



LIFE **CITYADAP**3

APPROCCI DIVERSI PER PROBLEMI DI ADATTAMENTO COMUNI

Linee guida per i comuni tratte dagli
insegnamenti di LIFE CITYAdaP3

Life CITYAdaP3 LIFE 19 CCA/ES/001209

Approcci diversi per comuni problemi di adattamento (Task D1.1)

Maggio 2023

Team editoriale:

María Huertas. EuroVértice Consultores

José Pablo Delgado. EuroVértice Consultores

Marta Reguilón. EuroVértice Consultores

Collaboratori:

- Elvira Badenes. Comune di Alcantarilla
- José Antonio Fernández. Comune di Alcantarilla
- Luis Bernardeau. Comune di Lorquí
- Carmen Mondéjar. Comune di Molina de Segura
- Susanna Ferrari Bergomi. Comune di Reggio Emilia
- Elisia Nardini, Comune di Reggio Emilia
- Elisabetta Sgarbi — Dipartimento di Scienze della Vita — Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

Il presente documento è stato elaborato con il sostegno finanziario dell'Unione europea nel quadro del programma LIFE. I contenuti sono di esclusiva responsabilità del progetto LIFE CITYAdaP3 e non possono in nessun caso essere considerati come riflettenti la posizione di CINEA, né CINEA può essere ritenuta responsabile per qualsiasi uso che possa essere fatto delle informazioni in esso contenute.

INDICE

Indice generale

1. Introduzione	3
Life CITYAdaP3.....	3
Cosa troverai in questo documento?	3
2. I pericoli comuni	4
3. Valutazione dei diversi approcci per mitigare gli hazard comuni	5
i. Generazione dell'ombra	5
ii. Rinaturalizzazione (specie vegetale)	11
iii. Rinaturalizzazione (Landscaping)	14
iv. Permeabilità del suolo	19
v. Stabilizzazione del suolo.....	22
4. Linee guida per i comuni	1

1. Introduzione

Life CITYAdaP3

Secondo l'ultimo rapporto IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change - Sesto Rapporto di Valutazione, 2023), l'impatto dell'aumento di 1,1°C della temperatura globale è già visibile in ogni regione del mondo. Gli impatti climatici sulle persone e sugli ecosistemi sono più diffusi e gravi del previsto, e i rischi futuri si acuiranno rapidamente con ogni frazione di un grado di temperatura. Inoltre, la relazione afferma che le misure di adattamento possono effettivamente costruire la resilienza, ma che sono necessari maggiori finanziamenti per scalare le soluzioni.

Life CITYAdaP3 affronta questo problema, creando meccanismi innovativi per finanziare azioni di adattamento ai cambiamenti climatici basate su partenariati pubblico-privato. Il consorzio di progetto è composto dai comuni di Alcantarilla, Lorquí e Molina de Segura, in Spagna e Reggio Emilia in Italia, dalla Cattedra CSR dell'Università di Murcia e dalla società EuroVértice Consultores. Inoltre, il progetto è guidato dalla Federazione dei Comuni della Regione di Murcia.

Gli impatti climatici sono accelerati nelle aree edificate, circondati e pieni di infrastrutture, dove temperatura, vento e precipitazioni mostrano tendenze specifiche. In futuro, il consumo di suolo, la crescita e la concentrazione della popolazione nelle città, nonché l'invecchiamento della popolazione, contribuiranno ad aumentare ulteriormente la vulnerabilità delle città ai cambiamenti climatici.

Considerando che l'adattamento delle città è di massima importanza, LIFE CITYAdaP3 si concentra sull'ambiente urbano e ha sviluppato un protocollo d'azione per coinvolgere le imprese nella collaborazione con i comuni per il cofinanziamento delle misure di adattamento ai cambiamenti climatici urbani.

Cosa troverai in questo documento?

Le città e i sistemi urbani sono i luoghi più responsabili del cambiamento climatico, ma allo stesso tempo sono i luoghi in cui i suoi effetti sono più sentiti. Gli impatti dei cambiamenti climatici nelle città sono principalmente determinati da pericoli comuni, come l'aumento delle temperature e delle ondate di calore, le inondazioni, la scarsità d'acqua e la siccità e la diminuzione della biodiversità.

Life CITYAdaP3 comprende quattro comuni, tre nella regione di Murcia (Spagna) e uno nella regione Emilia Romagna (Italia). Nonostante la condivisione di alcune caratteristiche comuni del clima mediterraneo, il sud-est della Spagna e l'Italia settentrionale affrontano diversi pericoli e stanno vivendo gli impatti dei cambiamenti climatici in modo diverso. Anche tra i comuni della Murcia la situazione è molto varia, in quanto le caratteristiche ambientali, sociali ed economiche di ogni area determinano i principali rischi climatici o 'hazard' e l'impatto dei cambiamenti climatici su ciascun territorio.

Lo sviluppo del piano d'azione per l'energia sostenibile e il clima (PAESC) o delle strategie locali di adattamento ai cambiamenti climatici consente di individuare quale sia la situazione specifica del sito in relazione ai cambiamenti climatici in ciascun comune e quali azioni dovrebbero essere intraprese per migliorarlo. Il progetto LIFE CITYAdaP3 è servito ad attuare

diverse azioni pilota nei 4 comuni. Anche se le soluzioni progettate sono state diverse, ci sono molti punti in comune negli hazard che affrontano e nel modo in cui sono stati affrontati, che consentono di confrontare i vantaggi, gli svantaggi e gli insegnamenti tratti dall'utilizzo di ciascuno di essi.

Questo documento metterà a confronto i diversi approcci seguiti dai comuni per risolvere problemi comuni e sarà quindi in grado di fornire linee guida per altri comuni che sperimentano rischi climatici simili. In questo modo, potrebbe risultare utile nel fungere da catalogo di soluzioni utili nel processo decisionale.

2. I pericoli comuni

Aumento delle temperature e ondate di calore

Secondo la NASA, la temperatura superficiale media della Terra è aumentata di circa 1,18°C (2,12°F) dalla fine del XIX secolo, e la maggior parte di questo riscaldamento si è verificato negli ultimi decenni¹. Inoltre, diversi studi hanno scoperto che le ondate di calore stanno diventando più frequenti, più durature e più intense a causa dei cambiamenti climatici². Un aumento della temperatura tra 2 e 4°C è previsto nella regione mediterranea durante il ventunesimo secolo. Di conseguenza, le ondate di calore aumenteranno la loro durata fino a 15 o 20 giorni. L'effetto 'Urban Heat Island' renderà la temperatura nelle città fino a 10°C più alta rispetto ai dintorni rurali³. Gli scenari di cambiamento climatico indicano un aumento del numero di mega ondate di calore (in lunghezza, frequenza o intensità).

Inondazione

Le precipitazioni più frequenti e intense stanno portando ad un aumento del rischio di inondazioni. L'aumento osservato delle inondazioni fluviali e dei danni in Europa è ben documentato ed è probabilmente uno degli effetti più gravi dei cambiamenti climatici in Europa nei prossimi periodi⁴. Questo aumento e intensità delle precipitazioni è anche una conseguenza del processo di urbanizzazione delle città (abbattimento di alberi, riduzione del suolo permeabile, cambiamenti nei letti fluviali, occupazione di letti uadi...). È pertanto necessario analizzare e mappare le zone alluvionali, stabilire misure preventive per le zone ad alto rischio di inondazioni e non fare nuove costruzioni su di esse. Ciò non impedirà che si verifichino eventi, ma potrebbe impedire ulteriori danni alle persone o alle infrastrutture. Se non verranno adottate misure di mitigazione e adattamento, le perdite economiche aumenteranno da 7,8 miliardi di euro/anno a quasi 50 miliardi di euro/anno con un riscaldamento globale di 3°C entro la fine di questo secolo⁵. Inoltre, l'attuale numero di

¹ <https://climate.nasa.gov/evidence/>

² IPCC. (2018). *Riscaldamento globale di 1,5°C. Una relazione speciale dell'IPCC sugli impatti del riscaldamento globale di 1,5°C al di sopra dei livelli preindustriali e dei relativi percorsi globali di emissione di gas a effetto serra, nel contesto del rafforzamento della risposta globale alla minaccia dei cambiamenti climatici.*

Hansen, J., et al. (2012). *Percezione del cambiamento climatico.* Atti dell'Accademia Nazionale delle Scienze, 109(37), E2415-E2423.

Perkins-Kirkpatrick, S.E., et al. (2017). *Aumento della frequenza, dell'intensità e della durata delle ondate di calore globali osservate e dei periodi caldi.* Relazioni scientifiche, 7, paragrafo 1, 1-12.

³ Lorenzo Mentaschi, Grégory Duveiller, Grazia Zulian, Christina Corbane, Martino Pesaresi, Joachim Maes, Alessandro Stocchino, Luc Feyen. (2022). *La mappatura globale a lungo termine della temperatura superficiale mostra gli estremi estremi delle isole di calore urbano all'interno delle città.* Cambiamento ambientale globale. Volume 72, 102441, ISSN 0959-3780, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102441>.

⁴ Commissione Europea, Direzione generale dell'Ambiente. (2021). *Impatto dei cambiamenti climatici sulle inondazioni — Risultati dell'indagine e possibili passi successivi per colmare il divario di conoscenze e attuazione: finale uno studio basato su indagini.* Ufficio pubblicazioni

⁵ Feyen, L., Ciscar, J.C., Gosling, S., Ibarreta, D. e Soria, A. (editori) (2020). *Impatto dei cambiamenti climatici e adattamento in*

persone esposte alle inondazioni potrebbe aumentare da 172.000 all'anno a 482.000 all'anno⁶.

Scarsità d'acqua e siccità

Con il riscaldamento globale di 3°C, si prevede che la frequenza della siccità raddoppierà su quasi il 25 % dell'area Mediterranea e il 15 % della regione atlantica. La siccità induce una complessa rete di impatti che abbracciano molti settori dell'economia. Con il riscaldamento globale, la siccità aumenterà in frequenza e intensità e durerà più a lungo nelle parti meridionali e occidentali dell'Europa, mentre le condizioni di siccità saranno meno estreme nell'Europa settentrionale e nordorientale⁷. Allo stesso tempo in cui il riscaldamento globale porta con sé un aumento della frequenza e della durata della siccità, porta anche precipitazioni con maggiore forza e durata. Pertanto, è necessario stabilire misure di raccolta delle acque e di stoccaggio per soddisfare le esigenze della domanda.

