°C;
Max irradiazione: 2000 W/m²;
Sensibilità alla temperatura: ±2% (-10 to +40°C);
Tempo di risposta: 1/e 5s, 99% 55s
- **Umidità e Temperatura ambientali: 2 Minidatalogger PT100**
- **Acquisitore: 1 Datataker**
I Datataker DT605 sono acquisitori dati ad "ingresso universale" gestiti da micro processore ed alimentati a batteria che accettano in ingresso svariati tipi di segnali analogici e digitali. I dati sono memorizzati su RAM supportata da batteria e/o su schede magnetiche.
Su ogni canale possono essere impostati allarmi.
Il trattamento dei dati comprende calcoli, funzioni statistiche, e taratura dei sensori.
Precisione migliore dello 0.15% del fondo scala.



Immagine 10

sonde PT100 sulla superficie esterna della parete portante non rivestita (fonte: Olivieri M.)



Immagine11

datataker utilizzato per l'acquisizione dei dati (fonte: Olivieri M.)



Immagine12

minidatalogger posto in prossimità della parete di studio (fonte: Olivieri M.)



Immagine13

Piranometro e strumentazione montata in prossimità della parete di studio (fonte: Olivieri M.)

Posizionamento delle sonde

Sono state posizionate in data 05 settembre 2009 un totale di 9 sonde PT100 per il rilievo della temperatura.

Cinque sonde sono state poste in corrispondenza di un tratto della parete di studio rivestito da pannelli Tecology naturalizzati con dicondra (vedi Imm.14), una erbacea adatta pressappoco a tutte le fasce climatiche del nostro territorio, sebbene prediliga le alte temperature e molto richiesta per la formazione di tappeti erbosi a bassa manutenzione, grazie alle sue peculiarità morfologiche (non raggiunge mai altezze superiori a 4-5 cm) ed alle esigenze idriche e nutrizionali relativamente contenute, queste sonde (vedi Sez B, Imm.18) sono state posizionate sulla superficie interna alla parete (vedi Imm.15), internamente all'intercapedine tra struttura portante e pannelli di rivestimento naturalizzati(vedi Imm.16): a ridosso della superficie esterna della parete portante , a ridosso della superficie dei pannelli e con il bulbo libero all'interno dell'intercapedine per misurarne la temperatura ambientale, ed a ridosso del substrato in torba seminato a dicondra al di sotto del manto erboso (vedi Imm.17).



Immagine 14

sonde PT100 montate su pannello rivestito da manto di dicondra
(fonte: Olivieri M.)



Immagine 15

sonde PT100 nella superficie interna della parete (fonte: Olivieri M.)



Immagine 16

sonde PT100 nell'intercapedine tra pannelli e parete portante (fonte: Olivieri M.)



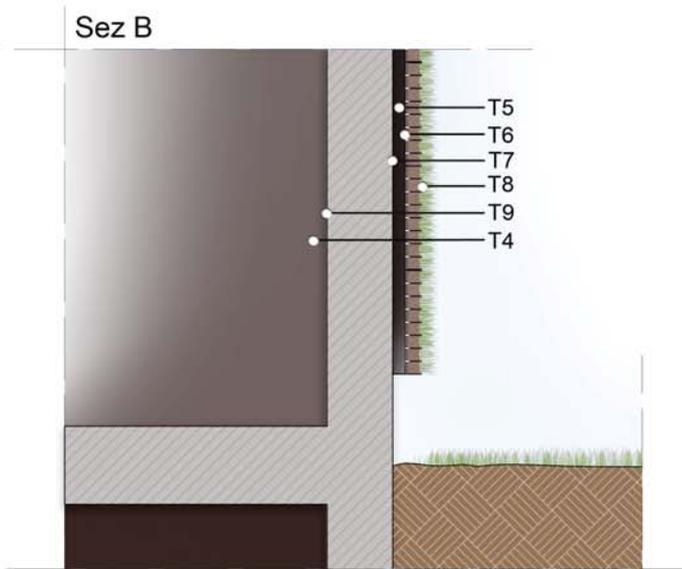
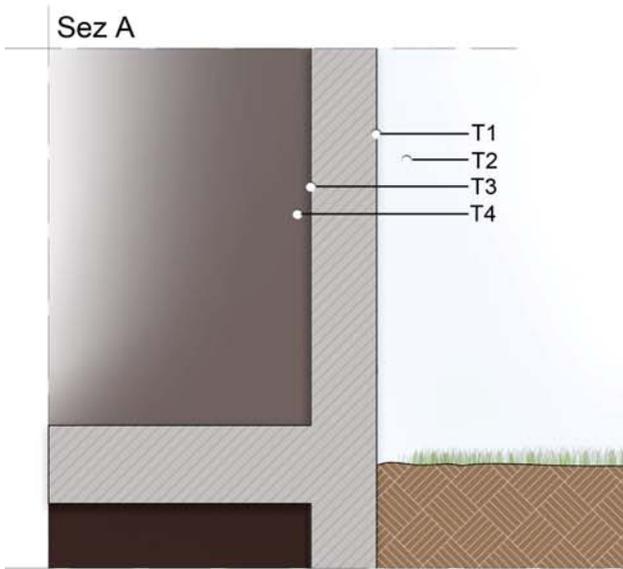
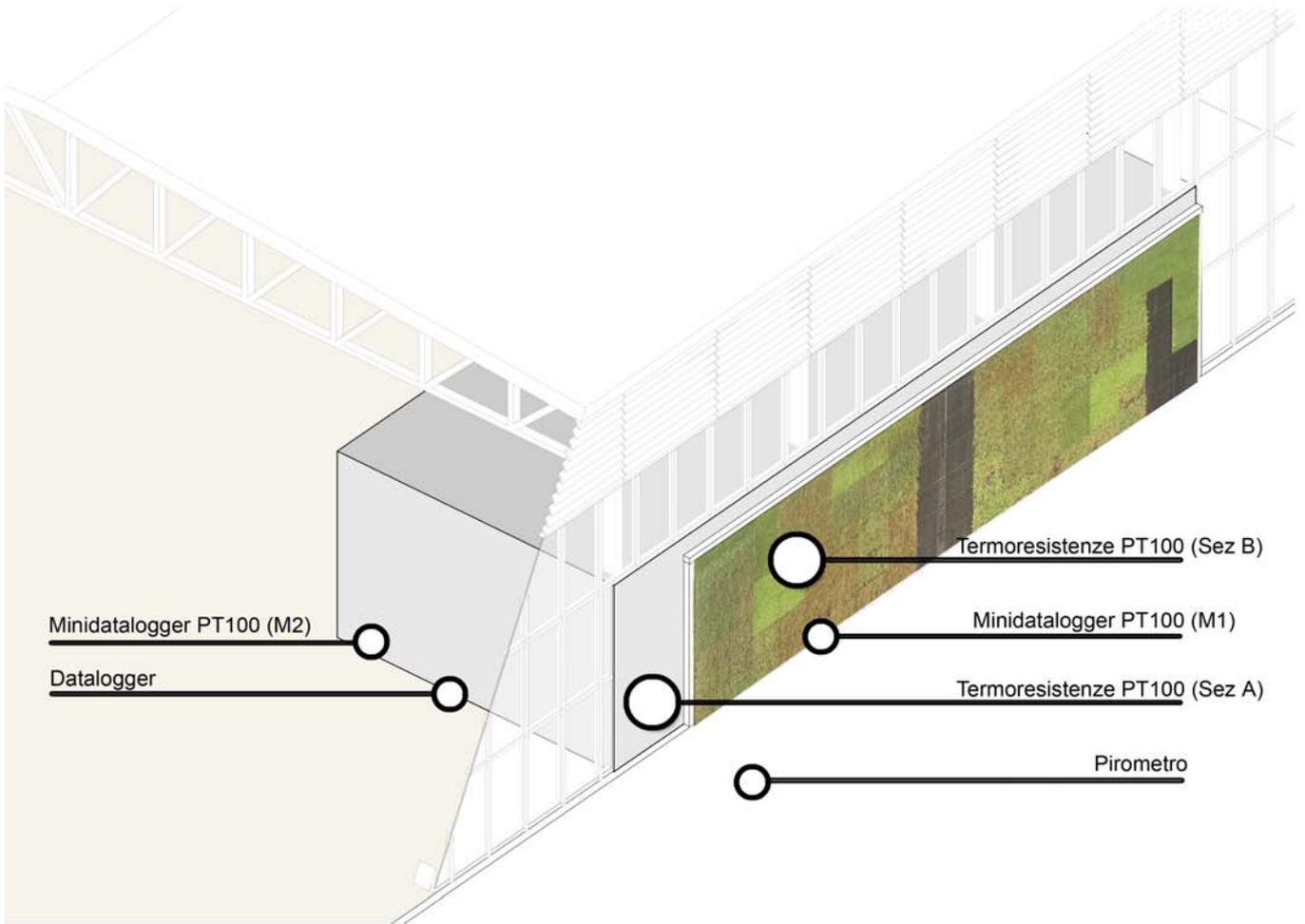
Immagine 17

sonde PT100 sulla superficie sottofoglia "dicondra" (fonte: Olivieri M.)

nella pagina seguente:

Immagine 18

Schema di posizionamento della strumentazione impiegata per la campagna di rilievo



- T1 _ Temperatura Superficiale esterna parete portante
- T2 _ Temperatura Atmosferica esterna
- T3 _ Temperatura Superficiale interna parete portante
- T4 _ Temperatura Atmosferica interna

- T5 _ Temperatura Atmosferica intercapedine ventilata
- T6 _ Temperatura Superficiale interna pannello Tecology
- T7 _ Temperatura Superficiale esterna parete portante
- T8 _ Temperatura Atmosferica esterna vicino al pannello Tecology
- T9 _ Temperatura Superficiale interna parete portante

Altre quattro sonde sono state poste in corrispondenza di un tratto di parete in blocchi di cemento forato, non ricoperta da vegetazione (vedi Sez. A, Imm.18), a ridosso delle superfici interna ed esterna della parete (vedi Imm.10), e con il bulbo libero in atmosfera (sia pure opportunamente schermate dalle radiazioni solari dirette), per misurare le temperature ambientali interne ed esterne in prossimità della parete.

Il posizionamento delle sonde PT100 ha seguito dunque il seguente schema:

T1 - sonda superficie esterna parete portante non rivestita

T2 - sonda temperatura aria esterna

T3 - sonda superficie interna parete portante non rivestita

T4 - sonda temperatura aria interna

T5 - sonda temperatura aria camera d'aria

T6 - sonda superficie interna del pannello Tecology

T7 - sonda superficie esterna parete portante rivestita

T8 - sonda superficie sottofoglia "dicondra"

T9 - sonda superficie interna parete portante rivestita

Le 9 sonde termoresistenze PT100 sono state collegate, ad un datalogger per la raccolta ed elaborazione dei dati rilevati (vedi Imm.11) posto all'interno del vivaio Pacini, in prossimità della parete di studio; allo stesso datalogger è stato collegato anche un pirometro (vedi Imm.13) posto all'esterno del vivaio.

Infine, due minidatalogger PT100 (vedi Imm.12) per il rilievo di temperatura ed umidità ambientale, sono stati posti esternamente al vivaio, in prossimità della parete di studio ed internamente al vivaio in una zona riparata dall'irraggiamento solare diretto e dagli agenti atmosferici, ma non chiusa (vedi Imm.18), secondo il seguente schema:

M1 – minidatalogger temperatura e umidità aria in prossimità della parete verde

M2 – minidatalogger temperatura e umidità aria

La logica secondo la quale la strumentazione di analisi è stata impiegata, è stata quella di trovare valori utili al confronto della più varia casistica possibile di situazioni ambientali, mirando pertanto a valutare parallelamente la resa energetica della parete di studio in presenza ed in assenza di manto vegetale, ed ancora a confrontare i valori attribuibili all'impiego dell'intero pacchetto tecnologia comprensivo di manto erboso e substrato piuttosto che alla sola componente vegetale di finitura.

6.2.3 Analisi dei dati raccolti

All'interno del periodo di raccolta dati è stato isolato un gruppo di giorni, dal 10 Settembre al 01 Ottobre, per il quale tutti i dati sono stati ritenuti disponibili ed attendibili.

All'interno di questo intervallo di giorni si sono scelti dei momenti significativi per l'analisi del funzionamento della protezione verde:

- GIORNO PIU' SOLEGGIATO – 12/09/09
- GIORNO MENO SOLEGGIATO – 14/09/09
- GIORNO PIU' CALDO – 22/09/09
- GIORNO PIU' FREDDO – 14/09/09
- SETTIMANA PIU' CALDA – 21-27/09/09
- SETTIMANA PIU' FREDDA – 14-20/09/09

Nel grafico 2 è mostrato il giorno in cui la radiazione solare è maggiore; è possibile notare la dipendenza diretta della temperatura superficiale esterna della parete nuda dalla radiazione solare; la parete nuda, infatti, non gode dell'effetto benefico dovuto alla presenza di elementi verdi schermanti.

E' significativo, inoltre, notare come durante le ore notturne la parete verde tenda a mantenere le proprie temperature superficiali esterne, più alte rispetto alle omologhe temperature della parete nuda; l'effetto di "protezione" dello strato verde impedisce alla parete retrostante di riemettere radiazione durante la notte mantenendone le temperature più alte.

Le conseguenze di questa situazione esterna sono poi identificabili in un comportamento pressoché simile delle superfici interne, con i rispettivi sfasamenti dovuti all'inerzia della struttura.

Significativa è anche l'analisi degli sfasamenti che evidenzia come la parete nuda registri uno sfasamento di circa 6 ore con una differenza tra le

temperature superficiali massime di circa 10° C, mentre la parete verde presenti uno sfasamento di circa 5 ore con una differenza di soli 0.1 °C circa, per la presenza della schermatura verde.

Ancora una volta nel grafico 3 si evidenzia la dipendenza delle temperature superficiali dalla radiazione solare.

Non essendo presente una quantità significativa di radiazione solare le pareti mantengono le temperature superficiali esterne più basse e l'effetto dello strato verde non può che contribuire al mantenimento di temperature superficiali, sulla parete verde, leggermente più alte rispetto a quelle della parete nuda.

Tutto si riflette in un comportamento simile anche all'interno della parete. La variazione delle temperature è collegata all'irraggiamento nel grafico 1.

