

Progetto: **IMPIANTO AGRIVOLTAICO E
RELATIVE OPERE DI
CONNESSIONE**

STMG: Codice Pratica 202400840 - TERNA s.p.a.

Localizzazione: Via Ro snc, Ferrara (FE)

Firma Elaborato:

Gruppo di Lavoro:

Elettrica: Ing. Giovanni Cis
Ambientale: Arch. Emiliano Manzato
Dott. Geol. Loris Tietto
Dott.ssa Irene Corà
Dott. Archeologo Davide Brombo
Idraulica e geologica: Dott. Geol. Matteo Mastellari
Agronomica: Dott. Agr. Stefano Pesavento
Acustica: Dott. Matteo Compri

Società proponente:

OPR SUN 55 SRL
Via Ceresio, 7 - 20154 Milano
PEC: oprsun55@legalmail.it
P.iva 13511810965

Titolo elaborato:

Relazione mitigazione

Codice Elaborato:

VIA-02_Rel_14_Mitigazione_00

Formato:

Scala:

Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	03/26	Prima emissione	SP	SP	SP
01					
02					
03					
04					

1. Indice

3.	Dati generali	5
4.	Introduzione	6
5.	Riferimenti.....	7
6.	Inquadramento.....	8
6.1.	La generazione fotovoltaica	8
6.2.	Il contesto paesaggistico.....	8
6.3.	Misure compensative	9
6.4.	Distanze di rispetto delle piantagioni.....	9
7.	Le caratteristiche agrarie dell'area di intervento	12
7.1.	Area di intervento	12
7.2.	I suoli.....	13
7.2.1.	Descrizione della consociazione VAL1	13
7.2.2.	Classificazione tassonomica.....	14
7.2.3.	Orizzonti genetici e proprietà fisico-chimiche	14
7.2.4.	Qualità specifiche e limitazioni	15
7.2.5.	Capacità d'uso dei suoli (Land Capability Classification)	15
7.2.6.	Valutazione delle limitazioni pedologiche ai fini della mitigazione	15
7.3.	Il clima.....	16
7.3.1.	Classificazione climatica.....	16
7.3.2.	Regime termico.....	16
7.3.3.	Regime pluviometrico	16
7.3.4.	Evapotraspirazione e bilancio idro-climatico	16
7.3.5.	Implicazioni agronomiche del clima.....	16
8.	Le siepi perimetrali di mitigazione ambientale.....	18
8.1.	Criteri e parametri compositivi	18
8.2.	Le caratteristiche generali e dimensionali delle siepi	20
8.3.	La rapidità di sviluppo	22
8.4.	Le specie	24

Relazione mitigazione

8.4.1.	Cornus sanguinea.....	24
8.4.2.	Frangula alnus.....	25
8.4.3.	Rhamnus cathartica	26
8.4.4.	Salix cinerea	27
8.4.5.	Sambucus nigra.....	28
8.4.6.	Viburnum opulus	29
8.5.	Dal trapianto alla gestione colturale	30
8.5.1.	Impianto.....	30
8.5.2.	Controllo dello strato erbaceo	30
8.5.3.	Irrigazione	31
8.5.4.	Cimature	31
8.5.5.	Reimpianti.....	31
8.5.6.	Presidi fitosanitari	31
8.6.	Manutenzione e monitoraggio nei primi tre anni.....	32
8.6.1.	Il sopralluogo primaverile	32
8.6.2.	Il controllo estivo	32
8.6.3.	La valutazione autunnale	33
8.7.	Manutenzione e monitoraggio dal quarto anno	33
8.8.	Obiettivi di coltivazione di lungo periodo	34
9.	Computo metrico estimativo per le siepi perimetrali	36

2. Indice delle tabelle

Tabella 1: Individuazione catastale del sito di intervento	12
Tabella 2: Orizzonti genetici del suolo VAL1 e proprietà fisico-chimiche (valori modali). Fonte: Catalogo Suoli, Regione Emilia-Romagna (2021)	14
Tabella 3: Parametri di progetto delle fasce verdi perimetrali	21
Tabella 4: Parametri di progetto derivati inerenti alle fasce verdi perimetrali	21
Tabella 5: Assortimento di piante per tipologia di siepe ed essenza	22
Tabella 6: Accrescimento delle specie prescelte	23
Tabella 7: Ipotesi di cronoprogramma per impianto autunnale	30
Tabella 8: Voci del computo metrico estimativo delle opere a verde.....	37
Tabella 9: Attualizzazione al tasso del 5,00% dei costi iniziali e di manutenzione della mitigazione per i primi 30 anni.....	39
Tabella 10: Riepilogo dei costi di costituzione e del VAN a diverse durate con tasso di attualizzazione 5,00%.....	40

Indice delle figure

Figura 1: Localizzazione dell'area di intervento nell'agro a est di Ferrara	12
Figura 2: Localizzazione del sito nella UC 6842, suoli VAL1, consociazione dei suoli VALLONA franco argillosi limosi	13
Figura 3: Planimetria generale con andamento delle siepi perimetrali	20
Figura 4: Modulo della fascia mitigativa perimetrale.....	20
Figura 5 - Frutti del sanguinello (Isidre blanc, Own work, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0)	24
Figura 6 - Arbusto di sanguinello (AnRo0002, Own work, Wikimedia Commons, CC0).....	24
Figura 7 - Drupe di frangola (Sten Porse, Own work, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0)	25
Figura 8 - Cespuglio di frangola in autunno (Patrick Roper, https://www.geograph.org.uk , CC BY-SA 2.0)	25
Figura 9 - Drupe di spincervino (Robert Flogaus-Faust, opera propria, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0).....	26
Figura 10 - Siepe di spincervino (Ayotte, Gilles, opera propria, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0)...	26
Figura 11 – Foglie e semi piumosi del salice grigio (Agnieszka Kwiecień, Nova, Own work, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0)	27
Figura 12 – Arbusto di salice grigio (AnRo0002, Own work, Wikimedia Commons, CC0).....	27
Figura 13 - Corimbi di sambuco (Robert Flogaus-Faust, Own work, Wikimedia Commons, CC BY 4.0) .	28
Figura 14 - Arbusto di sambuco (Willow, Own work, Wikimedia Commons, CC BY 2.5).....	28
Figura 15 - Pallon di maggio in primavera. (Krzysztof Ziarnik -Own work, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0).....	29
Figura 16 - Drupe di pallon di maggio (Lestat, Jan Mehlich -Own work, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0).....	29

3. Dati generali

Ubicazione	
Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Ferrara
Comune	Ferrara
Riferimenti catastali FTV	Fg. 85 mp. 7-9-20-21-23-24-30-39-53-54-57-68 Fg. 81 mp. 72
Superficie totale di impianto	42,2 ha
Società proponente	
Ragione sociale	OPR SUN 55 S.r.l.
P.iva e c.f.	13511810965
Indirizzo sede legale	Via Ceresio, 7, Milano
PEC	oprsun55@legalmail.it
Grandezze principali di impianto	
Potenza DC	25.662 kWp
Potenza AC - Potenza nominale	22.500 kW
Componenti principali di impianto	
Cabina di trasformazione	n.8 skid con trasformatori in olio da 3300 kVA
Inverter di stringa	n.75 inverter da 300 kWac
Moduli	n.34.216 moduli 750 Wp
Stringhe	n. 1222 stringhe da 28 moduli
Tracker	Mono-assiali 1P con azimuth 0°
Opere di connessione alla rete	
Tensione di connessione	36 kV
Gestore di rete	Terna S.p.A.
Cod. pratica	202400840
PTO	Ampliamento 380/132 kV SE RTN "Ferrara Focomorto"

4. Introduzione

L'elaborato tratta gli aspetti agronomici, le scelte compositive delle siepi, le modalità di impianto e di gestione, nonché la stima economica delle mitigazioni verdi perimetrali.

L'elaborato recepisce i contenuti e i documenti di progetto nel seguito richiamati, considera le norme vigenti e le informazioni agroambientali reperibili presso banche dati pubbliche e riporta le informazioni desunte dai sopralluoghi effettuati dallo scrivente estensore.

5. Riferimenti

Il presente elaborato assume e richiama i contenuti dei seguenti documenti:

VIA-02_Elab_01_Layout_00 – Planimetria generale

VIA-02_Elab_02_Viabilità_00 – Accessi e viabilità

VIA-02_Elab_04_Cabine_00 – Pianta e Prospetti cabine

VIA-02_Elab_05_Tracker_00 – Tracker

6. Inquadramento

In risposta alla crescente domanda di fotovoltaico, attività chiave nella strategia di transizione energetica di molti Paesi, sono state sviluppate innovative soluzioni capaci di integrare la produzione fotovoltaica nel contesto rurale, armonizzando le note criticità connesse all'uso del territorio, alla trasformazione del paesaggio, alla biodiversità, agli ecosistemi e al benessere umano.

6.1. La generazione fotovoltaica

L'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA) nella pubblicazione "A Roadmap for the Global Energy Sector" afferma che, al fine del raggiungimento della neutralità climatica al 2050, in questo decennio è necessario un rapido aumento del solare e dell'eolico, con incrementi annui di 630 GW di solare fotovoltaico e di 390 GW di eolico, quattro volte i livelli record raggiunti nel 2020 e, per il fotovoltaico, equivalenti all'installazione dell'attuale parco solare più grande del mondo all'incirca ogni giorno.

Dal punto di vista normativo, gli obiettivi italiani in materia di sviluppo sostenibile e di generazione da fonti rinnovabili sono contenuti nel D.lgs. 8 novembre 2021, n. 199, in attuazione della direttiva 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili (RED II).

Gli obiettivi europei di decarbonizzazione del sistema energetico al 2030 e di completa decarbonizzazione al 2050 sono coerentemente assunti dall'Italia sia con il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC), in attuazione del Regolamento (UE) 2018/1999, sia con il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) nella componente dedicata alla "Rivoluzione verde e transizione ecologica".

