

Regione  
Emilia Romagna



Provincia di  
Ferrara



Comune di  
Bondeno



# IMPIANTO AGROVOLTAICO DI 60MW SITO NEL COMUNE DI BONDENO (FE) E RELATIVE OPERE CONNESSE

PROGETTISTA INCARICATO:

Ing. Riccardo Clementi

Pec: riccardo.clementi@ingpec.eu



Scala

n.d.

Titolo elaborato:

Opere di mitigazione  
ambientale

Formato

n. d.

TECNICI COINVOLTI

Ing. Riccardo Clementi

Arch. Emiliano Manzato

Dott. Agr. Stefano Pesavento

Dott. Geol. Loris Tietto

CODICE ELABORATO

PROGETTO	CLASSE	TIPO	PROG.
RVFVER32	VIA2	D	43



Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	03/2023	Prima emissione	EM	EM	EM
01					
02					
03					
04					
05					
06					

GESTORE RETE ELETTRICA



SOCIETA' PROPONENTE:

Bondeno SRL

Via Mike Bongiorno, 13 - 20124 Milano

PEC: bondeno@pec-legal.it

REA: MI - 2677347

P.iva 05496160283

SOCIETA' di PROGETTAZIONE:

Renvalue SRL

Via Quattro Novembre, 2 Padova

PEC: cert@pec.renvalue.it



## Indice

1	Introduzione.....	3
2	Descrizione dell'impianto agrovoltaico .....	3
2.1	Descrizione dell'area di progetto .....	3
2.2	Descrizione dell'intervento .....	4
2.2.1	Tracker .....	4
2.2.2	Moduli.....	6
2.2.3	Cabine di trasformazione .....	7
2.2.4	Connessioni elettriche .....	7
2.2.5	Cabine di raccolta.....	8
2.2.6	Recinzione perimetrale .....	12
3	Interventi per la mitigazione ambientale .....	13
3.1	Descrizione delle misure di mitigazione a verde .....	14
3.2	Siepe di progetto.....	16
4	Impianto e gestione colturale .....	35
4.1	Messa a dimora.....	35
4.2	Manutenzione verde e irrigazione .....	35

## Indice delle Figure

Figura 1	- Inquadramento su foto aerea: in rosso l'impianto fotovoltaico e in blu il cavidotto .....	3
Figura 2	- Schematica dei tracker con relative distanze .....	4
Figura 3	- Esempio di fissaggio delle strutture di supporto .....	6
Figura 4	- Tipologia di moduli presi in considerazione .....	6
Figura 5	- Schema di cabina di trasformazione .....	7
Figura 6	- Schema posizionamento cavi (in rosso) e skid (in grigio) rispetto al piano campagna .....	8
Figura 7	- Immagine tipo di cabina di raccolta .....	8
Figura 8	- Configurazione Campo Nord dell'impianto agrivoltaico.....	9
Figura 9	- Configurazione del Campo Sud dell'impianto agrivoltaico .....	10
Figura 10	- Layout di progetto Campo Nord .....	11
Figura 11	- Layout di progetto Campo Sud.....	12
Figura 12	- Rappresentazione della recinzione prevista di altezza pari a 2.5m .....	12
Figura 13	- Prospetto frontale recinzione .....	13
Figura 14	- A sinistra cespuglio di Albero di Giuda; a destra fioritura di Albero di Giuda .....	19
Figura 15	- A sinistra cespuglio di Corniolo; a destra una siepe di Corniolo.....	20
Figura 16	- Siepe di Nocciolo in primavera, a sinistra, e in autunno, a destra .....	20

Figura 17 - Capsule, a sinistra, e siepe, a destra, dell'Evonimo .....	21
Figura 18 - Drupe, a sinistra, e siepe, a destra, di Frangola.....	21
Figura 19 - A sinistra, cespuglio di Maggiociondolo; a destra una siepe mista con Maggiociondolo.....	22
Figura 20 - A sinistra, cespuglio di Melo selvatico; a destra una siepe mista con Melo selvatico .....	22
Figura 21 - A sinistra, drupe e, a destra, siepe di Mirabolano.....	23
Figura 22 - A sinistra, drupe e, a destra, siepe di Prugnolo.....	23
Figura 23 - Siepe di Acero campestre in primavera a sinistra e in autunno a destra .....	24
Figura 24 - Siepi di Carpino bianco in estate a sinistra e in inverno, a destra.....	24
Figura 25 - A sinistra siepe di Leccio; a destra ghiande di Leccio .....	24
Figura 26 - A sinistra albero di Roverella; a destra un grande arbusto di Roverella.....	25
Figura 27 - Fascia di mitigazione ambientale "Centese" nel Campo Nord .....	26
Figura 28 - Fasce di mitigazione "Centese" e "Palata" nel Campo Sud .....	27

#### Indice delle Tabelle

Tabella 1 - Scheda tecnica dei tracker.....	5
Tabella 2 - Schema riassuntivo caratteristiche impianto FTV.....	10
Tabella 3 - Elenco delle specie individuate per la mitigazione a verde .....	17
Tabella 4 - Alternanza proposta di tipo pseudo-casuale .....	18

## 1 Introduzione

Il presente documento, redatto da Grien S.r.l. su incarico della società Bondeno S.r.l., descrive le opere di mitigazione a verde previste contestualmente nella realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza installata pari a 62.699,42 kW nel territorio comunale di Bondeno, nella Provincia di Ferrara.

## 2 Descrizione dell'impianto agrovoltaico

### 2.1 Descrizione dell'area di progetto

L'area sulla quale è prevista la realizzazione del parco agrovoltaico è situata a Sud-Ovest del centro abitato di Bondeno; presenta un'estensione di circa 110 ettari totali, suddivisa in due campi – "Campo Nord" e "Campo Sud" – di superficie circa equivalente.



Figura 1 - Inquadramento su foto aerea: in rosso l'impianto fotovoltaico e in blu il cavidotto

L'area è sita in zona prettamente agricola nelle vicinanze del fiume Panaro, ad Ovest. Da un punto di vista geomorfologico (vedasi Relazione Geologica).

## 2.2 Descrizione dell'intervento

Le opere previste si possono suddividere nelle seguenti categorie di intervento:

1. Sistemazione generale e delimitazione delle aree;
2. Realizzazione dei lotti: n. 3 lotti nel Campo Nord e n. 2 lotti nel Campo Sud costituiti da inseguitori mono assiali;
3. Realizzazione delle opere di connessione;
4. Realizzazione delle opere accessorie.

Il progetto interesserà una superficie di 110 ettari corrispondente alla superficie complessiva delimitata da recinzione dell'impianto di progetto.

I lavori in progetto riguardano la realizzazione di un totale di 5 lotti suddivisi in due aree – *Campi* – di impianti fotovoltaici a terra.

### 2.2.1 Tracker

I moduli fotovoltaici saranno disposti su strutture metalliche rotanti monoassiali dette Tracker. Essi sono costituiti da travi metalliche (a sezione H o simili) direttamente infisse nel terreno (tramite macchine battipalo), che sorreggono una trave orizzontale, la quale, mediante un motore centrale, ruota – e con essa i pannelli FTV – da est verso ovest con angoli compresi tra  $\pm 60^\circ$ .

Nel progetto in esame il pitch (distanza tra tracker paralleli) è fissato a 6m.

