

LIFE20 CCA/IT/001752

Progetto LIFE+ A_GREENET

Adriatic Climate Urban Network

ACTION A.1: Elementi di armonizzazione e condivisione della governance per la costruzione dell'infrastruttura verde della città del medioadriatico

Sottoazione A.1.1: Sottoazione A.1.1 Ricognizione best e worst practices relative a processi di governance, tecniche e strumenti di pianificazione urbanistica

DA.1.1.2 Repertorio di interventi NBS e delle specie arboree per il benessere fisico e psichico della comunità urbana

Beneficiary responsible for implementation: UNICAM

Deadline 03/2022

Capofila di Progetto



Partner beneficiari



Comune di Silvi



Comune di Ancona



Comune di Pescara



Città di San Benedetto del Tronto



LEGAMBIENTE



RES GRARIA



Università di Camerino

INDICE

INTRODUZIONE

Pag.3

I. PARTE. Il Quadro di Riferimento

1. Le Nature Based Solutions-NBS nel quadro internazionale ed europeo

Pag.4

2. Le NBS per l'adattamento ai cambiamenti climatici, la riduzione dei rischi, il benessere e la qualità della vita nelle aree urbane e periurbane

Pag.5

3. Vantaggi, svantaggi e limiti delle NBS urbane per l'adattamento al cambiamento climatico, la riduzione del rischio e la salute delle popolazioni urbane

Pag.6

4. Le diverse Tipologie di NBS "urbane"

Pag.9

5. L'implementazione delle NBS nei piani e nei progetti

Pag.10

Bibliografia

Pag.12

II. PARTE. Le NBS per la città del Medio Adriatico

1. Prima classificazione del territorio della città del medio adriatico e contenuti della scheda "tipo" NBS

Pag.16

2. Repertorio NBS

Pag.21

3. Toolbox "A_GreeNet NBS"

Pag.127

4. Prime indicazioni per la selezione delle specie arboree

Pag.131

INDEX

INTRODUCTION

Pg.144

PART I. The Reference Framework

1. Natural Based Solution-NBS in the international and European framework

Pg.146

2. NBS for climate change adaptation, risk reduction, well-being, and quality of life in urban and peri-urban areas

Pg.146

3. Advantages, disadvantages, and limitations of urban NBS for climate change adaptation, risk reduction, and health of urban populations

Pg.146

4. The different types of "Urban" NBS

Pg.148

5. The implementation of NBS in plans and projects

PART II. The NBS for the city of the Middle Adriatic

1. Classification of Middle Adriatic city's and contents of the NBS "type" sheet

Pg.150

2. NBS repertory

Pg.150

3. Toolbox "A_GreeNet NBS"

Pg.151

4. First indications for the selection of tree species selection

Pg.153

INTRODUZIONE

Questo Repertorio raccoglie soluzioni basate sulla natura (NBS) per affrontare le sfide legate al cambiamento climatico, con particolare attenzione alle tipologie urbane e ad una loro prima classificazione in relazione al territorio della città del Medio Adriatico, oggetto del Progetto Life+ A_GreeNet, ai suoi caratteri geografici e alla densità del suo sistema insediativo.

Dopo una ricognizione delle diverse accezioni delle NBS, dei principali vantaggi (biodiversità, gestione delle acque, regolazione delle temperature e della qualità dell'aria, salute), dei possibili svantaggi e limiti, l'attenzione è stata rivolta alle NBS Urbane che variano dalla piccola scala degli edifici e delle strade, fino a comprendere l'intera città e le aree periurbane di connessione con il paesaggio territoriale.

Queste NBS, che dovranno essere implementate negli strumenti di pianificazione e nei progetti urbanistici, sono state identificate attraverso una revisione di database e collezioni presenti in letteratura, a partire dalle pratiche selezionate nel DA 1.1.1 (Life SOS 4 Life, Life Metro Adapt, Horizon 2020 Urban Green Up, Life Heatland); ad essi si sono aggiunti altri repertori ricompresi in altri progetti europei come: Life Lugo + Biodinámico; Horizon 2020 Grow Green, il catalogo Natural Water Retention Measures (NWRM); nonché vari rapporti ,manuali ,come Ciria SuDS Manual, Susdrain e varie pubblicazioni scientifiche.

Le soluzioni individuate, in totale 35, sono state raggruppate in 4 famiglie caratterizzanti il sistema urbano: Strade e Spazi aperti; Aree verdi naturali/seminaturali e antropiche; Suolo; Edifici e aree limitrofe. Ognuna delle schede presenta una rappresentazione degli effetti positivi sull'ambiente, sulla salute e la qualità della vita della NBS in questione; la fattibilità e gli aspetti tecnici, i costi, il tipo di manutenzione da assicurare e gli indicatori per misurare gli effetti nel tempo, approfondimenti e buone pratiche, la possibile combinazione con altre NBS. Un toolbox permetterà di selezionare le NBS d'interesse per parole chiave.

Infine, l'ultima parte è dedicata ad una prima selezione delle specie arboree da utilizzare nella implementazione delle NBS tenendo conto dell'impatto ambientale e sulla salute che esse possono causare o subire in funzione delle loro caratteristiche fisiologiche e morfologiche e della capacità delle stesse di interagire con l'ambiente urbano e di contribuire alla mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici.

I PARTE. IL QUADRO DI RIFERIMENTO

1. Le Nature Based Solutions -NBS nel quadro internazionale ed europeo

Esperti con differenti formazioni vedono le NBS (Nature-based solutions) attraverso lenti disciplinari diverse e le descrivono come "interventi basati sulla natura" in grado di affrontare le sfide della sostenibilità quali: Cambiamenti climatici, Rischio idrogeologico e disastri ambientali, Sicurezza alimentare, Sicurezza dell'acqua, Salute umana, Scarsità di risorse e sviluppo sociale ed economico, Degrado degli ecosistemi e del paesaggio, Recupero e miglioramento della biodiversità, ecc.

L'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN) definisce le NBS come "azioni per proteggere, gestire in modo sostenibile, e recuperare gli ecosistemi naturali o modificati, che affrontano sfide sociali in modo efficace ed adattivo, fornendo al contempo benefici nei confronti del benessere umano e della biodiversità"; la UE nel 2021 formula una definizione più operativa definendole come "Soluzioni ispirate e supportate dalla natura, convenienti, che forniscono contemporaneamente benefici ambientali, sociali ed economici e aiutano a costruire la resilienza. Tali soluzioni portano natura, caratteristiche e processi naturali sempre più diversificati nelle città, nei paesaggi e nei paesaggi marini, attraverso interventi adattati a livello locale, efficienti sotto il profilo delle risorse e sistemici."

Nonostante le diverse accezioni, la maggior parte delle definizioni convergono sulla opportunità di utilizzare la natura per creare sistemi socio-ecologici sostenibili, in grado di promuovere il benessere umano a livello locale, a livello regionale o globale attraverso soluzioni che dal punto di vista tecnico siano alternative alle soluzioni tradizionali "grigie", perché usano, si ispirano o imitano gli elementi naturali per rispondere a un'esigenza di carattere prettamente funzionale. Tali soluzioni si caratterizzano per la possibilità di essere aggregate in sistemi multifunzionali in grado di generare significativi valori aggiunti superiori alla semplice sommatoria delle singole soluzioni.

Con riferimento alle politiche dell'Unione europea, si sottolinea il richiamo alle NBS sia nella Strategia sulla biodiversità per il 2030, pubblicata nel 2020, sia nella nuova Strategia sull'adattamento ai cambiamenti climatici, del febbraio 2021. Entrambe sono parti integranti del Green Deal europeo, presentato a dicembre 2019, che si propone una tabella di marcia per rendere sostenibile l'economia dell'UE e per raggiungere l'obiettivo della neutralità climatica entro il 2050. In un altro documento della Commissione Europea del 2021 "Nature-based solutions in Europe: Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction", viene specificato il ruolo delle NBS nel contrasto al cambiamento climatico e nella riduzione del rischio da eventi catastrofici, come:

- a. soluzioni basate sulla natura per l'adattamento ai cambiamenti climatici e la riduzione del rischio di catastrofi che funzionano per ripristinare e proteggere gli ecosistemi, per aiutare la società ad adattarsi agli impatti dei cambiamenti climatici e per rallentare ulteriormente il riscaldamento, fornendo al contempo molteplici benefici aggiuntivi (ambientali, sociali ed economici);
- b. "concetto ombrello" comprendente altri approcci consolidati, come gli approcci basati sugli ecosistemi, la gestione sostenibile delle foreste, le infrastrutture verdi e blu, le misure di ritenzione idrica naturale (Suds), ecc.

L'aggiornamento della strategia europea di adattamento ai cambiamenti climatici del 2021 ha sottolineato la trasversalità delle NBS per sostenere le strategie di adattamento a tutti i livelli di governance, esse infatti svolgono un ruolo chiave nella nuova strategia forestale dell'UE, nella direttiva quadro generale sulle acque e nel piano d'azione europeo a inquinamento zero per l'aria, l'acqua e il suolo, nella nuova economia europea.

Le NBS contribuiscono, inoltre, anche agli obiettivi stabiliti nella strategia per la bioeconomia, per l'economia circolare e nel pacchetto "Fit for 55" sulla trasformazione dell'economia e della società europee. Progetti e piani di NBS cominciano ad essere diffusi nel panorama internazionale ed europeo ed iniziano a trovare applicazione a differenti livelli. Il progetto ThinkNature (<https://www.think-nature.eu/>), ad esempio, attraverso l'utilizzo di una piattaforma di comunicazione ha cercato di supportare la comprensione e la promozione di NBS a livello locale e regionale, favorendo meccanismi di agevolazione e di indirizzamento, nonché il rafforzamento della conoscenza multidisciplinare. In questo progetto, con l'aiuto di 126 partner e organizzazioni internazionali è stato dimostrato che le NBS sono convenienti e forniscono benefici ambientali, sociali ed economici, realizzando allo stesso tempo società più sostenibili e resilienti. Questo valore delle NBS è stato documentato da numerose ricerche europee di riferimento per il progetto Life+A_GreeNet, tra cui: NATURVATION; NATURE4CITIES; EKLPE; GROW GREEN; ecc. e da una recente pubblicazione della Commissione Europea "Evaluating the Impact of nature-Based solutions: A Handbook for Practitioners"(EU,2021), che ha affrontato il tema dell'efficacia delle NBS nei confronti del cambiamento climatico e dei suoi effetti, tra cui inondazioni, siccità, calore isole, perdita di biodiversità e altri impatti. Le soluzioni basate sulla natura a livello europeo sono sempre più viste, quindi, come un approccio praticabile per affrontare in modo sostenibile gli impatti negativi dei cambiamenti climatici, sia in termini di adattamento che di mitigazione.

2. Le NBS per l'adattamento ai cambiamenti climatici, la riduzione dei rischi, il benessere e la qualità della vita nelle aree urbane e periurbane

Sebbene all'inizio l'approccio "basato sulla natura" sia stato legato soprattutto all'agricoltura e ai problemi di gestione delle acque (Potschin et al., 2014), a partire dal 2014 in occasione di una conferenza europea tenutosi a Bruxelles, le NBS sono diventate uno strumento per rendere le città dell'UE più resilienti ai cambiamenti climatici, fornendo allo stesso tempo benefici per la salute e la qualità della vita. Rimodellate con questa accezione le NBS hanno iniziato ad essere viste come un concetto che può aiutare la "transizioni verso la sostenibilità urbana" (Frantzeskaki e Rok, 2018). A livello accademico e di esperienze concrete non è ancora stato sufficientemente chiarito in che cosa differiscano dalle Green and Blu Infrastructures (GBI) e dai servizi ecosistemici (ES); tuttavia più autori ormai stanno convergendo sulla definizione che le NBS differiscano perché forniscono "soluzioni" innovative a questioni di sostenibilità in un contesto prevalentemente urbano, allontanandosi quindi dal concetto più ampio di ES (Nesshöver et al., 2017; Pauleit et al., 2017). Resta ancora ambigua la distinzione tra NBS e GBI, anche se anche in questo caso si sottolinea la specificità delle NBS di porre più attenzione all'approccio progettuale (Dorst et al.,2019).

Nonostante queste differenze, vi è un ampio consenso sul fatto che le NBS si sovrappongano in modo significativo alle GBI e alla ES, tanto da definire le NBS come concetto "ombrello" che include tutte le altre definizioni. La natura olistica del concetto può consentire alle NBS di superare l'approccio a silo delle conoscenze e favorire l'integrazione degli obiettivi ambientali nelle politiche urbane, fornendo ai pianificatori e agli architetti un repertorio di scelte ecologicamente sostenibili che possono essere utilizzate per superare i problemi associati alle soluzioni ingegnerizzate (Mell e Clement, 2019).

Alla scala urbana le NBS si caratterizzano per la loro multifunzionalità cioè per la capacità di produrre molteplici vantaggi contemporaneamente, tra cui vantaggi ambientali, socioculturali ed economici (Raymond et al., 2017; Calliari et al., 2019). Alle aree urbane viene attribuito un grande potenziale per contribuire alla protezione delle specie e degli habitat, nonché all'adattamento climatico e alla riduzione del rischio di catastrofi, per proteggere la salute urbana e per favorire la qualità della vita, attraverso l'implementazione di NBS di diversa origine.

Le principali opzioni di NBS per le città europee resilienti implicano la manutenzione, il ripristino e la creazione di nuovi parchi e foreste urbane, il miglioramento della gestione delle risorse idriche urbane e l'inverdimento

degli edifici; esse risultano efficaci nell'affrontare le alte temperature e le inondazioni nelle città, per affrontare contemporaneamente più rischi e per fornire benefici per l'ambiente e la società (EEA, 2020). La scala delle NBS urbane varia: da singole NBS sulla piccola scala degli edifici o delle strade urbane, fino ad interessare implementazioni sistemiche a larga scala, comprendendo le aree periurbane, fino a interessare la scala territoriale.

3. Vantaggi, svantaggi e limiti delle NBS urbane per l'adattamento al cambiamento climatico, la riduzione del rischio e la salute delle popolazioni urbane

Il Report 01/2021 della EA "Nature-based solutions in Europe: Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction", nel riconoscere l'efficacia delle NBS nell'affrontare il problema delle alte temperature e delle inondazioni nelle città secondo un approccio integrato che cerca di dare soluzioni a più rischi contemporaneamente e a fornire benefici per l'ambiente e la società (EEA, 2020), individua una serie di vantaggi e svantaggi delle NBS.

Principali Vantaggi

Le NBS urbane offrono molteplici vantaggi nell'affrontare la qualità dell'aria, la salute e il benessere degli abitanti delle città, sono efficaci per il sequestro di carbonio, per il risparmio energetico, ma anche per la produzione alimentare locale, la biodiversità e il miglioramento della qualità e della quantità di risorse idriche. Molti di questi benefici sono direttamente e indirettamente quantificabili per il vantaggio della società, delle imprese e delle comunità, incidendo sulla creazione di posti di lavoro (basti pensare al tema delle manutenzioni) ma anche sulla riduzione dei costi di assistenza sanitaria mentale e fisica, il risparmio nei costi energetici, i costi relativi ai danni sulle infrastrutture e sugli edifici, sullo stesso valore economico della proprietà. Tuttavia, creare un mercato di investitori privati e assicuratori disposti a investire in NBS, è difficile, poiché molti dei benefici richiedono tempo per manifestarsi (Whiteoak, 2020).

Tra i vantaggi documentati, si segnalano:

a. biodiversità

Le NBS urbane migliorano significativamente la biodiversità dell'ambiente urbano rispetto alle infrastrutture convenzionali (Baldock et al., 2015; Filazzola et al., 2019). Tuttavia, ciò richiede spazio per la natura. La biodiversità urbana può essere migliorata attraverso la creazione di nuovi ecosistemi, ad esempio su pareti e tetti (Perini e Rosasco, 2013), parchi urbani, parchi tascabili, singole alberature, bordi stradali vegetati, bacini di detenzione delle zone umide, cortili e giardini, utilissimi per sostenere la biodiversità e la fauna selvatica urbana, ripristino di habitat urbani degradati, per esempio fiumi e argini (Vojinovic, 2020).

b. gestione delle acque

Le NBS per la gestione delle acque possono originare vantaggi significativi per la qualità dell'acqua e per il rifornimento delle risorse idriche, aumentando la quantità di approvvigionamento idrico superficiale, ricaricando le acque sotterranee, rimuovendo gli inquinanti dalle aree urbane e operando una riduzione degli impatti combinati sulle fogne (Prudencio e Null, 2018). I tetti verdi, a loro volta, possono fornire miglioramenti significativi della qualità dell'acqua (Czemiel Berndtsson, 2010) e gli stessi giardini pluviali possono essere efficaci in termini di ricarica delle acque sotterranee e di rimozione dell'azoto.

L'implementazione di una suite di misure di drenaggio urbano sostenibile (ad es. combinazione di giardini pluviali, bioswales e alberi di strada) possono anche contribuire in modo significativo al ripristino del flusso regolare delle acque riducendo i rischi anche nei piccoli corsi d'acqua che altrimenti potrebbero fornire regolarmente acqua e sostanze inquinanti ai corsi d'acqua principali (Walsh et al., 2005).

c. regolazione delle temperature e della qualità dell'aria

La sfida dei cambiamenti climatici prevede la limitazione dell'aumento di temperatura globale, riducendo le emissioni di anidride carbonica in atmosfera. Per farlo esistono due vie, quella artificiale e quella naturale. La prima prevede la cattura della CO₂ dall'aria e il suo sequestro nel sottosuolo (*Carbon Capture and Sequestration* – CCS), ma rappresenta una tecnologia ad oggi poco diffusa, dispendiosa e che presenta ancora diverse incognite. La via naturale mira a rimuovere CO₂ riducendone la concentrazione in atmosfera attraverso le NBS che agiscono in tre modi almeno: limitando la deforestazione, ripristinando gli ecosistemi e rendendo più efficace la gestione del territorio. Per garantire una resilienza a lungo termine, i progetti che coinvolgono soluzioni basate sulla natura dovrebbero aderire a quattro principi basilari: le soluzioni basate sulla natura non sono un'alternativa alla decarbonizzazione; devono coinvolgere un'ampia gamma di ecosistemi; dovrebbero essere progettati in collaborazione con le comunità locali e, infine, devono sostenere la biodiversità, dal livello del gene all'ecosistema (Giraldin et al. 2021).

d. qualità dell'aria e salute

La qualità dell'aria e la salute umana sono influenzate positivamente dalle piante, e in particolare dagli alberi, che contribuiscono alla rimozione degli inquinanti (ad esempio ozono, particolato fine, ossidi di azoto e anidride solforosa) (Nowak et al., 2014; Calfapietra, 2020). Pareti e tetti verdi possono essere opzioni valide in aree molto dense dove l'uso degli alberi non è ottimale; gli alberi stradali sono stati, ad esempio, associati a una prevalenza dell'asma nella prima infanzia (Calfapietra, 2020). Piante e alberi possono, tuttavia, anche emettere polline e composti organici volatili con effetti negativi sulla salute, ma scegliendo la specie giusta, è possibile massimizzare i servizi forniti e ridurre al minimo i disservizi (Calfapietra, 2020). La salute fisica e mentale e il benessere possono essere considerevolmente potenziati dall'accesso a spazi verdi e blu (Calfapietra, 2020); l'accesso ai parchi e alle foreste urbane ha benefici positivi per la salute fisica e mentale (Chiesura, 2004). Lo stesso lockdown causato dalla pandemia da COVID-19 in tutta l'Europa, ha sottolineato l'importanza vitale dei parchi locali, dei parchi tascabili e delle foreste urbane come elementi essenziali per la qualità della vita delle persone (Kleinschroth e Kowarik, 2020) e come infrastruttura che promuove la resilienza delle città e delle comunità in un periodo di crisi (Venter et al., 2020). Inoltre, prove documentate suggeriscono che l'accesso alla vegetazione e alla natura ha un effetto attenuante sul crimine. Parchi urbani ben progettati, strade verdi e persino tetti verdi possono svolgere un ruolo cruciale nella promozione di modalità di pendolarismo più sostenibile tra i quartieri, creando così opportunità per uno stile di vita più sano (Adkins et al., 2012); c'è infine una base di prove crescente che vede nel potenziamento delle NBS urbane una soluzione efficace per contribuire allo stoccaggio e al sequestro del carbonio (Merriman et al., 2017; Bulkeley, 2020a).

Nelle città, l'ambiente costruito e naturale sono importanti determinanti della salute, in particolare per la popolazione fragile e per i gruppi svantaggiati per condizioni sociali ed economiche (OMS, 2012). Le NBS svolgono anche in questo contesto un ruolo importante nell'influenzare il livello di salute generale, l'obesità, il peso alla nascita, lo sviluppo comportamentale del bambino, ma anche la prevalenza delle condizioni di salute mentale in tutte le età (Lovell et al., 2018; Dzhambov, et al. 2018); è inoltre scientificamente provato che il contatto con la natura può sostenere una riduzione della prevalenza di malattie cardiovascolari, muscoloscheletriche, respiratorie e di altro tipo, specialmente tra i gruppi con maggiore accesso allo spazio verde e basso status socioeconomico (Sandifer et al., 2015), ecc.

Mentre ci sono molti studi che esaminano la relazione tra diversi tipi di spazio verde, blu e salute, nessuno studio ha confrontato fino ad oggi la relazione e le dimensioni dell'effetto tra diversi tipi di NBS e risultati di salute. Per colmare questa lacuna, i ricercatori del progetto NATURVATION, un progetto quadriennale finanziato nell'ambito del programma Horizon 2020 dell'UE, hanno condotto uno studio per esaminare la relazione tra diversi tipi di spazio verde o blu. Questi includono lo spazio verde che è collegato al tessuto esterno degli edifici, come tetti verdi e pareti verdi; lo spazio verde urbano collegato a infrastrutture grigie

come alberi stradali o vicoli rinverditi; i parchi urbani come verde di quartiere, le foreste urbane o i parchi tascabili; gli spazi verdi utilizzati per la produzione alimentare come orti o orti comunitari; gli spazi verdi interni; e, infine, le aree abbandonate o gli appezzamenti di terreno vuoti con macchie di natura selvaggia. Utilizzando statistiche e analisi dell'effetto dimensionale, lo studio ha esaminato la relazione tra diversi tipi di servizi ecosistemici forniti dalle NBS e i risultati sanitari, utilizzando i dati pubblicati dall'Urban Nature Atlas (Naturvation, 2022) e gli indicatori di mortalità per le città pubblicati dall'Urban Audit di Eurostat. È emerso come alcune tipologie come tetti verdi e pareti verdi, grandi parchi urbani e giardini botanici, scarpate e balconi verdi sono significativamente associati con una diminuzione della mortalità a causa di malattie respiratorie o cardiache.

I benefici e le opportunità ottenibili utilizzando le NBS per affrontare le sfide globali e sociali non sono mai state così rilevanti, importanti o urgentemente necessarie (Wild et al., 2020) per una ripresa resiliente dal COVID-19. Oggi abbiamo la possibilità di "ricostruire meglio" e aumentare significativamente gli investimenti nelle NBS urbane. Aumentare e intensificare la loro presenza creerebbe posti di lavoro e opportunità commerciali e promuoverebbe un cambiamento nelle aree urbane aumentando la tanto necessaria resilienza delle città europee ai cambiamenti climatici e ad altri shock. Inoltre, il Green Deal dell'UE menziona le città NBS esplicitamente in relazione alla gestione degli impatti dei cambiamenti climatici, così come la strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030 che definisce le NBS come uno strumento chiave per l'adattamento e la mitigazione dei cambiamenti climatici (Naumann e Davis, 2020).

Possibili svantaggi e limiti

Le NBS possono, tuttavia, fornire disservizi se non bene progettate, pianificate o adeguatamente mantenute; ad esempio, l'opzione di scelta di alcune specie vegetali può aumentare le emissioni di composti organici volatili e polline (Calfapietra, 2020); la prevalenza di vegetazione bassa e densa può creare pericolosità ambientali (Kondo et al., 2015); l'uso dell'acqua di irrigazione per gli spazi verdi urbani potrebbe esercitare una pressione aggiuntiva sull'approvvigionamento idrico delle città durante la siccità (Fam et al., 2008). Sebbene i benefici complessivi delle NBS urbane possano superare i disservizi, è importante mitigare gli effetti negativi per garantirne la pubblica accettazione. Inoltre, una scarsa pianificazione potrebbe portare a ad una distribuzione disomogenea delle aree verdi, che può innescare forme di esclusione sociale o di segregazione dovute alla disparità di accesso alla natura; così come le aree naturali centrali o facilmente accessibili possono diventare vulnerabili a causa di un uso ricreativo intensivo. Le NBS urbane possono inoltre portare a compromessi con altre attività, se lo spazio urbano è scarso e la concorrenza è alta. Ad esempio, le politiche emergenti sul solare fotovoltaico possono annullare i piani per i tetti verdi, anche se la combinazione di entrambi sarebbe molto utile; o piani urbanistici per creare alloggi a prezzi accessibili nelle aree centrali (ad esempio su aree dismesse abbandonate) potrebbe essere in contrasto con la creazione di un grande parco urbano che fornisce un gamma di servizi ecosistemici regolatori e culturali per la città. Sarebbe quindi necessaria una valutazione olistica e approfondita per decidere la soluzione migliore o operare un compromesso.

Soprattutto negli ultimi anni, stanno iniziando ad emergere prove sui molteplici benefici offerti e un numero crescente di città stanno esplorando le NBS per affrontare le sfide della sostenibilità urbana (Naturvation, 2020). Tuttavia, nonostante la crescente attenzione da parte dei ricercatori, la base di prove è ancora frammentaria e lo sforzo della ricerca è incompleto, con un predominio di studi che valutano solo singoli benefici o specifiche tipologie di NBS (cioè parchi urbani e foreste urbane) piuttosto che valutare i molteplici benefici (compresi i co-benefici e i disservizi) che si sviluppano contemporaneamente (Keeler et al., 2019; Veerkamp et al., in arrivo). Inoltre, ci sono modalità di valutazione diverse e disparati indicatori di impatto (Haase et al., 2014), che rischiano di ostacolare la comparabilità tra gli studi e di confrontare l'efficacia delle diverse opzioni di NBS con gli interventi grigi.

Il quadro di valutazione d'impatto del progetto Horizon "Eclipse", che identifica 12 aree di sfida per la società, è un approccio alla valutazione delle NBS in un quadro olistico (Raymond et al., 2017b), che tenta di fornire una guida per i professionisti per valutare gli impatti e quindi orientare la scelta tra le varie valutazioni di metodo e di contesto (Dumitru e Wendlin, 2020). Dati e valutazioni delle performance delle NBS, con riferimento al rapporto costo-efficacia rispetto a infrastrutture grigie tradizionali, sono urgentemente necessarie (Selvaggio, 2020b). Ugualmente necessario è un salto di scala: la maggior parte della ricerca sui rischi idrometeorologici e NBS ha fino ad oggi focalizzato l'attenzione alla piccola scala (Ruangpan et al., 2020); è oggi fondamentale una ricerca per valutare l'efficacia e l'efficienza di "reti" di NBS, connettendo la grande scala alla piccola scala, comprese le combinazioni ibride con infrastrutture grigie (Vojinovic, 2020).

4. Le diverse Tipologie di NBS "Urbane"

Le principali opzioni di NBS per le città europee resilienti implicano la manutenzione, il restauro, la creazione di nuovi parchi urbani, di foreste urbane, di piantare singoli alberi e gruppi di alberi, di migliorare la gestione delle risorse idriche urbane e l'inverdimento degli edifici. Queste NBS sono efficaci, affrontano contemporaneamente più rischi e forniscono benefici per l'ambiente e la società (EEA, 2020). La scala delle NBS urbane varia dalla piccola scala degli edifici e delle strade, fino a comprendere l'intera città e le aree periurbane di connessione con il paesaggio territoriale.

Parchi e foreste urbane

Sono riconosciuti per la loro capacità di ridurre l'aria e le temperature superficiali, a condizione di un'accurata selezione delle specie arboree (Roy et al., 2012; Calfapietra, 2020; EEA, 2020).

Questa capacità emerge da Le superfici erbose esposte al sole possono essere 2-4 °C più fredde delle superfici in cemento e gli alberi abbassano le temperature dell'aria fino a 5-7 °C per effetto dell'ombreggiatura e dell'evapotraspirazione (Armson et al., 2012). I parchi urbani, a loro volta, sono in media 0.94 °C più freschi durante il giorno rispetto alle aree edificate (Bowler et al., 2010a) e oltre a mitigare l'isola di calore urbana, parchi urbani e foreste possono anche regolare l'acqua piovana e quindi mitigare i rischi di alluvione intercettando le precipitazioni, e favorendone la evapotraspirazione (Berland et al., 2017). Allo stesso modo, le aree urbane con il 50-90 % di copertura impermeabile possono perdere il 40-83 % delle acque meteoriche, mentre un bosco, solo il 13 %. Questi benefici riguardano anche la presenza di verde all'interno degli spazi costruiti: gli alberi lungo le strade e nelle piazze possono contribuire a ridurre la velocità di deflusso dell'acqua piovana durante eventi caratterizzati da forti precipitazioni, anche se l'entità di questo beneficio dipende dalla densità, dalle dimensioni e dalla composizione delle specie; un albero infatti può intercettare fino a 6,7 m³ di acqua all'anno (Berland e Hopton, 2014). I benefici forniti dagli alberi urbani nei confronti dell'acqua piovana possono essere tradotti in termini economici; uno studio portoghese ha stimato, ad esempio, un beneficio economico di 47,80 dollari per albero grazie alla sua capacità di ridurre il deflusso delle acque piovane (Soares et al., 2011). Numerose ricerche scientifiche hanno accertato che gli alberi contribuiscono a migliorare il microclima fornendo ombra, riduzione della temperatura dell'aria, riduzione degli effetti dell'isola di calore, modificando il microclima e riducendo la velocità del vento (Roy et al., 2012; Calfapietra, 2020).

Soluzioni basate sulla natura per la gestione delle acque urbane

Le NBS per affrontare la gestione dell'acqua all'interno delle città includono soluzioni per il risanamento fluviale, bioswales, bacini di ritenzione e detenzione, zone umide, giardini della pioggia, pavimenti permeabili, fasce di vegetazione ripariale e tetti verdi. La rimozione dell'eccesso di asfalto e cemento negli spazi urbani privati e pubblici può offrire buone opportunità per implementare le NBS, compresi la riapertura dei corsi d'acqua canalizzati e il ripristino delle sponde dei fiumi. L'acqua, inoltre, in una logica di interventi che offrono soluzioni a più problematiche, fornisce anche benefici per il raffreddamento delle città e aumenta la

biodiversità, costituendo l'habitat ideale per alcune specie (ad esempio uccelli, pesci). Le NBS per la gestione delle acque mira a controllare i volumi di deflusso superficiale e la loro tempistica riducendo quindi il rischio di allagamento durante gli eventi piovosi particolarmente intensi (Vojinovic, 2020). Questo approccio è in gran parte in contrasto con l'infrastruttura grigia convenzionale, ingegnerizzata che spesso indirizza il deflusso alla rete fognaria, che può traboccare durante eventi di precipitazioni estreme, o direttamente a torrenti e fiumi, esacerbando gli apporti inquinanti con il conseguente degrado degli ecosistemi (Roy et al., 2008). Combinando l'infrastruttura fognaria con le NBS, come i bioswales, le alberature stradali o i giardini pluviali, si può migliorare l'intercettazione, l'evaporazione e l'infiltrazione dell'acqua piovana prima che raggiunga la fognatura, diminuendo così il volume delle acque (reflue) che devono essere trattate (Wild, 2020a). L'efficacia di NBS per la gestione dell'acqua urbana dipende dal tipo e dal design e dalle condizioni locali. È stato verificato che le NBS su piccola scala possono ridurre il run-off del 30-65 % con pavimentazioni porose, fino al 100 % nei giardini pluviali o fino al 56 % per le trincee di infiltrazione (Ruangpan et al., 2020).

Inverdimento dell'involucro edilizio

Senza compromettere la necessità di spazio in aree urbane dense, l'inverdimento dell'involucro edilizio (ad esempio tetti verdi, pareti verdi o facciate) può fornire benefici locali efficaci in termini di gestione dell'acqua e del calore. In termini di gestione dell'acqua, i tetti verdi possono trattenere maggiori quantità di acqua rispetto ai tetti convenzionali e ritardare il deflusso dell'acqua (Oberndorfer et al., 2007; Pataki et al., 2011). Un evento di pioggia battente di breve durata (ad es. 30 min) può anche essere completamente trattenuto da un tetto verde asciutto (Richter e Dickhaut, 2018) che in generale può ridurre il volume di deflusso fino al 70% (Ruangpan et al., 2020). In termini di gestione del calore, i tetti vegetati sono efficace nel ridurre la temperatura dell'aria, nel migliorare il comfort termico all'interno degli edifici e nella riduzione della domanda di energia (EEA, 2020e). I tetti e le facciate verdi riducono la domanda di energia per l'aria condizionata fino al 40-60 % in un clima mediterraneo (Alexandri e Jones, 2008; Mazzali et al., 2012) e possono raffreddare le strade circostanti tra 0,03 °C e 3 °C (Francis e Jensen, 2017). Inoltre, superfici inverdite, sia su edifici o a terra, hanno un'albedo più alto (20-30 %) rispetto a superfici dure artificiali (5 %), contribuendo a ridurre l'effetto isola di calore nell'area urbana riflettendo più luce (Perini e Rosasco, 2013). Anche se l'installazione e la manutenzione di sistemi di inverdimento possono sembrare costosi all'inizio confrontati con i costi complessivi di costruzione sono modesti (0,4 % del totale dei costi di costruzione per edifici residenziali multipiano) e i costi del ciclo di vita nell'arco di 40 anni sono risultati simili a quelli dei tetti tradizionali (Dickhaut et al., 2017).

5. L'implementazione delle NBS nei piani e nei progetti

Per fare in modo che le NBS si prestino efficacemente a generare impatti positivi sullo sviluppo ambientale, economico e sociale e influenzino la capacità di resilienza dei sistemi urbani e delle comunità locali, il compito della pianificazione è innanzi tutto di valutare criticamente, per ogni proposta intervento, in che misura possono alleviare i problemi rilevati nello spazio urbano e che tipo di benefici e co-benefici l'intervento stesso potrebbe produrre (Albert et al. 2019).

I passaggi da fare alla scala urbana sono i seguenti:

- a. ritrarre la situazione attuale in relazione all'offerta e alla domanda di NBS, al fine di individuare le aree urbane caratterizzate da basse prestazioni o da criticità che sono associate a una serie di questioni ambientali e sociali che influenzano il benessere umano e la sicurezza della vita (ad esempio, le aree urbane e periurbane che sono di difficile accesso, che hanno scarsa presenza di

vegetazione e basse prestazioni in termini di servizi regolatori, come: la regolazione del microclima o del flusso dell'acqua; che hanno scarsi servizi creativi e in cui si concentra popolazione fragile);

- b. sviluppare scenari associati all'implementazione delle NBS sulla base di repertori che associno i problemi riscontrati nella città oggetto di studio (ad esempio, il problema delle precipitazioni intense o dell'isola di calore) ad un insieme di soluzioni basate sulla natura, disponibili a livello locale o in letteratura, analizzando anche i potenziali disservizi causati dall'applicazione delle NBS e le opzioni per evitarli o attenuarli. Una volta implementati gli scenari sulla base di valutazioni ex ante, l'efficacia in termini di costi e prestazioni può essere effettuata sulla base di prove, in modo che soluzioni alternative possano essere confrontate, considerando le implicazioni specifiche del luogo relativamente a ciascuna alternativa. Va notato che le analisi costi-benefici da sole potrebbero non catturare adeguatamente i molteplici benefici nel tempo delle NBS, e quindi sono necessari metodi che includono la valutazione integrata della sostenibilità e la mappatura (a lungo termine e a breve termine) dei molteplici benefici e di come cambiano nel tempo (Raymond *et al.* 2017).

Promuovere l'attuazione della NBS selezionate è a questo punto un onere dei piani e dei progetti che dovranno necessariamente superare gli approcci basati sulla zonizzazione e sulla segregazione degli usi del suolo ed orientarsi verso un approccio prestazionale che si dovrà avvalere di criteri che descrivono il fine desiderato e i metodi per misurare i limiti accettabili di impatto (Baker *et al.* 2006). Gli approcci di pianificazione basati sulle prestazioni sono adatti a promuovere l'attuazione delle NBS poiché utilizzano standard e stabiliscono prestazioni ambientali accettabili (Frew *et al.* 2016). Gli approcci alla pianificazione basata sulle prestazioni possono essere collegati a quadri di valutazione ex ante in cui venga verificata:

- a. l'idoneità delle ipotesi di sviluppo che comporti la destinazione dei terreni e/o il cambiamento della copertura del suolo rispetto ad alcuni standard /requisiti, in termini di fornitura di servizi ecosistemici;
- b. l'efficacia dei progetti di NSB per raggiungere gli obiettivi concordati o i risultati finali desiderati, ad esempio attraverso la selezione di una serie di criteri facilmente misurabili per valutare l'efficacia ecologica, sociale ed economica dell'intervento.

Alcune esperienze pioniere hanno già intrapreso questo percorso, una delle prime è quella della città di Vienna con il Progetto CE (Central Europe) project "Urban Heat Islands – Development and application of mitigation and adaptation strategies and measures for counteracting the global Urban Heat Islands phenomenon", che ha sperimentato una inedita metodologia che integra approcci urbanistici, ecologici e socioeconomici e che si avvale di variegata misure che riguardano l'informazione, gli strumenti di pianificazione, mezzi tecnici o strutturali. Sulla base delle conoscenze pregresse e degli studi sull'isola di calore urbano, sono state identificate le misure per ridurre l'isola di calore urbana sulla base di una ricerca bibliografica completa.

Il catalogo contiene circa 370 misure ed evidenzia molte misure che possono essere classificate come NBS. Le misure classificate e riassunte sono state valutate in relazione al loro impatto, rilevanza e implementazione secondo le categorie: clima (micro/mesoclima), ecologia urbana (biodiversità/qualità della vita), fattibilità. Un'indagine valutativa basata su prove scientifiche ha permesso di individuare misure rilevanti che sono state analizzate e valutate in considerazione della loro efficienza in termini di pianificazione urbana, degli spazi aperti, ecologia ed economia urbana.

Questa valutazione è essenzialmente basata sulla conoscenza scientifica, ma anche sul confronto con rappresentanti dei settori dell'ecologia del paesaggio e della progettazione urbana. L'impatto sulla qualità fisica e mentale della vita delle persone è stato invece valutato attraverso interviste con esperti. La varietà di possibili opzioni è stata ulteriormente analizzata secondo criteri economici. Il coinvolgimento dei cittadini è avvenuto tramite interviste con l'obiettivo di verificare l'accettazione delle misure e l'importo dell'ipotetica

disponibilità individuale ad assumere in prima persona alcuni impegni nella realizzazione delle NBS. Ciò ha consentito una valutazione qualitativa dei costi e dei benefici delle NBS selezionate (Czachs et al.2013).

Esistono altre esperienze in corso, come quelle della rete del progetto Horizon "Connetting Nature" e del progetto "Nature4Cities".

Il primo progetto guidato dal Trinity College di Dublino all'interno di un network internazionale con università, centri di ricerca, imprese e città, si propone di diffondere le pratiche di NBS in una rete di città europee (Ghent, Poznan, Glasgow, Bologna, Malaga, La Coruna, Sarajevo, Burgas, Nicosia, ecc.) ed extraeuropee. Sono delineati al suo interno modelli innovativi di piani urbani, masterplan per migliorare la qualità ambientale delle città, modelli di business in grado di creare nuova impresa e buona occupazione. Ancor di più il progetto Horizon 2020 "Nature4Cities" intende favorire l'integrazione delle NBS nella pianificazione urbana e territoriale e, allo stesso tempo, costruire una rete comunitaria, nuova e attiva, fondata sulle NBS. Tra gli obiettivi di questo secondo progetto c'è anche quello di offrire strumenti di alta qualità per supportare il processo decisionale finalizzato alla rinaturalizzazione delle città e a sviluppare una piattaforma di conoscenze sulle NBS attraverso la condivisione di buone pratiche.

Bibliografia

Adkins, A., et al., 2012, 'Unpacking walkability: testing the influence of urban design features on perceptions of walking environment attractiveness', *Journal of Urban Design* 17(4), pp. 499-510

Albert, C., et al., 2019, 'Addressing societal challenges through nature-based solutions: how can landscape planning and governance research contribute?', *Landscape and Urban Planning* 182, pp. 12-21

Armson, D., et al., 2012, 'The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area', *Urban Forestry & Urban Greening* 11(3), pp. 245-255

Baldock, K. C. R., et al., 2015, 'Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects', *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282(1803)

Baker, D., Sipe, N., Gleeson, B., 2006, Performance-based planning: perspectives from the United States, Australia and New Zealand. *Journal of Planning Education and Research*, 25(4), 396-409.

Berland, A., et al., 2017, 'The role of trees in urban stormwater management', *Landscape and Urban Planning* 162, pp. 167-177

Berland, A. and Hopton, M. E., 2014, 'Comparing Street tree assemblages and associated stormwater benefits among communities in metropolitan Cincinnati, Ohio, USA', *Urban Forestry & Urban Greening* 13(4), pp. 734-741

Bowler, D. E., et al., 2010, 'Urban greening to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence', *Landscape and Urban Planning* 97(3), pp. 147-155
landurbplan.2010.05.006)

Bulkeley, H., 2020a, *Nature-based solutions for climate mitigation: Analysis of EU funded projects*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Calfapietra, C., 2020, *Nature-based solutions for microclimate regulation and air quality: Analysis of EU funded projects*, Publication Office of the European Union, Luxembourg.

Calliari, E., et al., 2019, 'An assessment framework for climateproof nature-based solutions', *Science of The Total Environment* 656, pp. 691-700

Chiesura, A., 2004, 'The role of urban parks for the sustainable city', *Landscape and Urban Planning* 68(1), pp. 129-138

Czachas c, Reinwald f. damyanovic d., Brandenburg C., Gantner B. Alex B., Jürgen P., Liebl U., 2013, Urban Heat Islands – Strategy Plan Vienna, Proceedings REAL CORP 2013 Tagungsband 20-23 May 2013, Rome, Italy. <http://www.corp.at>

Czemieli Berndtsson, J., 2010, 'Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: a review', *Ecological Engineering* 36(4), pp. 351-360

Dickhaut, W., et al., 2017, Hamburg's Green Roofs. Economic Evaluation, Hamburg, Germany.

Dorst, H., van der Jagt, A., Raven, R., and Runhaar, H. (2019). Urban greening through nature-based solutions—key characteristics of an emerging concept. *Sustainable Cities Society* 49:101620.

Dumitru, A. and Wendlin, L., eds., 2020, *Evaluating the impact of nature-based solutions. A handbook for practitioners*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Dzhambov, A.M, Markevych, I, Hartig, T, Tilov, B, Arabadzhiev, Z, Stoyanov, D, Gatseva, P, Dimitrova, D.D, (2018), "Multiple pathways link urban green- and bluespace to mental health in young adults", *Environmental Research*, 166, pp.223-233.

EEA, 2020e, *Urban adaptation in Europe: How cities and towns respond to climate change*, EEA Report No 12/2020, European Environment Agency (<https://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-in-europe>).

EU (2021). *Evaluating the Impact of Nature-based Solutions: A handbook for Practitioners*, Luxembourg.

Fam, D., et al., 2008, *Irrigation of urban green spaces: A review of the environmental, social and economic benefits*, Technical Report No 04/08, CRC for Irrigation Futures.

Filazzola, A., et al., 2019, 'The contribution of constructed green infrastructure to urban biodiversity: a synthesis and meta-analysis', *Journal of Applied Ecology* 56(9), pp. 2131-2143

Frantzeskaki, N., and Rok, A. (2018). Co-producing urban sustainability transitions knowledge with community, policy and science. *Environ.Innovation Societal Transitions* 29, 47–51. Doi: 10.1016/j.eist.2018.08.001

Fuenfschilling, L., Frantzeskaki, N., and Coenen, L. (2019). Urban experimentation & sustainability transitions. *Eur. Plann. Stud.* 27, 219–228

Frew, T., Baker, D., Donehue, P., 2016, Performance based planning in Queensland: A case of unintended planmaking outcomes. *Land Use Policy*, 50, 239–251.

Girardin C.A.J, Jenkins S., Seddon N., Allen M., Lewis S.L et al (2021) Nature-based solutions can help cool the planet — if we act now, *Nature* 593, 191-194 (2021)

Haase, D., Larondelle, N., Andersson, E. *et al.* ,2014, A Quantitative Review of Urban Ecosystem Service Assessments: Concepts, Models, and Implementation. *AMBIO* 43, 413–433 (2014).

Keeler, B. L., et al., 2019, 'Social-ecological and technological -factors moderate the value of urban nature', *Nature Sustainability* 2(1), pp. 29-38

Kleinschroth, F. and Kowarik, I., 2020, 'COVID-19 crisis demonstrates the urgent need for urban greenspaces', *Frontiers in Ecology and the Environment* 18(6), pp. 318-319

Kondo, M. C., et al., 2015, 'Nature-Based Strategies for Improving Urban Health and Safety', *Journal of Urban Health* 92(5), pp. 800-814

Lovell, R, & Maxwell, S, (2018), "Health and the natural environment: A review of evidence, policy, practice, and opportunities for the future", DEFRA

Mell, I., and Clement, S. (2019). "Rethinking Urban Nature: The Rise and Value of Nature-Based Solutions (NBS) in Europe," in Proceedings of the Fábos Conference on Landscape and Greenway Planning, Vol. 6, 3

Merriman, L. S., et al., 2017, 'Evaluation of factors affecting soil carbon sequestration services of stormwater wet retention ponds in varying climate zones', *Science of The Total Environment* 583, pp. 133-141

Naturvation, 2020, 'Urban Nature Atlas' (<https://naturvation.eu/> atlas) accessed 19 March 2021.

Naumann, S. and Davis, M., 2020, *Biodiversity and nature-based solutions: analysis of EU funded projects.*, Independent Expert Report, Publications Office of the European Union, Luxembourg

Nesshöver, C., et al., 2017, 'The science, policy and practice of nature-based solutions: an interdisciplinary perspective', *Science of the Total Environment* 579, pp. 1215-1227

Nowak, D. J., et al., 2013, 'Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States', *Environmental Pollution* 178, pp. 229-236

Pauleit, S., Zölch, T., Hansen, R., Randrup, T. B., and Konijnendijk van den Bosch, C. (2017). "Nature-based solutions and climate change – four shades of green," in Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions, eds N. Kabisch., H. Korn., J. Stadler., and A. Bonn. (Cham: Springer).

Perini, K. and Rosasco, P., 2013, 'Cost-benefit analysis for green façades and living wall systems', *Building and Environment* 70, pp. 110-121

Potschin-Young, M., et al., 2018, 'Glossary of ecosystem services mapping and assessment terminology', *One Ecosystem* 3, p. e27110

Prudencio, L. and Null, S. E., 2018, 'Stormwater management and ecosystem services: a review', *Environmental Research Letters* 13(3), p. 033002

Raymond, C. M., et al., 2017a, 'A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas', *Environmental Science & Policy* 77, pp. 15-24

Raymond, C. M., et al., 2017b, *An impact evaluation framework to support planning and evaluation of nature-based solutions projects*, EKLIPSE Expert Working Group report, Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, UK (http://www.eclipsemechanism.eu/apps/Eclipse_data/website/EKLIPSE_Report1-NBS_FINAL_Complete-08022017_LowRes_4Web.pdf).

Roy, S., et al., 2012, 'A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones', *Urban Forestry & Urban Greening* 11(4), pp. 351-363

Ruangpan, L., et al., 2020, 'Nature-based solutions for hydrometeorological risk reduction: a state-of-the-art review of the research area', *Natural Hazards and Earth System Sciences* 20(1), pp. 243-270

Sandifer P.A., Sutton-Grier A. E., Ward B. P., 2015, Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation, *Ecosystem Services*, Volume 12, 2015, Pages 1-15,

Soares, A. L., et al., 2011, 'Benefits and costs of street trees in Lisbon, Portugal', *Urban Forestry & Urban Greening* 10(2), pp. 69-78

Venter, Z., et al., 2020, 'Urban nature in a time of crisis: recreational use of green space increases during the COVID-19 outbreak in Oslo, Norway', *Environmental Research Letters*

Vojinovic, Z., 2020, *Nature-based solutions for flood mitigation and coastal resilience: analysis of EU funded projects*, Publications Office of the European Union, Luxembourg

Walsh, C. J., et al., 2005, 'Stream restoration in urban catchments through redesigning stormwater systems: looking to the catchment to save the stream', *Journal of the North American Benthological Society* 24(3),

Whiteoak, K., 2020, 'Market challenges and opportunities for NBS', in: Wild, T. et al. (eds), *Nature-Based Solutions: State of the Art in EU-funded projects.*, EU publications office: Luxembourg.

Wild, T., et al., eds., 2020, *Nature-based solutions — State of the art in EU-funded projects*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Wild, T., 2020a, *Nature-based solutions improving water quality & waterbody conditions — Analysis of EU-funded projects*, Publications Office of the European Union, Luxembourg
<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d6efaeeb-d530-11ea-adf7-01aa75ed71a1/language-en>).

II PARTE. LE NBS PER LA CITTÀ DEL MEDIO ADRIATICO

1. Prima classificazione del territorio della città del medio adriatico e contenuti della scheda tipo delle NBS

Il progetto Life +A_GreeNet sulla base delle esperienze selezionate nel DA.1.1.1: Horizon 2020 "Urban Green Up" , Life Heatland; Life Metro Adapt; Horizon 2020 "Urban Green Up" , SOS 4Life e di altri progetti , quali: Horizon 2020 Nature4Cities; Horizon 2020 Grow Green; Life Lugo+Biodibamico; attraverso la consultazione delle piattaforme: Susdrain-The community for sustainable drainage (<https://www.susdrain.org>) e della "European Natural Water Retention Measures" (NWRM) platform (<http://nwrn.eu/>); di alcuni manuali, come Ciria SuDS Manual e di alcuni repertori diffusi a livello internazionale, ha operato una prima selezione di Nature Based Solutions per la Città del Medio Adriatico ,per orientare la scelta delle soluzioni più adatte a questo contesto locale , in modo da offrire alle amministrazioni e a tutti gli attori coinvolti nei processi decisionali un catalogo di soluzioni coerenti per contrastare i cambiamenti climatici a diverse scale di intervento.

Questo repertorio è concepito come un work in progress che sarà costantemente ampliato e aggiornato a mano a mano che le conoscenze dell'area di studio e i progetti pilota entreranno nelle fasi operative.

In questa prima fase preparatoria del progetto, si è operata una prima classificazione del territorio con riferimento alle principali morfologie territoriali e paesaggistiche caratterizzanti la città del medio adriatico:

- a. pianura asciutta;
- b. pianura fluviale;
- c. collina costiera.

e alle diverse densità degli insediamenti in essa presenti:

- a. tessuti densi;
- b. tessuti medio densi;
- c. tessuti radi;
- d. tessuti periurbani.

Questa prima classificazione ha permesso una prima distribuzione delle possibili soluzioni di NBS riguardanti le principali categorie di organizzazione del sistema insediativo:

- a. strade e spazi aperti;
- b. aree verdi;
- c. suolo;
- d. edifici e aree limitrofe.

Questa classificazione verrà aggiornata una volta che la conoscenza delle aree verdi, dal punto di vista funzionale e qualitativo e dei caratteri socio-sanitari e climatici, ci permetterà di selezionare gli aspetti più urgenti relativamente all'adattamento climatico e di passare da un repertorio di singole schede ad un catalogo di soluzioni integrate che saranno in grado di restituire per "ambiti significativi" la complessità del tessuto urbano, gli aspetti climatici, vegetazionali e sanitari, e di ipotizzare soluzioni NBS integrate, rilevanti e rappresentative.

L'obiettivo è quello di sviluppare una strategia di pianificazione urbanistica e di progettazione urbana in grado di selezionare le NBS integrate ritenute più performanti.

A ciascuna categoria del sistema urbano sono state attribuite alcune NBS di riferimento (componenti), tutte di carattere multifunzionale, in grado cioè di fornire molteplici benefici che potranno andare ben oltre l'obiettivo dell'adattamento ai cambiamenti climatici, in quanto offriranno prestazioni in termini di qualità ambientale, di salute umana, comfort, rigenerazione urbana, di abitabilità e biodiversità.

La scelta di far riferimento ad una classificazione per categorie del sistema urbano riguarda essenzialmente la facilità di comprensione e di selezione da parte dei tecnici e delle amministrazioni pubbliche.

Per ogni categoria, si è operata una prima ricognizione delle NBS sulla base della letteratura, lasciando la possibilità di un ulteriore ampliamento.

Si sono così individuate le seguenti categorie e le seguenti componenti NBS:

A. Strade e spazi aperti	Codice
Piazze inondabili	A01
Giardini della pioggia	A02
Pocket garden	A03
Strisce filtranti	A04
Fossati vegetati	A05
Trincee e dereni di infiltrazione	A06
Tree box filter	A07
Giardini alberati	A08
Fontane e giochi d'acqua	A09
Strade alberate	A10
Microforestazione: Pergole e green shady structures	A11
Microforestazione: Arredi urbani inverditi	A12
Separazioni verdi	A13
Pavimenti a drenaggio duro	A14
Pavimenti permeabili	A15
Cool Pavement	A16
Parcheggi verdi	A17
Parcheggi minerali permeabili	A18
Strade verde ciclo-pedonali	A19

B. Aree Verdi	Codice
Aree verdi naturali/seminaturali (VN)	
Riapertura corsi d'acqua	BVN01
Rinaturalizzazione dei corsi d'acqua minori	BVN02
Buffer zones ripariali	BVN03
Stagni e zone Umide	BVN04
Foreste urbane	BVN05
Prati	BVN06

Aree verdi antropiche (VA)

Bacini di bioritenzione vegetate	BVA01
Bacini di detenzione e parchi inondabili	BVA02
Scarpate verdi e muri di contenimento	BVA03

C. Suolo	Codice
Depavimentazione/Desealing	C01
Suoli strutturali e strutture modulari	C02

D. Edifici e aree limitrofe	Codice
Coperture verdi	D01
Parete verde	D02
Pozzi perdenti	D03
Corti verdi	D04

Ad ognuna delle componenti è stata dedicata una scheda che consta di tre pagine; ogni scheda ha una classificazione alfa numerica che individua la categoria urbana e la componente NBS.





















Nella prima pagina è prevista una descrizione generale; una rappresentazione simbolica per gli effetti positivi sull'ambiente (di adattamento /mitigazione dei cambiamenti climatici); sulla salute e la qualità della vita) e gli effetti indesiderati/ negativi (Tab.1); una griglia con la possibile localizzazione nella città del medio adriatico: pianura fluviale; pianura asciutta; collina costiera e con riferimento alla densità dei tessuti insediativi: tessuti densi, medio densi, radi, periurbani; un box di approfondimento.

Nella seconda pagina i contenuti riguardano: la fattibilità e le indicazioni progettuali, i costi sulla base di altri progetti e di indagini mercato, il tipo di manutenzione da effettuare, gli indicatori, che per quanto possibile, consentiranno la valutazione e la misurazione dei progressi dopo la realizzazione e nel tempo. Gli indicatori riportati nelle schede sono desunti dalla letteratura (nella maggior parte dei casi dal Progetto Life Lugo+ Biodinamico e dallo studio "Evaluating the Impact of Nature-based Solutions: A handbook for Practitioners" (EU,2021); anch'essi andranno verificati sulla base di approfondimenti di maggiore dettaglio.

Nella terza pagina i contenuti riguardano approfondimenti e suggerimenti riguardo la messa in opera delle NBS, esempi e buone pratiche di riferimento, la possibile combinazione con altre NBS, la bibliografia e la sitografia. La scheda è stata prevista in lingua italiana, ma comprende un Summary in inglese.

Tabella1.NBS Effetti positivi, effetti indesiderati/negativi

Effetti positivi: Ambientali, di adattamento/ mitigazione cambiamenti climatici					
	Riduzione del run-off		Efficientamento energetico		Facilità di costruzione e utilizzo
	Aumento e tutela della biodiversità		Aumento della durata di vita dei materiali dell'edificio		Richiesta di spazi limitati
	Mitigazione effetto isola di calore		Maggior rendimento dei pannelli fotovoltaici installati		Aumento della fruizione
	Gestione ciclo dell'acqua (raccolta e riutilizzo delle acque meteoriche)		Favorire l'economia circolare		Benefici sulla salute mentale
	Riduzione del rischio di allagamenti		Produzione di energia rinnovabile		Valore estetico
	Riduzione del rischio di inondazioni e alluvioni		Riutilizzo di rifiuti inerti		Diminuzione del carico radiante sulla persona
	Sequestro inquinanti atmosferici		Utilizzo di materiali a basse emissioni di carbonio		Creazione di posti di lavoro
	Miglioramento qualità dell'acqua (depurazione)		Aumento permeabilità		Approvvigionamento di cibo
	Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee		Facilmente integrabile nel paesaggio		Aumento del valore economico dell'edificio
	Ombreggiamento		Riduzione inquinamento acustico		Favorire l'accessibilità
	Aumento evapotraspirazione	Effetti positivi: Salute e qualità della vita			
	Miglioramento del microclima e comfort urbano		Riduzione rischi per la salute		Miglioramento della sicurezza
	Regolazione del ciclo idrologico		Finalità ricreative e inclusione sociale		Valore paesaggistico
	Miglioramento della qualità del suolo		Ridotta manutenzione		Produzione di biomassa
	Miglioramento degli ecosistemi fluviali		Benefici economici		Temporaneità
	Riduzione dell'erosione dei suoli		Aumento contatto con la natura	Effetti indesiderati/ negativi	
	Ripristino della continuità ecologica		Arredo urbano		Richiesta di superfici ampie
	Laminazione delle acque meteoriche		Aumento dell'attività fisica		Rischio di intasamento e problemi di drenaggio
	Integrazione soluzioni verdi e blu		Valore educativo		Produzione di allergeni
			Consenso della comunità		Presenza di comportamenti indesiderati
					Manutenzione necessaria o elevata

	Trattamento di volumi ridotti		Aumento del rischio di incendio
	Drenaggio di aree ridotte		Problemi in caso di esposizione a forti venti
	Opposizione da parte di proprietari terrieri		Difficoltà di adattamento su edifici esistenti
	Richiesta consenso di soggetti pubblici o privati		Impedimento asciugatura delle pareti in inverno
	Necessità di competenze specializzate		Costo per indagini e verifiche tecniche
	Costi elevati		Rischio di inquinamento delle acque sotterranee
	Presenza di insetti indesiderati o parassiti		Manutenzione della pavimentazione
	Rischio di erosione se non correttamente progettati		Presenza di infestanti in grado di pregiudicare la funzionalità
	Trattamento esclusivo di acqua pulita		Relazione con codice della strada
	Non adatta a suolo poco drenante		Difficoltà d'integrazione tra infrastrutture verdi e grigie
	Non adatta al drenaggio del flusso inquinato		Possibile errore nella scelta delle alberature
	Sottrazione di suolo ad altri possibili usi		Mancata continuità e contiguità delle masse arboree
	Uso limitato al solo pretrattamento		Impedimento dispersione degli inquinanti per effetto canyon
	Scarsa efficacia in eventi meteorici estremi		Formazione di polvere
	Difficile utilizzo in aree con pendenza elevata		Accessibilità limitata
	Aumento dell'umidità ambientale		Aumento luminosità (alta riflessione negli occhi)
	Bassa capacità di laminazione		
	Difficoltà per l'ispezione e la manutenzione		
	Possibilità di fuga delle sostanze oleose		
	Possibile sostituzione prematura delle piante		
	Consumo di acqua ed energia per il mantenimento		
	Possibili danni all'involucro edilizio o struttura		

2. Repertorio NBS






A. Strade e spazi aperti	Codice
Piazze inondabili	A01
Giardini della pioggia	A02
Pocket garden	A03
Strisce filtranti	A04
Fossati vegetati	A05
Trincee e dereni di infiltrazione	A06
Tree box filter	A07
Giardini alberati	A08
Fontane e giochi d'acqua	A09
Strade alberate	A10
Microforestazione: Pergole e green shady structures	A11
Microforestazione: Arredi urbani inverditi	A12
Separazioni verdi	A13
Pavimenti a drenaggio duro	A14
Pavimenti permeabili	A15
Cool Pavement	A16
Parcheggi verdi	A17
Parcheggi minerali permeabili	A18
Strade verde ciclo-pedonali	A19

Descrizione



Queste piazze sono pensate come aree di gioco, svago e relax per giovani, bambini e adulti. Quindi, nella quasi totalità del tempo (il 90%) sono dei parchi tradizionali. Con l'arrivo delle piogge, però, mutano completamente il loro aspetto, allagandosi e divenendo laghetti temporanei. Più nello specifico, se le precipitazioni sono poco intense, l'acqua è semplicemente filtrata e immagazzinata in appositi bacini di raccolta sotterranei e utilizzata in un secondo momento. Invece, in caso di nubifragi o comunque di pioggia particolarmente intensa e abbondante, la piazza diventa essa stessa un bacino di stoccaggio e decantazione delle acque. In questo modo, è possibile controllarne e gestirne l'introduzione nel sistema fognario, mettendolo al riparo dal collasso. Possono inoltre essere previsti ulteriori volumi di invaso interrati, ad esempio attraverso vasche o box prefabbricati. 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 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.

Effetti positivi

Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Riduzione del rischio di allagamenti
-  Gestione ciclo delle acque meteoriche (raccolta e riutilizzo)
-  Aumento e tutela della biodiversità
-  Mitigazione effetto isola di calore

Salute e qualità della vita

-  Finalità ricreative e inclusione sociale
-  Valore paesaggistico

Effetti indesiderati/negativi

-  Costi elevati

Le piazze d'acqua sono generalmente utilizzate nelle aree interne della città dove l'infiltrazione è difficile da realizzare.

Nelle aree urbane densamente edificate, è spesso difficile trovare spazio per la ritenzione dell'acqua piovana. Eppure è proprio in quelle aree che la ritenzione è più necessaria.

Varie città hanno progettato sistemi per raggiungere questo obiettivo negli spazi pubblici. Questi sistemi sono collegati ad altre funzioni urbane come aree gioco, aree verdi e funzioni residenziali.

Le piazze presentano zone più basse che possono essere sommerse in caso di forti piogge.


Il deflusso dal quartiere circostante è collegato alla piazza da scarichi aperti o sistemi di drenaggio dell'acqua piovana.

Il design attento, funzionale ed estetico di tali piazze d'acqua richiede molta attenzione.

Dopo le piogge, le parti più basse della piazza d'acqua si riempiono per prime, e l'acqua rimane lì più a lungo.

Le parti che vengono sommerse devono essere facili da pulire e devono essere pulite dopo ogni pioggia.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓		
Pianura asciutta	✓	✓		
Collina costiera				

✓ Fattibilità e indicazioni progettuali

Le piazze inondabili sono generalmente realizzate con superfici minerali e sono solo in parte permeabili; possono ricevere l'acqua meteorica proveniente dai fossati inondabili oltre che dalla fognatura bianca. Possono essere realizzate a piccola o ampia scala, dalla piazza di quartiere a superfici anche di 1 ettaro.

Sono prevalentemente impiegate in ambiti urbani densamente edificati, di nuova urbanizzazione o di trasformazione di spazi pubblici esistenti.

