



RELAZIONE AGRONOMICA

IMPIANTO DI PRODUZIONE AGRIVOLTAICO "TERRE DEL RENO" DA
INSTALLARE NEL COMUNE DI TERRE DEL RENO (FE)

00	31/07/2025	Prima emissione	-	-	-
REV	DATA	DESCRIZIONE	BY	CHK	APP

"Il presente documento è di proprietà di Grid Shape s.r.l. – via Quattro Novembre, 2 – 35123 Padova (Italia). Tutti i diritti su questo documento, sulle immagini, sui disegni e sui testi sono riservati. È severamente vietato cedere, copiare, utilizzare e/o divulgare il presente documento e/o il suo contenuto a terzi. I trasgressori verranno perseguiti"



RESFARM

Il primo ingegnere agrivoltaico

Relazione agronomica

<i>Cliente Client</i>	Recurrent Energy
<i>Rif. Cliente Ref. Client</i>	Roberto Grigoletto
<i>Fornitore Supplier</i>	ResFarm Srl
<i>Rif. Fornitore Ref. Supplier</i>	Alessio Pinzone – alessio.pinzone@resfarm.it
<i>Affare n. Deal n.</i>	RF25_063
<i>Revisione Revision</i>	00
<i>Data Date</i>	31/07/2025
<i>Preparata da Prepared by</i>	Fernando Di Benigno
<i>Revisionata da Reviewed by</i>	Alessio Pinzone
<i>Autorizzata da Authorized by</i>	Alessio Pinzone

Sommario

I	Executive summary	4
1.1	<i>Stato di fatto</i>	4
1.2	<i>Proposta progettuale</i>	4
1.3	<i>Sistema di monitoraggio</i>	6
1.4	<i>Confronto Pre e Post impianto</i>	6
2	Matrice dei valori	9
3	Introduzione	12
4	Descrizione dell'iniziativa	12
4.1	<i>Inquadramento territoriale</i>	12
4.2	<i>Inquadramento catastale</i>	13
4.3	<i>Orografia del terreno</i>	14
4.4	<i>Analisi del contesto</i>	14
5	Stato di fatto	18
5.1	<i>Coltivazioni presenti</i>	18
5.2	<i>Analisi dei punti di prelievo dell'acqua</i>	19
6	Analisi territoriale	21
6.1	<i>Analisi climatica</i>	21
7	Progetto agronomico	28
7.1	<i>Definizione del piano colturale</i>	28
7.2	<i>Scelta delle specie vegetali</i>	29
7.3	<i>Sovrapposizione impianto fotovoltaico e attività agricola</i>	33
7.4	<i>Sistema di monitoraggio</i>	35
7.5	<i>Layout dell'impianto</i>	37
8	Fascia di mitigazione	39
8.1	<i>Ligustro (Ligustrum vulgare L.)</i>	39
8.2	<i>ARBUSTI</i>	41
8.3	<i>LAYOUT DELLA FASCIA DI MITIGAZIONE</i>	42
9	Quadro economico di progetto	44
9.1	<i>Calcolo PLV</i>	44

9.2	<i>Analisi dei costi</i>	45
9.3	<i>Analisi delle U.L.U.</i>	46
10	Linee guida in materia di impianti agrivoltaici	48
10.1	<i>Requisito A</i>	49
10.2	<i>Requisito B</i>	50
10.3	<i>Requisito C</i>	51
10.4	<i>Requisito D ed E</i>	52
11	Conclusioni	56
12	BIBLIOGRAFIA	58

I Executive summary

SOLAR ENERGY SEI s.r.l. (il “Cliente”) ha intenzione di presentare un progetto agrivoltaico della potenza di 76,37 MWp nel Comune di Terre del Reno in un comprensorio agricolo dedicato a coltivazioni foraggere

A tal proposito il Cliente ha richiesto supporto a ResFarm Srl (“RF” o il “Consulente”) per redigere un progetto agronomico allineato alle specifiche tecniche del Cliente e con l’obiettivo di realizzare un’attività agricola sostenibile e integrata nel territorio in simbiosi con la produzione di energia elettrica rinnovabile.

I.1 Stato di fatto

Attualmente, il fondo agricolo interessato dalla realizzazione dell’impianto agrivoltaico presenta un chiaro indirizzo produttivo a vocazione foraggera, coerente con le caratteristiche pedoclimatiche della zona e con la tradizionale destinazione d’uso agricolo dell’area.

Nel corso dell’ultima annata agraria, le superfici sono state condotte a coltivazioni erbacee, con l’impiego prevalente di colture cerealicole ed erba medica (*Medicago sativa*), destinata alla produzione di fieno per alimentazione zootecnica.

Questa impostazione colturale riflette un sistema agricolo estensivo tipico della pianura padana orientale, basato sull’alternanza tra colture a ciclo annuale e foraggere pluriennali, finalizzato al mantenimento della fertilità del suolo, al contenimento dei costi di produzione e all’approvvigionamento di biomassa per allevamenti locali.

La presenza di erba medica, in particolare, testimonia l’adozione di pratiche agronomiche orientate alla sostenibilità, grazie alla capacità di questa specie di arricchire naturalmente il terreno di azoto attraverso la fissazione simbiotica, riducendo al contempo il fabbisogno di concimazioni azotate di sintesi. L’assetto produttivo attuale rappresenta quindi una solida base tecnica per la definizione di un piano colturale compatibile con l’installazione dell’impianto agrivoltaico, favorendo l’adozione di rotazioni con foraggere adatte a condizioni di parziale ombreggiamento e a bassa richiesta di input, in linea con i principi dell’agricoltura rigenerativa e multifunzionale promossa dalle linee guida nazionali.

I.2 Proposta progettuale

Nel progetto agrivoltaico “Terre del Reno”, l’impianto di generazione fotovoltaica sarà realizzato mediante strutture di supporto a tracker monoassiale con asse di rotazione orientato lungo la direttrice est-ovest. I moduli fotovoltaici saranno installati con un’altezza minima da terra pari a 212 cm, in piena conformità con i requisiti tecnici stabiliti dalle Linee Guida nazionali per l’agrivoltaico standard (MASE 2022).

Tale configurazione impiantistica consente la coesistenza dinamica tra le attività agricole e la produzione di energia rinnovabile, valorizzando al contempo il potenziale produttivo e ambientale dell’area agricola coinvolta.

L’analisi agronomica condotta ha portato all’individuazione di colture erbacee a prevalente indirizzo foraggero, in linea con la vocazione storica del fondo e con le pratiche agricole diffuse nel comprensorio ferrarese. Nello specifico, si prevede l’adozione di un modello agricolo integrato, incentrato

sulla coltivazione di erbai annuali e poliennali per la produzione di foraggio fresco ed essiccato (principalmente erba medica e miscugli cereale-leguminosa), affiancato da interventi strutturali finalizzati alla riqualificazione ambientale e alla tutela della biodiversità.

La progettazione prevede, infatti, la realizzazione di una fascia di mitigazione paesaggistica perimetrale, composta da essenze arboree ed arbustive autoctone a valenza mellifera, con funzione sia estetico-paesaggistica sia ecologica.



Figura 1 - Area destinata all'impianto

Rispetto alla conduzione agricola preesistente, l'intervento comporterà alcune importanti variazioni migliorative. In primo luogo, si garantirà una maggiore copertura permanente del suolo tramite la presenza costante di vegetazione erbacea, con significativi benefici in termini di riduzione dell'erosione superficiale e miglioramento della struttura del terreno. In secondo luogo, l'adozione di leguminose e la riduzione delle lavorazioni meccaniche contribuiranno a un progressivo miglioramento della fertilità del suolo, favorendo la rigenerazione della sostanza organica e la stabilizzazione degli equilibri biologici del sistema agrario.

Le colture selezionate avranno una valenza economica concreta e saranno integrate in un'ottica di filiera produttiva locale, con potenziale valorizzazione anche in chiave zootecnica. Inoltre, la gestione agricola sarà strettamente coordinata con le esigenze operative e manutentive dell'impianto fotovoltaico, senza interferenze significative, grazie alla geometria dell'impianto (interfilari utili di 4 metri e carreggiata di 3,20 m) e alla possibilità di accesso meccanizzato.

Tabella 1: Caratteristiche tecniche impianti agrivoltaico

Tematica	Dettagli	Informazioni
Potenza di picco dell'impianto		76,37 MWp
Altezza minima modulo da terra		2,12 m
Altezza media		2,66 m

Altezza massima		3,20 m
Area totale di impianto		113,2 ha
Aree di servizio (strade, cabine etc.)		20,81 ha
Tipologie di culture previste	Fascia perimetrale:	5,86 ha
	Area interna impianto (foraggiere in miscuglio, Erba medica, Sulla, Trifoglio)	87,39 ha

I.3 Sistema di monitoraggio

Le attività di monitoraggio del microclima locale saranno attuate mediante l'installazione di stazioni meteorologiche multiparametriche, progettate per rilevare in continuo i principali parametri ambientali utili alla gestione agronomica del sito. Tali stazioni saranno dotate di sensori specifici per la misurazione della temperatura dell'aria, umidità relativa, radiazione solare globale, quantità e intensità delle precipitazioni, velocità e direzione del vento, nonché dell'umidità del suolo, rilevata a diverse profondità. La trasmissione dei dati sarà assicurata da un sistema di connessione GPRS, che permetterà l'invio automatico delle informazioni ad un sistema DSS (Decision Support System) centralizzato.

Il sistema DSS, conforme ai requisiti previsti dal Ministero della Transizione Ecologica (MiTE), requisito D2, consentirà di raccogliere, archiviare e analizzare in tempo reale i dati microclimatici rilevati, fornendo così un supporto operativo per una gestione agricola di precisione e orientata alla sostenibilità. Le informazioni elaborate saranno messe a disposizione dei tecnici agrari per supportare le decisioni colturali, in particolare per l'ottimizzazione degli apporti irrigui, la scelta dei periodi di lavorazione e la prevenzione di stress ambientali. Inoltre, il sistema consentirà la produzione di report periodici di monitoraggio, funzionali al controllo tecnico e amministrativo dell'effettiva coerenza tra l'attività agricola svolta e gli obiettivi multifunzionali dell'impianto agrivoltaico.

