

Comune di Sulbiate

Provincia di Monza e Brianza



VARIANTE GENERALE PGT Piano dei Servizi PASA

PdS-Vol. V_PASA

SINDACO

Della Torre Carla Alfonsa

ASSESSORE ALL'URBANISTICA/VICE SINDACO

Stucchi Guglielmo

RESPONSABILE DI PROCEDIMENTO

Maria Grazia Riva

PROFESSIONISTA INCARICATO

Pianificatore Territoriale Vittorio Tarantini

Adottato con Del. C.C.

Approvato con Del. C.C.

Sommario

INTRODUZIONE	1
1. OBIETTIVI E STRATEGIE DEL P.A.S.A. - AREE URBANE DA RIGENERARE	5
1.1. <i>LA CENTRALITA' DELLE AREE URBANE</i>	6
1.2. <i>INTERVENIRE AD OGNI SCALA</i>	7
1.3. <i>CITTA' OASI</i>	8
1.4. <i>CITTA' SPUGNA</i>	9
1.5. <i>CITTA' VERDE, CITTA' BLU</i>	10
1.6. <i>CITTA' UNDERGROUND</i>	10
1.7. <i>CITTA' PUBBLICA, CITTA' PER LE PERSONE</i>	11
2. AZIONI SOSTENIBILI PER L'AMBIENTE - SOLUZIONI ED INTERVENTI NATURE BASED	12
2.1. <i>GIARDINI DELLA PIOGGIA</i>	13
2.2. <i>TRINCEE INFILTRANTI</i>	18
2.3. <i>POZZI DI INFILTRAZIONE</i>	22
2.4. <i>NOUE PAYSAGERE O FOSSATI INONDABILI</i>	26
2.5. <i>GIARDINI UMIDI</i>	31
2.6. <i>BACINI INONDABILI</i>	38
2.7. <i>PARCHI INONDABILI</i>	43
2.8. <i>PIAZZE INONDABILI</i>	49
2.9. <i>POCKET GARDENS</i>	54
2.10. <i>GIARDINI ROCCIOSI</i>	58
2.11. <i>PERGOLATI E VERDE VERTICALE</i>	62
2.12. <i>TETTI VERDI</i>	65
2.13. <i>PAVIMENTAZIONI DRENANTI</i>	70
2.14. <i>PARCHEGGI VERDI</i>	74
2.15. <i>PIAZZE MINERALI ALBERATE</i>	78
2.16. <i>STRADE ALBERATE</i>	82
2.17. <i>STRADE CON GIARDINI DELLA PIOGGIA</i>	85
2.18. <i>PERCORSI CICLOPEDONALI</i>	89

INTRODUZIONE

Mai come 'oggi' la qualità del nostro abitare è stata al centro della nostra attenzione. E, forse, mai come 'oggi' abbiamo potuto toccare con mano quanto sia importante la qualità dell'ambiente in cui viviamo, dell'aria che respiriamo, della vivibilità dei nostri edifici, del nostro quartiere, della nostra zona e della nostra città. E' evidente come questa esperienza stia facendo riflettere sulla necessità di una maggiore resilienza e adattabilità di tutti gli spazi del vivere, abitare e lavorare, di una valorizzazione degli spazi intermedi, di una migliore dotazione verde degli spazi di prossimità e di vicinato, di una più diffusa mixité funzionale.

Ciascuno di essi è connesso e legato ad un destino comune: quanto accade globalmente può avere impatti rilevanti anche sul nostro vivere e agire localmente che, a sua volta, può avere effetti anche di portata molto ampia. Le nostre città possono avere un'impronta ecologica che globalmente diventa insostenibile, ma possono essere anche parte della soluzione delle problematiche globali. Abbiamo bisogno di città più resilienti, meno esposte e meno vulnerabili di fronte alla crisi del riscaldamento globale.

A fronte di ciò, un programma di rigenerazione urbana diviene un pilastro fondamentale perché è in grado di mettere in moto una pluralità di attività economiche, di mobilitare importanti investimenti anche privati, di impiegare consistente occupazione, di rivitalizzare tessuti sociali ed economici locali, di fare leva sull'attivazione dei poli decisivi dello sviluppo: le sue città, grandi e piccole.

Il presente P.A.S.A., puntando su azioni e misure di elevata qualità ecologica, si prefigge il perseguimento dell'obiettivo della rigenerazione urbana secondo l'approccio della 'green city'.

A CHI SI RIVOLGE IL P.A.S.A.

Ai sensi dell'art. 17 "Servizi Ecosistemici" delle Norme di Attuazione del Piano dei Servizi, il presente **Programma delle Azioni Sostenibili per l'Ambiente - P.A.S.A.** - indirizza i processi di rigenerazione urbana, con particolare attenzione ai temi della resilienza ai cambiamenti climatici. Affronta i temi della resilienza alla scala urbana e del progetto, con un focus particolare sulle soluzioni basate sulla natura che si possono mettere in campo nell'ambiente costruito, per liberare il suolo e realizzare misure di adattamento, attraverso le infrastrutture verdi e blu e l'uso della vegetazione in ambienti ostili.

E' organizzato nei seguenti capitoli:

- INTRODUZIONE;
- AREE URBANE DA RIGENERARE E CLIMA;
- SOLUZIONI E INTERVENTI *NATURE-BASED*;

Si rivolge alla **pubblica amministrazione** - ai funzionari dei settori urbanistica e rigenerazione urbana, lavori pubblici e verde - e ai **professionisti** che operano nei settori della progettazione urbana, dell'architettura, del paesaggio e dell'ingegneria negli studi di progettazione e nelle imprese. E' uno strumento che tratta le possibili modalità di attuazione delle misure fisiche che possono realizzare obiettivi dei campi di competenza della pianificazione generale e settoriale e della progettazione urbana contenuti nelle discipline urbanistica ed ambientale vigenti. Questo documento deve essere assunto dunque come prima **base di lavoro per la formulazione delle caratteristiche e dei requisiti prestazionali delle dotazioni per la qualità urbana ed ambientale** a supporto della rigenerazione urbana, negli strumenti di pianificazione generale, attuativa, ed in quelli regolamentari; o per i nuovi bandi di opere pubbliche, a supporto di funzionari e tecnici che operano nei Comuni, negli studi professionali e nelle imprese delle costruzioni, del verde e dell'edilizia.

APPROCCIO TRANSDISCIPLINARE

La rigenerazione urbana e climatica sono temi complessi, che richiedono **una pluralità di attori e di competenze e una grande capacità di trovare soluzioni efficaci, fattibili e sostenibili.**

Il presente P.A.S.A. è il risultato di una **collaborazione transdisciplinare afferente ai campi dell'urbanistica, del paesaggio, dell'ingegneria agraria e idraulica e dell'architettura.** Questa modalità di lavoro è stata scelta con l'intento di generare un nuovo spazio del sapere, che arricchisce le singole discipline e che si ritiene indispensabile per affrontare in modo efficace il progetto dello spazio pubblico. Si è inoltre perseguito la volontà di approfondire soluzioni perlopiù naturali e a basso costo, anche quando mediate dalla tecnologia, per amplificarne l'efficacia.

Il professionista che si trova a lavorare su un progetto di uno spazio pubblico, o l'amministratore che si impegna a valutarne l'efficacia, mettono in campo una serie di conoscenze, tecniche e tecnologie che devono far nascere nell'utente dello spazio urbano apprezzamento, senso di appartenenza al luogo e in generale, condizioni di benessere e sicurezza. Lo stesso progetto deve anche saper dare una risposta efficace alla minaccia che i cambiamenti climatici rappresentano e questa duplice sfida può essere affrontata in molti modi. L'approccio che qui si propone si fonda dunque sulla consapevolezza che sempre più è necessario un ponte tra le diverse discipline.

COSTI E BENEFICI DELLE *NATURE-BASED SOLUTIONS* PROPOSTE

I costi di un'opera pubblica, sebbene siano fortemente dipendenti dal contesto e dalle caratteristiche dell'intervento stesso e dalle condizioni locali, sono relativamente facili da identificare, mentre **i benefici sono in genere difficili da stabilire.**

Identificare il più compiutamente possibile questi due aspetti di un'opera pubblica, costi e benefici, è fondamentale ma complesso, ed è ancora più difficile determinarli per tutte quelle opere concepite con **criteri basati sulla natura.** Queste opere, infatti, sono in grado di erogare importanti servizi eco-sistemici a servizio dell'ambiente urbano e del benessere delle persone, ma quasi mai questi servizi vengono considerati, né come criteri di valutazione premianti né come costi evitati.

Valutare i costi e i benefici delle Nature-based Solutions è molto importante per l'amministrazione pubblica, ma anche per un eventuale **coinvolgimento di stakeholders pubblici e privati** che possono essere partner nella attuazione e nel finanziamento dell'intervento, soprattutto possono trarre vantaggi e benefici dalla realizzazione dell'opera. Infatti, più spesso di quanto non si creda, **con le Nature-based Solutions non si tratta di spendere di più ma di 'progettare lo spazio pubblico in modo diverso'**, investendo di più in soluzioni capaci di ridurre i costi e i tempi della manutenzione e di considerare nella valutazione costi-benefici anche i costi evitati grazie alla prevenzione dei rischi, o i valori di contesto generati, che possono aumentare il valore immobiliare degli interventi privati che ricadono nell'area di influenza degli spazi pubblici rinnovati. L'interesse della misurabilità dei benefici ambientali ed economici dell'infrastruttura verde urbana sta crescendo e – grazie a software e sistemi di valutazione - possono oggi essere quantificati assegnando loro un valore, sia in termini di spese evitate che di valore creato. **È infatti possibile 'misurare' la qualità del progetto, valutandone l'efficacia sotto il profilo microclimatico o dei servizi eco-sistemici erogati**, assumendo elementi per definire la strategia per la qualità urbana ed ecologico ambientale di un piano o di un progetto.

I COSTI INDICATI NELLE SCHEDE PROGETTO

Per un'analisi costi-benefici si dovrà tenere conto dell'intero costo della vita dell'opera, dalla sua progettazione (analisi di fattibilità, progetto preliminare, definitivo, esecutivo, analisi specialistiche e indagini in sito, ecc.), alla costruzione, alle diverse fasi di manutenzione (manutenzione iniziale, manutenzione regolare, occasionale), alla sua dismissione.

Per quanto riguarda la determinazione dei costi delle opere, nel presente P.A.S.A. sono riportate delle stime indicative dei costi di realizzazione delle soluzioni Nature-based. A tale fine, ove possibile, si è adottato come base di riferimento i differenti prezzari regionali inerenti le opere pubbliche di difesa del suolo, mentre per la quantificazione del costo dei materiali e lavorazioni più specialistiche non presenti, si è fatto riferimento a prezzi relativi ad indagini di mercato e/o prezzi già adottati in appalti pubblici di riqualificazione urbana o similari.

I costi indicati rappresentano **una stima parametrica dei costi, ovvero una stima dei costi unitari rispetto a parametri caratteristici dell'intervento**, quali, ad esempio, l'estensione areale (costo al mq) o il numero di medesimi presidi e elementi di mitigazione previsti (ad esempio costo per singolo pozzo drenante, ecc.). **È ovvio che tali costi potranno variare in funzione del contesto specifico, della scelta di materiali differenti, della scala e dimensioni dell'intervento, delle scelte specifiche.** È stata inoltre fornita, ove è stato possibile quantificarla entro un range definito, la stima dei successivi costi di manutenzione delle opere.

I BENEFICI ECO-SISTEMICI INDICATI NELLE SCHEDE DI PROGETTO

Per quanto riguarda i benefici eco-sistemici generati dalle Nature-based solutions proposte - e indicati all'interno delle schede progetto - è stata presa a riferimento la **classificazione CICES Common International Classification of Ecosystem Services** - sviluppata dall'Agenzia europea dell'ambiente (AEA).

La **classificazione CICES individua differenti servizi erogati dalle infrastrutture verdi.** Considerando l'ambito delle Nature-based Solutions proposte, si è ristretto il campo di valutazione a quei servizi erogati specificatamente in ambito urbano, arrivando a determinarne 9, così classificati:

- **servizi di produzione**
 - *produzione di cibo e di biomassa*
- **servizi di regolazione**
 - *regolazione delle polveri per la qualità dell'aria*
 - *riduzione del rumore*
 - *riduzione del runoff e del rischio di allagamento*
 - *potenziamento dell'impollinazione e della biodiversità*
 - *regolazione del calore e aumento del comfort urbano e del microclima*
- **servizi culturali**
 - *fruibilità e attrattività dello spazio pubblico*

- *identità e senso di appartenenza*
- *bellezza della natura.*

Dunque, ciascuna scheda progetto della Nature-based solution proposta, contiene i servizi ecosistemici sopra individuati ai quali viene attribuito un valore da 0 (servizio assente) a 3 oltre a individuare i casi di 'non applicabilità'. **Questa valutazione indicativa permette di mettere in evidenza i benefici erogati dalle differenti Nature-based Solutions proposte.** In questa classificazione rientrano nei servizi di regolazione tutti i benefici specificatamente ambientali, ovvero quelli connessi al clima, all'inquinamento, alla gestione delle acque pluviali urbane, agli impatti sulla salute pubblica e al benessere delle persone. Nei servizi di produzione rientrano le capacità delle infrastrutture verdi di produrre cibo e biomassa per la popolazione urbana. Nei servizi eco-sistemici culturali rientrano infine quei benefici sociali che rendono i luoghi fruibili, attrattivi e in grado di generare senso di appartenenza nelle persone. **È infatti la commistione dei diversi servizi eco-sistemici erogati dalle infrastrutture verdi a generare nella città resilienza e vivibilità e sono questi servizi che – insieme – determinano quel valore di contesto che incide anche sul valore economico di un intervento.**

1. Obiettivi e Strategie del P.A.S.A.

AREE URBANE DA RIGENERARE E CLIMA

Priorità strategica è la qualità ecologica al fine di assicurare sostenibilità e resilienza dei programmi e dei progetti di intervento nell'era della crisi climatica, della scarsità di suolo e delle altre risorse naturali. Con la consapevolezza, ormai ampiamente supportata dalla ricerca e dalla conoscenza nonché dall'esperienza consolidata di buone pratiche avanzate, verificate in molte città, che anche gli obiettivi sociali (di qualità del benessere, di sicurezza, coesione e inclusione sociale) e di sviluppo economico (di rivitalizzazione e rilancio di attività economiche locali e di occasioni di occupazione) nelle grandi città come nei piccoli comuni, sono strettamente connessi e dipendenti dalla qualità ecologica: dalla vivibilità, dalla attrattività, dal recupero e risanamento delle aree e degli edifici degradati. Pur dovendo procedere per parti, occorre operare con un disegno organico e coerente che punta all'elevata qualità ecologica, tenendo conto delle caratteristiche di contesto urbano e delle diversità territoriali.

A tal fine, il presente P.A.S.A. definisce e aggiorna la strategia comunale complessiva e gli indirizzi della pianificazione comunale con la visione della green city quale quadro di riferimento dei progetti e degli interventi di rigenerazione urbana.

1.1. LA CENTRALITA' DELLE AREE URBANE

Pianificare l'adattamento al clima nei processi di rigenerazione urbana

Il surriscaldamento globale – ed i conseguenti mutamenti nel regime delle precipitazioni e delle temperature – è considerato l'aspetto più rilevante dell'odierna crisi ambientale, responsabile dell'aggravarsi di molte delle criticità già presenti nelle aree più urbanizzate del nostro paese e del pianeta in generale. Alcuni dati possono aiutarci a comprendere la centralità delle aree urbane nella lotta ai cambiamenti climatici, la rilevanza dei processi – demografici, ambientali e climatici – oggi in atto, e perché sia così importante intervenire con urgenza nei contesti urbani. A livello globale, le aree urbane occupano solo il 3% della superficie del pianeta, ma ospitano il 54% di tutti gli esseri umani e consumano il 70% dell'energia e l'80% del cibo. Tra oggi e il 2050, la popolazione mondiale dovrebbe aumentare da 7,6 a 10 miliardi di persone, raggiungendo il 70% del totale. In Europa ed in Italia, già oggi più del 70% della popolazione vive nelle città e questa percentuale è destinata ad aumentare ancora.

Le città sono le maggiori responsabili delle emissioni inquinanti e climalteranti che vengono loro attribuite per il 75% del totale.

Come è noto, queste emissioni derivano dalle attività antropiche, fra le quali:

- **la mobilità, delle persone e delle merci,**
- **la residenza, che determina i consumi energetici per il raffrescamento e il riscaldamento degli edifici,**
- **le attività produttive, con ingenti impatti dovuti alla combustione industriale e alla produzione energetica.**

D'altra parte, **l'elevata concentrazione di popolazione, beni e attività e l'estrema artificialità dei sistemi urbani, innalzano ulteriormente il loro grado di vulnerabilità ed esposizione agli impatti ambientali e, in particolare, a quelli degli eventi climatici estremi.** Non dobbiamo pensare che questi temi riguardino solo le grandi realtà urbane: anche se il grado di vulnerabilità può variare moltissimo da città a città e persino all'interno della città stessa, tutte le aree urbane, grandi o piccole che siano, sono oggi esposte agli impatti del cambiamento climatico. E non dobbiamo nemmeno commettere l'errore di pensare che l'attuale inadeguatezza dei sistemi urbani a garantire un livello accettabile di sicurezza e di benessere ambientale delle persone che ci vivono sia dovuto unicamente all'emergenza climatica. Questa, nella maggior parte dei casi, non ha fatto altro che esacerbare le criticità già presenti e dovute, come sappiamo, ad un crescita che ha impermeabilizzato crescenti quote di suolo e non ha saputo mantenere un giusto equilibrio tra aree sigillate ed aree verdi, che ha irrigidito il reticolo idrografico e linearizzato gli alvei fluviali, tombato i corsi d'acqua nei tratti urbani, compromesso la naturale capacità di raffrescamento esercitata dalla vegetazione e ostacolato la ventilazione naturale nelle aree centrali. Allagamenti, esondazioni, alluvioni, temperature estive elevatissime, concentrazione di inquinanti e gas climalteranti nell'aria: tutti fenomeni che costituiscono una minaccia per il benessere, la sicurezza e la salute delle persone tutt'altro che trascurabile.

Delle crisi ambientali, quella climatica è forse la più complessa fra quelle che dovremo affrontare nei prossimi decenni e le città avranno un ruolo centrale nei processi di adattamento. Le politiche urbanistiche dovranno essere prioritariamente rivolte alla rigenerazione della città esistente e la rigenerazione urbana non potrà certo permettersi di mancare l'occasione di integrare nella sua realizzazione gli obiettivi della mitigazione e dell'adattamento ai cambiamenti climatici.

Sappiamo che il perseguimento di questi obiettivi passa **attraverso un approccio basato sulla reintroduzione della natura in città che contribuisce al tempo stesso a migliorare la qualità ambientale e sociale e la vivibilità degli spazi pubblici e, in definitiva, renderli più belli.** Inoltre, la qualità e la disponibilità degli spazi pubblici nelle nostre città possono giocare un ruolo fondamentale anche nel generare valori economici, poiché la qualità del costruito insieme alla qualità dello spazio pubblico sviluppano valori 'contestuali' che incrementano il valore degli immobili, come dimostra la crescente rilevanza assegnata al fattore contestuale nelle scelte di acquisto e di locazione.

1.2. INTERVENIRE AD OGNI SCALA

Rigenerare i tessuti urbani dal marciapiede, al quartiere, alla città

Il perseguimento degli obiettivi di protezione del clima e di contrasto agli effetti dei cambiamenti climatici passa attraverso azioni che possono interessare strumenti e scale di intervento molto diversi tra loro e può interessare sia luoghi pubblici e di uso pubblico sia spazi privati.

L'approccio multiscalare consente di mettere contemporaneamente in campo azioni che interessano più ambiti, livelli e tipologie di pianificazione: strategica, settoriale, generale, attuativa. Ma quel che preme sottolineare e che è ogni scala ed ogni piccolo intervento conta ed ogni occasione di revisione in chiave rigenerativa dei tessuti urbani può e deve costituire un'opportunità per l'adattamento climatico.

In una logica di pianificazione generale di scala urbana, le priorità di intervento dovranno riguardare i tessuti ed i contesti più esposti agli impatti degli eventi climatici estremi: per morfologia, criticità idrauliche, caratteristiche energetiche del patrimonio edilizio, demografia. È importante sottolineare che **i criteri e le strategie per la sostenibilità ambientale e climatica nei processi di trasformazione e rigenerazione urbana, agiscono principalmente sulla città pubblica, che offre gli spazi fisici nei quali possono trovare posto le trasformazioni per l'adattamento:** siano esse misure grigie – soluzioni tecnologiche ed ingegneristiche – e misure verdi – approcci basati sugli ecosistemi, come le Nature-based Solutions.

La dimensione progettuale urbana è forse la più interessante, proprio per gli approcci innovativi che mette in campo nella trasformazione della città esistente. **Attraverso i progetti di scala urbana, le amministrazioni locali hanno la possibilità di intervenire su ambiti di piccole o grandi dimensioni che, a seconda delle caratteristiche degli insediamenti di riferimento, potranno includere spazi con diversi gradi di complessità per la loro trasformazione:** piazze, parcheggi, quartieri degradati, comparti produttivi dismessi (artigianali o industriali), infrastrutture viarie, infrastrutture trasportistiche dismesse. Nella trasformazione di questi spazi in chiave rigenerativa, dovranno trovare posto giardini pubblici, parcheggi alberati, parchi urbani che, tutti insieme, costituiscono gli elementi di una vera e propria rete di spazi urbani connessi tra loro e con altri di rango territoriale. In tutti i casi, seguendo due fondamentali strategie: il mantenimento e/o il ripristino della permeabilità dei suoli urbani e l'introduzione o il rafforzamento della presenza di infrastrutture verdi e blu, che aiutino a migliorare il microclima urbano e la gestione sostenibile del ciclo delle acque.

Anche alla scala edilizia, dell'edificio, si può lavorare in maniera integrata con la rete delle infrastrutture verdi e blu; le azioni collegate possono riguardare interventi come i tetti verdi (con vantaggi nella regolazione del runoff, oltre che di miglioramento energetico), la depavimentazione delle aree pertinenziali, la piantagione di alberi. Altre iniziative, di tipo bottom-up, possono avvenire anche su iniziativa dei singoli cittadini o di associazioni che promuovono e collaborano alla desigillazione dei suoli come azione per creare aree verdi fruibili. Gli obiettivi sono gli stessi della scala urbana (comfort termico, miglioramento del microclima, gestione delle acque meteoriche) a cui si aggiungono quelli più strettamente sociali, di crescita di una comunità consapevole e sensibile a questi temi. Uno strumento per la realizzazione di queste azioni può essere la sottoscrizione di patti tra cittadini e pubbliche amministrazioni che hanno per oggetto la gestione sostenibile e la cura dei beni comuni. Queste azioni possono interessare gli spazi pubblici o privati di uso pubblico, come ad esempio i marciapiedi, gli spazi aperti ma sigillati dei complessi scolastici o di luoghi ricreativi e di aggregazione come parrocchie; spazi piccoli ma numerosi e distribuiti sui territori comunali, che possono diventare piccoli giardini ed aree verdi dedicate alla socialità, alla sosta e al gioco.

1.3. CITTA' OASI

Creare ombra e fresco per il benessere delle persone

Nello sviluppo o nella riqualificazione dei quartieri delle nostre città **non dovremmo mai trascurare l'importanza della presenza degli alberi che** - attraverso l'ombra e l'evapotraspirazione - **sono in grado di abbassare le temperature estive e rendere così piacevoli e fruibili i nostri spazi pubblici.**

La protezione dalla radiazione solare fornita dalle alberature urbane - presenti lungo le strade, a ridosso degli edifici, nelle piazze, nei parchi e nei giardini delle nostre città - è un bene preziosissimo.

L'ombra in città può essere creata anche con strutture artificiali, ma quando è possibile, è sempre da preferirsi la vegetazione perché, oltre all'efficacia termoregolativa, svolge contemporaneamente molte altre importanti funzioni, riferibili alla qualità dell'aria, dell'acqua, al rallentamento dei deflussi meteorici, all'inquinamento acustico, ecc.. Gli alberi – in base alla loro collocazione, alla foggia delle chiome e alle caratteristiche delle foglie – contribuiscono a mantenere fresche ed ombreggiate non solo le persone, ma anche le pavimentazioni urbane di piazze, strade, percorsi della mobilità e gli edifici. Infatti, creare situazioni diffuse d'ombra significa sottrarre importanti superfici alla radiazione solare diretta, evitando così che i 'materiali caldi' della città, di cui son fatti i palazzi, le case, le strade, le piazze, la assorbano e la trasformino in calore. Perché è proprio questo calore - di giorno e ancor di più di notte - che contribuisce sensibilmente a peggiorare il nostro comfort, sia negli spazi confinati nei quali abitiamo, dormiamo e lavoriamo, sia negli spazi aperti dove normalmente passiamo il nostro tempo libero, svolgendo attività sociali, ludiche e sportive.

L'ombreggiamento generato dalle infrastrutture verdi, per essere veramente efficace nell'abbattimento delle temperature, deve essere concepito in modo da garantire un adeguato livello di 'contiguità delle ombre' generate dai singoli alberi. A questo effetto si associa quello dell'evapotraspirazione, che deve assicurare una certa 'continuità': infatti, **l'efficacia di raffrescamento di una massa vegetativa è generata dalla somma degli effetti di evapotraspirazione e ombreggiamento ed è proporzionale alla continuità del primo e alla contiguità del secondo.**

Per fare questo, servono alberi in filari e masse vegetate ben progettati e interconnessi, concepiti come vere e proprie infrastrutture, capaci di sfruttare l'inerzia termica di bacini o corsi d'acqua eventualmente presenti e la presenza di potenziali fattori mitiganti. È importante considerare attentamente le caratteristiche micro-climatiche dei luoghi, inclusa la presenza e la direzione dei venti prevalenti estivi, in modo da creare ed incanalare brezze verso i tessuti urbani più densi e compatti.

Gli effetti combinati di ombra ed evapotraspirazione, se applicati al connettivo degli spazi verdi urbani, cioè i percorsi come strade e piste ciclo-pedonali, portano alla creazione di una rete connessa di piccole 'oasi' – situazioni d'ombra e di fresco – che assicurano una migliore fruibilità dei nostri quartieri anche agli utenti più deboli della strada, favorendo la mobilità attiva che spesso non viene praticata per la mancanza di condizioni di comfort.

1.4. CITTA' SPUGNA

Restituire spazio e tempo all'acqua e alle falde

Alcune delle 'funzioni metaboliche' storicamente svolte dagli spazi pubblici delle città, sono state nel tempo perse o demandate a infrastrutture grigie di tipo ingegneristico. La gestione del ciclo delle acque è una di queste. **I sistemi urbani, nel corso del loro sviluppo, hanno progressivamente sigillato i suoli e rinunciato a gestire in superficie le acque bianche degli apporti meteorici.**

Chiunque osservi l'ambiente costruito può rendersi conto della netta prevalenza delle superfici impermeabili a scapito di suoli permeabili e vegetati. Gli spazi aperti urbani sono quasi sempre rivestiti con pavimentazioni non drenanti, a prescindere da una effettiva necessità funzionale. Ma i rivestimenti minerali e bituminosi non interessano solo piazze, parcheggi e marciapiedi: anche gli spazi pertinenziali degli edifici, siano essi pubblici o privati, sono normalmente sigillati.

Oggi i sistemi idraulici urbani stanno dimostrando tutta la loro inadeguatezza a fronte delle criticità innescate dagli effetti dei cambiamenti climatici. Criticità che, naturalmente, si aggiungono a quelle pregresse. Ma, con l'aggravarsi dei fenomeni atmosferici estremi, la gestione dei deflussi meteorici superficiali sta diventando sempre più problematica all'interno dei sistemi urbani: in caso di piogge intense e prolungate, le reti idrauliche entrano molto più rapidamente in crisi, dando luogo ad allagamenti (ed inquinamenti), mettendo a rischio l'incolumità delle persone e causando ingenti danni alle infrastrutture e perdite sociali, ambientali ed economiche.

Ciò che è venuto meno, e che oggi è necessario ed urgente ripristinare, è la 'funzione spugna' esercitata dai suoli permeabili delle aree verdi. Molte esperienze in corso in tema di adattamento climatico in diversi paesi nel Nord Europa, in America e in Cina (dove è stata coniata l'espressione 'città-spugna'), hanno come strategia l'attuazione di consistenti programmi di desealing e la loro trasformazione in superfici drenanti e vegetate. **La strategia prevede che accanto alla depavimentazione, si proceda con la realizzazione di ulteriori misure – come giardini della pioggia, fossati e bacini inondabili, ecc. – capaci di garantire un ciclo delle acque meteoriche urbane il più possibile sostenibile e circolare.**

Tutte queste misure assieme attuano i seguenti principi:

- **rallentamento dei deflussi superficiali delle acque;**
- **laminazione e infiltrazione, attraverso il suolo, verso la falda superficiale e profonda;**
- **ritenzione in depressioni e volumi appositamente progettati per una successiva restituzione progressiva dell'acqua nel tempo;**
- **stoccaggio della risorsa idrica in vista di successivi utilizzi.**

L'accumulo dell'acqua è di fondamentale importanza poiché la città spugna non ha l'ambizione di gestire l'abbondanza delle precipitazioni, ma anche i prolungati periodi di siccità, per i quali la disponibilità delle acque meteoriche può garantire, in primis, il mantenimento in salute dell'infrastruttura verde e l'esercizio della funzione di evapotraspirazione proprio quando ce n'è più bisogno.

1.5. CITTA' VERDE, CITTA' BLU

Integrare le infrastrutture per la gestione dell'acqua, la regolazione del calore e la mobilità

Nei prossimi decenni, le sfide poste dalla crisi climatica alle città comporteranno la formulazione di strategie adattative capaci di agire sulle due fondamentali alterazioni dei sistemi urbani: **il bilancio energetico superficiale (regime delle temperature) e il regime delle precipitazioni**. Sappiamo che le soluzioni più performanti per il miglioramento del microclima e per la prevenzione dei rischi sono rappresentate dalle Nature-based Solutions. Ne consegue che la dotazione di aree verdi in città non può più essere considerata un tema di carattere meramente ornamentale o quantitativo ma, decisamente, prestazionale.

Fra i principali aspetti prestazionali del verde – in chiave climatica e di benessere termico delle persone – vi è l'efficienza termoregolatrice delle masse arboree. Questa può essere fortemente condizionata da fattori quali la scelta delle specie più adatte a resistere nei contesti urbani, dal rispetto dei criteri di contiguità delle ombre e della continuità dell'evapotraspirazione e dalla capacità del progetto di paesaggio di integrare questi criteri con quelli della morfologia dello spazio urbano, nel quale gli alberi dovranno trovare posto ed essere organizzati come individui isolati, in filari (singoli, doppi, a gruppo o misti) o come massa vegetata.

Abbiamo imparato dalle esperienze delle città nord europee quanto sia importante **integrare il progetto della infrastruttura verde a quello della infrastruttura blu** e che, queste, lavorano in sinergia con la rete delle infrastrutture grigie, accompagnando i percorsi della mobilità, specie quella ciclo-pedonale. **Questo tipo di integrazione di spazi verdi e permeabili con le reti verdi-blu-grigie implica una progettazione attenta perché getta le vere fondamenta dei progetti di trasformazione urbana in chiave climate-proof.**

In questi casi siamo fuori dall'ambito del retrofitting diffuso, qui il progetto del paesaggio urbano definisce i livelli sovrapposti delle tre infrastrutture e le trasformazioni si realizzano partendo dagli spazi verdi e dai sistemi idraulici di gestione sostenibile delle acque ad essi integrati, precedendo lo sviluppo edilizio della città costruita.

1.6. CITTA' UNDERGROUND

Ripensare il disegno degli spazi pubblici sopra e sotto il suolo

Spesso dimentichiamo che **nelle viscere della città corrono infrastrutture a rete che raccolgono acque meteoriche, acque reflue e altre reti tecnologiche** (gas, illuminazione, elettricità, teleriscaldamento, fibra ottica, ...) **e che insieme a queste reti insistono le infrastrutture naturali formate dalle radici degli alberi e delle piante, con un volume speculare alle chiome aeree.**

Le reti tecnologiche, spesso realizzate senza una visione d'insieme della città, costituiscono un fattore fortemente limitante la rigenerazione in chiave green degli spazi pubblici soprastanti e per la vita delle infrastrutture verdi, così preziose per la produzione di servizi eco-sistemici necessari alla vita urbana e al benessere delle persone. E dunque, anche lo spazio pubblico va concepito sopra e sotto il suolo integrando i bisogni delle differenti reti ingegneristiche e naturali. **Il mancato governo di queste intricate reti di sottoservizi – la cui celata geografia spesso non ha impegnato le amministrazioni locali ed i vari gestori ad un disegno concertato e a una razionale realizzazione delle stesse – pone oggi, in fase di revisione dei tessuti urbani esistenti, un importante vincolo all'integrazione di nuovi progetti di spazio pubblico delle aree urbane.** La realizzazione, la modifica e l'ampliamento delle varie infrastrutturazioni sotterranee possono, nel corso del tempo, confliggere pesantemente con la salute e la stessa sopravvivenza degli alberi e delle infrastrutture verdi o addirittura precluderne la realizzazione a causa e degli impatti di tipo fisico che minacciano gli apparati radicali delle piante.

Queste criticità sono talvolta superabili, altre volte si pone una tema di sostenibilità economica degli interventi. Per questo bisogna cominciare a **prestare maggiore attenzione sia nell'intervenire nelle reti dei sottoservizi esistenti sia riprogettando le reti in maniera smart, tenendo conto delle future necessità del progetto di paesaggio dello spazio soprasuolo e di una più efficiente, economica e veloce manutenzione delle reti sottosuolo.**

1.7. CITTA' PUBBLICA, CITTA' PER LE PERSONE

Ripensare gli spazi urbani per l'attrattività, la salute e l'inclusione sociale

A qualsiasi scala si associno i processi e le azioni di adeguamento climatico e miglioramento ambientale da intraprendere nei processi di rigenerazione urbana, non v'è dubbio che la città pubblica sia il luogo fisico destinato ad accogliere questi interventi e la regia pubblica del piano urbanistico lo strumento per la loro attuazione.