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; devono garantire condizioni di sicurezza per i fruitori, evitando salti di quota superiori a 45 cm, inoltre le aree con presenza di acqua superiore a 20 cm dovranno essere adeguatamente protette. Anche in caso di allagamento massimo, devono essere garantiti i percorsi perimetrali e di attraversamento, in modo da mantenere lo spazio circostante sempre fruibile.

È di norma realizzare uno o più collegamenti di troppo pieno alla rete fognaria per far fronte agli eventi di pioggia eccezionali. In generale per la realizzazione di piazze parzialmente allagabili occorre avere a disposizione ampi spazi attorno ai quali possono essere garantite molteplici attività oltre che essere garantita la fluidità in sicurezza dei flussi pedonali.

Per questo motivo va valutata con estrema attenzione la realizzazione di questo tipo di opere nei centri storici.

Le water squares coniugano, in ultima analisi, la necessità di adattare le città ai cambiamenti climatici, rendendole sempre fruibili e sicure, alla volontà di sensibilizzare i cittadini alle problematiche ambientali, mostrando loro come armonizzarsi alla natura.

Infatti, essendo un'opera tangibile e visibile, con la costante mutazione del proprio aspetto in relazione alle condizioni atmosferiche del momento, assolvono a pieno tale compito. Inoltre, nei periodi in cui sono dominate e occupate dall'acqua, offrono ai visitatori l'occasione di vivere il quartiere in modo diverso, di rapportarsi alla pioggia con atteggiamento positivo. In particolare, i bambini hanno l'opportunità di sperimentare nuove forme di gioco.



Progetto Pinqua Reggio Calabria
Master Plan Largo Modenelle-Watersquare

 Costi	<p>I costi di realizzazione dipendono dal contesto urbano, dalla necessità o meno di eseguire interventi di de-pavimentazione preventivi e dal progetto architettonico e paesaggistico della piazza. Si consideri, indicativamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 400-500 €/m² <p>Fonte: SOS4Life</p>
 Manutenzione	<p>Sono da prevedersi i seguenti interventi:</p> <p>Ispezione periodica del sistema idraulico di caricamento e scarico, ovvero ispezione e pulizia delle reti di raccolta;</p> <p>Verifica della presenza di sedimenti ed eventuale rimozione.</p> <p>In fase progettuale è importante individuare un facile accesso per i mezzi e il personale addetto alla manutenzione.</p>
 Indicatori	<p>I1: Riduzione del consumo di energia mediante raccolta dell'acqua piovana (ΔCE) I2: Autosufficienza idrica</p> <p>Unità di misura I1: m² di superfici collettori → ΔCE I2: % di riduzione dell'acqua fatturata</p> <p>Obiettivo minimo (I1) > 60% di m² di coperture collettori (I2) > 5% di AH (> 35% di AH per usi non di consumo)</p> <p>Obiettivo desiderabile (I1) > 95% di m² di coperture collettori (I2) > 15% di AH (> 50% di AH per usi non di consumo)</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) $\Delta CE = [A \times B]$ A: m² di coperture del collettore → m³ raccolti B: Consumo di energia in MWh per m³ trattato (I2) $AH = [A / B] \times 100$ A: potenziale di raccolta dell'acqua piovana B: totale acqua consumata/utilizzata</p> <p>Fonte: Life Lugo + Biodinamico</p>

Approfondimenti e dettagli

Le water squares concepite dal gruppo multidisciplinare olandese De Urbanisten e dallo Studio Marco Vermeulen per la biennale di architettura di Rotterdam del 2005 (intitolata per quell'occasione "The Flood" e dedicata al rapporto tra l'acqua e la città), viene sviluppata negli anni grazie all'appoggio della Municipalità della città di Rotterdam, il cui obiettivo per l'anno 2025 è quello di rendere la città completamente a prova dei cambiamenti climatici. Sono in fase di studio progetti anche in altre città del mondo come l'area Sunghei Sembawang di Singapore, per la città di Copenhagen (Danimarca), Ho Chi Minh (Vietnam) e New Orleans (USA). La filosofia alla base del progetto olandese è stata quella di coniugare l'adattamento ai cambiamenti, alla creazione di realtà urbane attrattive e pienamente dinamiche, capaci di proporsi come forte motore economico per la crescita della città. Secondo questo approccio, capitali destinati alla realizzazione di infrastrutture per la gestione delle acque piovane di tipo tradizionale, quasi sempre nascoste all'occhio del cittadino (cisterne, bacini sotterranei, etc.), sono stati reinvestiti in progetti per la costruzione di strutture di raccolta ed immagazzinamento delle acque facilmente visibili, tangibili, e soprattutto fruibili, nell'ambito di spazi pubblici vivaci funzionali e di gradevole aspetto estetico. 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.

Esempi e buone pratiche



Progetto piazza d'acqua Bentemplein, Rotterdam
Cathrotterdam CC BY-SA 4.0

Grazie ad una serie di lunghe canalette a cielo aperto, realizzate con deboli pendenze, l'acqua viene collettata negli invasi della piazza ribassata: 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 da sistema di accumulo temporaneo delle piogge meteoriche alla scala del quartiere.

Combinazione con altre soluzioni

A09; A14; A15; A16; A18
D01; D04

Bibliografia – sitografia

- Bassolino E. (2019). The impact of climate change on local water management strategies. Learning from Rotterdam and Copenhagen. UPLanD - Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design, 4(1), 21-40. <https://doi.org/10.6092/2531-9906/6109>
- C40 Cities (2014). Bentemplein Water Square: An innovative way to prevent urban flooding in Rotterdam. Case study. https://www.c40.org/case_studies/bentemplein-water-square-an-innovative-way-to-prevent-urban-flooding-in-rotterdam
- Otto-Zimmermann K. (ed.), Resilient Cities Cities and Adaptation to Climate Change - Proceedings of the Global Forum 2010 (Dordrecht, NL: Springer).
- Life Lugo + Biodinamico. <https://lugobiodinamico.eu>
- GrowGreen, a partnership for greener cities to increase liveability, sustainability and business opportunities <https://growgreenproject.eu>
- SOS4Life Save our Soil for life. <https://www.sos4life.it/en/>
- Horizon2020 Nature 4Cities. <https://www.nature4cities-platform.eu/#/>

Summary

Descrizione




I giardini pluviali sono depressioni vegetate su piccola scala che possono ricevere il drenaggio dei tetti e di altre acque superficiali "pulite" (che sono a basso contenuto di contaminanti). Sfruttano le pendenze per convogliare l'acqua piovana in zone realizzate allo scopo di favorirne l'infiltrazione; vengono spesso riempite con piante adatte a sopportare stress idrici. Il termine è spesso usato in modo intercambiabile con "bacini di bioritenzione" sebbene, la dimensione dei rain garden è di solito contenuta perché tendono ad essere utilizzati nell'ambito di singoli edifici ed abitazioni o lungo le strade quindi, con una progettazione più semplice e un minore numero di componenti previsti. Sono facili da riadattare, richiedono un prelievo minimo di terreno, possono essere pianificati con caratteristiche paesaggistiche e sono facili da mantenere. Si associano ad altre NBS, come filter strips, stagni, ecc. Un giardino della pioggia è un sistema in transizione, legato principalmente agli eventi atmosferici: una pioggia intensa, anche di breve durata, porta alla sommersione del giardino e delle specie in esso contenuta; la situazione torna alla normalità in tempi ridotti, garantendo la visione integrale dell'area verde.

Effetti positivi


Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
-  Miglioramento qualità dell'acqua (depurazione)
-  Aumento e tutela della biodiversità
-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Riduzione del rischio di allagamenti
-  Sequestro inquinanti atmosferici

Salute e qualità della vita


-  Riduzione rischi per la salute
-  Valore paesaggistico
-  Finalità ricreative e inclusione sociale

Effetti indesiderati/negativi

-  Rischio di inquinamento delle acque sotterranee

I giardini della pioggia sono applicabili principalmente alle aree urbane, dove contribuiscono a ridurre il deflusso superficiale delle acque. In ambito residenziale possono configurarsi come aiuole esterne agli edifici, a bordo dei parcheggi, nelle rotonde o lungo le strade carrabili e pedonali. Secondo il PlaNYC 2008 (agenda per la sostenibilità di New York) i rain garden sono in grado di trattenere anche più del 50% dell'acqua piovana per rilasciarla poi gradualmente nel sistema fognario e impedirne il collasso in caso di alluvioni. Questi impianti non sono soltanto un ottimo sistema per tutelare la sicurezza degli abitanti e ostacolare gli allagamenti, ma sono anche un decoro urbanistico, una maniera semplice di migliorare i quartieri, di donare loro un aspetto gradevole e colorato e di sensibilizzare, nello stesso tempo, l'opinione pubblica verso le tematiche ambientali. Là dove questi giardini della pioggia sono stati realizzati hanno offerto alla popolazione una migliore qualità della vita e risultati soddisfacenti. A Meaplewood, nel Minnesota, tanto per fare un esempio, ne sono stati costruiti ben 450 e la cura degli stessi è affidata ai cittadini.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

✓ Fattibilità e indicazioni progettuali

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 (SOS4Life).

Sono costituiti da differenti stratigrafie con altrettanti materiali e funzioni:

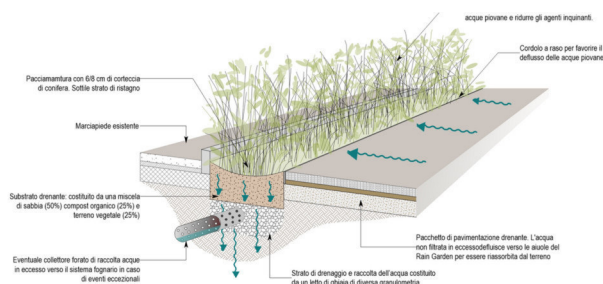
- lo strato più basso è composto da materiale di ritenzione composto da materiali grossolani come pietrisco o ghiaia allo scopo di trattenere i residui non vagliati dagli strati sovrastanti;
- superiormente è presente uno strato con granulometria più fine, allo scopo di filtrare la componente idrica;
- lo strato sovrastante, composto da una miscela di terriccio (20-25%), compost (20-25%) e sabbia (50-60%), è la sede delle specie del giardino vero e proprio. In esso si ha la piantumazione delle piante e viene generalmente ricoperto da uno spesso strato di pacciamatura come corteccia o lapillo vulcanico, allo scopo di mantenere costante l'umidità del terreno.

Nella sua forma più semplice è un sistema progettato per catturare l'acqua di deflusso, reindirizzando il flusso dalla superficie al sottosuolo, attivando alcune reazioni che trattano e purificano l'acqua. In un contesto altamente urbanizzato, i maggiori volumi di acqua coinvolti possono richiedere una superficie molto ampia dello stagno: questo ostacolo può essere superato solo aumentando la capacità di drenaggio degli strati sottostanti.

Il giardino della pioggia permette di mitigare ma non di risolvere le criticità idrauliche in occasione di eventi intensi, importante è quindi la predisposizione di una tubazione "di troppo pieno" in grado di allontanare l'acqua in eccesso che verrà indirizzata nella rete idrica sotterranea.

I sistemi filtranti sono dimensionati con tempi di drenaggio delle acque non superiori a 24-48 ore, in modo da garantire un tempo adeguato alla rimozione degli inquinanti e al contempo evitare il ristagno e la proliferazione di insetti. Se realizzati su aree in pendenza, occorre prevedere piccoli sbarramenti per favorire la distribuzione omogenea del volume d'acqua da infiltrarsi su tutta la superficie del giardino.

Possono essere molto efficaci nel trattamento del deflusso urbano e nella rimozione degli inquinanti; fornire un efficace assorbimento di idrocarburi e metalli pesanti attraverso l'assorbimento vegetativo e l'inclusione di componenti argillosi nei terreni di piantagione. Possono, inoltre, essere efficaci nell'aumentare la biodiversità dell'ambiente urbano e contribuire alla realizzazione di una rete di aree verdi urbane, rafforzando la resilienza degli habitat. Contribuiscono all'abbassamento dei picchi di temperatura nelle aree urbane; a seconda della densità della vegetazione e della loro diffusione, possono favorire la creazione di isole fresche nei paesaggi urbani (a causa dell'evapotraspirazione, dell'approvvigionamento idrico, e dell'ombreggiatura).



Schema di un giardino della pioggia

Cimsgreen - <https://cimsgreen.cims.it/2020/01/13/rain-garden/>

<p>Costi</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 20-30 €/m²: scavo con profondità di 1 m, smaltimento e finitura superficie a prato; • 30-40 €/m²: realizzazione dello strato filtrante in giardino di sezione indicativa B100xH50cm. <p>Fonte: SOS4Life</p>
<p>Manutenzione</p>	<p>Il buon funzionamento di un giardino della pioggia dipende dal grado di manutenzione, con particolare attenzione alle specie vegetali. La manutenzione deve essere particolarmente accurata durante i primi mesi, dopo un evento di pioggia al fine di verificare le capacità di infiltrazione del dreno e degli strati filtranti. Successivamente è sufficiente una manutenzione ordinaria con cadenza trimestrale.</p>
<p>Indicatori</p>	<p>I1: Riduzione del consumo di energia mediante infiltrazione o cattura dell'acqua piovana (ΔCE) I2: Percentuale di aree di ritenzione nello spazio libero (strade, parcheggi)</p> <p>Unità di misura I1: m² dell'area di ritenzione → ΔCE I2: %</p> <p>Obiettivo minimo > 60%</p> <p>Obiettivo desiderabile > 95%</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) $\Delta CE = [A \times B]$ A: m³ (trattenuto e depurato) B: Consumo di energia in MWh per m³ trattato al WWTP (I2) $\% = [A / B]$ A: m² di rain garden B: superficie totale</p> <p>Fonte: Life Lugo + Biodinamico</p>

Approfondimenti e dettagli

I primi rain gardens per uso residenziale si sono diffusi nel 1990 nel Maryland (USA) quando l'imprenditore Dick Brinker ebbe l'idea di sostituire gli specchi d'acqua utilizzati per la purificazione delle acque residenziali, con dei giardini. Ogni casa fu progettata con circa 30 metri quadri di giardino. Il sistema risultò estremamente vantaggioso in termini economici rispetto ai tradizionali sistemi di smaltimento delle acque piovane. Oggi sono sempre più diffusi soprattutto nei paesi di stampo anglosassone, ovvero gli Stati Uniti, l'Australia e il Regno Unito.

Anche in Italia sono iniziate alcune sperimentazioni in progetti di riqualificazione urbana. Un esempio è rappresentato dal progetto di Viale Matteotti a Milano Marittima, a cura dello studio Landshapes di Ravenna. Il progetto, realizzato nel 2017, introduce una componente innovativa e migliorativa del microclima urbano, prevedendo la depavimentazione di circa un quarto della superficie, ovvero 1.000 m² asfaltati e pavimentati.

Esempi e buone pratiche



Valby-Copenhagen

<https://www.dnnk.dk/regnvandsbedevalby-en/>

Dopo il nubifragio del 2011 della città di Copenhagen, quando l'acqua piovana ha inondato gli scantinati di del distretto, i residenti locali hanno esplorato le possibilità di creare giardini di acqua piovana. I residenti hanno scelto di unire le forze e di entrare in una collaborazione con la città di Copenhagen e HOFOR. Il risultato è stato un progetto di ristrutturazione stradale che ha istituito tre giardini di acqua piovana su Eriks Ballings Vej. I giardini di acqua piovana sono stati inaugurati il 28 giugno 2018.

Combinazione con altre soluzioni

A05; A06; A17

BVA01; BVA02; BVN04

C01

D03

Bibliografia – sitografia

- Woods-Ballard, B, Kellagher, R, Martin, P, Jefferies, C, Bray, R and Shaffer, P (CIRIA) (2007) The SuDS Manual, CIRIA C697
- NWRM (2015). Rain Gardens [online] Available at: <http://nwrn.eu/measure/rain-gardens>
- Life Lugo + Biodinamico. <https://lugobiodinamico.eu>
- Horizon2020 Nature 4Cities. <https://www.nature4cities-platform.eu/#/>
- Grow Green" Compendium of Nature-based and 'grey' solutions to address climate- and water-related problems in European cities" <https://growgreenproject.eu/about/project/>







Summary

Descrizione






I pocket garden – o giardini “tascabili” - sono interventi progettuali puntuali di verde urbano, vegetati, realizzati in spazi ridotti, nascosti e sparsi all’interno del tessuto costruito e accessibili al pubblico, caratterizzati da una scala intermedia tra quella pubblica e quella privata. Hanno l’obiettivo di rigenerare le aree urbane degradate o in disuso, rivitalizzare aree urbane poco attrattive o sottoutilizzate, e ricucire gli spazi residui della città attraverso la realizzazione di una rete di spazi verdi, con notevoli benefici sul microclima urbano. Questi piccoli parchi, le cui dimensioni sono indicativamente quelle di un lotto edificabile delimitato su due o tre lati da edifici confinanti, tendono ad agire come parchi di quartiere ridotti le cui funzioni possono includere aree gioco per bambini, spazi per eventi, spazi di socializzazione e altre attività sociali, spazi per pranzare all’aperto e per soddisfare il bisogno del contatto delle persone con la natura. Sia nel processo che porta alla loro costituzione, così come nell’esercizio e nella manutenzione, i pocket garden si basano sulla partecipazione diretta dei cittadini e delle comunità locali, talvolta attraverso iniziative tattiche, eventi speciali o attività temporanee: le comunità forniscono l’input per avviare tali processi di riqualificazione, resi possibili non solo attraverso l’interesse ma anche tramite campagne di sponsorizzazione e raccolta fondi.

Effetti positivi




Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Aumento permeabilità
-  Aumento e tutela della biodiversità
-  Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
-  Sequestro inquinanti atmosferici
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano

Salute e qualità della vita

-  Temporaneità
-  Benefici sulla salute mentale
-  Finalità ricreative e inclusione sociale
-  Valore estetico
-  Miglioramento della sicurezza

Effetti indesiderati/negativi

-  Presenza di insetti indesiderati o parassiti
-  Produzione di allergeni
-  Presenza di comportamenti indesiderati

I pocket garden, sono spazi aperti relativamente piccoli, distribuiti nel tessuto urbano e caratterizzati dalla presenza della componente vegetale. Costituiscono delle vere e proprie “isole felici” dal punto di vista termo-igrometrico, contribuiscono a ridurre l’effetto di isola di calore urbana, migliorare il drenaggio delle acque meteoriche, migliorare la qualità dell’aria e ricreare un micro-ecosistema in città. Rappresentano una soluzione versatile ed economica per migliorare il benessere ambientale riqualificando con specie vegetali, dettagli costruttivi ed elementi di arredo, spazi residenziali non fruibili o preventivamente pianificati. Inoltre, contribuiscono ad innescare meccanismi sociali e relazionali contribuendo alla riqualificazione urbana anche delle aree circostanti.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓		
Pianura asciutta	✓	✓		
Collina costiera	✓	✓		

Fattibilità e indicazioni progettuali

I pocket garden si caratterizzano per le dimensioni ridotte, per la riconoscibilità e la visibilità delle essenze vegetali che ospitano e sono tipicamente caratterizzati dalla presenza di una demarcazione perimetrale che può coincidere con la struttura urbana stessa o con gli edifici limitrofi che su di esso insistono. Le aree scelte per il posizionamento di tali soluzioni progettuali sono solitamente le corti interne dei blocchi edilizi, le aree intercluse nel tessuto urbano degradate o in disuso, e le aree residuali nella città. Le dimensioni vanno dai 250 ai 4.000 m² e servono le immediate vicinanze, entro un raggio di 400 m e 5 minuti a piedi. Questi giardini sono realizzabili sia in contesti urbani densi e compatti, sia in tessuti meno densi.

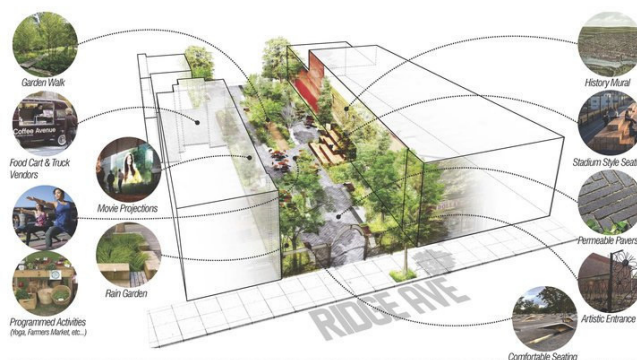
La componente vegetazionale è l'elemento principale di tali soluzioni progettuali. In particolare, le specie vegetali scelte per questi spazi vengono selezionate tra una grande varietà e in funzione delle caratteristiche ambientali del sito: quantità di spazio a disposizione, grado di isolamento dell'area, disponibilità di irrigazione, caratteristiche climatiche del sito, efficienza, cattura inquinanti e flessibilità. Sono ammissibili alberature di III grandezza e specie arbustive quali, ad esempio: biancospino, olivo, tamerici, oleandro, siliquastro, alloro, nespole e altri frutteti, ecc. La copertura arborea deve essere di almeno il 70% dello spazio libero degli edifici.

Alle specie vegetali inserite in questi spazi si aggiungono strutture verticali verdi come pergolati vegetati, box verticali in lego, pareti verdi rampicanti, ecc. Le strutture, gli accessi e i materiali previsti devono essere oggetto di una progettazione specifica che tenga in considerazione i caratteri geometrici del luogo, gli affacci degli edifici limitrofi, la geometria solare, gli elementi di connessione con eventuali sistemi ciclopedonali e che sia fortemente strutturato sul tema dell'accessibilità. In tali spazi è consigliabile utilizzare materiali di pavimentazione permeabili o semi-permeabili per permettere l'infiltrazione nel sottosuolo delle acque meteoriche, e l'utilizzo di elementi contenitivi per permettere l'assorbimento da parte delle piante. Inoltre, l'efficacia delle soluzioni proposte dovrebbe essere basata sull'economicità, sulla flessibilità e sulla reversibilità dell'intervento.

Tali spazi, per essere correttamente progettati devono:

- essere connessi e integrati al contesto in cui sono collocati e diventare punto di riferimento della scena urbana;
- essere flessibili relativamente le funzioni presenti (spazi gioco, attrezzature, vegetazione, giochi d'acqua, ecc.) e favorire la fruizione e l'accessibilità anche a categorie di utenti vulnerabili (disabili, bambini, anziani, ecc.);
- devono coprire una superficie minima del 20% delle aree permeabili totali da cui viene raccolto il deflusso.

Infine, è auspicabile l'individuazione e la creazione di un organo di gestione che funga da collegamento tra l'amministrazione e la comunità o l'individuazione di associazioni o gruppi volontari che gestiscono e provvedono alla manutenzione di tali spazi, in particolar modo all'interno delle città che dispongono di più pocket garden o delle città che intendono sviluppare una vera e propria infrastruttura verde di pocket garden diffusi.



Roxborough pocket park
<https://roxboroughpa.com/>

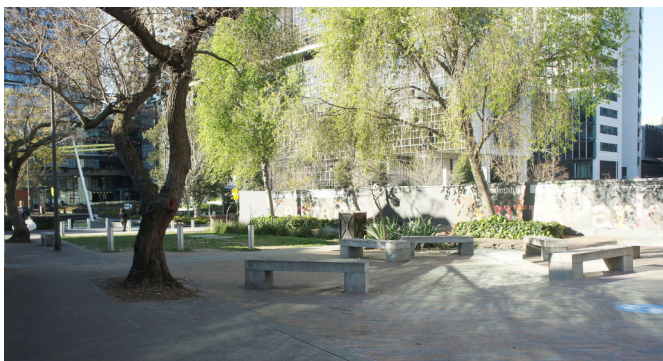
<p>Costi</p>	<p>I costi di realizzazione dipendono fortemente dalla progettazione, dalla tipologia di materiali utilizzati, dalla realizzazione di funzioni accessorie (arredo urbano, aree gioco, ecc.), dalle specie vegetali inserite e dalle esigenze irrigue. I costi medi sono indicativamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 120-150 €/m² per interventi che spaziano dal semplice prato a spazi verdi vegetati articolati e attrezzati. <p>Fonte: SOS4LIFE</p>
<p>Manutenzione</p>	<p>La manutenzione dipende dalla progettazione dei giardini, dai materiali utilizzati e dalle specie vegetazionali inserite. In particolare, la manutenzione può essere contenuta se la vegetazione utilizzata richiede poche cure. In particolare, il substrato di terreno in queste aree di norma è ridotto ed è quindi necessario irrigare in modo accorto per non inumidire troppo un suolo che non è drenato e si asciuga con rapidità. È consigliabile predisporre un impianto di irrigazione automatico. Inoltre, la dimensione ridotta e la posizione di tali spazi sono elementi che contribuiscono a facilitare la loro manutenzione che può essere affidata, completamente o in parte, a gruppi di cittadini o associazioni locali in collaborazione con la pubblica amministrazione e disciplinati in specifici regolamenti (ad esempio attraverso l'istituzione di Patti di Collaborazione).</p> <p>Fonte: SOS4LIFE e MetroAdapt</p>
<p>Indicatori</p>	<p>I1: Cattura di CO₂ (CaCO₂)</p> <p>Unità di misura T CO₂/anno</p> <p>Obiettivo minimo 21,6 T CO₂/ha x anno (densità 270 alberi/ha)</p> <p>Obiettivo desiderabile Massima densità di alberi possibile a seconda delle caratteristiche specifiche dello spazio</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) CaCO₂ = [A x B] A: numero di alberi nello spazio B: valore medio di cattura (0,08 T CO₂/albero x anno)</p> <p>Fonte: Life Lugo+ Biodinamico</p>

Approfondimenti e dettagli

Gli elementi che caratterizzano i pocket garden sono:

- la **posizione**: l'area è solitamente perimetrata da edifici ma attraversabile;
- la presenza di **vegetazione**: caratterizzati da presenza di alberature o sistema di verde rampicante e piccole specie arbustive e aiuole verdi per aumentare il comfort ambientale;
- l'utilizzo di **materiali sostenibili**: impiego di materiali permeabili o semi-permeabili nelle pavimentazioni per differenziare i percorsi e aumentare l'infiltrazione dell'acqua piovana;
- la presenza di **sistemi di ombreggiatura**: presenza di alberature, pergole verdi, tettoie o coperture per proteggere dagli agenti atmosferici e creare ombra;
- la presenza di **elementi d'acqua**: specchi d'acqua, cascate e lame d'acqua, sistemi di nebulizzazione per migliorare il comfort climatico;
- la presenza di un **sistema di illuminazione**: per migliorare e rendere più sicura la fruibilità di tali spazi soprattutto nelle ore notturne. Illuminazione a terra per sottolineare i percorsi; illuminazione verticale perimetrale per individuare i fronti edificati e/o carrabili; illuminazione di dettaglio per segnalare gli accessi;
- la presenza di **elementi di arredo urbano**: sedute per incentivare la sosta e la socializzazione; depositi per biciclette; attrezzature gioco per bambini; attrezzature sportive per praticare sport all'aria aperta, ecc.

Esempi e buone pratiche



Balfour Street Pocket Park, Sydney, Australia

Area urbana degradata riqualificata con la partecipazione della comunità locale nell'ambito del programma "Streets Alive".

https://en.wikipedia.org/wiki/Balfour_Street_Park

Combinazione con altre soluzioni

A06; A09; A11; A12; A15

BVN06;

D02; D03

Bibliografia – sitografia

- Città del Messico, 2016. "Toolkit for Community Participation in Pocket Parks. https://wriciudades.org/sites/default/files/pocket_parks.pdf
- Città Metropolitana di Milano. 2018. Progetto LIFE "METRO ADAPT", Climate Change Adaptation Project: "Soluzioni Naturalistiche (NBS) per la Città Metropolitana di Milano"; https://www.lifemetroadapt.eu/it/wp-content/uploads/sites/2/2020/05/Schede-Tecniche_Verde-Urbano_pub.pdf
- Horizon 2020, "Nature4Cities", (2019). D2.3 - NBS database completed with urban performance data. <https://www.nature4cities.eu/results>
- https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr/sites/cracc/files/inline-files/pocket_garden_park.pdf
- Martínez, J.A.; Martínez, C.; Camino, G.; Pérez, M.; Gómez, J.; González, A.; López, M. & Salvador, J. (2019). Catálogo de Soluciones de Diseño Urbano "GUD LUGO". Ayuntamiento de Lugo - Proyecto LIFE Lugo+Biodinámico. <https://onedrive.live.com/?authkey=%21AMD6DVE%2D7iFR-IEo&cid=4DDDC219FE61ED26&id=4DDDC219FE61ED26%21117337&parId=4DDDC219FE61ED26%21117187&o=OneUp>
- Regione Emilia-Romagna, progetto SOS4LIFE: Linee guida 2 edizione, vol. 1 - Liberare il suolo. Linee guida per migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici negli interventi di rigenerazione urbana
- World Bank, 2021. *A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience*. Washington, D.C. World Bank Group. https://www.gfdr.org/sites/default/files/publication/211102%20NBS%20catalogue_FINAL_LR.pdf
- https://depts.washington.edu/open2100/pdf/2_OpenSpaceTypes/Open_Space_Types/pocket_parks.pdf
- <https://landezine.com/landscapes/landscape-architecture/realized-projects/pocket-parks/>

Summary

Descrizione

Le strisce filtranti (filter strips) sono strisce di terra leggermente inclinate e vegetate che offrono opportunità di deflusso lento ed infiltrazione delle acque, spesso sono realizzate tra un'area a superficie dura e un flusso ricevente. Sono generalmente piantate con erba o fitta vegetazione per trattare il deflusso attraverso il filtraggio vegetativo, la sedimentazione e l'infiltrazione. Sono spesso utilizzate come tecnica di pretrattamento prima di altre tecniche di drenaggio sostenibili (ad esempio swales, infiltrazioni e trincee filtranti). Le strisce filtranti sono più adatte per trattare il deflusso da aree di drenaggio relativamente piccole come strade e autostrade, pluviali del tetto, piccoli parcheggi, ecc. Possono fungere da cuscinetto tra usi del suolo incompatibili e possono costituire efficaci sistemi per la ricarica delle acque sotterranee. Le strisce filtranti sono spesso integrate nell'uso del suolo circostante, ad esempio spazi aperti pubblici o bordi stradali, possono essere introdotte per interesse visivo e per fornire un habitat per la fauna selvatica. Sono potenzialmente applicabili a tutte le superfici artificiali o come confine tra una superficie artificiale e altri usi del suolo. Strisce filtranti ben mantenute possono essere molto efficaci nel ridurre i volumi di deflusso delle acque, in particolare quando l'area di drenaggio impermeabile non è eccessivamente grande.

Effetti positivi

Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici





- 
 Riduzione del rischio di allagamenti
- 
 Miglioramento del microclima e comfort urbano
- 
 Aumento evapotraspirazione
- 
 Miglioramento della qualità del suolo
- 
 Miglioramento qualità dell'acqua (depurazione)
- 
 Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
- 
 Aumento e tutela della biodiversità
- 
 Sequestro inquinanti atmosferici
- 
 Facilmente integrabile nel paesaggio

Originariamente sviluppate come pratica di trattamento agricolo, le strisce filtranti sono ora diventate una pratica comune di gestione delle acque piovane urbane. In un ambiente urbano, sono spesso utilizzate per trattare l'acqua piovana da piccoli parcheggi. Altri usi includono il trattamento delle acque piovane dalle strade e dai pluviali del tetto. Spesso richiedono molto spazio, il che le rende a volte irrealizzabili negli ambienti urbani dove i prezzi dei terreni sono elevati.





E' fondamentale che le strisce filtranti siano planari o convesse, poiché qualsiasi ondulazione nella superficie o ostruzioni può causare un flusso concentrato che porta all'erosione, alla canalizzazione e alla perdita di benefici per la qualità dell'acqua.

Le strisce filtranti con vegetazione aiutano ad accentuare il paesaggio naturale fornendo uno spazio verde adiacente a parcheggi e strade.


Salute e qualità della vita

- 
 Riduzione rischi per la salute
- 
 Valore paesaggistico
- 
 Ridotta manutenzione
- 
 Benefici economici

Effetti indesiderati/negativi

- 
 Uso limitato al solo pretrattamento
- 
 Scarsa efficacia in eventi meteorici estremi
- 
 Difficile utilizzo in aree con pendenza elevata
- 
 Richiesta di superfici ampie

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

✓ Fattibilità e indicazioni progettuali

Le strisce filtranti dovrebbero essere generalmente utilizzate come primo stadio di un "treno" SuDS, accettando il deflusso via terra da aree adiacenti impermeabili/a bassa permeabilità; il bacino contribuente infatti tende ad essere relativamente piccolo, ad esempio un parcheggio, un manto stradale o un piccolo campo.

L'area impermeabile drenata dalle strisce filtranti deve essere controllata per ridurre il rischio che i flussi siano concentrati e non distribuiti; laddove sono probabili flussi concentrati, dovrebbero essere utilizzate misure alternative (ad esempio canali vegetati). La lunghezza massima di una striscia filtrante non deve superare i 50 m e essere larga almeno 6 metri.

Sono necessarie strisce filtranti più larghe per pendenze ripide, poiché è probabile che le velocità siano più elevate. CIRIA (2007) raccomanda "almeno 1 m di larghezza di striscia filtrante per ogni 6 m di "lunghezza" dell'area di drenaggio" e afferma che larghezze comprese tra 6 e 15 m sono generalmente efficaci. Le strisce filtranti devono essere inoltre leggermente inclinate, in genere tra il 2% e il 5%. Nel caso di pendii ripidi si può incorrere in un rischio di erosione e canalizzazione dei flussi, mentre il ristagno può verificarsi su pendii meno profondi.

Alcune strisce filtranti sono progettate con una banchina permeabile all'estremità a valle della striscia filtrante, per trattenere temporaneamente l'acqua, aumentando l'infiltrazione e riducendo le velocità di scarico di picco. Questa banchina può migliorare significativamente i vantaggi della qualità dell'acqua

Sebbene le strisce filtranti forniscano solo infiltrazioni relativamente modeste alle acque sotterranee, non dovrebbero essere utilizzate in siti dismessi o in altre aree in cui vi è il rischio di contaminanti nelle acque sotterranee sottostanti. Per garantire il mantenimento del potenziale di infiltrazione, la falda freatica stagionalmente elevata dovrebbe essere per quanto possibile superiore a 1 m sotto il livello del suolo.




Le strisce filtranti generalmente forniscono la prima fase della gestione del deflusso, catturando il flusso terrestre direttamente da aree impermeabili o a bassa permeabilità. Possono essere utilizzate come pretrattamento prima di altre misure come canali vegetati e stagni.

Piante e fiori locali possono essere introdotte per migliorare l'estetica e per favorire la creazione di habitat per la fauna selvatica. E' necessario integrarle correttamente nel contesto urbano e paesaggistico, in modo da evitare che le attività dell'area non ne compromettano la funzionalità. E' da evitare l'uso delle fasce filtranti come postazioni per auto e motocicli, mentre il traffico pedonale e ciclistico deve essere minimo; devono essere progettate e posizionate con un corretto orientamento, preferibilmente in zone soleggiate, per permettere al terreno di asciugarsi e rimanere asciutto tra gli eventi meteorici. Si deve porre, inoltre, attenzione a non posizionarle in zone con eccessiva ombreggiatura, onde evitare di limitare la crescita dell'erba.

Le fasce filtranti introducono una vegetazione permanente in quelle che sarebbero altrimenti state delle superfici artificiali o dei terreni arabili, pertanto contribuiscono alla creazione di un habitat. Forniscono un miglioramento rispetto al drenaggio tradizionale e alla copertura dei terreni urbani per quanto riguarda gli spazi verdi e la biodiversità e possono raggiungere un certo valore estetico. In quanto componenti delle infrastrutture naturali, la loro maggiore applicazione fornirà un piccolo contributo al soddisfacimento degli obiettivi della strategia sulla biodiversità del 2020 nelle aree urbane.



Fasce filtranti vegetate
By Trinkhaus Engineering CC BY 4.0

 <p>Costi</p>	<p>I costi variano considerevolmente a seconda del design della striscia filtrante, della densità e della varietà di vegetazione e dell'uso di materiali di substrato come la ghiaia per aumentare l'efficacia della striscia filtrante.</p> <p>Orientativamente variano da 3-30 €/m²</p> <p>I costi di manutenzione tra 0,50-6,50 €/m²</p> <p>Fonte: NWRM http://nwrn.eu/measures-catalogue</p>
 <p>Manutenzione</p>	<p>L'ispezione e la manutenzione regolari sono importanti per il funzionamento efficace delle strisce filtranti. Essa riguarderà la rimozione di rifiuti e dei detriti; il taglio dell'erba, la gestione di altra vegetazione e rimozione delle piante infestanti. Altre attività di manutenzione meno frequenti includeranno: aree di risemina o alterazione dei tipi di piante in caso di scarsa crescita della vegetazione; riparazione di aree erose o danneggiate; rimozione di sedimenti e altri inquinanti. Di solito le fasce filtranti non richiedono fertilizzazione, che comunque sono da evitare in caso di posizionamento delle fasce in aree di acquifero sensibile.</p>
 <p>Indicatori</p>	<p>I1: Riduzione del consumo di energia per infiltrazione o cattura di acqua piovana (ΔCE)</p> <p>I2: % di pavimentazione permeabile in strada</p> <p>Unità di misura m² di pavimentazione permeabile $\rightarrow \Delta CE$</p> <p>Obiettivo minimo (I1) > 60%</p> <p>Obiettivo desiderabile (I1) > 95%</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) $\Delta CE = [A \times B]$ A: Acqua infiltrata m³ B: Energia in MWh per m³ di acqua trattata (I2) % = [A / B] A: m² di pavimento permeabile B: area totale</p> <p>Fonte: Life Lugo + Biodinamico</p>

Approfondimenti e dettagli

Sono possibili due varianti progettuali:

- semplice fascia filtrante.
- fascia con rilevato permeabile situato al termine della fascia, che aumenta il tempo di contatto con l'acqua e consente una riduzione della lunghezza complessiva della striscia filtrante.

Le strisce filtranti sono fortemente raccomandate nelle zone cuscinetto tra le aree sviluppate e gli ambienti acquatici sensibili.

Ipotizzando un'area da drenare di 50 m lineari, per garantire il corretto funzionamento della fascia, l'area di drenaggio deve essere dimensionata in questo modo: larghezza totale 5 m – 15 m, pendenza 2% – 5% .

Per pendenze maggiori è necessario inserire dei piccoli sbarramenti con salto (p.es. in muratura, pietrame o legno). Velocità massime consentite per limitare rischi di erosione 1,5 m/s.

Esempi e buone pratiche



Breda. Water Plan

<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/gmb-2019-246111.html>



*Soluzioni miste canali vegetati, filter strips, pavimenti verdi
Roggel, Paesi Bassi*

Combinazione con altre soluzioni

A02; A05; A09

Bibliografia – sitografia

- CIRIA (2009) Overview of SuDS performance: Information provided to Defra and the EA.
- Comune di Bologna (2018), "Linee guida sull'adozione di tecniche di drenaggio urbano sostenibile per una città più resiliente ai cambiamenti climatici"
- MDDEFP et MAMROT (2014), Guide de gestion des eaux pluviales, Chapitre 11 – Les pratiques de gestion optimales des eaux pluviales
- <https://growgreenproject.eu/>
- <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/filtration/filter-strips.html>
- <http://nwrn.eu/measures-catalogue>
- Metro Adapt Platform
https://www.cittametropolitana.mi.it/Life_Metro_Adapt/index.html
- Horizon 2020 UrbanGreenup.
<https://www.urbangreenup.eu>
- Life Lugo + Biodinamico. <https://lugobiodinamico.eu>
- Horizon2020 Nature 4Cities.
<https://www.nature4cities-platform.eu/#/>

Summary

Descrizione






I fossati vegetati (swales) sono canali aperti poco profondi (20-40 cm) a fondo piatto, progettati per trasmettere, trattare e attenuare il deflusso delle acque superficiali. Permettono un filtraggio e una depurazione del tutto naturale dell'acqua raccolta con la rimozione degli inquinanti. Sono utilizzati per drenare strade, vialetti o parcheggi. Possono essere utilizzati al posto delle classiche tubazioni di fognatura, permettendo di convogliare le acque di pioggia senza l'utilizzo di caditoie, cordoli o pozzetti stradali. Se incorporati nella progettazione del sito, possono valorizzare il paesaggio naturale e fornire benefici estetici e di biodiversità. In ambito residenziale possono configurarsi come corridoi verdi lungo i percorsi perimetrali ai lotti o alle aree di sosta. È possibile realizzare percorsi pedonali/ciclopedonali trasversali (con attraversamenti localizzati) o anche longitudinali (lungo il fossato) qualora l'elemento sia solo parzialmente vegetato; la circolazione all'interno del fossato è preclusa durante l'evento di pioggia. I fossati vegetati possono essere progettati per adattarsi a molti tipi di paesaggio in modo esteticamente piacevole, offrendo spesso attraenti corridoi verdi in ambienti stradali e parcheggi. La conformazione in pianta deve evitare curve strette che possono essere causa di erosione e possono essere utilizzati morbidi meandri per fini estetici e per rallentare i flussi.

Effetti positivi



Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Sequestro inquinanti atmosferici
-  Aumento evapotraspirazione
-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Aumento e tutela della biodiversità
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano
-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Riduzione del rischio di allagamenti

Salute e qualità della vita

-  Riduzione rischi per la salute
-  Valore paesaggistico
-  Ridotta manutenzione
-  Benefici economici
-  Finalità ricreative e inclusione sociale

Effetti indesiderati/negativi

-  Rischio di erosione se non correttamente progettati
-  Presenza di insetti indesiderati o parassiti


I fossati inondabili possono contribuire all'adattamento ai cambiamenti climatici, principalmente per quanto attiene l'adattamento agli eventi piovosi più intensi.

Inoltre, se viene introdotta una nuova vegetazione, in particolare la vegetazione legnosa, possono contribuire ad aumentare il sequestro del carbonio e regolare le temperature urbane.

Possono essere progettati per consentire l'infiltrazione nei terreni sottostanti/acque sotterranee. Sebbene la superficie sia limitata, forniscono un contributo alla ricarica della falda. Contribuiscono, inoltre, a ridurre il tasso di deflusso superficiale, in particolare dalle superfici artificiali (aree urbane).

I fossati vegetati sono efficaci nel catturare i sedimenti e ridurre le concentrazioni di inquinanti associati. Laddove è consentita l'infiltrazione, vi è un certo rischio di introduzione di inquinanti nelle acque sotterranee, ma in generale questo rischio è basso. E' possibile che in alcune situazioni i fossati secchi possano essere utilizzati per la ricreazione (molto probabilmente come aree giochi per bambini), contribuendo nel contempo al miglioramento dei paesaggi urbani. L'utilizzo dei fossati vegetati è uno strumento di comunicazione per promuovere una gestione sostenibile dell'acqua.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	*	✓	✓	✓
Pianura asciutta	*	✓	✓	✓
Collina costiera	*	✓	✓	✓

* A condizione. I canali vegetati bagnati vanno dimensionati con cura se sono localizzati nei tessuti densi, onde evitare di generare zone stagnanti e successiva formazione di cattivi odori e proliferazione di zanzare.

✓ Fattibilità e indicazioni progettuali

Il progetto del canale vegetato ha lo scopo di trattare e infiltrare le acque durante gli eventi meteorici modesti e di trasportare il flusso di picco durante gli eventi più grandi. Occorre prevedere una tubazione di troppo pieno per eventi meteorici intensi.

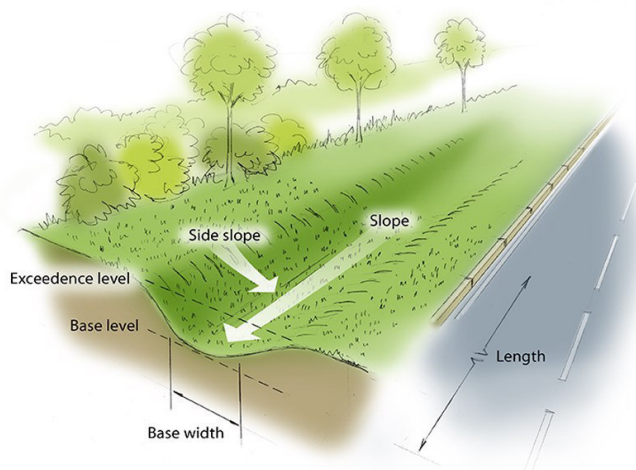
Richiede una significativa domanda di suolo dovuta alle sponde morbide; in generale è difficilmente integrabile in aree densamente urbanizzate con spazi limitati.




Il dimensionamento deve tenere conto della capacità di convogliamento delle portate di progetto con eventuale dimensionamento dei sistemi di collettamento delle acque di troppo pieno.

I canali vegetati generalmente sono progettati con una larghezza alla base di 0,5 - 2,0 m, per consentire flussi superficiali e trattamenti di adeguata qualità delle acque, evitando flussi concentrati e la creazione di canali di erosione. Per larghezze > 2 m si deve considerare la necessità di dividere la sezione trasversale con un divisore di flusso, utilizzando un dispersore per ogni lato. Le pendenze longitudinali devono essere comprese tra 0,5 e 6%, con soglie di controllo quando si utilizzano pendenze superiori al 3% e stuioie di rinforzo permanente dove le velocità sono superiori a quelle raccomandate per progetti standard. I pendii laterali dovrebbero essere modesti per aiutare il pre-trattamento dei flussi in entrata lateralmente, massimizzare il filtraggio superficiale, migliorare la sicurezza e consentire un facile accesso per la falciatura. È consigliata una pendenza massima del 33%, ma una pendenza del 25% è preferibile se lo spazio lo consente.

Le specie vegetali dovrebbero essere selezionate per adattarsi alle caratteristiche paesaggistiche esistenti e per soddisfare scopi estetici e progettuali. Piccole schede di interpretazione possono essere poste in prossimità dei canali inerbiti, includendo informazioni relative alla funzione del canale, alla fauna e alla flora locali supportate dal sistema. Gli swales generalmente non presentano rischi significativi per la salute e la sicurezza del pubblico e rischi residui possono essere mitigati attraverso la progettazione di dolci pendenze laterali e profondità limitate di flusso. Può essere opportuno collocare qualche forma di barriera fisica per evitare la presenza di parcheggio sui bordi del canale inerbito (es. impianto di alberi, dissuasori o ringhiere in basse). Grandi massi tendono a portare danni al rivestimento erboso e in alternativa il bordo del canale può essere rinforzato per evitare i deterioramenti causati da veicoli.

I volumi di deflusso delle acque dovrebbero dimezzarsi entro 24 ore, sia per rendere disponibile il canale al trattamento di eventi successivi, sia perché nel caso della presenza di vegetazione, essa va protetta dai danni di una prolungata saturazione.



 Costi	<p>I costi di realizzazione variano a seconda della tipologia delle specie vegetali e della presenza della trincea drenante alla base, indicativamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 10-15 €/m²: scavo con profondità inferiore a 0,5 m e relativo smaltimento e finitura superficie a prato; • 40 €/ml: strato filtrante sul fondo alveo di sezione indicativa 100x(h)50cm; • 20-25 €/m²: vegetazione <p><i>Fonte: SOS4Life</i></p>
 Manutenzione	<p>Gli swales richiedono una manutenzione regolare per garantire il funzionamento continuo e mantenere lo standard delle prestazioni.</p> <p>L'intervento principale è la falciatura, che dovrebbe idealmente mantenere una lunghezza dell'erba a 75-150 mm per aiutare a filtrare gli inquinanti e conservare i sedimenti e per ridurre il rischio di appiattimento durante gli eventi di ruscellamento.</p> <p>Occasionalmente è necessario rimuovere i sedimenti, se i depositi superano i 25 mm di altezza.</p>
 Indicatori	<p>I1: Riduzione del consumo di energia per infiltrazione o cattura di acqua piovana (ΔCE) I2: % di pavimentazione permeabile Unità di misura m² di pavimentazione permeabile $\rightarrow \Delta CE$</p> <p>Obiettivo minimo > 60%</p> <p>Obiettivo desiderabile > 95%</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) $\Delta CE = [A \times B]$ A: Acqua infiltrata m³ B: Energia in MWh per m³ di acqua trattata (I2) $\% = [A / B]$ A: m² di pavimento permeabile B: area totale</p> <p><i>Fonte: Life Lugo + Biodinamico</i></p>

Approfondimenti e dettagli

Si possono individuare tre tipi principali di fossati vegetati:

- Il **fossato di trasporto**: è un canale con vegetazione superficiale, particolarmente efficace nel raccogliere e convogliare il deflusso dalla zona drenata per trasferirlo a un'altra tappa del treno di gestione dei sistemi SuDS.
- Il **fossato asciutto**: è un canale di trasporto con vegetazione, progettato per includere un letto filtrante di terreno preparato che si sovrappone a un sistema di drenaggio. Questo sistema fornisce un trattamento delle acque e portate supplementari sotto la base del canale ed evita ristagni. Per evitare infiltrazioni, o dove i livelli delle acque sotterranee sono alti può essere introdotto un manto impermeabile alla base
- Il **fossato umido** è progettato specificatamente per mantenere condizioni umide e/o paludose alla base. Può essere impiegato in siti piatti e scarsamente drenati e/o per rispondere alle esigenze di funzionalità o di attrattività o di biodiversità, con l'impianto di specifica vegetazione alla base. I canali vegetati bagnati vanno dimensionati con cura nel caso di insediamenti ad alta densità, onde evitare di generare zone stagnanti e successiva formazione di cattivi odori e proliferazione di zanzare.

Esempi e buone pratiche



Fossato vegetato, Cortile collettivo, Utrecht
Nanda Sluijsmans from Den Haag, Nederland, CC BY-SA 2.0



Fossato vegetato, Queen Caroline Estate, London
https://www.susdrain.org/case-studies/case_studies/queen_caroline_estate_london.html

Combinazione con altre soluzioni

A02 BVN04

Bibliografia – sitografia

- Ballard B. W. , Wilson S. , Udale-Clarke H. , Illman S. , Scott T. , Ashley R. e Kellaghe R. r (2015) "The SuDS Manual"
- NWRM (2015). <http://nwrn.eu/measures-catalogue>
- Life Lugo + Biodinamico. <https://lugobiodinamico.eu>
- Horizon2020 UrbanGreenup. <https://www.urbangreenup.eu>
- SOS4Life Save our Soil for life. <https://www.sos4life.it/en/>

Summary







Descrizione

Le trincee di infiltrazione sono scavi poco profondi riempiti di pietre. Vengono realizzate con lo scopo di favorire l'infiltrazione dei volumi di run-off attraverso la superficie superiore della trincea e la loro successiva filtrazione nel sottosuolo attraverso i lati e il fondo della trincea. Sono in grado di rimuovere un'ampia tipologia di inquinanti dalle acque di pioggia, attraverso meccanismi di assorbimento, precipitazione, filtrazione, degradazione chimica e batterica. Si parla di trincee infiltranti (infiltration trenches) quando sono considerate come elementi puntuali (punto di accumulo ed infiltrazione), mentre, se l'obiettivo è creare un elemento lineare per portare le acque di pioggia da un punto (A) a un punto (B), sono tipicamente equipaggiate con un drenaggio e si parla di dreni filtranti (filter drains). A meno che nel progetto non sia incluso un pretrattamento efficace, il loro posizionamento migliore è in adiacenza a superfici impermeabili come parcheggi o strade/autostrade dove i livelli di particolato nel deflusso sono bassi. Funzionano al meglio se parte di un più ampio treno di trattamento del drenaggio sostenibile.



Forniscono un contributo all'adattamento agli eventi di maggiore intensità a causa del cambiamento climatico e ricaricano le acque sotterranee.

Effetti positivi







Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Miglioramento qualità dell'acqua (depurazione)
-  Miglioramento della qualità del suolo
-  Aumento e tutela della biodiversità
-  Laminazione acque meteoriche
-  Riduzione del rischio di allagamenti
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano

Salute e qualità della vita


-  Valore paesaggistico
-  Ridotta manutenzione

Effetti indesiderati/negativi

-  Uso limitato al solo pretrattamento
-  Costi elevati
-  Rischio di intasamento e problemi di drenaggio
-  Bassa capacità di laminazione
-  Possibilità di fuga delle sostanze oleose
-  Difficoltà per l'ispezione e la manutenzione

Le trincee di infiltrazione sono facili da integrare in un sito e possono essere utilizzate per drenare il deflusso residenziale e non residenziale. Grazie alla loro forma stretta sono ideali per l'uso intorno a campi da gioco, aree ricreative o spazi pubblici aperti. Possono essere efficacemente incorporati nel paesaggio e richiedono un minimo di consumo di terreno. Questi sistemi sono solitamente realizzati quando non sono disponibili superfici sufficienti per realizzare i fossi d'infiltrazione (ovvero ampie trincee drenanti difficilmente realizzabili in ambito urbano) oppure quando il suolo non è sufficientemente permeabile. Tale dispositivo è tuttavia inadatto in terreni caratterizzati da carsismo, a meno di eseguire accurate indagini geologiche e geotecniche, e in terreni fortemente argillosi a causa della loro scarsa permeabilità. Hanno una buona flessibilità di inserimento in spazi chiusi e basso fabbisogno di superficie (di regola meno del 10% della superficie impermeabile allacciata con un volume della trincea di 2-10 m³ per 100 m² di superficie impermeabile allacciata); Hanno una buona possibilità di inserimento in progetti di ricostruzione in quanto non vi sono particolari restrizioni per la destinazione d'uso delle superfici al di sopra della trincea.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	*	*	*	*

* A condizione. Sono generalmente limitate a siti relativamente pianeggianti (NWRM, 2015).

Fattibilità e indicazioni progettuali

Le trincee infiltranti sono costituite da scavi in trincea, in genere a sezione rettangolare, riempiti con materiale inerte naturale ghiaioso e sabbioso, ad elevata permeabilità. 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. L'acqua infiltrata viene trasportata lungo la trincea attraverso il materiale di riempimento o utilizzando una tubazione drenante collocata alla base della trincea.

Il materiale di riempimento della trincea si compone di ghiaione/ghiaia lavata con porosità media del 30%. Per evitare l'intasamento del corpo drenante da parti fini, lo scavo può essere completamente rivestito da strati di tessuto non tessuto.

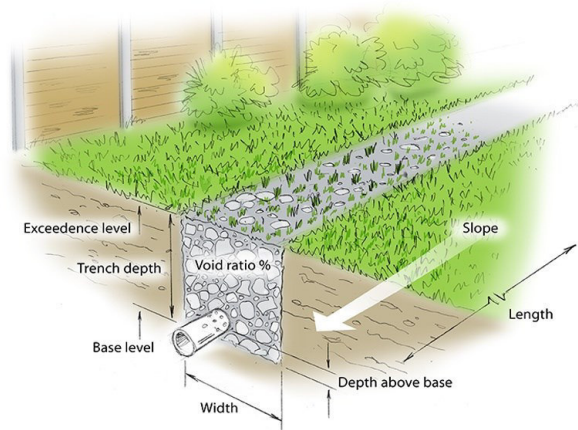
Devono disporre di uno scarico di alto livello con un dispositivo di controllo del flusso per accomodare il ruscellamento in eccesso. Sono limitate a località in piano (2% di pendenza massima).

Non devono essere utilizzate per il trattamento primario del ruscellamento in località industriali abbandonate o altri punti critici per l'inquinamento se il rischio di contaminazione delle acque di falda è elevato e devono essere utilizzate solo in aree con un basso carico di sedimenti a meno che sia incluso un pre-trattamento a monte. Le trincee di infiltrazione funzionano raccogliendo il ruscellamento e infiltrandolo nei suoli sottostanti. L'efficacia può ridursi significativamente nel tempo se si lascia che livelli elevati di sedimenti penetrino nella trincea. Si consiglia di tenere la base della trincea ad almeno 1 metro di distanza dalla falda acquifera per i seguenti motivi:

- minimizzare il rischio di contaminazione da parte dell'acqua meteorica;
- ridurre il rischio di aumento del livello di falda durante eventi piovosi, con conseguente riduzione del volume utile della trincea infiltrante;
- garantire una sufficiente area insatura tra la trincea e la falda, in modo da massimizzare la capacità di infiltrazione.

Sono particolarmente adatte in zone sia commerciali che residenziali a medio-alta densità, in cui l'area drenata sia inferiore a 2 ha e il tipo di suolo presente sia abbastanza permeabile da garantire una sufficiente velocità di infiltrazione.

Non vi sono particolari restrizioni per la destinazione d'uso delle superfici al di sopra della trincea. Possono essere mantenute con superficie ghiaiosa o con specie tappezzanti, progettate come elemento di arredo urbano ai bordi di aree pavimentate. A seconda degli usi previsti, l'area interessata può essere resa fruibile (ad esempio come percorso pedonale), o come elemento di arredo a verde.



Schema di funzionamento

<https://help.innovyze.com/display/infodrainage2021v3/Infiltration+Trench>

<p>Costi</p>	<p>I costi di realizzazione variano a seconda della geometria della trincea e dalla profondità di scavo, indicativamente:</p> <p>80-100 €/ml: trincea di sezione pari a 1 m²</p> <p>I costi di manutenzione tra 0,25-4,00 €/m²</p> <p>Fonte: NWRM http://nwrn.eu/measures-catalogue</p>
<p>Manutenzione</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ispezioni e rimozione di sedimenti accumulati per prevenire l'intasamento del filtro; • Rimozione di sedimenti accumulati e oli/grassi dai pretrattamenti; • Asportazione e sostituzione dello strato di ghiaia fine quando intasato; • Pulizia e taglio delle specie erbacee presenti sulla fascia inerbata.
<p>Indicatori</p>	<p>I1: Riduzione del consumo di energia per infiltrazione o cattura di acqua piovana (ΔCE)</p> <p>I2: % di pavimentazione permeabile in strada</p> <p>Unità di misura m² di pavimentazione permeabile → ΔCE</p> <p>Obiettivo minimo >60%</p> <p>Obiettivo desiderabile >95%</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) $\Delta CE = [A \times B]$ A: Acqua infiltrata m³ B: Energia in MWh per m³ di acqua trattata (I2) $\% = [A / B]$ A: m² di pavimento permeabile B: area totale</p> <p>Fonte: Life Lugo + Biodinamico</p>

Approfondimenti e dettagli

Le trincee di infiltrazione sono appropriate per la maggior parte dei terreni, ma le condizioni specifiche del sito, come il tipo di suolo, la falda freatica, l'area di drenaggio e il pendio, possono limitarne l'uso elevate nelle regioni carsiche (a causa dei problemi con la formazione di doline).

Le trincee di infiltrazione sono adatte all'ambiente urbano, in particolare se abbinate ad altri controlli delle acque piovane. Due caratteristiche del sito che possono limitarne l'uso sono la possibilità che l'acqua infiltrata interferisca con le infrastrutture esistenti e la capacità di infiltrazione relativamente scarsa della maggior parte delle aree urbane. Inoltre, le trincee di infiltrazione potrebbero richiedere una manutenzione più frequente nelle aree urbanizzate, dove possono essere intasate da rifiuti e detriti. Si consiglia di stimare il loro volume, considerando che devono essere in grado di infiltrare metà del loro volume in meno di 24 ore per rispondere a una nuova pioggia. Devono essere ad almeno 3 metri dalle fondamenta degli edifici a prevenire l'alterazione delle condizioni del suolo (umidità, capacità di carico, ecc.).

Esempi e buone pratiche



Progetto LIFE BEWARE, Cimitero di via Prati (Santorso)
<https://www.lifebeware.eu>

L'obiettivo dell'intervento è quello di realizzare delle opere sostenibili di ritenzione idrica che permettano una migliore gestione dei deflussi sul parcheggio del cimitero di Via dei Prati. Questi interventi, che limiteranno gli episodi di allagamento, prevedono due giardini pluviali per la gestione e l'infiltrazione delle acque di pioggia e una trincea drenante di piccole dimensioni (infiltration trench), come nelle foto, e la riconversione di una piccola porzione del parcheggio da impermeabile a permeabile (pervious pavement).

Combinazione con altre soluzioni

A02; A05; A09
 BVA01

Bibliografia – sitografia

- Comune di Bologna (2018), "Linee guida sull'adozione di tecniche di drenaggio urbano sostenibile per una città più resiliente ai cambiamenti climatici"
- Woods Ballard, S.; Wilson, S; Udale-Clarke, H.; Illman, S.; Scott, T.; Ashley, R.; & Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual. London: CIRIA.
- https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/infiltration/infiltration_trench.html
- <http://nwrn.eu/measure/infiltration-trenches>
- Metro Adapt Platform
https://www.cittametropolitana.mi.it/Life_Metro_Adapt/index.html
- Horizon 2020 UrbanGreenup.
<https://www.urbangreenup.eu>
- Life Lugo + Biodinamico. <https://lugobiodinamico.eu>
- Horizon2020 Nature 4Cities.
<https://www.nature4cities-platform.eu/#/>









Summary

Descrizione





Si tratta di piccoli sistemi di biofiltrazione che intercettano e puliscono l'acqua prima che entri negli scarichi o nel sottosuolo. Sono costituiti principalmente da tre elementi: un box, del terreno e una specie vegetale. I box vengono interrati, hanno una struttura di diverso materiale e il terreno al suo interno è composto da una particolare miscela di substrati e materiali filtranti appositamente formulata per filtrare l'acqua che riceve. Nel terreno sono innestate specie arboree o arbustive. Il sistema filtrante del box alberato permette la rimozione delle sostanze inquinanti presenti nelle acque piovane. Sono installati a livello del marciapiede e sono costituiti da un barile di cemento a fondo aperto riempito con un terreno poroso, un drenaggio inferiore in ghiaia frantumata e un albero. I filtri Tree Box sono soluzioni altamente adattabili che possono essere utilizzate in tutti i tipi di ambiente e in tutti i tipi di suolo. Sono comunemente utilizzati in aree densamente urbanizzate come lungo strade, autostrade, marciapiedi e parcheggi.

Effetti positivi




Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Aumento evapotraspirazione
-  Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano
-  Miglioramento qualità dell'acqua (depurazione)
-  Aumento e tutela della biodiversità
-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Ombreggiamento

Salute e qualità della vita

-  Valore paesaggistico
-  Riduzione rischi per la salute
-  Arredo urbano
-  Ridotta manutenzione

Effetti indesiderati/negativi

-  Manutenzione necessaria
-  Trattamento di volumi ridotti
-  Drenaggio di aree ridotte

Gli alberi possono essere una parte importante di un sistema di drenaggio sostenibile. Attirano grandi quantità di acqua attraverso il terreno e le loro foglie catturano e rallentano l'acqua prima che raggiunga il suolo. Le radici degli alberi possono anche assorbire le sostanze inquinanti dal suolo. Esiste una relazione diretta tra il volume dello spazio di coltivazione sotterraneo e il modo in cui è probabile che si sviluppi un albero: maggiore è il volume del suolo, più velocemente crescerà l'albero, più sarà sano e migliore sarà l'aspetto. Pertanto, quando progettiamo gli spazi urbani, dobbiamo assicurarci che le specie che desideriamo piantare dispongano di terreno sufficiente per raggiungere un grado di maturità che porterà benefici alla comunità locale. Oltre ad una significativa utilità pubblica, gli alberi intercettano le particelle inquinanti sospese nell'aria che sono dannose per la salute umana e possono costituire un habitat per la fauna selvatica. Gli alberi che hanno una facilità di accesso alle acque piovane crescono più rapidamente e hanno meno probabilità di soffrire lo stress da siccità.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓		
Pianura asciutta	✓	✓		
Collina costiera	✓	✓		

Fattibilità e indicazioni progettuali

La parte superiore del box ha una grata per proteggere il sistema da detriti e foglie. Questa griglia è principalmente una funzione di sicurezza, ma serve anche a filtrare inquinanti. I box alberati filtranti sono tipicamente progettati per accumulare piccole quantità di acque sulla superficie, tipicamente non più di 5 mm dell'area drenata; è bene, quindi, prevedere un troppo pieno per lo scarico delle acque per eventi di pioggia intensi, da posizionare, se possibile, in prossimità del punto di immissione delle acque.