Attraverso questo sistema integrato sarà possibile garantire un controllo costante delle condizioni pedoclimatiche, aumentare la resilienza delle colture agli eventi meteorologici estremi e contribuire al miglioramento complessivo della gestione aziendale, secondo criteri di efficienza, adattamento climatico e tutela delle risorse naturali.

I.4 Confronto Pre e Post impianto

Mantenendo invariati sia il piano colturale sia l'indirizzo produttivo a vocazione foraggera e cerealicola, la Produzione Lorda Vendibile (PLV), calcolata su base unitaria, risulterà sostanzialmente invariata nel passaggio dalla conduzione agricola preesistente a quella successiva all'installazione dell'impianto agrivoltaico. Tuttavia, a livello complessivo, si prevede una diminuzione della PLV proporzionale alla superficie agricola effettivamente disponibile per la coltivazione, in linea con quanto indicato dalle Linee Guida MASE in materia di impianti agrivoltaici standard.

Tabella 2: Confronto PLV pre e post impianto

Voce	Unità	Valore minimo	Valore massimo
------	-------	---------------	----------------

PLV per ettaro pre	€	309.036	322.620
PLV per ettaro post	€	238.554	249.061
Differenza PLV	%	22,8	22,8

In particolare, la riduzione stimata sarà pari a circa 22,8% corrispondente alla quota di superficie eventualmente non più coltivabile a causa della presenza delle strutture fotovoltaiche (es. corridoi tecnici, sottostazioni). Tale decremento è da considerarsi fisiologico e contenuto, e non compromette né la sostenibilità economica dell'azienda agricola né la coerenza con gli obblighi normativi relativi alla continuità della destinazione agricola del fondo.

I.5 Requisiti impianto agrivoltaico avanzato

A seguito delle analisi svolte tutti i requisiti definiti all'interno dalle "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici" (MiTE, 2022) e dal DM – Agrivoltaico del 31 maggio 2024 e le linee guida GSE – CREA risultano rispettati ed in particolare:

Tabella 3: Requisiti per impianti agrivoltaici avanzati

Requisito	Descrizione	Stato	Note
A	Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi;	Verificato	L'impianto rientra nella definizione di Agrivoltaico ed è stato progettato in modo tale da non compromettere la continuità dell'attività primaria, garantendo al contempo una sinergia della stessa con l'attività di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile
B	Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e Zootecnica;	Verificato	Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica dell'impianto, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli. Come più volte descritto, l'impianto agrivoltaico è stato progettato per perseguire l'obiettivo di realizzare una

			condizione di integrazione tra il sistema agricolo ed il sistema di produzione di energia elettrica, massimizzando il potenziale produttivo dei due sottosistemi.
C	L'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli;	Verificato	L'impianto agrivoltaico rientra nella condizione identificata come "tipo I" ovvero "l'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole (o zootecniche) anche sotto i moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un doppio uso del suolo, ed una integrazione massima tra l'impianto agrivoltaico e la coltura".
D + E	D) l'azienda deve essere dotata di un adeguato sistema di monitoraggio che consenta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico anche in termini di risparmio idrico e di continuità dell'attività agricola. E) Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che, oltre a rispettare il requisito D, consenta di verificare il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.	Verificato	Il monitoraggio della continuità dell'attività agricola (requisito D2) e le condizioni microclimatiche (requisito E) verranno monitorate annualmente attraverso l'utilizzo di una stazione agrometeorologica e di un DSS. Si prevede inoltre che i risultati siano elaborati in una relazione tecnica asseverata da parte di un professionista abilitato.

2 Matrice dei valori

Qui di seguito una breve analisi dello stato di fatto del sito e le strategie atte ad integrare l'attività agricola con quella energetica mantenendo inalterate o migliorando la produttività del sito e gli aspetti ambientali. I colori hanno l'obiettivo di indentificare in maniera rapida eventuali criticità sullo stato attuale del sito e il livello di miglioramento della proposta progettuale.

Tabella 4: Matrice dei valori

ID	Stato di fatto	Criticità	Livello di miglioramento	Proposta migliorativa
1	Il sito ad oggi viene coltivato senza l'uso di acqua.	Le coltivazioni foraggere ed i prati polifiti per le loro caratteristiche si avvantaggiano delle piogge autunno vernini.	Medio	All'interno dell'impianto è tuttora possibile l'accesso alle risorse irrigue consortili, poiché il sito confina direttamente con la rete di distribuzione idrica del Consorzio di Bonifica locale. Ciò garantisce la possibilità di adottare irrigazioni di soccorso in caso di necessità agronomiche
2	Le macchine operatrici attualmente in uso sono macchine di dimensioni importanti pensate per un'agricoltura in pieno campo	Tali macchine non possono essere utilizzate all'interno di un campo agrivoltaico a causa degli spazi ridotti di manovra e dei raggi di curvatura.	Alto	Si prevede l'impiego di meccanizzazione con macchine di dimensione minore, maggiormente adatta agli spazi per tale tipologia di impianto
3	L'attuale coltivazione erbacee/cerealicole comporta un impoverimento della fertilità del suolo	Il numero di operazioni colturali con il nuovo piano colturale come da progetto comporterà una minore meccanizzazione	Alto	La creazione di un sistema produttivo multifunzionale con produzione di foraggere, favorirà la conservazione del suolo aumentandone la fertilità e riducendo i fenomeni di erosione

4	L'area risulta avere un livello basso in termini di biodiversità dell'ecosistema	La reiterata scelta delle stesse specie di colture, seppur in rotazione fra di loro, e l'utilizzo di prodotti fitofarmaci e fertilizzanti hanno portato con il tempo ad un impoverimento della biodiversità.	Alto	Utilizzo di miscugli di semi di specie diverse per la produzione di fieno a fioritura a scalare aumentare la popolazione di pronubi. Inoltre, le oasi della biodiversità e l'installazione dei bee hotel contribuiranno a tale aumento.
5	La coltivazione di cereali porta ad un assorbimento dal terreno di grandi quantità di sostanze nutritive, in particolar modo di azoto	A lungo andare tale cultura porterebbe ad un impoverimento del suolo e scarsa produttività (legata alla stagionalità)	Alto	Tale aspetto viene migliorato attraverso la scelta dell'introduzione di leguminose ed erba medica. Si prevede inoltre lungo la fascia perimetrale la presenza di piante e siepe per incremento biodiversità
6	Le coltivazioni messe in atto sino ad oggi, da diversi anni, sono riconducibili a poche specie.	L'utilizzo delle stesse specie porta ad un impoverimento della biodiversità e ad una stagnazione del reddito	Alto	L'area sperimentale permetterà di creare un'alternativa attraverso l'uso di specie di Leguminose da granella che permetteranno un arricchimento del suolo in termini di azoto e la possibilità di creare un aumento del reddito. Tutto questo in linea con le richieste della Comunità Europea in termini di aumento di produzione di proteine per unità di superficie.
7	Ad oggi non è prevista nessuna azione di monitoraggio.	La mancata installazione di centraline agrometeorologiche non permette un ottimale posizionamento delle eventuali irrigazioni e dei trattamenti fitofarmaci	Alto	Il sistema di monitoraggio pedoclimatico e della biodiversità permetterà di adottare azioni di correzione e miglioramento a vantaggio della biodiversità e dell'efficienza nell'uso di materie prime.
8	La coltivazione in rotazione non prevede alcuna azione ambientale	Tale approccio porterebbe ad una limitazione della biodiversità dell'areale	Medio	L'introduzione di essenze mellifere oltre a fasce arborate/arbustive nei perimetri dell'intervento aumenterebbe la biodiversità locale con un miglioramento anche dell'areale

9	Utilizzo della risorsa idrica	Ad oggi sulle coltivazioni ortive vengono adoperati quantitativi importanti di acqua ad uso irriguo	Medio	Le coltivazioni previste nel piano colturale saranno condotte in asciutta con la sola irrigazione di soccorso alla necessità
10	L' indirizzo produttivo attuale rimarrà invariato	Ad oggi l'azienda ha un indirizzo produttivo foraggero	Invariato	L'azienda continuerà ad avere un indirizzo produttivo foraggero

Tabella 5: Legenda

Livello di miglioramento	Descrizione
	Alto – La soluzione proposta vede un miglioramento dello stato di fatto che ha un forte impatto sul territorio
	Medio – La soluzione proposta prevede un miglioramento on un impatto medio rispetto allo stato di fatto
	Inalterato – Si prevede di non modificare lo stato di fatto

3 Introduzione

Il presente elaborato ha lo scopo di ottimizzare l'accoppiamento della produzione di energia rinnovabile con la produzione agraria e zootecnica, migliorando la potenzialità produttiva agricola/zootecnica del sito e valorizzando il territorio.

Un sistema agrivoltaico rappresenta, infatti un sistema complesso, essendo allo stesso tempo un sistema energetico ed agronomico. Qualora progettato in maniera non attenta, la prestazione legata al fotovoltaico e quella legata alle attività agricole potrebbero risultare difficilmente integrabili fino ad essere in opposizione l'uno con l'altro, in quanto le soluzioni tese ad ottimizzare la captazione solare da parte del fotovoltaico possono generare condizioni meno favorevoli per l'agricoltura e viceversa. Un impianto agrivoltaico, confrontato con un usuale impianto fotovoltaico a terra, presenta dunque una maggiore variabilità nella distribuzione in pianta dei moduli, nell'altezza dei moduli da terra, e nei sistemi di supporto dei moduli, oltre che nelle tecnologie fotovoltaiche impiegate, al fine di ottimizzare l'interazione con l'attività agricola realizzata all'interno del sistema agrivoltaico.

La contestuale sinergia tra l'installazione di pannelli fotovoltaici e l'attività primaria sulla stessa superficie è un concetto che è stato introdotto già nel 1982 (Goetzberger et Zastrow, 1982) e attualmente - in Italia e nel mondo - si stanno finalmente diffondendo impianti commerciali che utilizzano questo sistema, con una notevole impennata registrata negli ultimi cinque anni (Reasoner et al. 2022).