Gli impianti fotovoltaici in campo possono essere progettati in modo da non interferire in modo significativo con l'attività agricola preesistente, ad esempio mediante l'adozione di tecnologie "dual use" che consentono la coesistenza tra agricoltura e produzione di energia. In questo scenario, l'impianto fotovoltaico diventa un elemento che si fonde con l'attività agricola, assumendo anche una funzione protettiva o regolativa del microclima e un aspetto analogo a quello di altri comuni apprestamenti, quali serre e coperture stabili o previsionali.

6.2. Il contesto paesaggistico

La Pianura Padana è un'area caratterizzata da un paesaggio molto antropizzato, dominato sia dalle coltivazioni intensive e dalle infrastrutture agricole, sia da una rete capillare, sia da aree urbanizzate. Gli impianti fotovoltaici dotati di siepi perimetrali si integrano non solo nei paesaggi antropizzati, ma anche in quelli più naturali o meno alterati.

Le siepi perimetrali contribuiscono a mitigare gli impatti visivi degli impianti fotovoltaici, creando barriere naturali che nascondono i pannelli e arricchiscono l'eventuale contesto, troppo semplificato

o impoverito dall'attività agricola, contribuendo così, a volte, anche a ricucire gli ambiti paesaggistici ed ecologici.

Tali siepi sono normalmente composte da specie erbacee, arbustive e arboree, tipicamente autoctone, in grado di mascherare le nuove opere e favorire una maggiore armonia ambientale, generando significativi benefici ecologici, come il rafforzamento della biodiversità, la riduzione dell'erosione e la creazione di nuove biocenosi.

Gli impianti fotovoltaici realizzati con riguardo all'ambiente, all'ecologia, al paesaggio e alle tradizioni locali sono solitamente considerati compatibili con gli obiettivi di sostenibilità, sia negli ambiti agro-silvo-pastorali, sia in quelli più naturali.

6.3.Misure compensative

Le Linee Guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, disposte dal DM Sviluppo Economico del 10/09/2010, in attuazione dell'art. 12 del D.lgs. 387/2003 precisa i criteri inderogabili per l'eventuale fissazione di misure compensative (allegato II).

Le Linee Guida stabiliscono che "l'autorizzazione unica può prevedere l'individuazione di misure compensative, a carattere non meramente patrimoniale, a favore degli stessi Comuni e da orientare su interventi di miglioramento ambientale correlati alla mitigazione degli impatti riconducibili al progetto, ad interventi di efficienza energetica, di diffusione di installazioni di impianti a fonti rinnovabili e di sensibilizzazione della cittadinanza sui predetti temi..", sempre che, tali mitigazioni, rispettino alcuni precisi criteri, fra i quali:

"c) le misure compensative devono essere concrete e realistiche, cioè determinate tenendo conto delle specifiche caratteristiche dell'impianto e del suo specifico impatto ambientale e territoriale";

"g) nella definizione delle misure compensative si tiene conto dell'applicazione delle misure di mitigazione in concreto già previste";

"h) le eventuali misure di compensazione ambientale e territoriale definite nel rispetto dei criteri di cui alle lettere precedenti non possono comunque essere superiori al 3 per cento dei proventi, comprensivi degli incentivi vigenti, derivanti dalla valorizzazione dell'energia elettrica".

Alla luce di quanto espresso, nell'ambito dei progetti di impianti FER e nella generalità dei relativi procedimenti autorizzativi, per analogia all'Autorizzazione unica, la presenza di opere di mitigazione, quali le cortine verdi perimetrali, è inquadrabile tra le "misure di compensazione e di riequilibrio ambientale e territoriale" e, quando presenti, è computata tra le compensazioni ambientali.

6.4.Distanze di rispetto delle piantagioni

L'art. 892 CC regola la distanza minima di trapianto, o di emergenza, degli alberi dal confine di proprietà; essa è volta a tutelare il vicino dalla diffusione sul proprio fondo di ombra, oltre che delle

radici e dei rami, ai sensi dell'art. 896 CC. Quest'ultimo attribuisce al vicino la facoltà di pretendere la potatura dei rami degli alberi che si protendono oltre il confine.

Queste norme operano in subordine a quelle locali; inoltre sono derogabili, sicché i vicini possono disapplicare la disciplina codicistica, i regolamenti e gli usi locali.

In assenza di altre previsioni locali, per una siepe viva alta fino a 2,5 m, il codice indica una distanza di almeno 0,5 m tra le piante e il confine di proprietà; tuttavia, per le siepi di robinie la distanza sale a almeno 2 m e, per altre specie, recise periodicamente, vicino al ceppo, la distanza deve essere di almeno 1 m.

Per alberi di non alto fusto, ossia per alberi che si diffondono in rami a un'altezza inferiore a 3 m, la distanza dal confine deve essere di almeno 1,5 m; per alberi di alto fusto, la distanza dal confine deve essere di almeno 3 m.

Secondo il Nuovo Codice della Strada (D.Lgs. n.285/1992, artt.16-17-18) e il relativo Regolamento (DPR n.495/1992, artt.26-27), al di fuori dei centri abitati, quando si vogliono piantare alberi lungo le strade, è necessario rispettare precise distanze di sicurezza dal confine stradale. Questa distanza deve essere almeno pari all'altezza massima che l'albero può raggiungere una volta completamente sviluppato e, in ogni caso, non può mai essere inferiore a 6 metri.

Per quanto riguarda le siepi basse e le recinzioni, la normativa prevede che, se la loro altezza non supera 1 m, siano piantate a almeno 1 m dal confine stradale. Questo vale sia per le siepi vive, anche stagionali, sia per le recinzioni realizzate con materiali come legno, reti metalliche o fili spinati, purché i sostegni siano infissi direttamente nel terreno o su cordoli che non sporgano oltre 30 cm dal suolo.

Quando invece si parla di siepi o piantagioni alte di oltre 1 m, la distanza minima dal confine stradale sale a 3 m. La stessa distanza si applica anche alle recinzioni alte oltre 1 m, realizzate con i materiali sopra citati, e a qualsiasi recinzione, anche se più bassa di 1 metro, quando è installata su cordoli che emergono per più di 30 cm dal suolo.

Una particolare attenzione viene riservata alle curve stradali fuori dai centri abitati: in queste zone deve essere mantenuta una fascia di rispetto completamente libera da qualsiasi costruzione, recinzione, piantagione o deposito. Le dimensioni di questa fascia sono stabilite dal regolamento in base all'ampiezza della curva.

Infine, all'interno dei centri abitati, la situazione è regolata diversamente: recinzioni e piantagioni devono essere realizzate secondo i piani urbanistici e di traffico locali; in ogni caso, non devono costituire un ostacolo alla visibilità necessaria a garantire la sicurezza stradale, secondo la valutazione dell'ente proprietario della strada.

Il DPR 753/1980, agli artt. 152 e 155 stabiliscono precise regole per tutelare la sicurezza lungo le linee ferroviarie, definendo le distanze minime da rispettare per qualsiasi tipo di vegetazione o struttura. In generale, non è consentito far crescere piante o siepi, né costruire recinzioni di alcun tipo, a meno di 6 m dalla rotaia più vicina, misurando tale distanza in proiezione orizzontale.

Questa distanza base può richiedere aggiustamenti in base alla conformazione del terreno: se sono presenti sterri o rilevati, la vegetazione e le strutture devono mantenersi a almeno 2 m dal ciglio degli sterri o dal piede dei rilevati. In questo caso, la distanza di 6 m potrebbe dover essere aumentata per rispettare il requisito aggiuntivo.

Esiste una deroga per le strutture più basse: per siepi, muriccioli di cinta e steccati non superanti 1,50 m, la distanza minima può essere ridotta di 1 m.

Per quanto riguarda gli alberi ad alto fusto, cioè quelli che possono superare i 4 m di altezza, la distanza minima dalla rotaia più vicina deve essere pari all'altezza massima che l'albero può raggiungere, aumentata di 2 m. Se la ferrovia corre in trincea o su un rilevato, questa distanza va calcolata rispettivamente dal ciglio della trincea o dal piede del rilevato.

Nei tratti curvilinei della ferrovia, queste distanze potrebbero dover essere ulteriormente aumentate per garantire una visibilità adeguata. Questa decisione spetta all'ufficio lavori compartimentale delle Ferrovie dello Stato per le linee statali, oppure all'ufficio della M.C.T.C., su proposta delle aziende esercenti, per le ferrovie in concessione.

Infine, la normativa pone un limite specifico per i boschi: i terreni adiacenti alle linee ferroviarie non possono essere adibiti a bosco se si trovano a meno di 50 m dalla rotaia più vicina, misurati in proiezione orizzontale.

7. Le caratteristiche agrarie dell'area di intervento

7.1. Area di intervento

L'area oggetto di intervento è ubicata nella pianura deltizia interna del Po, a sud-est del centro abitato del Comune di Ferrara, in prossimità della SP2 (via Pomposa) e della SP15. Il sito è individuato dalle seguenti coordinate geografiche (EPSG:4326): latitudine 44° 53' 40,87" N, longitudine 11° 43' 45,94" E.

L'altitudine è compresa tra 1,99 e 3,68 m s.l.m., con un valore tipico di 2,89 m s.l.m. La pendenza è pressoché nulla (0–0,18%, tipicamente 0,07%), come atteso per un territorio della pianura deltizia interna.

L'area di intervento è nel seguito catastalmente identificata, dimensionalmente descritta e parametrizzata anche ai fini della verifica dei requisiti agrivoltaici del progetto.

Comune	Foglio	Mappale	Sup. intervento [ha]
Ferrara	85	7-9-20-21-23-24-30-39-53-54-57-68	42,2
Ferrara	81	72	

Tabella 1: Individuazione catastale del sito di intervento



Figura 1: Localizzazione dell'area di intervento nell'agro a est di Ferrara

7.2.I suoli

La caratterizzazione pedologica del sito è stata effettuata sulla base della Carta dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, alla scala 1:50.000 (Regione Emilia-Romagna — Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, 2021), consultata tramite il geoportale regionale. L'area di intervento ricade interamente nella delineazione n. 6842, corrispondente all'unità cartografica **VAL1 — consociazione dei suoli VALLONA franco-argillosi-limosi** (codice DPD).