Riduzione della biodiversità

La perdita di biodiversità è una delle maggiori minacce per l'umanità nel prossimo decennio (Commissione europea, 2020). Il valore della biodiversità nelle aree urbane è stato spesso sottovalutato, ma questi spazi forniscono habitat importanti per diverse specie, in particolare per piante, uccelli e insetti. Gli ecosistemi urbani ospitano più di 25.000 specie in Europa, 179 delle quali oggetto della direttiva Habitat. Un'analisi di questi dati, sviluppata dal progetto BiodiverseCities, ha dimostrato che nella maggior parte delle aree urbane in Europa si osserva un nucleo di 130 specie. Tra i 31 uccelli urbani più comuni, cinque sono classificati con una tendenza alla diminuzione della popolazione e uno è classificato come "quasi minacciato" dall'Unione internazionale per la conservazione della natura (IUCN; Maes et al., 2021).

3. Valutazione dei diversi approcci per mitigare gli hazard comuni

i. Generazione dell'ombra

L'ombreggiamento nelle città è una strategia efficace per diminuire l'effetto calore urbano, in quanto aiuta a ridurre le temperature ambientali e superficiali e migliorare il comfort termico. La progettazione e la selezione di soluzioni per generare ombra possono essere realizzate incorporando elementi naturali e/o artificiali, e dipendono dalle caratteristiche e dalle esigenze del luogo in cui sono necessarie.

Nell'ambito dei progetti delle azioni pilota di LIFE CITYADAP3 sono state testate diverse opzioni:

- Generazione di ombre attraverso la semina di vegetazione.

L'opzione più consigliata per generare ombra è piantare alberi, in quanto ha associati anche ulteriori multipli benefici per l'adattamento ai cambiamenti climatici (miglioramento della qualità dell'aria, aumento della biodiversità,...). Il posizionamento strategico degli alberi nelle

Europa. Relazione finale del CCR PESETA IV. EUR 30180EN, Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione Europea, Lussemburgo, ISBN 978-92-76-18123-1, doi:10.2760/171121, JRC119178.

⁶ Commissione Europea, Direzione generale dell'Ambiente. (2021). *Impatto dei cambiamenti climatici sulle inondazioni — Risultati dell'indagine e possibili passi successivi per colmare il divario di conoscenze e attuazione: finale uno studio basato su indagini*. Ufficio pubblicazioni

⁷ Centro comune di ricerca. Commissione Europea. (2020). *Impatto dei cambiamenti climatici sulla siccità*. Progetto del JRC Peseta IV.

città può aiutare a raffreddare l'aria da 2 a 8 gradi Celsius, riducendo così l'effetto dell'isola di calore urbano⁸. Inoltre, il corretto posizionamento degli alberi intorno agli edifici può ridurre la necessità di aria condizionata del 30% e ridurre le bollette per il riscaldamento invernale del 20-50%⁹.

Qualsiasi elemento urbano in grado di generare ombreggiatura è in grado di riflettere, diffondere e assorbire la radiazione solare. Gli studi dimostrano che le foglie degli alberi, in generale, sono in grado di riflettere il 10% dell'energia solare visibile e il 50% dell'energia solare infrarossa, mentre possono assorbire l'80% del visibile e il 20% dell'energia solare infrarossa. Di conseguenza, la radiazione risultante trasmessa attraverso le loro foglie consisterebbe nel 10% dell'energia visibile più il 30% della radiazione solare infrarossa¹⁰. L'entità dell'attenuazione solare varia a seconda della specie di albero e delle sue caratteristiche strutturali, come la densità fogliare, l'altezza, il diametro della chioma e la vicinanza tra gli elementi stessi. Dal punto di vista del controllo della radiazione solare, gli alberi più interessanti sarebbero gli alberi decidui. Le caratteristiche geometriche degli alberi che influenzano la loro capacità di ombreggiamento sono l'altezza totale, l'altezza del tronco, il diametro e altezza della chioma.

Considerando tutti questi vantaggi, il posizionamento della vegetazione per la riduzione della temperatura è stato incluso nella maggior parte delle azioni pilota attuate con LIFE CITYAdaP3.

In Alcantarilla, gli alberi sono stati piantati per generare ombra lungo il percorso multimodale, nei luoghi in cui era possibile. Diversa vegetazione adattata e originaria della zona è stata piantata nelle aiuole come parte fondamentale della piattaforma multimodale stessa. Questa vegetazione aiuta a ridurre l'effetto "isola di calore" attraverso l'evaporazione dell'acqua, e inoltre agisce anche come purificatore ambientale eliminando gli inquinanti esistenti dall'atmosfera. Due specie arboree sono state selezionate *Morus alba* e *Celtis australis*.

⁸ Doick, Kieron & Hutchings, Tony. (2013). Regolazione della temperatura dell'aria da alberi urbani e infrastrutture verdi.

⁹ McPherson, Gregory & Simpson James R. (2003). Potenziale risparmio energetico negli edifici grazie a un programma di piantagione di alberi urbani in California. *Urban per Urban Green* 2: 073–086. 1618-8667/03/02/02-073 \$ 15.00/0

¹⁰ Kotzen, Benz (2003). *Un'indagine sull'ombra sotto sei diverse specie arboree del deserto del Negev verso il loro potenziale utilizzo per migliorare le condizioni microclimatiche nello sviluppo architettonico del paesaggio*. *Journal of Arid Environments*, Volume 55, Numero 2, Pagine 231-274, ISSN 0140-1963, [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(03\)00030-2](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(03)00030-2).



Figura1. Alberi piantati lungo il sentiero di Alcantarilla

A Molina de Segura, lo studio del percorso urbano è stato effettuato valutando le caratteristiche fisiche delle strade, misurando una serie di parametri che renderanno possibile la piantumazione di alberi e/o il posizionamento di elementi vegetali che forniscono ombra. Per scegliere la specie da piantare, è stata fatta una selezione di 10-15 specie arboree autoctone. E' stata presa in considerazione la loro capacità di adattamento per adattare le aree urbane ai cambiamenti climatici, al fine di migliorare il comfort termico per la popolazione. Un'altezza ridotta influenza la loro capacità di ombreggiamento, mentre un'altezza eccessiva in proporzione alla larghezza della sua chioma, oltre a generare ombre indesiderate sulle facciate degli edifici, porta a difficoltà a piantare in strade trafficate o di medie dimensioni. Tuttavia, un'altezza eccessiva (a condizione che la larghezza della chioma sia proporzionata) non costituisce un ostacolo alla fornitura di specie negli spazi aperti.

Nel 'Nelson Mandela Park', rispetto ad un primo elenco di specie le tipologie di alberi sono stati rivisti e rinnovati con l'obiettivo di creare ombre e ambienti umidi. Per la nuova selezione di specie, sono state prese in considerazione solo le specie autoctone. Alla fine, sono state selezionate le seguenti specie: *Pinus halepensis*, *Pinus pinea*, *Ceratonia siliqua*, *Arbutus unedo*, *Quercus rotundifolia*, *Celtis australis*, *Laurus nobilis*, *Juglans regia*, *Tamarix boeana*, *Tamarix canariensis* e *Salix fragilis*.

Alcuni parametri valutati nel contributo alla generazione dell'ombra sono la densità degli alberi, le loro dimensioni e le dimensioni della loro proiezione a terra della chioma. In una misura o nell'altra, questo influisce sulla riduzione della temperatura e sull'assorbimento di CO₂.

Le condizioni di base per un'efficace piantagione di alberi in città si basano anche sul periodo di riposo vegetativo della specie, in quanto può variare a seconda della climatologia di ogni area e delle sue variazioni annuali. Inoltre, gli alberi devono essere sani, senza presenza di parassiti e devono essere ben formati e induriti. La parte aerea deve avere una guida terminale e il

numero di rami alla base della chioma non deve essere superiore a cinque o meno di tre. Il tronco deve essere singolo e dritto, e la base della chioma deve iniziare almeno a 2,5 m dal colletto. La zolla della pianta deve essere di terreno solido e almeno tre volte il diametro del tronco. Il substrato di impianto deve essere utilizzato per garantire le condizioni necessarie per lo sviluppo dell'albero.

A Reggio Emilia, la necessità dell'ombra era uno dei criteri da prendere in considerazione nella scelta degli spazi in cui agire. I quattro parchi selezionati per il rimboschimento sono particolarmente colpiti dall'effetto isola di calore o con forte esigenza di ombra, a causa del loro utilizzo da parte della popolazione, soprattutto nei punti in cui si concentrano le strutture pubbliche legate al tempo libero.

In particolare, il progetto previsto per l'utilizzo degli alberi è attorno alle aree gioco per bambini e ai filari di alberi lungo percorsi ciclo-pedonali, con l'obiettivo di garantire l'ombreggiatura di queste zone. Questi sono di solito molto esposti a radiazioni solari dirette e quindi difficili da usare dai cittadini in estate. Con l'obiettivo di creare ombre nel più breve tempo possibile, sono stati piantati alberi grandi e a una distanza minore l'uno dall'altro rispetto a quanto fatto in altri interventi di riforestazione.

Il progetto di Reggio Emilia non si è limitato alla selezione di specie potenzialmente più resistenti adatte all'ombreggiamento e all'aumento dell'evapotraspirazione del suolo, ma anche su associazioni vegetali più resilienti alle future condizioni ambientali (scarsità dell'acqua, eventi estremi, ...). L'impianto di nuovi alberi in nuovi filari, ma anche in microforeste e siepi rurali, apporta benefici in termini di qualità dell'aria, dell'acqua e del suolo attraverso il meccanismo di evapotraspirazione e l'ombreggiatura, contribuendo a ridurre le temperature aria/suolo.

Le specie vegetali che sono state scelte per i filari di alberi dovrebbero essere in grado di resistere meglio all'aumento delle temperature, che si verifica in tutte le stagioni, alle intense e prolungate ondate di caldo estive e alla frequenza crescente di estati e inverni secchi. Particolare attenzione è stata rivolta alla forma delle foglie e delle chiome, al fine di garantire un effetto significativo in termini adattativi. A questo proposito sono state scelte diverse specie vegetali autoctone e mediterranee, poco esigenti e potenzialmente ben adattabili all'ambiente urbano.

- Generazione di ombre attraverso strutture artificiali

Nei luoghi in cui il posizionamento della vegetazione per la generazione di ombre è risultato impossibile o non sufficiente, in Alcantarilla è stata ricercata un'ombreggiatura naturale alternativa grazie alla vicinanza della piattaforma multimodale alle costruzioni adiacenti.