La città pubblica è lo spazio della socialità, dell'integrazione, dell'inclusione. È lo spazio nel quale i cittadini esercitano i loro diritti e le loro libertà. È lo spazio in cui manifestare, incontrarsi, giocare, camminare, andare in bicicletta. Sono davvero tante e diverse le 'qualità' urbane necessarie affinché questi diritti – al verde, al benessere, alla salute, all'accessibilità, alla camminabilità, alla mobilità attiva – si realizzino e possano essere esercitati.

Le persone stanno bene in un luogo pubblico se si sentono al sicuro, se si sentono in una condizione di comfort e di benessere - fisico e psicologico - e se hanno la possibilità di vivere momenti di socialità ed esperienze che ne stimolano e rinnovano la sensazione di appartenenza. Stare bene nello spazio urbano è una esigenza che può dunque essere soddisfatta e progettata e che dipende dalla qualità ambientale percepita dalle persone, in termini di vivibilità e vitalità. Per ottenere spazi vivibili l'approccio più corretto alla progettazione dello spazio pubblico deve tenere conto delle variabili legate alla socialità e alla sicurezza, insieme a quelle ambientali e climatiche. Tra gli elementi più importanti per il comfort outdoor vanno presi in considerazione la morfologia dello spazio, i materiali vegetali e minerali, la presenza dell'acqua, gli alberi, le sedute. Uno sguardo attento alla dimensione umana della città deve considerare dunque alcuni aspetti chiave, quali la vivibilità, la sicurezza, la sostenibilità ambientale e la salute delle persone. Questi obiettivi risultano tanto più raggiungibili quanto più aumenta l'attenzione verso i cittadini ed il modo in cui vivono e si muovono nella città per svolgere le attività sociali e volontarie, nel loro tempo libero.

- **ATTIVITÀ INDISPENSABILI:** sono attività che le persone sono tenute a fare e che si compiono ogni giorno, come andare a scuola o al lavoro, o fare la spesa, andare a prendere l'autobus o il treno. In questi casi le persone tendono a scegliere il percorso più breve e la qualità ambientale del tragitto scelto influenza poco la scelta.
- **ATTIVITÀ VOLONTARIE:** sono attività che le persone fanno quando lo desiderano o ne hanno il tempo, come lo stare seduti a leggere un libro o sdraiati in un parco nel tempo libero o passeggiare tra le vie del centro. Queste attività hanno luogo in spazi che le persone scelgono dando priorità alle qualità ambientali e alla vivibilità dei luoghi. Le condizioni ambientali infatti invogliano le persone a sostare negli spazi e a svolgere azioni anche per periodi prolungati.
- **ATTIVITÀ SOCIALI:** sono attività che dipendono dalla presenza di più persone nello stesso luogo, come il gioco dei bambini o il fare sport di gruppo tra ragazzi o il darsi appuntamento per parlare con un amico, una fidanzata, una persona a cui teniamo. La vivibilità degli spazi pubblici, la sedibilità, la sicurezza, l'assenza di eccessivo rumore, la presenza di ombra e di fresco invogliano le persone a stare insieme negli spazi pubblici.

2. Azioni Sostenibili per l'Ambiente

SOLUZIONI ED INTERVENTI NATURE-BASED

Le seguenti Soluzioni Naturalistiche da sviluppare sul territorio comunale, riguardano approcci metodologici inerenti la 'Gestione delle Acque', il 'Verde tecnico di ambiente costruito' e il 'Verde urbano e suolo'.

La gestione delle acque e del drenaggio urbano è fondata su un approccio multidisciplinare che, sfruttando i diversi servizi ecosistemici, utilizza soluzioni naturali integrate che permettono di migliorare la risposta idrologica del territorio urbanizzato e ottenere benefici aggiuntivi in termini di qualità delle acque, aumento della biodiversità e aumento della fruizione di aree pubbliche. Le principali tipologie da implementare riguardano sia la progettazione di interventi su strade, piazze e infrastrutture ad esse connesse che la riqualificazione di aree verdi e piccoli corsi d'acqua in area urbana e periurbana.

La progettazione e realizzazione del verde urbano, nelle sue diverse componenti, rappresenta una grande opportunità di riqualificazione e miglioramento ambientale e climatico. Si segue un approccio multiobiettivo, più attento all'adattamento al cambiamento climatico e alla capacità di rimozione da parte del verde urbano delle sostanze inquinanti, ma anche alla riqualificazione degli spazi, per rendere più vivibili le aree e migliorare le opportunità e occasioni di socialità.

La progettazione del verde urbano è fondata sullo sviluppo della vegetazione su edifici e manufatti di arredo urbano. Oltre che a rappresentare un elemento di rinaturalizzazione e mitigazione ambientale di un qualsiasi manufatto, è una componente fondamentale nelle misure di adattamento agli effetti dei cambiamenti climatici, in particolare per quanto riguarda il contrasto alla formazione delle isole di calore.

2.1. GIARDINI DELLA PIOGGIA

Gestire le acque meteoriche in ambito urbano

I giardini della pioggia sono elementi lineari che sfruttano le pendenze per convogliare l'acqua piovana proveniente da tetti, strade, parcheggi o piazze.

Presentano una depressione superficiale esigua di circa 10-20 cm e sezioni strutturate con elementi minerali di bordo o "morbide" con pareti inerbite, vegetati con piante e alberature. Sono progettati per riprodurre il naturale processo di infiltrazione del terreno non trasformato.

Sono un ottimo elemento di arredo urbano alla micro-scala: possono realizzarsi all'interno di lotti o lungo assi viari e pedonali, in rotonde, piazze o parchi.

I giardini della pioggia permettono di:

- ridurre il runoff superficiale e favorire l'infiltrazione in falda (grado di efficacia in funzione delle caratteristiche del terreno);
- rimuovere gli inquinanti attraverso i meccanismi legati alla filtrazione e all'assorbimento biologico da parte delle specie vegetali (efficacia medio-alta);
- ridurre i picchi di piena nei corpi ricettori (efficacia media);
- favorire la biodiversità ed incrementare il valore paesaggistico del contesto (efficacia alta);
- ridurre l'effetto isola di calore (efficacia alta).

SERVIZI ECO-SISTEMICI EROGATI



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

I giardini della pioggia sono elementi lineari, con larghezza di 1 -2 metri (ma possono raggiungere larghezze anche di 10-15 metri) e profondità di circa 10-20 cm. Permettono di far fronte ai primi 5 mm di pioggia per una superficie pari a circa 5 volte l'area del rain garden.

Sono sistemi in transizione, legati agli eventi atmosferici: in occasione di piogge intense, specialmente di breve durata, il giardino e le specie vegetali vengono sommersi, mentre in tempi ridotti, a seguito dell'evento, si ripristina la condizione di partenza ed il giardino è visibile.

In quanto sistemi adattabili ad una grande varietà di situazioni, l'approccio progettuale può diversificarsi in funzione del contesto e del risultato che si vuole raggiungere. In generale, gli elementi principali che compongono un rain garden sono:

- **Ingresso/immissione** delle acque di runoff nel rain garden
- **Vegetazione superficiale**
- **Strato filtrante**
- **Strato di transizione**
- **Strato drenante** con eventuale condotta forata.

Il sistema di alimentazione deve essere studiato al fine di prevenire l'erosione e il trasporto di materiale e per favorire una distribuzione uniforme del flusso idrico sulla superficie filtrante. A tal fine si possono prevedere cordoli a raso (per la massima uniformità nella distribuzione delle acque di runoff) o dei punti ribassati e/o aperture lungo i cordoli.

La vegetazione influenza in modo significativo la capacità del giardino della pioggia di abbattere il carico inquinante e permette, se il sistema è correttamente progettato, di ridurre in modo sostanziale solidi sospesi, concentrazione di fosforo totale, dei metalli, ed in misura minore del quantitativo di azoto. La selezione delle specie più adatte è specifica del sito.

Lo strato filtrante è la sede delle specie vegetate del giardino e si compone di una miscela di terriccio (20-25%), compost organico (20-25%) e sabbia (50-60%), fornendo i nutrienti alle piante. Si prevede in alcuni casi uno strato soprastante di pacciamatura con corteccia o lapillo vulcanico, che ha la funzione di mantenere costante il grado di umidità del terreno.

Gli spessori consigliati sono variabili tra 75 e 100 cm, ma può essere ridotto nel caso di sistemi molto semplici. Uno spessore minimo di 40 cm è raccomandato, nel caso in cui siano presenti solo piante tappezzanti.

Nel caso di rain garden molto semplici, utilizzati per intercettare piccole aree (quali ad esempio le coperture), lo strato filtrante e il letto drenante sono di norma sostituiti da uno strato di spessore compreso tra 20 e 50 cm costituito da suolo nativo miscelato con compost organico/sabbia o da altra specifica miscela.

Lo strato di transizione è uno strato di granulometria più fine, che ha la funzione di prevenire il dilavamento delle particelle fini dallo strato filtrante superiore verso il letto drenante inferiore, nonché di mantenere un determinato grado di umidità agli apparati radicali delle piante. Lo spessore deve essere definito usando i criteri dei filtri e di norma si adotta un valore minimo di 10 cm. In alternativa può essere utilizzato un geotessile, meno consigliato per il rischio di intasamento.

Il letto filtrante ha la funzione di raccogliere l'acqua dallo strato filtrante e favorire l'infiltrazione nel terreno sottostante. Può essere inserita una tubazione drenofessurata con l'obiettivo di distribuire in modo uniforme i flussi lungo lo strato drenante. Lo spessore di tale strato dipende anche dal diametro della tubazione fessurata (indicativamente variabile tra 100 mm e 250 mm), e di norma si prevedono 10 cm di ricoprimento e 10-15 cm di allettamento della condotta.

Il giardino della pioggia permette di mitigare ma non di risolvere le criticità idrauliche in occasione di eventi intensi; pertanto, è sempre necessario prevedere un troppo pieno che colletti le acque non infiltratesi verso la fognatura.

I sistemi filtranti sono dimensionati con tempi di drenaggio delle acque non superiori a 24-48 ore, in modo da garantire tempo di residenza adeguato alla rimozione degli inquinanti e al contempo evitare il ristagno e la proliferazione di insetti.

Se realizzati su aree con pendenza non trascurabile, è importante creare piccoli sbarramenti per favorire la distribuzione omogenea del volume d'acqua da infiltrarsi su tutta la superficie del giardino.

CONTESTI DI APPLICAZIONE E VINCOLI

In ambito residenziale possono configurarsi come aiuole esterne agli edifici.

In strada, possono essere utilizzabili all'interno delle rotatorie, nelle aree verdi a bordo dei parcheggi, lungo i margini delle carreggiate o lungo le aree pedonali.

In ambiti commerciali e produttivi possono configurarsi come aiuole negli spazi verdi esterni degli edifici, in particolare per infiltrare le acque delle coperture. In funzione del grado di inquinamento e di traffico, può essere necessario un sistema di trattamento delle acque di prima pioggia.

▪ Spazio richiesto

Si tratta di elementi lineari con basso fabbisogno di superficie a cui sono generalmente associate superfici impermeabili di modesta entità.

▪ Tipologia di terreno e presenza della falda

I giardini della pioggia necessitano di terreno permeabile e falda ad almeno 1 mt dal fondo del letto filtrante per favorire un buon livello di abbattimento degli inquinanti.

VEGETAZIONE E SPECIE CONSIGLIATE

La specie da mettere a dimora devono essere in grado di adattarsi sia a condizioni di allagamento sia a periodi di siccità e convivere con l'inquinamento atmosferico. È necessario prevedere un impianto vegetale denso (circa 6-10 piante/mq in relazione alle specie scelte) per incrementare la densità degli apparati radicali e favorire il mantenimento della permeabilità del suolo.

Nei sistemi con sviluppi areali considerevoli è importante distribuire le diverse specie in funzione della loro capacità resiliente in condizioni più estreme.

Le specie arbustive sono efficaci per il loro apparato radicale molto capillare e possono costituire una barriera verde come elemento deterrente all'accesso al pubblico, ove necessario.

La scelta della tipologia di piante è peculiare del sito e del contesto climatico dell'intervento. Esistono molte specie ripariali da prescegliere tra:

- **Erbacee** balsamina gialla, filipendula, felce palustre, iris;
- **Arbusti** Cornus, frangula, salici arbustivi, viburno;
- **Alberi** cipresso calvo, ontano, pioppo, salici arborei.

FRUIBILITÀ E ATTRATTIVITÀ DELLO SPAZIO PUBBLICO

La superficie del rain garden non è direttamente fruibile, ma si può inserire in contesti urbani al fine di creare un valore aggiunto soprattutto lungo arterie pedonali o ciclabili.

MANUTENZIONE

Il rendimento del sistema di fitodepurazione e la capacità di infiltrazione nel sottosuolo dipendono dal grado di manutenzione, con particolare attenzione alle specie vegetali. La manutenzione deve essere particolarmente accurata durante i primi mesi dopo la realizzazione: il sistema deve essere ispezionato dopo gli eventi di pioggia e si deve stimare il quantitativo di sedimenti depositati, al fine di verificare le capacità di infiltrazione del dreno e degli strati filtranti.

Successivamente, la manutenzione ordinaria con cadenza trimestrale, riguarda:

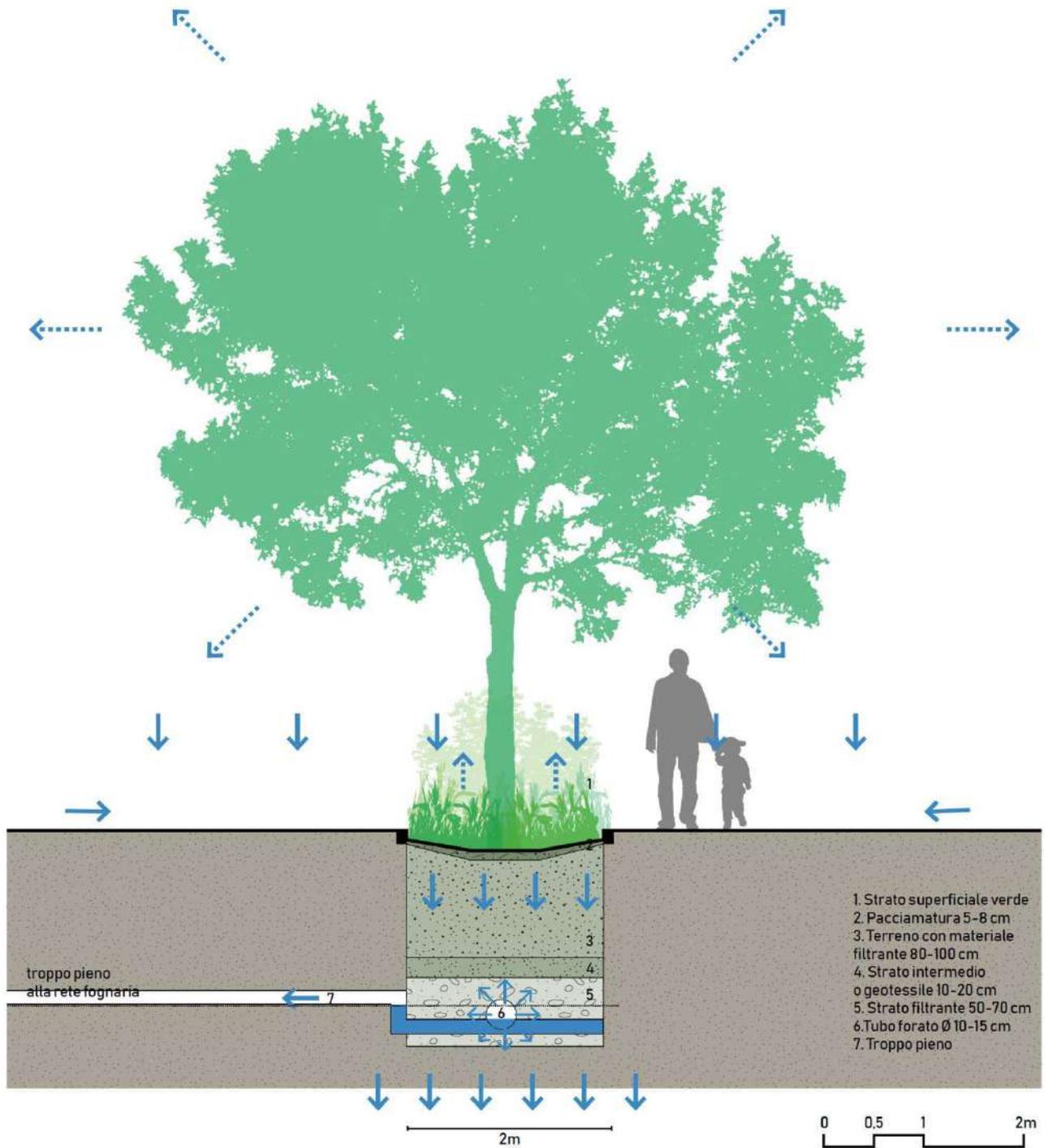
- raccolta di rifiuti (dannosi in particolare per il valore estetico e paesaggistico);
- pulizia dell'area di raccolta delle acque stradali per ridurre l'apporto di sedimenti;
- controllo dello stato di salute delle piante e prevenzione del proliferarsi di specie invasive;
- controllo e la pulizia delle trincee drenanti (se presenti), con cadenza annuale.

La manutenzione straordinaria riguarda la sostituzione della pacciamatura e/o degli altri strati filtranti e dei dreni, qualora sottoposti ad intasamento.

COSTI INDICATIVI

- 20-30 euro/mq: scavo con profondità di 1 m, smaltimento e finitura superficie a prato;
- 30-40 euro/ml: realizzazione dello strato filtrante in giardino di sezione indicativa B100xH50cm.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



Sezione tipo di giardino della pioggia

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI

Giardino della pioggia realizzato tra una strada residenziale ad elevata fruibilità ciclabile e pedonale e la piazza giardino di Tåsinge Plads. Siamo nel quartiere di Østerbro, oggetto di un progetto di adattamento degli spazi pubblici a Copenhagen. (Progetto di Tradje Nature)



Viale pedonale e giardini della pioggia a bordo strada nell'eco-quartiere di Boulogne-Buillancourt, realizzato nell'area dell'ex fabbrica Renault in prossimità di Parigi, in Île-de-France. (Progetto paesaggistico di Agence TER)

2.2. TRINCEE INFILTRANTI

Drenare le acque pluviali urbane

Le trincee infiltranti o drenanti sono elementi lineari riempiti con materiale ghiaioso permeabile (o in alternativa in elementi prefabbricati in materiale plastico), nei quali l'acqua meteorica viene invasata e si infila lentamente nel sottosuolo. Questi elementi costituiscono dei sistemi di moderazione dei deflussi a scala diffusa, ovvero da realizzarsi alla micro-scala, a livello di singoli lotti.

Le trincee infiltranti possono essere mantenute con superficie ghiaiosa o inverditi in superficie, progettati come elementi di arredo urbano ai bordi di aree pavimentate.

Le trincee drenanti sono realizzate con l'obiettivo di:

- favorire l'infiltrazione in falda (grado di efficacia in funzione delle caratteristiche del terreno);
- rimuovere gli inquinanti attraverso i meccanismi legati alla filtrazione e all'assorbimento biologico da parte delle specie vegetali (efficacia bassa);
- ridurre i picchi di piena nei corpi ricettori (efficacia media).

SERVIZI ECO-SISTEMICI EROGATI



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

La realizzazione delle trincee di infiltrazione richiede una buona conoscenza del terreno e del sottosuolo per assicurare una sufficiente permeabilità del sottosuolo (coefficiente di permeabilità del terreno $k > 10^{-5}$ m/s).

Le trincee hanno profondità compresa tra 1-2 mt, con fondo trincea ad almeno 1 mt dal livello massimo della falda superficiale. La larghezza è compresa tra 0,5 m e 2 m.

Di solito si prevede la posa all'interno del mezzo drenante di una tubazione drenofessurata per favorire una più regolare distribuzione delle acque meteoriche lungo lo sviluppo della trincea e di garantirne il deflusso verso l'uscita (fognatura o altro corpo idrico recettore) della parte di portata non infiltrata.

La larghezza della trincea deve essere di norma pari al diametro della tubazione inserita più almeno 15 cm su ogni lato.

Il materiale di riempimento della trincea si compone di ghiaione/ghiaia lavata con porosità media 30% (o in alternativa granulato di lava o elementi prefabbricati in materiale plastico, con valori di porosità anche superiori al 90%), protetta sul perimetro esterno da un filtro geotessile che ne evita l'intasamento con materiale fine.

Lo strato superficiale varia in funzione del tipo di utilizzo della superficie e delle modalità di alimentazione della trincea:

- **Direttamente dalle acque superficiali**, la finitura superficiale deve essere permeabile (ad esempio con pietrisco drenante o con pietrisco e terreno vegetale);
- **Indirettamente dalla rete fognaria**, la superficie può essere impermeabile.

Non sono utilizzabili materiali che possono determinarne l'intasamento della superficie drenante, in particolare le sabbie.

È consigliato posizionare pozzetti di ispezione lungo la trincea filtrante per favorire le manovre di pulizia dei dreni. La trincea filtrante deve essere dimensionata in modo da ottenere uno svuotamento completo entro 12-24 ore dalla fine dell'evento di pioggia.

CONTESTI DI APPLICAZIONE E VINCOLI

In ambito residenziale, sono integrabili negli spazi pubblici di piccole aree urbanizzate per la raccolta delle acque delle coperture (con ridotto carico inquinante) e delle aree permeabili.

In caso di applicazione lungo assi viari, sono utilizzabili ad esempio nelle aiuole verdi a bordo strada o a lato degli stalli di un parcheggio; in funzione del grado di inquinamento e di traffico, può essere necessario un sistema di trattamento delle acque di prima pioggia.

In ambiti commerciali e produttivi sono utilizzabili in aree impermeabilizzate con poca superficie permeabile disponibile, per favorire la parziale infiltrazione; in funzione del grado di inquinamento e traffico, può essere necessario un sistema di trattamento delle acque di prima pioggia.

- **Spazio richiesto**

Sono elementi lineari con basso fabbisogno di superficie (di regola meno del 10% della superficie impermeabile afferente), associate a superfici impermeabili di modesta entità.

- **Tipologia di terreno e presenza della falda**

Le trincee necessitano della presenza di terreno permeabile al di sotto del fondo trincea al fine di favorire la dispersione in falda. La falda superficiale deve trovarsi ad almeno 1 mt dal fondo bacino per favorire un buon livello di abbattimento inquinanti. Questa soluzione non è adottabile in zone di protezione della falda acquifera.

ELEMENTI VEGETALI

Le trincee possono essere mantenute con superficie ghiajata o con specie tappezzanti, progettate come elemento di arredo urbano ai bordi di aree pavimentate. Le specie più adatte sono:

- **Per le aree in ombra** dicentra, edera, pervinca, Pachisandra, sassifraga;
- **Nelle zone soleggiate** Achillea millefolium, Bellis perennis, Elymus arenarius, Helxine soleirolii, Hernaria, Isotoma fluviatilis, Lotus corniculatus, Phyla nodiflora, Sagina subulata, timo, trifoglio.

GRADO DI FRUIZIONE AL PUBBLICO

A seconda degli usi previsti, l'area interessata può essere resa fruibile (ad esempio come percorso pedonale), o come elemento di arredo a verde.

MANUTENZIONE

La manutenzione ordinaria deve essere eseguita con frequenza regolare, almeno semestrale, e comprendere:

- ispezione ed eventuale rimozione dei sedimenti/fogliame da superficie permeabile, pozzetti di ispezione e sistemi di pretrattamento (ove presenti);
- rimozione dei sedimenti dai sistemi di pretrattamento (ove presenti).

La manutenzione straordinaria e occasionale riguarda:

- verifica dell'assenza di radici in corrispondenza dei dreni;
- espurgo delle tubazioni drenofessurate o dei pozzetti;
- pulizia e sostituzione dello strato filtrante superficiale, del medium drenante e del geotessile (se necessario, in caso di intasamento).

I costi di manutenzione sono medio-alti, in quanto è necessario un controllo regolare e possono essere richiesti significativi interventi di manutenzione straordinaria.

COSTI INDICATIVI

I costi di realizzazione variano a seconda della geometria della trincea e dalla profondità di scavo, indicativamente:

- 80-100 euro/ml: trincea di sezione pari a 1 mq.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI

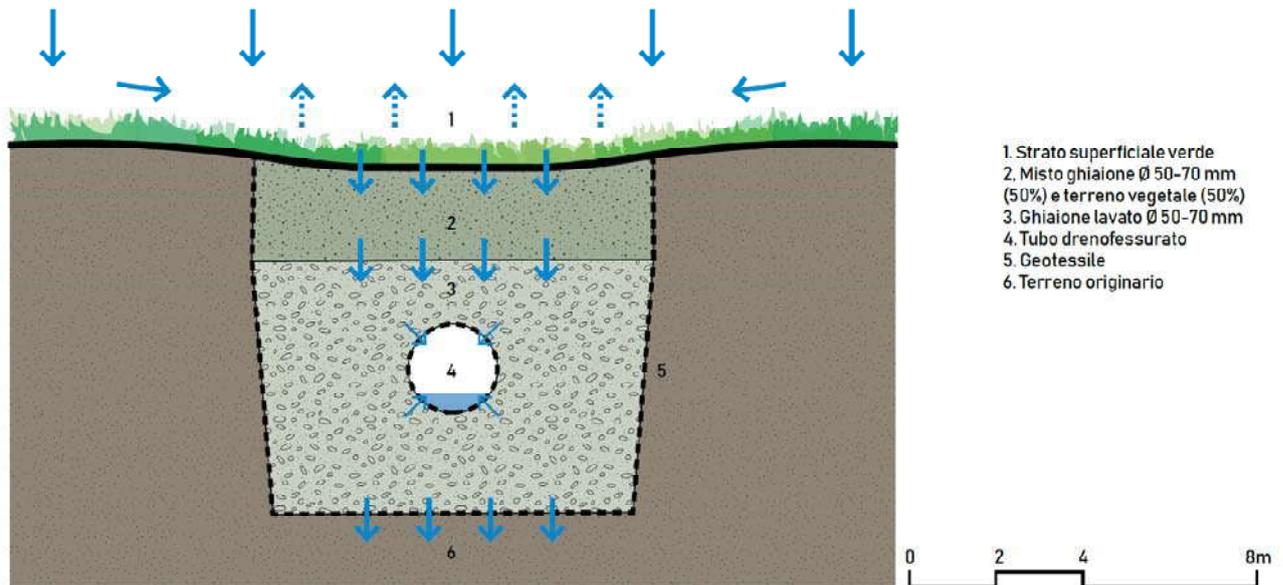
Trincea drenante a margine della biblioteca pubblica dell'eco-quartiere Bottière Chénaie a Nantes, in Francia. (Progetto paesaggistico e di Atelier de Paysage Bruel-Delmar)



Trincea drenante vegetata a Zollhallen Plaza, piazza inondabile realizzata in quartiere periferico di Friburgo, in Germania. (Progetto di Ramboll Studio Dreiseitl)



IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



Sezione tipologica di trincea drenante

2.3. POZZI DI INFILTRAZIONE

Drenare le acque pluviali urbane

I pozzi di infiltrazione o perdenti rappresentano un'alternativa alle trincee infiltranti: sono elementi puntuali che favoriscono l'infiltrazione delle acque pluviali nel sottosuolo in modo concentrato e risultano particolarmente idonei in aree con limitata superficie a disposizione, come interventi alla micro-scala.

Consistono in uno scavo più o meno profondo per la posa di un pozzo perdente costituito da anelli filtranti in cui viene convogliata l'acqua meteorica e ivi immagazzinata, prima di infiltrarsi lentamente nel sottosuolo.

L'area interessata dal pozzo filtrante in superficie può essere rifinita con superficie ghiajata permeabile, così da integrarsi anche in aree a verde urbano o destinate alla pubblica fruizione.

I pozzi di infiltrazione sono realizzati con l'obiettivo di:

- favorire l'infiltrazione in falda (grado di efficacia in funzione delle caratteristiche del terreno);
- rimuovere gli inquinanti attraverso i meccanismi legati alla filtrazione e l'assorbimento biologico da parte delle specie vegetali (efficacia bassa);
- ridurre i picchi di piena nei corpi ricettori (efficacia media).

SERVIZI ECO-SISTEMICI EROGATI



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

La realizzazione dei pozzi di infiltrazione richiede una buona conoscenza del terreno e del sottosuolo, in quanto deve essere assicurata una sufficiente permeabilità del sottosuolo (coefficiente di permeabilità del terreno $k > 10^{-5}$ m/s).

I pozzi perdenti sono realizzati con anelli forati di vario diametro, variabile tra 100 cm e 200 cm, mentre la profondità complessiva varia da 2 m fino a 5 m (pozzi profondi). Lo scavo eseguito a pareti laterali verticali oppure inclinate secondo la tipologia del terreno, viene riempito di materiale granulare con alto coefficiente di permeabilità. Il fondo del pozzo viene riempito con materiali a granulometria grossolana (ad esempio ciottoli, ghiaia grossolana).

Il pozzo viene protetto sul perimetro esterno del pozzo e su quello di scavo da un filtro geotessile che ne evita l'intasamento con materiale fine.

A seconda della tipologia delle acque da infiltrare, si prevede a monte del pozzo un pozzetto per il pretrattamento delle acque, che favorisca il deposito degli olii e dei sedimenti.

Il pozzo potrà essere completato con uno scarico di troppo pieno, per consentire lo smaltimento delle acque verso un recapito fognario/corpo idrico anche in occasione di eventi eccezionali.

Lo strato superficiale può essere costituito da pietrisco drenante per meglio inserirlo in un contesto paesaggistico urbano.

CONTESTI DI APPLICAZIONE E VINCOLI

In ambito residenziale possono essere realizzati in piccole aree urbanizzate per la raccolta delle acque delle coperture (con ridotto carico inquinante) e delle aree permeabili. Sono integrabili negli spazi pubblici con facilità.

In caso di applicazione lungo assi viari, sono utilizzabili nelle aiuole verdi a bordo strada o nei parcheggi; in funzione del grado di inquinamento e di traffico, può essere necessario un sistema di trattamento delle acque di prima pioggia.

In ambiti commerciali e produttivi, in funzione del grado di inquinamento e di traffico, può essere necessario un sistema di trattamento delle acque di prima pioggia.

▪ Spazio richiesto

I pozzi perdenti sono elementi puntuali con basso fabbisogno di superficie (di regola circa l'1% della superficie impermeabile afferente); sono generalmente associate a superfici impermeabili di modesta entità.

▪ **Tipologia di terreno e presenza della falda**

I pozzi perdenti necessitano di terreno permeabile al di sotto del fondo pozzo al fine di favorire la dispersione in falda. La falda superficiale deve trovarsi ad almeno 2 mt dal fondo pozzo per favorire un buon livello di abbattimento inquinanti. Questa soluzione non è adottabile in zone di protezione della falda acquifera.

ELEMENTI VEGETALI

I pozzi perdenti possono essere rifiniti con superficie ghiajata o con specie tappezzanti, progettati come elementi di arredo urbano ai bordi di aree pavimentate. Le specie adatte sono:

- **In ombra** dicentra, edera, pervinca, Pachisandra, sassifraga;
- **Nelle zone soleggiate** Achillea millefolium, Bellis perennis, Elymus arenarius, Helxine soleirolii, Hernaria, Isotoma fluviatilis, Lotus corniculatus, Phyla nodiflora, Sagina subulata, timo, trifoglio.

GRADO DI FRUIZIONE AL PUBBLICO

Sono puntuali che richiedono un ridotto fabbisogno di superficie. Valgono le considerazioni svolte per le trincee drenanti. Possono ben inserirsi in contesti urbani quali parchi, aree pedonali.

MANUTENZIONE

La manutenzione ordinaria regolare, eseguita con frequenza almeno semestrale, deve comprendere:

- ispezione ed eventuale rimozione dei sedimenti dal pozzo di infiltrazione e dal pozzetto di pretrattamento;
- verifica nel tempo della permeabilità (pulizia delle superfici drenanti, sostituzione dello strato in terra vegetale se troppo compatto, ...), se la finitura superficiale è stata realizzata con uno strato permeabile (terreno e vegetazione, strato drenante).

La manutenzione straordinaria, occasionale, riguarda:

- la verifica dell'assenza di radici in corrispondenza dello strato drenante;
- l'espurgo del pozzo perdente;
- la pulizia e sostituzione dello strato geotessile (in caso di intasamento).

I costi di manutenzione sono medio-alti, in quanto è necessaria una manutenzione regolare e possono essere richiesti significativi interventi di manutenzione straordinaria.

Il grado di efficienza del funzionamento del pozzo è strettamente legato allo stato di manutenzione dello stesso.