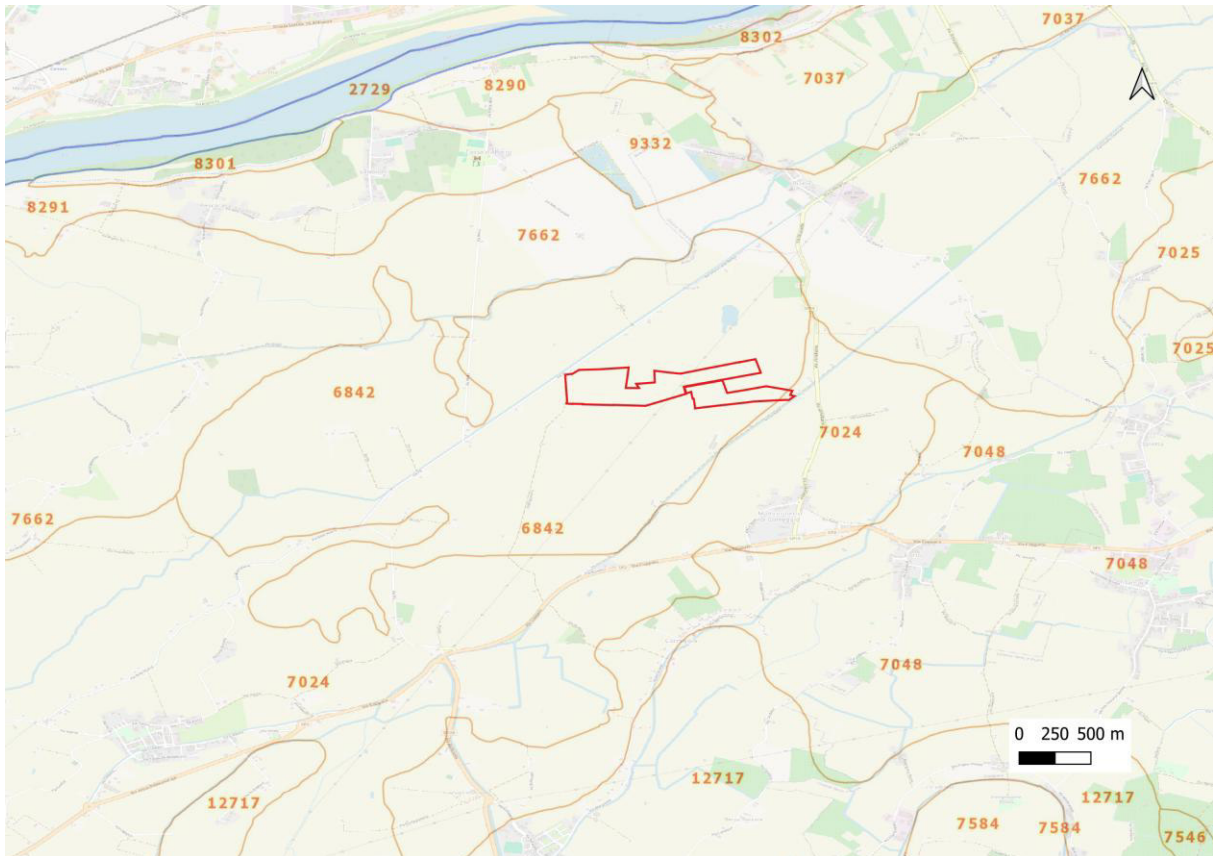


Figura 2: Localizzazione del sito nella UC 6842, suoli VAL1, consociazione dei suoli VALLONA franco argillosi limosi

7.2.1. Descrizione della consociazione VAL1

I suoli VALLONA franco argillosi limosi sono molto profondi, moderatamente o molto calcarei, moderatamente alcalini, a tessitura franca argillosa limosa nella parte superiore e argillosa limosa o franca argillosa limosa nella parte inferiore. Il substrato è costituito da sedimenti misti, alluvionali e palustri, calcarei, a tessitura da fine a media, con sostanza organica depositatasi frammista a materiale minerale.

L'ambiente di formazione è quello della pianura deltizia interna, in aree depresse di forma chiusa, poste tra il dosso del Po Grande e il dosso del vecchio ramo del Po di Volano, caratterizzate da sgrondo artificiale delle acque. I suoli si trovano tipicamente a quote topografiche inferiori o uguali a 1 metro

s.l.m. L'uso del suolo prevalente è a colture orticole (cucurbitacee e pomodoro) e seminativi a ciclo primaverile-estivo.

7.2.2. Classificazione tassonomica

Secondo la tassonomia USDA (*Keys to Soil Taxonomy*, 2010), i suoli VAL1 sono classificati come *fine, mixed, superactive, calcareous, mesic Typic Endoaquepts*; secondo il sistema WRB (2007) come *Endogleyic Cambisols (Clayic)*.

La classificazione come *Typic Endoaquepts* indica suoli minerali del regime acquico, con evidenze di riduzione (gleizzazione) nella parte inferiore del profilo, dovute alla presenza di una falda elevata la cui gestione è affidata agli impianti di bonifica. I suoli VAL1 non presentano orizzonti sulfurici né materiali sulfidici, il che si riflette in un profilo di pH alcalino e stabile e nell'assenza di rischio di acidificazione dovuta all'ossidazione. La classificazione WRB come *Endogleyic Cambisols (Clayic)* evidenzia la natura di suoli minerali relativamente evoluti, con un orizzonte cambico (Bw/Bg) diagnostico e caratteri gleyici confinati alla parte inferiore del profilo, su substrato a tessitura argillosa.

7.2.3. Orizzonti genetici e proprietà fisico-chimiche

Il profilo modale presenta la seguente successione di orizzonti.

Orizzonte	Arg. (%)	Sab. (%)	S.O. (%)	pH	CaCO ₃ tot. (%)	Densità app.	Ksat (cm/h)
Ap	38	5	2,0	7,9	15	1,44	0,01588
Bg(w)	40	5	1,0	8,1	15	1,53	0,00482
Bkg	38	10	0,9	—	—	1,55	0,00623
BC(ss)g	42	5	0,6	8,4	18	1,56	0,00253
A/O	40	15	1,22	8,0	6	1,60	0,0033
				6			
Cg	32	—	0,4	8,2	15	1,36	0,06812

Tabella 2: Orizzonti genetici del suolo VAL1 e proprietà fisico-chimiche (valori modali). Fonte: Catalogo Suoli, Regione Emilia-Romagna (2021)

L'orizzonte Ap presenta un contenuto di sostanza organica moderato (2,0%), una reazione alcalina moderata (pH 7,9) e un calcare totale significativo (15%), con calcare attivo pari al 6–7%. La tessitura è franca argillosa limosa (38% argilla, 5% sabbia). L'orizzonte Bg(w) (50–80 cm) presenta gleizzazione moderata con segregazione di Fe-Mn, indicativa di un regime di saturazione periodica legato alla falda. Gli orizzonti profondi (BC(ss)g, Cg) mostrano un'idromorfia più marcata. La conducibilità idraulica satura (Ksat) è molto bassa nell'intero profilo (0,00253–0,01588 cm/h negli orizzonti Ap-BC(ss)g), ad eccezione dell'orizzonte Cg più profondo (0,068 cm/h).

7.2.4. Qualità specifiche e limitazioni

Le proprietà funzionali del suolo, desunte dalla scheda del Catalogo Suoli regionale, sono sintetizzate di seguito.

Il calcare attivo è pari al 6–7% nello strato superficiale e fino a 80 cm; può indurre clorosi ferrica nelle colture sensibili. La capacità di scambio cationico è maggiore di 10 meq/100g. Il suolo non è salino ($EC_e < 2$ dS/m) né sodico (ESP 0–7 entro 120 cm): l'assenza di salinità rappresenta una differenza significativa rispetto ai suoli della pianura deltizia più orientale e costituisce un fattore favorevole alla coltivazione.

La disponibilità di ossigeno è moderata; le condizioni di drenaggio sono fortemente influenzate dall'emungimento delle acque attraverso le pompe idrovore, che consente di mantenere un sufficiente franco di bonifica. La capacità in acqua disponibile (AWC) è moderata (150–225 mm). La K_{sat} limitante entro 150 cm è compresa tra bassa e molto bassa (0,0036–0,036 cm/h), con implicazioni per il drenaggio interno. La profondità utile per le radici è moderatamente elevata (50–100 cm), limitata dalla scarsa aerazione degli strati più profondi. Il gruppo idrologico è D (potenziale di scorrimento superficiale elevato).

7.2.5. Capacità d'uso dei suoli (Land Capability Classification)

La delineaazione 6842 è classificata in Classe III nella Carta della Capacità d'Uso dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, con limitazioni s2 (tessitura franca argillosa limosa nell'orizzonte superficiale, che determina tempi di attesa per le lavorazioni e rischio di compattamento in condizioni umide) e w1 (drenaggio moderatamente imperfetto, legato alla falda elevata e alla bassa conducibilità idraulica del profilo). La classificazione in Classe III indica suoli con limitazioni moderate che restringono la scelta delle colture e/o richiedono pratiche conservative, ma consentono la coltivazione della maggior parte delle colture agrarie con rese soddisfacenti.

7.2.6. Valutazione delle limitazioni pedologiche ai fini della mitigazione

Ai fini della presente valutazione, le limitazioni pedologiche rilevanti per l'impianto delle siepi perimetrali sono le seguenti.

La prima è il drenaggio moderatamente imperfetto: la falda elevata, gestita dagli impianti di bonifica, e la K_{sat} molto bassa negli orizzonti Bg e BC(ss)g determinano condizioni di asfissia radicale per le specie con apparato radicale profondo. La scelta va orientata verso specie igrotoleranti e a radicazione superficiale o fascicolata.

La seconda limitazione è la reazione moderatamente alcalina (pH 7,9–8,4) e la presenza di calcare attivo (6–7%), che precludono le specie acidofile e sconsigliano quelle sensibili alla clorosi ferrica, orientando la scelta verso specie calcifile o calcitolleranti.

In positivo, l'assenza di salinità e la buona capacità di ritenzione idrica (AWC 150–225 mm) rappresentano fattori favorevoli per l'attecchimento e la sopravvivenza degli impianti arboreo-arbustivi. Non è necessaria alcuna correzione del pH.