L'alimentazione dei box alberati filtranti può essere fatta in diversi modi, ad esempio con apposite aperture nei cordoli stradali; a volte è previsto un filtro geotessile nel fondo dello scavo e l'installazione di un tubo di scarico perforato in uno strato di pietrisco pulito e lavato.

La dimensione di box varia da 1 x 1 m a 4 x 5 m.

Il box può essere realizzato con vari materiali (plastica, calcestruzzo, acciaio) e deve essere in grado di supportare i carichi statici e dinamici a cui può essere soggetto, prevenendo il compattamento del materiale di riempimento.

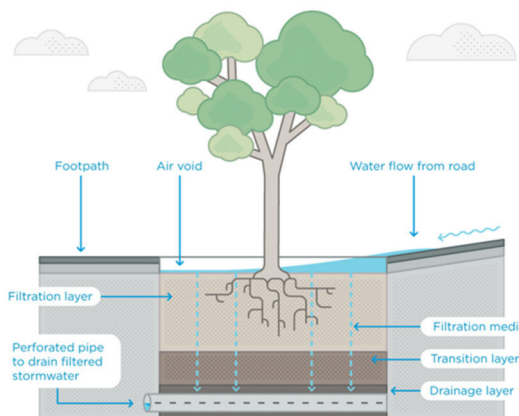
Il carico veicolare può essere anche distribuito su reti interne al box (per esempio reti a nido d'ape in HDPE), riducendo lo spessore dei muri di contenimento, ma permettendo, al tempo stesso, di avere spazio sufficiente per lo sviluppo di radici e lo scambio di gas.

Questi sistemi filtranti vegetati vengono progettati per avere tempi di drenaggio delle acque accumulate, dopo l'evento atmosferico, non superiori alle 48 ore, per evitare di compromettere la salute dell'albero.

È preferibile evitare l'impermeabilizzazione dei box infiltranti e permettere l'infiltrazione nel sottosuolo delle acque di pioggia trattate. In tal caso, le componenti da considerare in fase di progettazione sono:

- caratteristiche geologiche, geotecniche
- distanza dall'acquifero (minimo 1 m)

I box alberati filtranti sono altamente adattabili e integrabili nell'ambiente circostante e possono essere utilizzati per tutti gli sviluppi e in tutte le condizioni di suolo e pendenza. Un box alberato migliora l'estetica delle strade, dei quartieri e parcheggi dove vengono impiegati, aumentando la zona d'ombra disponibile.



Schema di funzionamento box alberato
<http://urbanwater.melbourne.vic.gov.au/projects>

<p>Costi</p>	<p>Da verificare</p>
<p>Manutenzione</p>	<p>Gran parte della manutenzione dei box alberati filtranti riguarda lo stato di salute dell'albero, perciò non differiscono dagli interventi manutentivi ordinari per alberature urbane.</p> <p>La manutenzione ordinaria riguarda la rimozione di eventuali rifiuti depositati superficialmente. Occorre inoltre l'ispezione periodica degli impianti e delle componenti strutturali; la pulizia dei meccanismi di afflusso e deflusso; verifiche del suolo e delle sostanze contenute in esso per evitare la presenza di inquinanti che possono essere dannosi per la vegetazione.</p>
<p>Indicatori</p>	<p>I1: Riduzione del consumo di energia per infiltrazione o cattura di acqua piovana (ΔCE) I2: Percentuale di pavimentazione permeabile in strada</p> <p>Unità di misura m^2 di pavimentazione permeabile $\rightarrow \Delta CE$</p> <p>Obiettivo minimo >60%</p> <p>Obiettivo desiderabile >95%</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) $\Delta CE = [A \times B]$ A: Acqua infiltrata m^3 B: Energia in MWh per m^3 di acqua trattata (I2) $\% = [A / B]$ A: m^2 di pavimento permeabile B: area totale</p> <p><i>Fonte: Life Lugo + Biodinamico</i></p>

Approfondimenti e dettagli

Quando progettiamo gli spazi urbani dobbiamo assicurarci che le specie che desideriamo piantare dispongano di terreno sufficiente per raggiungere un grado di maturità che porterà benefici alla comunità locale.

L'uso di un terreno strutturale, costituito da un substrato culturale a base di pietra che può supportare il traffico pedonale e veicolare, consente di estendere il box degli alberi sotto la superficie dura. Ciò consente ai designers di fornire abbastanza terreno affinché un albero sia sano e raggiunga la maturità. Quando si progettano i box per alberi con terreni strutturali, l'acqua piovana che viene raccolta da tetti, strade e superfici pavimentate vengono deviate nel box dell'albero. Questo approccio, che da alcuni anni si sta evolvendo in Europa e negli Stati Uniti incoraggia le radici a crescere in profondità nel sottosuolo in modo da non sollevare il marciapiede.

Il programma di piantumazione di alberi svolto dalla città di Stoccolma ha dimostrato che è possibile coltivare alberi eccezionalmente sani quando si utilizzano suoli strutturali.

Esempi e buone pratiche



Progetto Stockholm TreePits

https://www.researchgate.net/publication/341343983_Tree_Pits_with_Structural_Soils_-_Practice_Note_Version_12

Combinazione con altre soluzioni

A03; A09; A10; A13; A14; A15; A16; A17; A18; A19

Bibliografia – sitografia

- B. W. Ballard, S. Wilson, H. Udale-Clarke, S. Illman, T. Scott, R. Ashley e R. Kellagher (2015) «The SuDS Manual»
- Street tree design guidelines, 2008, Landcom, New South Wales
- U.S. Environmental Protection Agency (2015), Stormwater to Street Trees: Engineering Urban Forests for Stormwater Management, CreateSpace Independent Publishing Platform
- Life Lugo + Biodinamico. <https://lugobiodinamico.eu>
- Horizon 2020 UrbanGreenup. <https://www.urbangreenup.eu>
- Metro Adapt Platform. https://www.cittametropolitana.mi.it/Life_Metro_Adapt/index.html
- <https://stockholmtreepits.co.uk/>
- Horizon2020 Nature 4Cities. <https://www.nature4cities-platform.eu/#/>









Summary

Descrizione

Le alberature integrate a giardini e piccoli spazi verdi nel tessuto urbano offrono una serie di vantaggi per le comunità locali e per la struttura urbana che le ospita, sia in riferimento al miglioramento del comfort climatico e alla riduzione dell'inquinamento atmosferico, sia dal punto di vista del miglioramento della qualità ambientale-paesaggistica che della percezione dei luoghi. Possono essere un elemento fondamentale per il potenziamento dell'infrastruttura verde urbana grazie alla loro funzione ecologica; mitigano efficacemente l'effetto isola di calore e i fenomeni estremi legati ai cicli dell'acqua; forniscono ombra e riparo per le persone, per le piccole specie e supportano lo sviluppo della biodiversità; influenzano il livello di vivibilità e la fruizione degli spazi aperti urbani, connettendo e favorendo attività ricreative, di socializzazione grazie alla presenza di percorsi ciclopodanali ed aree di sosta che invogliano le persone a fermarsi in una zona di maggiore comfort ambientale, protetta dai rumori e dal traffico. Inoltre la presenza di massa arborea posizionata a pochi passi degli edifici, come spesso accade per i giardini alberati, può portare a benefici psicologici per anziani e persone fragili che dall'interno delle loro abitazioni si relazionano visivamente e fisicamente con l'esterno.

Effetti positivi





Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Aumento e tutela della biodiversità
-  Sequestro inquinanti atmosferici
-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano
-  Ombreggiamento
-  Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
-  Riduzione inquinamento acustico

Salute e qualità della vita

-  Valore paesaggistico
-  Favorire l'accessibilità
-  Finalità ricreative e inclusione sociale
-  Benefici sulla salute mentale
-  Aumento del valore economico dell'edificio

Effetti indesiderati/negativi

-  Manutenzione necessaria
-  Relazione con codice della strada
-  Possibile errore nella scelta delle alberature
-  Mancata continuità e contiguità delle masse arboree

I giardini alberati forniscono una serie di servizi ecosistemici contribuendo alla continuità ecologica, collegando gli elementi naturali e semi-naturali della città ed incrementando la biodiversità.

All'interno del tessuto urbanizzato sono di particolare rilevanza per ombreggiare e raffrescare gli spazi aperti pubblici tra gli edifici rendendoli inoltre più attrattivi.


Contribuiscono in termini di riduzione dell'inquinamento atmosferico, mitigazione delle isole di calore e gestione delle acque meteoriche regolandone il deflusso e riducendo i rischi di allagamento dovuti a forti e intense precipitazioni. In particolare la presenza di ampie superfici a prato favoriscono l'infiltrazione delle acque piovane in falda riducendo i picchi piovosi intensi.

La scelta accurata delle specie arboree (chiome alberate) riduce il rumore stradale e regola l'effetto isola di calore, grazie all'azione combinata di ombreggiamento ed evapotraspirazione.

Inoltre, la presenza di alberi e arbusti permette di catturare le particelle dannose di polveri sottili, per questo è consigliabile posizionare i giardini alberati nel tessuto costruito e il più possibile vicino alle fonti emissive al fine di massimizzare la capacità di intercettazione degli inquinanti.

L'inserimento di vegetazione in tessuti densamente urbanizzati permette di aumentare il valore immobiliare delle proprietà valorizzando il paesaggio e la quinta urbana.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

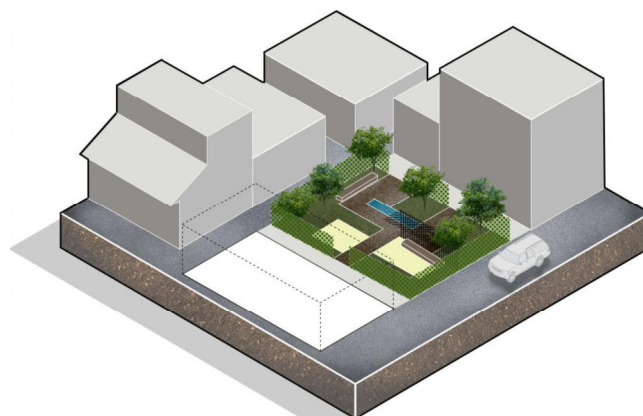
	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

✓ Fattibilità e indicazioni progettuali

Un modo efficiente per creare un giardino alberato è quello di utilizzare alberi a foglie caduche, in grado di fungere da protezione dall'irraggiamento nei mesi caldi e consentire ai raggi solari di arrivare a terra nei mesi invernali, fornendo protezione ai fruitori di questi spazi nell'arco di tutto l'anno. Le chiome degli alberi riducono infatti i picchi di temperatura estivi, riducono la quantità di radiazioni UV dannose che possono raggiungere i fruitori e rendono la vita in questi spazi piacevole. Le dimensioni delle chiome degli alberi dovranno essere compatibili con lo spazio a disposizione e l'interesse di posizionamento tra le alberature dovrà essere definito in funzione della configurazione a chioma pienamente sviluppata. Inoltre, si dovrà tenere conto delle esigenze legate alla luminosità degli spazi e delle aree circostanti. Infine, dovrà essere posta particolare attenzione alla scelta della forma, della struttura e del colore dovuto alle variazioni stagionali delle essenze arboree le quali avranno un forte impatto sulla percezione del giardino e la sua piacevolezza.




Alcuni elementi da tenere in considerazione nella progettazione dei giardini alberati, sono:

- **Dati climatici locali:** la tipologia di deve essere selezionata in base al tipo di suolo, ai dati relativi alle precipitazioni e alla geometria solare, a possibili periodi di siccità, anche in previsione di possibili future variazioni climatiche.
- **Aspetti idrogeologici:** va verificata la compatibilità delle caratteristiche chimico-fisiche del terreno con le essenze arboree scelte; in caso di falda salinizzata e poco profonda e dell'eventuale contatto con l'apparato radicale, va verificata la compatibilità. Inoltre, ambito urbano potrebbero essere carenti di nutrienti, presentare elevati livelli di alcalinità o acidità, o risultare contaminati da inquinanti di varia natura.
- **Caratteristiche geomorfologiche del sito:** i giardini alberati possono essere realizzati sia su grandi superfici, sia su spazi di risulta o spazi interclusi in contesti densamente urbanizzati. La scelta delle specie arboree da mettere a dimora dipenderà dalle condizioni del sito e dallo spazio a disposizione per l'accrescimento delle piante in relazione alle infrastrutture presenti e alle condizioni micro-climatiche.
- **Scelta delle specie:** relativamente la scelta delle essenze arboree è consigliabile utilizzare specie più adatte a sopravvivere in contesti urbani e garantire l'ottenimento dei benefici voluti. Particolare attenzione va posta relativamente le condizioni ambientali e microclimatiche del luogo quali, temperatura, apporto idrico, pH del sottosuolo, esposizione solare, esposizione alle fonti di inquinamento e al sale (presenza contatto con falda acquifera salinizzata di cuneo salino).



Schema giardini alberati

Credit Simone Malavolta

 Costi	<ul style="list-style-type: none"> • 10-20 €/m² de-pavimentazione della superficie, se minerale; • 120-150 €/m² realizzazione di opere a verde e sistema di irrigazione <p>Fonte: SOS4LIFE</p>
 Manutenzione	<p>I requisiti di manutenzione variano considerevolmente in base alle condizioni del luogo e alla tipologia di vegetazione selezionata. La manutenzione delle aree a prato e piantumate prevede lo sfalcio periodico della vegetazione e la potatura; inoltre, va controllata ed effettuata la rimozione di eventuali detriti, sedimenti e piante infestate oltre che la sostituzione di eventuali specie vegetali morte.</p> <p>La frequenza degli interventi di manutenzione dipende inoltre dalla tipologia di area in cui è collocato il giardino alberato (area residenziale centrale, periferica, periurbana, ecc.) e alle funzioni che contiene.</p>
 Indicatori	<p>I1: Assorbimento annuale di CO₂</p> <p>Unità di misura T CO₂ / anno</p> <p>Obiettivo desiderabile Massima copertura arborea possibile, in base alle caratteristiche dell'aria che lo ospita</p> <p>Fonte: Life Lugo + Biodinamico</p>

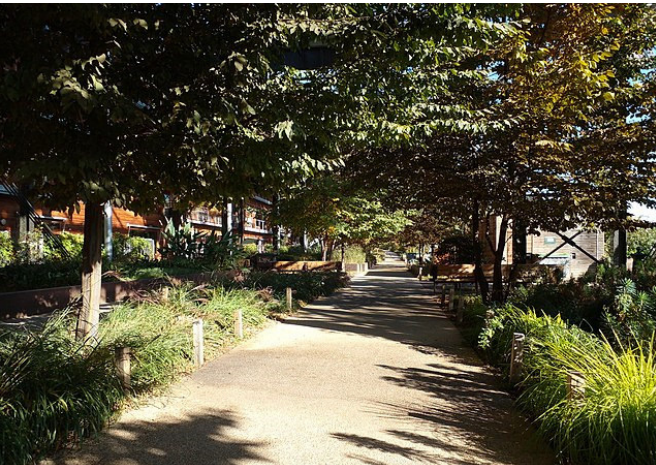
Approfondimenti e dettagli

I giardini alberati sono solitamente realizzati in ambito urbano e connessi a parchi, percorsi ciclopedonali e strade alberate presenti nella città. In contesti residenziali è possibile realizzare sia piccoli giardini pubblici sia aree verdi di quartiere inseriti nel tessuto urbano. In contesti commerciali o produttivo/direzionali possono essere realizzati ai margini di tali aree come dotazioni verdi ad uso dei lavoratori o dei fruitori. In corrispondenza di strade veicolari possono realizzarsi come aree di finitura e abbellimento della viabilità esistente.

In particolare, i giardini alberati favoriscono l'aggregazione sociale delle persone, offrono aree di sosta e riposo, spazi protetti dai rumori e dal traffico, e migliorano il comfort ambientale. La dotazione verde scelta, arborea e arbustiva, deve essere adattata alle condizioni specifiche di ogni spazio (efficienza, cattura degli inquinanti atmosferici, flessibilità, resilienza e adattamento, ecc.).

Sono caratterizzati dall'utilizzo di prati e materiali di pavimentazione permeabile o semi-permeabile, per differenziare i percorsi e le aree di sosta; dalla presenza di sedute e panchine per incentivare la sosta e la socializzazione; da elementi di arredo urbano, attrezzature per il gioco o lo sport, e da elementi di illuminazione per consentire la fruibilità dello spazio anche nelle ore serali.

Esempi e buone pratiche



Jardins Rosa-Luxemburg a Parigi

Recupero e riconversione di un ex-area ferroviaria dismessa a Parigi attraverso la realizzazione di un sistema di aree verdi e giardini alberati attrezzati per la sosta e l'incontro, spazi pubblici attrezzati e potenziamento dei servizi.

Fonte: Rc1959 CC BY-SA 4.0

Combinazione con altre soluzioni

A04; A05; A06; A011; A015; A019
BVN06; BVA01
C01

Bibliografia – sitografia

- Martínez, J.A.; Martínez, C.; Camino, G.; Pérez, M.; Gómez, J.; González, A.; López, M. & Salvador, J. (2019). Catálogo de Soluciones de Diseño Urbano "GUD LUGO". Ayuntamiento de Lugo - Proyecto LIFE Lugo+Biodinámico. <https://lugobiodinamico.eu>
- Regione Emilia-Romagna, progetto SOS4LIFE: Linee guida 2 edizione, vol. 1 - Liberare il suolo. Linee guida per migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici negli interventi di rigenerazione urbana;
- <http://www.labsimurb.polimi.it/nbs-catalogue/>
- <https://www.ruesdelyon.net/ilot/886-ilot-d-amaranthes.html>





Summary

Descrizione

La presenza dell'acqua nello spazio urbano aperto può ridurre la temperatura dell'aria per evapotraspirazione, assorbendo il calore, e migliorare il microclima urbano. La presenza di fontane o giochi d'acqua nel tessuto urbano, visti anche in lontananza, percepiti o solo sentiti attraverso il loro suono, anticipano la sensazione di raffrescamento e rendono gli spazi urbani più attraenti. In particolare, è stato dimostrato che la presenza di fontane e getti d'acqua, acqua nebulizzata e giochi d'acqua nel tessuto costruito possono generare un importante effetto rinfrescante, per via dell'ampia superficie di contatto con l'acqua, e possono diminuire la temperatura dell'aria circostante, per evapotraspirazione, fino a 3° C aumentando la sensazione di comfort nello spazio urbano. L'effetto di raffrescamento che si genera attraverso l'utilizzo di queste soluzioni progettuali può essere percepito fino a 35 metri di stanza dal loro posizionamento. Inoltre, l'uso combinato di acqua statica in quantità elevate e di acqua in movimento aumenta i benefici microclimatici e la socializzazione, soprattutto negli spazi dedicati alla sosta delle persone.

Effetti positivi





Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Gestione ciclo dell'acqua (raccolta e riutilizzo delle acque meteoriche)
-  Aumento evapotraspirazione
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano

Salute e qualità della vita

-  Finalità ricreative e inclusione sociale
-  Arredo urbano
-  Facilità di costruzione e utilizzo
-  Richiesta di spazi limitati
-  Benefici sulla salute mentale
-  Valore estetico

Effetti indesiderati/negativi

-  Manutenzione necessaria
-  Trattamento esclusivo di acqua pulita
-  Consumo di acqua e energia per il mantenimento
-  Manutenzione pavimentazione

La presenza di fontane con getti d'acqua, acqua nebulizzata e giochi d'acqua, nello spazio costruito contribuiscono a migliorare il microclima urbano attraverso la presenza di particelle di acqua nell'aria che consentono di diminuire le temperature.

Inoltre, attraverso l'evapotraspirazione, la superficie si rinfresca e il calore accumulato dai materiali urbani per irraggiamento solare viene accumulato dalla massa termica e dissipato di notte.

Quando l'acqua è in movimento, ad esempio con i giochi d'acqua o la nebulizzazione, attraverso la maggiore quantità di superficie di scambio termico tra acqua e uomo, quest'ultimo può trarne degli effetti positivi rispetto la presenza di elementi d'acqua in fase statica. Inoltre l'acqua può essere utilizzata per dissetarsi e rinfrescarsi.

Infine, l'applicazione di tali soluzioni progettuali se non è integrati in un più ampio piano di gestione dell'acqua, potrebbe comportare un aumento del consumo di acqua, e diventare insostenibile durante i periodi di siccità e delle ondate di calore.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓		
Pianura asciutta	✓	✓		
Collina costiera	✓	✓		

✓ Fattibilità e indicazioni progettuali

Una delle caratteristiche che rende questi interventi progettuali, caratterizzati dall'utilizzo di acqua in ambienti urbani, interessanti è che sono in grado di mitigare l'isola di calore urbana e favorire l'adattamento a temperature più calde, creando ambienti urbani più confortevoli e vivibili. In particolare, l'acqua delle fontane, dei giochi d'acqua e dei sistemi di nebulizzazione viene usata con l'obiettivo di migliorare il microclima urbano e raffreddare gli spazi aperti nella città, specialmente nelle aree caratterizzate da elevata isola di calore urbano.

Per esempio, una fontana con getti d'acqua può offrire un contributo importante se l'acqua "gettata" è di quantità elevata e conseguentemente rappresenta una importante massa termica, come nel caso di grandi fontane d'acqua, soprattutto se caratterizzate da acqua in movimento con circuito idraulico chiuso.

Invece, nel caso dei giochi d'acqua, dove il movimento è insito nel sistema, gli effetti sono più evidenti in quanto dovuti allo scambio radiante tra acqua e persone e per effetto della nebulizzazione delle goccioline d'acqua che si miscelano nel volume d'aria a contatto con le persone, comportando conseguentemente una riduzione della temperatura dell'aria. Nello specifico, i sistemi di nebulizzazione d'acqua negli spazi urbani aperti, mettono in diretto contatto l'aria e l'acqua, consentendo l'evaporazione dell'acqua attraverso il calore contenuto nell'aria, che a sua volta si raffredda, generando nelle persone che attraversano questi spazi una sensazione di raffrescamento ma non di umidità o sensazione di bagnato.

Anche la bagnatura delle strade con acqua per il raffrescamento è una pratica consolidata e sempre più utilizzata, in quanto tale pratica può ridurre la temperatura dell'aria di 0,70°C, applicando 1L d'acqua ogni mq di superficie, riducendo l'effetto di isola di calore di 2-4°C.

L'ostacolo maggiore per tali soluzioni progettuali è rappresentato dalla disponibilità di risorse idriche. La qualità e quantità di acqua necessarie variano in base alla tipologia di intervento.

Le fontane dovrebbero utilizzare acqua di recupero, stoccata in serbatoi riempiti con acqua grezza. Per facilitare la manutenzione e limitare il consumo di acqua, le fontane devono essere dotate di filtri a sabbia e di sistemi di trattamento con addolcitori, disinfezione e regolazione del pH, in modo da eliminare i rischi per le persone.

I giochi d'acqua in superficie dovrebbero invece riportare fessure funzionali al loro riempimento e svuotamento, ed una canalizzazione perimetrale per recuperare gli eventuali eccessi d'acqua, nonché degli apporti derivanti dai contributi meteorici esterni.




La nebulizzazione, invece, è ottenuta dalla dispersione di acqua potabile non riciclata.

Tali soluzioni progettuali possono essere utilizzate nei luoghi di passaggio della città, nelle piazze e nelle aree di sosta, anche in combinazione con altri sistemi come pergole o green shady structures, giardini alberati, contribuendo a generare soffitti freddi e ambienti raffrescati in maniera passiva.



Progetto giochi d'acqua a pavimento

Credit <https://www.fontanepubbliche.it/fontane/progettazione-fontane/progettazione-fontane-a-pavimento/>

 Costi	<p>I costi delle fontane, degli specchi d'acqua e dei giochi d'acqua sono da quantificare sulla base di un progetto definito.</p> <p>Per quanto riguarda gli impianti di nebulizzazione i prezzi possono essere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1.500-2.000 € per impianti professionali di nebulizzazione <p>Fonte: https://www.termar3000.it/nebulizzatori-acqua-locali-esterni/</p>
 Manutenzione	<p>La manutenzione richiesta è alta e periodica, per assicurare la salubrità e il corretto funzionamento dei sottoservizi soggetti a ostruzione.</p> <p>Inoltre, le fontane e i giochi d'acqua richiedono un monitoraggio e una manutenzione costante e regolare della qualità dell'acqua, dei filtri e degli ugelli di nebulizzazione, oltre che il controllo di eventuale sistema di illuminazione incorporato e/ o la rimozione dei depositi di calcare.</p> <p>Fonte: ClimateADAPT</p>
 Indicatori	<p>I1: umidità relativa RH. Range a seconda della temperatura</p> <p>I2: Indicatore di comfort come condizione di benessere o disagio nell'ambiente urbano</p>

Approfondimenti e dettagli

In particolare, per meglio intervenire sullo spazio pubblico aperto, l'eventuale utilizzo di un sistema di nebulizzazione va associato ad altre soluzioni basate sulla natura come ad esempio pergolati verdi o green shady structures, o giardini alberati. Infatti, tali interventi progettuali non risultano ottimali o prestanti in presenza i condizioni ambientali caratterizzate da elevata umidità o vento. Per questi motivi risulta necessario applicare un sistema di controllo automatico capace di verificare la potenza da utilizzare in funzione delle condizioni climatiche. Per evitare che le gocce si depositino sull'area occupata esistono diverse soluzioni quali:

- collocare i micronizzatori ad un'altezza tale da permettere all'acqua di mescolarsi ad un maggiore volume di aria;
- utilizzare modelli di micronizzatori che producono gocce di diametro più piccolo;
- far funzionare il micronizzatore in maniera discontinua.

Esempi e buone pratiche



Giochi d'acqua, Grottammare, Ascoli Piceno, Italia

<https://www.picenonews24.it/grottammare-a-natale-un-pista-di-ghiaccio-per-la-piazza-kursaal/>



Fontane giochi d'acqua a Grenoble, Francia

Fonte: Patafisik, CC BY-SA 4.0

Combinazione con altre soluzioni

**A02; A03; A08; A011; A014; A015
C01**

Bibliografia – sitografia

- Petsinaris, F., Baroni L., Georgi B. (2020). "Grow Green. Compendium of Nature-based and 'gray' solutions to address climate - and water - related problems in Europe cities.
http://growgreenproject.eu/wp-content/uploads/2019/03/Working-Document_Financing-NBS-in-cities.pdf
- <https://www.termar3000.it/nebulizzatori-acqua-locali-esterni/>
- <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/adaptation-options/water-uses-to-cope-with-heat-waves-in-cities>
- <https://adriadapt.eu/it/adaptation-options/utilizzi-delle-risorse-idriche-per-far-fronte-alle-ondate-di-calore-nelle-citta/>
- <http://www.officinaacquatica.com/fontane-a-sfioro.html>









Summary

Descrizione

Le alberature integrate con il sistema stradale offrono una serie rilevante di vantaggi per i cittadini e per la struttura urbana che le ospita in merito al comfort climatico e alla riduzione dell'inquinamento atmosferico da traffico, ma anche dal punto di vista dell'impatto visivo. Possono essere considerate come veri e propri corridoi verdi o anche come infrastrutture naturali lineari, e sono parte essenziale dell'ecologia del paesaggio urbano. Inoltre le strade alberate e in particolare i viali verdi sono da sempre annoverati tra le tipologie di spazi aperti urbani più attraenti, in grado anche di connotare simbolicamente il prestigio e la desiderabilità della città o di un quartiere e di influenzare il valore del mercato immobiliare della porzione di città in cui si trovano. Le strade alberate completano gli spazi verdi di una città, mitigano efficacemente il calore urbano, forniscono ombra e riparo per le piccole specie, proteggono, in genere supportano lo sviluppo della biodiversità e, non ultimo, influenzano il livello di vivibilità degli spazi aperti urbani. Inoltre la presenza di massa arborea posizionata a pochi passi dagli edifici, come spesso accade nei casi di strade alberate urbane, può portare a benefici psicologici per anziani e persone fragili che dall'interno delle loro abitazioni si relazionano visivamente con l'esterno.

Effetti positivi








Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Aumento e tutela della biodiversità
-  Sequestro inquinanti atmosferici
-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano
-  Ombreggiamento
-  Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
-  Riduzione inquinamento acustico

Salute e qualità della vita

-  Valore paesaggistico
-  Favorire l'accessibilità
-  Finalità ricreative e inclusione sociale
-  Benefici sulla salute mentale
-  Aumento del valore economico dell'edificio
-  Benefici economici

Effetti indesiderati/negativi

-  Manutenzione necessaria
-  Relazione con codice della strada
-  Presenza di insetti indesiderati o parassiti
-  Difficoltà d'integrazione tra infrastrutture verdi e grigie
-  Possibile errore nella scelta delle alberature
-  Mancata continuità e contiguità delle masse arboree
-  Impedimento dispersione degli inquinanti per effetto "canyon"

Le strade alberate forniscono una serie di servizi ecosistemici contribuendo alla continuità ecologica e al miglioramento del libero movimento delle specie.

All'interno del tessuto urbanizzato sono di particolare rilevanza per ombreggiare percorsi ciclo-pedonali e spazi di sosta rendendoli maggiormente attrattivi per la mobilità lenta sostenibile. Contribuiscono anche in termini di riduzione dell'inquinamento atmosferico, mitigazione delle isole di calore e gestione delle acque di prima pioggia regolandone il deflusso e riducendo i rischi di allagamento dovuti a forti e intense precipitazioni.


Nel caso di alberature stradali monofilari l'effetto è ridotto a causa di minor continuità e contiguità delle ombre.

Per massimizzare la funzione di raffrescamento e di miglioramento della qualità dell'aria è fondamentale una scelta accurata delle specie arboree.

L'inserimento di vegetazione in tessuti densamente urbanizzati permette di aumentare il valore immobiliare delle proprietà valorizzando il paesaggio e la quinta urbana.

Le alberature stradali possono avere un effetto opposto nella riduzione dell'inquinamento atmosferico a livello localizzato. Lungo le arterie stradali lunghe e strette, caratterizzate dal cosiddetto effetto canyon, la presenza di alberi può ostacolare la ventilazione e la dispersione degli inquinanti. Altri studi raccomandano di piantare le alberature il più vicino possibile alle fonti emissive per massimizzare la capacità di intercettazione degli inquinanti.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

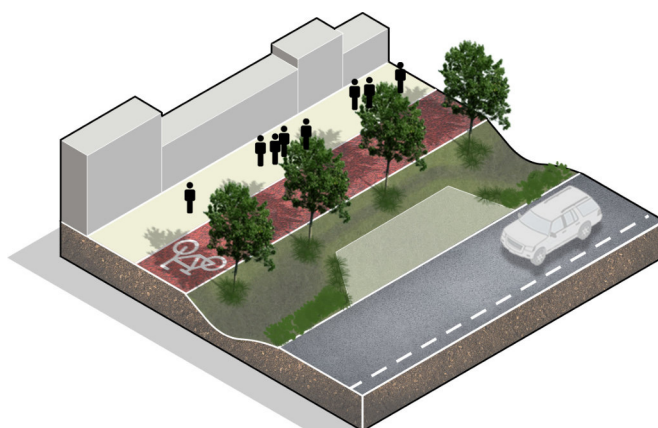
	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

Fattibilità e indicazioni progettuali




Un modo efficiente per creare una strada alberata è quello di utilizzare alberi a foglie caduche, in grado di fungere da protezione dall'irraggiamento nei mesi caldi e consentire ai raggi solari di arrivare a terra nei mesi invernali, fornendo dunque protezione ai cittadini che fruiscono di questi spazi nell'arco di tutto l'anno. Le chiome degli alberi riducono infatti i picchi di temperatura estivi, riducono la quantità di radiazioni UV dannose che possono raggiungere i pedoni e rendono la vita sulla strada più tollerabile.

Alcuni elementi da tenere in considerazione in caso di progettazione ex novo o di recupero di percorsi pedonali o strade di varia natura, sono:

- **Dati climatici locali:** la tipologia di essenza e la loro posizione dovrebbero essere selezionate in base al tipo di suolo, ai dati relativi alle precipitazioni e alla geometria solare, a possibili periodi di siccità, anche in previsione di possibili future variazioni climatiche.
- **Aspetti idrogeologici:** l'abbinamento di nuovi essenze dovrebbe essere calibrato in base alla tipologia di terreno presente, tenendo a mente aspetti di manutenzione e di vulnerabilità delle specie arboree che crescono in ambito urbano. Alcuni suoli in ambito urbano potrebbero essere carenti di nutrienti, presentare elevati livelli di alcalinità o acidità, o risultare contaminati da inquinanti di varia natura.
- **Caratteristiche geomorfologiche del sito:** gli alberi posizionati lungo le infrastrutture stradali richiedono uno spazio di dimensioni adeguate per consentire alle proprie radici di strutturarsi in modo sicuro. È dunque necessario prevedere uno spazio adeguato non solo tra gli alberi ma anche tra la posizione del tronco e la strada garantendo uno spazio minimo di suolo permeabile che consenta all'acqua di filtrare.
- **Rapporto con le infrastrutture:** le essenze arboree devono essere in grado di resistere alle vibrazioni del suolo, all'inquinamento dell'aria e dell'acqua e a altri fattori che potrebbero caratterizzare le condizioni urbane. Inoltre, gli alberi necessitano di essere periodicamente potati in modo da mantenere un equilibrio duraturo con le infrastrutture, in particolare assicurando di non occultare la vista degli automobilisti, ovvero senza rischiare di compromettere l'incolumità dei fruitori della strada.



Schema strada alberata
Credit Simone Malavolta

 Costi	<ul style="list-style-type: none"> • 20-30 €/m² per scavo profondo circa 1 m e smaltimento; • 30-40 €/ml per realizzazione strato filtrante sul fondo alveo (sezione 100xH50cm); • 300-800 €/m² messa a dimora di alberi di II o III grandezza a seconda del tipo di specie ed eventuale presenza di sistema di irrigazione <p><i>Fonte: SOS4LIFE, UrbanGreenUP</i></p>
 Manutenzione	<p>I requisiti di manutenzione variano considerevolmente in base alle condizioni del luogo e alla tipologia di essenza selezionata; la regolarità di irrigazione è normalmente più importante nei primi anni di vita delle piante fino a quando la struttura delle radici non è saldamente determinata. Gli alberi collocati lungo le arterie stradali devono essere privi di rami e foglie fino a almeno 2,5-3 metri da terra in modo da non interferire con il passaggio di automobili e pedoni. Gli alberi da frutta, così come quelli che producono eccessivo fogliame nei mesi autunnali non dovrebbero essere piantati ai bordi delle strade a meno che non sia previsto uno specifico budget dedicato per la manutenzione delle stesse.</p>
 Indicatori	<p>I1: Assorbimento annuale di CO₂</p> <p>Unità di misura T CO₂ / anno</p> <p>Obiettivo desiderabile Massima copertura arborea possibile, in base alle caratteristiche della strada</p> <p><i>Fonte: Life Lugo +Biodinamico</i></p>

A10

Strade alberate

Approfondimenti e dettagli

Le strade alberate possono riguardare modelli urbani come le passeggiate, i boulevard e i viali.

La scelta del tipo di vegetazione deve essere adattata alle condizioni specifiche di ogni spazio (efficienza, cattura dell'inquinamento, flessibilità, resilienza e adattamento, ecc.). I requisiti funzionali a livello del suolo e del sottosuolo non possono essere ignorati (spazio disponibile, infrastrutture e materiali).

L'opzione migliore per il sottosuolo è il suolo strutturale, una miscela di ghiaia e terriccio formando un sistema suolo-pietra.

Considerare la temporalità degli interventi nella costruzione del progetto formale ed estetico, mantenendo un equilibrio tra la struttura degli alberi, la loro età e lo spazio a disposizione. La manutenzione ha un ruolo fondamentale nel raggiungimento di questo equilibrio. L'apparato radicale tende ad estendersi con un'area simile o superiore alla proiezione della corona, interagendo nello con le basi dei marciapiedi circostanti. Le radici hanno bisogno di accedere all'umidità e ai nutrienti del suolo inserendo superfici permeabili intorno ai fusti. Deve essere garantita la non interferenza delle chiome in stato di maggiore età rispettando le distanze minime a seconda delle dimensioni dell'albero.

Esempi e buone pratiche



Schulstraße, Münster

Dietmar Rabich, CC BY-SA 4.0



Passeig de Sant Joan, Barcelona

Ayuntamiento de Barcelona, CC BY-SA 4.0

Combinazione con altre soluzioni

A02; A04; A05; A06; A07

BVA03

C01

Bibliografia – sitografia

- Martínez, J.A.; Martínez, C.; Camino, G.; Pérez, M.; Gómez, J.; González, A.; López, M. & Salvador, J. (2019). Catálogo de Soluciones de Diseño Urbano "GUD LUGO". Ayuntamiento de Lugo - Proyecto LIFE Lugo+Biodinámico. <https://lugobiodinamico.eu>
- World Bank, 2021. A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience. Washington, D.C. World Bank Group
- https://www.cittametropolitana.mi.it/Life_Metro_Adapt/index.html
- <http://www.labsimurb.polimi.it/nbs-catalogue/>
- <https://www.sos4life.it/>







Summary

Descrizione

Le pergole a verde sospeso e le "green shady structures" - strutture tessili impermeabili (tese) su cui è posizionato un substrato inerte ricoperto di vegetazione seminata - sono considerati interventi di micro-forestazione urbana, puntuale e di dimensioni ridotte, progettati all'interno di spazi cittadini aperti e fortemente assolati, cortili, aree di sosta, strade e percorsi ciclo-pedonali, con lo scopo di ombreggiare e rinfrescare questi spazi, e proteggere dagli scarichi delle automobili e dal rumore. Si tratta di spazi e percorsi caratterizzati dalla presenza di strutture di sostegno per specie arbustive e rampicanti. I sistemi progettuali più comuni sono: pergole; pergolati; graticci di rampicanti; teli tessili tecnici, tesi, con film non tessuto (ETFE), tessuto di poliestere/polivinilcloruro (PES/PVC), e tessuto rivestito (VETRO/PTFE). Nel caso si utilizzino soluzioni progettuali con elementi tessili, è necessario selezionare opportunamente il materiale ed il colore, in quanto in determinate condizioni climatiche, a causa del livello di umidità medio elevato, questi possono essere difficili da mantenere. Infine, definiti come interventi "leggeri", tali soluzioni presentano una serie di vantaggi rispetto ad altre tipologie di intervento che prevedono la messa a dimora di essenze arboree più stabili, in particolare, le tempistiche di realizzazione contenute e la disponibilità di spazi circoscritti.

Effetti positivi



Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Riduzione inquinamento acustico
-  Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
-  Miglioramento qualità dell'acqua (depurazione)
-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano
-  Sequestro inquinanti atmosferici

Salute e qualità della vita

-  Valore estetico
-  Arredo urbano
-  Finalità ricreative e inclusione sociale
-  Miglioramento della sicurezza
-  Aumento contatto con la natura

Effetti indesiderati/negativi

-  Manutenzione elevata
-  Costi elevati

Le pergole a verde sospeso e le "green shady structures", caratterizzate dalla presenza della componente vegetale e dall'uso di specifici materiali, contribuiscono ad aumentare il benessere termo-igrometrico, ridurre l'effetto di isola di calore urbana, agevolare l'infiltrazione delle acque, mitigare l'inquinamento acustico, migliorare la qualità dell'aria e a far ricongiungere le comunità locali alla natura. In particolare, queste soluzioni progettuali possono essere adattate a molteplici e differenti situazioni dell'ambiente urbano con lo scopo di ombreggiare e rinfrescare percorsi e spazi urbani assolati, e di mettere in collegamento, all'interno delle aree verdi, gli elementi di attrazione.

Tali strutture hanno la caratteristica di poter essere rimosse facilmente, ad esempio in caso di esecuzione di lavori stradali o di manutenzione delle infrastrutture tecnologiche a rete situati al di sotto dei percorsi.

Elementi di arredo e sedute integrati a tali soluzioni progettuali incentivano la sosta delle persone e favoriscono l'utilizzo dello spazio come luogo di socializzazione e incontro.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	
Pianura asciutta	✓	✓	✓	
Collina costiera	✓	✓	✓	

✓ Fattibilità e indicazioni progettuali

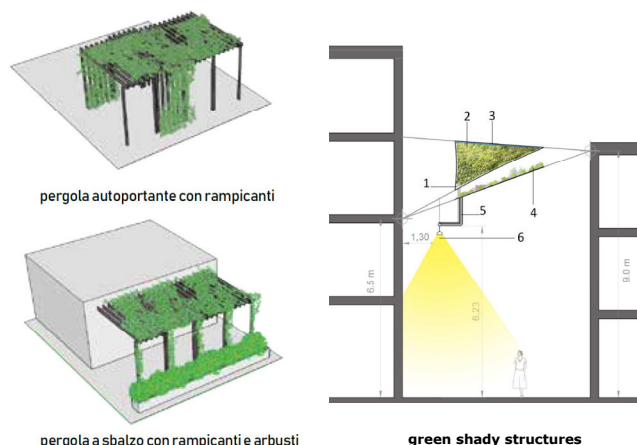
Una delle caratteristiche che rende questi interventi, considerati di micro-forestazione urbana, interessanti è che sono in grado di integrarsi in maniera adeguata ed efficace all'ambiente costruito e in modalità differenti, a seconda del contesto e della loro funzione.




Nello specifico, i pergolati verdi rappresentano soluzioni progettuali che possono essere realizzate in una molteplicità di spazi aperti come aree di sosta, parcheggi, piazze, parchi, giardini, e lungo percorsi ciclabili e pedonali, adattando la tipologia della struttura, i materiali e le specie vegetazionali in funzione dell'uso e del contesto di riferimento, paesaggistico e climatico. Possono essere costruite con strutture autoportanti, ancorate direttamente al terreno/pavimento attraverso montanti che sostengono le travi, o con strutture semi-portanti, addossate da un lato alle pareti degli edifici adiacenti, in corrispondenza delle quali vengono fissate le travi al muro, dall'altro sostenute da montanti ancorati a terra/pavimento. Per entrambe le tipologie strutturali è richiesta un'altezza totale compresa tra 2,5 e 3,0 metri e una larghezza massima di 5-6 metri, in maniera tale da avere un buon equilibrio dal punto di vista del rapporto forma/dimensione e di assicurare la stabilità della struttura in considerazione del peso della copertura vegetale, dell'azione del vento e di eventuali cumuli di neve. Per quanto riguarda le specie vegetali da introdurre, esse vanno scelte in base ai parametri micro-climatici del luogo e all'esposizione solare dell'area.

La vegetazione rampicante dovrà estendersi sia sulla copertura, al fine di garantire ombreggiamento negli spazi sottostanti nelle fasce orarie più calde, sia sulle pareti e sui montanti verticali, con lo scopo di garantire ombreggiamento e raffrescamento delle aree o dei percorsi durante tutta la giornata. Sono consigliate quasi tutte le specie di rampicanti da utilizzare in condizioni di pieno soleggiamento e rampicanti che tollerano l'ombra e crescono con poco sole come edera, gelsomino, ortensia rampicante, vite, ecc.

Le "green shady structures", invece, sono soluzioni progettuali ultraleggere (vele di copertura verdi) che possono essere installate su piazze pedonali e lungo strade e percorsi ciclo-pedonali. Il loro uso è particolarmente adatto in aree urbane ad alta densità. Si tratta di tensostrutture realizzate con materiali tessili tecnici, impermeabili, di forma triangolare con una lunghezza di circa 3-4 metri per lato, tese tra le facciate degli edifici o progettate su struttura propria utilizzando supporti verticali e ancoraggi, poste ad un'altezza di 5-7 metri, sulle quali cresce un sottile strato di vegetazione.

In particolare, al di sopra della superficie tessile viene posizionato un substrato inerte, il quale viene ricoperto di semi che germineranno e cresceranno sul supporto stesso. Parallelamente all'intervento, viene realizzato un sistema di tensionamento per sospendere le tubazioni di irrigazione fino alla centralizzazione dell'irrigazione. Ogni struttura tessile ombreggiata ha due tubi che si collegano con quello principale nella travatura reticolare.



 <p>Costi</p>	<p>I costi di realizzazione delle pergole dipendono dalla tipologia e dal materiale scelto per la struttura, e sono indicativamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 400-1.000 €/ml come costo medio che considera la variabilità dei materiali, la tipologia di struttura e la varietà delle specie vegetali impiegate. <p>I costi di realizzazione delle "green shady structures" dipendono dalla progettazione, dalla tipologia dei materiali utilizzati e dai fornitori.</p> <p>Fonte: SOS4LIFE</p>
 <p>Manutenzione</p>	<p>La manutenzione del sistema a pergolato dipende dal tipo di materiale usato per la struttura e dalle specie vegetali che si utilizzano. Materiali più durevoli e resistenti agli agenti atmosferici, come il ferro, l'acciaio o l'alluminio necessitano di minori interventi manutenzione, diversamente il legno. Relativamente la cura delle piante, è consigliabile utilizzare specie vegetali che non necessitano di frequenti potature di contenimento e che nel tempo possono danneggiare i materiali e compromettere la struttura.</p> <p>Per la manutenzione delle "green shady structures", viene realizzato un impianto di irrigazione capace di raggiungere il lato più alto della tensostruttura, da dove l'acqua cade per gravità, con lo scopo di bagnare il substrato. Oltre all'acqua, si dovrà fornire periodicamente del fertilizzante per mantenere le specie vegetali in buone condizioni. Sarà inoltre predisposto uno scarico per consentire il deflusso dell'acqua in eccesso raccolta nel punto più basso della struttura.</p> <p>Fonte: SOS4LIFE e https://www.singulargreen.com/green-shades-toldos-vegetales/</p>
 <p>Indicatori</p>	<p>I1: Percentuale di area ombreggiata rispetto al totale dell'area ricreativa o di transito all'aperto</p> <p>Unità di misura</p> <p>(I1) % (Area ombreggiata/Area totale) x 100 (I2) % (lunghezza dell'ombra/lunghezza del percorso) x 100</p> <p>Obiettivo minimo: ≥ 80% Obiettivo desiderabile: ≥ 100%</p> <p>Metodo di misurazione / Formula</p> <p>I1: $(A / B) \times 100$</p> <p>A: Area ombreggiata m² – lung. ombra ml B: Superficie totale m² – lung. del percorso ml</p> <p>Fonte: Life Lugo+ Biodinamico</p>

🔍 Approfondimenti e dettagli

Relativamente la realizzazione delle pergole verdi, possono essere utilizzati diversi materiali, la cui scelta va effettuata tenendo in considerazione l'inserimento nel contesto, la portata dei carichi attesi e la durabilità del materiale in riferimento al contesto climatico. In particolare, i materiali comunemente utilizzati sono:

- il **ferro**, materiale che consente di realizzare strutture più resistenti e con sezioni ridotte dei montanti ottimizzando lo spazio. Consentono di realizzare forme differenti, arrotondate e irregolari. La superficie del materiale, se opportunamente trattata, ha una lunga durata e non necessita di manutenzione frequente;
- l'**acciaio inox**, materiale costoso che si integra bene con contesti moderni. La superficie del materiale, se opportunamente trattata, ha una lunga durata e non di manutenzione frequente;
- l'**alluminio**, considerato il materiale più preformate in quanto consente di realizzare strutture leggere e resistenti. Richiede una minore manutenzione rispetto al ferro ma è importante verificarne le capacità di carico;
- il **legno**, materiale che consente di realizzare forme particolari e che da un aspetto alla struttura più naturale integrandola. Gli elementi che compongono i pergolati in legno sono: montanti principali posizionati ogni 3-4 metri (sezione di 10-15 cm); travi principali sostenute da montanti o in parte da montanti e in parte ancorate a muro (sezione di 10 cm x 12-15 cm di altezza); travetti secondari per sostenere i rampicanti disposti a 50-80 cm di distanza l'una dall'altra. In base alle condizioni climatiche del luogo, può richiedere una manutenzione più frequente e attenta.

Le green "green shady structures", invece, sono realizzate con:

- uno **strato di tessuto impermeabile** formato da telo in tessuto ETFE, o PES/PVC o VETRO/PTFE. Questo telo di tessuto impermeabile è teso e ancorato attraverso dei cavi d'acciaio fissati al muro delle facciate di edifici adiacenti o a un sistema di pali;
- un **substrato idroponico**, geotessile nel quale cresce la vegetazione, incollato al telo in tessuto impermeabile;
- un **sistema di irrigazione** posto sulla sommità del telo, composto da tubi di irrigazione a goccia che permettono di bagnare il substrato inerte;
- **vegetazione seminata**, costituita dal specie vegetali con scarso fabbisogno di nutrienti e acqua, resistenti al microclima del luogo e adatte a crescere su un substrato inerte;
- un **sistema di raccolta delle acque**, posto sul fondo della struttura di tessuto, per mantenere bagnato il substrato;
- un sistema di **illuminazione**.

Esempi e buone pratiche



Progetto di green shady structures, Valladolid

<https://www.singulargreen.com/proyctoeuropeo-urban-greenup-valladolid/>

Combinazione con altre soluzioni

A03; A08; A15; A18; A19

Bibliografia – sitografia

- Horizon 2020, "Nature4Cities", (2019). D2.3 - NBS database completed with urban performance data. <https://www.nature4cities.eu/results>
- Martínez, J.A.; Martínez, C.; Camino, G.; Pérez, M.; Gómez, J.; González, A.; López, M. & Salvador, J. (2019). Catálogo de Soluciones de Diseño Urbano "GUD LUGO". Ayuntamiento de Lugo - Proyecto LIFE Lugo+Biodinámico. <https://onedrive.live.com/?authkey=%21AMD6DVE%2D7iFR-IEo&cid=4DDDC219FE61ED26&id=4DDDC219FE61ED26%21117337&parId=4DDDC219FE61ED26%21117187&o=OneUp>
- Regione Emilia-Romagna, progetto SOS4LIFE: Linee guida 2 edizione, vol. 1 - Liberare il suolo. Linee guida per migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici negli interventi di rigenerazione urbana
- Singular green, 2021. "Green Shades". Dossier Commercial: <https://www.singulargreen.com/wp-content/uploads/2021/09/Dossier-Toldos-vegetales-V2021.pdf>
- World Bank, 2021. A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience. Washington, D.C. World Bank Group. https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/211102%20NBS%20catalogue_FINAL_LR.pdf
- <https://www.singulargreen.com/?s=leafskin>
- <https://www.urbangreenup.eu/solutions/green-shady-structures.kl>





Summary

Descrizione





Gli arredi urbani inverditi sono interventi di micro-forestazione urbana, fissi e mobili, progettati per attrezzare gli spazi pubblici della città e che integrano la vegetazione agli elementi di design urbano, con lo scopo di fornire ombreggiamento negli spazi aperti della città, ridurre gli inquinanti atmosferici e mitigare l'effetto dell'isola di calore urbana. Si tratta di manufatti che, se supportati da una adeguata vegetazione, come specie perenni, rappresentano un'opzione efficace per migliorare il comfort e la qualità dello spazio urbano. Gli arredi urbani inverditi sono composti da svariati elementi, ognuno con caratteristiche e funzioni diverse. Un esempio di queste nuove tecnologie è rappresentato dai *City Trees*, panchine verdi contro l'inquinamento cittadino. Sono dei pannelli verdi, composti da piante e muschi, che hanno lo scopo di ridurre l'inquinamento atmosferico nelle città in maniera efficace e in spazi ridotti. Altri esempi di tecnologie verdi applicate al design urbano, sono: i *Mobile Green Living Room*, sistemi di giardini verticali mobili con sedute e piccoli spazi espositivi, composte da pannelli vegetali fissati ad una piattaforma portacontainer a gancio; le pensiline per le fermate degli autobus che combinano le tecnologie del fotovoltaico a tetti vegetati; i *Living Pillars*, lampioni urbani inverditi per creare corridoi di biodiversità in città.

Effetti positivi

Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Sequestro inquinanti atmosferici
-  Aumento e tutela della biodiversità
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano

Salute e qualità della vita

-  Valore estetico
-  Finalità ricreative e inclusione sociale
-  Temporaneità
-  Aumento contatto con la natura

Effetti indesiderati/negativi

-  Costi elevati

Gli arredi urbani inverditi consentono di introdurre il verde in luoghi della città privi di vegetazione e in cui non potrebbero essere impiantate specie arboree e arbustive. In particolare, soluzioni progettuali, grazie alla varietà e alla densità di specie vegetali che integrano nella propria struttura, consentono di ottenere elevati benefici ambientali relativamente al miglioramento della qualità dell'aria, la creazione di zone d'ombra nello spazio aperto della città, la riduzione dell'effetto isola di calore e la mitigazione del micro-clima urbano.

Grazie alle specie vegetali che introducono e utilizzano, massimizzano e rendono costante la presenza del verde, negli spazi aperti e nelle strade della città, durante tutte le stagioni.

In particolare, gli elementi di arredo urbano inverdito che integrano nella propria struttura sedute, pannelli informativi, wi-fi, porte USB, prese di ricarica elettrica, ecc., incentivano la sosta delle persone, favorendo l'utilizzo dello spazio come luogo di incontro e socializzazione.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓		
Pianura asciutta	✓	✓	✓	
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

✓ Fattibilità e indicazioni progettuali

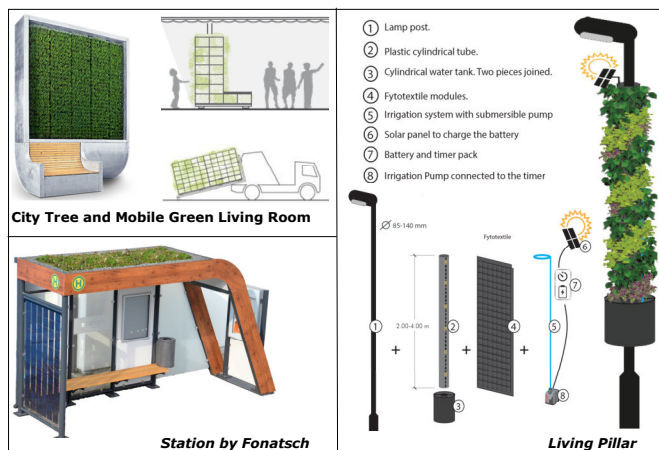
Una delle caratteristiche che rende questi interventi di micro-forestazione urbana interessanti è che sono grado di integrarsi in maniera adeguata ed efficace all'ambiente costruito, a seconda del contesto e della loro funzione, migliorandone il comfort e la qualità dello spazio.




Il **City Tree** è un filtro vegetale biotecnologico, sviluppato dalla start-up tedesca Green City Solutions, che ha l'obiettivo di migliorare la qualità dell'aria nelle città. Si tratta di una struttura verticale a pannello autoportante - alta 4 metri e larga 3 - che supporta diverse tipologie di vegetazione, colture di muschio e piante vascolari, selezionate per catturare le tossine presenti nell'aria, come particolato e ossidi di azoto, e rilasciare ossigeno. La struttura dispone di un serbatoio di raccolta dell'acqua piovana che viene riutilizzata per irrigare la vegetazione. Inoltre, all'interno della stessa, sotto la superficie vegetata, sono installate delle ventole, alimentate da pannelli fotovoltaici, che aspirano l'aria calda e inquinata - entro un raggio di 50 metri - filtrandola attraverso i muschi e le piante, che assorbono l'anidride carbonica e gli elementi inquinanti, raffreddando l'aria nel processo. Uno dei vantaggi stimati di tali dispositivi è quello di ridurre le temperature, nelle immediate vicinanze, di circa 2,5°C nei giorni più caldi. Grazie alle dimensioni ridotte e all'autonomia di esercizio, questi arredi verdi possono essere installati in molti luoghi cittadini come, piazze, strade, stazioni, centri commerciali, ecc.

Il **Mobile Green Living Room**, è una tecnologia di arredo urbano mobile, formato da pareti vegetate e sedute, che ha l'obiettivo migliorare la qualità dell'aria in città, fornire ombra e raffrescamento negli spazi aperti e mitigare l'effetto isola di calore. Si tratta di una costruzione le cui pareti sono formate da strutture portanti reticolari in cui sono inserite specie vegetate, posizionate in modo specifico, a seconda della esposizione e direzione del sole, che aiutano a ridurre le concentrazioni di inquinanti atmosferici e purificare l'aria. Ogni parte è in grado di ospitare fino a 30 diverse specie di piante su 140 mq di vegetazione superficiale. Inoltre, la struttura è dotata di un serbatoio per lo stoccaggio e un sistema di irrigazione automatizzato.

Le **"Station by Fonatsch"**, pensiline per autobus sostenibili, con tetti vegetati, progettate dalla società Green4Cities. Questa pensilina, di design intelligente, è dotata di un piccolo impianto fotovoltaico, completamente autosufficiente dal punto di vista energetico e un tetto vegetato. L'energia prodotta aziona il pannello informativo e l'illuminazione, inoltre è dotata di porte di ricarica USB, hotspot Wi-Fi e stazione di ricarica per e-bike.

Il **Living Pillar**, invece, è un sistema di inverdimento intelligente applicato su lampioni per illuminazione urbana e altre strutture verticali, per la creazione di verde verticale sviluppato sia per il retrofintg (elementi contenitori installati intorno a lampioni esistenti) che per nuovi progetti infrastrutturali (colonne prefabbricate rinforzate). Sistemi progettati per essere autosufficienti, alimentati da un pannello solare e integrando un sistema di irrigazione che riutilizza l'acqua in eccesso. Le specie impiantate sono accuratamente selezionate per la loro produzione stagionale di polline e nettare, introducendo anche specie vegetali adatte alla rimozione del particolato inquinante. All'interno del sottobosco vegetato sono installate cassette per uccelli, api e insetti che fungono da rifugio per la fauna e gli insetti urbani. L'obiettivo di tali soluzioni è quello di creare corridoi verdi nel tessuto costruito, introducendo specie vegetazionali sugli arredi urbani, con lo scopo di aumentare la biodiversità e migliorare la qualità dell'aria in città.



 <p>Costi</p>	<p>Il costo del modulo City Tree, a seconda degli elementi che lo compongono (panchine, pannelli fotovoltaici, pannello digitale, porte USB, ecc.) va da 25.000 € a 50.000 €</p> <p>Relativamente i costi delle altre tipologie di arredo urbano inverdito vanno consultati i produttori e fornitori.</p> <p><i>Fonte: Start-up Green City Solutions</i></p>
 <p>Manutenzione</p>	<p>Gli arredi urbani inverditi sono progettati per essere autosufficienti e ridurre al massimo gli interventi di manutenzione.</p> <p>In particolare, tali prodotti sono forniti di un sistema di irrigazione automatizzato incorporato di ricircolo dell'acqua, alimentato da pannelli fotovoltaici ad alta efficienza e di conseguenza richiedono poche ore di manutenzione all'anno.</p> <p><i>Fonte: Grow Green</i></p>
 <p>Indicatori</p>	<p>Indicatore (I1) Cattura di CO₂ (CaCO₂) (I2) % di pareti verdi</p> <p>Unità di misura (I1) g CO₂/anno (I2) %</p> <p>Obiettivo minimo (I1) 1 g CO₂/m² di parete (I2) 5% delle pareti</p> <p>Obiettivo desiderabile (I1) 2 g CO₂/m² di parete (I2) 10% delle pareti</p> <p>Metodo di misura / Formula Δg CO₂ = A x B A: % superficie della parete verde B: Capacità di cattura CO₂/m² (dipende dalla specie vegetale)</p> <p><i>Fonte: Life Lugo+ Biodinamico</i></p>

🔍 Approfondimenti e dettagli

La tecnologia **City Tree** si autoalimenta tramite pannelli solari capaci di fornire l'energia elettrica necessaria ad alimentare il sistema di irrigazione incorporato e gli altri dispositivi elettronici inseriti nella struttura. In particolare, City Tree è supportato dalla tecnologia Internet of Things (IoT), che permette di monitorare, analizzare e misurare da remoto le prestazioni della struttura relativamente: la qualità dell'aria, la capacità di filtraggio e la quantità di riduzione dell'inquinamento atmosferico.

Anche la tecnologia dei **Living Pillar** è stata progettata per essere autosufficiente, essendo alimentata da un pannello solare ad alta efficienza per ricaricare la batteria del sistema di irrigazione che riutilizza l'acqua piovana in eccesso raccolta. Nello specifico, l'acqua raccolta viene raccolta in un serbatoio di ricircolo, con pompa sommersa, integrato alla struttura, per riutilizzare tutta l'acqua in eccesso raccolta e non produrre sprechi.

Esempi e buone pratiche



Pannelli City Tree, Modena, Italia

Pannelli biotecnologici installati nell'ambito del progetto europeo "City tree scaler" promosso e finanziato da Climate-Kic in via Verdi a Modena.
<https://www.comune.modena.it/salastampa/archivio-comunicati-stampa/2017/5/operativo-in-via-verdi-il-201ccitytree201d-che-assorbe-lo-smog>



Living Pillars, Londra, Inghilterra

Living Pillars installati nell'ambito di un progetto pilota, sperimentale, promosso da Scotscape in collaborazione con Greenwich University e Grosvenor Britain & Ireland in Ebury Street, nel centro di Belgravia a Londra.
<https://www.scotscape.co.uk/services/living-pillar#What-is-LivingPillar%E2%84%A2?>

Combinazione con altre soluzioni

A03; A08; A14; A15; A17; A18; A19

Bibliografia – sitografia

- Città Metropolitana di Milano. 2018. Progetto LIFE "METRO ADAPT", Climate Change Adaptation Project: "Soluzioni Naturalistiche (NBS) per la Città Metropolitana di Milano";
https://www.lifemetroadapt.eu/it/wp-content/uploads/sites/2/2020/05/Schede-Tecniche_Verde-Urbano_pub.pdf
- Petsinaris, F., Baroni L., Georgi B. (2020). "Grow Green. Compendium of Nature-based and 'gray' solutions to address climate - and water - related problems in Europe cities."
http://growgreenproject.eu/wp-content/uploads/2019/03/Working-Document_Financing-NBS-in-cities.pdf
- Martínez, J.A.; Martínez, C.; Camino, G.; Pérez, M.; Gómez, J.; González, A.; López, M. & Salvador, J. (2019). Catálogo de Soluciones de Diseño Urbano "GUD LUGO". Ayuntamiento de Lugo - Proyecto LIFE Lugo+Biodinámico. <https://lugobiodinamico.eu>
- Smartscape, 2019. "Smart Living Pillar".
<https://scotscape.fra1.digitaloceanspaces.com/resources/Smart-Living-Pillar%E2%84%A2-brochure-December-2019.pdf?mtime=20191211110923>
- Smartscape, 2019. "Living Pillar".
<https://asset.source.thenbs.com/api/pdf/fd2ffa01-da44-4f3a-b54a-3af2db483bb0>
- <https://www.stationbyfonatsch.com/>
- <https://greencitysolutions.de/>
- <https://unalab.eu/system/files/2020-02/unalab-technical-handbook-nature-based-solutions2020-02-17.pdf>

Summary

Descrizione

Una separazione verde è una striscia di terreno di larghezza sufficiente a ospitare una rilevante quantità di massa arborea: può avere larghezza minima anche pari a un metro e uno sviluppo longitudinale pari allo sviluppo del lotto o del sistema infrastrutturale su cui si impianta. Talvolta è necessario individuare delle barriere fisiche che non consentano l'accesso a determinati siti o che marchino una perimetrazione rispetto a alcune infrastrutture urbane: in questi casi, quando il terreno lo consente, è possibile sostituire le barriere materiche e solide con altre vegetali, con i conseguenti benefici che tale intervento apporta. In altre situazioni funzionano da fasce fonoassorbenti in corrispondenza di strade trafficate. Le possibilità progettuali sono diverse e favoriscono la biodiversità, la connessione ecologica, la funzione di serbatoio faunistico, la protezione dallo smog e dal rumore. Possono inoltre avere un ruolo determinante nella connessione tra aree verdi urbane e aree rurali. Sono compatibili con recinzioni o pareti e quando necessario consentono di ridurre l'impatto estetico o di creare un effetto schermante.

