

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
FACOLTÀ DI AGRARIA
Dipartimento Territorio e sistemi agro-forestali

TESI DI LAUREA IN PAESAGGIO, PARCHI E GIARDINI

**VERDE PENSILE E PROCEDURA DI RIDUZIONE
DELL'IMPATTO EDILIZIO (R.I.E.)**

*Strumenti ambientali ed urbanistici
nell'azione di mitigazione e compensazione ambientale*

Relatore:
Prof. PAOLO SEMENZATO

Correlatori:
Dr.for. PAOLO ABRAM
Dr.ing. PAOLO MONTAGNI

Laureando:
ELISA SETTIN
Matricola n. 557251

ANNO ACCADEMICO 2008-2009

Si ringrazia in particolar modo il dott. Paolo Abram
per la sua disponibilità e professionalità.

INDICE

RIASSUNTO	- 5 -
SUMMARY	- 5 -
1. VARIAZIONI CLIMATICHE E SURRISCALDAMENTO GLOBALE	- 8 -
1.1 ANDAMENTO CLIMATICO GLOBALE.....	- 8 -
1.2 EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO	- 9 -
1.3 CAMBIAMENTO CLIMATICO IN ITALIA.....	- 10 -
1.4 INFLUENZA ANTROPICA SUL CLIMA.....	- 12 -
2. VERDE PENSILE NELL’AZIONE DI COMPENSAZIONE AMBIENTALE	- 16 -
2.1 VANTAGGI DEL VERDE PENSILE.....	- 17 -
2.1.1 Azione di mitigazione microclimatica	- 17 -
2.1.2 Isolamento termico degli edifici	- 18 -
2.1.3 Gestione delle acque meteoriche	- 19 -
2.1.4 Influenza sulla longevità degli stratificazioni d’impermeabilizzazione	- 21 -
2.1.5 Fissaggio delle polveri.....	- 22 -
2.1.6 Influenza sulla trasmissione e riflessione del suono	- 23 -
2.1.7 Assorbimento radiazioni elettromagnetiche e miglioramento delle prestazioni dei pannelli fotovoltaici	- 23 -
2.1.8 Riduzione dell’impatto ambientale.....	- 24 -
2.1.9 Fruizione di nuovi spazi ed aumento del valore degli immobili	- 24 -
2.1.10 Incremento della biodiversità ed azione compensativa	- 25 -
3. LE TIPOLOGIE DI COPERTURA A VERDE	- 26 -
3.1 VERDE ESTENSIVO	- 26 -
3.2 VERDE INTENSIVO.....	- 28 -
4. TIPOLOGIE DI STRATIFICAZIONI	- 30 -
4.1 INVERDIMENTI MONOSTRATO.....	- 30 -
4.2 INVERDIMENTO A DUE STRATI	- 30 -
4.3 INVERDIMENTO A TRE STRATI CON DRENAGGIO IN MATERIALE SFUSO	- 31 -
4.4 INVERDIMENTO A TRE STRATI CON DRENAGGIO IN PANNELLI PREFORMATI	- 31 -
5. ELEMENTI FUNZIONALI NELLE STATIFICAZIONI A VERDE PENSILE	- 32 -
5.1 ELEMENTI DELLA STRATIFICAZIONE	- 33 -
5.1.1 Elemento portante.....	- 34 -
5.1.2 Elemento di tenuta.....	- 34 -
5.1.3 Strato antiradice (integrato o meno nell’elemento di tenuta).....	- 35 -
5.1.4 Elemento di protezione meccanica	- 36 -
5.1.5 Strato drenante.....	- 36 -
5.1.6 Strato filtrante.....	- 37 -
5.1.7 Substrato colturale	- 37 -
5.1.8 Strato di vegetazione.....	- 39 -
5.2 INVERDIMENTO DI COPERTURE INCLINATE.....	- 39 -
6. PROVVEDIMENTI NORMATIVI DI COMPENSAZIONE AMBIENTALE	- 41 -
6.1 PROVVEDIMENTI EUROPEI	- 41 -
6.2 PROVVEDIMENTI ITALIANI.....	- 42 -
6.3 PROVVEDIMENTI NORMATIVI LOCALI	- 43 -

7. PROCEDURA DI RIDUZIONE DELL'IMPATTO EDILIZIO (R.I.E.).....	- 44 -
7.1 REGOLAMENTO EDILIZIO COMUNALE	- 44 -
7.2 INDICE R.I.E. E REGIMAZIONE IDRICA	- 44 -
7.3 L'ALGORITMO R.I.E.	- 45 -
7.4 CERTIFICAZIONE R.I.E.....	- 47 -
8. ESEMPIO DI APPLICAZIONE DELLA PROCEDURA R.I.E. AD UN PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA A PERGINE VALSUGANA	- 49 -
8.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E PROGETTUALE	- 49 -
8.2 PERGINE VALSUGANA. COMPENDIO IMMOBILIARE "EX CEDERNA"	- 49 -
8.3 L'OPERAZIONE CEDERNA	- 50 -
8.4 APPLICAZIONE DEL R.I.E. AL PROGETTO EX CEDERNA.....	- 51 -
8.5 SISTEMA PER IL RECUPERO DELLE ACQUE METEORICHE.....	- 54 -
8.6 SISTEMAZIONI A VERDE PENSILE	- 55 -
8.6.1 Elenco degli ambiti di sistemazione a verde	- 55 -
CONCLUSIONI	- 59 -
BIBLIOGRAFIA	- 60 -

Allegati

- 1 - Categorie di superfici R.I.E.
- 2 - Pianta Stato di Fatto e Stato di Progetto
- 3 - Inquadramento generale
- 4 - Confronto Stato di Fatto e Stato di Progetto
- 5 - Valori fabbisogno idrico, acqua meteorica disponibile
- 6 - Pianta per categorie di superficie
- 7 - Metrature piante per categorie di superficie

RIASSUNTO

La tendenza al ‘naturale’, l’attenzione al verde come elemento di primaria importanza nell’azione di compensazione ambientale, e l’aumentata sensibilità agli aspetti naturali ed ecologici, ha richiamato l’attenzione delle Autorità Pubbliche mosse dalla necessità di attuare programmi di recupero, riqualificazione e salvaguardia ambientale. Particolare attenzione richiedono le crescenti problematiche legate alla sigillazione delle superfici, all’aumento delle volumetrie edificate, alla sottrazione sempre maggiore di aree verdi sostituite da siti cementati ed adibiti ad attività umane. Conseguenza di questi interventi e della continua impermeabilizzazione dei suoli risulta essere la modificazione della dinamica dell’equilibrio idrico e la modalità con la quale l’acqua meteorica raggiunge i sistemi di smaltimento.

In questo quadro, che abbisogna di una maggior attenzione ambientale, si collocano gli interventi attuati a livello europeo con Normative di settore e quelli a livello nazionale con la Normativa UNI 11235 del 2007 “Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde”.

Un esempio di notevole valenza a livello provinciale, è rappresentato dagli strumenti utilizzati dalla Provincia di Bolzano. Con l’adozione della Procedura R.I.E. come indice di qualità ambientale, si certifica la qualità dell’intervento edilizio rispetto alla permeabilità del suolo e alla sostenibilità ecologica ed ambientale. È proprio in questo ambito che l’Autorità Pubblica ha riconosciuto l’importanza delle coperture a verde pensile come strumento portante nell’azione di mitigazione e recupero ambientale. Da considerare come modello di applicazione della Procedura R.I.E., il progetto di riqualificazione urbana del Compendio Immobiliare “Ex Cederna” a Pergine Valsugana, Trentino. Tale programma ha applicato la Procedura R.I.E. nel valutare la sostenibilità ambientale del progetto stesso, offrendo in tal modo le massime prestazioni in termini di regimazione idrica e controllo microclimatico.

SUMMARY

The tendency to the “natural way”, the attention to the green as a main important element in the environmental compensation action, and the increasing sensibility for natural and ecological aspects, has recalled the Public authority’s attention moving to the necessity of carry out a rescue program, requalification and environmental’s preservation. Particular attention need the increasing problems connected to sealing up of surfaces, the addiction of building’s volumetry,

the natural areas pulling away and bound to building places and human's activities. As a result of all these interventions and the continues surfaces's impermeabilization, the modifying of the dynamics of water's balance and the method through which the meteoric water get to the draining system.

According to this point of view, which needs an increasing environmental attention, are placing the European intervention throughout sectorial normatives and those ones of national level with the rules called UNI 11235 of the year 2007 "Instruction of design, carrying out, control and the maintenance of green cover".

An example of great value at province's level is represented to instrument using to Bolzano's municipality. With the adoption of R.I.E. Procedure, as environmental quality index, it is possible to certify the building intervention in the respect of permeability's soil and ecological and environmental sensibility. In this field, the public Authority had recognized the importance of green cover as an essential instrument for a mitigation action and environmental's recover. To consider as a model of R.I.E. Procedure application, is the urban requalifying project of the industrial area called "Ex Cederna" localized in Pergine Valsugana, Trentino. This program, has applied the R.I.E. Procedure to evaluate the same project environmental sensibility, giving in this way, the optimal performance about water settlement and microclimate control.

PREMESSA

Il rapporto tra mondo urbano e naturale si sta avviando verso un graduale ma sempre più sostanziale cambiamento. In uno scenario in cui la frattura tra uomo e ambiente si consolida e cambia scala, si sta diffondendo la coscienza del costruire sostenibile in tutta Europa.

La costante esigenza di fruire di nuovi spazi, ha indotto ad una progressiva evoluzione dell'aspetto ambientale a favore dello sviluppo edilizio ed urbanistico, sottraendo ai siti limitrofi superfici verdi sempre maggiori. Purtroppo, non sempre si ottempera con l'applicazione di criteri di sostenibilità ambientale, con la conseguenza di un complessivo deterioramento del paesaggio urbano.

L'aumento delle superfici sigillate e impermeabilizzate porta disordine nella regimazione delle acque meteoriche che, sottratte al naturale ciclo di accumulo e restituzione all'ambiente, creano problemi di eccessivo afflusso alle reti di drenaggio urbano. Queste se non adeguatamente adattate a raccogliere una quantità superiore di acqua meteorica, rischiano di provocare allagamenti nelle aree urbanizzate, problemi di erosione e difficoltà nello smaltimento delle acque stesse.

Di ormai diffusa conoscenza sono le problematiche legate alla degradazione macro- e microclimatica verso le quali ci si sta volgendo. Una causa è sicuramente legata all'incremento dei processi di sigillazione dei suoli che creano un'innaturale aumento delle temperature nei quartieri urbani in mancanza del naturale effetto mitigatorio della vegetazione.

Recenti rapporti dell'IPCC affermano che la temperatura media del Pianeta è senza alcun dubbio aumentata di circa 0,7 °C dalla fine del XIX secolo e che la maggior parte del riscaldamento globale osservato negli ultimi 50 anni è da attribuire alla attività umane.

In uno scenario in cui le problematiche ambientali si concatenano l'una con l'altra, il ruolo del verde pensile acquista sempre maggior significato e ciò è confermato dal fatto che le stesse autorità pubbliche nei loro provvedimenti, lo stanno considerando come vero e proprio strumento di azione compensativa e di ripristino ambientale. Le coperture a verde, infatti, riescono ad usufruire di spazi altrimenti inutilizzabili e questo rappresenta un valido aiuto nel compensare le modificazioni antropiche dei suoli attraverso azioni che riequilibrano i termini dei bilanci energetici ed idrogeologici.

1. VARIAZIONI CLIMATICHE E SURRISCALDAMENTO GLOBALE

La tematica riguardante il cambiamento climatico (*Global Change*) è di assoluta attualità; non a caso l'incontro all'Aquila del G8, per affrontare temi toccanti quali il surriscaldamento climatico, la modifica dei regimi idrometeorologici e l'intensità crescente di inquinanti atmosferici: polveri, composti corpuscolari, metalli pesanti ecc., che vengono continuamente immessi nell'atmosfera dalle attività antropiche. Sono queste infatti le maggiori problematiche cui le nazioni più rilevanti si trovano a fronteggiare cercando soluzioni compatibili e sostenibili per limitare questi imponenti influssi antropici sull'intero sistema globale.

Il fenomeno, avvertito ormai da molti anni ma solo oggi scientificamente provato, è attribuito in parte a cause naturali, ma per la maggior parte a cause antropiche. L'influenza antropica sul clima è considerata infatti, una sorta di acceleratore di processi che comunque porterebbero in quella direzione, una forzante esterna dunque, in quanto la sua influenza è sistematica più che caotica, così come sembra il modo di agire degli altri fattori naturali (Viola F., 2009).

1.1 ANDAMENTO CLIMATICO GLOBALE

Per clima, s'intende l'insieme delle condizioni atmosferiche medie che si verificano in una determinata regione geografica le quali sono direttamente o indirettamente influenzate da alcuni fattori abiotici quali: pressione, temperatura, umidità e regime dei venti, frequenza ed intensità con le quali le precipitazioni si presentano in quella determinata località. Queste grandezze, a loro volta dipendono da altri fattori locali: latitudine, orografia (altitudine, esposizione, pendenza), posizione geografica, forma del territorio e vicinanza a masse d'acqua. Il clima, certo non si può definire un fattore costante ma la sua dinamica, localmente, subisce notevoli oscillazioni naturali.

Quando però, gli assetti atmosferici non subiscono più un graduale ed ordinario cambiamento, ma le variazioni alle quali vanno incontro avvengono velocemente ed in modo disordinato, si parla allora di cambiamento climatico.

Per controllare accuratamente i cambiamenti climatici, l'organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) e il Programma per l'ambiente delle Nazioni Unite (UNEP) nel 1988 istituirono la Commissione Intergovernativa sul Cambiamento Climatico (*Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC*) attingendo esperti dai Paesi più scientificamente avanzati. L'IPCC ha sviluppato numerosi documenti in cui si afferma che la temperatura media della Terra è senza alcun dubbio aumentata di 0,7°C dalla fine del XIX secolo e che la maggior parte del riscaldamento osservato durante gli ultimi 50 anni è attribuibile alle attività umane (Fig.

1.1). Le temperature minime inoltre stanno crescendo in media ad un tasso circa doppio delle massime (0,2°C per decennio).

I modelli climatici elaborati dall'IPCC indicano un potenziale aumento delle temperature durante il XXI secolo, compreso tra 1,4 e 5,8 °C. La storia, fa osservare una naturale oscillazione di periodi più freddi e più caldi; si consideri che negli ultimi 10.000 anni, vi sono state numerose oscillazioni climatiche durante le quali, la temperatura media annua è variata nell'ordine di ± 3 °C rispetto alla media dell'ultimo trentennio. Solo di 1,5 °C fu l'oscillazione delle temperature medie estive registrate durante la piccola età glaciale, tra il 1600 e il 1850. Essa fu tuttavia sufficiente ad influire negativamente sulle attività agricole e produttive umane, mettendole a rischio.

Si capisce, dunque, quanto stretto sia la relazione tra le dinamiche delle popolazioni umane, l'economia e la climatologia.

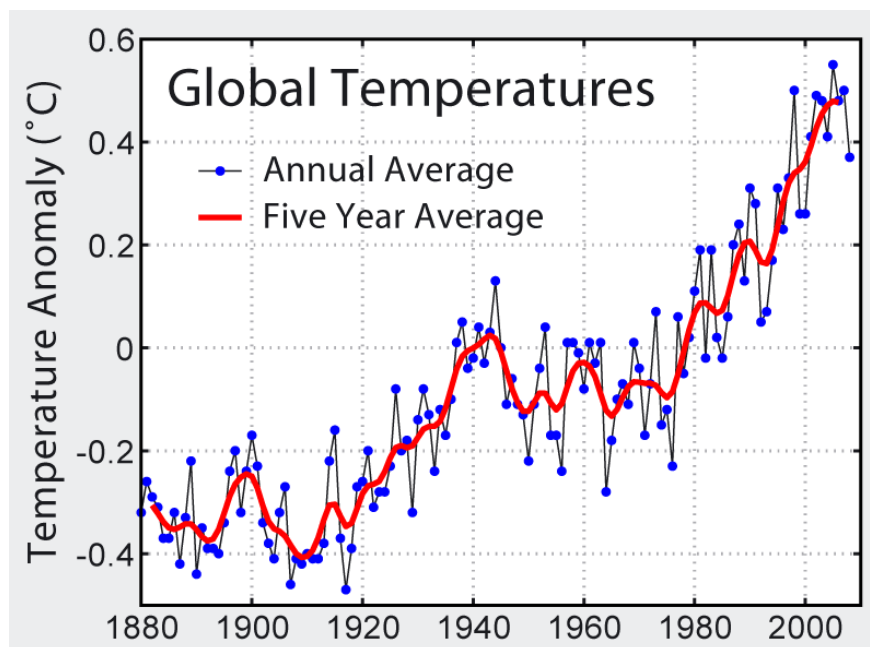


Figura 1.1 Anomalia media della temperatura atmosferica a terra e della superficie dei mari negli ultimi 150 anni.¹

1.2 EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Un rapporto del 2001, indicava come effetti del *global warming* il ritiro dei ghiacciai, la disgregazione delle calotte polari, l'aumento del livello dei mari, le modifiche nella distribuzione delle piogge e l'aumento nell'intensità e frequenza di eventi meteorici estremi.

¹ Fonte: www.wikipedia.org/wiki/Mutamento_climatico.