COSTI INDICATIVI

I costi di realizzazione variano a seconda della geometria del pozzo e dalla profondità di scavo, indicativamente:

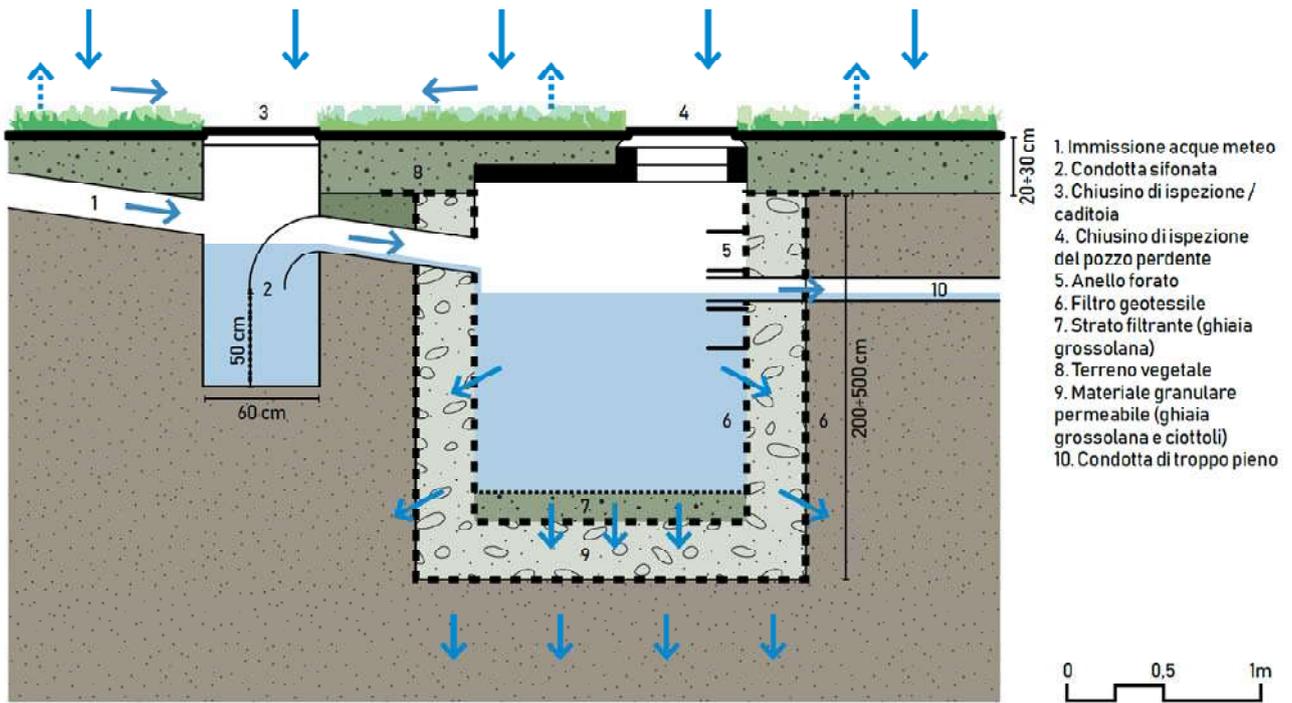
- 1.500–2.000 euro/unità, determinato su un pozzo di diametro interno $D=2,0$ m e profondità 2,5 m.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



Pozzi drenanti negli spazi pubblici del Vulcania Centre Européen du Volcanisme a Saint-Ours-les-Roches in Francia. (Progetto paesaggistico di Atelier CAP)

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



Sezione tipologica di pozzo drenante

2.4. NOUE PAYSAGERE O FOSSATI INONDABILI

Drenare, laminare e filtrare le acque pluviali urbane

Le noue paysageres sono canali a cielo aperto simili a fossati ma poco profondi (da 20 a 40 cm) e con sezione più ampia, con scarpate a pendenza molto morbida e vegetate.

Hanno la funzione di collettare le acque di pioggia, eseguire una fitodepurazione e attenuare il run-off superficiale mediante la lenta infiltrazione nel sottosuolo.

La noue urbana può essere progettata per adattarsi a differenti contesti urbani -quali arterie stradali, parcheggi, percorsi ciclopedonali o spazi verdi esistenti – con modalità esteticamente piacevoli, spesso definendo corridoi vegetali attrattivi e fruibili.

Per quanto riguarda gli aspetti vegetazionali, la noue può essere inverdita con modalità differenti in modo da adattarsi al meglio al contesto paesaggistico e climatico in cui si realizza, ed è possibile anche variare la tipologia di specie lungo i corridoi verdi, modulandola in funzione dell'ambiente locale circostante.

Le noue paysageres sono realizzate con l'obiettivo di:

- favorire l'infiltrazione in falda (grado di efficacia in funzione delle caratteristiche del terreno);
- rimuovere gli inquinanti attraverso i meccanismi legati alla filtrazione e all'assorbimento biologico da parte delle specie vegetali (efficacia media);
- ridurre i picchi di piena nei corpi ricettori (efficacia media);
- favorire la biodiversità (efficacia medio-alta in funzione delle specie vegetali);
- ridurre l'effetto isola di calore (efficacia medio-alta a seconda delle dimensioni).

SERVIZI ECO-SISTEMICI EROGATI



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

Le noue sono leggere depressioni in terra, di profondità modesta, compresa tra 20-40 cm e di larghezza complessiva fino a circa 10 m, con un fondo alveo compreso tra 0,5 e 2 m.

La larghezza degli elementi deve essere definita in modo da determinare livelli idrici molto ridotti e un adeguato trattamento delle acque (garantendo quindi una velocità massima ridotta ed un tempo di ritenzione idraulica sufficiente), prevenendo la possibile formazione di aree di sedimentazione o erosione.

Le sponde devono avere la minor pendenza possibile in modo da favorire il più possibile il pretrattamento delle acque di ruscellamento e massimizzare la superficie di infiltrazione (pendenze massime 1 su 3, consigliata minore di 1 su 4).

Se realizzate su aree con pendenza del fondo non trascurabile, è importante creare piccoli sbarramenti per favorire la distribuzione omogenea del volume d'acqua su tutta la lunghezza della noue.

Trattandosi di depressioni lineari poco profonde e molto morbide, non è necessario proteggere l'area da cadute accidentali mediante barriere di protezione.

La forma delle noue può non essere uniforme e ben adattarsi alle superfici disponibili o secondo le esigenze di progetto, presentando allargamenti o restringimenti puntuali.

Le sezioni si dividono in:

- **Strutturate** ovvero con elementi minerali di bordo che le delimitano;
- **Morbide** con pareti inerbite a pendenza molto dolce.

Se il terreno non è dotato di una elevata permeabilità, è possibile favorire l'infiltrazione mediante la realizzazione alla base della noue di un letto drenante in ghiaia. In generale, l'infiltrazione può essere prevista previa verifica della vulnerabilità della falda acquifera e delle caratteristiche di qualità delle acque da infiltrare.

La noue paysagere è un elemento che mitiga ma non risolve le criticità idrauliche; pertanto, in occasione degli eventi più intensi è bene prevedere uno o più punti di sfioro al di sopra del livello idrico massimo di progetto per collettare le acque in eccesso verso un sistema di canalizzazioni e successivo scarico alla fognatura pubblica.

Qualora questi elementi siano inseriti in adiacenza alle arterie stradali, dove il carico di traffico è elevato e le acque di dilavamento sono cariche di inquinanti, si rende necessario realizzare un sistema di pretrattamento delle acque di prima pioggia.

Questi sistemi sono dimensionati con tempi di drenaggio delle acque non superiori a 24 ore, in modo da garantire tempo di residenza adeguato alla rimozione degli inquinanti e al contempo rendere i volumi di invaso della pioggia disponibili per un evento successivo.

CONTESTI DI APPLICAZIONE E VINCOLI

In ambito residenziale possono configurarsi come corridoi verdi lungo i percorsi perimetrali ai lotti o alle aree di sosta/parcheggio.

In caso di applicazione lungo assi viari, le noue paysageres sono facilmente implementabili lungo i margini delle carreggiate stradali o al bordo di aree pedonali o di aree a parcheggio.

Le noue paysageres si possono ben integrare nelle aree a parco, anche come elementi di valenza paesaggistica.

In ambiti commerciali e produttivi, possono configurarsi come corridoi verdi lungo i percorsi perimetrali agli edifici, in particolare per infiltrare le acque delle coperture. In funzione del grado di inquinamento e di traffico, può essere necessario un sistema di trattamento delle acque di prima pioggia.

▪ Spazio richiesto

Sono elementi lineari con significativa domanda di suolo dovuta alle sponde morbide; in generale sono difficilmente integrabili in aree densamente urbanizzate con spazi limitati.

▪ Tipologia di terreno e presenza della falda

Le noue paysageres necessitano di terreno permeabile e falda ad almeno 1 mt dal fondo della noue o dell'eventuale letto filtrante (se presente) per favorire un buon livello di abbattimento degli inquinanti. In zone di protezione della falda acquifera, è possibile impermeabilizzare i canali vegetati per mezzo di telo impermeabile.

ELEMENTI VEGETALI

La scelta della tipologia di piante è peculiare del sito e del contesto climatico dell'intervento. Le alberature sono però presenti in numero maggiore e la loro consociazione con gli arbusti può riprodurre quella delle siepi naturalistiche, eliminando le specie spinose.

La vegetazione delle noue deve avvenire secondo le caratteristiche peculiari del sito, considerando la necessità di scegliere specie che siano in grado di convivere con l'inquinamento atmosferico se in presenza di acque delle piattaforme stradali. In generale, le specie dovranno essere in grado di:

- **Sopportare periodiche inondazioni alternate a estesi periodi asciutti**, oltre che all'accumulo di sedimenti e detriti;
- **Tollerare il sale** qualora le noue siano usate per drenare superfici impermeabili che sono generalmente sottoposte ad operazioni di salatura durante i mesi invernali;
- **Strato basale** composto da cespugli fino a 2-3 metri di altezza quali evonimo, ligustro, sinforina, viburni ed erbacee;
- **Strato intermedio** composto da arbusti quali nocciolo, corniolo, sambuco, viburno, ligustro, evonimo che vanno dai 2 ai 5 metri di altezza;
- **Strato apicale** formato dalle chiome degli alberi, di solito salici, pioppi, platani, ontani e aceri campestri.

GRADO DI FRUIZIONE AL PUBBLICO

La loro fruizione può essere modulata in funzione degli apporti meteorici previsti: durante gli eventi di pioggia è un importante presidio di mitigazione idraulica, mentre nei periodi asciutti possono essere utilizzate anche come percorsi pedonali, aree di sosta e riposo.

È possibile realizzare percorsi pedonali/ciclopedonali all'interno delle noue, trasversali (con attraversamenti localizzati) o anche longitudinali (lungo il percorso della noue) qualora l'elemento sia solo parzialmente vegetato. Si consideri che la circolazione all'interno della noue è preclusa durante l'evento di pioggia; di conseguenza sono da prevedersi percorsi alternativi.

Inoltre le noue possono creare un notevole valore aggiunto in termini paesaggistici in luoghi ad elevata frequentazione come i parchi pubblici.

MANUTENZIONE

Le principali attività di manutenzione ordinaria sono svolte da manodopera non specializzata, con cadenza indicativamente mensile, e consistono principalmente in:

- sfalcio della vegetazione;
- ispezione del canale per prevenire l'instaurarsi di fenomeni erosivi;
- verifica della presenza di sedimenti e/o rifiuti ed eventuale rimozione.

La manutenzione straordinaria consiste nella messa a dimora di nuove aree a ridotta crescita vegetale, anche mediante una scelta diversa delle specie più adatte al contesto.

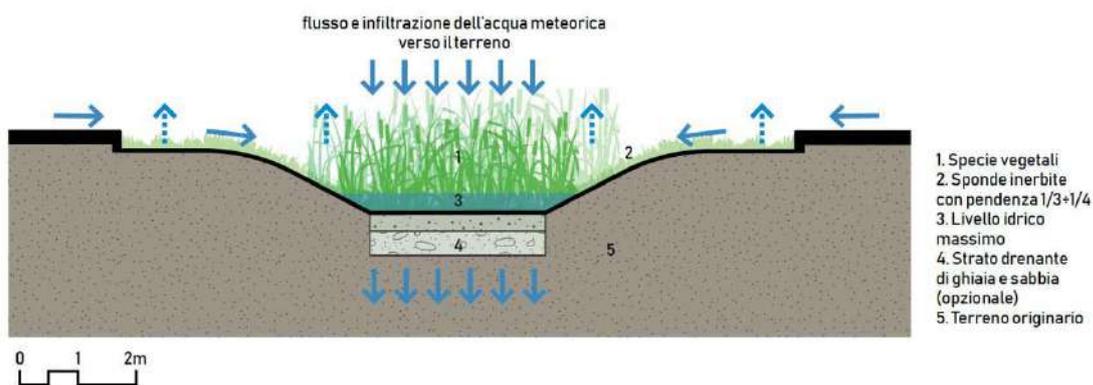
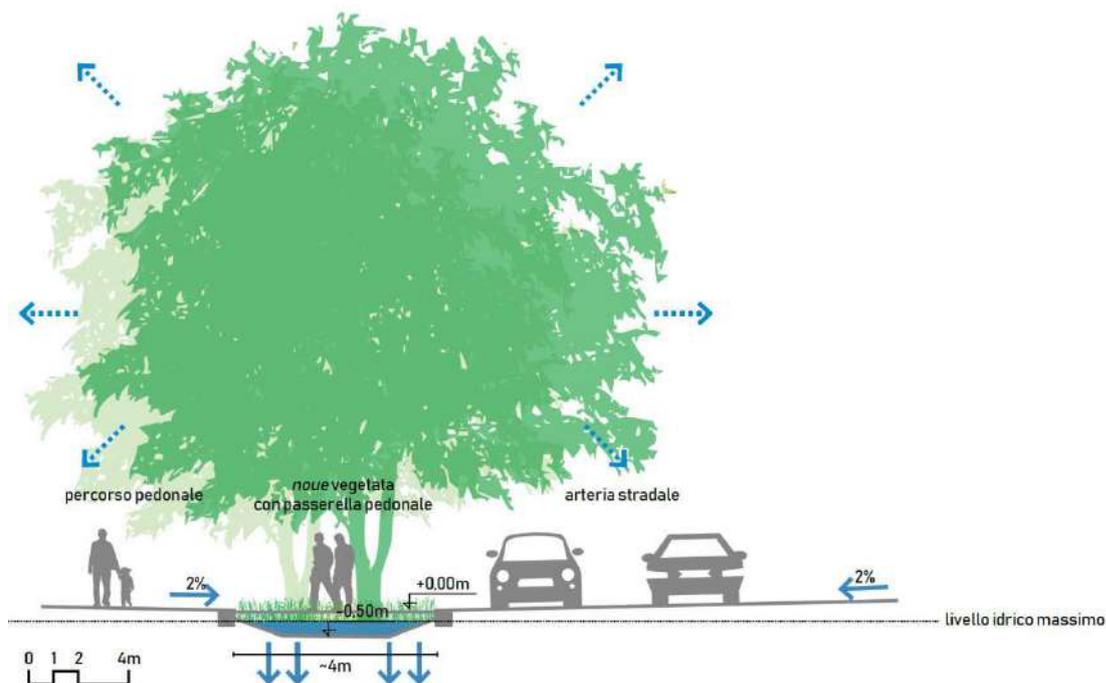
I costi di manutenzione sono ridotti, in quanto limitati nella frequenza e realizzabili in contemporanea alla manutenzione degli spazi pubblici e stradali limitrofi, con minimo aggravio di costi.

COSTI INDICATIVI

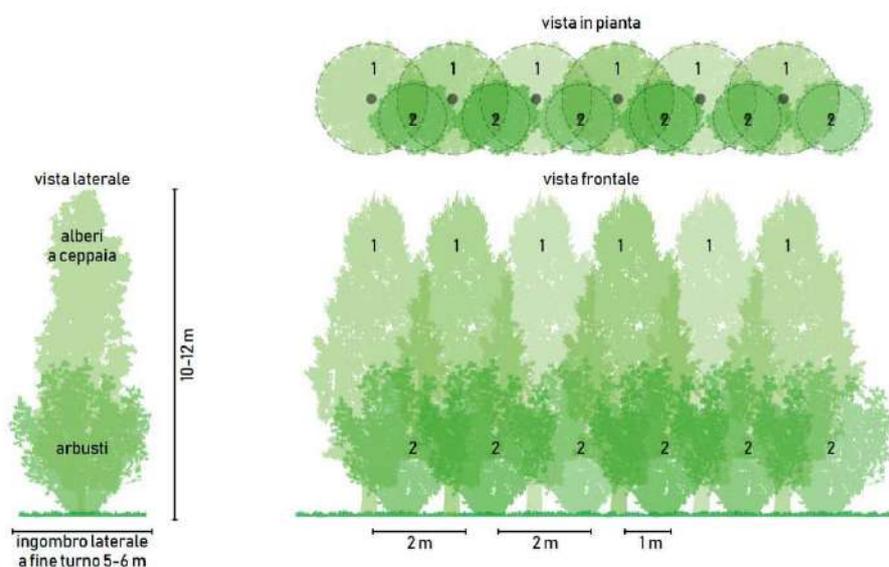
I costi di realizzazione variano a seconda della tipologia di specie vegetali, dalla presenza della trincea drenante alla base, indicativamente:

- 10-15 euro/mq: scavo con profondità inferiore a 0,5 m e relativo smaltimento e finitura superficie a prato;
- 40 euro/ml: strato filtrante sul fondo alveo di sezione indicativa 100 x (h) 50 cm;
- 20-25 euro/mq: piantagione di specie vegetali.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



1. Specie vegetali
2. Sponde inerbiti con pendenza 1/3+1/4
3. Livello idrico massimo
4. Strato drenante di ghiaia e sabbia (opzionale)
5. Terreno originario



- Composizione impianto vegetale:
- STRATO APICALE con alberi
 - STRATO INTERMEDIO con cespugli alti o alberi a ceppaia (1)
 - STRATO BASSO con arbusti ed erbacee (2)

Sezione tipo trasversale di fossato inondabile strutturato, con elementi minerali di bordo. Sezione trasversale di dettaglio di bacino inondabile con sponde morbide (1/3+1/4 rispetto al fondo fossato). Composizione dell'impianto vegetale del fossato.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



Esempi di noue paysagere con sezione strutturata da elementi minerali di bordo: il fossato inondabile del parco Martin Luther King di Parigi (Progetto paesaggistico di Atelier Jacqueline Osty)

2.5. GIARDINI UMIDI

Depurare, infiltrare, trattenere le acque pluviali urbane

I giardini umidi sono bacini con uno o più specchi d'acqua permanenti che permettono di invasare e trattare (fitodepurazione) le acque di pioggia. Sono impiegati per il drenaggio e il trattamento di aree sia limitate che estese e si integrano sia in contesti residenziali che commerciali o industriali. Possono essere realizzati in aree di nuovo sviluppo o nell'ambito di interventi di riqualificazione.

I bacini umidi hanno una funzione attrattiva grazie alla loro valenza estetica e paesaggistica; per questo è importante il coinvolgimento nella fase progettuale di diverse figure professionali quali ingegneri, agronomi e architetti del paesaggio.

I giardini umidi sono realizzati con l'obiettivo di:

- rimuovere gli inquinanti attraverso i meccanismi legati alla filtrazione e all'assorbimento biologico da parte delle specie vegetali (efficacia alta);
- ridurre i picchi di piena nei corpi ricettori (efficacia medio/alta, a seconda degli obiettivi di progetto);
- incrementare la biodiversità (efficacia alta);
- ridurre l'effetto di calore e la matrice rumore (efficacia media).

SERVIZI ECO-SISTEMICI EROGATI



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

Il sistema consiste in un ambiente umido riprodotto artificialmente in un bacino impermeabilizzato e caratterizzato dall'attraversamento di diversi regimi di flusso delle acque.

La forma si può ben adattare al paesaggio circostante: negli spazi verdi aperti i giardini umidi hanno di norma forme più morbide e un aspetto più naturale, mentre in contesti urbanizzati, presentano geometrie più nette e lineari grazie all'utilizzo di elementi di bordo minerali e/o pareti armate di contenimento (ad es. gabbioni, cordoli in cemento, ecc.).

I giardini umidi sono caratterizzati dalla presenza di specie vegetali tipiche delle zone umide, le macrofite igrofile, radicate ad un substrato di crescita o flottanti sullo specchio d'acqua. La densità della vegetazione favorisce l'adesione, l'assorbimento e la decomposizione aerobica degli elementi contaminanti e previene la ri-sospensione delle particelle. Possono presentare zone più profonde e altre più superficiali, favorendo quindi la diversità di specie vegetali acquatiche impiegate.

Per garantire la sicurezza dei fruitori è consigliabile una profondità compresa tra 0,5 e 1 m, sebbene sia possibile prevedere, con opportuni accorgimenti, profondità maggiori o minori.

I sistemi di fitodepurazione esistenti e implementabili in un giardino umido si classificano in genere in funzione del tipo di macrofite utilizzato:

- **Macrofite galleggianti;**
- **Macrofite radicate sommerse;**
- **Macrofite radicate emergenti;**
- **Sistemi misti**

ed in relazione al flusso idraulico, che può essere:

- **A flusso sommerso orizzontale** quando si realizza un bacino riempito di materiale inerte, in cui i reflui scorrono in senso orizzontale; le specie vegetali associate sono le macrofite radicate emergenti;
- **A flusso sommerso verticale** quando si realizza un bacino riempito di materiale inerte, in cui i reflui scorrono in senso verticale; le specie vegetali associate sono le macrofite radicate emergenti;
- **A flusso libero** che consiste nella riproduzione di una zona palustre naturale, dove l'acqua è a diretto contatto con l'atmosfera e poco profonda; le specie vegetali associate sono le idrofite e le elofite.

La scelta della migliore configurazione viene valutata caso per caso in funzione delle acque da trattare, del clima locale del contesto urbano ed è possibile combinare diversi sistemi tra loro.

In generale, un giardino umido prevede:

- **Un bacino di sedimentazione** che permette l'accumulo dei sedimenti più grossolani in prossimità del punto di immissione delle acque meteoriche; ciò evita che il trasporto e accumulo di sedimenti nelle altre aree del giardino danneggi l'accrescimento della vegetazione e permette di concentrare la rimozione dei sedimenti in un'area ristretta;
- **Un'area umida permanente** che rappresenta il volume di acqua che permane nel giardino umido durante tutto l'anno (volume di ritenzione), al netto del contributo di evaporazione e di infiltrazione. Quest'area è la zona responsabile dei principali trattamenti fitodepurativi e favorisce la deposizione dei sedimenti più fini; è vegetata con specie macrofite sommerse o galleggianti, mentre la vegetazione emergente è di norma limitata. Al fine di garantire il mantenimento delle piante e la buona performance fitodepurativa, è necessario valutare in fase progettuale che sia mantenuto il bilancio idrico del bacino, ovvero che vi sia un afflusso di acqua che compensi i contributi di evapotraspirazione ed infiltrazione. Studi empirici hanno evidenziato che uno stato di siccità prolungato oltre i due mesi pregiudica la ricchezza della comunità vegetale. La profondità di tali aree è compresa tra 0,5 e 2 mt ed il livello massimo d'acqua dovrebbe essere pari alla quota del manufatto di scarico;
- **Un'area di espansione o di laminazione** ovvero il volume di invaso temporaneo (volume di detenzione) sopra il livello massimo dell'area umida permanente, che viene interessato quando il livello dell'acqua sale durante un evento di pioggia, garantendo quindi una riduzione dei picchi di portata in uscita dal sistema;
- **Un'area palustre o di 'acque basse'** con tirante d'acqua modesto, inferiore a 0,5 mt, che ospita vegetazione acquatica emergente; queste aree sono le zone esterne all'area umida permanente, o possono essere anche centrali alla stessa area umida.

Nei bacini umidi viene mantenuto un livello d'acqua minimo permanente mediante la posa di una membrana impermeabile o di un geocomposito bentonitico o, nel caso in cui il sito presenti un terreno argilloso, è il terreno stesso che ne impedisce o ne riduce l'infiltrazione nel suolo.

Nei siti in cui è possibile la presenza di suolo contaminato, è necessario che il bacino sia impermeabilizzato per evitare il contatto con la falda sottostante.

Il bacino viene caricato da una o più canalizzazioni a monte, i punti di immissione devono essere protetti con materiale idoneo creando un'area di calma (ad. es. mediante elementi lapidei) per evitare l'erosione. Le sponde inerbite e vegetate hanno scarpate morbide, con pendenza 1:3 / 1:4.

Lo svuotamento del contributo di laminazione, ovvero del volume di acqua al di sopra del livello permanente, avviene in un periodo che non deve eccedere le 24-48 ore per renderlo fruibile per un possibile successivo evento di pioggia e si attua attraverso una condotta di scarico verso il corpo idrico recettore (fognatura, corpo idrico superficiale, ecc.) tarata per limitare la portata in uscita.

È bene prevedere un troppo pieno di emergenza nel caso di eventi intensi, ad una quota superiore all'evento di progetto (ad esempio per un evento di pioggia con TR=100 anni).

Nei giardini umidi di maggiore estensione è preferibile suddividere la superficie in diverse zone, con profondità e caratteristiche vegetazionali diverse, incrementando quindi la qualità dell'acqua (grazie a percorsi del flusso più lunghi che favoriscono la rimozione degli inquinanti), il volume di invaso garantito e la biodiversità.

CONTESTO DI APPLICAZIONE E VINCOLI

In ambito residenziale, i giardini umidi sono ben integrabili sia in aree di nuova urbanizzazione, sia in caso di interventi di riqualificazione di aree esistenti, a patto che vi sia una superficie di sufficiente estensione a disposizione.

I giardini umidi si integrano in aree verdi esistenti come elementi di grande valenza paesaggistica.

Non sono invece realizzabili in aree ad elevata pendenza (possibile instabilità dei terreni) o in zone ad alta densità abitativa (a causa della mancanza di sufficiente spazio).

- **Spazio richiesto**
Hanno un elevato sviluppo areale ed un ridotto tirante idrico.
- **Tipologia di terreno e presenza della falda**

In zone di protezione della falda acquifera o di terreno inquinato, questa soluzione è adottabile garantendo la completa impermeabilizzazione del fondo bacino mediante geocomposito/membrana impermeabile.

ELEMENTI VEGETALI

La vegetazione del giardino umido è responsabile della depurazione delle acque, incrementa la stabilità delle sponde e previene l'erosione; è inoltre importante in quanto diventa un habitat naturale ed accresce il valore paesaggistico del sito.

La densità delle piante è di solito variabile tra 0,2-8 piante/mq a seconda che si impieghino anche specie arboree (a densità inferiore) ed arbustive o solo erbacee (a densità maggiore). Essendo di norma il terreno del giardino umido compattato durante le fasi costruttive, è consigliabile durante la messa a dimora realizzare buche piuttosto larghe e profonde intorno all'area di piantagione, e riempirle con terriccio non compattato, in modo da favorire lo sviluppo dell'apparato radicale.

Qualora il giardino umido sia realizzato in terreni con mancanza di sufficienti nutrienti e materia organica per favorire la crescita delle piante, dovrà essere aggiunto terriccio e materiale organico alle aree di piantagione (è sufficiente uno spessore di 15 cm per aree inerbite, può crescere fino a 45 cm per aree con arbusti).

Le specie che meglio si adattano sono quelle acquatiche e ripariali e le siepi idonee in grado di costeggiare aree umide.

GRADO DI FRUIZIONE AL PUBBLICO

L'area del giardino umido è fruibile solo parzialmente, in quanto si tratta di una zona umida permanente. Tuttavia si può favorire la fruibilità di questi spazi pubblici mediante la realizzazione di percorsi rialzati e/o passerelle di attraversamento o percorsi in stabilizzato nei punti più elevati.

Inoltre, la maggior parte dell'area del giardino umido è di norma asciutta - ad eccezione dei punti più bassi - ed è destinata ad allagarsi solo in casi di eventi intensi. Per queste ragioni si tratta di spazi pubblici comunque disponibili al pubblico, ad eccezione di eventi di pioggia intensi.

Infine, la presenza di un giardino umido accresce il valore paesaggistico del contesto e migliora il comfort climatico dell'area, rendendo lo spazio ideale al relax e all'osservazione della natura.

MANUTENZIONE

È importante garantire un facile accesso ai mezzi e al personale addetto alla manutenzione. I percorsi dovranno permettere l'accesso a tutti i manufatti idraulici e alle zone umide e di allagamento. La manutenzione ordinaria consiste in:

- ispezione mensile dei manufatti di regolazione idraulica e delle sponde e verifica visiva della loro integrità e assenza di intasamenti;
- rimozione di rifiuti e detriti, mensilmente o secondo le necessità;
- sfalcio selettivo delle superfici erbose e ove necessario, 1 o 2 volte all'anno;
- verifica dell'accumulo di limi e particelle fini nelle zone lacustri con acque basse e definizione di una appropriata frequenza di rimozione dei sedimenti;
- intervento annuale di taglio delle piante acquatiche emergenti e sommerse per un'estensione di massimo 25% del bacino umido (per minimizzare l'impatto sulla biodiversità) e rimozione delle piante morte prima della stagione di crescita.

La manutenzione straordinaria può riguardare:

- rimozione di sedimenti della zona umida, qualora si manifesti una sensibile riduzione di volume (circa del 20%);
- riparazione dei manufatti idraulici;
- stabilizzazione delle sponde a seguito di fenomeni erosivi;
- reimpianto delle specie vegetali, se necessario.

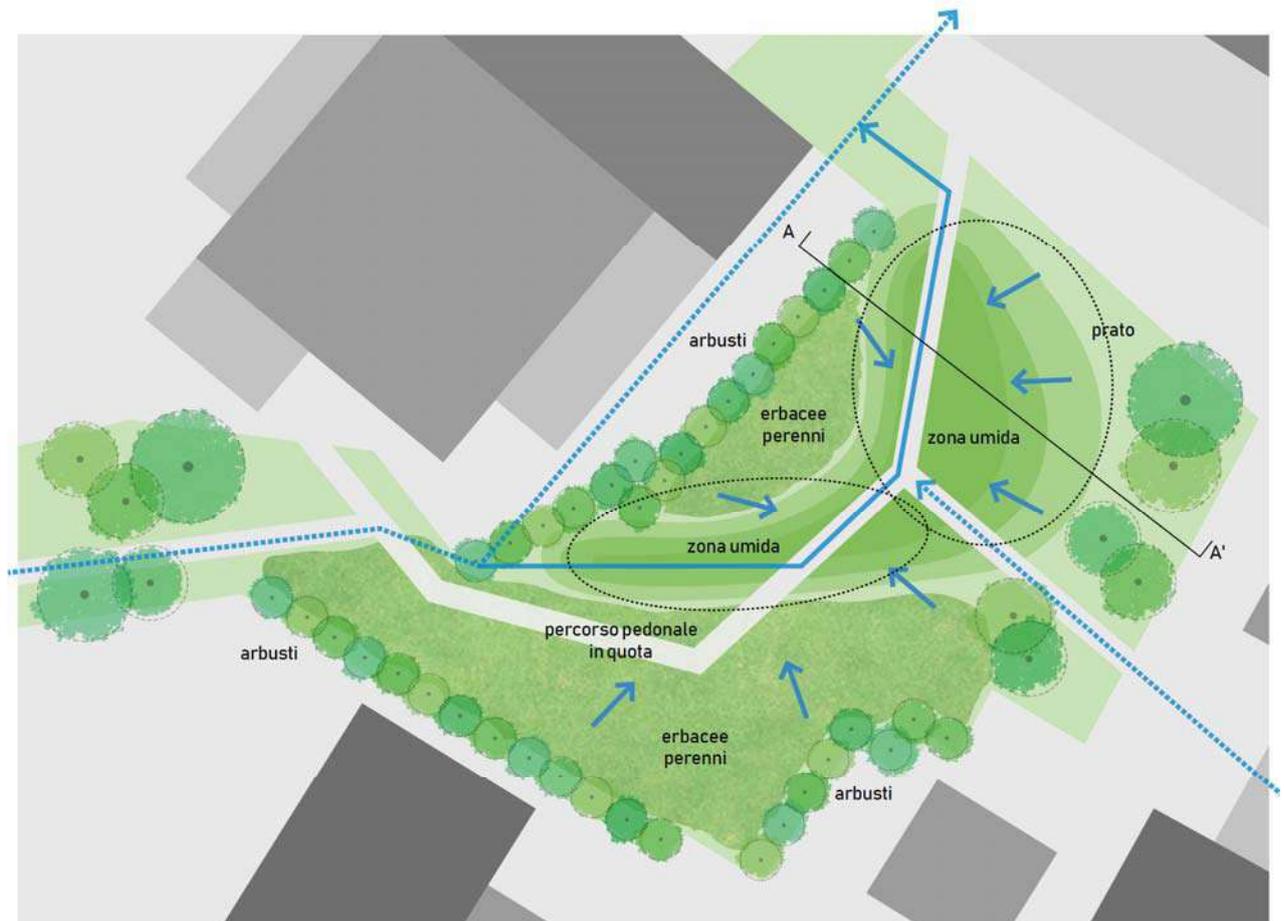
I costi di manutenzione sono medio-bassi, in quanto poco frequenti e realizzabili contemporaneamente alla manutenzione degli spazi pubblici e stradali limitrofi.

I lavori sulla componente vegetale devono essere assegnati ad operai specializzati.