Effetti positivi




Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Aumento e tutela della biodiversità
-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano
-  Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
-  Sequestro inquinanti atmosferici
-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Riduzione inquinamento acustico

Salute e qualità della vita

-  Valore paesaggistico
-  Finalità ricreative e inclusione sociale
-  Valore estetico
-  Favorire l'accessibilità
-  Produzione di biomassa

Effetti indesiderati/negativi


-  Manutenzione necessaria
-  Relazione con codice della strada
-  Presenza di comportamenti indesiderati

Possono essere utilizzate per proteggere aree residenziali, protette o ricreative, dai rumori prodotti da strade, autostrade, ferrovie e stabilimenti industriali.

Attraversando una fascia di vegetazione (alberi, cespugli, erba alta), il suono è costretto a subire un percorso tortuoso che tende a degradarlo in intensità. L'attenuazione prodotta dalle barriere naturali dipende dalla profondità e altezza dello schermo protettivo, dall'ampiezza e robustezza del fogliame, dalla densità della chioma e dalla durata della fogliazione.

Per ottenere una significativa riduzione del livello sonoro percepito (quindi con abbassamenti dell'intensità sonora maggiori di 10 dB) è necessario predisporre fasce di vegetazione di notevoli dimensioni, anche maggiori di 20-30 metri. Questo può costituire un limite nei contesti urbani e rende l'impianto di barriere esclusivamente in materiale vegetale realizzabile prevalentemente in contesti periurbani e rurali, o in presenza di grandi aree libere in corrispondenza delle linee di comunicazione.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale			✓	✓
Pianura asciutta			✓	✓
Collina costiera			✓	✓

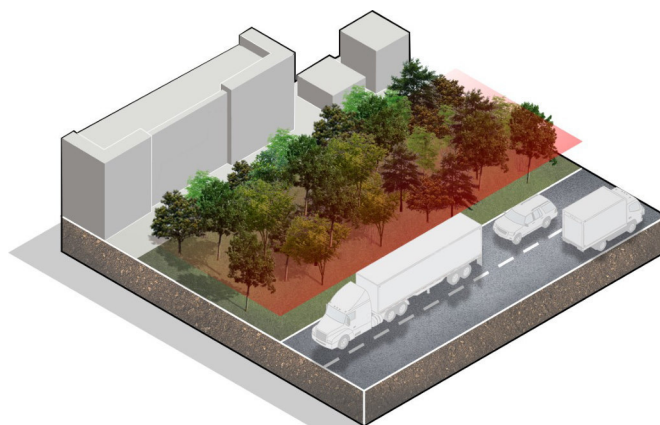
✓ Fattibilità e indicazioni progettuali




Gli interventi finalizzati alla creazione di aree di separazione verde, della larghezza minima di 1,00 m dovrebbero tenere in considerazione aspetti specifici del sito e in particolare:

- **Dati climatici locali:** la tipologia delle essenze e la loro posizione dovrebbero essere selezionate in base al tipo di suolo, ai dati relativi alle precipitazioni e alla geometria solare, a possibili periodi di siccità, anche in previsione di possibili future variazioni climatiche.
- **Aspetti idrogeologici:** l'abbinamento di nuovi essenze dovrebbe essere calibrato in base alla tipologia di terreno presente, tenendo a mente aspetti di manutenzione e di vulnerabilità delle specie arboree che crescono in ambito urbano. Alcuni suoli in ambito urbano potrebbero essere carenti di nutrienti, presentare elevati livelli di alcalinità o acidità, o risultare contaminati da inquinanti di varia natura.
- **Caratteristiche geomorfologiche del sito:** gli alberi posizionati lungo le infrastrutture stradali richiedono uno spazio di dimensioni adeguate per consentire alle proprie radici di strutturarsi in modo sicuro. È dunque necessario prevedere uno spazio adeguato non solo tra gli alberi ma anche tra la posizione del tronco e la strada garantendo uno spazio minimo di suolo permeabile che consenta all'acqua di filtrare.
- **Rapporto con le infrastrutture:** le essenze arboree devono essere in grado di resistere alle vibrazioni del suolo, all'inquinamento dell'aria e dell'acqua e ad altri fattori che potrebbero caratterizzare le condizioni urbane. Inoltre gli alberi necessitano di essere periodicamente potati in modo da mantenere un equilibrio duraturo con le infrastrutture, in particolare assicurando di non occultare la vista degli automobilisti, ovvero senza rischiare di compromettere l'incolumità dei fruitori della strada.

Considerando la conformazione e la collocazione delle aree di separazione, talvolta ubicate in spazi di confine o in aree di risulta dei sistemi infrastrutturale, è necessario prevedere delle aree di accesso per i mezzi che eseguono la manutenzione del sito.

Nel caso in cui le barriere verdi abbiano anche una funzione fonoassorbente, nei contesti urbani per problemi di spazio, si possono utilizzare congiuntamente l'impianto vegetale e il materiale inerte. In questo caso si parla di barriere composite che trovano realizzazione, per la parte artificiale, attraverso l'utilizzo di legno, ferro, cemento, schermate da alberi o siepi.



 Costi	<p>Il prezzo per la messa a dimora di una separazione verde dipende dal tipo di arbusto scelto, dalla sua lunghezza e altezza al momento della messa a dimora, dallo spessore della fascia.</p> <p>Per la messa a dimora di separazioni verdi di modesta dimensione, i costi sono seguenti:</p> <p>Investimento: 10-70 €/m² (alberi inclusi)</p> <p>Manutenzione: 1-2,5 €/m² /anno</p> <p>Nel caso di siepi pronte tra 1,00 e 1,5 ml di larghezza il costo può variare tra 120-200 €/ml.</p>
 Manutenzione	<p>I requisiti di manutenzione variano considerevolmente in base alle condizioni del luogo e alla tipologia di essenza selezionata; la regolarità di irrigazione è normalmente più importante nei primi anni di vita delle piante fino a quando la struttura delle radici non è saldamente determinata.</p> <p>Interventi di questo tipo dovrebbero richiedere irrigazione limitata una volta che gli alberi e gli arbusti sono a regime. Mediamente si considera un intervento all'anno, principalmente di potatura.</p>
 Indicatori	<p>I1: Cattura di CO₂ (CaCO₂)</p> <p>Unità di misura kg CO₂/anno</p> <p>Obiettivo Minimo 0,05 kg CO₂/m²·anno: corrispondente ad una vegetazione esclusivamente erbacea copertura.</p> <p>Obiettivo desiderabile 1 kg CO₂/m²·anno: corrispondente ad una copertura con predominanza di legnoso impianti.</p> <p>Metodo di misurazione / Formula CaCO₂ = [A x B] A: m² superficie limite vegetata B: valore medio di acquisizione (5 kg/CO₂/m²·anno per alberi + piante/arbusti legnosi; 1 kg co₂/m²·anno per le piante legnose; 0,05 kg CO₂/m²·anno per piante erbacee)</p> <p><i>Fonte: Life Lugo + Biodinamico</i></p>

Approfondimenti e dettagli

Le separazioni verdi richiedono un'ampia disponibilità di spazio e comportano tempi lunghi per il raggiungimento degli effetti a regime (almeno cinque anni).

I filari di piante (arbusti + alberi) devono essere impiantati a distanza tale da consentire una regolare crescita delle stesse. Nella scelta delle specie sono da privilegiare alcune caratteristiche:

- piante con fogliame anche nella parte bassa del tronco, per aumentare l'effetto barriera;
- sempreverdi, per evitare riduzioni di efficacia nei periodi invernali;
- specie rustiche, che richiedono una manutenzione limitata e l'abbattimento dei costi di realizzazione;
- vegetazione resistente agli agenti inquinanti, considerando che molti interventi si inseriscono in prossimità di arterie stradali a traffico intenso.

Esempi e buone pratiche



Siepe di delimitazione di un percorso

A Schaffenburg Reigersbergstr W Hedge.jpg, CC BY-SA 4.0



Barriera verde antirumore

<https://www.allgeosrl.com/Bantirumore.asp>

Combinazione con altre soluzioni

A08

BVN05; BVA01; BVA02

Bibliografia – sitografia

- Istra (2010), Mitigazioni a verde con tecniche di rivegetazione e ingegneria naturalistica nel settore delle strade»
- World Bank, 2021. A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience. Washington, D.C. World Bank Group
- Martínez, J.A.; Martínez, C.; Camino, G.; Pérez, M.; Gómez, J.; González, A.; López, M. & Salvador, J. (2019). Catálogo de Soluciones de Diseño Urbano "GUD LUGO". Ayuntamiento de Lugo - Proyecto LIFE Lugo+Biodinámico.
<https://lugobiodinamico.eu>
- <https://www.lifemetroadapt.eu/en/>

Summary

Descrizione

I pavimenti "a drenaggio duro" sono superfici drenanti che hanno lo scopo di rallentare lo scorrimento superficiale e il deflusso delle acque meteoriche e superficiali infiltrandole, lentamente e per mezzo di tutta la loro superficie, negli strati di sostegno sottostante, attraverso l'utilizzo di materiali porosi come asfalto poroso, calcestruzzo poroso, blocchetti in calcestruzzo ad incastro e griglie finitrici erbose.



La caratteristica principale di tali soluzioni è di immagazzinare l'acqua temporaneamente sotto la superficie prima di rimpiegarla, infiltrandola nel terreno o convogliandola verso uno scarico controllato. Sono generalmente utilizzate per il traffico pedonale e/o veicolare.

Effetti positivi




Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Riduzione del rischio di allagamenti
-  Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano
-  Miglioramento qualità dell'acqua (depurazione)
-  Aumento permeabilità
-  Mitigazione effetto isola di calore

Salute e qualità della vita

-  Valore estetico
-  Riduzione rischi per la salute

Effetti indesiderati/negativi


-  Manutenzione elevata
-  Formazione di polvere
-  Accessibilità limitata

I pavimenti a drenaggio duro risultano particolarmente efficaci nella gestione delle acque meteoriche e superficiali, aumentando il livello di infiltrazione e ritenzione delle precipitazioni nel sottosuolo, contribuendo ad alleviare i picchi di flusso. Inoltre, catturano gli inquinanti, rimuovendo il particolato sospeso dai sistemi idrici riducendo, conseguentemente, l'impatto sulla qualità dell'acqua. Migliorano la permeabilità delle acque urbane riducendo gli allagamenti dovuti alle acque superficiali.

Le pavimentazioni a drenaggio duro con griglie finitrici erbose, in particolare, oltre a consentire l'infiltrazione dell'acqua nel sottosuolo, alimentando le falde acquifere e aumentano la presenza di aree verdi urbane.

Questa tipologia di pavimentazione può essere sviluppata come parte di un sistema di drenaggio urbano sostenibile (SuDS) integrato, per ridurre la probabilità di inondazione e i relativi costi riabilitativi, oltre che aumentare il comfort climatico.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

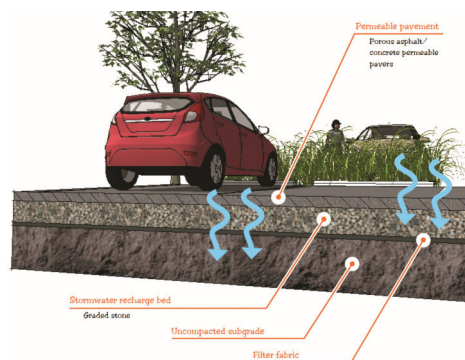
	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

✓ Fattibilità e indicazioni progettuali

Le pavimentazioni a drenaggio duro, sono superfici progettate per controllare e rallentare le acque meteoriche, ridurre il deflusso e il ristagno delle acque superficiali, e migliorare la qualità di tali acque nel processo di infiltrazione nel substrato attraverso un'ulteriore filtrazione. In particolare, hanno la caratteristica di intrappolare i solidi sospesi in superficie e conseguentemente di filtrare gli inquinanti associati alle acque piovane negli strati sottostanti. Ridurre la quantità e migliorare la qualità delle acque piovane e superficiali sono gli obiettivi principali delle pavimentazioni porose, in quanto tali soluzioni contribuiscono contemporaneamente alla laminazione e al trattamento delle acque, attraverso processi di filtrazione, assorbimento, biodegradazione e sedimentazione. Le tipologie più comuni di tali pavimentazioni sono: calcestruzzo poroso, asfalto poroso, blocchi in calcestruzzo ad incastro e griglie finitrici erbose a base polimerica. Sono particolarmente indicate per superfici destinate a traffico pedonale e/o veicolare.




La realizzazione di tali pavimentazioni include la costruzione di una serie di strati sottostanti che forniscono diverse opportunità di penetrazione e gestione delle acque, dalla superficie al substrato, che devono essere realizzati in base alle caratteristiche idrogeologiche del terreno. In generale, si possono individuare i seguenti strati: uno strato superiore di materiale poroso (asfalto/calcestruzzo poroso o blocchetti/finitrici ad incastro), uno strato di geotessile tessuto non tessuto, superiore, ad elevata capacità filtrante e permeabilità all'acqua, uno strato di ghiaia grossolana, uno strato di geotessile inferiore o membrana di tessuto permeabili, e un substrato di terreno naturale. L'inserimento dello strato di geotessile inferiore o membrana in tessuto filtrante e la scelta dello spessore variano a seconda del luogo di intervento e delle condizioni climatiche, in particolare, le aree caratterizzate da elevate e costanti precipitazioni richiedono il posizionamento di uno strato filtrante più profondo per mitigare il flusso aggiuntivo e calibrare il dissipamento.

Le pavimentazioni a drenaggio duro sono usate solitamente con lo scopo di immagazzinare e infiltrare le acque piovane che cadono sulla superficie stessa, ma possono essere utilizzate anche per gestire apporti di acqua proveniente da tetti e da altre superfici impermeabili adiacenti, come parcheggi. In caso di ingresso di acqua dal altre strade o parcheggi adiacenti, il rapporto massimo tra superficie impermeabile e quella permeabile dovrebbe essere 2:1, per ridurre al minimo il rischio che la frazione limosa ostruisca la superficie della pavimentazione. Quando accade, l'intasamento si sviluppa inizialmente al contatto tra le due superfici, per poi estendersi gradualmente attraverso la pavimentazione permeabile.



Pavimentazione permeabile parcheggio

https://www.montcopa.org/DocumentCenter/View/9735/Green-Sustainable-Parking-Guide-2_10_2016-Web?bidId=

 Costi	<p>I costi di realizzazione sono indicativamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 70-80 €/m² per asfalti e calcestruzzi drenanti • 80-100 €/m² per blocchetti in calcestruzzo; • 70-80 €/m² per griglie finitrici erbose; • 1-5 €/m² per indagini geotecniche del suolo; • 1-5 €/m²/anno per costi di manutenzione; <p>Fonte: NWRM e SOS4LIFE</p>
 Manutenzione	<p>Le pavimentazioni a drenaggio duro richiedono un controllo e una manutenzione regolare, attraverso spazzolatura e aspirazione, una volta all'anno, dopo la caduta delle foglie autunnali. I livelli di manutenzione devono essere elevati soprattutto nei primi anni di posa della pavimentazione. Particolare attenzione va prestata alle aree in cui l'acqua scorre sulla superficie permeabile dalle aree impermeabili adiacenti in quanto questa zona è più probabile che raccolga una maggiore quantità di sedimenti. Se necessario, comunemente una volta l'anno, va effettuata la rimozione di erbe infestanti con diserbante da un applicatore o mediante irrorazione. Ogni 10/15 anni, o secondo necessità (se le prestazioni di infiltrazione sono ridotte a causa di intasamenti), vanno riabilitate superficie e sottostruttura superiore mediante spazzamento riparativo.</p> <p>Fonte: SOS4LIFE e UrbanGreenUP</p>
 Indicatori	<p>I1: Riduzione del consumo di energia per infiltrazione o cattura di acqua piovana (ΔCE) I2: Percentuale di pavimentazione permeabile nello spazio pubblico</p> <p>Unità di misura I1: m² pavimentazione permeabile I2: %</p> <p>Obiettivo minimo >60% Obiettivo desiderabile >95%</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) $\Delta CE = A \times B$ A: m³ catturati B: consumo di energia in MWh per m³ trattato al WWTP (I2) $\Delta CE = A \times B$ A: m² di pavimentazione permeabile B: superficie totale</p> <p>Fonte: Life Lugo + Biodinamico</p>

Approfondimenti e dettagli

Le tipologie più comuni di pavimenti a drenaggio duro sono:

- **calcestruzzo poroso:** pavimentazione costituita da uno strato di 10 cm per le aree a parcheggio e di 15-30 cm per le strade, composta da aggregato grossolano, cemento idraulico, acqua, additivi aggiuntivi opzionali, che vanno a formare una superficie con una rete di pori caratterizzata da un contenuto di vuoti del 15-25%, che permettono all'acqua di filtrare, gettata su una fondazione in misto granulare. Tipologia adatta per strade caratterizzate da traffico medio-alto e leggermente trafficate, parcheggi e piste ciclabili (spessore strato superficiale di calcestruzzo infiltrante, a seconda delle condizioni e dei carichi previsti, 10/30 cm; strato di allettamento, aggregato di base composto da ghiaia grossolana, variabile in base del tipo di terreno; sotto-strato drenante, eventualmente pretrattato, 10/20 cm); sconsigliabile per stazioni di rifornimento carburante e aree con alte concentrazioni di idrocarburi infiltrabili nel sottosuolo.
- **asfalto poroso:** superficie costituita da uno strato di 5-10 cm, costituito da conglomerato bituminoso artificiale composto sabbia, bitume e ghiaia con grana più grossa (3-6 cm) rispetto l'asfalto normale, che va a formare una superficie ad elevata porosità caratterizzata da un contenuto di vuoti pari a circa 16%. Tipologia adatta per applicazioni che devono supportare leggere sollecitazioni, come strade residenziali di accesso, passi carrai, parcheggi, marciapiedi e piste ciclabili (spessore strato superficiale di asfalto poroso di 5/10 cm; fascia di filtrazione di circa 2 cm e strato di allettamento, aggregato di base composto da ghiaia grossolana, variabile a seconda del tipo di terreno, 10/30 cm; geotessuto, opzionale ma necessario volendo evitare migrazioni indesiderate di elementi più fini; terreno sotto-strato drenante); sconsigliabile per stazioni di rifornimento carburante e aree ad alta concentrazione idrocarburi infiltrabili nel sottosuolo.
- **blocchi in calcestruzzo ad incastro:** pavimentazione realizzata con blocchetti in calcestruzzo, incastrati tra loro, posati a secco e con l'inserimento di sabbia a posa ultimata, che va a riempire le fessure rendendoli stabili e fermi. Tipologia adatta per strade e piazzali a basso volume di traffico, piazzali di mercato, parcheggi, piste ciclabili e pedonali, cortili, terrazze, strade d'accesso, stradine (spessore min. strato superficiale cubetti in calcestruzzo 6/8 cm; giunzione tra cubetti 3/5 mm; letto di posa in sabbia 2/3 cm; stuoia in geotessuto, opzionale; strato di allettamento, aggregato di base composto da ghiaia grossolana, 10/20 cm; terreno sotto-strato drenante).
- **griglie finitrici o geocellule erbose a base polimerica:** pavimentazione realizzata con sistemi a griglie per erba a base di polimeri o finitrici cellulari realizzate in plastica, con strisce di polietilene ad alta densità saldate a lega polimerica e espansive per formare una struttura a nido d'ape riempita con sabbia, terreno o ghiaia. La scelta del tipo di griglia dipende dall'intensità del traffico e dai carichi che deve sostenere. Tipologia adatta per soluzioni destinate a basso traffico e aree a parcheggio non frequente (strato superficiale di grigliato eroso (elemento modulare) indicativamente 9/12 cm per formazione tappeto eroso, riempito con sabbia e terreno vegetale; letto di posa in sabbia 2/3 cm; strato di allettamento, aggregato di base composto da ghiaia grossolana, 15/35 cm; terreno sotto-strato drenante); non adatto in aree con traffico elevato e per aree a parcheggio interessate da veicoli o carichi pesanti.

Esempi e buone pratiche



Pavimento con blocchetti in calcestruzzo

Zollhallen Plaza, in Freiburg, Germany (Architects: Ramboll Studio Dreiseitl)

Combinazione con altre soluzioni

A01; A10; A17; A18; A19
D04

Bibliografia – sitografia

- Comune di Bologna, «Linee guida sull'adozione di tecniche di drenaggio urbano sostenibile per una città più resiliente ai cambiamenti climatici» 2018.
http://www.blueap.eu/site/wp-content/uploads/2018/07/Linee-Guida-SUDS-Bologna_EIB_rev1.pdf
- Comune di Milano, «Linee guida per la progettazione dei sistemi urbani di drenaggio sostenibile nel territorio comunale» 2020.
<https://www.magnificafabbrica.concorrimi.it/allegati/5.2%20Linee%20guida%20per%20la%20progettazione%20dei%20sistemi%20urbani%20di%20drenaggio%20sostenibile%20nel%20territorio%20comunale.pdf>
- EU Directorate General Environment, Catalogue Natural Water Retention Measures (NWRM), Individual NWRM "Permeable paving"; http://nwrms.eu/sites/default/files/nwrms_ressources/u3_-_permeable_paving_0.pdf
- MCPC (2015): Sustainable Green parking lots Guidebook.
https://www.montcopa.org/DocumentCenter/View/9735/Green-Sustainable-Parking-Guide-2_10_2016-Web?bidId=
- Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige – Agenzia provinciale per l'ambiente e la tutela del clima, "Gestione sostenibile delle acque meteoriche"; <https://ambiente.provincia.bz.it/acqua/gestione-sostenibile-acque-meteoriche.asp>
- Regione Emilia-Romagna, progetto SOS4LIFE: Linee guida 2 edizione, vol. 1 - Liberare il suolo. Linee guida per migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici negli interventi di rigenerazione urbana;

Summary

Descrizione

I pavimenti permeabili sono superfici drenanti, permeabili o semipermeabili, che hanno lo scopo di rallentare e ridurre lo scorrimento superficiale delle acque meteoriche che permeano nel terreno attraverso prati, sterrati, elementi modulari componibili, come blocchetti in cemento o stuoie in plastica rinforzate, caratterizzati da giunti riempiti con materiali permeabili come sabbia o ghiaia, in modo da permettere l'infiltrazione delle acque di dilavamento e la ricarica della falda sotterranea. Sono comunemente utilizzate su strade e parcheggi, su percorsi pedonali e ciclabili, ma possono essere utilizzate a un uso più ampio delle aree permeabili per favorire una maggiore infiltrazione.

Effetti positivi


Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Riduzione del rischio di allagamenti
-  Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano
-  Miglioramento qualità dell'acqua (depurazione)
-  Aumento permeabilità
-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Riduzione del rischio di inondazioni e alluvioni
-  Favorire l'economia circolare

Salute e qualità della vita

-  Valore estetico


Effetti indesiderati/negativi

-  Manutenzione della pavimentazione

I pavimenti permeabili hanno la peculiarità di garantire la riduzione dell'effetto run-off superficiale, grazie all'infiltrazione di parte delle acque meteoriche nel sottosuolo e negli strati strutturali sottostanti la pavimentazione, ricaricando le falde acquifere sotterranee e mantenendo umido il suolo.

Offrono inoltre il vantaggio di migliorare il contesto climatico mitigando 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.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

✓ Fattibilità e indicazioni progettuali

Le pavimentazioni permeabili sono superfici progettate per consentire all'acqua piovana di infiltrarsi sia nel sottosuolo (terreno e falde acquifere), sia di essere immagazzinata sotto terra ed essere rilasciata a velocità controllata nelle acque superficiali. Inoltre, possono essere utilizzate per drenare le acque ricadenti su superfici impermeabili vicine (ad es. tetti), allo scopo di evitare l'eventuale ostruzione delle superfici permeabili; in tali casi è consigliato mantenere un rapporto massimo di 2:1 tra superficie impermeabile drenante e pavimentazione permeabile.

Le tipologie di pavimentazioni permeabili più comuni sono: prati, sterrati inerbiti, sterrati, grigliati plastici inerbiti, grigliati in calcestruzzo inerbiti, cubetti o masselli con fughe larghe inerbite). Nonostante l'elevata capacità di infiltrazioni di alcune di queste soluzioni, si consiglia sempre di abbinarle ad un sistema fognario di troppo pieno. Sono particolarmente indicate per superfici a parcheggio, strade d'accesso, percorsi ciclo-pedonali, cortili, viali residenziali, ecc.

Tali soluzioni progettuali possono essere realizzate ex-novo o impiegate nelle riqualificazioni, sostituzioni, manutenzioni e ampliamenti, sostituendo le superfici impermeabili esistenti (asfalto, lastricati con giunti cementati, calcestruzzi, ecc.) con lo scopo di reimpermeabilizzare il suolo.

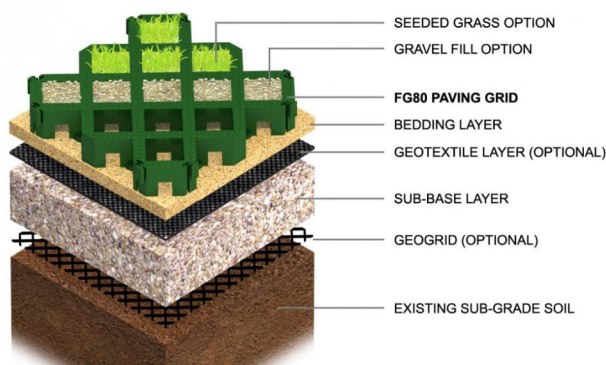
L'utilizzo di queste pavimentazioni dipende soprattutto dalla permeabilità del suolo di sottofondo che deve avere una presenza di argilla inferiore al 30%. Inoltre, è consigliato non prevedere sotto-servizi al di sotto delle pavimentazioni.

Ai fini di una corretta progettazione di tali soluzioni progettuali è necessario:

- fare un'analisi delle caratteristiche geologiche del terreno e della sua permeabilità;
- fare un valutazione iniziale della quantità di acqua che la pavimentazione dovrà assorbire. In tale direzione è necessario verificare che la capacità di infiltrazione della pavimentazione permeabile sia maggiore della massima intensità di pioggia ricadente sulla superficie di progetto. La capacità di infiltrazione varia a seconda della tipologia di pavimentazione (dati forniti dalle aziende produttrici). È comunque consigliabile considerare un fattore di riduzione delle prestazioni (diminuzione della capacità di infiltrazione nel tempo per l'intasamento delle fessure o dei pori) pari a 10;
- fare una stima del volume e della tipologia di traffico che la pavimentazione dovrà supportare e dimensionare gli strati che compongono il manto stradale permeabile.




In caso di rischio di contaminazione della falda, instabilità dei pendii o vicinanza alle fondazioni, dovranno essere posti allo strato di fondo delle pavimentazioni permeabili, dei dreni capaci di convogliare le acque di pioggia trattate in altro punto di scarico.

Nel caso di utilizzo di tali pavimentazioni nelle aree a parcheggio, è consigliato utilizzare della ghiaia per il riempimento dei monoblocchi, impiegando inerti con diametri di almeno 0.8-1 cm per evitare che la pressione delle auto, gli olii e le intemperie possano favorire una riduzione della capacità di filtrazione.



Stratigrafia soluzione pavimentazione permeabile

<https://www.duratex.co.uk/ground-stabilisation/173-heavy-duty-permeable-paving-grid-80mm-thick.html>

 Costi	<p>I costi di realizzazione sono indicativamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 10 €/m² per prati • 40-50 €/m² per ghiaia rinverditata • 70-80 €/m² grigliati plastici e in calcestruzzo inerbiti • 30-50 €/m² per sterrati • 8-100 €/m² masselli con fughe inerbite • 1-5 €/m² per indagini geotecniche del suolo • 1-5 €/m²/anno per costi di manutenzione <p>Fonte: <i>NWRM e SOS4LIFE</i></p>
 Manutenzione	<p>I pavimenti permeabili richiedono un controllo e una manutenzione delle superfici regolare, attraverso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • controllo che la superficie sia libera da sedimenti; • controllo che la superficie sia drenata e la pavimentazione libera da detriti; • assicurarsi che la pavimentazione si asciughi fra due eventi meteorologici consecutivi; • adeguata manutenzione in caso di malfunzionamento; <p>Inoltre dovranno essere effettuate annualmente ispezioni che hanno lo scopo di rilevare eventuali danneggiamenti. Infine, ogni 3-4 anni dovrà essere effettuata una pulizia per liberare la superficie da eventuali sedimenti attraverso aspirazione.</p> <p>Fonte: <i>URBAN GreenUP</i></p>
 Indicatori	<p>I1: Riduzione del consumo di energia per infiltrazione o cattura di acqua piovana (ΔCE) I2: Percentuale di pavimentazione permeabile nello spazio pubblico</p> <p>Unità di misura I1: m² pavimentazione permeabile I2: %</p> <p>Obiettivo minimo: >60% Obiettivo desiderabile: >95%</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) $\Delta CE = A \times B$ A: m³ catturati B: consumo di energia in MWh per m³ trattati WWTP (I2) $\Delta CE = A \times B$ A: m² di pavimentazione permeabile B: superficie totale</p> <p>Fonte: <i>Life Lugo+ Biodinamica</i></p>

Approfondimenti e dettagli

Esistono diverse tipologie di pavimentazioni permeabili, ognuna con proprie caratteristiche prestazionali e specifiche capacità di utilizzo:

- **prati**: superficie costituita da uno strato di terreno organico rinverdito a prato. La superficie viene costipata prima del rinverdimento. In tali casi la percentuale a verde è pari al 100%. Tipologia adatta per superfici che non necessitano di particolare resistenza come percorsi pedonali o parcheggi per automobili utilizzati saltuariamente (strato di allettamento 20/30 cm).
- **sterrati inerbiti**: superficie costituita da uno strato di terreno organico mescolato con ghiaia senza leganti. La superficie viene seminata a prato prima del costipamento. La percentuale a verde raggiunge il 30%. Tipologia adatta per parcheggi, piste ciclabili e pedonali, cortili, stradine (strato di allettamento 15 cm; sottofondo drenante 15/30 cm).
- **sterrati**: superficie composta da ghiaia di granulometria uniforme senza leganti. Tipologia adatta per parcheggi, piste ciclabili e pedonali, cortili, spiazzi, strade d'accesso, stradine (spessore min. strato superficiale 6 cm; strato di allettamento 3/5 cm; sottofondo drenante 15/30 cm).
- **grigliati plastici inerbiti**: sono grigliati in materie plastiche riempiti con terreno organico e inerbiti. La percentuale a verde supera il 90%. Tipologia adatta per parcheggi e strade d'accesso a carrabilità medio-leggera (spessore min. strato superficiale 3/4 cm; strato di allettamento 3/5 cm; sottofondo drenante 15/30 cm).
- **grigliati in calcestruzzo inerbiti**: blocchi in calcestruzzo con aperture a nido d'ape riempite con terreno organico e inerbite. La percentuale a verde supera il 40%. Tipologia adatta per parcheggi e strade d'accesso a carrabilità medio-leggera (spessore min. strato superficiale 8 cm; strato di allettamento 3/5 cm; sottofondo drenante 15/30 cm).
- **cubetti o masselli con fughe larghe inerbite**: pavimentazione realizzata con masselli in calcestruzzo posizionati distanziati attraverso fughe larghe riempite di graniglia o coltivati a prato. La percentuale a verde raggiunge il 35%. Tipologia adatta per parcheggi, piste ciclabili e pedonali, cortili, spiazzi, strade d'accesso, stradine a carrabilità media (spessore min. a secondo del fornitore; strato di allettamento 5 cm; sottofondo drenante 15/30 cm).

Esempi e buone pratiche



Pavimento verde

Natural path", in E.V.A. Lanxmeer distric, Culemborg, The Netherlands

Combinazione con altre soluzioni

A01; A10; A17; A18; A19
D04

Bibliografia – sitografia

- Comune di Bologna, «Linee guida sull'adozione di tecniche di drenaggio urbano sostenibile per una città più resiliente ai cambiamenti climatici,» 2018. http://www.blueap.eu/site/wp-content/uploads/2018/07/Linee-Guida-SUDS-Bologna_EIB_rev1.pdf
- Comune di Milano, «Linee guida per la progettazione dei sistemi urbani di drenaggio sostenibile nel territorio comunale» 2020. <https://www.magnificafabbrica.concorrimi.it/allegati/5.2%20Linee%20guida%20per%20la%20progettazione%20dei%20sistemi%20urbani%20di%20drenaggio%20sostenibile%20nel%20territorio%20comunale.pdf>
- EU Directorate General Environment, Catalogue Natural Water Retention Measures (NWRM), Individual NWRM "Permeable paving"; http://nwrn.eu/sites/default/files/nwrn_ressources/u3_-_permeable_paving_0.pdf
- MCPC (2015): Sustainable Green parking lots Guidebook. Online: https://www.montcopa.org/DocumentCenter/View/9735/Green-Sustainable-Parking-Guide-2_10_2016-Web?bidId=
- Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige – Agenzia provinciale per l'ambiente e la tutela del clima, "Gestione sostenibile delle acque meteoriche"; <https://ambiente.provincia.bz.it/acqua/gestione-sostenibile-acque-meteoriche.asp>
- Regione Emilia-Romagna, progetto SOS4LIFE: Linee guida 2 edizione, vol. 1 - Liberare il suolo. Linee guida per migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici negli interventi di rigenerazione urbana

Summary

Descrizione



I pavimenti freddi sono superfici riflettenti e permeabili, che hanno lo scopo di ridurre la quantità di calore assorbita dalla pavimentazione consentendo all'aria, all'acqua e al vapore acqueo di entrare nei vuoti della pavimentazione, mantenendo la superficie fresca e umida. La caratteristica principale di tali soluzioni è la capacità di riflettere le radiazioni solari utilizzando materiali chiari altamente riflettenti ed emissivi per aumentare l'albedo, come aggregati riflettenti, leganti riflettenti o trasparenti, o rivestimenti superficiali riflettenti, e materiali evaporativi. In particolare, il meccanismo della "pavimentazione fresca" si basa sull'idea che aumentando la riflettanza della superficie della pavimentazione, verrà assorbita meno luce solare, abbassando di conseguenza la temperatura della pavimentazione.

Effetti positivi



Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Sequestro inquinanti atmosferici
-  Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano
-  Miglioramento qualità dell'acqua (depurazione)
-  Aumento permeabilità
-  Mitigazione effetto isola di calore

Salute e qualità della vita

-  Riduzione rischi per la salute
-  Diminuzione del carico radiante sulla persona


Effetti indesiderati/negativi

-  Aumento luminosità (alta riflessione negli occhi)
-  Costi elevati

I pavimenti freddi tendono ad immagazzinare meno calore e possono avere temperature superficiali inferiori rispetto alle pavimentazioni convenzionali. Abbassando la temperatura dell'aria esterna, consentono ai condizionatori d'aria di raffreddare gli edifici con meno energia aumentando il risparmio energetico e riducendo le emissioni. Inoltre, diminuendo la temperatura dell'aria urbana contribuiscono a rallentare le reazioni chimiche atmosferiche che generano smog riducendo le malattie legate agli inquinanti in atmosfera e rendendo la vita all'aria aperta più confortevole.

Riducono il deflusso delle acque piovane consentendo all'acqua di infiltrarsi nella pavimentazione e nel suolo. Fungono da filtro, rimuovendo polvere, sporco e sostanze inquinanti dall'acqua prima che penetri nelle acque sotterranee. Le pavimentazioni fredde abbassano le temperature superficiali, raffreddando così l'acqua piovana e riducendo i danni ai bacini idrografici locali. Infine, riducono il calore assorbito sulla superficie terrestre compensando il riscaldamento causato dai gas serra e migliorando il microclima urbano.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

Fattibilità e indicazioni progettuali

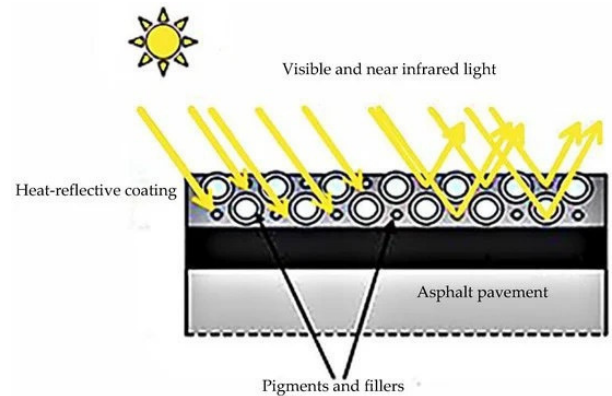
Le pavimentazioni fredde sono superfici progettate utilizzando materiali freddi capaci riflettere le radiazioni solari e immagazzinare meno calore, al fine di avere temperature superficiali inferiori rispetto alle pavimentazioni convenzionali, con l'obiettivo di mitigare l'isola di calore urbana e migliorare il comfort termico della città.

In particolare, con i temine materiali freddi si intendono tutti quei materiali in grado di mantenere temperature superficiali inferiori, rispetto a quelli tradizionali, riflettendo, assorbendo e immagazzinando quantità ridotte di radiazione solare, aumentando la capacità della pavimentazione di rifrescarsi di notte o lasciando raffreddare la pavimentazione per evaporazione utilizzando materiali porosi.

Le soluzioni progettuali per tali superfici includono pavimenti altamente riflettenti ed emissivi e pavimenti evaporativi. La riflettanza solare (SRI), o albedo, principale caratteristica dei pavimenti freddi, è la frazione di radiazione riflessa da una superficie rispetto la radiazione solare che la investe (maggiore è la riflettanza, maggiore è la capacità della superficie di rimanere fresca).

Generalmente, i materiali da utilizzare nelle pavimentazioni fredde si scelgono in base alle funzioni che svolgono e alla colorazione (prevalentemente materiali chiari, bianchi e colorati riflettenti), includendo:

- **pavimentazioni in asfalto tradizionali**, costituite da un legante bituminoso misto ad aggregato, possono essere modificate con materiali ad alto albedo o trattate dopo la posa per aumentare la riflettanza;
- **pavimentazioni in calcestruzzo tradizionali**, realizzati mescolando cemento Portland, acqua e aggregati;
- **altre pavimentazioni riflettenti**, realizzati con una varietà di materiali, includono:
 - pavimentazioni a base di resina, che utilizzano resine arboree trasparenti al posto di elementi a base di petrolio per legare un aggregato
 - asfalto colorato e cemento colorato, con aggiunta di pigmenti per aumentare la riflettanza
- **pavimentazioni permeabili non vegetate**, contengono vuoti e sono progettate per consentire all'acqua di defluire attraverso la superficie nei sottostrati e nel terreno sottostante (asfalto poroso, asfalto gommato, calcestruzzo permeabile, finitrici in mattoni)
- **pavimentazioni permeabili con vegetazione**, utilizzano reticoli di plastica, metallo o cemento come supporto e consentono all'erba o ad altra vegetazione di crescere negli interstizi
- **whitetopping**, strato di calcestruzzo di spessore superiore a 10 cm, spesso contenente fibre per una maggiore resistenza
- **microsuperficie**, materiale con alto albedo composto da un sottile strato sigillante, costituito da cemento, sabbia, altri riempitivi e una miscela liquida di resina polimerica emulsionata, utilizzato per la manutenzione stradale. I materiali di colore chiaro possono essere utilizzati per aumentare la riflettanza solare dell'asfalto.



<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061815004869?via%3Dihub>

<p>Costi</p>	<p>I costi di realizzazione dipendono da molti fattori tra cui i prezzi regionali, il clima locale, i suoli sottostanti, la tipologia di progetto, ecc. Per le pavimentazioni permeabili i costi di realizzazione sono indicativamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 30-65 €/m² per asfalto convenzionale • 70-80 €/m² per asfalti e calcestruzzi drenanti • 80-100 €/m² per blocchetti in calcestruzzo • 70-80 €/m² per griglie finitrici erbose; <p>Fonte: SOS4LIFE</p>
<p>Manutenzione</p>	<p>I materiali utilizzati per costruire le tecnologie riflettenti ed evaporative sono in genere meno durevoli in quanto i loro pori possono ostruirsi nel tempo, richiedendo manutenzione e riducendo così la loro efficienza.</p> <p>Tali pavimentazioni un controllo e una manutenzione regolare, attraverso spazzolatura e aspirazione, una volta all'anno.</p> <p>Fonte: SOS4LIFE e UrbanGreenUP</p>
<p>Indicatori</p>	<p>I1: Riduzione del guadagno di calore dalle superfici esposte all'irraggiamento diretto nei mesi più caldi e aumento guadagno di calore nei mesi più freddi.</p> <p>Unità di misura I1: $A = \% \text{radiazione riflessa} / \% \text{radiazione incidente}$</p> <p>Obiettivo minimo "For summer locations": Sup. esposte a luce solare diretta più di 6 ore: $A \geq 0,3$ Sup. esposte a luce solare diretta da 2 a 6 ore: $A \geq 0,15$ "For winter locations": Solo sup. esposte a luce diretta del sole: $A < 0,30$</p> <p>Obiettivo desiderabile "For summer locations": Sup. esposte a luce solare diretta più di 6 ore: $A \geq 0,4$ Sup. esposte a luce solare diretta da 2 a 6 ore: $A \geq 0,20$ "For winter locations": Solo sup. esposte a luce diretta del sole: $A < 0,20$</p> <p>Metodo di misura Albedo. I valori di albedo devono essere forniti dal produttore materiale o calcolati o approssimati dal team di progettazione tramite manuali specifici.</p> <p>Fonte: Life Lugo+ Biodinamico</p>

Approfondimenti e dettagli

Applicazioni e proprietà che in influenzano le pavimentazioni:

- **pavimentazioni in asfalto tradizionali:** la riflettanza solare di tale materiale, che inizialmente può essere del 5%, può aumentare fino al 15-20% con l'invecchiamento del materiale. Inoltre, utilizzando pigmenti colorati o sigillanti, è possibile aumentare la riflettanza del materiale. Tale materiale, riflettendo più energia solare, abbassa la temperatura della pavimentazione e riduce il calore in superficie. Può essere utilizzato in molte applicazioni come strade veicolari, vie pedonali, aree a parcheggio, ecc.
- **pavimentazioni in calcestruzzo tradizionali:** la riflettanza solare può arrivare al 40%. Inoltre, utilizzando cemento bianco anziché miscela in cemento grigio, è possibile aumentare la riflettanza del materiale al 70%. Tale materiale, riflettendo più energia solare, abbassa la temperatura della pavimentazione e riduce il calore in superficie. Può essere utilizzato in molte applicazioni come strade veicolari, vie pedonali, aree a parcheggio, ecc.
- **altre pavimentazioni riflettenti:** a base di resina e asfalto/cemento colorato, queste pavimentazioni avranno riflettanze solari variabili in base ai materiali utilizzati per costruirle. Tale materiale, riflettendo più energia solare, abbassa la temperatura della pavimentazione riducendo il calore in superficie. L'uso dipende dall'applicazione della pavimentazione, in genere, vengono utilizzate in aree a basso traffico come marciapiedi, percorsi ciclo-pedonali, sentieri e parcheggi.
- **pavimentazioni permeabili non vegetate:** asfalto poroso, asfalto gommato, calcestruzzo permeabile, finitrici in mattoni, tutti materiali che forniscono il raffreddamento per evaporazione. La riflettanza di tali superfici dipende dai singoli materiali. In generale, le pavimentazioni permeabili possono essere meno riflettenti del loro equivalente non permeabile a causa della maggiore superficie. Tali materiali, quando bagnati, abbassano la temperatura della pavimentazione attraverso il raffreddamento per evaporazione. Una volta asciutti possono però essere caldi in superficie e con temperature del sottosuolo simili all'equivalente non permeabile. Strutturalmente utilizzabili per svariati usi: autostrade, strade urbane e territoriali, parcheggi, sentieri, percorsi ciclabili e pedonali, ecc.
- **pavimentazioni permeabili con vegetazione:** prati, grigliati plastici o in calcestruzzo inerbiti, griglie finitrici erbose, tutti materiali che forniscono il raffreddamento attraverso evapotraspirazione riducendo, conseguentemente, la temperatura della pavimentazione. Tali materiali, quando asciutti, possono mantenere il loro stato di freschezza grazie alle proprietà naturali della vegetazione. Utilizzabile in aree a basso traffico, come parcheggi, percorsi pedonali e ciclabili, stradine, vicoli, ecc.
- **whitetopping:** la riflettanza solare di questo materiale è alta quanto quella del cemento. Tale materiale, riflettendo più energia solare, abbassa la temperatura della pavimentazione e riduce il calore in superficie. Utilizzato generalmente per rifare la superficie di segmenti stradali, incroci e parcheggi.
- **microsuperficie:** la riflettanza solare di questo materiale è correlata all'albedo dei materiali utilizzati, generalmente, le riflettanze solari di tali applicazioni sono superiori al 35%. Tale materiale, riflettendo più energia solare, abbassa la temperatura della pavimentazione e riduce il calore in superficie. Utilizzato per prolungare la durata delle pavimentazioni e su pavimentazioni usurate che necessitano di un migliore attrito, come strade a volume medio-basso, piste aeroportuali e aree di parcheggio.

Esempi e buone pratiche



Cool Pavement, before and after a sustainable reconstruction
Chicago's Green Alley Program

Combinazione con altre soluzioni

A10; A17; A18; A18; A19
D04

Bibliografia – sitografia

- Cambridge Systematics, Inc. 2005. "Cool Pavement Report". In: EPA Cool Pavement Study – Task 5; prepared for Heat Island Reduction Initiative, U.S. Environmental Protection Agency. Draft: <https://citeseeerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.648.3147&rep=rep1&type=pdf>
- City of Chicago, Department of Transportation, 2010. "The Chicago Green Alley Handbook: An Action Guide to Create a Greener, Environmentally Sustainable Chicago", Streetscape & Urban Design Program. https://nacto.org/docs/usdg/green_alley_handbook_chicago.pdf
- EU Directorate General Environment, Catalogue Natural Water Retention Measures (NWRM), Individual NWRM "Permeable paving"; http://nwrn.eu/sites/default/files/nwrn_ressources/u3_-_permeable_paving_0.pdf
- GCCA, Global Cool Cities Alliance. 2012. "A Practical Guide to Cool Roofs and Cool Pavements". https://www.coolrooftoolkit.org/wp-content/pdfs/CoolRoofToolkit_Full.pdf
- Martínez, J.A.; Martínez, C.; Camino, G.; Pérez, M.; Gómez, J.; González, A.; López, M. & Salvador, J. (2019). Catálogo de Soluciones de Diseño Urbano "GUD LUGO". Ayuntamiento de Lugo - Proyecto LIFE Lugo+Biodinámico. <https://onedrive.live.com/view.aspx?cid=4DDDC219FE61ED26&authKey=%21AMD6DVE%2D7IFRIEo&resid=4DDDC219FE61ED26%2117337&ithint=%2Epdf&open=true&app=WordPdf>
- U.S. Environmental Protection Agency. 2012. "Cool Pavements." In: Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Draft. <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>
- <https://www.urbangreenup.eu/solutions/cool-pavement.kl>






Summary

Descrizione


I parcheggi verdi sono aree adibite a parcheggio (pubblico o privato), realizzate con materiali drenanti e permeabili o semipermeabili, l'introduzione di specie arbustive, parchi verdi filtranti e rain garden che consentono di ridurre gli impatti generati dai picchi di piena delle acque meteoriche attraverso il deflusso e migliorare il comfort climatico della città. In particolare, l'acqua dai corridoi stradali scorre verso gli stalli parcheggi, realizzati con pavimentazione permeabile, rallentando il deflusso. Attraverso un sistema di canaline o cordoli di raccolta, l'acqua viene convogliata verso i parchi e i rain garden. I rain garden, inoltre, sono collegati ai bacini di infiltrazione da tubi perforati sotterranei per gestire il trabocco da eventi di tempesta più grandi. In tali aree è fondamentale utilizzare pavimentazioni permeabili o semi-permeabili.

Effetti positivi



Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
-  Miglioramento qualità dell'acqua (depurazione)
-  Aumento e tutela della biodiversità
-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Laminazione delle acque meteoriche
-  Sequestro inquinanti atmosferici
-  Riduzione del rischio di allagamenti
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano
-  Aumento permeabilità

Salute e qualità della vita


-  Riduzione rischi per la salute

Effetti indesiderati/negativi

-  Rischio di inquinamento delle acque sotterranee
-  Manutenzione della pavimentazione

L'inserimento di soluzioni basate sulla natura nelle aree a parcheggio, oltre a garantire il deflusso superficiale delle acque meteoriche che permeano nel terreno attraverso sistemi di pavimentazione drenante (grigliati inerbiti, masselli porosi, asfalti porosi, ecc.) che consentono l'infiltrazione delle acque di dilavamento, alleggerendo così il carico alla rete fognaria, riducono il calore assorbito e abbassano le temperature superficiali migliorando il microclima urbano. Inoltre, l'introduzione in queste aree di superfici verdi ed elementi vegetali (alberi, aiuole, manti erbosi, ecc.), consente di catturare gli inquinanti in atmosfera e migliorare la qualità dell'aria. Infine, relativamente al miglioramento della qualità dell'aria, attraverso la riduzione degli inquinanti, la salute e il benessere degli abitanti avranno degli effetti positivi.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓		
Pianura asciutta	✓	✓		
Collina costiera	✓	✓		

Fattibilità e indicazioni progettuali

I parcheggi verdi sono superfici drenanti adibite a parcheggio che utilizzano la vegetazione (manti erbosi, alberature, aiuole, aree di bioritenzione, ecc.), per favorire l'infiltrazione delle acque piovane sotto il terreno al fine di ridurre i picchi di piena generati da eventi meteorici estremi, oltre che incrementare la biodiversità e abbassare l'isola di calore urbana nella città.

Tali soluzioni progettuali possono essere realizzate ex-novo o intervenendo su aree a parcheggio esistenti, depavimentandole e ripavimentandole con materiali più permeabili, come asfalti porosi, fotoriflettenti, fonoassorbenti.

Oltre all'utilizzo di sistemi di pavimentazione permeabile drenante (su stalli auto, viabilità e percorsi ciclo-pedonali), includono la messa a dimora di alberi per generare ombreggiamento e l'utilizzo di spazi verdi di margine e/o perimetrali, come aiuole, per favorire l'afflusso delle acque di ruscellamento verso tali spazi, consentendo l'infiltrazione nel terreno durante gli eventi meteorici estremi, riducendo il volume e la velocità del deflusso. Inoltre, ai margini delle aree a parcheggio e delle aree a verde perimetrali, è raccomandata la realizzazione un reticolo di raccolta delle acque meteoriche (fossetti rinverditi), con inserite di piccole soglie, in modo da contenere temporaneamente le acque di pioggia (ai fini della ritenzione idraulica e della laminazione dei picchi) che verranno successivamente in parte infiltrate nel sottosuolo e in parte convogliate al sistema fognario per evitare il rischio allagamenti.

Tale sistema, infiltrando le acque di prima pioggia nel terreno, depurandole prima di raggiungere la falda, e scaricando quelle di seconda pioggia, contribuisce anche al miglioramento della qualità delle acque.

Questa tipologia di aree a parcheggio è consigliata generalmente in ambiti più trafficati e inquinati, come aree a destinazione commerciale, produttiva o industriale, in cui necessita il trattamento delle acque di prima pioggia.

Inoltre, parcheggi verdi richiedono tipi di terreno e porosità idonei a consentire un'adeguata infiltrazione, e falda posta ad almeno 1 mt dagli strati drenanti.

Nel caso di parcheggi alberati, a parità di posti auto, si richiede una superficie di suolo maggiore superiore rispetto a parcheggi normali (+ 15%).

In riferimento alle specie arbustive, che andranno disposte su aree permeabili sufficienti ad ospitarle e delimitate da opportune strutture di protezione, dovranno essere scelte essenze idonee al microclima e capaci di filtrare i gas inquinanti provenienti dagli scarichi delle auto.



Esempio di Garden Parking

Huber, J., 2010. Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas

<p>Costi</p>	<p>I costi di realizzazione variano in base alla tipologia utilizzata, alla presenza di alberi, aree verdi, canaline e fossetti drenanti, indicativamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1.500-2.000 €/cad. (pozzo d.2,0m e profondità 2,5m) • 10 €/m² prato; • 80-100 €/m² cubetti e masselli porosi stalli; <p>Fonte: SOS4LIFE</p>
<p>Manutenzione</p>	<p>I parcheggi verdi hanno una durata paragonabile a quella dei parcheggi in asfalto. Tuttavia, è necessaria una manutenzione regolare per garantire che il sistema di pavimentazione non si intasi, annullando così i benefici per le acque piovane. L'intervento di manutenzione principale riguarda la sfalcatura del verde per evitare il proliferarsi di specie invasive e controllare lo stato di "salute" del verde. Un altro intervento importante riguarda la manutenzione della pavimentazione drenante, che deve essere priva di sedimenti, con attività di spazzatura, aspirazione, ripristino.</p> <p>Fonte: URBAN GreenUP; SOS4LIFE</p>
<p>Indicatori</p>	<p>I1: Riduzione del consumo di energia per infiltrazione o cattura di acqua piovana (ΔCE)</p> <p>Unità di misura I1: mq pavimentazione permeabile I2: %</p> <p>Obiettivo minimo: >60% Obiettivo auspicabile: >95%</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) $\Delta CE = A \times B$ A: m³ catturati B: consumo di energia in MWh per m³ trattati WWTP</p> <p>(I2) $\Delta CE = A \times B$ A: m² di pavimentazione permeabile B: superficie totale</p>

Approfondimenti e dettagli

I parcheggi verdi rappresentano soluzioni progettuali adatte ad ottimizzare i servizi ecosistemici forniti dall'applicazione di superfici drenanti attraverso la progettazione delle aree a parcheggio come veri e propri spazi verdi fruibili. Tali soluzioni comportano, a parità di superficie, una minore capienza di posti auto ma di contro permettono di realizzare delle vere e proprie aree a parco con trincee filtranti e canali vegetati che convogliano le acque di pioggia in aree adibite a stagni. Inoltre, l'acqua di pioggia raccolta negli stagni può essere riutilizzata sia ai fini dell'irrigazione del verde, sia come ricarica per il sistema idrico dei WC dell'attività annessa, o per l'antincendio. Infine, se ben progettati, consentono di sfruttare al massimo i processi fitodepurativi attraverso le aree di bioritenzione, riducendo così il rischio di scarico di inquinanti nei corpi idrici.

Esempi e buone pratiche



Parcheggio verde

Fonte: *Villes & Paysages, Egis Villes eet Transports (mandataire), BèCARD & PALAY, L'Atelier Lumière (Pierre Nègre), Parking du Zénith, Francia, Strasburgo.*

Combinazione con altre soluzioni

A02; A04; A05; A06; A11; A14; A15
BVN04

Bibliografia – sitografia

- Comune di Bologna, «Linee guida sull'adozione di tecniche di drenaggio urbano sostenibile per una città più resiliente ai cambiamenti climatici,» 2018.
http://www.blueap.eu/site/wp-content/uploads/2018/07/Linee-Guida-SUDS-Bologna_EIB_rev1.pdf
- EU Directorate General Environment, Catalogue Natural Water Retention Measures (NWRM), Individual NWRM "Permeable paving"; http://nwrn.eu/sites/default/files/nwrn_ressources/u3_-_permeable_paving_0.pdf
- MCPC (2015): Sustainable Green parking lots Guidebook.
https://www.montcopa.org/DocumentCenter/View/9735/Green-Sustainable-Parking-Guide-2_10_2016-Web?bidId=
- Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige – Agenzia provinciale per l'ambiente e la tutela del clima, "Gestione sostenibile delle acque meteoriche"; <https://ambiente.provincia.bz.it/acqua/gestione-sostenibile-acque-meteoriche.asp>

Summary

Descrizione



I parcheggi minerali permeabili sono aree adibite a parcheggio (pubblico o privato), realizzate con materiali drenanti, permeabili o semipermeabili, e l'introduzione, ove possibile, di specie arbustive e aree verdi permeabili e filtranti, che consentono di ridurre gli impatti generati dai picchi di piena delle acque meteoriche attraverso il deflusso e migliorare il comfort climatico della città. In particolare, l'acqua dai corridoi stradali scorre verso gli stalli parcheggi, realizzati con pavimentazione permeabile, rallentando il deflusso. Attraverso un sistema di canaline o cordoli di raccolta, l'acqua viene convogliata verso le aree coperte di vegetazione. I picchi di flusso finiscono infine in una vasca di infiltrazione di troppo pieno per la ricarica delle acque sotterranee. Se lo spazio non è disponibile per un bacino di infiltrazione o un'altra struttura di detenzione, l'acqua piovana può essere trattata in un deposito sotterraneo per il rilascio lento nel sistema fognario.

Effetti positivi



Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Riduzione del rischio di allagamenti
-  Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano
-  Miglioramento qualità dell'acqua (depurazione)
-  Aumento permeabilità
-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Aumento e tutela della biodiversità
-  Sequestro inquinanti atmosferici

Salute e qualità della vita

-  Valore estetico
-  Riduzione rischi per la salute

Effetti indesiderati/negativi

-  Rischio di inquinamento delle acque sotterranee
-  Manutenzione della pavimentazione

L'inserimento di soluzioni basate sulla natura nelle aree a parcheggio, oltre a garantire l'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo attraverso l'impiego di pavimentazioni drenanti (grigliati inerbiti, masselli porosi, asfalti porosi, ecc.), alleggerendo così il carico di portata alla rete fognaria, riducono le temperature superficiali migliorando conseguentemente il microclima urbano.

Inoltre, l'introduzione in queste superfici caratterizzate anche dalla presenza di verde (alberi, aiuole, manti erbosi, ecc.), consente di catturare gli inquinanti in atmosfera e migliorare la qualità dell'aria. Relativamente al miglioramento della qualità dell'aria, attraverso la riduzione degli inquinanti, la salute e il benessere degli abitanti avranno degli effetti positivi.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓		
Pianura asciutta	✓	✓		
Collina costiera	✓	✓		

Fattibilità e indicazioni progettuali

I parcheggi minerali permeabili sono superfici drenanti adibite a parcheggio che utilizzano soluzioni pavimentate permeabili e semipermeabili (manto erboso, ghiaia, asfalto drenante, betonelle, ecc.) alternate ad aree verdi filtranti e spazi verdi fruibili, prettamente funzionali alla fruizione dell'area, alla sosta e di separazione, con lo scopo di favorire l'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo, di ridurre l'inquinamento delle acque e atmosferico, di contenere l'effetto isola di calore e incrementare la biodiversità.

Tali soluzioni progettuali possono essere realizzate ex-novo o trasformando aree a parcheggio esistente, depavimentandole e ripavimentandole utilizzando diverse tipologie di materiali permeabili, fonoassorbenti e fotoriflettenti, da impiegare su stalli, strade e percorsi ciclo-pedonali.

Per queste tipologie di parcheggi è consigliata la presenza di un terreno permeabile e falda posta ad almeno 1 mt dagli strati drenanti. Inoltre richiedono l'utilizzo di materiali permeabili e sottofondo individuati, caso per caso, in riferimento alla categoria di intervento, al grado di traffico dell'area e al livello di infiltrazione in falda che si intende raggiungere.

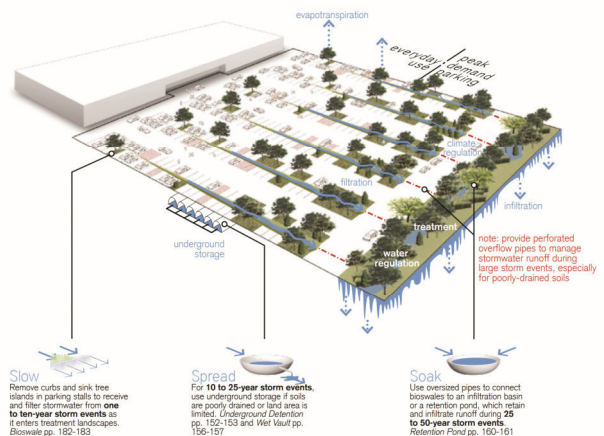
Relativamente agli spazi adibiti a stalli auto è consigliabile utilizzare, oltre gli asfalti porosi o calcestruzzi drenanti, materiali più drenanti come grigliati inerbati, ghiaia rinverdita, betonelle, ecc.

Relativamente le strade, per le quali è essenziale realizzare un sottofondo adeguato capace sia di consentire l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo sia di garantire la stabilità della sovrastruttura in funzione dei carichi, è opportuno utilizzare asfalti porosi e/o calcestruzzi drenanti.

Relativamente i percorsi ciclo-pedonali è conveniente utilizzare pavimentazioni permeabili come masselli filtranti, sterrati, terra stabilizzata, ecc.

Attraverso l'introduzione di trincee e/o pozzi drenanti nella sistemazione dell'area, è possibile inoltre incrementare il quantitativo di acqua infiltrato in falda.

Questa tipologia di parcheggi è consigliata sia in ambito residenziale, per il quale è sufficiente l'utilizzo di materiali che filtrano direttamente nel sottosuolo; sia in ambito produttivo-commerciale, caratterizzato da presenza di traffico più elevato e acque di dilavamento più inquinate, per il quale è necessaria la realizzazione di un sistema di trattamento delle acque di prima pioggia e di un impianto di fitodepurazione. In questo secondo caso è auspicabile valutare il grado di vulnerabilità della falda.