Le misure dei tracker, che saranno definite dal fornitore in fase esecutiva, sono le seguenti:

- travi di sostegno infisse ogni 6m circa, ad una profondità di circa 3m;
- altezza asse orizzontale rispetto al suolo: 3m

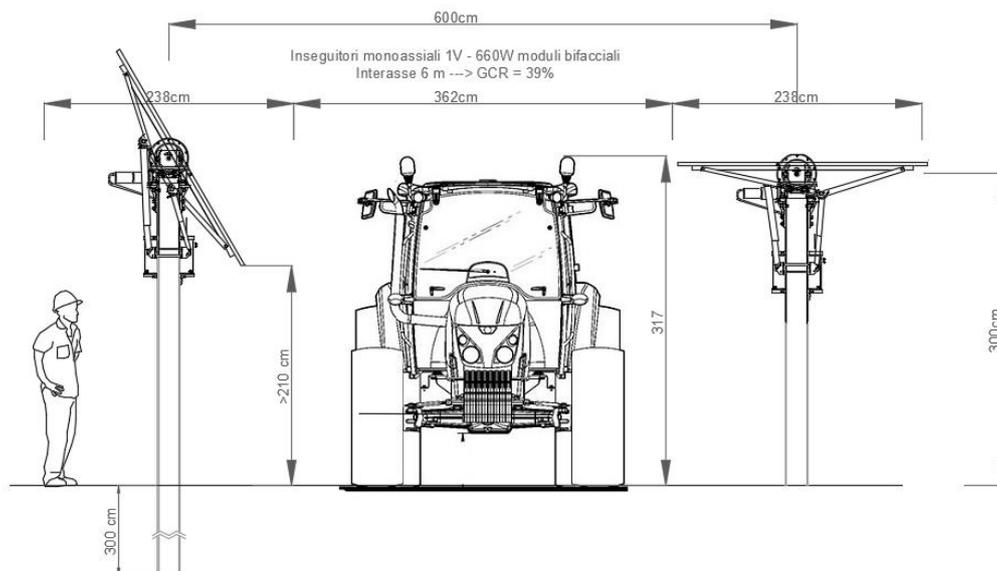


Figura 2 - Schematica dei tracker con relative distanze

Si riporta anche la scheda tecnica dei tracker prodotti da SOLTIGUA SRL e selezionati in questa fase della progettazione; variazioni di mercato potrebbero portare in fase esecutiva ad orientarsi su una scelta differente.

Tabella 1 - Scheda tecnica dei tracker

SPECIFICHE TECNICHE PRINCIPALI	
Tipologia di tracker:	Inseguitore solare orizzontale monoassiale indipendente; Possibile qualsiasi azimut (idealmente N-S);
Algoritmo di tracking:	Formule astronomiche accurate; precisione di tracking = 1.0°. Backtracking 3D individuale, adattabilità al profilo del terreno
Range di rotazione:	Standard $\pm 55^\circ$ ; opzione $\pm 60^\circ$ disponibile.
Ground cover ratio:	Liberamente configurabile dal cliente (tra 34% e 50%)
Moduli compatibili:	Moduli con frame; Tutte le principali marche
Montaggio del modulo:	1 modulo portrait; 2 moduli landscape
Movimentazione:	1 motore indipendente per tracker
Potenza di picco per tracker	45 kWp (considerando moduli da 500 Wp)
N° di Moduli per tracker:	Fino a 90 moduli a 72 celle (1500 V)
Voltaggio campo fotovoltaico:	1000 V o 1500 V
Alimentazione elettrica:	Autoalimentato con apposito pannello fotovoltaico e con batterie Li-FePO <sub>4</sub>
Comunicazione:	Rete radio wireless Soltigua
Monitoraggio:	Controllo locale tramite SCADA; Controllo remoto disponibile
Tipo di fondazioni:	Standard: palo infisso; compatibile anche con: fondazioni fuori terra (blocchi di cemento); viti a terra
Resistenza al vento (Eurocodici):	Operativa: fino a 80 km/h in qualsiasi posizione; Posizione di sicurezza: fino a 200+ km/h in posizione di sicurezza.
Resistenza alla neve:	Fino a 1.500 N/m <sup>2</sup> ; in base della versione di tracker
Tempo di chiusura del tracker:	$\leq 6$ min; 3.5 min in media
Tolleranze d'installazione:	Nord Sud: $\pm 40$ mm; Est-Ovest: $\pm 40$ mm palo standard; $\pm 28$ mm palo motore; Verticale: $\pm 45$ mm; Inclinazione: $\pm 1^\circ$ ; Twist: $\pm 7,5^\circ$
Pendenza del terreno:	Max. 15% di pendenza in direzione longitudinale (Nord- Sud); disponibile opzione max. 20% di pendenza; Qualsiasi pendenza in direzione trasversale (Est-Ovest) [max. 70% pendenza locale per consentire la rotazione]; Deviazione dal profilo teorico del terreno $\pm 150$ mm
Installazione:	Progettato per un assemblaggio rapido e semplice; nessuna saldatura o foratura richiesta in loco
Materiali:	HDG, Z e ZM acciaio da costruzione; Cuscinetti esenti da manutenzione; Manutenzione triennale per il motore
Certificazioni/Conformità:	CE 2006/42/UE; Eurocodici EN1991-1-1/3/4; LV 2014/35/UE; EMC 2014/30/UE ; ISO 9001-2015 e ISO 14001-2015; IEC 62817:2017
Garanzia:	Struttura: 10 anni; Motore, batterie ed elettronica: 5 anni; Corrosione: 30 anni in categoria C2; Disponibile estensione di garanzia
Messa a terra:	La struttura rotante è messa a terra tramite il palo motorizzato; le cornici dei moduli FV sono connesse alla struttura rotante con n.1 star washer per ogni modulo.

I pali sono posti in opera con semplice battitura ed infissi per una profondità di circa 3m.



Figura 3 - Esempio di fissaggio delle strutture di supporto

### 2.2.2 Moduli

Saranno installati moduli fotovoltaici bifacciali con potenza pari a 685W. Le dimensioni sono 2384\*1303\*35mm.



Figura 4 - Tipologia di moduli presi in considerazione

Ciascun modulo è accompagnato da un data – sheet e da una targhetta che sottoposta a foto e termodegradazione, possa durare nel tempo apposta sopra il modulo fotovoltaico. Tale targhetta riporta le caratteristiche principali del modulo stesso, secondo la Norma CEI EN 50380. I moduli saranno provvisti di cornice, tipicamente in alluminio, che oltre a facilitare le operazioni di montaggio e permettere una migliore distribuzione degli sforzi sui bordi del vetro, costituisce una ulteriore barriera all'infiltrazione di acqua. Il generatore fotovoltaico sarà costituito da 91532 moduli, scelti tra le macchine tecnologicamente più avanzate presenti sul mercato e dotati di una potenza nominale di 685W di picco, costruiti da Risen Energy Co. In sede di progettazione definitiva i prezzi di mercato più o meno favorevoli potranno orientare verso altra tipologia di pannelli.

### 2.2.3 Cabine di trasformazione

La conversione della potenza avverrà mediante strutture compatte containerizzate dette Skid, contenenti:

- quadri di parallelo cavi BT;
- inverter centralizzati
- trasformatore in resina
- quadri a 36kV

Le dimensioni esterne dell'intera struttura sono leggermente inferiori a quelle di un container high cube da 40". Il modello scelto ha precisamente le seguenti dimensioni: 9820 x 2600 x 2100 mm (W x H x D). In fase esecutiva possono essere valutate soluzioni alternative, tramite altri fornitori. La struttura si poserà su apposite fondazioni in c.a.

