

RTI Progettisti:

SYSTRA

SOTECNI
SYSTRA GROUP

architector
engineering

AEGIS
CANTARELLI + PARTNERS

STUDIO MATTIOLI
Ambiente - Ingegneria - Energia

cooperativa archeologia

PROGETTO DEFINITIVO DELLA SECONDA LINEA TRANVIARIA DI BOLOGNA (TRATTO NORD LINEA VERDE)

OPERE A VERDE STATO DI PROGETTO RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

COMUNE DI BOLOGNA
SETTORE MOBILITA' SOSTENIBILE E INFRASTRUTTURE

IL DIRETTORE DEL SETTORE
ING. CLETO CARLINI

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
ING. GIANCARLO SGUBBI

IL DIRETTORE DELL'ESECUZIONE DEL CONTRATTO
ING. MIRKA RIVOLA

SEGRETERIA TECNICA

ing. Barbara Baraldi
arch. Virginia Borrello
ing. Giulio Cimbali
geom. Agnese Fero
ing. Stefania Guadagnini
geom. Luciano Notte
ing. Lisa Ombra
ing. Marco Pesare

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

RESPONSABILE DI COMMESSA
ING. PAOLO MARCHETTI

COORDINATORE TECNICO
ING. ALESSANDRO PIAZZA

SISTEMA TRANVIARIO
ING. SANTI CAMINITI

ARCHITETTURA E INSERIMENTO URBANISTICO
ARCH. SEBASTIANO FULCI DE SARNO

OPERE A VERDE
ARCH. NICOLA CANTARELLI

OPERE STRUTTURALI
ING. STEFANO TORTELLA

SEGNALAMENTO E TELECOMUNICAZIONI
ING. ANGELA TORTORELLA

AMBIENTE
PROF. MATTEO MATTIOLI

SICUREZZA
ARCH. SERGIO MOSCHEO

ARCHEOLOGIA
DOTT. CRISTINA BIGAZZI

BIM MANAGER
GEOM. MIRKO CASAROLI

RESP. INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
ING. SANTI CAMINITI

IMPIANTI TECNOLOGICI
ING. SIMONE VILLA

STUDI TRASPORTISTICI
ING. ANDREA SPINOSA

VIABILITA' INTERFERENTE E SOTTOSERVIZI
ING. PIETRO CAMINITI

IDRAULICA E IDROLOGIA
ING. ANDREA BENVENUTI

DEPOSITO
ING. GIORGIO COLETTI

ARMAMENTO
ING. MAURIZIO FALZEA

GEOLOGIA E GEOTECNICA
DOTT. GEOL. ANTONIO PAONE

TRAZIONE ELETTRICA
ING. DOMENICO D'APOLLONIO

IMPIANTI MECCANICI
ING. SALVATORE GIUA

COMMESSA	FASE	LOTTO	WBS	DISCIPLINA	TIPO	NUMERO	REV.	SCALA	NOME FILE
B381	C	D	X00	V00	URB	RG	01	C	B381C-D-X00-V00-URB-RG-01-C

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	Ago. 2023	PRIMA EMISSIONE	CONSALES	CANTARELLI	S. CAMINITI
B	Set. 2023	AGGIORNAMENTO PER INTERFERENZE	CONSALES	CANTARELLI	S. CAMINITI
C	Febbr. 2024	AGGIORNAMENTO A SEGUITO DI VALIDAZIONE	CONSALES	CANTARELLI	S. CAMINITI
D					

Indice

PREMESSA.....	3
DEFINIZIONE DEL TRACCIATO DELLA LINEA TRANVIARIA.....	4
INDIVIDUAZIONE DELLE OPERE A VERDE.....	7
INQUADRAMENTO TERRITORIALE - CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE	8
ITER PROGETTUALE.....	14
PROVVEDIMENTO DI VERIFICA DI ASSOGGETTABILITÀ A VIA (SCREENING).....	14
2 RIFERIMENTI PROGETTUALI.....	15
REGOLAMENTO EDILIZIO E REGOLAMENTO DEL VERDE PUBBLICO E PRIVATO	15
INTERFERENZE CON SOTTOSERVIZI	20
INTERFERENZE CON PAVIMENTAZIONI.....	20
INTERFERENZE CON ILLUMINAZIONE PUBBLICA/PALI TRAZIONE ELETTRICA.....	25
CRITERI AMBIENTALI MINIMI (CAM).....	25
DECRETO 11 OTTOBRE 2017 ABROGATO E SOSTITUITO DA DM 23/06/2022.....	27
SPECIE ARBOREE IN RELAZIONE ALL'ALLERGENICITÀ ED ALLA MODALITÀ DI IMPOLLINAZIONE	28
SPECIE CON FUNZIONE DI ASSORBIMENTO DELLE SOSTANZE INQUINANTI IN ATMOSFERA E DI REGOLAZIONE DEL MICROCLIMA	33
ESIGENZE IDRICHE	38
SISTEMA DI IRRIGAZIONE.....	41
SCELTE FLOROVIVAISTICHE: RESISTENZA ALLE FITOPATOLOGIE E ASSENZA DI EFFETTI NOCIVI PER LA SALUTE UMANA	44
UTILIZZO DI SPECIE NON URTICANTI O SPINOSE.....	45
SPECIE ARBOREE CON RESISTENZA DELL'APPARATO RADICALE, DEL FUSTO O DELLE FRONDE IN CASO DI EVENTI METEORICI.....	45
3 DESCRIZIONE DELLE OPERE A VERDE	47
BOSCHI URBANI A NORD E SUD DI Via BENTINI.....	47

RAIN GARDEN — CANALI VEGETATI	54
PRATI 56	
PRATI ORNAMENTALI A BASSA ESIGENZA	57
PRATI ESTENSIVI DELLE RADURE E DEI BOSCHI URBANI	60
TETTI VERDI ESTENSIVI.....	61
ALBERATE STRADALI	63
AIUOLE E ROTATORIE STRADALI.....	64
PARCHEGGI PUBBLICI	64
ARMAMENTO PERMEABILE	68
TUTELA DEGLI ALBERI	70
BILANCIO ARBOREO	73
5 BILANCIO DI CO ₂ CON APPLICAZIONE DEL MODELLO BENEFITS	80
ABBATTIMENTI.....	81
NUOVI IMPIANTI.....	83
STIMA DEL MANCATO ASSORBIMENTO CAUSATO DAL SOIL SEALING PRESSO IL CAPOLINEA NORD	87
BILANCIO DI FITOMASSA	89

PREMESSA

Il progetto della tratta nord della Seconda linea tranviaria della città di Bologna (linea Verde), si inquadra come secondo passo per la realizzazione della nuova rete a servizio del capoluogo Emiliano, che trova le sue motivazioni nel “Piano Urbano della Mobilità Sostenibile” (PUMS) della Città Metropolitana di Bologna, adottato nel novembre 2018 e definitivamente approvato il 29-12-2019, divenendone un primo fondamentale elemento attuativo.

La redazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile metropolitano di Bologna nasce dalla necessità di offrire soluzioni innovative alle criticità del sistema della mobilità del territorio e rispondenti a una duplice e complementare esigenza di carattere etico e normativo: ridurre le emissioni di gas climalteranti e l’incidentalità stradale, assicurando un efficientamento dei sistemi di mobilità sostenibili e agevolando la progressiva decarbonizzazione del parco veicolare e la transizione verso l’elettrico. La crescente attenzione dell’opinione pubblica verso il tema della sostenibilità ha posto l’obbligo di proporre un nuovo paradigma di mobilità fondato sul miglioramento dei servizi di trasporto pubblico collettivo e sulla loro integrazione con reti più estese e più sicure dedicate alla mobilità ciclabile e pedonale, nell’ottica di assicurare una diffusa coesione territoriale ed un’effettiva inclusione sociale.

Al tempo stesso i limiti fissati dalla normativa vigente in materia di riduzione delle emissioni inquinanti da traffico hanno sancito la necessità di introdurre politiche di mobilità e misure concrete che recepiscano gli obiettivi indicati per il conseguimento di tali ambiziosi obiettivi, declinandoli non solo al Comune di Bologna ma all’intero territorio metropolitano.

La presente relazione illustra il progetto delle opere a verde inserite nel progetto complessivo di realizzazione della linea tranviaria di Bologna (linea verde).

La progettazione definitiva delle opere a verde ha seguito un approccio multidisciplinare, che ha messo a sistema aspetti paesaggistici, naturalistici, agronomici, ecologici, ambientali ed idrogeologici, considerando l'inserimento della nuova infrastruttura tramviaria come un'opportunità di riqualificazione del verde urbano e periurbano per il miglioramento dei "servizi ecosistemici".

Il verde urbano è inteso come **infrastruttura e servizio ecosistemico**, che contribuisce concretamente alla salubrità, sicurezza, fruizione sociale e resilienza dell'ambiente urbano ai cambiamenti climatici. In tal senso la tutela del verde esistente (pubblico e privato) e la progettazione del nuovo verde sono orientati a essere funzionali al concetto di "salute ambientale" dell'Organizzazione mondiale della sanità che individua nella vegetazione uno strumento per contrastare l'inquinamento urbano, l'aumento delle temperature locali (effetto "isole di calore") e l'aumento di fabbisogno energetico.

Definizione del tracciato della linea tranviaria

Il tracciato della Linea Verde, dal capolinea su Via dei Mille al capolinea Nord di Corticella, lungo poco più di 6.70 km, e si sviluppa quasi interamente sull'asse sud-nord costituito da via Indipendenza, via Matteotti, via Corticella, via Bentini, per poi deviare leggermente e percorrere via S. Anna, via Byron e via Shakespeare per il tratto finale. Lungo il tracciato, oltre ai suddetti capolinea, sono collocate 15 fermate, di cui 3 in comune con la realizzanda Linea Rossa.

Entrando nel dettaglio, i primi 320 m ca. si sviluppano lungo via dei Mille, da Piazza dei Martiri fino all'intersezione con via Indipendenza, e sono di nuova realizzazione. All'intersezione con quest'ultima importante arteria, una doppia comunicazione semplice (una per ogni binario) permette alla linea Verde di "confluire" sulla Linea Rossa: in sostanza le vetture destinate al servizio della Verde percorreranno in entrambe le direzioni i binari della linea Rossa.

Questa configurazione viene mantenuta fino a P.zza dell'Unità (per uno sviluppo di ca. 1,17 km.) raggiunta la quale il tracciato piega prima sulla sinistra per poi imboccare a nord via Corticella e svilupparsi nel quadrante nord della città di Bologna fino al capolinea di Corticella per ulteriori 5,22 km.

All'intersezione tra via Bentini e via S. Anna, il tracciato devia verso Est per percorrere quest'ultima strada fino all'intersezione con via Byron: qui svolta sulla sinistra verso nord fino all'intersezione con via Shakespeare.

Il tratto adesso descritto, compreso tra le fermate Gorky e Shakespeare, per una lunghezza di ca. 900 m, non presenta linea di contatto per la circolazione dei mezzi tranviari (tratta Catenary free): tale soluzione, resa possibile dalle caratteristiche delle nuove vetture che circoleranno sulla rete Bolognese dotate di sistemi a batterie, permetterà di eliminare linea e soprattutto pali di sostegno lungo in tratto di viabilità esistente lungo la quale in tram cirolerà in promiscuo con le vetture private.

Nel tratto finale di via Shakespeare, all'intersezione con via Bentini, è prevista la realizzazione di una nuova rotatoria che permetterà anche l'accesso al nuovo polo di interscambio modale collocato a nord di via Shakespeare, nell'area interclusa tra la viabilità a sud, il centro sportivo a est e il canale Navile a ovest.

In tale area è prevista la realizzazione di un parcheggio multipiano fuori terra per i mezzi privati su gomma, un capolinea a raso per i mezzi pubblici extraurbani che provengono da nord dall'area di Castel maggiore, e sul lato destro, un area di ricovero notturno per i mezzi tranviari, equivalente a quanto previsto per l'area ricovero "Pilastro" della linea Rossa, con 4 binari per permettere di attestare la sera le prime vetture che inizieranno il servizio nelle prime ore della giornata successiva.

Infine, il tracciato termina con l'attraversamento del canale Navile grazie alla realizzazione di un nuovo ponte collocato a sud di quello esistente, lungo 59 m e ad esclusivo utilizzo delle vetture tranviarie: attraverso questa nuova infrastruttura la linea raggiungerà in nuovo capolinea nord "Corticella", collocato in corrispondenza del piazzale della omonima stazione ferroviaria SFM.

Lungo il tracciato da Piazza dell'Unità al Capolinea Corticella sono ubicate 12 fermate, ad un interasse medio di 500 m, tranne che nel tratto di attraversamento dello svincolo della tangenziale di Bologna lungo via Corticella che rende impossibile la collocazione di fermate nel rispetto della distanza sopra riportata.

Come ultima annotazione, va ricordato che il capolinea di via dei Mille diventerà, quando la seconda linea sarà completata con il suo ramo sud, una semplice fermata intermedia dell'itinerario più lungo che collegherà il capolinea nord di Corticella/Castel Maggiore con il futuro capolinea da posizionare nel quadrante sud-ovest della città, punto terminale della seconda linea.

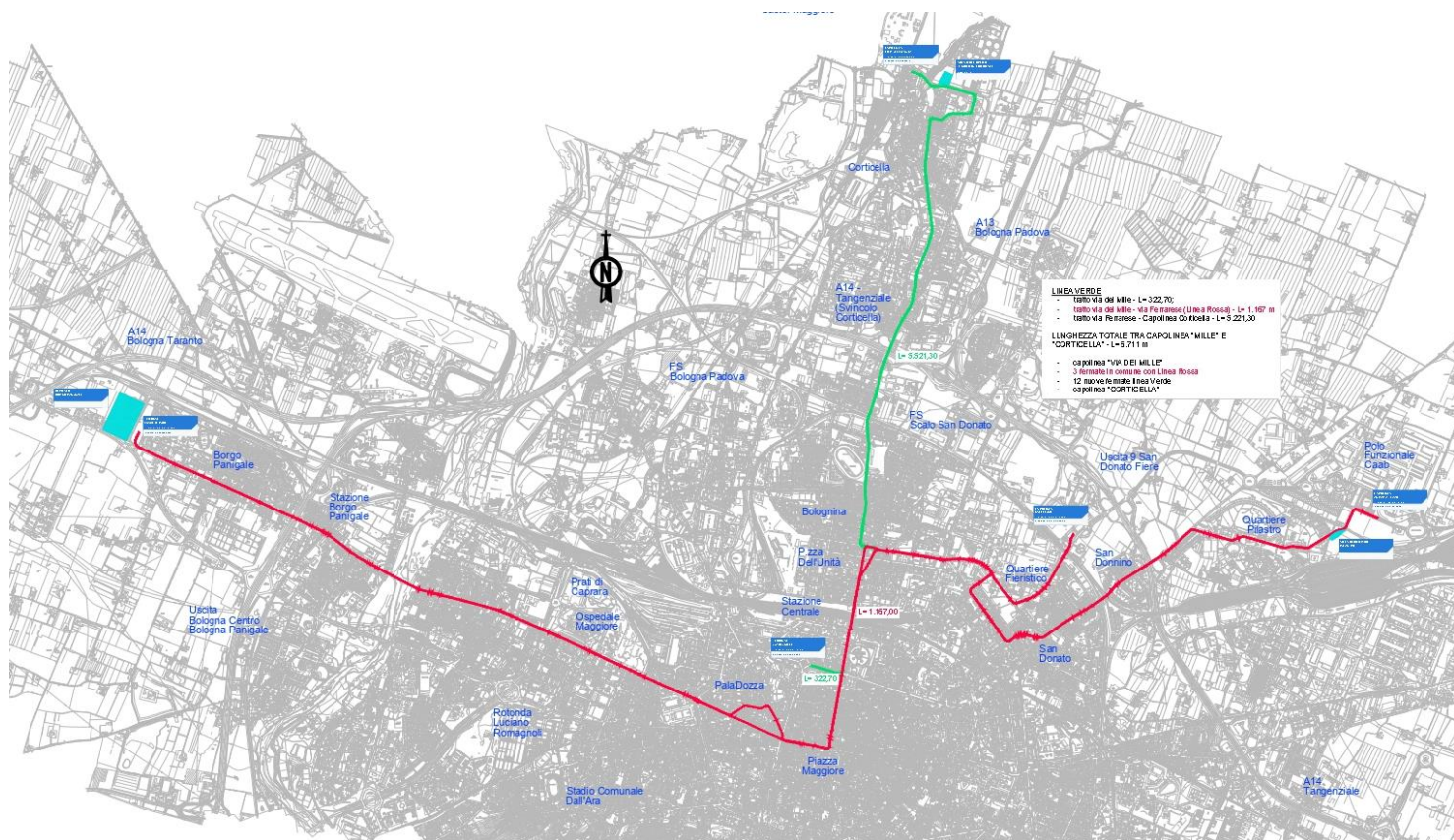


Figura 1: Planimetria generale Linea Rossa + Tratta nord Linea Verde

Individuazione delle opere a verde

Si descrivono sinteticamente le opere a verde previste.

Nelle aree terminali in prossimità del capolinea, localizzate in aree ad oggi agricole, sono stati previsti interventi di incremento della fitomassa arborea:

- bosco urbano 1 (a sud di Via Bentini): 250 nuovi alberi e 107 arbusti, per una superficie boscata di 8739 mq;
- bosco urbano 2 (a nord di Via Bentini) 88 nuove alberi e 39 arbusti, per una superficie boscata di 3122 mq;

quali interventi volti all'integrazione della tranvia con il tessuto esistente, alla ricucitura dei tessuti della frangia urbana e al rafforzamento delle connessioni fra le diverse componenti ecologiche, naturali e paesaggistiche.

Nella complessiva riqualificazione urbanistica dell'ambiente stradale sono stati previsti nuovi parcheggi pubblici in sede propria nei quali saranno presenti **aree verdi ad ombreggiamento dei parcheggi**, in un'ottica di miglioramento del microclima urbano.

In corrispondenza degli assi stradali la ridefinizione delle dimensioni della carreggiata per garantire il transito dei tram e la localizzazione di fermate dedicate, la realizzazione di nuove piste ciclabili, percorsi pedonali e stalli di sosta ha determinato:

- riprogettazione delle alberate viarie;
- l'inserimento di nuove aree verdi a servizio della mobilità (aiuole stradali e rotatorie).
- Potenziamento di parchi e giardini esistenti: Giardino 3 ottobre 2013, porzione su via di Corticella del Parco dei Giardini Via dell'Arcoveggio, Parco su via del Tuscolano e Parcheggio di Via Piero Gobetti (porzione del parco Trilogia Navile).

Il totale dei nuovi impianti considerando boschi urbani, alberature viarie, parchi e giardini è di **781** alberi.

Inquadramento territoriale - caratteristiche pedologiche

Le carte pedologiche, carte tematiche che rappresentano la distribuzione geografica dei suoli e ne descrivono i principali caratteri chimico-fisici e le qualità, informazioni utili a valutare l'idoneità di un territorio ad essere utilizzato per molteplici attività e settori (agricoltura, selvicoltura, urbanistica, industria, viabilità, tempo libero...) costituiscono un importante ausilio nella gestione e pianificazione territoriale.

Le carte tematiche sono state consultate dal sito cartografico "I suoli dell'Emilia-Romagna" di Regione.

La Carta dei suoli dell'Emilia-Romagna in scala 1:250.000, realizzata nel 1994 con aggiornamenti successivi (2000), individua e descrive 91 Unità cartografiche:

- il tratto sud ricade in 3Ca e 3Af.
3CA - Suoli a pendenza tipica 0,2-1%; molto profondi; a tessitura media o fine; a disponibilità di ossigeno da buona a moderata. All'aumentare della profondità variano da non calcarei a molto o fortemente calcarei, da neutri a mod. alcalini.
3Af - suoli a pendenza tipica 0,2-0,8%; molto profondi; a tessitura media; a buona disponibilità di ossigeno; calcarei; moderatamente alcalini.
- il resto del tracciato della linea tranviaria ricade prevalentemente in 3Ad: Suoli in aree morfologicamente rilevate della pianura alluvionale. Sono pianeggianti, con pendenza che varia tipicamente da 0,08 a 0,3%; molto profondi; a tessitura media; calcarei; moderatamente alcalini. La disponibilità di ossigeno varia da buona a moderata.
- La zona nord ricade in 3Ba: Suoli in aree morfologicamente rilevate della pianura alluvionale. Sono pianeggianti, con pendenza che varia tipicamente da 0,1 a 0,3%; molto profondi; a tessitura media; a buona disponibilità di ossigeno; calcarei; moderatamente alcalini.



Figura 2: estratto Carta dei suoli dell'Emilia-Romagna in scala 1:250.000 e tracciato linea tranviaria

La carta dei suoli alla scala 1:50.000 è stata realizzata utilizzando le informazioni provenienti dai rilevamenti effettuati dalla metà degli anni '70 fino al 2017. La descrizione dei suoli è effettuata attraverso 425 diversi tipi di suolo (UTS - Unità Tipologiche di Suolo), distribuiti in 8628 delimitazioni identificate da un codice numerico:

- il capolinea nel centro storico della città ed il primo tratto della linea verso nord ricadono in TEG2/TEG1. I suoli TEG1 - TEGAGNA franco limosi sono molto profondi, da non calcarei a scarsamente calcarei; da neutri a debolmente alcalini ed a tessitura

franca limosa nella parte superiore e da debolmente a moderatamente alcalini ed a tessitura franca argillosa limosa o franca argillosa in quella inferiore. Il substrato è costituito da alluvioni stratificate a prevalente composizione sabbiosa-limosa. I suoli TEGAGNA franco limosi sono in superfici molto antiche della pianura pedemontana, in ambiente di interconoide o di conoide alluvionale conoide o terrazzo alluvionale, spesso solcate da deboli incisioni corrispondenti a corsi d'acqua appenninici di ridotta entità. In queste terre la pendenza varia da 0,5 a 1%. La densità di urbanizzazione è molto elevata. Sono molto frequenti le aziende agricole di piccole e medie dimensioni. L'uso del suolo è in prevalenza a seminativo semplice, vigneto e frutteto. Non sono di solito presenti opere di regimazione idraulica, né si effettuano lavorazioni atte a favorire il deflusso delle acque (baulature, drenaggi subsuperficiali temporanei).

I suoli TEG2 - TEGAGNA franco argilloso limosi sono molto profondi, da non calcarei a scarsamente calcarei; da neutri a debolmente alcalini ed a tessitura franca argillosa limosa nella parte superiore e da debolmente a moderatamente alcalini ed a tessitura franca argillosa limosa o franca argillosa in quella inferiore. Il substrato è costituito da alluvioni stratificate a prevalente composizione sabbiosa-limosa. I suoli TEGAGNA franco argillosi limosi sono in superfici molto antiche della pianura pedemontana, in ambiente di interconoide o di conoide alluvionale conoide o terrazzo alluvionale, spesso solcate da deboli incisioni corrispondenti a corsi d'acqua appenninici di ridotta entità. In queste terre la pendenza varia da 0,5 a 1%. La densità di urbanizzazione è molto elevata. Sono molto frequenti le aziende agricole di piccole e medie dimensioni. L'uso del suolo è in prevalenza a seminativo semplice, vigneto e frutteto. Non sono di solito presenti opere di regimazione idraulica, né si effettuano lavorazioni atte a favorire il deflusso delle acque (baulature, drenaggi subsuperficiali temporanei).

- Un breve tratto a nord-ovest ricade in suoli BEL1- BELLARIA, molto profondi, molto calcarei, moderatamente alcalini, a tessitura da media a moderatamente fine. È presente ghiaia non alterata a partire da due metri circa di profondità. Il substrato è costituito da alluvioni a tessitura da media a grossolana.

I suoli BELLARIA sono in aree di conoide o in superfici terrazzate recentemente abbandonate ed incise dai fiumi appenninici ed in zone di pianura pedecollinare interessate di recente da rotte fluviali di modesta entità. In queste terre la pendenza varia dallo 0,5 allo 0,8%. La densità di urbanizzazione è elevata. L'uso agricolo del suolo è a seminativo semplice, prato e vigneto. Opere atte a regolare il deflusso delle acque non sono in genere necessarie;

- Il tratto nord ricade in CTL1/CTL3 CTL1: CATALDI franco limosi, 0.1-0,2% pendenti: I suoli CATALDI franco limosi, 0.1-0.2% pendenti sono molto profondi e moderatamente alcalini; sono da scarsamente a moderatamente calcarei ed a tessitura franca limosa nella parte superiore; da scarsamente a molto calcarei ed a tessitura franca limosa o franca argillosa limosa in quella inferiore. Il substrato è costituito da alluvioni a tessitura media.