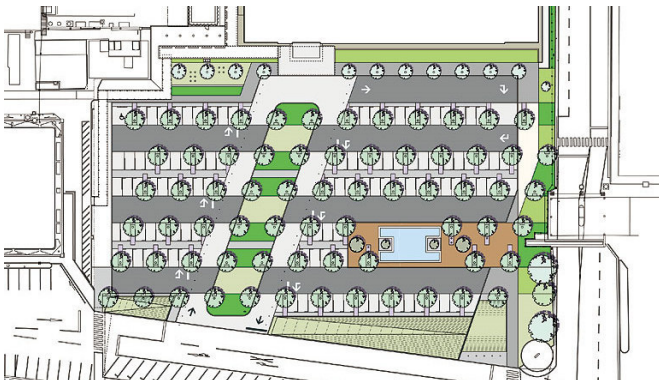
Esempio di Pixelated Parking
Huber, J., 2010. *Low Impact Development: a Design Manual for Urban Areas*

<p>Costi</p>	<p>I costi di realizzazione sono indicativamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 70-80 €/m² asfalti porosi/superfici drenanti (strade) ● 40-50 €/m² ghiaia rinverdita per stalli ● 80-100 €/m² cubetti e masselli porosi per stalli ● 30 €/m² sterrato per percorsi ciclo-pedonali ● 80-100 €/ml per trincee filtranti (sezione tipo a 1 mq) ● 1.500-2.000 €/cad: pozzi drenanti (d. 2,0 m e profondità 2,5 m);
<p>Manutenzione</p>	<p>I parcheggi minerali permeabili, affinché siano libere da sedimenti e detriti, richiedono un controllo e una manutenzione delle pavimentazioni regolare. Richiedono attività regolari di spazzatura e aspirazione, dei detriti e del fogliame, affinché non vengano occlusi gli spazi permeabili della pavimentazione ed impedita l'infiltrazione dell'acqua nel sottosuolo. Inoltre, costi di manutenzione più elevati possono riguardare l'utilizzo di trincee o pozzi drenanti, che necessitano di verifiche relative all'efficienza filtrante, ispezione e pulizia delle condotte, ecc.</p>
<p>Indicatori</p>	<p>I1: Percentuale di pavimentazione permeabile nello spazio pubblico</p> <p>Unità di misura: I1: % pavimentazione permeabile</p> <p>Obiettivo minimo: >60% Obiettivo auspicabile: >95%</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1): ACE = A x B A: m² di pavimentazione permeabile B: superficie totale</p> <p><i>Fonte: Life Lugo+ Biodinamico</i></p>

Approfondimenti e dettagli

I parcheggi minerali sono soluzioni progettuali più adatte alla trasformazione dei parcheggi esistenti, in cui le superfici impermeabili vengono rimosse e sostituite con pavimentazioni drenanti, progettate per infiltrare completamente o parzialmente le acque meteoriche, oppure per laminarle in maniera tale da ridurre il quantitativo delle acque convogliate in fognatura. In particolare, nel caso di trasformazione delle aree a parcheggio esistenti è possibile individuare due aree distinte con funzioni diversificate: una di utilizzo quotidiano dei parcheggi, in cui limitare gli interventi di drenaggio alle sole pavimentazioni; una di utilizzo nei periodi di alta frequentazione, in cui aumentare l'inserimento di interventi di drenaggio quali canali vegetali, trincee filtranti e aree di ritenzione vegetale.

Esempi e buone pratiche



Parcheggio verde

PLATdesign, NSE Kitakyushu Technology Center, Giappone, Fukuoka, 2011

Combinazione con altre soluzioni

A06; A11; A14; A15;
D03

Bibliografia – sitografia

- Comune di Bologna, «Linee guida sull'adozione di tecniche di drenaggio urbano sostenibile per una città più resiliente ai cambiamenti climatici,» 2018. http://www.blueap.eu/site/wp-content/uploads/2018/07/Linee-Guida-SUDS-Bologna_EIB_rev1.pdf
- EU Directorate General Environment, Catalogue Natural Water Retention Measures (NWRM), Individual NWRM "Permeable paving"; http://nwrn.eu/sites/default/files/nwrn_ressources/u3_-_permeable_paving_0.pdf
- MCPC (2015): Sustainable Green parking lots Guidebook. https://www.montcopa.org/DocumentCenter/View/9735/Green-Sustainable-Parking-Guide-2_10_2016-Web?bidId=
- Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige – Agenzia provinciale per l'ambiente e la tutela del clima, "Gestione sostenibile delle acque meteoriche"; <https://ambiente.provincia.bz.it/acqua/gestione-sostenibile-acque-meteoriche.asp>

Summary

Descrizione





Le strade verdi ciclo-pedonali, sono percorsi urbani verdi progettati per garantire la sicurezza di pedoni e ciclisti; collegare le infrastrutture di trasporto, le attrezzature, gli spazi dedicati al tempo libero e garantire l'accessibilità a tutti i servizi; migliorare la socialità e offrire opportunità ricreative; connettere i fruitori con la natura; fornire una gestione ecologica delle acque piovane. Le caratteristiche principali di tali soluzioni sono, da un lato la riduzione dell'effetto di isola di calore urbano e il miglioramento della qualità dell'aria, attraverso l'introduzione di specie arboree e arbustive in aggiunta ai percorsi; dall'altro, la riduzione di possibili danni generati dalle inondazioni urbane e il miglioramento della qualità dell'acqua, attraverso l'utilizzo di pavimentazione permeabili e la massimizzazione degli spazi verdi. In particolare, tali soluzioni progettuali si configurano per funzionare come un corridoio verde, caratterizzato da spazi verdi e giardini pubblici, piuttosto che come rigoroso corridoio di traffico, combinando piantumazioni naturali e/o sistemi idrici insieme a percorsi pedonali e/o ciclabili.

Effetti positivi



Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano
-  Miglioramento qualità dell'acqua (depurazione)
-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Sequestro inquinanti atmosferici
-  Aumento e tutela della biodiversità

Salute e qualità della vita

-  Miglioramento della sicurezza
-  Riduzione rischi per la salute
-  Aumento dell'attività fisica
-  Favorire l'accessibilità


Effetti indesiderati/negativi

-  Costi elevati
-  Aumento luminosità (alta riflessione negli occhi)

Le strade verdi ciclo-pedonali aiutano a ridurre l'effetto isola di calore urbana in quanto supportati da verde tampone e alberature, capaci inoltre di assorbire inquinanti atmosferici, migliorando conseguentemente la qualità dell'aria.

L'utilizzo di pavimentazioni permeabili in queste soluzioni progettuali, consente di drenare l'acqua nel sottosuolo e alimentare le falde acquifere. Inoltre, realizzare strade verdi ciclo-pedonali nella città densa consente la socializzazione, rendere l'ambiente urbano più vivibile, e aumenta il benessere e la salute degli abitanti.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

✓ Fattibilità e indicazioni progettuali

Le strade verdi ciclo-pedonali sono corridoi ricreativi sicuri, continui, attraenti e confortevoli, riservati esclusivamente alla mobilità lenta e sviluppati in maniera integrata, con lo scopo di migliorare la qualità della vita nelle aree urbane e garantire l'accesso delle persone a servizi e attività, ma non alle loro auto.

Questi percorsi devono rispettare standard progettuali soddisfacenti di accessibilità, larghezza, pendenza e condizioni buone della superficie, al fine di garantire l'utilizzazione in sicurezza di tutte le tipologie di utenti.

La corretta progettazione di tali percorsi deve prevedere:

- la gerarchizzazione della rete stradale;
- la riduzione della velocità nelle aree urbane al di sotto dei 30 Km/h;
- la pianificazione di una rete di percorsi verdi ciclo-pedonali continui nella città;
- il mantenimento della continuità di livello dei marciapiedi e dei percorsi ciclabili agli incroci.

Inoltre, le strade verdi ciclo-pedonali devono assicurare e soddisfare le seguenti condizioni:


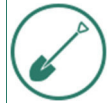

- **sicurezza:** devono garantire la sicurezza stradale, attraverso la riduzione della velocità delle auto, l'introduzione di opportuna illuminazione, la continuità e preferenza a pedoni e ciclisti agli incroci, ecc.;
- **accessibilità:** devono consentire l'utilizzo da parte di tutte le tipologie di utenti;
- **connettività:** devono mettere in collegamento i diversi quartieri della città con le principali destinazioni, attrezzature, servizi e mezzi pubblici, e non solo con aree verdi o aree ricreative;
- **salute:** assicurarsi che i percorsi attraversino aree incontaminate e non inquinate;
- **leggibilità:** progettati in maniera tale che gli utenti abbiano un'idea chiara di come comportarsi su tali percorsi e prevedere modalità di informazione sui percorsi, collegamenti con trasporti pubblici, attrazioni, ecc. sia on-line che lungo le strade;
- **continuità:** mantenere tutte le condizioni precedenti lungo tutti i percorsi.

Generalmente sono realizzate utilizzando materiali drenanti, permeabili o semi-permeabili per favorire l'infiltrazione in falda delle acque meteoriche. Una attenta progettazione relativamente l'utilizzo di tali materiali, oltre quella funzionale, consente a rendere i percorsi di maggior confort climatico, riducendo l'effetto isola di calore urbano tipica dei materiali tradizionali.

Lungo il percorso di tali strade possono essere realizzati spazi laterali vegetati, canali inerbati, rain garden o aiuole alberate per separare il le tipologie di traffico (percorsi lenti da traffico veicolare) e adottate pavimentazioni in prato, masselli porosi, terra stabilizzata, calcestruzzo drenante o altri materiali filtranti. Le specie arboree inserite devono essere alte e con la chioma ombrelliforme al fine di aumentare l'ombreggiatura sui percorsi. Per quanto riguarda le specie arbustive è consigliabile utilizzare piante a impollinazione entomofila, a bassa allergenicità.



Intervento di ciclabilità diffusa
Milano 2020. Strategia di adattamento "strade aperte"

 Costi	<p>I costi di realizzazione sono indicativamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 30 €/m² sterrato o terra solida • 70-80 €/m² asfalti e calcestruzzi drenanti • 80-100 €/m² blocchetti in calcestruzzo e masselli porosi • 120-150 €/m² pavimenti in ciottoli di fiume <p>Fonte: SOS4LIFE</p>
 Manutenzione	<p>La manutenzione ordinaria per questa tipologia progettuale consiste nel controllo mensile dello stato della pavimentazione permeabile per verificare che sia libera da sedimenti e nella spazzatura e aspirazione delle superfici, prevalentemente in autunno, per prevenire l'ostruzione da foglie. Verifica post eventi meteorici estremi per valutare eventuali difficoltà di deflusso e ristagno di acqua. La manutenzione occasionale, invece, consiste nella pulizia e/o sostituzione del materiale di chiusura dei pori; sostituzione di elementi danneggiati; ripristino delle aree depresse di ristagno. Inoltre va effettuata una costante manutenzione degli spazi verdi e delle specie vegetali.</p> <p>Fonte: SOS4LIFE e UrbanGreenUP</p>
 Indicatori	<p>I1: Riduzione di CO2 passando dal veicolo privato a quelli a piedi o in bicicletta I2: Percentuale di viaggi da veicoli privati a quelli a piedi o in bicicletta</p> <p>Unità di misura g CO2%</p> <p>Obiettivo minimo 2/5% di riduzione da VP a piedi/bicicletta Obiettivo desiderabile 6/10% di riduzione da VP a piedi/bicicletta</p> <p>Metodo di misura / Formula Indagine annuale sulla mobilità $\Delta g \text{ CO}_2 = A \times [B - C] \times D$ A: % di viaggi da VP a quelli a piedi o in bicicletta B: Fattore di emissione di CO2 VP (g CO2/km) C: Fattore di emissione di CO2 bicicletta (g CO2/km) D: Km percorsi totali La formula può variare a seconda dei dati disponibili.</p> <p>Fonte: Life Lugo+ Biodinamico</p>

🔍 Approfondimenti e dettagli

Un aspetto importante da tenere in considerazione quando si parla di progettazione di strade riguarda le esigenze di manutenzione delle infrastrutture tecnologiche a rete esistenti o di nuova realizzazione, in quanto molto spesso i sottoservizi sono collocati al di sotto della sezione veicolare stradale. Tale scelta comporta da sempre importanti costi di manutenzione e rilevanti impatti sul traffico stradale dovuti a regolazione o arresto del traffico. In tale direzione, una migliore soluzione comporta la possibilità di trasferire la rete dei sottoservizi (gas, elettricità, illuminazione pubblica, fognature, acquedotto) al di sotto dei percorsi pedonali o ciclabili interni al tessuto urbano, prevedendo soluzioni progettuali di più semplice manutenzione e minore impatto sul traffico veicolare.

In particolare, è possibile prevedere la progettazione di tali percorsi in modo "smart", limitando le interferenze e riducendo i costi di manutenzione e ripristino delle reti del sottosuolo. La realizzazione di percorsi pedonali e ciclabili definiti "smart" prevede l'utilizzo di materiali superficiali fatti di lastre in cemento, dotati di asole attraverso le quali è possibile il sollevamento delle stesse, o lastre posate a secco, in maniera tale da poterle rimuovere con facilità ed intervenire sui sottoservizi a fini manutentivi per poi ripristinarli rapidamente e riattivare la percorribilità dei percorsi.

Relativamente la manutenzione di tali interventi, occorre:

- controllare mensilmente lo stato della pavimentazione e verificare che le lastre siano integre e non presentino sbalzi che possano compromettere l'utilizzo in sicurezza del percorso;
- verificare l'assenza di evidenze di eventuali problematiche generate dalle reti sottostanti;
- pulizia costante della pavimentazione e ripristino delle fughe nel caso siano deteriorate;
- sostituzione delle lastre nel caso risultino danneggiate e ripristino piani di posa e fughe.

I costi indicativi di realizzazione variano in base alla tipologia delle lastre, del sottofondo e del progetto. Indicativamente sono:

- **80-100 €/m²** per lastre prefabbricate posate "a secco";
- **100-120 €/m²** per lastre provviste di fori di drenaggio.

Esempi e buone pratiche



Rue Garibaldi, Lyon
Romainbehar, CCO

Combinazione con altre soluzioni

A02; A06; A10; A11; A15
D03

Bibliografia – sitografia

- City of Copenhagen, Traffic Department. 2011. "Good, Better, Best. The City of Copenhagen's, Bicycle Strategy 2011-2025".
- Department for Transport, 2020. "Cycle Infrastructure Design. Guidance for local authorities on designing high-quality, safe cycle infrastructure ". LTN 1/20. TSO—The Stationary Office, part of Williams Lea, United Kingdom. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/951074/cycle-infrastructure-design-ltn-1-20.pdf
- Department for Transport, 2012. "Shared Use Routes for Pedestrians and Cyclists". LTN 1/12 TSO—The Stationary Office, part of Williams Lea, United Kingdom. <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20210206173722/https://www.gov.uk/government/publications/shared-use>
- Government of Ireland, Department of Transport, Tourism and Sport. 2018. "Greenways and Cycle Routes Ancillary Infrastructure Guidelines. <https://assets.gov.ie/19551/74bbca7b1273434791e473d2e226ba46.pdf>
- Regione Emilia-Romagna, progetto SOS4LIFE: Linee guida 2 edizione, vol. 1 - Liberare il suolo. Linee guida per migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici negli interventi di rigenerazione urbana;
- <https://www.lyon-partdieu.com/en/developments/>
- <https://www.urbangreenup.eu/solutions/cycle-and-pedestrian-green-route.kl>

Summary

B. Aree Verdi	Codice
---------------	--------

Aree verdi naturali/seminaturali (VN)

Riapertura corsi d'acqua	BVN01
Rinaturalizzazione dei corsi d'acqua minori	BVN02
Buffer zones ripariali	BVN03
Stagni e zone Umide	BVN04
Foreste urbane	BVN05
Prati	BVN06

Aree verdi antropiche (VA)

Bacini di bioritenzione vegetate	BVA01
Bacini di detenzione e parchi inondabili	BVA02
Scarpate verdi e muri di contenimento	BVA03

Descrizione

La copertura o tombinatura completa di un corso d'acqua è senza dubbio la più traumatica forma d'intervento che un sistema fluviale può subire in quanto si traduce nella completa scomparsa di quest'ultimo. Porta alla distruzione degli habitat, della foresta ripariale, dei rapporti tra la falda acquifera e le sponde, ecc., ma anche ad un'importante discontinuità ecologica della rete fluviale. Ogni volta che il contesto socio-politico lo consente, la riapertura del corso d'acqua dovrebbe essere realizzata. La copertura dei corsi d'acqua è stata vietata in tutta Italia con l'entrata in vigore del D.lgs. 152/1999; il divieto è stato mantenuto dal "codice dell'ambiente" (D.lgs. 152/06). La copertura dei corsi d'acqua, oltre agli evidenti impatti ambientali sul corpo idrico, provoca gravi problemi di rischio idraulico in occasione di eventi meteorici intensi, che con il cambiamento climatico si prevede saranno sempre più frequenti. Quando le portate superano quella massima transitabile nella sezione tombata, si crea un aumento di pressione ed un rigurgito a monte, con esondazioni sia all'ingresso del tratto coperto che dalle reti di drenaggio (sono noti i casi dei tombini che "saltano"). Negli ultimi anni sono stati avviati progetti di "riapertura" (spesso chiamati: "daylighting"), con lo scopo sia di creare zone verdi e reti ecologiche, sia di ridurre il rischio idraulico.

Effetti positivi

Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

- Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
- Riduzione del rischio di inondazioni e alluvioni
- Miglioramento del microclima e comfort urbano
- Miglioramento qualità dell'acqua (depurazione)
- Ripristino della continuità ecologica
- Aumento e tutela della biodiversità

Salute e qualità della vita

- Benefici economici
- Aumento contatto con la natura
- Valore paesaggistico
- Benefici sulla salute mentale

Effetti indesiderati/negativi

- Costi elevati
- Presenza di insetti indesiderati o parassiti
- Sottrazione di suolo ad altri possibili usi

La riapertura dei corsi d'acqua determina una serie di vantaggi:

- *riduzione delle inondazioni. il corso dell'acqua può essere trattenuto, rallentato e deviato, riducendo allo stesso tempo il rischio di blocchi nei punti più stretti;*
- *conservazione delle acque sotterranee. Ristabilendo un letto più naturale, l'acqua può essere filtrata nella terra;*
- *miglioramento ecologico. L'esposizione di fiumi o torrenti alla luce del giorno consente il ristabilimento della vita vegetale e animale;*
- *miglioramento della qualità dell'acqua. Il substrato naturale e vegetazione può filtrare e pulire l'acqua;*
- *creazione di corridoi verdi che possono valorizzare il paesaggio;*
- *riduzione dell'effetto dell'isola di calore urbana;*
- *benefici economici. Mentre i costi di costruzione iniziali per rimuovere gli involucri duri possono essere piuttosto elevati, i risparmi futuri e i benefici economici supereranno di gran lunga questi costi;*
- *riscoperta della storia del territorio, spesso sepolta sotto gli strati dello sviluppo urbano.*

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

Fattibilità e indicazioni progettuali

Spesso la copertura o tombinatura di un corso d'acqua è stata effettuata insieme alla "linearizzazione" del corso d'acqua e al "consolidamento del terreno".

Riaprire quindi un corso d'acqua è inevitabilmente un ripristino difficile che richiede una procedura "tecnico-amministrativa" a lungo termine.

Deve necessariamente essere accompagnato dall'acquisizione di terreni sufficienti a ripristinare lo spazio fluviale. Inoltre, spesso non è possibile ripristinare il percorso a causa dell'urbanizzazione. A volte, la copertura ha significato anche un approfondimento del torrente, per favorirne l'utilizzo come sistema fognario. Questo approfondimento è spesso molto difficile, persino impossibile, da recuperare e richiede la realizzazione di un corso d'acqua "artificialmente" più profondo.

In generale per una corretta progettazione sono necessari i passaggi di seguito elencati:

- Un attento studio idraulico che verifichi le possibili condizioni di rischio nelle aree limitrofe: è necessario infatti tenere conto delle maggiori portate transitabili, non più limitate dalla sezione dell'alveo tombato.
- Una valutazione delle condizioni di qualità dell'acqua, che potrebbero influenzare l'accettabilità dell'intervento. Per piccoli corsi d'acqua con portate dell'ordine dei litri/secondo è possibile progettare l'intervento in modo da massimizzare la capacità auto depurativa contribuendo così a migliorare la qualità. Se il contesto urbano lo permette la riapertura di corsi d'acqua è un'ottima opportunità per creare spazi verdi lineari per la fruizione pubblica. In questi casi è necessario prevedere opere accessorie che la facilitino, come percorsi pedonali/ciclabili, sovrappassi, aree di sosta attrezzate, ecc.

I corsi d'acqua riaperti sono neo-ecosistemi che saranno in breve colonizzati da un gran numero di specie (artropodi, pesci, anfibi, insetti, uccelli, mammiferi), molto superiore alle poche che sopravvivono anche nell'ambiente "ipogeo" del corso d'acqua tombato. In alcuni casi possono svolgere anche la funzione di "corridoi ecologici" che connettono popolazioni isolate di alcune specie. Occorre inoltre tener conto delle dimensioni dell'intervento, delle aree a disposizione, dell'opportunità di limitare le aree di fruizione per lasciare parte degli habitat indisturbati.



Riapertura Fiume Aarhus, Danimarca
By RhinoMind, CC BY-SA 4.0

<p>Costi</p>	<p>Esempi di riapertura dei corsi d'acqua forniscono intervalli di costo tra 900 e 2500 € IVA esclusa al metro lineare (Eau Seine Normandie, 2007).</p> <p>Fonte: Nature 4 Cities Horizon 2020</p>
<p>Manutenzione</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica della sezione di deflusso e delle condizioni delle eventuali opere idrauliche. • Manutenzione ordinaria delle aree verdi. • Adeguata manutenzione nel caso di malfunzionamento.
<p>Indicatori</p>	<p>Superficie di zone umide ripristinate Unità di misura : Ha</p> <p>Qualità dell'acqua: parametri fisici di base Unità di misura: varia</p> <p>Qualità biologica delle acque superficiali Unità di misura: alta, buona, moderata, scarsa, pessima</p> <p>Fonte: European Commission (2021), Evaluating the Impact of Nature-based Solutions: A Handbook for Practitioners, Luxembourg: Publications Office of the European Union</p>

🔍 Approfondimenti e dettagli

Esistono diversi livelli di intervento:

Il metodo più radicale è quello di scoprire a pieno il corso d'acqua e di "ricrearlo" completamente nel suo naturale habitat rispettando la sua morfologia originale. Se l'area terrestre del vecchio percorso è disponibile, il corso d'acqua può ancora essere aperto e le sponde naturali ricreate (ammorbidimento pendii, vegetazione, ecc.), con un letto a bassa portata e una morfologia più adeguata.

Se, per vari motivi tecnici e finanziari, scoprire il corso non è possibile, si possono attenuare gli impatti, creando pozzi di luce sulla parte coperta, posizionando un substrato alluvionale nella parte inferiore del letto o il posizionamento di elementi fisici per facilitare il movimento dei pesci.

La copertura dei corsi d'acqua ha molto spesso disturbato il comportamento della falda freatica, soprattutto se è stata accompagnata da tubazioni, da calcestruzzo posto nel fondo del letto, approfondimento della linea d'acqua, ecc. L'apertura del corso d'acqua deve spesso essere accompagnata da una garanzia di tenuta del letto appena creato, per evitare perdite permanenti del corso d'acqua dopo i lavori di restauro (controllando il substrato naturale: marne, argille, ecc.) oppure, se necessario, creando una sigillatura artificiale sotto il nuovo letto).

Esempi e buone pratiche



Cheonggyecheon River, Seoul 2003 - 2005

By madmarv00, CC BY 2.0

Il progetto di restauro di Cheonggyecheon è stato incentrato sulla rivitalizzazione del Cheonggyecheon Stream che era stato coperto per decenni da un cavalcavia autostradale. L'autostrada è stata rimossa e il torrente è stato ripristinato.

Sono stati creati 22 nuovi ponti e 3 diverse zone:

- **Zona storica:** corsi d'acqua sotterranei reindirizzati per creare un nuovo letto di ruscelli con sponde paesaggistiche; ex ponti usati come elementi decorativi; posti a sedere per incoraggiare il pubblico a utilizzare lo spazio.
- **Zona urbana e culturale:** creazione di un parco nel centro della città con aree ricreative, ponti sul lungomare e trampolini di lancio; progettati con materiali ecocompatibili, con opere d'arte e mappe sui muri lungo il corridoio del fiume
- **Zona naturale:** progettata per sembrare naturale e ricoperta di vegetazione; tratti di molo e cavalcavia lasciati a cimeli industriali; zona umida designata come area di conservazione ecologica.

Combinazione con altre soluzioni

BVN02; BVN03

Bibliografia – sitografia

- Eau Seine Normandie (2007) Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau – 3. Typologie des opérations de restauration et éléments techniques – Fiche 10 : Remise à ciel ouvert de cours d'eau, pp55-59, 2007
- Wild T., Bernet J., Westling E. e Lerner D.(2011), «Deculverting: reviewing the evidence on the 'daylighting' and restoration of culverted rivers,» Water and Environment Journal, vol. 25, n. 3.
- <https://nbs-explorer.nature4cities-platform.eu/>
- <http://nrcresearch.org/daylighting-rivers/>
- Horizon 2020 UrbanGreenup. <https://www.urbangreenup.eu>
- Metro Adapt Platform. https://www.cittametropolitana.mi.it/Life_Metro_Adapt/index.html
- Life Lugo + Biodinamico. <https://lugobiodinamico.eu>
- Horizon2020 Nature 4Cities. <https://www.nature4cities-platform.eu/#/>

Summary

03 Descrizione

In molti territori i corsi d'acqua, soprattutto quelli minori, sono stati ristretti e artificializzati con l'intento di prevenire inondazioni nelle aree urbane o a sostegno delle pratiche agricole. Ciò ha portato a flussi uniformi, alla riduzione del tempo di corruzione, alla semplificazione della complessità ecosistemica, all'aumento del rischio idraulico e all'aumento della vulnerabilità del sistema paesistico. La riqualificazione/rinaturalizzazione di questi corsi d'acqua si inserisce pienamente nell'ambito della strategia di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici: la riqualificazione ambientale, infatti, può costituire uno strumento fondamentale per affrontare il problema delle alluvioni e dell'innalzamento delle temperature nelle aree urbane. In relazione al rischio da esondazione, ad esempio, le misure che vanno nella direzione di recuperare capacità di laminazione diffusa hanno lo scopo di ridurre la pericolosità delle aree potenzialmente soggette ad alluvioni, altre pratiche virtuose spaziano dal restituire funzionalità alle aree inondabili e dal riattivare la dinamica fluviale, anche attraverso la rimozione o modifica delle opere di difesa, fino alla definizione di una fascia di mobilità planimetrica in cui il corso d'acqua sia libero di evolvere morfologicamente, in coerenza con gli obiettivi di funzionalità morfologica prescelti e dei vincoli antropici presenti. Le aree demaniali fluviali, inoltre, sempre se opportunamente rinaturalizzate, possono costituire fasce tampone molto efficaci nei confronti della riduzione degli inquinanti di origine agricola e urbana.

+ Effetti positivi

Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

- Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
- Riduzione del rischio di inondazioni e alluvioni
- Miglioramento del microclima e comfort urbano
- Miglioramento qualità dell'acqua (depurazione)
- Miglioramento degli ecosistemi fluviali
- Aumento e tutela della biodiversità
- Ripristino della continuità ecologica

Salute e qualità della vita

- Riduzione rischi per la salute
- Aumento contatto con la natura
- Valore paesaggistico
- Finalità ricreative e inclusione sociale
- Aumento della fruizione

- Effetti indesiderati/negativi

- Sottrazione di suolo ad altri possibili usi

Mantenere i corsi d'acqua in buona salute è strategico per l'adattamento climatico delle città. Investire in una gestione migliore dei fiumi e delle zone umide, infatti, non è semplicemente un bene per le risorse di acqua dolce, ma può assicurare una maggior resilienza delle città e del territorio agli impatti climatici. Maggiore sarà la resilienza degli ecosistemi fluviali maggiore sarà la capacità di un fiume a resistere a precipitazioni al di sopra della norma. Come aumentare la resilienza di un fiume? Le opere in cemento armato dovrebbero essere limitate a poche situazioni in cui sono davvero necessarie e non disseminate a pioggia sul territorio, si dovrebbe invece ricostruire i boschi ripariali, conservare e valorizzare quelli già esistenti, creare aree golenali per smorzare le piene. E' necessario quindi un approccio più moderno alla difesa del suolo e cominciare a riconoscere la necessità di interventi integrati che coniughino la riqualificazione degli ecosistemi fluviali con la riduzione del rischio e l'adattamento ai cambiamenti climatici. La migliore cura dei fiumi è toccarli il meno possibile, evitando qualsiasi azione di degrado antropico che possa ridurre le capacità di resilienza.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

Fattibilità e indicazioni progettuali

La rinaturalizzazione, che consiste nel rimuovere le coperture artificiali dell'alveo (torrente e sponde) consente al fiume di tornare alla sua naturale velocità di flusso e di recuperare i suoi naturali processi idromorfologici.

Diversificando i flussi, migliorando la profondità dell'acqua e la morfologia dell'alveo, favorendo lo sviluppo della vegetazione, si aumenta la biodiversità dell'ambiente fluviale. Gli interventi tipici previsti sono:

- eliminazione dei rivestimenti in calcestruzzo, se esistenti;
- ampliamento dell'alveo;
- risagomatura delle sponde dando una pendenza più dolce;
- messa a dimora di specie arbustive e arboree lungo la fascia riparia;
- creazione di una golena allagabile;
- creazione di zone umide in alveo o fuori alveo (con le relative opere idrauliche);
- interventi di ingegneria naturalistica.

Tutti questi interventi hanno l'obiettivo di mitigare il rischio idraulico, aumentare la biodiversità, migliorare la qualità dell'acqua, aumentare la superficie filtrante dell'alveo. Possono inoltre:

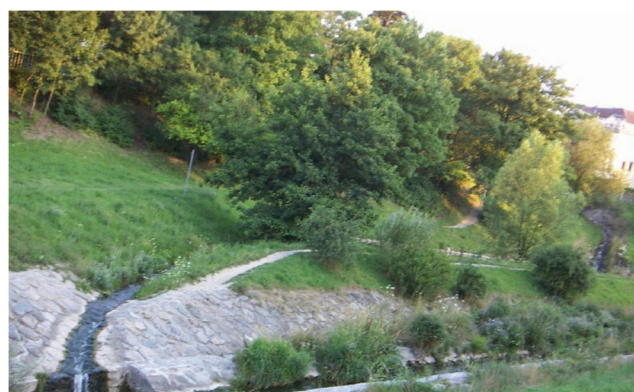
- migliorare il paesaggio naturale,
- assicurare funzioni di fitodepurazione.

Chiaramente questi interventi devono fare i conti con gli spazi a disposizione.




In presenza di uno spazio di intervento limitato, caso frequente in ambito urbano o periurbano, operando nella sezione attuale o leggermente aumentata (fino a circa due volte la larghezza dell'alveo di morbida), si possono inserire solo strutture di diversificazione morfologica e degli habitat: piccoli pennelli, piccole soglie, blocchi di massi o strutture in legno per zone rifugio per i pesci, etc. Va comunque previsto sulle sponde un miglioramento della vegetazione esistente con la piantagione di formazioni arboree e/o arbustive e/o di vegetazione arborea.

In presenza di uno spazio di intervento da circa 2 a 10 volte la larghezza dell'alveo di morbida attuale, l'obiettivo di rinaturazione è più completo e ambizioso e riguarda, oltre componenti dell'ecosistema, in particolare la morfologia: realizzazione di un leggero andamento sinuoso per un corso d'acqua rettificato, riconnessione parziale del rapporto tra il corso d'acqua e le aree esondabili, piantagione di formazioni ripariali arboreo-arbustive di spessore importante, etc.

In presenza di uno spazio di intervento superiore a 10 volte la larghezza dell'alveo di morbida attuale, l'obiettivo di rinaturazione raggiunge il massimo livello e riguarda, la completa rinaturazione della morfologia fluviale e delle funzioni del corso d'acqua con uno spazio di mobilità completo: soppressione o l'allontanamento degli argini e riconnessione totale del rapporto tra il corso d'acqua e le aree esondabili, eliminazione delle difese spondali e dei tratti rettificati dei meandri, piantagione di formazioni arboreo-arbustive della serie terrestre in spazi esterni al corso d'acqua, etc.



Rinaturalizzazione Fiume Liesing: aree di confluenza
Teich CC BY-SA 4.0

 Costi	<p>Non ci sono costi standard, dal momento che le voci d'intervento possono essere molteplici e legati al contesto locale. Sulla vegetazione da mobilitare per attuare la rinaturalizzazione dell'alveo fluviale, il prezzo della semina, ad esempio, dipende fortemente dalla sua composizione: da 1-3 €/m²; la piantumazione di alberi (5-6 talee per mq) varia da 5-18 €.</p>
 Manutenzione	<p>Ciascuna delle tecniche di ingegneria della vegetazione richiede osservazione e mantenimento nel tempo delle pratiche di controllo dell'erosione della sponda del torrente (circa ogni 3 a 5 anni). Le manutenzioni dovrebbero essere fatte regolarmente prima e dopo i principali eventi di flusso. Dovrebbero includere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • rimozione di eventuali detriti che rimangono impigliati nel materiale di controllo dell'erosione • sostituzione di materiali di controllo mancanti o danneggiati durante i periodi di magra. • verifica della sezione di deflusso e delle condizioni delle eventuali opere idrauliche. • manutenzione ordinaria delle aree verdi. • adeguata manutenzione nel caso di malfunzionamenti.
 Indicatori	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie delle zone umide ripristinate e/o create: ha • Capacità di infiltrazione: % o mm/h • Tempo di picco inondazione: h • Volume d'acqua rimosso dal sistema di trattamento delle acque reflue: m³/anno • Superficie totale delle zone umide: ha • Qualità dell'acqua: i parametri fisici di base varie unità di misura <p>Fonte: European Commission (2021) Evaluating the Impact of Nature-based Solutions: A Handbook for Practitioners https://ec.europa.eu/info/news/evaluating-impact-nature-based-solutions-handbook-practitioners-2021-may-06_en</p>

Approfondimenti e dettagli

In base al loro grado di complessità, le tecniche da realizzarsi possono essere raggruppate in due categorie:

- rinaturalizzazione
- ingegneria naturalistica

La rinaturalizzazione degli argini è una tecnica di stabilizzazione utilizzata per correggere lievi problemi di erosione e che non richiede un elevato grado di competenza per essere attuata. L'ingegneria naturalistica è definita come l'insieme delle tecniche che combinano i principi dell'ecologia e dell'ingegneria per progettare e realizzare opere di stabilizzazione di pendii, argini e sponde, utilizzando le piante come materie prime per la realizzazione di telai vegetali. Le tecniche possono ricreare banche naturali tecnicamente e biologicamente funzionali usando le piante come materiali di rinforzo. Gli interventi, possono prevedere:

- solo rinaturalizzazione spondale
- interventi di riqualificazione fluviale estesi alle aree circostanti con formazione di aree esondabili delimitate da arginature naturaliformi (golene).
- individuazione area massima piena -area inondabile con formazione di zone umide permanenti e aree periodicamente esondabili.

Esempi e buone pratiche



Progetto LIFE-Environment project LiRiLi. Vienna -river Liesing

Tiefkuehlfan CC BY-SA 4.0

Un canale in cemento lungo oltre 5,5 km ,situato in un'area urbana è stato riprogettato in un fiume seminaturale . Il progetto "LiRiLi" mira anche al miglioramento della qualità dell'acqua ripristinando la continuità del fiume e le diverse condizioni di flusso. La flora e la fauna sono state migliorate e istituite aree ricreative pubbliche di alta qualità.

Combinazione con altre soluzioni

BVN01; **BVN03**; **BVN04**

Bibliografia – sitografia

- Costs, benefits and climate proofing of natural water retention measures” - Stella Consulting NWRM Final Report - May 2012
- ENSEEIHT: Les techniques du génie végétal utilisées | Bureau d'Etudes Industrielles "Energies renouvelables et Environnement", html : hmf.enseeiht.fr.
- European Commission (2021) Evaluating the Impact of Nature-based Solutions: Appendix of Method.
- European Commission (2010) Water for Life.Protecting Europe's water resources,Luxembourg.Publications Office of the European Union.
- Nardini e G. Sansoni, "La riqualificazione fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio" CIRF, 2006.
- Metro Adapt Platform.
https://www.cittametropolitana.mi.it/Life_Metro_Adapt/index.html
- Horizon2020 Nature 4Cities.
<https://www.nature4cities-platform.eu/#/>
- <http://nwrn.eu/measures-catalogue>

Summary

Descrizione




Le buffer zones ripariali (RBZ) sono appezzamenti di terreno adiacenti a fiumi, torrenti e scarichi, contenenti vegetazione permanente. Il loro compito è trattenere, sedimentare e purificare solidi e inquinanti dal deflusso urbano, agricoltura e allevamento del bestiame prima di raggiungere i corsi d'acqua naturali. Zone cuscinetto correttamente progettate e mirate possono avere molteplici benefici significativi per la qualità dell'acqua, la biodiversità e il clima. Le RBZ possono fornire una varietà di servizi ambientali ed ecologici, tra cui un habitat per la biodiversità, migliorare la connettività, alleviare la minaccia di alluvione, migliorare lo stoccaggio del carbonio e migliorare la qualità dell'acqua. Sebbene siano state istituite in Irlanda per oltre 25 anni fa, variabili come l'istituzione e la gestione ottimali della zona cuscinetto sono state spesso trascurate. Il tipo di vegetazione ripariale svolge un ruolo chiave nel funzionamento della RBZ; gli alberi favoriscono l'assorbimento di azoto e fosforo, mentre la fitta copertura erbosa favorisce l'intrappolamento dei sedimenti e la combinazione di erba e alberi può ridurre l'intrappolamento dei sedimenti. Sono tra le più importanti componenti delle infrastrutture verdi e possono contribuire direttamente a una migliore protezione degli ecosistemi ripariali e acquatici.

Effetti positivi


Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Regolazione del ciclo idrologico
-  Riduzione del rischio di inondazioni e alluvioni
-  Riduzione dell'erosione dei suoli
-  Miglioramento qualità dell'acqua (depurazione)
-  Ripristino della continuità ecologica
-  Aumento e tutela della biodiversità
-  Aumento evapotraspirazione
-  Miglioramento degli ecosistemi fluviali
-  Miglioramento della qualità del suolo
-  Sequestro inquinanti atmosferici

Salute e qualità della vita

-  Benefici economici
-  Ridotta manutenzione
-  Valore paesaggistico

Effetti indesiderati/negativi


-  Opposizione da parte di proprietari terrieri

Le buffer zones vegetate accanto ai corsi d'acqua possono contribuire in modo significativo a migliorare le condizioni microclimatiche, riducono il deflusso di sedimenti e inquinanti che raggiungono il corso d'acqua, aumentano la ricarica delle acque sotterranee .

Di per sé, hanno un ruolo limitato nella riduzione del rischio di alluvione (principalmente a causa della loro limitata capacità di ritenzione idrica / rallentamento dell'acqua).

Tuttavia, nell'ambito di un programma di gestione dei bacini idrografici o in combinazione con altre misure, possono contribuire a ridurre i rischi di alluvione. Forniscono anche ombra diretta per il corpo idrico, riducendo l'afflusso di radiazione solare su di esso ed evitando così il corrispondente aumento della temperatura dell'acqua. Nel caso di ampie aree boschive ripariali (cioè su diverse decine di metri), queste possono anche aumentare l'umidità relativa dell'aria, che contribuisce anche a ridurre la temperatura. Possono svolgere un ruolo importante nella conservazione della biodiversità, sia costituendo direttamente habitat sia fornendo "corridoi" per gli habitat.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale		✓	✓	✓
Pianura asciutta				
Collina costiera				

La presenza di pendii o lievi pendenze fa sì che siano richiesti maggiori oneri finanziari per effettuare opportuni livellamenti e adattamenti del terreno.

Fattibilità e indicazioni progettuali

Per ottenere una soddisfacente azione tampone è riconosciuta la necessità di una larghezza minima della fascia di 5 m e una larghezza ottimale di 10 m, che consente da un lato di esaltare le funzioni ecosistemiche, dall'altro di rendere interessante l'investimento anche dal punto di vista produttivo. Quattro sono le tipologie di riferimento, tenendo presente che le possibilità di combinazione tra specie diverse, comprese quelle erbacee, possono essere molteplici; se si considera inoltre la possibilità di allestire formazioni su più file la complessità strutturale delle fasce può essere ancora maggiore:




- **formazioni erbacee:** da mantenere mediante sfalci e possibilmente rimozione del materiale di risulta. Il numero degli sfalci è dettato dalla funzione prevalente: tampone o biodiversità, in aree tutelate e non, interesse a produzione foraggera;
- **formazioni arbustive:** altezza non superiore ai 5 m con ingombro in termini di proiezione delle chiome in genere contenuto in 5 m;
- **formazioni arboree o arboreo - arbustive:** alberi di 3° grandezza o con altezza contenuta in 10-15 m mediante la gestione a ceduo;
- **formazioni arboree o arboreo - arbustive:** alberi ad alto fusto con sviluppo in altezza da 20 a oltre 30 m (1° e 2° grandezza), anche abbinabili ad altre specie gestite a ceduo.

Tra le specie arboree di pianura che si possono utilizzare in un intervento di recupero dell'ambiente fluviale si segnalano: Acer campestre, Alnus glutinosa, Fraxinus excelsior, Populus alba e Populus nigra, Quercus ilex, Salix alba, Ulmus minor, Carpinus betulus, Morus alba e Morus nigra. Tra quelle arbustive invece si possono utilizzare: Ligustrum vulgare, Salix purpurea e Salix triandra, Rubus caesius, Sambucus nigra, Viburnum lantana, Viburnum opulus. Una zona tampone vigorosa include un misto di specie di piante a legno duro e a legno dolce con una copertura della chioma pari a circa il 70%.

Le piante e i cespugli hanno un ruolo dominante nella stabilizzazione delle rive e nella riduzione dell'erosione, mentre le specie erbacee filtrano ed assorbono alcuni nutrienti dalla superficie di dilavamento come l'azoto. Il tipo di vegetazione selezionata deve essere in grado di resistere alla sommersione di acqua e sedimenti.



Buffer Zone ripariale
USA Dipartimento Agricoltura CC BY 2.0

 Costi	<p>In genere non ci sono costi di manutenzione per i buffer ripariali forestali.</p> <p>Il costo principale associato alle riserve forestali ripariali è il mancato guadagno associato a terreni che non possono essere raccolti per scopi forestali o agricoli.</p> <p>Fonte: NWRM http://nwrn.eu/measures-catalogue</p>
 Manutenzione	<p>Finché gli alberi e gli arbusti non raggiungono dimensioni sufficienti, è spesso necessario il controllo delle specie erbacee in competizione.</p> <p>A tale scopo sono buoni metodi lo sfalcio e la pacciamatura; l'aratura non è efficace. In alcuni luoghi può essere necessario proteggere i giovani impianti arborei ed arbustivi dalla fauna selvatica. Per mantenere una crescita vigorosa delle piante, favorendo l'efficienza delle funzioni di filtro e di assorbimento dei nutrienti, può rendersi necessario il taglio periodico della vegetazione della fascia tampone, ricavandone prodotti commerciali.</p>
 Indicatori	<p>I1: Riduzione del consumo energetico per m³ prelevato dal WWTP (ΔCE) I2: Acqua trattata</p> <p>Unità di misura I1: m² di spazi tampone ΔCE I2: %</p> <p>Obiettivo minimo (I1) Purificare il 100% delle acque reflue (I2) Adempimento della qualità dell'acqua richiesta dalle normative</p> <p>Obiettivo desiderabile (I1) Purificare il 100% delle acque reflue (I2) Ottenere zero scarichi di acqua inquinata</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) $\Delta CE = [A \times B]$ A: m³ di acqua trattata B: Consumo di energia in MWh per m³ trattato al WWTP (I2) $\% = [A / B]$ A: m³ acqua trattata B: m³ di acqua piovana</p> <p>Fonte: Life Lugo+ Biodinamico</p>

🔍 Approfondimenti e dettagli

La scelta del materiale vivaistico è essenziale per la buona riuscita dell'impianto; oltre alla qualità delle piantine occorre porre attenzione alla provenienza che deve essere idonea, meglio se locale.

La provenienza locale assicura che le piante utilizzate siano adatte alle caratteristiche del territorio nel quale vengono poste a dimora, con maggiori percentuali di successo e rapidità di crescita.

Per i filari si consigliano piantine di 2-3 anni (1 semenzaio + 1 o 2 di trapianto), che in genere hanno un'altezza di 30-50 cm per le specie a lenta crescita e di sviluppo contenuto, di 80 cm per quelle a più rapida crescita e a maggior sviluppo.

Si sconsigliano piante di maggiori età e dimensioni che, oltre ad avere un costo più elevato, sono soggette a crisi da trapianto e a maggiori difficoltà di attecchimento.

Esempi e buone pratiche



Progetto County Stream Initiative Program 2016 BCCD

<https://www.bccdpa.com/streams.html>

Il programma è stato progettato per un'azione correttiva post-alluvione immediata o per il triage da parte dei comuni locali, assecondando l'andamento naturale dei torrenti e proteggendo l'habitat acquatico. Uno di questi interventi riguarda la ricostruzione delle buffer zones. Del torrente Alba Creek. Nelle foto, prima e dopo l'intervento.

Combinazione con altre soluzioni

BVN01; BVN02

Bibliografia – sitografia

- DG ENV project ClimWatAdapt and FP6 project ADAM Adaptation and Mitigation Strategies
- Regione Piemonte(2018) Le Fasce tampone vegetate riparie arbustive-arboree. Realizzazione e gestione
- <http://www.saipatform.org/uploads/Library/Technical%20Brief%2011.%20Use%20of%20conservation%20riparian%20%20buffer%20to%20preserve%20water%20quality.pdf>
- Life Lugo + Biodinamico. <https://lugobiodinamico.eu>
- <http://nwrn.eu/measures-catalogue>

Summary

Descrizione

Gli stagni e zone umide sono bacini ingegnerizzati con uno specchio d'acqua permanente in cui vengono convogliate le acque di pioggia e possono essere progettati per assolvere a più obiettivi, quali: laminazione, trattamento delle acque di pioggia, aumento della biodiversità e delle potenzialità fruibili dell'area. Possono avere aree a diverse profondità, in modo da mettere a dimora diverse specie vegetali. Si parla di stagni quando sono prevalenti le aree a specchio libero più profonde su quelle vegetate, mentre si parla di zone umide quando la maggior parte dell'area è a profondità più bassa e vegetata. Negli ambienti urbani, questa NBS fornirà una fonte sostenibile di acqua per l'irrigazione, e un nuovo modello di infrastruttura verde/blu o parco urbano a basso costo e di supporto alla strategia di gestione delle acque della città. Possono prevedere un innalzamento del pelo libero nel caso si voglia laminare le acque di pioggia; allo stesso modo, si può prevedere che il pelo libero oscilli in modo da accumulare le acque di pioggia ai fini di riuso (p.es. irrigazione delle aree a verde). Attraverso sistemi di trattamento, e processi naturali e vegetazione acquatica avviene la rimozione biologica degli inquinanti prima che l'acqua venga reimpressa nei corpi idrici. Possono svolgere processi di fitodepurazione.

Effetti positivi

Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

- Sequestro inquinanti atmosferici
- Aumento e tutela della biodiversità
- Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
- Mitigazione effetto isola di calore
- Riduzione del rischio di inondazioni e alluvioni
- Integrazione soluzioni verdi e blu
- Gestione ciclo dell'acqua (raccolta e riutilizzo delle acque meteoriche)
- Aumento evapotraspirazione

Salute e qualità della vita

- Riduzione rischi per la salute
- Valore paesaggistico
- Benefici sulla salute mentale
- Finalità ricreative e inclusione sociale
- Valore educativo
- Ridotta manutenzione

Effetti indesiderati/negativi

- Presenza di insetti indesiderati o parassiti
- Aumento dell'umidità ambientale
- Richiesta di superfici ampie

Allo stato attuale c'è una sempre più crescente evidenza che gli stagni e le aree umide minori rivestano un ruolo economico fondamentale nell'assolvere un grande numero di servizi ecosistemici: essi offrono soluzioni sostenibili a supporto della mitigazione dei cambiamenti climatici, della gestione delle risorse idriche e della mitigazione degli effetti di eventi meteorici. Rappresentano anche una risorsa sociale ed economica per la fruizione e la ricreazione, oltre che per l'agricoltura.

La loro presenza, infatti, consente di incrementare la diversità ambientale

delle aziende agricole e con essa la percezione del paesaggio, favorendo, ad esempio, l'incremento delle attività agrituristiche.

Gli stagni e le aree umide minori sono fortemente minacciati dalle attività umane. Sono ancora carenti nella legislazione europea e nazionale specifiche norme volte a tutelare questi ambienti di piccola estensione. Inoltre, esistono ancora lacune significative nella conoscenza di questi ecosistemi, specialmente se paragonati ai fiumi e ai laghi, studiati intensivamente e da più tempo.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale			✓	✓
Pianura asciutta			✓	✓
Collina costiera			*	*

* A condizione. Non sono adatti in zone ripide.

Fattibilità e indicazioni progettuali

Gli stagni e le zone umide sono adatti in nuove zone residenziali, zone commerciali / industriali; possono essere realizzati in siti contaminati; nella città esistente sono di difficile realizzazione perché necessitano di ampie superfici.

Non sono comunque adatti in zone ad alta densità abitativa e in aree ripide.

È bene non avere profondità delle aree a stagno maggiori di 1,2 a meno che non vengano effettuati interventi di recinzione. Gli stagni e le zone umide sono tipicamente impermeabilizzati con geomembrana plastica, a meno di particolari condizioni favorevoli del suolo (alto contenuto di argille e minima infiltrazione).

Al di sopra viene posto uno strato di ghiaia. Inoltre, il fondo delle zone umide è realizzato ponendo uno strato di terreno, volto a permettere la messa a dimora delle piante.

Dato il basso carico di nutrienti veicolato dalle acque di pioggia, è bene verificare che le caratteristiche del terreno siano tali da consentire un adeguato supporto alla vegetazione in termini di nutrienti.

Si consiglia di prevedere sempre un troppo pieno per lo scarico delle acque per eventi di pioggia intensi al di sopra dell'evento di progetto (p.es. tempo di ritorno 200 anni), da posizionare, se possibile, in prossimità del punto di immissione delle acque.

I manufatti di ingresso ed uscita delle acque non devono essere resi accessibili dalla popolazione, ma solo dal personale addetto alla manutenzione. In prossimità dell'ingresso è da prevedere un adeguato sistema di dissipazione di energia (p.es., blocchi di pietra), per limitare il rischio di erosione. All'uscita è necessario un manufatto di controllo, con tubazioni che fungano da bocca tarata e un sistema di troppo pieno.

È da valutare di posizionare dei sistemi di dissipazione dell'energia anche all'uscita del bacino di detenzione.

Le dimensioni da rispettare sono le seguenti: profondità bacino max 2m (per la sicurezza delle persone l'ideale è 120 cm); pendenza sponde max 30%; rapporto lunghezza larghezza min 3:1.

La progettazione necessita di un know-how specifico, perché vanno presi in considerazione diversi fattori:

- selezione delle piante in considerazione della capacità di assorbimento degli inquinanti e dell'adattamento al clima locale.
- selezione del substrato, occorre fornire un terreno di coltura adatto alle piante e per consentire loro di assorbire in modo efficiente la più ampia varietà di inquinanti
- ottimizzazione della progettazione e del funzionamento: parametri come la profondità dell'acqua, il carico idraulico e il tempo di ritenzione o la modalità di alimentazione sono fondamentali.



Stagno in area urbana
By Hillebrand Steve, USFWS, CC 0

<p>Costi</p>	<p>I costi di costruzione variano da 15-90 €/m³ di invaso e dipendono dagli elementi topografici esistenti.</p> <p>Fonte: NWRM http://nwrn.eu/measures-catalogue</p>
<p>Manutenzione</p>	<p>È importante garantire un accesso in sicurezza agli stagni e alle zone umide per le attività di manutenzione. Le operazioni di manutenzione sono da effettuare principalmente dopo eventi meteorici intensi. Tali controlli sono a carico di manodopera non specializzata, quindi realizzabili in contemporanea a quelli regolarmente previsti per la manutenzione di spazi pubblici o strade, quindi con un minimo aggravio di costi.</p>
<p>Indicatori</p>	<p>I1: Riduzione dei consumi energetici per m³ prelevati dall'impianto di trattamento dei rifiuti (ΔCE) I2: Qualità delle masse idriche superficiali e sotterranee</p> <p>Unità di misura (I1): Riduzione del consumo di energia per m³ che non va all'impianto di trattamento (I2): Qualità delle acque superficiali e sotterranee</p> <p>Obiettivo minimo (I1) Acque reflue trattate al 100%. (I2) Rispetto della qualità dell'acqua prevista dalla normativa</p> <p>Obiettivo desiderabile (I1) Acque reflue trattate al 100%. (I2) Zero scarico di acque inquinate nell'ambiente</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) $\Delta CE = [A \times B]$ A: m³ di acqua trattata B: Consumo di energia in MWh per m³ trattato</p> <p>Fonte: Life Lugo+ Biodinamico</p>

🔍 Approfondimenti e dettagli

La progettazione di stagni e zone umide necessita di un know-how specifico e, se possibile, di un ampio sguardo. Devono essere considerati due tipi di fattori: innanzi tutto i diversi fattori ambientali, dalla posizione al clima locale, agli inquinanti da trattare; in secondo luogo, il design.

Possono essere classificati tenendo conto di diversi criteri, ma il parametro di classificazione più comune è la loro idrologia:

- Superficie d'acqua libera: sono specchi d'acqua aperti che contengono piante galleggianti sommerse ed emergenti viene piantata la vegetazione emergente. L'acqua viene di conseguenza filtrata e, inoltre, subisce alcuni processi aerobici, anossici e anaerobici che lo purificano.
- Flusso sotterraneo verticale: si differenzia dalla variante precedente nella direzione che le acque reflue seguono attraverso il mezzo poroso.

Esempi e buone pratiche



Quartiere E.V.A. Lanxmeer

Lamiot CC BY-SA 4.0

Zona umida artificiale per proteggere l'acqua in E.V.A. , un "distretto verde" chiamato Lanxmeer, costruito a Culemborg, Paesi Bassi. Si tratta di un eco quartiere recente (1994-2009) di circa 250 edifici ecologici, diversi uffici e una fattoria urbana. Il progetto si basa su una combinazione spaziale di sistemi naturali, un sistema integrato dei rifiuti (acque reflue)/energia e finalità ecologiche e sociali.

Il distretto si trova in un'area ecologicamente sensibile (ex area di estrazione e ritenzione di acqua potabile). L'ideazione di questo distretto si basa sulla permacultura e sulla progettazione organica.

Combinazione con altre soluzioni

A02; A05

Bibliografia – sitografia

- Ispra (2012) Guida Tecnica per la Progettazione e gestione dei sistemi di fitodepurazione per il trattamento delle acque reflue urbane
- KADLEC Robert H., KNIGHT, Robert L., VYMAZAL, Jan, BRIX, Hans, COOPER, Paul, HABERL, Raimund (IWA Specialist Group in Use of Macrophytes in Water Pollution Control) (2000), Constructed wetlands for pollution control. Processes, performance, design and operation, IWA Publishing.
- Masi, F. et al. (2017), Constructed wetlands for combined sewer overflow treatment: Ecosystem services at Gorla Maggiore, Italy. Ecological Engineering 98, pp. 427-438.
- Provincia di Roma(2008), Quotation-sample of the volume EPCN, 2008. The Pond Manifesto. Stagni e zone umide minori: un manifesto per la loro conoscenza e conservazione, Gangemi Editore, Roma.
- Metro Adapt Platform.
https://www.cittametropolitana.mi.it/Life_Metro_Adapt/index.html
- <https://www.nature4cities-platform.eu/#/>
- <http://nwrm.eu/measures-catalogue>

Summary

Descrizione







La foresta urbana è definita in diverso modo: ad esempio come "...quella porzione dell'ecosistema urbano che consiste di vegetazione forestale, acqua, terreno e vita selvatica in aree densamente popolate e nelle zone adiacenti (Shaffer e Moeller, 1979), e anche come "... as all publicly and privately owned trees within an urban area" (Novak, 2010). Negli anni 2000-2002 la FAO e la IUFRO introducono l'espressione "urban forest" nel dibattito internazionale, includendo in essa anche le aree boscate e le aree "verdi" di vario genere, presenti all'interno del tessuto urbano. Le foreste e agli altri spazi verdi nelle città possono raffreddare le temperature fornendo ombra e migliorando l'evapotraspirazione. Inoltre, corridoi verdi opportunamente progettati possono migliorare la ventilazione urbana, consentendo all'aria più fredda di penetrare dall'esterno nelle aree più densamente costruite, riducendo così l'effetto isola di calore urbana (UHI) (Climate-ADAPT, 2015). Inoltre, gli alberi possono offrire una serie di co-benefici, come il sequestro del carbonio, l'attenuazione del deflusso superficiale e quindi la riduzione del rischio di alluvione, la regolamentazione della qualità dell'aria e la fornitura di opportunità di svago e contatto con la natura, che a loro volta portano a una migliore salute. Contribuiscono inoltre al mantenimento della biodiversità fornendo habitat e risorse di foraggiamento.

Effetti positivi





Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Sequestro inquinanti atmosferici
-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Riduzione dell'erosione dei suoli
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano
-  Miglioramento della qualità del suolo
-  Riduzione del rischio di allagamenti
-  Aumento e tutela della biodiversità

Salute e qualità della vita


-  Riduzione rischi per la salute
-  Valore paesaggistico
-  Aumento contatto con la natura
-  Valore educativo
-  Aumento dell'attività fisica
-  Produzione di biomassa

Effetti indesiderati/negativi

-  Presenza di insetti indesiderati o parassiti
-  Produzione di allergeni
-  Problemi in caso di esposizione a forti venti
-  Richiesta consenso di soggetti pubblici o privati

Nella città del medio adriatico, le foreste costiere costituite dalle pinete sono un patrimonio a rischio. Il Pino d'Aleppo e il Pinus Pinea sono presenti lungo tutta la costa e nella fascia collinare, dove sono stati ampiamente diffusi dall'uomo. Fenomeni di salinizzazione della falda e di subsidenza, ne mettono a rischio la sopravvivenza. Altri fattori critici sono l'eccessiva antropizzazione e l'aerosol marino; inoltre i diradamenti effettuati troppo tardivamente hanno portato alla "filatura" degli alberi. L'altro rischio riguarda gli incendi, come i recenti avvenimenti verificatisi nell'estate 2021 con la distruzione di una parte consistente della Pineta Dannunziana dimostrano. I provvedimenti da adottare nelle foreste esistenti riguardano il restauro forestale e il miglioramento delle caratteristiche biologiche e statiche del soprassuolo e delle caratteristiche del suolo, attraverso il ripristino e il potenziamento della rete di raccolta delle acque di ruscellamento superficiale e il drenaggio di quelle sottosuperficiali.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

Fattibilità e indicazioni progettuali

La FAO individua cinque tipi di foreste urbane con livelli molto diversi di elementi arborei: boschi e superfici boscate periurbane; parchi e boschi urbani; piccoli parchi di quartiere, giardini privati e spazi verdi; alberature stradali, delle piazze, dei viali; altri spazi verdi con presenze arboree (scarpate, golene, cimiteri, orti botanici, terreni agricoli, etc.). Concorrono alla formazione delle foreste urbane anche gli ecosistemi naturali (formazioni arboree, arbustive, cespuglieti e zone umide). La FAO utilizza uno standard di riferimento: una superficie di almeno 0,5 ettari con alberi capaci di raggiungere almeno 5 metri di altezza che con la loro chioma "coprono" almeno il 10 per cento del terreno.

La Strategia Nazionale del Verde Urbano attribuisce alla foresta urbana e periurbana il compito di migliorare la qualità ambientale delle città e di rispondere all'esigenza di proteggere spazi non urbanizzati, conservare i valori naturalistici e paesaggistici, limitare il consumo di suolo, proteggere le città dai cambiamenti climatici, salvaguardare la salute delle persone e permettere la fruizione dei cittadini.

Le foreste urbane devono essere progettate tenendo in considerazione il loro inserimento nel sistema delle aree verdi urbane e territoriali, così da diventare un elemento integrato della infrastruttura verde alla rete urbana e territoriale.

In una corretta progettazione è importante considerare innanzi tutto:

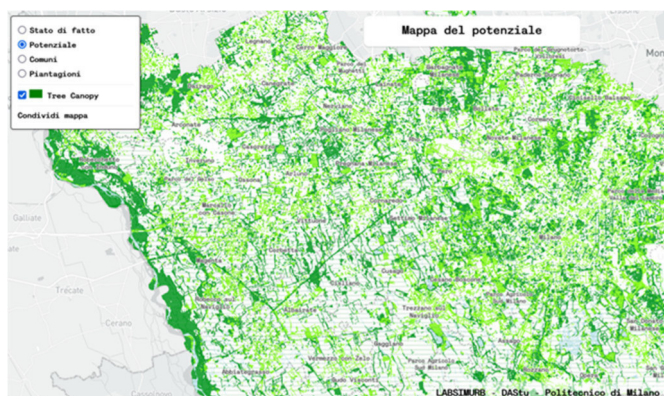
a) la finalità del progetto di forestazione, in quanto a partire dalle funzioni che dovrà assolvere la nuova area forestale (sequestro di carbonio, cattura polveri sottili, tutela biodiversità, educazione ambientale, etc.) saranno effettuate scelte progettuali diverse;

b) la scelta dell'area che andrà selezionata con riferimento ai caratteri ecologici presenti (caratteristiche pedologiche, vegetazione presente e potenziale) al microclima, ai vincoli presenti e agli aspetti economici. In ambiente urbano, di solito le aree libere sono limitate (anche in relazione a quanto previsto dagli strumenti di pianificazione locale, PRG, Piani del verde, Rete ecologica, etc.), ma è possibile acquisirle mediante le innovazioni tecniche della perequazione urbanistica e della piantumazione ecologica preventiva (Vedi Schede Best practices);

c) le varie componenti della foresta urbana. In tema di lotta ai cambiamenti climatici e incremento della biodiversità urbana e periurbana sarà preferibile la creazione di nuove aree boscate, mentre per l'abbattimento di inquinanti atmosferici e/o come barriere antirumore sarebbero preferibili le alberate;

d) per quanto riguarda le specie da impiantare negli interventi di forestazione, sebbene siano da privilegiare le specie autoctone nel rispetto dei vincoli urbanistici e paesaggistici vigenti, occorre tener conto dei cambiamenti del clima e selezionare le specie che meglio potranno rispondere ai cambiamenti già presenti o futuri. Nella progettazione è opportuno inoltre privilegiare una mescolanza di specie di varie dimensioni: ciò consente una maggior stabilità e resistenza della comunità vegetale che si viene a realizzare, oltre ad essere esteticamente più gradevoli e a contribuire a creare un habitat più vario per la fauna. Per la selezione delle specie, con riferimento alla città del medio adriatico, si rimanda all'allegato al paragrafo 4 di questo documento.

Un problema rilevante è poi l'approvvigionamento del materiale vivaistico. Spesso alla scala nazionale manca una vera programmazione degli interventi delle opere a verde, e ciò comporta spesso la non disponibilità immediata o la necessità di selezionare specie non previste o non di eccellente qualità. Un materiale vivaistico di qualità è fondamentale perché riduce il rischio di una scarsa sopravvivenza degli individui impiantati e favorisce la buona riuscita degli interventi di forestazione.