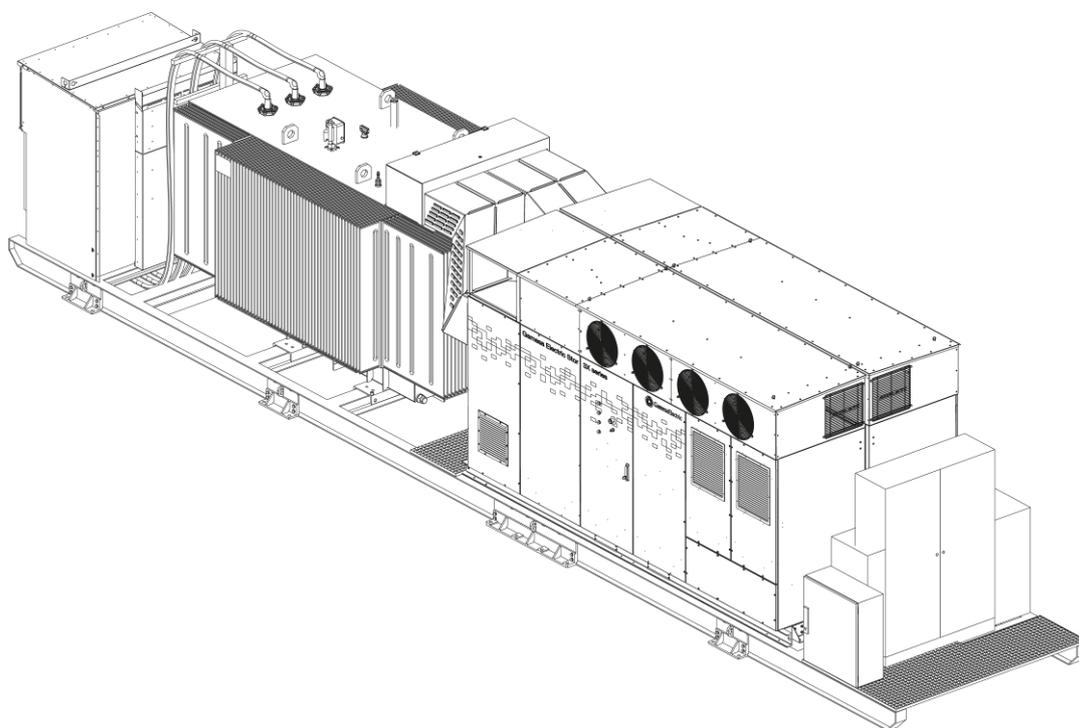


Figura 5 - Schema di cabina di trasformazione

Nell'impianto è prevista l'installazione di N. 12 trasformatori, di cui 10 da 4095 kVA e 2 da 8190 kVA.

Per quanto riguarda gli inverter, la scelta è ricaduta su inverter del tipo centralizzato, installati sulle stesse strutture in cui verranno installati i trasformatori. In totale si prevede il posizionamento di 14 inverter centralizzati prodotti da Gamesa Electric, modello Proteus.

### 2.2.4 Connessioni elettriche

I moduli fotovoltaici sono connessi in serie a formare, elettricamente, stringhe da 28, tramite cavi solari di sezione 10mmq, che saranno fissati direttamente alle strutture metalliche dei tracker con fascette.

Tali stringhe saranno poi collegate a cassette di parallelo stringhe, dislocate in modo uniforme lungo tutto il campo fotovoltaico. Da ogni cassetta di parallelo partirà un cavo DC di sezione adeguata (circa 300mq) verso il quadro di raccolta nello skid.

I cavi DC di connessione delle cassette di parallelo allo skid saranno posati direttamente interrati a circa 80cm di profondità rispetto al piano campagna, per evitare interferenza con le attività agricole.



Figura 6 - Schema posizionamento cavi (in rosso) e skid (in grigio) rispetto al piano campagna

Gli skid, invece, saranno collegati fra loro e alla cabina di raccolta tramite cavi AC a 36kV di adeguata sezione ad una profondità di almeno 100cm.

### 2.2.5 Cabine di raccolta

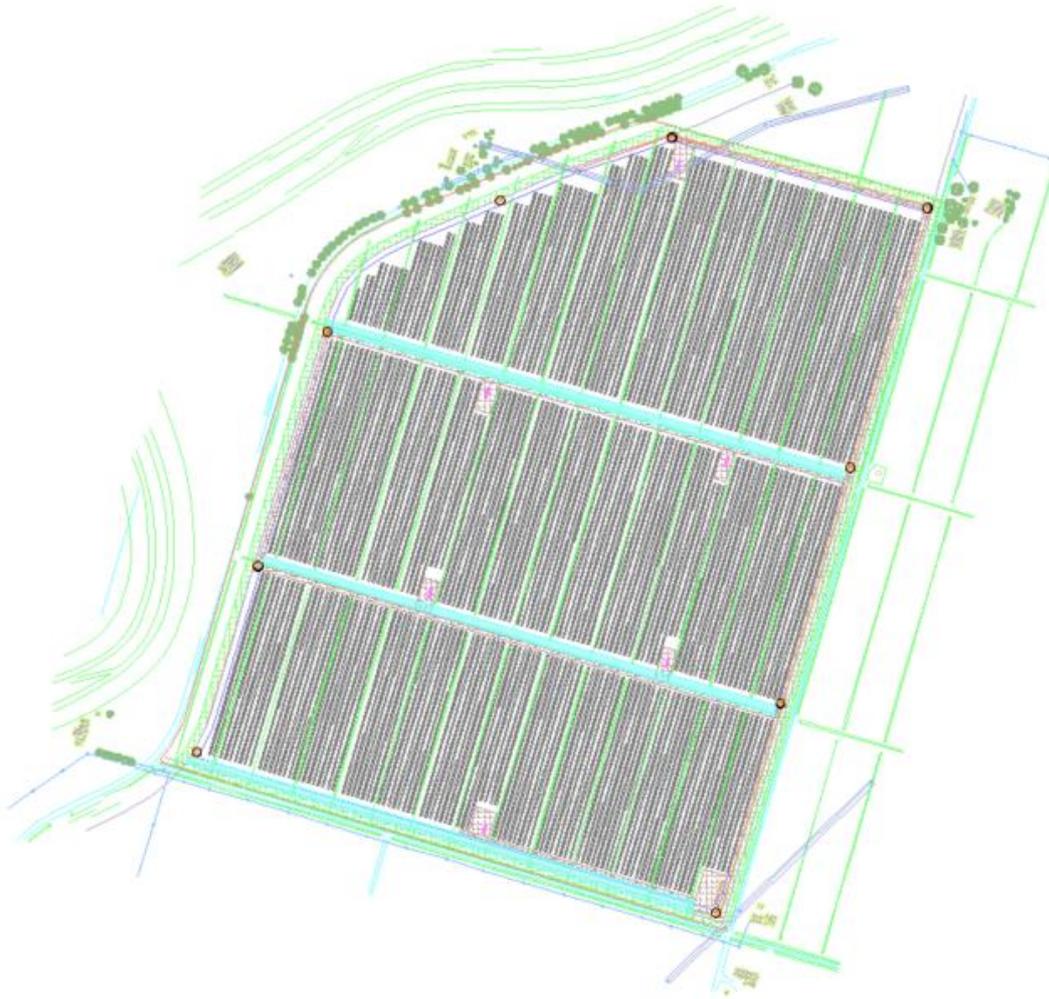
In prossimità dell'ingresso di ogni sottocampo, sarà installata una cabina in c.a.v. di raccolta in cui saranno posizionati i quadri elettrici a 36kV che raccoglieranno i cavi provenienti dagli Skid e da cui partiranno i cavi verso la Stazione Elettrica. Questa cabina avrà dimensioni esterne 2.50\*6.058m h 2.60 m fuori terra. Tale cabina è dotata di una vasca di fondazione profonda 60cm, prefabbricata, che funge anche da vasca di raccolta cavi. La cabina si alloggia su un magrone di sottofondazione di circa 20cm.



Figura 7 - Immagine tipo di cabina di raccolta

Lo stesso tipo di cabina sarà inoltre utilizzata come magazzino.

La configurazione finale di impianto è rappresentata dalle seguenti Figure 8 e 9:



*Figura 8 - Configurazione Campo Nord dell'impianto agrivoltaico*

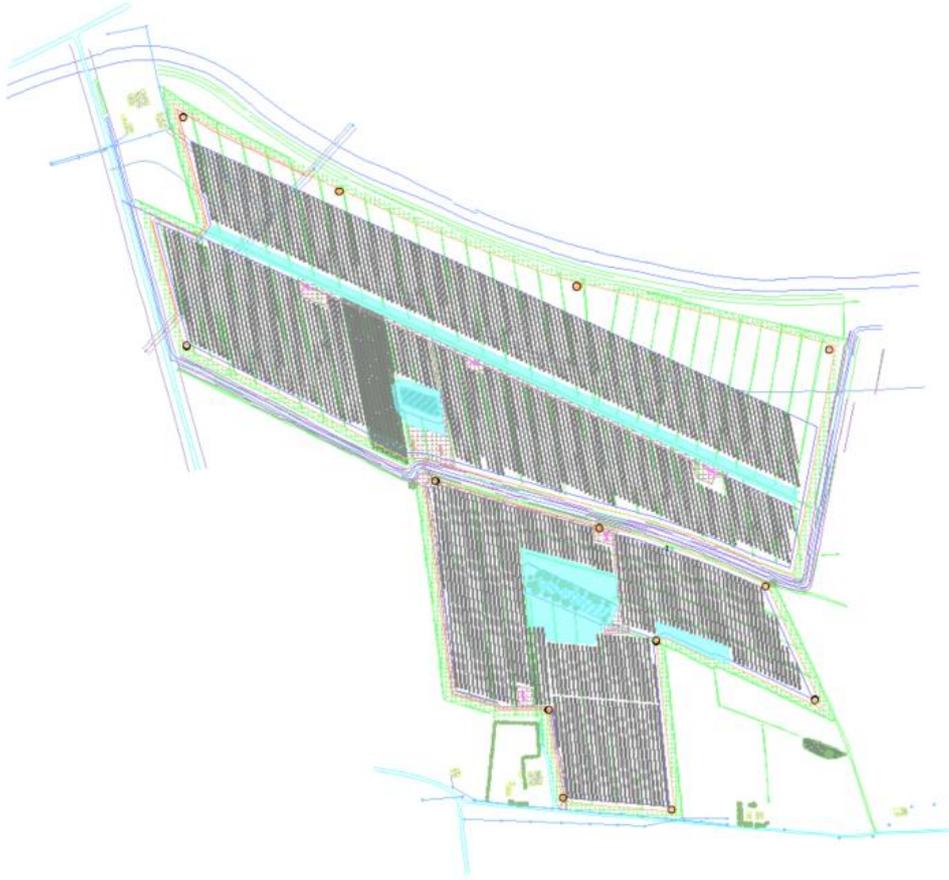


Figura 9 - Configurazione del Campo Sud dell'impianto agrivoltaico

Tabella 2 - Schema riassuntivo caratteristiche impianto FTV

Campo Nord		Campo Sud	
Lunghezza stringhe	28	Lunghezza stringhe	28
Moduli	685	Moduli	685
Lotto 1		Lotto 1	
Tracker 1	19	Tracker 1	214
Tracker 1.5	16	Tracker 1.5	46
Tracker 2	291	Tracker 2	301
<b>Potenza [kW]</b>	<b>11987.500000</b>	<b>Potenza [kW]</b>	<b>16974.300000</b>
Lotto 2		Lotto 2	
Tracker 1	100	Tracker 1	48
Tracker 1.5	0	Tracker 1.5	54
Tracker 2	294	Tracker 2	176
<b>Potenza [kW]</b>	<b>13195.840000</b>	<b>Potenza [kW]</b>	<b>9225.580000</b>
Lotto 3			
Tracker 1	10		
Tracker 1.5	0		
Tracker 2	290		





Figura 11 - Layout di progetto Campo Sud

### 2.2.6 Recinzione perimetrale

L'impianto sarà dotato di una recinzione perimetrale elettrosaldata, costituita da pali in tubi zincati e rete metallica plastificata a maglia sciolta romboidale, per una altezza complessiva di 2,5 metri fuori terra.

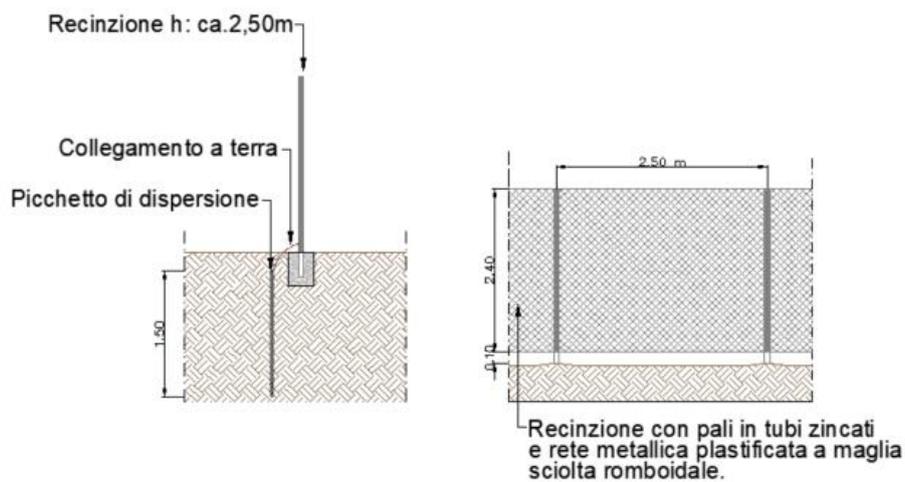


Figura 12 - Rappresentazione della recinzione prevista di altezza pari a 2.5m

La rete prevede rialzi di 20 cm da terra ad intervalli regolari di 50 m lineari per consentire il passaggio degli animali presenti nel territorio quali mammiferi di piccola taglia, anfibi e rettili.

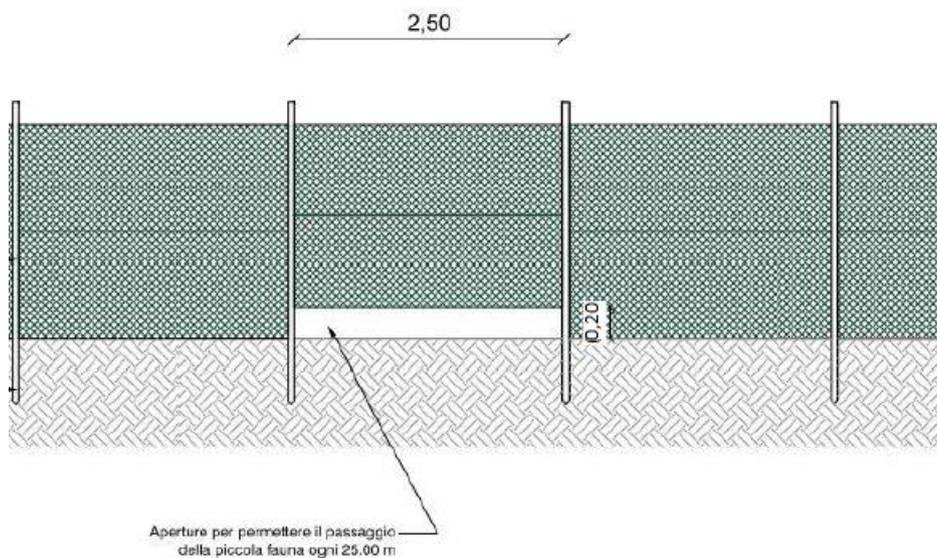


Figura 13 - Prospetto frontale recinzione

I filari arboreo-arbustivi adiacenti alla recinzione consentiranno la formazione di una fascia ecotonale di rifugio per la fauna che porterà ad un aumento della biodiversità e della stabilità ecologica dell'area.

Al termine della vita utile dell'impianto, la recinzione sarà rimossa per semplice estrazione dei pali di sostegno, privi di fondazioni.

### 3 Interventi per la mitigazione ambientale

Il PSC e il PRG del Comune di Bondeno non forniscono indicazioni dettagliate sulle soluzioni di progettazione delle misure di mitigazione a verde.

Per la presente proposta delle soluzioni da adottare sono state applicate alcune indicazioni fornite dal *Prontuario per la qualità architettonica e la mitigazione ambientale* del Comune di Villadose, nella Provincia di Rovigo - con un contesto territoriale simili al sito in esame – facente parte degli elaborati del PI approvato con DCC n. 63 del 25/10/2018.

La proposta si basa inoltre su considerazioni sito specifiche e sull'esperienza maturata dal team di progettazione in contesti simili al fine di proporre le specie più adeguate e gli schemi di piantagione più efficaci per livello di schermatura visiva coerenti con il contesto sotto il profilo ecologico e paesaggistico.

Le piantumazioni saranno posizionate esternamente alla recinzione prevista dal progetto.

Per la realizzazione degli interventi in oggetto, saranno messe a dimora specie arboree ed arbustive, tutte rigorosamente autoctone, scelte in funzione delle caratteristiche pedo-climatiche dell'area; la scelta delle specie è inoltre ricaduta su piante a rapido accrescimento in grado di creare condizioni ecologiche utili al

controllo dello sviluppo della vegetazione spontanea e alla protezione delle specie a più lento sviluppo. Alcune delle specie proposte producono frutti molto graditi agli uccelli. Alcune delle specie indicate mantengono il fogliame anche durante il riposo vegetativo assicurando così un buon livello di schermatura anche durante la stagione invernale.