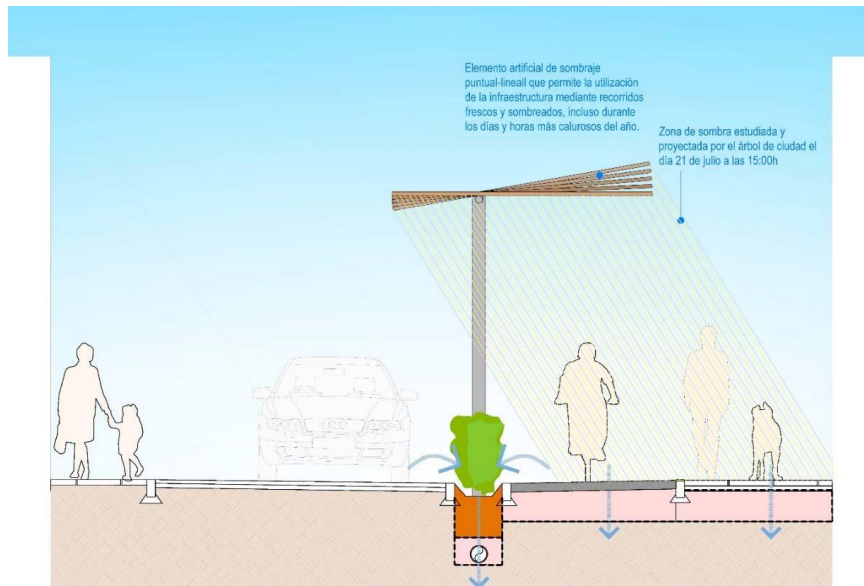


Figura2. Infografica del design delle strutture ombreggianti collocate in Alcantarilla.

Per gli spazi aperti o quando l'ombra degli edifici non era sufficiente, è stato progettato un "albero urbano". Si tratta di un elemento leggero in legno, facile da installare, modulare e adattabile a diversi orientamenti e situazioni, a cui possono essere collegati diversi elementi a seconda delle esigenze, come l'illuminazione solare.

La combinazione di vegetazione, ombra gettata da edifici e alberi della città ha trasformato il percorso in una zona più fresca per pedoni e ciclisti. Anche durante le ore centrali del giorno, la percentuale della superficie ombreggiata del percorso supera il 70%.

Un aspetto positivo di questa opzione è che consente una combinazione della struttura artificiale con la vegetazione, comprese le specie di piante rampicanti. Questo migliora le prestazioni dell'elemento come misura per combattere l'effetto dell'isola di calore urbano.



Figura3. Strutture in legno "city tree" accompagnate da vasi con piante rampicanti, massimizzando la loro capacità di produrre ombra.

A Lorquí sono state installate strutture simili, poiché i luoghi in cui sono state sviluppate le azioni pilota non hanno permesso di piantare alberi. Inoltre, in alcuni casi al fine di aumentare l'area di ombreggiatura, una sottile erica è stata posizionata sulla parte superiore della struttura. Si tratta di un materiale sostenibile ed economico, adattabile alle curve della struttura, e permette alla luce di passare attraverso e funge da forma temporanea fino alla crescita delle piante rampicanti effettive.

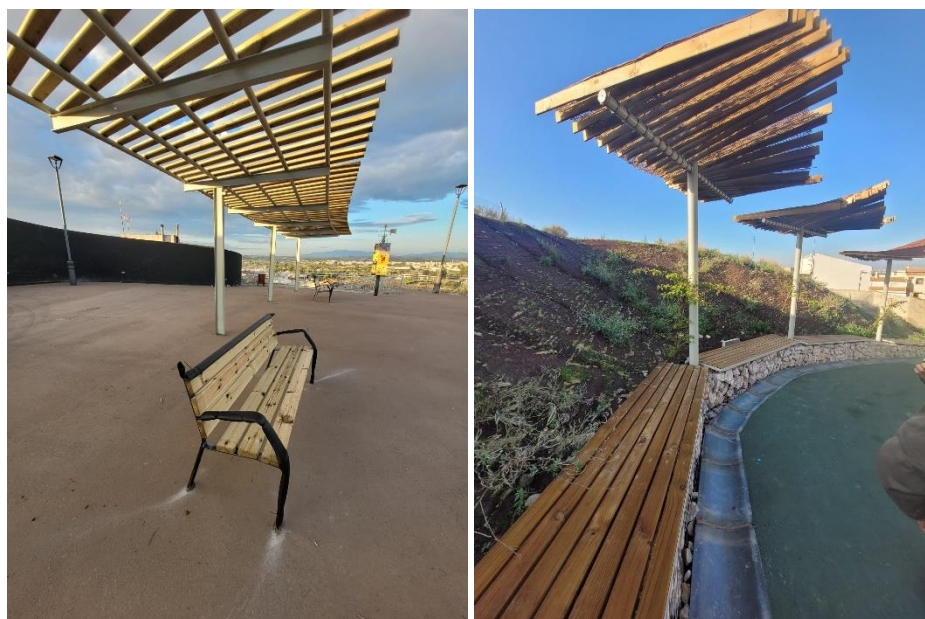


Figura4. Strutture di ombreggiatura collocate in Lorquí.

ii. Rinaturalizzazione (specie vegetale)

L'importanza di rinaturalizzare le città è universalmente riconosciuta per molteplici ragioni.

Da un lato, parlando dei benefici ambientali, l'inverdimento urbano ha un impatto positivo sulla conservazione della biodiversità, sulla qualità dell'aria, sulla mitigazione e sull'adattamento ai cambiamenti climatici. Le aree urbane tendono ad avere una biodiversità ridotta a causa della perdita di habitat e della frammentazione. L'introduzione e il miglioramento degli elementi naturali all'interno dell'ambiente urbano migliora la connettività ecologica e crea habitat urbani per la fauna selvatica. Inoltre, la vegetazione nelle città contribuisce a ridurre l'inquinamento atmosferico catturando il particolato, assorbendo inquinanti e producendo ossigeno, contribuendo a migliorare la salute pubblica. Inoltre, gli spazi verdi urbani svolgono un ruolo nel mitigare (sequestro dell'anidride carbonica attraverso la fotosintesi) e nell'adattamento (riducendo il rischio di alluvioni e la temperatura) dei cambiamenti climatici¹¹.

D'altra parte, la rinaturalizzazione delle città migliora il benessere dei cittadini, migliora la qualità della vita e migliora il comfort termico dei residenti. Inoltre, è dimostrato che la vicinanza agli spazi verdi e agli elementi naturali fa aumentare i valori immobiliari e attira le imprese, promuovendo lo sviluppo economico. Inoltre, può portare a risparmi sui costi nel consumo di energia, nella gestione delle acque piovane e nell'assistenza sanitaria¹².

Tuttavia, c'è un dibattito aperto tra l'uso di specie autoctone ed esotiche nelle aree urbane. Di seguito sono riportati alcuni degli argomenti più comuni avanzati da entrambe le parti^{13 14 15}.

Dal punto di vista della biodiversità e dell'ecologia, i sostenitori dell'uso di specie autoctone sostengono che sono essenziali per preservare e migliorare la biodiversità locale. Le piante autoctone hanno co-evoluto con la fauna selvatica locale, fornendo habitat, fonti alimentari e interazioni ecologiche che supportano la salute generale degli ecosistemi. Le specie esotiche possono agire come antagonisti/predatori della fauna nativa, alterare l'habitat (modificando fisicamente e chimicamente il suolo), competere per il cibo e lo spazio, ibridarsi con specie autoctone, introdurre nuovi parassiti e malattie, ... D'altra parte, i critici dell'utilizzo di specie

¹¹ Commissione Europea. (2022). *Proposta di regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio sul ripristino della natura*

¹² Gómez Lopera, F. (2005). *Las zonas verdes como factor de calidad de vida en las ciudades. Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 37(144), 417-436.

¹³ Marinšek, Aleksander; Bindewald, Anja; Kraxner, Florian; La Porta, Nicola; Meisel, Petra; Stojnic, Srdjan; Coccozza, Claudia; Lapin, Katharina (2022). *Manuale per le specie di alberi non nativi nello spazio urbano* SN — 978-3-903258-56-3

¹⁴ Martin A. Schlaepfer, Benjamin P. Guinaudeau, Pascal Martin, Nicolas Wyler (2020). *Quantificare il contributo degli alberi autoctoni e non autoctoni alla biodiversità e ai servizi ecosistemici di una città*. *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 56, 126861, ISSN 1618-8667, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126861>.

¹⁵ Castro-Díez, P., Vaz, A.S., Silva, J.S., van Loo, M., Alonso, Á., Aponte, C., Bayón, Á, Bellingham, P.J., Chiuffo, M.C., DiManno, N., Julian, K., Kandert, S., La Porta, N., Marchante, H., Maule, H.G., Mayfield, M.M., Metcalfe, D., Monteverdi, M.C., Núñez, M.A., Ostertag, R., Parker, I.M., Peltzer, D.A., Potgieter, L.J., Raymundo, M., Rayome, D., Reisman-Berman, O., Richardson, D.M., Roos, R.E., Saldaña, A., Shackleton, R.T., Torres, A., Trudgen, M., Urban, J., Vicente, J.R., Vilà, M., Ylioja, T., Zenni, R.D. e Godoy, O. (2019), *Effetti globali delle specie di alberi non nativi su molteplici servizi ecosistemici*. *Biol Rev*, 94: 1477-1501. <https://doi.org/10.1111/brv.12511>

esclusivamente autoctone sostengono che le aree urbane sono già ambienti altamente modificati e che l'introduzione di un mix di specie esotiche autoctone, non invasive, può aumentare la diversità delle piante e creare ecosistemi urbani più resilienti e funzionali.

Questo è particolarmente importante considerando gli scenari di cambiamento climatico, che prevedono un cambiamento nei molteplici fattori meteorologici che influenzeranno piante e animali. I sostenitori delle specie autoctone sottolineano la loro capacità di adattamento alle condizioni ambientali locali, come il clima, il suolo e l'idrologia. Essi sostengono che le specie autoctone hanno maggiori probabilità di prosperare in ambienti urbani senza la necessità di un'eccessiva manutenzione, irrigazione o input chimici. Dall'altro lato, i sostenitori dell'uso di specie esotiche suggeriscono che alcune specie non autoctone possono essere meglio adattate alle sollecitazioni urbane, come l'inquinamento, il suolo compatto e la limitata disponibilità di acqua. Sostengono che queste specie possono aiutare le aree urbane verdi più rapidamente e resistere a condizioni difficili.

Un altro aspetto da considerare quando si decide quali specie piantare nelle aree urbane è il valore estetico che esse forniscono. Tuttavia, l'estetica è soggettiva per la popolazione. Mentre alcuni credono che le specie autoctone contribuiscano al senso del luogo, preservare le tradizioni locali e valorizzare il valore culturale dei paesaggi urbani, altri pensano che le specie esotiche possano introdurre nuovi colori, forme e texture negli ambienti urbani, creando paesaggi visivamente accattivanti.