Il bilancio delle masse ghiacciate sulla Terra è negativo, con tasso di perdita areale compreso tra 1 e 1,5% per decennio. Si ha di conseguenza un innalzamento del livello dei mari che viene stimato di 180-590 mm nel 2090-2100 rispetto ai valori del periodo 1980-1999 (Viola F., 2009), con ripercussioni sull'agricoltura, diminuzione della salinità dell'Oceano dovuta alla fusione dei ghiacciai, riduzione dello strato di ozono, aumento dell'intensità di eventi meteorici estremi, acidificazione degli oceani, modificazioni degli habitat naturali con sconvolgimenti delle catene trofiche.

1.3 CAMBIAMENTO CLIMATICO IN ITALIA

(Viola F., 2009)

Anche la penisola italiana è coinvolta nelle dinamiche del cambiamento climatico a scala globale. Circa le temperature, le analisi delle serie storiche, relative al periodo 1865-1996, indicano che:

- le temperature massime e minime mensili sono aumentate in modo diverso nelle diverse regioni, ma soprattutto fra Italia settentrionale e l'Italia centro-meridionale;
- la temperatura massima è cresciuta di circa 0.6 °C nelle regioni del nord Italia e di 0.8 °C nelle regioni del centro-sud;
- la temperatura minima è lievitata di circa 0.4°C nelle regioni del nord e di 0.7° nel centro-sud.
- l'inverno è la stagione nella quale le temperature massime e minime sono aumentate maggiormente in tutte le regioni italiane.
- per le regioni italiane centro-meridionale, a partire dal 1930, si riscontra inoltre una tendenza ad un progressivo aumento della evapotraspirazione e, di conseguenza, dei processi di aridità, a causa della concomitanza sia dell'incremento delle temperature, sia della progressiva riduzione delle precipitazioni, anche se le informazioni sulle precipitazioni sono da ritenersi meno affidabili.

Circa le precipitazioni le serie storiche sono più recenti e riguardano il periodo 1951-1996. Si è riscontrato che:

- le precipitazioni totali sono diminuite in tutto il territorio nazionale, ma più nelle regioni centromeridionali;
- il numero complessivo dei giorni di pioggia in tutto il territorio nazionale è diminuito di circa 14%;
- la riduzione dei giorni di pioggia è molto più elevata in inverno;

- vi è un aumento dell'intensità delle precipitazioni e ad una diminuzione della loro durata;
- la siccità riguarda tutte le regioni, in quelle settentrionali più in inverno, in quelle meridionali più in estate.

A partire dal 1900 il livello medio del mare, a scala planetaria, è andato progressivamente aumentando (circa 0.2 mm/anno) con una accentuazione della crescita negli ultimi anni (circa 0.7 mm/anno). Il Mediterraneo è però anomalo rispetto agli altri mari del pianeta. Dopo una fase iniziale di innalzamento progressivo del livello, analogo a quello osservato a livello mondiale, sono apparse anomalie nei tassi di crescita particolarmente evidenti negli ultimi 15 anni, durante i quali il

livello è rimasto stazionario o ha mostrato addirittura sintomi di diminuzione.

Le ipotesi di questa anomalia sono:

- Vi sono anomalie nella dinamica dell'atmosfera; poichè è variata la frequenza e l'intensità dei cicloni extra tropicali e sono aumentate in numero ed intensità le situazioni anticicloniche sul Mediterraneo (alte pressioni), la pressione atmosferica sulla superficie del mare è mediamente più alta, e questo comporterebbe, per un mare chiuso come il Mediterraneo uno "schiacciamento" non trascurabile verso il basso;
- Vi sono anomalie del ciclo idrologico complessivo del bacino mediterraneo: infatti, da una parte è aumentata l'evaporazione delle acque marine (a causa della riscaldamento globale) e dall'altra è diminuito l'apporto idrico dei fiumi e delle acque interne (a causa della riduzione delle precipitazioni): tutto ciò porta sia ad una crescita della salinità, sia ad una diminuzione del livello marino.

Assumendo come riferimento le valutazioni IPCC e senza tener conto dei movimenti verticali del suolo a cui è soggetto, per sua natura, il territorio italiano, risulterebbero a rischio inondazione (secondo uno studio della NASA-GISS) circa 4500 chilometri quadrati di aree costiere e pianure, così distribuite:

- 25.4% nel nord dell'Italia (soprattutto alto Adriatico);
- 5.4% nell'Italia centrale (soprattutto medio Adriatico ed alcune zone del medio Tirreno);
- 62.6% nell'Italia meridionale (soprattutto Golfo di Manfredonia e zone del Golfo di Taranto);
- 6.6% in Sardegna (soprattutto zone della parte occidentale e meridionale).

Anche se l'area mediterranea per il momento non appare tra le più critiche per problemi di popolazioni a rischio di inondazione è, comunque fra quelle mondiali a più alta vulnerabilità in

termini di perdita di zone umide ed in particolare degli ecosistemi e della biodiversità marino-costiera.

1.4 INFLUENZA ANTROPICA SUL CLIMA

L'urbanizzazione dei suoli influisce sul regime pluviometrico attraverso l'incremento del tasso di particolato in atmosfera, un aumento del calore proveniente dalle superfici lisce ed impermeabilizzate, l'aumento delle variazioni del tasso di biossido di carbonio e l'aggiunta di vapore acqueo in atmosfera come conseguenza delle emissioni dalle fonti di calore antropogenico.

Gli aumenti di frequenza delle piogge, misurati nelle aree urbane variano di norma, tra il 5% e il 15% rispetto alla ciclicità delle precipitazioni annue totali; la frequenza dei temporali è, generalmente, più alta dove più elevato è l'inquinamento atmosferico (Fanizzi L., 2006).

Il principale fattore che determina il fenomeno del riscaldamento urbano (*urban warming*) è il bilancio energetico di superficie: questo è indicativo di come gli input energetici e cioè, la radiazione netta e le emissioni antropogeniche, hanno peso rilevante negli ecosistemi urbani, e vengono utilizzati per (Fanizzi L., 2006):

- il riscaldamento dell'aria a contatto con il suolo determinando spesso un surriscaldamento;
- l'evapotraspirazione delle specie vegetali;
- il riscaldamento interno del suolo.

L'urbanizzazione agisce anzitutto sull'albedo, frazione solare riflessa verso il cielo aperto. Nel caso di vegetazione spontanea o coltivata, l'albedo è dell'ordine del 20-30%, mentre la riflettenza media del pianeta vale circa 0.33 (30-35%). Questo significa che circa un terzo dell'energia potenzialmente disponibile se ne torna nello spazio senza aver influito nei processi di trasformazione della Terra.

Nelle città questo valore è mediamente più basso e dell'ordine del 10% fino a scemare a valori del 5% nel caso di superfici completamente asfaltate. Questo è determinato da un aumento della radiazione assorbita con successivo surriscaldamento. Nel caso specifico del cemento, si ha un'albedo molto bassa (circa 0,1) che comporta un'elevata capacità termica con una cospicua quantità di energia solare assorbita ed un conseguente riscaldamento dell'aria circostante provocando fenomeni di surriscaldamento del microclima urbano che perdura anche durante la notte.

Di notevole importanza risulta essere l'aumento della concentrazione nell'atmosfera di CO₂ ed altri gas rilasciati dall'attività antropica capaci di generare un accresciuto effetto serra. La variazione

registrata nell'ultimo mezzo milione d'anni va da una concentrazione minima di CO₂ intorno a 180 ppm a una massima di circa 280-300 ppm registrata verso la metà del secolo scorso.

La variazione non è stata lineare, ma si sono rilevati almeno quattro cicli di alternanza. Tra il minimo ed il massimo successivo sono intercorsi, mediamente, 100-150 mila anni. Nell'ultimo mezzo secolo, cioè a partire dalla terza rivoluzione industriale, la concentrazione di anidride carbonica è aumentata fino a raggiungere 381 ppm (anno 2007, pari a 700 miliardi di tonnellate di gas presenti in atmosfera), contro 280 ppm registrata nel pieno della seconda rivoluzione industriale, intorno al 1850.

L'attività antropica ha quindi provocato un aumento di 30% della concentrazione iniziale CO₂, superando il valore massimo mai raggiunto negli ultimi 420 mila anni. Se la tendenza attuale rimarrà invariata, nel giro di 30 anni la CO₂ raggiungerà una concentrazione di 560 ppm (Fig. 1.2).

Per cogliere il significato della correlazione stimata tra concentrazione dei gas serra e la temperatura dell'aria, bisogna tenere presente che, tra l'incremento della concentrazione di CO₂ e il manifestarsi del corrispondente aumento di temperatura si stima che intercorrano circa 50-80 anni (Viola F., 2009).

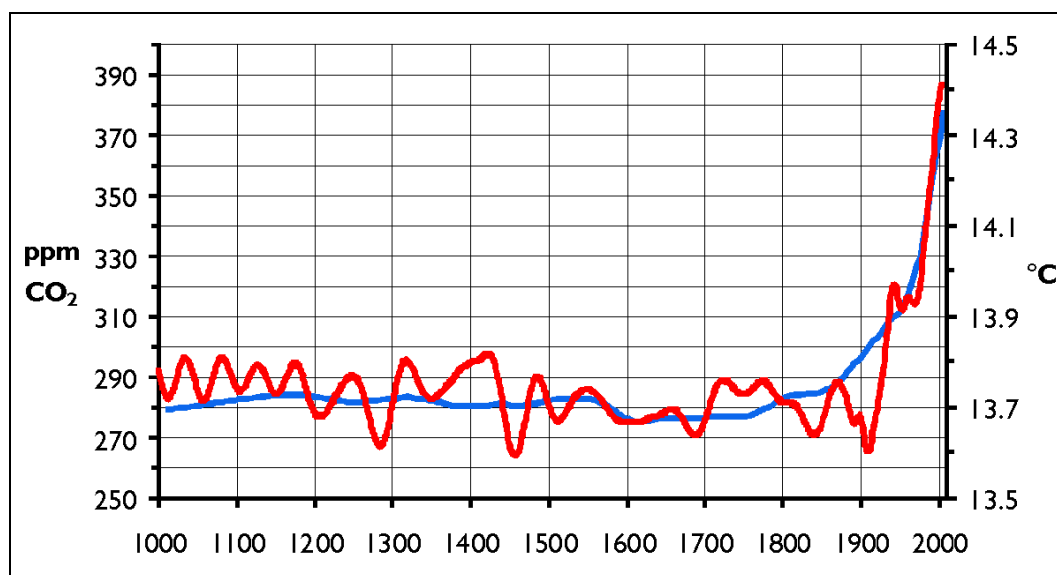


Figura 1.2 Variazione della temperatura globale (in rosso) e dell'anidride carbonica presente nell'atmosfera (in blu) negli ultimi 1000 anni. La causalità non è da tutti ritenuta provata, ma si notano delle somiglianze fra le due curve, soprattutto nell'ultimo secolo.²

² Fonte: www.wikipedia.org/wiki/Mutamento_climatico.

Studi recenti hanno evidenziato come l'antropizzazione dei suoli determini più alterazioni climatologiche urbane, che si possono sintetizzare in quattro effetti principali:

- Il primo causa l'incremento delle probabilità di formazione delle precipitazioni nella città. Questo fenomeno, è indubbiamente determinato da un aumento dei inquinanti immessi nell'atmosfera dalle attività antropiche che danno luogo a nuclei di condensazione: particelle di pulviscolo che fungono da catalizzatori nel processo di formazione delle nubi attorno ai quali il vapore cambia di stato se la temperatura giunge al punto di rugiada.
- Il secondo effetto dell'attività antropica riduce l'area totale sulla quale le precipitazioni raggiungono il suolo, che si traduce con una sottrazione di aree verdi all'ambiente, sostituite da superfici sigillate e siti cementati. Queste innaturali superfici, certamente non accolgono l'acqua piovana filtrandola ed accumulandola nella falda, ma causano un rapido allontanamento della stessa senza che questa riesca ad essere raccolta alimentando la falda ed il terreno.
- Ulteriore conseguenza dell'urbanizzazione è associata al ridotto flusso orizzontale del vento per la presenza delle barriere costituite dagli edifici che ne vanificano, in buona parte, l'effetto refrigerante impedendo il rimescolamento delle masse d'aria.
- Il quarto ma non di minor importanza effetto, è l'aumento di calore proveniente dal suolo. Questo è sostanzialmente causato dal cambio di destinazione dei suoli: da naturali ad edificati. Il suolo, infatti, è in grado di assorbire le radiazioni solari di quasi tutto lo spettro elettromagnetico, riscaldandosi molto rapidamente ed irradiando le masse d'aria sovrastanti ed influenzando quindi, la temperatura media dello strato d'aria prossimo al terreno (troposfera). Di facile intuizione è comprendere come la tipologia del substrato sulle quali le radiazioni solari incidono, influenzi per la maggiore la quantità di radiazioni riflesse e assorbite. Terreni ricoperti da vegetazione agiscono positivamente nell'azione di refrigerio delle masse d'aria sovrastanti per l'effetto evapotraspirante; se questi suoli, invece, vengono sigillati per ottemperare alle crescenti richieste urbanistiche, subentrano, non solo problematiche riguardanti l'aumento di temperature in ambiente urbano, ma anche modificazioni del bilancio idrogeologico, rispetto alle circostanti aree rurali. Il fenomeno in questione, legato saldamente al processo di urbanizzazione dei suoli comporta uno squilibrio dei bilanci idrici con un aumentato volume di deflusso superficiale ed una riduzione dei tempi di smaltimento nelle reti di drenaggio che, sovraccaricate rapidamente, determinano allagamenti e problemi di inquinamento dei corpi idrici recettori.

Tali alterazioni climatiche urbane, di gran lunga superiori a quelle dovute al riscaldamento globale (*global warming*), caratterizzano il fenomeno della cosiddetta “isola di calore” (*Urban Heat Island*). Con tale termine si definisce la differenza di temperatura tra l’ambiente urbano e quello circostante.

2. VERDE PENSILE NELL’AZIONE DI COMPENSAZIONE AMBIENTALE

In un contesto dove le superfici naturali cedono il passo a quelle sigillate ed impermeabilizzate che mettono in crisi il naturale equilibrio idrico, climatico ed ambientale, vi è la necessità di intervenire attraverso provvedimenti compensativi mirati al raggiungimento di una situazione sostenibile dal punto di vista ecologico, ambientale ed umano.

In Europa, l’uso della tecnologia a verde inizia a diffondersi rapidamente a partire dagli anni’60 in concomitanza di una ripresa economica da parte dei vari Paesi membri. L’attività edilizia, subì una rapida ed indiscriminata ascesa per la mancata introduzione di Piani Regolatori o programmazioni specifiche che limitassero la speculazione edilizia. Fu solo a partire dagli anni’70 che, parallelamente ad un’aumentata sensibilità ambientale e ad un esaurimento delle aree da poter destinare a spazi verdi, l’importanza di una copertura a verde iniziò ad essere realmente considerata. Tetto verde e giardino pensile cominciarono dunque a rappresentare la miglior risposta alla richiesta di aumentare le superfici verdi in quanto interessavano superfici finora inutilizzate.

Ad aumentare il valore intrinseco delle coperture a verde, la consapevolezza che le coperture inerti, soprattutto i tetti piani delle zone artigianali, commerciali o industriali, oltre a rappresentare spazi inutilizzati, sono superfici impermeabilizzate e sigillate che concorrono notevolmente al peggioramento del microclima urbano e al dissesto nella regimazione delle acque meteoriche. Molto breve è dunque, il passo necessario all’amministrazione pubblica nel riconoscere il verde pensile come tecnica e strumento per la mitigazione e compensazione ambientale (Abram P., 2006). Promotori di questa svolta nella valenza assegnata al verde pensile sono i Paesi dell’Europa centrale e del Nord Europa: Svizzera, Austria, Finlandia, ma soprattutto Germania, la quale, attraverso l’adozione di leggi sulla protezione ambientale, riconobbe espressamente il verde pensile come strumento di ripristino e compensazione ambientale.

La decisione di molti comuni esteri di adottare strumenti per l’incentivazione del verde pensile non rispecchia unicamente una tecnologia vantaggiosa per l’ambiente. Alla base della scelta, esistono oltremodo valutazioni economiche. I vantaggi conseguiti attraverso un risparmio energetico per il riscaldamento invernale ed il condizionamento estivo, la maggior possibilità di fruire di spazi altrimenti inutilizzati, l’efficace capacità regimante offerta dalle coperture a verde, la maggior durata dell’impermeabilizzazione, ed altri ancora, sono traducibili in consistenti risparmi economici per le amministrazioni comunali, che hanno fatto sì che il verde pensile acquistasse una posizione di particolare riguardo rispetto a tante altre tecnologie.

Riportare il verde in aree densamente urbanizzate, beneficiare dei molteplici effetti conseguenti all'aumento delle superfici a verde in termini di ossigeno, abbattimento delle polveri, mitigazione del microclima, miglioramento della qualità ottica, sono argomenti di immediata comprensione e ricezione che portano ad una facile accettazione, da parte della collettività, dell'utilizzo delle coperture a verde (Abram P., 2006).

2.1 VANTAGGI DEL VERDE PENSILE

L'uso di coperture a verde riveste molteplici valenze di tipo ecologico, ambientale, estetico e psicologico. Caricare la copertura di nuove funzionalità, ed nello specifico collocare uno strato colturale al di sopra di una copertura preesistente, significa avvicinarsi ad una situazione di naturalità che è stata persa con l'atto di impermeabilizzazione.