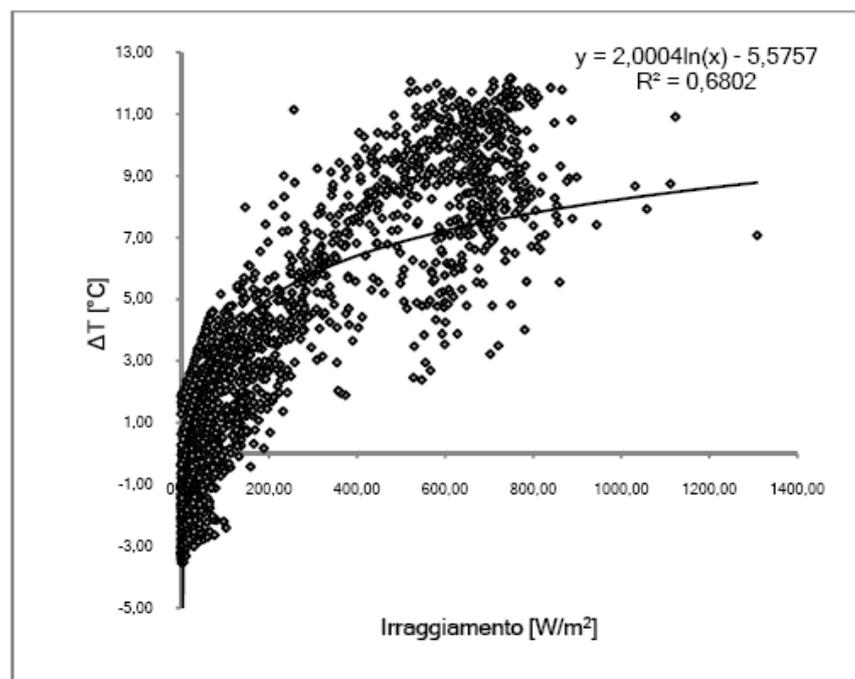


Grafico 1 - Grafico a dispersione dipendenza ΔT-Irraggiamento

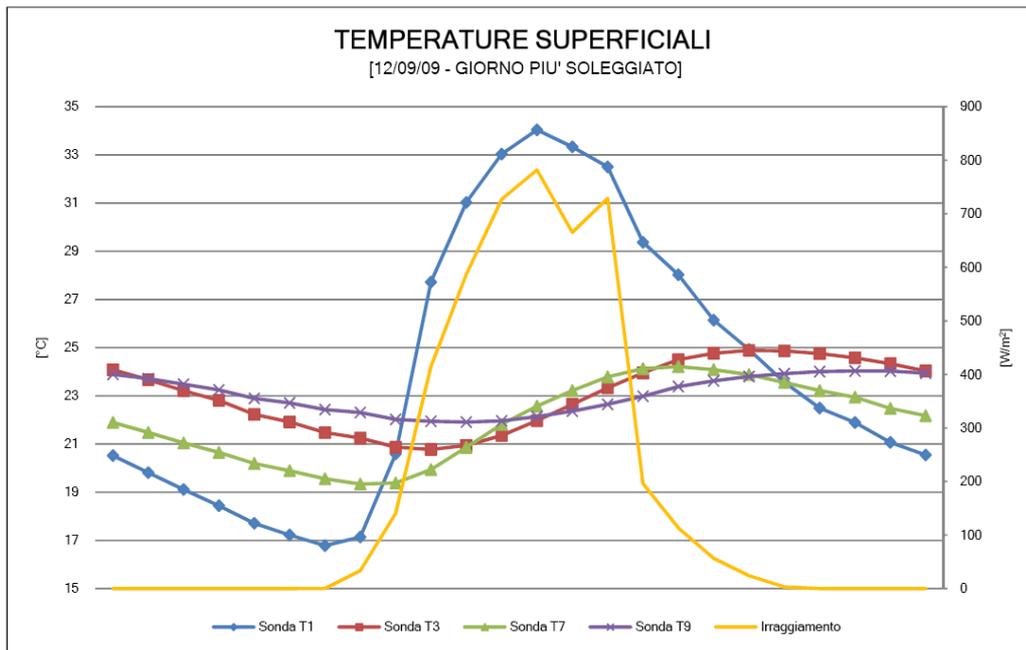


Grafico 2 - Temperature superficiali giorno più soleggiato

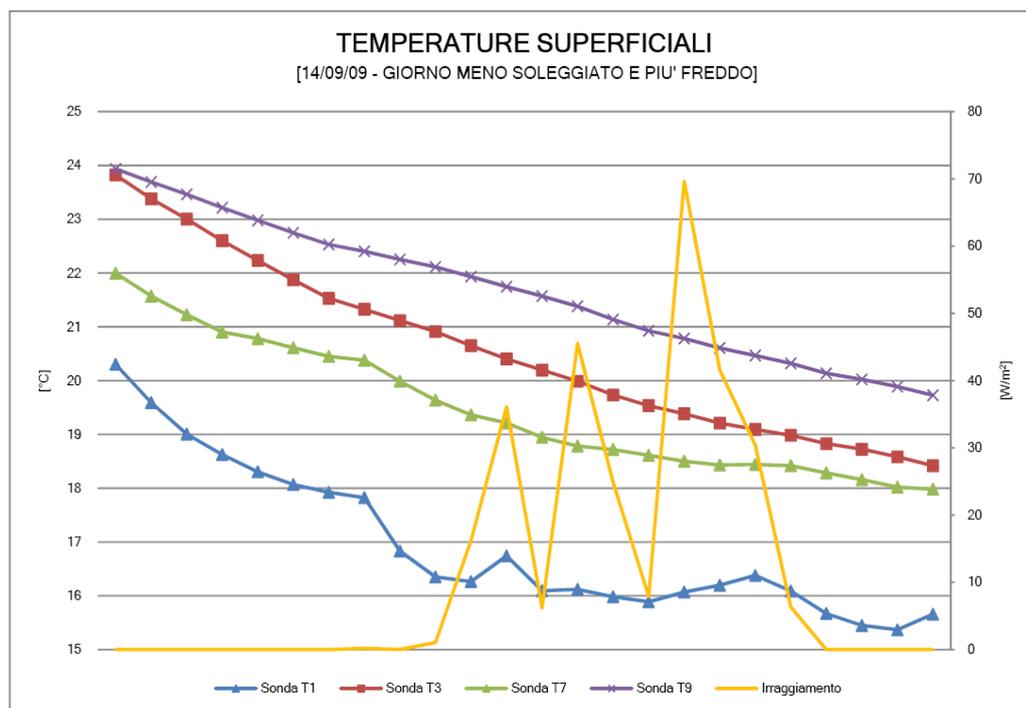


Grafico 3 - Temperature superficiali giorno meno soleggiato e più freddo

Nel grafico 4, le temperature superficiali esterne hanno un andamento simile a quello del giorno con maggior radiazione solare, tuttavia essendo presente meno radiazione, le temperature superficiali interne mantengono temperature leggermente differenti, ed è possibile notare come, in questo caso, la temperatura superficiale interna della parete nuda si mantenga, nella maggior parte delle ore, più alta dell'omologa sulla parete ricoperta con verde. Tutto questo avviene nonostante la temperatura esterna si mantenga, come nel giorno con maggior radiazione, molto alta.

Anche in questo caso, l'analisi degli sfasamenti evidenzia il vantaggio della protezione verde, che riduce notevolmente il salto termico tra le temperature superficiali interne ed esterne della parete verde; lo sfasamento sulla parete nuda è di circa 6 ore con una differenza tra le temperature superficiali di circa 10°C, mentre la parete verde presenta uno sfasamento di circa 5 ore con una differenza di circa 1.5 °C.

Molto chiaro, risulta il comportamento delle temperature superficiali interne ed esterne, soprattutto se relazionato all'andamento della radiazione solare.

Durante la settimana più calda, grafico 5, è evidente come durante il giorno la parete nuda veda le sue temperature superficiali salire molto rispetto a quelle della parete verde; si raggiungono valori di differenza anche di circa 12°C.

Un deltaT maggiore di zero indica che la temperatura superficiale esterna della parete nuda è più alta dell'omologa sulla parete verde.

Il comportamento si inverte durante la notte per i motivi già evidenziati precedentemente, ove il deltaT raggiunge valori di quasi 3°C.

Altrettanto evidente è l'andamento delle temperature superficiali durante la settimana più fredda, grafico 6: quando la radiazione solare tende a diminuire (primi ed ultimi giorni della settimana di analisi) le temperature superficiali della parete verde restano costantemente più alte delle omologhe sulla parete nuda, con differenze dell'ordine dei 3°C.

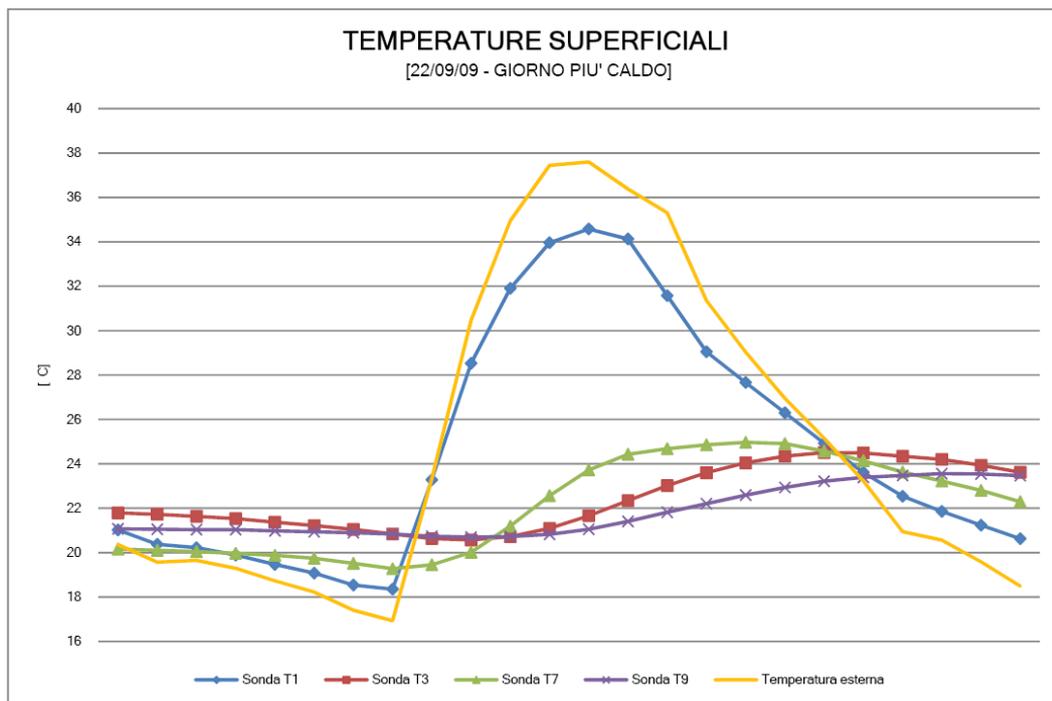


Grafico 4 - Temperature superficiali giorno più caldo

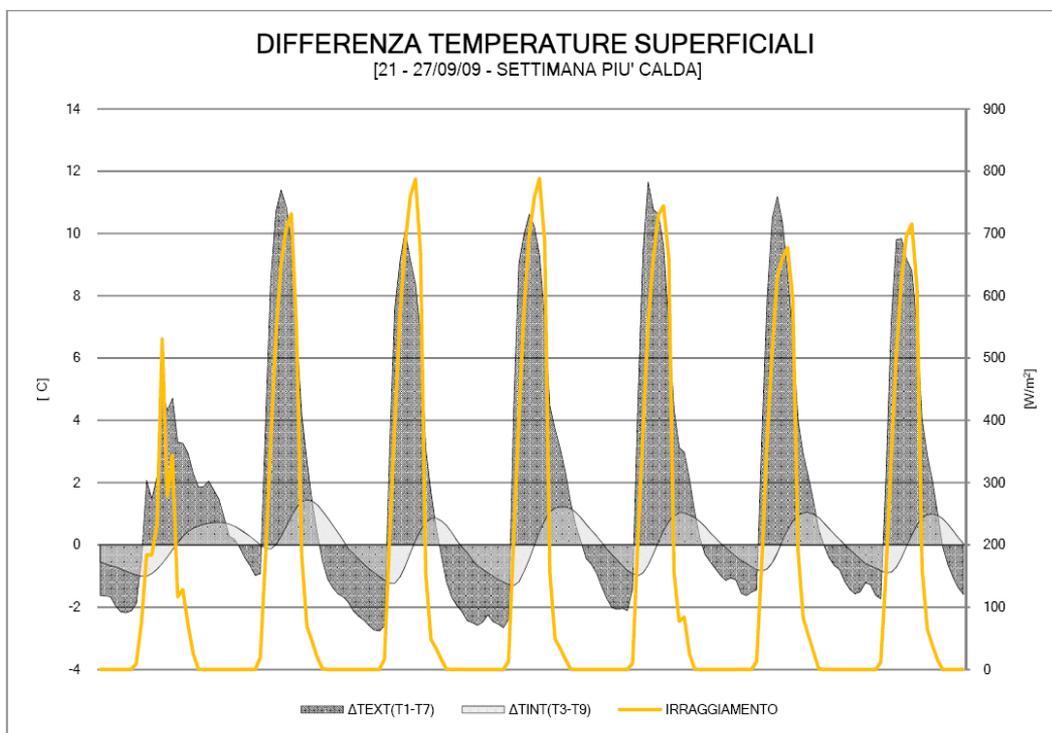


Grafico 5 - Variazioni di temperature superficiali durante la settimana più calda

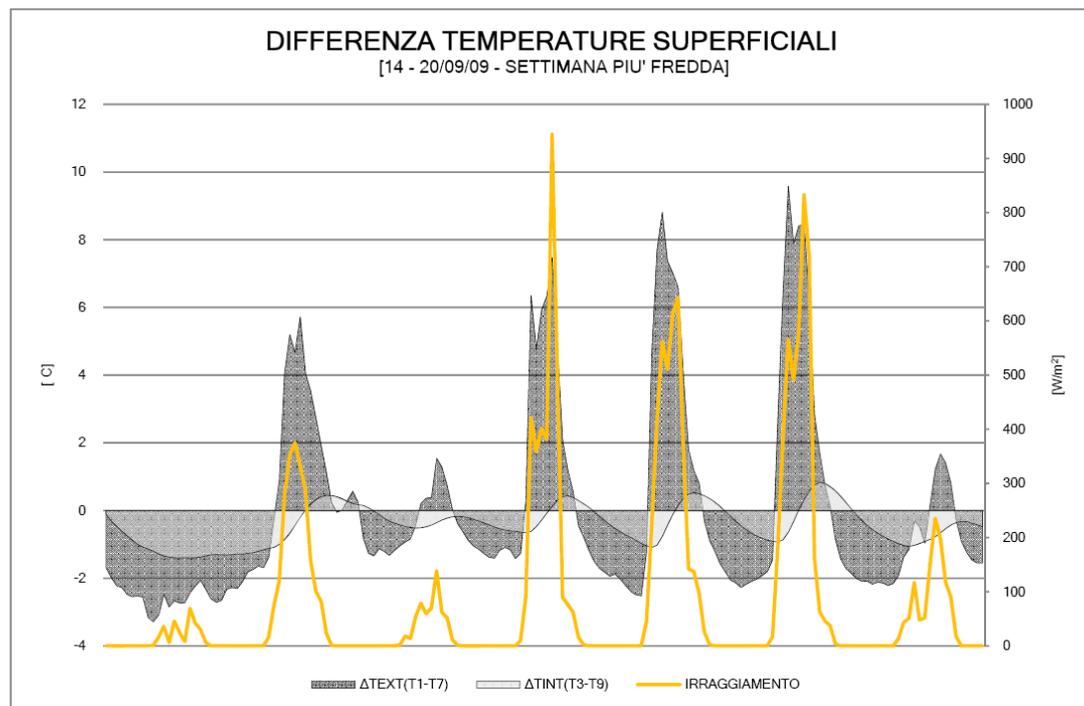


Grafico 6 - Variazioni di temperature superficiali durante la settimana più fredda

6.2.4 Valutazioni conclusive sui dati raccolti

Attraverso l'analisi strumentale qui presentata, sono stati evidenziati gli effetti della schermatura offerta da un sistema modulare per la coltivazione di tappeti erbosi in verticale.

Ed in particolare di una parete rivestita da moduli di polipropilene, contenenti un substrato di 6 cm composto da una miscela di torba e fibra di cocco (tipo sistema tecology), rivestito da un tappeto fitto e regolare di dicendra

Le prestazioni rilevate possono essere sintetizzate attraverso le seguenti osservazioni:

- Riguardo alla riduzione delle temperature superficiali, rispetto a pareti non dotate di protezione verde l'abbattimento riscontrato si attesta su valori considerevoli, fino a circa 10°C, soprattutto nelle giornate di maggior irraggiamento solare. Tale dato in linea con quanto rilevato da Hoyano e Peron nel corso delle precedenti analisi su pareti rivestite da rampicanti, acquista in questo caso un peso ancora maggiore, se si pensa che essendosi svolte in periodi più caldi dell'anno, le temperature superficiali registrate in questi casi risultavano essere decisamente superiori a quelle registrate nel corso dell'esperienza qui presentata. Si pensi solo che mentre la massima temperatura registrata sulla parete scoperta nel caso della presente analisi risulta dell'ordine dei 35°C contro i 41°C registrati dall'equipe dello IUAV. Questo comporta che il peso in percentuale del dato relativo all'abbattimento delle temperature superficiali prodotto dal sistema di facciata continuo, risulti ancora maggiore di quanto riscontrato per le pareti rivestite per mezzo di specie rampicanti.
- Durante le giornate più fredde e meno soleggiate la parete dotata di tecnologia di facciata ha un buon funzionamento isolante, mantenendo le temperature, sia interne che esterne, leggermente più alte di quelle della parete nuda, anche di circa 3°C.

- Le differenze di temperatura sono state analizzate anche a livello settimanale, confermando l'andamento mostrato nell'analisi dei giorni più critici.

Le differenze di temperatura riscontrate durante la campagna di raccolta di dati, si riflettono inevitabilmente sui flussi termici entranti nell'edificio durante il periodo caldo, infatti temperature superficiali più basse indicano flussi termici minori e conseguenti minori consumi energetici per mantenere le temperature degli ambienti costanti.

Come indicato tra le premesse del presente capitolo, i dati riportati in questa sede sono il frutto della prima fase di un lavoro di analisi, inteso a definire l'effettivo contributo in termini di controllo microclimatico degli spazi costruiti, di pareti realizzate con sistemi modulari per la coltivazione in quota del mento vegetale, trattando nella fattispecie di un sistema, in particolare tra i diversi che abbiamo visto essere ad oggi presenti sul mercato.

La scelta degli strumenti di analisi utilizzati, è risultata funzionale al confronto dei dati raccolti, con quelli ricavati nel corso di passate sperimentazioni, che hanno riguardato l'analisi prestazionale di diverse modalità di inverdimento parietale, ponendo il contributo offerto dal presente studio in continuità con una linea di ricerca, portata avanti nel settore del verde verticale sin dai primi anni '80.