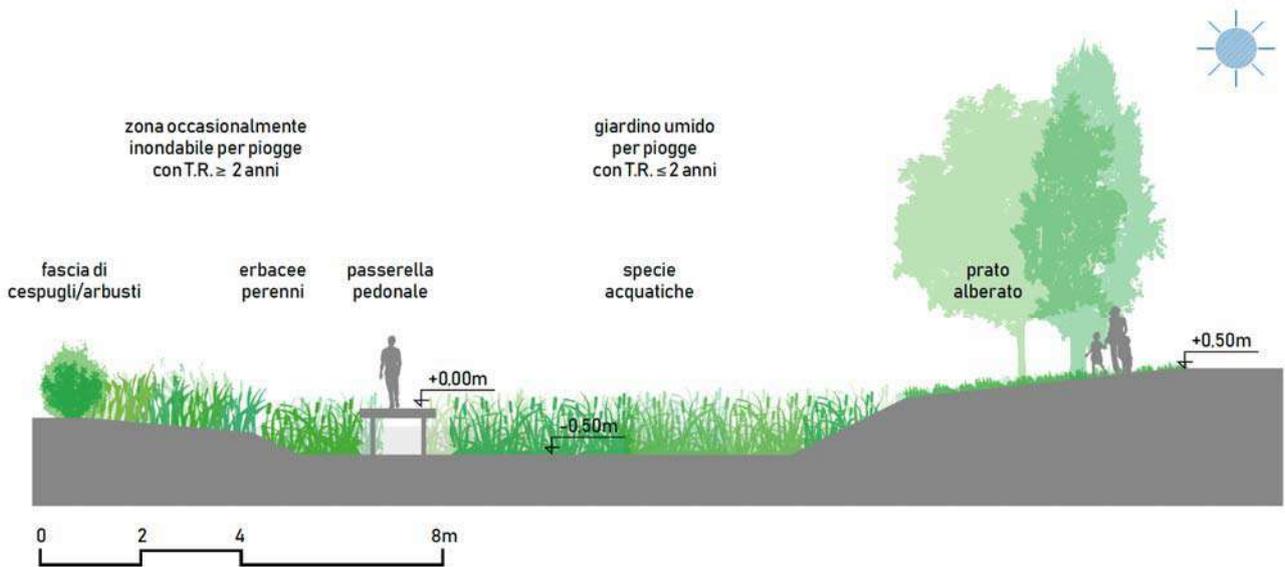
COSTI INDICATIVI

- 40-50 euro/mq: scavo con profondità di 1,5 m e relativo smaltimento o riutilizzo per modellazione del terreno;
- 20-30 euro/mq: creazione di medium ghiaioso (per sistemi a flusso sommerso verticale o orizzontale);
- 10-20 euro/mq: de-pavimentazione della superficie se minerale;
- 10-15 euro/mq: impermeabilizzazione del fondo bacino con membrana o geocomposito bentonitico;
- 25-30 euro/mq: piantagione di specie resistenti ai suoli umidi;
- 300-600 euro/ml: passerella in legno.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



0 2 4 8m



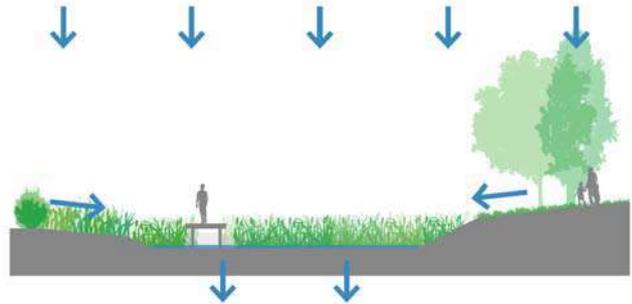
Schema di giardino umido con fitodepurazione in subalveo e sistema a flusso sommerso orizzontale che capta le acque pluviali urbane.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI

EVENTO DI PIOGGIA ORDINARIO



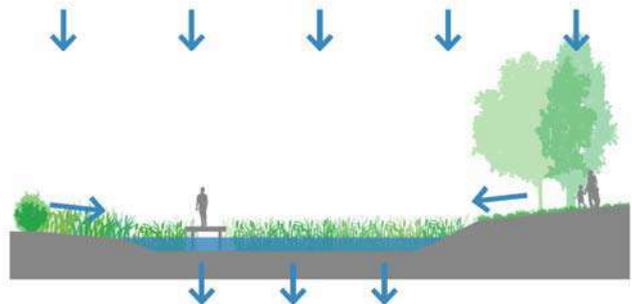
Le portate di pioggia interessano solamente la fascia centrale del giardino umido.



EVENTO DI PIOGGIA DI MEDIA INTENSITÀ (TR- 2 ANNI)



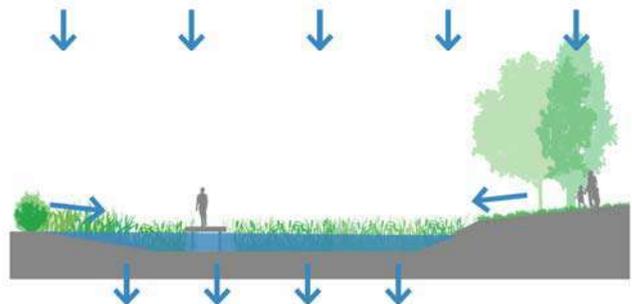
Si allaga l'area umida mentre le superfici laterali e la passerella pedonale rimangono fruibili.



EVENTO PIOVOSO ECCEZIONALE (TR- 100 ANNI)



La porzione occidentale del giardino si allaga mentre la passerella di attraversamento e il prato sulla destra rimangono fruibili.



Schema di giardino umido con fitodepurazione in subalveo e sistema a flusso sommerso orizzontale che capta le acque pluviali urbane.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



Il quartiere residenziale a nord di Belval, in Lussemburgo. L'intervento immobiliare è stato concepito a partire da un sistema di giardini umidi - tutti a valle degli edifici e ricavati lungo l'asse di scorrimento di un canale di scolo esistente - con l'obiettivo di trattare le acque pluviali urbane senza gravare sul sistema fognario esistente.

Attraverso dei movimenti terra lungo il canale - a valle dell'edificato - e grazie all'inserimento di alcune barriere, è stato creato un sistema dei giardini umidi in grado di collettare e laminare le acque pluviali urbane superficiali. Le piogge derivanti dal quartiere vengono così laminate, depurate e infiltrate in modo naturale, in tempo secco; mentre in caso di piogge intense la capacità di invaso dei giardini umidi ne rallenta lo scorrimento a valle, impedendo il sovraccarico del sistema fognario urbano.

Grazie alla vegetazione i giardini umidi svolgono anche la funzione di fitodepurazione delle acque.

Un sistema di passerelle e percorsi, realizzati in affiancamento del canale e connessi al sistema ciclabile di Belval, consente alle persone del quartiere e dell'abitato di fruire dei giardini umidi e di godere dell'evoluzione del paesaggio nelle stagioni.

(Progetto di ELYPS Landscape + Urban Design)

2.6. BACINI INONDABILI

Gestire le acque pluviali urbane

I bacini inondabili sono spazi pubblici all'interno di parchi urbani, che in caso di piogge intense hanno la funzione di invasare temporaneamente le acque meteoriche, di favorirne l'infiltrazione nel sottosuolo e far sedimentare i materiali sospesi. I bacini inondabili sono adottati per il drenaggio di aree estese.

Vengono dimensionati in modo da far fronte ad eventi meteorici con tempi di ritorno ≥ 10 anni, ed in modo da garantirne un completo svuotamento in un periodo che non deve eccedere le 24-48 ore, così da prevenire lo sviluppo di zanzare e di odori molestie nel contempo renderli fruibili per un possibile successivo evento di pioggia.

I bacini inondabili sono realizzati con l'obiettivo di:

- favorire l'infiltrazione in falda (efficacia media);
- rimuovere gli inquinanti attraverso i meccanismi legati alla filtrazione e all'assorbimento biologico da parte delle specie vegetali (efficacia bassa);
- ridurre i picchi di piena nei corpi ricettori (efficacia alta);
- ridurre l'effetto di calore e rumore (efficacia media);
- incrementare la biodiversità (efficacia media).

SERVIZI ECO-SISTEMICI EROGATI



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

Il bacino viene realizzato su fondo permeabile con uno strato superficiale di terreno organico compreso tra 20 e 30 cm. Possono essere presenti piccole aree umide permanenti, ai fini ricreativi e/o paesaggistici.

Il bacino viene caricato da una o più canalizzazioni a monte; i punti di immissione devono essere protetti con materiale idoneo creando un'area a lento scorrimento (ad es. mediante elementi lapidei) per evitare l'erosione. Le sponde inerbite hanno scarpate morbide (1 su 3 / 1 su 4).

Lo svuotamento del bacino avviene attraverso una condotta di scarico verso il corpo idrico recettore (fognatura, corpo idrico superficiale, ecc.) tarata ai fini di limitare la portata in uscita.

Dove il carico di traffico è elevato e le acque di dilavamento sono cariche di inquinanti, si rende necessario realizzare un sistema di pretrattamento con vasca di prima pioggia e impianto separatore di oli.

È bene prevedere un troppo pieno di emergenza nel caso di eventi particolarmente intensi, ad una quota superiore all'evento di progetto (ad esempio per un evento di pioggia con $tr = 100$ anni).

CONTESTI DI APPLICAZIONE E VINCOLI

In ambito residenziale è sconsigliabile la presenza di zone umide permanenti a causa dello sviluppo di odori e zanzare. I bacini possono essere realizzati in corrispondenza di aree verdi, anche esistenti.

In caso di applicazione lungo assi viari, in funzione del grado di inquinamento e di traffico, può essere necessario un sistema di trattamento delle acque di prima pioggia; sono utilizzabili ad esempio all'interno delle rotatorie o nelle aree verdi marginali.

In ambiti commerciali e produttivi, in funzione del grado di inquinamento e di traffico, può essere necessario un sistema di trattamento delle acque di prima pioggia.

▪ Spazio richiesto

I bacini necessitano di elevato sviluppo areale e ridotto tirante idrico.

▪ Tipologia di terreno e presenza della falda

I bacini necessitano di terreno permeabile e falda ad almeno 1 mt dal fondo bacino per favorire un buon livello di abbattimento inquinanti, e di un fondo bacino posto a quota superiore a quella della falda acquifera superficiale, in modo da garantirne la capacità di invaso.

VEGETAZIONE E SPECIE CONSIGLIATE

Sono di solito vegetati con prato per favorirne la fruizione pubblica nelle condizioni normali ma, quando vengono inondatai, le graminacee che lo costituiscono entrano in sofferenza; le specie più resistenti sono poa e dicandra. Quando si associa la funzione di fitodepurazione a quella idraulica, si prevede la presenza di specie capaci di assorbire gli inquinanti indicate tra le piante acquatiche e ripariali, che sopravvivono solo in condizioni di acqua o umidità permanente. Il grado di abbattimento degli inquinanti dipende in particolare dallo strato filtrante compreso tra il fondo bacino e la falda acquifera: è bene che vi sia almeno 1 mt di spessore. La piantagione di specie vegetali, oltre che favorire l'effetto disinquinante, permette un incremento del valore paesaggistico e di biodiversità.

FRUIBILITÀ E ATTRATTIVITÀ DELLO SPAZIO PUBBLICO

L'area interessata dal bacino può avere differenti gradi di fruibilità:

- **Completamente fruibile** in condizioni asciutte, quando il bacino svolge la funzione di parco pubblico e la passerella ne consente l'attraversamento anche in quota. All'interno del bacino si può giocare, correre e fare sport la maggioranza dell'anno.
- **Parzialmente fruibile** per eventi piovosi di modesta intensità che determinano un parziale allagamento dell'area, seppure con tiranti molto modesti grazie alla realizzazione di passerelle e percorsi in quota;
- **Non fruibile ma attraversabile** nel caso di eventi meteorici rilevanti, grazie alla realizzazione di percorsi rialzati di attraversamento del bacino.

Al fine di garantire la sicurezza della popolazione, è bene che i bacini inondabili da utilizzarsi anche per scopi fruitivi abbiano una profondità massima inferiore al metro.

MANUTENZIONE

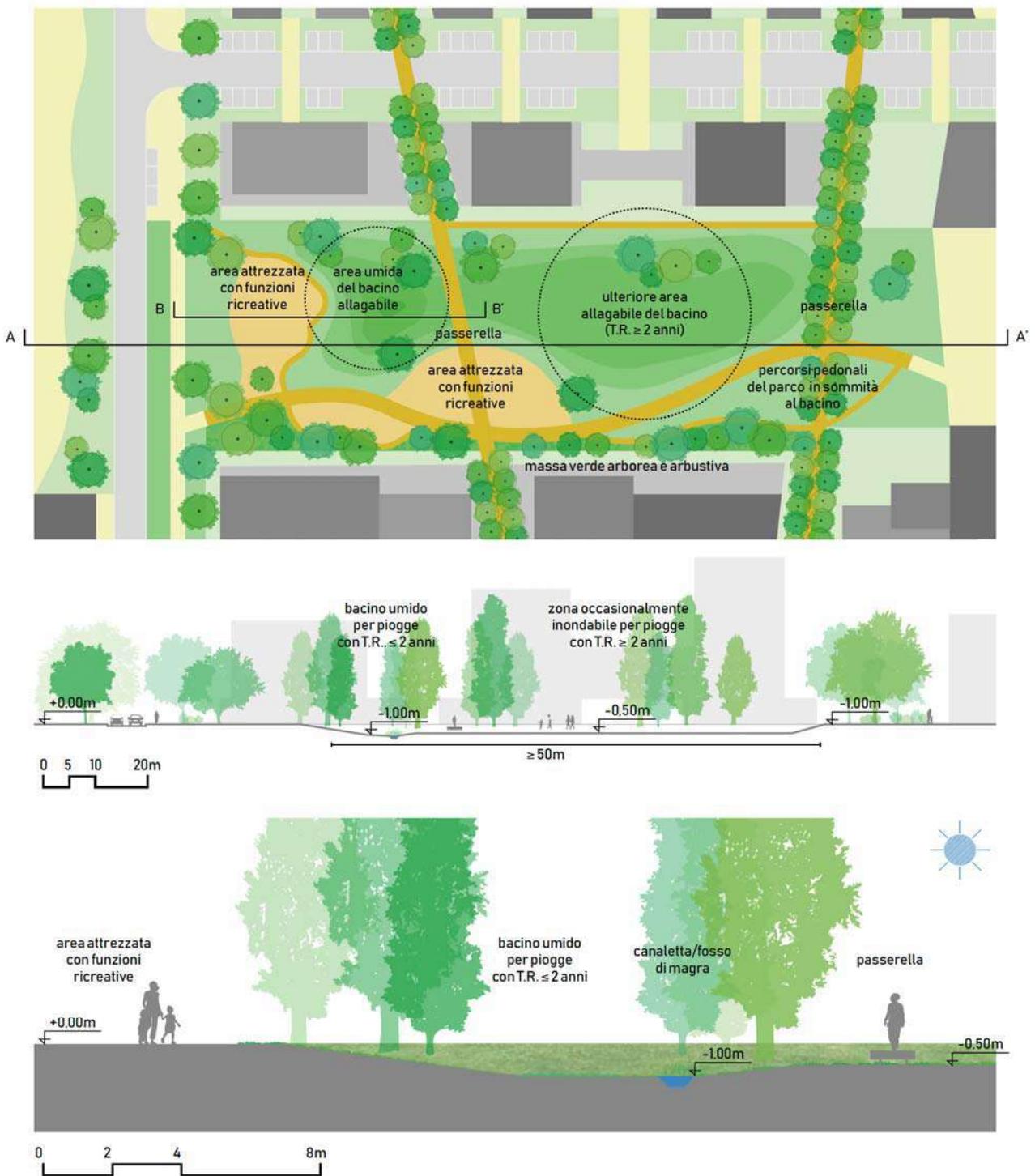
È importante garantire un facile accesso ai mezzi e al personale addetto alla manutenzione, concependo già in fase progettuale l'accessibilità di servizio. La manutenzione al bacino è sia periodica sia straordinaria e riguarda in particolare i manufatti idraulici di caricamento e di scarico, a seguito di eventi meteorici intensi.

Vanno previste attività di sfalcio del prato, ispezione manufatti ed eventuale pulizia e verifica della presenza di sedimenti ed eventuale rimozione.

COSTI INDICATIVI

- 20-25 euro/mq: scavo con profondità di 1 m, smaltimento e finitura superficie a prato;
- 10-20 euro/mq: de-pavimentazione della superficie se minerale;
- 5-30 euro/mq: piantagione di specie vegetali;
- 300-600 euro/ml: passerella in legno.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



Planimetria tipo di bacino inondabile con due aree allagabili per eventi di diversa entità.

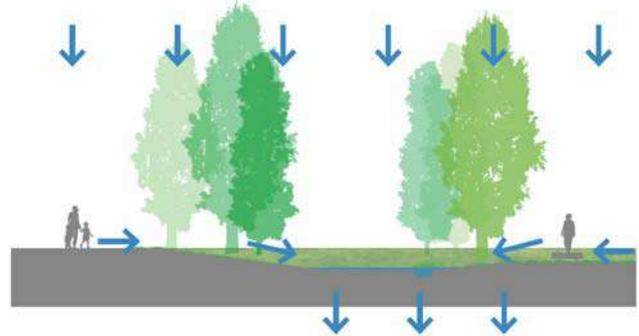
Sezione trasversale A-A' del bacino e sezione di dettaglio B-B' dove si evidenziano le quote del fondo bacino e la porzione di area allagabile a seconda del tipo di evento meteorologico.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI

EVENTO DI PIOGGIA ORDINARIO



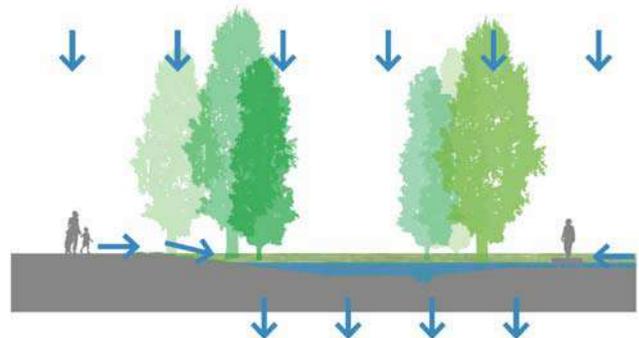
L'area del bacino rimane fruibile e le portate di pioggia interessano solamente la fascia limitrofa alla canaletta/fosso di magra.



EVENTO DI PIOGGIA DI MEDIA INTENSITÀ (TR~ 2 ANNI)



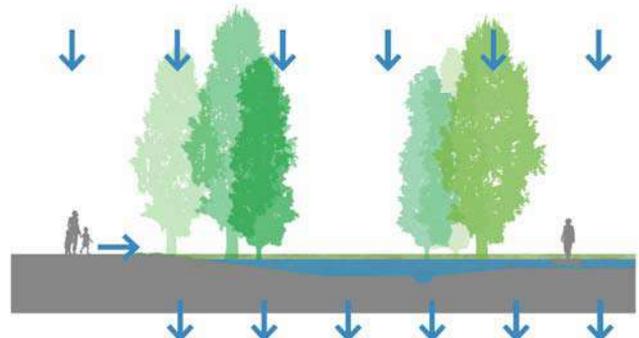
Si allaga l'area umida mentre la porzione sulla destra e la passerella rimangono fruibili.



EVENTO PIOVOSO ECCEZIONALE (TR~ 100 ANNI)



Si allaga anche l'area sulla destra mentre la passerella rimane fruibile come percorso di attraversamento.



Schema delle possibili configurazioni di lavoro del bacino, in occasione di eventi meteorologici: al crescere del grado di intensità dell'evento, si amplia l'area del bacino allagata.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



Bacino inondabile nel parco del quartier Salengro-Verlaine a Parigi. (Progetto di Agence Philippe Hamelin)
Bacino all'interno dell'ecoquartiere Desjardins a Angers - Maine-et-Loire in Francia (Progetto paesaggistico di Phytolab)
Bacino all'interno del parco del Quartier Desjardins a Angers - Maine-et-Loire in Francia. (Progetto paesaggistico di Phytolab)

2.7. PARCHI INONDABILI

Gestire, infiltrare e trattenere le acque pluviali urbane

I parchi pubblici possono essere progettati come spazi multifunzionali dove integrare criteri di gestione sostenibile del drenaggio urbano, progettando la massima sinergia tra i circuiti "idrologico, biologico e sociale".

Un parco può essere pensato come elemento mutabile che assolva alla funzione di laminazione delle acque piovane: fruibile solo parzialmente in caso di eventi estremi, accessibile durante i periodi più siccitosi.

È così possibile risolvere le criticità di drenaggio di aree anche molto estese e, in contemporanea, aumentare la qualità di vita dei cittadini, sia da un punto di vista sociale (il parco come luogo di incontro, socializzazione, relax), sia ambientale (in termini di qualità dell'aria, delle acque, biodiversità), che economico (aumento dell'attrattività del quartiere e supporto all'insediamento di attività commerciali).

I parchi inondabili sono realizzati con l'obiettivo di:

- favorire l'infiltrazione in falda (efficacia media);
- rimuovere gli inquinanti attraverso i meccanismi legati alla filtrazione e all'assorbimento biologico da parte delle specie vegetali (efficacia media);
- ridurre i picchi di piena nei corpi ricettori (efficacia alta);
- diminuire l'effetto dell'isola di calore ed il rumore (efficacia media);
- incrementare la biodiversità (efficacia media).



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

I parchi inondabili sono spazi multifunzionali di estensione variabile, con superfici permeabili in cui prevale di gran lunga la componente vegetale e naturale. Vengono realizzati con l'obiettivo di drenare le acque piovane in maniera sostenibile grazie ad una grande varietà di combinazioni di soluzioni progettuali che combinano vari elementi quali depressioni morbide, bacini umidi, giardini della pioggia, fossati, noue o trincee infiltranti, stagni o giardini umidi. Si tratta di spazi verdi che presentano quote, linee di pendenza e superfici tali da ricevere e stoccare temporaneamente le acque meteoriche che ruscellano dalle superfici impermeabili.

La sicurezza delle persone deve essere sempre garantita: per questo sono sempre previsti percorsi in quota sia perimetrali che di attraversamento che permettono di mantenere fruibile il parco anche durante gli eventi più intensi.

I parchi inondabili si distinguono tra:

- **Parchi inondabili urbani** che possono far fronte alle criticità di drenaggio urbano, ovvero legate alle acque meteoriche delle aree urbanizzate limitrofe al parco;
- **Parchi inondabili fluviali** spazi più vasti e con un'influenza di scala maggiore, che risolvono le criticità dei corsi d'acqua che attraversano aree urbane.

In entrambi i casi, il parco deve far fronte ad una duplice funzione: divenire un luogo fruibile per i cittadini e mettere in sicurezza idraulica il territorio.

I parchi inondabili sono progettati secondo un approccio multidisciplinare che deve prendere in considerazione:

- **Gestione sostenibile delle acque meteoriche** mediante la progettazione di aree allagabili o umide per far fronte ai cambiamenti climatici; la sostenibilità delle misure scelte si fonda su un'adeguata mitigazione degli eventi di pioggia più intensi, sul riuso dell'acqua piovana come risorsa per irrigare o rinfrescare nelle giornate calde estive e sul miglioramento del microclima locale;

- **Rafforzamento della diversità biologica e della componente verde** in aree in genere urbanizzate, mediante l'attenta scelta di piante non solo piacevoli ma adatte al sito di intervento (requisiti agronomici, ecologici, funzionali, estetici, manutentivi), e di una corretta scelta dell'impianto e di adeguate cure colturali successive;
- **Creazione di nuovi spazi urbani vivibili e multifunzionali** che migliori il benessere dei cittadini (con aree gioco e relax), che favorisca l'aggregazione sociale (con aree adibite a eventi, dibattito pubblico, concerti, spettacoli) e che ricrei ambienti quanto più naturali possibile per favorire un collegamento diretto tra cittadino e natura; per questo, si deve prevedere il coinvolgimento e la partecipazione attiva della popolazione sin dalle prime fasi progettuali.

La scelta di soluzioni tecniche per la mitigazione delle varie componenti ambientali, in particolar modo della gestione delle acque meteoriche, ma anche del calore, dell'inquinamento dell'aria, della componente rumore, deve essere svolta in funzione dei parametri ambientali del sito, oltre che degli aspetti di fruizione sociale e di valorizzazione estetica.

CONTESTO DI APPLICAZIONE E VINCOLI

In ambito residenziale, i parchi inondabili possono gestire le acque meteoriche di aree urbanizzate con superfici modeste, fino ad aree molto estese.

Un parco inondabile può facilmente essere realizzato in aree verdi esistenti grazie ad una adeguata modellazione del terreno e l'inserimento di un sistema di collettamento, superficiale o con condotte interrato, delle acque di runoff all'interno dell'area allagabile.

Le acque provenienti da strade carrabili o percorsi ciclo-pedonali possono essere convogliate opportunamente all'interno delle aree allagabili di un parco pubblico, mediante sistemi a cielo aperto Nature-based quali noue e giardini della pioggia, o mediante le canalizzazioni fognarie.

Le acque piovane delle aree commerciali e produttive possono essere gestite all'interno di parchi allagabili, previa verifica dell'assenza di pericolo di contaminazione o inquinamento del sito.

In generale, in funzione del grado di inquinamento e di traffico, può essere necessario un sistema di trattamento delle acque di prima pioggia, che può essere realizzato sia mediante soluzioni Nature based quali bacini di fitodepurazione opportunamente dimensionati, sia mediante soluzioni classiche di impianti interrati per la sedimentazione e la separazione degli olii.

- **Spazio richiesto**

I parchi inondabili necessitano di un elevato sviluppo areale ed un ridotto tirante idrico. Il sistema è in transizione e può essere progettato per allagarsi gradualmente e quindi rimanere fruibile in parte (durante gli eventi di pioggia) o totalmente (in condizioni asciutte).

- **Tipologia di terreno e presenza della falda**

I bacini infiltranti necessitano della presenza di terreno permeabile e falda ad almeno 1 mt dal fondo bacino per favorire un buon livello di abbattimento inquinanti. I bacini inondabili necessitano di un fondo bacino posto a quota superiore a quella della falda acquifera superficiale, in modo da garantirne la capacità di invaso.

ELEMENTI VEGETALI

I parchi inondabili sono di solito vegetati in larga parte con prato lasciando alle alberature le zone più di confine o la costituzione di macchie centrali.

- **Prati** resistenti come poa e dicentra
- **Alberi** cipresso calvo, ontano, pioppo e salici (specie classiche che tollerano un terreno saturo di acqua per brevi periodi), Liquidambar styraciflua, Quercus palustris, Sorbus aucuparia; le specie più adatte sono in un numero maggiore rispetto a quelle possibili nelle piazze inondabili, grazie alla maggiore quantità di terreno disponibile;
- **Arbusti** Amelanchier canadensis, Physocarpus, Sambucus nigra.

Quando si associa la funzione di fitodepurazione a quella idraulica, si deve prevedere la presenza di specie capaci di assorbire gli inquinanti indicate tra le piante acquatiche e ripariali, che sopravvivono solo in condizioni di acqua o umidità permanente. Il grado di abbattimento degli inquinanti dipende in particolare dallo strato filtrante compreso tra il fondo bacino e la falda acquifera: è bene che vi sia almeno 1 mt di spessore. La piantagione di specie vegetali, oltre che favorire l'effetto disinquinante, permette un incremento del valore paesaggistico e di biodiversità dell'area.

GRADO DI FRUIZIONE AL PUBBLICO

Un parco inondabile può essere fruibile:

- **Interamente** su tutta la superficie, in condizioni asciutte con spazi di gioco, attività culturali, area per il tempo libero e relax;
- **Parzialmente** su parte della superficie, per eventi di modesta intensità che determinano un parziale allagamento dell'area (con tiranti molto modesti), anche mediante realizzazione di percorsi rialzati di attraversamento;
- **Non fruibile ma attraversabile** nel caso di eventi meteorici rilevanti, grazie alla realizzazione di percorsi rialzati di attraversamento delle aree inondabili.

Al fine di garantire la sicurezza della popolazione, è bene che le aree inondabili del parco da utilizzarsi anche per scopi fruitivi abbiano una profondità massima inferiore al metro.

MANUTENZIONE

È importante garantire un facile accesso ai mezzi e al personale addetto alla manutenzione. Gli interventi devono riguardare sia i manufatti idraulici di caricamento e di scarico (manutenzione sia ordinaria che straordinaria), a seguito di eventi meteorici intensi, sia la componente vegetale, nello specifico:

- ispezione dei manufatti ed eventuale pulizia;
- verifica della presenza di sedimenti ed eventuale rimozione;
- sfalcio vegetazione e messa a dimora di piante;
- sostituzione di piante morte.

I costi di manutenzione sono di media entità in quanto limitati nella frequenza e realizzabili in contemporanea alla manutenzione degli spazi pubblici e stradali limitrofi, con minimo aggravio di costi. In ogni caso dipendono principalmente dalla scelta dell'impianto vegetale e si dovranno prendere in considerazione i costi di gestione e manutenzione nel tempo (scelta di piante adattabili ai cambiamenti climatici, tolleranti nei confronti di patogeni, che non danneggino eventuali pavimentazioni, non invasive).

COSTI INDICATIVI

I costi di realizzazione sono indicativamente:

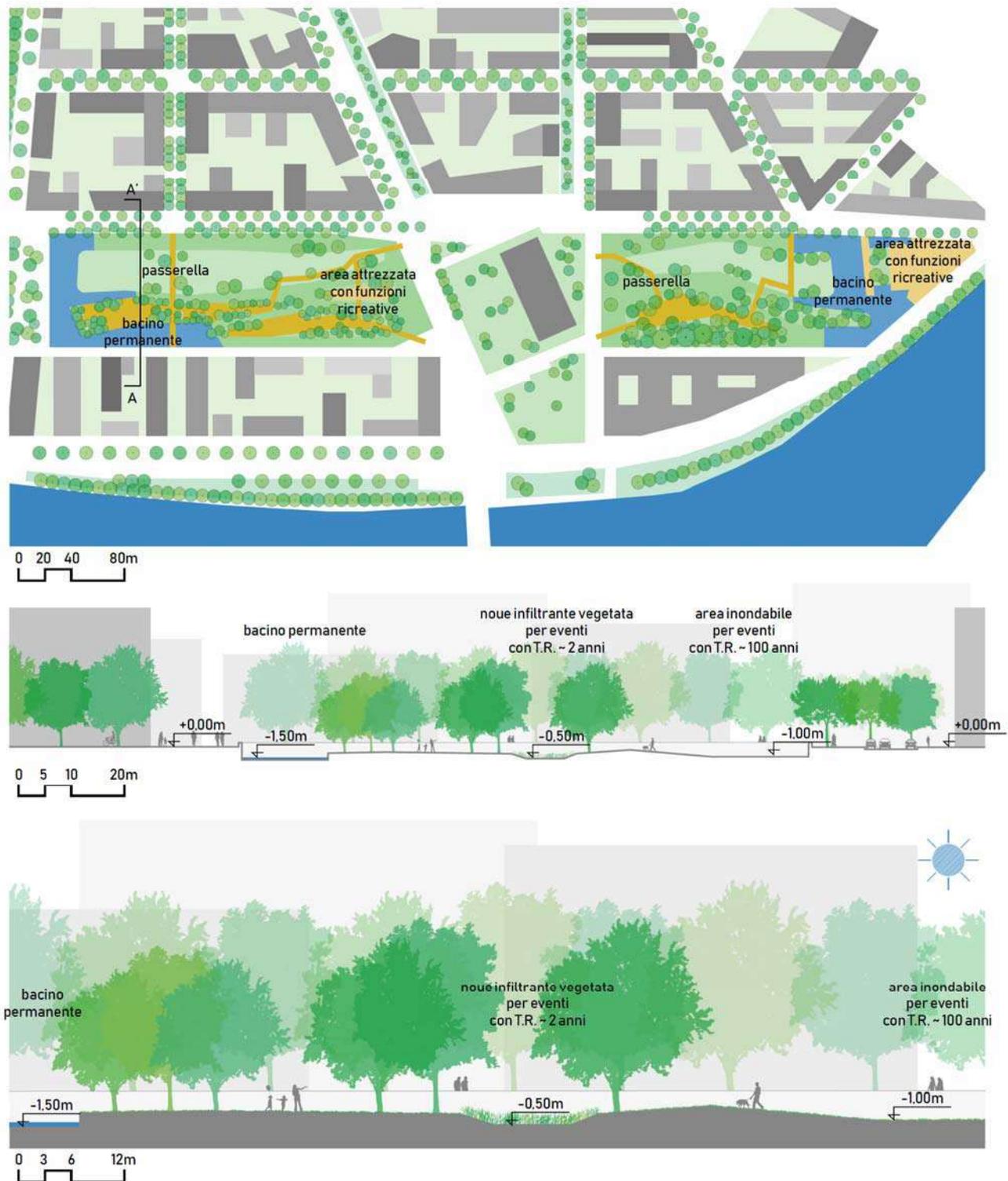
- 20-25 euro/mq: scavo con profondità di 1 m e relativo smaltimento e finitura a prato;
- 10-20 euro/mq: de-pavimentazione della superficie se minerale;
- 20-25 euro/mq: piantagione di specie resistenti ai suoli umidi;
- 300-600 euro/ml: passerella in legno.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



L'area inondabile del Parc du Trapez di Boulogne-Billancourt a Parigi. (Progetto di Agence Ter con Setec TPI + Biotope)

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



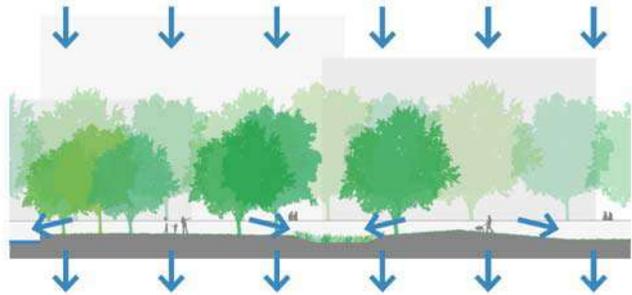
L'eco-quartiere di Boulogne Billancourt, a Parigi, sorto sull'area dell'ex stabilimento Industriale della Renault a margine della Senna. Il quartiere è stato progettato per adattarsi ai cambiamenti climatici, e in particolare per rispondere, dal punto di vista idraulico, ai diversi eventi di pioggia, attraverso strategie e soluzioni applicate alle diverse scale di intervento

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI

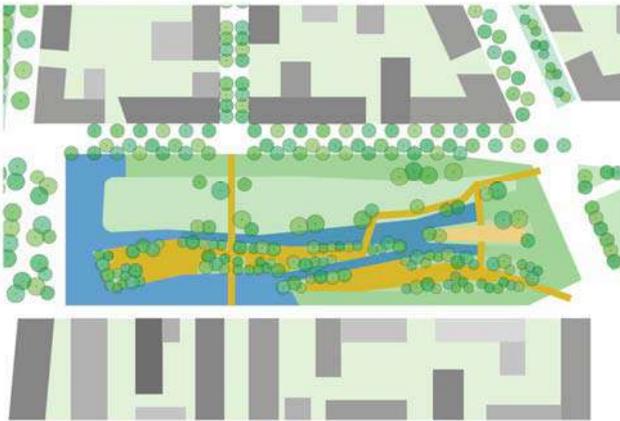
EVENTO DI PIOGGIA ORDINARIO



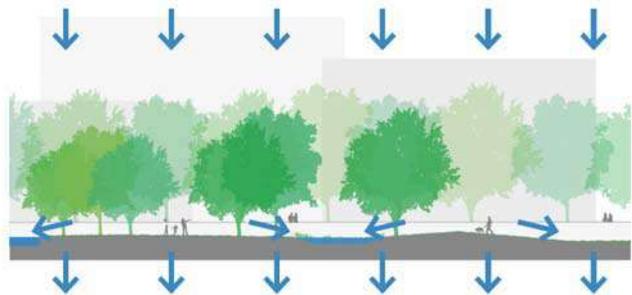
Si innalza il livello idrico del bacino permanente, mentre il resto del parco rimane completamente fruibile.