L'introduzione del verde pensile, rappresenta uno strumento di notevole importanza al fine di migliorare la situazione microclimatica in città mitigando il fenomeno dell'*urban warming*, riequilibrando il ciclo dell'acqua meteorica, regimentando l'afflusso delle acque piovane verso le reti di drenaggio urbano, riducendo il fabbisogno energetico dell'edificio e le emissioni di CO₂, filtrando una quota delle polveri inquinanti oltre che incrementare la biodiversità e riqualificare lo skyline urbano.

Della crescente importanza che il verde pensile sta acquistando, è un chiaro esempio il progetto di Renzo Piano per la nuova California Academy of Sciences. La nuova Accademia di San Francisco, inaugurata a fine maggio, si ispira a principi di ecocompatibilità ed un esempio del suo impegno ambientale è espresso dalla copertura dell'edificio stesso: rivestito da un manto di oltre 10.000 m² di verde pensile, riesce ad ospitare quattro diverse specie di graminacee e oltre due milioni di piccole piante autoctone adatte alle condizioni di scarsità di acqua. La struttura, quindi, non solo concilia bellezza estetica con sensibilità ecologica, ma rappresenta inoltre un esempio di coibentazione, riciclo idrico, sistema antisismico ed modello di edilizia eco ed autosostenibile.

2.1.1 Azione di mitigazione microclimatica

Attraverso il processo evapotraspirativo la vegetazione esercita un'azione di mitigazione nei confronti dell'aria circostante contribuendo ad un generale miglioramento della salubrità dell'ambiente urbano in particolare. L'acqua assorbita dalle radici fuoriesce sotto forma di vapore acqueo dai tessuti verdi della pianta abbassando la temperatura dell'aria nelle zone limitrofe, come conseguenza all'assorbimento di energia termica dovuto all'effetto endotermico proprio dei processi

di evapotraspirazione. Per tale azione, è auspicabile inserire del verde nelle zone maggiormente urbanizzate in quanto mitigatore dell'effetto noto come Isola di calore.

La sensibile riduzione dei picchi di temperatura negli ambienti circostanti, e la diminuzione di giornate con massimi termici, porta vantaggi non solo in piccola scala (singolo edificio), ma anche a livelli più estesi, migliorando il benessere ambientale di vaste aree geografiche.

Di ulteriore importanza sono le coperture a verde nella ricreazione dei moti convettivi. La presenza di aree verdi, specie se di sufficienti dimensioni, favorisce infatti il movimento d'aria contribuendo a facilitare il rimescolamento delle masse d'aria contrastando la loro sedimentazione al di sopra delle aree urbane che porterebbe a conseguenze ormai note sul deposito degli inquinanti.

2.1.2 Isolamento termico degli edifici

Il settore abitativo riveste un ruolo sostanziale nell'ambito delle emissioni nell'atmosfera di gas ad effetto serra. Negli ultimi anni, inoltre, si assiste ad un continuo incremento nell'utilizzo di energia per la climatizzazione estiva. Gli strumenti legislativi volti a regolamentare le emissioni di gas causate da riscaldamento invernale e del climatizzatore estivo non sono ancora adeguate.

È proprio in questo ambito che il verde pensile potrebbe rappresentare un'importante tecnica volta a riequilibrare la dispersione termica degli edifici. Gli studi in materia sono ancora in via di approfondimento e nuove ricerche sull'argomento sono necessarie per fornire dati più precisi di quelli reperibili attualmente.

In ogni caso, le coperture a verde riescono ad influire sul comportamento termico dell'edificio attraverso due meccanismi: l'aumento dell'albedo e l'incremento di evaporazione dell'acqua. Un tetto inerbato assorbe 4/5 dell'energia che verrebbe assorbita da un tetto tradizionale possedendo un'albedo pari a 0,23 rispetto a quello del cemento corrispondente invece a 0,1. Da ciò deriva che la quota di energia solare riflessa aumenta garantendo una minor quantità di radiazione assorbita e di conseguenza un inferiore surriscaldamento dell'edificio stesso.

L'altro meccanismo col quale la vegetazione contribuisce al bilancio energetico dell'edificio è il processo evapotraspirativo. Il raffreddamento dovuto al passaggio di stato dell'acqua può dissipare una cospicua quantità di energia accumulata nei mesi estivi migliorando la capacità refrigerante del sistema sul bilancio termico dell'edificio. L'effetto refrigerante dell'evapotraspirazione avviene a livello delle superfici fogliari dove fisicamente avviene il passaggio di stato. Il raffreddamento sottostante è quindi da attribuire ad un mancato raffreddamento del sistema stesso.

Anche nella stagione invernale la vegetazione sui tetti sembra portare effetti positivi nel campo della coibentazione termica. All'interno dello strato di vegetazione del tetto verde, si crea un volume ricco di spazi vuoti con aria immobile la cui capacità termo-isolante aumenta ad un valore

tra il 30 ed il 70%. La variabilità è determinata dalle caratteristiche morfo-fisiologiche delle piante. Una scelta rigorosa delle specie da insediare porta quantomeno a migliorare le prestazioni della copertura a verde pensile in termini di coibentazione invernale dell'edificio. Ciò dimostra come i giardini pensili possono rappresentare un fattore di climatizzazione aggiuntivo sulle coperture da tenere in considerazione.

2.1.3 Gestione delle acque meteoriche

Questo importante aspetto e vantaggio conseguente all'installazione di una copertura a verde, merita una trattazione più approfondita.

L'eccessiva impermeabilizzazione dei suoli e dei tetti ha conseguenze negative sugli equilibri naturali ed in particolare su quelli idrici. Nelle zone più densamente popolate, la percentuale di superfici sigillate (edifici, strade, parcheggi, piazze, centri commerciali) raggiunge livelli elevatissimi, raggiungendo persino il 95%, con gravi conseguenze sul deflusso delle acque piovane. L'acqua meteorica, quindi, non viene più smaltita attraverso un naturale processo di infiltrazione e percolazione profonda andando ad alimentare le falde, ma va rapidamente a confluire nelle reti di drenaggio urbane provocando molto spesso dei sovraccarichi e degli squilibri idrici. Recenti studi condotti dall'Agenzia di Protezione Ambientale degli Stati Uniti, hanno dimostrato che un'area urbana produce un deflusso superficiale delle acque piovane, di più di cinque volte superiore a quello prodotto da un lotto boschivo di analoghe dimensioni.

Il verde pensile entra in gioco trattenendo una certa quota delle precipitazioni, rallentandone il deflusso verso i sistemi di smaltimento e restituendone all'ambiente una parte per evapotraspirazione. La capacità più o meno elevata nella regimazione delle acque, dipende dalle caratteristiche del verde pensile adottato soprattutto per quel che riguarda le caratteristiche e lo spessore del substrato e dello strato drenante (Tab. 2.1). Il verde pensile quindi, influisce non solo sulla regimazione idrica, ma consente anche di mitigare il microclima ed incrementare il benessere ambientale.

La capacità del verde pensile di regimare le acque meteoriche viene misurata attraverso l'applicazione del "coefficiente di deflusso" indicato con la lettera greca ψ (psi). Questo coefficiente rappresenta il rapporto tra l'acqua piovana rilasciata e quella che invece viene captata in un dato intervallo temporale.

- varia da 0 a 1. Una superficie asfaltata ha un indice di deflusso pari a 0,85-0,90; il che significa che l'85-90% dell'acqua viene allontanata e ne viene trattenuta una quota molto ridotta. A coefficiente tendente a valori prossimi a 0 corrispondono superfici dai connotati maggiormente naturali per le quali è elevata la quantità di acqua trattenuta.

La capacità di un suolo di riuscire a trattenere o rilasciare l'acqua meteorica, dipende dalle proprietà proprie della superficie in esame, dall'intensità e distribuzione dell'evento piovoso e in più vasta scala, dalle caratteristiche climatiche dell'area nella quale la superficie è situata. Tenendo in considerazione valori medi di piovosità, il coefficiente di deflusso tenderà a diminuire con piogge intense e concentrate, mentre tenderà ad aumentare con piogge distribuite più regolarmente e di intensità inferiore (Abram P., 2006).

Tabella 2.1 Relazione tra spessore della stratificazione e trattenuta idrica
(Fonte: Normativa UNI 11235, 2007)

Spessore stratificazione (S) [cm]	Coefficiente di deflusso (•) Inclinazione copertura < 15°	Coefficiente di deflusso (•) Inclinazione copertura > 15°
8 < S < 15	0,4	0,5
15 < S < 25	0,3	-
25 < S < 50	0,2	-
S > 50	0,1	-

I diversi campi di applicazione, attribuiscono ad ogni superficie, un coefficiente di deflusso caratteristico: il coefficiente di deflusso specifico caratterizza ciascuna tipologia di superficie e viene misurato in condizioni standard (Tab. 2.2 e 2.3). Il coefficiente di deflusso medio annuo, invece, rappresenta la capacità di regimazione media sull'intero arco annuale in relazione alle caratteristiche climatiche del sito con particolare riferimento ai regimi udometrici propri di quella specifica area.

Tabella 2.2 Coefficienti di deflusso • per diverse tipologie di superficie.
(Fonte: Abram P., Verde pensile in Italia e in Europa, 2006)

Tipo di superficie o copertura	Coefficiente di deflusso •
Tetti inclinazione > 3°	0,90 - 1,00
Tetti con inclinazione < 3°	0,80
Tetti con zavoratura in ghiaia	0,70
Superfici con piastre	0,70
Superfici di impianti sportivi con drenaggi	
- in materiali sintetici, tappeto verde sintetico	0,60
- in terra	0,40
- prato	0,30
Asfalto o piastre con fuga sigillata	0,85 - 0,90
Piastre o cubetti in porfido o altra pietra a fuga sigillata	0,75 - 0,85
Strade e piazzali con cubetti a fuga non sigillata	0,30 - 0,70
Strade e parcheggi con sottofondo in macadam	0,25 - 0,60
Strade e parcheggi con sottofondo in ghiaia	0,15 - 0,30
Superfici in terra (cortili)	0,10 - 0,20
Giardini, aree verdi e orti	0,00 - 0,10

Tabella 2.3 Coefficienti di deflusso • di coperture a verde pensile in funzione dello spessore e dell'inclinazione.
 Da evidenziare come le stratificazioni con spessori inferiori ad 8 cm non siano in linea con le direttive dalla Normativa UNI 11235 del 2007. A livello italiano, infatti, gli spessori così ridotti non sono considerati a norma.
 (Fonte: Abram P., Verde pensile in Italia e in Europa, 2006)

Spessore stratificazione (cm)	Inclinazione fino a 15° (°)	Inclinazione superiore a 15° (°)
> 50	0,1	-
25 - 50	0,2	-
15 - 25	0,3	-
10 - 15	0,4	0,5
6 - 10	0,5	0,6
4 - 6	0,6	0,7
2 - 4	0,7	0,8

La vegetazione di una copertura a verde, dunque, è in grado di assorbire e trattenere una certa quota di acqua piovana, dilatare i tempi con i quali la pioggia confluisce nei sistemi di drenaggio e diminuire la portata a carico della rete idrica. Grazie a queste prestazioni, il verde pensile trova applicazione come valido strumento per la compensazione delle superfici sigillate e contribuisce sensibilmente al riassetto idrogeologico del territorio.

2.1.4 Influenza sulla longevità degli stratificazioni d'impermeabilizzazione

Gli elementi di tenuta bituminosa e sintetici di diversi tipo, possono raggiungere in estate temperature di superficie sino agli 80°C, di notte possono raffreddarsi sino a -20°C. Le escursioni termiche nel corso dell'anno possono raggiungere anche i 100°C. I tetti verdi, fanno registrare invece delta termici più contenuti, con un massimo estivo di 25°C ed un minimo invernale di soli -10°C, riducendo così l'escursione termica annuale a soli 35°C e quella giornaliera a 10°C (Martini F. et al., 2005).

Questo, oltre a tradursi in una riduzione della dispersione del calore, è associabile ad un effetto di protezione degli strati sottostanti agli sbalzi termici (Fig. 2.1). La copertura a verde, infatti, protegge e tutela l'impermeabilizzazione in modo molto efficace e ne prolunga notevolmente la vita media.

Le superfici non protette, sono esposte a tutti i fattori climatici ed ambientali che ne determinano un rapido deterioramento: vento, pioggia, neve, grandine e raggi ultravioletti agiscono accelerando la velocità con la quale il materiale va incontro a processi degradativi.

Le oscillazioni termiche, l'alternanza di periodi secchi e umidi, gli sbalzi termici, oltre a provocare delle variazioni dimensionali dei materiali, sono tra le più importanti cause di rapido invecchiamento degli strati di impermeabilizzazione.

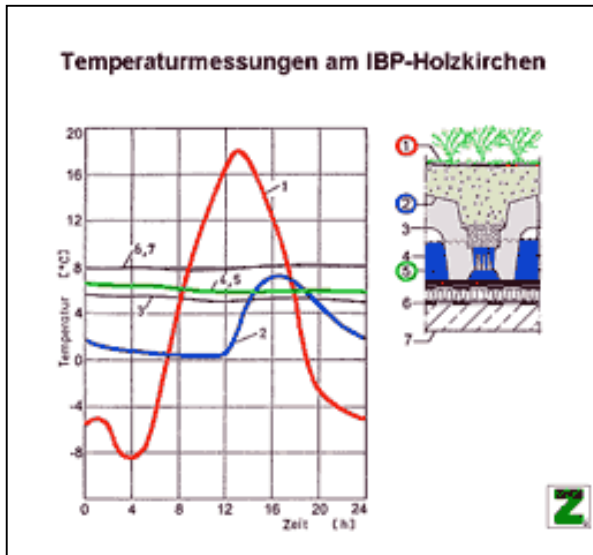


Figura 2.1 Nel grafico sono riportate le temperature rilevate a diverse profondità in una stratificazione a verde pensile. La curva n.1 (rossa) riguarda le temperature rilevate a livello della vegetazione. La curva n.2 (blu) rileva le temperature tra lo strato drenante e il substrato culturale. La curva n.3 (verde) è riferita, invece, alle temperature misurate a livello dello strato di impermeabilizzazione. L'osservazione di quest'ultima curva mette in evidenza come le variazioni delle temperature, a questo livello, si mantengano grossomodo costanti. Questa limitazione degli sbalzi termici è determinata dall'azione protettiva garantita dalla copertura a verde, prolungando in tal modo la durata delle stratificazioni di impermeabilizzazione.³

L'impiego economico iniziale per la sistemazione di una copertura a verde, è maggiore rispetto a quello richiesto per una copertura tradizionale ma, tenendo in considerazione che la vita media dell'elemento di tenuta aumenta di molto⁴, intuitivo è derivarne il vantaggio economico dato dalla preferenza d'impianto di una copertura pensile.

Sotto sono riportati degli esempi di come il valore della temperatura subisca notevoli variazioni a seconda del materiale preso in esame. Si noti come i valori riguardanti superfici rivestite di una copertura vegetale siano notevolmente inferiori rispetto agli altri esempi.

TEMPERATURE ESTIVE DI DIVERSI TIPI DI MATERIALI IN COPERTURA

(Fonte: Abram P., Verde pensile in Italia e in Europa, 2006)

- Impermeabilizzazione di color nero: 78°C
- Zavorramento in ghiaia chiaro, 5 cm di spessore, in superficie: 49°C
- Zavorramento in ghiaia chiaro, 5 cm di spessore, intradosso: 42°C
- Superficie a verde pensile (estensivo, temperatura misurato sotto alla vegetazione di erbacee perenni): 28°C
- Copertura a verde pensile, temperatura dell'impermeabilizzazione sotto ad una stratificazione di 12 cm: 24°C

2.1.5 Fissaggio delle polveri

Il verde pensile può contribuire ad abbattere le polveri. Questo meccanismo si basa sulla presenza di un sottile strato di aria satura che si forma al di sopra della superficie fogliare delle piante. La polvere o gli inquinanti, entrando a contatto con questo strato e inumidendosi, rimangono sulla superficie fogliare.

³ Fonte: Seic® verde pensile

⁴ Nella prassi si è soliti considerare un raddoppiamento della vita media.

La creazione di coperture a verdi contribuisce sicuramente alla diminuzione degli inquinanti circolanti (CO₂, NO₂, O₃, PM10, SO₂). Sulle superfici inerti, d'estate si raggiungono elevate temperature che causano, a scala più o meno grande ed in dipendenza con le superfici coinvolte, moti convettivi localizzati che contribuiscono a disperdere nell'ambiente le polveri accumulate. Questo fenomeno, in presenza di una qualsiasi copertura a verde non avviene, sia perché le temperature superficiali risultano sempre molto contenute rispetto alle superfici inerti, sia per l'effetto frenante e di abbattimento della vegetazione (Abram P., 2006).

2.1.6 Influenza sulla trasmissione e riflessione del suono

Le superfici eterogenee delle coperture a verde pensile, costituite da materiali dalle spiccate capacità assorbenti nei confronti del disturbo acustico e dalla capacità abbattente la riflessione del rumore verso l'esterno, si contrappongono alle superfici lisce e rigide delle tradizionali coperture edili. Queste ultime, infatti, riflettono il rumore di origine esterna e non offrono sufficiente isolamento nella trasmissione del rumore all'interno dell'edificio: l'esatta antitesi con quanto succede nelle strutture a verde pensile.