Un ulteriore sviluppo del presente lavoro, potrà essere indirizzato a monitorare direttamente i flussi termici sulle due pareti (nuda e ricoperta), per quantificare in maniera più precisa i benefici energetici della tecnologia oggetto di studio, oltre a prevedere un monitoraggio completo anche durante il periodo invernale, durante il quale, se pure in regime di dormienza, il rivestimento vegetale, costituito in questo caso da tappeti erbosi, garantisce una tenuta pressoché perfetta delle caratteristiche del rivestimento, conservando densità e compattezza della massa fogliare.

7. ANALISI DEI CASI BEST PRACTICES

Nel corso del lavoro sin qui svolto, si è voluto delineare un quadro di insieme il più chiaro ed aggiornato possibile, in merito alle alternative tecnologiche ad oggi offerte dal mercato, per la costruzione di pareti naturalizzate, tentando poi di definire per tali tecnologie dei confini prestazionali in termini di contributi offerti nel controllo microclimatico degli spazi costruiti; per fare questo, si sono analizzati e rielaborati dati già disponibili in letteratura, andando ad integrare ove possibile le lacune riscontrate attraverso analisi sul campo.

Si è dunque inteso focalizzare il lavoro su limiti e potenzialità ad oggi espresse, da quella che potremmo definire la produzione su scala industriale delle tecnologie finalizzate alla naturalizzazione degli involucri edilizi, ritenendo che sia sulla base della qualità messa in campo da tale produzione, che si possono misurare le effettive possibilità di diffusione di prodotti sino ad oggi circoscritti ad una ristretta nicchia di mercato.

Accanto al moltiplicarsi dell'offerta di prodotti e sistemi brevettati, cresciuti di numero in maniera esponenziale nel corso degli ultimi 5 anni, continua però ad esistere, ed a proporre soluzioni innovative per le modalità di integrazione tra natura e spazio costruito, nell'universo parallelo della sperimentazione architettonica.

La produzione di edifici sperimentali, sta infatti generalmente a valle delle produzioni su scala industriale, sviluppando, attraverso percorsi talvolta rigorosi e talvolta intuitivi, idee ed applicazioni destinate a riversarsi sul mercato delle costruzioni favorendone il pur lento progresso.



Immagine 01.

Patrick Blanc, Fondation Cartier
Fotografia: Rory Hyde

Nel corso del presente capitolo verranno analizzate una serie di realizzazioni selezionate tra le tante che nel corso degli ultimi anni hanno contribuito a diffondere la cultura del verde verticale, con l'obbiettivo di individuare attraverso di esse alcune direttrici di sviluppo, destinate ad orientare nel prossimo futuro la produzione di nuove tecnologie per l'integrazione di tecnologie viventi nello spazio costruito.

7.1 IL CONTROLLO MICROCLIMATICO DELL'AMBIENTE COSTRUITO NELLA SPERIMENTAZIONE ARCHITETTONICA DI SUPERFICI VEGETALI APPLICATE ALL'INVOLUCRI EDILIZIO

Saranno analizzati nel dorso di questo paragrafo tre progetti, in cui gli autori lavorando sul tema dell'involucro verde come strumento di controllo microclimatico, hanno fornito una serie di risposte progettuali di estremo interesse ed allo stesso tempo complementari, essendo fondate sull'impiego di tecnologie di inverdimento estremamente diverse tra loro, riuscendo ad individuare per ciascuna di esse le modalità di applicazione più consone a valorizzarne le potenzialità.

I progetti in questione sono:

- L'edificio ex Ducati a Rimini, dello studio Mario Cucinella Architects.
- Lo showroom CR Land Guanganmen green technology, dello studio Vector Architects
- Il piccolo edificio residenziale denominato "I'm lost in Paris" dello studio francese R&sien

tali edifici verranno di seguito brevemente descritti nelle loro caratteristiche di maggiore rilevanza ai fini della valorizzazione delle componenti vegetali in essi impiegate.

Per ogni caso analizzato, sono state inoltre preparate delle sintetiche schedature allo scopo di renderne rapidamente comprensibili e confrontabili le caratteristiche sostanziali, secondo i seguenti punti:

- Tipologia di sostegno del manto vegetale
- Descrizione della superficie naturalizzata
- Materiali, nodi e struttura di sostegno del manto vegetale
- Specie vegetali impiegate
- Integrazione impiantistica
- Costi
- Criticità

Si è infine proceduto alla valutazione dell'efficacia delle componenti vegetali e strutturali scelte dai progettisti per ognuno dei casi di Best Practices, utilizzando a tal fine i parametri individuati nel corso del presente lavoro.

7.1.1 L'edificio ex Ducati a Rimini

In quest'opera il tema del rivestimento vegetale è stato affrontato attraverso l'impiego di tecnologie classificabili come tradizionali, ovvero facendo crescere a ridosso di una struttura appositamente predisposta una serie di arbusti a portamento rampicante.

Pur non impiegando soluzioni particolarmente innovative, questo edificio spicca per la qualità estetica e la funzionalità espresse dal suo involucro vegetale, in cui si sfruttano con intelligenza e piena maturità alcune fondamentali caratteristiche legate all'impiego di arbusti rampicanti in facciata, ed in particolare:

- Per quanto riguarda le strutture finalizzate al sostegno, si è lavorato sulla qualità estetica offerta dalla trama strutturale necessaria ad orientare lo sviluppo degli arbusti, riuscendo a ricondurla ad un'efficace motivo decorativo di facciata anche in assenza di manto vegetale
- L'intercapedine tra manto vegetale e facciata è stata allargata fino e ricavarne un sistema di ballatoi che oltre a servire da circolazione interna all'edificio ospitano una serie di vasi per la coltivazione su più livelli delle rampicanti, in questo modo si neutralizzano una serie di potenziali problematiche legate all'interazione tra piante e chiusure esterne, lasciando piena libertà in merito al trattamento di facciata alle spalle del manto vegetale ed agevolando notevolmente la manutenzione di quest'ultimo.
- Il manto vegetale separato dalle chiusure esterne dell'edificio attraverso una serie di spazi filtro, può esercitare in pieno su di essi il suo potenziale in termini di controllo microclimatico, specialmente in estate rendendo chiaramente percepibile ad ogni livello dell'edificio il suo contributo in termini di attenuazione della radiazione solare diretta e di controllo di temperatura ed umidità dell'aria.
- La scelta di una specie a foglia caduca e dall'abbondante fioritura come il gelsomino bianco, delinea la volontà di mettere in risalto gli

effetti prodotti dalla stagionalità del manto sull'edificio, altra caratteristica che distingue i rivestimenti verdi tradizionali dalla maggior parte dei sistemi modulari di coltura in verticale, nei quali la presenza di substrato in quota scoraggia la scelta di specie caducifoglie, neutralizzandone l'effetto positivo legato alla possibilità di lasciare filtrare durante i mesi invernali gli apporti termici dovuti alle radiazioni solari e necessitando durante tutto l'anno di un rivestimento vegetale che ne celi la visione dall'esterno.

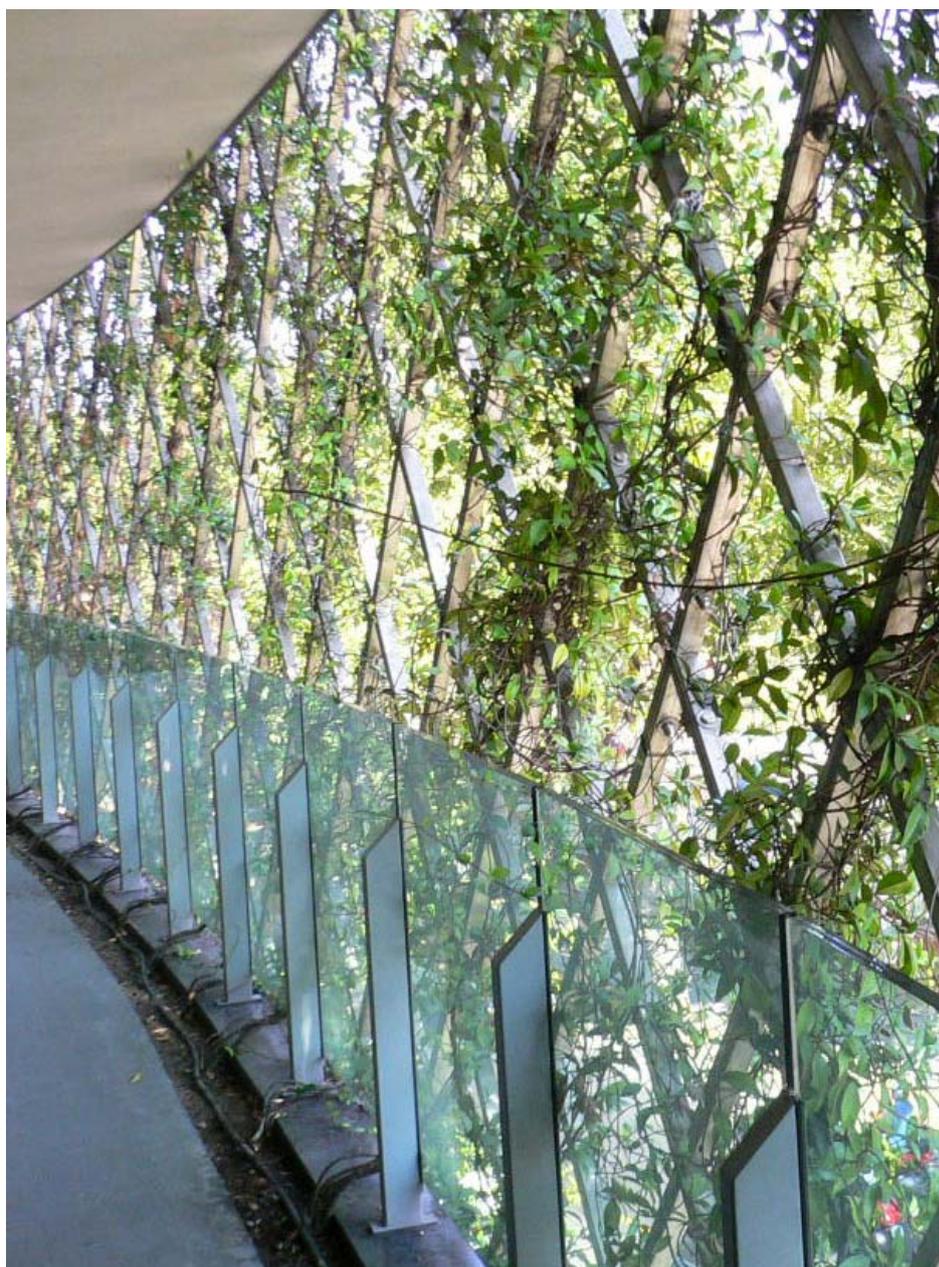


Immagine 02.
vista dal ballatoio dell'edificio ex Ducati a
Rimini, dello studio Mario Cuccinella
Architects

7.1.2 Lo showroom CR Land Guanganmen green technology a Pechino Cina

Questo edificio costituisce una delle applicazioni ad oggi più convincente, dei sistemi di facciata modulari per la coltivazione dei manti vegetali in verticale.

Progettato per il lancio commerciale di un grande intervento residenziale a Pechino, questo padiglione provvisorio, destinato a durare soltanto per i tre anni necessari al completamento dei primi blocchi residenziali, presenta una serie di caratteristiche relative ad aspetti funzionali, tecnologici e progettuali che gli consentono di valorizzare anche gli aspetti solitamente più problematici legati all'applicazione delle pareti verdi continue, ed in particolare:

- I tempi di vita certi e contingentati che caratterizzano questo padiglione provvisorio, fanno sì che risulti di fondamentale importanza nella scelta delle sue componenti la possibilità di essere assemblate e smantellate con la massima semplicità e rapidità possibili, generando il minimo impatto sul sedime che le ospita provvisoriamente. Tali caratteristiche avvalorano decisamente la scelta operata da parte dei progettisti di un rivestimento composto da moduli naturalizzati a prato, che si adattano perfettamente ad essere applicate nella logica di un sistema costruttivo a secco; sia per quanto riguarda le caratteristiche delle strutture di contenimento in quota del substrato di coltura, che, si configurano come le più semplici da gestire in fase di montaggio e sostituzione, sia per quanto riguarda la scelta del rivestimento vegetale, sia per quanto riguarda la scelta della componente vegetale, che garantisce sin dal momento della posa in opera la costituzione di superfici continue e di grande impatto visivo.
- La necessità di creare un elemento iconico, facilmente distinguibile in un paesaggio urbano caotico ed imponente come quello di Pechino, ha favorito la scelta di un sistema di rivestimento basato

sull'applicazione di moduli naturalizzati, che al di là di creare un effetto destabilizzante sul piano visivo, portando in verticale una serie di elementi che siamo abituati a trovare a terra e richiamando su di sé attenzione e curiosità, garantiscono nel tempo una perfetta tenuta estetica; sia per via della resistenza che caratterizza le specie generalmente impiegate in tali contesti, sia per la possibilità offerta dall'impiego di elementi modulari, di essere facilmente sostituiti. In particolare questa seconda caratteristica viene valorizzata nel progetto in esame attraverso la scelta di un compatto ed omogeneo tappeto di *Festuca Rubra*.

- La necessità di creare un elemento iconico, costituisce in questo caso anche l'occasione ideale per l'impiego di tecnologie generalmente caratterizzate da costi elevati come i sistemi di facciata modulari per la coltivazione dei manti vegetali in verticale.
- Le caratteristiche geometriche dell'involucro valorizzano le funzioni di controllo microclimatico generate dall'impiego di tappeti erbosi coltivati in verticale, che per via delle loro compattezza e della loro intensa attività evapotraspirativa, consentono: sia un adeguato contributo alla coibentazione dell'involucro, sia un buon controllo sulla qualità di spazi filtro interposti tra edificio e città, come nel caso delle grandi logge che in questo caso invitano all'ingresso dei visitatori



Immagine 03.

vista dall'ingresso del showroom CR Land Guanganmen Green Technology, dello studio Vector Architects
fotografia: Vector Architects

7.1.3 L'edificio residenziale "I'm lost in Paris" a Parigi Francia

Il piccolo edificio residenziale denominato "I'm lost in Paris" dello studio francese R&sien, affronta con estremo coraggio il tema dell'impiego di tecnologie di derivazione idroponica ed aeroponica per la costruzione di schermature vegetali.

La tecnologia qui impiegata risulta infatti completamente sperimentale ed analizzarla significa gettare uno sguardo al futuro di quelli che potrebbero essere i prossimi sistemi di integrazione tra natura ed involucro edilizio, in cui la componente artificiale, non si limita a sostenere un rivestimento, che pur essendo composto da elementi vegetali, potrebbe in virtù delle sue caratteristiche tecnologiche essere agevolmente sostituito da qualsiasi altro tipo di pelle ventilata.

In questo caso, l'involucro dell'edificio è stato completamente concepito in funzione della sua integrazione con il rivestimento vegetale, dovendo sostenerlo, nutrirlo e valorizzarlo, ricavandone in cambio privacy e protezione dagli agenti atmosferici, dalle radiazioni luminose e dall'aria calda e secca che caratterizza in estate il clima di molte grandi città.

Gli aspetti più importanti di questo edificio che ne valorizzano le scelte tecnologiche, sono le seguenti:

- la totale aderenza dello sviluppo tipologico e compositivo del modello abitativo proposto con le esigenze ambientali necessarie all'impiego di specie di non facile gestione nel contesto delle grandi città Europee come felci e piante epifite in generale.
- L'impiego di tecnologie di sostegno e di componenti appositamente studiate per garantire una perfetta integrazione con l'estetica del manto vegetale impiegato, trasformando di fatto l'edificio in una componente del sistema verde, piuttosto che fare dello strato vegetale una semplice componente dell'edificio.

- L'integrazione impiantistica pensata per alimentare e generare le condizioni ambientali atte alla sopravvivenza delle specie epifite impiegate, permette di estendere, in particolar modo durante il periodo estivo, i benefici microclimatici prodotti dalla presenza dell'involucro verde allo spazio aperto che separa il filtro vegetale dalla superficie dell'involucro edilizio, dando origine ad una zona caratterizzata da aria fresca ed umida, che le applicazioni idroponiche sino ad oggi sperimentate da Patrick Blanc non contemplavano.



Immagine 04.
vista dall'interno dell'involucro dell'edificio
"I'm lost in Paris" dello studio R&Sie(n)
fotografia: R&Sie(n)

7.2 L'ECOLOGIA DELL'AMBIENTE COSTRUITO COME MOTORE DI INNOVAZIONE PER L'APPLICAZIONE DI SUPERFICI VEGETALI ALL'INVOLUCRO EDILIZIO

Se il controllo della qualità microclimatica degli spazi costruiti ha rappresentato e rappresenta uno dei principali motori di innovazione nel generare nuove modalità di integrazione tra edifici ed organismi vegetali, sono emersi nel corso di alcune interessanti sperimentazioni architettoniche condotte negli ultimi anni, una serie di istanze di natura ecologica ed ambientale, che al pari di quella definita dalla ricerca di confort igrotermico, potrebbero orientare la ricerca tecnologica di questo settore durante i prossimi anni.