I suoli CATALDI franco limosi, 0.1-0.2% pendenti sono nella piana a copertura alluvionale, in area di dosso o argine naturale. La messa in posto dei sedimenti è riferibile al periodo precedente all'età romana. In queste terre la pendenza varia da 0,1 a 0,2%. La densità di urbanizzazione è molto elevata. Sono molto frequenti le aziende agricole di piccole e medie dimensioni. L'uso agricolo del suolo è in prevalenza a seminativo semplice, vigneto e frutteto. Opere atte a regolare il deflusso delle acque sono necessarie saltuariamente e solo a livello aziendale (scoline poco profonde, baulature).

CTL3: CATALDI franco argilloso limosi, 0.1-0.2% pendenti, I suoli CATALDI franco argillosi limosi, 0.1-0.2% pendenti sono molto profondi e moderatamente alcalini; sono da scarsamente a moderatamente calcarei ed a tessitura franca argillosa limosa nella parte superiore; da moderatamente a molto calcarei ed a tessitura franca argillosa limosa e franca limosa in quella inferiore. Il substrato è costituito da alluvioni a tessitura media.

I suoli CATALDI franco argillosi limosi, 0.1-0.2% pendenti sono nella piana a copertura alluvionale, in aree di transizione (piana modale argine naturale distale). La messa in

posto dei sedimenti è riferibile al periodo precedente all'età romana. In queste terre la pendenza varia da 0,1 a 0,2%. La densità di urbanizzazione è molto elevata. Sono molto frequenti le aziende agricole di piccole e medie dimensioni. L'uso agricolo del suolo è in prevalenza a seminativo semplice, vigneto e frutteto. Opere atte a regolare il deflusso delle acque sono necessarie saltuariamente e solo a livello aziendale (scoline poco profonde, baulature).

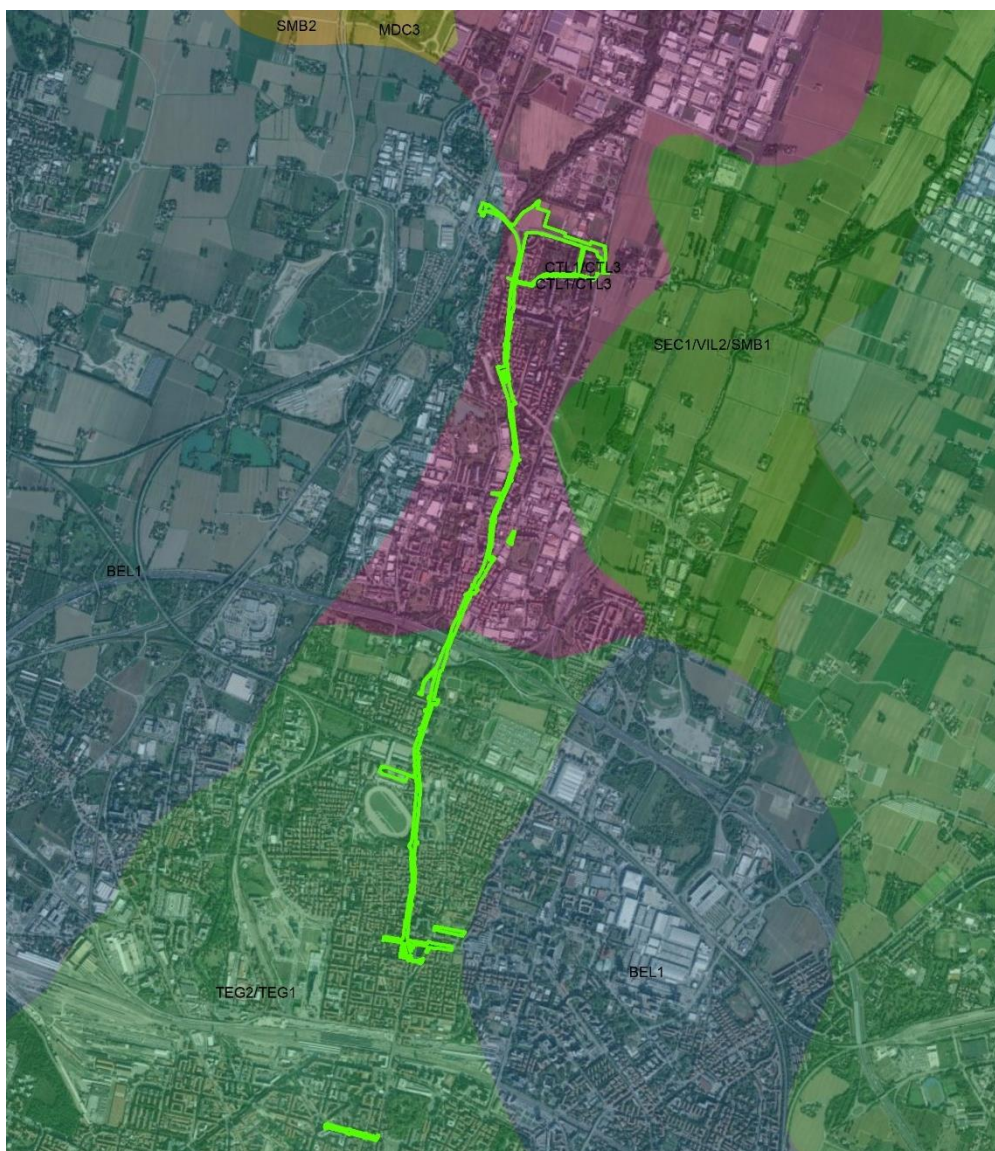


Figura 3: estratto Carta dei suoli dell'Emilia-Romagna in scala 1:50.000 e sovrapposizione tracciato linea tranviaria

Dalle carte tematiche delle proprietà chimico fisiche dei suoli si evince quanto segue:

- contenuto % di carbonio organico nei suoli della pianura tra 0-30 cm inferiore a 1% in corrispondenza delle aree di intervento;
- contenuto % di carbonio organico nei suoli della pianura tra 0-100 cm inferiore a 1% in corrispondenza delle aree di intervento;
- della “Carta del fondo naturale-antropico di As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Sn, V, Zn della pianura emiliano-romagnola che rappresenta la distribuzione areale del contenuto di alcuni metalli potenzialmente tossici nel topsoil (20-30 cm di profondità) dei suoli ad uso agricolo si riportano di seguito i valori in corrispondenza del Deposito nord dove sono presenti i boschi urbani.

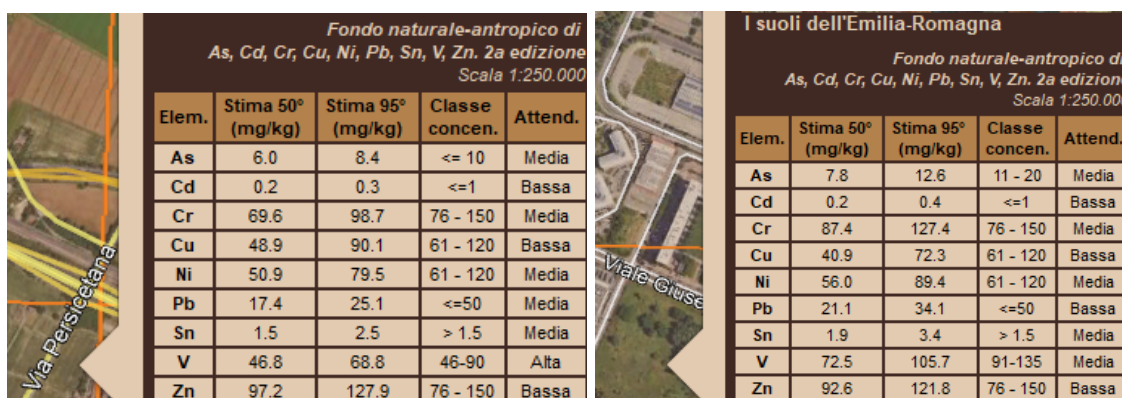


Figura 4: valori dalla Carta del fondo naturale antropico per l'area del Deposito nord dei boschi urbani

Il progetto prevede per le alberature viarie l'inserimento di nuovo terreno di idonea qualità, mentre nelle macroaree (aree boscate e parco urbano) l'impianto avverrà su terreno attualmente agrario e destinato a coltivazione, a garanzia delle condizioni pedologiche. Nell'elaborato **B381C_D_X00_AMB_PMA_RG_01_A - Piano di Monitoraggio Ambientale** sono state previste apposite indagini in fase di ante-operam finalizzate alla caratterizzazione dello stato del suolo, sia in termini qualitativi che quantitativi, con particolare riferimento alla fertilità, alla presenza di inquinanti ed alle caratteristiche fisiche. Le attività prevedono l'esecuzione di campagne per l'acquisizione di parametri pedologici, fisico-chimici e chimici dei terreni.

Iter progettuale

Provvedimento di verifica di assoggettabilità a VIA (screening)

Con Determinazione del Responsabile “Area valutazione Impatto Ambientale e autorizzazioni” della struttura “Settore tutela dell’Ambiente ed economia circolare – Direzione generale cura de territorio e dell’ambiente” n. 6531 del del 27/03/2023 di Regione Emilia Romagna si è determinato di escludere, ai sensi dell’art. 11, comma 1, della l.r. 4/2018, il progetto denominato “Seconda linea tranviaria di Bologna (Linea Verde)” dalla ulteriore procedura di VIA, a condizione che vengano rispettate le condizioni ambientali di seguito specificate:

ecosistemi, vegetazione e flora, fauna

23. in generale, lungo tutto il tracciato, il proponente dovrà effettuare ulteriori approfondimenti sulle possibili interferenze rispetto a tutte le alberature esistenti, per verificarne l'effettiva necessità di abbattimento;

le mitigazioni relative alle sistemazioni a verde e alle nuove piantumazioni dovranno comunque avvenire quanto più possibile nelle stesse aree in cui si verificano gli impatti per la componente vegetazionale;

la progettazione delle aree verdi dovrà essere realizzata in conformità con il Regolamento del verde pubblico e privato del Comune di riferimento;

verifica dell'ottemperanza: Comune di Bologna e Comune di Castel Maggiore per le rispettive competenze fase della verifica: D-E

24. per i nuovi impianti dovranno essere utilizzate, in una percentuale non inferiore al 50%, le specie autoctone con maggiore capacità “ANTI SMOG”, specie dotate di una spiccata capacità di mitigazione dell'impatto degli inquinanti gassosi e tra le meno allergizzanti. Inoltre, la scelta localizzativa e di specie dell'impianto dovrà favorire il miglioramento della qualità del microclima urbano;

verifica dell'ottemperanza: Comune di Bologna e Comune di Castel Maggiore per le rispettive competenze fase della verifica: D-E

Tabella 1: condizioni ambientali per Ecosistemi, Vegetazione e Flora, Fauna in DGR_6531_2023

Come esplicitato nell’elaborato B381C-D-X00-AMB-XXX-RT-01-A- Relazione di ottemperanza alle prescrizioni del Decreto di Screening in riferimento ai punti sopracitati, si conferma che il progetto ha ottemperato alle richieste suddette. In particolare:

23) Si è compiuta una verifica capillare lungo il percorso al fine di valutare puntualmente le interferenze per limitare l'abbattimento di alberi. I nuovi impianti arborei sono stati prioritariamente riproposti in loco o nelle immediate vicinanze rispetto al punto di abbattimento, considerando la fattibilità tecnica in relazione alle prescrizioni del Regolamento del verde. Quando non si sono verificate le condizioni per il reimpianto in loco si è optato per ulteriori aree verdi messe a disposizione dall'amministrazione.

24) La scelta delle specie arboree è stato compiuto privilegiando quelle meno allergizzanti e con elevata capacità di assorbimento della CO₂, e con *una spiccata capacità di mitigazione dell'impatto degli inquinanti gassosi*, agendo in conformità ai Criteri Ambientali Minimi (CAM).

Rispetto a quanto definitivo durante l'iter di screening di VIA, gli approfondimenti progettuali in fase di definitivo hanno permesso la riduzione degli abbattimenti delle alberature di rilevanza, ridimensionandosi a soli 4 Platani in Via Ferrarese, come specificato di seguito.

2 RIFERIMENTI PROGETTUALI

Regolamento Edilizio e Regolamento del verde pubblico e privato¹

Il progetto delle opere a verde è stato sviluppato in conformità al Regolamento Edilizio e allegato Regolamento del verde pubblico e privato del Comune di Bologna, dei quale si riportano i principali articoli di riferimento:

- prevedendo a fronte di **220 abbattimenti, 443 nuovi alberi** in corrispondenza delle aree di intervento e **338** nuove alberature **nei boschi a nord e a sud di Via Bentini**;
- dimensionando le aiuole nella dimensione di 2x2 m, con eccezione di situazioni critiche per la dimensione ristretta della sezione stradale;

¹ Regolamento del Verde pubblico e privato allegato al Regolamento Edilizio (Protocollo generale n. 519336/2020, approvato con DC/2020/125 in data 7/12/2020)

- mantenendo le seguenti distanze di riferimento: distanze dai confini: 3 m; distanza da edifici e manufatti: minimo 3 m; distanze da utenze aeree: a distanza di sicurezza in conformità alla normativa vigente; distanze da utenze sotterranee: minimo 3 m; distanze da solai e/o manufatti interrati: minimo 3 m, distanza minima tra alberature nei nuovi impianti e nelle sostituzioni: 8 m dal colletto tra alberi appartenenti a specie di prima grandezza e 6 m sempre dal colletto per tutti gli altri casi.

Le procedure per gli abbattimenti sono disciplinate dall'art.46 c. 3.6.1 del Regolamento Edilizio: *nel caso in cui l'abbattimento sia indispensabile per poter realizzare un'opera pubblica, l'autorizzazione è contenuta nell'atto di approvazione del progetto dell'opera stessa (previa valutazione della necessità di abbattimento in fase di validazione del progetto).*

Regolamento del verde pubblico e privato

Articolo 16. Abbattimenti per motivi edilizi

1. *L'abbattimento di alberature tutelate (così come definite all'art. 3), con esclusione degli esemplari di grande rilevanza (così come definiti all'art. 2), può essere consentito in relazione alla realizzazione di opere edili di natura pubblica e privata esclusivamente nei casi indicati all'art. 46 del Regolamento edilizio.*

Articolo 18. Sostituzione di esemplari abbattuti e nuovi impianti

1. *Gli alberi abbattuti sulla base di quanto consentito dall'art. 15 comma 4 lett. a), b), e), f) e g), qualora sussistano le condizioni di cui al successivo comma 4, devono essere sostituiti da altrettanti esemplari posti all'interno delle aree di pertinenza delle piante eliminate, o, solo se queste si dimostrano insufficienti a causa di distanze da mantenere (da edifici, reti, confini ecc), in aree diverse comunque all'interno del lotto d'intervento. I nuovi impianti devono essere proposti ed indicati (posizione e specie) nella stessa documentazione allegata all'istanza di abbattimento e devono comunque essere eseguiti secondo le prescrizioni indicate nella eventuale e relativa autorizzazione, entro e non oltre il termine indicato nello stesso atto e comunque non oltre 9 mesi dalla data di abbattimento dell'esemplare da eliminare.*

2. *Gli alberi abbattuti sulla base di quanto consentito dall'art. 15 comma 4 lett. h) devono essere sostituiti nel rapporto 1:2 nel lotto sul quale si realizza l'intervento con alberature della stessa classe di grandezza per almeno uno dei due esemplari sostitutivi e la possibilità di utilizzare specie delle classi di grandezza inferiori per la seconda sostituzione.*

3. *Le alberature messe a dimora in sostituzione di quelle abbattute, pur non raggiungendo i diametri di tutela indicati all'art. 3, sono comunque salvaguardate per tutto il tempo necessario al raggiungimento delle dimensioni minime di tutela.*

4. *La messa a dimora di nuovi alberi, anche in sostituzione di piante abbattute di cui ai precedenti c. 1 e 2, è consentita purché nel lotto d'intervento siano disponibili gli spazi sotto specificati e sia possibile il rispetto delle seguenti distanze:*

- a) distanze dai confini: secondo quanto indicato dal Codice Civile, dal Codice della Strada e Relativo Regolamento di Attuazione, dalle norme ferroviarie, dai Regolamenti dei Consorzi di Bonifica e dalla normativa di polizia idraulica, nella messa a dimora di nuovi esemplari, salvo accordi tra le parti, da dimostrare mediante scrittura privata registrata, deve essere rispettata la distanza minima di 3 metri, eccetto per le piante da frutto a sviluppo contenuto per le quali la distanza è ridotta a 1,5 m (altezza a maturità < 6 m)
- b) distanza da edifici e manufatti: minimo 3 m.
- c) distanze da utenze aeree: la messa a dimora di nuovi alberi in prossimità di utenze aeree di telecomunicazione e/o elettriche presenti in ambiente urbano dovrà essere eseguita a distanza di sicurezza in conformità alla normativa vigente.
- d) distanze da utenze sotterranee: minimo 3 m.
- e) distanze da solai e/o manufatti interrati: minimo 3 m.
- f) superficie permeabile profonda: oltre al rispetto delle distanze di cui ai punti a), b), c), d) ed e), ai nuovi esemplari arborei deve essere garantita la disponibilità di una superficie permeabile minima circostante il tronco; tale superficie è individuata da un raggio di 3 m dal colletto, eccetto per gli esemplari a portamento piramidale o da frutto per i quali tale misura si riduce a 1,5 m.
- g) distanza minima tra alberature nei nuovi impianti e nelle sostituzioni: 8 m dal colletto tra alberi appartenenti a specie di prima grandezza e 6 m sempre dal colletto per tutti gli altri casi. Sono ammesse a deroghe queste distanze in tutti quei casi in cui la messa a dimora di alberature è finalizzata alla realizzazione di filari e/o fasce verdi polifunzionali di mitigazione. Le superfici permeabili non sono sovrapponibili tra loro, e neppure alle aree di pertinenza di alberature tutelate eventualmente presenti all'interno del lotto d'intervento.
5. Sono ammesse eventuali deroghe alle distanze previste ai punti a), b), e) ed f) nel caso in cui il reimpianto abbia il fine di reintegrare eventuali fallanze in viali alberati, filari di qualsiasi natura e tipo, quando la presenza degli esemplari arborei costituenti l'impianto del singolo filare superi numericamente il 50% della composizione complessiva della formazione lineare.
6. Gli alberi di alto fusto messi a dimora oltre che appartenere ai gruppi A, B, C e D come da allegato 1, devono avere, a 1,30 m dal colletto, una circonferenza del tronco non inferiore a 19 cm (diametro minimo cm 6), provenire da specifico allevamento vivaistico, disporre di chiome e apparato radicale integro, risultare di buona qualità merceologica.
7. Nel caso di dimostrata impossibilità di reimpianto di specie arborea all'interno del lotto, a seguito del rispetto delle distanze prescritte al comma 4 del presente articolo, l'area permeabile resasi disponibile a seguito dell'abbattimento dovrà essere occupata da esemplari di forma arbustiva della dimensione minima di cm 100 di altezza per ogni esemplare, considerando una pianta per ogni metro quadrato della stessa superficie; tali arbusti sono in ogni caso da ritenersi salvaguardati alla stregua di alberature di nuovo impianto in sostituzione di alberature tutelate; la possibilità di ricorrere a specie arbustiva è da escludersi per i reimpianti prescritti a seguito di abbattimenti per motivi edilizi (art. 15 comma 4 lett. h), che dovranno ottemperare a quanto disposto al precedente comma

2. 8. *Nel caso di inottemperanza alle prescrizioni relative ai reimpianti di cui al presente articolo, l'area di pertinenza nella quale insisteva l'alberatura abbattuta rimane inedificabile a tutti gli effetti.*

Regolamento Edilizio

Art.22 c.3 scavi in aree limitrofe alle piante

3.1 *Nelle aree di cantiere e nei casi di occupazione di suolo pubblico è fatto obbligo di adottare tutti gli accorgimenti utili ad evitare il danneggiamento della vegetazione esistente (lesioni alla corteccia e alle radici, rottura di rami, [...]).*

3.2 *Nell'esecuzione di scavi necessari alla realizzazione di opere, manufatti e alla posa in opera di nuove reti tecnologiche interrato (tubazioni gas, acqua, linee elettriche e telefoniche, fognature, ecc.) in aree limitrofe alle piante, dovranno essere rispettate le distanze minime indicate al seguente art. 63 del presente Regolamento e le prescrizioni sulle modalità di esecuzione indicate nel Regolamento Comunale del verde pubblico e Privato art.8.*

3.3 *In ogni caso, il progetto presentato al competente Settore ai fini dell'ottenimento del relativo titolo abilitativo o autorizzazione all'occupazione di suolo pubblico dovrà contenere una planimetria di dettaglio in scala 1:500 delle aree interessate, comprensiva delle linee di utenza e di un rilievo della vegetazione esistente con indicata l'area di pertinenza delle singole alberature.*

3.4 *Nei casi in cui, a fronte di validi e documentati motivi, sia necessario eseguire scavi ad una minor distanza rispetto a quelle indicate all'art. 63 del presente Regolamento, i committenti dovranno, nell'ambito del procedimento finalizzato all'acquisizione del relativo titolo abilitativo o autorizzazione all'occupazione di suolo pubblico, presentare un progetto corredato da planimetrie di dettaglio in scala 1:100, evidenziando le porzioni di scavo in deroga ricadenti all'interno dell'area di pertinenza delle alberature. Il progetto dovrà contenere anche una relazione a firma di un tecnico abilitato che ponga in evidenza le interferenze dei lavori con gli apparati radicali e le soluzioni adottate per la tutela delle alberature in funzione della pubblica incolumità. A salvaguardia degli apparati radicali e della staticità delle piante, il Proponente dovrà rigorosamente adottare tutte le prescrizioni eventualmente indicate dal competente Settore.*

3.5 *Al termine dei lavori, il soggetto autorizzato dovrà presentare una perizia statica a firma di tecnico abilitato attestante che i lavori eseguiti in deroga non abbiano precluso, nel lungo periodo, la stabilità delle singole alberature in essere.*

3.6 *Il Committente e/o la Direzione dei Lavori dovranno, per qualsiasi causa imputabile ad una cantierizzazione interferente con esemplari arborei, in caso di accertata instabilità delle alberature interessate dai lavori, procedere autonomamente e tempestivamente all'adozione di tutti gli interventi volti alla tutela della pubblica incolumità, incluso l'eventuale abbattimento nel caso di alberature pubbliche, dandone comunicazione al competente Settore. Successivamente il soggetto autorizzato dovrà ottemperare ai ripristini e ai reimpianti comprensivi degli oneri di attecchimento (con possibilità di*

monetizzare gli interventi necessari nel caso di abbattimento di alberature comunali) richiesti dal competente Settore.

Art. 46 aree verdi e alberature – c.3.4 Alberate stradali e nei parcheggi.

La qualificazione della presenza dei materiali vegetali nelle aree per parcheggio (art. 38), parcheggi pertinenziali (art. 27-E19), nelle strade urbane (art. 35), nelle piazze ed aree pedonalizzate (art. 39) deve prioritariamente considerare la capacità di assorbimento delle polveri e di miglioramento del microclima urbano, con alberature e impianti vegetazionali coerenti di cui all'Allegato Regolamento del Verde pubblico e privato. Devono essere rispettate le seguenti prescrizioni di impianto: – la soluzione progettuale più indicata e idonea ad un corretto sviluppo delle alberature è data dalla realizzazione di fasce verdi continue, permeabili e alberate, della larghezza minima di 2 m e ortogonali agli stalli. In ogni caso, i singoli esemplari di albero dovranno avere alla base spazi permeabili di sufficiente ampiezza, con un minimo di 2x2 m. – per i parcheggi a pettine, le aiuole vanno realizzate della larghezza minima di 2 m, lunghe quanto lo stallo o minimo di 2,5 m nel caso sia prevista la realizzazione di posti moto di fronte alle aiuole; per i parcheggi a spina l'aiuola singola dovrà avere larghezza minima di 2 m e lunghezza di 2,5 m. – qualora sussistano in un'unica area parcheggi pubblici e parcheggi privati contigui, vanno adottate soluzioni tecniche per differenziarli inequivocabilmente attraverso l'impiego, per esempio, di specie botaniche diverse o di materiali edilizi diversi. – anche per quanto riguarda gli alberi nelle strade, i singoli esemplari dovranno avere alla base spazi permeabili di sufficiente ampiezza, con un minimo di m 2x2. – nelle aree per parcheggio e nei parcheggi pertinenziali vanno rispettate le quantità minime indicate rispettivamente all'art.38 e art. 27-E19.