Prove effettuate, indicano che la riduzione dell'inquinamento acustico si manifesta a buoni livelli con segnali di frequenza pari o superiori a 600HZ, e che, all'aumentare della frequenza del segnale, l'assorbimento è direttamente proporzionale allo spessore della biomassa. Pertanto, per avere valori di fonoassorbenza stabili, bisogna prediligere specie vegetali che assicurano uno spessore costante nel tempo.

Il verde pensile rappresenta quindi, un utile strumento nella riduzione dell'inquinamento acustico diminuendo la trasmissione del suono all'interno dell'edificio e riducendone anche la riflessione all'esterno. Anche in questo caso, dunque, le coperture a verdi rivestono un ruolo significativo nel miglioramento del benessere ambientale interno all'edificio, abbattendo il rumore diretto e di fondo caratteristico del contesto urbano. Non a caso, frequente è l'utilizzo di coperture a verde in prossimità di aeroporti o insediamenti dalle spiccate produzioni sonore.

2.1.7 Assorbimento radiazioni elettromagnetiche e miglioramento delle prestazioni dei pannelli fotovoltaici

Il prof. Gernot Minke dell'Università di Kassel (Germania), ha condotto una ricerca sulle onde ad alta frequenza all'Università di Monaco per verificare la capacità del verde pensile di schermare le emissioni di onde radio ad alta frequenza. È emerso un interessante risultato: una copertura a verde realizzata utilizzando uno spessore di substrato di 15 cm (equiparabile ad un intensivo

leggero) è in grado di ridurre il campo delle onde elettromagnetiche comprese tra 1,8 e 1,9 GHz del 99,4%. Nel campo delle onde elettromagnetiche per le frequenze UMTS (cellulari di nuova generazione) la riduzione è risultata ancora maggiore nel campo compreso tra 1,92 e 2,17 GHz. Per il campo delle onde amatoriali di 4 GHz la riduzione ha raggiunto la percentuale del 99,9999%. Per poter effettuare un confronto, basta ricordare che una normale copertura in tegole riduce il campo delle onde elettromagnetiche solo per il 50% (Abram P., 2006).

Un ulteriore aspetto qualificante dei tetti pensili è rappresentato dall'aumento della resa dei pannelli fotovoltaici se collocati su di una copertura a verde. Ciò è determinato dall'effetto di mitigazione climatica che una copertura a verde riesce a garantire: sulla sua superficie, infatti, le temperature massime si aggirano intorno ai 35°C. Differenti sono le temperature raggiunte su una copertura nuda: si tratta di valori compresi tra 70 e 80°C. Con il verde pensile il rendimento dei pannelli fotovoltaici si avvicina maggiormente al rendimento specifico, che viene misurato ad una temperatura d'esercizio standard di 25°, con minori perdite.

2.1.8 Riduzione dell'impatto ambientale

Le coperture a verde possono essere sfruttate come strumento per risolvere alcune problematiche legate all'impatto ambientale. Una copertura a verde, infatti, riesce a mascherare in parte l'elemento antropico, inserendolo in misura più o meno maggiore, nel contesto ambientale.

Se poi si ricorre all'utilizzo di specie spontanee, si valorizza l'intervento di rinverdimento e i tetti verdi assumono a questo punto, una significativa valenza come biotopi perfettamente inseriti in un ambito urbano più ricco, vario e salubre (Martini F. et al., 2005).

2.1.9 Fruizione di nuovi spazi ed aumento del valore degli immobili

Il verde pensile recupera superfici normalmente non utilizzate, rendendole fruibili ed utilizzabili per scopi ed attività differenti.

La presenza di una copertura a verde può comportare, oltre tutto, un aumento del valore dell'immobile su cui staziona, in quanto riqualifica la superficie stessa. Tenendo in considerazione inoltre, che l'attenzione si sta sempre più rivolgendo verso la costruzione di edifici energeticamente ecocompatibili, intuibile è come il verde pensile occuperà un ruolo importante in questo contesto.

2.1.10 Incremento della biodiversità ed azione compensativa

Il verde pensile è riconosciuto come strumento per la compensazione delle superfici naturali sottratte a causa dell'edificazione (Abram P., 2006). Con le numerose specie che vengono utilizzate per realizzare le coperture a verde, non solo si aumenta la quota di biodiversità ma si incrementa l'eterogeneità e qualità del paesaggio con un conseguente miglioramento della vivibilità nelle aree cittadine.

L'inserimento del verde pensile, oltre a riqualificare la percezione visiva del paesaggio, permette di ricostruire anche in ambiente urbano, delle unità per la fauna locale o di passaggio. Le leggi sulla protezione della natura, infatti, considerano il verde pensile uno strumento adatto a proteggere la biodiversità nel suo complesso. Per ciò che concerne le specie animali, infatti, contribuisce alla connettività delle reti ecologiche in quanto crea dei corridoi naturali che consentono un facile spostamento tra singole unità di paesaggio.

3. LE TIPOLOGIE DI COPERTURA A VERDE

Secondo il DPR del 02.04.2009 (Art.2, Comma 5): “Per coperture a verde si intendono le coperture dotate di un sistema che utilizza specie vegetali in grado di adattarsi e svilupparsi nelle condizioni ambientali caratteristiche della copertura di un edificio. Tali coperture sono realizzate tramite un sistema strutturale che prevede in particolare uno strato colturale opportuno sul quale radicano associazioni di specie vegetali, con minimi di interventi di manutenzione nelle coperture a verde pensile estensivo, o con interventi di manutenzione media e alta in coperture a verde pensile intensivo”.

La descrizione delle coperture a verde è indubbiamente molto generica. Con più precisione, si possono definire “coperture a verde pensile, le realizzazioni eseguite su una superficie non a contatto col suolo naturale e posta al di sopra di un’opera o fabbricato, nelle quali le diverse stratificazioni, vegetazione, substrato, strato filtrante e drenante, strati di protezione, sono collocati sull’elemento di tenuta e isolamento termico (se esistente) formando insieme con questi un unico sistema, sia dal punto di vista funzionale che progettuale” (Abram P., 2006).

La classificazione del verde pensile, ha ragione d’essere, in quanto le due soluzioni principali proposte, hanno caratteristiche d’uso, di gestione e di campi d’impiego differenti. Le peculiarità di ciascuna sistemazione, si riferiscono sostanzialmente al diverso livelli di gestione e manutenzione richiesto e non agli spessori o al tipo di vegetazione utilizzati.

La suddivisione viene fatta tra coperture a verde pensile estensivo e coperture a verde pensile intensivo.

3.1 VERDE ESTENSIVO

Il verde pensile estensivo è un sistema economico e semplice per coperture piane o inclinate di elevate dimensioni, prevalentemente installate su capannoni ed edifici industriali o commerciali in sostituzione delle tradizionali coperture con zavoratura in ghiaia o altri materiali inerti.

È realizzata in modo che, a regime, il livello di manutenzione sia molto contenuto e richieda non più di uno o due interventi annuali. L’inverdimento pensile estensivo, è strutturato in modo tale che l’approvvigionamento idrico e degli elementi nutritivi avvenga attraverso processi naturali e non necessiti in tal modo dell’intervento antropico.

Lo spessore del substrato difficilmente supera i 15 cm ma più comunemente si aggira attorno agli 8-10 cm circa ed aumenta mano a mano che ci si sposta verso le regioni meridionali in quanto superiore la necessità di provvedere ad un maggiore accumulo idrico di riserva. Il substrato utilizzato è costituito prevalentemente da componenti minerali.

Il peso delle stratificazioni è compreso tra i 75 e i 150 kg/m² in massima saturazione idrica.⁵

Le specie maggiormente utilizzate sono quelle appartenenti al genere *Sedum* con una densità d'impianto per le talee di 50 talee/m² all'estero e 80-100 talee/m² nel contesto climatico italiano il quale, per via dei frequenti periodi siccitosi, necessita di una densità d'impianto superiore, anche per ovviare, in parte, al problema della concorrenza delle infestanti. Tali specie si prestano particolarmente bene, in quanto dotate di notevole resistenza alla siccità, al freddo e al vento, con buona capacità di autopropagazione e autorigenerazione. Nonostante sia questo il genere di piante di più largo impiego, sono frequenti anche le consociazioni con altre specie che offrono ugualmente ottime prestazioni (Fig. 3.1 e 3.2). Le erbacee perenni hanno in genere una densità d'impianto minima di 12-25 piante/m² (Tab. 3.1 e 3.2), se fornite in contenitore o microzolla.

Tabella 3.1 Varietà di *Sedum* correntemente impiegate negli inverdimenti estensivi.

(Fonte: Abram P., Giardini pensili, 2004)

Varietà	Altezza	Colore	Periodo di fioritura
<i>Sedum album</i>	5-10	Bianco	6-8
<i>Sedum caudicolum</i>	10-15	Rosso	8-9
<i>Sedum floriferum</i> 'Weihenstephaner Gold'	10-15	Giallo oro	5-6
<i>Sedum hybridum</i> 'Immergrunchen'	10-15	Giallo	6-8
<i>Sedum reflexum</i>	10-15	Giallo	6-7
<i>Sedum sexangulare</i>	5-10	Giallo	6-7
<i>Sedum spurium</i>	10-15	Rosso/bianco	7-8

Tabella 3.2 Varietà di erbacee perenni impiegate negli inverdimenti estensivi.

(Fonte: Abram P., Giardini pensili, 2004)

Specie	Altezza	Colore	Periodo di fioritura
<i>Achillea millefolium</i>	40	Bianco	6-9
<i>Allium schoenoprasum</i>	20-40	Viola	6-8
<i>Anthemis tinctoria</i>	30-40	Giallo	6-9
<i>Bromus erectus</i>	30-40	Verde	6-10
<i>Bromus tectorum</i>	30-60	Verde	6-9
<i>Campanula carpatica</i>	15-20	Blu chiaro	6-8
<i>Carex flacca</i>	10-25	Marrone	5-6
<i>Centaurea cyanus</i>	30-50	Blu	6-10
<i>Dianthus carthusianorum</i>	40	Rosso	6-9
<i>Dianthus deltoides</i>	20-25	Rosso	6-9
<i>Dianthus plumarius</i>	25-30	Rosa/bianco	5-6
<i>Echium vulgare</i>	30-40	Blu	6-9
<i>Festuca amethystina</i>	25-40	Grigio blu	6-8
<i>Festuca ovina</i>	20-25	Grigio blu	7-7
<i>Festuca rubra</i>	20-50	Grigio	6-8
<i>Fragaria vesca</i>	20	Bianco	4-6
<i>Geranium macrorrhizum</i>	20-30	Rosa/rosso	4-5

⁵ Informazioni sui costi indicativi delle coperture a verde estensivo ed intensivo, sono reperibili consultando il sito ufficiale dell' AIVEP – Associazione italiana verde pensile – www.aivep.org.

<i>Hieracium aurantiacum</i>	10-30	Arancio	6-9
<i>Hieracium pilo sella</i>	10-15	Giallo	5-10
<i>Koeleria glauca</i>	20-30	Azzurro/blu	6-7
<i>Lavandola angustifolia</i>	40-60	viola	6-7
<i>Linaria vulgaris</i>	20-60	Giallo	6-10
<i>Origanum vulgare</i>	30-40	Rosso/rosa	7-9
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	10-20	Bianco	6-9
<i>Potentilla verna</i>	5-10	Giallo	3-4
<i>Prunella grandiflora</i>	10-15	Viola	6-8
<i>Salvia pratensis</i>	50	Viola	6-7
<i>Sangisorba minor</i>	60-80	Rosa	7-9
<i>Saponaria ocyroides</i>	15-20	Rosa	5-7
<i>Satureia montana</i>	30-40	Bianco lilla	8-9
<i>Sempervivum 'ibridi'</i>	10-20	Rosso/rosa	7-8
<i>Teucrium chamaedrys</i>	10-20	Porpora	7-8
<i>Thymus pulegioides</i>	5-30	Porpora	6-10
<i>Thymus serpyllum</i>	5	Violetto	5-9
<i>Thymus vulgaris</i>	20-30	Lilla chiaro	7-9
<i>Verbascum phoeniceum</i>	30-50	Viola	5-6
<i>Waldsteinia ternata</i>	10-15	Giallo	4-5

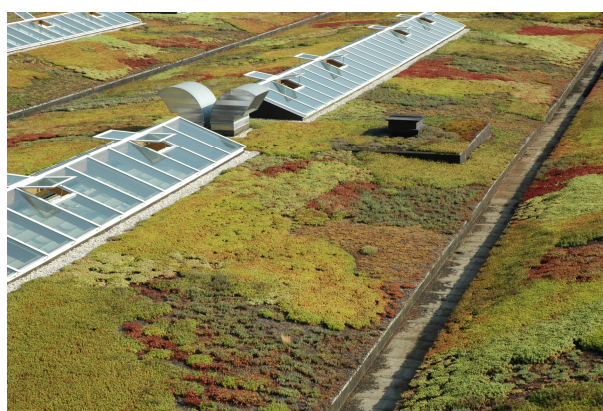


Figura 3.1 e 3.2 Esempio di copertura a verde pensile estensivo sopra lo stabilimento della distilleria ‘Marzadro Grappe’ con sede a Nogaredo in Provincia di Trento. Nella figura a sinistra si può osservare la copertura a verde pensile dall’alto e notare come tale sistema a verde sia ad impatto visivo ridotto rispetto all’ambiente circostante. Nella figura a destra un particolare del verde estensivo utilizzato su tale copertura.

3.2 VERDE INTENSIVO

Il passaggio da verde pensile estensivo a quello intensivo, consente di utilizzare una varietà molto più ampia di piante. Conseguenza di questa scelta è l’aumento della richiesta di manutenzione che si incrementa in misura più o meno maggiore a seconda dell’utilizzo e del tipo di progettazione (Fig. 3.3, 3.4).

Lo spessore del substrato è normalmente superiore ai 15 cm ma non supera i 40-60 cm; talvolta però, può superare il metro secondo la scelta della vegetazione arborea utilizzata. Il substrato

impiegato, è costituito da una miscela bilanciata di elementi minerali e materiale organico in modo da garantire un apporto di sostanze sufficienti per un corretto sviluppo dei vegetali.

Il peso delle stratificazioni è superiore ai 150 kg/m^2 in massima saturazione idrica.



Figura 3.3 e 3.4 Esempi di coperture a verde pensile intensivo

4. TIPOLOGIE DI STRATIFICAZIONI

Le principali tipologie di stratificazione si riconducono a quattro schemi:

- monostrato minerale;
- doppio strato con pacciamatura organica;
- triplo strato con drenaggio sfuso minerale;
- triplo strato con drenaggio in pannelli preformati.

I primi due sistemi non vengono menzionati nella Normativa UNI 11235 e non possono trovare applicazione a livello italiano in quanto non in regola soprattutto per questioni di adattamento climatico. Questi sistemi hanno trovato oltremodo, largo impiego soprattutto all'estero, per via del loro costo contenuto e per la semplicità di realizzazione. Le altre due tipologie di stratificazione vengono ampiamente considerate nella Normativa di settore vigente in Italia e sono in grado di fornire prestazioni migliori rispetto ai primi due sistemi con risultati ottimali.

4.1 INVERDIMENTI MONOSTRATO

Questo sistema prevede unicamente che si distenda oltre l'impermeabilizzazione, uno strato di protezione meccanica ed il substrato colturale di 3-8 cm. L'impiego è limitato agli inverdimenti estensivi a basso peso e costo contenuto che preveda da progetto, l'impianto unicamente di specie del genere *Sedum* in quanto uniche piante in grado di sopportare un sistema che non fornisce condizioni idriche, termiche e nutrizionali adeguate allo sviluppo della vegetazione. Nel periodo invernale, infatti, si incorre in frequenti situazioni di ristagno idrico dovuto all'insufficiente capacità drenante. Nel periodo estivo, al contrario, siccità e surriscaldamento del substrato mettono in crisi il sistema radicale dei vegetali.

4.2 INVERDIMENTO A DUE STRATI

Sistema che si differenzia dal precedente unicamente per la stesura, al di sopra dello substrato inerte, di un sottile strato di materiale organico (1-2 cm) costituito normalmente da residui vegetali compostati. Rappresenta una soluzione più efficiente rispetto al sistema monostrato ma non di certo abbastanza efficiente.

4.3 INVERDIMENTO A TRE STRATI CON DRENAGGIO IN MATERIALE SFUSO

Questa tecnica, e quella che segue, sono quelle che attualmente forniscono le prestazioni migliori. Gli strati funzionali caratteristici sono tre:⁶

- strato drenante in materiale sfuso;
- strato filtrante;
- substrato di vegetazione.

4.4 INVERDIMENTO A TRE STRATI CON DRENAGGIO IN PANNELLI PREFORMATI

Si differenzia dal sistema precedente per via dell'utilizzo, come strato drenante, di pannelli preformati in sostituzione al materiale sfuso.

- strato drenante in pannelli;
- strato filtrante;
- substrato di vegetazione.

⁶ Gli strati funzionali verranno descritti dettagliatamente nei paragrafi che seguono.

5. ELEMENTI FUNZIONALI NELLE STATIFICAZIONI A VERDE PENSILE

Volendo ottenere da una copertura a verde, le massime prestazioni, non solo estetiche ma anche funzionali, bisogna eseguire un dettagliato e preciso lavoro di installazione della struttura stessa.

Il Codice di Pratica UNI 11235 del 2007, fornisce un'indicazione precisa degli elementi e stratificazioni che compongono il sottostante sistema edilizio di una copertura a verde. La Normativa li raggruppa in tre categorie:

- elementi o strati primari;
- strati secondari e impianti complementari;
- elementi accessori.