In questa sede si è scelto di affrontare attraverso l'analisi di casi studio appositamente selezionati, alcune delle suddette istanze ecologiche, rispetto alle quali il ruolo giocato dalla possibilità di impiegare diffusamente tecnologie di facciata naturalizzate all'interno dei nostri tessuti urbani, verrà di seguito brevemente descritto, pur non rientrando tra gli obiettivi di questo lavoro la trattazione approfondita di tale assunto.

7.2.1 Superfici vegetali applicate all'involucro edilizio per il miglioramento della qualità dell'aria nell'ambiente costruito

Oramai da diversi anni è stato dimostrato, l'impatto positivo che la presenza di verde urbano esercita sulla qualità dell'aria delle città.

In particolare la presenza di manti vegetali è in grado di incidere positivamente sulle emissioni di CO₂, secondo diverse modalità:

- In maniera diretta, attraverso la naturale attività respiratoria delle masse fogliari, che fissano anidride carbonica liberando in atmosfera ossigeno e vapore acqueo.
- In maniera indirettamente, riducendo il fabbisogno energetico per il raffrescamento estivo degli edifici, e se pure in misura più ridotta per il loro riscaldamento invernale

In entrambi i casi è facile intuire l'importanza del contributo che la diffusione di tecnologie per l'inverdimento delle facciate, potrebbe assumere nei contesti densamente edificati delle nostre città, fortemente caratterizzate dalla massiccia presenza di superfici verticali, a discapito della scarsità di suolo libero¹.

Superficie	evaporazione	riscaldamento dell'aria
Foresta di abeti	66,5 %	33,4 %
Foresta di pini	64,8 %	33,8 %
Querceto	70,0 %	30,0 %
Faggeta	83,8 %	14,6 %
Prato	78,8 %	16,2 %
Città (calcolato)	15,0 %	60,0 %

Specie	O ₂ [g/(dm ² h)]	O ₂ [t/(ha anno)]
Betulla	2,53	9,5
Faggio	1,76	15,6
Quercia	1,53	11,5
Larice	1,70	15,6
Abete di Douglas	1,12	19,3
Pino	1,20	10,3

Gruppo riduzione 4-6 dB	Gruppo riduzione 6-8 dB	Gruppo riduzione 8-10 dB
Betulla	Carpino	Pioppo
Ontano	Faggio	Viburno
Corniolo	Quercia	Tiglio
Sangunella	Rododendro	Acerò
Sambuco	Carpino	Platano
Nocciolo	Leccio	

¹ Tabelle tratte da: Peron F., con Tatano V.(a cura di), Verde: Naturalizzare in verticale, Maggioli editore, Rimini, 2008

Percentuale di energia solare incidente utilizzata nell'evapotraspirazione e rilasciata all'aria per diversi tipi di copertura.

Produzione di ossigeno con la respirazione da parte di diverse specie vegetali riferita all'unità di superficie fogliare e all'unità di superficie coperta.

Effetto di riduzione del rumore di alberi e cespugli (Bernatzky 1982).

Inoltre, alla presenza di verde urbano viene anche attribuita una efficace azione di contrasto allo smog:

- Limitando la formazione di smog fotochimica, in virtù delle variazioni microclimatiche riconducibili al fenomeno dell'evapotraspirazione.
- Favorendo attraverso l'estrema porosità ed incoerenza della loro massa aerea il deposito di particolati polveri e sostanze nocive alla salute dell'uomo come NOx, ozono e PM10 *Taha 1996)



Immagine 05.

Verde urbano nella città di Curitiba - Brasile
Fotografia: Maria Carolina Semeghini

La presenza di alberature e spazi verdi urbani costituisce dunque una delle premesse indispensabile alla salute delle presenti e future generazioni di cittadini, ma la scarsa disponibilità di suolo ed i tempi serrati con i quali numerose città del mondo oggi crescono e consumano territorio, risultano spesso inconciliabili con le condizioni richieste dalla vegetazione per il suo naturale sviluppo.

In questi senso, l'impiego di strutture ibride costituite da componenti artificiali e naturali, per integrare l'efficace del verde urbano in contesti nei quali la sua applicazione risulti particolarmente problematica, rappresenta per le tecnologie finalizzate alla costruzione di pareti vegetali un interessante fronte di ricerca e sviluppo, come in parte dimostrano gli esiti della sperimentazione recentemente condotta alla periferia di Madrid di seguito descritta.

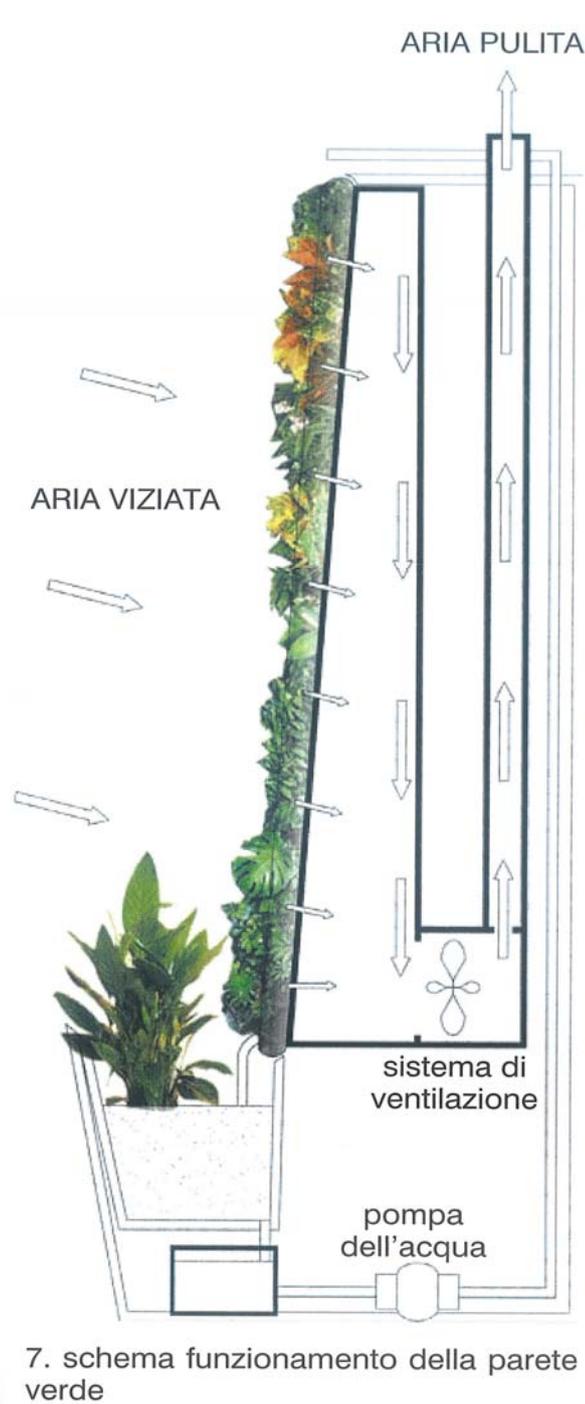


Immagine 06.
Sistema statunitense brevettato "Nedlaw Living Wall", progettato per la purificazione dell'area di ambienti interni. I processi di biofiltraggio e fitodepurazione avvengono grazie ai microrganismi che vivono in corrispondenza dell'apparato radicale delle piante, e che sono in grado di trasformare gli inquinanti in composti semplici e innocui come l'acqua e l'anidride carbonica

7.2.2 Eco-Boulevard, Madrid Spagna

L'esperienza degli Ecoboulevard, pur presentando dei limiti sul piano dell'efficacia di alcune delle strategie per essi messe a punto dai giovani architetti dello studio "Ecosistema Urbano" (limiti che verranno opportunamente approfonditi all'interno della scheda sintetica relativa a questo progetto), rappresenta una delle sperimentazioni più interessanti e di ampio respiro condotte sull'impiego a scala urbana di tecnologie ibride finalizzate all'integrazione di componenti vegetale all'interno dello spazio costruito.

In particolare attraverso la costruzione delle grandi strutture cilindriche che caratterizzano la prima fase di questo grande progetto, si introducono all'interno della progettazione dello spazio e del verde pubblico una serie di concetti quali leggerezza e provvisorietà, capaci di valorizzare i contributi offerti alla qualità urbana dall'applicazione di tecnologie per la creazione di pareti e superfici naturalizzare.

Le caratteristiche di tale esperienza, di maggiore interesse ai fini dello sviluppo dei sistemi ibridi trattati dai tecnologici qui trattati, sono così sintetizzabili:

- La necessità di tempi rapidi e sicuri, per creare dal nulla uno spazio pubblico capace di offrire qualità ad un quartiere periferico di nuova costruzione nella città di Madrid, ha di fatto reso impossibile puntare da subito sull'effetto di mitigazione ambientale offerto dalla piantumazione di semplici alberature, alla cui crescita sono necessari tempi piuttosto lunghi (circa 15-20 anni) che esulano dalle possibilità di controllo dell'uomo. A questo scopo la proposta progettuale degli Eco Boulevard, ha previsto la momentanea integrazione di strutture artificiali, rivestite da rampicanti coltivati fuori suolo, all'interno di apposite vasche poste in quota su una serie di ballatoi. Al di là della scelta più o meno azzeccata delle specie impiegate, è di estremo interesse lo sfruttamento ai fini della qualità urbana di strutture ibride, facilmente controllabili sul piano dei tempi e della qualità degli strati vegetali impiegati.
- La necessità di creare strutture reversibili. In questo caso le strutture inserite all'interno dello spazio e rivestite da rampicanti

coltivate in quote, devono poter essere rimosse, nel momento in cui la vegetazione costituita da alberature piantumate al loro intorno risulti sufficientemente sviluppata, da garantire da sola il controllo ambientale dello spazio pubblico in cui è inserita. Come abbiamo visto analizzando altri progetti, la reversibilità è una delle caratteristiche di maggiore interesse relative all'impiego di piante coltivate fuori suolo per la creazione di superfici naturalizzate.

- Lo sfruttamento delle condizioni ambientali necessarie alla crescita delle piante a beneficio dell'uomo, ed in particolare in questo caso le esigenze idriche delle piante impiegate nel rivestimento delle strutture presenti sull'Eco boulevard, sono state il pretesto per la realizzazione di potenti impianti di nebulizzazione (controllati da centraline ad alimentazione solare), capaci di influenzare con la loro gittata, il microclima dell'intero spazio rivestito dalle suddette strutture.
- Lo sfruttamento delle caratteristiche del verde integrato allo spazio costruito, per generare qualità riconducibili al solo impiego di elementi naturali. In questo caso in particolare, il ricorso a specie rampicanti caratterizzate dall'abbondante fioritura, è esattamente funzionale al controllo della qualità anche olfattiva degli spazi di progetto

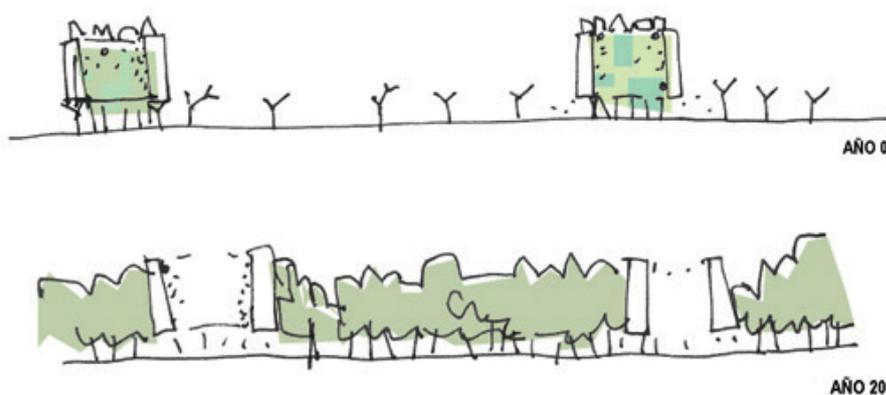


Immagine 07.

Schema illustrativo delle strutture di Eco Boulevard in un intervallo di 20 anni (fonte: Ecosistema Urbano)

7.2.3 Superfici vegetali applicate all'involucro edilizio per la gestione delle risorse idriche nell'ambiente costruito

Come abbiamo visto durante l'analisi di alcuni regolamenti edilizi particolarmente attenti alla valorizzazione del verde in ambiente urbano, la gestione delle risorse idriche rappresenta uno dei problemi più delicati tra quelli sul tavolo delle amministrazioni di città più o meno grandi, caratterizzate da elevati tassi di impermeabilità del suolo.

La questione del controllo e della gestione dei bacini idrici in aree urbane è estremamente complessa ed esula dalle tematiche che la presente ricerca si propone di trattare, nonostante questo, la diffusione di tecnologie che consentano di trasformare in superfici naturalizzate gli involucri degli edifici, può incidere notevolmente sulla permeabilità dei tessuti urbani, consentendo alle costruzioni dell'uomo di rientrare all'interno dei cicli che regolano secondo leggi di natura gli scambi di acqua e vapore tra suolo ed atmosfera.

È dunque possibile pensare a superfici edificate che comportandosi come una qualsiasi superficie naturale, raccolga, accumuli consumi e rilasci acqua in atmosfera, in perfetto equilibrio con il suo contesto ambientale, e generando qualità urbana, come nel caso dell'edificio Harmonia 57, realizzato nel 2007 nella gigantesca e piovosa metropoli brasiliana di San Paolo da un gruppo di giovani architetti e che verrà di seguito analizzato.



Immagine 08.

Foto scattata durante un'alluvione a Sao Paulo, accanto al lotto che ospita l'edificio Harmonia 57 dello studio Triptyque.
(fonte: Triptyque)

7.2.4 Edificio Harmonia 57, San Paolo Brasile

Questo edificio, costituisce una sperimentazione di enorme interesse, sviluppando attraverso il trattamento del suo involucro una serie di caratteristiche, capaci di trasformarlo in un'interfaccia dinamica con le caratteristiche climatiche del suo ambiente.

La pelle esterna dell'edificio armonia 57, è stata infatti concepita con la finalità di contenere e generare vita lungo il suo intero sviluppo.

Non si tratta in questo caso della semplice applicazione al volume edificato di superfici naturalizzate, ma bensì di ripensarne completamente le caratteristiche materiali e funzionali, allo scopo di trasformare l'intero edificio in una struttura vivente, in grado di assorbire immagazzinare, consumare e rilasciare le notevoli risorse idriche prodotte dal clima piovoso ed umido della città di San Paolo.

Al di là del trattamento superficiale delle facciate che costituiscono un forte elemento di richiamo e riconoscibilità, il vero cuore di questo edificio è costituito dagli impianti ad esso integrati, che sviluppandosi praticamente attorno a tutto il suo involucro, contribuiscono a caratterizzarne il carattere estetico e a determinarne le funzioni ambientali.

Di seguito vengono riportate alcune caratteristiche relative a tale progetto ritenute particolarmente interessanti a definire alcune possibili linee di sviluppo per le tecnologie trattate dalla presente ricerca:

L'integrazione tra edificio e contesto climatico. In particolare Harmonia 57 sfrutta a vantaggio della qualità progettuale il limite costituito dal sorgere in un contesto estremamente compromesso sul piano degli equilibri idrogeologici che governano il territorio, caratterizzato da una fortissima impermeabilizzazione del suolo e da frequenti fenomeni di allagamenti del piano stradale. In questa cornice i progettisti hanno proposto un edificio capace di captare e gestire le risorse idriche come un organismo vegetale, lavorando in completa controtendenza rispetto al denso paesaggio artificiale che caratterizza la metropoli di San Paolo.

L'integrazione tra involucro e natura. L'involucro dell'edificio qui analizzato, non ospita sulla sua superficie dei moduli naturalizzati, ma costituisce esso stessi il supporto ed in parte il substrato di coltura per le specie vegetali su di esso impiegate, dando vita ad una soluzione di continuità totale tra elementi naturali ed artificiali. Attraverso questa perfetta integrazione, la vita vegetale invade completamente la superficie naturalizzata dell'edificio, superando la condizione di semplice apparato decorativo e l'involucro edilizio si trasforma in una sorta di albero artificiale sulla cui superficie un gran numero di piante epifite possono crescere liberamente, senza dovere rispondere a sofisticati (ed innaturali) criteri estetici imposti dall'uomo.