Il periodo ottimale per le operazioni di impianto è quello autunnale-invernale (ottobre–febbraio), quando la falda è in fase di ricarica, ma non ancora in risalita verso gli orizzonti superficiali. Il tempo di attesa per le lavorazioni è lungo; occorre tempestività nella scelta dei momenti in cui è possibile entrare in campo senza danneggiare la struttura del suolo.

7.3. Il clima

7.3.1. Classificazione climatica

Il sito di intervento ricade nell'area climatica della pianura ferrarese interna. Secondo la classificazione di Köppen-Geiger, il tipo climatico è Cfa (clima temperato delle medie latitudini, senza stagione secca, con estate calda), comune a tutta la Pianura Padana orientale. La caratterizzazione che segue si basa sull'Atlante Climatico dell'Emilia-Romagna 1961–2015 (Antolini et al., 2017, ARPAE).

7.3.2. Regime termico

La temperatura media annua nell'area di Ferrara è passata da 12–14 °C nel periodo 1961–1990 a 13–15 °C nel periodo 1991–2015, con un incremento di circa 1 °C in trent'anni. Le temperature massime estive, nel periodo recente, raggiungono e superano stabilmente i 30–31 °C, collocando l'area ferrarese tra le zone più calde della regione d'estate. Le temperature minime invernali evidenziano inverni meno rigidi: il ferrarese passa da valori medi compresi tra –0,5 e +1 °C a valori compresi tra 0 e +1,5 °C.

7.3.3. Regime pluviometrico

L'area di Ferrara è storicamente tra le meno piovose della Regione Emilia-Romagna, con precipitazioni annue comprese tra 600 e 700 mm. La distribuzione stagionale è bimodale, con massimi primaverili (aprile-maggio) e autunnali (ottobre-novembre). Le precipitazioni estive sono scarse (100–200 mm stagionali).

7.3.4. Evapotraspirazione e bilancio idro-climatico

L'evapotraspirazione potenziale (ETP) è elevata e in aumento, con valori annui superiori a 1.000 mm nel periodo recente. Il bilancio idro-climatico (precipitazioni – ETP) è strutturalmente negativo: il deficit idrico annuo è passato da –300/–400 mm (periodo 1961–1990) a –400/–500 mm (periodo 1991–2015). Il deficit estivo è compreso tra –325 e –425 mm, tra i più severi della regione, a indicare un fabbisogno irriguo elevato e in aumento per le colture a ciclo primaverile-estivo.

7.3.5. Implicazioni agronomiche del clima

Il quadro climatico delinea un ambiente con marcata stagionalità e un deficit idrico estivo pronunciato e in peggioramento. Il deficit idrico estivo rende l'irrigazione indispensabile per tutte le colture a ciclo primaverile-estivo; in questo contesto, l'ombreggiamento parziale indotto dal sistema agrivoltaiico può contribuire a ridurre l'evapotraspirazione colturale. Le temperature massime estive, stabilmente superiori a 30 °C, espongono le colture a rischio di stress termico: l'ombreggiamento dei tracker

monoassiali può attenuare le temperature fogliari nelle ore centrali del giorno. Le colture autunno-vernine beneficiano di un bilancio idrico generalmente favorevole e non richiedono irrigazione.

8. Le siepi perimetrali di mitigazione ambientale

Le siepi campestri sono opere naturali polifunzionali, che oltre a svolgere una funzione di mascheramento producono pregevoli effetti ornamentali, paesaggistici e agro-ecologici, in particolare l'effetto tampone rispetto all'erosione e all'inquinamento da run-off, il consolidamento dei suoli, l'azione frangivento e quella filtrante degli inquinanti, la fono-assorbente, il bioaccumulo di carbonio e la produzione di biomassa legnosa, la protezione e il nutrimento per l'entomofauna e la fauna selvatica, la mitigazione di avversità colturali di natura biologica e in generale la connessione e la resilienza dei sistemi agrari.

Sul piano più propriamente estetico-percettivo, le siepi travalicano anche la funzione di mero mascheramento, poiché arricchiscono il paesaggio di cortine naturali, capaci di arricchire i paesaggi più antropizzati di forme e cromie stagionali, vivacizzandoli, nel senso più ampio.

In considerazione delle caratteristiche agroclimatiche locali, delle limitazioni di carattere fitopatologico, delle preminenti finalità paesaggistiche e naturalistiche e delle diverse previsioni normative, la scelta delle essenze destinate alla siepe campestre perimetrale si configura come un aspetto progettuale delicato.

Le specie proposte per questa mitigazione ambientale sono coerenti con la vegetazione reale che colonizza le aree limitrofe al sito d'intervento e con quella potenziale dell'area. L'interpretazione fitogeografica, assieme a quelle pedologiche, macroclimatiche e mesoclimatiche, costituisce comunque un fattore ineludibile nella scelta delle specie. Risulta sempre raccomandabile il ricorso a specie autoctone ottenute da seme, in quanto più adatte alle condizioni pedologiche e climatiche del territorio e, al contempo, foriere di un migliore attecchimento, di una maggiore fitness e di una desiderabile idoneità a una gestione colturale semplice ed economica.

La composizione proposta oltrepassa lo scopo del mascheramento visivo, pur essendo, fondamentalmente, il principale motivo della sua costituzione; infatti, le funzioni svolte dalle siepi riguardano molteplici aspetti ecologici, enfatizzati dall'aumento della biodiversità.

Inoltre, le piante prescelte risultano in numero più che adeguato rispetto all'ampiezza dell'intervento, assicurando gradevoli cortine polifitiche a effetto naturale, ossia con un'alternanza di trame regolata dalla reciproca complementarità delle specie in consociazione.

8.1.Criteri e parametri compositivi

Le siepi di progetto sono quindi concepite principalmente per mitigare un eventuale impatto negativo sul paesaggio agrario e, pertanto, si dispongono in prossimità delle recinzioni dei campi fotovoltaici.

Si tratta di latifoglie autoctone, caratteristiche del paesaggio potenziale dell'area, idonee alla crescita nelle condizioni pedoclimatiche già trattate, da mediamente a molto tolleranti alle potature, idonee alle esposizioni interamente o parzialmente soleggiate, dotate di media o elevata velocità di

accrescimento, di frugalità, di resistenza alle avversità, di un'adeguata tolleranza alla siccità, nonché valenti in termini agroecologici.

I suoli VAL1 presentano caratteristiche pedologiche che li rendono complessivamente idonei all'insediamento delle specie vegetali autoctone descritte nella presente relazione, pur con le limitazioni legate al drenaggio moderatamente imperfetto e all'elevata calcareità degli orizzonti profondi. Le limitazioni individuate non costituiscono un ostacolo insuperabile, bensì orientano la scelta verso specie calcifile o calcitolleranti, igrotoleranti e a radice superficiale o fascicolata, ecologicamente coerenti con il pedopaesaggio della pianura deltizia interna.

In particolare, *Frangula alnus*, *Sambucus nigra* e *Salix cinerea* risultano le specie a maggiore compatibilità con il regime idrologico dei suoli VAL1, trovando in ambienti umidi e a falda superficiale condizioni prossime a quelle del loro habitat elettivo; *Cornus sanguinea* e *Rhamnus cathartica* sono specie strutturanti consolidate nella tradizione della siepe campestre padana su suoli calcarei; *Viburnum opulus* predilige suoli freschi e umidi e risulta particolarmente adatto alle condizioni del sito.

Lungo il perimetro sono individuabili due distinte formazioni: a nord, la siepe NORD, monofilare e arbustiva, con uno sviluppo di 3.131 m; a sud, la siepe SUD, anch'essa monofilare e arbustiva, con uno sviluppo di 1.273 m. Entrambe le formazioni condividono la medesima composizione specifica e i medesimi sesti di impianto.

All'epoca del trapianto, gli esemplari delle specie riunite nei gruppi (A e B) saranno casualmente estratti, così da mimare meglio le distribuzioni spontanee. Il gruppo A riunisce le specie a crescita più rapida e strutturante (*Sambucus nigra*, *Cornus sanguinea*, *Rhamnus cathartica*), mentre il gruppo B riunisce specie a crescita rapida e igrotoleranti (*Frangula alnus*, *Viburnum opulus*, *Salix cinerea*).

Le siepi presentano un grado di fittezza conveniente e un'alternanza compositiva finalizzata a ottenere un effetto percettivo più gradevole e a migliorare il riempimento dei volumi, tenendo conto dei diversi habitus.

Nei primi anni dopo l'affrancamento sarà possibile apprezzare la progressiva chiusura delle cortine verdi che già si attende, ora per allora, non essere omogenea, e quindi valutare e programmare, sia in funzione delle dimensioni raggiunte in larghezza e in altezza, sia della vigoria e dello stato fitosanitario di ciascun individuo, i primi eventuali interventi di rimpiazzo, di cimatura sul legno giovane, di potatura del legno di maggiore sezione e di selezione. La cimatura e la potatura hanno la funzione di mantenere le siepi all'interno delle dimensioni prescelte, con un approccio sostenibile volto a una gestione a lungo termine. Gli interventi di selezione, che potrebbero essere richiesti indicativamente a partire dal secondo quinquennio, sono volti ad eliminare determinati individui, eventualmente morienti, sbilanciati o compromessi, al fine di favorire l'accrescimento di quelli adiacenti. La siepe, pertanto, risulta un organismo vivente la cui dinamica evolutiva andrà assecondata e guidata nel corso degli anni, al fine di garantire la migliore mitigazione ambientale, la continuità della cortina, anche mediante nuovi trapianti, e il miglior sviluppo complessivo, anche mediante rimpiazzi ed eliminazione di determinati esemplari.

8.2. Le caratteristiche generali e dimensionali delle siepi

La siepe occupa una superficie compresa tra il limite esterno dell'area di intervento e il recinto. Le fasce di mitigazione sono raggiungibili attraverso i mezzi agroforestali impiegati negli sfalci, nelle cimature e nell'irrigazione. La cortina arbustiva potrà presentare brevi interruzioni per agevolare il transito dei mezzi tra un lato e l'altro della siepe.