Art. 46 aree verdi e alberature – c.3.5 Abbattimenti di alberature per motivi edilizi

L'abbattimento di alberature tutelate, così come definite dall'Allegato Regolamento del Verde pubblico e privato, con esclusione degli esemplari di grande rilevanza, può essere consentito in relazione alla realizzazione di opere edili di natura pubblica e privata, alle condizioni o con le prescrizioni seguenti. È sempre vietato l'abbattimento per motivi edilizi di alberature di grande rilevanza, così come definite dall'Allegato di cui sopra. In particolare:

3.5.1 Gli abbattimenti sono consentiti esclusivamente a fronte della presentazione di un progetto di complessiva riqualificazione del verde a firma di tecnico abilitato, che motivi le scelte progettuali dal punto di vista architettonico, agronomico, della migliore efficienza complessiva del progetto proposto, anche rispetto al microclima urbano, attestandone la conformità rispetto alle disposizioni del Regolamento del Verde stesso.

3.5.2 Le eventuali alberature abbattute devono essere sostituite nell'area di intervento nelle misure e modalità di cui al c.2 dell'art. 18 del Regolamento del Verde e comunque, qualora non sia possibile reperire all'interno del lotto gli spazi necessari per dar corso al reintegration delle piante abbattute, non è consentito realizzare nuovi manufatti che interferiscono con le piante tutelate insistenti sul lotto.

3.5.3 Le mancate sostituzioni e le sostituzioni eseguite in difformità al progetto di sistemazione delle aree destinate a verde allegato al titolo edilizio presentato, sono considerate singolarmente violazioni al presente Regolamento. Pertanto, le aree/volumi di pertinenza degli esemplari arborei che il progetto edilizio, redatto in conformità al presente Regolamento, individua come superficie/i atte ad ospitare le piante da porre a dimora in sostituzione di quelle abbattute saranno considerate direttamente non edificabili.

3.5.4 Eventuali deroghe ai reimpianti previsti dal presente articolo potranno essere ammesse unicamente nei seguenti casi: – quando le opere edili da realizzare rivestono carattere di pubblica utilità o di messa in sicurezza secondo le disposizioni impartite dagli organi competenti; – quando le opere edili da realizzare rientrano in interventi urbanistici di cui al punto 0.2c della Disciplina del PUG o in altri interventi che prevedono cessioni di opere e/o aree verdi all'Amministrazione comunale; – quando le opere edili da realizzare soggiacciono a specifiche disposizioni di legge. L'esigenza di ricorrere alla deroga, oggettivamente dimostrata e documentata dal progettista, dovrà essere contenuta nell'atto di approvazione del progetto di opera pubblica o, nel caso di interventi soggetti a titolo abilitativo, evidenziata e formalizzata nel titolo stesso. 3.6 Reimpianti compensativi. In caso di reimpianti compensativi a seguito di abbattimenti di alberature per motivi edilizi deve essere rispettato il rapporto 2 alberi di nuovo impianto per ogni albero abbattuto. L'ubicazione delle nuove alberature o delle specie arbustive di nuovo impianto dovrà tenere conto delle disposizioni di cui all'Allegato Regolamento del verde pubblico e privato, in particolare all'art. 18.

Interferenze con sottoservizi

La localizzazione delle opere a verde è stata condotta analizzando le reti dei sottoservizi esistenti e di progetto.

Come stabilito dall'Art. 18 *Sostituzione di esemplari abbattuti e nuovi impianti* del Regolamento del Verde pubblico e privato il progetto ha tenuto in considerazione le problematiche connesse alle interferenze con le utenze sotterranee posizionando le nuove alberature ad una distanza minima di 3 m.

Interferenze con pavimentazioni

Si riportano le valutazioni progettuali circa lo sviluppo radicale atteso delle specie arboree di progetto e le possibili interferenze con le pavimentazioni, in considerazione dell'evidenza che la progettazione di un impianto arboreo in ambiente urbano richiede particolari attenzioni per consentire il successo della piantagione in un contesto normalmente difficile e per garantire la durabilità complessiva dell'opera.

Il sistema ipogeo necessita, infatti, di condizioni favorevoli allo sviluppo, contenendo le possibili interferenze con pavimentazioni, manufatti e sottoservizi.

La predisposizione di siti d'impianto idonei dal punto di vista dimensionale e dal punto di vista del substrato di coltivazione, sono premessa indispensabile per consentire il normale sviluppo dell'apparato radicale nelle varie fasi morfofisiologiche, contenendo le interferenze.

Vari studi hanno messo in evidenza come errori di progettazione favoriscano *“in ambito urbano la competizione tra le radici e le pavimentazioni, che si risolve spesso a favore delle prime e con danno delle seconde. La costruzione delle pavimentazioni richiede di compattare il suolo, e questo generalmente devia la crescita radicale. Tuttavia, spesso viene creato un piccolo dislivello tra questo suolo compattato e la pavimentazione realizzata; per la differenza di temperatura tra questi due materiali, alla base del gradino si raccoglie l'acqua di condensa del suolo, che scorre in superficie e si ferma contro la parete della pavimentazione. Acqua e ossigeno presenti in quel punto sono un'ottima opportunità di crescita e sviluppo per le radici, che inizialmente penetrano in quel punto, crescono in lunghezza e diametro esattamente sotto la superficie compatta, fino a sollevare il rivestimento presente, fenomeno che si osserva anche in presenza di quelle specie che generalmente non sviluppano radici superficiali. La soluzione migliore al problema del sollevamento della pavimentazione da parte delle radici va applicata al momento della realizzazione del manufatto”².*

Le strategie progettuali si sono focalizzate su scelte combinate per limitare al massimo i fenomeni d'interferenza descritti, riassumibili nei seguenti punti:

- adeguata dimensione del sito d'impianto in relazione alla classe dimensionale dell'albero;
- adozione di adeguato substrato di coltivazione;

² Ricerca di Metodi e Sistemi per il Controllo dello Sviluppo delle Radici in Prossimità di Manufatti. Il gruppo di Lavoro: Unità Gestione Parco Nord - R.Gini, R.Zanata, F.Campana, R.Tucci, B.Selleri, M.Segabrugio Demetra soc.coop.soc.ONLUS: L.Bonanomi, G.Villa, A.Caglio, C.Rancati, B.Angeloni - con la consulenza di: Dipartimento di Ortoflorofrutticoltura - Università di Firenze: Prof.Francesco Ferrini.

- scelta di adeguate tecniche costruttive per le pavimentazioni contermini;
- scelta di specie vegetali adatte;

Il dimensionamento delle aiuole d'impianto è stato effettuato con riferimento alle indicazioni del Regolamento Edilizio, con particolare riferimento all'art.46.

È lampante che non sempre è facile operare in un contesto urbano dove gli alberi devono coesistere con una innumerevole serie di servizi.

Con possibilità di alcune deroghe, il progetto si è sviluppato nel tentativo di recuperare spazi già destinati alla sosta dei veicoli, favorendo le superfici permeabili come finitura nelle zone di interferenza con le radici³.

Sono stati anche analizzati contesti in cui la formazione di aiuole d'impianto di adeguata dimensione contrasta con il limitato spazio disponibile, soprattutto in superficie.

Al fine di garantire l'insediamento di un maggiore numero di alberi nel contesto urbano, è prevista la possibilità di proteggere parte della superficie delle aiuole che si realizzeranno con apposite griglie.

L'utilizzo di griglie protettive, che verranno sviluppate nei dettagli in fase esecutiva, renderà possibile il passaggio pedonale garantendo lo spazio minimo previsto dalle normative.

Queste scelte consentiranno, tuttavia, di costruire buche d'impianto di maggiore dimensione, per perseguire gli obiettivi generali di un idoneo sito d'impianto, in relazione alle potenzialità di crescita delle piante.

In bibliografia si evidenzia che *“le piante beneficiano di buche d'impianto larghe. Una buca d'impianto più larga significa, in primis, un volume più grande di suolo smosso e aerato che consente una crescita iniziale più rapida. Anche la forma della buca ha un impatto elevato sull'attecchimento e sulla crescita delle piante. Poiché la crescita delle radici più vigorose avviene soprattutto nei primi strati di suolo, è sempre preferibile avere buche più larghe a sezione trapezoidale piuttosto che a sezione rettangolare.*

³ Il Consiglio Regionale Toscana - deliberazione 18 luglio 2018, n. 72 - Piano Regionale della Qualità dell'Aria PRQA - linee guida per la messa a dimora di specifiche specie arboree per l'assorbimento di biossido di azoto, materiale particolato fine e ozono.

Una buca con un diametro superiore di tre volte a quello della zolla, con lati pendenti permette all'apparato radicale di crescere rapidamente fino al 25% del suo volume originale prima di raggiungere il suolo di scarsa qualità, in misura, quindi, sufficiente per evitare stress"⁴.

Il volume di terreno a disposizione delle radici è stato massimizzato, prestando attenzione anche alla qualità del topsoil alloctono che verrà introdotto. Si ritiene adeguato un terreno agrario di medio impasto eventualmente integrato con sostanza organica.

"Alcuni Autori hanno messo in discussione il valore dell'aggiunta dell'ammendante organico al terreno di riempimento della buca d'impianto, sostenendo che, alla luce delle ricerche condotte negli ultimi 20 anni, i problemi derivanti dall'uso degli ammendanti organici (minor crescita di chioma e radici, aumento subsidenza della zolla, maggior spiralizzazione delle radici, ecc.) sono tali da sconsigliarne l'uso (Bergeman, 1997). In accordo con Watson e Himelick (1997) è, invece, da ritenere che l'aggiunta di materiali organici ben decomposti e omogeneamente miscelati nella buca d'impianto o, in casi particolari interrati su tutta la superficie destinata alla piantagione, eserciti effetti positivi sulla struttura, sul drenaggio e sulla fertilità chimica del substrato, con riflessi sulla fisiologia della pianta, soprattutto in terreni le cui caratteristiche di base sono scadenti".⁵

La creazione di uno strato "isolante" costituito da sabbia e pietrisco sotto la pavimentazione contiene significativamente il problema del sollevamento del manto stradale da parte delle radici degli alberi.

Ricerche effettuate su questo argomento ed esperienze dirette in Italia hanno fornito ottimi risultati anche su piante di oltre 30 anni di età, tanto che a distanza di diversi anni dall'intervento effettuato non sono evidenti segni sulla pavimentazione dovuti al sollevamento da parte delle radici degli alberi.

Si tratta, in sostanza, di creare uno strato "ostile" alla crescita radicale e non interferisce

⁴ Ferrini Francesco 2001 -Convegno: "Realizzazione e gestione delle aree verdi urbane e periurbane". Firenze 17 ottobre 2001

⁵ Ferrini Francesco 2001 -Convegno: "Realizzazione e gestione delle aree verdi urbane e periurbane". Firenze 17 ottobre 2001

col manto d'asfalto.

Consci che gli alberi avrebbero bisogno di un sito indisturbato per meglio esprimere le loro potenzialità, si sono suggerite, dove possibili, pavimentazioni filtranti e portanti allo stesso tempo, quali ad esempio gli auto bloccanti e i grigliati, con idoneo sistema portante e filtrante sottostante. Negli stalli dei parcheggi la scelta progettuale in sostituzione dell'asfalto dell'uso di autobloccanti costituisce un ulteriore elemento a favore dell'approfondimento radicale.

Lo stesso principio vale anche per il rifacimento di pavimentazioni in corrispondenza di alberi già nell'area di cantiere, ovvero nei tratti viari lungo la linea tranviaria.

È doveroso sottolineare che l'apporto di materiale inerte come ghiaia, sabbia o pietrisco non arreca alcun danno alle radici delle piante e che le eventuali lesioni causate dalla rimozione della pavimentazione stessa non hanno riflessi importanti sulla fisiologia della pianta.

In tutti i casi bisognerà limitare al minimo ogni taglio e rimozione di porzioni radicali ed i tagli dovranno essere effettuati mediante opportuni utensili (trance e cesoie da potatura) cercando di ottenere tagli netti con superficie esposta la più ridotta possibile.

In nessun caso dovrà essere usato per il taglio delle radici la benna o altro organo di escavatori o altre macchine da scavo e bisognerà trattare le superfici di taglio ed il terreno di radicazione mediante prodotti fungo antagonisti specifici (tipo Biochem RADIX).

Non da ultimo, la scelta della specie arborea ha escluso quelle piante con sistemi radicali particolarmente invasivi ed aggressivi, quali la romiglia o il pino domestico.

Nella fase giovanile sappiamo che lo sviluppo morfofisiologico degli alberi si esprime, con accentuazioni diverse, con un sistema fittonante, che nella fase di maturità cede la funzione ad un sistema radicale fascicolato.

In alcune specie, che si è cercato di escludere, questo sistema radicale della maturità si esprime con poderose radici superficiali, ben alimentate grazie a efficienti colonne cambiali, che possono anche danneggiare manufatti e pavimentazioni.

Interferenze con illuminazione pubblica/pali trazione elettrica

La collocazione di nuove alberature è stata effettuata nel rispetto dell'art. 18 c.4 lett. c) del Regolamento del Verde pubblico e privato del Comune di Bologna di seguito riportato: *“distanze da utenze aeree - la messa a dimora di nuovi alberi in prossimità di utenze aeree di telecomunicazione e/o elettriche presenti in ambiente urbano dovrà essere eseguita a distanza di sicurezza in conformità alla normativa vigente.”*

Come per i sistemi radicali, anche per le chiome sono frequenti le possibilità di interferenza con manufatti e servizi fuori terra, quali la pubblica illuminazione. Nel progetto della tranvia è stato verificato, inoltre, il posizionamento reciproco di alberi e nuovi pali della trazione elettrica per contenere la massimo le interferenze. Infatti, un posizionamento di un albero a chioma espansa in prossimità di un corpo illuminante/palo della trazione costringerà a pianificare periodiche potature di contenimento, con elevati costi per la collettività.

Si è mantenuta la distanza minima di 3 m fra pali della trazione elettrica e tronco delle nuove alberature viarie.

La regolare cadenza ritmica dei filari arborei in alcuni casi ha dovuto prevedere delle fallanze, non essendo possibile limitare l'interferenza con i punti luce/pali della trazione necessari nella posizione per soddisfare le esigenze illuminotecniche e di esercizio della tranvia.

Criteri ambientali minimi (CAM)

In conformità al DM n.63 10/3/2020 *Criteri ambientali minimi (CAM) per il servizio di gestione del verde pubblico e la fornitura di prodotti per la cura del verde*, il progetto definitivo delle opere a verde tiene conto dei seguenti elementi:

- criteri di scelta delle specie vegetali (arboree, arbustive e erbacee) da selezionare e i criteri per la loro messa a dimora;
- migliore gestione delle acque anche quelle meteoriche;
- impianti di illuminazione pubblica;

- indicazioni per la gestione dei cantieri per la nuova realizzazione o per la riqualificazione di aree verdi.

Criteri per la selezione delle specie.

Specie arboree

La selezione delle specie arboree da collocare a dimora è eseguita in funzione delle caratteristiche della specie con particolare riferimento allo sviluppo in altezza e alle dimensioni della chioma e della parte ipogea dell'apparato radicale, a maturità.

Per tale motivo il progetto descrive lo sviluppo della pianta per le parti aeree e le porzioni ipogee in relazione a: strutture prossime al punto d'impianto (edifici, lampioni, opere d'arte, linee alimentazione elettrica, ecc.); sottoservizi, superfici carrabili e pedonali, ricadenti nella ZRA (Zona di rispetto alberatura), corrispondente alla proiezione a terra della chioma dell'albero maturo.

Le caratteristiche delle alberature, elencate di seguito, sono valutate nella scelta delle specie arboree destinate a nuovi impianti e alla sostituzione graduale degli alberi ormai vetusti:

- grande stabilità strutturale;
- bassi costi di gestione;
- ridotti conflitti con le infrastrutture aeree e sotterranee e con le pavimentazioni;
- rusticità e resistenza ai fattori di stress biotico e abiotico;
- adattabilità al mutamento climatico.

Specie arbustive ed erbacee perenni.

La scelta delle specie arbustive ed erbacee perenni considera i potenziali limiti alla visibilità e i rischi di favorire l'occultamento di cose e persone dovuto alle caratteristiche morfologiche di tali specie; inoltre, la selezione è eseguita considerando i potenziali pericoli dovuti alle proprietà allergeniche specie-specifiche e alla presenza di spine o di

parti tossiche. Per i costi onerosi di manutenzione, sono selezionate preferibilmente bordure arbustive in forma libera anziché siepi formali, ad eccezione di luoghi ove ci siano vincoli paesaggistici, storici.

Tappeti erbosi.

I tappeti erbosi sono realizzati con specie erbacee adeguate alle condizioni pedoclimatiche e all'articolazione spaziale (aree in scarpata, aree in ombra, aree ornamentali ad alta manutenzione, aree arbustive, aiuole fiorite, alberi, ecc.) del sito d'impianto. La scelta delle specie erbacee poliennali è effettuata tenendo conto della capacità di consociazione.

In conformità al **DM 23/06/2022 critéri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione ed esecuzione dei lavori di interventi edilizi**, la selezione delle specie arboree e arbustive dovrà privilegiare:

- specie vegetali autoctone e rustiche;
- tenendo in considerazione i prevedibili cambiamenti delle condizioni ambientali legate ai mutamenti climatici;
- che necessitano di bassa intensità di manutenzione, valutando opportunamente distanze e sesti di impianto;
- selezionando e attuando soluzioni tecniche che riducano il consumo della risorsa idrica e di sostanze chimiche,
- adottando soluzioni idonee all'ambiente, al paesaggio e alle risorse economiche disponibili per la manutenzione dell'opera progettata.

DECRETO 11 ottobre 2017 abrogato e sostituito da DM 23/06/2022.

Si ritiene di riproporre le indicazioni dei CAM per gli interventi edilizi del 2017 ora sostituito dal nuovo Decreto del 2022.

Nella scelta delle piante devono essere seguite le seguenti indicazioni:

- Utilizzare specie autoctone, privilegiando le specie vegetali che hanno strategie riproduttive prevalentemente entomofile;
- utilizzare specie autoctone con pollini dal basso potere allergenico;
- nel caso di specie con polline allergenico da moderato a elevato, favorire le piante femminili o sterili;
- favorire le piante ad impollinazione entomofila, ovvero che producono piccole quantità di polline la cui dispersione è affidata agli insetti;
- evitare specie urticanti o spinose (es. *Gleditsia triacanthos* L. - Spino di Giuda, *Robinia pseudoacacia* L. - Falsa acacia, *Pyracantha* - Piracanto, *Elaeagnus angustifolia* L. - Olivagno) o tossiche (es. *Nerium oleander* L. - Oleandro, *Taxus baccata* L. - Tasso, *Laburnum anagyroides* Meddik- Maggiociondolo);
- utilizzare specie erbacee con apparato radicale profondo nei casi di stabilizzazione di aree verdi con elevata pendenza e soggette a smottamenti superficiali;
- non utilizzare specie arboree note per la fragilità dell'apparato radicale, del fusto o delle fronde che potrebbero causare danni in caso di eventi meteorici intensi.

Specie arboree in relazione all'allergenicità ed alla modalità di impollinazione

Prioritariamente si è fatto ricorso a specie a bassa allergenicità, con qualche eccezione per la moderata allergenicità, per soddisfare ulteriori esigenze progettuali ed incrementare la biodiversità nel contesto urbano. Tuttavia, tali specie rappresentano una minoranza numerica nell'ambito della scelta floristica e trovano una localizzazione variamente distribuita sul territorio, evitando concentrazioni in determinate zone.

Come emerge dalla tabella di seguito riportata la maggior parte delle specie arboree inserite nel progetto sono a bassa o nulla azione allergizzante. La presenza di alcune specie a media azione è giustificata dalla necessità di soddisfare altri obiettivi ecologico-paesaggistici. Dal punto di vista numerico sono decisamente una percentuale ridotta e variamente distribuite sul territorio. Si ritiene tale scelta compatibile in ragione anche delle indicazioni di alcuni autori che ritengono di poter utilizzare tali specie "solo in basse

percentuali e a condizione che vengano mescolate ad altre specie che non presentano tale disservizio”.⁶

NOME LATINO	GRADO ALLERGENICITÀ DEL POLLINE	IMPOLLINAZIONE
<i>Acer campestre</i>	basso	entomofila
<i>Acer platanoides</i>	basso	entomofila
<i>Acer platanoides Columnare</i>	basso	entomofila
<i>Acer platanoides Globosum</i>	basso	entomofila
<i>Acer platanoides Royal Red</i>	basso	entomofila
<i>Acer rubrum</i>	basso	dioica
<i>Acer pseudoplatanus</i>	basso	entomofila
<i>Aesculus hippocastanum</i>	basso	entomofila
<i>Carpinus betulus</i>	moderato	anemofila
<i>Celtis australis</i>	basso	anemofila
<i>Cercis siliquastrum</i>	non valutabile	entomofila
<i>Diospyros kaki</i>	non valutabile	entomofila
<i>Fraxinus excelsior</i>	moderato	anemofila
<i>Fraxinus angustifolia</i>	moderato	anemofila
<i>Ginkgo biloba</i>	basso	Dioica (coltivato maschile)
<i>Koelreuteria paniculata</i>	non valutabile	entomofila
<i>Laburnum anagyroides</i>	non valutabile	entomofila
<i>Lagerstroemia indica</i>	non valutabile	entomofila
<i>Laurus nobilis</i>	non valutabile	Dioica- entomofila/anemofila
<i>Liriodendron tulipifera</i>	non valutabile	entomofila
<i>Liriodendron tulipifera fastigiata</i>	non valutabile	entomofila
<i>Morus platanifolia "Fruitless"</i>	nullo	Varietà sterile
<i>Morus spp.</i>	moderato	Anemofila
<i>Paulownia imperialis</i>	non valutabile	Entomofila
<i>Platanus acerifolia</i>	basso	anemofila
<i>Parrotia persica Vanessa</i>	non valutabile	entomofila
<i>Populus nigra "Italica"</i>	nullo	Dioica (coltivato maschile)
<i>Prunus avium</i>	non valutabile	Entomofila
<i>Prunus cerasifera 'Pissardii'</i>	non valutabile	entomofila
<i>Prunus serrulata</i>	non valutabile	entomofila
<i>Prunus virginiana Shubert</i>	non valutabile	Entomofila
<i>Pyrus calleryana</i>	non valutabile	Entomofila
<i>Punica granatum</i>	non valutabile	Entomofila
<i>Quercus ilex</i>	moderato	anemofila
<i>Quercus robur</i>	basso	anemofila
<i>Quercus robur "Fastigiata"</i>	basso	anemofila
<i>Sophora japonica</i>	non valutabile	Entomofila
<i>Tamarix spp.</i>	basso	entomofila
<i>Tilia cordata</i>	moderato	entomofila

⁶ P.Mori, F.Salbitano, G.Vacchiani 20.. Mettiamo Radici al Futuro- Regione Emilia Romagna

<i>Ulmus "Plinio"</i>	basso	Anemofila
<i>Ulmus pumila</i>	basso	Anemofila
<i>Ulmus campestris/minor</i>	basso	Anemofila
<i>Zelkova serrata</i>	basso	anemofila

Tabella 2: specie arboree di progetto – allergenicità e impollinazione entomofila

Si tratta di specie appartenenti prevalentemente alla compagine delle specie autoctone, con alcune eccezioni. La scelta è stata operata, come già dichiarato, anche per soddisfare gli aspetti ecologici, paesaggistici e non da ultimo per le prestazioni ambientali che sono in grado di fornire.

I pollini presenti nell'atmosfera rappresentano l'elemento maschile (gametofito maschile) per la riproduzione delle piante a seme. 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 hanno alcune caratteristiche:

- appartenere a piante anemofile, che producono pollini in grande quantità e di dimensioni estremamente ridotte per poter essere trasportate dal vento;
- contenere componenti allergeniche che stimolano il sistema immunitario del soggetto allergico geneticamente predisposto a produrre anticorpi specifici;
- 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.