L'integrazione tra esigenze vegetali ed esigenze umane. Il sofisticato sistema di recupero e depurazione delle acque piovane messo a punto per l'edificio Harmonia 57, trasforma l'edificio in una perfetta interfaccia per fare incontrare le esigenze vitali proprie delle piante ospitate nel suo involucro, con le esigenze degli uomini che quotidianamente lo abitano per vivere e lavorare, fornendo alle prime il nutrimento loro necessario ed all'uomo acqua sanitaria e potabile senza dovere ricorrere alla rete idrica cittadina. Inoltre, lo spettacolo offerto dall'erogazione di acqua nebulizzata in fase di irrigazione, volutamente valorizzata dalle scelte architettoniche dei progettisti, si trasforma in uno spettacolo che quotidianamente attira l'attenzione dei passanti, a tutto vantaggio degli esercizi commerciali ospitati nell'edificio.



Immagine 09.

l'edificio Harmonia 57 dello studio Triptyque
prima e durante l'irrigazione
fotografia: Beto Consorte

EX DUCATI Rimini (IT)

Mario Cucinella Architects



Fronte sud dell'edificio Ex Ducati di Rimini, rivestito da gelsomino rincosperma

CREDITI

Luogo: Rimini, Italy
Anno: Progetto 2003,
costruzione 2004-2008
Cliente: Edile Carpentieri Srl
Superficie: 1.500 m²
Budget: 2.200.000€
Progetto: Mario Cucinella Architects
Team: Mario Cucinella
Elizabeth Francis
Davide Paolini
Enrico Iascone
Strutture: Gilberto Sarti
Fabio Lombardini
Servizio Ingegneria : Polistudio
Ingegneria Elettrica: Raimondi e
Montanari snc
Impresa generale: Edilecarpentieri
Management edile: Massimo Morandi
Impianti termico-idraulici: Dica srl
Facciate: Facadesign snc
Strutture metalliche: Saif snc
Infissi: Artinfissi srl
Fotografie: Daniele Domenicali
Michele Olivieri

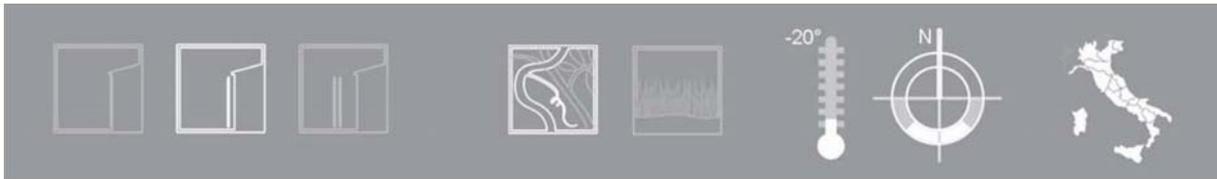
IL PROGETTO

Il progetto ha riguardato la sistemazione di un lotto e la costruzione di un nuovo edificio a destinazione commerciale e per uffici, nella zona sud di Rimini, sull'incrocio tra via Flaminia e viale della Repubblica.

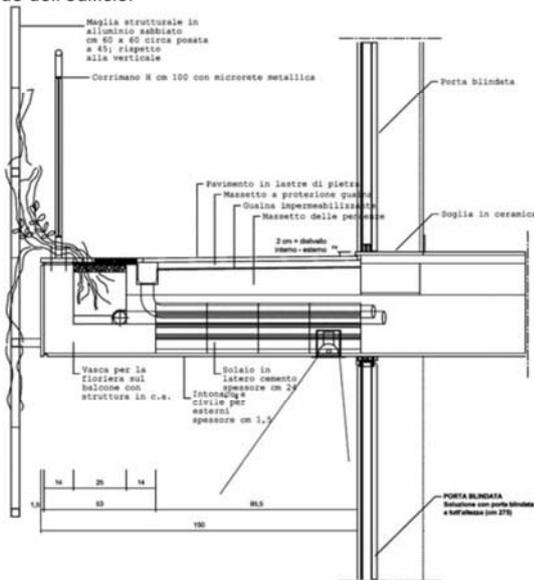
Per quanto riguarda l'edificio, l'intento è stato quello di creare un piano terra da destinarsi ad attività commerciali ed altri tre piani di uffici, un sottotetto ed un interrato, oltre ad un parcheggio in superficie.

La costruzione si sviluppa su una pianta disposta a "L", di fronte a un importante svincolo stradale, con ingresso in corrispondenza dell'incrocio dei bracci. L'accesso è marcato da una profonda frattura – in corrispondenza dell'incrocio stradale – che risalta rispetto alla massa compatta delle facciate, che si sviluppano come un quarto di cerchio e, da una parte, sono rivestite da una sorta di "pelle" vegetale, in maniera da creare un fronte urbano compatto, mentre dall'altra presentano una finitura lignea. L'involucro è realizzato con una griglia a maglia larga, di 60 x 60 cm. in acciaio inox, fissata alla struttura dei ballatoi di accesso agli uffici e sulla quale crescono essenze rampicanti (Gelsomino Rincosperma) creando l'aspetto di un giardino verticale, che rievoca l'immagine degli edifici ricoperti di edera.

Sul retro, le due facciate rivolte all'interno del lotto formano un angolo di circa 90° e creano una zona protetta adibita a giardino e piazza coperta.



Vista notturna del sistema di ballatoi che sorregge l'involucro verde dell'edificio.



Sezione tecnologica tipo del sistema di facciata.



Dettaglio del sistema di paliere in acciaio a sostegno dello strato vegetale.

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

<p>SOSTEGNO DEL MANTO VEGETALE</p>	<p>Struttura di sostegno per piante rampicanti, vincolata e separata dall'involucro edilizio .</p>
<p>DESCRIZIONE DEL FRONTE NATURALIZZATO</p>	<p>Lo sviluppo di 50m ad arco di cerchio del prospetto sul fronte strada risulta l'elemento di forza dell'edificio, ed esprime la volontà di creare un "angolo verde di città". La facciata più esterna è costituita da una "pelle verde", realizzata con una griglia di acciaio sulla quale crescono essenze rampicanti, creando così un fronte compatto per tutta la lunghezza dell'edificio e girando anche sulle facciate laterali sino a riprendersi con il prospetto sulla corte. Il sistema, essendo permeabile dall'aria e dalla luce, permette di considerare i ballatoi di distribuzione come luoghi esterni. Appena dietro questa pelle è stato realizzato un corrimano di protezione in acciaio a sezione circolare con montanti in acciaio. La facciata degli uffici sul ballatoio alterna pareti opaline (in maniera sia di consentire l'ingresso della luce esterna, sia di garantire la privacy agli uffici schermando gli sguardi dal ballatoio), a porte scorrevoli che garantiscono l'accesso agli uffici.</p>
<p>MATERIALI, NODI E STRUTTURA DI SOSTEGNO DEL MANTO VEGETALE</p>	<p>Il sistema costruttivo, concepito in prima battuta per soddisfare il mercato legato al recupero di edifici degradati residenziali ed industriali, si basa su di un principio strutturale molto semplice, partendo da una sottostruttura in tubolari metallici appositamente dimensionata e posizionata alle estremità superiore ed inferiore della parete portante da rivestire. Da queste sottostrutture viene poi tesa una rete in materiale plastico (F.R.P.) su cui verranno successivamente fatti crescere i rampicanti. La portanza dunque viene interamente delegata alla parete da rivestire, questo se da un lato vincola la versatilità del sistema, dall'altro consente di lavorare in economia, senza bisogno di soffondi particolari o di opere di fondazione. Le dimensioni ridotte dell'edificio e la sua regolarità geometrica consentono l'utilizzo di una struttura verticale tradizionale in cemento armato. Anche le strutture orizzontali sono di tipo tradizionale, viste le luci contenute coperte dai solai.</p>
<p>SPECIE VEGETALI IMPIEGATE</p>	<p>JASMINUM OFFICINALE (vedi scheda 05)</p>
<p>INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA</p>	<p>Organizzata lungo i ballatoi esterni, ad ogni piano è stato ricavata una vasca per ospitare l'apparato radicale delle piante ed la rete di tubi microforati del sistema di irrigazione</p>



COSTI	L'incidenza del sistema di facciata è stimato dai progettisti attorno ai 150 euro/mq
CRITICITA'	La specie scelta pur garantendo un buon comportamento in termini di controllo microclimatico per tutta la stagione calda, non offre praticamente alcuna protezione dagli agenti atmosferici in inverno, lasciando anche un vuoto estetico oltre che funzionale pur non richiedendo alcuna particolare forma di protezione dal freddo. Nonostante i tempi di crescita del gelsomino non siano molto lunghi ed il sistema di vasche poste ad ogni piano, gli estremi del prospetto che guarda a sud non sono stati ancora completamente ricoperti (a quasi 2 anni dall'inaugurazione dell'edificio). L'abbondante infiorescenza primaverile attira insetti.



Fioritura del gelsomino rinosperma sul fronte sud-est dell'edificio.

FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO

EFFICACIA DI SUBSTRATO DI COLTURA E COMPONENTE STRUTTURALE

Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	BUONA
EFFICACIA DELLA COMPONENTE VEGETALE	
Schermatura dalla radiazione solare	BUONA
Controllo della temperatura dell'aria	BUONA
Controllo dell'umidità dell'aria	BUONA

FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE

EFFICACIA DI SUBSTRATO DI COLTURA E COMPONENTE STRUTTURALE

Isolamento termico dell'edificio	–
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	BUONA
Controllo della velocità del vento	ELEVATA
EFFICACIA DELLA COMPONENTE VEGETALE	
Isolamento termico dell'edificio	–
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	MODERATA
Controllo della velocità del vento	MODERATA



Vista interna dal ballatoio sud-est dell'edificio Ex Ducati, si osservano la capacità schermante della superficie vegetale applicata all'involucro dell'edificio, ed il sistema di vasche posto lungo tutto lo sviluppo del ballatoio per ospitare l'apparato radicale dei gelsomini ed il sistema di irrigazione costituito da una rete di tubi microforati.

CR LAND GUANGANMEN GREEN TECHNOLOGY SHOWROOM Pechino

Vector Architects



Facciata dell'edificio rivestito da Festucia rubra

CREDITI

Luogo: Pechino, Cina

Anno: 2008

Cliente: CR Land

Superficie: 500 m2

Budget: non dichiarato

Progetto: Vector Architects

Team: Gong Dong

Hongyu Zhang

Shuo Li

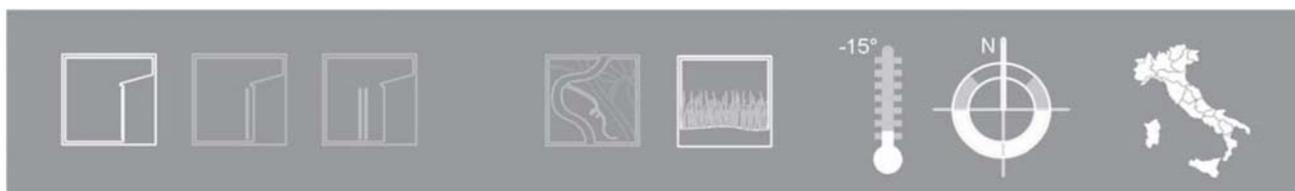
Fotografie: Vector Architecture

IL PROGETTO

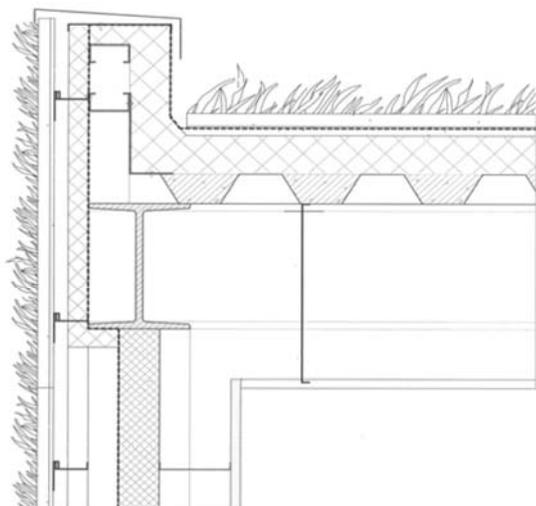
L'edificio nasce come uno showroom temporaneo per la commercializzazione di un grosso intervento immobiliare a Pechino, il tempo per il completamento dei primi blocchi del comparto è stimato in 3 anni, e dunque di 3 anni è il tempo di vita programmato per questa struttura, appoggiata al centro di un'area verde limitrofa al cantiere e che una volta smantellato dovrà restare alla città come piccolo parco pubblico.

Il rivestimento verde costituito da pannelli con substrato di coltura integrato in verticale, risulta in questo caso una scelta estremamente azzeccata, consentendo di lanciare in messaggio visivo forte e chiaro, imperniato sull'impiego del verde, ma conservando l'elevatissimo grado di reversibilità richiesta dal tema progettuale.

Il progetto in sintesi introduce una serie di concetti estetici e funzionali innovativi in relazione all'impiego del verde che in qualche misura generano le condizioni ideali a valorizzare una tecnologia di facciata naturalizzata che per via delle sue caratteristiche, sta ancora oggi faticando a trovare spazi di mercato.



Vista d'insieme del sistema verde in cui è inserito il padiglione.



Sezione tecnologica tipo del sistema di facciata.



Dettaglio del sistema di facciata composto da moduli in polipropilene contenenti torba e fibre naturali che ospitano un tappeto erboso coltivato sul piano verticale

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

SOSTEGNO DEL MANTO VEGETALE

Sistema modulare per la coltivazione del manto vegetale in verticale, vincolato e aderente all'involucro edilizio.

DESCRIZIONE DEL FRONTE NATURALIZZATO

Il rivestimento vegetale di questo edificio è stato scelto in primo luogo per il suo valore simbolico, dovendo infatti evocare un'immagine improntata alla sostenibilità ambientale ai fini della sua funzione commerciale, i giovani progettisti di questo padiglione hanno voluto idealmente triplicare attraverso il trattamento del suo involucro la quantità di verde temporaneamente sottratto alla città.

Il volume stretto e lungo, si presenta come una scatola verde con i due lati minori aperti per l'ingresso e l'uscita dei visitatori ed i lati lunghi interamente rivestiti da un tappeto erboso di Festuca Rubra, una specie particolarmente tollerante ad ombra e stress idrico, di semplice manutenzione e dunque adatta anche alle condizioni di crescita non certo ideali offerte da una sottile superficie di substrato posto in verticale, nel mezzo del paesaggio urbano colossale e caotico di Pechino.

MATERIALI, NODI E STRUTTURA DI SOSTEGNO DEL MANTO VEGETALE

In questo progetto la scelta del rivestimento vegetale risulta in perfetta coerenza tanto con gli aspetti funzionali che lo caratterizzano, quanto con le sue peculiarità tecnologiche e strutturali.

Dovendo infatti progettare una struttura di grande impatto visivo, ma dal bassissimo impatto ambientale, destinata di fatto a sparire senza lasciare tracce a tre anni dalla sua costruzione, gli architetti hanno puntato su di un telaio in acciaio particolarmente leggero, sollevato di circa 1m da terra su plotis e rivestito da un involucro verde interamente costruito a secco, dalla grande personalità estetica e grazie al substrato posto tutto attorno all'edificio per ospitare il manto vegetale di finitura, anche estremamente coibente.

In questo caso dunque risulta perfettamente azzeccata la scelta di puntare su un sistema di facciata vegetale costituito da casse in polipropilene naturalizzato attraverso l'impiego di un tappeto erboso coltivato su di un substrato in torba e fibra di cocco, perché con sente di costituire un involucro finito e continuo, estremamente semplice da assemblare e dall'elevatissima reversibilità.

SPECIE VEGETALI IMPIEGATE

Tappeto di Festuca Rubra
Microterma (vedi scheda 15)

INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA

Pur resistendo molto bene a stress idrico e condizioni termiche estreme, questo genere di rivestimento richiede un buon quantitativo di apporti idrici (circa 10 l/m² giorno in estate). Per questo e per conservare la pulizia estetica di facciata, è previsto un sistema automatizzato di ali gocciolanti integrate ai pannelli naturalizzati



COSTI	I costi per la costruzione di pareti verdi con le stesse caratteristiche di quelle impiegate sull'edificio in esame sono in Italia di circa 350 EURO al m2
CRITICITA'	La scelta del verde coltivato un verticale in questo caso risulta molto convincente, perché le particolari condizioni determinate dalla funzione di spazio espositivo provvisorio, ne valorizzano anche gli aspetti solitamente più problematici. Quelli che solitamente costituiscono i maggiori limiti per i rivestimenti vegetali di questo tipo e cioè: costi elevati e scarse garanzie di durata, risultano infatti aspetti secondari rispetto alla funzione dell'edificio che rappresenta in questo caso per esse uno sbocco commerciale ideale.