Progetto Forestami, Milano. Mappa del potenziale
<https://forestami.org>

<p>Costi</p>	<p>Costo nuovo impianto : chiedere Res Agraria</p> <p>Restauro Pineta: 18.000 €/ha Rigenerazione suolo: 8000 €/ha</p>
<p>Manutenzione</p>	<p>I provvedimenti da adottare nelle foreste esistenti (pinete costiere) riguardano interventi per la salvaguardia ed il miglioramento delle caratteristiche bio-statiche, quali-quantitative delle urban forests nelle aree di progetto al fine del miglioramento della qualità complessiva della foresta e quindi della sua capacità di adattamento al cambiamento climatico e di continuare a contribuire alla salute e al benessere degli abitanti e dei turisti. Il restauro forestale può prevedere anche il miglioramento delle caratteristiche biologiche e statiche del soprassuolo e delle caratteristiche del suolo, attraverso il ripristino e il potenziamento della rete di raccolta delle acque di ruscellamento superficiale, nonché il drenaggio di quelle sotto-superficiali.</p>
<p>Indicatori</p>	<p>I1: CO2 Capture (CaCO2)</p> <p>Unità di misura T CO2/anno</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) CaCO2 = [A x B] A: numero di alberi in un'area B: valore medio catturato (0,15 T CO2/albero x anno)</p> <p>A: numero alberi lungo una strada B: valore medio catturato (0,15 T CO2/albero anno)</p> <p><i>Fonte: Life Lugo + Biodinamico</i></p>

Approfondimenti e dettagli

- Per la realizzazione di nuovi impianti: si segnalano alcune nuove possibilità d'intervento, tramite operazioni di piantumazione ecologica preventiva e compensazione ecologica. Entrambe hanno l'obiettivo di ridurre il consumo di suolo e nel caso di ogni nuova urbanizzazione si richiede all'operatore di restituire alla collettività, e di attrezzare in termini di naturalità, aree di pari valore ecologico e ambientale rispetto a quelle urbanizzate (vedi Best Practices).
- Per le foreste esistenti: i recenti cambiamenti climatici e la cattiva gestione non ci pongono in una situazione di totale tranquillità. All'interno di un sistema socio-ecologico in equilibrio le foreste che forniscono i servizi ecosistemici sono in equilibrio con il sistema sociale che provvede alla loro manutenzione. Quando questo equilibrio si interrompe il bosco diventa vulnerabile alle cause di incendio e di degrado vegetazionale. La connessione con il luogo e con le persone crea il senso di appartenenza di una comunità che si manifesta nella consapevolezza del valore del luogo, nella conoscenza dei rischi e degli strumenti di difesa, nella condivisione delle ansie e delle informazioni, nella cooperazione, nel sostegno reciproco, nella fiducia e nell'accettazione delle regole.

Esempi e buone pratiche



Prato Action Plan Forestazione urbana

Il Piano Operativo del Comune di Prato contiene un documento le "Strategie per la Forestazione Urbana", che traduce in una serie di azioni multisecolari e con un piano di azione al 2030, "Prato 2030", le strategie generali sui temi ambientali di resilienza. Prato 2030 si compone di due capitoli:

"Green Benefits" – analisi dei benefici del verde urbano di Prato, e "Prato - Action Plan" per la Forestazione Urbana. L'obiettivo di questi documenti è delineare uno scenario su basi scientifiche, con misuratori e indicatori della situazione esistente, sulla base del quale sviluppare le strategie di forestazione urbana.

Combinazione con altre soluzioni

BVN03; BVN04; BVA01

Bibliografia – sitografia

- Armson, D.; Stringer, P.; & Ennos, A.R. (2013). The effect of street trees and amenity grass on urban surface water runoff in Manchester, UK. *Urban Forestry & Urban Greening* 12.
- Climate-ADAPT (2015). Green spaces and corridors in urban areas. Available at: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/adaptation-options/green-spaces-and-corridors-in-urban-areas>
- Politecnico di Milano (2019), Catalogue of Nature Base Solutions for urban regeneration
- <http://nwrn.eu/measure/urban-forest-parks>
- Horizon 2020 UrbanGreenup. <https://www.urbangreenup.eu>
- Horizon2020 Nature 4Cities. <https://www.nature4cities-platform.eu/#/>
- Adapt Platform. https://www.cittametropolitana.mi.it/Life_Metro_Adapt/index.html
- Life Lugo + Biodinamico. <https://lugobiodinamico.eu>
- <https://forestami.org/la-forestazione-urbana/>





Summary

Descrizione


I prati sono ampi spazi aperti prevalentemente erbosi con la presenza o meno di gruppi di alberi con biodiversità variegata, sia nella flora che nella fauna. In città e negli spazi pubblici svolgono diverse funzioni relativamente alla gestione delle acque pluviali, alla regolazione della temperatura, alla conservazione e miglioramento della biodiversità, alla produzione di ossigeno e al miglioramento della qualità dell'aria. Con riferimento alle specie presenti e alla loro gestione si distinguono in: prati naturalizzati; prati fioriti; prati con sfalci selettivi; prati ad elevato calpestio (SOS 4 life). Le aree interessate da prati naturalizzati e dai prati fioriti non sono concepite per una intensa fruizione umana, bensì per il potenziamento della biodiversità urbana; i primi contano solo sugli apporti idrici della pioggia; i secondi hanno un ridotto bisogno di acqua e di concimi. Entrambi valorizzano le aree marginali di difficile gestione. Nel caso dei prati con sfalci selettivi, si tratta di manti simili ai prati naturali in aree ad alta frequentazione, di cui è possibile prevedere una manutenzione differenziata con conseguente riduzione dei costi. I prati ad alto calpestio sono adatti per la fruizione della popolazione, per attività ludiche, ricreative e sportive non professionali e si differenziano dai prati con sfalci selettivi, richiedono infatti un maggior numero di tagli e quindi maggiori costi di manutenzione.

Effetti positivi




Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Sequestro inquinanti atmosferici
-  Riduzione dell'erosione dei suoli
-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Aumento e tutela della biodiversità
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano
-  Riduzione inquinamento acustico
-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)

Salute e qualità della vita

-  Riduzione rischi per la salute
-  Aumento contatto con la natura
-  Approvvigionamento di cibo
-  Valore paesaggistico
-  Aumento della fruizione

Effetti indesiderati/negativi

-  Manutenzione della pavimentazione
-  Costi elevati
-  Produzione di allergeni

Gli sfalci selettivi consentono di ridurre i costi di manutenzione dell'area e determinano il progetto paesaggistico e fruitivo dell'area. Per garantire un effetto nell'arco delle stagioni è importante che lo sfalcio sia pianificato, ottimizzando da un lato le procedure e i costi di taglio con mezzi meccanici e dall'altro il controllo dei colori e l'evoluzione del paesaggio nel tempo. Consentono anche di guidare la fruizione verso le aree a maggiore manutenzione, favorendo nelle persone la percezione di cura e permettendo alle diverse specie di vivere e di evolversi, creando un habitat favorevole alla vita di insetti e animali selvatici. Se le aree a sfalcio sono ben visibili anche da lontano, possono assumere effetti paesaggistici interessanti.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

Fattibilità e indicazioni progettuali

- I prati naturalizzati** sono tappeti erbosi artificiali che non necessitano di manutenzione e in cui si insediano stabilmente graminacee e leguminose. Costituiscono un'ottima soluzione per l'inverdimento di zone difficili, quali scarpate e fossati, aree dismesse, ecc., o di aree a verde estensivo. Nelle aree più complesse da raggiungere si utilizzano, oltre alle idrosemine, anche le biostuoie e le terre armate; in questi casi si assiste molto spesso alla graduale sostituzione delle specie seminate con altre spontanee, fatto che aumenta la biodiversità del luogo e la possibilità di insediamento della fauna selvatica. Questi prati, soprattutto se in ambito urbano, possono essere scambiati per aree incolte e in abbandono. Può essere utile disporre dei cartelli e segnaletica sui benefici dei servizi ecosistemici erogati.
- I prati fioriti** rappresentano una interessante soluzione per il verde urbano estensivo e per il verde urbano stradale, poiché favoriscono la biodiversità di flora e fauna, la riduzione dei costi di manutenzione e la creazione di effetti estetici interessanti. Sono realizzati con specie erbacee, annuali o perenni, nate dalla semina di miscugli di semi provenienti da specie spontanee in zone climaticamente affini a quella di impianto. Possono costituire una veloce e buona soluzione per l'inverdimento delle aree più ampie non calpestabili dei parchi urbani, essendo semplici da realizzare e da curare. Se si vuole renderli fruibili, occorre prevedere delle zone di sfalci selettivo, sia lungo i percorsi per l'attraversamento sia in aree puntuali per consentire la sosta per momenti di svago e convivialità. Sono consigliati sfalci periodici, 1 o 2 volte l'anno solo lungo i percorsi.
- I prati a sfalci selettivi** sono formati da graminacee robuste e sono eccellenti per le aree ad alta fruizione, per il rinverdimento delle zone a rischio di frana e con particolari fragilità idrogeologiche. Nelle aree verdi urbane è possibile prevederne una manutenzione differenziata e sottoporre a tagli regolari i camminamenti, o le strisce che fiancheggiano i percorsi pedonali, mentre le porzioni adiacenti sono sfalciate molto di rado, anche solo due-tre volte all'anno, con il risultato di ottenere erbe di altezza differenziata.
- I prati ad alto calpestio** sono adatti per la fruizione della popolazione, per attività ludiche, ricreative. Essendo più intensamente usati dalle persone richiedono un maggior numero di tagli e nel bilancio delle amministrazioni è una delle voci più significative e pertanto è utile nella progettazione del verde capire dove serve effettivamente e dove invece è possibile o utile introdurre prati e aree a maggior naturalità e minore manutenzione. Per questo motivo è bene che questi tipi di prati siano presenti in aree non estensive; altri spazi adatti ai prati sono le aree monumentali, ove insistono particolari vincoli storico-culturali. L'altezza ideale dell'erba dei prati ad elevato calpestio è di 1,5 - 5 centimetri e va prevista irrigazione. Le specie utilizzabili hanno una tolleranza variabile rispetto all'altezza di taglio, quindi è necessario sempre determinare quanti sfalci si intendono effettuare e quale sarà l'intensità di uso.



The Lawn Institute
www.TheLawnInstitute.org

<p>Costi</p>	<p>Prati naturalizzati I costi possono aggirarsi tra i 2500-5000 € ogni 1.000 m²</p> <p>Prati fioriti I costi di impianto variano a seconda dell'estensione dell'area. > superfici fino a 300 mq = ca. 5,01 €/m²; > superfici da 500 a 1000 mq = ca. 2,64 €/m²; > superfici oltre 2000 mq = ca. 1,45 €/m²;</p> <p>Prati a sfalci selettivi I costi di impianto variano a seconda dell'estensione dell'area; per la formazione di prato su terreno con preparazione meccanica del fondo (pulizia dell'area, aratura/ vangatura, erpicatura) con concimazione, semina manuale o meccanica, compresa fornitura di 100 g/mq di concime composto ternario, di 30 g/mq di seme, semina, rullatura, escluso eventuale ammendante organico ed irrigazione > superfici fino a 300 mq = ca. 5,01 €/m²; > superfici da 500 a 1000 mq = ca. 2,64 €/m²; > superfici oltre 2000 mq = ca. 1,45 €/m²; <i>Fonte: SOS4LIFE</i></p>
	<p>Prati naturalizzati Si effettuano due/tre sfalci all'anno, mentre non si pratica nessun intervento nelle altre situazioni</p> <p>Prati fioriti Dopo la semina il primo intervento consiste in una profonda irrigazione, che sarà l'unica per tutto il ciclo annuale. In seguito si effettuano due sfalci, in primavera e in autunno dopo le fioriture principali.</p> <p>Nei prati a sfalci selettivi Il mese di settembre è il momento migliore per la semina nelle regioni settentrionali, mentre in maggio si effettuano le semine delle regioni meridionali. In entrambi i casi, occorre irrigare subito dopo la semina e intervenire con gli adacquamenti di soccorso in corrispondenza dei periodi più siccitosi.</p> <p>Nei prati ad elevato calpestio Nei prati a elevato calpestio è indispensabile una elevata manutenzione e risorse dedicate agli sfalci. Tuttavia, gli sfalci non vengono effettuati in pieno inverno e in piena estate, quando le piante sono a riposo, mentre nelle altre stagioni è prevedibile un taglio ogni 15 giorni, prevedendo 12 sfalci all'anno.</p> <p>Per gli sfalci il costo varia a seconda della dimensione dell'area: si prevede ad esempio un costo a mq di 0,06 euro/mq per lo sfalci di aree verdi da 2.000 a 5.000 mq; 0,08 euro/mq per lo sfalci di aree verdi da 500 a 2.000 mq <i>Fonte: SOS4LIFE</i></p>
<p>Manutenzione</p>	<p>Indicatore I1: Cattura di CO₂ (CaCO₂)</p> <p>Unità di misura kg CO₂/anno</p> <p>Obiettivo 0.05 kg CO₂/m²-anno</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) CaCO₂ = [A x B] A: m² di superficie B: valore medio di cattura (0,05 kg CO₂/m² · anno per piante erbacee)</p> <p><i>Fonte: Life Lugo+ Biodinamico</i></p>

Approfondimenti e dettagli

L'erba riduce le temperature estreme assorbendo il calore del sole durante il giorno e rilasciandolo lentamente la sera, moderando così la temperatura.

In una giornata estiva, la temperatura del marciapiede potrebbe raggiungere ben oltre i 100°F (circa 38°C), mentre la superficie del prato potrebbe rimanere intorno ai 75° F (circa 24°C).

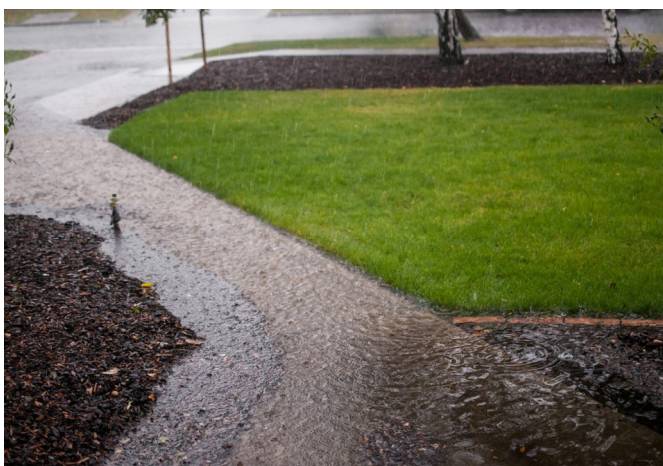
L'erba del tappeto erboso è un dispositivo di raffreddamento evaporativo, motivo per cui le temperature dell'erba sono in media da 10°C a 14°C più fresche dell'asfalto e del cemento. La biologia dei terreni erbosi trasforma i prati in un perfetto depuratore d'acqua naturale. L'acqua viaggia nelle falde acquifere sotterranee attraverso le zone delle radici dell'erba. I microbi del suolo scompongono le sostanze chimiche in materiali innocui, inclusi i pesticidi per il tappeto erboso. Le zone radicali di prati densi e sani aiutano a pulire le acque che passano e riducono il deflusso quasi a zero. Questo sistema di filtraggio è così efficace che l'acqua piovana filtrata attraverso un buon prato sano è spesso fino a 10 volte meno acida dell'acqua che scorre da una superficie impermeabile. L'erba trattiene inoltre e polveri sottili sospese nell'aria e funziona da filtro (barriera meccanica e biologica).

Esempi e buone pratiche



Sfalcio Selettivo

Feeringbury Manor grass path and tulips, Feering Essex England , CC BY-SA 4.0



Riduzione del run-off

thelawninstitute.org

Combinazione con altre soluzioni

BVN05; BV401; BVA02
C01; C02

Bibliografia – sitografia

- Progetto SOS4LIFE, Liberare il suolo: linee guida per migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici negli interventi di rigenerazione urbana.
- <https://www.thelawninstitute.org/environmental-benefits/>

Summary

Descrizione






Sono bacini ricavati da una depressione, naturale o artificiale del terreno con pendenze inferiori a 30° e salti di quota minori di 45 cm. Permettono un filtraggio e una depurazione del tutto naturale dell'acqua raccolta con ottime rimozioni dei principali inquinanti veicolati dalle acque di pioggia di dilavamento, hanno un effetto benefico anche in termini di riduzione del rischio idraulico, aumento della biodiversità, oltre a poter essere utilizzate come elemento di arredo urbano. La dimensione si aggira di solito a circa 2-4% l'area da drenare. La topografia ottimale per questo tipo di opera è quella pianeggiante. La presenza di pendii o lievi pendenze fa sì che siano richiesti maggiori oneri finanziari per effettuare opportuni livellamenti e adattamenti del terreno. La permanenza di acqua al loro interno nel lungo periodo può causare il problema della proliferazione di insetti e zanzare. Le aree di ritenzione possono essere facilmente inserite all'interno del tessuto urbano perché flessibili e adattabili al paesaggio. Possono avere forme più naturaliformi se inserite in aree a bassa densità abitativa, o più rigide in aree ad alta densità. In ambito urbano possono identificarsi come "giardini della pioggia", vedi scheda.

Effetti positivi




Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

- 
 Sequestro inquinanti atmosferici
- 
 Mitigazione effetto isola di calore
- 
 Riduzione del run-off (tempo di corruzione)
- 
 Miglioramento del microclima e comfort urbano
- 
 Laminazione delle acque meteoriche
- 
 Aumento evapotraspirazione
- 
 Aumento e tutela della biodiversità
- 
 Riduzione del rischio di allagamenti

Salute e qualità della vita

-  Riduzione rischi per la salute
-  Finalità ricreative e inclusione sociale
-  Ridotta manutenzione
-  Benefici economici
-  Valore paesaggistico

Effetti indesiderati/negativi

-  Richiesta di superfici ampie
-  Rischio di intasamento e problemi di drenaggio
-  Difficile utilizzo in aree con pendenza elevata

I bacini di ritenzione sono efficaci per immagazzinare le acque da aree di drenaggio medio-piccole. Aiutando a ridurre il run-off e le inondazioni forniscono un contributo significativo all'adattamento agli eventi di maggiore intensità causati dal cambiamento climatico, rendendo l'acqua immagazzinata disponibile per altri scopi. Se si introduce la vegetazione, in particolare la vegetazione legnosa, aumenta il sequestro del carbonio e aiuta a regolare le temperature urbane. Creano habitat acquatici e ripariali e quindi contribuiscono in modo significativo alla conservazione della biodiversità, in particolare se utilizzati nelle aree urbane. Hanno un buon potenziale per contribuire alle reti e ai corridoi verdi e/o blu. Se utilizzati insieme ad altre funzioni SuDS, possono ridurre il rischio complessivo di allagamento superficiale soprattutto nelle aree urbane e contribuire alla riduzione dei picchi di flusso dei fiumi nei piccoli bacini idrografici. Contribuiscono agli spazi verdi urbani e forniscono anche un ulteriore habitat acquatico/ripariale, aumentando il valore estetico/culturale del paesaggio. Sono un buon strumento di comunicazione per promuovere una gestione sostenibile dell'acqua. Tenere l'acqua in mostra (piuttosto che nascondere nei tradizionali sistemi di drenaggio) aiuta ad aumentare la consapevolezza, l'interesse e la conoscenza delle persone, in particolare quando è esteticamente gradevole.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale			✓	✓
Pianura asciutta			✓	✓
Collina costiera			*	*

* A condizione. La presenza di pendii o lievi pendenze fa sì che siano richiesti maggiori oneri per effettuare opportuni livellamenti e adattamenti del terreno

✓ Fattibilità e indicazioni progettuali

Le aree di bioritenzione sono progettate per trattare le acque di run-off di eventi di pioggia frequenti (basso tempo di ritorno) e senza ausilio di condotte fognarie, ma per mezzo di apposite aperture posizionate lungo, ad esempio, i cordoli stradali. In prossimità di tali aperture sono da prevedersi adeguati sistemi di dissipazione di energia per limitare il rischio di erosione (p.es., blocchi di pietra).

Le acque di dilavamento vengono convogliate tramite deflusso superficiale all'area di bioritenzione; occorre prevedere un troppo pieno per lo scarico delle acque in seguito a eventi di pioggia intensi, da posizionare, se possibile, in prossimità del punto di immissione delle acque. Lo spessore di suolo vegetativo svolge la funzione di sistema di filtrazione; le particelle argillose del suolo assorbono gli inquinanti, così come la vegetazione garantisce la stabilità del suolo e partecipa all'azione di trattamento degli inquinanti. Nell'area di ristagno si ha un accumulo temporaneo e un'ulteriore deposizione di materiale trasportato.

Nel caso di posizionamento in prossimità di edifici, le aree di bioritenzione non impermeabilizzate devono essere collocate almeno ad una distanza di 5 metri dagli edifici per impedire che le acque penetrino nelle fondazioni o sotto le abitazioni, causando problemi di muffa e di infiltrazioni. Inoltre, si consiglia il posizionamento lontano da grandi alberi per consentire un'esposizione massima alla luce solare.




Il sistema di aree di ritenzione non è consigliato: in aree con pendenza ripida, in zone ad alta densità e per drenare superfici superiori a 2 ha. Se posti al di sopra delle acque sotterranee vulnerabili è necessaria l'impermeabilizzazione.

È consigliabile adottare una larghezza delle aree di bioritenzione maggiore di 600 mm (valori più bassi comportano una difficoltà di realizzazione) e minori di 20 m (in modo da permettere interventi manutentivi con escavatori da 10 m). La lunghezza massima suggerita è 40 m per permettere una distribuzione uniforme delle acque di pioggia, mentre l'area totale massima suggerita è di 800 m². La profondità del bacino solitamente è intorno ai 90 cm per evitare che le perturbazioni generate dal vento determinino risospensioni dei sedimenti. Profondità al di sopra dei 2 metri dovrebbero essere evitate, per impedire stratificazioni termiche.



Schema di funzionamento

<https://help.innovyze.com/display/infodrainage2021v3/Bioretenzione>

 Costi	<p>I costi di costruzione variano da 15-90 €/m³ di invaso e dipendono dagli elementi topografici esistenti.</p> <p>Fonte: NWRM http://nwrn.eu/measures-catalogue</p>
 Manutenzione	<p>Sono necessari controlli e manutenzione regolari da parte di manodopera non specializzata.</p> <p>Nel caso di aree di bioritenzione progettate con un alto valore estetico, sono da considerare interventi manutentivi da parte di paesaggisti e giardinieri.</p>
 Indicatori	<p>I1: Riduzione del consumo di energia per infiltrazione o cattura di acqua piovana (ΔCE) I2: % di pavimentazione permeabile in strada</p> <p>Unità di misura m² di pavimentazione permeabile $\rightarrow \Delta CE$</p> <p>Obiettivo minimo >60%</p> <p>Obiettivo desiderabile >95%</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) $\Delta CE = [A \times B]$ A: Acqua infiltrata m³ B: Energia in MWh per m³ di acqua trattata</p> <p>(I2) $\% = [A / B]$ A: m² di pavimento permeabile B: area totale</p> <p>Fonte: Life Lugo + Biodinamico</p>

Approfondimenti e dettagli

È preferibile evitare l'impermeabilizzazione delle aree di bioritenzione e permettere l'infiltrazione nel sottosuolo delle acque di pioggia trattate. In tal caso, le componenti da considerare in fase di progettazione sono:

- caratteristiche geologiche, geotecniche e idrogeologiche del terreno;
- distanza dall'acquifero (minimo 1 m).

È preferibile avere una superficie orizzontale, in modo da permettere una omogenea distribuzione delle acque di pioggia su tutta la superficie utile. Per l'inserimento in aree ripide è suggerito di prevedere dei piccoli sbarramenti di controllo, realizzabili in diversi materiali che possono anche avere funzione di arredo (p.es. legno, muratura, pietrame). E' bene prevedere, a valle degli sbarramenti, dei sistemi per il controllo dell'erosione. Le caratteristiche da considerare per la scelta della vegetazione da mettere a dimora sono:

- adattamento a condizioni asciutto/bagnato;
- adattamento al carico inquinante veicolato dalle acque di pioggia;
- capacità di penetrazione delle radici;
- preferenza per piante native;
- inserimento paesaggistico.

Esempi e buone pratiche



Progetto LIFE BEWARE

<https://www.lifebeware.eu>

Il micro-bacino di invaso ha lo scopo primario di trattenere e rallentare il deflusso dell'acqua verso valle, e di costituire, specie nei periodi di siccità, una riserva idrica per le attività agricole del territorio di Giavenale-Alto Vicentino. Il bacino, che ha una capacità di 2.500 metri cubi, accoglie l'acqua piovana in eccesso, così da contribuire in maniera rilevante alla prevenzione dal rischio da allagamenti nelle vicine aree urbane, e da ricreare, allo stesso tempo, una fonte idrica per l'irrigazione, ancor più preziosa nei periodi di scarse precipitazioni.

Combinazione con altre soluzioni

A05; A06

BVN04

Bibliografia – sitografia

- CREW (2012) Natural Flood Management knowledge system: Part 1 – sustainable urban drainage systems (SUDS) and flood management in urban areas. <https://www.crew.ac.uk/publication/natural-flood-management-nfm-knowledge-system-sustainable-urban-drainage-systems-suds>
- Life Lugo + Biodinamico. <https://lugobiodinamico.eu>
- Metro Adapt Platform. https://www.cittametropolitana.mi.it/Life_Metro_Adapt/index.html
- Horizon 2020 UrbanGreenup. <https://www.urbangreenup.eu>
- Horizon2020 Nature 4Cities. <https://www.nature4cities-platform.eu/#/>

Summary

Descrizione

I bacini di detenzione sono spazi vegetati poco profondi, atti allo stoccaggio superficiale temporaneo e al controllo del flusso dell'acqua meteorica. Hanno il fondo permeabile e il loro funzionamento è quello di ricevere e trattenere temporaneamente le acque pluviali a seguito degli eventi meteorologici, per poi svuotarsi lentamente nell'arco di 24 ore. Sono progettati per non avere acqua che ristagni all'interno, per cui sono asciutti per la maggior parte del tempo. Vengono normalmente utilizzati per rimuovere sostanze inquinanti. Piantagioni possono essere messe a dimora sulle sponde per aumentarne la stabilità. Considerando le loro versatilità di forme e dimensioni, possono essere integrati molto bene con il paesaggio. Non essendo permanenti possono essere inclusi in aree adibite per altre soluzioni quali parcheggi, campi sportivi o spazi aperti, possono configurarsi come parchi inondabili e possono prevedere l'inserimento di molte specie vegetazionali per aumentare il valore paesaggistico e la biodiversità dell'area; in tal caso sono da prevedersi percorsi a una quota superiore al livello dell'acqua sia perimetrali che di attraversamento che permettono di mantenere fruibile il parco anche quando c'è presenza di acqua.

Effetti positivi

Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

- Gestione ciclo dell'acqua (raccolta e riutilizzo delle acque meteoriche)
- Miglioramento del microclima e comfort urbano
- Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
- Riduzione del rischio di allagamenti
- Mitigazione effetto isola di calore
- Sequestro inquinanti atmosferici
- Aumento e tutela della biodiversità

Salute e qualità della vita

- Riduzione rischi per la salute
- Finalità ricreative e inclusione sociale
- Aumento contatto con la natura
- Valore paesaggistico

Effetti indesiderati/negativi

- Richiesta di superfici ampie
- Presenza di insetti indesiderati o parassiti
- Produzione di allergeni
- Presenza di comportamenti indesiderati

Rilevante è il loro potenziale nel contribuire a reti di aree vegetate e corridoi verdi. Se viene introdotta nuova vegetazione, in particolare vegetazione legnosa, possono anche contribuire ad aumentare il sequestro del carbonio e contribuire a regolare le temperature urbane. A seconda della densità della vegetazione e della loro diffusione, possono contribuire a creare isole fresche nei paesaggi urbani (a causa dell'evapotraspirazione, dell'approvvigionamento idrico, dell'ombreggiatura). Utilizzati in combinazione con altre caratteristiche SuDS, possono ridurre il rischio di inondazioni di deflusso superficiale e contribuire alla riduzione dei flussi fluviali di picco in piccoli bacini idrografici. Contribuendo alla riduzione dell'inquinamento diffuso attraverso l'intercettazione del deflusso superficiale e della relativa sedimentazione, possono dare un piccolo contributo al miglioramento della qualità nelle acque riceventi. L'utilizzo di bacini di detenzione è un buon strumento di comunicazione per promuovere una gestione sostenibile dell'acqua. Mantenere l'acqua in mostra (piuttosto che nascondere nei sistemi di drenaggio tradizionali) aiuta ad aumentare la consapevolezza e la conoscenza delle persone. Ciò vale in particolare quando il dettaglio e il valore del SuDS vengono comunicati al pubblico, ad esempio installando pannelli informativi.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	*	*	*	*

* A condizione. E' importante evitare l'ubicazione di bacini di detenzione in aree in cui lo stoccaggio dell'acqua può causare instabilità dei pendii o problemi di fondazione, ad esempio in aree di frane o in cima ai pendii, a meno che non sia stata effettuata una valutazione completa del rischio ingegneristico.

Fattibilità e indicazioni progettuali

L'obiettivo dei bacini di detenzione e dei parchi inondabili è di favorire l'infiltrazione della falda, ridurre i picchi di piena nei corpi ricettori, incrementare la biodiversità. Possono contribuire a 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 sia ambientale (in termini di qualità dell'aria, delle acque, di mitigazione dell'innalzamento delle temperature), che economico (aumento dell'attrattività del quartiere e supporto all'insediamento di attività commerciali). Si adattano alla morfologia del territorio e sono particolarmente adatte in:

- zone residenziali
- zone commerciali/industriali
- zone ad alta densità
- all'interno di aree verdi esistenti
- aree marginali della città

L'intervento di realizzazione potrà consistere nella modellazione del terreno e nell'inserimento di un sistema di collettamento, superficiale o con condotte interrato delle acque di run-off all'interno dell'area allagabile. Devono essere necessariamente progettati secondo un approccio multidisciplinare che deve prendere in considerazione:

- la gestione sostenibile delle acque meteoriche. La sostenibilità delle misure scelte si deve fondare 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;
- il rafforzamento della diversità biologica e della componente verde mediante l'attenta scelta di piante adatte al sito di intervento e di adeguate cure colturali successive;
- la creazione di nuovi spazi urbani vivibili e multifunzionali. L'obiettivo è il benessere e il loisir dei cittadini, con aree gioco e relax, con aree adibite a eventi, dibattito pubblico, concerti, spettacoli, in ambienti naturali. Importante è anche il coinvolgimento e la partecipazione attiva della popolazione.

Richiedono un pavimento del bacino il più piano possibile in piano per massimizzare il potenziale di stoccaggio e ridurre al minimo il rischio di erosione. Ciò ridurrà anche le velocità di flusso all'interno del bacino e massimizzerà il potenziale di rimozione dell'inquinamento. E' possibile includere "micropische" o zone umide all'interno del bacino, se lo si desidera, per una maggiore biodiversità.




È importante evitare l'ubicazione di bacini di detenzione in aree in cui lo stoccaggio dell'acqua può causare instabilità dei pendii o problemi di fondazione, ad esempio in aree di frane o in cima ai pendii, a meno che non sia stata effettuata una valutazione completa del rischio ingegneristico.

La dimensione di un bacino di detenzione dipende da diversi fattori come la topografia, l'area di contribuzione effettiva e la relazione tra le quantità di acqua in entrata e scaricata. Possono essere progettati per essere di qualsiasi dimensione ma si raccomandano le seguenti indicazioni per il design:

- una profondità massima non superiore a 3m
- un fondo piatto
- rapporto lunghezza/larghezza consigliato compreso tra 2:1 e 5:1
- pendenze laterali non superiori a 1 su 4 (per motivi di sicurezza, facilità di manutenzione e comfort).



Greater New Orleans Urban Water Plan, New Orleans
Credit: Waggonner and Ball

 Costi	<p>I costi di costruzione possono variare da 10-100 €/m³ di invaso. <i>Fonte: NWRM http://nwrn.eu/measures-catalogue</i></p> <p>L'Agenzia per l'ambiente (2012) indica che il costo di un "piccolo" bacino di detenzione è generalmente inferiore a 5000 €".</p> <p>Nel caso di parchi inondabili, l'eventuale depavimentazione ha un costo di 10-20 €/m²; la piantagione di specie resistenti ai suoli umidi 20-25 €/m², la costruzione di passerelle di attraversamento 300-600 €/ml . I costi di manutenzione: 0,5-5 €/m² area bacino</p>
 Manutenzione	<p>La manutenzione continua è essenziale per mantenere l'efficacia dei bacini di detenzione. Poiché questi bacini sono di lunga durata, una volta in funzione si verificano solo minimi costi di manutenzione.</p> <p>Potrebbero essere necessarie ispezioni trimestrali degli ingressi e delle uscite, nonché il dragaggio di sedimenti e rifiuti. La manutenzione riguarda anche la vegetazione con sfalci periodici, messa a dimora di piante, sostituzione di piante morte.</p>
 Indicatori	<p>I1: Riduzione del consumo di energia per infiltrazione o cattura di acqua piovana (ΔCE) I2: % di pavimentazione permeabile in strada</p> <p>Unità di misura m² di pavimentazione permeabile $\rightarrow \Delta CE$</p> <p>Obiettivo minimo >60%</p> <p>Obiettivo desiderabile >95%</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) $\Delta CE = [A \times B]$ A: Acqua infiltrata m³ B: Energia in MWh per m3 di acqua trattata</p> <p>(I2) $\% = [A / B]$ A: m² di pavimento permeabile B: area totale</p> <p><i>Fonte: Life Lugo + Biodinamico</i></p>

Approfondimenti e dettagli

All'interno del paesaggio urbano, i bacini di detenzione possono contribuire alla conservazione della biodiversità. La misura in cui questo beneficio viene fornito dipende dall'umidità del suolo e dalla scelta della vegetazione. Anche quando i loro contributi individuali sono relativamente minori, il loro potenziale contributo alle reti di aree verdi e corridoi verdi può renderli un elemento importante nella conservazione della biodiversità. Possono essere utili per i luoghi inclini alle zanzare perché sono progettati per drenare in modo relativamente rapido dopo un evento, con la base che si asciuga completamente, limitando quindi il rischio che le zanzare e gli insetti in genere vi si stabiliscano.

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

- **completamente fruibile** in condizioni asciutte. All'interno del bacino si può giocare, correre e fare sport la maggior parte dell'anno;
- **parzialmente fruibile** per eventi piovosi di modesta intensità, 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.

Esempi e buone pratiche



Bacino di detenzione

Hugh Venables / *The Washes, by River Great Ouse* CC BY-SA 2.0



Detention basin of Iu-tshiong Forest Park

Liaon98 CC BY-SA 3.0

Combinazione con altre soluzioni

A05 ; A06 ; A17

BVN04

D01 ; D03

Bibliografia – sitografia

- Blanc, J, Arthur, S and Wright, G (2012), Natural flood management (NFM) knowledge system: Part 1- Sustainable urban drainage systems (SUDS) and flood management in urban areas .
<https://www.crew.ac.uk/publication/natural-flood-management-nfm-knowledge-system-sustainable-urban-drainage-systems-suds>
- Comune di Milano(2020), Linee guida per la progettazione dei sistemi urbani di drenaggio sostenibile nel territorio comunale
- Life Lugo + Biodinamico. <https://lugobiodinamico.eu>
- Metro Adapt Platform. https://www.cittametropolitana.mi.it/Life_Metro_Adapt/index.html
- Horizon 2020 UrbanGreenup. <https://www.urbangreenup.eu>
- https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/retention_and_detention/Detention_basins.html
- <http://nwrp.eu/measures-catalogue>

Summary

Descrizione




Consiste nella stabilizzazione della struttura dei suoli su pendii ripidi attraverso la rivegetazione al fine di ridurre al minimo o prevenire l'erosione del suolo da parte del vento, della pioggia e delle frane, evitando problemi di sedimentazione. Oltre ad agire sulla stabilità del terreno e a ridurre gli effetti dell'erosione, consentono di apportare benefici anche in ragione della capacità di intervenire sul ciclo dell'acqua, per la capacità di ridurre gli inquinanti e nel fornire un supporto nelle connessioni ecologiche. Costituiscono un'alternativa ai muri di sostegno tradizionali. La conservazione delle caratteristiche del suolo e dell'assetto delle acque dovrebbe essere considerata come punto fisso durante la progettazione di interventi sulle scarpate verdi. Per tale ragione interventi di questo tipo dovrebbero essere opportunamente giustificati, calcolati e verificati. Le specie vegetali da utilizzare devono essere accuratamente selezionate in base alla tipologia di suolo e alla pendenza dello stesso; in caso di pendii molto ripidi è consigliabile l'utilizzo prevalente di specie arbustive. La messa a dimora di piante e essenze locali, cresciute in ambiti geografici ragionevolmente limitrofi all'area di intervento è preferibile.

Effetti positivi




Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Riduzione dell'erosione dei suoli
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano
-  Aumento e tutela della biodiversità
-  Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
-  Sequestro inquinanti atmosferici
-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Riduzione inquinamento acustico
-  Facilmente integrabile nel paesaggio

Salute e qualità della vita

-  Valore paesaggistico
-  Valore estetico
-  Favorire l'accessibilità

Effetti indesiderati/negativi

-  Possibile errore nella scelta delle alberature
-  Manutenzione necessaria o elevata
-  Necessità di competenze specializzate

L'utilizzo di opere di ingegneria naturalistica come le "terre armate o rinforzate" consentono la protezione e la messa in sicurezza del territorio, specialmente in campi di applicazione che interessano le opere di sostegno stradali, gli argini fluviali, i rilevati paramassi e le opere fonoassorbenti per la riduzione dell'inquinamento acustico.

A differenza delle opere in cemento armato, questi interventi consentono di limitare l'impatto ambientale prevedendo la ricrescita del manto erboso e di specie vegetate, tutelando la biodiversità e integrandosi nei luoghi senza alterare il contesto.

L'alta naturalità dell'intervento permette l'elasticità alle sollecitazioni. Sono utilizzate nelle costruzioni stradali in sostituzione di muri di sostegno, a cominciare da fine anni '80, ed oggi sono ampiamente diffuse e normalmente realizzate dalle imprese di costruzione con vari materiali. Dopo vent'anni di applicazioni, e non solo nel settore delle strade, le tecniche di costruzione ed i vari materiali di rinforzo (armature metalliche, reti metalliche e sintetiche, ecc.) sono ormai ampiamente collaudati dal punto di vista strutturale. Non altrettanto dicasi della componente verde che viene di solito trascurata con risultati spesso deludenti.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale			✓	✓
Pianura asciutta			✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

Fattibilità e indicazioni progettuali

Le scarpate verdi possono essere integrate a interventi di stabilizzazione dei dislivelli basati sulle seguenti tecniche:

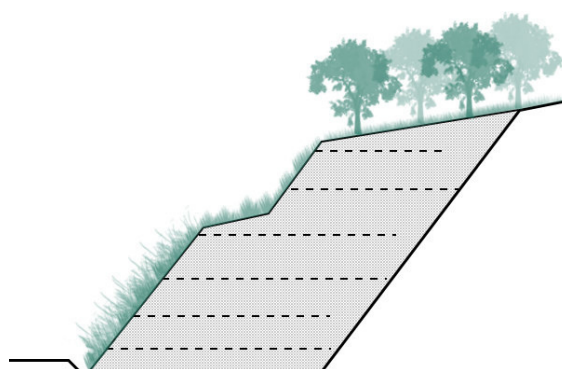
- Materiali vivi
- Terre rinforzate verdi
- Muri cellulari in calcestruzzo
- Interventi basati sull'utilizzo di gabbioni metallici contenenti pietra spaccata.

La tecnica con **materiali vivi** fa riferimento all'uso di materiali strutturali come legname, materiali di riempimento come pietrame e sassi, materiali di assemblaggio come chiodi, tondini e graffe; vegetazione (talee e astoni, piante radicate a radice nuda e in vaso. Sono disponibili varie soluzioni tra cui: gradonate vive, viminate vive, grate vive, fascinate vive. Sono utilizzate per pendenze di $\leq 45^\circ$, anche se con le grate vive, ad esempio, si si può arrivare fino al 55° .

Le strutture in **terra rinforzata** verdi, cioè i terrapieni con armature orizzontali che consentono pendenze di scarpata superiori all'angolo d'attrito degli inerti (in genere 60°) sono utilizzate nelle costruzioni stradali in sostituzione di muri di sostegno. La superficie fronte esterno della TRV va realizzata da un sistema combinato di reti o griglie di contenimento al cui interno vanno collocate delle stuoie con funzione antierosiva per trattenere il terreno vegetale e consentire la radicazione delle piante sia erbacee che arbustive. Una causa di fallimento o cattiva riuscita del verde sta nei citati materiali sia come caratteristiche che come sequenza nella loro disposizione. Le stuoie organiche spesso utilizzate hanno breve durata per quanto riguarda la fibra (paglia, cocco) mentre spesso le reticelle sintetiche di contenimento delle stuoie stesse permangono a lungo ma impediscono la crescita dei cotici erbosi per la maglia troppo stretta (5 mm). I migliori abbinamenti sperimentati sinora sono le stuoie tridimensionali sintetiche abbinata a reti sintetiche o reti/griglie metalliche. Per una efficace riuscita del rinverdimento delle TRV va collocato uno strato di terreno vegetale a contatto con le stuoie e griglie esterne di contenimento.

I **muri cellulari** in calcestruzzo sono una ulteriore struttura di sostegno che consente la crescita delle piante. Vengono utilizzati nelle costruzioni stradali sia per il contenimento di scarpate a monte che per sostegno di scarpate in rilevato. I muri cellulari presentano alcuni vantaggi (rapidità di costruzione, robustezza e durata) a fronte di alcune possibili controindicazioni relativamente alla crescita delle piante quali: assenza di terreno vegetale, aperture delle nicchie insufficiente, eccessivo drenaggio a tergo, eccessivo riscaldamento del calcestruzzo.

I **gabbioni** sono gabbie riempite di rocce, cemento, a volte sabbia e terreno per l'uso in ingegneria civile, costruzione di strade, applicazioni militari e paesaggistica. I gabbioni sono diventati molto popolari perché possono essere impilati verticalmente e sembrano più naturali dei blocchi di cemento. I gabbioni vegetati soddisfano il loro scopo principale di carico o di prevenzione dell'erosione, con l'aggiunta di vegetazione. In cima, infatti, può essere piantato gelsomino o qualsiasi altro tipo di pianta di vinificazione.



Schema di funzionamento "terra rinforzata rinverdata"
Credit: Simone Malavolta

<p>Costi</p>	<p>Geocelle vegetate: Installazione matrice Geogell: med. 15 €/m² Fornitura e install. Drain 3,70 €/m² Riempimento Terriccio 12 €/m³ Terreno di riempimento 1,03 €/m³ Mix di semi 1,6 €/m²</p> <p>Muri di contenimento di cemento vegetati: Muo in blocchi di cemento 73 €/m² Fornitura e install. Drain 3,70 €/m² Riempimento Terriccio 12 €/m³ Riempimento Terriccio 12 €/m³ Terreno di riempimento 1,03 €/m³ Mix di semi e piante: 17 €/m²</p> <p>Muri di gabbioni vegetati: Gabbioni 99 €/m³ Riempimento Terriccio 12 €/m³ Terreno di riempimento 1,03 €/m³ Mix di arbusti: (<i>Hedera elica</i>, <i>Gelsomino ssp</i>, <i>Solanum jasmioides</i>): 15 €/m² <i>Fonte: Nature 4 Cities</i></p>
<p>Manutenzione</p>	<p>I requisiti di manutenzione variano considerevolmente in base alle condizioni del luogo e alla tipologia di essenza selezionata; la regolarità di irrigazione è normalmente più importante nei primi anni di vita delle piante fino a quando la struttura delle radici non è saldamente determinata. Il tipo di manutenzione prevista va determinata anche in base alla pendenza del sito e alle sue caratteristiche geomorfologiche in modo da garantire l'accesso e la sicurezza degli operatori.</p>
<p>Indicatori</p>	<p>I1: Cattura di CO₂ (CaCO₂)</p> <p>Unità di misura: kg CO₂/anno</p> <p>Obiettivo minimo Con copertura di vegetazione erbacea (0,05 kg CO₂/m² x anno)</p> <p>Obiettivo desiderabile Con copertura predominante di piante legnose (1 kg CO₂/m² x anno)</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) CaCO₂ = [A x B] A: m² di superficie inclinata vegetata B: valore medio di cattura (1 kg CO₂ / m² anno per piante legnose; 0,05 kg CO₂ / m² anno per piante erbacee) <i>Fonte: Life Lugo+ Biodinamica</i></p>

🔍 Approfondimenti e dettagli

Nella scelta delle specie sono da considerare alcune caratteristiche:

- Specie con alta capacità di sequestro degli inquinanti se l'intervento è collocato in prossimità di arterie stradali a traffico intenso;
- Specie a basso livello di manutenzione;
- Specie sempreverdi per evitare la riduzione dell'efficacia durante la stagione invernale;
- Utilizzo di arbusti per aumentare l'effetto barriera.

Un complemento indispensabile per la riuscita degli interventi a verde è la messa a dimora di specie arbustive. Infatti, data la morfologia di questi terrapieni armati (la scarpata esterna è normalmente a 60° di inclinazione) i cotici erbosi sono destinati a deperimento nel tempo, mentre gli arbusti riescono a garantire una durata e copertura notevoli, essendo tali strutture più simili ad un versante arbustato che ad un prato. La scelta delle specie arbustive deve tener conto delle condizioni stagionali con uso esclusivo di specie autoctone e preferenza per gli stadi pionieri. L'uso di specie arboree va invece escluso per evidenti incompatibilità con le strutture (eccessivo sviluppo sia delle radici che dei fusti).

Esempi e buone pratiche



Palificata, Roma

Regione Lazio. Compendio di ingegneria naturalistica per docenti e professionisti: analisi, casistica ed elementi di progettazione. Foto P. Cornolini

Combinazione con altre soluzioni

BVN05; BVN06; BVN07

Bibliografia – sitografia

- Ispra (2010), Mitigazione a verde con tecniche di rivegetazione e ingegneria naturalistica nel settore delle strade
- Ispra (2002) Atlante delle opere di sistemazione dei versanti. Secondo aggiornamento
- World Bank, 2021. A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience. Washington, D.C. World Bank Group
- <http://www.lifemetroadapt.eu/it/>
- <https://nbs-explorer.nature4cities-platform.eu/>
- <https://www.lugobiodinamico.eu/en/>

Summary

C. Suolo	Codice
Depavimentazione/Desealing	C01
Suoli strutturali e strutture modulari	C02



Descrizione

Il suolo è un ecosistema vivente, essenziale per l'uomo e la salute ambientale. Il suolo è uno dei principali serbatoi di biodiversità: svolge un ruolo fondamentale nei principali cicli biogeochimici globali (carbonio, nutriente e acqua); ci fornisce cibo, biomasse e materie prime; funge da piattaforma per le attività umane e del paesaggio.




Superfici impermeabili come cemento e asfalto possono essere utili per fornire l'accesso a pedoni, ciclisti, persone su sedia a rotelle e automobili, tuttavia impediscono all'acqua piovana di entrare nel terreno e la deviano verso i corsi d'acqua vicini. Lungo il percorso, l'acqua piovana trasporta inquinanti come petrolio, antigelo, plastica, pesticidi e metalli pesanti dalle strade nei torrenti e nei fiumi locali, devastando l'habitat ripariale e inquinando i corsi d'acqua. La pavimentazioni aumentano anche le temperature estive nelle città e nelle periferie. Ciò a sua volta aumenta la necessità di elettricità per alimentare ventilatori e condizionatori d'aria. Le elevate temperature contribuiscono anche alla formazione di ozono troposferico, il principale costituente dello smog. Depavimentare o desigillare il suolo ("desealing") significa ripristinare parte del suolo precedente rimuovendo strati impermeabilizzati come asfalto o calcestruzzo, dissodando il terreno sottostante, rimuovendo materiale estraneo e ristrutturandone il profilo, con l'obiettivo di creare zone permeabili, zone verdi, utili tanto al microclima, alla resilienza ai cambiamenti climatici quanto al miglioramento ecologico ed estetico delle nostre città. Sebbene abbiamo bisogno di marciapiedi e strade, possiamo ridurre al minimo la pavimentazione che utilizziamo per i percorsi e le aree di parcheggio, ripristinando così l'ambiente naturale.

Effetti positivi




Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Aumento permeabilità
-  Sequestro inquinanti atmosferici
-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
-  Miglioramento del microclima e comfort urbano
-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Riduzione del rischio di allagamenti

Salute e qualità della vita


-  Valore paesaggistico
-  Finalità ricreative e inclusione sociale
-  Riduzione rischi per la salute

Effetti indesiderati/negativi

-  Costi elevati
-  Richiesta consenso di soggetti pubblici o privati
-  Necessità di competenze specializzate

In termini generali, le azioni di de-impermeabilizzazione dei suoli urbani, si inseriscono in un vasto ed eterogeneo insieme di esperienze europee, come: il caso delle compensazioni ecologiche introdotte dalla Germania in ambito regionale e locale (Stoccarda, Berlino, Dresda), o nella Regione della Vallonia dove, si è stabilito che per ogni ettaro di suolo reso edificabile si dovesse garantire la riclassificazione o il ripristino ad uso agricolo della medesima quantità. Il de-sealing è emerso anche negli interventi di riqualificazione di aree dismesse (brownfield), soprattutto in quei casi in cui si sia operato riconfigurando profondamente l'assetto degli spazi costruiti e incrementando la dotazione dei suoli permeabili. Ad Aalborg, ad esempio, il progetto Godsbanearaet (2009-2014) ha assicurato la riqualificazione di un grande scalo ferroviario dismesso (circa 30 ettari) con un progetto incentrato sulla creazione di un nuovo eco-quartiere e sulla necessità di garantire alte prestazioni in termini di adattamento ai cambiamenti climatici. Nei nuovi spazi verdi sono stati introdotti numerosi sistemi di drenaggio urbano sostenibile. Anche alcune città italiane hanno da alcuni anni intrapreso questa modalità d'intervento, come Milano che nel 2020 ha redatto un piano di depavimentazione diffuso nei quartieri della città.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓




✓ Fattibilità e indicazioni progettuali

Le azioni di depaving o di de-sealing si fondano sul ripristino di una parte dei suoli urbani allo stato precedente all'edificazione, attraverso la rimozione degli strati impermeabilizzati (asfalto o calcestruzzo), il dissodamento del terreno sottostante, l'asportazione del materiale estraneo ed il ripristino degli strati superficiali del terreno (topsoil). Il principale obiettivo riguarda il recupero del sottosuolo attraverso il ripristino di quelle funzioni (agricole, ecologiche, idrauliche, etc.) che i processi di trasformazione e di sigillatura inibiscono. L'importanza delle azioni di de-sealing risiede nella possibilità di raggiungere, congiuntamente o separatamente, alcuni risultati che possono riguardare:

- il miglioramento delle prestazioni idrauliche e di infiltrazione dei suoli incrementando, in tale maniera, sia la qualità delle acque, sia la capacità delle aree urbane di gestire gli eventi pluviometrici;
- il ripristino della funzione ecologica dei suoli, creando le condizioni sufficienti per il parziale ritorno nelle aree urbane della vegetazione e di alcune specie animali, attuando una vera "riconciliazione ecologica";
- la maggiore disponibilità di spazi verdi pubblici o ad uso collettivo, la cui presenza risulterebbe incrementata anche in ragione dei benefici che tali presenze possono assicurare agli abitanti;
- il contrasto al fenomeno dell'isola di calore urbana (Urban Heat Island) grazie al ripristino delle aree verdi e delle superfici vegetate (i benefici sono determinati dall'effetto dell'evapotraspirazione e dall'ombreggiamento).



Intervento di depavimentazione, via Suzzani, Milano
<https://soil4life.eu/en/news/milano-via-suzzani-da-asfalto-e-cemento-ad-aiuola-florita/>

 Costi	<ul style="list-style-type: none"> • 10-20 €/m²: desigillazione senza smaltimento e altre opere particolari (ad es. reti o dreni di emergenza da valutare caso per caso); • 20-30 €/m²; desigillazione con trasporto e riutilizzo in altra area o cantiere nel raggio di qualche decina di km (non lo smaltimento come rifiuto); • 7 €/m²: integrazione dello strato superficiale di suolo con terriccio già umidificato; • 2-5 €/m²: messa a dimora di specie vegetali trattate come pioniere. <p>Nel caso dell'introduzione di pavimentazioni permeabili vedi schede di riferimento <i>Fonte: SOS4 Life</i></p>
 Manutenzione	<p>Vedi schede relative alle pavimentazioni permeabili o alle aree verdi</p>
 Indicatori	<p>I1: Riduzione del consumo di energia per infiltrazione o cattura di acqua piovana (ΔCE) I2: % di pavimentazione permeabile in strada</p> <p>Unità di misura m² di pavimentazione permeabile ΔCE</p> <p>Obiettivo minimo >60% Obiettivo desiderabile >95%</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) $\Delta CE = [A \times B]$ A: Acqua infiltrata m³ B: Energia in MWh per m³ di acqua trattata (I2) $\% = [A / B]$ A: m² di pavimento permeabile B: area totale</p> <p><i>Fonte: Life Lugo+ Biodinamico</i></p>

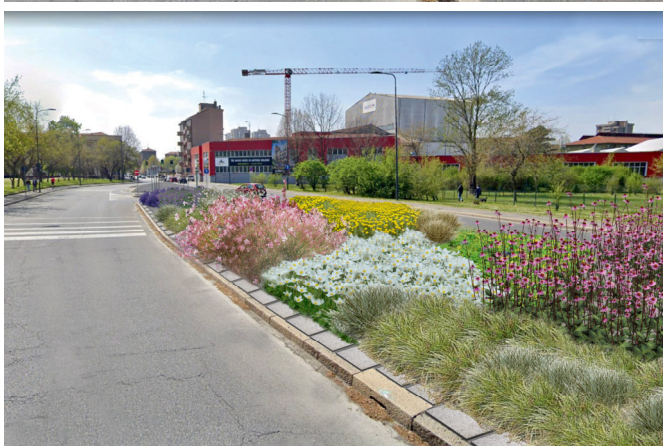
Approfondimenti e dettagli

I principali rischi legati alla realizzazione di superfici permeabili possono essere:

- la mancanza di competenze, il che spiega spesso il ricorso predominante a tecniche che utilizzano l'asfalto classico;
- lo spargimento di prodotti per la pulizia delle strade (l'uso di sali per lo sgombero di strade, vie pedonali e parcheggi) può deteriorare la flora, la fauna, la qualità dell'acqua e del suolo;
- i pregiudizi: le superfici permeabili sono repute costose o problematiche. Metodi di costruzione sbagliati hanno forse inutilmente fondato questo pregiudizio.

Anche le superfici permeabili richiedono un'attenzione particolare: possono limitare in una certa misura l'accessibilità di un sito, ad esempio ai disabili, poiché sono generalmente più irregolari di quelle ottenute con materiali classici.

Esempi e buone pratiche



PGT Milano 2030

Le nuove norme sulla permeabilità dei suoli introdotte nel Piano di Governo del Territorio prevedono che le nuove costruzioni debbano obbligatoriamente raggiungere un indice di riduzione di impatto climatico (RIIC) attraverso interventi di depavimentazione del suolo e la realizzazione di pareti e tetti verdi

Combinazione con altre soluzioni

A02; A07; A10; A15; A17; A18

Bibliografia – sitografia

- Commissione Europe (2012) Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo, Lussemburgo
- EC. Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities. Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on 'Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities', 2015, European Commission.
- Horizon 2020 UrbanGreenup. <https://www.urbangreenup.eu>
- Life Lugo + Biodinamico. <https://lugobiodinamico.eu>
- Horizon2020 Nature 4Cities. <https://www.nature4cities-platform.eu/#/>
- <https://www.pgt.comune.milano.it/prnorme-di-attuazione/norme-di-attuazione/titolo-i-disposizioni-general/capo-ii-disciplina-generale/art-10-sostenibilita-ambientale-e-resilienza-urbana>

Summary

Descrizione



In un ambiente urbano gli alberi possono essere soggetti a condizioni che rendono difficile la crescita, a causa della compattazione del suolo da parte delle pavimentazioni e dalle scarsità di aria e di acqua apportate alle radici. Per migliorare le condizioni esistono diverse soluzioni che portano a espandere il più possibile l'ambiente di radicazione sotto le superfici pavimentate e ad utilizzare sistemi portanti per evitare la compattazione del terreno attorno alle radici, tra di essi: i terreni strutturali di coltura e le strutture modulari. I primi sono miscele di terra e ghiaia progettati per supportare la crescita degli alberi e servire da sottofondo per le pavimentazioni stradali e devono possedere elevate caratteristiche di porosità e robustezza. I secondi sono strutture di plastica, cemento, plastica/acciaio o plastica/cemento di forma cubica, che supportano i carichi dalla pavimentazione sovrastante e impediscono la compattazione del substrato. Possono essere utilizzate per supportare parcheggi e strade e prevenire la compattazione del suolo arboreo in modo simile all'aggregato nei terreni strutturali. Di solito sono coperti con griglie e si estendono al di sotto della superficie pavimentata adiacente. L'elemento strutturale occupa una piccola porzione del volume complessivo rispetto ai sistemi basati su aggregati, quindi è disponibile un maggiore volume per l'apparato radicale.

Effetti positivi


Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Riduzione del rischio di allagamenti
-  Miglioramento della qualità del suolo
-  Sequestro inquinanti atmosferici
-  Aumento evapotraspirazione
-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Riutilizzo di rifiuti inerti

Salute e qualità della vita

-  Valore paesaggistico
-  Riduzione rischi per la salute

Effetti indesiderati/negativi

-  Necessità di competenze specializzate

Gli alberi inseriti in un contesto urbano, molte volte soffrono a causa degli spazi limitati destinati all'apparato radicale, che nel tempo viene sempre più compattato a causa del continuo passaggio di mezzi; questo comporta una mancanza di ossigeno nel terreno ed una limitazione degli spazi vitali per la pianta.

La ricerca di spazio ed ossigeno da parte della specie vegetale, che con le radici spinge contro le massicciate stradali, porta alla formazione di crepe e deformazioni nelle pavimentazioni, costringendo ad interventi di manutenzione continui. Il caso più comune è quello delle alberature stradali, dove l'affioramento delle radici può causare problemi di transito ai veicoli e infortuni ai pedoni.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

✓ Fattibilità e indicazioni progettuali

Terreni strutturali di coltura

I tre principali tipi di mezzi strutturali sono i seguenti:

- **Substrati a base di sabbia** (noti anche come terreni arborei), comprendono prevalentemente sabbia da media a grossa grandezza (0,2-2 mm) miscelata con compost verde fine (che fornisce un contenuto di sostanza organica del 2-4%) e il 2-4% di argilla per aggiungere adeguate proprietà di ritenzione idrica e nutritiva. Il loro impiego è limitato ad aree pavimentate non trafficate come quelle pedonali senza veicoli e piste ciclabili, dove non sono richiesti alti livelli di compattazione.
- **Substrati aggregati di medie dimensioni**, utilizzano una miscela di aggregati che può essere compattata al 95% della massima densità secca mantenendo comunque lo spazio vuoto tra le particelle che viene riempito di terra. Le particelle dell'aggregato grossolano formano una matrice che supporta e distribuisce i carichi dai veicoli impedendo la compattazione del terreno più fine in cui possono crescere le radici dell'albero e impedendo il sollevamento della pavimentazione attorno all'albero.
- **Substrati con scheletro** in pietrame, conosciuto anche come sistema di Stoccolma è simile al precedente ma utilizza particelle aggregate più grandi. Il sistema è dotato di prese che consentono all'acqua di superficie e all'aria di entrare liberamente nel substrato e può supportare carichi di traffico più pesanti rispetto ai sistemi sopra descritti, ad esempio veicoli pesanti e autobus.

Strutture modulari

Sono costituiti da sistemi a zattera composti da uno strato strutturale piano che viene costruito sull'area di sviluppo delle radici, che distribuisce i carichi su un'area più ampia per prevenire la compattazione, ed è configurato in modo da consentire la libera circolazione di ossigeno e di acqua nei sistemi radicali. Si possono distinguere due tipi di sistema di zattere:




- **Sistemi di confinamento cellulare**. Sono formati da strisce di HDPE aperte e bloccate per fornire una serie di celle a nido d'ape riempite con aggregato grossolano (in genere 4-40 mm o 20-40 mm) per promuovere lo scambio di aria e acqua con i terreni sottostanti. Questi elementi sono ampiamente utilizzati nella costruzione di strade non asfaltate e per ferrovie.
- **Sistemi geocellulari**. Si tratta di unità con giunzioni che forniscono una connessione strutturale in modo che il sistema agisca come una zattera per distribuire il carico. Le unità possono essere riempite di terreno per ampliare l'ambiente di radicazione.

È importante posizionare gli alberi a una distanza ragionevole dai servizi interrati come cavi elettrici e condutture dell'acqua, ma il rischio di danni può essere ridotto al minimo installando barriere attorno al volume radicato come i geotessili specificamente progettati. Le utenze sotterranee possono comunque essere collocate intorno e anche attraverso le fosse degli alberi, nei moduli e nelle zattere geocellulari.



Sistemi CU-Structural Soil prima della pavimentazione

CU-Structural Soil® - hort.cornell.edu

 Costi	<p>Il costo del materiale strutturale varia tra 20-80 €/ton a seconda della distanza tra lo stoccaggio del materiale strutturale.</p> <p>Per una fossa di piantagione individuale, si consiglia un volume di materiale strutturale di quasi 10 m³, corrispondente a quasi 6,3 tonnellate.</p> <p><i>Fonti: indagini di mercato</i></p>
 Manutenzione	<p>Le manutenzioni saranno maggiori durante i primi anni, quando l'albero si sta consolidando. Si dovrebbero prevedere ispezioni regolari, rimozione della vegetazione invasiva e possibilmente irrigazione durante lunghi periodi di siccità, in particolare nei terreni con elevate percentuali di vuoti, perché le radici degli alberi devono stabilire un buon contatto tra la radice e il suolo prima di poter estrarre efficientemente l'acqua dal terreno.</p>
 Indicatori	<p>I1: Riduzione del consumo di energia per infiltrazione o cattura di acqua piovana (ΔCE) I2: % di pavimentazione permeabile in strada</p> <p>Unità di misura m² di pavimentazione permeabile ΔCE</p> <p>Obiettivo minimo >60%</p> <p>Obiettivo desiderabile >95%</p> <p>Metodo di misura / Formula (I1) $\Delta CE = [A \times B]$ A: Acqua infiltrata m³ B: Energia in MWh per m³ di acqua trattata</p> <p>(I2) $\% = [A / B]$ A: m² di pavimento permeabile B: area totale</p> <p><i>Fonte: Life Lugo+ Biodinamico</i></p>

Approfondimenti e dettagli

Quando i sistemi descritti nel paragrafo precedente sono usati per immagazzinare l'acqua superficiale, il sottosuolo può a volte saturarsi e diminuire di resistenza, per cui nel progetto occorre tenere conto della stabilità della pianta in tali condizioni.

Se la pianta è collocata in aree con terreni impermeabili, è possibile che l'acqua ristagni; in questo caso è necessario realizzare troppo pieni e dreni sotterranei per impedire che l'acqua soffochi gli alberi ed evitare il rischio di allagamenti.

I singoli sistemi normalmente sono meno efficaci dei sistemi integrati nel controllare il deflusso delle acque superficiali poiché questi ultimi offrono maggiore capacità e flessibilità.

Il livello di acqua immagazzinata sulla superficie della fossa dovrebbe essere tale da svuotarsi entro 48 ore, sia per garantire uno sviluppo radicale sano, sia per controllare efficacemente i picchi di portata.

I principali requisiti del suolo per l'uso in strutture modulari e zattere sono:

- la tessitura omogenea su tutto il profilo
- la buona classazione del terreno
- il contenuto di humus che dovrebbe essere di circa il 5%

Esempi e buone pratiche



Sistemi di supporto per massimizzare il volume del suolo e lo spazio delle radici.