Gli elementi primari sono sempre presenti nel sistema e la mancanza di uno di essi compromette l'efficienza dell'intero sistema. Essi sono:

- elemento portante;
- elemento di tenuta (impermeabilizzazione);
- elemento di protezione dall'azione delle radici (strato antiradice);
- elemento di protezione meccanica;
- elemento drenante;
- elemento di accumulo idrico (se presente può risultare integrato con l'elemento drenante);
- elemento filtrante;
- strato colturale (substrato);
- strato di vegetazione.

Ogni strato possiede una precisa funzione e contribuisce al funzionamento complessivo della struttura.

Per gli elementi secondari e impianti complementari non è sempre necessaria la loro presenza, in funzione delle caratteristiche della copertura. Sono costituiti da:

- strato di barriera al vapore;
- strato di schermo al vapore;
- strato termoisolante;
- strato di pendenza;
- strato di regolarizzazione;
- strato di imprimitura;
- strato di continuità;
- strato di diffusione e/o equalizzazione delle pressioni di vapore;

- strato di irrigidimento o di ripartizione dei carichi;
- strato di separazione e/o scorrimento;
- strato di protezione;
- strato di zavorramento;
- strato antierosione;
- impianto di irrigazione.

Strato drenante, filtrante e substrato sono gli unici elementi che, a differenza di tutti gli altri, sono propri di una copertura a verde pensile. Gli altri strati, ad eccezione della vegetazione, fanno sempre parte della copertura.⁷

5.1 ELEMENTI DELLA STRATIFICAZIONE

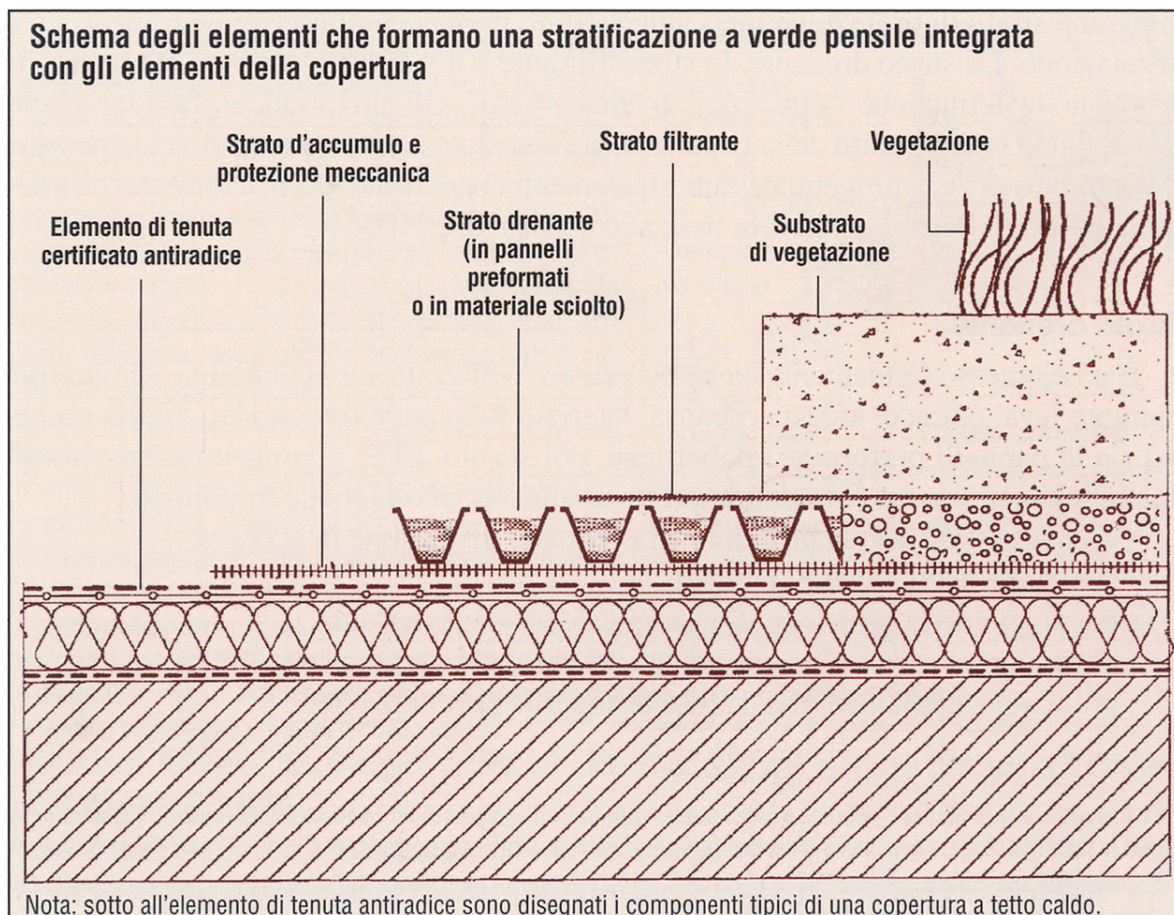


Figura 5.1 Schema delle componenti di stratificazione di una copertura a verde pensile
(Fonte: Abram P., Verde pensile in Italia e in Europa, 2006)

⁷ Fonte: Normativa UNI 11235 “Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde”, 2007.

5.1.1 Elemento portante

Un breve appunto su questo strato è necessario più che altro per sottolineare come l'elemento portante, debba essere idoneo, ossia in grado di sorreggere il peso della copertura a verde pensile. Ci si riferisce in particolare, al peso dello strato culturale, a quello della vegetazione ma soprattutto a quello derivante dall'esercizio che sarà svolto. La tabella (Tab. 5.1) mette in luce come a tipologie differenti di vegetazione, corrispondano pesi differenti.

Tabella 5.1 Peso di diverse tipologia di vegetazione⁸
(Fonte: Abram P., Verde pensile in Italia e in Europa, 2006)

Inverdimento estensivo

Tipo di vegetazione	Peso indicativo della vegetazione senza substrato (kg/m ²)
<i>Sedum</i>	10
<i>Sedum</i> , erbacee perenni	10
Associazioni a prato arido	10
Associazioni a prato magro complesse	15
Erbacee perenni, piccoli arbusti	15
Erbacee perenni, piccoli cespugli fino a 1,5 m di altezza	20

Inverdimento intensivo

Tipo di vegetazione	Peso indicativo della vegetazione senza substrato (kg/m ²)
Tappeti erbosi	5
Piccoli perenni e arbusti	10
Erbacee perenni e cespugli fino a 1,5 m di altezza	20
Cespugli fino a 3 m di altezza	30
Grandi cespugli fino a 6 m di altezza	40
Piccoli alberi fino a 10 m di altezza	60
Alberi fino a 15 m di altezza	150

5.1.2 Elemento di tenuta

L'elemento di tenuta, come componente primario nella stratificazione a verde pensile, deve avere caratteristiche tali da assicurare le massime prestazioni dal sistema. Tali requisiti sono valutati e certificati con metodi di prova che ne garantiscono l'idoneità.

Le caratteristiche di tale strato possono essere elencate come segue⁹:

⁸ Il valore dei pesi della vegetazione è da considerarsi assolutamente indicativo e deve essere determinato caso per caso.

⁹ Fonte: Normativa UNI 11235 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde", 2007.

- Elevata stabilità dimensionale: fondamentale nella fase di applicazione del manto impermeabile. Nel periodo che intercorre la messa a dimora della copertura a verde, l'elemento di tenuta può essere soggetto ad alte temperature ed elevate escursioni termiche. Durante questa fase, il manto non deve muoversi dalla sua posizione originaria di posa, riducendo così al minimo il rischio di danneggiamento meccanico (Norme di riferimento: UNI EN 1107-1, UNI EN 1107-2).
- Resistenza al carico statico: importante per verificare che il manto resista, con adeguato margine di sicurezza, ai carichi (permanenti ed accidentali) previsti superiormente (Norme di riferimento: UNI EN 12730).
- Elevata piegabilità a basse temperature (Norme di riferimento: UNI EN 495-5, EN 1109).
- Tenuta all'acqua (Norme di riferimento: UNI EN 1928).
- Resistenza alla penetrazione delle radici.¹⁰
- Invecchiamento artificiale: l'elemento di tenuta deve mantenere elevate prestazioni nel tempo anche se esposto a lungo termine ad elevate temperature (Norme di riferimento: UNI EN 1296).
- Resistenza ai microrganismi: caratteristica importante in quanto il manto può venire a contatto con microrganismi presenti nel terreno (Norme di riferimento: UNI EN ISO 846).

5.1.3 Strato antiradice (integrato o meno nell'elemento di tenuta)

Lo sviluppo dell'apparato radicale non deve compromettere l'integrità e la funzionalità degli strati sottostanti ed in particolare dell'elemento di tenuta. Per prevenire eventuali danni, il progetto prevede la posa dell'elemento di protezione dall'azione radicale che, nella quasi totalità dei casi è integrato nell'elemento di tenuta stesso.

Due alternative si possono presentare: la prima è che l'elemento di tenuta sia inerte rispetto all'azione radicale, oppure che vi vengano addizionati apposite sostanze non penetrabili dalle radici. Nel primo caso il materiale in uso è il polivinilcloruro o il alternativa il poliolefine, nel secondo caso il materiale è bitume-polimero. In ogni caso, è necessario che l'elemento di protezione all'azione delle radici sia idoneo, ossia, presenti un certificato rilasciato in seguito al superamento della prova di resistenza all'azione perforante delle radici, secondo il prEN 13984 e la UNI 8202-24.¹¹

¹⁰ Fare riferimento al paragrafo che segue "Strato antiradice (integrato o meno all'elemento di tenuta)".

¹¹ Fonte: Normativa UNI 11235 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde", 2007.

Per ciò che concerne gli strati antiradice aggiuntivi, le tipologie comunemente impiegate sono manti di PVC (idonei a tutte le tipologie di inverdimento) e fogli di grandi dimensioni di PE adatto esclusivamente agli estensivi di *Sedum*.

5.1.4 Elemento di protezione meccanica

Strato da posare a tutta superficie al di sopra dell'elemento di tenuta (antiradice o integrato), ha come funzione quella di proteggere l'impermeabilizzazione sottostante da danni accidentali e sollecitazioni meccaniche.

Ulteriore funzione riguarda la separazione fisica, anche come strato di scorrimento, dell'elemento di tenuta con lo strato drenante sovrastante e l'accumulo di acqua con funzione di riserva da fornire agli apparati radicali nei momenti di stress idrico.

Un geotessile non tessuto, di peso adeguato, può assolvere alla funzione.

5.1.5 Strato drenante

Numerose sono le funzioni di tale elemento:

- drenaggio dell'acqua piovana e di eventuale irrigazione in eccesso;
- accumulo e riserva di acqua a disposizione degli apparati radicali;
- aerazione dell'apparato ipogeo per prevenire asfissia radicale;
- protezione aggiuntiva a favore delle stratificazioni sottostanti;
- elemento di supporto per le stratificazioni sovrastanti.

Le tipologie di prodotti tradizionalmente utilizzate sono geosintetici tridimensionali, aggregati sfusi granulari (lava, pomice, ardesia espansa, laterizio riciclato e frantumato) ed elementi preformati (PE, polistirolo, gomma e materiale plastico riciclato, ecc.).

Per ciò che riguarda i sistemi in materiale sfuso, come già detto, sono materiali minerali leggeri (lava, pomice, ardesia espansa, laterizio riciclato e frantumato), la cui attitudine all'accumulo idrico è data dalla capacità di ritenzione idrica dei materiali stessi.

Lo strato drenante, deve garantire l'infiltrazione verticale dell'acqua piovana e lo smaltimento orizzontale verso i sistemi di scarico. Tra lo strato filtrante e il pelo libero dell'acqua filtrata, se presente, deve esser sempre garantita un'intercapedine che funge da camera d'aria di riserva, anche in casi di massima saturazione idrica del sistema.

Su superfici piane (inclinazione di 0°), gli strati sfusi con granulometria 8-16 mm, devono avere uno spessore minimo di 15 cm che diminuisce all'aumentare dell'inclinazione, in funzione della pendenza e della larghezza del drenaggio.

Gli elementi drenanti preformati in piastre o rotoli, realizzati in materiale sintetico, polietilene, polistirolo, materiali termoisolanti ecc., a parità di spessore, posseggono capacità drenanti superiori rispetto ai materiali sfusi e pesi più contenuti.

In questi sistemi, la capacità di accumulo idrico è determinata dalla loro geometria. Il movimento dell'acqua all'interno del sistema avviene prevalentemente per diffusione e, parzialmente, per capillarità quando all'interno del volume di accumulo siano presenti materiali porosi. È sempre necessario garantire che nell'elemento di accumulo idrico vi sia almeno il 60% di aria, libera di passare da elemento drenante a strato colturale, e che fra il pelo libero dell'acqua, quando presente, e lo strato filtrante vi sia uno spessore di aria pari almeno al 30% dello spessore dello strato di accumulo idrico, con un minimo di 1 cm, al fine di evitare il deterioramento dell'apparato radicale della vegetazione (Normativa UNI 11235, 2007).

5.1.6 Strato filtrante

Il requisito richiesto all'elemento filtrante è di evitare il passaggio di particelle fini dallo strato colturale verso l'elemento drenante, al fine di mantenere nel tempo la funzionalità di quest'ultimo. Per un buon funzionamento, l'elemento filtrante deve avere una permeabilità almeno 10 volte superiore a quella dello strato colturale (Normativa UNI 11235, 2007).

L'errata scelta dello strato filtrante, rappresenta una delle cause principali di fallimento degli inverdimenti pensili (Abram P., 2004). A seguito dell'intasamento dello strato filtrante si limita la percolazione verticale dell'acqua di drenaggio e lo scambio gassoso tra strato drenante e substrato con danni da asfissia a carico dell'apparato ipogeo

I materiali comunemente utilizzati sono aggregato granulare (mediante applicazione della regola dei filtri) e geosintetico.

5.1.7 Substrato colturale

Essenziale per la vita delle piante, fornisce loro ancoraggio, nutrimento e spazio per seguire un ottimale ciclo vegetale.

La scelta della tipologia e dello spessore del substrato dipendono dalle specie che si intendono insediare, dalle caratteristiche della copertura, dal contesto climatico e dalla tecnica irrigua adottata.

Lo strato colturale, deve inoltre essere privo di semi, radici e materiale di propagazione di altre piante che determinerebbe lo sviluppo di vegetazione indesiderata. La presenza di materiali estranei, non dannosi alla vegetazione (vetro, tessuto, ecc.) deve essere minore dello 0,5% in peso e questi devono presentare diametro minore di 2 mm.¹²

Le caratteristiche principali che devono essere richieste a tale strato, ai fini della corretta funzionalità fanno riferimento a specifiche norme:

- controllo del pH, secondo la norma UNI EN 13037;
- curva granulometrica specifica;
- conducibilità elettrica, secondo la norma UNI EN 13038;
- controllo della permeabilità, secondo la norma UNI EN 1097-6;
- controllo della capacità di ritenzione idrica, secondo la norma UNI EN 13041;
- controllo della curva di ritenzione idrica, secondo la norma UNI EN 13041;
- controllo della fitotossicità secondo la Deliberazione della Giunta Regionale 16 aprile 2003, N° 7/12764 “linee guida relative alla costruzione e all’esercizio degli impianti di produzione di compost – Revoca della d.g.r. 16 luglio 1999, N° 44263 – Allegato B – Test di Fitotossicità”.¹³

I materiali normalmente impiegati nella miscela del substrato sono costituiti da materiali vulcanici (lava, pomice, ardesia espansa, laterizi riciclati provenienti da scarti di lavorazione) in percentuali variabili: si parla del 90-95% per gli estensivi e del 50-70% per gli intensivi. La rimanente porzione è costituita da materiali organici (torbe, cortecce compostate, residui vegetali compostati, fibra di cocco, ecc.) in rapporto C/N<30 per evitare scompensi nutrizionali.

Per ciò che riguarda la concimazione, essa può non essere prevista negli estensivi, mentre lo è negli intensivi utilizzando concimi minerali a lenta cessione. Sono sempre da escludere invece le concimazioni organiche.

Non si tratta dunque di un semplice terreno agrario o di riporto, ma di uno specifico substrato atto a favorire lo sviluppo di una vegetazione che deve resistere a condizioni termiche ed ambientali inusuali. A questo riguardo è bene sottolineare che le altezze del substrato variano a seconda della tipologia di verde pensile: per l’estensivo si parla di 8-10 cm di spessore mentre per gli inverdimenti intensivi, esso varia funzionalmente alla tipologia di vegetazione (Tab. 5.2).

¹² Fonte: Normativa UNI 11235 “Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde”, 2007.

¹³ Dati tratti da: Normativa UNI 11235 “Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde”, 2007.

**Tabella 5.2 Rapporto tra vegetazione e spessore del substrato:
spessori minimi dello strato culturale¹⁴**

Tipo di vegetazione	Spessore del substrato (cm)							
	8	10	15	20	30	50	80	100
<i>Sedum</i>	■							
Erbacee perenni a piccolo sviluppo		■						
Grandi erbacee perenni, piccoli arbusti tappezzanti			■					
Tappeti erbosi			■					
Arbusti di piccola taglia				■				
Arbusti di grande taglia e piccoli alberi					■			
Alberi di III grandezza						■		
Alberi di II grandezza							■	
Alberi di I grandezza								■

5.1.8 Strato di vegetazione

Lo strato di vegetazione risulta essere il risultato di una corretta progettazione e di una funzionale realizzazione. La scelta delle specie da introdurre, non deve solo rispecchiare canoni estetici derivanti da precise scelte progettuali, ma deve anche essere il risultato di un approfondito studio in riferimento al contesto climatico, ambientale e naturalmente territoriale (Fig. 5.2 e 5.3).