La presenza dei moduli su suolo agrario quindi non preclude l'uso agricolo dell'area, anzi tale modello agrivoltaico può rappresentare, qualora ben progettato, un percorso virtuoso per coniugare la produzione alimentare e la produzione energetica da fonti rinnovabili.

3.1 Descrizione dell'iniziativa

3.1.1 Inquadramento territoriale

L'area oggetto della presente relazione è censita al N.C.T. del Comune di Terre del Reno (FE) e sita alle coordinate 44°49'42.50"N e 11°25'58.35"E all'altitudine di 10 m s.l.m. di media.



Figura 2 - Area di progetto

3.1.2 Inquadramento catastale

L'area oggetto del presente intervento agrivoltaico è localizzata all'interno del territorio comunale di Terre del Reno (FE) e si estende per una superficie complessiva di 113,2 ettari. Il compendio fondiario risulta suddiviso in tre macro-porzioni aziendali, dislocate in posizione contigua o prossima, e distribuite in modo da garantire la continuità delle lavorazioni agricole anche in presenza dell'infrastruttura fotovoltaica. Dal punto di vista catastale, i terreni ricadono all'interno del Comune di Terre del Reno, in provincia di Ferrara, e risultano così censiti:

- Foglio 2: mappali 13, 16, 17, 37, 38, 39
- Foglio 5: mappali 4, 6, 33, 34, 39, 40, 41, 42, 43, 81, 82
- Foglio 6: mappali 1, 4, 5, 6, 25, 28, 44, 51, 53, 54, 55, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 74, 77, 78, 80, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132
- Foglio 7: mappali 36, 85, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 260

Considerata l'estensione significativa dell'area destinata all'impianto, pari a 113,2 ettari, il compendio fondiario è stato suddiviso in sei sottocampi operativi (denominati 1, 2, 3.1, 3.2, 3.3 e 4), con l'obiettivo di agevolare la gestione tecnica, amministrativa e documentale delle attività progettuali e agronomiche. Tale articolazione consente una più efficiente organizzazione delle operazioni colturali e facilita la redazione e l'archiviazione dei documenti tecnici correlati alle diverse fasi dell'intervento.

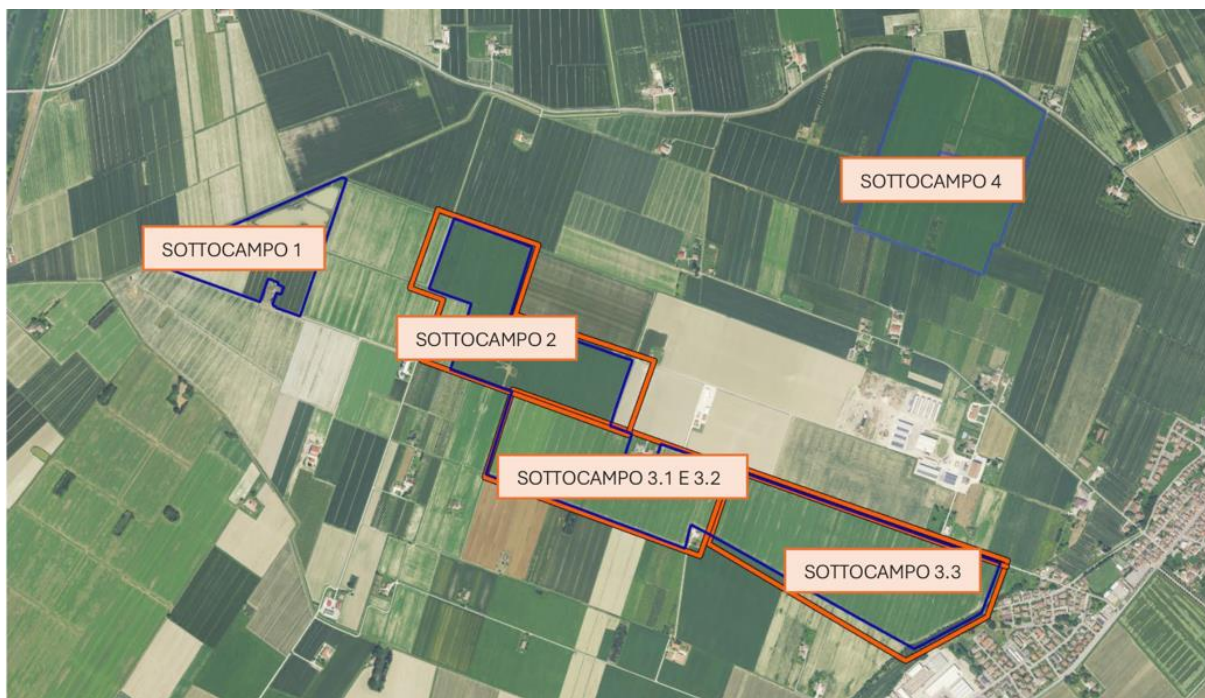


Figura 3 - Suddivisione dell'area in sottocampi

3.1.3 Orografia del terreno

L'intera superficie è sita ad un'altitudine che va dai 10 m nella parte Sud – Est che sale fino a 13 m nella parte Nord – Ovest, caratterizzando il sito come pianeggiante.

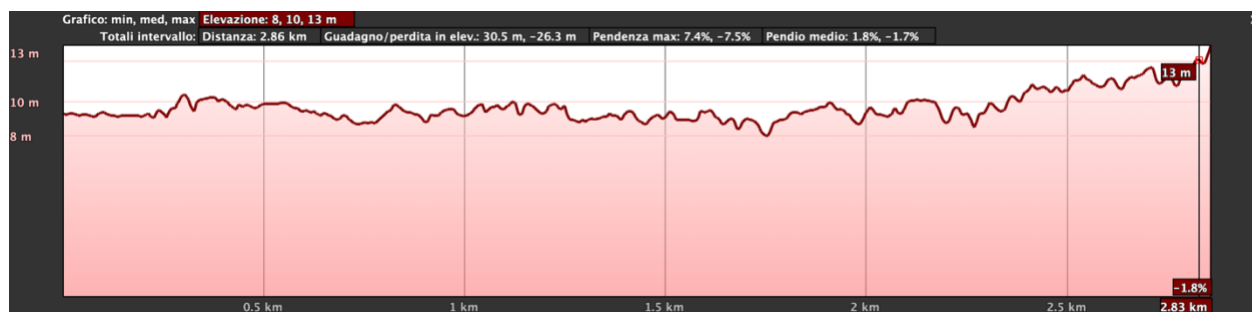


Figura 4 – Orografia del terreno

3.1.4 Analisi del contesto

3.1.4.1 Territorio agrario

Il territorio agricolo del Comune di Terre del Reno, situato nella regione Emilia-Romagna e ricadente nella provincia di Ferrara, rappresenta una realtà rurale di rilievo nel contesto della Pianura Padana orientale. In particolare, l'area prossima alla frazione di Mirabello si contraddistingue per un paesaggio agrario ordinato, regolare e intensamente coltivato, con una forte vocazione cerealicola e foraggera.

La conformazione geomorfologica del territorio, caratterizzata da suoli pianeggianti di natura alluvionale, associata a una buona fertilità naturale e alla disponibilità di risorse irrigue (in particolare grazie alla rete

consortile e alla vicinanza del Canale Emiliano-Romagnolo), conferisce al comprensorio un'elevata potenzialità produttiva. La cerealicoltura rappresenta una delle principali attività agricole dell'area, con particolare riferimento alla coltivazione del frumento tenero e del mais da granella e insilato, destinati sia al mercato alimentare che all'alimentazione zootecnica. L'elevato livello di meccanizzazione e l'impiego di pratiche agronomiche razionali e integrate consentono di ottenere produzioni quantitative e qualitative soddisfacenti, inserite all'interno di sistemi colturali intensivi ma sempre più orientati alla sostenibilità ambientale.

Il comparto cerealicolo è spesso integrato da rotazioni con leguminose da granella (soia, pisello proteico) e foraggiere poliennali, come l'erba medica, il trifoglio violetto e i miscugli da fienagione, in funzione del modello produttivo adottato dalle aziende agricole locali. Accanto alla cerealicoltura, si rileva una presenza significativa di colture industriali (barbabietola da zucchero, girasole, colza) e, in misura minore, di orticole su superfici specializzate, spesso legate a contratti di filiera.

Pur non essendo un territorio storicamente vocato alla viticoltura o all'olivicoltura, negli ultimi anni alcune aziende hanno avviato microimpianti sperimentali di fruttiferi (in particolare pero e melo su portinnesti nanizzanti) in risposta alle esigenze di diversificazione produttiva e alla riconversione colturale favorita dagli incentivi regionali. Il clima è tipicamente padano di tipo temperato subcontinentale, con inverni freddi e nebbiosi ed estati calde e umide, caratterizzate da frequenti ondate di calore e periodi di siccità estiva. Le precipitazioni si concentrano principalmente nei mesi autunnali e primaverili, con una media annua compresa tra i 700 e gli 850 mm, rendendo tuttavia necessaria l'irrigazione di soccorso per le colture più esigenti nei mesi estivi.

Tali condizioni climatiche, unite alla pianura continua e all'assenza di ostacoli morfologici, rendono l'area idonea a una agricoltura meccanizzata ad alta efficienza. Dal punto di vista socioeconomico, il tessuto agricolo di Terre del Reno è caratterizzato dalla presenza di aziende a conduzione familiare di medio-grandi dimensioni, con un buon livello di specializzazione colturale e un'elevata propensione all'innovazione tecnologica.