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-Romagna nella preparazione delle schede botaniche dove il grado di allergenicità è distinto in quattro gradi: basso, moderato, alto ed elevato.

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.⁷

La selezione delle specie per il progetto ha previsto la selezione delle specie in conformità all'art.21 c.1 lett. c) del Regolamento del Verde pubblico e privato del Comune di Bologna: *"in contesti tipicamente urbani si consiglia di prevedere specie con buone capacità di assorbimento di inquinanti gassosi e di trattenimento delle polveri sottili; è opportuno inoltre considerare, in base al contesto, la capacità di resistere allo stress idrico e la allergenicità. Per alcune specie tali caratteristiche sono riportate in Allegato 3."*

I principali riferimenti bibliografici per la selezione di specie non allergizzanti sono stati i seguenti:

- ARPAE Emilia-Romagna – schede botaniche;
- Linee Guida "Piante, polline ed allergie" del progetto QUALIVIVA dell'Associazione vivaisti italiani finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali;
- Linee guida di forestazione urbana sostenibile per Roma capitale, ISPRA 2015;
- Associazione Italiana di aerobiologia
(<https://www.allergologico.it/piante/allergenicit-piante.html>);

⁷ Linee guida di forestazione urbana sostenibile per Roma capitale, ISPRA 2015 - Elaborazione ISPRA su dati ARPA EMR – Servizio idrometeorologia

- Allegato 3 del Regolamento del Verde pubblico e privato del Comune di Bologna.

Ulmus minor M. (Olmo minore)

L'olmo minore è un albero che cresce in pianura e in collina fino a circa mille metri d'altitudine, facilmente associato a ontani, pioppi e farnie. Preferisce suoli freschi e fertili, ma si adatta anche a terreni compatti e pesanti. L'olmo può raggiungere i 20-30 metri di altezza ed ha chioma densa e irregolare, tronco diritto e molto ramificato, soprattutto in alto. La corteccia, di colore grigio-bruno, è suberificata e screpolata verticalmente. I rami giovani sono coperti da peli che perdono già nel secondo anno di vita diventando suberosi.

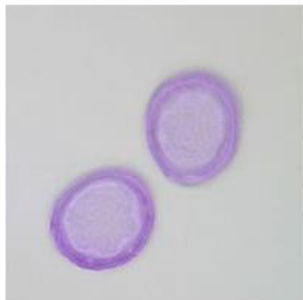


Le foglie alterne, sono caduche, semplici, ovali, lunghe da 5-10 cm con margini doppiamente seghettati; hanno apice acuminato e base asimmetrica. La lamina superiore è lucida, quella inferiore è leggermente pelosa; il picciolo è molto corto. Alla base del picciolo vi sono delle stipole caduche. I fiori si sviluppano su rami di due anni e fioriscono prima dell'emissione delle foglie; sono riuniti in fascetti sessili di 20-30 elementi di colore rosso scuro. I fiori sono ermafroditi, hanno un pistillo e numerosi stami, sono tipicamente minuti, di norma riuniti in infiorescenze poco vistose o talvolta solitari. L'impollinazione è anemofila. I frutti sono muniti di membrana o samare di color verdastro o rossastro nella parte centrale e di color verde giallastro nella espansione laminare. A maturità sarà di color ocra-brunastro. Le samare si riuniscono in gruppi nella parte mediana e terminale dei rametti.

La fioritura è tra febbraio e marzo.

Calendario florale												
Olmo minore		■ ■	■ ■ ■									
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D

I granuli pollinici sono radiosimmetrici, pentazonoporati. Esina tettata, scabrata, cerebroide.



Grado allergenicità polline Olmo minore: basso 😊

Figura 5: scheda botanica (fonte: <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/pollini/schede-botaniche/ulmacee>)

Specie con funzione di assorbimento delle sostanze inquinanti in atmosfera e di regolazione del microclima



Figura 6: benefici delle alberature (fonte: REBUS – Renovation of Public building and urban spaces)

La creazione di una “foresta urbana diffusa” è una delle misure previste per contrastare i cambiamenti climatici. Gli alberi sono, infatti, dei grandi magazzini in cui si accumula naturalmente carbonio. Un aspetto fondamentale per la fissazione del carbonio in

ambiente urbano è quindi 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.

Per massimizzare la fissazione di carbonio, oltre alle indicazioni di seguito illustrate, per massimizzare l'assimilazione della CO₂ sono valorizzate le seguenti specie:

- 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;
- aceri (*Acer campestre*, e *A. platanoides*), in virtù della loro velocità di accrescimento, soprattutto l'acero riccio (*A. platanoides*), mentre *A. campestre* risulta più rustico ed adattato alle condizioni locali e anche per interventi in condizioni pioniere e degradate.

In riferimento al microclima urbano, il coefficiente di ombreggiamento rappresenta un importante parametro di riferimento nella progettazione degli spazi verdi fruibili: la forma delle foglie, la loro dimensione e densità determinano la tipologia di ombra proiettata dalle alberature.

NOME BOTANICO	COEFFICIENTI OMBREGGIAMENTO (% TRASMISSIONE)		NOME BOTANICO	COEFFICIENTI OMBREGGIAMENTO (% TRASMISSIONE)	
	estate	inverno		estate	inverno
Acer platanoides	0,12	0,69	Fagus sylvatica	0,12	0,83
Acer rubrum	0,24	0,74	Fraxinus excelsior	0,15	0,59
Acer saccharinum	0,17	0,71	Ginkgo biloba	0,19	0,63
Acer saccharum	0,16	0,69	Gleditsia triacanthos	0,36	0,70
Aesculus hippocastanum	0,11	0,73	Juglans nigra	0,09	0,63
Albizzia julibrissin	0,17	0,68	Koelreuteria paniculata	0,19	0,65
Amelanchier canadensis	0,23	0,57	Liquidambar styraciflua	0,18	0,65
Betula alba	0,18	0,62	Liriodendron tulipifera	0,10	0,73
Carya ovata	0,23	0,66	Malus s.p.	0,15	0,85
Catalpa speciosa	0,24	0,68	Platanus acerifolia	0,14	0,55
Celtis australis	0,08	0,53	Platanus tremuloides	0,25	
Celtis occidentalis	0,12		Pyrus communis	0,20	0,60
Crataegus laevigata	0,14		Quercus palustris	0,22	0,75
Crataegus lavalleyi	0,11		Quercus robur	0,19	0,77
Eleagnus angustifoli	0,13		Quercus rubra	0,19	
Fagus sylvatica	0,12	0,83	Sophora japonica	0,22	
Fraxinus excelsior	0,15	0,59	Tilia cordata	0,12	0,59
Ginkgo biloba	0,19	0,63	Ulmus americana	0,13	0,76
			Ulmus pumila	0,15	0,50
			Zelkova serrata	0,20	0,74

Tabella 3: coefficiente di ombreggiamento (fonte: “Gli alberi e la città” – Maria Teresa Salomoni, 2018)

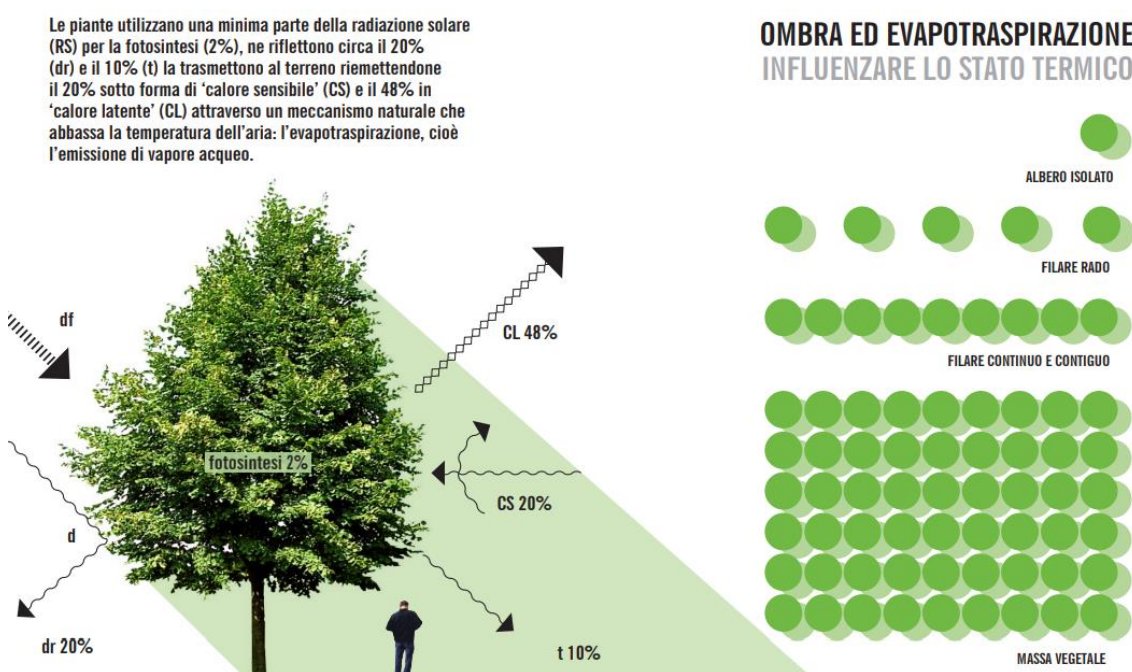


Figura 7: ombra ed evapotraspirazione nelle alberature per l'influenza del microclima urbano (fonte: Guide interdisciplinari REBUS – Rigenerare la città con la natura – Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, AA.VV, 2017)

Nelle strutture urbane, in condizioni di assenza di vento, l'isola di calore dell'edificato determina una brezza esterno-interno che concentra l'inquinamento, mentre la presenza di aree verdi, in particolare quelle di dimensioni rilevanti, puliscono e abbassano la temperatura dell'aria determinando brezze che vanno dal verde al costruito, come riportato nell'immagine seguente.

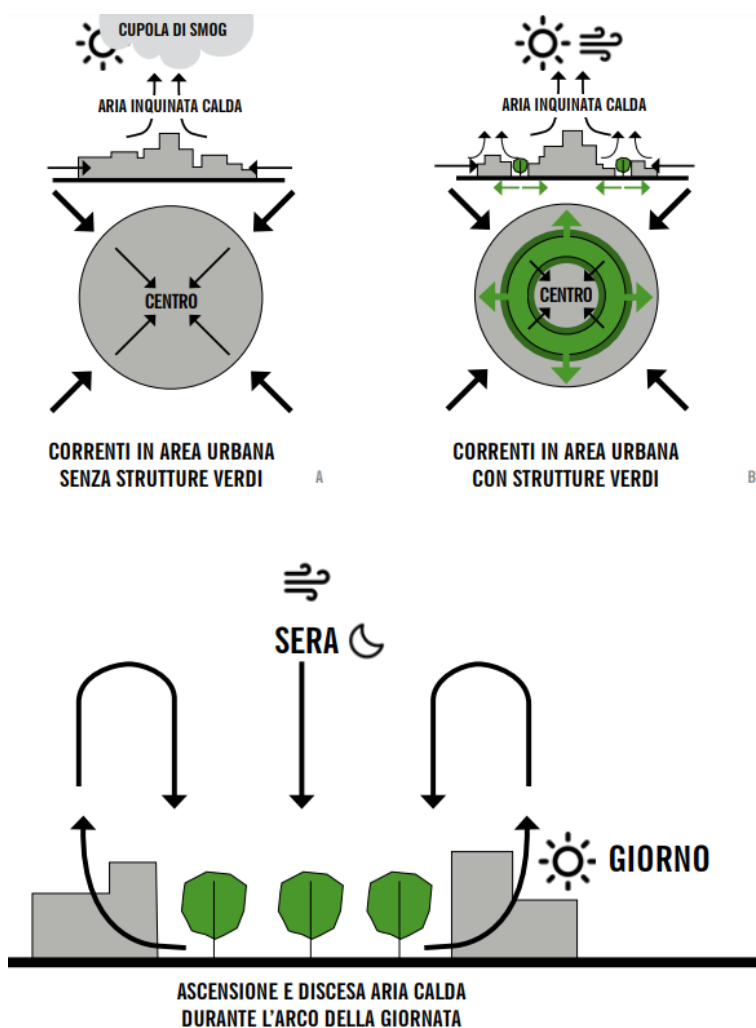


Figura 8: schemi di flusso d'aria in una struttura urbana in condizioni meteo di assenza di vento (fonte: "Gli alberi e la città" – Maria Teresa Salomoni, 2018)

Anche 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. In relazione alla cattura della CO₂ è fondamentale, per la buona riuscita dell'intervento che le specie siano innanzitutto appropriate all'ambiente che caratterizza il sito di impianto.

Vengono di seguito riportati alcuni criteri generali presi in considerazione per la scelta delle specie utili per realizzare fasce verdi in grado di contribuire all'intercettazione degli inquinanti atmosferici e alla mitigazione dell'inquinamento acustico. I criteri riportati sono anche validi per la realizzazione di un sistema verde più esteso e complesso, seppur con alcune limitazioni.

In particolare, si sono adottati i seguenti criteri:

- privilegiare specie arboree con chiome ampie e alte, meglio se caratterizzate da un fitto sistema di ramificazione;
- privilegiare specie longeve e resistenti alle malattie e all'inquinamento atmosferico delle città;
- scegliere specie con ridotte esigenze di manutenzione, così da ridurre i costi di gestione e di intervento;
- favorire, per quanto possibile, specie sempreverdi;
- privilegiare specie basse emettitrici di COV quali ad esempio aceri e tigli;

Quali riferimenti bibliografici si sono utilizzate le schede fornite dall'Istituto di Biometeorologia IBIMET del CNR "Forestazione urbana: criteri per la selezione di specie

arboree ed arbustive destinate alla mitigazione ambientale” e il **progetto BENEFITS** - fogli di calcolo per la valutazione dei benefici dell’infrastruttura verde.

Come di seguito descritto nel progetto delle opere a verde è stato analiticamente calcolato il contributo della nuova compagine arborea sull’immagazzinamento del carbonio e dell’abbattimento degli inquinanti rapportato alla situazione originaria.

Esigenze idriche

“Dal punto di vista scientifico, le ricerche condotte hanno evidenziato, soprattutto per le piante provenienti da coltivazione in contenitore, un tasso di mortalità alquanto elevato se l’irrigazione è stata scarsa o è stata interrotta troppo precocemente dopo l’impianto. Secondo alcuni autori, comunque, quando viene assicurata un’adeguata disponibilità idrica non si riscontrano differenze apprezzabili fra i vari sistemi di produzione in vivaio. Nelle prime fasi di attecchimento, irrigazioni frequenti con volumi ridotti, producono, in genere, risultati migliori che non irrigazioni meno frequenti con volumi elevati. Questo è in diretto contrasto con quanto osservato sugli alberi adulti stabilizzati: in questo caso è, infatti, preferibile irrigare poco frequentemente con elevati volumi. L’irrigazione dovrebbe essere fatta inizialmente nell’area della buca d’impianto, per poi essere estesa gradualmente alla zona prospiciente. È stato, infatti, calcolato che le radici neoformate crescono da 1 a 5 cm la settimana durante i primissimi anni dopo l’impianto, formando, quindi, in pochi mesi, una “rete” con un diametro molto maggiore di quello della chioma dell’albero”.⁸

Le scelte progettuali hanno preso in considerazione le esigenze idriche delle nuove aree verdi in un’ottica di massimo contenimento dell’uso dell’acqua a fini irrigui.

Da alcuni anni la ricerca⁹ sta lavorando per la messa a punto di strategie integrate che massimizzino l’efficienza e minimizzino gli sprechi dovuti agli impianti. Questo si affianca alla sempre più pressante necessità di selezionare specie e/o cultivar tolleranti.

⁸ Ferrini Francesco, 2014. AboutPlants.eu

⁹ Linee guida sull’adozione di tecniche di drenaggio urbano sostenibile per una città più resiliente ai cambiamenti climatici – 2018 – Comune di Bologna

Le tecniche per la ricerca sul risparmio idrico si basano sul risparmio idrico, e comprendono l'aridocoltura, la scelta di specie xerofile o, comunque, arido-tolleranti nelle zone particolarmente svantaggiate, l'aumento dell'efficienza degli impianti e l'adozione di turni più brevi e più frequenti.

Il mondo anglosassone ha coniato il termine di “dry garden” che letteralmente vuol dire “giardino secco”. Si basa sull’impiego di piante che hanno bassi consumi idrici il che, tuttavia, non esclude in periodi particolarmente siccitosi, la necessità di ricorrere all’irrigazione. In sostanza, alle nostre latitudini, il concetto si traduce con minori richieste di apporti idrici esterni ovvero di minor consumo di acqua.

La filosofia progettuale, in coerenza con le strategie progettuali e di gestione già messe in atto dal Settore verde del Comune di Bologna, ha previsto aree funzionali a manutenzione differenziata che si basa sulle seguenti scelte:

- superficie a prato asciutte;
- superfici con arbusti, tappezzanti ed erbacee perenni con sistema di irrigazione a goccia;
- alberi con sub-irrigazione a goccia (da disattivare dopo la fase di attecchimento e primo sviluppo).

L’automazione del funzionamento dei vari impianti, garantito da programmatori a batteria, facilmente gestibili anche in remoto, consentirà di tesaurizzare l’acqua disponibile in funzione delle reali necessità delle piante messe a dimora, anche in relazione alle fasi di impianto, attecchimento e sviluppo.

La razionalizzazione dell’irrigazione è ancor più impellente in ragione del fatto che la disponibilità idrica è limitata dalla messa a disposizione di vari allacciamenti alla rete pubblica.

In tale ottica risulta strategico anche ridurre l’evaporazione dal terreno, ricorrendo alla pacciamatura. Il progetto prevede dei tessuti biodegradabili a copertura del terreno con possibilità di copertura degli stessi con inerti (lapillo, ghiaie...). La pacciamatura ha il

vantaggio di riduzione l'evaporazione ed anche controllare le infestanti, evitando costose manutenzioni.

Anche per il prato, che notoriamente richiede elevati apporti idrici, si è scelto di optare per prati asciutti. In alternativa alla semina di graminacee microterme si avanza anche l'ipotesi di fare ricorso a macroterme che però hanno lo svantaggio di ingiallire durante l'inverno in quanto non sopportano le basse temperature (al di sotto dello zero); tuttavia in primavera queste piante torneranno a vegetare.

Nella tabella che segue si riporta il consumo medio idrico annuo stimato per macroaree di progetto delle opere a verde. Considerando la fascia fitoclimatica del Comune di Bologna si prevede di soddisfare il fabbisogno idrico per il 50% per le precipitazioni ed il 50% con il sistema di irrigazione. Dal secondo anno l'irrigazione delle alberature dovrà progressivamente ridursi fino a completo attecchimento degli alberi. L'impianto potrà mantenersi per eventuali irrigazioni di soccorso in annate particolarmente calde e siccitose.

ZONA	AREA VERDE TAPPEZZATA*	SUPERFICIE m ²	SISTEMA IRRIGUI	CONSUMO IDRICO MEDIO STIMATI* (m ³ /anno)
C	Parcheggi con superfici tappezzate	541	a goccia	122
D	Aiuole con superfici tappezzate	10 259	a goccia	2308
	ALBERI**	Numero alberi		
E	Alberate stradali con irrigazione dedicata	552	a goccia	414
F	Bosco 1 (a sud di Via Bentini) - ALBERI	250	a goccia	188
G	Bosco 2 (a nord di Via Bentini) - ALBERI	88	a goccia	66
H	Bosco 1 (a sud di Via Bentini) - ARBUSTI	107		48
I	Bosco 2 (a nord di Via Bentini) - ARBUSTI	39		18
TOTALE				3 163

Tabella 4: stima consumo idrico medio annuo (*ipotizzando un consumo medio di 3 mm/giorno di H₂O per una stagione irrigazione media di 150 giorni - **ipotizzando un consumo medio di 25 l ad intervento per 30 interventi/anno per gli alberi e di 15 l per gli arbusti.

Sistema di irrigazione

Come anticipato, nel progetto non sono previsti impianti di irrigazione con la tecnica ad aspersione, ma solamente impianti a goccia, che garantiscono una maggiore efficienza nell'utilizzo della risorsa idrica.

Si è optato per un sistema di irrigazione che soddisfi i fabbisogni idrici delle superfici tappezzate, realizzate in prevalenza con erbacee perenni a bassa esigenza idrica, e degli impianti arborei per i primi anni dalla messa a dimora. Per le varie aree verdi saranno predisposti stacchi dalla rete pubblica.

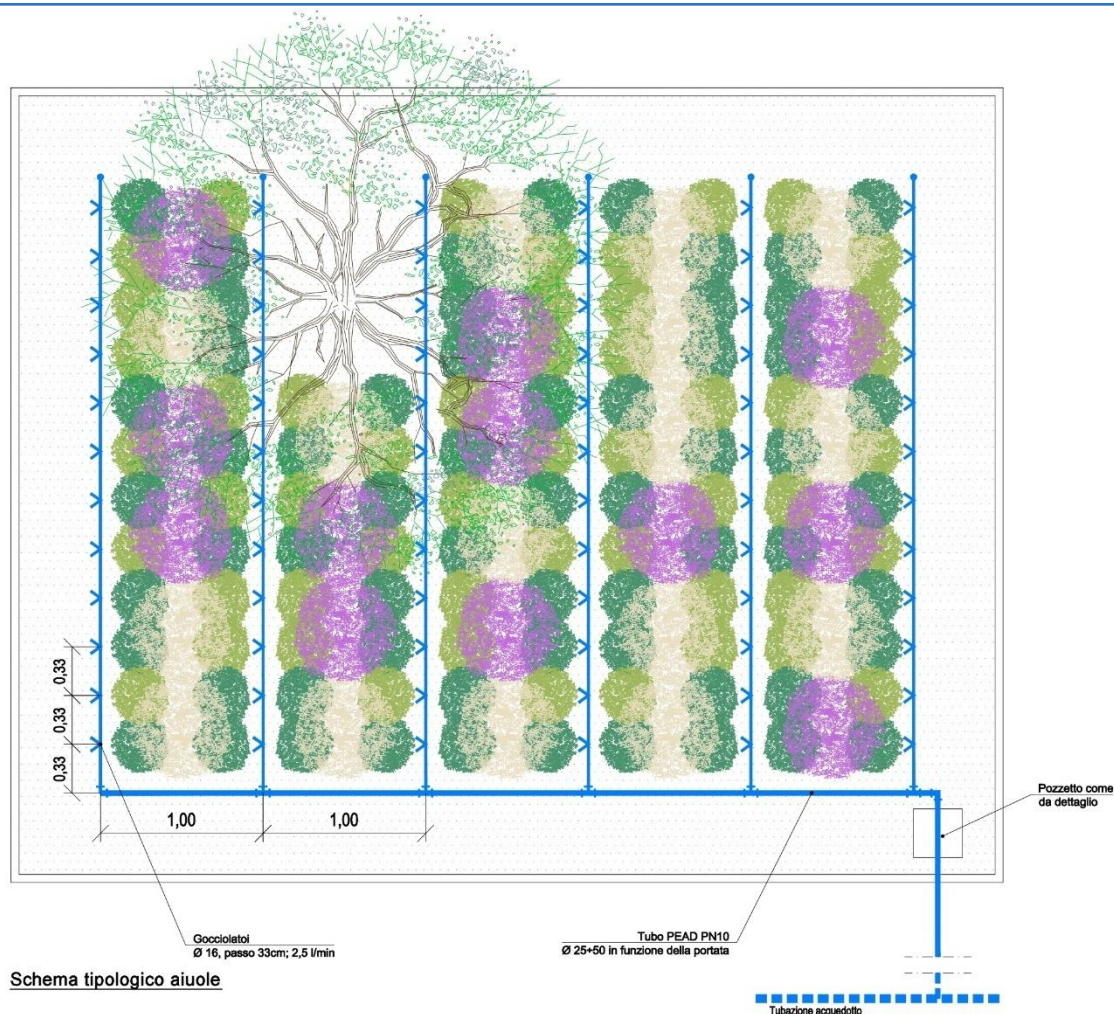


Figura 9: schema tipologico impianto di irrigazione a goccia

I vantaggi di questo sistema sono molteplici tra cui i principali risultano essere:

- l'elevata uniformità di distribuzione dell'acqua grazie all'utilizzo nelle ali di gocciolatori autocompensanti;
- i ridotti fenomeni di erosione e dilavamento;
- la possibilità di irrigare aree con le più svariate forme e dimensioni;
- la scarsa esposizione agli atti di vandalismo, problema particolarmente sentito nei parchi e giardini pubblici, essendo l'intero sistema interrato;

- l'elevata flessibilità nella programmazione delle ore di irrigazione. L'irrigazione non limita assolutamente l'uso e il godimento delle aree verdi mentre è in atto potendo, in questo modo, programmare anche dei cicli diurni d'irrigazione;
- possibilità di irrigare ampie superfici in una sola volta in quanto si utilizzano basse pressioni e portate e tubi relativamente piccoli;
- riduzione delle malattie della pianta in quanto l'acqua viene erogata direttamente alle radici della pianta e non alle foglie o ai fiori;
- riduzione del dispendio energetico con stazioni di pompaggio di minore potenza data la minore portata dell'impianto.