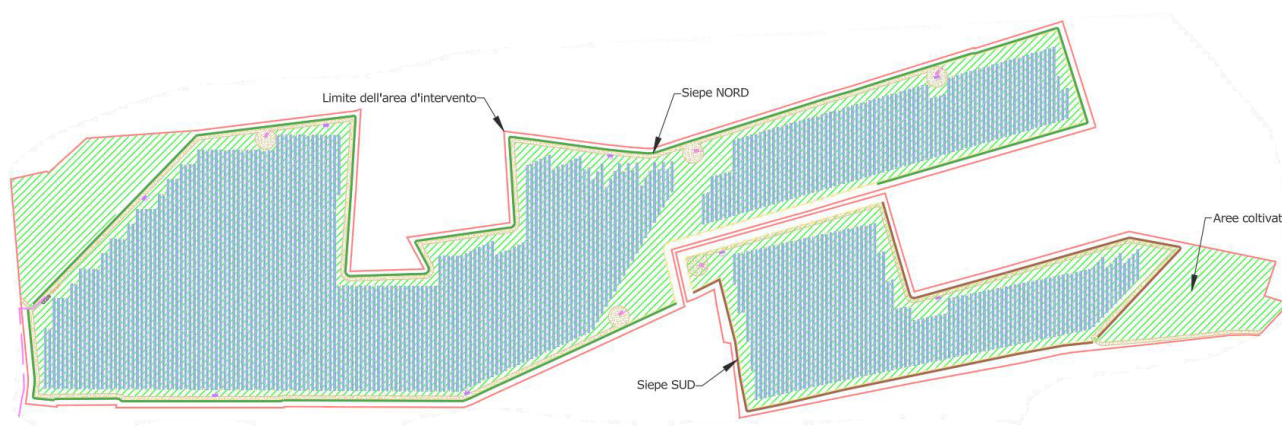


Figura 3: Planimetria generale con andamento delle siepi perimetrali

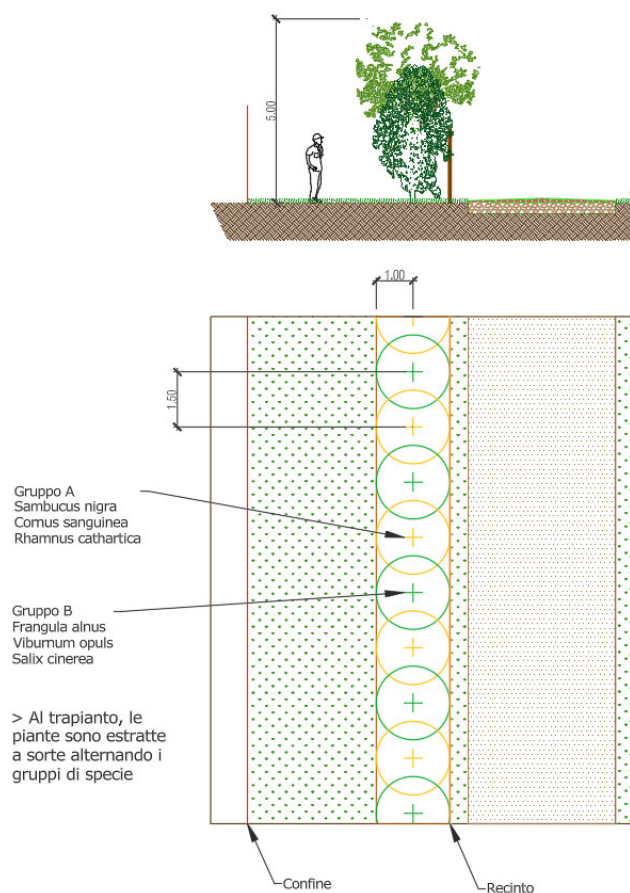


Figura 4: Modulo della fascia mitigativa perimetrale

Relazione mitigazione

Parametri di progetto	UM	NORD	SUD	Totali
Superficie in pianta delle fasce arboreo-arbustive preesistenti	mq	–	–	
Superficie minima pacciamata per pianta	mq	0,25	0,25	
Superficie bagnata per pianta	mq	0,30	0,30	
Quota fascia oggetto di nuova costituzione e infoltimento	%	100%	100%	
Lunghezza destinata ai trapianti	m	3.131	1.273	4.404
Larghezza modulo (ingombro in pianta)	m	2,00	2,00	
Lunghezza modulo	m	3,00	3,00	
Larghezza fascia erbacea adiacente (approssimativa)	m	2,00	2,00	
Piante per modulo	n	2	2	
File di piante nel modulo	n	1	1	
Distanza dei trapianti sulla fila	m	1,50	1,50	
Altezza delle eventuali cimature laterali	m	5,00	5,00	
Larghezza delle eventuali cimature sommitali	m	2,00	2,00	

Tabella 3: Parametri di progetto delle fasce verdi perimetrali

Parametri derivati	UM	NORD	SUD	Totali
Nuovi trapianti	n	2.092	852	2.944
Fallanze annuali medie nei primi tre anni (0,02)	pz	42	17	59
Adacquamento medio annuale con botte e operatore (50 interventi in 3 anni)	kl	417	170	587
Superficie complessiva in pianta della nuova siepe	mq	6.262	2.546	8.808
Superficie complessiva in pianta della fascia erbacea adiacente alla siepe	mq	6.262	2.546	8.808
Superficie lorda in pianta della fascia mitigativa	mq	12.524	5.092	17.616
Superficie disponibile per pianta	mq	3,00	3,00	6
Superficie pacciamata	mq	522	212	734
Superficie irrigata complessiva	mq	626	255	881
Superficie delle chiome sottoposte a cimatura e pulizia	mq	37.572	15.276	52.848

Tabella 4: Parametri di progetto derivati inerenti alle fasce verdi perimetrali

Siepe	Gruppo	Nome scientifico	Nome comune	Allevamento	Piante	Quota
NORD	A	Sambucus nigra	Sambuco	Arbusto	314	11%
NORD	A	Cornus sanguinea	Sanguinello	Arbusto	418	14%
NORD	A	Rhamnus cathartica	Spin cervino	Arbusto	314	11%
NORD	B	Frangula alnus	Frangola	Arbusto	314	11%
NORD	B	Viburnum opulus	Pallon di maggio	Arbusto	314	11%
NORD	B	Salix cinerea	Salice grigio	Arbusto	418	14%
SUD	A	Sambucus nigra	Sambuco	Arbusto	128	4%
SUD	A	Cornus sanguinea	Sanguinello	Arbusto	170	6%
SUD	A	Rhamnus cathartica	Spin cervino	Arbusto	128	4%
SUD	B	Frangula alnus	Frangola	Arbusto	128	4%
SUD	B	Viburnum opulus	Pallon di maggio	Arbusto	128	4%
SUD	B	Salix cinerea	Salice grigio	Arbusto	170	6%
TOTALE					2.944	100%

Tabella 5: Assortimento di piante per tipologia di siepe ed essenza

Per quanto emerge, le cortine proposte travalicano la semplice funzione di mascheramento visivo, pur rimanendo, fondamentalmente, il motivo determinante della loro costituzione.

8.3. La rapidità di sviluppo

Trattandosi di formazioni vive, derivate da semenzali, quindi dotate di significativa diversità individuale e intraspecifica, e, in ragione della variabilità microambientale, è possibile determinare l'accrescimento medio atteso solo in modo molto approssimativo su periodi relativamente lunghi per le specie. In particolare, tutti i seguenti fattori ambientali influenzano le velocità di accrescimento: qualità del suolo; disponibilità idrica; esposizione solare; competizione con altre piante; condizioni climatiche; cure colturali (concimazioni, irrigazioni di soccorso).

Pertanto, in via puramente indicativa, l'altezza delle siepi cimate al trapianto a 60 cm da terra per la formazione di cespugli, a tre anni può essere di circa 2 metri e al quinto anno di almeno 3 metri.

Secondo la specie e sempre in termini medi e piuttosto vaghi, stante la rilevanza degli effetti dei fattori ambientali e dell'appropriatezza degli interventi colturali, insieme capaci di più che dimezzare o più che raddoppiare i tassi di crescita, potrebbero darsi le seguenti altezze alla fine del terzo anno, in base all'impostazione dei cespugli al momento del trapianto.

Relazione mitigazione

Specie	Nome comune	Allevamento	3° anno (m)	5° anno (m)
Sambucus nigra	Sambuco	Arbusto	3	4
Cornus sanguinea	Sanguinello	Arbusto	2	2,5
Rhamnus cathartica	Spincervino	Arbusto	1,5	2,5
Frangula alnus	Frangola	Arbusto	2	3
Viburnum opulus	Pallon di maggio	Arbusto	2	3
Salix cinerea	Salice grigio	Arbusto	3	4,5

Tabella 6: Accrescimento delle specie prescelte

Pertanto, dal punto di vista di un osservatore da terra, la schermatura offerta dalle siepi in progetto, stante l'altezza massima delle vele fotovoltaiche, può risultare efficace e funzionale già al terzo anno. Solo in un contesto collinare tale mitigazione ridurrebbe la sua efficacia, allontanandola da essa.

8.4. Le specie

8.4.1. Cornus sanguinea

Corniolo sanguinello, appartenente alla famiglia delle Cornaceae, arbusto o piccolo albero, indigeno, deciduo, da eliofilo a sciafilo, raggiunge altezze di 2-4 metri (a 5 anni dal trapianto) fino a 5-6 metri in condizioni ottimali. Riconoscibile per i caratteristici rami di colore rosso intenso in inverno, particolarmente vistosi dopo la caduta delle foglie, e per le foglie opposte con nervature arcuate convergenti verso l'apice. Specie tipicamente di sottobosco e margini boschivi, diffusa in boschi misti, siepi campestri e radure su suoli da freschi a umidi, preferibilmente calcarei ma adattabile, presente in Europa, Asia occidentale e Caucaso, in Italia dal livello del mare fino a 1500 m s.l.m. Il nome deriva dal latino 'sanguineus', riferito al colore rosso sangue dei rami invernali. Di grande interesse ecologico per la fauna selvatica, grazie alle bacche nero-bluastre, molto apprezzate dagli uccelli, utilizzato in interventi di rinaturalizzazione, di costituzione di siepi campestri, di consolidamento di versanti e di creazione di habitat per l'avifauna. Le bacche, pur non commestibili per l'uomo, sono ricche di oli e rappresentano un'importante risorsa autunno-invernale per numerose specie ornitiche. Adatto alla formazione di siepi formali.