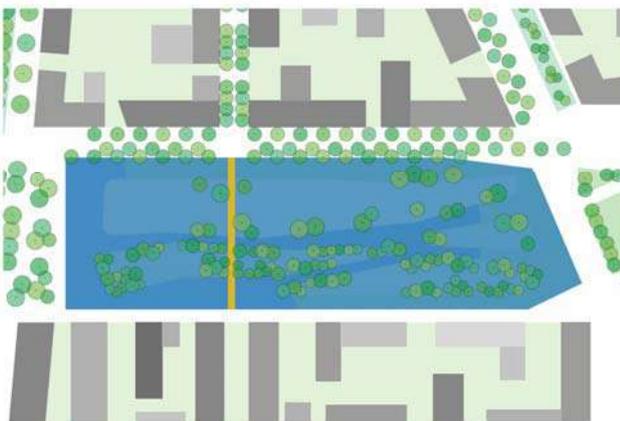
EVENTO DI PIOGGIA DI MEDIA INTENSITÀ (TR~ 2 ANNI)



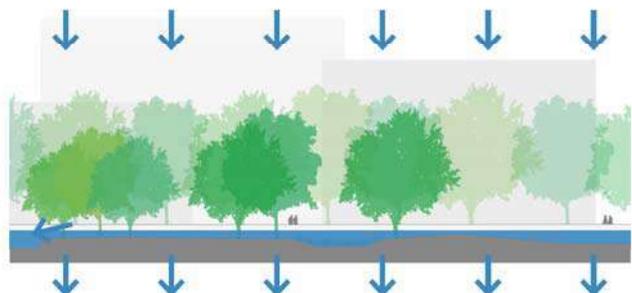
La porzione allagata si estende ai fossati vegetati, mentre le aree a prato rimangono utilizzabili, collegate da passerelle in quota.



EVENTO PIOVOSO ECCEZIONALE (TR~ 100 ANNI)



Il parco è completamente allagato ad eccezione dei percorsi in quota che ne permettono l'attraversamento.



L'eco-quartiere di Boulogne Billancourt, a Parigi, sorto sull'area dell'ex stabilimento Industriale della Renault a margine della Senna. Il quartiere è stato progettato per adattarsi ai cambiamenti climatici, e in particolare per rispondere, dal punto di vista idraulico, ai diversi eventi di pioggia, attraverso strategie e soluzioni applicate alle diverse scale di intervento

2.8. PIAZZE INONDABILI

Gestire il rischio idraulico in aree urbane densamente edificate

Le piazze inondabili sono spazi urbani fruibili, concepiti come aree di gioco, relaxo incontro, che in caso di precipitazioni intense si allagano, del tutto o in parte, e contribuiscono alla gestione delle acque piovane. Per la maggior parte dell'anno, infatti, mantengono la connotazione di piazza urbana e luogo di socializzazione e sono interamente accessibili e fruibili dalla cittadinanza. In caso di evento meteorologico eccezionale, invece, permettono di stoccare temporaneamente le acque in eccesso e restituirle gradualmente, evitando il sovraccarico della rete fognaria.

È possibile introdurre sistemi di riuso dell'acqua temporaneamente invasata per l'irrigazione o altri usi, come ad esempio giochi d'acqua.

Le piazze inondabili consentono di:

- ridurre i picchi di piena nei corpi ricettori (efficacia alta);
- riutilizzare l'acqua come risorsa (efficacia alta);
- incrementare la biodiversità e ridurre dell'effetto isola di calore nel caso di parziale depavimentazione e creazione di aiuole a verde (efficacia media).

SERVIZI ECO-SISTEMICI EROGATI



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

Le piazze inondabili sono dimensionate per far fronte ad eventi meteorici con tempi di ritorno ≥ 10 anni ed in modo da garantirne un completo svuotamento in un tempo di solito non superiore a 24 ore per motivi igienici.

In caso di piogge ordinarie, le acque meteoriche possono essere collettate attraverso canalette superficiali verso aree permeabili come aiuole a verde, che ne favoriscano l'infiltrazione nel sottosuolo. In caso di eventi di maggiore entità, invece, l'eccesso di portata può essere raccolto da canalette superficiali, griglie o sistemi di caditoie e condotte che collettano l'acqua verso la piazza inondabile o che allagano in modo diretto la superficie della piazza o parte di essa. Possono inoltre essere previsti ulteriori volumi di invaso interrati, ad esempio attraverso vasche o box prefabbricati.

Nei casi in cui l'accumulo di sedimenti può essere significativo, prima dell'immissione delle acque nella piazza allagabile è bene prevedere un sistema di sedimentazione e pretrattamento.

I sistemi costruttivi possono prevedere:

- **Pavimentazioni minerali** ma con modalità di posa che ne assicurino la parziale permeabilità (ad esempio mediante giunti drenanti o materiali porosi);
- **Materiali semipermeabili**;
- **Aree a verde** come aiuole o prati.

Il funzionamento idraulico del sistema può essere più o meno articolato, a seconda del layout di progetto che può prevedere settori di 'allagamento progressivo', ovvero aree inondate o meno a seconda dell'intensità della pioggia. Le piazze inondabili possono essere progettate con sezioni e profondità variabili, per zone o comparti allagabili progressivamente, a seconda dell'intensità dell'evento, così da massimizzare la fruibilità dell'area e modularne l'allagabilità. Anche in caso di allagamento massimo, sono garantiti i percorsi perimetrali e di attraversamento, in modo da mantenere lo spazio circostante sempre fruibile. È di norma importante realizzare uno o più collegamenti di troppo pieno alla rete fognaria per far fronte agli eventi di pioggia eccezionali.

CONTESTO DI APPLICAZIONE E VINCOLI

Queste piazze possono essere realizzate alla piccola o ampia scala. Sono prevalentemente impiegate in ambiti urbani densamente edificati, o di nuova urbanizzazione o di trasformazione di spazi pubblici esistenti. In generale,

tali interventi sono applicabili in sostituzione a vecchie superfici adibite a parcheggi minerali, piazze ed altri spazi urbani anche dismessi, rivitalizzandoli e conferendogli resilienza idraulica e attrattività.

- **Spazio richiesto**
Hanno un elevato sviluppo areale ma sono fruibili per la maggior parte dell'anno.
- **Tipologia di terreno e presenza della falda**
Nel caso di presenza di aree di infiltrazione, è necessario verificare la eventuale vulnerabilità della falda acquifera e la capacità di infiltrazione del terreno esistente.

ELEMENTI VEGETALI

Sebbene la piazza inondabile in sé sia realizzata con elementi minerali, è possibile integrare il progetto con superfici vegetate, quali aiuole di bordo/perimetrali, per favorire la parziale infiltrazione, essere degli elementi di arredo urbano e migliorare il microclima.

- **Alberi** La situazione è complessa per la sopravvivenza delle alberature; si possono scegliere specie che vivono nei pressi dei letti fluviali e tollerano un terreno saturo di acqua per brevi periodi, quali cipresso calvo, ontano, pioppo e salici, ma l'alternanza tra prolungata siccità estiva e inondazione sporadica, come avviene in molte regioni a clima continentale, non permette alle piante di adeguarsi a un regime idrico costante nell'abbondanza o nella carenza di acqua. A oggi, le realizzazioni completate sono troppo poche e recenti per completare una casistica significativa che consenta di avere la certezza di mettere a dimora arboree di lunga durata. Si tratta quindi di provare la messa a dimora di specie che hanno la probabilità di una sopravvivenza prolungata e di controllarne lo sviluppo nel tempo.
- **Arbusti e erbacee** Specie adattabili ad ambienti mutevoli e di facile sostituzione.

GRADO DI FRUIZIONE AL PUBBLICO

L'area può essere fruibile:

- **Interamente** su tutta la superficie, in condizioni asciutte, come spazio di gioco, per attività culturali, o relax;
- **Parzialmente** per eventi di modesta intensità che determinano un parziale allagamento della piazza, mediante la realizzazione di settori a quote diverse;
- **Indirettamente** garantendo i percorsi perimetrali, nel caso di eventi meteorici rilevanti, per permettere la percorribilità dei percorsi perimetrali o delle aree limitrofe alla piazza.

MANUTENZIONE

La manutenzione periodica riguarda aspetti idraulico-impiantistici e agronomici:

- ispezione periodica del sistema idraulico di caricamento e scarico, ovvero ispezione e pulizia delle reti di raccolta;
- verifica della presenza di sedimenti ed eventuale rimozione, in particolare a seguito di eventi meteorici intensi.

In fase progettuale è importante individuare un facile accesso per i mezzi e il personale addetto alla manutenzione. I costi sono dipendenti dal grado di complessità del progetto.

COSTI INDICATIVI

I costi di realizzazione dipendono dal contesto urbano, dalla necessità o meno di eseguire interventi di depavimentazione preventivi e dal progetto architettonico e paesaggistico della piazza. Si consideri, indicativamente:

- 400-500 €/mq.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI

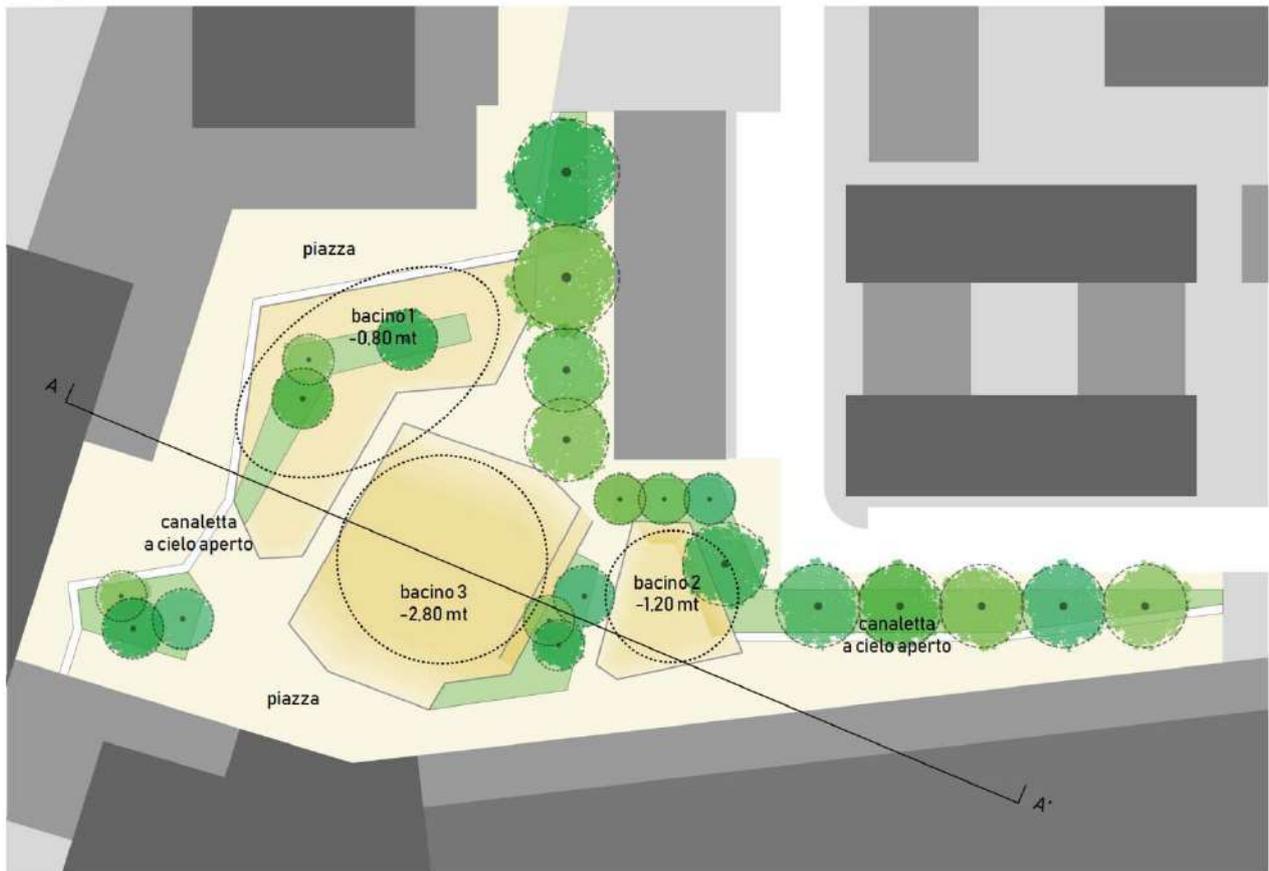
La piazza inondabile di Benthemplein a Rotterdam: sono presenti 3 bacini minerali che raccolgono le acque della piazza, dei percorsi pedonali e delle coperture degli edifici circostanti. Ognuno dei 3 bacini entra in funzione a seconda dell'intensità di pioggia. In questo modo, la piazza funge in questo modo da sistema di accumulo temporaneo delle piogge meteoriche alla scala del quartiere. (Progetto di De Urbanisten)



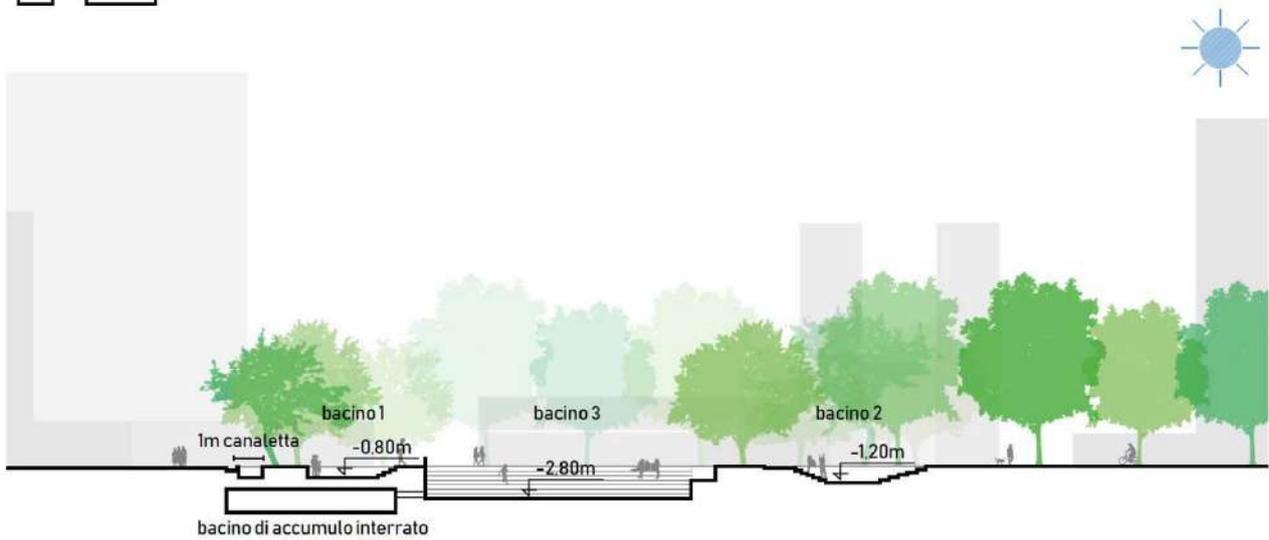
La piazza inondabile di Zollhallen a Friburgo, in Germania, in cui si integrano pavimentazioni permeabili, elementi vegetati e vasche di accumulo. La piazza è infatti completamente scollegata dal sistema fognario. Per gestire i fenomeni piovosi, le vasche di accumulo realizzate nel sottosuolo stoccano le piogge e le restituiscono lentamente in falda. (Progetto di Ramboll Studio)



IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



0 4 8 16m



0 4 8 16m

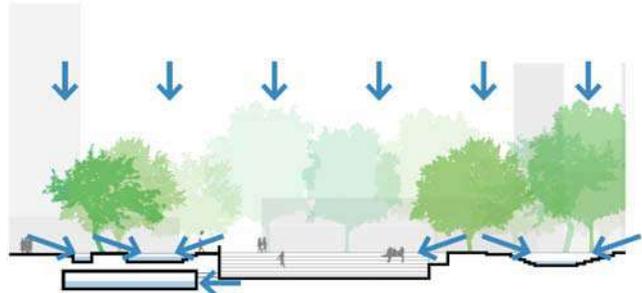
Planimetria tipo di piazza della pioggia con tre aree allagabili per eventi di diversa entità.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI

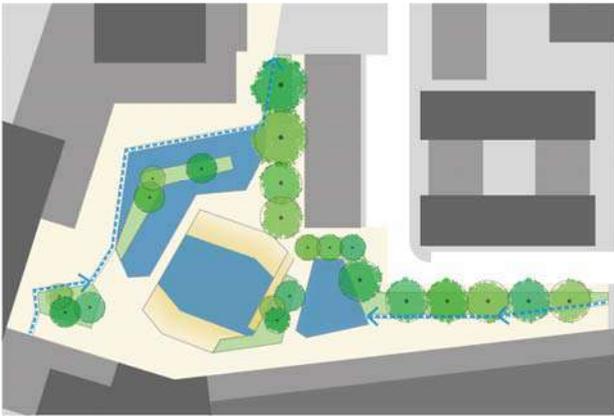
EVENTO DI PIOGGIA ORDINARIO



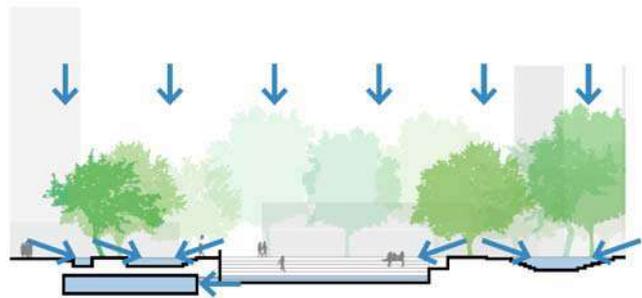
Lo spazio principale della piazza rimane fruibile e le portate di pioggia interessano solamente i bacini più superficiali 1 e 2.



EVENTO DI PIOGGIA DI MEDIA INTENSITÀ (TR~ 2 ANNI)



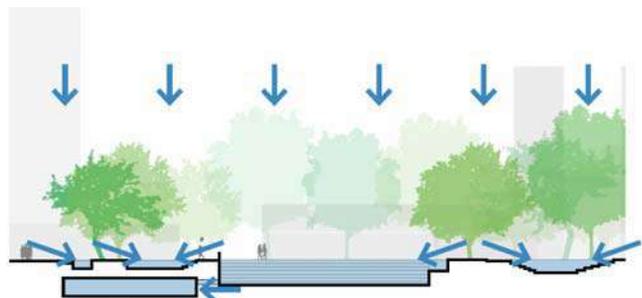
Oltre ai bacini più superficiali 1 e 2, si allaga parzialmente anche la porzione centrale della piazza principale 3.



EVENTO PIOVOSO ECCEZIONALE (TR~ 100 ANNI)



Si allagano completamente tutti e 3 i bacini e rimangono fruibili solamente i percorsi pedonali perimetrali in quota.



Planimetria tipo di piazza della pioggia con tre aree allagabili per eventi di diversa entità.

2.9. POCKET GARDENS

Creare giardini permeabili e oasi di ombra in aree densamente urbanizzate

I pocket gardens - o 'giardini tascabili' - sono interventi puntuali e capillari di verde urbano che si sviluppano in spazi ridotti, spesso minerali, ma con un forte impatto attrattivo e notevoli benefici sul microclima.

Questi piccoli giardini hanno infatti la funzione di rivitalizzare aree urbane, angoli cittadini o piccoli spazi privati ad uso pubblico grazie a progetti paesaggistici accurati e ben integrati al contesto, dove finiture, dettagli costruttivi, elementi di arredo e specie vegetali creano spazi attrattivi e di qualità che fondono funzionalità ed estetica.

Questi giardini permettono di contrastare i cambiamenti climatici, in particolare nei contesti urbanizzati, incrementando la qualità dell'aria, delle acque, promuovendo la biodiversità, offrendo un rifugio alla fauna cittadina.

I pocket gardens sono realizzati con l'obiettivo di:

- *rivitalizzare aree urbane di modeste dimensioni, poco attrattive, inedificate o in stato di abbandono;*
- *favorire la riduzione dell'effetto isola di calore e migliorare il microclima;*
- *aumentare la biodiversità di spazi urbani densi e impermeabilizzati;*
- *aumentare la permeabilità urbana.*

SERVIZI ECO-SISTEMICI EROGATI



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

I giardini tascabili possono essere realizzati anche in aree di modeste dimensioni, sfruttando i dislivelli in quota del terreno, piantando specie vegetali di diverse altezze o inserendo strutture come pergole o coperture così da sfruttare al massimo lo spazio in superficie e svilupparsi in verticale.

Gli effetti di profondità, prospettive e giochi di luci, contrasti di colori e trame per arricchire gli spazi possono essere molteplici.

La componente vegetale è l'elemento predominante dei giardini tascabili: le specie possono essere scelte tra una grande varietà, a seconda del risultato estetico ricercato ma soprattutto in funzione dei parametri ambientali del sito. A ciò si associa l'utilizzo di strutture che favoriscano la crescita, anche verticale, delle piante (pergolati, box verticali in legno, ecc.) e l'utilizzo di pavimentazioni, anche impermeabili, che possano essere elementi di transizione tra le diverse zone vegetate.

Si ricorre spesso all'utilizzo di elementi contenitivi, della varietà e fantasia più svariata, a patto che siano impermeabili all'acqua per permetterne l'assorbimento da parte delle piante (si possono in realtà considerare anche piante grasse, la cui richiesta d'acqua è minimale).

La presenza di elementi di arredo urbano come sedute primarie o secondarie permette di aumentare la fruibilità del luogo ed accrescere il valore sociale del giardino.

CONTESTI DI APPLICAZIONE E VINCOLI

I giardini tascabili possono essere realizzati ovunque, in quanto, come si evince dal nome stesso, sono 'piccoli', 'tascabili' e 'adattabili' a qualsiasi spazio a disposizione.

Con interventi contenuti, è possibile trasformare spazi inutilizzati dove si possono generare comportamenti anti-sociali, in luoghi di incontro fruibili e presidati, dove organizzare eventi, promuovere la socializzazione, lo scambio culturale e la formazione di un senso di comunità.

ELEMENTI VEGETALI

Vi è una grande varietà di specie vegetali tra cui selezionare quelle più adatte; la loro scelta dipenderà in primo luogo dallo spazio a disposizione, dal grado di insolazione dell'area e dalla disponibilità di irrigazione, oltre che dal clima.

I giardini così piccoli non perdonano errori progettuali ma danno grandi soddisfazioni a chi sa mettere in gioco le proprie conoscenze compositive abbinandole a quelle botaniche creando, con le sole foglie e pochi materiali, inganni quali false prospettive e illusioni sulle dimensioni con l'utilizzo di verde verticale e adeguati supporti. Spesso sono visibili tutt'attorno e, di conseguenza, assume importanza estetica anche la trasparenza notturna del fogliame, capace di creare trame invisibili di giorno (come ad es. tutte le begonie a foglie grandi).

Nei pocket garden sono ammissibili:

- **Alberature di III grandezza**
- **Arbusti** clerodendro, biancospino, olivo di Boemia, fillirea, susino da fiore, tamerice, oleandro, melograno, albero di Giuda, orniello, melia, sorbo degli uccellatori, alloro, lagerstroemia, albizia, nespolo del Giappone e altri fruttiferi.

GRADO DI FRUIZIONE AL PUBBLICO

I pocket gardens hanno la funzione di rivitalizzare aree urbane, angoli cittadini, piccoli spazi pubblici o privati ad uso pubblico, grazie alla gradevolezza estetica degli elementi vegetali e dei giochi di luce/acqua, e all'inserimento di sedute (muretti di bordo, panchine,...). Queste soluzioni sono particolarmente efficaci per migliorare l'attrattività delle gallerie commerciali dei centri storici e delle aree direzionali, spesso non attrattive e per lo più pavimentate. Queste misure vanno a beneficio dei negozi, dei bar e dei ristoranti che vi si affacciano e di residenti e turisti in cerca di refrigerio o di luoghi tranquilli in cui rilassarsi in pausa pranzo.

MANUTENZIONE

I costi di manutenzione possono essere contenuti purché la vegetazione scelta richiedano poche cure e non sia invasiva. Il substrato di terreno di norma è ridotto ed è quindi necessario irrigare in modo accorto per non imbibire troppo un suolo che non è drenato ma che, d'altro canto, si asciuga con rapidità. Pertanto è opportuno predisporre un impianto automatico di irrigazione a meno che non si adottino le tecniche costruttive dei tetti verdi estensivi con risultati estetici inferiori.

COSTI INDICATIVI

I costi medi di realizzazione possono essere stimati in:

- 120-150 euro/mq per interventi che spaziano dal semplice prato a spazi verdi vegetati più articolati.

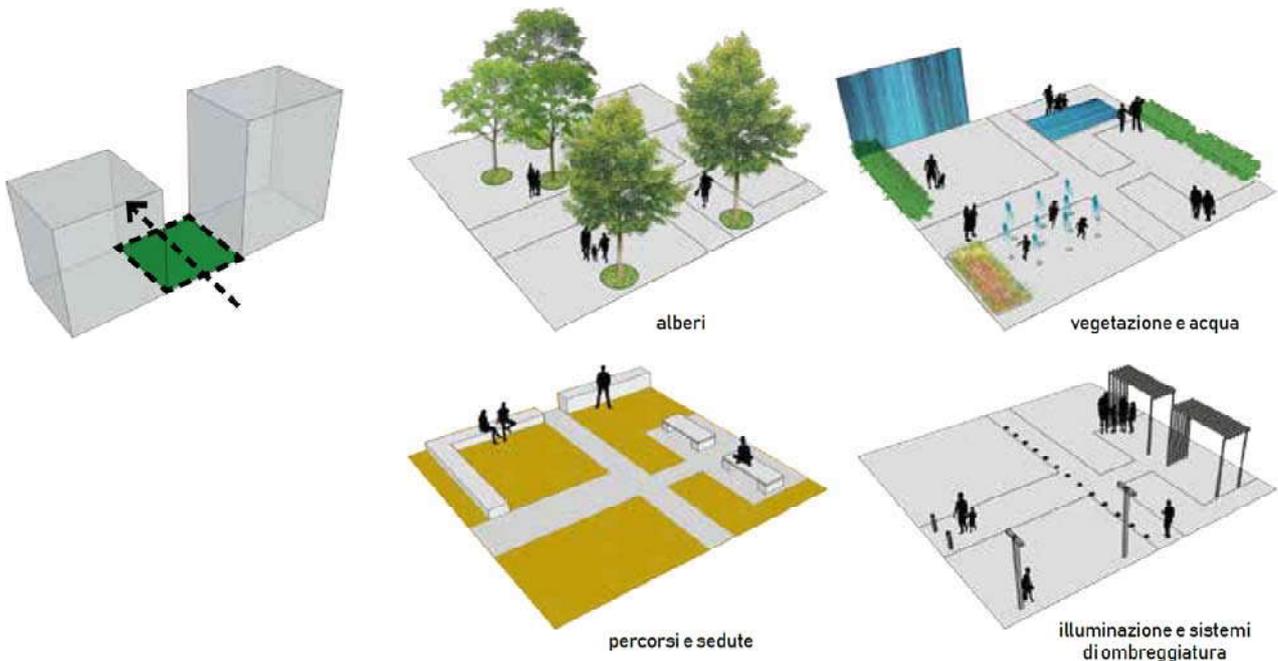
IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



Greenacre Park è un piccolo giardino privato ad uso pubblico di New York, una fresca oasi di tranquillità nell'area frenetica di Manhattan. (Progetto di Hideo Saaki)

Balsley Park è un piccolo giardino situato nel West Side di Manhattan, realizzato a seguito della riconversione di Sheffield Plaza, una piazza minerale scarsamente frequentata. (Progetto di Thomas Balsley Associates)

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



Abaco degli elementi che caratterizzano i pocket gardens:

- **POSIZIONE** l'area è solitamente circondata da edifici ma attraversabile;
- dotazioni a **VERDE** come alberature o rampicanti per creare ombra, piccoli arbusti e aiuole fiorite per aumentare il comfort;
- presenza di **ACQUA** come cascate, lame d'acqua, fontane, specchi d'acqua o sistemi di nebulizzazione per migliorare il comfort;
- utilizzo di diversi **MATERIALI**, permeabili o semi-permeabili, per differenziare percorsi principali e secondari;
- presenza di **SEDUTE PRIMARIE E SECONDARIE** per incentivare la sosta e la socializzazione;
- **ILLUMINAZIONE** per consentire la fruibilità anche nelle ore serali con luci a terra per indicare i percorsi principali, illuminazione perimetrale per individuare i fronti carrabili e/o fonti di luce di dettaglio per identificare gli accessi;
- presenza di **SISTEMI DI OMBREGGIATURA** come pergole, tettoie o coperture per proteggere dagli eventi atmosferici.

2.10. GIARDINI ROCCIOSI

Depavimentare suoli e riutilizzare in loco le terre e rocce da scavo

I giardini rocciosi da desealing sono spazi ricavati da suoli in precedenza impermeabili e minerali che, per effetto di un'azione di desigillazione, a seguito della 'rottura' di pavimentazioni in asfalto o calcestruzzo, vengono resi parzialmente permeabili e idonei ad ospitare specie vegetali.

Spesso presentano sedute e percorsi gioco-sport immersi in un contesto di biodiversità pioniera. Sono impiegati in contesti di riconversione (o inizio di riconversione) di aree pavimentate in disuso e possono rappresentare un primo passo verso il progetto di riconversione, consentendo di ottenere un miglioramento della resilienza del sito (permeabilità, miglioramento suolo, inserimento verde o forestazione preventiva) a costi più contenuti.

Sono realizzabili in piazzali o parcheggi dismessi, di medie e grandi dimensioni, sull'intera superficie o solamente su porzioni.

I giardini rocciosi sono realizzati con l'obiettivo di:

- ridurre il deflusso superficiale e favorire l'infiltrazione;
- ridurre i picchi di piena nei corpi ricettori;
- consentire l'avvio dei processi di miglioramento delle caratteristiche pedologiche del suolo;
- mettere a dimora specie vegetali pioniere;
- realizzare interventi di forestazione preventiva;
- permette di ridurre l'effetto di calore, rumore e di incrementare la biodiversità.

SERVIZI ECO-SISTEMICI EROGATI



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

I giardini rocciosi ricavati da azioni di desealing, sono il risultato dell'attività di 'rottura' di pavimentazioni in asfalto o calcestruzzo mediante taglio della superficie stessa e scavo con mezzi idonei, ad una profondità tale da portare alla luce il sottofondo drenante.

L'attività di desigillazione può avvenire mantenendo sul posto il materiale di risulta dello scavo, riutilizzandolo anche in parte, previa adeguata campagna di analisi di caratterizzazione degli inerti e relativa acquisizione favorevole di permessi.

La realizzazione di giardini, o superfici, cosiddetti 'rocciosi' richiede uno studio preventivo dei quantitativi di terre e rocce da scavo (TRS) che si andranno a produrre, in modo da individuare il percorso e i controlli, anche analitici, da mettere in campo. Gli aspetti normativi e autorizzativi devono infatti essere considerati con grande attenzione: in funzione delle dimensioni dell'intervento e del ricorso al piano di utilizzo o alla dichiarazione, la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo (analitica o bibliografica) deve guidare i tecnici nella migliore scelta del riutilizzo, possibilmente in loco, ai fini di perseguire i principi della valorizzazione del suolo con conseguente condivisione, riuso ed economia circolare.

Il pacchetto di pavimentazione minerale da rimuovere dipende dal contesto, ma in generale si aggira tra i 30 e i 70 cm. Qualora il terreno sottostante lo richieda, può rendersi necessario il miglioramento delle caratteristiche drenanti non appena eseguita la desigillazione, così da innescare i processi biologici di ri-mineralizzazione. È importante porre attenzione al deflusso delle acque in superficie, mediante uno studio delle pendenze, affinché vengano fatte confluire verso le aree a maggiore permeabilità e/o verso i dispositivi di drenaggio dell'eventuale parte in eccesso.

CONTESTI DI APPLICAZIONE E VINCOLI

In ambito residenziale, possono essere applicati su piccola scala, in corrispondenza delle pertinenze degli edifici. In corrispondenza di piazzali e parcheggi in disuso possono essere applicati su scala maggiore, per creare spazi urbani

per la biodiversità. In caso di aree dismesse, possono essere realizzati per attivare il recupero e la riconversione; in funzione delle dimensioni e della tipologia si rende necessaria la preventiva caratterizzazione.

- **Spazio richiesto**

I giardini rocciosi da desealing possono essere realizzati sia alla piccola che alla macroscala.