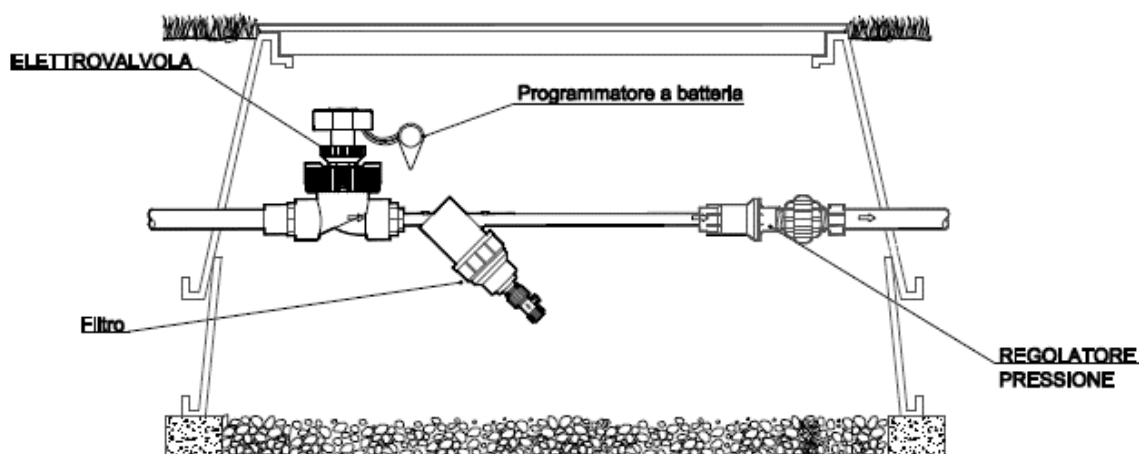


Figura 10: dettaglio pozzetto

Dal punto di vista costruttivo l'impianto a goccia sarà strutturato come illustrato graficamente nei tipologici:

- allaccio all'utenza idrica predisposta nelle varie aree verdi a partire dalla rete pubblica, che dovrà garantire almeno una portata di 100-150 l/min;
- valvola a sfera per il controllo generale - diametro previsto: 1-1"1/2
- filtro a rete - diametro previsto: 1-1"1/2
- elettrovalvola/elettrovalvole in funzione dei settori di funzionamento, montate con bocchettoni conici - - diametro previsto: 1-1"1/2
- valvola a sfera per svuotamento invernale - diametro previsto: 1/2"

- collettori di adduzione dell'acqua ai vari settori di funzionamento in PEAD PN 12.5- - diametro previsto: $\frac{3}{4}$ " 1-1" 1/2
- stacchi periodici con predisposizione attacchi per gocciolante diam. 16
- tubo gocciolante in PE diam. 16 con gocciolatori inglobati nell'estrusione, autopulenti ed autocompensanti 8 interasse 30 cm) portata 2.5 l/min.

Scelte florovivaistiche: resistenza alle fitopatologie e assenza di effetti nocivi per la salute umana

Come descritto in precedenza, la progettazione di un sistema verde urbano richiede molteplici valutazioni nella selezione delle specie: specie prevalentemente autoctone, specie ad elevata prestazione ambientale, specie a valenza storico-paesaggistica e specie, varietà e cloni resistenti a particolari patologie.

Le normative vigenti (D.Lgs 150/2012, PAN in regime di prorogatio, Criteri di rischio Ministero Transizione Ecologica nell'uso di prodotti fitosanitari in ambito urbano) sono stati il riferimento nelle scelte progettuali per prefigurare una strategia di difesa e, in buona sostanza, la durabilità all'investimento pubblico.

Le specie proposte nel progetto non hanno particolari sensibilità a patologie di origine crittogamica e entomologia. La scelta di diversificare le specie è nata anche dall'obiettivo di ridurre i rischi di possibili danni per patologie. Nell'ambito del programma di manutenzione il Comune potrà prevedere azioni di controllo per eventi eccezionali con metodi sostenibili con il contesto urbano.

Per evitare o contenere forme patologiche tipiche di alcune specie o effetti indesiderati negli spazi ad elevata fruizione, sono individuate specie resistenti o tolleranti a particolari patologie oppure con caratteristiche utili:

- Olmo: utilizzo di varietà resistenti alla Graffiosi: *Ulmus* "Plinio" o *Ulmus* "San Zenobi",
- Platano: utilizzo di varietà resistenti al Cancro colorato: *Platanus* *platanor* "Vallis Clausa",
- Tiglio: Utilizzo di varietà non pollonifere: *Tilia* *cordata* "Green Spire",
- Gelso: utilizzo di varietà sterili per evitare frutti a terra: *Morus* *alba* "Fruitless".

Si riportano schede delle tipologie di ancoraggi previsti per le nuove alberature in funzione della loro collocazione lungo viali stradali, parcheggi o aree verdi.

Utilizzo di specie non urticanti o spinose

Nel progetto non sono previste speci urticanti, quali *Gleditsia triacanthos* L. - Spino di Giuda, *Robinia pseudoacacia* L.- Falsa acacia, *Pyracantha* - Piracanto, *Elaeagnus angustifolia* L. - Olivagno o tossiche (es. *Nerium oleander* L. - Oleandro, *Taxus baccata* L.- Tasso, *Laburnum anagyroides* Meddik- Maggiociondolo.

Specie arboree con resistenza dell'apparato radicale, del fusto o delle fronde in caso di eventi meteorici

È noto che le piante sono esseri viventi che, per cause diverse ed in particolari condizioni ambientali, possono cadere a terra e provocare gravi danni a cose e persone. La corretta scelta e gestione delle alberature da un lato deve massimizzare la sicurezza dei luoghi in cui esse si trovano e dall'altro assicurarne la perpetuazione con le cure più appropriate.¹⁰ Nelle scelte progettuali delle opere a verde sono state escluse specie arboree note per la fragilità dell'apparato radicale, del fusto o delle fronde che potrebbero causare danni in caso di eventi meteorici intensi.

Alcuni alberi hanno rami che oppongono una resistenza relativamente modesta ai fenomeni meteorici estremi, come ad esempio venti di forte intensità e/o nevicate pesanti: i rami di queste specie, come ad esempio il pino domestico (*Pinus pinea* L.), alcuni pioppi (*Populus* spp.) o salici (*Salix* spp.), possono spezzarsi improvvisamente durante un evento meteorico estremo e cadere sopra auto o persone. Sono, pertanto, state escluse tali specie ed altre simili nella proposta progettuale.

Dall'esperienza pregressa di schianti e danni provocati dalle alberate nelle città è possibile, per ogni ambiente, dedurre un grado diverso di pericolosità per le diverse specie arboree, ma non solo per queste.

¹⁰ Linee guida per la gestione dei patrimoni arborei pubblici nell'ottica del Risk Management, Associazione Italiana Direttori e Tecnici Pubblici Giardini, 2015

In alcuni casi esistono interferenze dovute alle caratteristiche di un singolo parco dislocato su un terreno strutturalmente non adatto ad ospitare alberi di grandi dimensioni.

Ciò aumenta fortemente la pericolosità di alcuni o di tutti i soggetti arborei presenti nel in aree verdi e viali alberati. Sono fattori di pericolo anche i danneggiamenti occulti come gli scavi in prossimità delle radici.

Anche la gestione delle chiome è fondamentale per assicurare la stabilità degli alberi alle sollecitazioni del vento: garantire un'integrità strutturale, senza sconvolgere l'architettura tipica con potature insensate, consente all'albero di meglio rispondere agli eventi eccezionali. Per tali ragioni è fondamentale l'applicazione del regolamento del verde nel limitare danni agli alberi e conseguenti danni in caso di cadute.

Lo sforzo progettuale ha cercato di impostare degli impianti arborei con dei requisiti minimi atti a garantire la stabilità nel tempo: specie adatte per capacità di crescita e dimensione massima raggiungibile, sedi d'impianto adeguati per una crescita in forma libera o semilibera, volumi di terreno adeguati al regolare sviluppo degli ancoraggi, specie rustiche resistenti o poco sensibili ai patogeni.

In tali casi vale la norma suddetta che una valorizza la riposta biomeccanica delle chiome integre rispetto a chiome maltrattate da ripetute capitozzature. E', altresì, evidente la forma della chioma fastigiata riduce gli effetti dei forti venti rispetto ad alberi a chioma espansa.

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE A VERDE

Boschi urbani a nord e sud di Via Bentini

Proteggere, ripristinare e favorire un uso sostenibile dell'ecosistema terrestre rappresenta l'obiettivo 15 definito dall'ONU per lo sviluppo sostenibile nell'Agenda 2030.



Figura 11: obiettivi Agenda 2030

I boschi sono la comunità climax entro le quali la maggior parte dell'ecosistema terrestre sviluppa. Questo significa che la presenza di una copertura boschiva era la condizione originale prima delle profonde alterazioni ambientali apportate dall'uomo a cominciare dal neolitico.

Nel corso dei secoli tali alterazioni, principalmente a scopo agricolo, hanno ridotto progressivamente la copertura boschiva del nostro paese.

Aree come la Pianura Padana sono state interessate da fenomeni di disboscamento particolarmente estremi. Tale tendenza è continuata negli ultimi decenni anche per effetto del consumo di suolo per le trasformazioni urbanistiche.

La corretta pianificazione e gestione di boschi nuovi, recenti, o di antica data assume, quindi, un ruolo fondamentale, non solo nelle aree protette. È, pertanto, necessario pianificare strategie in grado di potenziare i **servizi ecosistemici** in un'ottica di sviluppo sostenibile.

Il valore naturalistico di un bosco, se gestito in maniera eco-compatibile, è sempre molto elevato. Tale valore cresce enormemente quando il bosco in esame si trova entro zone coltivate in maniera intensiva e zone urbanizzate.

In tali agro-ecosistemi, particolarmente impoveriti dalle alterazioni umane, i boschi, persino quelli di dimensioni minime, sono spesso gli ambienti più ricchi di specie animali e vegetali.

Nel complesso, la biodiversità di un bosco entro zone di agricoltura intensiva o semi-intensiva è data dall'interazione di più fattori ambientali e gestionali.

Il progetto proposto prevede la realizzazione di aree boscate e di prati aridi con incremento della naturalità e della biodiversità delle aree oggetto di richiesta, collocate nell'area nord -ovest del percorso.

Le due zone destinate sono caratterizzate da formazioni vegetali come di seguito elencato:

- bosco quercio-carpineto;
- bosco quercio-olmeto;

come individuati negli elaborati:

- **B381C-D-X00-V00-URB-DG-01-A – Tipologici sistemazione a verde,**

Per favorire la gestione, soprattutto in fase iniziale, si è definito un impianto arboreo interspecifico che, pur non assumendo la formale definizione forestale di “bosco” produrrà effetti ecosistemici significativi, caratterizzandosi come **bosco urbano**.

Il progetto definitivo pone attenzione alle modalità d'impianto, che definiranno anche gli ambiti di margine.

Questo tipo di disposizione ha un effetto positivo sia per gli aspetti ecologici legati all'habitat vegetale, sia per quelli legati all'habitat animale, che predilige ambiti differenziati, quali boschi, cespuglietti, radure ecc., in cui trovare cibo e ricovero.

Dal punto di vista paesaggistico, la differenziazione e l'aspetto naturaliforme garantiranno, inoltre, sin dai primi anni un impatto visivo gradevole.

Le principali caratteristiche costruttive hanno prestato attenzione alla possibilità di meccanizzazione delle lavorazioni preliminari, di impianto e delle successive cure colturali e al contenimento dei costi di realizzazione e manutenzione.

Il corredo vegetazionale del progetto per il bosco a nord di via Bentini valorizza, altresì, le aree destinate a possibile laminazione delle acque del limitrofo torrente Navile, creando dei sistemi affini degli ambienti umidi, con incremento della biodiversità. (querco-olmeto).

Il tipo di specie arboreo-arbustive presenti entro una zona boscata può profondamente influenzare il numero di specie animali in esso presenti. Boschi con maggiore diversità di specie vegetali sono in grado di sostenere un maggior numero di organismi animali tramite diversi meccanismi:

1. specie arboreo-arbustive diverse presentano periodi con infiorescenze, bacche o frutti diversi. Boschi con alta diversità di essenze arboreo-arbustive presentano, quindi, risorse alimentari più stabili nel tempo;
2. molti organismi animali, soprattutto invertebrati, si sono specializzati nello sfruttamento, almeno in qualche stadio del loro ciclo vitale, di determinate specie di piante. Boschi con molte specie vegetali hanno una maggior probabilità di includere tra esse quelle da cui tali invertebrati specialisti sono dipendenti;
3. specie arboreo-arbustive diverse presentano ritmi e forme di crescita differenti. La loro presenza contemporanea in un bosco ne aumenta la diversità strutturale, così permettendone l'idoneità vegetazionale per molteplici organismi animali.

Occorre evidenziare la ricchezza di specie faunistiche associate a specie arboreo-arbustive autoctone rispetto a quella di specie introdotte in una data zona. Tale fattore, evidenziato da numerosi autori porta alla necessità assoluta di utilizzo di piante autoctone entro formazioni boschive a scopo naturalistico.

A corredo della zona boscata le strutture verdi lineari (filari e siepi) completeranno il progetto raccordando soprattutto i margini nord ed ovest.

I nuovi boschi verranno realizzati in un'area di:

- Bosco a nord di via Bentini: **3122** mq oltre a **4923** mq di radure;
- Bosco a sud di via Bentini: **8739** mq oltre a **8996** mq di radure.

Il progetto prevede di inserire popolamenti polispecifici, costituiti da consociazioni di specie arboree variamente strutturate e articolate in relazione alle caratteristiche stazionali e delle peculiarità del terreno che contraddistingue il sito d'impianto.

Tra le specie arboree vanno menzionati gli ontani, i frassini, le querce, gli aceri, i sorbi, gli olmi, i ciliegi.

Tutto il materiale vegetale utilizzato sarà conforme al decreto legislativo 10 novembre 2003, n. 386 (Attuazione della direttiva 1999/105/CE relativa alla commercializzazione dei materiali forestali di moltiplicazione) e al D.Lgs 19 del 2/2/2021 (Norme per la protezione delle piante dagli organismi nocivi in attuazione dell'articolo 11 della legge 4 ottobre 2019, n. 117, per l'adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) 2016/2031 e del regolamento (UE) 2017/625. (21G00021), nonché corredato, nei casi previsti dalla predetta normativa, da:

- a) certificato principale di identità, ai sensi dell'articolo 6, del d.lgs. 386/2003;
- b) passaporto delle piante dell'Unione europea sullo stato fitosanitario del materiale di propagazione.

Si descrivono di seguito le strutture verdi definite dal progetto definitivo in grado di valorizzare le peculiarità del sito.

Bosco tipo “querco-carpineto” si colloca a sud di Via Bentini.

Nella zona a nord, invece, ove ci sarà la possibilità di allagamenti occasionali per la laminazione delle acque meteoriche e per l'esondazione del torrente Navile la composizione vegetale darà la priorità a specie adatte alla maggiore umidità del terreno e tolleranti la periodica sommersione optando per un **“querco-olmeto”**.

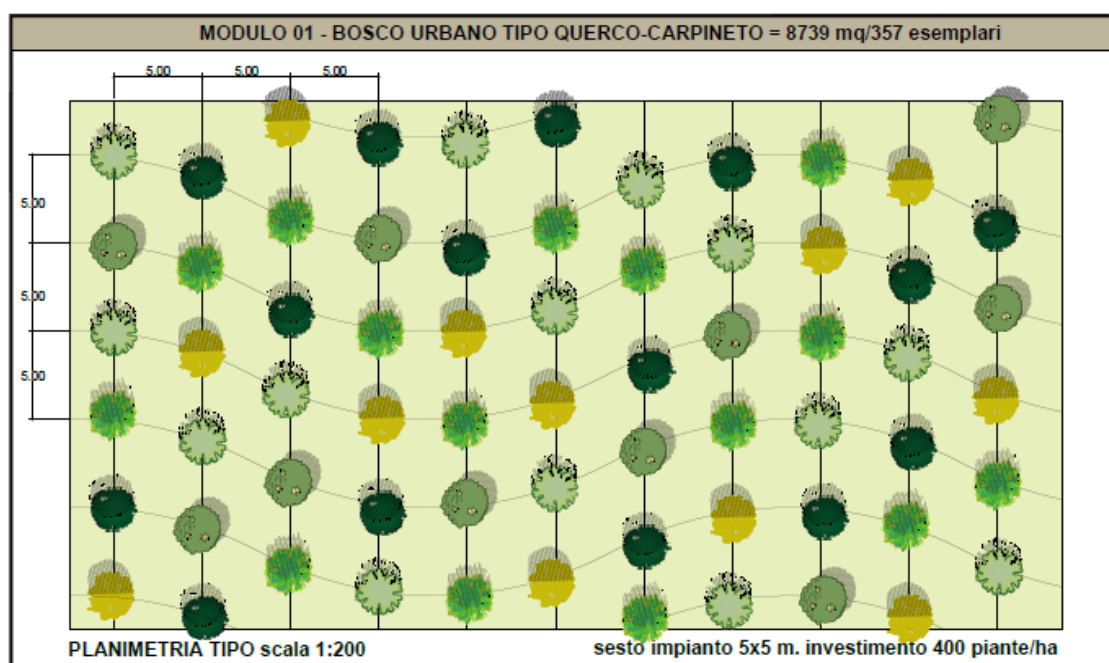
La definizione della densità e del sesto d'impianto per un progetto a prevalente funzione naturalistico-paesaggistica richiede di procedere a impianti con file parallele anche sinusoidali per dare maggiore naturalità all'assetto artificiale dell'imboschimento e

aumentarne l'irregolarità, accrescendo di conseguenza anche il connotato naturalistico del soprassuolo.

Per quanto riguarda il sesto d'impianto si è optato per una maglia di 5 m x 5 m, pari ad una densità teorica di 400 piante ad ettaro.

Volendo connotare l'impianto con caratteri spiccatamente naturalistici, la disposizione delle specie avverrà in modo assolutamente casuale per quanto riguarda la loro alternanza spaziale: in questo modo la crescita complessiva dell'impianto è lasciata alla sua libera evoluzione naturale.

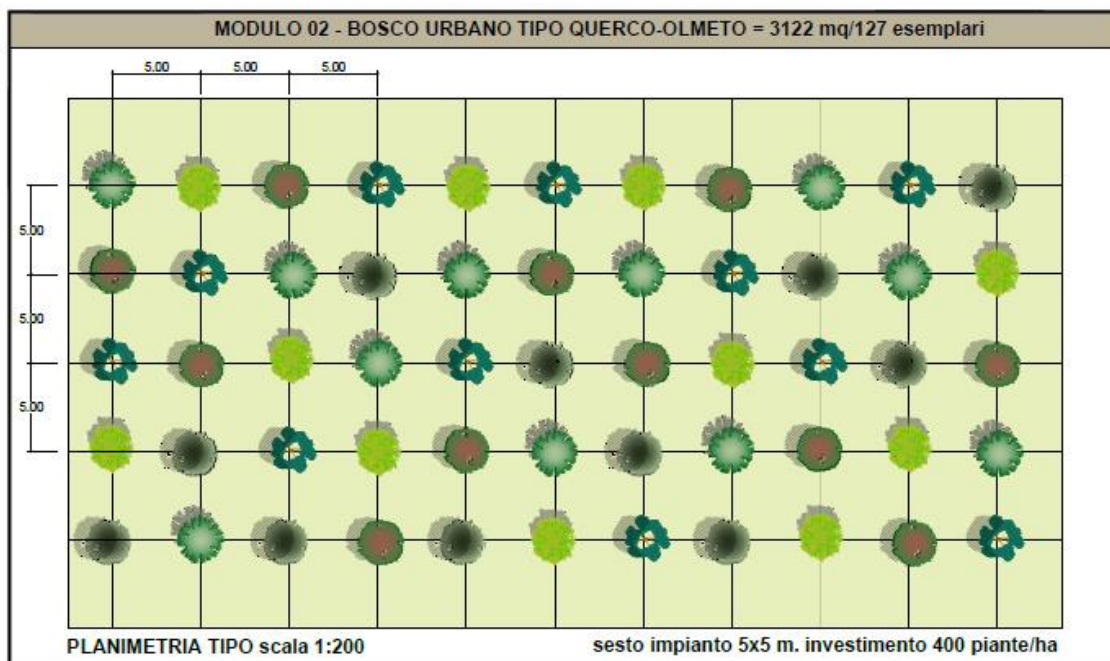
Gli schemi d'impianto e le consociazioni vegetali sono dettagliati nell'apposita tavola di progetto.



MODULO 01 - COMPOSIZIONE STRUTTURALE ALBERI			
NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE	%	N°
Acer platanoides	Acero riccio	9	25
Acer pseudoplatanus	Acero di monte	4	11
Carpinus betulus	Carpino bianco	16	39
Fraxinus excelsior	Frassino maggiore	4	11
Fraxinus angustifolia	Frassino ossifilo	3	7
Acer campestre	Acero campestre	6	14
Alnus glutinosa	Ontano nero	4	11
Prunus avium	Ciliegio selvatico	7	18
Quercus petraea	Rovere	6	14
Quercus robur	Farnia	10	25
Tilia cordata	Tiglio selvatico	7	14
Tilia platyphyllos	Tiglio nostrano	4	11
Ulmus minor	Olmo campestre	7	18
Pyrus Pyraister	Perastro	4	11
Malus sylvestris	Melo selvatico	6	14
Sorbus torminalis	Ciavardello	3	7
		70	250

MODULO 01 - COMPOSIZIONE STRUTTURALE ARBUSTI			
NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE	%	N°
Corylus avellana	Nocciolo	2	7
Cornus mas	Corniolo	5	18
Cornus sanguinea	Sanguinello	3	11
Euonymus europaeus	Fusaggine	2	7
Crataegus monogyna	Biancospino	6	21
Ligustrum vulgare	Ligustro	2	7
Lonicera xilostium	Caprifoglio peloso	2	7
Sambucus nigra	Sambuco nero	3	11
Viburnum opulus	Pallon di Maggio	3	11
Rhamnus frangula	Frangola	2	7
		30	107

Figura 12: sesto d'impianto e composizione del quercio carpineto (modulo 1)



MODULO 02 - COMPOSIZIONE STRUTTURALE ALBERI			
NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE	%	N°
Carpinus betulus	Carpino bianco	9	11
Quercus robur	Farnia	14	18
Quercus petraea	Rovere	3	4
Acer campestre	Acero campestre	3	4
Acer pseudoplatanus	Acero di monte	3	4
Ulmus minor	Olmo campestre	11	14
Prunus avium	Ciliegio selvatico	3	4
Tilia cordata	Tiglio selvatico	5	6
Fraxinus oxycarpa	Frassino ossifillo	5	6
Fraxinus excelsior	Frassino maggiore	5	6
Alnus glutinosa	Ontano nero	9	11
		70	88

MODULO 02 - COMPOSIZIONE STRUTTURALE ARBUSTI			
NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE	%	N°
Corylus avellana	Nocciolo	2	3
Cornus mas	Corniolo	3	4
Cornus sanguinea	Sanguinello	3	4
Euonymus europaeus	Fusaggine	3	4
Crataegus monogyna	Biancospino	5	7
Ligustrum vulgare	Ligustro	3	4
Lonicera caprifolium	Caprifoglio comune	3	4
Sambucus nigra	Sambuco nero	3	7
Viburnum opulus	Pallon di Maggio	5	2
		30	39

Figura 13: sesto d'impianto e composizione del querceto olmeto (modulo 2)

Rain garden – canali vegetati

Come tutti ormai ben sappiamo il forte impatto delle attività umane, e l'inquinamento da esse prodotte, ha accelerato notevolmente negli ultimi decenni il surriscaldamento terrestre ed il cambiamento climatico globale.