Figura 5 - Frutti del sanguinello (Isidre blanc, Own work, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0)



Figura 6 - Arbusto di sanguinello (AnRo0002, Own work, Wikimedia Commons, CC0)

8.4.2. *Frangula alnus*

Frangola, appartenente alla famiglia delle Rhamnaceae, è un arbusto o piccolo albero, indigeno, deciduo, da mesofilo a igrofilo; raggiunge altezze di 2-5 metri (a 5 anni dal trapianto circa 2,5 metri). Presenta rami fragili, con corteccia grigiasta caratterizzata da tipiche macchie bianche allungate in senso orizzontale, che all'interno è gialla ma diventa rossastra al contatto con l'aria. Pianta pioniera, si adatta sia a suoli idromorfi sia a suoli abbastanza aridi, indifferente alla matrice e alla natura del terreno, sebbene prediliga ambienti carenti di azoto. Distribuita in Europa e nel Caucaso, in Italia presente in tutto il settentrione, sul versante tirrenico dalla Versilia all'Agro Pontino, sull'Appennino toscomarchigiano e in Campania, dalla pianura fino a 1300 m di altitudine. Il nome 'Frangula' deriva dal latino 'frangere' (rompere), in riferimento alla fragilità dei rami. Di interesse ecologico per il ripristino della biodiversità nei rimboschimenti e come pianta preparatoria nelle zone umide che si prosciugano progressivamente. La corteccia, dopo essiccazione, perde la tossicità e contiene principi attivi con proprietà lassative e regolatrici dell'intestino, mentre il carbone ottenuto è quello a combustione più rapida, noto e utilizzato come polvere da sparo.



Figura 7 - Drupe di frangola (Sten Porse, Own work, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0)

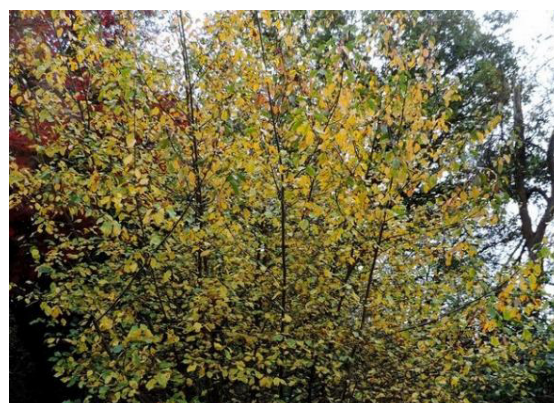


Figura 8 - Cespuglio di frangola in autunno (Patrick Roper, <https://www.geograph.org.uk>, CC BY-SA 2.0)

8.4.3. *Rhamnus cathartica*

Spinocervino, appartenente alla famiglia delle Rhamnaceae, specie fanerofita cespugliosa o arborea decidua, da mesofila a eliofila, pioniera, raggiunge altezze di 4 metri (eccezionalmente fino a 6 metri) con fusto contorto, ramificato fin dal basso e chioma irregolare, con rami opposti e quasi perpendicolari al tronco, con apici induriti che formano spine. Specie tipica di siepi e margini dei boschi, predilige terreni calcarei, anche poveri e ghiaiosi, ed è diffuso principalmente dal livello del mare fino a 1500 m s.l.m. Il nome deriva dal greco e si riferisce a diversi arbusti, mentre 'cathartica' pare riferirsi all'uso di parti della pianta come lassativo o purgante.

Tossiche, officinali, di interesse forestale e ornamentale, le drupe sono apprese dall'avifauna. Di notevole interesse ecologico come fonte di cibo e come importante zona di rifugio per uccelli, insetti e piccoli mammiferi, mentre il legno, molto duro, trova impiego nei lavori di tornio ed ebanisteria. È utilizzato per siepi e giardini spontanei, nonché per ripristini ambientali su suoli aridi e poveri.



Figura 9 - Drupe di spincervino (Robert Flogaus-Faust, opera propria, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0)



Figura 10 - Siepe di spincervino (Ayotte, Gilles, opera propria, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0)

8.4.4. *Salix cinerea*

Salice cenerino, o salice grigio, appartenente alla famiglia delle Salicaceae, arbusto o piccolo albero, indigeno, deciduo, igrofilo, raggiunge altezze di 6 metri, occasionalmente superiori. Le foglie sono polimorfe, da ovali a lanceolate o ellittiche, lunghe 5-10 cm, tomentose, con pagina superiore verde opaca, quella inferiore grigia e nervature prominenti, margine ondulato, crenato o dentato irregolarmente. Pianta dioica, fiorisce precocemente in marzo-inizio aprile, prima dell'emissione delle foglie, con amenti lunghi 2-5 cm; gli amenti maschili sono tozzi, di colore giallo, con stami evidenti, quelli femminili più slanciati e verdastri. Specie originaria dell'Europa e Asia occidentale diffusa dalla pianura fino a 1000 m di altitudine, predilige terreni con ristagno idrico. Ampiamente utilizzata per il consolidamento di terreni sciolti, il rimboschimento e la creazione di siepi libere e informali. La fioritura precoce rappresenta un'importante fonte di nutrimento per le api. Come per altre specie del genere *Salix*, dalla corteccia si ricava salicina, da cui si ottiene l'acido salicilico; tra le specie cogenere, l'ibridazione risulta facile.



Figura 11 – Foglie e semi piumosi del salice grigio (Agnieszka Kwiecień, Nova, Own work, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0)



Figura 12 – Arbusto di salice grigio (AnRo0002, Own work, Wikimedia Commons, CC0)

8.4.5. *Sambucus nigra*

Sambuco nero, appartenente alla famiglia delle Adoxaceae (in precedenza Caprifoliaceae), arbusto o piccolo albero, indigeno, deciduo, da mesofilo a eliofilo, raggiunge altezze di 4-6 metri fino a 10 metri in condizioni ottimali (a 5 anni dal trapianto, circa 3,5 metri). Caratterizzato da un tronco eretto, molto ramificato, con corteccia grigio-brunastra rugosa e rami con midollo centrale bianco e spugnoso. Occupa rapidamente radure e margini dei boschi umidi; preferisce suoli freschi, ricchi di nutrienti e di materia organica. Distribuito in Europa, Caucaso, Asia occidentale e Nord Africa, in Italia presente dal livello del mare fino a 1400 m s.l.m. Il nome deriva dal latino "sambucus", forse collegato allo strumento musicale "sambuca" che si pensa fosse realizzato con questo legno, mentre "nigra" si riferisce al colore nero-violaceo dei frutti. Di grande interesse per i suoi fiori bianchi profumati e frutti commestibili, utilizzato nella medicina tradizionale per le sue proprietà antinfiammatorie e antivirali, in liquoreria e gastronomia, e particolarmente apprezzato dall'avifauna per i frutti.



Figura 13 - Corimbi di sambuco (Robert Flogaus-Faust, Own work, Wikimedia Commons, CC BY 4.0)



Figura 14 - Arbusto di sambuco (Willow, Own work, Wikimedia Commons, CC BY 2.5)

8.4.6. *Viburnum opulus*

Pallon di maggio, appartenente alla famiglia delle Adoxaceae (in precedenza Viburnaceae), arbusto o piccolo albero, indigeno, deciduo, da mesofilo a igrofilo, raggiunge altezze di 2-4 metri (a 5 anni dal trapianto circa 2-3 metri). Caratterizzato da foglie trilobate con margine dentato-seghettato, simili a quelle dell'acero, e da vistose infiorescenze bianche a corimbo in cui i fiori periferici sono più grandi e sterili. Predilige suoli calcarei, ricchi di sali minerali, presenti in boschi umidi, igrofili e zone ripariali sia in pianura che in collina. Distribuito dall'Europa alla Siberia e in Nord Africa (Algeria), in Italia si trova dalla pianura fino ai 1100 metri. Il nome deriva dal latino 'viburnum', arbusto citato da Virgilio, forse da 'viere' (legare-intrecciare) per la flessibilità dei rami, mentre 'opulus' si riferisce alla somiglianza delle foglie con quelle dell'acero campestre (oppio). Di interesse ornamentale per la fioritura primaverile e le drupe rosso brillanti che persistono fino all'inverno, utilizzato in giardini, parchi e per siepi. La corteccia contiene viburnina, con proprietà astringenti e antidiarroiche.



Figura 15 - Pallon di maggio in primavera. (Krzysztof Ziarnik -Own work, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0)



Figura 16 - Drupe di pallon di maggio (Lestat, Jan Mehlich -Own work, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0)

8.5. Dal trapianto alla gestione colturale

Le piante destinate a questo intervento, salvo indisponibilità, saranno ottenute da seme, a partire da materiale autoctono e indigeno, a radice nuda o in pane di terra; all'epoca di impianto avranno età preferibilmente di 1 o 2 anni; saranno ascrivibili alla prima scelta vivaistica, in base alla valutazione del diametro del colletto, dell'altezza epigea e delle condizioni fitosanitarie generali.

Per ragioni naturalistiche e di conservazione della biodiversità, in generale, l'utilizzo di materiale vivaistico ottenuto da seme autoctono e, se possibile, indigeno dell'area di intervento, per ciascuna specie vegetale, è da preferirsi rispetto al reperimento sul mercato di piante della specie prescelta o di varietà selezionate.

L'utilizzo di materiale vivaistico con pochi anni di età assicura, in generale, un attecchimento più rapido, una riduzione delle crisi di trapianto e un miglior sviluppo nel tempo rispetto all'impiego di esemplari di maggiore età e rappresenta, per questo, la strategia migliore per la buona riuscita complessiva.

8.5.1. Impianto

Sui tratti destinati alla sostanziale costituzione della siepe si interverrà con sola ripuntatura, mantenendo, ove presente, l'esistente cotica erbosa; mentre non sarà eseguita alcuna lavorazione al suolo nei tratti ove la preesistente siepe risultasse da infoltire. Il trapianto avverrà mediante lo scavo della buca, l'inserimento della pianta, il leggero compattamento, la formazione della conca e la prima irrigazione fino all'esaurimento della capacità di assorbimento.