Un fattore molto importante da tenere in considerazione è il potenziale invasivo che l'introduzione di specie esotiche può avere. Le specie non autoctone possono sfuggire alla coltivazione, 'superare' le piante autoctone e distruggere gli ecosistemi locali, portando alla perdita di biodiversità e servizi ecosistemici. Tuttavia, è vero che solo alcune piante non autoctone sono invasive. È impossibile sapere se una specie aliena può diventare una specie invasiva. Le variazioni climatiche possono indurre le specie aliene a trovare le condizioni ottimali per l'espansione, allontanandosi dal controllo umano e avendo effetti devastanti sugli ecosistemi naturali. Un'attenta selezione e gestione potrebbe prevenire i loro impatti negativi, ma il rischio non scompare mai.

Trovare una via di mezzo tra l'uso di specie autoctone ed esotiche è spesso consigliato. Come per ogni intervento urbano, è necessario un approccio specifico al contesto, considerando l'obiettivo ecologico, le condizioni locali e i potenziali impatti sulla biodiversità. Questo approccio può comportare la priorità delle specie autoctone per il ripristino ecologico e le aree sensibili, utilizzando specie esotiche non invasive per migliorare il valore estetico e la resilienza nei paesaggi urbani. L'equilibrio tra specie autoctone ed esotiche può variare a seconda delle circostanze locali e degli obiettivi specifici delle iniziative di greening urbano.

Le azioni pilota di Lorquí, Alcantarilla e Molina de Segura hanno incluso solo specie autoctone. A Reggio Emilia, parte dell'innovatività del progetto risiede nella sperimentazione di diverse combinazioni di specie vegetali autoctone e non autoctone, ma prestando grande attenzione ad escludere specie potenzialmente invasive non autoctone.

Uno dei dispositivi inclusi nella riforestazione dei parchi è la "micro-foresta". Questa idea parte dall'applicazione del cosiddetto "metodo Miyawaki", che prevede l'impianto di diverse specie vegetali concentrato in una piccola area, creando una struttura forestale multistrato che imita

le foreste naturali (cfr. paragrafo successivo). Con questa tecnica si aspira a renderla autosufficiente e da un forte impulso all'uso di diverse specie vegetali e pratiche biologiche per promuovere la biodiversità, migliorare la qualità del suolo, conservare le risorse idriche e fornire benefici ecologici.

Nell'ambito del progetto sono stati sperimentati tre tipi di microforeste che differiscono nella combinazione di specie vegetali:

- La "microforesta nativa": è composta solo da specie autoctone, caratteristiche dei boschi della pianura padana — area geografica di riferimento - queste specie sono generalmente ben adattate sia alle condizioni pedologiche che climatiche dell'area geografica di riferimento, sono poco esigenti e in grado di propagarsi facilmente nelle zone circostanti.
- La "microforesta adattativa", con l'inclusione di nuove specie principalmente di area mediterranea (considerata adattabile alle future condizioni climatiche — adattative) che crescono in cespugli o prati asciutti, generalmente resistono a estati lunghe, calde e secche, utilizzate al fine di valutare il possibile adattamento ai cambiamenti climatici.
- La "microforesta commestibile", in cui sono collocate molte piante da frutto, a complemento del sistema forestale: qui ci sono anche molte specie erbacee che, soprattutto nella prima fase della crescita forestale alimentare, saranno fondamentali per garantire la corretta formazione di un substrato ricco di componenti organici.

Pertanto, la natura stessa dell'intervento implica l'inclusione sia di specie autoctone che di non native.

In particolare, nella scelta delle specie che compongono la "microforesta adattativa" è stata collocata una vasta selezione di specie mediterranee, non appartenenti all'elenco delle specie invasive, con specie autoctone, al fine di valutare l'eventuale adattamento alle condizioni climatiche tipiche del territorio. La selezione delle specie è stata effettuata prendendo in considerazione specie già presenti sul territorio che hanno mostrato interessanti adattamenti evolutivi in contesti analoghi. Sono stati presi in considerazione criteri quali il tasso di crescita (aspetto importante per il sequestro del carbonio), lo sviluppo dell'apparato radicale (particolarmente importante per gli interventi in prossimità di strutture antropogeniche), la persistenza delle foglie (carattere deciduo) che è caratteristica di particolare interesse in relazione alla mitigazione dell'inquinamento atmosferico e acustico, la resistenza agli inquinanti (soprattutto nelle aree strettamente urbane) e la longevità.

Per la selezione delle specie da includere nella Foresta edibile (foresta commestibile), è stato definito un sistema coltivato ispirato alla foresta. Per la scelta della specie sono state utilizzate piante in grado di fornire legno, arricchimento del suolo e, più in generale, elementi estetici - paesaggistici. Altre piante di medie dimensioni sono state collocate, tra cui una vasta gamma di piante da frutto (prugne, albicocche, agrumi, fichi, melograni), che hanno uno sviluppo limitato ma sono in grado di fornire frutti commestibili. Sono state utilizzate anche piante cespugliose, che hanno un fusto legnoso ma rimangono di piccole dimensioni: sono piante aromatiche, cioè rosmarino, salvia, lavanda, ma anche lamponi, ribes, mirtilli, more. Essenze vegetali completano la composizione che, soprattutto nella prima fase di costruzione della foresta

alimentare, svolge un ruolo essenziale garantendo la corretta formazione di un sistema indipendente in grado di fornire cibo in modo stabile.

Per la costituzione di questo tipo di microforesta sono state utilizzate proporzioni di impianto predeterminate che assumono, in particolare: 45% uso di vegetazione arborea dominante, 32% di vegetazione arborea dominata e 23% di vegetazione arbustiva.

iii. Rinaturalizzazione (Landscaping)

Come discusso in precedenza, il progetto pilota di Reggio Emilia ('Parchi a misura di clima') ha cercato di andare oltre le tradizionali misure di rimboschimento come adattamento ai cambiamenti climatici. L'attenzione è stata spostata sull'importanza di introdurre associazioni vegetali che possano potenzialmente stabilire un equilibrio resiliente alle condizioni climatiche future (carenza idrica, eventi estremi, ...), in base alle caratteristiche delle aree abitate.

Il concetto alla base dei parchi adattativi di Reggio Emilia si basa sull'idea di testare l'efficacia di quattro principali "dispositivi" paesaggistici-ambientali nel contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici:

- microforeste;
- Siepi campestri;
- prati polifiti;
- filari di alberi.

La loro composizione e articolazione all'interno di ogni singolo progetto sono progettati in base agli obiettivi generali stabiliti per l'azione di adattamento e, allo stesso tempo, affronta i temi dell'uso e della manutenzione degli spazi verdi.

La definizione dei dispositivi prende come riferimento alcune metodologie studiate da tempo in campo scientifico e convalidate da una serie di esperienze concrete. Sono stati implementati (o sono in fase di attuazione) in Europa e nel mondo in diversi contesti climatici e ambientali (compresi i progetti noti come Afforestt, Boomforest, Urban-forest, Forestcreators e altri).

La componente innovativa riguarda principalmente la sperimentazione a Reggio Emilia di associazioni vegetali alternative per testare e monitorare la loro resilienza ai cambiamenti climatici e l'impatto su indicatori in grado di contrastare le isole di calore nelle città (attraverso ombreggiatura, rigenerazione del suolo e aumento dell'evapotraspirazione).

Micro foreste sperimentali



Siepi campestri



Prato stabile polifita



Filari



Cityadp3 - Reggio Emilia

LEAA - Luca Emanuelli, Gianni Lobosco, Barbara Stefani

Figura5. Scheda riepilogativa dei dispositivi paesaggi-ambientali proposti dal progetto. (Alcune delle foto utilizzate nell'immagine sono tratte dalle seguenti fonti: www.afforestt.com, φ, φ, π)

Un ulteriore elemento caratteristico degli interventi proposti a Reggio Emilia è il progetto di creare un'area umida all'interno del "Parco M. Biagi". Sfrutta la possibilità di derivare l'acqua da un canale vicino, pieno in particolare durante la stagione estiva, con l'obiettivo di effettuare un'ulteriore azione di mitigazione sul microclima della zona. Questa azione è in accordo con le raccomandazioni europee, nazionali e regionali per valutare il potenziale contributo delle zone umide nella lotta contro le isole di calore.

Le specie scelte per essere piantate in questa zona comprendono specie acquatiche, specie adatte a zone umide periodicamente immerse e specie di praterie, con l'obiettivo di stabilire nel corso degli anni un prato stabile vicino alla zona umida. Questo progetto dovrebbe essere considerato sperimentale, in quanto sarà molto interessante osservare come le diverse specie introdotte saranno in grado di adattarsi, di far fronte alle fluttuazioni del livello dell'acqua e alle condizioni ambientali del sito in cui sono introdotte.

Il documento completo del progetto pilota di Reggio Emilia (come per le altre tre città partner) può essere richiesto dal sito web al gruppo LIFE CITYADAP3, in quanto il presente documento contiene una breve sintesi delle sue caratteristiche principali.

I quattro diversi "dispositivi" paesaggistici sono:

- Microforeste

Il tratto comune delle micro-foreste richiama i concetti fondamentali del modello di riferimento di Miyawaki, che può essere riassunto come segue: Nell'altissima densità di impianto (almeno 3 giovani piante per metro quadrato) su appezzamenti non superiori a

200 metri quadrati, nell'estrema differenziazione della specie (almeno 30) e dei livelli vegetali che costituiranno il bosco (4), nonché nella quasi totale assenza pianificata di manutenzione (potatura, diserbo, impianti di irrigazione, ecc.).

Questo metodo ha già dimostrato la sua efficacia in diversi contesti (anche quelli che tendono ad essere aridi, come la Sardegna) dove il tasso di crescita di piante giovani è stato valutato dieci volte più intenso rispetto alle consuete tecniche di forestazione derivate da modelli mono-cultura. Nel giro di due anni, la microforesta si stabilizza in una struttura quasi impenetrabile in grado di auto-sostenere la propria evoluzione e difendersi da agenti patogeni esterni senza alcun intervento umano.

I vantaggi connessi a questa pratica, soprattutto nell'area urbana e in vista dell'ottimizzazione della gestione verde pubblica, sono quindi potenzialmente considerevoli sia dal punto di vista economico (impianto di impianti giovani e poco costosi; riduzione dei costi di gestione) e in relazione alle aspettative di "effetto rapido" che vengono spesso ricercate in questo tipo di intervento. Accanto a queste considerazioni di natura più pragmatica, occorre sottolineare gli effetti estremamente positivi sugli indicatori ambientali ed ecologici legati alla biodiversità e alla salute dei suoli alla base di questo tipo di intervento.