Per fronteggiare gli effetti dei cambiamenti climatici che stanno determinando l'aumento esponenziale degli eventi pluviometrici estremi, sono necessarie strategie per gestire efficacemente questi rischi.

La gestione del drenaggio urbano fa parte di un approccio integrato che vuole contribuire a mitigare gli effetti dei cambiamenti in corso.

I rain garden (o semplicemente canali vegetati rappresentano avvallamenti o depressioni appositamente posizionate e dimensionate per raccogliere l'**acqua di ruscellamento**, ossia l'acqua che viene raccolta da tetti, strade, marciapiedi e altre superfici urbane impermeabili o semipermeabili.

Questo avvallamento, permettono un parziale o totale **smaltimento** dell'acqua in un sistema di drenaggio sotterraneo, o semplicemente di laminare il deflusso.

Nello specifico si è ritenuto "rivestire le sponde degli invasi con specie igrofile per permette di **filtrare** sostanze inquinanti, portate dal deflusso delle acque,

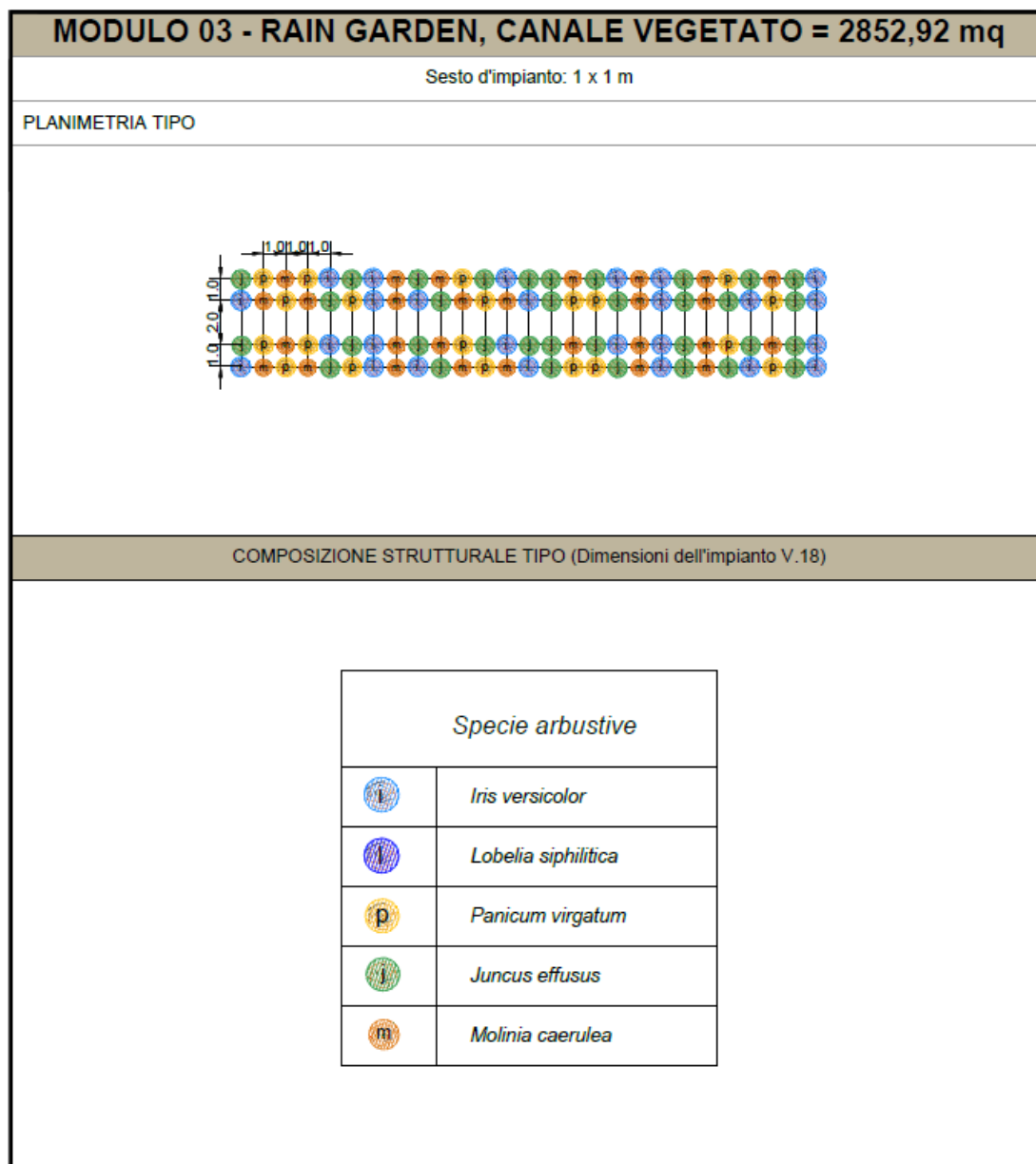


Figura 14: modulo 3 – Rain garden - canale vegetato

Prati

In corrispondenza di tutte le superfici “naturalistiche” è prevista la costituzione di un prato formato da miscugli di essenze erbacee frugali e xerotolleranti in considerazione delle sfavorevoli condizioni di stabilità e di aridità costituzionale del substrato su cui si andrà ad operare.

Il miscuglio di sementi avrà una buona percentuale di graminacee e di leguminose, nonché percentuali variabili di altre famiglie quali Composite, Ombrellifere e Cariofillacee capaci di adattarsi anche ai suoli di difficile bilancio idrotrofico. La tecnica prevista per la costituzione di prati piani o leggermente inclinati, dove è previsto un uso intenso, è quella tradizionale con lavorazione del terreno e semina manuale o meccanica.

Per le radure, invece, si opterà per la formazione di prati fioriti che assommano la loro valenza paesaggistica a quella ecologica, nonché il contenimento dei costi di gestione, con le seguenti caratteristiche:

- mix con elevato contenuto specie spontanee perenni, più alcune annuali;
- Valorizzazione di aree marginali con bassissima manutenzione a scopo ornamentale e paesaggistico;
- massimo effetto di prato spontaneo dalla ricca e variegata fioritura;
- elevate rusticità e valore ecologico, associate ad un interessante risultato estetico, variabile con le stagioni.

Prati ornamentali a bassa esigenza

Il tappeto erboso negli ultimi anni sta sensibilmente ampliando il proprio campo d'impiego, spaziando dal primo punto d'interesse, vale a dire l'uso ornamentale e sportivo, verso altri settori importanti definiti come inerbimenti tecnici (consolidamento scarpate, bonifica di ampie aree prima dismesse, miglioramento gestionale aree agricole, ecc.). Tutti gli inerbimenti offrono provati vantaggi ambientali, ma non tutte le specie graminacee si comportano allo stesso modo.

Un inerbimento a bassa esigenza idrica e manutentiva deve necessariamente assicurare la copertura completa e uniforme dell'area, il mantenimento negli anni di determinate caratteristiche qualitative, ma soprattutto deve crescere poco, avere minime necessità nutrizionali, essere resistente alle fitopatologie ed avere contenute necessità idriche.

Sono previste fondamentalmente specie graminacee microterme che permettono una più vasta fruizione dell'area dal punto di vista sia spaziale, sia temporale.

Particolare attenzione alla bassa esigenza manutentiva che, pur trattandosi di un concetto di tipo soggettivo, può essere generalizzato a un tipo di prodotto che comporti minime spese d'investimento e di mantenimento (sia come prodotti che come operazioni necessarie per la conservazione del sistema).

Tralasciando volutamente il settore delle leguminose, tra le specie graminacee l'interesse verso questo tipo d'impiego risulta essere rivolto sostanzialmente verso la *Festuca arundinacea*, e il gruppo delle Festuche cosiddette a foglie fini (*Festuca rubra* sub. *Rubra*, *Festuca rubra* sub. *Trichophylla*, *Festuca rubra* sub. *Commutata*, *Festuca ovina*, *Festuca ovina duriuscula*)

La *Festuca arundinacea* è una specie microterma appartenente alla famiglia delle Poaceae caratterizzata da ampia adattabilità: è infatti adatta a climi moderatamente freddo-umidi o freddo-aridi e cresce bene anche nelle regioni con climi intermedi. Viene molto utilizzata nella realizzazione di tappeti erbosi poiché tollera caldo, siccità, luce e ombra, rimane verde tutto l'anno (durante l'inverno tende a decolorare leggermente), resiste a diverse malattie, sopporta molto bene l'usura ed è molto persistente anche in caso di scarsa manutenzione.

Predilige suoli fertili, con un pH di 6 – 6,5, anche se si adatta anche a pH fino a 8, ed è caratterizzata da un apparato radicale più profondo rispetto ad altre specie come *Poa pratensis* e *Lolium perenne*.

La dose di semina può passare dai 40 g/m² (tappeto erboso a uso ornamentale) ai 10-15 g/m² (inerbimento tecnico).

I tempi di germinazione del seme in pieno campo sono medio-brevi, vale a dire 10-15 giorni. Come tutte le essenze microterme, si avvantaggia di una semina tardo estiva – autunnale.

Non sopporta tagli troppo bassi: è buona norma quindi non scendere al di sotto dei 4 cm come altezza di taglio.

La ricerca ha sviluppato nuove varietà con minime necessità nutrizionali (uno, massimo 2 interventi di fertilizzazione/anno) e con basse esigenze idriche. A tal proposito la

fertilizzazione di mantenimento è da effettuare con fertilizzanti a lenta cessione, con un apporto bilanciato N/K del tipo 1:1.

Per un impiego tipo parco pubblico possono essere considerati 6 tagli/anno, mentre per un inerbimento di tipo tecnico 3 tagli/anno è la giusta quota d'intervento.

Interessante, sia per gli aspetti estetici, sia per quelli ecologici, l'applicazione della tecnica del mulching che consente a parità di costi di effettuare un numero di tagli superiore nella stagione vegetativa.

Festuche arundinacee possono essere miscelate con altre graminacee microterme per compensare le prestazioni nelle varie stagioni.

L'accorgimento per la creazione di tali miscele è quello di non scendere al di sotto di valori del 70% in peso di presenza di Festuca arundinacea. A titolo indica un miscuglio di riferimento da utilizzare per gli inerbimenti di aree ricreative ed ornamentali.

Specie	Varietà	% in Peso	% N° di Semi
FESTUCA ARUNDINACEA	RHAMBLER SRP	40	23
FESTUCA ARUNDINACEA	DETONATE LS	30	17
LOLIUM PERENNE	PRESIDIAN	20	14
POA PRATENSIS	NUBLUE PLUS	10	46

Note tecniche:

LIVELLO DI MANUTENZIONE: (1 = basso; 5 = alto)	1	2	3	4	5
COLORE: (1 = chiaro; 5 = molto scuro)	1	2	3	4	5
TESSITURA: (1 = grossolana; 5 = fine)	1	2	3	4	5
FABBISOGNO IDRICO: (1 = basso; 5 = alto)	1	2	3	4	5
RAPIDITÀ DI INSEDIAMENTO: (1 = bassa; 5 = alta)	1	2	3	4	5



Figura 15: note tecniche per il mix di riferimento da utilizzare negli inerbimenti

Prati estensivi delle radure e dei boschi urbani

In corrispondenza di tutte le superfici “naturalistiche” è prevista la costituzione di un prato formato da miscugli di essenze erbacee frugali e xerotolleranti in considerazione delle sfavorevoli condizioni di stabilità e di aridità costituzionale del substrato su cui si andrà ad operare.

Il miscuglio di sementi avrà una buona percentuale di graminacee e di leguminose, nonché percentuali variabili di altre famiglie quali Composite, Ombrellifere e Cariofillacee capaci di adattarsi anche ai suoli di difficile bilancio idrotrofico. La tecnica prevista per la costituzione di prati piani o leggermente inclinati, dove è previsto un uso intenso, è quella tradizionale con lavorazione del terreno e semina manuale o meccanica.

Per le radure, invece, si opterà per la formazione di prati rustici che assommano la loro valenza paesaggistica a quella ecologica, nonché il contenimento dei costi di gestione, con le seguenti caratteristiche:

- mix con elevato contenuto specie spontanee perenni, più alcune annuali;
- valorizzazione di aree marginali con bassissima manutenzione a scopo ornamentale e paesaggistico;
- massimo effetto di prato simil-spontaneo dalla ricca e variegata composizione floristica;
- elevata rusticità e valore ecologico tipico dei prati magri;

Per le aree di tipo naturalistico si opta verso un prato polifita rustico con le seguenti caratteristiche:

- composizione: 20% Lolium perenne 15% Agropyrum elongatum 20% Festuca arundinacea 10% Dactylis glomerata 15% Festuca rubra rubra 5% Lotus corniculatus 5% Trifolium subterraneum 5% Melilotus officinalis 5% Onobrychis viciaefolia,
- dose di semina: 25-30 g/mq,
- epoca di semina: Primavera e autunno,
- manutenzione: 3-4 tagli annuali anche con tecnica del mulching.

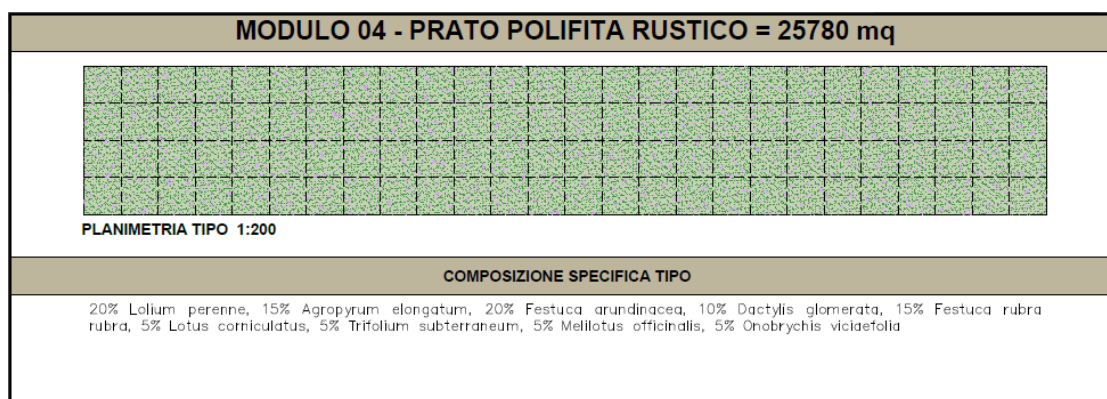


Figura 16: Prato estensivo modulo 4

Tetti verdi estensivi

Il progetto definitivo prevede tetti verdi estensivi nelle seguenti quantità:

- **1370 mq** sulle coperture degli edifici del Deposito a nord della linea.

Si tratta di un sistema ampiamente sperimentato per ricoprire edifici industriali o commerciali, per assolvere alle seguenti funzioni:

- assorbimento di CO₂;
- incremento del valore naturalistico in ottica di biodiversità;
- integrazione con il paesaggio naturale circostante;
- miglioramento del microclima urbano e riduzione effetti isola di calore;
- allungamento dei tempi di vita dell'impermeabilizzazione;
- rinfrescare in modo passivo l'edificio sottostante durante i mesi estivi e migliorare la coibentazione invernale.

In riferimento al criterio 2.2.6 dei CAM (DECRETO 11 ottobre 2017 abrogato e sostituito da DM 23/06/2022), assimilando tali superfici ai prati stabili, la capacità di assorbimento di CO₂ dei 1370 mq sopra descritti è pari a circa **0,685 t di CO₂/anno** (5 t CO₂/ha*anno). Esperienze e dati in letteratura hanno individuato delle specie vegetali con la migliore performance nella zone padane – che hanno manifestato le minori morie, con una copertura superiore al 75% dopo 18 mesi dalla messa a dimora e con minori infestazioni: *Cerastium bieberstenii*, *Dianthus gratianopolitanus*, *Hieracium pilosella*, *Petrorhagia saxifraga*, *Plantago serpentina*, *Potentilla neumanniana*, *Santolina marchii*, *Thymus serpyllum*. Altre specie (*Ajuga reptans*, *Ceratostigma plumbaginoides*, *Dianthus barbatus*, *Geranium sanguineum*, *Iberis sempervirens*, *Mesembrianthemum cooperi*, *Sedum acre*, *Sedum album*, *Sedum palmeri*) non sono da escludere, soprattutto se consociate in modo da valorizzare i diversi aspetti positivi che posseggono.

Il riferimento normativo è la norma UNI 11235:2015 “Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde”.

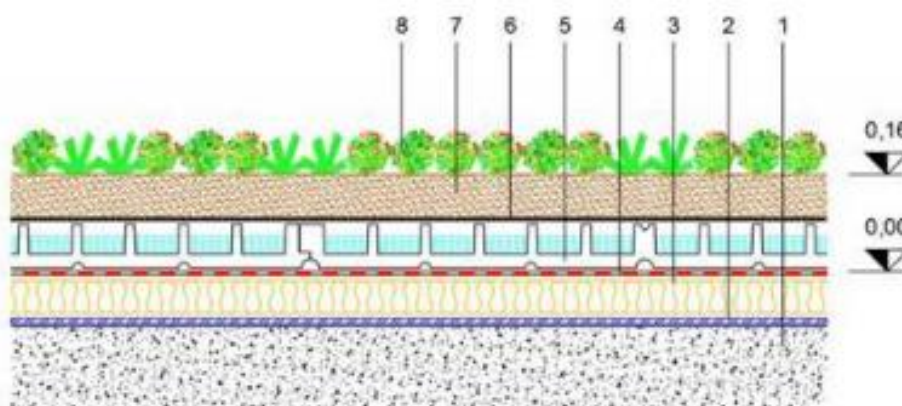


Figura 17: stratigrafia esemplificativa di tetti verdi estensivi (1 – solaio pendenziato, 2 – barriera al vapore, 3 elemento termoisolante, 4 manto impermeabile antiradice, 5 polistirene espanso sinterizzato, 6 geotessili con fibre di polipropilene, 7 terreno, 8 miscela di sedum)



Figura 18: tetti verde estensivi

La tabella di seguito riportata riepiloga le superfici a tetto verdi presenti nel progetto.

Alberate stradali

L'inserimento e il completamento dei filari alberati lungo la viabilità interessata dal progetto dalla linea tranviaria hanno seguito i criteri paesaggistici ed ecologici propri della progettazione urbana.

Le scelte hanno tenuto conto degli spazi disponibili per lo sviluppo radicale e delle chiome, nonché delle prescrizioni in materia di distanziamento dalla linea tranviaria stessa e dagli impianti elettrici di supporto.

Il filare arboreo inserito nel contesto urbano assume un ruolo fondamentale nell'aspetto paesaggistico, diventando un tratto caratteristico ed irrinunciabile delle città moderne. L'accostamento di un filare alberato in corrispondenza del percorso di un mezzo pubblico di nuova generazione, inoltre, caratterizza paesaggisticamente le tratte, conferendo un carattere moderno e dinamico alla tramvia.

Perseguendo l'obiettivo di massimizzare i risultati paesaggistici ed ecologici, la progettazione dei nuovi filari e il completamento di quelli presenti ha tenuto conto di dei criteri di corretto impianto. A tal proposito, gli spazi di radicazione sono dimensionati per contenere correttamente ed adeguatamente i sistemi radicali degli alberi; le distanze sono bilanciate in base alla potenziale chioma della specie e, dunque, in modo da impedire l'interferenza con fabbricati e infrastrutture. I suddetti criteri di progettazione

permettono, inoltre, di minimizzare i costi di gestione e manutenzione delle opere a verde prefigurando un sistema di allevamento delle chiome in forma semilibera.

Aiuole e rotatorie stradali

Oltre agli elementi lineari verdi suddetti, si intende valorizzare anche le superfici orizzontali verdi lungo la tramvia.

Elemento distintivo sarà la composizione secondo forme semplici e riconoscibili che nell'alternanza di superfici a prato e superfici trattate con erbacee perenni conferiranno una variabilità di paesaggi. A seguire una esemplificazione della logica di progetto che dovrà essere adattata alle varie situazioni.

Parcheggi pubblici

Il progetto del verde in corrispondenza delle aree a parcheggio è stato sviluppato in un'ottica di applicazione dei principi di sostenibilità (drenaggio urbano sostenibile, qualità degli spazi pubblici, miglioramento del microclima urbano) definendo:

- specie idonee al contesto urbano;
- adeguati spazi per le alberature;
- miglioramento della qualità urbana dei parcheggi;
- criteri gestionali semplici.

Anche per i parcheggi principali, oltre agli inerbimenti, si propone di inserire **erbacee perenni** in grado di soddisfare gli obiettivi sopra esposti. Le tecniche costruttive, oltre a soddisfare un pronto risultato, assicureranno una semplicità ed economicità di gestione grazie alla predisposizione di teli pacciamanti ecologici e un sistema di irrigazione a goccia.



Figura 19: effetto esemplificativo dell'uso di erbacee perenni in aiuole stradali (fonte: Linee guida sull'adozione di tecniche di drenaggio urbano sostenibile per una città più resiliente ai cambiamenti climatici – 2018 – Comune di Bologna)



Calamagrostis acutiflora



Pennisetum alopecuroides



Anemone hupehensis



Stipa tenuissima



Gaura lindheimeri



Perowskia atriplicifolia



Sedum spectabile



Erigeron karvinskianus

Figura 20: immagini di erbacee perenni per tipologia A7 in elaborato B381C-D-X00-V00-URB-DG-02-A –
Abaco superfici tappezzate – erbacee perenni



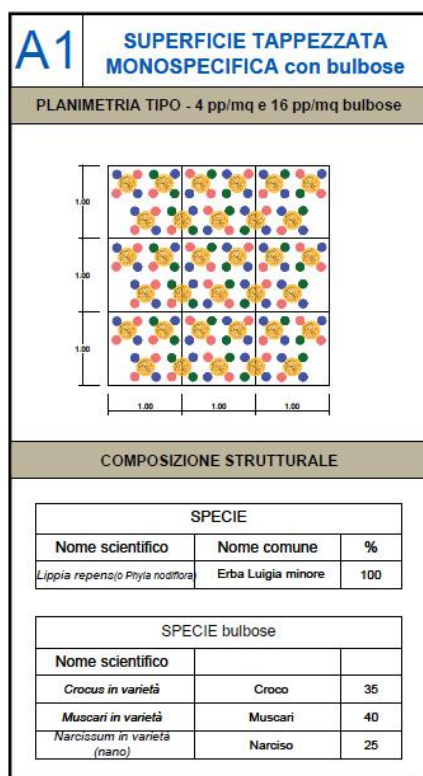
Figura 21: immagini esemplificative di erbacee perenni in aree a parcheggio e lungo assi stradali

Armamento permeabile

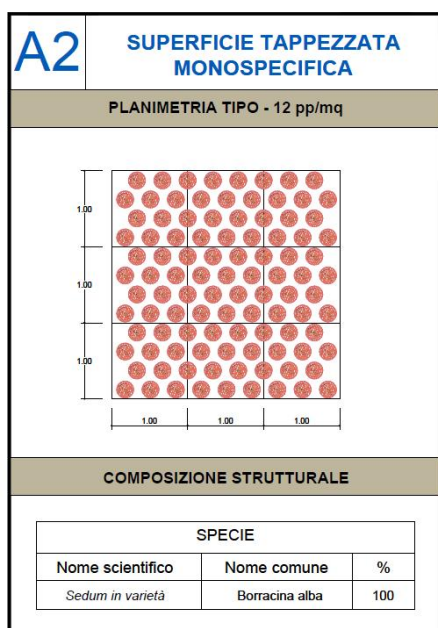
Si vuole anticipare il rinverdimento dell'armamento permeabile della tranvia utilizzando specie erbacee rustiche precoltivate con l'obiettivo di ricreare quanto naturalmente si creerebbe con vegetazione erbacea rustica dando l'effetto paesaggistico di un corridoio verde.

Lungo la linea vengono previsti **3620 mq** di armamento permeabile.