Soluzione GeoplastGlobal

Combinazione con altre soluzioni

A02; A07; A09; A10;

Bibliografia – sitografia

- Damas O., Coulon A. (2016). Créer des sols fertiles : du déchet à la végétalisation urbaine. Editions du Moniteur, Paris. In French
- Horizon2020 Nature 4Cities.
<https://www.nature4cities-platform.eu/#/>

Summary





D. Edifici e aree limitrofe	Codice
Coperture verdi	D01
Parete verde	D02
Pozzi perdenti	D03
Corti verdi	D04

Descrizione








La copertura verde è un sistema di finitura di un tetto di un edificio costituito da un pacchetto a più strati finalizzato a consentire l'impianto della vegetazione. Coperture di questo tipo possono essere previste su edifici esistenti così come su interventi di nuova costruzione e presentano una serie di vantaggi sia in termini di mitigazione ambientale conseguente alla costruzione dell'edificio, sia in termini di gestione delle acque meteoriche. Le specie vegetali previste per le coperture verdi possono essere molto diverse tra loro: la stratigrafia della copertura deve infatti essere studiata accuratamente in base alla tipologia delle essenze previste anche con il fine di garantire l'impermeabilizzazione e la protezione dei componenti dell'edificio sottostante e un adeguato drenaggio dell'acqua in eccesso, anche in relazione a una eventuale pendenza. Le coperture di questo tipo possono avere caratteristiche e prestazioni diverse tra loro, a seconda del grado di fruibilità, esigenze di manutenzione, capacità drenanti, piovosità e caratteristiche climatiche del luogo. Si identificano comunemente due principali categorie di coperture verdi: estensive ed intensive, come meglio descritto in seguito.

Effetti positivi









Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

- | | |
|--|--|
|  Aumento e tutela della biodiversità |  Gestione ciclo dell'acqua (raccolta e riutilizzo delle acque meteoriche) |
|  Efficiamento energetico |  Aumento della durata di vita dei materiali dell'edificio |
|  Mitigazione effetto isola di calore |  Maggior rendimento dei pannelli fotovoltaici installati |
|  Sequestro inquinanti atmosferici |  Miglioramento qualità dell'acqua (depurazione) |
|  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione) |  Riduzione inquinamento acustico |

Salute e qualità della vita

- | | |
|---|--|
|  Finalità ricreative e inclusione sociale |  Benefici economici |
|  Valore paesaggistico |  Aumento del valore economico dell'edificio |
|  Approvvigionamento di cibo |  Creazione di posti di lavoro |
|  Valore paesaggistico | |

Effetti indesiderati/negativi

- | | |
|---|---|
|  Costi elevati |  Produzione di allergeni |
|  Manutenzione necessaria o elevata |  Rischio di intasamento e problemi di drenaggio |
|  Possibili danni all'involucro edilizio o struttura |  Consumo di acqua ed energia per il mantenimento |
|  Costo per indagini e verifiche tecniche |  Presenza di infestanti in grado di pregiudicare la funzionalità |


L'inserimento di soluzioni basate sulla natura sulle parti strutturali degli edifici rappresenta un vantaggio per l'edificio stesso e nel complesso per le città attenuando i deflussi da piogge estreme, sequestrando la CO2 e le polveri presenti nell'aria attraverso il processo fotosintetico, favorendo condizioni microclimatiche più confortevoli mitigando la temperatura dell'aria. La vegetazione garantisce un maggior isolamento termico e acustico dell'edificio permettendo un minor consumo di energia per il riscaldamento invernale e per l'utilizzo di impianti di climatizzazione per il raffrescamento estivo. L'aumento di biodiversità crea un habitat urbano naturale in grado di offrire spazi vivibili per la flora e la fauna in ottica di sviluppo della varietà di specie.

In caso di eventi meteorici lo strato vegetale svolge un'azione di riduzione del deflusso superficiale (runoff) ritardando di diverse ore il drenaggio. Attraverso il trattamento dell'acqua, è possibile lo stoccaggio e il riuso.

La doppia tipologia di tetto verde permette un nuovo modo di vivere i tetti in chiave sociale, introducendo attività comunitarie e di sensibilizzazione in grado di favorire le relazioni tra gli abitanti.

Un tetto verde comporta d'altra parte un costo iniziale maggiore rispetto a un tetto ordinario. La sua installazione su edifici esistenti comporta la verifica di resistenza ai nuovi carichi e se necessario provvedere a rinforzare il tetto.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

✓ Fattibilità e indicazioni progettuali

I criteri sono definiti dalla norma **UNI 11235:2015** "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde".

L'efficacia di una copertura verde dipende principalmente dalla capacità della vegetazione di sopravvivere, e conseguentemente di apportare i benefici per i quali era stata prevista. In condizioni climatiche temperate, come quelle mediterranee, la capacità dei tetti verdi di gestire le acque piovane urbane si basa principalmente sulla qualità dell'installazione, sulla disponibilità di giusti tipi di substrato, delle membrane e della stratigrafia prevista.

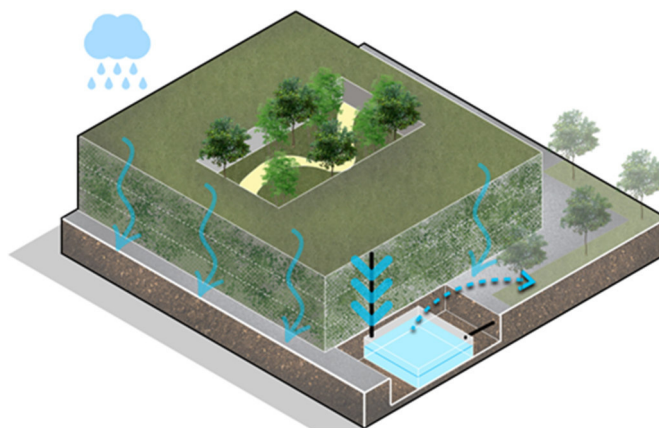
I tetti verdi possono essere installati su molte tipologie di copertura, su qualsiasi tetto che resiste più di 75Kg/m². Normalmente le coperture verdi sono relativamente orizzontali (1% o 2% di pendenza). È necessario prevedere una certa inclinazione per favorire il drenaggio e prevenire la stagnazione dell'acqua stoccata e la saturazione dei materiali presenti. È possibile prevedere coperture verdi con inclinazioni maggiori: ad esempio pendenze fino al 7% si dimostrano più efficienti per la ritenzione dell'acqua piovana; la pendenza massima non dovrebbe comunque superare il 30% (in alcuni casi può arrivare anche a 45°), ma è necessario utilizzare accorgimenti specifici come deflettori, griglie o strisce per trattenere la coltura, ovvero il substrato su cui cresce la vegetazione, spesso una miscela contenente materia organica.

Nelle fasi di progettazione di una copertura verde è necessario considerare le caratteristiche architettoniche e il sistema costruttivo dell'edificio, l'orientamento dello stesso, la geometria, l'esposizione a vento e sole e l'eventuale pendenza della copertura e la sua accessibilità. Il solaio di copertura dovrà essere adeguatamente progettato per sostenere i carichi permanenti dello strato colturale e della vegetazione, tenendo in considerazione gli spessori previsti per i diversi strati presenti.




Valutare la posa di un bordo di ghiaia perimetrale (40/50 cm) come rompifiamma (The Green Roof Centre).

Alcune delle caratteristiche principali sono:

- attitudine a favorire e mantenere nel tempo le condizioni agronomiche necessarie al corretto sviluppo della vegetazione in funzione del contesto;
- controllo della capacità drenante e della gestione delle acque meteoriche;
- controllo dell'aerazione che si attua definendo l'aerazione dello strato colturale che è l'attitudine dello stesso a mantenere una sufficiente aerazione per consentire idonee condizioni di ossigenazione;
- controllo dell'accumulo idrico, in modo per definire la capacità del sistema a verde pensile al fine di supportare l'idratazione delle piante e stimolare un utilizzo efficiente dell'acqua;
- controllo della manutenibilità;
- resistenza agli attacchi biologici e ai microorganismi;
- attitudine alla biodiversità: è necessario che la progettazione e la realizzazione tengano in considerazione una serie di requisiti biologici ed ecologici essenziali.



Credit Simone Malavolta

 Costi	<ul style="list-style-type: none"> • 70-150 €/m² per tetti estensivi; • 100-200 €/m² per tetti intensivi; Tempo di ammortamento: 0 - 10 anni Fonte: SOS4LIFE, UrbanGreenUP
 Manutenzione	<p>Le coperture verdi richiedono ispezioni periodiche, almeno semestrali, per garantire che le prese d'acqua siano libere da piante (morte e vive) e detriti. Il monitoraggio include anche lo stato fisiologico e fitosanitario.</p> <p>Il tetto intensivo richiede una maggiore manutenzione per la gestione corretta della vegetazione, assimilabile ad una normale area verde. L'impegno varia da 25-30 ore/anno.</p> <p>Quelli estensivi richiedono una manutenzione minima e un basso fabbisogno idrico (dopo il primo periodo di crescita iniziale 12-15 mesi), mentre un tetto verde intensivo richiede una manutenzione regolare, simile a quella di un normale giardino, con fasi di potatura, la pulizia e rimozione dei detriti nei punti di scarico, l'adeguamento del suolo e fornitura di nutrimento. La manutenzione può variare da 3-4 ore/anno fino a 6-7 ore/anno.</p> Fonte: Lugo + Biodinamico, SOS4LIFE, MetroAdapt
 Indicatori	<p>Sequestro CO₂ (g CO₂/anno) Obiettivo minimo: 5 g CO₂/m² Obiettivo desiderabile: 15 g CO₂/m²</p> <p>% di tetto verde (%) Obiettivo minimo: 10% del tetto Obiettivo desiderabile: 30% del tetto</p> <p>Metodo di misurazione ΔgCO₂ = A x B x C A: % superficie di tetto verde B: area totale del tetto C: capacità di sequestro CO₂/m² (in base alla specie delle piante)</p> <p><i>Per l'efficacia del tetto, il valore minimo per la capacità di sequestro dovrebbe essere 20 g CO₂ / mq di tetto / anno</i></p> <p>Capacità di ritenzione (mm) Risparmio energetico (kw)</p> Fonte: Lugo + Biodinamico, Catalogue of Nature-Based Solutions for urban regeneration (Politecnico di Milano, 2019)

🔍 Approfondimenti e dettagli

Tetto verde estensivo: Si tratta normalmente di coperture non accessibili che richiedono una bassa manutenzione, che prevedono l'utilizzo di essenze e pacchetti resistenti alla siccità, alla variazione delle temperature e all'esposizione solare, le specie sono caratterizzate da una elevata capacità di insediamento e richiedono uno strato di terra <15 cm. Possono essere utilizzate specie vegetali (Sedum, piante aromatiche e graminacee) resistenti a condizioni climatiche avverse come stress idrico e termico.

Tetto verde intensivo: rispetto ai tetti estensivi, quelli intensivi hanno normalmente un apparato di strati maggiori (25-100 cm) che sono in grado di supportare una varietà più ampia di essenze vegetali tra cui arbusti e alberi di piccola taglia. Oltre ai vantaggi derivanti dalla gestione delle acque consentono diverse possibilità di fruizione da parte degli abitanti. Le essenze e la stratigrafia necessaria richiedono pacchetti di spessore superiore a quello estensivo e con uno strato di terra >15 cm. Le coperture a verde intensivo sono accessibili e richiedono una manutenzione di intensità medio alta essendo paragonabile a comuni giardini. I tetti verdi intensivi forniscono un supporto alle specie viventi, alla avifauna e agli impollinatori.

Un tetto verde con 20 cm di substrato e argilla espansa è in grado di trattenere 90l/m² di acqua (Dürr 1995).

Esempi e buone pratiche



Tetto verde estensivo

Fonte: Daku Italia, CC BY-SA 3.0



Tetto verde intensivo

Fonte: Alvaro Perez Tijuana, CC BY-SA 4.0

Combinazione con altre soluzioni

BVA01; BVA02

D02; D03; D04

Bibliografia – sitografia

- World Bank. 2021. A Catalogue of Nature-Based Solutions for Urban Resilience. World Bank, Washington, DC. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36507> License: CC BY 3.0 IGO.
- Metro Adapt Platform. https://www.cittametropolitana.mi.it/Life_Metro_Adapt/index.html
- Life Heatland. <https://heatlandlife.eu>
- Horizon 2020 UrbanGreenup. <https://www.urbangreenup.eu>
- Horizon2020 Nature 4Cities. <https://www.nature4cities-platform.eu/#/>
- Life Lugo + Biodinamico. <https://lugobiodinamico.eu>
- SOS4LIFE, Liberare il suolo: linee guida per migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici negli interventi di rigenerazione urbana. <https://www.sos4life.it/>
- Urban GreenUp

Summary

Descrizione








Una parete verde costituisce una chiusura vegetata che interessa la struttura verticale degli edifici attraverso la crescita di piante di diverse specie, in funzione del tipo di crescita e della tipologia di struttura.

L'inverdimento può essere ottenuto con specie vegetali piantumate al suolo, con pannelli di supporto ed elementi contenitori ancorati alla facciata, con tasche per contenere il substrato o mediante strutture modulari integrate alla chiusura verticale. Come le coperture, anche le pareti verdi costituiscono un elemento di rinaturalizzazione che presenta svariate funzioni in grado di ottenere un effetto di mitigazione ambientale.






I sistemi possono essere classificati in facciate verdi e chiusure verticali vegetate (definite "living wall"). Le caratteristiche valgono a seconda del tipo di specie vegetali impiegate, soluzioni tecniche e materiali utilizzati, sistemi di irrigazione e tipologia di manutenzione.

Effetti positivi

Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Aumento e tutela della biodiversità
-  Aumento evapotraspirazione
-  Efficiamento energetico
-  Aumento della durata di vita dei materiali dell'edificio
-  Mitigazione effetto isola di calore
-  Riduzione inquinamento acustico
-  Sequestro inquinanti atmosferici
-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)

Salute e qualità della vita

-  Valore estetico
-  Benefici economici
-  Valore paesaggistico
-  Aumento del valore economico dell'edificio
-  Diminuzione del carico radiante sulla persona
-  Creazione di posti di lavoro
-  Valore paesaggistico

Effetti indesiderati/negativi

-  Possibile sostituzione prematura delle piante
-  Problemi in caso di esposizione a forti venti
-  Possibili danni all'involucro edilizio o struttura
-  Difficoltà di adattamento su edifici esistenti
-  Presenza di insetti indesiderati o parassiti
-  Consumo di acqua ed energia per il mantenimento
-  Aumento del rischio di incendio
-  Impedimento asciugatura delle pareti in inverno

Le pareti verdi sono un valido sistema per la mitigazione climatica in ambiente urbano, offrendo benefici nel controllo della temperatura, riducendo la necessità di riscaldamento e raffrescamento.

Oltre ad offrire ombreggiamento, favoriscono la riduzione del calore riflesso contribuendo a un migliore isolamento termico.

Inoltre, contribuiscono al miglioramento della qualità dell'aria interna ed esterna catturando gli inquinanti atmosferici.

Forniscono benefici estetici migliorando la vicinanza all'ambiente naturale anche in contesti densamente edificati, potenziando la biodiversità per fornire habitat per uccelli e insetti.

La vegetazione, a seconda della specie scelta, aiuta a proteggere la struttura dell'edificio dai danni causati dagli sbalzi di temperatura e raggi UV.

La gestione dell'acqua è garantita dall'assorbimento e la filtrazione degli inquinanti dell'acqua piovana riducendo il tempo di corrivazione (runoff) e normalizzando il ciclo dell'acqua.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

✓ Fattibilità e indicazioni progettuali

Privilegiare l'installazione di facciate verdi su pareti prive di finestre altrimenti mantenere le finestre prive di vegetazione.

Nella fase di progettazione è necessario decidere il tipo di vegetazione da utilizzare, il terreno di coltura e il supporto di costruzione della facciata, avvalendosi di sistemi di posa modulari e non.

In base al tipo di suolo possiamo avere tre tipologie:

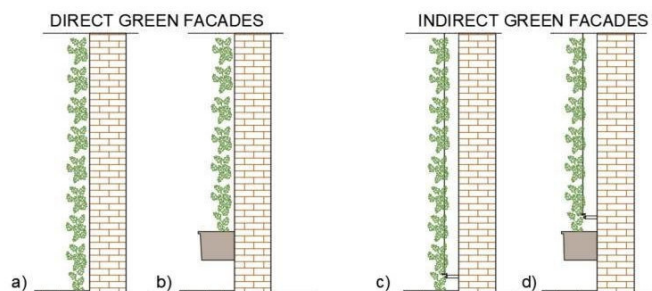
- con impianto a terra;
- con substrato organico;
- con coltura idroponica: non c'è un substrato organico come nutriente ma le piante assorbono i minerali essenziali dagli ioni inorganici disciolti nell'acqua tramite l'irrigazione, un tubo forato posto nella parte superiore della facciata.

In base al tipo di supporto e della posizione:

- **Facciate verdi dirette:** utilizzo di piante rampicanti autoadesive in grado di attaccarsi direttamente al muro. Non è richiesto alcun supporto. Le piante hanno un impianto a terra (a) o all'interno di fioriere (b). La facciata dell'edificio non deve avere crepe o fessure tra i mattoni.
- **Facciate verdi indirette:** la vegetazione rampicante cresce arrampicandosi su una struttura di supporto (griglie, tensori o telai) ancorata al muro dell'edificio. Tra le strutture di supporto troviamo i sistemi di cavi per piante a crescita rapida, i sistemi a fune metallica o pannelli a traliccio modulari. Anche in questa tipologia la vegetazione può essere piantata direttamente nel terreno o all'interno di box-fioriere alla base del muro.
- **Facciate verdi indirette in combinazione con elementi contenitori (living wall):** le piante crescono da vasi o tasche attaccate alla facciata. Di norma, questi sistemi prevedono un sistema automatizzato di irrigazione a goccia e di nutrizione. Per alleggerire il peso della facciata vengono utilizzati substrati organici più costosi consentendo anche una combinazione di 10-15 piante. Purtroppo a causa del ridotto spessore del substrato, le pareti living wall hanno una minor resistenza al gelo rispetto alle facciate verdi con crescita dal suolo. Tuttavia, sono adatte per l'installazione interna degli edifici. Sono previsti sistemi di irrigazione automatizzati per un monitoraggio continuo, integrati con sonde di misurazione dell'umidità, per entrare in funzione solo quando è necessario.

Le facciate verdi dirette e indirette con crescita della vegetazione dal suolo non richiedono irrigazione aggiuntiva ma dipendono dal ciclo naturale dell'acqua con rischio di stress idrico a causa della siccità.

La scelta della vegetazione dovrebbe tener conto delle condizioni climatiche, del contesto urbano dell'esposizione della facciata e la quantità di luce solare in grado di assorbire. Può capitare che la struttura di supporto serva anche per garantire la manutenzione ai vari livelli, per il controllo dell'irrigazione e lo smaltimento dei fertilizzanti.



Tipologie di pareti verdi in relazione alla facciata

Fonte: Green Wall systems: where do we stand?

A Palermo and M Turco 2020 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 410 012013
CC BY-SA 3.0

<p>Costi</p>	<p>I costi variano in base al tipo di parete o facciata verde utilizzata, dal tipo di vegetazione, la messa a dimora iniziale.</p> <p>Costo living wall: 1000-1200 €/m²</p> <p>Costo manutenzione: 10-70 €/m²</p> <p>Costo facciata verde: 10-120 €/m²</p> <p>Costo manutenzione: 1-15 €/m²</p> <p>Recupero costo investimento 5-10 anni. Per le facciate idroponiche il costo è recuperato in 10-20 anni.</p> <p>Fonte: SOS4LIFE, UrbanGreenUP, Nature4Cities</p>
<p>Manutenzione</p>	<p>Le facciate verdi richiedono 1-2 manutenzioni l'anno. Possono richiedere supporto e controllo nei primi mesi dopo l'installazione per verificare la corretta direzione di crescita.</p> <p>I sistemi living wall necessitano invece 3-4 interventi/anno.</p> <p>Le grondaie devono essere ispezionate e pulite dai detriti che potrebbero ostruire il passaggio dell'acqua.</p> <p>In presenza di forti periodi di siccità potrebbe essere necessaria l'irrigazione.</p> <p>I sistemi complessi di pareti verdi potrebbero richiedere lo svolgimento della manutenzione da parte della società installatrice.</p> <p>A causa dello spazio limitato potrebbe essere necessaria la sostituzione delle piante ogni 5-10 anni.</p> <p>Fonte: Addressing climate change in cities: catalogue of urban nature-based solutions (2019), Metroadapt</p>
<p>Indicatori</p>	<p>Sequestro CO2 (g CO2/anno)</p> <p>Obiettivo minimo: 1 g CO2/m²</p> <p>Obiettivo desiderabile: 2 g CO2/m²</p> <p>% di pareti verdi (%)</p> <p>Obiettivo minimo: 5% di muri</p> <p>Obiettivo desiderabile: 10% di muri</p> <p>Fonte: Lugo + Biodinamico</p>

Approfondimenti e dettagli

Nel caso di facciate di edifici in stretto allineamento, è necessario verificare, attraverso il regolamento edilizio, le condizioni in cui è consentito l'avanzamento della facciata. Nella scelta delle specie vegetali deve essere considerato anche l'eventuale costo di manutenzione, aspetto non trascurabile oltre ai parametri principali: forma biologica, provenienza, tipo di fogliazione, richiesta idrica, struttura vegetale, durata media di vita, convivenza con specie diverse, caratterizzazione climatica e sollecitazione luminosa.

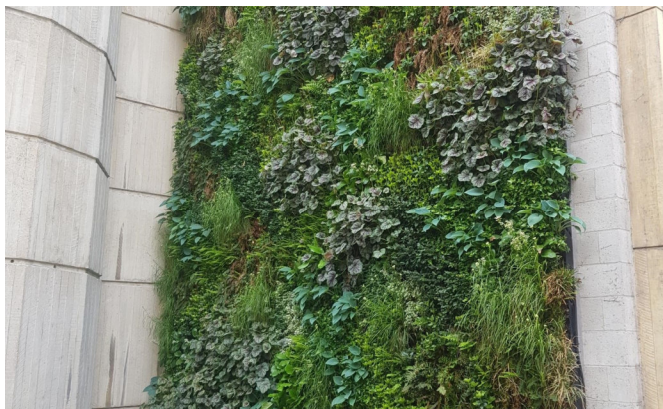
Potrebbe essere necessaria una verifica strutturale considerando il valore del carico totale, compreso il peso dell'impianto, la struttura stessa, il carico del vento e della neve e l'eventuale carico per la manutenzione se necessario.

Il sistema di irrigazione può essere combinato con il sistema di raccolta dell'acqua piovana e il possibile riutilizzo.

La distanza tra il sistema verde e la facciata, lo spessore del manto fogliare influenzano le prestazioni e la capacità di raffrescamento della facciata.

Ad oggi esistono anche sperimentazioni dei cosiddetti sistemi di facciata "produttivi", utilizzati per la produzione energetica e alimentare.

Esempi e buone pratiche



Fonte: Harry Princethorpe, CC BY-SA 4.0



Fonte: Thelmadatter, CC BY-SA 3.0

Combinazione con altre soluzioni

BVA01; BVA02

D01; D03; D04

Bibliografia – sitografia

- Iwaszuk, E., Rudik, G., Duin, L., Mederake, L., Davis, M., Naumann, S., Wagner, I., 2019: Addressing Climate Change in Cities. Catalogue of Urban Nature-Based Solutions. Ecologic Institute, the Sendzimir Foundation: Berlin, Krakow.
- World Bank. 2021. A Catalogue of Nature-Based Solutions for Urban Resilience. World Bank, Washington, DC. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36507> License: CC BY 3.0 IGO."
- Metro Adapt Platform. https://www.cittametropolitana.mi.it/Life_Metro_Adapt/index.html
- Life Heatland. <https://heatlandlife.eu>
- Horizon 2020 UrbanGreenup. <https://www.urbangreenup.eu>
- Horizon2020 Nature 4Cities. <https://www.nature4cities-platform.eu/#/>
- Life Lugo + Biodinamico. <https://lugobiodinamico.eu>
- Progetto SOS4LIFE, Liberare il suolo: linee guida per migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici negli interventi di rigenerazione urbana.
- Urban GreenUp <https://www.urbangreenup.eu/>






Summary

Descrizione




I pozzi perdenti "soakaways" immagazzinano l'acqua superficiale e le permettono di infiltrarsi nel terreno. Sono tipicamente scavi quadrati o circolari riempiti di pietrame, rivestiti con mattoni, calcestruzzo prefabbricato o anelli di polietilene / strutture di stoccaggio perforate circondate da riempimento granulare. La struttura portante e il riempimento possono essere sostituiti da unità modulari e geocellulari, rallentano il deflusso dell'acqua piovana e la trattano. Aumentano anche il contenuto di umidità del suolo e aiutano a ricaricare le acque sotterranee. Immagazzinano il rapido deflusso da una singola abitazione o da più edifici e ne consentono l'infiltrazione efficiente nel terreno circostante. Se collegati tra di loro possono drenare aree più grandi. Possono essere costruiti in molte forme e spesso possono essere ospitati all'interno di aree urbane ad alta densità. I pozzi perdenti sono facili da integrare in un sito, ma offrono pochissimi servizi e non incidono favorevolmente sulla biodiversità in quanto sono sotterranei e l'acqua non appare in superficie. Rappresentano un'alternativa alle trincee filtranti. 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.

Effetti positivi





Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Infiltrazione e ricarica delle falde sotterranee
-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Riduzione del rischio di allagamenti
-  Miglioramento della qualità del suolo
-  Sequestro inquinanti atmosferici

Salute e qualità della vita

-  Consenso della comunità
-  Facilità di costruzione e utilizzo
-  Richiesta di spazi limitati

Effetti indesiderati/negativi

-  Trattamento esclusivo di acqua pulita
-  Rischio di intasamento e problemi di drenaggio
-  Non adatta a suolo poco drenante
-  Non adatta al drenaggio del flusso inquinato

Si tratta di pozzi utilizzati principalmente per raccogliere le acque di pioggia provenienti dai tetti di edifici residenziali o commerciali, in quanto inducono l'infiltrazione diretta delle acque senza prevedere un'azione di filtro da parte della vegetazione e del suolo e dunque sono indicati per acque pulite. I pozzi perdenti possono ridurre notevolmente l'ammontare dei volumi delle acque piovane verso i ricettori principali, grazie alla loro capacità di laminazione ed infiltrazione delle acque. E' necessario prevedere un sistema di sfioro dell'eccesso di portata di infiltrazione verso la rete fognaria o verso la rete delle acque superficiali.

Questo tipo di soluzione tecnica è di interesse soprattutto nelle aree extraurbane ove le acque dei tetti presentano buone caratteristiche. Come innanzi segnalato, deve essere infatti considerata con attenzione la qualità dell'acqua che viene dispersa, stante l'assenza dell'azione di filtro operata dal terreno e dalla vegetazione. Questa tipologia è adatta anche in ambito urbano con limitata superficie a disposizione se supportata da un pretrattamento con un'efficace sedimentazione. Come per tutti i SuDS basate sul meccanismo di infiltrazione, anche i pozzi perdenti contribuiscono attraverso la dispersione nel terreno alla ricarica della falda.

Utilizzo ideale dei pozzi di infiltrazione è l'estensione dei pluviali fino al pozzo che deve essere posizionato a distanza adeguata (almeno 3 metri) dalle fondamenta degli edifici e dagli alberi.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	*	*	✓	✓
Pianura asciutta	*	*	✓	✓
Collina costiera	*	*	✓	✓

* A condizione. Solo se supportati da un pretrattamento con un'efficace sedimentazione.

Fattibilità e indicazioni progettuali

I pozzi d'infiltrazione sono strutture sotterranee localizzate, utilizzate principalmente per raccogliere ed infiltrare le acque di pioggia provenienti dai tetti di edifici residenziali e commerciali e/o dai piazzali.

La quantità di acqua che può essere smaltita da un soakaway entro un determinato periodo di tempo dipende principalmente dal potenziale di infiltrazione del suolo circostante. Le dimensioni del dispositivo e la densità apparente di qualsiasi materiale di riempimento determineranno la capacità di stoccaggio.

I pozzi perdenti sono di solito realizzati con anelli forati di vario diametro, variabile tra 100cm e 200cm, mentre la profondità complessiva varia da 2m fino a 5 m (pozzi profondi). Sono potenzialmente applicabili a tutte le superfici artificiali, a condizione dell'idoneità dei terreni sottostanti. Sono più efficaci quando ricevono il deflusso da superfici impermeabili; sono sconsigliati nel caso di superfici a bassa permeabilità, poiché un elevato carico di sedimenti ne ridurrebbe l'efficacia.

Possono essere inseriti in un sistema più complesso di drenaggio delle acque meteoriche di piazzali, parcheggi e strade per l'infiltrazione delle acque di seconda pioggia a seguito di separazione dalle acque di prima pioggia, che saranno indirizzate verso la fognatura.

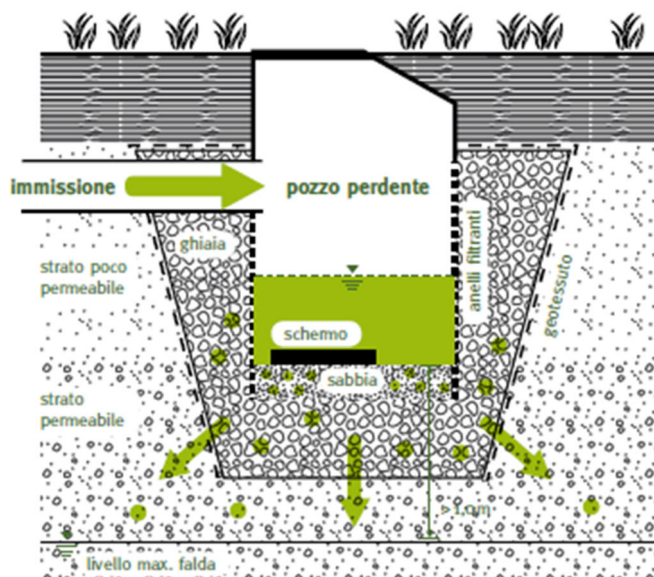
Possono inoltre essere collegati allo sfioro di troppo pieno di cisterne di raccolta e riutilizzo delle piogge pluviali, e inoltre prevedere un sistema di recapito alla fognatura bianca/mista. Come per tutti i SuDS basati sul meccanismo di infiltrazione, anche i pozzi perdenti contribuiscono attraverso la dispersione nel terreno alla ricarica della falda.

I soakaways non devono essere usati:

- troppo vicini ai bacini idrografici delle acque sotterranee.
- entro 5 m dalle fondamenta o dalle strade dell'edificio ed entro 3 m da qualsiasi arbusto o albero.
- in aree di terreno instabile
- quando la falda freatica raggiunge un livello entro 1 m dalla base del soakaway in qualsiasi momento dell'anno
- dove il rischio di contaminazione delle acque sotterranee sottostanti è elevato.

Nei siti in pendenza, dovrebbe essere effettuata una valutazione per garantire che l'infiltrazione dell'acqua non causi un innalzamento dei livelli delle acque sotterranee più in basso o un ristagno idrico delle zone in discesa e che la stabilità dei pendii non ne risenta. (CIRIA, 2007).

I Soakaway sono facili da integrare in un sito, ma offrono molto poco in termini di comfort e valore della biodiversità.



Schema pozzo perdente

Fonte: Linee guida per la gestione sostenibile delle acque meteoriche Provincia Autonoma di Bolzano

<p>Costi</p>	<p>I costi sono indicati da CIRIA (2007) come superiori a 130 €/m³ per metro cubo di volume di stoccaggio. Ciò è confermato da Atkins (2010), che indica un costo minimo leggermente superiore di 140 €/m³ di volume immagazzinato. I costi di manutenzione variano da 0,25 €/m² di superficie trattata, a 1,25 €/m², a seconda delle dimensioni e dell'ubicazione.</p>
<p>Manutenzione</p>	<p>Non richiede particolari manutenzioni, ma anche se viene utilizzato il pretrattamento i sedimenti o i detriti possono comunque accumularsi, quindi un'ispezione e una manutenzione regolari sono molto importanti. Periodicamente (generalmente ogni sei mesi) si dovranno controllare e rimuovere eventuali accumuli di sedimenti o fanghi dal fondo.</p>
<p>Indicatori</p>	<p>I1: Riduzione dei consumi energetici mediante raccolta dell'acqua piovana (ΔCE) Obiettivo minimo > 60% delle superfici filtranti Obiettivo desiderabile > 95% delle superfici filtranti Metodo di misura / Formula (I1) ΔCE = [A x B] A: m² di superfici filtranti -> m³ raccolti B: Consumo di energia in MWh per m³ di volume d'acqua trattato</p> <p>Fonte: Life Lugo + Biodinamico</p>

Approfondimenti e dettagli

I pozzi perdenti sono elementi puntuali con basso fabbisogno di superficie (di regola circa l'1% della superficie impermeabile afferente); sono generalmente associati a superfici impermeabili di modesta entità. Sul mercato sono formati da un insieme di anelli fenestrati in calcestruzzo vibrocompresso sovrapponibili e impilabili tramite un sistema denominato "a bicchiere".

I diametri degli anelli tipicamente in commercio oscillano tra i 100 e i 200 cm con un'altezza del singolo modulo variabile tra i 13 e i 50 cm. La capacità di invaso varia tipicamente da 300 fino a 9000 litri.

Sul fondo viene posato uno strato di pietrisco di 40 cm (minimo) per costituire il piano di posa e garantire il drenaggio delle acque impedendo il ristagno delle stesse.

Sulla superficie laterale degli anelli viene installato un tessuto non tessuto per evitare l'introduzione di corpi estranei nel pozzo e garantire l'effluvio delle acque anche attraverso le pareti, circondate anche esse da uno strato drenante in pietrisco per uno spessore di 50cm (minimo).

L'importante è che i terreni siano in grado di drenare le acque così convogliate.

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

Esempi e buone pratiche



Realizzazione di pozzo perdente

<https://www.fidelizia.it/gallery.php?idpr=978>

Combinazione con altre soluzioni

A02; A06; A15; A18

Bibliografia – sitografia

- CIRIA (2009) Overview of SuDS performance: Information provided to Defra and the EA.
- Comune di Milano(2020),Linee guida per la progettazione dei sistemi urbani di drenaggio sostenibile nel territorio comunale
- <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/infiltration/soakaways.html>
- Horizon 2020 UrbanGreenup. <https://www.urbangreenup.eu>
- Life Lugo + Biodinamico. <https://lugobiodinamico.eu>
- Horizon2020 Nature 4Cities. <https://www.nature4cities-platform.eu/#/>
- www.nwrm.eu
- <https://www.sos4life.it>
- Metro Adapt Platform. https://www.cittametropolitana.mi.it/Life_Metro_Adapt/index.html






Summary

Descrizione

Si tratta degli spazi aperti di pertinenza degli edifici costituenti una unità insediativa, un isolato, spesso semipubblici. Hanno una conformazione raccolta, racchiusa e protetta su tutti i lati o almeno su due, ciò conferisce loro un carattere di protezione e di identità. Se ben progettati garantiscono un'adeguata illuminazione e areazione ai locali interni che vi si affacciano e una buona ventilazione, tanto da diventare un fulcro per la collettività. I cortili, spesso considerati spazi marginali, caratterizzano molte città e paesi italiani e europei, e possono essere ridisegnati aggiungendo un valore ecologico a città compatte dove rimangono ancora pochissimi spazi non urbanizzati e aperti. Possono promuovere la continuità tra spazio privato e semipubblico, tramite i giardini privati posti al piano terra in continuità con gli spazi semipubblici. Gli spazi aperti possono diventare spazi condivisi e cogestiti dagli abitanti, a volte possono ospitare piccole attività commerciali e spazi conviviali. Possono essere anche spazi di pertinenza di edifici ad uso ufficio o terziari (come scuole, università o ospedali), accessibili dall'esterno per buona parte della giornata, con funzione di luogo di incontro o passaggio dove promuovere la socializzazione. Il progetto paesaggistico per una corte interna semi-pubblica può essere redatto sia in caso di interventi di nuova realizzazione, che in occasione della trasformazione/rigenerazione di aperti spazi esistenti, anche nei centri storici (SOS4 Life).

Effetti positivi

Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici

-  Miglioramento del microclima e comfort urbano
-  Sequestro inquinanti atmosferici
-  Aumento e tutela della biodiversità
-  Riduzione del run-off (tempo di corrivazione)
-  Efficientamento energetico

Salute e qualità della vita

-  Finalità ricreative e inclusione sociale
-  Arredo urbano
-  Aumento della fruizione
-  Miglioramento della sicurezza
-  Consenso della comunità

Effetti indesiderati/negativi

-  Presenza di comportamenti indesiderati


Gli elementi che caratterizzano le corti interne sono:

- **ARREDI URBANI** con sedute per favorire la sosta e la socializzazione;
- **STRUTTURE VERDI** con alberature che possano connotare e differenziare gli spazi ed incentivare la sosta;
- **VENTILAZIONE** con lo studio delle correnti e della distribuzione del vento all'interno dello spazio, per garantire un'adeguata aerazione (in estate) ed evitare turbolenze (in inverno);
- **ILLUMINAZIONE** sia naturale nelle ore diurne che artificiale nelle ore serali per consentire la permanenza delle persone durante tutto l'arco della giornata.

Possono contenere anche:

- **SERVIZI COMUNI**, come lavanderia, orti comuni, sale riunioni, ecc.

Possibile localizzazione nella città del Medio-Adriatico

	Tessuti densi	Tessuti medio densi	Tessuti radi	Tessuti periurbani
Pianura fluviale	✓	✓	✓	✓
Pianura asciutta	✓	✓	✓	✓
Collina costiera	✓	✓	✓	✓

✓ Fattibilità e indicazioni progettuali

Le corti interne, soprattutto se non sono presenti aree verdi nelle vicinanze, possono rappresentare isole fresche, l'unica possibilità per i cittadini di contrastare le avverse condizioni climatiche nelle ore più calde della giornata.

Dovrebbero essere ripensate come aree verdi accessibili per affrontare i problemi del cambiamento climatico, per mitigare l'UHI e le ondate di calore e, in generale, per migliorare la qualità della vita dei cittadini, anche dal punto di vista sociale.

Due problemi principali ostacolano questa nuova concezione dei cortili:

- innanzitutto il fatto che i cortili non siano considerati negli strumenti di pianificazione e governo del territorio e ciò aumenta le difficoltà di includerli in effettivi piani e azioni di rigenerazione urbana;
- in secondo luogo i benefici ambientali e sociali delle corti sono spesso non completamente valutati e riconosciuti dalla popolazione e dai politici. Garantire la fruibilità delle corti come spazi verdi rappresenta uno strumento per rendere gli abitanti consapevoli del potenziale dei servizi ecosistemici offerti da questi spazi e della loro capacità di soddisfare diverse funzioni simultaneamente (es. conservazione dell'habitat, controllo delle acque piovane, comfort climatico, servizi ricreativi, ecc.)

Nella città compatta, l'introduzione di precisi limiti all'impermeabilizzazione del suolo, del rapporto di copertura e, più in generale, l'introduzione di parametri che consentano il riutilizzo dei cortili come "nuove attrezzature ambientali" dovrebbero essere accompagnate da altre misure, per facilitare ad esempio la depavimentazione, per promuovere e favorire le operazioni di "liberazione" dei cortili, attraverso l'eliminazione delle strutture esistenti e il ripristino dello spazio permeabile.




Infine la presenza del verde nelle corti deve garantire la promozione dell'eterogeneità delle masse vegetali in termini di dimensione (medio, basso), specie ed età; è possibile così mantenere o favorire la ricchezza floristica e faunistica.



Progetto del cortile Vrijburcht, Amsterdam

Fonte VLUGP/Vrijburcht

<https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/>

 Costi	<p>Costi medi di realizzazione stimati:</p> <p>150-200 €/m² per interventi che comprendono la realizzazione di percorsi semistrutturati e spazi verdi alberati.</p> <p>Interventi di depavimentazione: <i>vedi scheda</i></p> <p>Fonte: SOS4LIFE</p>
 Manutenzione	<p>I costi di manutenzione possono essere condivisi con i residenti e che potranno prendersene cura.</p> <p>Si consiglia di rispettare criteri ecologici per la progettazione e gestione degli spazi al fine di ridurre sia i costi di realizzazione che di manutenzione.</p>
 Indicatori	<p>I1: Cattura di CO₂ (CaCO₂)</p> <p>Unità di misura kg CO₂/anno</p> <p>Obiettivo minimo Corrispondente ad una vegetazione con copertura esclusivamente erbacea (0,05 kg CO₂/m²·anno)</p> <p>Obiettivo desiderabile Corrispondente al massimo sviluppo possibile nel processo di successione delle piante</p> <p>Metodo di misurazione / Formula (I1) CaCO₂ = [A x B] A: m² di superficie su cui agire B: valore medio di cattura (1 kg CO₂/m² · anno per piante legnose; 0,05 kg CO₂/m² · anno per piante erbacee)</p> <p>Fonte: Life Lugo + Biodinamico</p>

Approfondimenti e dettagli

Nelle corti interne semi-pubbliche sono ammissibili:

Alberature di II e III grandezza e arbusti a seconda delle zone climatiche di riferimento e dei caratteri dei luoghi.

Le corti con funzione di spazio semi-pubblico dovranno essere fruibili durante la maggior parte della giornata, perché la loro funzione dovrebbe essere quella di generare luoghi attrattivi per i frequentatori degli edifici che le circondano.

Gli spazi dovrebbero quindi essere pensati per favorire la socialità, definendo regolamenti di gestione condivisa: dalla costruzione di arredi flessibili per i condomini ad aree picnic, per il gioco per il ricovero di attrezzi e bici, fino alla creazione di piccoli orti, e servizi comuni, ecc.

Esempi e buone pratiche



Straussvej Copenhagen-The Courtyard Of The Future

<https://lendager.com/en/urbanism/the-courtyard-of-the-future/>

The *Courtyard Of The Future* è una soluzione ai cambiamenti climatici e alle crescenti sfide di Copenhagen con le inondazioni. Il cortile rende la sfida dell'acqua piovana una risorsa per i suoi residenti creando soluzioni efficaci e visibili. L'acqua favorisce la creazione di splendidi spazi giardino per uso comune ed esperienze extrasensoriali. I cortili sono costruiti con materiali da costruzione riciclati e sono sviluppati in un processo di innovazione collaborativa con i residenti e il comune di Copenhagen.

Combinazione con altre soluzioni

A08; **A09**

C01

D03

Bibliografia – sitografia

- Dondi L.,Morganti M.(2021)Per una città compatta più resiliente: il ruolo strategico degli isolati a corte, Territorio 97
- Progetto SOS4LIFE, Liberare il suolo: linee guida per migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici negli interventi di rigenerazione urbana.
- Leone A., Gobattoni F.,Pelorosso F.,Calace F., Nature based climate adaptation for compact cities: green courtyards as urban cool islands, Plurimondi 18, 83—110
- Krüger, E., Drach, P., Emmanuel, R., & Corbella, (2013). Urban heat island and differences in outdoor comfort levels in Glasgow, UK. Theoretical and Applied Climatology, 112(1-2), 127–141.

Summary

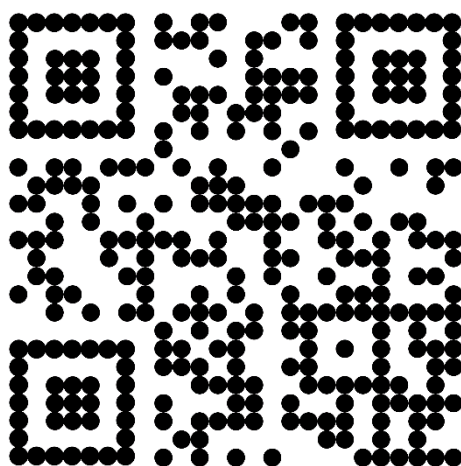
3. Toolbox“ A_GreeNet NBS”

Al fine di rendere fruibile il lavoro di catalogazione effettuato è stato creato un database interattivo, il quale amplifica e semplifica le possibilità di indagine delle soluzioni proposte. Il database è stato costruito sfruttando un servizio online chiamato Airtable e raggiungibile all'indirizzo <https://airtable.com>.

Un database è, per definizione, uno strumento che associa informazioni di diversa natura rendendo “visibili” connessioni altrimenti implicite. Le ragioni per il quale è stato utilizzato questo strumento sono diverse:

- Alta semplicità di utilizzo nella gestione del database che non richiede particolari conoscenze informatiche sulla materia;
- Espandibilità e aggiornabilità del dato inserito al fine di rendere sempre più completo il lavoro di catalogazione;
- Utilizzo collaborativo della piattaforma da più utenti i quali possono interagire contemporaneamente rendendo più agevole la fase di costruzione del sapere comune;
- Possibilità di effettuare una ricerca raffinata all'interno dei campi evidenziando i rapporti che intercorrono fra le soluzioni proposte per mezzo di operazioni di ricerca di *parole chiave* o *filtro*;
- Integrabilità all'interno di pagine web dedicate per garantire la migliore divulgazione dei risultati;
- Garantita fruibilità sia su dispositivi desktop che su dispositivi mobili;
- Possibilità di interazione con diverse altre piattaforme di automazione e gestione dati legata ad eventi (già presenti online) e con lo strumento parametrico e di generazione algoritmica Grasshopper utilizzato in altre fasi della ricerca.

Il database contiene al suo interno tutte le informazioni catalogate sulle soluzioni NBS ed è raggiungibile all'indirizzo <https://bit.ly/3uBmcFa> o tramite scansione del seguente QR code:



QRcode NBS database

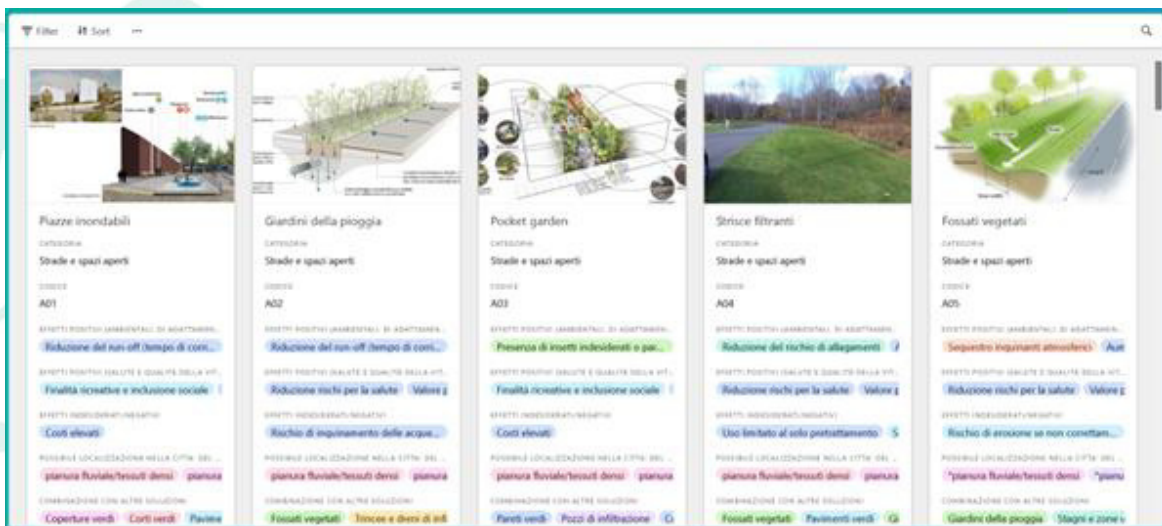
Il database è strutturato in modo simile alla scheda singola e contiene i seguenti campi sempre abilitati a effettuare ricerche specifiche e approfondite:

Titolo scheda, Categoria, Codice, Descrizione, Effetti positivi (Ambientali, di adattamento/mitigazione dei cambiamenti climatici), Effetti positivi (Salute e qualità della vita), Effetti indesiderati/negativi, Possibile

localizzazione nella città del Medio Adriatico, Fattibilità e indicazioni progettuali, Costi, Manutenzione, Indicatori, Approfondimenti e dettagli, Combinazione con altre soluzioni, File scheda e Immagine.

L'accesso al database per la consultazione è effettuabile senza nessuna operazione di login al sito airtable.com il quale gestisce la privacy dell'utente e salva (in locale) eventuali cookies dati necessari al funzionamento. Il database è consultabile anche tramite applicazione dedicata su dispositivi mobile (Android o iOS), ma è sempre consigliabile l'accesso tramite browser impostando la *visualizzazione desktop* che ne garantisce la più completa visualizzazione.

La visualizzazione preimpostata è suddivisa in caselle riassuntive che mostrano solo alcuni dati rilevanti per avere una visione complessiva delle schede; azionando su un qualsiasi riquadro verrà mostrato un pop-up in cui è possibile leggere anche i contenuti nascosti nonché visualizzare il file in formato PDF della scheda avendo anche la possibilità di salvarlo sul proprio computer.



Visualizzazione desktop preimpostata del database



Visualizzazione estesa del contenuto della scheda

Modalità di ricerca e riordino delle schede

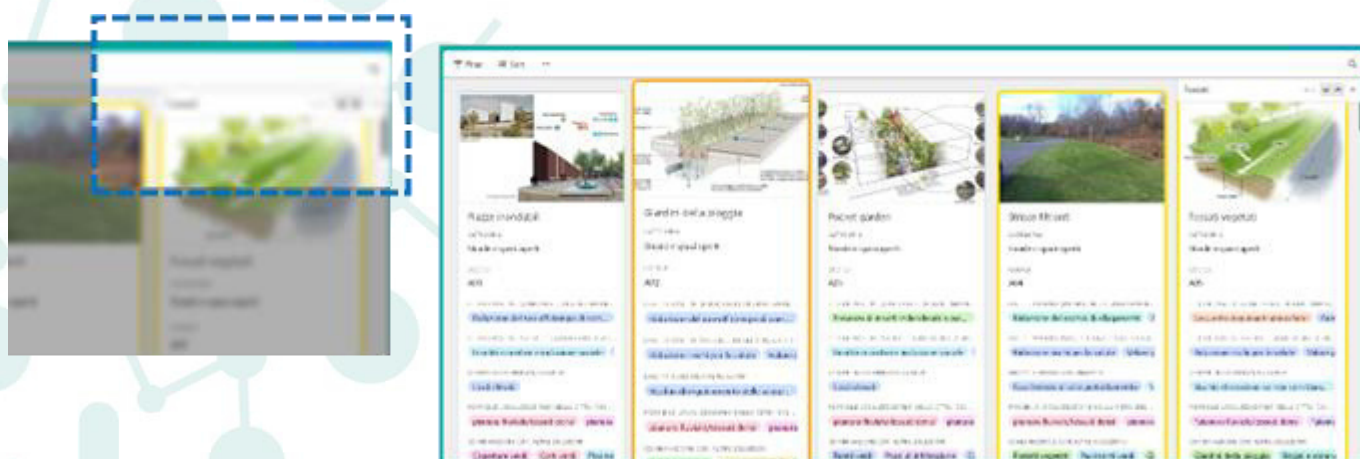
Le possibilità di effettuare una ricerca in questo strumento sono due:

- Ricerca per dati visibili a schermo;
- Ricerca per filtro di campo.

A seconda delle necessità potrebbe essere più indicato utilizzare la prima modalità di ricerca, la seconda o una combinazione di queste per evidenziare nel modo corretto i risultati. Infine, è sempre possibile disporre questi secondo un ordine alfabetico di uno o più campi sfruttando il comando Sort presente in alto a sinistra.

Ricerca per dati visibili a schermo

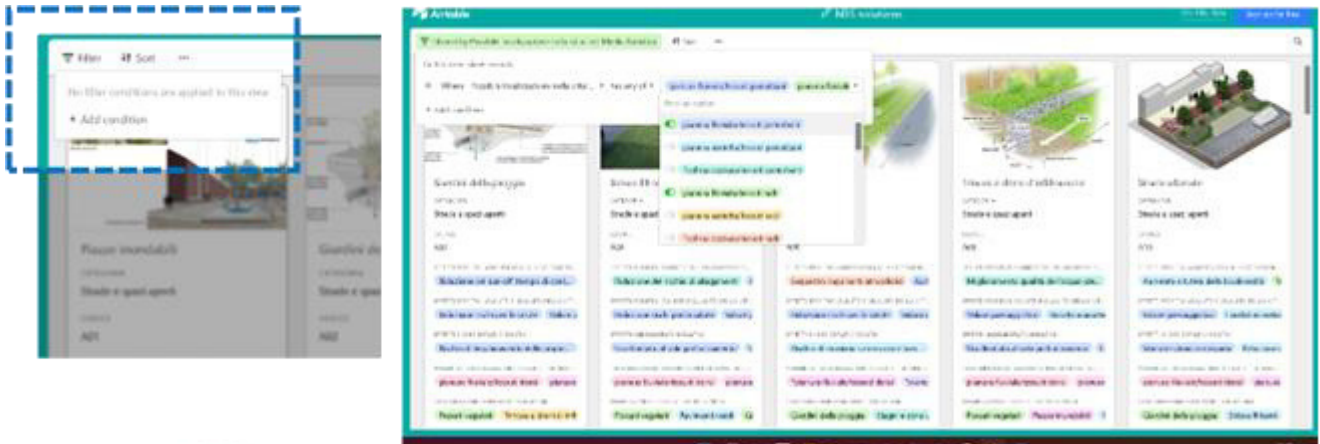
La modalità più intuitiva per effettuare una ricerca all'interno del database consiste nella possibilità di ricercare parole direttamente visibili a schermo cliccando su l'icona della lente d'ingrandimento (presente in alto a destra) dalla quale si origina un campo di testo su cui scrivere: Laddove presenti i risultati sono marcati in giallo; Lo strumento effettua questo tipo di ricerca su tutti i tipi di campi senza impostare priorità specifiche e senza dare all'utente un'indicazione sui possibili risultati presenti come può, invece, accadere con la ricerca per filtro di campi.



Esempio di ricerca per dati visibili a schermo

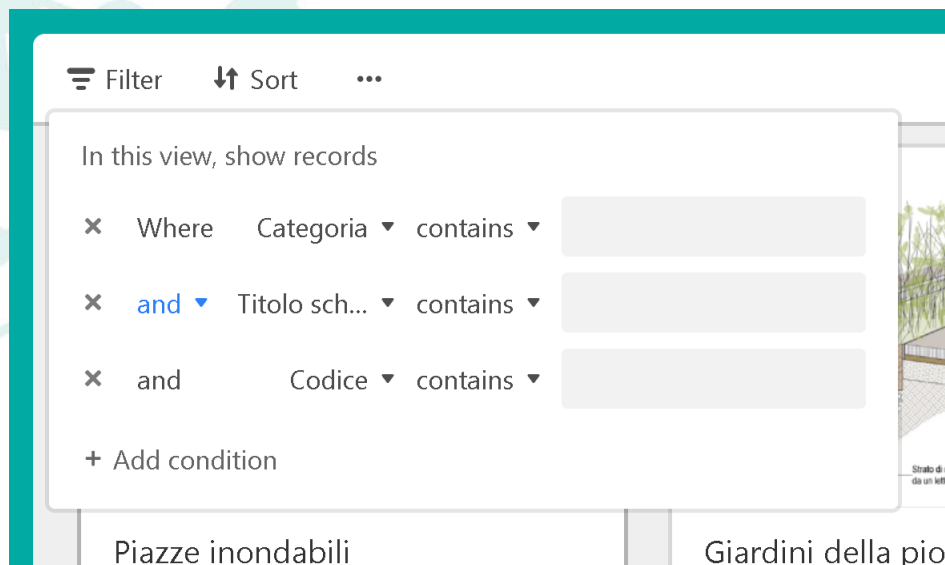
Ricerca per filtro di campo

La seconda modalità di ricerca all'interno del database consiste nel filtro di campo, il quale è raggiungibile dall'apposito comando in alto a sinistra (Filter). selezionato questo comando, viene mostrato un piccolo pop-up in cui effettuare i settaggi dei campi su cui si vuole attuare la ricerca e i termini chiave interessati: nel caso in cui la ricerca si basa su un campo a scelta multipla lo strumento mostra a video solo le possibilità presenti permettendo selezionare le proprie scelte. In alternativa, se il campo presenta un testo, vengono accettate una parola o più parole chiave.



Esempio di ricerca per filtro di campo

È possibile effettuare ricerche contemporanee su più campi impostandoli sempre dall'apposito pop-up. Questa modalità può andare a raffinare molto la ricerca individuando specifiche schede che rispondono a tutti i requisiti impostati.



Esempio di ricerca multipla per filtro di campo

4. Prime indicazioni per la selezione delle specie arboree

Nelle aree urbane viene consumata una grande quantità di energia e rilasciate grandi quantità di CO₂. Le foreste urbane assorbono anidride carbonica (CO₂) e fissano carbonio nei tessuti; migliorano la qualità dell'aria rimuovendo dall'atmosfera inquinanti quali ad esempio: l'ozono (O₃), il biossido di azoto (NO₂), il monossido di carbonio (CO), l'anidride solforosa (SO₂) e il particolato (PM₁₀, PM_{2.5}) attraverso l'assorbimento stomatico e/o deposizione sui tessuti arborei (foglie, rami, tronco).

Gli alberi influenzano anche il microclima delle aree abitate, grazie all'effetto sulla riduzione della velocità del vento, impediscono un eccessivo raffreddamento in inverno, mentre in estate, attraverso l'evapotraspirazione e l'ombreggiamento, contribuiscono alla diminuzione della temperatura e alla riduzione dell'effetto isola di calore. Ciò determina un risparmio energetico sia in inverno che in estate.

In particolare, per ridurre gli effetti negativi dell'isola di calore, la corretta progettazione del verde ha un ruolo decisivo. Anziani e bambini rappresentano la parte di popolazione che più risente degli effetti negativi del caldo sulla salute e sono quindi anche la parte di popolazione che maggiormente potrebbe usufruire degli effetti positivi della corretta progettazione del verde in ambiente urbano. Altri effetti positivi riguardano il comfort termico, la qualità dell'aria, l'umore e l'attività fisica, la riduzione dello stress.

Si annoverano anche altri benefici degli alberi: la riduzione del rumore, la riduzione del ruscellamento e dell'erosione del suolo, la purificazione delle acque e il consolidamento del terreno, insieme ad altri di carattere economico.

Questi benefici sono legati ad alcuni fattori, quali: la dimensione dei popolamenti, la loro posizione e configurazione rispetto agli edifici, la distanza tra di loro, l'estensione e l'altezza delle chiome, la densità e persistenza fogliare. La pianta ideale per ombreggiare, ad esempio, presenta una chioma piuttosto densa, rotonda e con le branche abbastanza ampie; alberi caducifogli permettono al sole di filtrare attraverso i rami spogli d'inverno; alberi a portamento colonnare sono suggeriti per cortili con spazi ristretti. Le specie, inoltre, vanno selezionate considerando il fabbisogno idrico in funzione delle condizioni e delle piante circostanti; selezionare ad esempio piante ad una bassa disponibilità idrica o non necessitanti di particolari cure, è una scelta felice in zone non irrigate o frequentemente curate. Da studi svolti in letteratura un singolo albero, maturo, di circa 10 metri di altezza collocato in posizione strategica può portare benefici, in termini di risparmio energetico dell'ordine del 15% abbassando i picchi di calore anche di 4 °C, considerando effetti diretti ed indiretti sull'ambiente (*McPherson and Rowntree, 1993*); se, al contrario le piante sono collocate in maniera non ottimale, vi possono essere aumenti dei costi annui dovuti specialmente alla richiesta di riscaldamento (*DeWalle et al., 1983*).

Questi aspetti sono molto importanti perché dimostrano che gli alberi non sono tutti uguali. Piantare la specie sbagliata al posto sbagliato può aumentare, ad esempio, la domanda energetica di un edificio o di una parte della città; inoltre gli alberi non rappresentano solo dei costi da sostenere ed un problema per le amministrazioni, ma possono diventare una fonte di arricchimento ambientale, paesaggistico ed economico, oltreché una misura di compensazione ambientale irrinunciabile, nel caso ad esempio, delle aziende private che devono mettere a dimora un certo numero di alberi, soprattutto in ambienti urbani e periurbani, per compensare le emissioni derivanti da alcune delle loro attività.

Scelta di specie per la fissazione del carbonio

Un aspetto fondamentale per la fissazione del carbonio in ambiente urbano è la scelta di specie che siano idonee ad espletare tale funzione oltre che adatte alle condizioni ambientali del sito in cui saranno messe a dimora. Nello specifico per massimizzare la fissazione di carbonio vanno adottati i seguenti criteri:

- a. privilegiare specie a rapido accrescimento e longeve;
- b. privilegiare specie che a maturità raggiungono grandi dimensioni;
- c. privilegiare specie che siano resistenti alle malattie e, in ambito urbano, agli stress legati all'inquinamento. In ogni caso è importante mantenere la copertura arborea sostituendo prontamente gli individui morti;
- d. privilegiare specie in grado di riprodursi e quindi di rinnovare in modo economico la formazione costituita o di espandersi autonomamente in aree limitrofe all'impianto;
- e. privilegiare specie pioniere a rapida crescita in ambiti di antroposuoli ricchi in detrito o comunque di suoli sottili;
- f. scegliere specie diverse, ma con uguali esigenze di gestione (irrigazione, potature, fertilizzazioni, etc.). In particolare, privilegiare quelle specie con ridotte esigenze di manutenzione e che richiedono minimi interventi di potatura;

- g. preservare il carbonio sequestrato nel suolo riducendo i disturbi a carico delle radici: la quantità di carbonio stoccato nel suolo è infatti superiore a quella presente nella vegetazione (3 volte superiore) quindi alterazioni anche minime possono incidere significativamente sulla capacità dell'area forestata di sequestrare carbonio;
- h. realizzare gli interventi di forestazione su superficie per quanto possibile ampie, così da poter mettere a dimora un maggior numero di piante.

Alcune specie da utilizzare per massimizzare il ruolo di *sequestro della CO2* sono:

- a. pioppi (quelli indigeni, ad es. *Populus alba*), grazie al rapido accrescimento. Necessitano, però, di un cospicuo apporto idrico (pertanto è consigliabile un utilizzo in prossimità di corsi d'acqua);
- b. salice bianco (*S. alba*), specie a crescita rapida idonea per impianti in prossimità di corsi d'acqua. Può però causare allergie;
- c. tigli (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. x vulgaris*), specie generalmente di grandi dimensioni e longeve. Soprattutto il tiglio nostrano (*T. platyphyllos*) è ampiamente utilizzato nelle alberate stradali, in quanto oltre ad essere esteticamente gradevole, ha fiori molto profumati;
- d. aceri (*Acer campestre*, *Acer monspessulanus* e *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*), in virtù della loro velocità di accrescimento. *A. campestre* e *A. monspessulanus* risultano rustici ed adattati alle condizioni locali e anche per interventi in condizioni pioniere e degradate;
- e. cerro (*Quercus cerris*), specie longeva e a rapido accrescimento;
- f. cipresso di Lawson (*Chamaecyparis lawsoniana*), specie introdotta dagli Stati Uniti, molto impiegata per forestazioni sperimentali, tollerante all'inquinamento e adatta a trattenere le polveri;
- g. fra gli arbusti, il biancospino (*Crataegus monogyna*), in quanto oltre ad avere un accrescimento abbastanza rapido, è una specie resistente e che richiede poca manutenzione. Tuttavia, bisogna tenere in considerazione che è un arbusto dotato di spine. Inoltre, può essere veicolo di propagazione del colpo di fuoco batterico (causato dall'*Erwinia amylovora*), infezione che colpisce le Rosacee (compresi vari alberi da frutto). Il suo uso va quindi limitato se in prossimità di frutteti (in alcune regioni del nord è vietato impiantare nuovi individui).

Scelta di specie per l'abbattimento degli inquinanti atmosferici

Gli interventi di forestazione urbana mirati all'abbattimento degli inquinanti atmosferici richiedono una scelta accurata della specie o dell'associazione migliore di specie, in funzione delle loro caratteristiche autoecologiche, oltre che di quelle ambientali quali fitoclima, esposizione, disponibilità idrica e altre specie vegetali presenti.