Alcuni esperimenti, tra cui quello condotto dalla prestigiosa Università Wageningen di Zaanstadt nei Paesi Bassi, hanno già verificato questi impatti sull'ambiente urbano confrontando diversi tipi di microforeste con diverse combinazioni di specie. In questo processo sperimentale hanno anche dimostrato un ulteriore potenziale del "metodo", cioè la possibilità di coinvolgere i cittadini nelle fasi di impianto e monitoraggio e cura delle nuove foreste.

- Siepi campestri

Le siepi hanno sempre svolto varie funzioni, soprattutto nelle aree agricole, risultando utili nelle aree urbane: esse infatti segnalano il confine tra le diverse proprietà, proteggono dal rumore, dal vento o dall'inquinamento, contengono l'erosione e consolidano il suolo, forniscono frutti alla popolazione, forniscono nutrimento e possibile riparo per l'avifauna locale e rappresentano un luogo per la conservazione degli insetti.

Le siepi rurali sono concepite come una struttura vegetale "multi-specifica", composta da un vasto numero di specie, generalmente con una forte prevalenza di arbusti, ma con la contemporanea presenza di piante legnose ed erbacee. La particolare conformazione del fogliame e le caratteristiche morfo-strutturali delle diverse specie che le compongono hanno un effetto diretto sull'ombreggiatura prodotta, sull'azione frangivento, sull'assorbimento delle particelle inquinanti, sul consolidamento del suolo, sulla limitazione della erosione superficiale e della riduzione di fertilità del suolo.

La complessità della siepe, con la presenza di alberi, arbusti e strati erbacei, consente all'elemento paesaggistico di ospitare diverse nicchie ecologiche.

- Prato polifita

Il prato polifitico è essenzialmente una combinazione di diverse specie di erba e colture foraggere che crescono assieme. Questi tipi di prati non necessitano di essere dissodati e sono mantenuti attraverso la falciatura periodica. Sono caratterizzati da una buona ricchezza floristica. I prati polifiti possono essere coltivati sia in condizioni asciutte che attraverso la gestione oculata dell'irrigazione.

Nell'ambito di questo progetto, che opera in gran parte nelle zone di confine tra urbano e campagna, l'introduzione del prato polifitico assume non solo un valore ambientale ed ecologico (con un significativo aumento della biodiversità), ma anche un significato culturale con il sensibilizzare alle vecchie e buone pratiche colturali e lo svolgere un ruolo educativo per i cittadini e le giovani generazioni.

- Filari di alberi

Può essere definita come una fila lineare e, generalmente, regolare di piante legnose piantate dall'uomo, che di solito consiste di alberi ad alto fusto, disposti in filari singoli o paralleli.

La formazione di filari è utilizzata principalmente con l'obiettivo di garantire ombreggiature su strade e sentieri esposti alla luce solare intensa, anche se ha altri molteplici benefici. Le aree di interesse sono quelle situate principalmente nei punti utilizzati dai cittadini per la ricreazione e il gioco ed i percorsi ciclo-pedonali.

La presenza di alberi è in grado di migliorare significativamente il microclima dell'area interessata, consentendo un calo di temperatura nella stagione estiva di alcuni gradi. Le file di alberi, tuttavia, hanno anche un effetto contrastante per gli inquinanti, assorbendo gas inquinanti e trattenendo particolato e metalli pesanti.

Sono state scelte specie arboree il più possibile tra quelle in grado di resistere meglio all'aumento delle temperature, alle intense e prolungate ondate di caldo estivo e alla crescente frequenza dei periodi siccitosi estivi e invernali. Particolare attenzione è stata rivolta alla forma delle foglie e delle chiome, al fine di garantire un effetto significativo in termini adattativi. L'obiettivo è quello di creare aree ombreggiate negli spazi più utilizzati per i passaggi pedonali/ciclistici e aree di gioco. Sono state scelte diverse specie autoctone, poco esigenti e potenzialmente ben adattabili all'ambiente urbano.

Questa opzione è ampiamente utilizzata per l'ombreggiatura di sentieri e piste ciclabili, ed è stata scelta anche nel caso di Alcantarilla.

Nel caso di Molina de Segura, il 'Nelson Park' è stato riforestato in modo differente. I tecnici comunali e l'azienda aggiudicatrice hanno realizzato uno specifico progetto di rimboschimento tenendo conto delle caratteristiche del parco, della popolazione e delle esigenze ambientali e delle esigenze della specie. Sono state introdotte specie di diverse dimensioni e caratteristiche morfologiche, fisiologiche ed estetiche, con l'obiettivo di generare un progetto il più possibile simile all'ecosistema naturale della zona.

Sono stati seguiti due criteri principali:

- Nell'area delle aiuole fiancheggianti sentieri e strade, è stata seguita una piantumazione lineare di alberi e arbusti, per fornire ombra ai pedoni e una estetica visiva ravvicinata.
- All'interno delle aiuole è stata scelta una distribuzione casuale delle specie a zig-zag, cosa che conferisce maggiore naturalezza a questa area verde. La scelta delle specie è stata focalizzata sulla creazione di diverse formazioni ecologiche: pineta, arbutus, tamerice, carruba, noce, lentisco, ...

Nella fase di impianto del progetto Nelson Mandela Park, la struttura vegetativa è stata definita in una fase di disegno concettuale senza specificare la specie, cosa che ha permesso di riconoscere e ricreare la disposizione dello spazio rimanendo fedele ai fattori ambientali preesistenti, senza imporre le esigenze della pianta su quelle del sito. Una volta che la struttura è stata definita e rivista, sono state definite le specie specifiche per ogni aiuola. I criteri seguiti in questa pianificazione sono stati i seguenti:

- Criteri estetici: l'impianto nell'area verde del Nelson Mandela Park svolge una funzione ornamentale, per la quale è stata stabilita un'armonia tra le specie, basata sul cromatismo delle foglie e sulla loro consistenza. È stato fatto un tentativo di creare armonia tra le diverse specie in base alla loro posizione nei livelli bio-climatici.
- Criteri ecologici: sono state scelte specie autoctone della regione della Murcia, molte delle quali si trovano in aree naturali vicine al parco. Questo ha un effetto positivo favorendo la fauna associata a questo habitat, così come la loro capacità di spostarsi e colonizzare nuovi spazi. L'obiettivo è quello di creare masse di vegetazione che formano un unico habitat per sostenere un'importante comunità della fauna selvatica.
- Criteri di sostenibilità: ci sono molte buone ragioni per piantare alberi, arbusti e piante erbacee nelle nostre città, tra cui miglioramenti estetici, sociali, comfort, ecc. È stato cercato una modalità che richieda un basso costo/consumo energetico per la manutenzione, dato che questa energia è in gran parte generata da combustibili fossili ed ha un impatto sui gas serra e sugli inquinanti atmosferici urbani. Inoltre, sono state piantate specie a basso consumo d'acqua. È stato progettato un raggruppamento intenzionale di piante con un fabbisogno idrico simile, in quanto ciò consente di risparmiare grandi quantità di acqua alla fine dell'anno. Inoltre, sono stati presi in considerazione gli effetti microclimatici delle piantumazioni. Il loro effetto è locale, ma possono avere un forte impatto sul comfort termico sul fruitore dello spazio pubblico o degli edifici vicini, o anche sui veicoli parcheggiati, in grado di ridurre i loro livelli di consumo energetico (per il raffrescamento, ...).
- Criteri di gestione: la redazione di un progetto di impianto in un'area verde comprende una valutazione dei costi per il lavoro e la manutenzione, con l'obiettivo di chiarire l'idoneità delle specie scelte e della loro distribuzione spaziale.

Pertanto, ci sono molti elementi e caratteristiche da tenere in considerazione e, come nel resto delle soluzioni, la scelta della misura ideale dipende dalla valutazione di molteplici variabili specifiche per ciascun caso.

iv. Permeabilità del suolo

La permeabilità del suolo svolge un ruolo cruciale nella gestione delle acque piovane in ambienti urbani. Quando le precipitazioni si verificano su superfici impermeabili, come strade ed edifici, si ha un rapido deflusso. Questo deflusso può sopraffare le infrastrutture di drenaggio delle acque piovane, causare inondazioni localizzate e portare ad un aumento dell'inquinamento, poiché trasporta inquinanti nei corpi idrici. I suoli permeabili facilitano l'infiltrazione naturale dell'acqua, riducendo significativamente i rischi di alluvione urbana¹⁶.

Esistono diversi modi per migliorare la permeabilità del suolo nelle aree urbane: sostituire pavimentazioni impermeabili convenzionali con alternative permeabili (vegetate o meno), migliorare la copertura degli alberi e implementare sistemi di drenaggio sostenibili. Inoltre, tutte le azioni che coinvolgono il piantare alberi migliorano la permeabilità del suolo attraverso la crescita delle radici e l'aerazione del suolo. Le radici degli alberi infatti creano canali e migliorano la struttura del suolo, consentendo all'acqua di infiltrarsi più facilmente e prevenendo la compattazione del suolo.

In Alcantarilla, una delle azioni più importanti realizzate è stata l'utilizzo di pavimentazioni permeabili per la costruzione della piattaforma multimodale, in modo che l'acqua piovana possa passare attraverso di esse e percolare nel terreno naturale sottostante. Sono state poste lastre di calcestruzzo permeabili e porose. Per ulteriori informazioni sulle specifiche tecniche dei materiali, i progetti tecnici dell'azione pilota possono essere consultati sul sito web [LIFE CITYADAP3](https://www.life-cityadap3.eu).

Il percorso pedonale è stato realizzato con un marciapiede modulare in cemento con un'elevata capacità di drenaggio. Il materiale è realizzato in calcestruzzo ad alta resistenza con aggregati silicei, granitici o basaltici, utilizzando fino al 20% di materiale riciclato. Grazie alla luce solare e grazie al suo trattamento superficiale, la pavimentazione è anche in grado di rimuovere gli inquinanti attraverso un processo di ossidazione attivato proprio dall'energia solare. La pavimentazione è stata posata su uno spesso letto di ghiaia drenante e il tutto su un foglio geotessile, per la filtrazione naturale dell'acqua nel terreno. Questo sistema ha le caratteristiche di permeabilità e capacità di laminare e purificare l'acqua di deflusso urbano in misura maggiore. Inoltre, la pavimentazione è antiscivolo, decontaminante e fatta di materiale riciclato.