A1 Superficie tappezzata con Bulbose



A2 Superficie tappezzata con Sedum






Sedum in varietà

A3 Superficie tappezzata co Pilosella



Hieracium pilosella

Figura 22: immagini di superfici tappezzate per tipologie A1-A2-A3 in elaborato B381C-D-X00-V00-URB-DG-02-A – Abaco superfici tappezzate – erbacee perenni

<p>Potentilla neumanniana perenne sempreverde, mantiene una buona vegetazione d'inverno ama il terreno ricco, fresco, ben drenato come esposizione preferisce Sole il fiore è giallo appartiene alla famiglia delle Rosaceae il suo periodo di fioritura è Aprile - Maggio raggiunge un'altezza massima di 10 cm - 15 cm. <u>Disponibile anche pre-coltivata fornita in rotoli come il prato.</u></p>	
<p>Lippia repens (o Phyla nodiflora) è una perenne, ottimo e facile tappezzante per zone miti ama il terreno normale, ben drenato. Come esposizione preferisce Sole. Fiori bianchi e lilla. Appartiene alla famiglia delle Verbenacea e il suo periodo di fioritura è giugno - ottobre raggiunge un'altezza massima di 8 cm - 10 cm Semidecidua. A basse temperature invernali diventa marrone e perde la maggior parte delle foglie. Per avere un risultato estetico d'interesse anche a fine inverno ed inizio primavera, integrare con bulbi a fioritura scalare (crocus, narcisi, muscari,) che possono produrre effetti cromatici interessanti. <u>Disponibile anche pre-coltivata fornita in rotoli come il prato.</u></p>	
<p>Sedum Disponibili: Sedum acre, Sedum album, Sedum reflexum. Disponibile anche pre-coltivata fornita in rotoli come il prato.</p>	

Tutela degli alberi

Il progetto esecutivo definirà i criteri per la tutela degli alberi da conservare ed interferenti con il cantiere.

Verranno attuate le disposizioni previste dal Regolamento del Verde, art. 7-8.

In base all'art.2 del Regolamento suddetto, sono considerati alberi di rilevanza "esemplari aventi il diametro del tronco (misurato a 1,30 m di altezza dal colletto) superiore a 60 cm

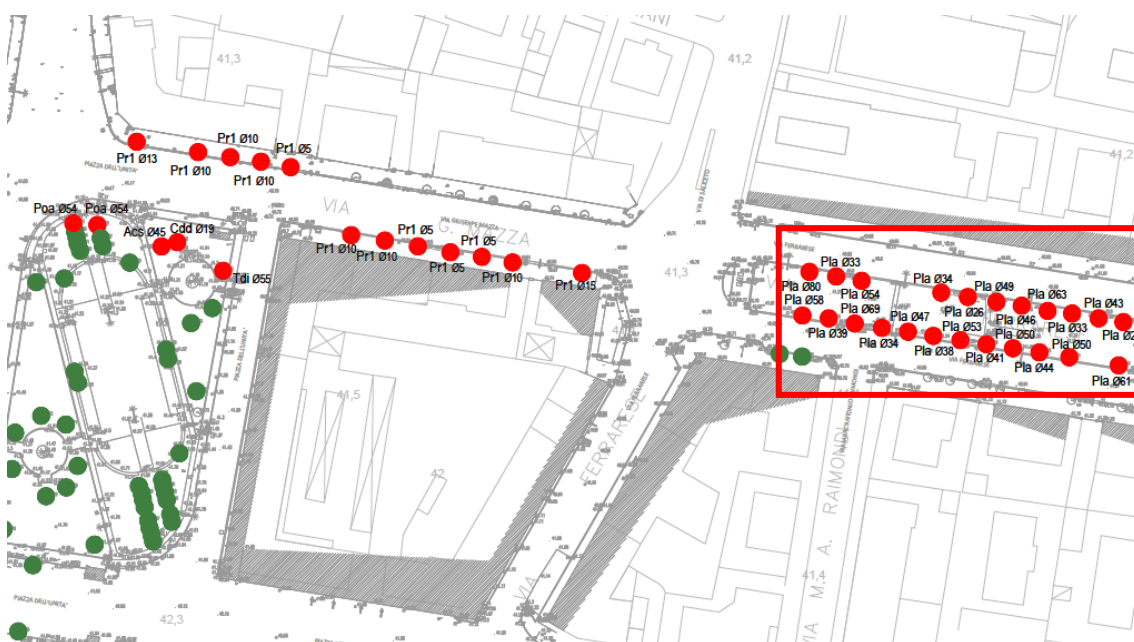
1 e 100 cm (315 cm di circonferenza) per genere e specie appartenenti al gruppo E”.

Sono state individuate una serie di alberi che risultano incompatibili con la realizzazione delle strutture tramviarie, per interferenza diretta con l'opera in senso stretto e con la cantierizzazione necessaria.

Seppur la tutela del verde esistente sia uno degli obiettivi progettuali, l'inserimento dell'infrastruttura tranviaria determina l'impossibilità di alternative tecniche all'abbattimento degli alberi individuati.

In linea generale si esprime un parere di non fattibilità tecnico-agronomica ad eventuali operazioni di trapianto. Sono operazioni che difficilmente trovano una giustificazione ed una convenienza sia economica, sia ecosistemica ed arboricoltura. Tenzialmente è preferibile impostare impianti compensativi con presupposti tali da garantire nuove piantagioni durature, stabili e con scarsi input manutentivi, in grado di massimizzare i benefici.

Per interventi su platano si osserveranno le norme previste dalle disposizioni per la lotta obbligatoria contro il “Cancro colorato del Platano”.



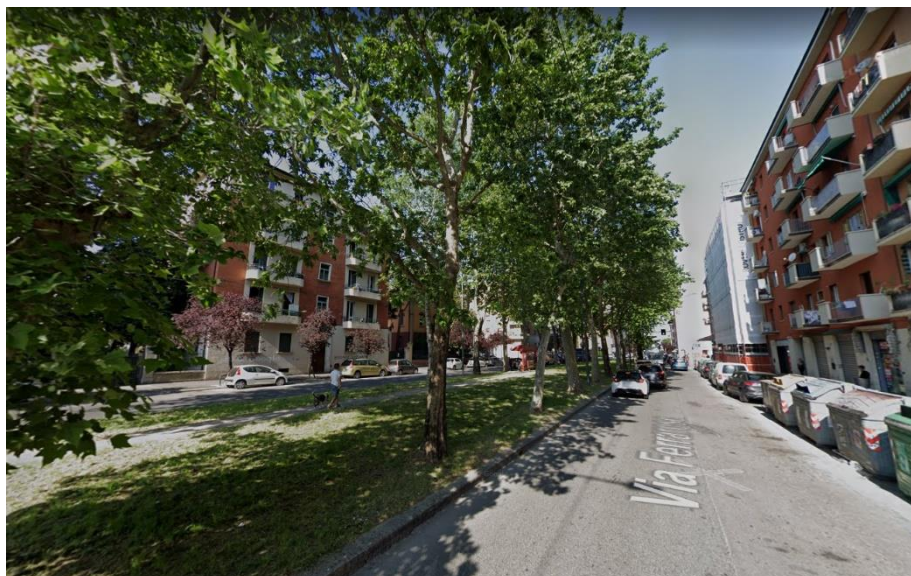


Figura 23: Platani di Via Ferrarese

In via Ferrarese è presente un doppio filare arboreo di platano (n.23 alberi) allevato in forma semilibera. La formazione lineare è rappresentata soprattutto da alcuni alberi dimensionalmente appartenenti alla classe “di rilevanza”.

La posizione degli alberi è assolutamente incompatibile con le norme di tutela previste dal Regolamento.

La previsione del sottopasso stradale lungo tale tratto stradale rende necessario l'abbattimento di 4 alberi di grande rilevanza.

BILANCIO ARBOREO

Dal punto di vista strettamente numerico il progetto prevede l'impianto di:

- **338** nuove alberature nei boschi urbani:
 - 250 nuovi elementi arborei nel querco-carpinetto (modulo 1);
 - 88 nuovi elementi arborei nel querco-olmeto (modulo 2);
- **443** alberature viarie lungo il tracciato della tranvia e in corrispondenza delle nuove aree a parcheggio;

per un totale di **781 nuovi elementi arborei** e, per le interferenze con il nuovo sedime stradale e sottoservizi l'abbattimento di 220 elementi, con un bilancio arboreo netto di 561 alberi.

Le tabelle di seguito riportate evidenziano nuovi impianti ed abbattimenti nell'area di intervento del progetto della linea tranviaria.

tav 04

SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO (Ø20-25)
Fro	Fraxinus ornus	15	
Fre	Fraxinus excelsior	6	
Fra	Fraxinus angustifolia	1	
Tdi	Taxodium distichum	1	
Pr1	Prunus cerasifera "Atropurpurea"	12	
Uls	Ulmus sp	1	

Cdd	Cedrus deodara	1	
Acs	Acer saccharinum	1	
Poa	Populus alba	2	
Pych1	Pyrus calleriana"chanticlaire		5
Prvs	Prunus virginiana Shubert		6
Qui	Quercus ilex		41
	TOT	40	52

tav 05

SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO (Ø20-25)
Ac	Acer campestre	14	
Uls	Ulmus sp	2	
Ce	Cercis siliquastrum	5	
Fra	Fraxinus angustifolia	3	
Pon	Populus nigra	7	
Qur	Quercus robur	4	
Pla	Platanus acerifolia	23	
Prtv	Parrottia persica Vanessa		15
	TOT	58	15

tav 07

SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO (Ø20-25)
Formazione arboreo-arbustiva	Formazione arboreo-arbustiva	60 mq	
Pna	Pinus pinea	2	
Pon	Populus nigra	5	
Pych1	Pyrus calleriana"chanticlaire		6
Fre	Fraxinus excelsior		11
Lirf	Liriodendron tulipifera Fastigiata		2
Apl	Acer platanoides		15
	TOT	7	34

tav 08

SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO (Ø20-25)
Aal	Ailanthus altissima	2	
Frax	Fraxinus intermedia	1	
Tg1	Tilia intermedia	2	
Pra	Prunus avium		6
Prtv	Parrotia persica Vanessa		3
Ce	Cercis siliquastrum		17
Cb	Carpinus betulus		16
	TOT	5	42

tav 09

SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO (Ø20-25)
Formazione arboreo-arbustiva	Formazione arboreo-arbustiva	115 mq	
Lai	Lagestroemia indica	2	
Pych1	Pyrus callieriana "chanticlaire"	3	
	TOT	5	0

tav 10

SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO (Ø20-25)
Li1	Ligustrum japonicum	1	
Thor	Thuia orientalis	6	
Ac	Acer campestre		13
Qur	Quercus robur		20
Fre	Fraxinus excelsior		19
Tgc	Tilia cordata		37
Zes	Zelkova serrata		9
Apl	Acer platanoides		6
Acer	Acer rubrum		12
Prs	Prunus serrulata		4
	TOT	7	120

tav 11

SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO (Ø20-25)
Cda2	Cedrus atlantica "Glauc"	1	
Cdl	Cedrus libani	2	
Oc	Ostrya carpinifolia	2	
Pon	Populus nigra	2	
Ac	Acer campestre	2	
Fra	Fraxinus angustifolia		7
Ce	Cercis siliquastrum		4
Qui	Quercus ilex		5
Zes	Zelkova serrata		10
Ac	Acer campestre		5
Moa	Morus nigra		6
Cb	Carpinus betulus		3
	TOT	9	40

tav 12

SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO (Ø20-25)
Tg1	Tilia intermedia	3	
Pna	Pinus pinea	1	
Ln	Laurus nobilis	4	
Ac	Acer campestre	2	
Pu	Punica granatum	1	
Cr2	Crataegus monogyna	1	
Tax	Taxus baccata	4	
Thor	Thuia orientalis	1	
Cb	Carpinus betulus		5
	TOT	17	5

tav 13

SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO (Ø20-25)
-------	--------	---------------------------------	-------------------------------------

Ac	Acer campestre	3	
Cr2	Crataegus monogyna	1	
Pni	Pinus nigra	5	
Tilp	Tilia platyphyllos	2	
Koe	Koelreuteria paniculata	3	
Ce	Cercis siliquastrum	15	
Fre	Fraxinus excelsior		11
Cb	Carpinus betulus		15
	TOT	29	26

tav 14

SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO (Ø20-25)
Lai	Lagestroemia indica	18	4
Glt	Gleditschia triacanthos	11	
Aps	Acer pseudoplatanus		17
Pla	Platanus acerifolia		19
	TOT	29	40

tav 15

SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO (Ø20-25)
Ac	Acer campestre		29
Tisp	Tilia spp		1
Lirf	Liriodendron tulipifera Fastigiata		9
	TOT	0	39

tav 16

SIGLA	SPECIE	N°ALBERI ESISTENTI DA ABBATTERE	N°ALBERI DI NUOVO IMPIANTO (Ø20-25)
Sa	Salix alba	5	
Pon	Populus nigra	2	
Pon1	Populus nigra "Italica"	1	
Aps	Acer pseudoplatanus	6	11
Qur	Quercus robur		2

Tgc	Tilia cordata		17
	TOT	14	30

TOTALE ALBERI ABBATTUTTI: 220

TOTALI ALBERI DI NUOVO IMPIANTO: 443

Tabella 5: bilancio arboreo lungo linea

Le tabelle di seguito riportate evidenziano nuovi impianti nell'area di intervento del progetto relativa ai boschi urbani.

MODULO 01 - COMPOSIZIONE STRUTTURALE ALBERI			
NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE	%	N°
Acer platanoides	Acero riccio	9	25
Acer pseudoplatanus	Acero di monte	4	11
Carpinus betulus	Carpino bianco	16	39
Fraxinus excelsior	Frassino maggiore	4	11
Fraxinus angustifolia	Frassino ossifillo	3	7
Acer campestre	Acero campestre	6	14
Alnus glutinosa	Ontano nero	4	11
Prunus avium	Ciliegio selvatico	7	18
Quercus petraea	Rovere	6	14
Quercus robur	Farnia	10	25
Tilia cordata	Tiglio selvatico	7	14
Tilia platyphyllos	Tiglio nostrano	4	11
Ulmus minor	Olmo campestre	7	18
Pyrus Pyraister	Perastro	4	11
Malus sylvestris	Melo selvatico	6	14
Sorbus torminalis	Ciavardello	3	7
		70	250

MODULO 02 - COMPOSIZIONE STRUTTURALE ALBERI			
NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE	%	N°
Carpinus betulus	Carpino bianco	9	11
Quercus robur	Farnia	14	18
Quercus petraea	Rovere	3	4
Acer campestre	Acer campestre	3	4
Acer pseudoplatanus	Acer di monte	3	4
Ulmus minor	Olmo campestre	11	14
Prunus avium	Ciliegio selvatico	3	4
Tilia cordata	Tiglio selvatico	5	6
Fraxinus oxycarpa	Frassino ossifillo	5	6
Fraxinus excelsior	Frassino maggiore	5	6
Alnus glutinosa	Ontano nero	9	11
		70	88

TOTALI ALBERI DI NUOVO IMPIANTO: 338

Tabella 6: bilancio arboreo boschi urban

TRAMVIA DI BOLOGNA – LINEA VERDE			
ALBERATURE – Confronto stato attuale e di progetto			
	Alberi abbattuti	Alberi di nuovo impianto	Delta
In linea	215	259	44
Parcheggio via Bassanelli	5	34	29
Parcheggio via Byron	0	15	15
Parcheggio di Via Gobetti	0	41	41
Parco di via del Tuscolano	0	94	94
Sommano	220	443	+223
Boschi urbani a nord e sud di Via Bentini	0	338	338
Sommano	220	781	+561
	Abbattuti	Nuovi	Rapporti
Rapporto alberi abbattuti/nuovi su viali e parchi	220	443	1:2
Rapporto alberi abbattuti/nuovi compresi boschi urbani	220	781	1:3,55

Dall'analisi della tabella sopra riportata si evince un incremento dei nuovi impianti rispetto agli abbattimenti; questa soluzione progettuale consente di compensare le perdite, in conformità con il Regolamento del verde pubblico e privato comunale, che prevede all'art. 18 la necessità di una compensazione minima 1:2 tra alberi abbattuti e nuovi impianti.

Il bilancio è soddisfatto, sia considerando solo le alberature in parchi e viali e, a maggior ragione, comprendendo anche i boschi urbani.

5 BILANCIO DI CO₂ CON APPLICAZIONE DEL MODELLO BENEFITS

Un progetto di trasformazione urbana articolato e complesso richiede un bilancio arboreo che non si limiti al mero confronto numerico tra i soggetti abbattuti e quelli di nuovo impianto, ma che metta in correlazione i principali servizi ecosistemici offerti dagli alberi con l'obiettivo progettuale di accrescerne il valore.

Si è applicato, come per il progetto delle opere a verde della prima linea tranviaria, il modello BENEFITS (*Benefici Ecosistemi dell'infrastruttura Verde Urbana*) di "REBUS – Renovation of public Buildings and Urban Spaces", progetto sviluppato da Regione Emilia Romagna nell'ambito di REPUBLIC-MED – Retrofitting Public spaces in Mediterranean cities. Utilizzando le schede tecniche redatte da Qualiviva, nel 2017 nel corso dei laboratori del progetto REBUS promosso da Regione Emilia Romagna sono stati creati due fogli elettronici:

- BENEFITS_elenco specie.xlsx che riporta i dati inerenti alle caratteristiche estetiche, agli aspetti dimensionali, tolleranza alle condizioni di suolo, ai patogeni e agli stress biologici;
- BENEFITS_valutazione.xlsx permette di stimare la CO₂ potenzialmente assimilata e stoccata e gli inquinanti rimossi in funzione della specie arborea.

REBUS®
REnovation of public Buildings
and Urban Spaces

Nel presente progetto sono stati compilati i due fogli di calcolo BENEFITS per il calcolo il bilancio in termini di CO₂ potenzialmente assorbita annualmente e stoccata dagli alberi che verranno abbattuti, raffrontata alle prestazioni dei nuovi impianti a maturità,

basandosi sulle procedure di calcolo della stima dell'anidride carbonica stoccata, assimilata e degli inquinanti rimossi ogni anno dalle piante, in funzione della specie arborea sviluppate dal progetto REBUS promosso da Emilia Romagna. I fogli di calcolo sono stati implementati per le specie non presenti nel foglio del progetto REBUS utilizzando i parametri di specie con analoghe caratteristiche agronomiche ed ambientali oltre che botaniche e ornamentali.

Abbattimenti

Lungo l'area di intervento sono previsti **220 abbattimenti**. Per le stime dei valori ecosistemici si è ritenuto prudenzialmente di considerare l'80% degli alberi da abbattere in fase di maturità, mentre il rimanente 20% come giovani alberi. Si rimanda alle tavole di rilievo dello stato di fatto delle opere a verde per l'individuazione degli stessi.

NOME LATINO	NUMERO	TOTALE CO2 STOCCA TA (kg)	TOTALE CO2 ASSIMILA TA (kg/y)	TOTALE CO2 STOCCA TA (kg)	TOTALE CO2 ASSIMILA TA (kg/y)	TOTALE O3 ABBATTU TO (kg/y)	TOTALE NO2 ABBATTU TO (kg/y)	TOTALE SO2 ABBATTU TO (kg/y)	TOTALE PM10 ABBATTU TE (kg/y)
<i>Acer campestre</i>	21	168	63	10479	2520	2.1	0.21	0.21	2.1
<i>Acer pseudoplatanus</i>	6	48	24	9864	1290	1.2	3	3	1.2
<i>Acer saccharinum</i>	1	8	7	1644	238	0.1	0.1	0.1	0.3
<i>Allanthus altissima</i>	2	12	10	3262	438	0.2	0.2	0.2	0.2
<i>Catalpa bignonioides</i>		0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cedrus atlantica "Glauca"</i>	1	1	4	119	49	0.1	0.01	0.01	0.01
<i>Cedrus deodara</i>	1	1	4	119	49	0.1	0.01	0.01	0.01
<i>Cedrus libani</i>	2	2	8	238	98	0.2	0.02	0.02	0.02
<i>Cercis siliquastrum</i>	20	40	40	2800	360	2	0.2	0.2	0.2
<i>Crataegus monogyna</i>	2	2	2	38	20	0.02	0.02	0.02	0.02
<i>Fraxinus angustifolia</i>	4	12	8	7312	540	2	0.8	0.8	0.4
<i>Fraxinus excelsior</i>	6	18	12	10968	810	3	1.2	1.2	0.6
<i>Fraxinus intermedia</i>	1	3	2	1828	135	0.5	0.2	0.2	0.1
<i>Fraxinus ornus</i>	15	45	30	14580	885	4.5	1.5	1.5	0.15
<i>Gleditsia triacanthos</i>	11	66	55	17941	2409	1.1	1.1	1.1	2.2
<i>Koeleruteria paniculata</i>	3	15	15	1797	231	0.03	0.03	0.03	0.3

<i>Lagestroemia Indica</i>	20	20	20	380	200	0.2	0.2	0.2	0.2
<i>Laurus nobllls</i>	4	16	12	316	104	0.04	0.4	0.4	0.04
<i>Ligustrum japonicum</i>	1	5	5	599	77	0.01	0.01	0.01	0.1
<i>Ostrya carpinifolia</i>	2	16	8	998	284	0.02	0.2	0.2	0.2
<i>Pinus nigra</i>	5	5	20	595	245	0.5	0.05	0.05	0.05
<i>Pinus pinea</i>	3	3	12	357	147	0.3	0.03	0.03	0.03
<i>Platanus x acerifolia</i>	23	138	115	159114	10028	4.6	6.9	6.9	9.2
<i>Populus alba</i>	2	12	10	3262	438	0.2	0.2	0.2	0.4
<i>Populus nigra</i>	16	128	64	57696	9584	1.6	1.6	1.6	4.8
<i>Populus nigra "Italica"</i>	1	8	4	3606	599	0.1	0.1	0.1	0.3
<i>Prunus cerasifera 'Pissardii'</i>	12	60	60	7188	924	0.12	0.12	0.12	1.2
<i>Pyrus calleriana "chantic laire</i>	3	18	24	1236	252	0.03	0.03	0.03	0.3
<i>Punica granatum</i>	1								
<i>Quercus robur</i>	4	24	20	27672	1744	0.8	1.2	1.2	1.6
<i>Salix alba</i>	5	30	70	35800	2290	2.5	2	2	1.5
<i>Taxodium distichum</i>	1	6	5	3730	325	0.1	0.2	0.2	0.3
<i>Taxus baccata</i>	4	8	8	2000	316	0.8	1.2	1.2	0.4
<i>Thuja orientalis</i>	7	7	28	833	343	0.7	0.07	0.07	0.07
<i>Tilia Intermedia</i>	5	20	40	18030	2995	0.5	0.5	0.5	1.5
<i>Tilia platyphyllos</i>	2	6	12	5502	462	0.6	1.2	1.2	0.4
<i>Ulmus sp</i>	3	18	15	11190	975	0.3	0.6	0.6	0.9
	TOTALE PIANTE	C02 STOCCA TA NUOVO IMPIANT 0 kg	C02 ASSIMILA TA NUOVO IMPIANTO kg/y	C02 STOCCA TA PIANTE MATURE kg	C02 ASSIMILA TA PIANTE MATURE kg/y	O3 ABBATTU TO kg/y	N02 ABBATTU TO kg/y	S02 ABBATTU TO kg/y	PM 10 ABBATTU TE kg/y
	220	1213	836	423093	42404	31.17	25.41	25.41	31.3

Tabella 7: bilancio arboreo con metodo REBUS delle alberature lungo la linea – abbattimenti

	Quantità	Unità di misura
ALBERI GIOVANI	44	
C02 STOCCATA NUOVO IMPIANTO	242.6	kg
C02 ASSIMILATA NUOVO IMPIANTO	167.2	kg/y
PIANTE MATURE	176	
C02 STOCCATA PIANTE MATURE	338474.4	kg
C02 ASSIMILATA PIANTE MATURE	33923.2	kg/y

03 ABBATTUTO	24.936	kg/y
N02 ABBATTUTO	24.936	kg/y
S02 ABBATTUTO	20.328	kg/y
PM 10 ABBATTUTE	25.04	kg/y
BILANCIO IN/OUT CO2		
emissione media di un'automobile	120	g/km
percorrenza media annua	11200	km
emissione media annua per la percorrenza	1344	kg/y
CO2 stoccata nuovo impianto	243	kg
n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da nuove piante	0.18	n
CO2 stoccata piante mature	338 474	kg
n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da piante mature	251.84	n

Tabella 8: output del modello REBUS per le alberature lungo linea e i parchi – abbattimenti

L'applicazione dei fogli di calcolo BENEFITS, riparametrati per le specie introdotte nel presente progetto, evidenzia per le alberature esistenti da abbattere:

- una complessiva capacità di stoccaggio di CO₂ pari a 338.717 kg (243+ 338.474);
- CO₂ assimilata pari a 34.090 kg CO₂/anno (168+33.923),

che, come di seguito illustrato verranno compensate, dai nuovi impianti previsti dal progetto.