- **Tipologia di terreno sottostante**

Occorre che sia garantita un'adeguata capacità di infiltrazione da parte del sottofondo portato alla luce. In caso non sia possibile, si rendono necessarie reti/dreni di evacuazione delle acque in eccesso. In funzione delle caratteristiche del top soil rinvenuto, saranno scelte le specie vegetali più idonee sia al pronto attecchimento, sia al contributo che apporteranno nel tempo in termini di rimineralizzazione del suolo.

ELEMENTI VEGETALI

I giardini rocciosi da desealing sono vegetati con specie pioniere. In casi specifici si può prevedere la messa a dimora di specie capaci di assorbire e metabolizzare gli inquinanti.

Le specie consigliate sono:

- **Arboree a rapido sviluppo** quali pioppi maschi, bagolari, tigli, robinia (varietà sterili), oltre a sambuchi e altre specie indicate in seguito;
- **Erbacee e arbustive spontanee**: le aree marginali ai centri urbani sottoposte a desealing sono destinate a essere colonizzate subito da numerose specie erbacee e arbustive spontanee della zona o provenienti da giardini e campi limitrofi coltivati. È utile lasciar proseguire il meccanismo di insediamento naturale pur controllando la proliferazione di piante allergeniche come parietaria e Ambrosia artemisiifolia.

Una possibile applicazione a seguito della parziale desigillazione di pavimentazioni minerali è la "forestazione urbana produttiva", ossia la messa a dimora di specie a crescita rapida con ciclo vitale compatibile con l'utilizzo temporaneo a bosco produttivo, secondo accordi pubblico/privato.

GRADO DI FRUIZIONE AL PUBBLICO

L'area può essere:

- **Interamente fruibile** con finalità anche di percorsi e parchi avventura;
- **Parzialmente fruibile** per tutti gli usi tipici di parchi e giardini;
- **Non fruibile** nelle aree più impervie e dedicate all'evoluzione della natura.

MANUTENZIONE

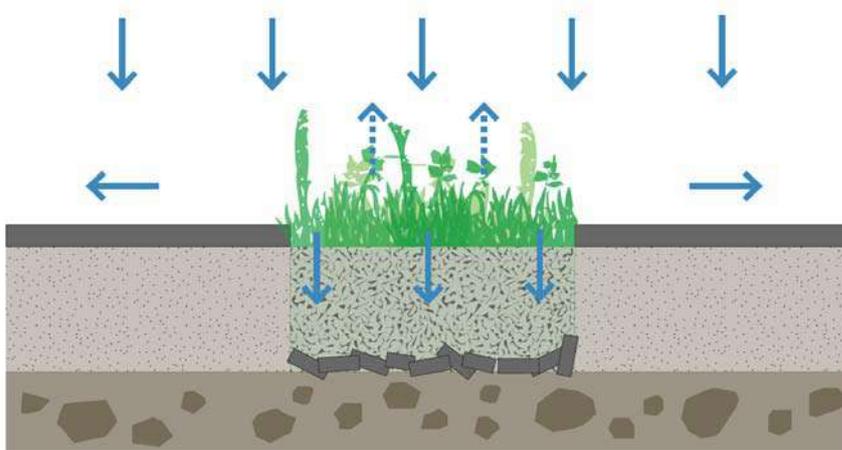
I giardini rocciosi non richiedono sostanzialmente manutenzione, in quanto prevedono la messa a dimora di specie pioniere. Sono comunque da prevedersi:

- attività di sfalcio della vegetazione;
- ispezione dei manufatti ed eventuale pulizia;
- verifica del mantenimento delle condizioni di sicurezza generali.

COSTI INDICATIVI

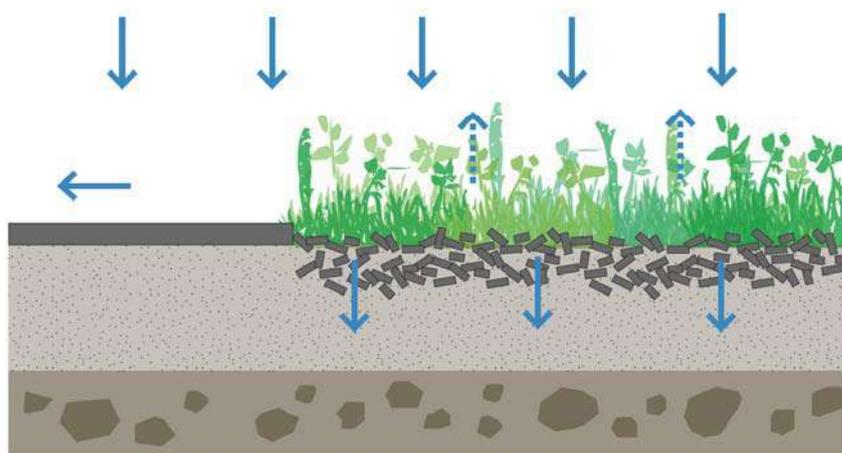
- 10-20 euro/mq; desigillazione senza smaltimento e altre opere particolari (ad es. reti o dreni di emergenza da valutare caso per caso);
- 20-30 euro/mq; desigillazione con trasporto e riutilizzo in altra area o cantiere nel raggio di qualche decina di km (non lo smaltimento come rifiuto);
- 7 euro/mq; integrazione dello strato superficiale di suolo con terriccio già umificato;
- 2-5 euro/mq; messa a dimora di specie vegetali trattate come pioniere.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



FRANTUMAZIONE CON RIMOZIONE DEL SOTTOFONDO

Il materiale è frantumato con una grana medio-fine: i blocchi più grandi sono utilizzati come sottofondo per le vasche verdi di nuova realizzazione, mentre il substrato viene miscchiato a terreno vegetale dove seminare erbacee ad alto accrescimento e/o prato fiorito o piccoli arbusti.



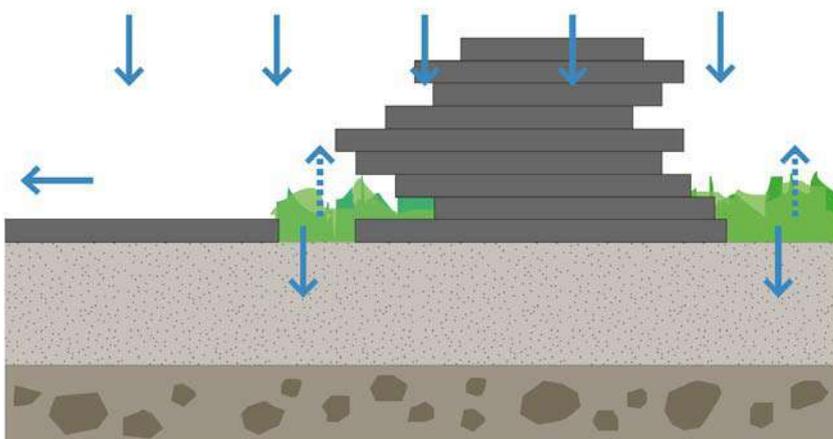
FRANTUMAZIONE EXTRA-FINE

Il materiale è frantumato con una grana molto fine ad eccezione di una porzione lineare che permane come percorso ciclo-pedonale. L'area desigillata viene seminata con erbacee ad alto accrescimento e/o prato fiorito.



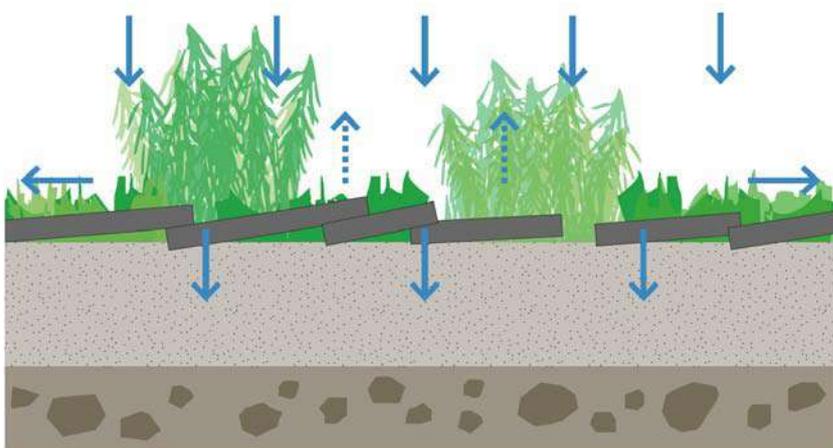
Diverse modalità di riutilizzo in situ di materiali inerti.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



FRANTUMAZIONE EXTRA-LARGE CON RIPOSIZIONAMENTO

Il materiale è rimosso a grandi blocchi, poi accatastato in gruppo per creare opere di land-art o postazioni per l'osservazione del paesaggio circostante. A terra, nelle aree desigillate, possono crescere spontaneamente erbacee e graminacee.



FRANTUMAZIONE EXTRA-LARGE IN LOCO

Il materiale è rimosso a grandi blocchi, poi scostato e sollevato dal terreno per lasciare spazio a muschi e graminacee. Negli spazi tra un blocco e l'altro è possibile mettere a dimora betulle a rapido accrescimento.



Diverse modalità di riutilizzo in situ di materiali inerti.

2.11. PERGOLATI E VERDE VERTICALE

Creare percorsi e spazi urbani freschi e ombreggiati

La pergola è un passaggio ombreggiato costituito da un sistema di elementi orizzontali e verticali su cui far crescere piante rampicanti. Ha la funzione di ombreggiare e rinfrescare percorsi o aree di sosta grazie all'utilizzo della vegetazione in copertura ed eventualmente in corrispondenza delle pareti laterali. Al di sotto della pergola verde si genera infatti un ambiente ombreggiato, con temperature inferiori rispetto a quelle rilevate in sistemi di copertura minerali, in virtù della minore temperatura delle piante. Si crea quindi un "soffitto fresco" verso il quale le persone cedono calore.

Le pergole offrono spazi ombreggiati e confortevoli per la socializzazione, la permanenza o anche solo la fruizione come percorso di passaggio degli spazi urbani. Vi si possono associare sedute per favorire la sosta e l'incontro. Le pergole sono realizzate con l'obiettivo di:

- favorire dei luoghi di sosta e socializzazione;
- favorire la riduzione dell'effetto "isola di calore" e migliorare il microclima.

SERVIZI ECO-SISTEMICI EROGATI



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

Per la realizzazione di un pergolato, è opportuno individuare i materiali e le specie vegetali rampicanti più adatte.

I materiali utilizzati sono legno, ferro, acciaio e alluminio. Considerando le diverse caratteristiche di ciascun materiale, la scelta deve prendere in considerazione sia aspetti estetici e di inserimento nel contesto, che valutazioni tecniche sui carichi attesi e durabilità dei materiali.

- **Legno** conferisce agli elementi un effetto rustico e naturale, permettendo anche di realizzare forme personalizzate. Richiede però una elevata e frequente manutenzione a seconda delle condizioni ambientali a cui è soggetto.
- **Ferro** permette di realizzare strutture più resistenti ed ottimizzare gli spazi, considerando le sezioni ridotte degli elementi portanti. I costi di manutenzione sono contenuti e la superficie del materiale, se protetta, ha una lunga durabilità senza necessitare interventi significativi.
- **Acciaio inox** costituisce un materiale più costoso che ben si integra sia ai centri storici che ai contesti più moderni.
- **Alluminio** è il materiale più performante e permette di realizzare strutture leggere e resistenti. Richiede una minor manutenzione rispetto a ferro e legno ma è importante verificare la capacità di carico della struttura progettata, soprattutto in relazione alla tipologia di piante rampicanti previste.

L'uso di specie rampicanti a parete permette di aumentare le superfici a verde, risolvendo quindi i problemi di spazio a disposizione per gli elementi vegetali.

CONTESTI DI APPLICAZIONE E VINCOLI

Le pergole possono essere realizzate in una grande varietà di spazi pubblici quali parcheggi, piazze, aree di sosta e relax o parchi, adattando layout, tipologia di materiali e specie vegetali in funzione del contesto architettonico, paesaggistico e climatico.

ELEMENTI VEGETALI

La scelta delle specie rampicanti deve essere svolta in base ai parametri climatici ed ambientali del luogo ed all'esposizione solare. Le piante rampicanti potranno svilupparsi sia sulla copertura, garantendo uno spazio ombreggiato nelle ore centrali e più calde, sia sulle pareti laterali, favorendo un ombreggiamento del percorso durante tutta la giornata (entrambe le pareti vegetate) o solo al mattino o al pomeriggio (solo una parete vegetata).

Tra le specie consigliate si individuano:

- **Rampicanti da utilizzare in condizioni di pieno sole** quasi tutte le specie, fatta eccezione per l'ortensia rampicante e *Ficus repens*;
- **Rampicanti che tollerano l'ombra** e che crescono con poche ore di sole come akebia, *Ampelopsis*, *Celastrus*, edera, falso gelsomino, *Ficus repens*, Ionicera, luppolo, ortensia rampicante, *Schizophragma integrifolium*, vite del Canada.

GRADO DI FRUIZIONE AL PUBBLICO

Le pergole incentivano il passaggio e la sosta delle persone, in quanto migliorano le condizioni microclimatiche degli spazi pubblici dove sono posizionate garantendo ombra e frescura.

L'integrazione di sedute ed elementi di arredo favorisce un utilizzo dello spazio come luogo di socialità e incontro, incrementando l'immagine e la percezione del luogo.

MANUTENZIONE

La tipologia di materiali e le specie vegetali prescelte determinano la frequenza e i costi di manutenzione. Materiali durevoli e resistenti agli agenti atmosferici come alluminio o ferro necessitano infatti di minori interventi di manutenzione, diversamente dal legno.

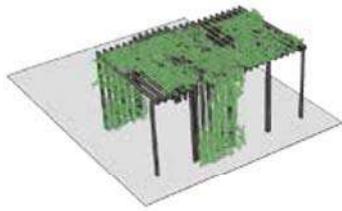
Per quanto riguarda la cura delle piante, è opportuno mettere a dimora specie che non necessitino di potature di contenimento (come alcune varietà di glicine e di edera di grande sviluppo) che nel tempo possono danneggiare i materiali e compromettere le strutture portanti.

COSTI INDICATIVI

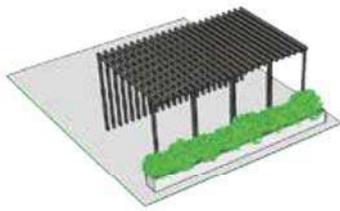
I costi di realizzazione dipendono dal materiale scelto per la struttura, indicativamente:

- 400-1.000 euro/ml come costo medio che considera la variabilità dei materiali, la tipologia di struttura e la varietà di specie vegetali impiegate.

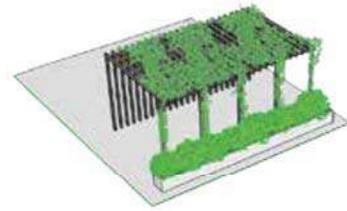
IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



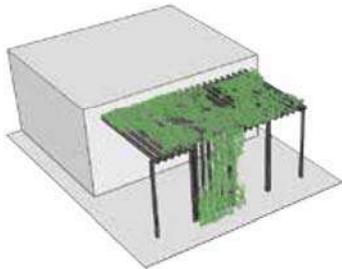
pergola autoportante con rampicanti



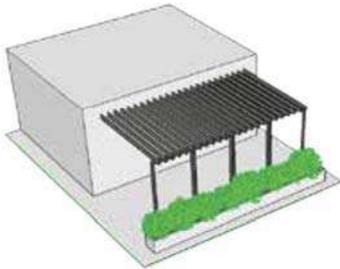
pergola autoportante con arbusti a terra



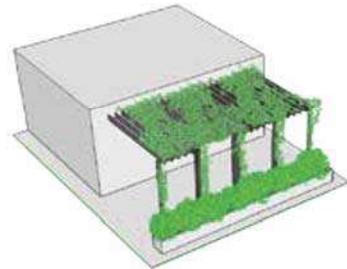
pergola autoportante con rampicanti e arbusti



pergola a sbalzo con rampicanti



pergola a sbalzo con arbusti a terra



pergola a sbalzo con rampicanti e arbusti

Indipendentemente dal materiale da costruzione, le pergole possono essere:

- **AUTOPORTANTI** e quindi posizionate al centro dello spazio pubblico che si vuole ombreggiare;
- **A SBALZO** e incernierate al prospetto di un edificio prospiciente lo spazio pubblico da ombreggiare.

La vegetazione può essere costituita da:

- **RAMPICANTI** piantati in corrispondenza di elementi verticali puntuali o di superfici a verde;
- **ARBUSTI** messi a dimora direttamente a terra o in appositi contenitori;
- una combinazione di **PIANTE RAMPICANTI E ARBUSTI**.

2.12. TETTI VERDI

Gestire le acque pluviali urbane attraverso il verde pensile

I tetti verdi (o green roofs in inglese) sono superfici di verde pensile realizzate sulle coperture di edifici esistenti o di nuova costruzione, piane o inclinate.

Si tratta di un sistema integrato e complesso di strati funzionali che hanno lo scopo di ricreare un habitat adatto alla crescita e al corretto sviluppo delle specie arboree in contesti non naturali.

Oltre a migliorare il comfort e il rendimento energetico degli edifici, permettono anche di creare spazi accoglienti per il relax e la socializzazione.

I tetti verdi permettono di:

- rimuovere gli inquinanti attraverso meccanismi legati alla filtrazione e all'assorbimento biologico da parte delle specie vegetali (efficacia medio-alta);
- ridurre i picchi di piena nei corpi ricettori (efficacia media);
- favorire la biodiversità, migliorare la percezione visiva dell'edificio ed incrementare il valore paesaggistico del contesto (efficacia media);
- incrementare l'efficienza energetica e il clima acustico dell'edificio (efficacia alta);
- ridurre l'effetto isola di calore (efficacia alta).

SERVIZI ECO-SISTEMICI EROGATI



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

La corretta progettazione di un tetto verde richiede l'analisi di vari fattori, tra cui:

- **Valutazione dei sovraccarichi** indotti sull'edificio e della capacità strutturale della copertura (e della struttura in generale);
- **Verifica dei requisiti di accessibilità**;
- **Verifica dei parametri ambientali** del sito, quali l'altezza della copertura, l'esposizione a vento e sole e il grado di ombreggiamento per determinare la scelta delle specie vegetali;
- **Individuazione di obiettivi di biodiversità**, in relazione alla valenza estetica dell'intervento e l'integrazione con il contesto;
- **Integrazione con macchinari e impianti tecnologici** presenti in copertura.

La realizzazione di un tetto verde porta ad un aumento dei carichi sull'edificio, determinato dallo strato di terreno, dal contributo del volume d'acqua temporaneamente stoccato, dai carichi accidentali connessi alla manutenzione o dall'accumulo di neve. Inoltre, è necessario garantire una adeguata tenuta all'acqua della copertura mediante l'installazione di una membrana impermeabile. Per questi motivi, questi elementi non sono sempre applicabili sulle coperture esistenti.

Si suddividono in due macro-categorie:

- **Tetti estensivi** quando vengono utilizzate specie vegetali molto resistenti e tolleranti a condizioni climatiche difficili (ad esempio Sedum, piante aromatiche e graminacee); lo spessore degli strati è ridotto a 10-20 cm e si richiede bassa manutenzione; l'irrigazione non è necessaria, se non nella fase di crescita iniziale; di norma non sono accessibili;
- **Tetti intensivi** che presentano strati con spessore maggiore (tra 25 e 100 cm) in grado di ospitare una grande varietà di specie vegetali, tra cui piccoli alberi e arbusti; richiedono una maggiore manutenzione e sono solitamente accessibili; per mantenerne l'aspetto e l'efficacia, deve essere garantito il regolare approvvigionamento d'acqua e di sostanze nutrienti.

Da un punto di vista idraulico, i tetti verdi garantiscono prestazioni diverse a seconda della stagione:

- **In estate** possono trattenere almeno dei primi 5 mm di pioggia, grazie in particolare al processo di evapotraspirazione;
- **In inverno** il substrato rimane saturo per buona parte del periodo.

Per questo motivo, come osservato da diversi studi empirici, nella maggior parte degli eventi piovosi (circa il 70-80%) il tetto verde non genera runoff, mentre in altre condizioni tende a comportarsi come una superficie impermeabile (appunto a causa della saturazione del substrato).

Non sono richiesti pretrattamenti, a meno che non sia necessario riutilizzare le acque piovane per il sistema di irrigazione del tetto verde.

I punti di scarico delle acque di troppo pieno devono essere progettati in modo da minimizzare il rischio di intasamento e devono essere accessibili per la pulizia stagionale o la manutenzione straordinaria. È bene separare fisicamente i punti di scarico dal substrato di crescita delle piante, per prevenire l'ingresso delle particelle fini e degli apparati radicali.

Un tetto verde non deve essere in grado di perdere il contenuto d'acqua nel suolo troppo velocemente, al fine di garantire la corretta crescita delle piante. Ciò viene garantito dal substrato stesso, o se necessario, si possono prevedere elementi di accumulo dell'acqua aggiuntivi alla base del substrato o, nei casi più esigenti, un impianto di irrigazione.

L'irrigazione non è di norma raccomandata per i tetti estensivi, per i costi e le operazioni di realizzazione e gestione correlate, mentre è spesso necessaria per i tetti intensivi. In generale, l'irrigazione supplementare può essere richiesta durante le prime 2 stagioni di crescita per assicurare la sopravvivenza delle piante.

La sezione tipica di un tetto verde si compone in genere dei seguenti strati e materiali:

- **Membrana a tenuta idraulica** per impedire il passaggio di acqua verso la struttura sottostante;
- **Membrana anti-radice** membrana impermeabile soggetta ad un particolare trattamento che previene i danni da parte dell'apparato radicale;
- **Strato drenante e di accumulo idrico**, dello spessore di 8-10 cm, che funge da volume di accumulo idrico temporaneo dell'acqua drenando il quantitativo in eccesso non assorbito dal terreno e dall'apparato radicale; tale strato è di norma realizzato in elementi prefabbricati geocompositi/geocellulari;
- **Strato filtrante** costituito da un geotessile che previene l'intasamento dello strato filtrante separandolo dallo strato di crescita vegetale soprastante;
- **Substrato o terreno di crescita** il cui spessore dipende dalla tipologia di specie vegetali scelte; lo spessore varia in genere da un minimo consigliato di 50 mm (per Sedum e muschi) ad un valore anche superiore a 50 cm (per piccoli alberi); il materiale deve essere terreno a bassa densità con buone capacità di ritenzione dell'acqua e buona fertilità; è possibile anche utilizzare una miscela di materiale organico e minerale (per esempio inerti frantumati e pomice);
- **Specie vegetali** la cui scelta determina lo spessore del substrato di crescita e deve essere fatta in funzione delle condizioni climatiche e ambientali del luogo.

CONTESTI DI APPLICAZIONE E VINCOLI

Il verde pensile può essere applicato ad una grande varietà di coperture, sia per dimensione che geometria, in ambiti residenziali, commerciali o industriali, per edifici pubblici.

- **Spazio richiesto**
Non necessita di particolari dimensioni minime o massime; è necessario integrare il progetto del verde pensile con le dotazioni impiantistiche e tecnologiche di edificio e copertura.
- **Vincoli**
È fondamentale verificare la capacità strutturale dell'edificio di far fronte ai sovraccarichi, sia permanenti che accidentali, determinati dalla presenza di un tetto verde.

ELEMENTI VEGETALI

È possibile piantare una grande varietà di specie, tenendo conto dello spessore del substrato di crescita, delle condizioni microclimatiche, ecc. Negli impianti di tipo estensivo le specie dovranno essere piante perenni, di solito erbacee quale Sedum, accomunate dalle caratteristiche di:

- **Rigenerazione e autopropagazione;**
- **Frugalità;**
- **Tolleranza a condizioni climatiche avverse** (ventosità, siccità);
- **Resistenza allo stress idrico e termico;**
- **Bassa manutenzione** con bassa o assente necessità di sfalcio e potatura.

Negli impianti di tipo intensivo, oltre al prato, di fatto tutte le specie vegetali possono essere piantate purché curate in modo appropriato, ma non si ravvisa l'opportunità di mettere a dimora alte alberature che richiedono potenti sistemi anti-vento, adeguate profondità di substrato ed elementi portanti proporzionati all'incremento ponderale (1 mc di legno secco pesa 1 t e più).

In generale, è stato osservato che la piantagione di specie diverse con un alto grado di assorbimento idrico, migliora le prestazioni di un tetto verde, al variare delle condizioni di umidità del terreno.

GRADO DI FRUIZIONE AL PUBBLICO

Nel caso dei tetti verdi intensivi, è possibile rendere fruibile ed attrattiva un'area altrimenti tecnica o inaccessibile e non utilizzata, che abbia anche ottime caratteristiche di comfort ambientale.

MANUTENZIONE

Il livello di manutenzione varia a seconda della tipologia di verde intensivo o estensivo.

Nel caso di tetti verdi intensivi, costituiti da specie prative, si richiede ispezione e manutenzione regolare del verde, consistente di norma in:

- sfalcio delle superfici inerbite (1 volta a settimana/ogni 2 settimane);
- diserbo del letto vegetale pre e post semina;
- sfalcio annuale dei prati con specie selvatiche,
- ispezione regolare, di norma annuale e a seguito di eventi intensi, di tutti gli elementi che compongono il tetto verde, quali il substrato, il sistema di irrigazione (se presente), l'integrità delle membrane, i punti di scarico delle acque pluviali.

Nel caso di tetti verdi estensivi, ispezione e manutenzione sono meno frequenti e consistono in:

- ispezione e rimozione di rifiuti;
- verifica dell'integrità e pulizia degli elementi componenti il tetto verde e dei punti di scarico delle acque pluviali;
- rimozione delle piante invasive (annua/semestrale).

Per questa tipologia, la manutenzione è più importante nella fase di costituzione e sviluppo iniziale delle piante (12-15 mesi).

COSTI INDICATIVI

I costi di realizzazione sono mediamente elevati ma compensati, sul lungo periodo, dalla riduzione dei costi legati al miglioramento delle performance termiche dell'edificio.

Si consideri, indicativamente:

- 70–150 euro/mq tetti verdi estensivi (con costi di manutenzione ridotti);
- 100–200 euro/mq tetti verdi intensivi (costi di manutenzione sono elevati).

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI

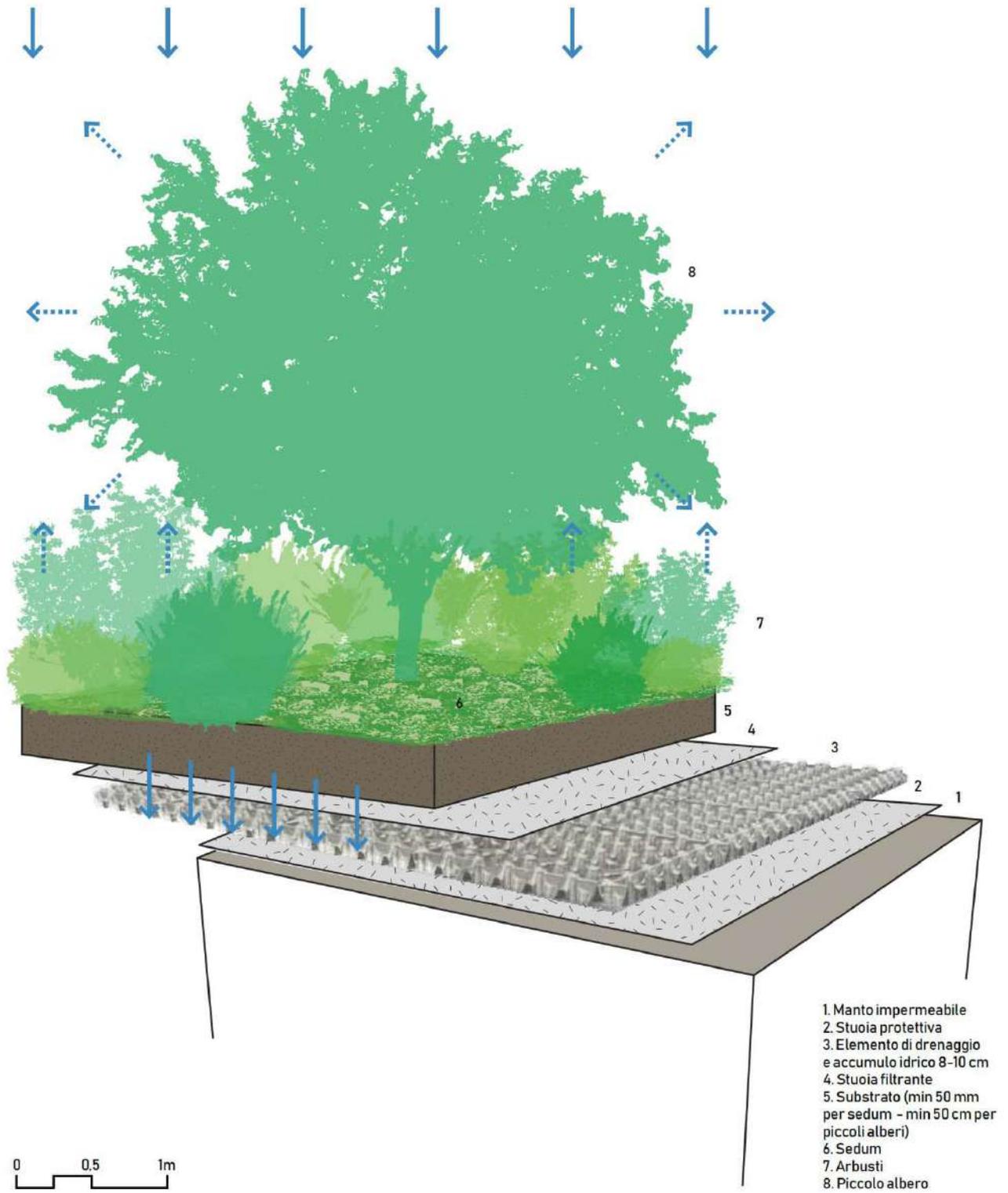
Il Sensory Garden, un giardino sensoriale realizzato sul tetto del parcheggio del Magneten di Copenhagen (Progetto di MASU Planning)



La copertura del Gary Comer Youth Center di Chicago è stata progettata come uno spazio per l'apprendimento di pratiche di agricoltura urbana nel dopo-scuola, in un quartiere povero di dotazioni verdi e spazi per la socializzazione. (Progetto di Hoerr Schaudt Landscape Architects)



IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



Sezione tipo di tetto verde intensivo.

2.13. PAVIMENTAZIONI DRENANTI

Infiltrare le acque pluviali urbane

Le pavimentazioni drenanti sono realizzate con materiali porosi e quindi permeabili (pavimentazioni porose) o con materiali impermeabili ma con opportuni vuoti o fughe per il drenaggio delle acque (pavimentazioni permeabili).

Hanno la peculiarità di garantire una pavimentazione adattabile ai possibili diversi utilizzi (ad esempio pedonale, ciclabile o traffico veicolare), permettendo al contempo di ridurre il runoff superficiale grazie all'infiltrazione di parte delle acque meteoriche negli strati strutturali sottostanti e nel sottosuolo. Offrono inoltre il vantaggio di migliorare il contesto climatico contrastando l'effetto "isola di calore" - grazie ad indici di riflettanza solare molto bassi (tali da assorbire e poi rilasciare una bassa quantità di calore) - e di favorire l'economia verde e circolare essendo generalmente costituite da materiali ecocompatibili.

Sono adottabili in quasi tutti i contesti urbani: dalle aree intensamente urbanizzate ai parcheggi o in spazi pubblici ad alta frequentazione come piazze o viali pedonali.

Le pavimentazioni drenanti sono realizzate con l'obiettivo di:

- favorire l'infiltrazione in falda (grado di efficacia in funzione delle caratteristiche del terreno);
- rimuovere gli inquinanti attraverso i meccanismi legati alla filtrazione e all'assorbimento biologico da parte delle specie vegetali (efficacia bassa);
- ridurre i picchi di piena nei corpi ricettori (efficacia media).

SERVIZI ECO-SISTEMICI EROGATI



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

Le pavimentazioni permeabili sono utilizzate per drenare ed infiltrare le acque di pioggia che cadono direttamente sulla superficie interessata dalla pavimentazione.

La possibilità di infiltrare le acque meteoriche nel sottosuolo dipende dalla tipologia ed entità del traffico veicolare previsto (e quindi del carico inquinante atteso) e dalle caratteristiche della falda acquifera. Tali soluzioni dunque non sono in genere applicabili nel caso di traffico veicolare particolarmente intenso, contesti con pericolo di sversamento di inquinanti al suolo e condizioni di vulnerabilità dell'acquifero.

Il mercato offre una ampia gamma di soluzioni da adottare in funzione della destinazione d'uso dell'area, ma anche del contesto paesaggistico e urbanistico.

Le principali tipologie di pavimentazioni drenanti sono:

- **Porose** ovvero prati, ghiaia rinverdita, grigliati plastici inerbiti, sterrati / terra solida;
- **Permeabili** come grigliati in calcestruzzo inerbiti, cubetti o masselli con fughe inerbite e/o riempite di materiale drenante, masselli porosi, asfalti e calcestruzzi drenanti.

La scelta della pavimentazione più appropriata è fondamentale per la capacità di far fronte agli afflussi meteorici e la corretta progettazione deve in generale considerare:

- **Aspetti idraulici** la pavimentazione deve essere in grado di invasare e drenare gli afflussi meteorici di un dato evento di progetto e successivamente scaricare le acque in modo controllato negli strati sottostanti o nel sistema fognario;
- **Aspetti strutturali** la pavimentazione deve essere dotata di una sufficiente resistenza strutturale da definire in funzione del livello e tipologia di traffico veicolare previsto.

È quindi necessario determinare le condizioni al contorno e le eventuali limitazioni, quali la capacità di infiltrazione del terreno esistente ed il volume di acqua che si necessita invasare e infiltrare.