### 3.1 Descrizione delle misure di mitigazione a verde

La proposta per la mitigazione a verde prevede:

- la creazione di differenti soluzioni di cortine verdi ubicate sul perimetro dell'area di progetto, esternamente rispetto alla recinzione dell'impianto, diversificate in funzione del contesto con cui l'intervento si interfaccia, con piantumazione di filari arboreo-arbustivi medio-alto fusto, con una altezza minima di 4,5 metri ed una massima di 6,5 m con una specifica nel segmento nord di Bondeno-Campo Sud prevista di 20 m e oltre;
- siepe e alberature con uno sviluppo semilibero;
- una disposizione a cortina ad un ordine sull'asse della fascia (trapianti a 5 m dal recinto a 5 m dal confine);
- pianta alla distanza sulla fila di 2 m;
- tagli di selezione a partire dalla chiusura della cortina;
- cimature selettive all'eventuale raggiungimento degli ingombri massimi;
- concimazione di fondo esclusivamente organica;
- pacciamatura biodegradabile (es. juta);
- irrigazione fino ad attecchimento;
- piante autoctone da semenzali, preferibilmente di due anni, oppure di uno o tre anni, a radice nuda o pane di terra.

Ove possibile, gli esemplari arborei ed arbustivi attualmente esistenti sul perimetro dell'area di progetto e sulla porzione sud della proprietà non interessata dagli interventi e ricadente in area vincolata sotto il profilo paesaggistico, saranno mantenuti ed eventualmente rafforzati con piantumazioni intercalari.

In fase di progettazione esecutiva, si procederà quindi con un rilievo della vegetazione esistente da parte di personale specializzato per valutarne lo stato fitosanitario, la stabilità e l'eventuale interferenza con la realizzazione delle opere previste dall'intervento determinando con precisione gli esemplari da mantenere, quelli da eliminare e l'entità delle eventuali potature/riduzioni da effettuare.

Il rapporto fra individui appartenenti alle diverse specie dipenderà dalla effettiva disponibilità delle stesse presso i vivai locali individuati per le forniture.

Alcune delle specie prescelte sono persistenti ovvero tendono a mantenere in parte il fogliame secco durante la stagione di stasi vegetativa contribuendo così ad un'efficace azione di schermatura anche durante l'inverno. Alcune specie producono frutti molto graditi all'avifauna; questo, unitamente al ruolo di riparo svolto dalla vegetazione, contribuisce ad accrescere il grado di connettività ecologica fra l'area di progetto e gli ambiti presenti nell'intorno da parte delle piantumazioni proposte.

Le fasce tampone sono infatti degli ecotoni, ovvero habitat di transizione tra ecosistemi adiacenti di natura diversa, in cui si riscontrano un numero ed una densità di specie maggiore rispetto a quelle riscontrabili nei singoli ecosistemi considerati separatamente. Numerosi studi evidenziano la maggiore ricchezza avifaunistica laddove ci sono siepi e filari.

La presenza di questi elementi svolge un'importante funzione all'interno della rete ecologica come corridoi di connessione funzionali alla diffusione di specie animali o vegetali altrimenti confinate, creando una relazione territoriale tra aree naturali frammentate.

Per incrementare le probabilità di attecchimento, il materiale vivaistico sarà costituito da piantine forestali dotate di pane di terra, di 1-2 anni di età e sarà utilizzato materiale pacciamante biodegradabile.

In particolare, le piantine arboree al momento dell'impianto dovranno avere un fusto di diametro pari a 12 cm, condizione che facilita l'attecchimento e uno sviluppo soddisfacente per creare una barriera viva in tempi relativamente brevi. Per le stesse ragioni, gli arbusti al momento dell'impianto dovranno avere un'altezza minima di 100-120 cm.

Tutto il materiale di propagazione impiegato sarà di provenienza certificata, ai sensi del D.Lgs. 386 del 10 novembre 2003.

Sulle restanti aree, sia quelle interessate dalla presenza di pannelli sia le superfici residuali rispetto alle installazioni di progetto, si evolverà in breve tempo una copertura erbacea naturale che sarà gestita a sfalcio.

La sistemazione a prato dei terreni si mantiene naturalmente negli anni senza apporto di nutrienti dall'esterno e richiede esclusivamente interventi di sfalcio periodico.



*Figura 14 - Stato attuale del sito in oggetto - visione su Bondeno Nord dalla Provinciale n.9*



*Figura 15 - Ipotesi visiva dell'impianto senza le opere di mitigazione*



*Figura 16 - Ipotesi visiva con opere di mitigazione*

### 3.2 Siepe di progetto

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 origine biologica e in generale la connessione e la resilienza dei sistemi agrari.

La scelta delle specie destinate a questo intervento di mitigazione ambientale è coerente con la vegetazione potenziale dell'area, non solo in senso fitoclimatico, e con quella reale che colonizza le aree limitrofe al sito d'intervento. L'interpretazione fitogeografica, assieme a quella pedologica, macro e mesoclimatica, costituiscono comunque fattori ineludibili nella scelta delle specie. Risulta quindi indispensabile il ricorso a specie autoctone ottenute da seme, in quanto meglio adatte alle condizioni pedologiche e climatiche del territorio in esame e allo stesso tempo capaci di un migliore attecchimento, di una maggiore fitness e quindi idonee ad una gestione colturale più semplice ed economica.

Inoltre, le specie prescelte risultano in numero più che adeguato rispetto all'ampiezza dell'intervento e per assicurare gradevoli cortine polifitiche ad effetto naturale, ossia con alternanza pseudo-casuale regolata della reciproca complementarietà tra le specie e tesa ad ottenere consociazioni equilibrate e resilienti.

Le siepi di progetto sono quindi primariamente concepite per mitigare un eventuale impatto negativo sul paesaggistico agrario e pertanto si dispongono all'esterno delle recinzioni dei campi fotovoltaici NORD e SUD, rispettivamente su lunghezze di circa 2907 m e 3716 m. Queste siepi presentano una struttura monofilare, fitta, con composizione mista, con accrescimento libero comunque ricompreso in una larghezza non superiore a 6 m.

Il progetto prevede due tipologie di siepe, entrambe governate per garantire un'altezza minima di 4,5 m, la prima tipologia formata da 8 essenze allevate ad altezza massima di 6,5 m, nel seguito denominata "Centese", in quanto adiacente anche all'omonima arteria provinciale, e una seconda tipologia formata da 4 essenze ove l'altezza ammessa sfiora i 20 m, nel seguito denominata "Palata", in quanto parallela all'omonimo cavamento, nel margine a nord del parco fotovoltaico SUD.

La fascia inerbita sottostante alle siepi ha una larghezza di 10 m, compresa tra il limite esterno dell'area di intervento e il recinto, i limiti esterni della fascia inerbita, per una larghezza non inferiore a 2 m, sono riservati al transito di mezzi destinati al governo della siepe stessa.

Le essenze sono scelte tra latifoglie arbustive e arboree autoctone e caratteristiche del paesaggio potenziale dell'area, idonee alla crescita su substrato sub-alcino, profondo e di tessitura franco-limoso, da mediamente a molto tolleranti le potature, idonee alle esposizioni interamente e parzialmente soleggiate, poco o per nulla sensibili al colpo di fuoco, dotate di media o elevata velocità di accrescimento, di frugalità, di resistenza alle avversità, di una adeguata tolleranza alla siccità, nonché valenti in termini agro-ecologici. Le specie così individuate sono descritte alla Tabella 3 successiva.