Nuovi impianti

Il progetto generale prevede **443 nuovi alberi** lungo la linea e nei parchi e **338 nuovi alberi** nei **boschi urbani**. Si rimanda alle tavole di progetto per l'esatta collocazione ed individuazione degli stessi.

NOME LATINO	NUMERO	TOTALE CO2 STOCCAT A (kg)	TOTALE CO2 ASSIMILA TA (kg/y)	TOTALE CO2 STOCCAT A (kg)	TOTALE CO2 ASSIMILA TA (kg/y)	TOTALE O3 ABBATTUT O (kg/y)	TOTALE N02 ABBATTUT O (kg/y)	TOTALE S02 ABBATTUT O (kg/y)	TOTALE PM10 ABBATTUT E (kg/y)
-------------	--------	------------------------------------	--	------------------------------------	--	--------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--

<i>Acer campestre</i>	47	376	141	23453	5640	4.7	0.47	0.47	4.7
<i>Acer platanoides</i>	21	168	147	34524	3969	4.2	18.9	18.9	2.1
<i>Acer pseudoplatanus</i>	28	224	112	46032	6020	5.6	14	14	5.6
<i>Acer rubrum</i>	12	96	96	19728	2532	1.2	1.2	1.2	2.4
<i>Carpinus betulus</i>	39	312	156	64116	13962	3.9	3.9	3.9	7.8
<i>Cercis siliquastrum</i>	21	42	42	2940	378	2.1	0.21	0.21	0.21
<i>Fraxinus angustifolia</i>	7	21	14	12796	945	3.5	1.4	1.4	0.7
<i>Fraxinus excelsior</i>	41	123	82	74948	5535	20.5	8.2	8.2	4.1
<i>Lagestroemia indica</i>	4	4	4	2052	148	0.8	0.4	0.4	0.4
<i>Liriodendron tulipifera fastigiata</i>	11	66	55	76098	4796	2.2	3.3	3.3	4.4
<i>Morus nigra</i>	6	48	24	2994	852	0.06	0.6	0.6	0.6
<i>Parrotia persica Vanessa</i>	18	54	54	5778	1026	1.8	5.4	5.4	0.18
<i>Platanus x acerifolia</i>	19	114	95	131442	8284	3.8	5.7	5.7	7.6
<i>Prunus avium</i>	6	30	30	3594	462	0.06	0.06	0.06	0.6
<i>Prunus cerasifera 'Pissardi'</i>		0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prunus serrulata</i>	4	20	20	2396	308	0.04	0.04	0.04	0.4
<i>Prunus virginiana shubert</i>	6	30	30	3594	462	0.06	0.06	0.06	0.6
<i>Pyrus calleryana "chanticlaire"</i>	11	66	88	4532	924	0.11	0.11	0.11	1.1
<i>Quercus ilex</i>	46	184	184	187128	10396	27.6	13.8	13.8	4.6
<i>Quercus robur</i>	22	132	110	152196	9592	4.4	6.6	6.6	8.8
<i>Tilia cordata</i>	54	216	432	194724	32346	5.4	5.4	5.4	16.2
<i>Tilia spp</i>	1	4	8	3606	599	0.1	0.1	0.1	0.3
<i>Zelkova serrata</i>	19	114	95	70870	6175	1.9	3.8	3.8	5.7
TOTALE PIANTE	443	CO2 STOCCAT A NUOVO IMPIANT 0 kg	CO2 ASSIMILATA NUOVO IMPIANTO kg/y	CO2 STOCCAT A PIANTE MATURE kg	CO2 ASSIMILATA PIANTE MATURE kg/y	O3 ABBATTUT 0 kg/y	N02 ABBATTUT 0 kg/y	S02 ABBATTUT 0 kg/y	PM 10 ABBATTUTE kg/y
		2444	2019	1119541	115351	94.03	93.65	93.65	79.09

Tabella 9: bilancio arboreo con metodo REBUS delle alberature lungo la linea e i parchi – nuovi impianti

NOME LATINO	N.	TOTALE CO2 STOCCATA (kg)	TOTALE CO2 ASSIMILATA (kg/y)	TOTALE CO2 STOCCATA (kg)	TOTALE CO2 ASSIMILATA (kg/y)	TOTALE O3 ABBATTUTO (kg/y)	TOTALE N02 ABBATTUTO (kg/y)	TOTALE S02 ABBATTUTO (kg/y)	TOTALE PM10 ABBATTUTE (kg/y)
<i>Acer campestre</i>	18	144	54	8982	2160	1.8	0.18	0.18	1.8
<i>Acer platanoides</i>	25	200	175	41100	4725	5	22.5	22.5	2.5
<i>Acer pseudoplatanus</i>	15	120	60	24660	3225	3	7.5	7.5	3
<i>Alnus glutinosa</i>	22	176	154	36168	4158	4.4	19.8	19.8	2.2
<i>Carpinus betulus</i>	50	400	200	82200	17900	5	5	5	10
<i>Fraxinus angustifolia</i>	7	21	14	12796	945	3.5	1.4	1.4	0.7
<i>Fraxinus excelsior</i>	17	51	34	31076	2295	8.5	3.4	3.4	1.7
<i>Fraxinus oxycarpa</i>	6	36	30	9990	1008	0.6	4.2	4.2	0.6
<i>Malus sylvestris</i>	14	84	84	5768	1344	0.14	0.14	0.14	1.4
<i>Prunus avium</i>	22	110	110	13178	1694	0.22	0.22	0.22	2.2
<i>Pyrus Pyraister</i>	11	66	88	4532	924	0.11	0.11	0.11	1.1
<i>Quercus petraea</i>	18	108	90	124524	7848	3.6	5.4	5.4	7.2
<i>Quercus robur</i>	43	258	215	297474	18748	8.6	12.9	12.9	17.2
<i>Sorbus domestica</i>	7	35	35	4193	539	0.07	0.07	0.07	0.7
<i>Tilia cordata</i>	20	80	160	72120	11980	2	2	2	6
<i>Tilia platyphyllos</i>	11	33	66	30261	2541	3.3	6.6	6.6	2.2
<i>Ulmus minor</i>	32	192	160	119360	10400	3.2	6.4	6.4	9.6

TOTALE PIANTE	CO2 STOCCATA NUOVO IMPIANTO kg	CO2 ASSIMILATA NUOVO IMPIANTO kg/y	CO2 STOCCATA PIANTE MATURE kg	CO2 ASSIMILATA PIANTE MATURE kg/y	O3 ABBATTUTO kg/y	N02 ABBATTUTO kg/y	S02 ABBATTUTO kg/y	PM 10 ABBATTUTE kg/y
338	2114	1729	918382	92434	53.04	97.82	97.82	70.1

Tabella 10: bilancio arboreo con metodo REBUS delle alberature nei boschi urbani– nuovi impianti

	Quantità	Unità di misura
ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	443	
CO2 STOCCATA NUOVO IMPIANTO	2444	kg
CO2 ASSIMILATA NUOVO IMPIANTO	2019	kg/y
PIANTE MATURE	443	
CO2 STOCCATA PIANTE MATURE	1119541	kg

C02 ASSIMILATA PIANTE MATURE	115351	kg/y
03 ABBATTUTO	94.03	kg/y
N02 ABBATTUTO	94.03	kg/y
S02 ABBATTUTO	93.65	kg/y
PM 10 ABBATTUTE	79.09	kg/y
BILANCIO IN/OUT CO2		
emissione media di un'automobile	120	g/km
percorrenza media annua	11200	km
emissione media annua per la percorrenza	1344	kg/y
C02 stoccata nuovo impianto	2 444	kg
n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da nuove piante	1.82	n
C02 stoccata piante mature	1 119 541	kg
n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da piante mature	832.99	n

Tabella 11: output del modello REBUS per le alberature lungo linea e i parchi - nuovi impianti

	Quantità	Unità di misura
ALBERI DI NUOVO IMPIANTO	338	
C02 STOCCATA NUOVO IMPIANTO	2114	kg
C02 ASSIMILATA NUOVO IMPIANTO	1729	kg/y
PIANTE MATURE	338	
C02 STOCCATA PIANTE MATURE	918382	kg
C02 ASSIMILATA PIANTE MATURE	92434	kg/y
03 ABBATTUTO	53.04	kg/y
N02 ABBATTUTO	53.04	kg/y
S02 ABBATTUTO	97.82	kg/y
PM 10 ABBATTUTE	70.1	kg/y
BILANCIO IN/OUT CO2		
emissione media di un'automobile	120	g/km

percorrenza media annua	11200	km
emissione media annua per la percorrenza	1344	kg/y
C02 stoccata nuovo impianto	2 114	kg
C02 assimilata nuovo impianto	1 729	kg/y
n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da nuove piante	1.29	n
C02 stoccata piante mature	918 382	kg
C02 assimilata piante mature	92 434	kg/y
n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da piante mature	68.78	n

Tabella 12: output del modello REBUS per le alberature dei boschi urbani - nuovi impianti

L'applicazione dei fogli di calcolo BENEFITS, riparametrati per le specie introdotte nel presente progetto, evidenzia per i nuovi impianti:

- una complessiva capacità di stoccaggio di CO₂ a maturità pari a 2.037.923 kg:
 - 1.119.541 kg CO₂ per le alberate viarie (comprehensive di parcheggi, giardini e parchi);
 - 918.382 kg CO₂ per i boschi urbani.
- una complessiva capacità di assimilazione di CO₂ pari a 207.785 kg CO₂/anno,
 - 115.351 di CO₂ assimilata per le alberate viarie (comprehensive di parcheggi, giardini e parchi);
 - 92.434 di CO₂ assimilata per i boschi urbani.

che, compenseranno l'abbattimento delle 220 alberate esistenti.

Stima del mancato assorbimento causato dal soil sealing presso il Capolinea Nord

Con la realizzazione del Capolinea Nord si consumerà una porzione di territorio destinato all'attività agricola.

Il suolo a livello globale è un fattore chiave nel ciclo del carbonio: la rimozione di terreno arabile e di sottosuolo durante l'impermeabilizzazione ci priva del suo potenziale per la

fissazione naturale nell'atmosfera, influenzando sul ciclo del carbonio e sul clima. Normalmente la fissazione di CO₂ avviene tramite la crescita vegetativa e l'accumulo di materia organica.

Nello specifico, i suoli interessati dal Capolinea Nord sono seminativi destinati a foraggiere e cereali.

Per considerare la riduzione di capacità di assorbimento determinata dal consumo di suolo si è fatto riferimento a diverse fonti bibliografiche, essendo il dato molto variabile in relazione alle tecniche di conduzione delle aziende agricole:

- il DM 11/10/2017 (abrogato e sostituito da DM 23/06/2022) che, inserendo come fonte dati di Regione Piemonte, stima 5000 kg CO₂/ha/anno la riduzione annua di assorbimento per i prati stabili.
- "Impronta carbonica aziende agricole italiane" a cura di Silvia Coderoni e Guido Bonati - INEA, ROMA 2013: i quantitativi di carbonio stoccabili nel terreno, per singolo sistema colturale con annesse pratiche di gestione variano da 3000 kg CO₂/ha/anno nel caso di seminativi gestiti con lavorazioni assenti o ridotte, fino ai 6000 kg CO₂/ha/anno nel caso di foraggiere permanenti.

Ai fini della stima in oggetto, si ritiene congruo utilizzare un dato prudenziale di 5000 kg CO₂/ha/anno.

Considerando i seguenti dati:

- 1,21 ha superficie totale area deposito;
- 0,08 ha di superfici mantenute a verde;
- 1,13 ha di suolo consumato, per differenza dei due dati precedenti;
- 5000 kg CO₂/ha/anno dei prati stabili.

dal prodotto 1,13 ha x 5000 kg CO₂/ha/anno si ottengono circa 5650 kg CO₂/anno di mancata capacità di assorbimento determinata dalla trasformazione prevista dal progetto con l'inserimento del Capolinea.

Bilancio di fitomassa

Al netto degli abbattimenti previsti che hanno:

- capacità di stoccaggio di CO₂ pari a 338.717 kg,
- CO₂ assimilata pari a 34.090 kg CO₂/anno,

Al netto della perdita di suolo agricolo presso il Capolinea nord:

- CO₂ assimilata pari a 5650 kg CO₂/anno,

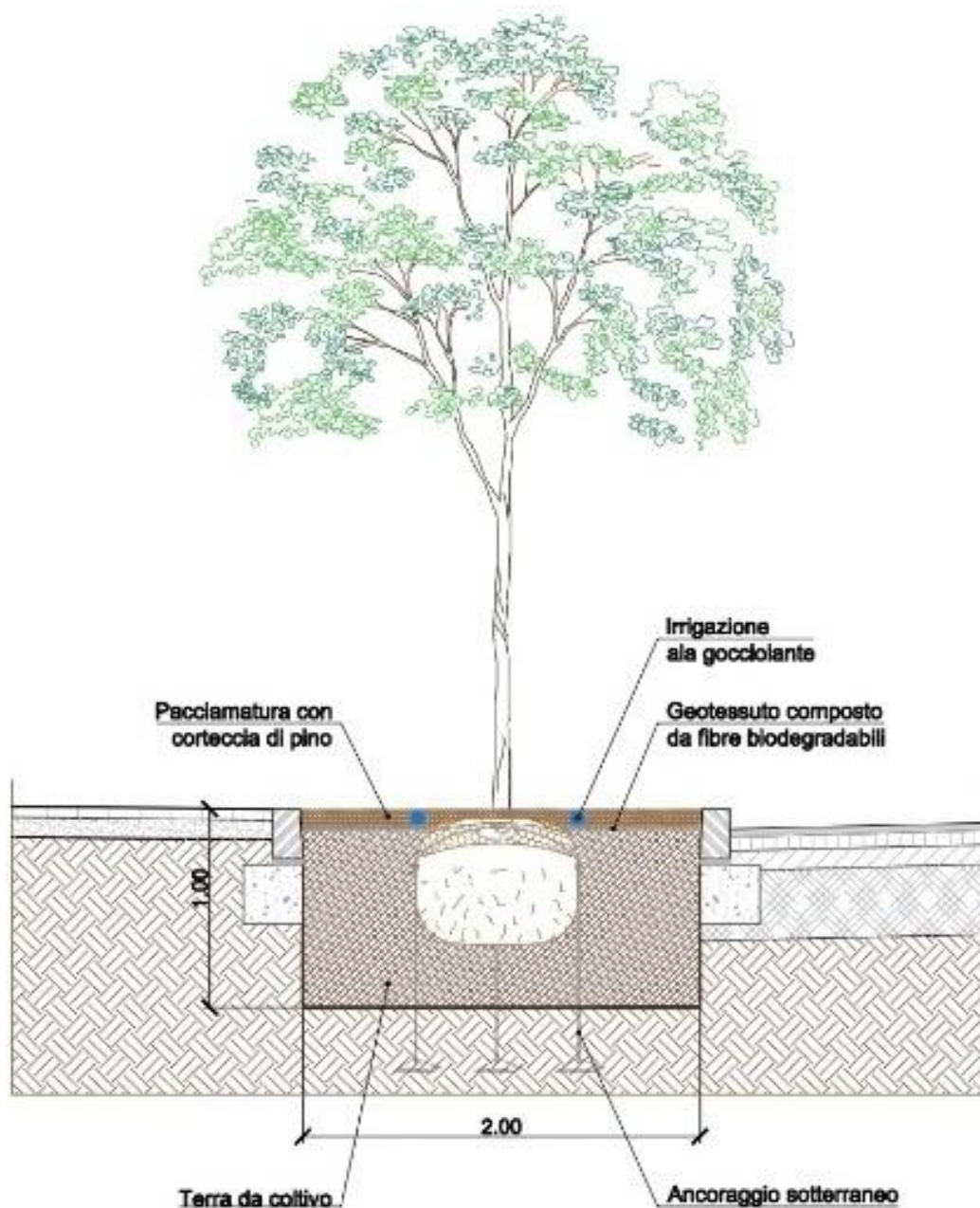
considerando le nuove alberature di progetto con:

- complessiva capacità di stoccaggio di CO₂ a maturità pari a 2.037.923 kg,
- complessiva capacità di assimilazione di CO₂ pari a 207.785 kg CO₂/anno,

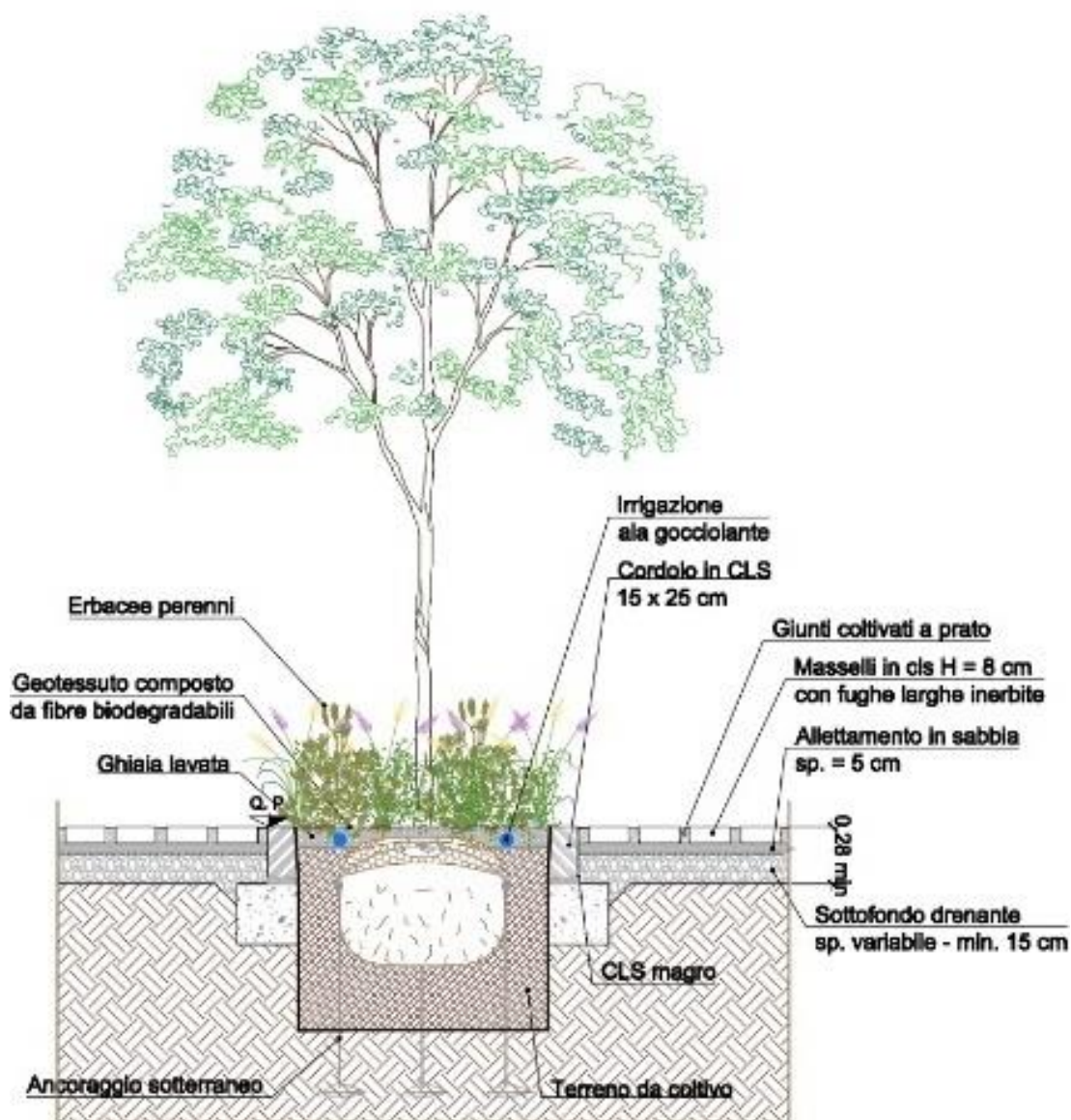
ed il contributo di tetti verdi pari a **0,685 tCO₂/anno (685 Kg)**, il progetto delle opere a verde della linea tranviaria verde di Bologna genera un incremento della capacità di assorbimento della CO₂ rispetto alla situazione di partenza pari a **168.730 kg CO₂/anno (207.785+685 – 34.090-5650)**.

ALLEGATO 1. Schemi impianto alberi

Ancoraggio tipico
Aiuola in viale



Ancoraggio tipico Aiuola in parcheggio



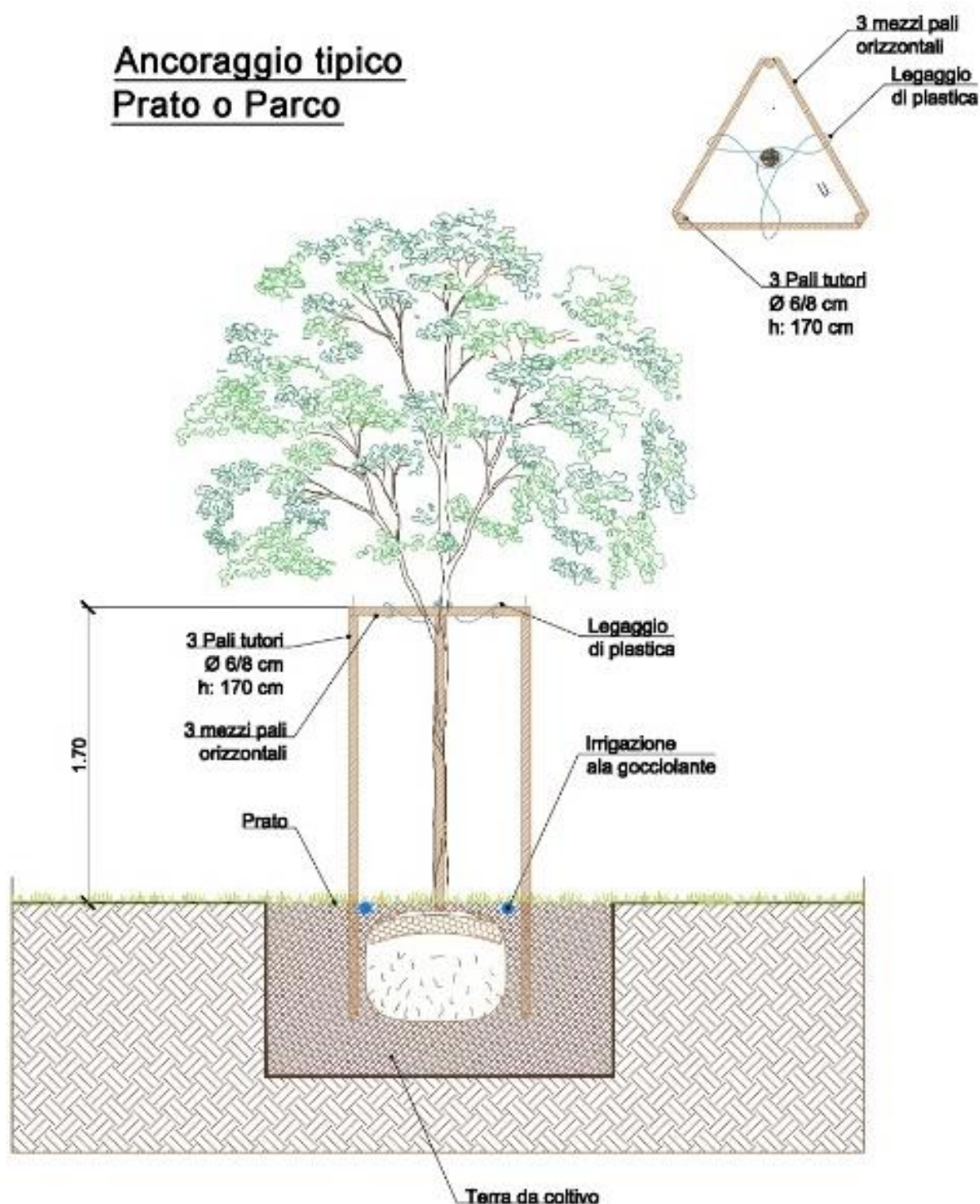


Figura 24: tipologie di ancoraggio previste per i nuovi impianti