Vista della copertura verde dell'edificio

FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO	
EFFICACIA DI SUBSTRATO DI COLTURA E COMPONENTE STRUTTURALE	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	ELEVATA
EFFICACIA DELLA COMPONENTE VEGETALE	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	ELEVATA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE	
EFFICACIA DI SUBSTRATO DI COLTURA E COMPONENTE STRUTTURALE	
Isolamento termico dell'edificio	ELEVATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	ELEVATA
Controllo della velocità del vento	BUONA
EFFICACIA DELLA COMPONENTE VEGETALE	
Isolamento termico dell'edificio	BUONA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	ELEVATA
Controllo della velocità del vento	—



L'edificio presenta una serie di spazi filtro che valorizzano anche attraverso all'integrazione vegetazione coltivata in vaso e giochi d'acqua le caratteristiche di controllo microclimatico offerte dal rivestimento verde dell'involucro.

I'M LOST IN PARIS Parigi

R&Sie(n)



Fronte ovest della casa "I'm lost in Paris", dettaglio di un'apertura sul manto vegetale di facciata costituita da ampolle di vetro soffiato prodotte artigianalmente.

CREDITI

Luogo: Parigi, Francia

Anno: 2008

Cliente: privato

Superficie: 130 m²

Budget: non dichiarato

Progetto: R&Sie(n)

Team: François Roche,

Stéphanie Lavaux,

Jean Navarro

Strutture: Christian Hubert De Lisle & Cie

Sistema idroponico : R&Sie(n)

Vetri soffiati : Pedro Veloso,

consulenza Vanessa Mitrani

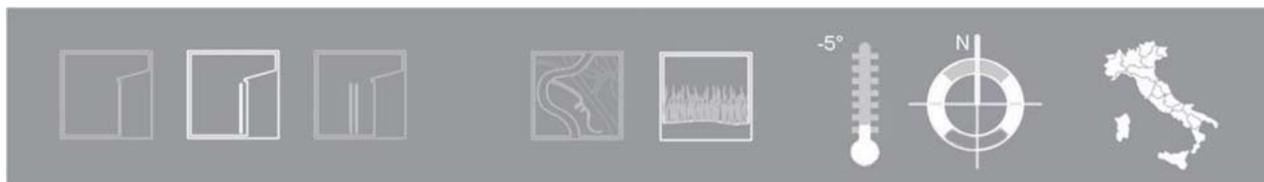
Fotografie: R&Sie(n)

IL PROGETTO

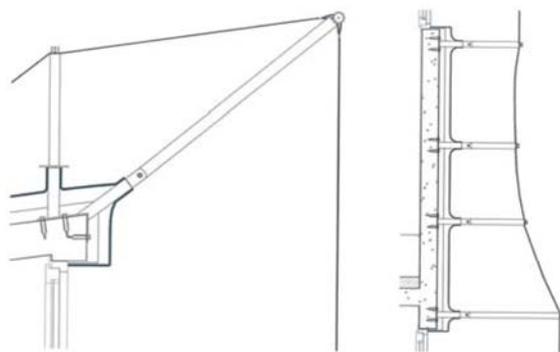
Questo originale progetto per una piccola abitazione unifamiliare incastonata nel denso tessuto urbano di Parigi, costituisce un validissimo esempio di cosa significa progettare impiegando strategie per l'integrazione tra involucro edilizio e piante epifite, in questo caso basata su una filosofia ancora più sofisticata di quella adoperata da Blanc nelle sue opere.

Se infatti le facciate del botanico francese ripropongono sul piano verticale alcune tecnologie idroponiche impiegate dall'industria vivaistica, di fatto questo progetto propone un abbandono dell'idroponica per passare ad un sistema completamente aereo di sostegno e nutrimento del manto vegetale. Allo stesso tempo, la morfologia stessa dell'involucro edilizio e delle sue componenti, si trasforma per favorire la completa integrazione del rivestimento naturale.

Dalla somma di questi effetti, si ricava un dato progettuale fondamentale, ovvero la necessità di un'evoluzione congiunta delle diverse componenti che tenda a farle incontrare all'interno di tipologie edilizie innovative.



Vista dell'edificio inserito nel contesto urbano.



Sezione tecnologica tipo del sistema di facciata.



Dettaglio della ritta trama di cavi che compongono il sistema di irrigazione integrato all'involucro dell'edificio

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE	
SOSTEGNO DEL MANTO VEGETALE	Sistema modulare per la coltivazione del manto vegetale in verticale, vincolato e separato dall'involucro edilizio.
DESCRIZIONE DEL FRONTE NATURALIZZATO	L'intero involucro (copertura compresa) che riveste questo piccolo edificio residenziale, è costituito da una arditissima pelle vegetale mirabilmente sospesa tra ambiente e chiusure esterne. L'idea di ricreare all'interno del denso tessuto urbano di Parigi un ambito dominato dalla natura, assume in questo caso un significato letterale, il volume dell'edificio risulta smaterializzato, quasi indistinguibile all'interno del compatto manto di felci che lo ricoprono in un'unica soluzione di continuità. Per via del microclima fresco ed umido adatto allo sviluppo delle felci (ed anche alla vita dell'uomo), si è reso necessario adottare degli accorgimenti che di fatto hanno rivoluzionato in molte delle sue componenti le stesse componenti di chiusura dell'edificio. Le pareti perimetrali risultano interamente rivestite da un tessuto plastico che ne tutela l'integrità dalla forte e costante umidità del manto vegetale, mentre per permettere alla luce di penetrare adeguatamente attraverso lo strato vegetale, sono stati studiati degli appositi "frutti vetriati" delle ampole in vetro che appesi sullo stesso piano del manto di felci, ne interrompono saltuariamente la continuità materiale, pur conservando l'irregolarità di forma e grana tipica degli organismi vegetali
MATERIALI, NODI E STRUTTURA DI SOSTEGNO DEL MANTO VEGETALE	Lo strato vegetale che riveste l'edificio è interamente composto da felci, piante che presentano la capacità di svilupparsi come epifite, ovvero in assenza di substrato di coltura, ma necessitando esclusivamente di superfici di ancoraggio in contesti sufficientemente umidi da poter ricavare nutrimento attraverso l'impiego dei suoi apparati aerei. In questo caso in particolare la struttura che sostiene queste piante che nel loro ambiente vivono a ridosso della componenti legnose piante più alte, risulta particolarmente ingegnosa, essendo costituita da un sistema di sostegni puntuali costituito dai nodi di una rete geotessile a maglie di 200x200mm, sorretta da aste in acciaio zincato direttamente ancorate sull'involucro strutturale in cemento armato della casa.
SPECIE VEGETALI IMPIEGATE	DRYOPTERIS SSP. (felci) vedi scheda 16
INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA	Particolarmente sofisticata in questo progetto, prevede una fitta rete automatizzata di bocchette per la diffusione di acqua e sostanze nutritive direttamente sostenute dalla stessa rete in geotessuto che porta il manto vegetale.



COSTI	Il costo di costruzione cemento così come quello dell'intero edificio non è stato reso noto al pubblico, trattandosi in questo caso di una residenza privata, ma considerandola natura estremamente artigianale del sistema verde impiegato sull'involucro, si possono prendere a riferimento i prezzi delle pareti realizzate da Blanc che partono da un minimo di 700EURO a m2 e potendo arrivare a superare anche i 1000EURO.
CRITICITA'	Come per la maggior parte dei progetti sperimentali legati all'applicazione sull'involucro edilizio di specie vegetali epifite, questo progetto sconta la fragilità delle stesse specie impiegate e l'estrema complessità dei sistemi impiantistici integrati necessari alla loro sussistenza.

FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO	
EFFICACIA DI SUBSTRATO DI COLTURA E COMPONENTE STRUTTURALE	
Schermatura dalla radiazione solare	ELEVATA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	ELEVATA
EFFICACIA DELLA COMPONENTE VEGETALE	
Schermatura dalla radiazione solare	BUONA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	ELEVATA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE	
EFFICACIA DI SUBSTRATO DI COLTURA E COMPONENTE STRUTTURALE	
Isolamento termico dell'edificio	MODERATA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	BUONA
Controllo della velocità del vento	-
EFFICACIA DELLA COMPONENTE VEGETALE	
Isolamento termico dell'edificio	BUONA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	ELEVATA
Controllo della velocità del vento	-



Vista frontale delle felci e delle ampolle vetrate applicate alla rete di facciata, durante le fasi di allestimento dell'involucro, pur essendo ancora piuttosto rado il rivestimento vegetale, l'effetto visivo generato dalla superficie verde di fondo aiuta nel comporre l'effetto di facciata naturale desiderato dai progettisti



Vista dall'interno dell'effetto filtrante prodotto dal rivestimento vegetale dell'edificio, si noti la buona quantità di luce a dispetto della densità visiva del mento vegetale

ECOBOULEVARD Madrid, Spagna

Ecosistema Urbano



Vista dell'edificio Ludic Tree

CREDITI

Luogo: Madrid, Spagna

Anno: prima fase 2004-2005

seconda fase 2006-2007

Cliente: EMVS – Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo (Madrid)

Superficie: 314 m2 (ogni struttura)

Budget: 1 200 000€

Progetto: Ecosistema Urbano

Team: Belinda Tato

Jose Luis Vallejo

Diego García-Setién

Strutture: Tectum Ingeniería, S.L.
(Constantino Hurtado)

Servizio Ingegneria : IP Ingeniería

Impresa generale: Grupo Entorno

Botanico: Ignacio López

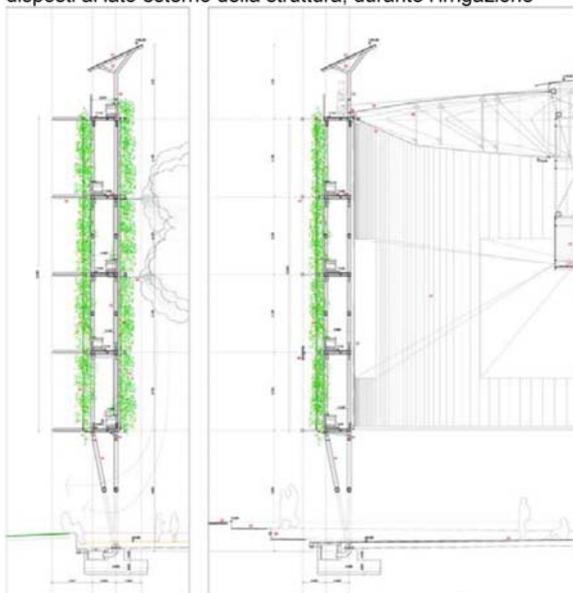
Fotografie: Emilio P. Doiztua
Roland Halbe

IL PROGETTO

Il progetto dell'Eco-boulevard, vincitore di un concorso per lo sviluppo delle periferie di Vallecas, Madrid, è stato organizzato perseguendo due obiettivi: uno di natura sociale, mirato a generare attività ed uno di natura ambientale, l'adattamento bioclimatico di uno spazio esterno. Il progetto prevede la creazione di tre padiglioni o alberi dell'aria (Air tree, Media tree, Ludic tree) che diventino dei supporti a disposizione per le molteplici attività scelte dagli utenti, seguendo una strategia di concentrazione che agisce su zone specifiche fornendo loro un benessere climatico che può servire da seme per un processo rigenerativo dello spazio pubblico. Sono stati pensati come protesi provvisorie, saranno usati soltanto fino all'inattività e fino alla risoluzione del problema climatico, quando gli alberi piantati attorno alla struttura non saranno cresciuti. Una volta che il tempo necessario è trascorso, questi dispositivi dovrebbero essere eliminati ed i vecchi fabbricati dovrebbero rimanere come radure nella foresta.



Vista notturna della Media Tree con il sistema di rampicanti disposti al lato esterno della struttura, durante l'irrigazione



Sezione tecnologica delle due tipologie del sistema di facciata.



Vista della Ludic Tree, dove i vasi sono disposti su entrambi i lati delle passerelle formando una doppia copertura vegetale.

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

<p>SOSTEGNO DEL MANTO VEGETALE</p>	<p>Struttura di sostegno per piante rampicanti, vincolata all'involucro edilizio tramite un sistema aperto di ballatoi esterni.</p>
<p>DESCRIZIONE DEL FRONTE NATURALIZZATO</p>	<p>Lo sviluppo di 50m ad arco di cerchio del prospetto sul fronte strada risulta l'elemento di forza dell'edificio, ed esprime la volontà di creare un "angolo verde di città". La facciata più esterna è costituita da una "pelle verde", realizzata con una griglia di acciaio sulla quale crescono essenze rampicanti, creando così un fronte compatto per tutta la lunghezza dell'edificio e girando anche sulle facciate laterali sino a riprendersi con il prospetto sulla corte. Il sistema, essendo permeabile dall'aria e dalla luce, permette di considerare i ballatoi di distribuzione come luoghi esterni. Appena dietro questa pelle è stato realizzato un corrimano di protezione in acciaio a sezione circolare con montanti in acciaio. La facciata degli uffici sul ballatoio alterna pareti opaline (in maniera sia di consentire l'ingresso della luce esterna, sia di garantire la privacy agli uffici schermato gli sguardi dal ballatoio), a porte scorrevoli che garantiscono l'accesso agli uffici.</p>
<p>MATERIALI, NODI E STRUTTURA DI SOSTEGNO DEL MANTO VEGETALE</p>	<p>Il sistema costruttivo, concepito in prima battuta per soddisfare il mercato legato al recupero di edifici degradati residenziali ed industriali, si basa su di un principio strutturale molto semplice, partendo da una sottostruttura in tubolari metallici appositamente dimensionata e posizionata alle estremità superiore ed inferiore della parete portante da rivestire. Da queste sottostrutture viene poi tesa una rete in materiale plastico (F.R.P.) su cui verranno successivamente fatti crescere i rampicanti. La portanza dunque viene interamente delegata alla parete da rivestire, questo se da un lato vincola la versatilità del sistema, dall'altro consente di lavorare in economia, senza bisogno di sottofondi particolari o di opere di fondazione. Le dimensioni ridotte dell'edificio e la sua regolarità geometrica consentono l'utilizzo di una struttura verticale tradizionale in cemento armato. Anche le strutture orizzontali sono di tipo tradizionale, viste le luci contenute coperte dai solai.</p>
<p>SPECIE VEGETALI IMPIEGATE</p>	<p>JASMINUM OFFICINALE (vedi scheda 05)</p>
<p>INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA</p>	<p>Organizzata lungo i ballatoi esterni, ad ogni piano è stato ricavata una vasca per ospitare l'apparato radicale delle piante ed la rete di tubi microforati del sistema di irrigazione</p>

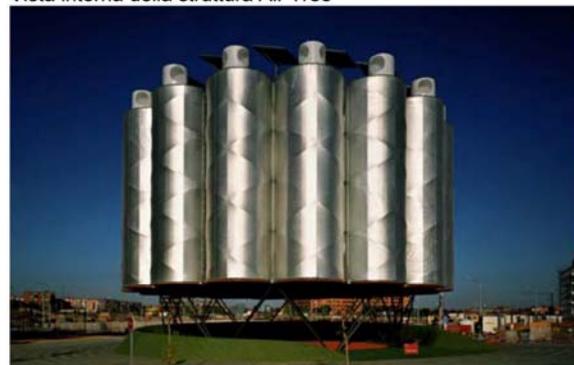


COSTI	L'incidenza del sistema di facciata è stimato dai progettisti attorno ai 150 euro/mq
CRITICITA'	La specie scelta pur garantendo un buon comportamento in termini di controllo microclimatico per tutta la stagione calda, non offre praticamente alcuna protezione dagli agenti atmosferici in inverno, lasciando anche un vuoto estetico oltre che funzionale pur non richiedendo alcuna particolare forma di protezione dal freddo. Nonostante i tempi di crescita del gelsomino non siano particolarmente lunghi ed il sistema di vasche poste ad ogni piano, gli estremi del prospetto che guarda a sud non sono stati ancora completamente ricoperti (a quasi 2 anni dall'inaugurazione dell'edificio). L'abbondante infiorescenza primaverile attira insetti.

FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO DEGLI SPAZI FILTRO – REGIME ESTIVO	
Variazione della radiazione solare diretta e diffusa	ELEVATA
Variazione della temperatura dell'aria	ELEVATA
Variazione dell'umidità dell'aria	ELEVATA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO DEGLI SPAZI INTERNI – REGIME ESTIVO	
Assorbimento dell'energia radiante da parte dello strato vegetale	ELEVATA
Riflessione delle radiazioni solari incidente da parte dello strato vegetale	ELEVATA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO DEGLI SPAZI FILTRO – REGIME INVERNALE	
Variazione della velocità e della direzione del vento	BASSA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO DEGLI SPAZI INTERNI – REGIME INVERNALE	
Isolamento termico prodotto dallo strato vegetale	NULLO
Protezione dagli agenti atmosferici prodotta dallo strato vegetale	BASSA
sfruttamento dell'energia solare passiva	ELEVATA



Vista interna della struttura Air Tree



Vista esterna dell' Air Tree



Vista interna dalla Ludic Tree, in particolare della zona d'ombra creata nello spazio sottostante

HARMONIA 57 Sao Paulo (Brasile)

Triptyque



Fronte sud dell'edificio Harmonia 57 a San Paolo, si noti la grande quantità di tubature e canaline per la distribuzione delle risorse idriche che lo attraversano

CREDITI

Luogo: São Paulo, Brasile

Anno: Progetto 2007,
costruzione 2008

Cliente: Privato

Superficie: 1100 m²

Budget: 300.000 €

Progetto: TRIPTYQUE - Greg

Bousquet, Carolina Bueno, Guillaume
Sibaud e Olivier Raffaelli

Capoprogetto: Tiago Guimarães

Direzione lavori: Bassani Architects

Strutture Metalliche: Planmetal

Struttura: Rika – Rioske Kanno

Installazioni idrauliche: Lenz – Riberto

Carnevali

Condizionamento; Disarcon

Opere in legno: Libanio Justino da

Silva

Vetro: Revglass

Fotografie: Nelson Kon

Bruno Simões

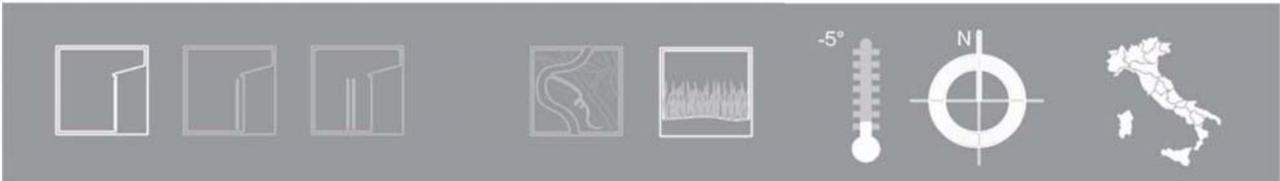
Michele Olivieri

IL PROGETTO

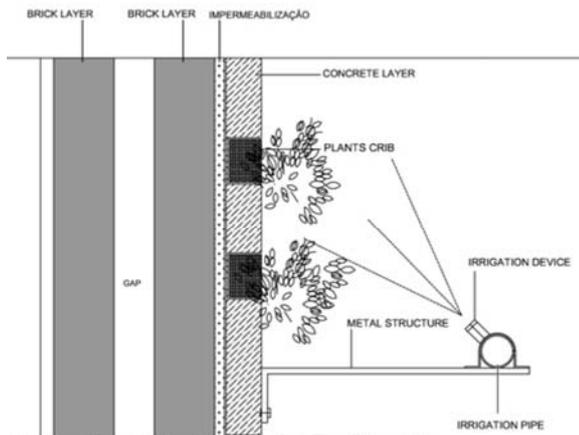
Il progetto dell'edificio Harmonia 57 (nome che deriva dall'indirizzo della piccola parcella di terreno su cui è costruito), costituisce, sia pure con tutti i limiti dovuti alle piccole dimensioni ed alle esigue risorse impiegate nella sua realizzazione, un passaggio evolutivo fondamentale nel percorso di integrazione tra spazio costruito ed organismi vegetali, o meglio tra architettura ed ambiente al suo intorno.

Infatti, questo edificio non si limita ad inglobare e nutrire un gran numero di piante attraverso la particolare stratigrafia delle sue murature, ma esattamente come farebbe un organismo vegetale, estende il suo "sistema linfatico" (i suoi impianti), verso l'esterno, quasi a simulare un processo evapotraspirativo, per cui intercetta acqua piovana e la rilascia in atmosfera per l'irrigazione delle sue facciate verdi, o la utilizza al suo interno per soddisfare le esigenze dei suoi utenti.

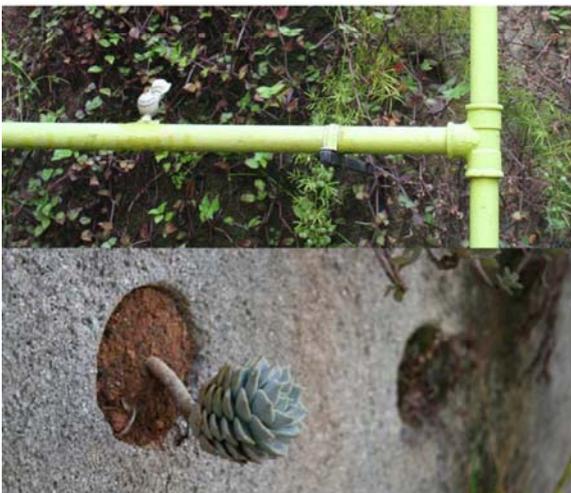
Tutto questo avviene grazie all'efficienza del sistema di raccolta, depurazione e distribuzione dell'acqua piovana, una risorsa disponibile in quantità decisamente ingenti nel contesto umido e piovoso di San Paolo.



Vista dell'inserimento urbano dell'edificio Harmonia 57, si noti la rilevanza visiva attribuita dai progettisti alle vasche di raccolta delle acque piovane poste in copertura.



Sezione tecnologica tipo del sistema di facciata.



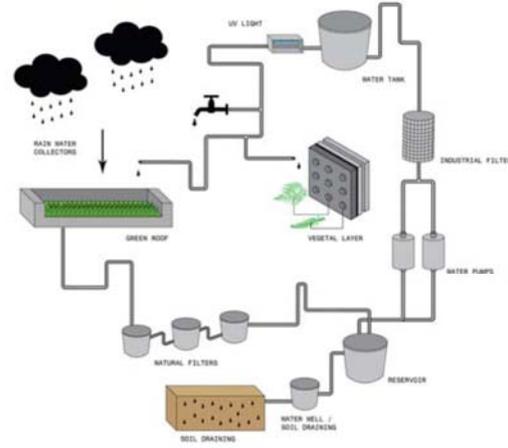
Dettaglio del sistema di irrigazione e di contenimento del manto vegetale e dell'eventuale substrato integrativo in terra all'interno della muratura

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

<p>SOSTEGNO DEL MANTO VEGETALE</p>	<p>Sistema per la coltivazione del manto vegetale in verticale, vincolato e aderente all'involucro edilizio.i.</p>
<p>DESCRIZIONE DEL FRONTE NATURALIZZATO</p>	<p>L'edificio Harmonia 57, costituisce un esperimento sino ad oggi unico nekl suo genere per quanto riguarda l'integrazione tra involucro strutturale e componente vegetale di facciata. Contrariamente a qualsiasi altro riversamento vegetale tradizionale o con substrato verticale, in questo edificio le piante sono state fisicamente inglobate nella muratura, sfruttando direttamente i setti come telaio di contenimento per substrati ed apparati radicali, ed eliminando di fatto qualsiasi tipo di struttura intermedia tra involucro e manto vegetale.</p> <p>Se le piante, composte da felci, ed erbacee dal modesto sviluppo radicale, risultano così integrate all'involucro, l'elemento che si smarca fisicamente dalla facciata vegetale (del resto a dire il vero decisamente rada) è la complessa trama di tubature ed augelli per la nebulizzazione dell'acqua impiegate per il nutrimento delle piante, che collaborano al pari di queste a definirne la morfologia dei fronti naturalizzati</p>
<p>MATERIALI, NODI E STRUTTURA DI SOSTEGNO DEL MANTO VEGETALE</p>	<p>Il principio strutturale che permette la completa integrazione tra pareti portanti dell'involucro ed organismi vegetali, proposta attraverso questo progetto sperimentale, si basa in realtà su una tecnologia estremamente antica, ovvero quella del muro a sacco, che consente di alloggiare sulla superficie esterna della muratura gli apparati radicali delle piante attraverso apposite bucaure ricavate all'interno di uno strato di finitura in calcestruzzo (caratterizzato a sua volta da un'elevata potestà per favorire l'adesione degli apparati radicali). Una camera d'aria tra i due strati della muratura consentono di tutelare la superficie interna da qualsiasi problema di umidità generato dal rivestimento in calcestruzzo, che fungendo in questo caso da substrato in quota accumula al suo interno e rilascia alle piante durante la giornata ingenti quantitativi d'acqua.</p>
<p>SPECIE VEGETALI IMPIEGATE</p>	<p>Una grande varietà di felci ed altre erbacee epifite o semiepifite autoctoni, tra alcuni esemplari di sedum nelle aree più soleggiate (vedi schede 14 e 16)</p>
<p>INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA</p>	<p>Vero e proprio punto di forza del progetto, l'impianto di irrigazione si dirama lungo tutto lo sviluppo dei prospetti dell'edificio, diventandone un motivo decorativo. Ma non solo, la somministrazione quotidiana di acqua alle piante alloggiare di facciata, smette di essere, secondo le intenzioni dei progettisti, un semplice onere manutentivo e peggio ancora, un problema tecnico da risolvere, per diventare oggetto di vera e propria spettacolarizzazione.</p>



	Ogni sera infatti, alle 18.00 dagli ugelli disseminati lungo facciata si diffonde una nube di vapore acqueo, che per alcuni minuti, fa letteralmente sparire all'interno di una nuvola il volume dell'edificio. L'acqua usata per l'irrigazione è recuperata dalla pioggia attraverso casse di raccolta in copertura
COSTI	Il costo dell'opera è risultato essere di circa 1.500RS al m2 in linea con quello degli edifici residenziali di buon livello della stessa zona, va comunque rilevato che il processo di fabbricazione artigianale richiesto dalle tecnologie applicate su questo edificio trova nel contesto brasiliano notevoli agevolazioni grazie al basso prezzo della mano d'opera
CRITICITA'	L'estrema originalità dell'opera in termini di materiali ad integrazione impiantistica non consente ad oggi previsioni in merito alla sua durevolezza



Schema di raccolta e riutilizzo delle acque piovane per l'irrigazione del manto vegetale

FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME ESTIVO	
EFFICACIA DI SUBSTRATO DI COLTURA E COMPONENTE STRUTTURALE	
Schermatura dalla radiazione solare	-
Controllo della temperatura dell'aria	BUONA
Controllo dell'umidità dell'aria	BUONA
EFFICACIA DELLA COMPONENTE VEGETALE	
Schermatura dalla radiazione solare	BUONA
Controllo della temperatura dell'aria	ELEVATA
Controllo dell'umidità dell'aria	ELEVATA
FUNZIONI DI CONTROLLO MICROCLIMATICO IN REGIME INVERNALE	
EFFICACIA DI SUBSTRATO DI COLTURA E COMPONENTE STRUTTURALE	
Isolamento termico dell'edificio	BUONA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	-
Controllo della velocità del vento	-
EFFICACIA DELLA COMPONENTE VEGETALE	
Isolamento termico dell'edificio	BUONA
Protezione dell'involucro dagli agenti atmosferici	ELEVATA
Controllo della velocità del vento	-



Vista dell'edificio durante l'irrigazione

8. CONCLUSIONI

Le alternative tecnologiche

In apertura del presente studio, ci è stato indicato come principale obiettivo, quello di contribuire a delineare le reali prospettive di diffusione su vasta scala, degli involucri naturalizzati, fornendo un quadro completo delle alternative tecnologiche ad oggi reperibili sul mercato e tentando di definire per esse dei chiari confini prestazionali in termini di controllo microclimatico dell'ambiente costruito.

Dalla lettura dei dati raccolti ed elaborati a tal fine, nel corso della ricerca, si possono ricavare alcune considerazioni; proprio a partire dal dato quantitativo e qualitativo, riferibile alle tecnologie analizzate.

Un primo dato, riguarda la grande quantità dei prodotti basati sull'impiego di sistemi modulari per la coltivazione in verticale di manti vegetali presenti sul mercato, che in pochissimi anni (si pensi che uno dei brevetti più noti e consolidati, quello della francese *greenwall* risale appena al 2004) hanno conosciuto un aumento tale da superare oggi per varietà di offerta, i sistemi di inverdimento più tradizionali costituiti da strutture di sostegno per piante rampicanti.

La ricchezza che caratterizza l'offerta tecnologica di questi prodotti, almeno in termini quantitativi è chiaro indice dell'interesse del mercato nei confronti della novità che essi rappresentano, ma entrando nel merito della loro qualità, ed analizzando le caratteristiche relative alle loro diverse componenti, secondo la suddivisione proposta nel corso del presente studio:

- Substrato di coltura
- Componente strutturale
- Componente vegetale

Si nota come le differenze che maggiormente caratterizzano i diversi prodotti ad oggi proposti dal mercato, si giocano al livello delle loro componenti strutturali; per cui a fronte di una certa varietà degli elementi di sostegno e di contenimento delle superfici naturalizzate posti in quota, si

registra una situazione di sostanziale omogeneità rispetto ai materiali di substrato ed alle componenti vegetali su di essi integrate, proposte dalle diverse aziende.

Questa situazione getta qualche ombra sulle possibilità di sviluppo e diffusione di tali tecnologie, dal momento in cui non lavorare sullo sviluppo delle componenti di substrato, significa non intervenire sul cuore tecnologico di tali sistemi, lasciandone sostanzialmente invariate anche le criticità, che sino ad oggi ne hanno ostacolato la diffusione su vasta scala; come gli elevati oneri di impianto e manutenzione che le caratterizzano.

A riprova di questo è sufficiente osservare la notevole omogeneità delle soluzioni di integrazione impiantistica proposte per i diversi prodotti e di i loro costi parametrici, che salvo poche eccezioni si attestano su importi che oscillano tra i 500 e gli 800 EURO a m².

Una nota positiva, riguarda invece lo sviluppo di prodotti che utilizzano le tecnologie classificate nel corso della presente ricerca, come strutture di sostegno per specie rampicanti, il cui mercato sulla scia dell'interesse suscitato dalla produzione di pareti naturalizzate, ha registrato l'ingresso di una serie di nuove interessanti proposte, compiendo notevoli passi in avanti sul piano della qualità dell'offerta.

In questo caso infatti si è assistito da una parte all'affinamento delle caratteristiche estetiche e qualitative delle strutture di sostegno impiegate, che costituiscono una componente cruciale di tali sistemi, dovendo accompagnare fisicamente l'intero sviluppo del manto vegetale, e necessitando quindi di caratteristiche che ne facilitino l'integrazione anche dal punto di vista estetico. Alcuni produttori poi, hanno scelto di puntare sull'integrazione di particolari tipologie di substrati, in sostituzione dei tradizionali vasi posti in quota, dando vita ad interessanti ibridazioni tra sistemi modulari di coltura in verticale e strutture di sostegno per rampicanti, in grado di conferire a queste ultime maggiore versatilità.

Funzioni di controllo microclimatico

Nel corso della presente ricerca si sono individuate una serie di funzioni di controllo microclimatico riconducibili all'applicazione di superfici naturalizzate a ridosso di involucri edilizi e spazi aperti ad essi limitrofi.

L'individuazione delle suddette funzioni e dei parametri relativi alle caratteristiche di manti vegetali e strutture di sostegno, dai quali esse dipendono, è avvenuta attraverso una accurata indagine dei dati scientifici presenti in letterature e di misurazioni strumentali svolte nell'ambito del presente lavoro, con l'obiettivo di colmare almeno parzialmente una serie di lacune individuate dalla ricerca, in merito alle prestazioni relative all'impiego dei sistemi modulari di coltura in verticale, (dotati dunque di substrato in quota).

La scelta dei dati rilevati e della strumentazione impiegata, sono state effettuate al fine di consentire l'acquisizione di informazioni utili alla quantificazione dei contributi in termini di controllo microclimatico, riconducibili alle diverse componenti della superfici naturalizzate applicate agli involucri, ed a consentire un agevole confronto dei dati raccolti, con quelli ricavati nel corso di passate sperimentazioni, che hanno riguardato l'analisi prestazionale di una serie di rivestimenti vegetali eseguiti attraverso l'impiego di tecnologie tradizionali, al fine di inserire il contributo offerto dal presente studio in continuità con una linea di ricerca, portata avanti nel settore del verde verticale sin dai primi anni '80.

I dati raccolti, indicano per tali tecnologie degli ottimi valori di abbattimento dei flussi di calore estivi, facendo registrare notevoli diminuzioni delle temperature superficiali sulle pareti rivestite (superiori ai 10°C). Si sono registrati anche valori decisamente interessanti in merito al potenziale espresso in termini di isolamento termico da parte dei sistemi di facciata analizzati, che durante le notti più fredde del periodo di analisi, con temperatura dell'aria esterna di 15°C, hanno mantenuto le temperature superficiali relative alla muratura rivestita, di circa 3°C, più alta di quanto rilevato sulle pareti scoperte.