Le piante saranno poste a dimora in periodo propizio, preferibilmente in autunno, comunque entro l'inizio della primavera. Dopo il trapianto, le piante destinate a formare arbusti saranno impostate e cimate, soprattutto se a singolo stelo, accorciandole a circa 60 cm di altezza per favorire un miglior riempimento basale.

Settimana	Attività	Risorse
39-40 (settembre)	Sopralluogo e marcatura	2 tecnici
41-42 (ottobre)	Approvvigionamento materiali	Fornitore + logistica
43-44 (ottobre)	Realizzazione buche siepi	2 operai
45-46 (novembre)	Impianto siepi + pacciamatura	4 operai specializzati
48 (novembre)	Controllo finale e documentazione	1 tecnico + 1 operaio specializzato

Tabella 7: Ipotesi di cronoprogramma per impianto autunnale

8.5.2. Controllo dello strato erbaceo

La vegetazione spontanea, anche erbacea, determina già dopo pochi mesi dalla messa a dimora delle piante una forte competizione, sia a livello radicale sia aereo, tale da produrre una sorta di soffocamento delle piante coltivate. L'adozione di corretti sistemi di pacciamatura, già in fase di

piantagione, contribuisce efficacemente a ridurre la gravità di tale competizione anche se sovente risulta ineludibile, specie nei primi anni dal trapianto, un qualche intervento localizzato di scerbatura.

Il controllo delle erbe attorno alle piante sarà garantito mediante l'apposizione di dischi o quadrilateri pacciamanti, aventi una superficie indicativamente non inferiore a 0,2 mq, composti da feltri completamente biodegradabili (es. juta, cocco), tali da essere efficaci per almeno 3 anni, fissati al suolo con graffe ferrose.

L'area adiacente alla siepe sarà mantenuta inerbita e controllata mediante sfalci o trinciature nel primo autunno o a fine inverno, con un eventuale secondo intervento entro il mese di luglio e, comunque, non più di tre interventi annui.

8.5.3. Irrigazione

L'irrigazione prevista nei primi tre anni sarà fornita mediante carro-botte e distribuzione semimanuale. In alternativa, potrà essere valutato l'inserimento di un sistema di distribuzione fisso a goccia, integrato con un sistema di alimentazione idrica, da dimensionare in base alle portate prescelte. Gli interventi di irrigazione potranno essere a turno libero o di soccorso, purché effettuati anticipando la possibile insorgenza dello stress idrico, prevedibile in base al monitoraggio dell'umidità del suolo, anche in congiunzione con i risultati dei modelli previsionali integranti evapotraspirazione e previsioni meteorologiche. In ogni caso, ciascun adacquamento non sarà inferiore a 40 mm di pioggia.

8.5.4. Cimature

Le potature di mantenimento avranno finalità di contenimento sommitale e laterale entro le dimensioni massime consentite. Per tagli di modesto diametro, indicativamente fino a 30 mm, gli interventi potranno essere eseguiti mediante barre cimatrici. Queste barre, rispetto a sistemi interamente manuali, da un lato riducono i costi di manutenzione e, dall'altro, richiedono interventi più frequenti con tagli meno severi sulle porzioni esterne della chioma, per salvaguardare la salute delle piante e le loro funzioni ambientali. Stanti gli spazi riservati ai filari e la loro composizione, nel corso dell'esercizio dell'impianto potrebbero richiedersi modesti interventi di cimatura, che, in via prudenziale, si assumono a partire dal quarto anno.

8.5.5. Reimpianti

Le fallanze di impianto e gli individui morti nei primi anni saranno via via sostituiti fino al completo riempimento della cortina, eventualmente anche modificando la sequenza e le quote di assortimento, in base alle osservazioni e alle valutazioni fitopatologiche e agronomiche periodiche. I rimpiazzi richiederanno le medesime cure del trapianto e la posa di un pacciame biodegradabile.

8.5.6. Presidi fitosanitari

Stante la rilevanza naturalistica della siepe e la volontà di ridurre le fonti di inquinamento, non si farà ricorso al diserbo chimico, mentre si conferma l'esclusivo ricorso alla pacciamatura, completamente biodegradabile e permeabile all'acqua.

In generale, le siepi campestri possono presentare problemi fisiologici e patologici, soprattutto nei primi anni di impianto, quando le giovani piante sono in fase di affermazione. Qualora le piante incontrassero condizioni propizie all'accrescimento, ne gioverebbero in termini di vigore e capacità di autodifesa dalle avversità.

A partire dal trapianto, con cadenza annuale, è raccomandato il monitoraggio fitopatologico e agronomico sull'intera opera a verde, in particolare durante il periodo vegetativo.

8.6. Manutenzione e monitoraggio nei primi tre anni

Durante la fase critica di attecchimento e prima formazione delle piante, la manutenzione e il monitoraggio sono raccomandati tramite tre sopralluoghi a cadenza stagionale.

8.6.1. Il sopralluogo primaverile

Il primo controllo dell'anno si svolge nel periodo marzo-aprile, quando la ripresa vegetativa consente di valutare l'effettivo superamento del periodo invernale delle giovani piante. Durante questa fase si procede a un accurato censimento della sopravvivenza, prestando particolare attenzione a eventuali fenomeni di mortalità che potrebbero richiedere interventi di sostituzione.

Un aspetto cruciale di questo controllo riguarda lo stato della pacciamatura individuale: si verifica l'integrità dei dischi pacciamanti, la tenuta delle graffe di ancoraggio e l'efficacia del controllo delle infestanti nell'area immediatamente circostante ciascuna pianta. Eventuali spostamenti o deterioramenti precoci della pacciamatura vengono prontamente corretti per garantire la massima protezione durante la stagione di crescita.

L'osservazione dello stato vegetativo assume particolare rilevanza: il ritardo nella ripresa primaverile può infatti indicare condizioni di stress o problematiche sanitarie che richiedono approfondimenti. La presenza della pacciamatura individuale facilita notevolmente questa valutazione, creando un microambiente controllato attorno a ciascuna pianta che consente di distinguere chiaramente gli effetti delle condizioni di crescita specifiche.

È in questa fase che si definiscono le strategie di irrigazione di soccorso per la stagione estiva, valutando le condizioni di umidità del suolo protetto dalla pacciamatura e le previsioni meteorologiche. La documentazione fotografica da punti fissi standardizzati consente di costruire un archivio visivo dell'evoluzione delle opere nel tempo.

8.6.2. Il controllo estivo

Il sopralluogo estivo, condotto nel periodo di maggiore stress termico (luglio-agosto), ha un carattere più specifico e si concentra sulla valutazione delle condizioni idriche delle piante. In questa fase l'attenzione è rivolta principalmente all'identificazione precoce dei sintomi di stress idrico, che possono manifestarsi con appassimenti fogliari, rallentamento della crescita o alterazioni cromatiche.

La presenza della pacciamatura individuale svolge un ruolo fondamentale nel ridurre significativamente il fabbisogno irriguo: la conservazione dell'umidità del suolo e la riduzione dell'evaporazione diretta permettono di limitare gli interventi di soccorso ai casi di effettiva necessità. L'irrigazione viene attivata solo quando le piante manifestano un evidente stress nonostante la protezione offerta dalla pacciamatura.

Quando necessario, l'irrigazione di soccorso viene effettuata mediante un'autobotte per la distribuzione localizzata dell'acqua direttamente sulla superficie pacciamata, massimizzando l'efficienza dell'apporto idrico. Gli interventi adottano un approccio selettivo, privilegiando le specie più sensibili alla siccità.

Durante questo periodo, il controllo della vegetazione erbacea nelle aree non pacciamate assume carattere routinario. La gestione degli sfalci risulta semplificata dalla presenza delle protezioni individuali, che delimitano chiaramente le zone di intervento e proteggono le giovani piante da eventuali danni meccanici.

8.6.3. La valutazione autunnale

Il sopralluogo autunnale rappresenta il momento di bilancio della stagione vegetativa e di programmazione degli interventi invernali. Si procede a una valutazione complessiva dell'attecchimento, misurando gli incrementi di crescita e verificando l'uniformità dello sviluppo tra le diverse specie e all'interno dei gruppi omogenei.

Durante questo controllo si valuta anche lo stato di decomposizione della pacciamatura, verificando che il processo di degradazione proceda secondo le tempistiche previste. Nel corso del terzo anno, la pacciamatura inizia a mostrare segni evidenti di decomposizione, integrandosi gradualmente nel terreno e arricchendolo di sostanza organica.

Particolare attenzione è dedicata alla programmazione dei rimpiazzamenti necessari: le piante che non hanno superato positivamente la prima stagione vegetativa vengono individuate e segnalate per la sostituzione durante il periodo di riposo vegetativo. I nuovi esemplari verranno dotati della medesima protezione pacciamante, garantendo condizioni ottimali per l'attecchimento.

8.7. Manutenzione e monitoraggio dal quarto anno

Con il progressivo affrancamento delle piante e la decomposizione della pacciamatura, la frequenza degli interventi irrigui diminuisce. Al termine del terzo anno, la scomparsa della protezione pacciamante coincide idealmente con il raggiungimento dell'autosufficienza idrica delle formazioni vegetali.

Con il progredire dello sviluppo vegetativo, le formazioni arbustive acquisiscono gradualmente la capacità di competere autonomamente con la vegetazione erbacea, grazie all'espansione dell'apparato radicale, all'aumento della superficie fogliare e alla creazione di condizioni di ombreggiamento che limitano naturalmente lo sviluppo delle erbe.

Questo processo evolutivo comporta una riduzione progressiva dell'importanza degli sfalci: mentre nei primi anni questi interventi sono essenziali per il successo dell'impianto, con il tempo diventano via via meno rilevanti per la sopravvivenza e lo sviluppo delle piante legnose. Le formazioni mature creano infatti un loro equilibrio ecologico, in cui la vegetazione erbacea assume un ruolo complementare anziché competitivo.