In riferimento all'abbattimento dell'inquinamento atmosferico, alcune peculiarità rendono delle specie più efficaci di altre. Una di queste è rappresentata dalle caratteristiche morfo-anatomiche delle foglie: superficie fogliare, dimensione e forma delle foglie e della chioma, densità e morfologia degli stomi, spessore e struttura della cuticola, persistenza, etc. Inoltre, in relazione alle polveri sottili, la maggiore/minore capacità di cattura risulta legata alla rugosità della superficie fogliare e alla presenza di rivestimenti cerosi, di peli e altre strutture epicutcolari della foglia. Gli studi condotti dimostrano come mediamente gli alberi siano più efficienti nella cattura delle polveri rispetto agli arbusti, vista la loro maggiore superficie fogliare disponibile e la struttura della chioma più articolata e complessa. Le conifere, in particolare i generi *Pinus*, *Picea* e *Cupressus* e al Nord anche *Abies*, risultano efficienti nell'abbattimento degli inquinanti atmosferici, pur essendo sensibili alle alte concentrazioni di questi composti; per questo motivo se ne sconsiglia l'utilizzo in contesti fortemente inquinati. Vengono qui di seguito riportati alcuni criteri generali da tenere in considerazione per la scelta delle specie utili per realizzare fasce verdi in grado di contribuire all'intercettazione degli inquinanti atmosferici. I criteri riportati sono anche validi per la realizzazione di un sistema verde più esteso e complesso, seppur con alcune limitazioni. Come già ricordato in relazione alla cattura della CO₂ è fondamentale, per la buona riuscita dell'intervento di forestazione che le specie siano innanzitutto appropriate all'ambiente che caratterizza il sito di impianto; tra queste verranno poi individuate quelle con caratteristiche più adatte all'intercettazione e/o all'assorbimento degli inquinanti. Nello specifico occorrerebbe seguire delle raccomandazioni, se possibile.

In particolare:

- a. prediligere sempre specie vegetali autoctone e ben adattate al clima e all'ambiente in oggetto;
- b. privilegiare specie arboree con chiome ampie e alte, meglio se caratterizzate da un fitto sistema di ramificazione;

- c. privilegiare specie longeve, così da garantire per tempi lunghi l'efficacia della barriera verde, oppure varietà che siano resistenti alle malattie e all'inquinamento atmosferico delle città; questo anche perché sovente gli individui sono situati in prossimità di strade e quindi esposti a stress legati all'inquinamento che possono rendere le piante potenzialmente più suscettibili ad infezioni e parassitosi;
- d. scegliere specie con ridotte esigenze di manutenzione, così da ridurre i costi di gestione e di intervento;
- e. favorire, per quanto possibile, specie sempreverdi, mantenendo comunque una certa varietà delle specie per non incorrere in problemi dovuti a sistemi a verde monospecifici, più vulnerabili e critici;
- f. preferire specie con foglie provviste di tricomi, cere, resine e con superfici rugose, di forma irregolare. Le chiome con foglie numerose e di piccole dimensioni sono generalmente più efficienti nell'intercettazione degli inquinanti atmosferici;
- g. un altro aspetto da valutare, specialmente in ambiente urbano (soprattutto nei siti localizzati vicino a fonti d'inquinamento, come strade con intenso traffico veicolare) è la caratteristica che possiedono alcune specie di emettere Composti Organici Volatili (COV), i quali specialmente in presenza di alte concentrazioni di ossidi di azoto (NOx), possono indurre un aumento di concentrazione dell'ozono troposferico e dei cosiddetti SOA (aerosol organici secondari). È necessario, pertanto, privilegiare specie basse emettitrici di COV quali ad esempio aceri, biancospino e tigli;
- h. in prossimità di manufatti (strade, edifici, etc.), andrebbero privilegiate le specie meno soggette a crolli e cedimenti nella struttura e con apparato radicale non superficiale, che possano quindi garantire un maggiore grado di stabilità e sicurezza ambientale e per i cittadini;
- i. nella realizzazione di fasce verdi è inoltre opportuno ricordare l'importanza di valutare la direzione e l'intensità dei venti prevalenti, al fine di massimizzare l'efficacia dell'intervento di forestazione;
- l. nella forestazione è poi importante che gli individui siano collocati in maniera appropriata, in funzione dell'obiettivo che si vuole raggiungere. Ad esempio, per quanto riguarda l'abbattimento degli inquinanti aerodispersi, è opportuno ricordare che numerosi studi sull'argomento hanno evidenziato però quanto sia importante mantenere dei flussi di aria all'interno delle barriere verdi, al fine di aumentare le turbolenze e migliorare le interazioni delle masse d'aria inquinate con le superfici vegetali;
- m. occorre poi valutare, nella scelta dell'impianto, le dimensioni che le diverse specie (arboree e arbustive) assumeranno a maturità. Per eseguire un intervento che sia pienamente funzionale alla mitigazione dell'inquinamento atmosferico già dai primi anni dopo l'impianto, sarebbe necessario adottare sestri d'impianto non definitivi da sostituire successivamente, ma ciò comporta costi aggiuntivi non indifferenti, essendo necessari alcuni interventi nel corso del tempo, come diradamenti e nuovi impianti. Pertanto, in fase di progettazione va valutato se adottare subito il sesto definitivo, considerando però che la piena funzionalità verrà raggiunta dopo un certo periodo di tempo, o se invece si vuole creare una fascia che sia da subito pienamente funzionale, costituita da individui già sviluppati, ma con costi notevolmente più elevati.

Alcune specie sono quindi maggiormente indicate di altre per questi interventi, poiché le loro caratteristiche morfo-funzionali le rendono più efficienti nell'abbattere gli inquinanti atmosferici e il rumore, tra queste:

- a. gli aceri (*Acer campestre* e *A. platanoides*), i quali sono particolarmente resistenti agli inquinanti atmosferici, oltre ad essere efficienti per la realizzazione di barriere fonoassorbenti e per azioni di mitigazione dei cambiamenti climatici quali i rimboschimenti finalizzati al sequestro della CO₂ atmosferica;
- b. alcune specie di querce (*Quercus cerris*, *Q. ilex*, *Q. robur*, *Q. frainetto*, *Q. pubescens*), che rappresentano alberi longevi, di grandi dimensioni e con chiome generalmente dense e caratterizzati da tratti autoecologici diversificati che li rendono adatti a differenti ambienti e climi. Per la funzione fonoassorbente possono essere utilizzati il cerro, la roverella e il leccio, come già ricordato. Tuttavia, l'utilizzo di alcune querce va valutata con attenzione in base alla qualità dell'aria del sito, in quanto queste possono emettere elevate quantità di COV; è il caso del leccio il cui utilizzo dovrebbe essere limitato ad aree lontane da fonti di precursori di inquinanti, in quanto potrebbe tendere a favorire la formazione di inquinanti di genesi secondaria come l'ozono. In ambiente periurbano è possibile utilizzare anche la sughera (*Q. suber*), meno adattata all'ambiente prettamente metropolitano;

- c. gli olmi (*Ulmus minor* e *U. montana*), alberi longevi, alti e con chioma densa e ampia, idonei dunque per la mitigazione dell'inquinamento sia acustico che atmosferico. Entrambe le specie vengono utilizzate come alberi ornamentali nel verde urbano; a Roma il primo è autoctono;
- d. i tigli (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. x vulgaris*), che oltre ad essere generalmente di grandi dimensioni e longeve, hanno dense chiome, adatte dunque sia alla mitigazione dell'inquinamento atmosferico che acustico. Inoltre, le loro foglie presentano delle secrezioni viscosi che possono aumentare l'efficienza di ritenuta del particolato sospeso in atmosfera, sulle foglie stesse;
- e. il bagolaro (*Celtis australis*), specie longeva, di grandi dimensioni e con chioma ampia, molto diffusa per le alberature e nelle aree verdi urbane, grazie alla sua adattabilità e resistenza all'inquinamento e alla sua folta e larga chioma che genera ombra;
- f. varie conifere, per le motivazioni suddette (individui sempreverdi, maggiore superficie fogliare, etc.). Nell'ambiente mediterraneo specie del genere *Pinus* (ad esempio il pino domestico *P. pinea*, anche se è una specie che può causare allergie e non idonea per le alberature stradali a causa delle radici superficiali), specie del genere *Cupressus* (come il cipresso *C. sempervirens*), specie del genere *Cedrus* (come il cedro dell'Atlante *C. atlantica*, specie ornamentale, ma di origine esotica). C'è da ricordare però, che le conifere pur essendo efficienti nel mitigare l'inquinamento sia atmosferico che acustico grazie alla loro chioma complessa e folta, sono specie che possono soffrire livelli elevati di inquinamento e che quindi non dovrebbero essere collocate in contesti ambientali caratterizzati ad esempio da forti emissioni antropiche;
- g. fra gli arbusti più diffusi troviamo l'erica arborea (*Erica arborea*) e il viburno (*Viburnum tinus*), entrambi sempreverdi, risultano appropriati sia per la funzione fonoassorbente che per l'abbattimento degli inquinanti aerodispersi, anche grazie al loro portamento che li rende adatti alla realizzazione di fasce verdi in prossimità del terreno, a supporto delle specie arboree come le conifere, che spesso sono caratterizzate da porzioni "vuote" o con scarso fogliame in prossimità del suolo.

Di seguito si riporta una tabella con le varie specie consigliate per il progetto Life+A_GreeNet (Tab.2)

Allergenicità delle specie d'interesse comune

I pollini presenti nell'atmosfera rappresentano l'elemento maschile (gametofito maschile) per la riproduzione delle piante a seme. Il granulo pollinico è caratterizzato da uno strato protettivo composto da due pareti: una esterna (l'esina) e una interna (l'intina). Quando il polline è maturo viene liberato per l'impollinazione e può raggiungere la parte femminile del fiore trasportato dal vento (piante anemofile) o attraverso gli insetti (piante entomofile), l'acqua, gli uccelli e altri animali.

I pollini che possono provocare allergie in generale devono avere alcune caratteristiche

- a. Appartenere a piante anemofile;
- b. Contenere componenti allergeniche che stimolano il sistema immunitario del soggetto allergico geneticamente predisposto a produrre anticorpi specifici;
- c. Essere prodotto in grande quantità da piante assai diffuse sul territorio ed essere piccolo e leggero per essere trasportato dal vento a grande distanza.

Sulle pareti dei granuli pollinici sono presenti numerose cellule proteiche che consentono il riconoscimento del granulo dalla parte femminile del fiore. Queste stesse proteine sono le responsabili delle reazioni allergiche nei soggetti sensibili geneticamente predisposti, agiscono cioè come antigeni, ovvero stimolando il sistema immunitario a produrre anticorpi (IgE). Quando anticorpi ed antigeni si incontrano, vengono prodotti mediatori chimici, tra cui l'istamina, che innescano il processo infiammatorio alla base dei sintomi allergici (rinite, congiuntivite, asma etc.). La concentrazione dei vari tipi di polline nell'atmosfera dipende soprattutto dalla presenza e diffusione delle piante sul territorio, nonché da alcuni parametri ambientali come il vento, l'umidità, la temperatura e la turbolenza atmosferica. Anche i cambiamenti climatici influiscono sui pollini: l'aumento delle temperature è associato ad allungamento e anticipazione della stagione pollinica, la distribuzione e l'insediamento di specie infestanti e concorre, con alte concentrazioni di CO₂, all'aumento della produzione di pollini.

Il Grado di allergenicità del polline o potere allergenico, ovvero la capacità del granulo pollinico di indurre reazioni allergiche, è stato valutato per molte specie arboree, arbustive o erbacee in numerosi studi. Molte di queste conoscenze sono state utilizzate dall'ARPA Emilia Romagna⁶⁵ nella preparazione delle schede botaniche dove il grado di allergenicità è distinto in quattro gradi: basso, moderato, alto ed elevato.

Nella tabella seguente sono sintetizzate le conoscenze sul grado di allergenicità delle specie d'interesse più comuni. Il grado di allergenicità del polline può variare anche in base alle condizioni climatiche dell'area in cui avviene la diffusione pollinica. Inoltre, la maggiore presenza in zone urbane, rispetto a quelle rurali, di inquinanti atmosferici che si depositano sul polline e vengono trasportati insieme ad esso, può aumentare il potere allergenico del polline e la sensibilizzazione della popolazione ai pollini (Tab.3).

La Quantificazione dei benefici prodotti dagli alberi e dalle foreste urbane

Quantificare i benefici prodotti dagli alberi e dalle foreste urbane e peri-urbane di una città e per migliorare la loro gestione fondamentale; alcuni modelli, come I-Tree Eco sviluppato dall' United States Department of Agriculture and the Forest Service, cercano di farlo, stimando ad esempio l'assorbimento di carbonio, - l'emissione di composti organici volatili (VOCs) - l'assorbimento di inquinanti atmosferici. Il modello quantifica anche in termini economici alcuni di questi effetti considerando le externalità positive connesse, ad esempio, con il miglioramento della qualità dell'aria ed il risparmio energetico.

Il CNR e l'IPSP, hanno utilizzato il software I-Tree (USDA, www.itreetools.org) per il calcolo dello stoccaggio di CO₂ e per l'abbattimento degli inquinanti ed hanno costruito un data base attualmente disponibile sul sito dell'Associazione Vivaisti (<http://www.vivaistipistoiesi.it/qualiviva/consultazione-schede-tecniche>). Questo Data base ci restituisce per un centinaio di schede il potenziale emissione VOCs, lo stoccaggio di CO₂ e i dati sugli abbattimenti degli inquinanti. Con la stessa metodologia è stato sviluppato tra il 2019 e il 2021 un altro progetto "floroVIVaismo di qualità per la mitigazione e sostenibilità AMBIENTALE" (VIVAM) da parte di IBE.CNR (<https://www.vivam.it/il-progetto/i-risultati-di-vivam/>), che ha elaborato schede botaniche per le 45 diverse specie arboree e arbustive analizzate e ritenute di maggiore interesse vivaistico e in ambiente urbano. Le schede riportano, oltre alle comuni indicazioni sulle caratteristiche botaniche e agronomiche di ogni specie, informazioni specifiche relative alla capacità delle stesse di interagire con l'ambiente urbano (produzione di polline allergenico, rimozione inquinanti, sequestro di CO₂, emissione di composti volatili, VOC e potenziale mellifero) e l'impatto ambientale che esse possono causare o subire in funzione delle loro caratteristiche fisiologiche e morfologiche. Nella Tabella 4 vengono riportati i valori desunti dal Progetto Vivam con riferimento alle specie consigliate della Tabella 2.

Tab.2 Specie consigliate

Arboree, caducifoglie

SPECIE	CARATT. SUOLO	CARATT. ECOLOGICHE	VANTAGGI	NOTE
Acer campestre	Si trova su suoli variabili come pH e tessitura; si adatta a terreni argillosi.	Specie eliofila, in grado di sopportare l'aridità stagionale.	Specie longeva di facile attecchimento. Specie a basso potenziale di formazione dell'ozono. Basso grado di allergenicità del polline	
Acer monspessulanus	Vegeta bene su suoli variabili come pH e tessitura.	Maggiormente termofila rispetto alla precedente.	Specie longeva di facile attecchimento. Specie a basso potenziale di formazione dell'ozono. Basso grado di allergenicità del polline	
Acer opalus			Basso livello di allergenicità	
Alnus cordata	Può crescere su vari tipi di terreni	Specie mesoigrofila, ma maggiormente adattata alla siccità		
Alnus glutinosa	Suoli con falda freatica elevata.	Specie tipica delle aree alluvionali.	Specie tollerante all'inquinamento. Favorisce la qualità del suolo e dell'aria per mezzo di batteri azotofissatori (Frankia alni).	Elevato grado di allergenicità.
Arbutus unedo	Suoli sciolti, anche molto aridi.	Specie eliofila mediterranea resistente alla siccità estiva.	Specie eliofila mediterranea resistente alla siccità estiva.	
Cercis siliquastrum	Si adatta a suoli poveri e aridi	Specie eliofila e xerofila	Sopporta l'inquinamento atmosferico.	
Celtis australis	Preferisce terreni sassosi, ricchi di calcare e ben drenati pH 7,0-8,0.	Specie pioniera. Alta resistenza a siccità e inquinamento.	Si può usare in ambiti ruderali ricchi in macerie. Importante per la fauna. Resistente all'inquinamento.	
Ficus carica	Predilige terreni sciolti o sassosi e non tollera quelli troppo compatti o con ristagni idrici	Specie rustica senza particolari esigenze è però sensibile a temperature < 8° che possono uccidere l'intera pianta.	Resistente all'inquinamento. Adatto alla costituzione di barriere antirumore.	
Fraxinus ornus	Poco esigente, si adatta a terreni aridi, sia calcarei che argillosi.	Specie termofila e xerofila in grado di colonizzare anche luoghi rocciosi. Buona capacità di attecchimento su suoli post-agrari. Il polline è gradito agli apoidei.	Basso potenziale di formazione dell'ozono. Adatto alla creazione di barriere antirumore.	Grado di allergicità da moderato ad elevato
Malus sylvestris	Suoli fertili e mai molto aridi a pH vicino alla neutralità.	Specie temperata, nella zona Mediterranea gradisce ambienti mesofili con buona disponibilità idrica anche d'estate.	Favorevole alla biodiversità animale.	
Myrtus communis L.		pianta legnosa a comportamento cespuglioso	Sporadica capacità allergenica	
Populus alba	Indifferente al pH necessita di un cospicuo apporto idrico.	Specie igrofila a rapido accrescimento.	Colonizza rapidamente superfici umide producendo nuovi getti dalle radici. Effetto di fitoestrazione e fitostabilizzazione di inquinanti quali Zn, Cd, Pb e Na. Può ospitare una ricca entomofauna.	Potenzialmente soggetto a crolli. Impiegato in interventi di recupero ambientale e a scopo bio-energetico. Grado di allergicità da basso a moderato.

Prunus avium	Suoli fertili, ben drenati, ma mai molto aridi con pH vicino alla neutralità	Ambiti mesofili, vegeta bene nel sottobosco dei querceti termofili se i suoli sono adeguati.	Favorevole alla biodiversità animale. Specie a rapido accrescimento. Basso potenziale di formazione dell'ozono.	
Pyrus spinosa (=Pyrus amygdaliformis)	Indifferente al tipo di suolo.	Specie e eliofila, xerofila e termofila. Diffusa nella fascia del leccio e dei querceti termofili.	Specie con buona funzionalità naturalistica consigliata per interventi di recupero ambientale. Favorisce la presenza di uccelli utili nel controllo biologico di insetti potenzialmente dannosi.	
Quercus cerris	Terreni sciolti, fertili, acidi e subacidi (pH ottimale < 6,5).	Specie a comportamento mesofilo, ma più xerofilo di Farnia e Rovere e meno di Roverella.	Specie longeva a basso potenziale di formazione dell'ozono. Efficace funzione fonoassorbente. Basso grado di allergenicità del polline.	
Quercus pubescens	Indifferente al suolo vegeta meglio su suoli basici (pH ottimale > 6) e si adatta a terreni pionieri anche argillosi, ben drenati.	Specie termofila, xerofila, basifila	Specie adattabile e longeva. Efficace funzione fonoassorbente. Buona capacità di attecchimento su suoli post-agrari. Basso grado di allergenicità.	
Quercus robur	Gradisce terreni profondi, freschi, fertili, da subacidi a subalcalini, con buona disponibilità idrica per tutto l'anno, anche con falda freatica superficiale; rifugge quelli troppo compatti.	Specie temperata, nella zona Mediterranea limitata a zone alluvionali.	Specie molto longeva ad accrescimento relativamente rapido rispetto ad altre querce. Basso grado di allergenicità del polline.	
Salix alba	Indifferente al pH necessita di suoli con buona disponibilità idrica per tutto l'anno.	Specie tipicamente ripariale.	Specie a crescita rapida idonea per impianti in prossimità di corsi d'acqua. Tollerata l'inquinamento atmosferico. Basso grado di allergenicità del polline	Se ne sconsiglia la coltivazione in prossimità di edifici o sistemi di canalizzazione, danneggiabili dall'apparato radicale.
Sorbus domestica	Le condizioni migliori per la crescita sono offerte da terreni calcarei profondi e ricchi di scheletro.	Diffusa principalmente nella fascia dei querceti termofili submediterranei.	Favorevole alla biodiversità animale.	
Tilia platyphyllos	Terreni freschi, drenati e profondi a reazione neutra o sub-alcalina, non tollera il pH acido in profondità, su questi suoli viene sostituito da T. cordata.	È specie più eliofila di Tilia cordata; non tollera il freddo intenso e la siccità prolungata	Mitigazione dell'inquinamento atmosferico e acustico.	
Ulmus minor	Suoli fertili e mai molto aridi.	Ambiti mesofili anche ruderali (terrapieni delle infrastrutture).	Efficace nella mitigazione dell'inquinamento acustico atmosferico.	Sensibile alla grafiosi.

Arboree, sempreverdi

SPECIE	CARATT. SUOLO	CARATT. ECOLOGICHE	VANTAGGI	NOTE
Cedrus atlantica	Adattabile a suoli di tessitura diversa, ma senza ristagno d'acqua.	Specie a carattere relativamente temperato. L'eliofilia aumenta con l'età.	Specie molto longeva. Efficiente nella mitigazione dell'inquinamento acustico e atmosferico.	
Cedrus libani	Terreni sabbiosi, poveri, leggermente acidi, ma cresce senza problemi in qualsiasi terreno, anche basico e argilloso.	In natura cresce lungo pendii calcarei esposti a settentrione, nel piano montano.	Efficiente nella mitigazione dell'inquinamento acustico e atmosferico.	
Pinus halepensis	Si adatta bene a tutti i terreni, anche aridi e calcarei, ma non umidi.	Specie mediterranea pioniera termofila,	Efficiente nella cattura delle polveri. Basso grado di allergenicità.	
Pinus pinea	Si adatta a vari terreni esclusi quelli troppo umidi o con ristagni idrici; resiste a dosi elevate di calcare soltanto su sabbia.	Specie eliofila, termofila e xerofila	Efficiente nella cattura delle polveri.	Non idonea per le alberature stradali a causa delle radici. Produce terpeni che possono favorire la produzione di ozono.
Quercus ilex	Preferisce terreni alcalini aridi nel periodo estivo, ma si adatta anche a suoli acidi relativamente umidi.	Specie mediterranea longeva adattata a suoli poveri e resistente alla siccità estiva.	Efficace funzione fonoassorbente. Specie longeva.	
Quercus suber	Suoli acidi e sabbiosi	Specie mediterranea adattata alla siccità estiva.	Basso potenziale di formazione dell'ozono. Specie longeva.	

Arbusti

Cistus salvifolius	Suoli sciolti, acidi.	Specie mediterranea resistente alla siccità estiva	Buona funzionalità tecnica, consigliate per interventi di ingegneria naturalistica.	
Crataegus monogyna	Cresce su suoli variabili come ph e tessitura, ma preferisce terreni a chimismo basico.	Relativamente resistente alla siccità.	Specie a basso potenziale di formazione dell'ozono. Buona funzionalità tecnica, consigliate per interventi di ingegneria naturalistica. Si riproduce facilmente.	
Cytisus scoparius	Suoli acidi sciolti e sabbiosi.	Specie ricolonizzatrice calcifuga.	Buona funzionalità naturalistica.	
Cytisus villosus	Substrato silicei e aridi con pH acido.	Specie mediterranea adattata alla siccità estiva.	Buona funzionalità naturalistica.	
Erica multiflora	Suoli basici.	Specie eliofila mediterranea resistente alla siccità estiva.	Buona funzionalità naturalistica. Consigliate per interventi di recupero ambientale.	
Pistacia lentiscus	Si adatta a suoli pionieri.	Specie eliofila mediterranea resistente alla siccità estiva.	Buona funzionalità naturalistica. Consigliate per interventi di recupero ambientale.	
Prunus spinosa	Terreni ricchi di sali e di humus.	Specie eliofila che partecipa ai processi di riforestazione naturale.	Buona funzionalità naturalistica. Consigliate per interventi di recupero ambientale. Si riproduce facilmente.	
Rosa canina	Suoli variabili come tessitura, ma fertili e mai molto aridi, con ph da basico a leggermente acido.	Specie eliofila relativamente resistente alla siccità	Buona funzionalità naturalistica. Consigliate per interventi di recupero ambientale.	Valore ornamentale. Ottimo portainnesti per cultivar di pregio estetico.

Rosa sempervirens	Suoli poveri	Specie mediterranea che penetra nella fascia delle querce caducifoglie.	Ambiti termofili si presta all'uso su suoli poveri e sabbiosi. Buona funzionalità tecnica, consigliate per interventi di ingegneria naturalistica. Si riproduce facilmente.	
Rosmarinus officinalis	Suoli sabbiosi calcarei	Specie mediterranea a carattere pioniero resistente alla siccità	Buona funzionalità naturalistica. Consigliate per interventi di recupero ambientale.	
Viburnum tinus	Suoli aridi e ben drenati; si presta all'uso su suoli poveri e sabbiosi	Specie tipica della macchia e dei boschi sempreverdi mediterranei	Funzione fonoassorbente e di mitigazione dell'inquinamento atmosferico	

Tab.3 Specie arboree, arbustive ed erbacee e grado di allergenicità del polline
(Elaborazione ISPRA su dati ARPA EMR – Servizio IdroMeteoClima)

Famiglia	Genere/Specie	Grado allergenicità polline
Aceracee	<i>Acer campestre</i> L. (Acer campestre) <i>Acer platanoides</i> L. (Acer riccio) <i>Acer pseudoplatanus</i> L. (Acer di monte) <i>Acer monspessulanum</i> L. (Acer minore) <i>Acer opalus</i> Muller (Acer italico) <i>Acer negundo</i> L. (Acer americano)	basso
Amarantacee	<i>Amarantus retroflexus</i> L. (Amaranto)	da basso a moderato
Betulacee		
Chenopodiacee	<i>Chenopodium album</i> L. (Farinaccio bianco)	da basso a moderato
Composite (Asteraceae)	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. (Ambrosia)	elevato
	<i>Artemisia vulgaris</i> L. (Artemisia o Assenzio selvatico)	da alto a elevato
	<i>Taraxacum officinale</i> Weber (Tarassaco) <i>Matricaria chamomilla</i> L. (Camomilla comune) <i>Helianthus annuus</i> L. (Girasole)	basso
Corilacee	<i>Corylus avellana</i> L. (Nocciolo)	elevato
	<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop. (Carpino nero)	moderato
	<i>Carpinus betulus</i> L. (Carpino bianco)	
Cupressacee	<i>Cupressus sempervirens</i> L. (Cipresso) <i>Juniperus communis</i> L. (Ginepro) <i>Thuja orientalis</i> L. (Tuia orientale) <i>Thuja occidentalis</i> L. (Tuia occidentale)	da alto a elevato
Fagacee	<i>Quercus robur</i> L. (Farnia)	basso
	<i>Quercus pubescens</i> Willd. (Roverella)	
	<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl (Rovere)	
	<i>Quercus ilex</i> L. (Leccio)	moderato
<i>Fagus sylvatica</i> L. (Faggio)		
	<i>Castanea sativa</i> Miller (Castagno)	


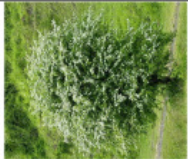
Graminacee	<i>Avena fatua</i> L.(Avena selvatica)	basso
	<i>Phragmites communis</i> Trin. (Canna comune)	
	<i>Hordeum marinum</i> L. (Orzo selvatico)	moderato
	<i>Holcus lanatus</i> L. (Bambagiona)	da moderato ad alto
	<i>Setaria glauca</i> L. (Pabbio rossastro)	
	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L. (Paleo odoroso)	
	<i>Bromus scoparius</i> L. (Forasacco dei campi)	da moderato ad elevato
	<i>Alopecurus pratensis</i> L. (Coda di volpe)	da alto a elevato
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. (Gramignia o erba canina)	elevato
<i>Dactylis glomerata</i> L. (Erba mazzolina) <i>Festuca calva</i> (Hack.) K. Richt. (Festuca pungente)		
<i>Lolium</i> sp. (Loglio)		
<i>Phleum pratense</i> L. (Coda di topo) <i>Poa pratensis</i> L. (Erba fienarola) <i>Zea mais</i> L. (Granturco)		
Oleacee	<i>Fraxinus excelsior</i> L. (Frassino maggiore)	da moderato ad elevato
	<i>Fraxinus ornus</i> L. (Omliello)	elevato
	<i>Olea europea</i> L. (Olivo)	
Pinacee	Pinoideae: <i>Pinus</i> spp. (Pino)	basso
	Laricoideae: <i>Larix</i> spp. e <i>Cedrus</i> spp. (Larice e Cedro)	
	Abietoideae: <i>Picea abies</i> L.(Abete rosso) e	
	<i>Abies alba</i> Mill.(Abete bianco)	
Plantaginacee	<i>Plantago lanceolata</i> L. (Piantaggine minore)	basso
	<i>Plantago major</i> L.(Piantaggine maggiore)	
Platanacee	<i>Platanus hybrida</i> Brot. = <i>acerifolia</i> = <i>hyspanica</i> (Platano comune)	basso
Poligonacee	<i>Rumex</i> spp.(Romice)	basso
	<i>Polygonum</i> spp.	
Salicacee	<i>Populus nigra</i> L. (Pioppo nero)	da basso a moderato
	<i>Populus alba</i> L. (Pioppo bianco)	basso
	<i>Salix alba</i> L. (Salice bianco)	
Taxacee	<i>Taxus baccata</i> L. (Tasso)	basso
Ulmacee	<i>Ulmus minor</i> M. (Olmo minore)	basso
	<i>Celtis australis</i> L. (Bagolaro)	
	<i>Zelkova carpinifolia</i> (Pall.) K. Koch (Olmo del Caucaso)	
Urticacee	<i>Urtica</i> spp. (Ortica)	basso
	<i>Parietaria</i> spp. (Erba muraiola)	elevato

TABELLA 4 Rielaborazione da progetto VIVAM- <https://www.vivam.it/il-progetto/>

Specie (*)	Foto	Informazioni specifiche	Sequestro di CO2 per anno	Emissione di VOC per anno	Ossigeno per anno	Assorbimenti di inquinanti gassosi per anno	Riduzione ru-sciammento superficiale all'anno	CAPACITÀ DI MITIGAZIONE
<i>Acer campestre</i>		Quantità di luce media Poca acqua Bassa allergenicità Specie mellifera	83 Kg/CO2	Emette 145 g di VOC all'anno, in particolare monoterpeni	60Kg	14 g di PM2.5 •106 g NO2 •20 g SO2 •335 g O3	0.2 m3	Buona in ambiente urbano e suburbano
<i>Acer monspessulanum</i>		Quantità di luce media Poca acqua Bassa allergenicità Specie mellifera	83 Kg/CO2	Emette 145 g di VOC all'anno, in particolare monoterpeni	60Kg	7 g di PM2.5 •59 g NO2 •23 g SO2 •397 g O3	0.3 m3	Buona in ambiente urbano e suburbano
<i>Alnus glutinosa</i>		Quantità di luce media molta acqua Alta allergenicità	82 Kg/CO2	Emette 1 g di COV all'anno, in particolare isoprene	60Kg	•5 g di PM2.5 •42 g NO2 •17 g SO2 •294 g O3	0.2 m3	Buona in ambiente urbano e suburbano
<i>Cercis siliquastrum</i>		Quantità di luce bassa Poca acqua Bassa allergenicità Specie mellifera	81,5 kg/ CO2	Emette 7,5 g di COV all'anno, in particolare isoprene	59,2Kg	• 11 g di PM2.5 • 84 g NO2 • 16 g SO2 • 248 g O3	0.2 m3	Buona in ambiente urbano e suburbano (limitare in aree con livelli atmosferici medio alti di NO2)
<i>Celtis australis</i>		Quantità di luce alta Poca acqua Bassa allergenicità	81kg/ CO2	Emette 25,3 g di COV all'anno, in particolare monoterpeni	59 Kg	•22 g di PM2.5 •164 g NO2 •30 g SO2 •483 g O3	0.4 m3	Buona in ambiente urbano e suburbano

TABELLA 4 Rielaborazione da progetto VIVAM- <https://www.vivam.it/il-progetto/>

<i>Fraxinus ornus</i>		Quantità di luce media Acqua Media Media allergenicità	68,3kg/ CO2	Emette 9,4 g di COV all'anno, in particolare monoterpene	49,6 Kg	<ul style="list-style-type: none"> • 13 g di PM2.5 • 95 g NO2 • 18 g SO2 • 280 g O3 	0,2 m3	Buona in ambiente urbano e suburbano
<i>Populus alba</i>		Quantità di luce alta Acqua Media Media allergenicità	88 kg/ CO2	Emette 1873 g di VOC all'anno, in particolare isoprene	47 kg	<ul style="list-style-type: none"> • 7 g di PM2.5 • 89 g NO2 • 14 g SO2 • 374 g O3 	0,2 m3	Buona in ambiente urbano e suburbano (limitare in aree con livelli atmosferici medio alti di NO2)
<i>Prunus avium</i>		Quantità di luce alta Molta acqua Bassa allergenicità Specie mellifera	76Kg/Co2	Emette 21 g di VOC all'anno, in particolare monoterpene	69Kg	<ul style="list-style-type: none"> • 5 g di PM2.5 • 58 g NO2 • 9 g SO2 • 245 g O3 	0,2 m3	Buona in ambiente urbano e suburbano
<i>Quercus cerris</i>		Quantità di luce media Media acqua Media allergenicità	44Kg/Co2	Emette 3205 g di VOC all'anno, in particolare monoterpene	69Kg	<ul style="list-style-type: none"> • 9 g di PM2.5 • 113 g NO2 • 18 g SO2 • 476 g O3 	0,3 m3	Buona in ambiente urbano e suburbano (limitare in aree con livelli atmosferici medio alti di NO2)
<i>Quercus pubescens</i>		Quantità di luce media Media acqua Bassa allergenicità	92Kg/Co2	Emette 3237 g di COV all'anno, in particolare isoprene e monoterpene	69Kg	<ul style="list-style-type: none"> • 8 g di PM2.5 • 108 g NO2 • 18 g SO2 • 456 g O3 	0,3 m3	Buona in ambiente urbano e suburbano (limitare in aree con livelli atmosferici medio alti di NO2)
<i>Salix alba</i>		Quantità di luce media Molta acqua Bassa allergenicità Specie mellifera	70Kg/CO2	Emette 942 g di VOC all'anno, in particolare isoprene	59Kg	<ul style="list-style-type: none"> • 6 g di PM2.5 • 76 g NO2 • 12 g SO2 • 320 g O3 	0,2 m3	Buona in ambiente urbano e suburbano (limitare in aree con livelli atmosferici medio alti di NO2)

<i>Tilia platyphyllos</i>		Quantità di luce media Poca acqua Media allergenicità Specie mellifera	68Kg/CO2	Emette COV in quantità molto basse	38Kg	7 g di PM2.5 •93 g NO2 •15 g SO2 •390 g O3	0,3 m3	Buona in ambiente urbano e suburbano (Possibile allergenicità)
<i>Crataegus monogyna</i>		Quantità di luce bassa Molta acqua Bassa allergenicità Specie mellifera	79Kg/CO2	Emette 15 g di COV all'anno, in particolare monoterpeni	57 Kg	• 4 g di PM2.5 • 30 g NO2 • 5,5 g SO2 • 87 g O3	0,1 m3	Buona in ambiente urbano e suburbano

(*) Diametro del tronco all'altezza del petto di 130 cm (DBH) di 30 cm.

INTRODUCTION

The catalog of nature-based solutions (NBS) is based on urban typologies and classification in relation to the territory of the Middle Adriatic city, an object of the Life + A_GreeNet Project. These NBS, which will have to be implemented in planning tools and urban projects, have been identified through a review of databases and collections starting from the practices selected in DA 1.1.1 (Life SOS 4 Life, Life Metro Adapt, Horizon 2020 Urban Green Up, Life Heatland) and other repertoires included in European projects such as: Life Lugo + Biodinámico; Horizon 2020 Grow Green, the Natural Water Retention Measures (NWRM) catalog, as well as several reports, manuals, such as Ciria SuDS Manual, Susdrain and various scientific publications.

The 35 identified solutions are grouped into 4 families: Streets and outdoor spaces; Natural / semi-natural and anthropogenic green areas; Soil; Buildings and neighboring areas. Every sheet presents a representation of the positive effects on the environment, health, and quality of life of the given NBS; the feasibility and the technical aspects, the costs, the type of maintenance, and the indicators that can measure the effects over time, insights and best practices, the possible combination with other NBS. A toolbox will allow you to select the NBS using keywords. Finally, the last part is dedicated to the first selection of tree species that can be used in the implementation of NBS taking into account the environmental and health impact that they can cause or suffer, according to their physiological and morphological characteristics and their ability to interact with the urban environment.

PART I. THE REFERENCE FRAMEWORK

1. Nature Based Solutions (NBS) in the international and European framework

Most of the NBS definitions agree on the opportunity to use nature to create sustainable socio-ecological systems, capable of promoting human well-being at a local, regional or global level through solutions that are technically alternatives to “gray” solutions because they use, are inspired by, or imitate natural elements to respond to a purely functional need. These solutions are characterized by the possibility of being aggregated into multifunctional systems capable of generating significant added values higher than the simple sum of the individual solutions.

Regarding the European Union policies, the reference to NBS is underlined both in the Biodiversity Strategy for 2030, published in 2020, and in the new Strategy on adaptation to climate change, of February 2021. Both are integral parts of the Green Deal European Union, presented in December 2019, which proposes a roadmap to make the EU economy sustainable and to reach the goal of climate neutrality by 2050.

The European strategy for adaptation to climate change has highlighted the transversality of NBS to support adaptation strategies at all levels of governance, in fact, they play a key role in the new EU forestry strategy, in the general framework directive on water and in the European zero-pollution action plan for air, water, and soil, in the new European economy. Furthermore, the NBS also contribute to the objectives established in the strategy for the bioeconomy, for the circular economy, and in the "Fit for 55" package on the transformation of the European economy and society.

NBS projects and plans are beginning to be disseminated on the international and European scene and begin to find application at different levels.

2. NBS for climate change adaptation, risk reduction, well-being, and quality of life in urban and peri-urban areas

Although initially the "nature-based" approach was mainly linked to agriculture and water management issues (Potschin et al., 2014), starting from 2014 the NBS have become a tool for making EU cities more resilient to climate change, while providing health and quality of life benefits. Remodeled with this meaning, NBS began to be seen as a concept that can help the "transition towards urban sustainability" (Frantzeskaki and Rok, 2018).

On the urban scale, NBS are characterized by their multifunctionality, i.e., the ability to produce multiple advantages at the same time, including environmental, socio-cultural, and economic advantages (Raymond et al., 2017; Calliari et al., 2019).

The implementation of NBS for resilient European cities implies maintaining, restoring, and creating new urban parks and forests, improving urban water management, and greening buildings. The scale of urban NBS varies: from single ones on the small building scale or urban roads, up to involving large-scale systemic implementations, including peri-urban areas, at the territorial scale.

3. Advantages, disadvantages, and limitations of urban NBS for climate change adaptation, risk reduction, and the health of urban populations

Main Benefits

Urban NBS offer multiple advantages in addressing air quality, health and well-being of city dwellers, they are effective for carbon sequestration, energy saving, but also for local food production, biodiversity and improvement of the quality and quantity of water resources.

- a. biodiversity

Urban NBS significantly improve the biodiversity of the urban environment compared to conventional infrastructures (Baldock et al., 2015; Filazzola et al., 2019). However, this requires space for nature.

b. water management

NBS for water management can generate significant benefits for water quality and water supply by increasing the amount of surface water supply, recharging groundwater, removing pollutants from urban areas, and reducing impacts combined on sewers (Prudencio and Null, 2018). The implementation of a suite of sustainable urban drainage measures (e.g., combination of rain gardens, bioswales, and street trees) can also significantly contribute to the restoration of regular water flow by reducing risks.

c. regulation of temperatures and air quality

The natural way that aims to reduce CO₂ in the atmosphere through NBS acts in at least three ways: limiting deforestation, restoring ecosystems, and making land management more effective. To ensure long-term resilience, projects involving nature-based solutions should adhere to four basic principles: nature-based solutions are not an alternative to decarbonization; they must involve a wide range of ecosystems; they should be designed in collaboration with local communities and ultimately must support biodiversity, from the gene level to the ecosystem (Giraldin et al. 2021).

d. air quality and health

Air quality and human health are positively affected by plants, and especially trees, which contribute to the removal of pollutants (e.g. ozone, fine particles, nitrogen oxides, and sulfur dioxide) (Nowak et al., 2014; Calfapietra, 2020).

Physical and mental health and well-being can be considerably enhanced by access to green and blue spaces (Calfapietra, 2020); access to urban parks and forests has positive benefits for physical and mental health (Chiesura, 2004). The Covid-19 lockdown underlined the vital importance of local parks, pocket parks, and urban forests as essential elements for people's quality of life (Kleinschroth and Kowarik, 2020) and as an infrastructure that promotes the resilience of cities and communities in a time of crisis (Venter et al., 2020). Furthermore, documented evidence suggests that access to vegetation and nature has a mitigating effect on crime.

In cities, the built and natural environment are important determinants of health, in particular for the fragile population and for groups disadvantaged by social and economic conditions (WHO, 2012). NBS also plays an important role in influencing the level of general health, obesity, birth weight, behavioral development of the child, but also the prevalence of mental health conditions in all ages (Lovell et al., 2018; Dzhambov, et al. 2018); it is also scientifically proven that contact with nature can support a reduction in the prevalence of cardiovascular, musculoskeletal, respiratory and other diseases, especially among groups with greater access to green space and low socioeconomic status (Sandifer et al., 2015), etc.

The benefits and opportunities obtainable by using NBS to address global and societal challenges have never been more relevant, important, or urgently needed (Wild et al., 2020) for a resilient recovery from COVID-19. Today we have the opportunity to "rebuild better" and significantly increase investment in urban NBS.

Possible disadvantages and limitations

NBS can, however, provide disservices if not well designed, planned or adequately maintained; for example, some plant species could increase emissions of volatile organic compounds and pollen (Calfapietra, 2020); the prevalence of low and dense vegetation can create environmental hazards (Kondo et al., 2015); the use of irrigation water for urban green spaces could exert additional pressure on the water supply of cities during drought (Fam et al., 2008).

4. The different types of "Urban" NBS

Urban parks and forests

They are recognized for their ability to reduce air and surface temperatures. This ability emerges from numerous scientific researches that have ascertained, for example, that trees contribute to improving the microclimate by providing shade, reducing the air temperature, reducing the effects of the heat island, modifying the microclimate and reducing wind speed (Roy et al., 2012; Calfapietra, 2020).

Trees along roads and squares can help reduce runoff during events characterized by heavy rainfall, although the extent of this benefit depends on the density, size, and composition of the species; a tree can intercept up to 6.7 m³ of water per year (Berland and Hopton, 2014).

Nature-based solutions for urban water management

NBS for addressing water management within cities include river renovations, bioswales, retention and holding basins, wetlands, rain gardens, permeable floors, riparian vegetation belts, and green roofs.

Removal of excess asphalt and concrete in private and public urban spaces can offer good opportunities to implement NbS, including reopening canalized waterways and restoring riverbanks. Furthermore, water, in a logic of interventions that offer solutions to multiple problems, also provides benefits for cooling cities and increases biodiversity, constituting the ideal habitat for some species. The NBS for water management aims to control the volumes of surface runoff and their timing thus reducing the risk of flooding during particularly intense rain events (Vojinovic, 2020).

Greening of the building envelope

Without compromising the need for space in dense urban areas, these types of interventions (for example green roofs, green walls, or facades) can provide effective local benefits in terms of water and heat management. In fact, green roofs can retain greater quantities of water than conventional roofs and delay the flow of water (Oberndorfer et al., 2007; Pataki et al., 2011). A short duration (e.g. 30 min) heavy rain event can also be completely held back by a dry green roof (Richter and Dickhaut, 2018) which in general can reduce the runoff volume by up to 70% (Ruangpan et al., 2020). In terms of heat management, vegetated roofs are effective in reducing air temperature, improving thermal comfort inside buildings, and reducing energy demand (EEA, 2020e). Green roofs and facades reduce the energy demand for air conditioning by up to 40-60% in a Mediterranean climate (Alexandri and Jones, 2008; Mazzali et al., 2012) and can cool the surrounding streets between 0.03 °C and 3 °C (Francis and Jensen, 2017).

5. The implementation of NBS in plans and projects

At the urban scale the following steps should be taken:

- a. portray the current situation in relation to the supply and demand of NBS, in order to identify urban areas characterized by low performance or by criticalities;
- b. develop scenarios associated with the implementation of NBS on the basis of catalogs;

The implementation of NBS at this point should be part of plans and projects that will necessarily have to overcome the zoning approaches and the segregation of land uses in order to move towards a performance approach, based on criteria that describe the desired purposes and the methods for measuring acceptable impact limits (Baker et al. 2006). Performance-based planning approaches are suitable for promoting NBS implementation as they use standards and establish acceptable environmental performance (Frew et al. 2016).

Some pioneering experiences have already undertaken this path, for example, Vienna with the CE Project (Central Europe) project "Urban Heat Islands - Development and application of mitigation and adaptation strategies and measures for counteracting the global Urban Heat Islands phenomenon", which has experimented

an unprecedented methodology that integrates urban planning, ecological and socio-economic approaches, using various types of measures such as information and planning tools, technical or structural means.

The catalog contains about 370 solutions and highlights many measures that can be classified as NBS. The classified and summarized measures were assessed in relation to their impact, relevance, and implementation on the basis of several categories.

There are other ongoing experiences, the Horizon “Connetting Nature” project network and the “Nature4Cities” project, that are also considered as relevant references.



PART II. THE NBS FOR THE CITY OF THE MIDDLE ADRIATIC

1. Classification of Middle Adriatic city's territory and contents of the NBS "type" sheet

The Life + A_GreeNet project based on some experiences selected in DA.1.1.1 made a first selection of Nature Based Solutions for the Middle Adriatic City, to guide the choice of the most suitable solutions for this local context, in order to offer a catalog of coherent solutions to combat climate change at different intervention scales to the administrations and all the actors involved in the decision-making processes.

This repertoire is conceived as a work in progress that will be constantly expanded and updated as the knowledge of the study area and the pilot projects enter the operational phases.

In this first preparatory phase of the project, a first classification of the territory was made with reference to the main territorial and landscape morphologies characterizing the city of the middle Adriatic:

- a. Dry plain;
- b. Fluvial plain;
- c. Coastal hill.

and the different densities of the settlements present in it:

- a. Dense urban fabric;
- b. Medium dense urban fabric;
- c. Sparse fabric;
- d. Peri-urban fabrics.

This first classification allowed an initial first distribution of possible NBS solutions concerning the main organization categories of the settlement system:

- a. Streets and outdoor spaces;
- b. Green areas;
- c. Soil;
- d. Buildings and neighboring areas.

The goal is to develop an urban planning and urban design strategy capable of selecting the most effective integrated NBSs.

Some reference NBSs have been attributed to each urban system's category: since these solutions are multifunctional, capable of providing multiple benefits, they will be able to go beyond climate change adaptation, as they will also offer performance in terms of environmental quality, human health, comfort, urban regeneration, habitability and biodiversity.

The use of the categories is aimed at facilitating the understanding by technicians and administrators.

The next paragraph reports the list of components and NBS categories:

Each NBS is described with a dedicated tree pages sheet, identified by an alpha-numeric code that is related to the urban category and the NBS component.

2. NBS repertory

A. Streets and outdoor spaces

Code

Water squares	A01
Rain gardens	A02
Pocket gardens	A03
Filter strips	A04
Bioswales	A05

Infiltration trenches	A06
Tree box filter	A07
Gardens with trees	A08
Fountains and water games	A09
Tree-lined streets	A10
Micro-forestation: Pergolas and green shady structures	A11
Micro-forestation: Green urban furniture	A12
Green boundary	A13
Hard drainage pavements	A14
Permeable pavements	A15
Cool Pavement	A16
Green parking lots	A17
Mineral permeable parking lots	A18
Green cycle and pedestrian streets	A19

B. Green areas

Natural / semi-natural green areas (VN)

Code

Reopening of waterways	BVN01
Renaturalization of minor waterways	BVN02
Buffer zones along water courses	BVN03
Ponds and Wetlands	BVN04
Urban forests	BVN05
Meadows	BVN06

Anthropogenic green areas (VA)

Bioretention water basin	BVA01
Detention ponds and floodable parks	BVA02
Green escarpments and retaining walls	BVA03

C. Soil

Code

Desealing	C01
Structural soils and modular structures	C02

D. Buildings and neighboring areas

Code

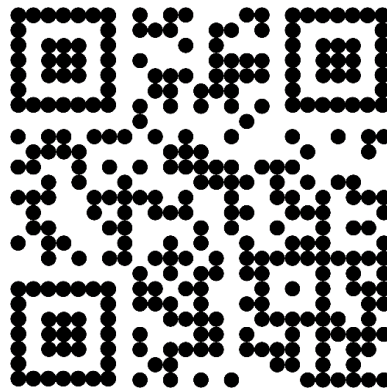
Green roofs	D01
Green facades	D02
Leaking pools	D03
Green courtyards	D04

3. Toolbox "A_GreeNet NBS"

In order to make the catalog effectively usable and to simplify the possibilities of investigation of the proposed solutions, an interactive database was created. The database was built using an online service called Airtable and it is reachable at the webpage: <https://airtable.com>.

A database is, by definition, a tool that associates information of a different nature, making otherwise implicit connections "visible". There are several reasons why this tool was used:

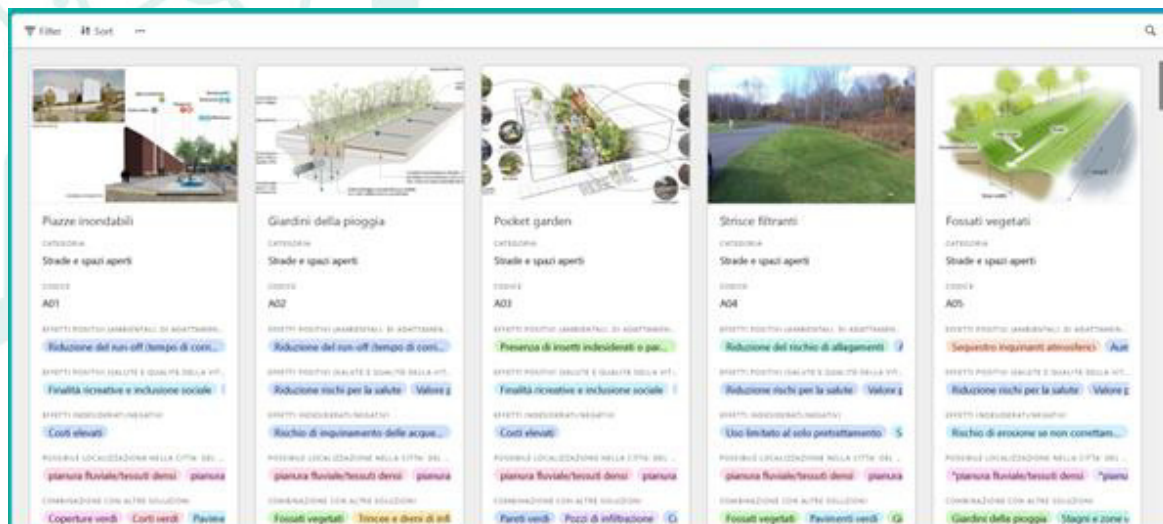
The database contains all the information cataloged on NBS solutions and can be reached at <https://bit.ly/3uBmcFa> or by scanning the following QR code:



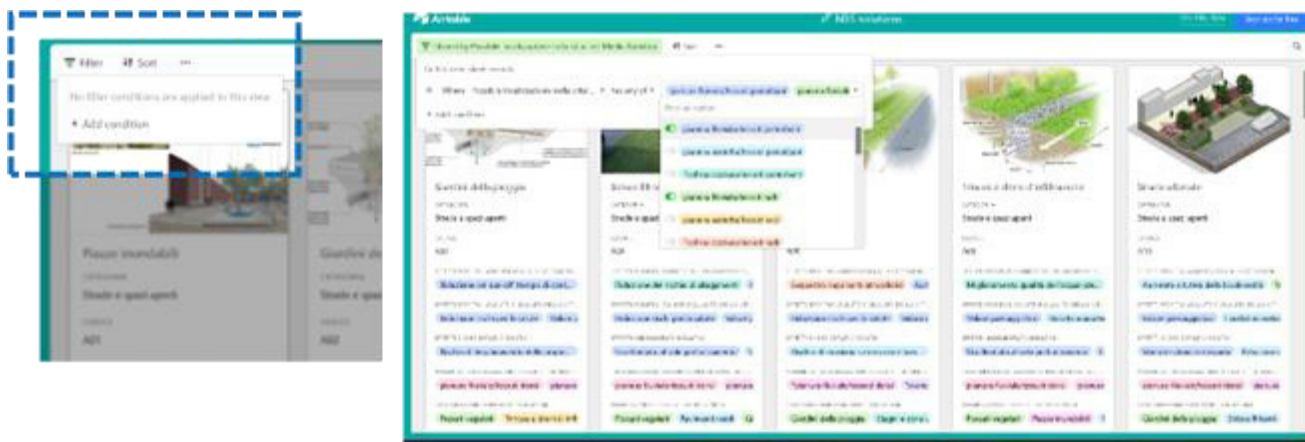
QRcode NBS database

Access to the database can be performed without any kind of login operation on the airtable.com site which manages the user's privacy and saves (locally) the necessary data cookies. The database can also be consulted through a dedicated application on mobile devices (Android or iOS), but it is always advisable to access it via a browser by setting the desktop view which guarantees the most complete view.

The preset view is divided into summary boxes that show only some relevant data for an overall view of the cards; by operating on any box, a pop-up page will be shown in order to read the hidden contents and view the PDF file of the selected card.



Preset desktop view of the database



Extended display of the card's contents

There are two possibilities to search in this tool:

- Search for data visible on the screen;
- Search using a filter field.

Depending on your needs, it may be more appropriate to use the first search method, the second or a combination of the two to highlight the results correctly. Finally, it is always possible to arrange these according to an alphabetical order of one or more fields using the Sort command present at the top left.

4. First indications for the tree species selection

In urban areas, a large amount of energy is consumed and large amounts of CO₂ are released. Urban forests absorb carbon dioxide (CO₂) and fix carbon in their tissues; improve air quality by removing pollutants from the atmosphere such as: ozone (O₃), nitrogen dioxide (NO₂), carbon monoxide (CO), sulfur dioxide (SO₂) and particulate (PM₁₀, PM_{2.5}).

Trees also influence the microclimate of inhabited areas, reducing wind speed, they prevent excessive cooling during the winter, while in summer, through evapotranspiration and shading, they contribute to the temperature decrease and to the reduction of heat island effect. This leads to energy savings in both winter and summer.

In particular, to reduce the negative effects of the heat island, the correct design of the green area plays a decisive role. Other positive effects concern thermal comfort, air quality, mood and physical activity, and the reduction of stress.

Trees also bring other types of benefits: the reduction of noise, the reduction of runoff and soil erosion, water purification and soil consolidation, among others, benefits that have an economic nature.

Selection of the species in relation to carbon fixation

A fundamental aspect for the fixation of carbon in an urban environment is the choice of tree species that are suitable for carrying out this function as well as suitable for the environmental conditions of the site where they will be planted. Specifically, to maximize carbon fixation, the following criteria must be adopted:

- favor fast-growing and species that have long lives;
- favor species that reach large dimensions;
- favor species that are resistant to diseases and, in the urban environment, to pollution;
- favoring species capable of reproducing and therefore economically renewing the established formation or expanding autonomously in areas adjacent to the plant;
- favor fast-growing species in areas with soils that are rich in detritus;

- f. choose different species, but with the same management needs (irrigation, pruning, fertilization, etc.). In particular, favor those species with low maintenance needs and which require minimal pruning;
- g. preserve the carbon sequestered in the soil by reducing disturbances to the roots: the quantity of carbon stored in the soil is in fact higher than the one present in the vegetation (3 times higher) therefore even minimal alterations can significantly affect the capacity of the forested area to sequester carbon;
- h. carry out forestry interventions on areas as large as possible, in order to plant a greater number of plants.

Some species to be used to maximize CO2 sequestration are:

- a. poplars (indigenous ones, eg *Populus alba*), thanks to the rapid growth. However, they require a large amount of water (therefore it is advisable to use them near water courses);
- b. white willow (*S. alba*), a fast-growing species suitable for planting near watercourses. However, it can cause allergies;
- c. lime trees (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. x vulgaris*), generally large and long-lived species. Above all, the local lime tree (*T. platyphyllos*) is widely used in road trees, as besides being aesthetically pleasing, it has very fragrant flowers;
- d. maples (*Acer campestre*, *Acer monspessulanus* and *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*), for their speed of growth. *A. campestre* and *A. monspessulanus* are rustic and adapted to local conditions and also for interventions in pioneer and degraded conditions;
- e. Turkey oak (*Quercus cerris*), a long-lived and fast-growing species;
- f. Lawson's cypress (*Chamaecyparis lawsoniana*), a species introduced from the United States, widely used for experimental forestation, tolerant to pollution and suitable for retaining dust;
- g. among the small bushes, the hawthorn (*Crataegus monogyna*), as well as having a fairly rapid growth, it is a resistant species that requires little maintenance. However, it must be taken into account that it is a shrub with thorns. In addition, it can be a vehicle for the spread of fire blight (caused by *Erwinia amylovora*), an infection that affects Rosaceae (including various fruit trees). Its use should therefore be limited if near orchards (in some northern regions it is forbidden to plant new individuals).

Selection of the species in relation to the reduction of atmospheric pollutants

With reference to the abatement of atmospheric pollution, several peculiarities make some species more effective than others. One of these is represented by the morpho-anatomical characteristics of the leaves: the surface, the size and the shape of leaves and foliage, the density and morphology of stomata, thickness and structure of the cuticle, persistence, etc. Furthermore, in relation to particulates, the greater / lesser capture capacity is linked to the roughness of the leaf surface and to the presence of waxy coatings, hairs and other epicuticular structures of the leaf. The studies carried out show that on average trees are more efficient in capturing dust than shrubs, given their greater leaf surface available and the structure of the more articulated and complex canopy.

For the success of the forestation intervention, it is necessary that the species are first of all appropriate to the environment that characterizes the planting site; among these, those with the most suitable characteristics for interception and/or absorption of pollutants will then be identified. Specifically, recommendations should be followed if possible.

In particular:

- a. always prefer native plant species that are well adapted to the climate and environment in question;
- b. favor tree species with large and tall foliage, preferably characterized by a dense branching system;
- c. favor long-lived species, so as to ensure the effectiveness of the green barrier for a long time, or varieties that are resistant to diseases and air pollution in cities;
- d. choose species with low maintenance requirements;
- e. favor, as far as possible, evergreen species, while maintaining a certain variety;
- f. prefer species with leaves with trichomes, waxes, resins, and with rough, irregularly shaped surfaces;

- g. evaluate if the species can emit Volatile Organic Compounds (VOCs), which especially in the presence of high concentrations of nitrogen oxides (NO_x), can induce an increase in the concentration of tropospheric ozone and so-called SOA (secondary organic aerosols). It is therefore necessary to favor low VOC emitting species such as maple, hawthorn and lime trees;
- h. in the vicinity of roads, and buildings, the species less subject to collapses should be favored;
- i. in the creation of green strips, it is also appropriate to remember the importance of assessing the direction and intensity of the winds;
- l. in afforestation it is also important that individuals are placed appropriately, according to the goal to be achieved;
- m. it is then necessary to evaluate, the dimensions that the different species (trees and shrubs) will assume.

Some species are therefore more suitable than others for these interventions, since their morpho-functional characteristics make them more efficient in breaking down atmospheric pollutants and noise, including:

- a. maples (*Acer campestre* and *A. platanoides*), particularly resistant to atmospheric pollutants;
- b. some species of oaks (*Quercus cerris*, *Q. ilex*, *Q. robur*, *Q. frainetto*, *Q. pubescens*), which represent long-lived trees, large in size and with generally dense foliage;
- c. elms (*Ulmus minor* and *U. montana*), long-lived, tall trees with dense and wide foliage, suitable for the mitigation of both acoustic and atmospheric pollution;
- d. lime trees (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. x vulgaris*), which in addition to being generally large and long-lived, have dense foliage and are suitable for both the mitigation of atmospheric and acoustic pollution;
- e. hackberry (*Celtis australis*), a long-lived, large species, very common for trees and urban green areas, thanks to its adaptability and resistance to pollution and its thick and large foliage that generates shade;
- f. various conifers, for the aforementioned reasons (evergreen individuals, greater leaf surface, etc.). Conifers, however, despite being efficient in mitigating both atmospheric and acoustic pollution thanks to their complex and thick foliage, are species that can suffer high levels of pollution and therefore should not be located in environmental contexts with strong anthropogenic emissions;
- g. among the most common shrubs we find the arboreal heather (*Erica arborea*) and the viburnum (*Viburnum tinus*), both evergreen, appropriate both for their sound-absorbing function and for the abatement of airborne pollutants.

Table n°2 refers to the various species recommended for the Life + A_GreeNet project (Tab.2)

Allergenicity of species of common interest

The pollens present in the atmosphere represent the male element (male gametophyte) for the reproduction of seed plants. The pollen grain is characterized by a protective layer consisting of two levels: an external one (the exine) and an internal one (the intina). When the pollen is ripe it is released for pollination and can reach the female part of the flower carried by the wind (anemophilic plants) or through insects (entomophilic plants), water, birds, and other animals.

Pollen that can cause allergies, in general, must have certain characteristics:

- a. Belong to anemophilous plants;
- b. Contain allergenic components that stimulate the immune system of the allergic subject genetically predisposed to produce specific antibodies;
- c. Be produced in large quantities from plants widespread in the area and be small and light to be carried by the wind over great distances.

The concentration of the various types of pollen in the atmosphere depends above all on the presence and diffusion of plants in the area, as well as on some environmental parameters such as wind, humidity, temperature and atmospheric turbulence. Climate change also affects pollen: the increase in temperatures is associated with lengthening and anticipation of the pollen season, the distribution and settlement of pest species and contributes, with high concentrations of CO₂, to the increase in pollen production. Tab. 3 summarizes the knowledge regarding allergenicity of the most common species of interest. The degree of

pollen allergenicity may vary according to the climatic conditions of the area in which pollen diffusion occurs. Furthermore, the greater presence in urban areas, compared to rural ones, of atmospheric pollutants that are deposited on the pollen and are transported together with it, can increase the allergenic power of pollen and the sensitization of the population to pollen.

The quantification of the benefits produced by urban trees and forests

The CNR and the IPSP used the I-Tree software (USDA, www.itreetools.org) for the calculation of CO₂ storage and for pollutants reduction and built a database currently available on the Association's website Vivaisti (<http://www.vivaistipistoiesi.it/qualiviva/consultazione-schede-tecniche>). This database gives us the potential VOC emissions, the storage of Co₂, and the data on the abatement of pollutants for one hundred sheets. With the same methodology, another project "quality floroVIVaism for environmental mitigation and sustainability" (VIVAM) was developed between 2019 and 2021 by IBE.CNR (<https://www.vivam.it/il-progetto/i-results-di-vivam/>), which elaborated botanical data sheets for the 45 different tree and shrub species analyzed and considered to be of greatest interest in an urban environment.