Figura 5.2 e 5.3 Progetto di una copertura a verde pensile estensivo con utilizzo di differenti specie di *Sedum sp.*

5.2 INVERDIMENTO DI COPERTURE INCLINATE

Le coperture a verde pensile possono essere installate fino a un limite di 45° (100% di pendenza) anche se, in pratica, non si superano i 30° (57,7%).¹⁵ Oltre i 45°, l'installazione diventa infatti antieconomica dal punto di vista dei costi di costruzione ma soprattutto di manutenzione.

¹⁴ Vedi nota n. 9.

¹⁵ Fonte: Abram P., Giardini pensili, 2004

Tutte le regole di progettazione sono valide per coperture fino ad un'inclinazione di circa 8-10°.

Oltre questi valori è necessario tener conto di ulteriori accorgimenti:

- oltre i 10° è necessario verificare le caratteristiche strutturali della trave di contenimento di testa;
- oltre i 15° è opportuno applicare sopra il substrato griglie e tessuto antierosione.
- oltre i 20° è obbligatorio inserire nella struttura portante elementi rompitratta per intercettare e frammentare la spinta di scivolamento del sistema per non gravare tutto il peso sull'elemento di contenimento di testa (Abram P., 2004).

6. PROVVEDIMENTI NORMATIVI DI COMPENSAZIONE AMBIENTALE

Per tutte le motivazioni illustrate nei paragrafi precedenti, lo sviluppo della tecnologia del verde pensile, sta prendendo lentamente piede anche in Italia.

Il riconoscimento da parte dell'amministrazione pubblica del verde pensile come strumento di mitigazione e compensazione ambientale, è un concetto ormai radicalizzato nei Paesi del Nord e Centro Europa dove, l'adozione di strumenti per incentivare la realizzazione delle coperture a verde è una situazione ormai diffusa.

Le motivazioni che portano le amministrazioni a volgere l'attenzione verso soluzioni così ecologicamente compatibili, non fanno capo unicamente agli indubbi vantaggi ambientali che ne conseguono, ma si fondano, anche, su un concreto e vantaggioso bilancio economico che le stesse traggono.

6.1 PROVVEDIMENTI EUROPEI

A livello europeo, l'esempio principale a cui fare riferimento per ciò che riguarda il campo del verde pensile è sicuramente la Germania. Rappresenta infatti il Paese con più esperienza in questo campo e con le norme più 'rodate' nel settore.

Il verde pensile è entrato subito a far parte degli strumenti legislativi nazionali come strumento di compensazione e mitigazione ambientale. È stato inoltre prescritto nei piani regolatori in modo da offrire la possibilità a molti comuni, di abbattere le spese per la costruzione o l'adeguamento delle costose reti di smaltimento delle acque meteoriche, delle canalizzazioni e dei bacini di accumulo (Abram P., 2006).

Interessante la scelta di intervenire mediante incentivazioni dirette ed indirette per promuovere l'applicazione a larga scala delle coperture a verde. Nel primo caso, si tratta di veri e propri contributi a livello comunale che vengono elargiti se le casse del comune lo permettono; in alternativa, si interviene con il c.d. "premio di superficie" che consiste nell'autorizzare la realizzazione di una maggior superficie inerte a terra, a scapito della quota prescritta di verde a terra, a patto che tale superficie venga ricreata in copertura.¹⁶ Le incentivazioni indirette, riguardano invece le riduzioni delle tasse sullo smaltimento delle acque bianche e sull'impermeabilizzazione delle superfici.

Con l'applicazione di tali strumenti, il verde pensile in Germania rappresenta oggi uno strumento realmente sostenibile. Con l'intervento attivo dell'amministrazione pubblica, i costi iniziali riescono ad essere ammortizzati nel tempo attraverso una riduzione dell'importo delle tasse e del

¹⁶ Fonte: Abram P., Verde pensile in Italia e in Europa, 2006 pag. 148-149.

minor consumo energetico; da questi vantaggi si trae un complessivo risparmio rispetto alle coperture tradizionali rendendo più facile e conveniente l'installazione di coperture a verde pensile.

6.2 PROVVEDIMENTI ITALIANI

Nonostante lo sviluppo del verde pensile negli altri Paesi (Austria, Svizzera e Germania in particolare) sia galoppante, l'estensione di tale tecnologia in Italia non è stata ancora accompagnata da un'adeguata presenza di strumenti normativi che portino ad incentivarla (Tab. 6.1). Da sottolineare la difficoltà con cui l'esperienza dei paesi nord-europei possa esser trasferita al territorio italiano vista la pronunciata aridità stagionale che coinvolge vaste regioni del nostro paese rendendo difficoltosa l'attuazione di procedure analoghe a quelle seguite nei paesi maggiormente all'avanguardia in materia di coperture a verde.

A livello di strumenti legislativi nazionali, solo il 2007 è stato per questo campo di lavoro, un anno particolarmente importante. L'entrata in vigore della norma di settore UNI 11235 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde" costituisce a tutti gli effetti un codice che rappresenta un manuale di buona pratica.

La struttura della norma riprende quella generale definita dall'UNI, tenendo conto di tutti i passi necessari per la realizzazione un comune processo edilizio. L'indice è il seguente:

1. Scopo e campo di applicazione;
2. Normativa di riferimento;
3. Termini e definizioni;
4. Agenti e requisiti;
5. Istruzioni per la progettazione;
6. Schemi funzionali e classificazione del sistema;
7. Documentazione di progetto;
8. Materiali e componenti;
9. Istruzioni per l'esecuzione e l'installazione;
10. Controlli;
11. Manutenzione.

Il codice di pratica ha definito i principali obiettivi verso cui tende una copertura a verde¹⁷ e ha riconosciuto ha tale elemento un importante ruolo nella compensazione ambientale: "capacità della copertura a verde e del sistema architettonico, intesi come un elemento ambientale complesso, di

¹⁷ Vedi capitolo n. 2.1 "Vantaggi del verde pensile".

restituire integralmente o parzialmente le valenze che il sistema ambientale originario conferiva al contesto”¹⁸.

Tabella 6.1 Strumenti normativi e di incentivazione del verde pensile
(Tratto e modificato da: Abram P., Verde pensile in Italia e in Europa, 2006)

Stato	Livello	Tipo di incentivazione o regolamentazione	Normative di settore
Germania	<ul style="list-style-type: none"> • Comunale • Regionale 	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivi diretti (circa 70 comuni) • Incentivi indiretti attraverso la riduzione delle tasse comunali sulla gestione delle acque meteoriche • Prescrizione del verde pensile attraverso strumenti legislativi 	<ul style="list-style-type: none"> • FLL – Richtlinie: Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, 2002
Austria	<ul style="list-style-type: none"> • Comunale 	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivi diretti (Linz, Vienna) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ö-Norm Juni 2002: ONR 121131 “Qualitätssicherung im Grünraum – Gründach – Richtlinien für die Planung, Ausführung und Erhaltung”
Svizzera	<ul style="list-style-type: none"> • Comunale • Cantonale 	<ul style="list-style-type: none"> • Inserimento del verde pensile in piani regolatori o incentivazione indiretta attraverso la riduzione delle tasse comunali sulla gestione delle acque meteoriche • Sovvenzioni pubbliche per specifici progetti a carattere di particolare importanza 	<ul style="list-style-type: none"> • SFG-Richtlinie 1 «Wasserhaushalt und Vegetation» • «SFG-Richtlinie 2 Labelvergabe und Ökobilanz»
Italia	<ul style="list-style-type: none"> • Nazionale • Comunale 	<ul style="list-style-type: none"> • Normativa UNI nazionale • Bolzano (Procedura R.I.E. – Riduzione dell’Impatto Edilizio) 	<ul style="list-style-type: none"> • Normativa UNI 11235 del 2007 • Procedura R.I.E. del febbraio 2004

6.3 PROVVEDIMENTI NORMATIVI LOCALI

Attualmente, in Italia, la Provincia di Bolzano è quella che più si è resa promotrice di proposte concrete per promuovere l’uso di coperture a verde pensile.

Il Consiglio Comunale di Bolzano ha infatti approvato nel febbraio del 2004 un progetto denominato “Indice R.I.E.” (Riduzione dell’Impatto Edilizio). Si tratta di un indice attraverso il quale l’ente pubblico è in grado di regolamentare l’attività edilizia alle nuove esigenze di risparmio energetico e minor impatto ambientale attraverso la certificazione della qualità dell’intervento edilizio rispetto alla permeabilità del suolo ed alle esigenze del territorio.

¹⁸ Fonte: Fiori M., Poli T., Coperture a verde pensile – Esempi di progettazione, 2008 pag. 189-190.

7. PROCEDURA DI RIDUZIONE DELL'IMPATTO EDILIZIO (R.I.E.)

Il Comune di Bolzano, sensibile alle crescenti problematiche di natura ambientale e territoriale determinate dalla crescente perdita di suolo naturale sostituito da siti sigillati, ha introdotto nell'Ordinamento Edilizio Comunale, degli strumenti urbanistici puntati su obiettivi di risparmio energetico e minor impatto ambientale attraverso azioni di mitigazione e compensazione ambientale.

A questi strumenti fa capo la Normativa R.I.E., che riconosce il verde pensile come strumento primario nella gestione del territorio in ambiente urbano, nell'azione compensativa la sigillazione dei suoli, e nell'aumento del benessere ambientale ed il miglioramento microclimatico (Abram P., 2004).

7.1 REGOLAMENTO EDILIZIO COMUNALE

Il progetto denominato R.I.E. – Indice di Riduzione dell'Impatto Edilizio –, approvato nel febbraio del 2004, è la risultante di una legge già in applicazione nella Provincia di Bolzano riguardante la gestione delle acque meteoriche e l'impermeabilizzazione dei suoli; si tratta della Legge del 18 giugno 2002 n.8, "Disposizione sulle acque".¹⁹

L'art. 19 bis (Procedura per la Riduzione dell'Impatto Edilizio) del Regolamento Edilizio del Comune di Bolzano, introdotto con deliberazione di Consiglio Comunale n. 11 del 10.02.2004,²⁰ rende obbligatoria l'adozione della Procedura R.I.E. per tutti gli interventi di natura edilizia ed urbanistica di nuova costruzione, su fondi e/o edifici preesistenti e su interventi di qualsiasi natura che incidano su superfici esterne esposte alle acque meteoriche.

7.2 INDICE R.I.E. E REGIMAZIONE IDRICA

La procedura attraverso la quale si determina l'idoneità o meno di un intervento edilizio viene fissata attraverso l'elaborazione di un apposito algoritmo riferito al rapporto tra gli elementi che contribuiscono alla modificazione del territorio sottoposto ad intervento, rispetto alla gestione delle acque meteoriche.

L'aspetto di primaria importanza che fa capo a questo strumento normativo, è lo stretto legame tra quantità, qualità e gestione del patrimonio idrico.

¹⁹ Fonte: Abram P., Verde pensile in Italia e in Europa, 2006 pag. 153-154.

²⁰ Per maggiori informazioni fare riferimento a http://www.comune.bolzano.it/urb_context02.jsp?area=74&ID_LINK=512&page=8 oppure http://www.tusec-ip.org/downloads/best_practice/DELIBERA.RIE.BZ.pdf

La modificazione che avviene sul territorio, può essere qualificante, ossia migliorare positivamente le capacità di captazione idrica del terreno stesso, ma può anche peggiorare tale proprietà, riducendo la possibilità d'infiltrazione dell'acqua piovana, cioè aumentandone lo scorrimento superficiale e le problematiche che ne conseguono.²¹

L'indice R.I.E., determinato dall'elaborazione di questo apposito algoritmo, varia nell'intervallo di valori da 0 a 10. Più elevata risulta la matrice di tale indice, migliore è la gestione e la sistemazione del territorio dal punto di vista ambientale, climatico e di gestione della risorsa idrica.

A valori tendenti a "0" (p.e. parcheggio asfaltato), corrispondono siti con superfici completamente o in larga parte impermeabilizzate, prive cioè di spazi verdi e con effetti negativi sulla regimazione delle acque meteoriche e sui fattori climatici influenti il microclima urbano (isola di calore).²²

Valori prossimi a "10" (p.e. area incolta o a verde), sono invece legati a superfici verdi, naturali o paranaturali, cioè prive totalmente o in larga misura, di spazi sigillati ed offrendo in tal modo le massime prestazioni in termini di regimazione idrica e controllo microclimatico.

Le aree urbanizzate, posseggono indici R.I.E. intermedi tra il valore massimo e minimo in relazione alla tipologia di residenze esistenti, alla presenza più o meno consistente di verde urbano, alle attività produttive che caratterizzano il sito stesso (primarie, secondarie o terziarie) e a tutti gli altri fattori che concorrono a determinare la percentuale di suolo rurale rispetto a quello urbano.

7.3 L'ALGORITMO R.I.E.

Il modello di calcolo, consente di attribuire alle diverse categorie, associabili ad una determinata tipologia di intervento, un peso, individuando in tal modo le attività da incentivare piuttosto che penalizzare perché in diversa misura compatibili con la gestione idrica e sostenibili ecologicamente. Il peso alle diverse categorie viene attribuito mediante l'applicazione di un algoritmo.

In termini sintetici, tale algoritmo, esprime un rapporto dove, con riferimento ad una determinata area oggetto di valutazione ambientale, al Numeratore vengono inserite le superfici trattate a verde ed al Denominatore le superfici non trattate a verde. Le singole superfici, opportunamente moltiplicate per il rispettivo coefficiente di deflusso (\bullet), ovvero per il reciproco dello stesso ($1/\bullet$) e con l'aggiunta, al numeratore, delle alberature presenti (suddivise in tre categorie ed espresse in Superfici Equivalenti), concorrono a restituire un numero (Indice R.I.E.), con campo di variazione compreso tra 0 e 10 (11,13 per l'esattezza): più elevato è il valore, migliore risulta essere la gestione del territorio.

²¹ Si veda il capitolo 2: Verde pensile nell'azione di compensazione ambientale.

²² Vedi nota n. 13.

L'algoritmo definitivo R.I.E. si presenta in tale forma:

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

Dove:

RIE = 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

• = Coefficiente di deflusso i-esimo

Se = Superfici equivalenti relative alle alberature.

La vegetazione che a maturità raggiunge un'altezza di sviluppo non superiore ai 4,0 m, non viene considerata come "alberatura" ma concorre, insieme alle altre tipologie di vegetazione, all'attribuzione di ulteriore metratura alle categorie "trattate a verde" - Numeratore - .

Le specie che a maturità, allo stato di fatto o in progetto, si presentino con un'altezza superiore ai 4,0 m, sono considerate, ai fini del R.I.E., come alberature e suddivise in tre categorie a seconda del massimo sviluppo raggiungibile ad età adulta. Ciò dipende principalmente dalla specie utilizzata, dai fattori ambientali, edafici, pedologici e climatici che concorrono nello sviluppo dell'esemplare stesso. La suddivisione in categorie è la seguente:

- Alberi di III Grandezza: sviluppo a maturità tra 4 e 12 m, Se = 20 m².
- Alberi di II Grandezza: sviluppo a maturità tra 12 e 18 m, Se = 65 m².
- Alberi di I Grandezza: sviluppo a maturità maggiore di 18 m, Se = 115 m².

Per maggior chiarezza, è possibile consultare i valori dei Coefficienti di deflusso • delle categorie di superfici da inserire al Numeratore (superfici permeabili, impermeabili o sigillate trattate a verde) e delle superfici da inserire al Denominatore (superfici permeabili, impermeabili o sigillate non trattate a verde). Dati reperibili nell'Allegato n.1: "Categorie di superficie R.I.E.".

Attualmente tali valori sono sottoposti ad aggiornamento secondo i nuovi dati conseguiti dall'esperienza acquisita nei cinque anni dall'entrata in vigore della Procedura R.I.E.. I valori

consultabili nell'Allegato, sono da considerare quindi, momentaneamente provvisori in previsione della pubblicazione dei nuovi Coefficienti di deflusso e delle nuove categorie.

7.4 CERTIFICAZIONE R.I.E.

Come già detto, sono sottoposti alla procedura R.I.E. tutti gli interventi di natura edilizia ed urbanistica nel territorio del Comune di Bolzano soggetti a concessione edilizia, ovvero che necessitano della presentazione di denuncia di inizio attività (D.I.A.).

La procedura R.I.E. è quindi obbligatoria per:

- gli interventi di nuova costruzione;
- gli interventi su edifici esistenti (let. d), art. 59 della L.P. n. 13/97;
- gli interventi di qualsiasi natura – su fondi e/o edifici esistenti - che incidano su superfici esterne esposte alle acque meteoriche (coperture, terrazze, sistemazioni esterne, cortili, aree verdi, aree pavimentate, ecc.).²³
- L'amministrazione comunale ha posto dei vincoli da rispettare nelle zone di Piano Urbanistico Comunale (PUC). Per ottenere il rilascio della concessione edilizia o dell'abitabilità, i parametri richiesti sono i seguenti:
 - nelle zone PUC a destinazione residenziale (p.e. condomini, case, scuole, chiese, ecc.) l'indice R.I.E. deve avere un valore maggiore o uguale a 4;
 - valore R.I.E. maggiore o uguale a 1,5 se si tratta di costruzioni a destinazione produttiva (p.e. capannoni, stabilimenti produttivi, ecc.);
 - le zone PUC con destinazione per opere, attività ed impianti pubblici devono garantire un indice R.I.E. di progetto migliore possibile, in relazione alla loro precisa destinazione funzionale.