Il comparto agricolo è fortemente integrato nella filiera agroindustriale emiliano-romagnola, in particolare nei settori cerealicolo, lattiero-caseario e delle produzioni zootecniche intensive. La vicinanza a importanti centri di trasformazione e la rete logistica ben sviluppata permettono una valorizzazione efficiente dei prodotti agricoli locali, contribuendo a mantenere attivo il presidio del territorio e a sostenere l'economia rurale. In sintesi, il territorio agrario di Terre del Reno rappresenta un sistema agricolo evoluto e multifunzionale, capace di coniugare tradizione produttiva e innovazione, in un contesto pedoclimatico favorevole che ne consolida il ruolo all'interno dello scenario agricolo regionale.

3.1.4.2 Il sistema colturale nel Comune di Terre del Reno

Nel territorio agricolo del Comune di Terre del Reno, sito in provincia di Ferrara e ricadente nella fertile Pianura Padana orientale, le colture prevalenti sono rappresentate da seminativi a indirizzo cerealicolo e foraggero, che occupano la gran parte della Superficie Agricola Utilizzata (SAU) e costituiscono la base economica e produttiva del comparto agricolo locale.

Secondo i più recenti dati colturali disponibili, le coltivazioni cerealicole per la produzione di granella risultano predominanti, con una forte presenza di frumento tenero, mais e orzo, destinati sia all'industria molitoria che al settore zootecnico.

I seminativi in avvicendamento, composti da colture industriali, oleaginose e leguminose da granella, ricoprono un ruolo centrale nella struttura colturale locale, raggiungendo estensioni significative grazie all'elevata meccanizzabilità dei terreni e alla disponibilità di irrigazione consortile. Le colture foraggere, in particolare erba medica, trifoglio violetto, loietto perenne e miscugli polifiti da fieno, rappresentano un elemento chiave della rotazione agronomica, soprattutto nelle aziende con orientamento zootecnico o specializzate nella produzione di foraggi per conto terzi.

A queste si affiancano le leguminose da rinnovo, come il favino e il pisello proteico, coltivate sia per la produzione di biomassa destinata all'alimentazione animale, sia come colture miglioratrici del suolo. L'erba medica è la foraggera più rappresentativa, grazie all'elevato valore nutrizionale, all'elevata produttività e alla capacità di arricchire il terreno di azoto mediante la simbiosi radicale con batteri azotofissatori. Viene generalmente condotta in coltura pluriennale con più sfalci annuali, destinati alla produzione di fieno secco o insilato, ed è destinata in prevalenza all'allevamento bovino da latte dell'Emilia-Romagna. Accanto ad essa, è sempre più frequente l'adozione del sorgo foraggero, sia in purezza che in miscela, apprezzato per la sua elevata resistenza alla siccità estiva e per la capacità di garantire produzioni costanti anche in annate sfavorevoli dal punto di vista climatico.

Il sorgo, spesso coltivato in secondo raccolto (dopo frumento), viene utilizzato sia come foraggio fresco che insilato. Il mais foraggero, coltivato principalmente nelle aree irrigue, continua a rappresentare una coltura strategica, nonostante l'elevato fabbisogno idrico e le fluttuazioni del mercato. Esso è largamente destinato alla produzione di insilato di trinciato integrale, impiegato nell'alimentazione di bovini da latte ad alta produzione. La presenza di un'infrastruttura irrigua efficiente e la disponibilità di acqua dal Canale Emiliano-Romagnolo ne favoriscono la coltivazione, specialmente nelle aziende a indirizzo zootecnico.

Le colture leguminose, come favino, lupino e soia, sono sempre più inserite nei piani colturali aziendali sia per la loro valenza agronomica che per il contributo alla sostenibilità ambientale. Il favino, in particolare, viene utilizzato come foraggio fresco o insilato, ma anche come coltura da sovescio o da rinnovo in sistemi agricoli orientati all'agricoltura conservativa. Dal punto di vista delle colture arboree, la presenza è limitata ma significativa: si segnalano pioppeti destinati alla filiera legno-energia o cartiera, e piccoli impianti di fruttiferi (pero, melo, susino) condotti con tecniche di precisione su portinnesti nanizzanti. In aree marginali o a vocazione specifica, si registra la presenza di vigneti per la produzione di uve da vino o da tavola, spesso condotti da aziende specializzate in filiere corte. Le colture orticole, pur rappresentando una quota marginale della SAU, sono presenti in forma specializzata o hobbistica, con maggiore diffusione nelle zone irrigue o presso aziende che operano nel circuito della vendita diretta.

Tra le specie coltivate si segnalano pomodoro da industria, cipolla, bietola da costa e zucchino, destinati sia al consumo fresco che alla trasformazione agroalimentare.



Figura 5 - Paesaggio agrario di Terre del Reno

4 Stato di fatto

L'area oggetto dell'intervento è costituita da un unico lotto di forma poligonale, regolarmente condotto a seminativo e destinato, da più anni, a un ordinamento colturale di tipo foraggero, coerente con la vocazione agricola della pianura padana orientale. La conduzione avviene attraverso rotazioni tra colture cerealicole e foraggiere poliennali, in particolare erba medica (*Medicago sativa*), adottate in funzione delle condizioni pedoclimatiche locali e senza ricorso a irrigazione.

Nel corso dell'ultima annata agraria, il fondo è stato coltivato con una coltura cerealicola da granella condotta in asciutta, a cui era precedentemente seguita una fase pluriennale con erba medica destinata alla produzione di fieno.

4.1 Coltivazioni presenti

L'ordinamento colturale praticato sull'area oggetto di intervento si configura come un sistema convenzionale a indirizzo misto cerealicolo-foraggero, strutturato secondo rotazioni annuali che alternano colture autunno-vernine e primaverili, finalizzate alla produzione di granella e foraggi. Nel ciclo autunno-invernale, la coltura principale è rappresentata dal frumento tenero (*Triticum aestivum*), coltivato per la produzione di granella destinata alla trasformazione molitoria. La coltura viene condotta con tecniche agronomiche razionali, prevedendo una lavorazione anticipata del terreno, semina entro i limiti ottimali di epoca, concimazioni azotate in copertura e trattamenti di diserbo selettivo.

Il frumento si inserisce all'interno della rotazione come coltura a basso fabbisogno idrico e con buona adattabilità alle condizioni pedoclimatiche locali. Nel periodo primaverile-estivo, laddove è disponibile irrigazione, viene praticata la coltivazione del mais (*Zea mays*), destinato prevalentemente alla produzione di trinciato da insilato, con finalità zootecniche. Il mais viene gestito con tecniche convenzionali orientate alla massimizzazione delle rese foraggiere, facendo ricorso a ibridi adatti alla destinazione insilabile, fertilizzazione organo-minerale bilanciata e una gestione dell'acqua calibrata in funzione delle fasi fenologiche critiche.

Accanto alle colture cerealicole, l'ordinamento include la presenza di erba medica annuale (*Medicago sativa* var. annua), inserita come coltura foraggera da rinnovo, destinata alla produzione di fieno. La medica annuale svolge un ruolo strategico sia sotto il profilo produttivo, grazie al suo elevato valore nutritivo per i ruminanti, sia dal punto di vista agronomico, contribuendo alla conservazione della fertilità del suolo tramite la fissazione dell'azoto atmosferico.

Essa viene generalmente sfalciata più volte nel corso dell'annata, con utilizzo finale sotto forma di fieno essiccato o insilato. Nel complesso, l'ordinamento colturale adottato garantisce un'equilibrata alternanza tra colture estensive e foraggiere, assicurando stabilità produttiva, miglioramento del bilancio organico del suolo e una buona resilienza climatica. L'indirizzo foraggero, seppur secondario rispetto alla cerealicoltura, assume un ruolo importante nell'economia aziendale e contribuisce alla diversificazione colturale e alla sostenibilità delle rotazioni.



Figura 6 - Foto dell'area

4.2 Analisi dei punti di prelievo dell'acqua

Il sito oggetto dell'intervento agrivoltaico è strategicamente collocato all'interno di un'area agricola ben infrastrutturata dal punto di vista idraulico, in quanto risulta direttamente confinante con la rete di canali consortili di bonifica gestita dal Consorzio competente per il territorio.

La presenza diffusa di canali secondari e collettori adiacenti ai confini aziendali garantisce la possibilità di accedere facilmente alla risorsa idrica per scopi irrigui, senza la necessità di opere di adduzione complesse o di sistemi di sollevamento di grande portata. Tale configurazione rende particolarmente agevole l'eventuale installazione di un impianto di irrigazione di soccorso, soprattutto in caso di annate particolarmente siccitose o nel caso in cui si optasse per l'introduzione di colture a maggiore fabbisogno idrico.

L'accessibilità diretta alla rete irrigua consortile rappresenta un importante fattore di resilienza del sistema colturale, poiché permette all'azienda di fronteggiare tempestivamente eventuali deficit idrici, garantendo così la continuità produttiva e il benessere delle colture anche in un contesto climatico caratterizzato da accentuata variabilità pluviometrica.



Figura 7 - Canali consortili presenti sul sito

5 Analisi territoriale

L'analisi del contesto agroambientale territoriale è strettamente legata alle caratteristiche morfo-pedologiche, climatiche e idrologiche dell'area di progetto. Di seguito, si riportano in dettaglio le varie analisi eseguite sui diversi capitoli di interesse, volte a verificare le condizioni pedo-climatiche insistenti nell'area di progetto e darne conseguentemente una caratterizzazione puntuale necessaria per proseguire in un'attenta progettazione della conduzione agronomica.

5.1 Analisi climatica

La seguente analisi eseguita a carattere regionale ha la funzione di inquadramento dell'areale oggetto di intervento, evidenziando le principali caratteristiche climatiche, fitoclimatiche e pluviometriche. Nella fattispecie, i dati ottenuti, possono trasferire informazioni fondamentali per la conoscenza delle specie vegetali adattabili all'areale, ed alle caratteristiche climatiche in ottica di gestione di questi fattori per un efficientamento della produzione agricola.

5.1.1 Clima

Il clima del Comune di Terre del Reno, situato nella pianura ferrarese dell'Emilia-Romagna, si configura come temperato subcontinentale, con tratti tipici della pianura padana orientale, caratterizzato da inverni freddi e umidi ed estati calde, afose e a tratti siccitose. Tale configurazione climatica è determinata dalla posizione geografica interna e pianeggiante, lontana dall'influenza diretta del mare e soggetta a fenomeni di inversione termica e forte escursione stagionale.