Si è inoltre dimostrato il ruolo fondamentale del substrato posto in quota lungo la parete nell'azione di controllo dei flussi termici svolta dal

rivestimento in pannelli naturalizzati, che nel caso analizzato, relativo ad una parete costituita da casse modulari in polipropilene, rivestite da un tappeto di dicondra (erbacea tappezzante) coltivata su un substrato costituito da 6 cm di torba e fibra di cocco, ha inciso per oltre il 50% sull'abbattimento termico registrato.

I risultati ottenuti dalle misurazioni svolte nel corso del presente lavoro, (che costituiscono la prima fase di un progetto di ricerca più ampio destinato a proseguire nel corso dei prossimi mesi) pur evidenziando una serie di prestazioni decisamente positive relativamente all'impiego di pannelli naturalizzati per il controllo microclimatico degli spazi costruiti, risultano sostanzialmente in linea con le prestazioni precedentemente riscontrate su pareti rivestite attraverso l'impiego di piante rampicanti.

Volendo quindi mettere in relazione costi e benefici dei rivestimenti ottenuti per mezzo di sistemi modulari naturalizzati e strutture di sostegno per specie rampicanti, è possibile sostenere che in base ai dati in possesso, non sono stati riscontrati vantaggi in termini di efficienza nel controllo dei flussi di calore riconducibili all'impiego di pannelli naturalizzati, sufficienti a giustificare il sovraccosto.

Campi di applicazione

L'ultimo capitolo del presente studio è stato dedicato all'analisi di una serie di casi best practices, selezionati tra le più recenti sperimentazioni architettoniche sul tema dell'integrazione tra superfici vegetali e spazio costruito.

Tale analisi ha fatto emergere per le diverse tecnologie di facciata impiegate nei progetti, una serie di caratteristiche proprie del progetto architettonico, utili a valorizzarne le potenzialità.

Si sono voluti in questo modo proporre per le diverse tipologie di rivestimento vegetale impiegato sugli edifici analizzati, dei campi di applicazione ideali, fornendo un'indicazione in più al fine della valutazione comparativa tra le variabili tecnologiche proposte dal mercato.

Attraverso l'analisi di edifici sperimentali che con l'impiego di verde verticale, affrontano temi di grande respiro come la gestione della qualità dell'aria urbana e il recupero delle acque piovane, si sono infine voluti individuare alcuni possibili scenari di sviluppo per la tecnologie finalizzate alla creazione di verde verticale.

In tutti i casi studio analizzati emerge comunque con estrema chiarezza la necessità di offrire attraverso il progetto di architettura, le migliori condizioni possibili di inserimento e sviluppo alle componenti vegetali, è necessario che gli edifici tendano ad una completa integrazione perché le caratteristiche delle piante su di essi impiegate possano esprimersi al meglio il proprio potenziale, generando qualità ambientale a beneficio dell'uomo.

Un'integrazione parziale tra manto vegetale ed involucro, o una progettazione che semplicemente si limiti a considerare la superfici naturalizzate alla stregua di qualunque altro rivestimento di facciata, costituisce una scelta di per se discutibile, per via dei costi elevati e della fragilità che contraddistingue queste tecnologie.

In base ai dati ed alle competenze acquisite nel corso del presente lavoro, si ritiene di poter concludere sostenendo la necessità di accompagnare lo sviluppo delle future soluzioni tecnologiche per l'integrazione tra manti vegetali ed involucri edilizi, con un adeguata evoluzione tipologica degli spazi costruiti che dovranno ospitarle, come premessa indispensabile a sostenerne qualsiasi concreta prospettiva di diffusione su ampia scala.

9. BIBLIOGRAFIA RAGIONATA

Scritti di carattere generale inerenti il tema

BUTERA F.M., *Dalla caverna alla casa ecologica. Storia del comfort e dell'energia*, Ambiente, Milano, 2004

GORDON J.E., *Strutture sotto sforzo, Nuovi classici della scienza*, Zanichelli, Bologna, 1991 (prima edizione 1988)

JACOBS J., *Vita e morte delle grandi città: Saggio sulle metropoli americane*, Edizioni Comunità, Torino, 2000 (prima edizione 1961)

LE CORBUSIER, *Maniera di Pensare la città*, Laterza Bari 1997 (prima edizione 1963)

LE CORBUSIER, *Verso una Architettura*, Longanesi, Milano, 2002 (prima edizione 1923)

NARDI G., *Le nuove radici antiche. Saggio sulla questione delle tecniche esecutive in architettura*, Franco Angeli, Milano, 1990

NARDI G., *Tecnologie dell'architettura: teorie e storia, collana Tecnologia e progetto*, Libreria CLUP srl, Milano, 2001

SINOPOLI N., (a cura di), *Sulle tracce dell'innovazione tra tecniche e architettura*, Franco Angeli, Milano, 2002

SINOPOLI N., *La tecnologia invisibile. Il processo di produzione dell'architettura e le sue regie*, Franco Angeli, Milano, 1997

WRIGHT F.L., *La città vivente*, Edizioni Comunità, Torino, 2000 (prima edizione 1958)

ZAFFAGNINI M. (a cura di), *Manuale di progettazione edilizia, Vol. 4: Tecnologie: Requisiti, Soluzioni, Esecuzione, Prestazioni*, Hoepli, Milano, 1991

Riferimenti bibliografici sul tema dell'efficienza energetica degli Involucri

BRUNORO S., *Efficienza energetica delle facciate. Standard, Requisiti, Esempi per l'adeguamento e la riqualificazione architettonica*, Maggioli Editore, Rimini, 2006

DAVOLI P., *Architettura senza impianti, aspetti bioclimatici dell'architettura preindustriale*, Alinea, Firenze, 1993

FRANCO G., *L'involucro edilizio, guida alla progettazione e manutenzione delle chiusure verticali portate e portanti*, EPC libri, Roma, 2003

GAUZIN-MÜLLER D., *Architettura sostenibile, 29 esempi europei di edifici ed insediamento ad alta qualità ambientale*, Ambiente, Milano, 2002

GROSSO M., *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli, Rimini, 1997

GROSSO M., PERETTI G., PIARDI S., SCUDO G., *Progettazione ecocompatibile dell'architettura. Concetti e metodi, strumenti di analisi e valutazione, esempi applicativi*, SE Sistemi Editoriali editore, Napoli, 2005

LANER F., ACCABADORA. *Tecnologia delle costruzioni nuragiche*, Franco Angeli, Milano, 1999

MASERA G., *Passivhaus all'italiana*, costruire, 241, 2003, pp.34-39

OLYGAY V. (a cura di Mancuso G.), *Progettare con il clima. Un approccio bioclimatico al regionalismo architettonico*, Franco Muzzio, Padova, 1990 (prima edizione 1980)

RAVA P., *Tecniche costruttive per l'efficienza energetica e la sostenibilità*, Maggioli Editore, Rimini, 2008

RUDOLFSKY B., *Architecture Without architects*, Academy, London, 1964

SCUDO G., ROGORA A., *L'involucro come regolatore di flussi energetici*, Ambiente costruito, 1, 1998, pp.4-7

Riferimenti bibliografici sul tema dell'impatto ambientale del verde a scala urbana

AA.VV., *Groundswell: Constructing the contemporary landscape*, MOMA, New York, 2005

AKBARI H., *Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas*, Solar Energy, 70, pp. 295-310, 2001

ALESSANDRO S., BARBERA G., ORIOLI S., SILVESTRINI G., *Ruolo del verde urbano nel migliorare il comfort termico e ridurre i consumi di climatizzazione estiva*, Atti XLIII Congresso ATI, Ancona 20-23 settembre

BERNATZKY A., *The contribution of trees and green spaces to town climate*, Energy and Buildings, 5, 1982

BERTACCHI L. OLIVIERI M., *Verso uno spazio pubblico: ripensare e intervenire nella città di Curitiba tra mobilità e tessuto ereditato*, Tesi di laurea, Università di Ferrara Facoltà di Architettura Biagio Rossetti, novembre 2005

BUSTOS Romero M.A., *Arquitetura bioclimatica do espaço público*, UnB editora, Sao Paulo 2001

COOPER C., FRANCIS C., *People places, Design guidelines for urban open spaces*, Van Nostrand Reinhold, New York ,1990

DAY C., *Environment and Children, Passive Lessons from the Everyday Environment*, Architectural Press, London 2007

DONADIEU P., *Campagne urbane. Una nuova proposta di paesaggio della città*, Donzelli, Roma, 2006.

FABRIS Giampaolo, *Il ritorno degli orti urbani. Ortaggi e verdura sfrattano i fiori da vasi e giardini*, in quotidiano "La Repubblica Affari & Finanza", 13 ottobre 2008, p. 14

GANGEMI V., *La città verde. Tecnologie ambientali per la rinaturalizzazione dell'habitat urbano*, in "Bioarchitettura" n. 4-5, 1995-1996.

GROSSO M., PERETTI G., PIARDI S., SCUDO G., *Progettazione ecocompatibile dell'architettura*, Esselibri, Napoli, 2005

LERNER J., *Acupuntura urbana*, Editora Record, Sao Paulo, 2003

LOGORA A., DESSÌ V. (a cura di), *Il comfort ambientale degli spazi aperti*, Edicom Edizioni, Gorizia 2005

MCPHERSON G., *Energy-saving potential of trees in Chicago*, USDA Forest service rep. NE -186, 1994

NIERI M., *Bioenergetic Landscape, La progettazione del giardino terapeutico bioenergetico*, SE Sistemi Editoriali editore, Napoli, 2009

PASQUALI M., *I giardini di Manhattan. Storie di guerrilla gardens*, Bollati Boringhieri, Torino, 2008

SCUDO G., OCHOA DE LA TORRE J.M., *Spazi verdi urbani. La vegetazione come strumento di progetto per il comfort ambientale negli spazi abitati*, SE Sistemi Editoriali ed., Napoli 2003

TURCHINI G., GRECCHI M., *Nuovi modelli per l'abitare*, Il sole 24 ore ed, Milano 2006

VOLTERRANI M., *Nuovi indirizzi nella realizzazione di tappeti erbosi ad uso sportivo, ornamentale o di recupero ambientale in Italia*, Comunicazione personale, 2009

Riferimenti bibliografici circa la progettazione del verde

ABRAM P., *Giardini pensili , copertura a verde e gestione delle acque meteoriche*, SE Sistemi Editoriali editore, Napoli 2004.

ABRAM P., *Verde pensile in Italia e in Europa*, Il verde editoriale, Milano 2006

BIRD C., TOMPKINS P., *La vita segreta delle piante*, Sugarco Ed., Milano 1973

CLÉMENT G., *Manifesto del terzo paesaggio*, Quodlibet Ed., Macerata 2005

CORRADO M. (a cura di), *Sky Garden, il giardino sul tetto*, Macro Edizioni, Cesena 2006

DEL FABRO A., *Impianto cura e varietà dei rampicanti*, Demetra srl., Verona, 1994

DIMAURO B., INCROCCI L., MALORGIO F., PARADOSSI A., *La tecnica della coltivazione fuori suolo*, Progetto interregionale "Orticoltura"2001-2004, sottoprogetto "Colture Protette", Pisa, 2005

FERRARI M., MEDICI D., *Alberi e arbusti in Italia. Manuale di riconoscimento*, Edagricole, Bologna, 1996.

PANELLA A., CROCE P., DE LUCA A., FALCINELLI M., MODESTINI F.S., VERONESI F., *Tappeti erbosi*, Calderoni Ed agricole, 2002

PIGNATTI S., *Flora d'Italia*, Ed agricole editore, Bologna, 1982

SICURELLA A., *Progettare il verde, Tecniche e soluzioni*, SE Sistemi Editoriali editore., Napoli 2003.

VOLTERRANI M., MAGNI S., GAETANI M. (2004). *Le specie da tappeto erboso e loro strategie di utilizzo dell'acqua*. Atti Conv. "Prato senz'acqua" Monza 21 ottobre 2004

ZEH H., *Tecniche di ingegneria naturalistica*, il Verde, Milano, 1997

ZOPPI M. & Co., *Verde di città*, Alinea, Firenze, 2007

ZOPPI M., *Progettare con il verde, vol. I*, Alinea, Firenze, 1988

ZOPPI M., *Progettare con il verde, vol. II*, Alinea, Firenze, 1989

Riferimenti bibliografici sulla progettazione dei rivestimenti verdi

BELLINI O.E., DAGLIO L., *Verde verticale: aspetti figurativi, ragioni funzionali e soluzioni tecniche nella realizzazione di living walls e green façades*, Biblioteca di architettura, Maggioli editore, Rimini, 2009

BELLOMO A., *Lo schermo verde: uso della vegetazione per la protezione solare*, in "Il progetto sostenibile" n. 3, 2004, pp. 72-79.

BELLOMO A., *Pareti verdi - Linee guida per la progettazione*, SE Sistemi Editoriali editore., Napoli 2003.

BETTO G., *Le piante rampicanti*, Rizzoli, Milano, 1986.

BLANC P., *The Vertical Garden: From Nature to the City*, W. W. Norton & Company, New York, 2008.

BOUVET D., Montacchini E., *La vegetazione nel progetto*, Esselibri, Napoli, 2007.

DUNNET N., KINGSBURY N., *Planting Green Roofs and Living Walls*, Timber Press, Portland 2004

FABRIS L.M.F., *Frattura creativa*. Centro direzionale Forum a Rimini, in "Costruire" n. 288, 2007, pp. 50-54

GISSEN D., *Big&Green : toward sustainable architecture in the 21st century*, PrincetonArchitectural Press, 2002

JODIDIO P., *Green. Architecture now!*, Taschen, London, 2009

LAMBERTINI A., *Giardini in verticale*, Verbavolant ed, Roma 2007

MUSACCHIO A., TATANO V., *Superfici naturalizzate*, in Sito ArTec 2008

OLIVIERI M., *La natura dell'involucro. Evoluzione tecnologica del verde parietale per il controllo del microclima urbano e degli edifici*, Ufficio Tecnico, 11-12, pp. 26-34, 2009

PIOVESAN E., CARATTIN E., *Scoperture verdi, un repertorio di tecniche a disposizione del progetto*, in Sito ArTec 2008

POLI T., CASOTTI S., *Soluzioni verdi, dall'articolo "Materiali e sistemi, a protezione dell'edificio"*, in Arketipo n.21/2008, pp.110-119.

POLI T., *Non solo moda*, in Modulo n.320/2006, pp.274-280

POLI T., *Pelle verde*, in Modulo n.319/2006, pp.164-172

SINOPOLI N. (a cura di), ANTONIMI E., GEMMANI G., ZAPPA A., *Eco-Bulevard: Strutture bioclimatiche polifunzionali per la riqualificazione dello spazio pubblico del quartiere Vallecas a Madrid*, Costruire, 307, pp. 111-115, 2008

TATANO V. (a cura di), *Materiali naturartificiali. Tendenze innovative nel progetto di architettura*, Officina, Roma, 2006

TATANO V.(a cura di), *Verde: Naturalizzare in verticale*, Maggioli editore, Rimini, 2008

TATANO V., SANTI V., *Gli strumenti normativi inerenti l'uso del verde in copertura e in facciata*, in Sito ArTec 2008

Riferimenti bibliografici circa le prestazioni di controllo microclimatico dei rivestimenti verdi

AKBARI H., (a cura di), *Peak power and cooling energy savings of shade trees*, Energy and buildings, 25, pp.139-148, 1997

ARIAUDO F., FRACASTORO G.V., *Il verde parietale come elemento di controllo dei carichi termici*, in "Il progetto sostenibile" n. 15, 2007, pp. 56-65

BASS B., BASKARAN B., *Evaluating rooftop and vertical gardens as adaptation strategy for urban areas*, NRC-CNRC 46737, 2001

BAUMANN R., *Begrunte Architektur*, E. Callwey, Monaco, 1985

DEWALLE D., HEISLER G., *Use of windbreak for home energy conservation*, Agric., Ecosystems and env., 22/23, pp.243-260, 1988

DI H., WANG D., *Cooling effect of ivy on a wall*, Experimental heat transfer, 12, 235-245, 1999

HOYANO A., *Climatological uses of plants for solar control and the effects on the thermal environment of a building*, Energy and Buildings, 11, pp.181-199, 1988

JOHNSTON J., NEWTON J., *Building green - a guide to using plants on roofs, walls and pavements*, London City Maior, 2004

LAM M., *Vegetation on building facades "bioshader"*, Centre sustainability of built environment, Brighton University, 2000

SANDIFER S., GIVONI B., *Thermal effects of vines on wall surfaces*, in "Proceedings of the 25th National Passive Solar Conference", American Solar Energy Society, 2000

SCUDO G., *La vegetazione domestica e il controllo del microclima*, in *l'Architettura Naturale* n°1, 1998

STEC W., PAASSEN A., *Symbiosis of the double skin facade with the HVAC system*, *Energy and Buildings*, 37, 461-469., 2005

ZAIYRI L., NIU J., *Study on thermal function of ivy-covered walls*, 6th International IBPSA Conference, 1999