Tabella 3 - Elenco delle specie individuate per la mitigazione a verde

Siepe	Nome scientifico	Nome comune	Famiglia	Quota
Centese	<i>Cercis siliquastrum L.</i>	Albero di Giuda	Fabaceae	12,5%
Centese	<i>Cornus mas L.</i>	Corniolo	Cornaceae	12,5%

RVFVER32-VIA2-D43-00 OPERE DI MITIGAZIONE AMBIENTALE

Centese	<i>Corylus avellana L.</i>	Nocciolo	Betulaceae	12,5%
Centese	<i>Euonymus europaeus L.</i>	Evonimo	Celastraceae	12,5%
Centese	<i>Frangula alnus Mill.</i>	Frangola	Rhamnaceae	12,5%
Centese	<i>Laburnum anagyroides Medik.</i>	Maggiociondolo	Fabaceae	12,5%
Centese	<i>Malus sylvestris L.</i>	Melo selvatico	Rosaceae	12,5%
Centese	<i>Prunus cerasifera L.</i>	Mirabolano	Rosaceae	6,25%
Centese	<i>Prunus spinosa L.</i>	Prugnolo	Rosaceae	6,25%
Centese				100,0%
Palata	<i>Acer campestre L.</i>	Acero campestre	Sapindaceae	25,0%
Palata	<i>Carpinus betulus L.</i>	Carpino bianco	Betulaceae	25,0%
Palata	<i>Quercus ilex L.</i>	Leccio	Fagaceae	25,0%
Palata	<i>Quercus pubescens L.</i>	Roverella	Fagacea	25,0%
Palata				100,0%

Le siepi presentano un conveniente grado di fittezza con una interdistanza di piantumazione prefissata a 2 metri, un'alternanza compositiva di tipo pseudo-casuale volta al conseguimento del più gradevole effetto percettivo e del miglior riempimento dei volumi specialmente in considerazione degli specifici habitus.



Figura 17 - Ipotesi siepe "Centese"

Tabella 4 - Alternanza proposta di tipo pseudo-casuale

Posizione	Prima essenza	Seconda essenza
<b>Siepe centese</b>		
1	Fusaggine	Frangola
2	Melo selvatico	Albero di Giuda
3	Maggiociondolo	
4	Evonimo	Frangola
5	Melo selvatico	Albero di Giuda
6	Nocciolo	
7	Mirabolano	Prugnolo
8	Corniolo	
<b>Siepe palata</b>		

1	Acero campestre	Carpino bianco
2	Leccio	Roverella
3	Acero campestre	Carpino bianco
4	Leccio	Roverella



Figura 18 - Ipotesi siepe "Palata"

#### Albero di Giuda (*Cercis siliquastrum L.*)

Appartenente alla famiglia delle Fabaceae, fanerofita cespugliosa o arborea, decidua, cauliflora, indigena, è diffuso in tutta Italia fino a circa 500 m slm, i fiori sono commestibili e la specie è di interesse forestale, ornamentale, entomologico ed apistico per la produzione di polline, nettare e melata.



Figura 19 – A sinistra cespuglio di Albero di Giuda; a destra fioritura di Albero di Giuda

#### Corniolo (*Cornus mas L.*)

Appartenente alla famiglia delle Fabaceae, si tratta di una fanerofita cespugliosa, decidua, officinale, indigena, diffusa in tutta Italia fino a circa 1500 m s.l.m.; come l'Albero di Giuda, anche questa specie è di interesse forestale, ornamentale, entomologico ed apistico per la buona produzione di polline e nettare in ben cinque mesi di fioritura, a partire da febbraio.



Figura 20 - A sinistra cespuglio di Corniolo; a destra una siepe di Corniolo

### **Nocciolo (*Corylus avellana* L.)**

Il Nocciolo appartiene alla famiglia delle Betulacee; è una fanerofita cespugliosa, eliofila, decidua, pioniera, pollonifero, indigena, molto allergenica, commestibile, officinale e di interesse forestale ed agrario. È una specie monoica con amenti maschili che compaiono a fine inverno. I suoi frutti, grossi acheni, maturano a fine estate. Nei primi anni dall'impianto tollera poco la siccità.



Figura 21 – Siepe di Nocciolo in primavera, a sinistra, e in autunno, a destra

### **Evonimo (*Euonymus europaeus* L.)**

L'Evonimo appartiene alla famiglia delle Celastraceae; fanerofita cespugliosa o arborea, decidua, indigena e tossica, diffusa in tutta Italia fino a circa 1500 m s.l.m. La specie è di interesse forestale ed ornamentale.



Figura 22 - Capsule, a sinistra, e siepe, a destra, dell'Evonimo

### Frangola (*Frangula alnus* Mill.)

Appartenente alla famiglia delle Rhamnaceae, si tratta di una fanerofita cespugliosa o arborea, decidua, indigena, tossica e officinale, diffusa in tutta Italia fino a circa 1200 m s.l.m. La specie è di interesse forestale, ornamentale, entomologico ed apistico in particolare per la produzione di polline.



Figura 23 - Drupe, a sinistra, e siepe, a destra, di Frangola

### Maggiociondolo (*Laburnum anagyroides* Medik)

Appartenente alla famiglia delle Fabaceae, fanerofita cespugliosa o arborea, decidua, indigena, tossica, diffusa in tutta Italia fino a circa 600 m s.l.m., la specie è di interesse forestale, ornamentale, entomologico ed apistico in particolare per la produzione di polline.



Figura 24 - A sinistra, cespuglio di Maggiociondolo; a destra una siepe mista con Maggiociondolo

### **Melo selvatico (*Malus sylvestris* L.)**

Appartenente alla famiglia delle Rosaceae, fanerofita arborea, decidua, indigena, officinale, commestibile, diffusa in tutta Italia fino a circa 1400 m s.l.m., la specie è di interesse forestale, ornamentale, entomologico ed apistico per la produzione di polline e nettare.



Figura 25 - A sinistra, cespuglio di Melo selvatico; a destra una siepe mista con Melo selvatico

### **Mirabolano, Amolo (*Prunus cerasifera* L.)**

Appartenente alla famiglia delle Rosaceae, fanerofita cespugliosa, decidua, archeofita naturalizzata, commestibile, diffusa in tutta Italia fino a circa 1600 m s.l.m., la specie è di interesse forestale, ornamentale, entomologico ed apistico per la produzione di polline e nettare.



Figura 26 - A sinistra, drupe e, a destra, siepe di Mirabolano

### Prugnolo (*Prunus spinosa* L.)

Appartenente alla famiglia delle Rosaceae, fanerofita cespugliosa, decidua, indigena, commestibile, officinale, diffusa in tutta Italia fino a circa 1500 m s.l.m., la specie è di interesse forestale, ornamentale, entomologico ed apistico per la produzione di polline e nettare già da fine inverno. Il legno odora di mele, la drupa è edule, sferica di colore bluastrò, matura in pieno autunno. Adatto alla formazione di siepi formali.



Figura 27 - A sinistra, drupe e, a destra, siepe di Prugnolo

### Acero campestre (*Acer campestre* L.)

Appartenente alla famiglia delle Sapindacee, fanerofita cespugliosa o arborea, indigeno, debolmente allergenico, officinale mellifero, di interesse forestale, eliofilo, presente in tutta Italia fino a circa 1500 m s.l.m., moderatamente eliofilo, presente all'interno di boschi misti di latifoglie e lungo margini boschivi e cespuglieti, è una specie intermedia nella successione ecologica delle aree disturbate. Adatto alla formazione di siepi formali.



Figura 28 - Siepe di *Acer campestre* in primavera a sinistra e in autunno a destra

### Carpino bianco (*Carpinus betulus* L.)

Appartenente alla famiglia delle Betulacee, fanerofita cespugliosa o arborea, allergenico, di interesse forestale, eliofilo, presente in Italia fino a 1200 m s.l.m., tipicamente associato alle querce, le foglie e le infruttescenze rimangono sui rami durante tutto l'inverno. Adatto alla formazione di siepi formali.



Figura 29 - Siepi di *Carpino bianco* in estate a sinistra e in inverno, a destra

### Leccio (*Quercus ilex* L.)

Appartenente alla famiglia delle Fagacee, fanerofita cespugliosa o arborea, indigeno, presente in Italia fino a 1600 m s.l.m. sempreverde, allergenico, officinale, di interesse forestale e apistico per la produzione di melata e polline, molto longevo. Adatto alla formazione di siepi formali.



Figura 30 - A sinistra siepe di *Leccio*; a destra ghiande di *Leccio*

### Roverella (*Quercus pubescens* L.)

Appartenente alla famiglia delle Fagacee, fanerofita arborea, indigena, presente in Italia fino a 1600 m s.l.m. pseudo-semperverde, officinale, di interesse forestale e apistico per la produzione di melata e polline, molto longeva.