Le temperature medie mensili mostrano un andamento marcato: i valori minimi si registrano a gennaio, con una media mensile intorno ai 2–3 °C, mentre le massime si raggiungono in luglio, con medie che oscillano tra i 24–26 °C, e picchi che superano frequentemente i 32–34 °C nei periodi più caldi. Le temperature minime invernali possono scendere sotto lo zero, con frequenti gelate nelle ore notturne e mattutine, che rappresentano un fattore di rischio per le colture autunno-vernine in fase di emergenza o accestimento. Al contrario, le temperature estive elevate, combinate a tassi di umidità spesso superiori al 60%, determinano condizioni di forte afa e stress idrico per le colture in atto.

Le precipitazioni annue si aggirano mediamente tra i 700 e gli 850 mm, con una distribuzione non uniforme nel corso dell'anno. I mesi autunnali (ottobre-novembre) e primaverili (aprile-maggio) risultano essere i più piovosi, con accumuli mensili superiori ai 60–70 mm. Al contrario, il trimestre estivo (giugno-agosto) è generalmente scarso di precipitazioni, con valori che raramente superano i 25–30 mm/mese, confermando un andamento tipicamente continentale con siccità estiva. Ciò rende necessaria l'adozione di sistemi irrigui per le colture primaverili ed estive, come mais, orticole e foraggere di secondo raccolto.

L'umidità relativa presenta valori elevati durante i mesi freddi, con picchi prossimi al 90% nei mesi di dicembre e gennaio, accompagnati da frequenti fenomeni di nebbia. Durante l'estate, l'umidità si riduce sensibilmente, scendendo al 50–55% nei mesi di luglio e agosto, pur mantenendo un grado di afa significativo a causa dell'elevata evapotraspirazione.

Per quanto riguarda la frequenza dei giorni piovosi, i mesi di transizione stagionale (marzo-aprile e ottobre-novembre) registrano mediamente 6–8 giorni di pioggia al mese, mentre i mesi estivi presentano una frequenza inferiore, con 1–3 giorni di pioggia mensili, generalmente sotto forma di eventi temporaleschi intensi ma brevi.

Dal punto di vista della radiazione solare, Terre del Reno gode di un buon irraggiamento annuale, con un picco durante il mese di luglio, che registra mediamente 13-14 ore di luce solare al giorno, condizione favorevole per le colture che richiedono elevata intensità luminosa, come frumento, mais e foraggiere. Anche nei mesi invernali, nonostante la riduzione delle ore di luce, si mantiene una soglia sufficiente (circa 6-7 ore giornaliere) per il sostentamento delle colture invernali.

Nel complesso, il clima di Terre del Reno rappresenta un elemento determinante per l'attività agricola locale. La buona disponibilità idrica nei mesi critici, associata a una radiazione solare abbondante in estate e a suoli pianeggianti e profondi, crea condizioni favorevoli alla pratica di un'agricoltura intensiva, purché accompagnata da una gestione razionale dell'irrigazione e da rotazioni colturali equilibrate, al fine di mitigare gli effetti negativi delle siccità estive e delle gelate invernali.

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Media Temperatura (°C)	3.7	5.2	9.6	13.8	18.6	23.5	25.9	25.4	20.3	15.4	9.8	4.5
Temperatura minima (°C)	0.2	0.9	4.4	8.5	13	17.6	20.2	19.9	15.6	11.6	6.6	1.4
Temperatura massima (°C)	8.1	10.2	15	19	23.8	28.8	31.2	30.7	25.3	19.9	13.8	8.6
Precipitazioni (mm)	43	57	59	79	79	70	64	67	78	79	82	57
Umidità(%)	84%	77%	71%	69%	64%	59%	55%	58%	66%	75%	82%	85%
Giorni di pioggia (g.)	5	5	5	8	7	7	6	7	7	7	7	6
Ore di sole (ore)	4.6	5.9	7.7	9.4	11.3	12.5	12.5	11.3	9.3	6.2	4.9	4.3

Data: 1991 - 2021 Temperatura minima (°C), Temperatura massima (°C), Precipitazioni (mm), Umidità, Giorni di pioggia. Data: 1999 - 2019: Ore di sole

Figura 8 - Tabella climatica Terre del Reno

5.1.2 Fitoclima

Il progetto ricade in un'area il cui fitoclima è classificato come “Clima temperato subcontinentale dell'Italia settentrionale, presente nella media e alta Pianura Padana, nelle pianure moreniche occidentali e localmente orientali (Supratemperato/Mesotemperato umido-subumido)”.

Il clima temperato subcontinentale è la configurazione climatica predominante nelle regioni della media e alta Pianura Padana, così come in ampie porzioni delle pianure moreniche del Piemonte, della Lombardia e del Veneto, sia nelle aree adiacenti ai rilievi alpini che in quelle di transizione verso la bassa pianura. Tale fascia climatica, che si estende tra i 100 e i 400 m di altitudine, si colloca nel contesto climatico più ampio definito come supratemperato/mesotemperato umido-subumido, secondo la classificazione fitoclimatica di Pavari e la successiva rielaborazione di Blasi e altri autori.

Questo tipo di clima è caratterizzato da forti escursioni termiche stagionali, inverni rigidi con frequenti gelate e nebbie, estati calde e afose, precipitazioni distribuite in modo irregolare e una radiazione solare piuttosto intensa durante la stagione estiva. L'influenza mitigatrice del mare è pressoché assente, mentre giocano un ruolo importante la prossimità ai rilievi alpini, che condiziona le dinamiche pluviometriche, e la morfologia completamente pianeggiante che favorisce fenomeni di inversione termica, accumulo di umidità e persistenza del freddo nei bassi strati durante i mesi invernali.

Le temperature medie annuali si attestano generalmente tra i 12 e i 14 °C, con valori minimi che si registrano nei mesi di gennaio e febbraio (spesso al di sotto di 0 °C) e massime che si concentrano in luglio e agosto, con punte che superano frequentemente i 32–34 °C. Durante l'inverno, sono frequenti le gelate notturne e le temperature negative persistenti, soprattutto nelle zone lontane dai grandi centri urbani. In estate, invece, si assiste a un incremento significativo della temperatura percepita, a causa dei tassi di umidità elevati, che rendono le giornate particolarmente afose e penalizzanti per le colture non irrigue o sensibili allo stress idrico.



Figura 9 - Estratto della carta del Fitoclima d'Italia

Le precipitazioni annue si mantengono generalmente comprese tra i 700 e i 1.100 mm, con una distribuzione bimodale, tipica dei climi temperati: i picchi si concentrano nei mesi primaverili (aprile-maggio) e autunnali (ottobre-novembre), mentre la stagione estiva (luglio-agosto) e quella invernale (dicembre-gennaio) sono caratterizzate da minori apporti pluviometrici. Tuttavia, la tendenza recente all'intensificazione degli eventi estremi, con precipitazioni concentrate in brevi periodi, genera fenomeni di ruscellamento e ridotta capacità di assorbimento da parte dei suoli, con conseguenti criticità agronomiche e ambientali.

La nebulosità invernale è una componente tipica di questo clima: nei mesi più freddi, si registra un'elevata frequenza di nebbie radiative e nebbie da avvezione, particolarmente persistenti nella media pianura lombarda e nel basso Piemonte. Queste condizioni limitano fortemente la radiazione fotosinteticamente attiva, rallentando lo sviluppo delle colture autunno-vernine e riducendo le ore di luce effettiva nelle prime fasi fenologiche.

L'umidità relativa risulta generalmente elevata durante tutto l'anno, con valori medi mensili che variano tra il 60% e l'85%, raggiungendo i massimi nei mesi tardo-autunnali e invernali. Durante l'estate, pur in presenza di umidità elevata, la scarsità di precipitazioni determina condizioni di stress idrico crescente, con conseguente necessità di ricorso a pratiche irrigue, soprattutto per le colture a ciclo primaverile-estivo.

Dal punto di vista agronomico, il clima temperato subcontinentale impone una gestione attenta delle rotazioni colturali, dell'apporto idrico e delle lavorazioni del suolo. Le colture cerealicole, foraggere e

industriali, come frumento, mais, erba medica, soia, barbabietola, girasole e colza, si adattano bene a queste condizioni, purché associate a pratiche che permettano di contenere gli effetti della siccità estiva e dell'eccesso idrico primaverile-autunnale. Le frequenti gelate tardive, inoltre, richiedono un'attenta programmazione dei trapianti e delle semine precoci.

Anche le colture arboree, come pero, melo, vite e actinidia, sono ampiamente diffuse nelle aree moreniche e nella pianura alta, grazie alla disponibilità di suoli drenanti e alla radiazione solare abbondante nei mesi primaverili ed estivi. Tuttavia, queste specie risultano particolarmente vulnerabili ai ritorni di freddo in aprile, nonché ai colpi di calore estivi, che impongono tecniche agronomiche di protezione e una gestione irrigua puntuale.

5.1.3 Pedogenesi

La pedogenesi nel territorio del Comune di Terre del Reno, situato nel settore centrale della Pianura Padana emiliana, è il risultato di un lungo processo evolutivo influenzato da fattori climatici, geomorfologici, idrologici e antropici, che nel corso dei millenni hanno determinato la formazione di suoli fertili e funzionali all'attività agricola intensiva. L'area ricade in una porzione pianeggiante di origine fluvio-alluvionale recente, modellata principalmente dall'azione del fiume Po e dei suoi affluenti minori, i quali hanno depositato nel tempo sedimenti fini e ben stratificati, creando un substrato profondo, omogeneo e ricco in elementi minerali.

I suoli predominanti nell'area di progetto appartengono alla classe dei suoli evoluti a tessitura media, con una prevalenza di franchi limosi e franco-sabbiosi, derivanti dall'accumulo di materiali di origine alluvionale. La stratigrafia mostra profili uniformi, con orizzonti A e B ben sviluppati, a struttura poliedrica o subangolare, buon contenuto di sostanza organica nei primi 20–30 cm e discreta capacità di scambio cationico, elementi che garantiscono una buona capacità produttiva agricola.