Il progetto strutturale permette di identificare, in funzione della categoria di traffico, il tipo di pavimentazione e lo spessore della stessa.

Gli strati di base e la fondazione stradale devono quindi essere dimensionati sia in funzione della necessità di garantire un'adeguata portanza (progetto strutturale) sia per permettere un adeguato deflusso delle acque nel sottosuolo (progetto idraulico).

Il grado di permeabilità della pavimentazione dipende dal prodotto specifico ed è di norma indicata dalle ditte produttrici. Si tenga conto che la capacità infiltrante può essere raggiunta nelle condizioni di funzionamento ottimale, ovvero considerando che gli strati sottostanti siano in grado di infiltrare in modo adeguato le portate provenienti dal pacchetto superficiale e che la superficie stessa della pavimentazione non sia occlusa dall'intasamento delle fughe o dei vuoti.

Ai fini del dimensionamento, è dunque buona norma considerare un fattore di riduzione del tasso di infiltrazione pari a 10 per simulare la riduzione nel tempo della capacità filtrante (intasamento dei vuoti, compattazione degli strati drenanti, ...).

Si consiglia sempre di realizzare un sistema fognario di troppo pieno atto a ricevere e scaricare in fognatura le portate che eccedono l'evento di progetto di riferimento.

Nel caso di pavimentazioni in masselli con fughe larghe, non è consigliabile l'utilizzo del manto erboso se i parcheggi sono intensamente frequentati durante il giorno e quindi lo stazionamento delle auto impedisce la luce solare. In tal caso si consiglia l'utilizzo di inerti.

CONTESTI DI APPLICAZIONE E VINCOLI

In corrispondenza di aree pedonali o ciclopedonali possono essere adottate pavimentazioni in prato, cubetti e masselli porosi o terra stabilizzata.

In corrispondenza di strade di accesso e parcheggi possono essere adottate pavimentazioni in prato, cubetti e masselli porosi, grigliati plastici o in calcestruzzo.

Per piazzali o strade con modesto traffico sono consigliate pavimentazioni in cubetti o in asfalti drenanti o calcestruzzi drenanti, mentre per strade trafficate sono preferibili pavimentazioni in asfalti drenanti o calcestruzzi drenanti.

Le pavimentazioni permeabili non sono utilizzabili in tutti i contesti dove vi è il rischio di contaminazione della falda (aree esterne di industrie con pericolo sversamenti) o su aree instabili (pendii a forte pendenza).

▪ Spazio richiesto

Le pavimentazioni permeabili sono generalmente utilizzate per drenare le acque direttamente afferenti alla superficie pavimentata. In alcuni casi possono drenare anche le superfici impermeabili limitrofe, ad esempio delle coperture; in tal caso il rapporto tra superficie afferente e superficie della pavimentazione deve essere di norma al massimo pari a 2.

▪ Tipologia di terreno e presenza della falda

Se il progetto prevede l'infiltrazione in falda, è necessaria la presenza di terreno permeabile al di sotto della pavimentazione. In alternativa, deve comunque essere previsto un adeguato sistema di raccolta che convogli le acque drenate dalla pavimentazione permeabile in fognatura o altro corpo ricettore. Questa soluzione non è generalmente adottabile in zone di protezione della falda acquifera.

ELEMENTI VEGETALI

Le pavimentazioni drenanti minerali non sono integrate di norma con la vegetazione, ad eccezione di prati o pavimentazioni con grigliati erbosi o con pose a secco dove la quota verde è predominante. Nel caso di pavimentazioni inerbite, è bene considerare la scelta delle specie erbacee deve essere orientata verso specie con alta resistenza all'usura ed alla siccità.

Gli alberi sono elementi che bene si integrano con le pavimentazioni drenanti, in quanto tali tipologie di superficie permettono all'aria ed all'acqua di penetrare nel sottosuolo, elementi benefici per la crescita dell'albero; in tali condizioni, è improbabile che l'apparato radicale possa danneggiare la pavimentazione. Viceversa, può accadere che il traffico e la sosta veicolare possano compattare il terreno creando asfissia radicale.

GRADO DI FRUIZIONE AL PUBBLICO

Le pavimentazioni drenanti possono ben adattarsi a diversi contesti paesaggistici in ambito urbano, e la varietà di prodotti permette di scegliere le finiture, i colori e le forme che meglio si adattano al contesto specifico.

Una efficace progettazione anche di tali aspetti, oltre che di quelli funzionali, permette di rendere tali superfici aree di pregio estetico e di maggiore comfort climatico, riducendo infatti l'effetto "isola di calore" caratteristico dei materiali minerali.

MANUTENZIONE

La manutenzione ordinaria consiste in:

- controllo mensile dello stato della pavimentazione, verificando che sia libera da detriti e sedimenti;
- verifica di mancanza di aree di ristagno e difficoltà di deflusso a seguito degli eventi meteorici;
- spazzatura e aspirazione delle superfici permeabili nel periodo autunnale, per prevenire l'occlusione da foglie ed all'occorrenza, a seconda del quantitativo di detriti e sedimenti.

La manutenzione occasionale consiste in interventi di:

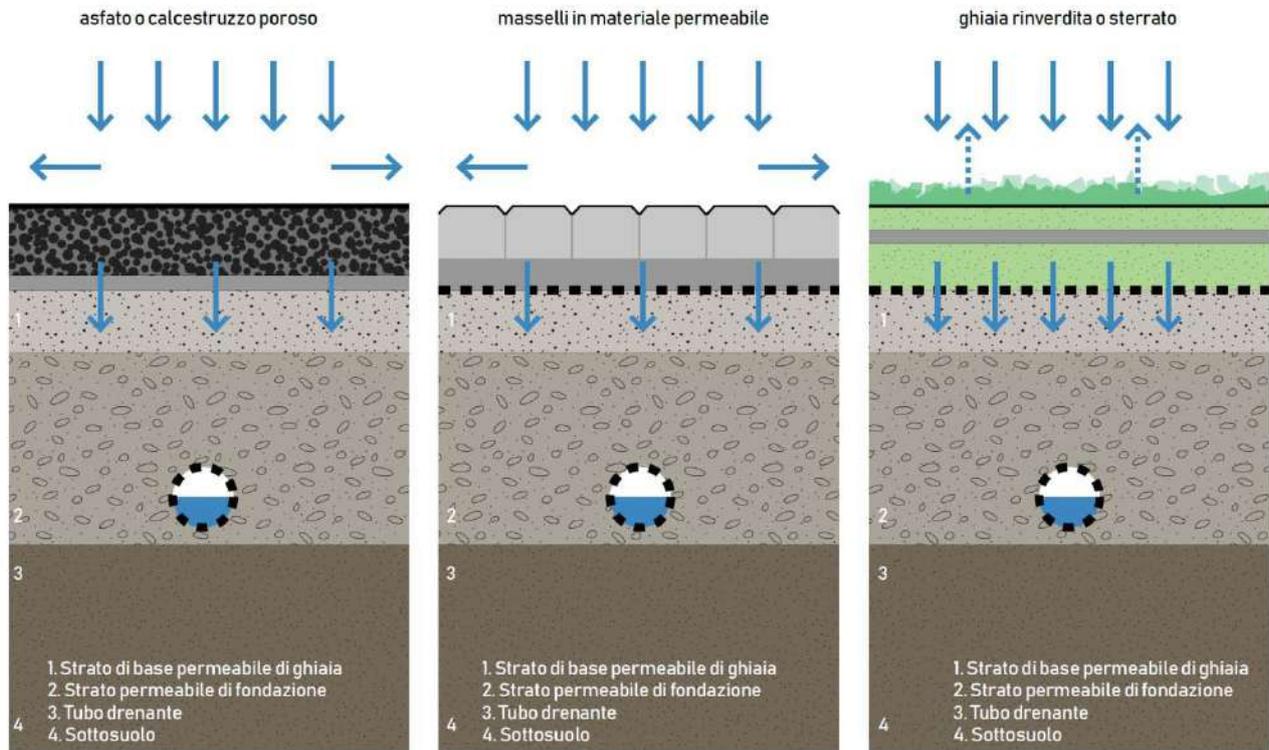
- pulizia e/o sostituzione del materiale di chiusura dei vuoti;
- sostituzione di elementi/masselli danneggiati;
- ripristino delle aree depresse di ristagno, ecc..

COSTI INDICATIVI

Il costo indicativo di realizzazione dipende dagli spessori di progetto e della tipologia di sottosuolo, indicativamente:

- 10 euro/mq: prati;
- 40-50 euro/mq: ghiaia rinverdita;
- 70-80 euro/mq: grigliati plastici inerbiti;
- 30-50 euro /mq: sterrati/terra solida;
- 70-80 euro/mq: grigliati in calcestruzzo inerbito;
- 80-100 euro/mq: cubetti o masselli con fughe inerbite/riempite di materiale drenante;
- 80-100 euro/mq: masselli porosi.
- 70-80 euro/mq: asfalti e calcestruzzi drenanti.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



Diverse tipologie di pavimentazioni drenanti che garantiscono un'infiltrazione parziale a confronto: asfalto o calcestruzzo poroso, allettamento masselli con materiale permeabile e ghiaia rinverdito o sterrato.

2.14. PARCHEGGI VERDI

Accumulare, depurare e infiltrare le acque pluviali urbane

Le aree adibite a parcheggio sono per lo più asfaltate ed impermeabilizzate, sovente caratterizzate da condizioni di discomfort legate al fenomeno dell'isola di calore e alla concentrazione di elevati livelli di inquinamento. È possibile ripensare e riqualificare questi spazi per aumentarne il comfort climatico e renderli adatti a fronteggiare i cambiamenti climatici. Per questo, è fondamentale reintrodurre un'adeguata componente di verde e favorire la desigillazione del suolo attraverso la sostituzione dei rivestimenti impermeabili largamente utilizzati (in genere asfalto e calcestruzzo) con pavimentazioni permeabili o semi-permeabili.

I parcheggi verdi sono realizzati con l'obiettivo di:

- favorire l'infiltrazione in falda e ridurre i picchi di piena, mediante trincee o pozzi drenanti, giardini della pioggia, noue o pavimentazioni drenanti;
- rimuovere gli inquinanti attraverso meccanismi legati alla filtrazione e all'assorbimento biologico da parte delle specie vegetali, inserendo rain-garden o noue;
- ridurre l'inquinamento grazie alla presenza di specie vegetali che contribuiscono alla diminuzione delle polveri sottili;
- ridurre il rumore con pavimentazioni fonoassorbenti e elementi verdi;
- ridurre l'effetto isola di calore grazie all'impiego di pavimentazioni fotoriflettenti, elementi verdi e alberature per l'ombreggiamento;
- incrementare la biodiversità prevedendo elementi verdi.

SERVIZI ECO-SISTEMICI EROGATI



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

I parcheggi verdi o con quote di verde possono essere realizzati, anche agendo su parcheggi esistenti, implementando una grande varietà di combinazioni di soluzioni. In generale, le componenti fondamentali di un parcheggio verde sono:

- **Le aree verdi** ovvero tutti gli spazi di risulta, di margine o perimetrali che possono essere resi permeabili con aiuole a verde con funzione di giardini della pioggia, noue, trincee drenanti o box alberati drenanti; in fase di progettazione è importante favorire l'afflusso diretto delle acque di ruscellamento del parcheggio verso queste aree infiltranti e garantire un adeguato ombreggiamento mediante la messa a dimora di alberature;
- **La depavimentazione e ripavimentazione delle superfici impermeabili** rimuovendo materiali impermeabili quali asfalti e calcestruzzi per sostituirli con materiali permeabili e ove possibile fonoassorbenti (per migliorare il clima acustico) e fotoriflettenti (per minimizzare il carico termico e l'effetto isola di calore).

Le aree adibite al traffico veicolare e al passaggio ciclopeditone possono essere trattate con diversi materiali e soluzioni progettuali.

- **Viabilità** è possibile impiegare asfalti e/o calcestruzzi drenanti; è importante realizzare un adeguato sottofondo che permetta al contempo l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo (strati filtranti) e la stabilità della sovrastruttura stradale in funzione dei carichi attesi.
- **Stalli auto** oltre agli asfalti o calcestruzzi drenanti, è possibile utilizzare finiture più permeabili quali parcheggi in ghiaia rinverdita, betonelle o grigliati plastici, ecc..
- **Percorsi pedonali/ciclo-pedonali** è possibile impiegare pavimentazioni permeabili quali sterrati, masselli filtranti, terra stabilizzata, ecc..

La realizzazione di un sistema di pretrattamento con vasca di prima pioggia e impianto separatore di oli, o un equivalente sistema di fitodepurazione, è necessario dove il carico di traffico è elevato e le acque di dilavamento

sono cariche di inquinanti (ad esempio in un parcheggio di un centro commerciale) o nei casi specifici in cui la normativa regionale o locale lo richieda. A tal riguardo è da considerare anche il grado di vulnerabilità della falda.

CONTESTO DI APPLICAZIONE E VINCOLI

In ambito residenziale non è richiesto un sistema di trattamento delle acque di prima pioggia, mentre in ambiti commerciali o produttivi, in funzione del grado di inquinamento e di traffico, può essere necessario un sistema di trattamento delle acque di prima pioggia.

▪ Spazio richiesto

A parità di posti auto, un parcheggio alberato richiede una superficie maggiore (indicativamente +15%) rispetto ad un parcheggio senza alberature.

▪ Tipologia di terreno e presenza della falda

È consigliata la presenza di terreno permeabile (se si prevede a livello prestazionale di infiltrare una certa aliquota di acque meteoriche) e falda ad almeno 1 mt dagli strati drenanti per favorire un buon livello di abbattimento inquinanti.

ELEMENTI VEGETALI

Il progetto dipende dalle soluzioni scelte (aiuole vegetate e alberate, noue o giardini della pioggia). Si consiglia la messa a dimora di alberi di II o III grandezza a rapido accrescimento, in grado di resistere agli inquinanti e di garantire un adeguato ombreggiamento. Per garantire un adeguato abbattimento degli inquinanti nelle acque è necessario che lo strato filtrante compreso tra lo strato drenante e la falda acquifera abbia uno spessore di almeno 1 mt. La scelta oculata delle specie vegetali permette di conseguire favorire l'effetto disinquinante (riduzione di polveri sottili, fitodepurazione delle acque), incrementare il valore paesaggistico e la biodiversità e ridurre l'effetto isola di calore.

GRADO DI FRUIZIONE AL PUBBLICO

I parcheggi minerali garantiscono un comfort ambientale nettamente migliore rispetto ad un parcheggio tradizionale realizzato con materiali impermeabili.

MANUTENZIONE

La manutenzione riguarda:

- le aree verdi, con interventi ordinari (sfalci per prevenire il proliferarsi di specie invasive e controlli dello stato di salute delle piante) o specialistici (per verificare l'efficienza dei sistemi di infiltrazione e lo stato di salute delle specie fitodepuranti);
- le aree pavimentate con superfici drenanti, per verificare ed eventualmente ripristinare, con attività di spazzatura e aspirazione, lo stato della pavimentazione (che deve essere libera da detriti e sedimenti) e la capacità di infiltrazione.

I costi per le aree pavimentate sono ridotti, vista la scarsa frequenza degli interventi, e realizzabili contemporaneamente alla manutenzione degli spazi pubblici e stradali limitrofi, con minimo aggravio economico. La realizzazione di aree verdi infiltranti/fitodepuranti può richiedere costi più elevati.

COSTI INDICATIVI

- 30-40 euro/mq: noue paysagere senza strato filtrante;
- 50-100 euro/mq: giardini della pioggia;
- 80-100 euro/ml: trincee filtranti (trincea tipo di sezione pari a 1 mq);
- 1.500-2.000 euro/cad: pozzi drenanti (pozzo tipo di d. 2,0 m e profondità 2,5 m);
- 70-80 euro/mq: asfalti e calcestruzzi drenanti per i percorsi viari.
- 10 euro/mq prato;
- 80-100 euro/mq: cubetti e masselli porosi per gli stalli e/o i percorsi ciclo-pedonali;
- 30 euro/mq: sterrato o terra solida per i percorsi ciclo-pedonali.

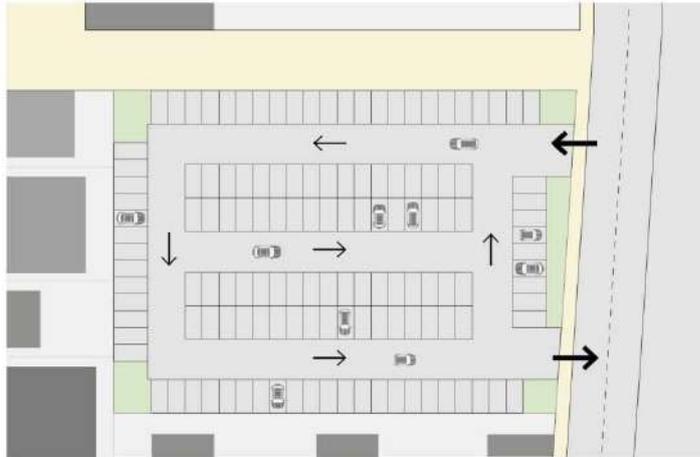
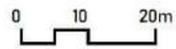
IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



Parcheeggio dell'outlet Honfleur Normandy in Francia. (Progetto di Edouard François)

Parcheeggio del Tecnopolo TAE (Technopole Agro Environmental) in Borgogna, Francia. Il parcheeggio ha 250 stalli, di cui 50 in materiali drenanti. Le piogge sono gestite attraverso un sistema misto di giardini della pioggia e trincee drenanti. Le piante svolgono la funzione di fitodepurazione delle acque meteoriche. (Progetto Mayot & Toussaint Paysagistes)

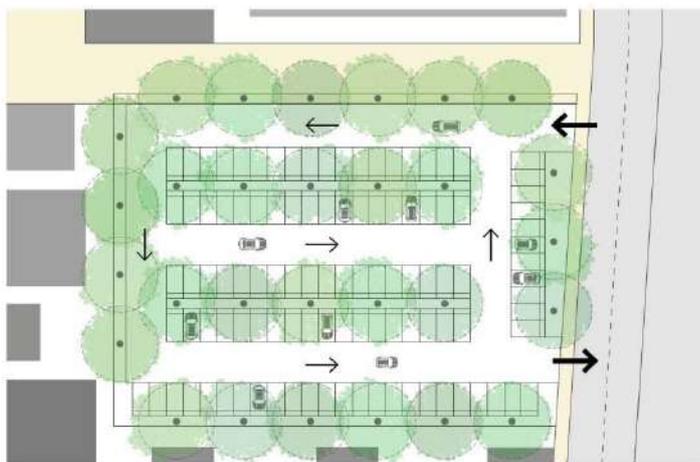
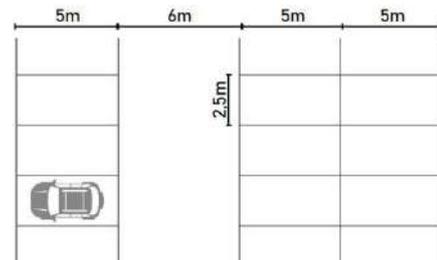
IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



s.minerali: 95% - s.vegetate: 5% - ombra: 0%

PARCHEGGIO MINERALE ASFALTO

Parceggio tradizionale in asfalto, senza alberature, con 135 stalli.

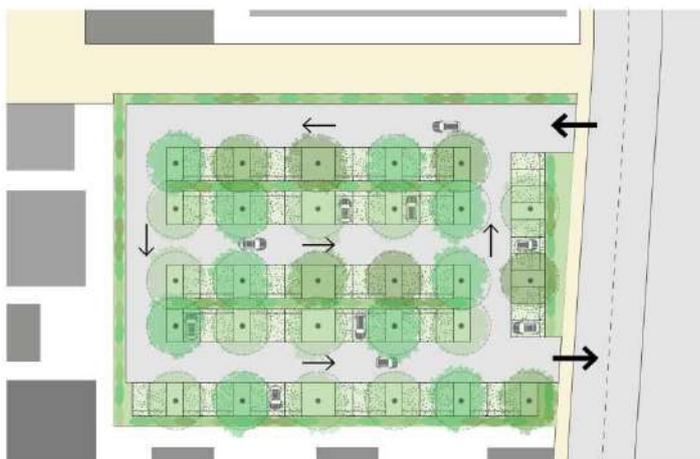
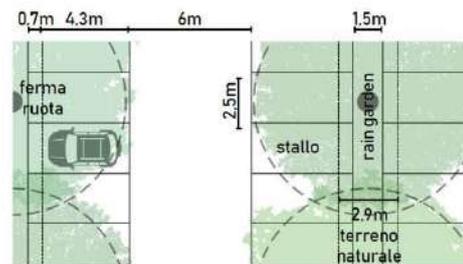


s.minerali: 80-85% - s.vegetate: 15-20% - ombra: 80-85%

PARCHEGGIO CON GIARDINI DELLA PIOGGIA

A seguito di un intervento di *de-sealing*, si inseriscono giardini della pioggia alberati e si ottimizzano i posti auto che sono ridotti a 107 stalli.

I percorsi carrabili sono realizzati con asfalto o cemento drenante mentre gli stalli con ghiaia rinverdita o betonelle.

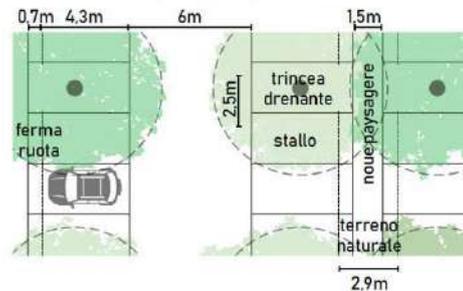


s.minerali: 70-75% - s.vegetate: 25-30% - ombra: 70-75%

PARCHEGGIO CON NOUEVEGETATE E TRINCEE DRENANTI ALBERATE

A seguito di un intervento di *de-sealing*, si inseriscono *noue paysage* vegetate e trincee drenanti alberate fra gli stalli. Si ottimizzano i posti auto che sono ridotti a 74 stalli.

I percorsi carrabili sono realizzati con asfalto o cemento drenante mentre gli stalli con ghiaia rinverdita o betonelle.



Schemi planimetrici di trasformazione di parcheggi minerali in aree attrezzate per la sosta con dotazioni a verde e utilizzo di materiali semipermeabili.

2.15. PIAZZE MINERALI ALBERATE

Creare comfort, ombra e benessere per la socializzazione

Spesso le piazze in ambito urbano hanno pavimentazioni minerali impermeabili, sono prive di elementi verdi o naturali e risultano poco confortevoli, sia per l'effetto dell'isola di calore, sia a causa della concentrazione di elevati livelli di inquinamento.

È possibile (ri)progettare questi spazi pubblici con soluzioni che mettono al centro l'elemento naturale, con alberi e vegetazione che offrono una varietà di colori, rumori e livelli d'ombra per favorire il passaggio e la sosta delle persone.

È importante agire anche sulla scelta dei materiali, privilegiando quelli drenanti e permeabili/semi-permeabili (per ridurre gli afflussi meteorici), fonoassorbenti (per migliorare il clima acustico) e fotoriflettenti (per ridurre l'effetto isola di calore).

L'effetto combinato di verde e opportuni materiali permette di creare degli spazi pubblici caratterizzati da un migliore microclima, accoglienti e fruibili per i cittadini.

Le piazze alberate consentono di:

- favorire l'infiltrazione in falda e ridurre i picchi di piena, mediante trincee, pozzi drenanti o pavimentazioni drenanti;
- rimuovere gli inquinanti attraverso i meccanismi legati alla filtrazione e all'assorbimento biologico da parte delle specie vegetali;
- ridurre il rumore con pavimentazioni fonoassorbenti e componenti verdi;
- ridurre l'effetto isola di calore con pavimentazioni fotoriflettenti e alberature per creare ombreggiamento;
- incrementare la biodiversità grazie ad alberature e elementi vegetali.

SERVIZIECO-SISTEMICI EROGATI



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

Le piazze minerali alberate possono essere realizzate, anche agendo sugli spazi pubblici esistenti, eseguendo una desigillazione delle superfici (se inizialmente impermeabili) e identificando uno o più materiali permeabili per caratterizzare le superfici.

La scelta di materiali e sottofondo deve essere svolta caso per caso, considerando la categoria di traffico prevista per le aree carrabili (al fine di garantire un'adeguata portanza della pavimentazione e verificare la necessità di introdurre un sistema di trattamento della prima pioggia) ed il grado di infiltrazione in falda che si vuole raggiungere. Per garantire sia requisiti strutturali che idraulici, è necessario progettare adeguatamente la pavimentazione superficiale e la fondazione stradale.

Inoltre, si consiglia l'impiego di materiali fonoassorbenti (per migliorare il clima acustico) e fotoriflettenti (per ridurre l'effetto isola di calore). Tra quest'ultimi, sono da privilegiarsi i cosiddetti cool materials (materiali freddi), caratterizzati da un'elevata riflettanza solare.

Per quanto riguarda le alberature, è importante identificare specie in grado di resistere agli inquinanti, e disporle ad una distanza tale da garantire al contempo un adeguato ombreggiamento e lo spazio necessario alla crescita degli apparati radicali.

Nei processi di depavimentazione e ripavimentazione delle superfici impermeabili, al posto di materiali impermeabili quali asfalti e calcestruzzi si possono utilizzare materiali permeabili e ove possibile fonoassorbenti e fotoriflettenti, scegliendo tra una vasta gamma di prodotti che il mercato offre. A tal proposito si rimanda alla scheda relativa alle pavimentazioni drenanti.

CONTESTO DI APPLICAZIONE E VINCOLI

In ambito residenziale, non è generalmente richiesto un sistema di trattamento delle acque di prima pioggia ed è possibile utilizzare materiali che infiltrino direttamente nel sottosuolo.

In ambiti commerciali e produttivi, in funzione del grado di inquinamento e di traffico, può essere necessario un sistema di trattamento delle acque di prima pioggia.

- **Spazio richiesto**

La scelta di opportuni materiali drenanti o semi-permeabili permette di garantire la completa fruibilità degli spazi riducendo in maniera significativa l'impatto sul ciclo idrico e migliorando il comfort ambientale

- **Tipologia di terreno e presenza della falda**

È consigliata la presenza di terreno permeabile (se si prevede di infiltrare una certa aliquota di acque meteoriche) e falda ad almeno 1 mt dagli strati drenanti per favorire un buon livello di abbattimento inquinanti.

ELEMENTI VEGETALI

Il progetto deve integrare aree con funzioni pubbliche per sostare o passeggiare con spazi verdi e alberature per un adeguato ombreggiamento. Quando gli spazi sono ridotti, è comunque possibile prevedere la realizzazione di box alberati, anziché vere e proprie aiuole, così da non togliere spazio alle aree funzionali. L'introduzione di spazi verdi permette di favorire la riduzione dell'inquinamento atmosferico e delle acque di pioggia, incrementare la biodiversità e ridurre l'effetto isola di calore.

GRADO DI FRUIZIONE AL PUBBLICO

Le piazze minerali alberate garantiscono un maggior comfort ambientale rispetto ad una piazza realizzata con materiali impermeabili (asfalto, cemento, betonelle o masselli con fughe chiuse), in particolare grazie all'effetto benefico degli alberi che permettono di creare aree ombreggiate. Inoltre, l'ampia scelta di materiali drenanti o semi-permeabili permette di ottenere benefici dal punto di vista ambientale (riduzione dell'effetto isola di calore, riduzione del runoff) accontentando anche le esigenze estetico/architettoniche e quelle di funzionalità.

MANUTENZIONE

L'utilizzo di superfici drenanti o semi-permeabili richiede una verifica regolare dello stato della pavimentazione (deve essere libera da detriti e sedimenti), della capacità di infiltrazione e di attività di spazzatura e aspirazione del fogliame ed eventuali detriti, affinché non vengano occlusi i vuoti ed impedita l'infiltrazione nel sottosuolo.

È inoltre da curare la crescita e la potatura regolare delle alberature.

I costi di manutenzione sono ridotti, in quanto limitati nella frequenza e realizzabili in contemporanea alla manutenzione degli spazi pubblici e stradali limitrofi, con minimo aggravio di costi. L'utilizzo di trincee, pozzi drenanti o altre soluzioni per l'infiltrazione può richiedere costi di manutenzione elevati relativi alla manutenzione dei sistemi di infiltrazione (verifica efficienza strato filtrante, ispezione e pulizia condotte forate, ecc.).

COSTI INDICATIVI

I costi indicativi di realizzazione comprendono:

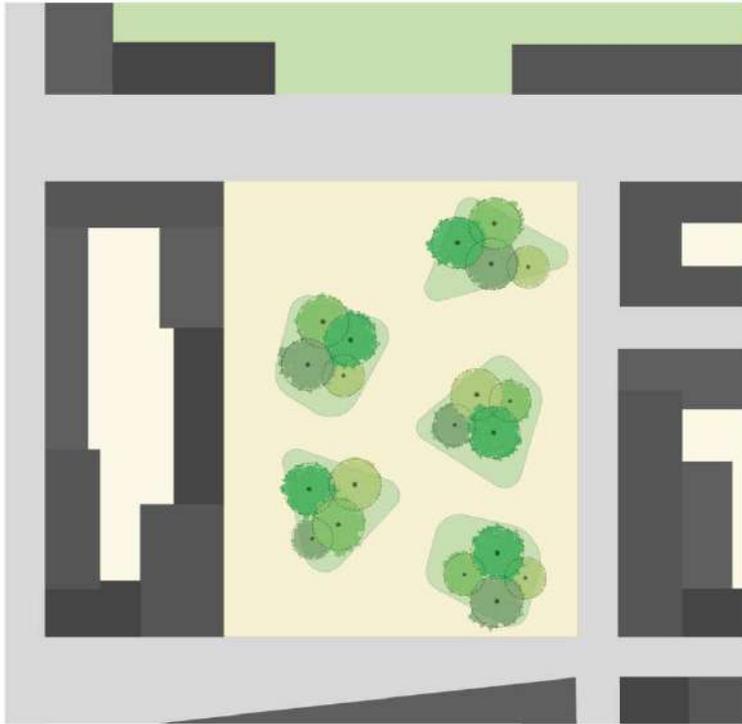
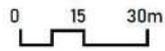
- 50-100 euro/mq: giardini della pioggia;
- 80-100 euro/ml: trincee filtranti (trincea tipo di sezione pari a 1 mq);
- 1.500-2.000 euro/cad: pozzi drenanti (pozzo tipo di d. 2,0 m e profondità 2,5 m);
- 30 euro/mq: sterrato o terra solida;
- 70-80 euro/mq: asfalti e calcestruzzi drenanti;
- 80-100 euro/mq: cubetti e masselli porosi.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



Place de la République a Parigi. (Progetto paesaggistico di TVK / Trévelo & Viger-Kohler con Martha Schwartz Partners,)

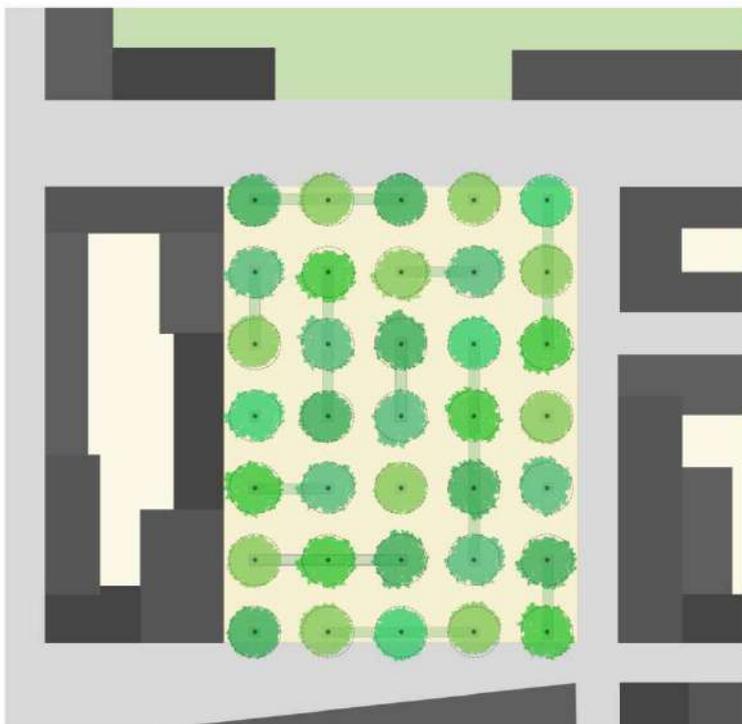
IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



superfici minerali: 60-65%
superfici vegetate: 35-40%
superfici ombreggiate: 25-30%

PIAZZA CON GRUPPI DI ALBERI

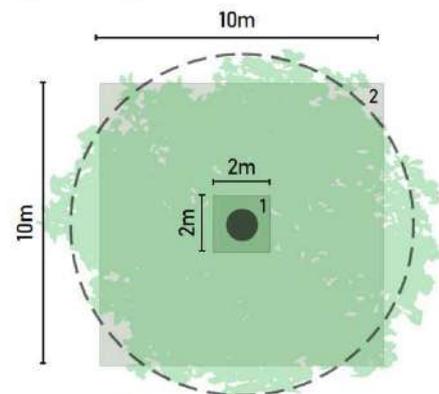
Gli alberi di l e ll grandezza sono messi a dimora a gruppi sparsi distribuiti sul sedime della piazza. Si vengono così a creare spazi ombreggiati a seconda del momento della giornata e aree con diverse connotazioni funzionali. Le superfici minerali possono essere realizzate con materiali drenanti.



superfici minerali: 85-90%
superfici vegetate: 10-15%
superfici ombreggiate: 45-50%

PIAZZA CON ALBERI DISTRIBUITI SU TUTTA LA SUPERFICIE

Gli alberi di l grandezza sono messi a dimora su tutto il sedime della piazza, permettendo così di ombreggiare completamente gli spazi. Le superfici minerali possono essere realizzate con materiali drenanti.