*Figura 31 - A sinistra albero di Roverella; a destra un grande arbusto di Roverella*

Le piante destinate a questo intervento, salva indisponibilità, saranno ottenute da seme, a partire da materiale autoctono e indigeno nel centro e nord Italia, a radice nuda o in pane di terra. All'epoca di impianto avranno età di 1 o preferibilmente 2 anni e saranno ascrivibili alla prima scelta vivaistica, in base alla valutazione del diametro del colletto, dell'altezza epigea e delle condizioni fito-sanitarie generali.

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

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

L'alternanza di alberi e arbusti, l'avvicendamento di specie differenti, sono elementi che conferiscono alla piantumazione un aspetto dinamico, non monotono e al contempo naturale ed un'efficacia schermante di grado elevato.

La densità della piantumazione e l'altezza assunta in pochi anni dal filare arboreo-arbustivo assicurano la completa schermatura dell'impianto.

La siepe Palata interessa il singolo segmento a nord del campo fotovoltaico SUD, altezza massima tra 4,5 o oltre 9 m, la siepe Centese riguarda tutti gli altri segmenti, con altezza massima fino a 6,5 m.

FASCIA DI MITIGAZIONE AMBIENTALE "CENTESE"

- fascia inerbita larga 10 m
- siepe libera in asse sulla fascia, piante ogni 2 m, larghezza massima 6 m, a maturità altezza minima 4,5 m e massima 6,5 m
- 9 specie assortite in modo pseudo-casuale: in ciascuna posizione la scelta può essere casuale tra due alternative (come da prospetto seguente)

Posizione	Prima essenza	Seconda essenza
<b>Siepe Centese</b>		
1	Euonymus europaeus L.	Frangula alnus Mill.
2	Malus sylvestris L.	Cercis siliquastrum L.
3	Maggiociondolo	
4	Euonymus europaeus L.	Frangula alnus Mill.
5	Malus sylvestris L.	Cercis siliquastrum L.
6	Corylus avellana L.	
7	Prunus cerasifera L.	Prunus spinosa L.
8	Cornus mas L.	
<b>Siepe Palata</b>		
1	Acer campestre L.	Carpinus betulus L.
2	Quercus ilex L.	Quercus pubescens L.
3	Acer campestre L.	Carpinus betulus L.
4	Quercus ilex L.	Quercus pubescens L.

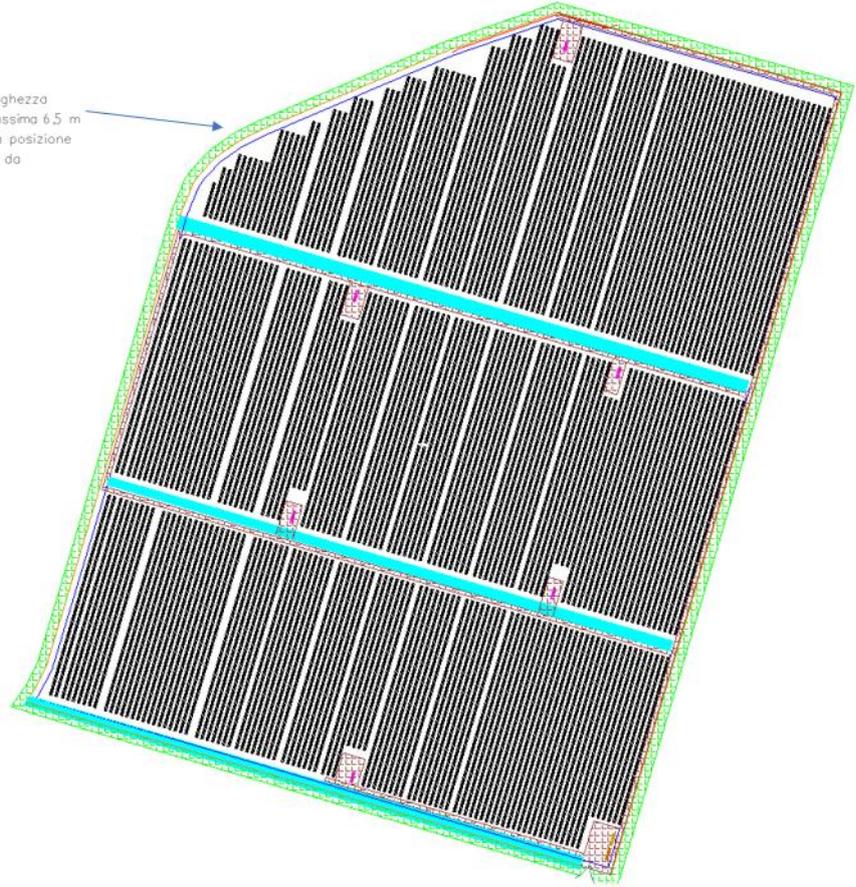


Figura 32 - Fascia di mitigazione ambientale "Centese" nel Campo Nord

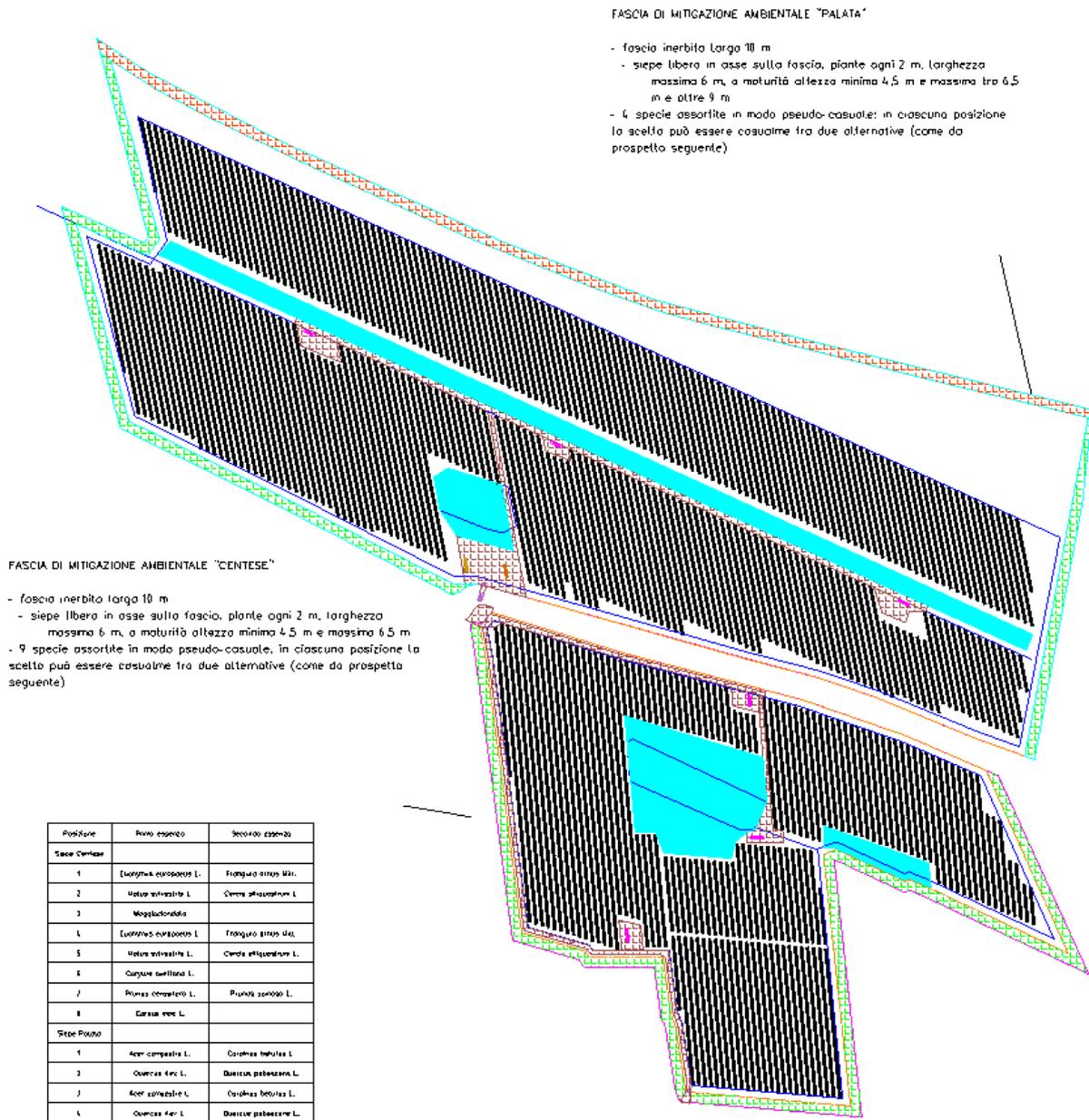


Figura 33 - Fasce di mitigazione "Centese" e "Palata" nel Campo Sud



Figura 34 - Ipotesi di alternanza per la siepe "Centese"