Dal punto di vista climatico, il territorio è influenzato da un clima temperato subcontinentale, con precipitazioni medie distribuite prevalentemente nei mesi autunnali e primaverili e una forte escursione termica annuale. Questo regime climatico favorisce una lenta ma continua alterazione fisico-chimica del materiale parentale, arricchendo i suoli in nutrienti assimilabili e permettendo una buona dinamica della sostanza organica. Tuttavia, l'estate calda e afosa, spesso accompagnata da periodi di siccità, tende a limitare l'attività biologica nei mesi centrali dell'anno, influenzando negativamente la mineralizzazione e la disponibilità di alcuni elementi nutritivi.

Anche la topografia pianeggiante, tipica del contesto pedologico padano, gioca un ruolo importante nel rallentare i processi di dilavamento e nell'accumulo progressivo di elementi fini e colloidali. L'assenza di forti pendenze limita i fenomeni erosivi e consente una meccanizzazione efficiente delle pratiche agronomiche, condizione favorevole alla conduzione intensiva dei seminativi.

L'azione antropica, in particolare l'agricoltura estensiva e specializzata praticata nell'area sin dall'epoca medievale, ha inciso in modo significativo sull'evoluzione pedogenetica del territorio. Le lavorazioni meccaniche profonde, la correzione della struttura con apporto di sostanza organica, l'introduzione di rotazioni colturali con leguminose e foraggiere, nonché l'uso della rete irrigua consortile, hanno contribuito a stabilizzare e migliorare le caratteristiche agronomiche dei suoli, prevenendo fenomeni di compattazione e perdita di fertilità.

Nel dettaglio, i terreni dell'area oggetto di intervento risultano di tipo franco-sabbioso, con un buon drenaggio naturale, una moderata capacità di ritenzione idrica e un pH generalmente compreso tra 6,2 e 6,8, che li rende adatti alla coltivazione della maggior parte delle specie agrarie di interesse locale. La tessitura leggera garantisce buone condizioni per la radicazione, mentre la porosità dei primi orizzonti favorisce una corretta ossigenazione, aspetto essenziale per colture ad elevato sviluppo radicale, come mais e foraggiere poliennali.

In conclusione, la pedogenesi dell'area di Terre del Reno è frutto di un equilibrio dinamico tra substrato alluvionale, morfologia pianeggiante, condizioni climatiche padane e azione dell'uomo. Questo insieme di fattori ha originato suoli profondi, fertili e versatili, pienamente idonei alla conduzione di sistemi colturali intensivi e sostenibili, purché accompagnati da una gestione agronomica attenta, in particolare per quanto riguarda la fertilizzazione, l'irrigazione e la conservazione della struttura del suolo nel lungo periodo.

5.1.4 Capacità d'uso del suolo

L'area interessata dalla realizzazione dell'impianto agrivoltaico ricade nel territorio agricolo pianeggiante del comune di Terre del Reno, in provincia di Ferrara, e più precisamente in località Mirabello. Si tratta di una zona a vocazione prettamente agricola, caratterizzata da una maglia poderale regolare, buona dotazione irrigua e un'elevata meccanizzazione delle operazioni colturali. Il contesto agricolo in cui si inserisce il progetto si distingue per una conduzione razionale e moderna delle superfici, storicamente dedicate alla cerealicoltura estensiva e alle colture foraggiere da sfalcio, con rotazioni agronomicamente sostenibili e l'impiego di tecniche irrigue consolidate.

Dall'analisi della Carta dell'Uso del Suolo della Regione Emilia-Romagna, consultabile attraverso il Geoportale 3D regionale, emerge in modo evidente che l'intera superficie coinvolta dall'intervento ricade all'interno della classe d'uso denominata "seminativi semplici irrigui", identificata con il codice 2112. Questa categoria comprende quelle superfici agricole coltivate stagionalmente o annualmente a cereali, leguminose, colture orticole o foraggiere, in un contesto di rotazione non specializzata, con la presenza strutturale di impianti irrigui. Si tratta, in sostanza, di una tipologia colturale intensiva e flessibile, in cui la fertilità dei suoli, la disponibilità d'acqua e la regolarità della parcella favoriscono un'ampia possibilità di scelta agronomica.

All'interno di quest'area non si riscontrano superfici riconducibili a colture protette o specializzate, come vigneti, oliveti o frutteti, né a superfici forestali, pascolive o a carattere ambientale. Nella mappa, infatti, non sono presenti sezioni codificate con le sigle 2220 (CV – vigneti), 2230 (CF – frutteti), 2240 (CO – oliveti) o 311 (boschi), né risultano porzioni classificate come aree a coltivazioni certificate o particolarmente sensibili dal punto di vista paesaggistico o produttivo. L'intera area si presenta quindi omogenea e priva di elementi di pregio agronomico o paesaggistico vincolante, risultando pertanto compatibile con l'insediamento di un impianto agrivoltaico, purché lo stesso rispetti le condizioni previste dalla normativa vigente.

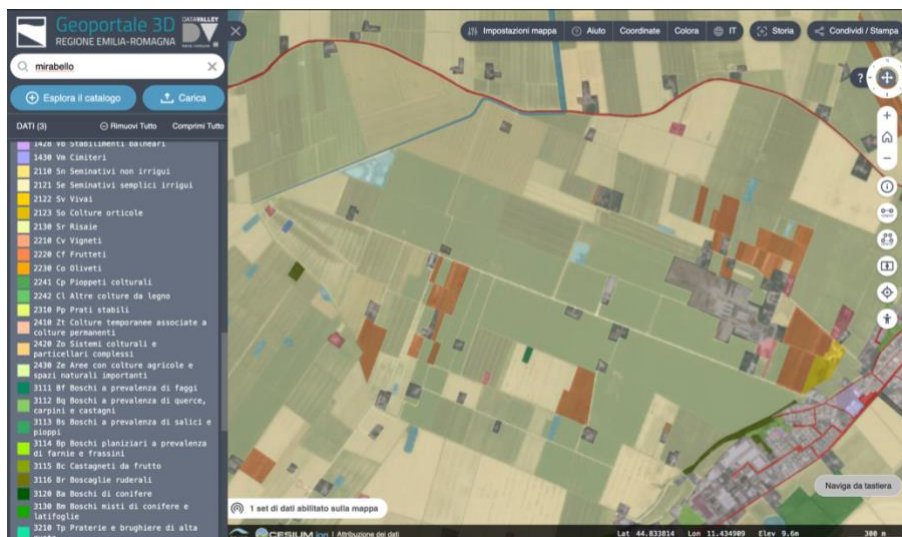


Figura 10 - Estratto della Carta d'uso del suolo dell' Emilia Romagna

Trattandosi di una superficie non inclusa tra le colture certificate (come DOP, IGP, biologiche o foraggere legate a disciplinari di produzione), non si applica il limite del 10% della superficie aziendale previsto in altri casi.

5.1.5 Zone di vulnerabilità ai nitrati

A seguito dell'emanazione del Decreto Legislativo n. 152/2006 e successive modifiche, di recepimento della Direttiva 91/676/CEE, nota come “Direttiva Nitrati”, la Regione Emilia-Romagna ha provveduto, mediante Deliberazione di Giunta Regionale n. 309 del 31 marzo 2021, all'individuazione e alla delimitazione delle Zone Vulnerabili ai Nitrati (ZVN) da fonti agricole, aggiornando le aree già designate con riferimento ai bacini idrografici regionali e alle pressioni agro-zootecniche potenzialmente impattanti.

L'area interessata dal progetto, ubicata nel comune di Terre del Reno (FE), ricade interamente all'interno di una zona classificata come ZVN, rientrando nel bacino del Canale Destra Reno, incluso tra quelli considerati sensibili ai fini della tutela delle risorse idriche superficiali e sotterranee dall'inquinamento da azoto di origine agricola.

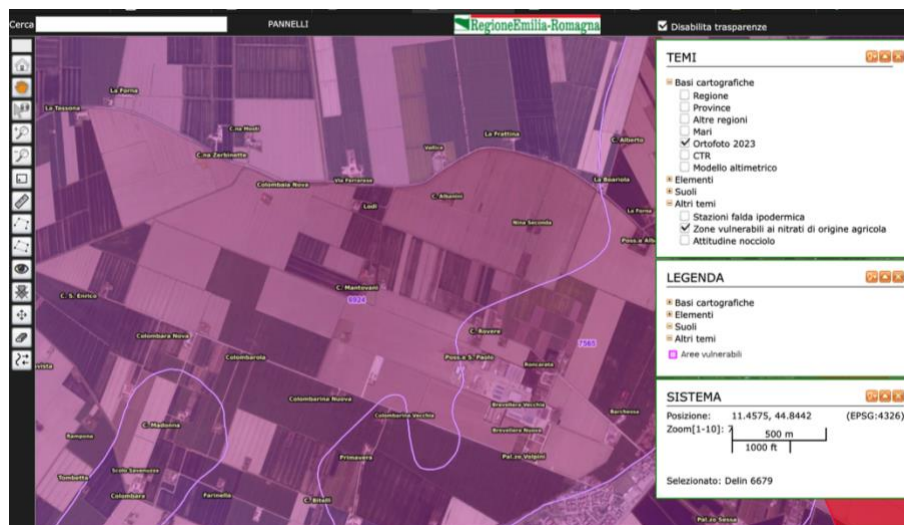


Figura 11 - Estratto della mappa delle aree ZVN Emilia Romagna

Tale classificazione comporta l'obbligo di applicazione delle disposizioni previste dal Regolamento Regionale n. 3/2017, recentemente aggiornato con il Regolamento n. 2/2024, che disciplina le pratiche agronomiche ammesse all'interno delle zone vulnerabili. In particolare, il regolamento prevede specifiche limitazioni in merito all'apporto di azoto tramite fertilizzanti organici e minerali, con il limite massimo fissato a 170 kg/ha/anno di azoto totale da fonti zootecniche, nonché vincoli temporali per le operazioni di distribuzione degli effluenti nei periodi più a rischio di lisciviazione.