La piattaforma ciclabile è stata eseguita con una pavimentazione in calcestruzzo poroso continuo per esterni. Questo calcestruzzo incorpora anche aggregati foto-luminescenti verdi, con un tempo di attenuazione di 6-8 ore in condizioni di buio totale. Questa piattaforma è stata anche costruita per avere una pendenza del 2% verso le aiuole, in modo che qualsiasi acqua superficiale, che può accumularsi e non filtrare attraverso il materiale, viene trasportata alle aiuole allagabili, ottenendo una filtrazione naturale di quest'acqua nel terreno. L'eccedenza che il terreno poi non è in grado di assorbire viene raccolta mediante un sistema di drenaggio in PVC. L'acqua in eccesso viene trasportata nei vicini giardini alluvionali, evitando pozzanghere e inondazioni in caso di piogge torrenziali.

¹⁶ Johnson, A., Smith, B., Davis, C., & Thompson, R. (2022). Esaminare l'impatto della permeabilità del suolo sulla gestione delle acque piovane urbane. *Scienze e tecnologie ambientali*, 56(3), 1234-1242. doi: <https://doi.org/10.3390/w13010004>

Le aiuole sono state collocate in posizione adiacente alla piattaforma pedonale-ciclista, separando il traffico veicolare dall'area pedonale e raccogliendo le acque di deflusso. Nelle strade con spazio ridotto sono stati situati al posto della striscia di parcheggio esistente in quella zona. Sono costituiti da uno strato di 100 cm di terriccio, che funge da base per la semina di alberi ombreggianti e vegetazione arbustiva, sopra uno strato di materiale filtrante granulare selezionato. Lì è stato posto un tubo di drenaggio in calcestruzzo per catturare l'acqua in eccesso che il terreno non può filtrare, evacuando queste eccedenze nei giardini alluvionali collocati in piazze e giardini. Nei casi in cui la larghezza della strada non permettesse di rispettare le dimensioni minime di larghezza è stata piantata solo vegetazione arbustiva, in quanto richiedono meno spazio per il loro ciclo di vita.

La situazione a Lorquí è molto particolare e dimostra l'importanza di una buona analisi preventiva prima di attuare un'azione di opere civili sul campo. È necessario indicare che il centro della città è costruito su "cabezos" (piccole colline), che sono essenzialmente composte da terreno marnoso, la cui alterazione può provocare forti fenomeni di disfacimento e di idroespansività.

L'instabilità di questo terreno rende necessario valutare attentamente i materiali da utilizzare, tenendo conto di tre fattori: permeabilità, flessibilità (adattamento ai movimenti del suolo) e carico sul terreno. Pertanto, nella parte superiore dei "cabezos" i materiali devono essere leggeri, flessibili e con bassa permeabilità, in modo che possano resistere ai movimenti del terreno e non consentire il passaggio dell'acqua, che la renderebbe ancora più instabile.

I marciapiedi in calcestruzzo sono caratterizzati da un'elevata rigidità e rispondono male ai movimenti differenziali del suolo e questo porta a crepe. Ciò, insieme all'elevato carico che trasmettono al suolo e al deflusso superficiale dell'acqua, porta ad instabilità e alterazioni del terreno sui pendii. Pertanto, la proposta era quella di utilizzare materiali che, con un carico ridotto, possano essere in grado di impermeabilizzare l'area al fine di garantire che l'acqua non percoli e produca alterazioni nel terreno. Come soluzione, sono stati selezionati marciapiedi bituminosi con dimensioni ridotte dell'aggregato e basso spessore. Le miscele asfaltiche a caldo per manti d'usura sono composte dalla combinazione di un legante idrocarburo, aggregati con discontinuità granulometrica molto accentuata nella sabbia, polvere minerale ed eventualmente additivi, in modo che tutte le particelle dell'aggregato siano ricoperte da un film omogeneo di legante, che lo rende altamente impermeabile.

Inoltre, lungo le colline c'erano vari canali superficiali in cemento armato che erano in cattive condizioni a causa dell'instabilità del terreno. Il problema sta nel fatto che si tratta di strutture continue e rigide, il che significa che i piccoli movimenti causano crepe che portano a fuoriuscite e perdite d'acqua, con ripercussioni sull'ambiente. La proposta di risolvere questo problema consisteva nell'installazione di elementi di drenaggio longitudinali della lingua e della scanalatura come grondaie e gommoni. Questi sono disposti per mezzo di accoppiamenti e sovrapposizioni, il che significa che rispondono ai movimenti del terreno in modo indipendente e quindi non subiscono rotture che ne riducono la funzionalità.

I sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SUDs) sono tecniche di gestione delle acque piovane e di pianificazione urbana che mirano a imitare i processi idrologici naturali nello sviluppo urbano, controllando il deflusso nel paesaggio urbano. Questi sistemi mirano a ridurre la

quantità di acqua nello scarico finale e a migliorare la qualità delle acque scaricate nell'ambiente naturale, realizzando soluzioni integrate di gestione del ciclo idrico legate alla tutela ambientale delle acque riceventi. Esistono diverse tipologie: sistemi di rallentamento e conduzione; sistemi di stoccaggio e filtrazione; sistemi di trasporto e sistemi di trattamento passivo.

Nel 'Nelson Mandela Park' (Molina de Segura) sono stati installati tre tipi di sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SUDs) per controllare il flusso dell'acqua piovana, con l'obiettivo di trattenere temporaneamente il deflusso generato da forti piogge, laminare il flusso di picco, ridurre gli effetti delle inondazioni sulla strada Chorrico, evitare il trascinarsi del suolo dalle aiuole e utilizzare quest'acqua per irrigare gli alberi piantati nel parco. Si tratta di:

1. Grondaia vegetata: si tratta di un tipo di sistemi di trasporto di drenaggio sostenibili, dispositivi la cui missione è quella di trasportare l'acqua piovana ad altri sistemi di convogliamento e trasporto delle acque piovane più grandi fino a sistemi di trattamento importanti o a siti di scarico appropriati. Si tratta di sistemi di trasporto lineari e come tali vengono solitamente posizionati ai lati delle strade, essendo in alcuni casi essi stessi i punti di raccolta delle acque di deflusso da convogliare al prossimo sistema di gestione.
2. Trincee di infiltrazione: le trincee di infiltrazione sono un tipo di sistema di stoccaggio e filtrazione delle acque e sono utilizzate come strategia per controllare l'entità del flusso delle acque di deflusso in aree residenziali a media e alta densità. Raccolgono e immagazzinano l'acqua di deflusso fino a quando non si infiltrano nel terreno naturale e possono comprendere vegetazione, offrendo un'importante vista estetica in città. La distanza minima dalla falda d'acqua è pari a 1,2 metri per consentire l'esfiltrazione.
3. Pozzi di infiltrazione: questi rientrano anche nella tipologia dei sistemi di stoccaggio e filtrazione. Un elemento specifico per la cattura delle acque superficiali per lo stoccaggio e l'infiltrazione. Possono essere installati nell'ambiente urbano in aree alberate, in rotatorie o aree verdi, oppure come complemento ai fossati di infiltrazione, consentendo così l'infiltrazione di un maggior volume di acqua ed evitando il possibile traboccamento del fossato. La fossa di infiltrazione deve essere riempita con materiale di drenaggio granulare per filtrare l'acqua di deflusso prima dell'infiltrazione nel terreno. I geotessili filtranti e di separazione sono spesso utilizzati per avvolgere il materiale granulare e gli scarichi di emergenza vengono utilizzati per inviare l'eccesso al sistema fognario nel caso in cui la capacità venga superata.

Inoltre, al Nelson Mandela Park sono stati sviluppati test di penetrazione dinamici con registrazione continua, che sono un tipo di test sul campo la cui funzione è la caratterizzazione geotecnica di un suolo. Queste prove forniscono una misurazione continua della resistenza alla penetrazione, a partire dal livello superficiale fino alla profondità massima da raggiungere con la prova o fino a quando l'azionamento non viene rifiutato. Sono test a basso costo e altamente rappresentativi, in particolare per terreni granulari e misti, e costituiscono un'importante fonte di dati sulla resistenza del suolo.

Conoscere le caratteristiche e studiare il coefficiente di permeabilità del suolo è di grande importanza per pianificare le misure da sviluppare in esso. Nel caso di alberi ornamentali, l'ideale è quello di avere terreni con un limite superiore di 25 cm/h, vale a dire, i terreni con

bassa capacità di ritenzione idrica dovrebbero essere evitati. D'altra parte, il limite inferiore non dovrebbe essere sotto ai 5 cm/h, poiché la suscettibilità al ristagno è molto alta. Maggiori informazioni su questi test o sui loro risultati possono essere richieste al team LIFE CITYADAP3 attraverso il sito web.

v. Stabilizzazione del suolo

Da un punto di vista generale, le soluzioni di stabilizzazione delle pendenze devono essere selezionate a seconda delle caratteristiche specifiche del terreno e delle esigenze del progetto.

Sebbene a Lorquí siano state implementate solo soluzioni per la stabilizzazione del terreno e delle pendenze, la sua particolare casistica ha fatto sì che nell'ultimo decennio siano state testate molteplici soluzioni con vari gradi di successo, il che ha aiutato il comune a raggiungere i seguenti insegnamenti:

- Le pareti in calcestruzzo sono una soluzione comune per la stabilizzazione della pendenza in quanto offrono elevata stabilità e resistenza. Inoltre, sono relativamente facili da costruire e possono essere personalizzati per soddisfare specifiche condizioni del terreno. Tuttavia, le pareti in cemento possono essere costose e possono essere antiestetiche, rigide e piuttosto impermeabili.
- Il getto in calcestruzzo comporta l'applicazione di uno strato di calcestruzzo proiettato sul pendio da stabilizzare. I vantaggi includono la sua elevata resistenza e durata, che lo rende adatto a pendenze molto ripide o condizioni di elevata esposizione agli agenti atmosferici. Tuttavia, la pistola in calcestruzzo può essere costosa e richiede attrezzature specializzate per la sua applicazione. Ancora una volta, sarebbe una soluzione rigida con poca o nessuna permeabilità (a seconda di quale soluzione è ricercata per il drenaggio), che aumenta il deflusso superficiale.
- Le pareti di gabbioni: sono strutture costruite con gabbie in rete metallica riempite con pietra o altro materiale di riempimento. Sono una soluzione economicamente ed esteticamente attraente, in quanto sono relativamente poco costosi e possono essere adattati alle condizioni del terreno. Tuttavia, le pareti di gabbione non sono adatte a pendenze molto ripide o condizioni di alta esposizione agli agenti atmosferici. Per la loro stessa composizione sono completamente drenanti e consentono piccoli movimenti del suolo. Richiedono anche spazio sufficiente per essere posizionati, quindi non sono ideali per azioni su piccola scala.
- Le geo-griglie sono strutture in rete flessibili progettate per essere posizionate sulla superficie inclinata e ancorate al terreno con chiodi o graffette. Sono una soluzione efficace per la stabilizzazione della pendenza con moderata pendenza ripida e sono relativamente facili da installare. Tuttavia, le geo-griglie possono essere meno efficaci in condizioni di elevata esposizione agli agenti atmosferici o su pendii molto ripidi.
- Le Geo-cellule sono strutture tridimensionali fatte di materiali come plastica o geotessile, e sono riempiti con terreno, pietra o altro materiale di riempimento. Sono efficaci per stabilizzare pendenze moderatamente ripide e possono essere meno costose di altre soluzioni come le pareti di cemento. Tuttavia, le geo-cellule possono richiedere una manutenzione più a lungo termine rispetto ad altre soluzioni.
- Le coperture biodegradabili sono una soluzione più rispettosa dell'ambiente per la stabilizzazione della pendenza, in quanto sono realizzate con materiali biodegradabili

come paglia o fibra di cocco. Sono una soluzione adatta per pendenze moderatamente ripide e possono essere meno costose di altre soluzioni come le pareti in cemento. Tuttavia, le coperture biodegradabili possono richiedere una manutenzione più a lungo termine e potrebbero non essere adatte a condizioni atmosferiche elevate o quando ci sono pendenze ripide o problemi strutturali.

Non vanno dimenticati i limiti operativi che la configurazione stessa delle colline di Lorquí dà a un'area altamente urbanizzata, per mancanza di spazio e pendenze ripide. Per questo motivo, devono essere presi in considerazione anche i vantaggi e gli svantaggi delle soluzioni da un punto di vista costruttivo. In ogni caso, se si affronta l'analisi della costruzione in termini di performance economica, ogni soluzione avrà i propri costi associati, che dipenderanno da fattori quali la quantità di materiale richiesto, la difficoltà di accesso al cantiere, il tipo di macchinari e attrezzature richiesti e il costo della manodopera. Ad esempio, va notato che la costruzione di un muro di cemento può essere più conveniente al di sopra di un certo volume, in quanto il costo della macchina richiesta per la sua costruzione è più elevato. D'altra parte, soluzioni come gabbioni o geo-griglie possono essere più economiche in termini di materiali e manodopera.

Lo stesso accade quando si classificano queste soluzioni in base alla loro sostenibilità ambientale. Alcune opzioni hanno un impatto ambientale più elevato rispetto ad altre, ma l'impronta di carbonio specifica di ciascuna di esse dipende da diversi fattori, come la quantità di materiali utilizzati, la distanza di trasporto dei materiali e l'energia utilizzata durante la costruzione.

L'esperienza degli ultimi anni ha permesso al Comune di elaborare conclusioni su quali soluzioni siano più appropriate per il loro contesto specifico. In generale, per un terreno argilloso come Lorquí, le opzioni più adatte per il drenaggio e l'adattamento ai movimenti del suolo possono essere geo-griglie, pareti di gabbioni e geo-cellule. Queste opzioni possono consentire il drenaggio e distribuire i carichi in modo efficace, il che riduce la possibilità di cedimento del pendio. Inoltre, queste opzioni hanno una maggiore flessibilità e capacità di adattarsi ai movimenti del suolo rispetto alle soluzioni basate sul calcestruzzo.

In ogni caso, è importante tenere presente che la scelta di una soluzione o dell'altra dovrebbe basarsi su un'analisi dettagliata dei requisiti specifici del progetto, comprese le condizioni del sito, i requisiti di prestazione e la fattibilità economica. Poiché ci sono tanti fattori coinvolti nella decisione, è stata redatta una tabella di sintesi che dà priorità alle diverse soluzioni in base ai pesi (da 0 a 10) assegnati a ciascuna soluzione tenendo conto di criteri strutturali, ambientali, costruttivi, economici...

Tabella1. Analisi multicriterio per confrontare le opzioni di stabilizzazione del suolo nel caso di Lorquí.

SOLUZIONE	CRITERIO						Totale	Medio
	Strutturale	Ambientale	Presenza di acqua o movimenti del suolo	Pendenza	Costruzione	Economico		
Pareti di cemento	10	2	3	8	5	2	30	5,00

Getto di calcestruzzo	6	3	2	7	7	3	28	4,67
Geo-griglie	6	6	7	8	8	8	43	7,17
Geo-cellule	4	8	7	6	8	6	39	6,50
Coperture biodegradabili	2	10	7	6	9	10	44	7,33
Pareti di gabbioni	8	7	6	7	7	4	39	6,50

Sulla base di ciò, si può trarre una serie di conclusioni che possono facilitare l'approccio a una soluzione o un'altra:

- La soluzione più economica e vantaggiosa per l'ambiente, come è logico, è l'uso di coperture biodegradabili, anche se il loro utilizzo è limitato dalla loro bassa capacità strutturale.
- L'uso di geo-griglie o geo-cellule può essere una soluzione simile, anche se offrono alcuni vantaggi come l'aumento della capacità strutturale e la durata. Tuttavia, implicano un costo maggiore e l'uso di materiali meno sostenibili dal punto di vista ambientale, anche se vengono utilizzati materiali riciclati. Tra i due, l'installazione di geo-griglie è inevitabile quando si tratta di pendenze ripide (> 35°) purché le geo-cellule siano riempite con terriccio e/o ghiaia.
- Quando la priorità è trovare soluzioni che garantiscano la stabilità strutturale della pendenza, o quando si tratta di aree in cui sono concentrate elevate sollecitazioni di pendenza (> 50°), la soluzione ideale sarebbe l'uso di pareti di gabbioni per la loro capacità di drenaggio e/o adattamento agli spostamenti del suolo.
- Sulla base di quanto sopra, l'uso di pareti in cemento avrebbe senso solo quando si tratta di situazioni strutturalmente molto complesse (pendii molto verticali, mancanza di spazio, concentrazione di sollecitazioni, ecc.) e sempre in modo molto attento alla loro esecuzione, in quanto deve essere garantito un efficace sistema di drenaggio per il retro della parete.

Queste conclusioni sono sintetizzate in Figura6.

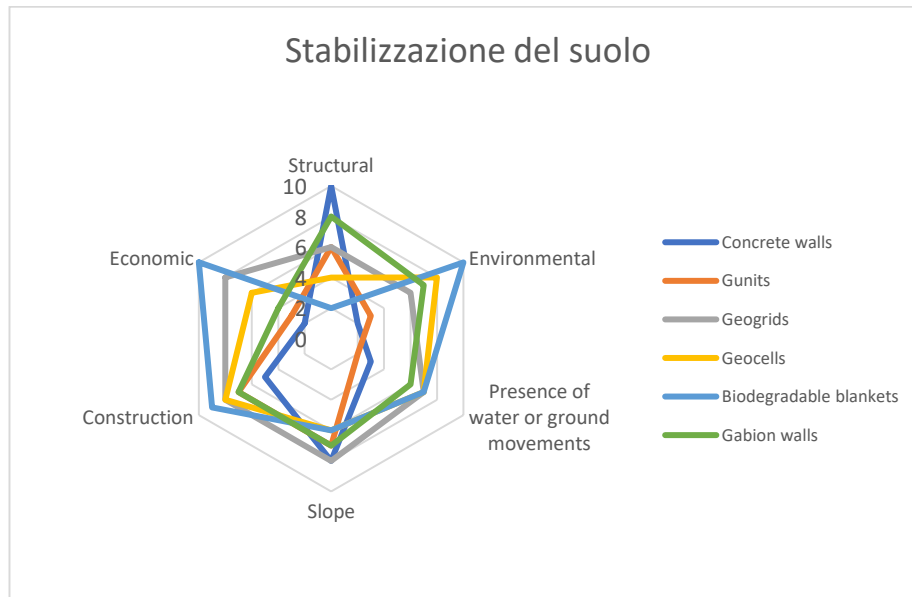


Figura6. Valutazione multicriterio per la selezione della soluzione di stabilizzazione del suolo più appropriata per Lorquí

Questa analisi dettagliata dovrebbe essere effettuata da qualsiasi Ente prima di intraprendere lavori civili per la stabilizzazione del suolo. Un modo è quello di studiare la perdita del suolo per fenomeni di erosione attraverso l'analisi dei parametri dell'equazione universale di perdita del suolo (Universal Soil Loss Equation - RUSLE). Questo è stato fatto nel Nelson Mandela Park. Per ulteriori informazioni su questo studio, si prega di contattare il team LIFE CITYAdaP3 tramite il modulo fornito sul sito web.

La valutazione delle diverse soluzioni tenendo conto di diversi criteri (ambientali, strutturali, geologici, topografici, economici...) massimizza la probabilità di successo delle opere. Strumenti come la valutazione multi-criteriale possono anche contribuire a fornire una visione completa e valutata della soluzione più appropriata per ogni situazione.