Figura 35 - Ipotesi di alternanza per la siepe "Palata"



*Figura 36 - Stato attuale dell'area in esame*



*Figura 37 - Visuale con impianto fotovoltaico in fase di esercizio senza opere di mitigazione*



*Figura 38 - Visuale con impianto fotovoltaico in fase di esercizio con opere di mitigazione proposte*



*Figura 39 - Stato attuale lato Est di "Bondeno Nord"*



*Figura 40 - Ipotesi visiva con opere di mitigazione lato Est di "Bondeno Nord"*



*Figura 41 - Stato attuale di "Bondeno Nord", vista dall'argine Panaro*



*Figura 42 - Ipotesi visiva dall'argine Panaro durante la fase di esercizio di "Bondeno Nord" con opere di mitigazione*



*Figura 43 - Situazione attuale dell'aera in esame*



*Figura 44 - Visione ipotetica con opere di mitigazione*



*Figura 45 - Visione ipotetica dell'impianto FV in fase di esercizio senza le opere di mitigazione*



*Figura 46 - Visione ipotetica dell'impianto FV con le opere di mitigazione proposte*

## 4 Impianto e gestione colturale

### 4.1 Messa a dimora

Sul terreno destinato ai trapianti, per una larghezza di almeno un metro, si procederà con ripuntatura e successive lavorazioni meccaniche fino all'ottenimento di terra fine.

In fase di lavorazione si concimerà espressamente ed esclusivamente con materiali organici, con pellet di stallatico vaccino, guanito, o misto, in misura di 120 g/m<sup>2</sup>, oppure con materiali freschi e maturi con analogo valore fertilizzante.

Le piante saranno poste a dimora in periodo propizio, preferibilmente in autunno, comunque entro l'inizio della primavera, riceveranno al momento del trapianto la prima irrigazione.

Per quanto riguarda in generale la gestione del terreno di risulta, le operazioni di scavo saranno eseguite mantenendo inalterata, per quanto possibile, la differenziazione tra l'orizzonte superficiale, più produttivo e ricco di sostanza organica, da quello più profondo. In tal senso, i primi 20-30 cm di suolo saranno conservati in cumuli separati rispetto al resto del terreno e ricollocati in superficie evitando il ribaltamento degli orizzonti. Si rileva che, data la vocazione agricola dell'area interessata dalla realizzazione del bacino di laminazione, un'eventuale inversione degli strati, con il seppellimento dell'orizzonte più produttivo, porterebbe ad una riduzione della fertilità del suolo.

Tali accorgimenti verranno attuati, oltre che per le operazioni di scavo del bacino di laminazione, anche per tutte le attività previste nell'area di realizzazione degli impianti fotovoltaici che interferiranno con la componente suolo quali scavi per la rimozione di impianti, posa di cavidotti, installazione impianti e recinzioni, piantumazione cortine arboreo-arbustive, ecc.

### 4.2 Manutenzione verde e irrigazione

Il controllo delle erbe sarà garantito dal posizionamento a destra e a sinistra della siepe di nastri pacciamanti di larghezza pari a circa 0,6 m, composti da feltri interamente biodegradabili nei successivi tre anni (es. juta), leggermente sormontati e fissati con graffe metalliche lungo l'asse dei trapianti, fissati mediante modesto interrimento lungo i bordi esterni, la larghezza complessivamente pacciamata non sarà inferiore a 0,8 m.

La vegetazione spontanea, anche erbacea, determina già dopo pochi mesi dalla messa a dimora delle piante una forte competizione sia a livello radicale sia a livello 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.

L'irrigazione prevista nei primi tre anni sarà fornita mediante carro botte e distribuzione semi-manuale. In alternativa, potrà essere valutato l'inserimento di un sistema di distribuzione fisso, a goccia, integrato con un sistema di alimentazione idrica, nell'insieme 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 metereologiche. In ogni caso, ciascun adacquamento non sarà inferiore a 40 mm di pioggia.

Le piante al primo anno saranno oggetto di cimatura e potature di formazione intese a garantire il miglior accostamento e riempimento basale. In seguito, le potature di mantenimento avranno finalità di contenimento sommitale e laterale entro le dimensioni volute massime consentite. Per tagli di modesto diametro, indicativamente fino a 30 mm di diametro, gli interventi potranno essere realizzati con il ricorso a barre cimatrici. Le barre cimatrici se da un lato rendono sostenibili i costi di manutenzione dall'altro richiedono interventi più frequenti, onde assicurare tagli di ridotto diametro sulle porzioni esterne della chioma così da salvaguardare la salute delle piante e le funzioni ambientali. Stanti gli spazi riservati a queste cortine vegetali, nel corso dell'esercizio dell'impianto, potrebbero richiedersi limitati oppure pochi interventi di cimatura, in alcuni segmenti potrebbero addirittura non essere del tutto necessari.

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 specifico alla luce delle periodiche osservazioni e valutazioni fitopatologiche ed agronomiche. I rimpiazzi richiederanno le medesime cure date al trapianto e la posa di pacciami biodegradabile.

L'area adiacente alla siepe potrà essere inerbita con idoneo miscuglio di essenze graminacee, leguminose, eventualmente integrato, o totalmente sostituito, da miscugli di erbacee fiorifere a destinazione cosiddetta apistica. L'inerbito potrà essere oggetto di sfalcio, in tal caso al termine del periodo di fioritura.

Stante la rilevanza naturalistica della siepe e la volontà di ridurre i rischi di inquinamento non si farà ricorso a diserbo chimico mentre si ricorrerà esclusivamente a pacciamature completamente biodegradabili e permeabile all'acqua.

In generale, le siepi campestri possono presentare problemi fisiologici e patologici soprattutto nei primi anni dell'impianto quando le giovani piantine si trovano in affermazione. Qualora le piante incontrassero propizie condizioni di accrescimento ne gioverebbe il loro vigore e la loro capacità di auto-difesa dalle avversità, aspetti ulteriormente favoriti dalla biodiversità come fattore equilibrante dei fattori biotici.

Al fine di consentire il libero passaggio della piccola fauna selvatica stanziale (es. fagiano, lepre), attraverso la siepe e l'adiacente recinzione metallica, saranno previsti varchi di altezza pari a 20 cm da terra, a intervalli di circa 50 m.

A partire dal trapianto, si raccomanda il monitoraggio fito-patologico con cadenza annuale e quello agronomico nel periodo primaverile ed estivo.

## 5 Conclusioni

Durante la fase di esercizio dell'impianto agrivoltaico, ove possibile, si manterrà l'uso del suolo per le coltivazioni agricole. Nel dettaglio, saranno sottratti alla coltivazione:

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| - Aree non coltivabili sotto ai tracker | 7.521 m <sup>2</sup>  |
| - Sedimi vari e infrastrutturali        | 33.195 m <sup>2</sup> |

Per cui la superficie agricola sarà ridotta al 96,3% sul totale, ovvero circa 106 ha su un totale di 110 .

Di questa superficie lorda agricola, una parte non sarà produttiva per la presenza di opere agricole (es. scoline, capezzagne, siepi, ecc..), pertanto la superficie agricola utile (SAU, produttiva, **93 ha**) sarà quindi pari al 84,1% della superficie catastale totale.

Durante la vita utile dell'impianto, le piantumazioni saranno oggetto di manutenzioni e potature periodiche al fine di mantenerle entro le altezze indicate nei paragrafi precedenti e garantire la massima produzione di energia evitando fenomeni di ombreggiamento.