Tuttavia, la presenza della zona ZVN non costituisce un ostacolo alla corretta conduzione agronomica delle superfici agricole interessate dal progetto. L'adozione di un piano colturale conforme alle pratiche di buona fertilizzazione e la scelta di specie erbacee a basso fabbisogno azotato, unitamente alla razionalizzazione delle concimazioni attraverso tecniche a basso impatto ambientale, garantiranno il pieno rispetto dei limiti normativi, senza pregiudicare la produttività agricola del fondo.

Pertanto, si evidenzia che la vulnerabilità ai nitrati non incide in modo limitante sulla gestione agronomica prevista, in quanto la conduzione agricola sarà orientata al rispetto delle disposizioni regionali vigenti in materia di uso sostenibile dei fertilizzanti, assicurando il mantenimento della fertilità del suolo e la tutela delle acque, in linea con i principi della normativa ambientale europea e nazionale.

6 Progetto agronomico

Il Progetto agronomico ha come principio cardine quello di creare un sistema consociato fra la produzione di energia elettrica e la produzione agricola in maniera sostenibile per entrambi. L'utilizzo di tracker permette una maggiore efficienza nella produzione di energia elettrica e dal lato agricolo un'ombreggiamento ottimale per le colture che comporta un minor consumo d'acqua che al contempo si traduce in un prodotto vegetale migliore sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo.

Durante la scelta delle colture si è tenuto conto della scarsità di pronubi e della bassa biodiversità presente oggi sul sito focalizzando le scelte su colture capaci di aumentarne entrambe.

6.1 Definizione del piano colturale

Per la pianificazione del piano colturale, si è pensato di tenere in considerazione, oltre alle finalità produttive in termini di resa economica, anche quelle svolte dal sistema agrivoltaico con l'obiettivo di massimizzare i benefici di ecosostenibilità ambientale, contribuendo al potenziale nettarifero messo a disposizione per gli insetti impollinatori.

Si è cercato un equilibrio tra la produttività dei due sistemi energetico/agricolo, la cui soluzione può essere identificata mediante l'implementazione di fasce perimetrali costituite da piante mellifere e arbusti unito alla produzione di foraggiere nell'area in cui insistono i pannelli fotovoltaici.

Si ritiene fondamentale esplicitare, che il tipo di impianto in progetto, ha le caratteristiche strutturali che potrebbero generare un vantaggio in termini di produttività agricola, da un miglioramento del fattore umidità del suolo dovuto al parziale ombreggiamento dei pannelli al suolo, oltre ad una riduzione del fabbisogno idrico per le piante e a una funzione di parziale protezione dallo stress termico.

La coltivazione, vista l'altezza da terra dei pannelli fotovoltaici e la larghezza tra una fila e l'altra di pannelli risulta idonea per attività agricole lungo tutta l'area di progetto.

L'esposizione diretta ai raggi del sole è fondamentale per la buona riuscita di qualsiasi produzione agricola, si ricorda che le piante richiedono energia radiante per generare biomassa. I sistemi fotosintetici e fotovoltaici hanno requisiti distintivi in termini di qualità e quantità della radiazione solare.

La qualità della radiazione solare assorbita dai pannelli fotovoltaici può essere "adattata", mentre gli spettri di assorbimento delle piante sono determinati dai pigmenti fotosintetici e pertanto non modificabili. L'impianto in progetto, ad inseguimento mono-assiale, di fatto mantiene l'orientamento dei moduli in posizione perpendicolare a quella dei raggi solari, proiettando delle ombre sull'interfilare che saranno tanto più ampie quanto più basso sarà il sole all'orizzonte, rilevando con tale ombreggiamento creato dai moduli un' eccellente rimedio per quanto riguarda la riduzione dell'evapotraspirazione, specialmente nei periodi più caldi dell'anno.

Quest'ultimo aspetto è stato indagato con approccio scientifico da Hassanpour Adeg et al. (2018), i quali hanno confrontato gli effetti ambientali dei pannelli solari su un erbaio non irrigato, sottoposto a stress idrico frequente. L'obiettivo dello studio è stato quello di dimostrare l'impatto della componente energetica sul prato, quantificando i cambiamenti del microclima, dell'umidità del suolo, dell'uso dell'acqua

e della produttività della biomassa dovuti alla presenza dei pannelli solari. Tramite l'installazione di stazioni microclimatiche negli impianti agrivoltaici e l'utilizzo della tecnologia sensoristica applicata (l'umidità del suolo è stata quantificata utilizzando le letture di una sonda a neutroni), si sono evidenziate differenze significative nella temperatura media dell'aria, nell'umidità relativa, nella velocità e nella direzione del vento e nell'umidità del suolo. Le aree sotto i pannelli fotovoltaici hanno mantenuto un'umidità del suolo più elevata per tutto il periodo di osservazione, si è registrato un aumento significativo della biomassa (+90%) ed infine le porzioni sotto i moduli fotovoltaici sono risultate significativamente più efficienti dal punto di vista idrico (+328%). Per la pianificazione del piano colturale, si è pensato di tenere in considerazione, oltre alle finalità produttive in termini di resa economica, anche quelle svolte dal sistema agrivoltaico con l'obiettivo di massimizzare i benefici di ecosostenibilità ambientale, contribuendo al potenziale nettarifero messo a disposizione per gli insetti impollinatori.

6.2 Scelta delle specie vegetali

La scelta della coltura da adottare all'interno dell'area oggetto di intervento, situata nel comune di Terre del Reno (FE), è stata condotta tenendo conto di una pluralità di fattori ambientali, agronomici e funzionali, al fine di assicurare la piena integrazione tra produzione agricola e sistema fotovoltaico, in coerenza con i principi dell'agrivoltaico sostenibile.

6.2.1 Valutazione delle caratteristiche ambientali

La selezione colturale ha preso in considerazione le seguenti condizioni pedoclimatiche e morfologiche:

- Regolarità topografica e assenza di pendenze significative, che rendono l'area idonea a pratiche agricole meccanizzate;
- Tessitura media dei suoli, buona profondità utile e discreta dotazione di sostanza organica;
- Disponibilità irrigua costante grazie alla presenza di reti irrigue aziendali o comprensoriali;
- Clima temperato subcontinentale, con estati calde e asciutte e piogge concentrate in autunno e primavera, favorevole a colture erbacee a ciclo annuale o pluriennale.

6.2.2 Obiettivi agronomici e ambientali

La coltura da impiegare sotto impianto è stata individuata in funzione del perseguimento dei seguenti obiettivi:

- Contenimento dell'erosione superficiale attraverso una copertura vegetale stabile e continua del suolo;
- Miglioramento della fertilità del terreno grazie all'impiego di specie che contribuiscano al bilancio azotato e alla struttura del suolo;
- Valorizzazione agricola di medio-lungo periodo, con colture economicamente sostenibili e potenzialmente inseribili in filiere locali;

- Compatibilità gestionale con l'impianto fotovoltaico, limitando il numero di passaggi meccanici e riducendo le interferenze tra attività agricola e manutenzione impiantistica;
- Minimizzazione degli input tecnici (in particolare fitofarmaci), a vantaggio della sostenibilità complessiva dell'intervento;
- Incremento della biodiversità funzionale, in particolare attraverso la creazione di habitat favorevoli per insetti impollinatori e altre specie utili.

6.2.3 Scelta della specie

In coerenza con i criteri tecnici adottati per la selezione della coltura, si è optato per l'impiego di una rotazione colturale basata sull'alternanza tra erba medica (*Medicago sativa* L.) e miscugli foraggeri annuali a base di graminacee e leguminose, modulata in funzione della disponibilità idrica del sito. Questa impostazione consente di integrare esigenze agronomiche, ambientali e funzionali, garantendo nel tempo la continuità della copertura del suolo, la produttività agricola e la compatibilità con la presenza dell'impianto agrivoltaico.

L'erba medica, specie pluriennale a elevata capacità di adattamento anche in condizioni di ombreggiamento parziale, rappresenta la coltura principale, cui si alternano erbai annuali polifiti (avena, loietto, veccia, trifoglio) che svolgono funzioni rigenerative e di contenimento delle infestanti, oltre a offrire flessibilità nei periodi di transizione colturale.

In particolare, si prevede l'adozione di due differenti tipologie di rotazione colturale a seconda del regime idrico disponibile:

- In condizioni irrigue, il ciclo è strutturato su più sequenze pluriennali di erba medica (3–4 sfalci l'anno), intervallate da miscugli annuali a bassa esigenza in input. Il cotico erbaceo viene periodicamente rigenerato, assicurando una buona produttività e continuità d'uso per tutta la durata dell'impianto. La rotazione si articola in blocchi quadriennali di medica seguiti da un anno di miscuglio foraggero, con ripresa successiva del ciclo.
- In condizioni non irrigue, la strategia si adatta a una minore disponibilità idrica, riducendo la durata dei cicli di medica e incrementando l'uso di erbai annuali. L'approccio alterna fasi produttive brevi (1–2 anni) a colture rigenerative con funzione di copertura e di ristabilimento della fertilità. In questo contesto, l'erba medica viene impiegata in cicli più brevi e in parcelle selezionate con suoli più profondi e strutturati.

Questa doppia impostazione garantisce una gestione flessibile e sostenibile del sistema colturale agrivoltaico, adattabile alle variazioni interannuali delle condizioni climatiche, e orientata alla valorizzazione della fertilità del suolo, alla riduzione degli input esterni e alla promozione della biodiversità agraria. Il mantenimento dell'alternanza tra colture miglioratrici e coperture annuali consente, inoltre, di preservare la funzionalità ecologica dell'agroecosistema e di ottimizzare nel lungo periodo le rese foraggere, anche in presenza di ombreggiamenti parziali dovuti alla struttura fotovoltaica.