A partire dal quarto anno, quando le piante hanno raggiunto un buon grado di autonomia, il monitoraggio si semplifica, riducendosi a un sopralluogo annuale, preferibilmente tra settembre e ottobre.

Questo controllo annuale mantiene un carattere comprensivo e si concentra sui parametri essenziali per verificare il corretto funzionamento delle opere di mitigazione. La scomparsa della pacciamatura segna simbolicamente il passaggio a una fase di gestione più estensiva, in cui le formazioni vegetali hanno acquisito una significativa capacità di autoregolazione.

L'efficacia mitigativa delle siepi viene verificata attraverso osservazioni della viabilità pubblica e dei punti di maggiore visibilità. Le formazioni mature richiedono interventi sempre più ridotti: le siepi hanno raggiunto una densità tale da fornire una schermatura efficace, mentre le formazioni hanno acquisito un aspetto sempre più naturale.

La gestione ordinaria si limita alle potature di mantenimento, effettuate con cadenza dettata dalle esigenze al tempo emergenti, in base alla vigoria e alle dimensioni raggiunte dalle formazioni. Gli sfalci della vegetazione erbacea diventano progressivamente meno frequenti e meno critici, limitandosi, eventualmente, al mantenimento di corridoi di accesso e alla gestione delle aree di maggiore visibilità.

L'irrigazione rimane definitivamente sospesa, confermando l'autosufficienza idrica. Le formazioni vegetali mature hanno sviluppato apparati radicali profondi ed estesi, capaci di attingere alle riserve idriche del suolo anche durante i periodi siccitosi.

8.8. Obiettivi di coltivazione di lungo periodo

Il piano di manutenzione e monitoraggio è finalizzato al raggiungimento di una condizione di sostanziale equilibrio ecologico, in cui le opere di mitigazione si integrano pienamente nel paesaggio circostante assumendo caratteristiche sempre più naturali.

La transizione dalla gestione intensiva dei primi anni a quella estensiva della maturità riflette l'evoluzione naturale delle formazioni vegetali, dai sistemi artificiali alle comunità seminaturali integrate nel contesto territoriale.

Nel corso del primo decennio, l'obiettivo principale è la realizzazione di una struttura vegetale stabile e funzionale. Le siepi perimetrali raggiungono un'altezza di 3–4 metri e una densità tale da garantire la piena efficacia mitigativa, mentre le formazioni arboreo-arbustive presentano una tipica stratificazione verticale.

Nella fase di maturità, che si estende dal secondo decennio fino alla fine della vita dell'impianto agrivoltaico, l'attenzione si sposta alla conservazione degli equilibri raggiunti e alla gestione delle dinamiche naturali in evoluzione. Gli sfalci diventano sempre meno rilevanti, mentre le formazioni legnose dominano progressivamente la competizione con la vegetazione erbacea, creando condizioni di sottobosco favorevoli all'insediamento di specie spontanee tipiche degli ambienti forestali.

Il successo del piano si misurerà attraverso la capacità delle formazioni di evolversi verso sistemi seminaturali autosufficienti, capaci di mantenere le funzioni per cui sono state progettate, pur acquisendo un valore ecologico e paesaggistico crescente nel tempo.

9. Computo metrico estimativo per le siepi perimetrali

I parametri quantitativi di progetto derivati dal layout grafico e dall'adozione delle sopra citate scelte colturali, quali sesti di impianto, metodi di lavorazione, concimazione, trapianto, difesa e irrigazione, sono riepilogati nei prospetti precedenti.

La stima dei costi colturali fino al terzo anno dal trapianto, periodo ordinariamente destinato all'affrancamento, è effettuata senza attualizzazione, stante la breve durata del periodo.

Poiché la siepe di progetto costituisce una componente di un intervento più vasto, comunque soggetto al controllo dell'erba, tale controllo sarà concertato con quello svolto in altre aree.

Relazione mitigazione

Voci	U M	Q.tà	Importo unitario	Totale
Costi iniziali (I anno)				55.936,00 €
Messa a dimora di piante legnose di due anni, poste a piè d'opera, compresi scavo, rinterro, eventuale tutoraggio, formazione del compluvio, posa pacciamante, bagnatura	pz	2.944	7,00 €	20.608,00 €
Piante autoctone da semenzale, di 1 o 2 anni, di prima scelta	pz	2.944	5,00 €	14.720,00 €
Pacciamante in fibra naturale (con area minima 0,25 mq e durata minima triennale), 4 graffe metalliche per pianta	pz	2.944	2,00 €	5.888,00 €
Shelter in rete, per protezione piante	pz	2.944	2,00 €	5.888,00 €
Garanzia di attecchimento compresi gli eventuali interventi fitoiatrici, la sostituzione delle piante non vegete o morienti	pz	2.944	3,00 €	8.832,00 €
Costi annuali di gestione fino al III anno				11.776,00 €
Manutenzione post-trapianto, compreso controllo dell'erba adiacente, irrigazione annuale (fino a 20 interventi annui, 40 l/mq), potature ed eventuali cimature	pz	2.944	4,00 €	11.776,00 €
Costi annuali di gestione dal IV anno				7.405,92 €
Manutenzione, compreso il controllo dell'erba, eventuale irrigazione, eventuali trattamenti fitoiatrici e quanto richiesto a garanzia del mantenimento delle formazioni	pz	2.944	0,90 €	2.649,60 €
Eventuale cimatura e rimonda delle fasce arbustive compreso trinciatura residui	m q	52.848	0,09 €	4.756,32 €

Tabella 8: Voci del computo metrico estimativo delle opere a verde

I costi di manutenzione a partire dal quarto anno dipenderanno dall'andamento delle condizioni di salute e vigoria vegetale; le possibili scelte gestionali potrebbero quindi includere la diminuzione o cessazione delle irrigazioni, eventuali operazioni di cimatura, in altezza e laterali, eventuali potature di ritorno su particolari individui, eventuali tagli di selezione, rimpiazzi, ecc., operazioni tutte stimabili con inevitabili ampie incertezze stanti le variabili risposte di accrescimento degli individui, correlate alla biodiversità intraspecifica e interspecifica, agli effetti della coltivazione, agli imprevedibili fenomeni di origine biotica e all'andamento meteorologico.

Tanto premesso, una stima sintetica della spesa media annuale per il mantenimento della funzionalità mitigativa della siepe, onde tener conto delle spese per rimpiazzi, sfalci, potature e controlli

fitopatologici, a partire dal quarto anno e fino al termine dell'esercizio dell'impianto fotovoltaico, potrebbe attestarsi, a valori correnti, compresa tra 1 e 3 € per metro lineare.

Questo tipo di mitigazione verde genera, pertanto, flussi di cassa costantemente negativi, dipendenti dai costi di costituzione e di manutenzione; da essi è stimabile il Valore Attuale Netto, corrispondente al valore economico della mitigazione ambientale.

La stima del VAN implica l'adozione di un idoneo tasso composto di attualizzazione (o di sconto), in genere corrispondente al costo di opportunità, al rendimento atteso o al costo medio del capitale. In questa valutazione si assume un tasso reale di attualizzazione pari al 5,00%, depurato da inflazione.

L'attualizzazione è nel seguito prospettata, con l'approssimazione dell'insorgenza dei flussi di cassa all'inizio delle annualità, ipotizzando la dismissione dell'impianto al trentesimo anno di esercizio.

Relazione mitigazione

Anni	Flusso di cassa (-)	Flusso attualizzato (-)	VAN Flusso attualizzato cumulato (-)
0	55.936,00 €	55.936,00 €	55.936 €
1	11.776,00 €	11.215,24 €	67.151 €
2	11.776,00 €	10.681,18 €	77.832 €
3	11.776,00 €	10.172,55 €	88.005 €
4	7.405,92 €	6.092,87 €	94.098 €
5	7.405,92 €	5.802,73 €	99.901 €
6	7.405,92 €	5.526,41 €	105.427 €
7	7.405,92 €	5.263,25 €	110.690 €
8	7.405,92 €	5.012,62 €	115.703 €
9	7.405,92 €	4.773,92 €	120.477 €
10	7.405,92 €	4.546,59 €	125.023 €
11	7.405,92 €	4.330,09 €	129.353 €
12	7.405,92 €	4.123,89 €	133.477 €
13	7.405,92 €	3.927,52 €	137.405 €
14	7.405,92 €	3.740,49 €	141.145 €
15	7.405,92 €	3.562,37 €	144.708 €
16	7.405,92 €	3.392,74 €	148.100 €
17	7.405,92 €	3.231,18 €	151.332 €
18	7.405,92 €	3.077,31 €	154.409 €
19	7.405,92 €	2.930,77 €	157.340 €
20	7.405,92 €	2.791,21 €	160.131 €
21	7.405,92 €	2.658,30 €	162.789 €
22	7.405,92 €	2.531,71 €	165.321 €
23	7.405,92 €	2.411,16 €	167.732 €
24	7.405,92 €	2.296,34 €	170.028 €
25	7.405,92 €	2.186,99 €	172.215 €
26	7.405,92 €	2.082,85 €	174.298 €
27	7.405,92 €	1.983,66 €	176.282 €
28	7.405,92 €	1.889,20 €	178.171 €
29	7.405,92 €	1.799,24 €	179.970 €
30	7.405,92 €	1.713,56 €	181.684 €

Tabella 9: Attualizzazione al tasso del 5,00% dei costi iniziali e di manutenzione della mitigazione per i primi 30 anni

Relazione mitigazione

Voci	Esborso (-)	VAN (-)
Costo di costituzione al 3° anno	91.264 €	–
Costo a 30 anni	291.224 €	181.684 €
Costo a 50 anni	439.342 €	203.039 €
Costo perpetuo	–	215.955 €

Tabella 10: Riepilogo dei costi di costituzione e del VAN a diverse durate con tasso di attualizzazione 5,00%

In conclusione, il costo complessivo non attualizzato per la realizzazione delle opere di mitigazione al terzo anno dal trapianto è approssimato a 91.300 €, di cui 55.936 € per la costituzione e 35.328 € per la manutenzione e la garanzia nei primi tre anni, mentre il beneficio mitigativo, equivalente al costo attualizzato (VAN) al tasso del 5,00% nei primi 30 anni, si approssima a 181.700 €.