4. Linee guida per i comuni

Generazione dell'ombra	
Artificiale	Naturale
<p>Opzione ideale quando le condizioni non consentono di piantare alberi.</p> <p>Possibilità di utilizzare materiali sostenibili (legno, tessuti naturali...), quindi l'impronta di carbonio non è elevata.</p> <p>Possibilità di combinare questa soluzione con le piante, aumentandone i benefici per la riduzione della temperatura.</p>	<p>Migliore opzione quando lo spazio e le condizioni lo consentono, in quanto ha molteplici vantaggi associati e fornisce una grande varietà di servizi ecosistemici.</p> <p>Da sottolineare l'importanza di selezionare le specie corrette e garantirne la gestione.</p>
Rinaturalizzazione (specie delle piante)	
Autoctono	Esotico/Alloctono
<p>L'uso di specie autoctone è particolarmente raccomandato nelle zone rurali o nelle aree urbane e peri-urbane, che sono vicine agli spazi naturali. In questo modo, il rischio di introdurre specie esotiche nelle aree selvatiche è ridotto al minimo.</p> <p>Le specie autoctone migliorano la biodiversità locale. Hanno co-evoluto con la fauna selvatica locale, fornendo habitat, fonti alimentari e interazioni ecologiche che supportano la salute generale degli ecosistemi.</p> <p>Le specie autoctone hanno un'elevata capacità di adattamento alle condizioni ambientali locali, come il clima, il suolo e l'idrologia.</p> <p>Le specie autoctone contribuiscono a creare il senso del luogo, conservano le tradizioni locali e valorizzano il valore culturale dei paesaggi urbani</p> <p>Le specie autoctone non hanno un in genere potenziale invasivo.</p>	<p>Quando si utilizzano specie esotiche le specie invasive devono essere evitate. Ciò richiede il tenere in forte considerazione gli elenchi delle specie invasive a livello regionale, nazionale ed europeo. Si raccomanda poi di utilizzare specie che hanno già dimostrato la loro efficacia e che sono state tradizionalmente utilizzate in ambienti urbani.</p> <p>Le specie esotiche non invasive possono aumentare la diversità delle piante e creare ecosistemi urbani più resilienti e funzionali.</p> <p>Alcune specie non autoctone possono essere meglio adattate alle sollecitazioni urbane, come l'inquinamento, il suolo compatto e la limitata disponibilità di acqua. Queste specie possono aiutare le aree urbane verdi più rapidamente e resistere a condizioni difficili.</p> <p>Le specie non autoctone possono introdurre nuovi colori, forme e texture negli ambienti urbani, creando paesaggi visivamente accattivanti.</p> <p>Le specie non autoctone possono sfuggire alla coltivazione, superare le</p>

		piante autoctone e distruggere gli ecosistemi locali, portando alla perdita di biodiversità e servizi ecosistemici. È necessaria un'attenta selezione e gestione delle specie esotiche per evitare i loro potenziali impatti negativi.		
Rinaturalizzazione (Landscaping)				
Microforesta	Siepi campestri	Prati polifiti	Filari di alberi	Progettazione su misura
<p>Consente l'ottimizzazione della gestione verde pubblica, che è quindi beneficiaria sia in termini economici (piantumazione di piante giovani e poco costose; riduzione dei costi di gestione) e in relazione alle aspettative di "effetto rapido", che vengono spesso ricercate in questo tipo di intervento.</p> <p>Questi interventi sono ampiamente documentati in letteratura e hanno manifestato un grande impatto positivo sugli indicatori ambientali ed</p>	<p>Opzione ideale per situazioni con spazio limitato, in quanto consentono molteplici combinazioni di specie, strati e dimensioni. Lavorano come "corridoio ecologico" all'interno di ambienti altamente antropizzati e possono esercitare un'influenza significativa sul microclima.</p> <p>Regolano il flusso del vento (attività frangivento), riducendone la velocità e limitando l'evapotraspirazione.</p> <p>La presenza delle radici favorisce il consolidamento del suolo e limita l'erosione superficiale. L'azione di questi sistemi radicali consente inoltre un maggiore assorbimento d'acqua, stabilizzando le falde acquifere</p>	<p>L'aspetto positivo dei prati polifiti è che possono essere coltivati sia in condizioni asciutte che attraverso una attenta gestione dell'irrigazione. Quindi, possono essere un sostituto dell'erba comune.</p> <p>Oltre al suo valore ambientale ed ecologico ha un significato culturale con il sensibilizzare sulle pratiche colturali virtuose da favorire nel settore agricolo ed educativo per i cittadini, abituati a concepire il prato come un contesto monotono, indifferenziato, piuttosto che come un ecosistema fondamentale per la salute del suolo e la biodiversità.</p>	<p>Opzione appropriata per una maggiore ombreggiatura delle aree più scoperte degli spazi pubblici, esposte a maggiori quantità di radiazioni solari dirette (zone di gioco e simili) e percorsi ciclo-pedonali.</p> <p>Il loro percorso più o meno rettilineo dovrebbe essere definito sulla base della necessità di identificare chiaramente gli spazi formalmente percepibili, garantendo al contempo la permeabilità visiva rispetto agli altri elementi del contesto.</p>	<p>Un'altra opzione è quella di progettare progetti specifici di rimboschimento tenendo conto delle caratteristiche del parco, delle esigenze della popolazione e dell'ambiente e delle esigenze della specie. Occorre integrare specie di diverse dimensioni e caratteristiche morfologiche, fisiologiche ed estetiche, al fine di generare un progetto il più possibile simile all'ecosistema naturale della zona.</p>

ecologici legati alla biodiversità e alla salute dei suoli. La corretta selezione delle specie è essenziale e deve essere effettuata da un professionista.	attraverso l'approvvigionamento di acqua superficiale. Infine, le siepi rappresentano un serbatoio fondamentale di biodiversità.	È necessario selezionare specie adeguate in modo da poter crescere in modo ottimale senza la necessità di una manutenzione permanente.		
Permeabilità del suolo				
Pavimentazione permeabile	trincea vegetata	Trincee di infiltrazione	Pozzi di infiltrazione	Bacini di infiltrazione
Le pavimentazioni permeabili consentono all'acqua piovana di passare attraverso di esse e di percolare fino al terreno naturale sottostante. Può essere proposto calcestruzzo permeabile e calcestruzzo poroso con elevata capacità di drenaggio. Tuttavia, la composizione geologica del suolo deve essere presa in considerazione prima di installare questo tipo di soluzione. I terreni instabili	Si tratta di un tipo di sistemi di trasporto delle acque di drenaggio sostenibile, essi sono dispositivi la cui missione è quella di trasportare l'acqua piovana ad altri sistemi di trasporto di acque piovane più grandi fino a sistemi di trattamento importanti o a siti di scarico appropriati, fornendo una serie di vantaggi lungo il percorso. Le trincee vegetate sono sistemi di trasporto lineari e come tali sono solitamente posizionati ai lati delle strade, essendo in alcuni casi essi stessi i punti di raccolta per l'acqua di deflusso da convogliare al successivo sistema di gestione.	Sono un tipo di sistema di stoccaggio e filtrazione delle acque e sono utilizzate come strategia per controllare la quantità di flusso di deflusso in aree residenziali di media e alta densità. Raccolgono e immagazzinano l'acqua di deflusso fino a quando non si infiltrano nel terreno naturale e possono comprendere vegetazione, offrendo un'importante vista estetica in città. La distanza minima dalla falda d'acqua è di 1,2 metri per consentire l'esfiltrazione. Sono utilizzati geo-tessili e i geo-tessili di separazione	Rientrano anche nella tipologia dei sistemi di stoccaggio e filtrazione. Un elemento specifico per la cattura delle acque superficiali per lo stoccaggio e l'infiltrazione. Possono essere installati nell'ambiente urbano in aree alberate, rotonde o aree verdi, oppure come complemento ai fossati di infiltrazione, consentendo così l'infiltrazione di un maggior volume di acqua ed evitando il possibile traboccamento del fossato. La fossa di	Sono un altro tipo di sistema di stoccaggio e filtrazione. Sono elementi con vegetazione che permettono l'infiltrazione dell'acqua piovana. È consigliabile che siano collegati tra loro per amplificare la capacità di infiltrazione.

<p>rendono necessario valutare attentamente i materiali da utilizzare, tenendo conto di tre fattori: permeabilità, flessibilità e carico sul terreno.</p>		<p>saranno utilizzati per avvolgere il materiale granulare.</p>	<p>infiltrazione deve essere riempita con materiale di drenaggio granulare per filtrare l'acqua di deflusso prima dell'infiltrazione nel terreno. I geo-tessili filtranti e di separazione sono spesso utilizzati per avvolgere il materiale granulare e gli scarichi di emergenza vengono utilizzati per inviare l'eccesso al sistema fognario nel caso in cui la capacità progettata venga superata.</p>	
Stabilizzazione del suolo				
Pareti di cemento	Getti di calcestruzzo	Geo-griglie		
<p>Offrono elevata stabilità e forza. Inoltre, sono relativamente facili da costruire e possono essere personalizzati per soddisfare specifiche condizioni del terreno. Tuttavia, le pareti in cemento possono essere costose e possono essere antiestetici. Inoltre, sono rigidi e piuttosto impermeabili (se non correttamente drenati da dietro), possono</p>	<p>Comporta l'applicazione di uno strato di spruzzi di calcestruzzo sul pendio da stabilizzare. I vantaggi del getto in calcestruzzo includono la sua elevata resistenza e durata, che lo rende adatto a pendenze molto ripide o condizioni di elevata esposizione agli agenti atmosferici. Tuttavia, la pistola in calcestruzzo</p>	<p>Le geo-griglie sono strutture in rete flessibili progettate per essere posizionate sulla superficie inclinata e ancorate al terreno con chiodi o graffette. Le geo-griglie sono una soluzione efficace per la stabilizzazione della pendenza con moderata pendenza ripida e sono relativamente facili da installare. Tuttavia, le geo-griglie possono essere meno efficaci in condizioni di elevata esposizione agli agenti atmosferici o su pendii molto ripidi.</p>		

<p>provocare accumuli di acque sotterranee e infiltrazioni di acqua piovana.</p>	<p>può essere costosa e richiede attrezzature specializzate per la sua applicazione. Sarebbe una soluzione rigida con poca o nessuna permeabilità (a seconda di quale soluzione è ricercata per il drenaggio).</p>	
<p>Geo-cellule</p>	<p>Coperture biodegradabili</p>	<p>Pareti di gabbioni</p>
<p>Strutture tridimensionali fatte di materiali come plastica o geo-tessile, riempiti con terreno, pietra o altro materiale di riempimento. Le geo-cellule sono efficaci per stabilizzare pendenze moderatamente ripide e possono essere meno costose di altre soluzioni come le pareti in cemento. Tuttavia, le geo-cellule possono richiedere una manutenzione più a lungo termine rispetto ad altre soluzioni.</p>	<p>Si tratta di una soluzione più rispettosa dell'ambiente per la stabilizzazione della pendenza in quanto sono realizzati con materiali biodegradabili come paglia o fibra di cocco. Le coperture biodegradabili sono una soluzione adatta per pendenze moderatamente ripide e possono essere meno costose di altre soluzioni come le pareti in cemento. Tuttavia, le coperture biodegradabili possono richiedere una manutenzione più a lungo termine e potrebbero non essere adatte a condizioni atmosferiche elevate.</p>	<p>Sono strutture costruite con gabbie in rete metallica riempite con pietra o altro materiale di riempimento. Sono una soluzione economicamente ed esteticamente attraente, in quanto sono relativamente poco costosi e possono essere adattati alle condizioni del terreno. Tuttavia, le pareti di gabbione non sono adatte a pendenze molto ripide o condizioni di alta esposizione agli agenti atmosferici. Per la loro stessa composizione sono completamente drenanti e consentono piccoli movimenti del suolo. Richiedono anche spazio sufficiente per essere posizionati, quindi non sono ideali per azioni su piccola scala.</p>



LIFECITYADAP3