La certificazione preventiva del R.I.E. avviene in sede di rilascio della concessione edilizia e/o di presentazione della D.I.A. (Dichiarazione di Inizio Attività) mediante presentazione di un'opportuna documentazione tecnica. Tale documentazione deve essere completa del modello di calcolo R.I.E.²⁴ e una planimetria con precise indicazioni riguardo il grado di permeabilità delle superfici, alla tipologia dei materiali di finitura delle superfici esterne esposte alle acque

²³ Vedi nota n. 16.

²⁴ Il programma per il calcolo dell'Indice R.I.E. è messo a disposizione e scaricabile assieme a tutta la documentazione necessaria nel sito ufficiale del Comune di Bolzano: <http://www.comune.bolzano.it>

meteoriche, alla modalità di gestione e smaltimento delle acque piovane ed alla tipologia di inverdimento (tradizionale o pensile) al quale s'intende ricorrere.

La certificazione finale di tale Procedura si rende, infine, obbligatoria per il rilascio del certificato di abitabilità/agibilità.

Da sottolineare infine un aspetto importante della normativa R.I.E. che riguarda la relazione con la norma di settore UNI 11235 del 2007. La procedura, infatti, prevede che la realizzazione di coperture a verde venga eseguita seguendo le linee guida di tale normativa "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde", pena il mancato rilascio della certificazione finale.

Valutando i primi risultati rilevati successivamente al primo periodo di applicazione (18 mesi),²⁵ si può osservare una notevole modificazione nelle metrature riguardanti il verde pensile. Come si può notare dalla tabella sottostante (Tab. 7.1), dei 151 lotti sui quali è stata attuata la procedura di Riduzione dell'Impatto Edilizio (occupanti una superficie totale di 400.000 m² circa), il verde pensile come stato di progetto, è aumentato notevolmente rispetto alla situazione di fatto pre-R.I.E.. Sul totale delle coperture dei lotti di progetto, il verde pensile occupa infatti, una percentuale superiore alla metà (50,15%).

Tabella 7.1 Primi risultati dell'applicazione procedura R.I.E.²⁶

Verde pensile stato di fatto	7.468 m ²
Verde pensile stato di progetto	72.453 m ²
Variazione	+ 64.967 m ²
Percentuale sul totale della superficie dei lotti (151 lotti = 400.187 m ²)	18,1%
Percentuale sul totale di tutte le coperture dei lotti (compreso l'interrato)	50,15%

L'applicazione della normativa si è dunque dimostrata determinante nell'influenzare la progettazione. Come risultante dell'adozione di tali tecnologie e sistemi di compensazione ambientale, un aumento sensibile nella realizzazione di coperture a verde: rispetto alla situazione antecedente l'approvazione della R.I.E., infatti, la presenza del verde pensile è ora sostanzialmente aumentata con notevoli vantaggi ambientali, ecologici ed economici che ne conseguono.

²⁵ Dati reperibili nella relazione di Paolo Abram: "Indice R.I.E. Riduzione dell'Impatto Edilizio a Bolzano". Documento consultabile nel sito www.osservatoriodelpaesaggio.org.

²⁶ Fonte: http://www.osservatoriodelpaesaggio.org/images/Convegno_Canelli_bis_2008/Relazioni_e_Curriculum_vitae/Riassunto_relazione_-_Dott._Paolo_Abram.html.

8. ESEMPIO DI APPLICAZIONE DELLA PROCEDURA R.I.E. AD UN PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE URBANA A PERGINE VALSUGANA

8.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E PROGETTUALE

Pergine Valsugana, località del Trentino orientale ubicata a poca distanza dalla città di Trento, è situata in una posizione strategica dal punto di vista della viabilità stradale. È in questo contesto che sorgeva una delle più significative industrie perginesi sorte negli anni '60 e condotta da un'azienda tessile lombarda, l'ormai "ex Cederna".

La fabbrica dismessa, rappresentò immediatamente una fonte di interesse per le amministrazioni locali che vollero farla oggetto di un imponente intervento di riqualificazione urbana. L'idea progettuale infatti, presumeva la coniugazione dell'aspetto urbanistico con le esigenze immobilistiche che l'operazione presentava. Scopo di tale intervento era quello di organizzare attività produttive, terziarie e residenziali assieme, in un'area collocata tra centro e periferia di Pergine introducendo il bio-ambientale nelle costruzioni.

8.2 PERGINE VALSUGANA. COMPENDIO IMMOBILIARE "EX CEDERNA"

Nel 2003 una delle più importanti industrie trentine, sorta a Pergine nel 1961 col nome di "Manifatture Perginesi" (divenuta poi Cederna e quindi trasformata in "Cederna Fodere") ha chiuso definitivamente il suo ciclo.

L'ormai "ex Cederna", interessa una superficie di oltre due ettari e mezzo, esattamente 25.244 metri quadrati, sui quali erano presenti cinque capannoni con ulteriori unità produttive adiacenti e terreno incolto marginalmente.

Le dimensioni dell'area e la posizione strategica hanno richiamato immediatamente l'attenzione dell'amministrazione comunale che, fin da subito, si è attivata nella ricerca di soluzioni che potessero portare ad una riqualificazione urbana della zona, con il mantenimento di possibili posti di lavoro. Nel maggio del 2004, fu costituita così la società "Pergine sviluppo Spa", una società controllata dagli artigiani attraverso l'Associazione e la Cooperativa di garanzia (30% la prima, 20% la seconda), partecipata dal Comune (25%) e dalla Cassa Rurale di Pergine (25%).

Centosessantamila euro il capitale sociale, equamente distribuito tra i quattro soci, con presidenza affidata al responsabile degli Artigiani, Dario Beber. Prima operazione fu l'acquisto dell'intera area

per un costo complessivo di quasi 4 milioni di euro. Il posto di consulente tecnico di supporto organizzativo dell'intera operazione Cederna fu affidato all'ing. Gianfranco Bertamini.

Nel 2004, pochi mesi dopo la nascita, la società "Pergine sviluppo Spa", ha varato il gruppo di progettazione, affidando la guida al dott.ing. Paolo Montagni e nominando come consulente urbanistico il dott.arch. Emilio Pizzi. Del gruppo fanno anche parte il dott.arch. Sandro Aita e gli architetti perginesi Lorenzo Oss Pegorar e Claudio Lorenzi. Per la progettazione, la sistemazione a verde prevista dal progetto, e per l'applicazione del modello R.I.E. è stato interpellato il dott.for. Paolo Abram, tecnico specialista nel settore delle coperture a verde pensile.

8.3 L'OPERAZIONE CEDERNA

È bene sottolineare che il progetto è ancora "in itinere" e la descrizione dell'opera è stata fatta ad oggi, mentre il progetto definitivo sarà oggetto di probabili modifiche ed aggiornamenti.

I lavori di abbattimento dei capannoni (Fig. 8.1), hanno preso avvio a metà gennaio 2008 e sono stati seguiti da uno sbancamento del sito, che ha comportato lo smaltimento di 120 mila metri cubi di materiale.



Figura 8.1 Capannoni dello stabilimento ex Cederna in demolizione

Il progetto di recupero dell'area prevede la divisione del sito in tre comparti, dei quali le percentuali sono le seguenti: il 63% del suolo all'artigianato, il 19 al terziario ed il 18 al residenziale. Si tratta dunque di un polo multifunzionale nel quale, alle diverse attività, sono stati assegnati 15.000 mq per i moduli produttivi, tra i 4.000 ed i 5.000 mq per esposizioni e negozi, circa 3.000 adibiti all'area residenziale. Si realizzeranno 80 mila metri cubi destinati alle attività produttive, 28 mila a scopi

residenziali, 20 mila per attività commerciali e 120 mila metri cubi seminterrati, destinati in buona parte a parcheggi sotterranei previsti sia nell'area riservata alle attività artigianali che sotto le costruzioni dedicate al terziario ed alle abitazioni. A completamento del progetto sono previsti adeguati interventi di urbanizzazione con la realizzazione di una nuova strada di collegamento al viale dell'industria.

Le finalità verso le quali il progetto era indirizzato, non si limitavano solo a creare un imponente sistema produttivo e residenziale. L'ipotesi progettuale avanzata prevedeva infatti, la connessione del nuovo insediamento urbano col paesaggio rurale circostante garantendo, inoltre, un utilizzo sapiente di sistemi di compensazione ambientale per mitigare e moderare gli effetti che un'edificazione totale del lotto avrebbero comportato a livello del territorio.

Per raggiungere tali obiettivi paesaggistici, l'attenzione si è soffermata sull'adozione della procedura di Riduzione dell'Impatto Edilizio R.I.E., Normativa già proposta ed utilizzata dal Comune di Bolzano. Tale indice numerico si presta perfettamente nel certificare la qualità dell'intervento edilizio rispetto alla permeabilità del suolo, alla gestione delle acque meteoriche ed al verde. Finalità nell'applicazione dell'indice R.I.E. è quello di raggiungere la miglior gestione del territorio possibile dal punto di vista edificatorio. Per raggiungere tali obiettivi, il progetto propone l'utilizzo di coperture a verde pensile sull'intero edificato.

8.4 APPLICAZIONE DEL R.I.E. AL PROGETTO EX CEDERNA

A conclusione dello studio di progetto, si è giunti a definire come miglior strumento compensativo per contrastare la sigillazione dell'intero sito, il verde pensile.

Bisogna sottolineare che, il Rapporto di Edificazione del compendio immobiliare in oggetto allo stato di progetto, è pari a 1,000 ossia al 100%. In sostanza quindi, l'intera superficie del lotto, che interessa una superficie di oltre due ettari e mezzo, verrà totalmente soggetta ad edificazione prevedendo vani e parcheggi sotterranei, stabilimenti produttivi, zone residenziali e aree commerciali. Le sistemazioni a verde previste interessano, dunque, unicamente le coperture e sono tutte da considerare a verde pensile trovandosi così prive di collegamento con il suolo e realizzate sopra ad elementi di tenuta (stratificazioni di impermeabilizzazione).

Scegliendo di applicare il modello R.I.E. al progetto di riqualificazione urbana si è reso necessario effettuare misurazioni e valutazioni delle superfici allo Stato di Fatto e stime per lo Stato di Progetto, in modo tale da certificare la qualità dell'intervento edilizio, determinando le future prestazioni delle superfici di mitigazione e compensazione ambientale previste.

A tal fine, è stato misurato l'indice R.I.E. per la situazione originaria, definita tecnicamente allo 'Stato di Fatto' (antecedente le demolizioni) caratterizzata dalla presenza di cinque capannoni con unità produttive adiacenti, pavimentazioni e ampie superfici ad incolto. Per una visione dell'insieme è possibile consultare l'Allegato n.2: "Pianta Stato di Fatto e Stato di Progetto".

Attraverso un esame delle categorie di superficie preesistenti, si è valutata la metratura dell'incolto pari a 10.338 m² e la rimanente superficie occupata da coperture metalliche, continue ed eternit, manufatti di diverso tipo, pavimentazioni in asfalto, a cubetti, con pietre, lastre e superfici in ghiaia sciolta. La presenza di vegetali, si limitava a soli dieci alberi di I Categoria.

Basandosi su queste misurazioni, il Rapporto di Edificazione dello Stato di Fatto (SDF) ammontava ad un valore di 0,370 cioè il 37%. Ciò significava che poco più di un terzo dell'intera superficie (che ricordiamo ammonta a più di due ettari e mezzo) era privata di suolo naturale e sigillata dall'edificato. Da questi dati²⁷ è stato possibile, mediante l'applicazione del modello di calcolo R.I.E.,²⁸ ricavare il valore di tale indice alla situazione originaria del sito. Tale valore, che si ricorda avere un campo di variazione tra 0 ed 1, allo SDF era pari a 2,241.

La stessa procedura di misurazione è stata applicata al modello di riqualificazione, definito Stato di Progetto. In base al progetto definitivo, nell'area "ex Cederna" sorgerà una zona commerciale, un'area residenziale ed alcuni stabilimenti produttivi. Per una visione dell'insieme è possibile consultare l'Allegato n.2: "Pianta Stato di Fatto e Stato di Progetto".

C'è da tener ben presente, che l'intero sito sarà sbancato asportando 120 mila metri cubi di materiale ed il suolo, prima occupato da edificato solo per il 37%, in base al progetto definitivo verrà edificato totalmente. Da ciò, si deduce facilmente che il Rapporto di Edificazione passa da un valore allo Stato di Fatto pari a 0,370, all'unità nello Stato di Progetto, ossia il 100%: un'edificazione completa del sito.²⁹

La lettura di questi valori, porterebbe alla conclusione diretta che la valutazione ed il rispetto dei criteri di sostenibilità ambientale non siano stati nemmeno presi in considerazione. Eppure non è così.

La consapevolezza della necessità di adottare sistemi compensativi a questa consistente edificazione, ha portato a prevedere da progetto, l'installazione di coperture a verde pensile sull'intero edificato. Per ottenere dalle sistemazioni a verde un miglioramento delle prestazioni ambientali sono previste:

²⁷ Dati reperibili nell'Allegato n.4: "Confronto Stato di Fatto e Stato di Progetto".

²⁸ Il programma per il calcolo dell'Indice R.I.E. è messo a disposizione e scaricabile assieme a tutta la documentazione necessaria nel sito ufficiale del Comune di Bolzano: <http://www.comune.bolzano.it>.

²⁹ Vedi nota n.24.

- superfici a verde pensile estensivo biodiverse ed intensivo semplice in spessori diversi, in grado
- di garantire elevate prestazioni in termini di deflusso idrico;
- pavimentazioni inerti su stratificazione pensile;
- superfici a verde pensile intensivo con alberature.

Il collegamento tra le diverse aree verdi avverrà mediante la ripetizione di singole piante e l'alberatura monotematica dei percorsi stradali dell'intera zona.

Le superfici a verde pensile così definite si svilupperanno per un'estensione complessiva di 6723,3 m² ripartite tra verde pensile intensivo ed estensivo a spessore variabile. Punti focali saranno poi rappresentati da ben 72 alberature di III Grandezza e 6 di II Grandezza che serviranno anche a creare un diretto collegamento con il paesaggio circostante. La preferenza nell'utilizzo di esemplari che a maturità raggiungono dimensioni contenute, è rappresentata dalla necessità di utilizzare specie con apparato radicale ha sviluppo ridotto, in modo che non risulti necessario l'utilizzo di substrati con spessori consistenti che causerebbe problemi di sovraccarico alle strutture sottostanti.

Applicando nuovamente la procedura per il modello di calcolo R.I.E. e considerando tutte le categorie di superficie previste dal progetto (trattate a verde e non), si ottiene un nuovo valore dell'indice. Il risultato è sorprendente.

Nonostante sia aumentata la superficie edificata rispetto alla situazione dello Stato di Fatto (dal 37 al 100%), il valore del R.I.E. registra un aumento approssimato del 27%. Il R.I.E. da progetto è pari infatti a 3,055 migliorando, quindi, la gestione e la sistemazione del territorio dal punto di vista ambientale, microclimatico e di gestione della risorsa idrica rispetto al livello di impatto ambientale derivato dalla situazione originaria.

Di seguito è riportato un breve schema riassuntivo che mette a confronto la situazione preesistente con quella di progetto.

	STATO DI FATTO	STATO DI PROGETTO
Superficie totale del lotto (m²)	25.244,000	25.244,000
Rapporto di Edificazione (%)	37	100
Indice R.I.E.	2,241	3,055

In sintesi, passando da uno Stato di Fatto, nel quale la perdita di suolo per edificazione era pari a poco più di un terzo della superficie dell'intero lotto, ad una situazione di progetto che prevede praticamente la totale edificazione del sito stesso con una sottrazione di terreno naturale del 100%,

si è riusciti ad ottenere un miglioramento della gestione ambientale e della regimazione idrica, prevedendo come strumenti di compensazione ambientale le coperture a verde pensile.

Questi valori sono dimostrazione che attraverso l'utilizzo del verde pensile, si è realmente in grado di bilanciare l'impatto che una costruzione edilizia ha sull'ambiente. Il progetto in esame, con un Rapporto di Edificazione del 100%, ne rappresenta un chiaro esempio.

8.5 SISTEMA PER IL RECUPERO DELLE ACQUE METEORICHE

Nel conteggio del valore dell'indice R.I.E. dello Stato di Progetto, si è tenuto conto dell'inserimento di un sistema per il recupero delle acque meteoriche e per il suo successivo riutilizzo ad uso igienico e per scopi irrigui.

Tale sistema è previsto da progetto sul verde pensile estensivo con spessore del substrato compreso tra 10 e 15 cm ed installato sull'intero stabilimento produttivo (Corpo A, B, D)³⁰ per un'estensione complessiva di 3.995,300 m². Questa qualità aggiunta a tale superficie, concorre in maniera sostanziale nell'incrementare il valore numerico dell'indice R.I.E..