1. Terreno nudo per messa a dimora (min 2x2 m)
2. Area di pertinenza in materiali semi-permeabili (min 10x10 m)

Schemi planimetrici di piazze alberate.

2.16. STRADE ALBERATE

Ombreggiare percorsi pedonali e spazi di sosta

I viali e gli assi stradali in genere sono generalmente superfici quasi completamente impermeabilizzate, prive di aree a verde, se non negli spazi a margine o di risulta.

La strada, intesa non solo come infrastruttura per il traffico veicolare, ma comprendente anche i relativi percorsi ciclo-pedonali, può essere progettata come un 'asse verde' resiliente al cambiamento climatico con viali ombreggiati che permettono di contrastare l'effetto dell'isola di calore e ridurre i livelli di inquinamento.

Gli alberi infatti apportano molteplici benefici se inseriti lungo gli assi viari:

- creano dei percorsi ombreggiati attrattivi per i pedoni e i ciclisti favorendo la mobilità sostenibile;
- migliorano la qualità dell'aria riducendo le concentrazioni di polveri sottili e producendo nuovo ossigeno;
- favoriscono l'infiltrazione delle acque di pioggia;
- favoriscono la sicurezza dei percorsi fungendo anche da 'isole di rallentamento' e da separazione fisica tra viabilità stradale e viabilità pedonale;
- riducono il rumore derivante dal traffico veicolare.
- costituiscono elementi di connessione per l'habitat cittadino e incrementano la biodiversità in ambito urbano.

SERVIZI ECO-SISTEMICI EROGATI



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

La progettazione di aiuole alberate a bordo strada richiede un approccio multidisciplinare che integri diverse competenze specialistiche afferenti ai temi di mobilità, sicurezza stradale, progettazione e manutenzione del verde, per evitare interferenze tra mobilità e infrastruttura verde.

È fondamentale integrare lo spazio destinato alla mobilità e ai parcheggi con le esigenze delle alberature, che possono essere piantate, in funzione dello spazio e degli obiettivi da raggiungere:

- **In filari singoli lungo la strada** intervallati alle aree a parcheggio eliminando alcuni stalli per far posto ad aiuole alberate; ad esempio, nel caso di parcheggi in linea, per garantire un buon ombreggiamento può essere necessario interporre un'alberatura ogni 2/3 stalli;
- **In filari singoli lungo i percorsi ciclopedonali** creando aiuole verdi lineari dove mettere a dimora le specie vegetali o inserendo elementi puntuali;
- **In filari doppi o in gruppo al centro della carreggiata** per separare i due sensi di marcia o in corrispondenza degli attraversamenti pedonali come isole spartitraffico;
- **In gruppo** per ridurre la larghezza della carreggiata stradale e la velocità degli autoveicoli, ad es. in entrata a quartieri residenziali/zone a velocità ridotta o a traffico limitato.

La scelta e la disposizione delle alberature deve tenere conto dei requisiti di sicurezza della mobilità: è necessario scegliere specie con portamento e crescita tali da garantire un'adeguata visibilità, che non ingombrino la sede stradale con la chioma e che siano in grado di resistere alle condizioni ambientali, in particolare al vento. Tali accorgimenti permettono di incrementare la sicurezza sia della mobilità veloce (auto, bus, tram) che lenta (pedoni e ciclisti), limitando le situazioni di pericolo.

Per quanto riguarda gli aspetti idraulici, l'inserimento di aiuole alberate a seguito di interventi di desealing favorisce l'infiltrazione in falda delle acque, in funzione della capacità infiltrante del suolo. Le acque dei percorsi pedonali, ciclabili e le acque delle coperture degli edifici possono essere convogliate verso le aiuole permeabili e le fasce verdi, mentre nel caso di arterie ad alto scorrimento, può essere necessario un sistema di gestione delle acque di prima pioggia per le pertinenze puramente stradali. Si consiglia di realizzare un sistema di troppo pieno collegato alla fognatura pubblica in modo che l'apporto idrico alle piante non sia eccessivo.

Lo strato superficiale delle aiuole può essere realizzato con diversi materiali a seconda dell'accessibilità e degli usi: superfici naturali (terreno organico o aggregati sciolti) o artificiali (pavimentazioni porose, permeabili). Si possono inoltre prevedere percorsi di attraversamento (in legno o blocchi di cls), griglie o grate di protezione per proteggere i fusti da eventuali danneggiamenti.

CONTESTI DI APPLICAZIONE

In contesti residenziali, generalmente non è richiesto un sistema di gestione delle acque di prima pioggia, mentre in caso di arterie molto trafficate ad alto scorrimento, può essere necessario un sistema di gestione delle acque di prima pioggia, limitatamente alle pertinenze stradali.

- **Spazio richiesto**

Il volume di terreno messo a disposizione per gli alberi condiziona la crescita della pianta.

- **Tipologia di terreno e presenza della falda**

La presenza di terreno permeabile e falda ad almeno 1 mt dal fondo del letto filtrante favorisce un buon livello di abbattimento inquinanti.

ELEMENTI VEGETALI

In ambito urbano, la scelta delle specie deve ricadere su quelle resistenti all'ambiente urbano, non necessariamente autoctone, e su quelle varietà derivate caratterizzate da portamento fastigiato, colonnare o piramidale per non dover sottostare alle potature finalizzate alla riduzione diametrale della chioma. Inoltre, è meglio evitare la monocoltura, cioè l'utilizzo della stessa specie/varietà, e realizzare filari policolturali che aumentano la biodiversità limitando sia i danni da parassiti sia la possibilità di innescare allergie. In generale, si consigliano specie che ben si adattano a condizioni di allagamento o anche di periodi più o meno estesi di assenza di acqua, e che siano in grado di convivere con l'inquinamento atmosferico.

GRADO DI FRUIZIONE AL PUBBLICO

Un viale alberato e ombreggiato permette di migliorare le condizioni microclimatiche (effetto disinquinante, riduzione dell'effetto isola di calore) e invoglia pedoni e ciclisti a percorrerlo e sostarvi, grazie a spazi accoglienti e sicuri.

MANUTENZIONE

È fondamentale curare la crescita e potare regolarmente le alberature per garantire un'adeguata visibilità lungo gli assi stradali per evitare che la parte inferiore della chioma interferisca con le pertinenze stradali. Inoltre si deve verificare la stabilità degli alberi, in particolare rispetto al vento.

La tipologia di manutenzione dipende dalle finiture superficiali scelte per i box alberati (materiali naturali, superfici semi-permeabili, finiture da arredo urbano, etc.) e dalla presenza o meno di un sistema di irrigazione.

I costi sono ridotti, in quanto poco frequenti e realizzabili contemporaneamente alla manutenzione degli spazi pubblici e stradali limitrofi. L'utilizzo di trincee drenanti, pozzi drenanti o altre soluzioni per l'infiltrazione può richiedere costi di manutenzione più elevati relativi alla manutenzione dei sistemi di infiltrazione.

COSTI INDICATIVI

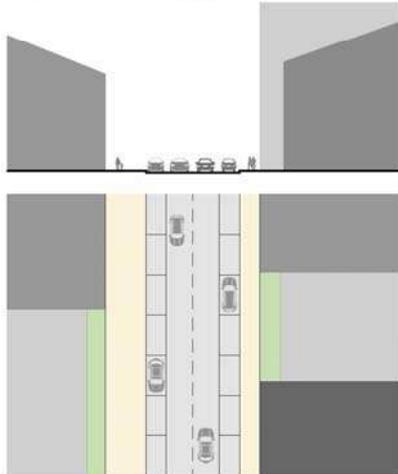
I costi indicativi di realizzazione comprendono:

- 20-30 euro/mq: scavo con profondità circa 1 m e relativo smaltimento;
- 30-40 euro/ml: realizzazione di uno strato filtrante sul fondo alveo, di sezione indicativa di 100 x H 50 cm;
- 300-800 euro/mq: messa a dimora di alberi di II o III grandezza a seconda del tipo di specie e dell'eventuale presenza di un sistema di irrigazione.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI

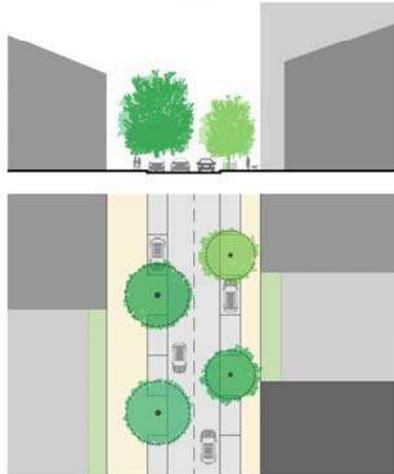
0 5 10m

superfici minerali: 100%
superfici vegetate: 0%
superfici ombreggiate: 0%



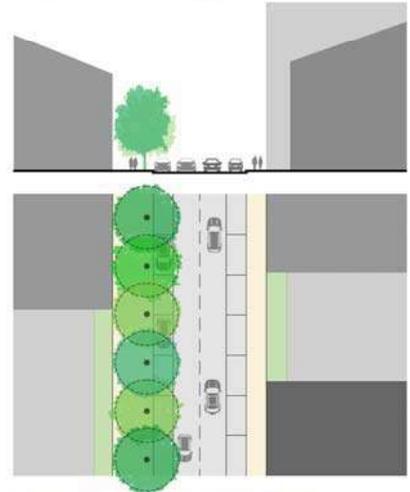
STRADA A DOPPIO SENSO DI MARCIA
CON CORSIA SINGOLA
E PARCHEGGI IN LINEA
Sezione stradale 20m

superfici minerali: 85-90%
superfici vegetate: 10-15%
superfici ombreggiate: 25-30%



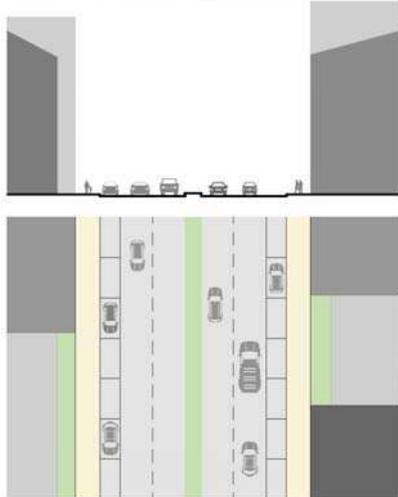
STRADA A DOPPIO SENSO DI MARCIA
CON CORSIA SINGOLA
E PARCHEGGI IN LINEA
Due filari di alberi di II grandezza sono messi a dimora lungo la strada intervallati alle aree a parcheggio, eliminando alcuni stalli per far posto ad aiuole alberate.

superfici minerali: 80-85%
superfici vegetate: 15-20%
superfici ombreggiate: 35-40%



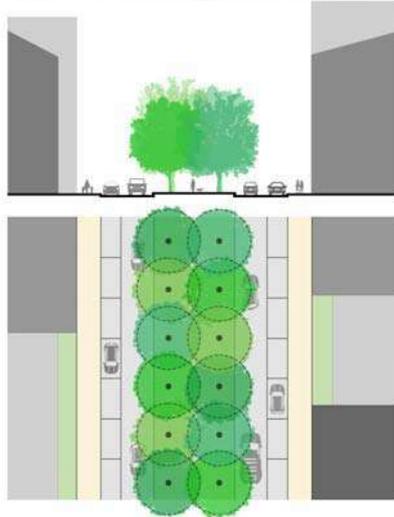
STRADA A DOPPIO SENSO DI MARCIA
CON CORSIA SINGOLA
E PARCHEGGI IN LINEA
Un filare di alberi di II grandezza è messo a dimora sul marciapiede in aiuole verdi lineari.

superfici minerali: 90%
superfici vegetate: 10%
superfici ombreggiate: 0%



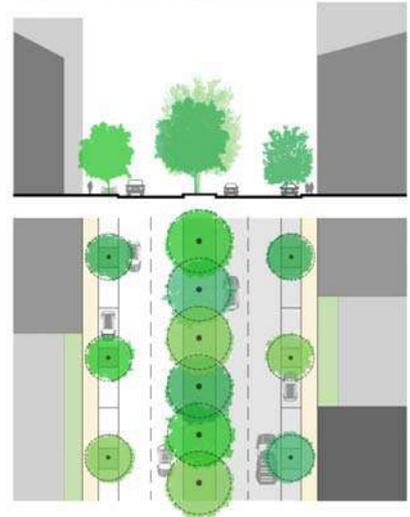
STRADA A DOPPIO SENSO DI MARCIA
CON DOPPIA CORSIA, SPARTITRAFFICO
CENTRALE E PARCHEGGI IN LINEA
Sezione stradale 30m

superfici minerali: 60-65%
superfici vegetate: 35-40%
superfici ombreggiate: 50-55%



STRADA A DOPPIO SENSO DI MARCIA
CON CORSIA SINGOLA, SPARTITRAFFICO
CENTRALE E PARCHEGGI IN LINEA
A seguito della riduzione di una corsia per senso di marcia, è possibile mettere a dimora un doppio filare di alberi in una grande aiuola verde centrale che separa le carreggiate.

superfici minerali: 75-80%
superfici vegetate: 20-25%
superfici ombreggiate: 50-55%



STRADA A DOPPIO SENSO DI MARCIA
CON DOPPIA CORSIA, SPARTITRAFFICO
CENTRALE E PARCHEGGI IN LINEA
Restruggendo i marciapiedi laterali, è possibile mettere a dimora un filare di alberi nell'aiuola verde centrale e due filari lungo la strada intervallati alle aree a parcheggio.

2.17. STRADE CON GIARDINI DELLA PIOGGIA

Accumulare, infiltrare e depurare le acque pluviali urbane

I giardini della pioggia sono elementi di forma circolare o lineare che sfruttano le pendenze per raccogliere l'acqua piovana proveniente da tetti, strade, parcheggi o piazze.

Possono integrarsi molto bene agli assi viari se realizzati nelle isole di rallentamento, negli spazi inutilizzati tra gli stalli dei parcheggi e lungo le strade stesse.

I giardini della pioggia garantiscono un elevato valore aggiunto in termini di biodiversità, valenza estetica delle aree urbane e miglioramento delle condizioni microclimatiche; inoltre, la presenza di alberi favorisce l'ombreggiamento dei percorsi.

I giardini della pioggia a bordo strada permettono di:

- ridurre il runoff superficiale e favorire l'infiltrazione in falda;
- rimuovere gli inquinanti attraverso i meccanismi legati alla infiltrazione e l'assorbimento da parte delle specie vegetali;
- ridurre i picchi di piena nei corpi ricettori;
- favorire la biodiversità ed incrementare il valore paesaggistico del contesto;
- ridurre l'effetto isola di calore.

SERVIZI ECO-SISTEMICI EROGATI



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

I giardini della pioggia sono soluzioni Nature-based particolarmente versatili, che si adattano a diverse tipologie di spazi. Possono avere larghezza variabile da 50-60 cm a diversi metri e per questo, in un'ottica di rigenerazione delle aree urbane esistenti, possono essere adottati in qualsiasi contesto.

Sono realizzati con l'obiettivo di drenare ed infiltrare le acque del manto stradale e dei percorsi ciclo-pedonali, con opportuni accorgimenti che permettano una uniforme distribuzione delle acque lungo lo sviluppo dell'elemento (ad esempio con cordoli completamente a raso, o cordoli in mostra ma con interruzioni frequenti). La quantità di acqua in eccesso non infiltrata nel sottosuolo deve essere scaricata nella pubblica fognatura mediante un collegamento di troppo pieno.

È importante privilegiare vegetazione in grado di abbattere adeguatamente il carico inquinante generalmente presente sulle arterie viarie e resistere all'alternarsi frequente di condizioni asciutte e di sommergenza o elevata umidità del terreno. Qualora il carico inquinante sia rilevante, può essere necessario un sistema di gestione delle acque di prima pioggia per la piattaforma stradale.

Se adeguatamente progettati, i giardini della pioggia a bordo strada permettono di perseguire numerosi obiettivi, quali la riduzione del rischio di allagamento, il miglioramento della qualità delle acque infiltrate, la creazione di un elevato valore aggiunto in termini di biodiversità ed estetico, attrattivo anche per favorire l'utilizzo di percorsi a mobilità lenta.

CONTESTO DI APPLICAZIONE E VINCOLI

In contesti residenziali, dove generalmente non è richiesto un sistema di gestione delle acque di prima pioggia, possono essere realizzati all'interno delle rotatorie, nelle aree verdi a bordo dei parcheggi, lungo i margini delle carreggiate per separare il traffico veicolare dai percorsi ciclopedonali.

In caso di arterie molto trafficate ad alto scorrimento, può essere necessario prevedere un sistema di gestione delle acque di prima pioggia, limitatamente alle pertinenze stradali.

▪ Spazio richiesto

Trattandosi di elementi lineari di dimensioni contenute, si adattano bene a qualsiasi spazio a disposizione; sono generalmente associati a superfici impermeabili di modesta entità.

▪ Tipologia di terreno e presenza della falda

La presenza di terreno permeabile e falda ad almeno 1 mt dal fondo del letto filtrante favorisce un buon livello di abbattimento inquinanti.

ELEMENTI VEGETALI

Le specie vegetate da mettere a dimora nei rain garden devono essere in grado di adattarsi sia a condizioni di allagamento che a periodi di siccità e convivere con l'inquinamento atmosferico. È necessario prevedere un impianto vegetale denso (circa 6-10 piante/mq in relazione alle specie scelte) per incrementare la densità degli apparati radicali e favorire il mantenimento della permeabilità del suolo.

Nei sistemi con sviluppi areali considerevoli è importante distribuire le diverse specie in funzione della loro capacità resiliente in condizioni più estreme.

Le specie arbustive sono efficaci per il loro apparato radicale molto capillare e in quanto possono costituire una barriera verde come elemento deterrente all'accesso al pubblico, ove necessario.

La scelta della tipologia di piante è peculiare del sito e del contesto climatico dell'intervento.

Esistono molte specie ripariali da prescegliere tra:

- **Erbacee** balsamina gialla, filipendula, felce palustre, iris;
- **Arbusti** Cornus, frangula, salici arbustivi, viburno;
- **Alberi** cipresso calvo, ontano, pioppo, salici arborei.

GRADO DI FRUIZIONE AL PUBBLICO

I giardini della pioggia a bordo strada contribuiscono ad aumentare il comfort microclimatico ed il benessere delle persone che li attraversano, grazie a percorsi ombreggiati e attrattivi che invogliano la sosta e la percorrenza.

MANUTENZIONE

Il rendimento del sistema di fitodepurazione e la capacità filtrante dipendono dal grado di manutenzione, con particolare attenzione alle specie vegetali.

La manutenzione deve essere particolarmente accurata durante i primi mesi dopo la realizzazione: il sistema deve essere ispezionato dopo gli eventi di pioggia e si deve stimare il quantitativo di sedimenti depositati, al fine di verificare le capacità di infiltrazione del dreno e degli strati filtranti.

Successivamente, la manutenzione ordinaria con cadenza trimestrale, riguarda:

- raccolta di rifiuti (dannosi in particolare per il valore visivo e paesaggistico);
- pulizia dell'area di raccolta delle acque stradali per ridurre l'apporto di sedimenti;
- controllo dello stato di salute delle piante e prevenzione del proliferarsi di specie invasive;
- controllo e la pulizia delle trincee drenanti (se presenti), con cadenza annuale.

La manutenzione straordinaria riguarda la sostituzione della pacciamatura e/o degli altri strati filtranti e dei dreni, qualora sottoposti ad intasamento.

COSTI INDICATIVI

- 20-30 euro/mq: scavo con profondità di 1 m, smaltimento e finitura superficie a prato;
- 30-40 euro/ml: realizzazione dello strato filtrante su fondo alveo di sezione indicativa L 100 x H 50 cm;
- 5-30 euro/mq: messa a dimora di specie vegetali.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI

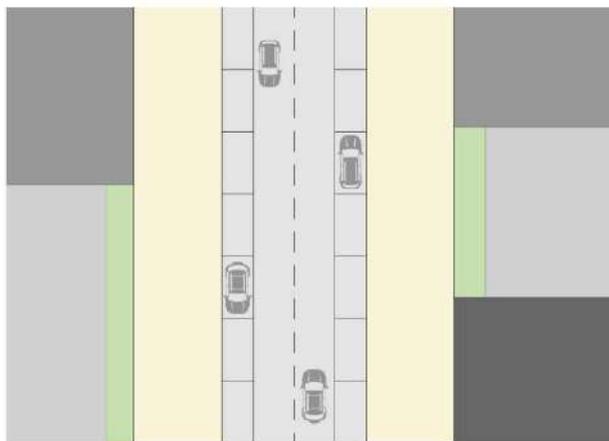
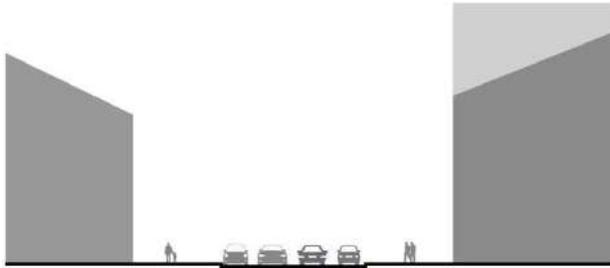


Giardini della pioggia lineari separano la carreggiata dalla pista ciclabile e dal marciapiede in Avenue Mermoz a Lione in Francia. (Progetto paesaggistico di Gautier+Conquet Architects.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI

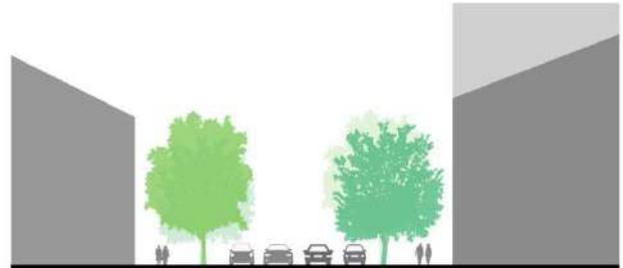
0 5 10m

superfici minerali: 100%
superfici vegetate: 0%
superfici ombreggiate: 0%



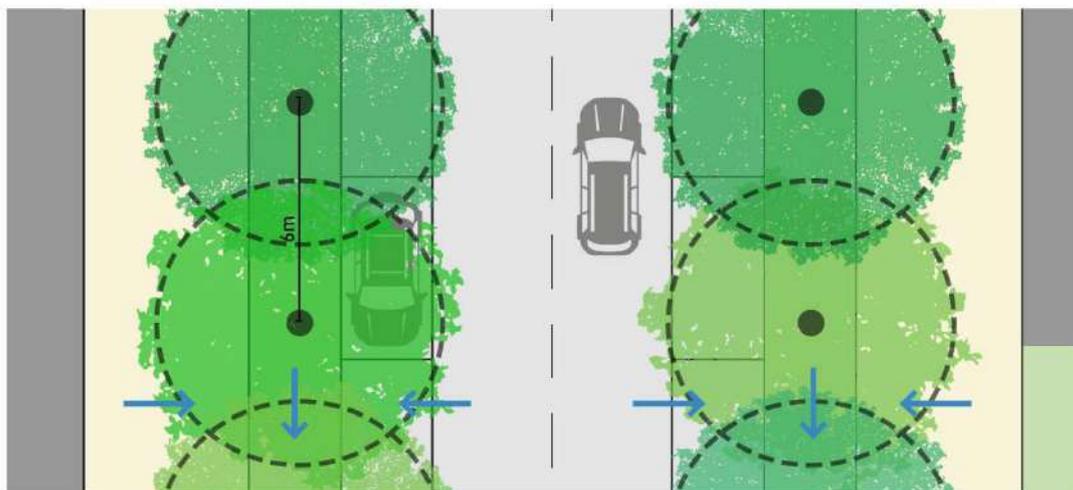
STRADA A DOPPIO SENSO DI MARCIA
CON CORSIA SINGOLA E PARCHEGGI IN LINEA
Sezione stradale 25,5m

superfici minerali: 80%
superfici vegetate: 20%
superfici ombreggiate: 55-60%



STRADA A DOPPIO SENSO DI MARCIA
CON CORSIA SINGOLA E PARCHEGGI IN LINEA
Una porzione di marciapiede viene desigillata per fare posto a giardini della pioggia lineari paralleli alla carreggiata.
Strada e percorsi pedonali sono complanari per agevolare il deflusso delle acque piovane.
I giardini della pioggia sono interrrotti in corrispondenza degli attraversamenti pedonali.

4,5m 2,5m 2,5m 6,5m



2.18. PERCORSI CICLOPEDONALI

Proteggere e ombreggiare ciclisti e pedoni

I percorsi ciclo-pedonali che si sviluppano nelle aree urbane possono essere realizzati con materiali drenanti o semi-permeabili per favorire l'infiltrazione in falda delle acque di pioggia. Si tratta infatti di superfici con acque 'pulite' che non richiedono particolari trattamenti e possono essere infiltrate direttamente nel sottosuolo.

I materiali drenanti o semipermeabili possono avere anche caratteristiche fotoriflettenti (cool materials che contribuiscono a ridurre il calore trattenuto) e fonoassorbenti (per migliorare del clima acustico). Vi sono diversi prodotti disponibili sul mercato in grado di rispondere a diverse esigenze progettuali, quali alte prestazioni, economicità e aspetto estetico.

Le piste ciclabili e i percorsi pedonali che adottano queste soluzioni risultano più confortevoli sotto il profilo climatico, ma anche più attraenti per le persone che li frequentano.

I percorsi ciclo-pedonali drenanti sono realizzati con l'obiettivo di:

- favorire l'infiltrazione in falda;
- ridurre l'effetto isola di calore;
- ridurre parzialmente i picchi di piena nei corpi ricettori;
- favorire la biodiversità ed incrementare il valore paesaggistico del contesto.

SERVIZI ECO-SISTEMICI EROGATI



ASPETTI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

Le pavimentazioni permeabili sono generalmente utilizzate per drenare ed infiltrare le acque di pioggia che cadono direttamente sulla superficie interessata dalla pavimentazione.

È quindi necessario determinare le condizioni al contorno e le eventuali limitazioni, quali: la capacità di infiltrazione del terreno esistente, il volume di acqua che si necessita invasare e infiltrare.

Si consiglia sempre di realizzare un sistema fognario di troppo pieno atto a ricevere e scaricare in fognatura le portate che eccedono l'evento di progetto di riferimento.

CONTESTO DI APPLICAZIONE E VINCOLI

In corrispondenza di aree pedonali o percorsi ciclo-pedonali possono essere adottate pavimentazioni in prato, cubetti e masselli porosi, ciottoli di fiume, terra stabilizzata, calcestruzzo drenante e asfalto drenante o altri materiali permeabili o semi-permeabili.

▪ Spazio richiesto

Le pavimentazioni permeabili sono generalmente utilizzate per drenare le acque direttamente afferenti alla superficie pavimentata. In alcuni casi possono drenare anche le superfici impermeabili limitrofe, ad esempio delle coperture; in tal caso il rapporto tra superficie afferente e superficie della pavimentazione deve essere di norma al massimo pari a 2.

▪ Tipologia di terreno e presenza della falda

Se il progetto prevede l'infiltrazione in falda, è necessaria la presenza di terreno permeabile al di sotto della pavimentazione. In alternativa deve comunque essere previsto un adeguato sistema di raccolta che convogli le acque drenate dalla pavimentazione permeabile in fognatura o in un altro corpo ricettore.

ELEMENTI VEGETALI

I percorsi realizzati con pavimentazioni drenanti o semi-permeabili possono essere accompagnati lateralmente da spazi vegetati, quali semplici canali inerbiti, rain garden o aiuole alberate per separare il traffico veicolare dei percorsi lenti.

- **Alberi** le piante da prescegliere devono essere impalcate alte e avere la chioma ombrelliforme per aumentare la copertura ombreggiante.
- **Arbusti** vanno evitati gli arbusti spinosi e quelli con forti rami legnosi (ad esempio gli osmanti).

Si consiglia di utilizzare piante femminili, quelle a impollinazione entomofila e, in generale, a bassa allergenicità.

GRADO DI FRUIZIONE AL PUBBLICO

Le pavimentazioni drenanti possono ben adattarsi a diversi contesti paesaggistici in ambito urbano, e la varietà di prodotti permette di scegliere le finiture, i colori e le forme che meglio si adattano al contesto specifico. Una efficace progettazione di questi aspetti, oltre che di quelli funzionali, permette di conferire ai percorsi ciclo-pedonali maggior pregio estetico e comfort microclimatico, riducendo l'effetto isola di calore tipico dei materiali minerali.

MANUTENZIONE

La manutenzione ordinaria consistente in:

- controllo mensile dello stato della pavimentazione per verificare che sia libera da detriti e sedimenti;
- verifica della mancanza di aree di ristagno e difficoltà di deflusso a seguito degli eventi meteorici;
- spazzatura e aspirazione delle superfici permeabili, prevalentemente nel periodo autunnale, per prevenire l'occlusione da fogliame.

La manutenzione occasionale consistente in:

- interventi di pulizia e/o sostituzione del materiale di chiusura dei vuoti;
- sostituzione di elementi/masselli danneggiati;
- ripristino delle aree depresse di ristagno, ecc.

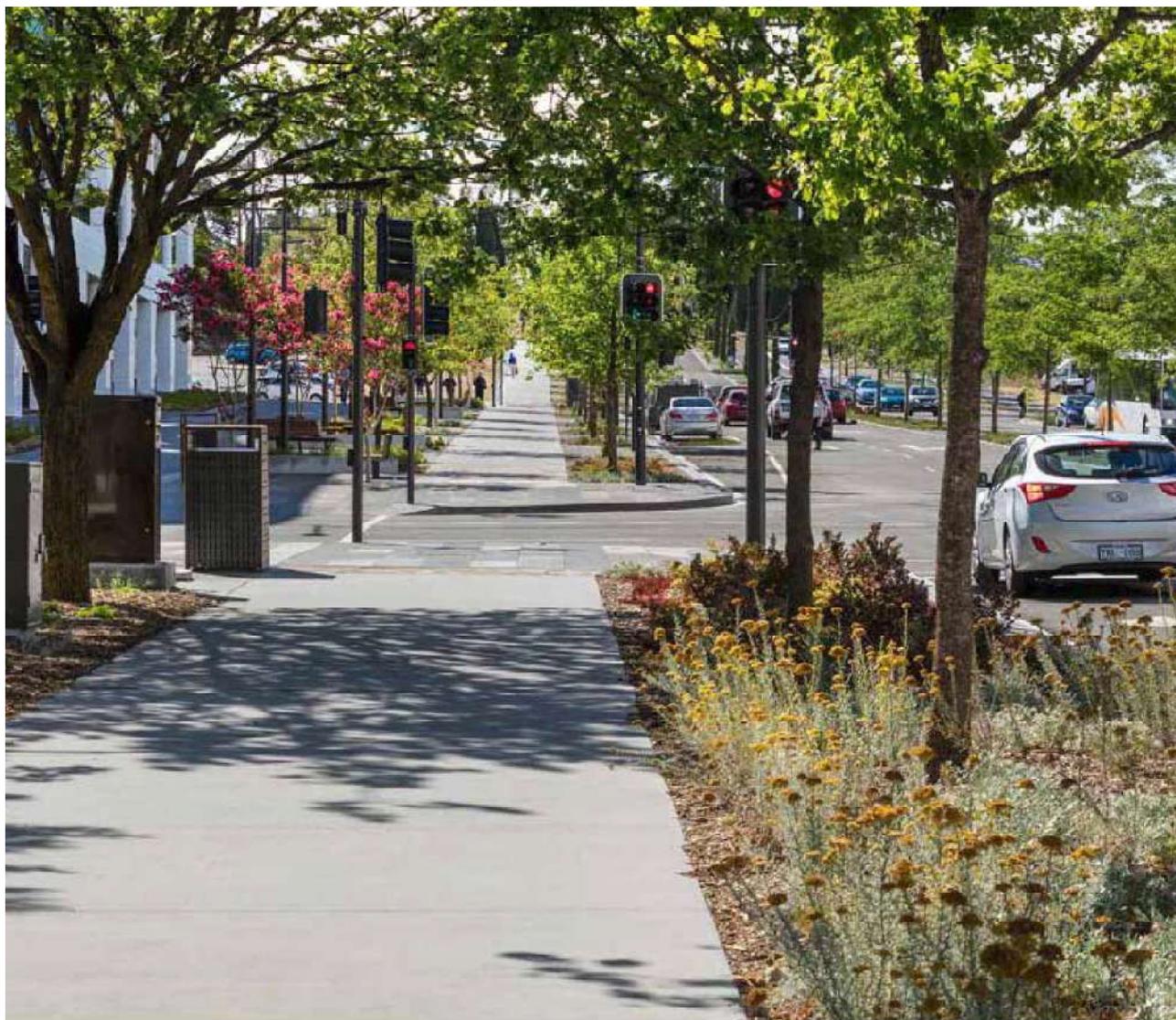
I costi di manutenzione sono ridotti, in quanto gli interventi di manutenzione ordinaria rientrano nelle normali attività di pulizia di aree stradali e parcheggi.

Qualora le pavimentazioni siano soggette a regolare manutenzione, la loro vita utile è di norma paragonabile a quella di una normale pavimentazione impermeabile.

COSTI INDICATIVI

- 30 euro/mq sterrato o terra solida;
- 70-80 euro/mq asfalti e calcestruzzi drenanti;
- 80-100 euro/mq cubetti e masselli porosi;
- 120-150 euro/mq pavimentazione in ciottoli di fiume.

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI



In Grand Boulevard verde di Constitution Avenue, a Canberra in Australia. I percorsi ciclabili sono sempre protetti da una fascia di vegetazione e da un filare di alberi e ombra. I percorsi pedonali sono attrezzati con sedute e ombreggiati con alberi da fiore, profumati e colorati. (Progetto paesaggistico di Jane Irwin Landscape Architecture)

IMMAGINI E SCHEMI ESEMPLIFICATIVI