Il coefficiente di deflusso • originario della superficie scolante considerata, era pari a 0,35 • .³¹ Mediante l'applicazione del modello di calcolo per determinare il nuovo valore da assegnare al coefficiente di deflusso, si ottiene un nuovo • di molto ridotto: da un valore iniziale di 0,35 si passa a 0,08 • . Il coefficiente di deflusso della superficie scolante considerata, migliora notevolmente con effetti positivi in termini di quantità d'acqua trattenuta dal sistema che la rende nuovamente disponibile e riutilizzabile per ulteriori scopi. Attraverso questo sistema di accumulo idrico si stima una percentuale di riutilizzo dell'acqua meteorica caduta nell'area valutata pari al 94,66%.

Il fabbisogno idrico complessivo dell'intero blocco urbano si stima essere di 1.191.360 litri e ripartito per i seguenti usi: 864.000 litri ad uso sanitario e 327.360 litri per l'irrigazione di una superficie di 2.728 m².

Prevedendo un fabbisogno idrico cumulativo dell'intero sistema edilizio di 1.191.360 litri, e disponendo di un volume del serbatoio di raccolta di 74.460 litri, si potrà far uso di ben 1.258.520 litri con un volume aggiunto del 5,6% grazie alla presenza del sistema di accumulo idrico.

Per esaminare tali valori consultare l'Allegato n.5: “Valori fabbisogno idrico, acqua meteorica disponibile”.

³⁰ Dati consultabili nell'Allegato n.3: “Inquadramento progettuale”.

³¹ Valore reperibile nell'Allegato n.1: “Categorie di superficie R.I.E.” ma già aggiornato sulla base dei nuovi valori non ancora pubblicati.

8.6 SISTEMAZIONI A VERDE PENSILE

Le elevate prestazioni ambientali ottenibili mediante l'installazione di un sistema a verde pensile sulla copertura dell'intero corpo edificato, necessita di precisazioni.

Consultando l'Allegato n.6: "Pianta per categorie di superficie" ed esaminando la legenda, risulta facile capire come le superfici a verde pensile estensivo ed intensivo, nonché le tipologie di pavimentazioni previste, siano varie e suddivise in base alla destinazione d'uso dell'edificio sul quale verranno installate.

Tutte le aree verdi progettate si trovano in copertura o sopra volumi interrati e quindi prive di collegamento con il suolo e sono realizzate al di sopra di stratificazioni di materiali e tecnologie idonee rispondenti alla Normativa di settore UNI 11235 del 2007 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde".

Le principali linee guida seguite durante la progettazione del verde si rivolgono a principi di compatibilità del verde progettuale con la vegetazione autoctona, garantendo così una continuità con l'ambiente rurale circostante ed una connessione del verde al paesaggio.

Le sistemazioni a verde non offriranno unicamente un valore estetico o di arredo ma dovranno permettere la massima fruibilità, sia nelle zone aperte al pubblico sia nelle zone destinate ad uso privato, come spazi per il tempo libero, zone di passaggio, spazi abitativi all'aperto, aree di sosta, punti di incontro e comunicazione. Ciò si otterrà garantendo una fruibilità con ampia attinenza alle categorie di utenza, evitando sistemazioni e zone a verde generiche di semplice riempimento o abbellimento (Abram P., 2008).

8.6.1 Elenco degli ambiti di sistemazione a verde

Le informazioni relative alle sistemazione a verde di questo capitolo sono tratte dalla relazione tecnico - illustrativa di Paolo Abram: "Pergine Valsugana. Compendio immobiliare "Ex Cederna". Progetto di riqualificazione urbana".

Consultando l'Allegato n.3: "Inquadramento progettuale" si può trarre una precisa visione di come siano state predisposte le coperture a verde sui differenti edifici:

- A. Alberatura stradale;
- B. Coperture estensive biodiverse degli edifici artigianali (A, B e D);
- C. Superfici a verde modulare in copertura sopra agli edifici residenziali (F);
- D. Zone a verde tra gli edifici residenziali e gli edifici artigianali (C);

- E. Inverdimento intensivo ed intensivo leggero sulle coperture del corpo di fabbrica E;
- F. Superficie verde a terra davanti al corpo di fabbrica E;
- G. Verde intensivo davanti ai corpi F e G (Residenziale).

A. Alberatura stradale

Per tale ambito la scelta progettuale è caduta su di un'unica specie adatta alle condizioni climatiche locali e caratterizzata da una forte identificazione con il sito. Come soluzione per l'alberatura stradale è stato scelto il ciliegio da fiore (*Prunus avium* 'Plena'): un albero di II Grandezza con chioma ogivale in gioventù, quindi arrotondata, con splendida ed abbondante fioritura bianco-neve alla fine di aprile che non produce frutti evitando, quindi, i conseguenti problemi. L'utilizzo del *Prunus avium* 'Plena' costituisce un diretto collegamento con il paesaggio agrario limitrofo in quanto rappresenta un albero da frutto ampiamente utilizzato a Pergine.

La consultazione della disposizione dell'alberatura è disponibile nell'Allegato n.2: "Pianta Stato di Fatto e Stato di Progetto".

B. Coperture estensive biodiverse degli edifici artigianali (A, B e D)

Le coperture di questi bassi edifici sono visibili da quelle degli edifici residenziali limitrofi e del corpo di fabbrica (E). Queste coperture non sono fruibili e il loro inverdimento ha come fini principali la regimazione delle acque meteoriche e il miglioramento microclimatico.

L'inverdimento estensivo viene realizzato con criteri di elevata biodiversità: l'uso di ghiaia e sabbia locale con granulometrie diversificate, l'applicazione di spessori di substrato variabili e l'impiego di idonea vegetazione, offrono valide superfici di compensazione all'attività edificatoria, ispirandosi al vicino corso del fiume Fersina con ricostruzione del letto fluviale.

Il valore ambientale ed ecologico rappresentato dalle caratteristiche di biodiversità delle coperture ad estensivo collocate sugli edifici a destinazione produttiva non rientra nella procedura di calcolo dell'indice R.I.E. ed è da considerarsi come valore aggiunto alla sostenibilità ambientale del complesso edilizio.

C. Superfici a verde modulare in copertura sopra agli edifici residenziali (F e G)

Sulle superfici in copertura degli edifici residenziali vengono realizzati dei giardini pensili di tipo intensivo con una struttura di base di aiuole che permetta agli abitanti la realizzazione di soluzioni personalizzate, sia di verde che di relativa gestione.

Dal momento che tali superfici sono accessibili, si è reso necessario prevedere un livello di fruizione medio alto, anche se di tipo domestico e privato. Le superfici a verde pensile sono state progettate con un livello manutentivo facile, non essendo possibile prevedere e quantificare l'impegno, anche economico, che i fruitori potranno o vorranno investire in questa operazione.

Sulla base di tali presupposti, la scelta progettuale è caduta su una proposta di sistemazione a verde di tipo "modulare" che consenta di scegliere la tipologia di sistemazione a verde più adatta in fase di progetto/esecuzione, in funzione della manutenzione prevedibile, per ciascuna superficie interessata. Il principio generale è quello di realizzare le diverse tipologie di sistemazione superficiale sopra ad un unico tipo di strato drenante e di supporto, posato a tutta superficie, sull'elemento di tenuta, e quindi sulla superficie completa della porzione di copertura relativa ad ogni singola unità abitativa.

Sarà possibile inoltre, scegliere la tipologia senza dover sostituire, modificare o adattare gli impianti tecnologici e le stratificazioni di base, in quanto identici per tutte le varianti proposte ed optare, infine, per una soluzione senza verde, completamente pavimentata, usufruendo della stessa struttura di base prevista anche per le soluzioni che prevedono una sistemazione a verde.

Il progetto prevede per di più, la possibilità di convertire, anche in un secondo tempo, le unità di variante una nell'altra, senza oneri eccessivamente gravosi, senza dover modificare la struttura di base e supporto e senza interferire con l'elemento di tenuta e, quindi, senza il rischio di danni conseguenti.

D. Zone a verde tra gli edifici residenziali e gli edifici artigianali (C)

La zona a verde, molto allungata, viene suddivisa in tre porzioni. La progettazione di questi tre "spazi" accorcia prospetticamente la lunghezza della superficie. La separazione ottica dei tre spazi viene attuata utilizzando delle pergole (le stesse collocate sulle superfici in copertura degli edifici residenziali). Solo attraversando le pergole sarà possibile percepire lo spazio successivo, in questo modo si aumenta la curiosità del visitatore.

Nello spazio collocato più a ovest viene offerta un'ampia superficie libera che potrà essere fruita soprattutto da tutti i bambini come campo giochi. Nello spazio intermedio aumenta il numero delle piante mentre si riduce la superficie calpestabile. Nello spazio collocato verso est risulta a disposizione, la superficie pavimentata come zona pedonale, mentre la vegetazione domina lo spazio chiudendo la prospettiva verso est.

L'arredo dei tre spazi rispecchia la diversa fruizione: nel primo spazio dominano elementi "umani", come superfici di seduta e materiali artificiali per le pavimentazioni o le superfici di gioco. Quanto

più ci si muove verso est, tanto più vengono utilizzati materiali naturali (legno, pietra naturale) combinati con cespugli ed arbusti autoctoni.

E. Inverdimento intensivo ed intensivo leggero sulle coperture del corpo di fabbrica E

Una parte di queste superfici in copertura risulta accessibile per i visitatori come piattaforma di osservazione. Una porzione di superficie viene sistemata con un inverdimento intensivo a carattere minimalista. La restante parte della copertura a disposizione verrà dotata di inverdimento intensivo leggero a bassa manutenzione.

F. Superficie verde a terra davanti ai corpi di fabbrica E

Questa superficie rappresenta un ampliamento dello spazio comune di questo edificio: il carattere è minimalista sottolineando l'effetto architettonico dell'edificio e offre anche uno spazio espositivo e di sosta esteso all'aperto. La suddivisione delle superfici a verde con alberature e corpi ellittici conduce verso l'ingresso.

G. Verde intensivo davanti ai corpi F e G (Residenziale)

La zona è collocata in ombra e mezz'ombra e la scelta delle specie si adatta alle specifiche condizioni. La lunga e stretta superficie è pedonabile unicamente in corrispondenza degli appositi percorsi. Setti costituiti da siepi trasversali dividono otticamente la lunga tratta. Le specie prescelte sono sia sempreverdi che a foglia caduca.

CONCLUSIONI

Le attività umane ed i processi edificatori proseguono inesorabilmente il loro incremento, insediando di continuo nuove strutture produttive, commerciali e residenziali che sottraggono superficie al paesaggio naturale ed agrario. È l'osservazione della quotidianità che insegna tale evoluzione.

La difficoltà di regolamentare e l'impossibilità nel limitare l'accrescersi dello sviluppo edilizio, deve muovere l'attenzione delle Autorità competenti verso nuove frontiere della tecnologia eco-sostenibile con l'adozione di provvedimenti in grado di mitigare l'impatto edilizio delle nuove costruzioni sull'ambiente circostante. È in questo scenario che il ruolo delle coperture a verde pensile acquista sempre maggior significato e ciò è confermato dal fatto che le stesse Autorità Pubbliche nei loro provvedimenti, lo stanno considerando come vero e proprio strumento di azione compensativa e di ripristino ambientale.

Un chiaro e concreto esempio di come tali provvedimenti non solo siano realmente attuabili, ma rappresentino un aiuto tangibile nel compensare l'incremento di suoli cementati, è rappresentato dal progetto di riqualificazione urbana dell'area produttiva "Ex Cederna", oggetto di questa tesi. L'approvazione di tale progetto, con un Rapporto di Edificazione pari al 100%, certo fa da modello nel dimostrare come l'attività edificatoria troppo spesso "scavalchi" i limiti che l'ambiente è in grado di sostenere. Attraverso l'introduzione delle coperture a verde pensile nel quadro progettuale in esame però, si è arrivati ad una situazione in cui, la massiccia edificazione del sito è compensata da una consistente presenza di verde in copertura.

L'applicazione di precise Procedure (Indice R.I.E.) attraverso le quali si determina l'idoneità o meno di un intervento edilizio rispetto alla gestione del patrimonio idrico ed al benessere ambientale creatosi successivamente alla sigillazione del suolo, evidenzia un miglioramento della situazione rispetto allo stato originario. Lo Stato di Fatto, sebbene registrasse un'edificazione relativa a solo il 37% dell'intero sito, possedeva un'influenza legata alla gestione delle acque meteoriche e nei confronti della situazione microclimatica peggiore di quella attesa dallo Stato di Progetto.

Ciò a dimostrazione del fatto che, una modificazione del territorio con sottrazione di suolo naturale, non sempre influisce negativamente su tutti i fattori ambientali, a patto che si promuovano idonei strumenti di compensazione e mitigazione ambientale come è stato dimostrato esserlo le coperture a verde pensile.

BIBLIOGRAFIA

- Abram P., 2004. *Giardini pensili – coperture a verde e gestione delle acque meteoriche*. Napoli, Sistemi Editoriali.
- Abram P., 2006a. *Verde pensile in Italia e in Europa*. Milano, Il Verde Editoriale.
- Andri Nardini S., 2009. *Ecofisiologia vegetale*. Progettazione e realizzazione di una copertura piana a verde pensile con diverse tipologie di vegetazione. Relatore: dott. Chiarmo A.. Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Università degli Studi di Trieste.
- Fiori M., Poli T., 2008. *Coperture a verde pensile – Esempi di progettazione*. Dogana (Repubblica di San Marino), Maggioli editore.
- Giardini L., 2000. *Agronomia generale*. Bologna, Patron Editore.
- Martini F., Palma M., De Vecchi E., 2005. *I tetti verdi e la bioarchitettura*. Trieste, Comune di Trieste.
- Susmel Lucio, 2001. *Principi di ecologia - Fattori ecologici ecosistemica applicazioni*. Padova, Cleup editore.
- Vietti M., 2001. *Progettazione e realizzazione di terrazzi e giardini pensili*. Roma, Il sole 24 Ore - Edagricole.

Articoli su rivista

- Abram P. 2006b. citato da Zara M. C., *Tetti verdi sulle città*. Gardenia (271) novembre 2006, pag. 87-93.
- Corrado M., 2008. *Natura e architettura*. Nemeton –High Green Tech Magazine- (Anteprima) Napoli, Editore Esselibri Simone Sistemi Editoriali.
- Fanizzi L., Misceo S., 2006. *L'azione ambientale negli strumenti urbanistici*. Scienza e inquinamento, ECOACQUE[®] - DIA Politecnico Bari, pag. 8-13.
- Fiori M., 2006. *Tetti verdi: il codice di pratica*. Milano, Specializzata (158) – BE-MA editrice, pag. 634-637.
- Fiori M., 2007. *Coperture verdi: impermeabilizzazione giardini pensili*. Milano, Specializzata (161) – BE-MA editrice, pag. 60-66.
- Piano R., 2009. citato da Rattazzi D., *Passeggiare sul tetto del mondo*. Gardenia (303) luglio 2009, pag. 38-40.

Leggi

DPR 02/04/2009 n. 59. "Regolamento recante attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b) del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia". Gazzetta Ufficiale n. 132 del 10 giugno 2009.

Norme

UNI 11235, 2007. "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde"

Comune di Bolzano, febbraio 2004. *Delibera Procedura R.I.E. - Riduzione dell'Impatto Edilizio - .*

Documenti personali

Abram P., 2008. *Relazione tecnico-illustrativa delle sistemazioni a verde. Pergine Valsugana. Compendio immobiliare "Ex Cederna". Progetto di riqualificazione urbana.*

Ex Cederna – Relazione sistemazioni a verde.

Abram P., Biella 2009. *Procedura R.I.E., primi risultati concreti.*

Cattaneo D., anno accademico 2008/2009. *Pianificazione ecologica del territorio.*

Viola F., anno accademico 2008/2009. *Ecologia.*

Informazioni da internet

Cambiamenti climatici, 2009. it.wikipedia.org/wiki/Mutamento_climatico.

Effetto serra, cambiamenti climatici e Protocollo di Kyoto, 2009. it.geocities.com.

Mutamento climatico e Protocollo di Kyoto, 2009. www.cambiamenticlimatici.it.

AIVEP, Associazione italiana verde pensile, 2009. www.aivep.org.

DAKU ITALIA, 2009. www.daku.it.

HARPO s.p.a., SEIC, 2009. www.harpo-group.com/verdepensile.

Optima giardini pensili s.r.l., 2009. www.optimagiardinipensili.it.

Perlite Italiana s.r.l., 2009. www.perlite.it.

Azione ambientale negli strumenti urbanistici: Procedura R.I.E., 2009. www.lexambiente.org.

Cat. di superfici R.I.E., 2009. www.comune.bolzano.it/UploadDocs/3180_Schede_RIE_Ita.pdf.

Delibera R.I.E., 2009. www.tusec-ip.org/downloads/best_practice/DELIBERA.RIE.BZ.pdf

Procedura R.I.E., 2009. www.osservatoriodelpaesaggio.org.

Procedura R.I.E. del Comune di Bolzano, 2009. www.comune.bolzano.it.

ALLEGATI

Allegato n.1:

“Categorie di superfici R.I.E.”

Allegato n.2:

“Pianta Stato di Fatto e Stato di Progetto”.

Allegato n.3:

“Inquadramento generale”.

Allegato n.4:

“Confronto Stato di Fatto e Stato di Progetto”.

Allegato n.5:

“Valori fabbisogno idrico, acqua meteorica disponibile”.

Allegato n.6:

“Piante per categorie di superficie”.

Allegato n.7:

“Metrature piante per categorie di superficie”.