6.2.4 Descrizione delle specie e delle cure colturali

L'assetto colturale previsto nell'ambito dell'impianto agrivoltaico si fonda sull'alternanza programmata di due gruppi principali di colture erbacee: le leguminose perenni, con particolare riferimento all'erba medica, e i miscugli foraggeri annuali a base di graminacee e leguminose. La scelta di queste specie risponde a criteri di adattabilità pedoclimatica, compatibilità agronomica con le strutture fotovoltaiche, efficienza agraria e sostenibilità ambientale. Entrambe le tipologie contribuiscono alla funzionalità dell'agroecosistema agrivoltaico, assicurando la copertura vegetale permanente, la fertilità dei suoli e la produttività foraggera, con benefici anche sul piano ecologico (incremento della biodiversità, regolazione del microclima, sequestro del carbonio organico).

6.2.4.1 Erba medica (*Medicago sativa* L.)

L'erba medica (*Medicago sativa* L.) è una leguminosa erbacea perenne appartenente alla famiglia delle Fabaceae (Leguminosae), originaria probabilmente dell'Asia sud-occidentale e diffusa da secoli in tutti i climi temperati a uso foraggero. Si tratta di una specie emicriptofita cespitosa, dotata di un apparato radicale fittonante molto profondo, capace di raggiungere anche i 2–3 metri di profondità nei suoli sciolti, conferendo alla pianta un'elevata tolleranza alla siccità e una straordinaria capacità di rigenerazione dopo lo sfalcio. Il fusto è eretto o semieretto, alto da 30 a 90 cm, ramificato nella porzione apicale e spesso pubescente. Le foglie sono trifogliate, con foglioline obovate, marginate da una dentellatura più o meno marcata nella metà superiore. L'infiorescenza è un racemo multiflorale composto da 10–30 piccoli fiori papilionacei di colore blu-violetto, raramente giallo o bianco. Il frutto è un legume spiralato che contiene da 1 a 8 semi, di forma reniforme, giallo-verdastro o bruno.

Sul piano fisiologico, *Medicago sativa* si distingue per la simbiotica azotofissatrice con batteri del genere *Rhizobium meliloti*, che consente alla pianta di soddisfare in larga misura il proprio fabbisogno azotato, migliorando al contempo il bilancio dell'azoto nel suolo, a vantaggio delle colture successive. È una specie eliofila, ma tollera ombreggiamenti moderati e si adatta bene a condizioni di coltivazione in consociazione o sotto copertura parziale, come nel caso dei sistemi agrivoltaici.

Cure colturali

- Preparazione del terreno: lavorazione profonda (30–40 cm) per favorire l'approfondimento dell'apparato radicale, seguita da affinamento superficiale con erpici a denti rigidi o rulli per la riduzione della zollosità.
- Semina: effettuata a fine estate (settembre) o in primavera (marzo-aprile), con densità tra 20 e 30 kg/ha; semina a file ravvicinate o pieno campo per massimizzare la copertura e ridurre le infestanti.
- Controllo delle infestanti: gestione agronomica tramite sfalci anticipati nel primo anno; diserbo meccanico tra le file ove necessario; eventuale impiego di erbicidi selettivi in pre-emergenza, in regime integrato.
- Gestione irrigua: irrigazione localizzata o a scorrimento nei periodi di siccità prolungata, con priorità alle fasi di germinazione e primo ricaccio.

- Sfalcio: in funzione della fenologia (stadio di gemmazione o inizio fioritura), con 2–4 tagli annui a seconda della disponibilità idrica; l'epoca di sfalcio influisce sulla qualità foraggera e sulla durata del cotico.
- Durata del ciclo produttivo: 2–4 anni in funzione delle condizioni edafiche e della pressione biotica; progressivo calo della resa oltre il terzo anno.

L'erba medica rappresenta una coltura strategica nei sistemi agrivoltaici per la sua capacità di migliorare la fertilità del suolo, limitare l'erosione, e fornire foraggio di pregio, compatibile con i vincoli gestionali e spaziali dell'impianto fotovoltaico.

6.2.4.2 Miscugli foraggeri annuali (graminacee + leguminose)

I miscugli foraggeri annuali adottati prevedono la combinazione sinergica di specie appartenenti alle famiglie delle Poaceae (graminacee) e delle Fabaceae (leguminose), accuratamente selezionate in base alla rapidità di accrescimento, rusticità, adattabilità alle diverse condizioni di suolo e disponibilità idrica, e valore foraggero. Tra le graminacee si impiegano frequentemente:

- *Avena sativa* (avena): pianta a ciclo invernale-primaverile, resistente al freddo, adatta a tutti i tipi di suolo, rapida nella crescita e altamente produttiva in termini di biomassa;
- *Lolium multiflorum* (loietto italiano): graminacea a ciclo biennale o annuale, con fusti eretti e foglie lineari, ottima capacità di ricaccio e veloce emergenza;
- *Hordeum vulgare* (orzo): cereale vernino resistente, a basso fabbisogno termico, impiegato per foraggio o granella;
- *Sorghum bicolor* (sorgo foraggero): pianta C4 a ciclo estivo, adatta a suoli caldi e siccitosi, elevata produzione di biomassa.

Tra le leguminose, frequentemente impiegate in consociazione, si annoverano:

- *Vicia sativa* (veccia comune): pianta a ciclo breve, con elevata capacità azotofissatrice e ottima palatabilità;
- *Trifolium incarnatum* (trifoglio incarnato): leguminosa a ciclo autunno-primaverile, resistente al freddo e ideale per erbai da sfalcio precoce;
- *Pisum sativum* var. *arvense* (pisello proteico): leguminosa da granella o foraggio, utilizzata per la sua rusticità e il valore proteico elevato;
- *Vicia faba* var. *minor* (favino): leguminosa a taglia alta, adatta a suoli profondi, efficace nel migliorare la struttura del terreno.

Cure colturali

- Preparazione del terreno: minima lavorazione o affinamento leggero del suolo per preservarne la struttura; importante il mantenimento del livello di umidità alla semina.
- Semina: eseguita in autunno (fine settembre – ottobre) per erbai invernali, o in primavera (marzo-aprile) per quelli estivi; densità di semina compresa tra 100 e 130 kg/ha in funzione della composizione.

- Concimazione: limitata o assente in presenza di leguminose; possibile apporto di fosforo e potassio in pre-semina; azoto escluso in consociazioni equilibrate.
- Gestione irrigua: colture prevalentemente gestite in asciutta; irrigazioni possibili in fase di accrescimento rapido, se compatibili con le disponibilità.
- Sfalcio: unico o doppio, a seconda della stagione e del ciclo vegetativo; eseguito allo stadio di inizio fioritura delle graminacee per massimizzare la qualità foraggera.
- Destino agronomico: il prodotto può essere utilizzato come fieno, insilato, sovescio o per la rigenerazione del cotico erboso.

I miscugli annuali rappresentano una componente dinamica e adattabile del piano colturale, consentendo la rigenerazione del suolo, la gestione delle infestanti, l'apporto organico e la diversificazione botanica. Hanno inoltre un ruolo importante nella conservazione della fertilità chimica e microbiologica del terreno, migliorando la resilienza dell'intero sistema agrivoltaico.

6.3 Sovrapposizione impianto fotovoltaico e attività agricola

Nel contesto dell'impianto agrivoltaico localizzato nel Comune di Terre del Reno (FE), caratterizzato da una configurazione strutturale con altezza minima libera da terra pari a 3,0 metri e interfilari utili di 4,0 metri, è stata effettuata un'accurata valutazione della meccanizzazione delle operazioni agricole in funzione dei vincoli spaziali imposti dalla presenza dei moduli fotovoltaici su tracker monoassiali.

La carreggiata utile libera da ostacoli in posizione neutra (tilt 0°) si attesta a 3,20 metri, valore che rappresenta il punto minimo disponibile per il transito delle macchine agricole. Tuttavia, tale ampiezza si presenta solo nelle ore centrali della giornata, quando i moduli sono orientati orizzontalmente e proiettano la minore ombra possibile. Per il resto della giornata, a seconda dell'angolo di inclinazione dei pannelli, l'interspazio tra le file si amplia sino a raggiungere valori variabili tra 4,0 e 4,5 metri, migliorando così la praticabilità e la sicurezza delle lavorazioni meccanizzate.

Alla luce di tale dinamicità dimensionale e della necessità di garantire una gestione agronomica efficiente di colture foraggere poliennali e da fienagione (come *Medicago sativa* e miscugli graminaceo-leguminosi), la scelta delle attrezzature e dei mezzi agricoli è stata improntata a criteri di compattezza, maneggevolezza e polivalenza.

6.3.1 Tipologia di trattore agricolo adottato

Per l'esecuzione delle operazioni colturali si prevede l'impiego di trattori agricoli compatti a carreggiata ridotta, appartenenti alla categoria dei trattori specializzati di gamma media (100–135 CV), dotati di:

- Cabina ribassata con altezza complessiva inferiore ai 2,60 metri, compatibile con il franco disponibile sotto ai moduli;

- Carreggiata regolabile in un range compreso tra 1,70 e 2,10 metri, adattabile in funzione dell'attrezzatura impiegata;
- Sistema di trasmissione continua (CVT) per garantire precisione e fluidità nelle lavorazioni;
- Predisposizione per guida assistita tramite GPS/RTK, al fine di ottimizzare i passaggi e ridurre i calpestamenti;
- Raggio di sterzata contenuto e articolazioni compatte per operare agevolmente anche in aree di manovra limitate;
- Sollevatore anteriore e posteriore con distributori idraulici multipli, per consentire l'uso simultaneo di attrezzature frontali e retroportate.

Questa tipologia di trattore è stata selezionata per la sua versatilità d'impiego, la compatibilità con l'ambiente ombreggiato e la capacità di operare con precisione in spazi condizionati, minimizzando il rischio di urto con le strutture portanti del sistema fotovoltaico.

6.3.2 Attrezzature agricole e larghezze operative

Tutte le attrezzature previste per la gestione del cotico erboso, delle fienagioni e delle eventuali risemine autunnali o primaverili sono state selezionate per garantire:

- Larghezza operativa massima pari a 4,0 metri, coerente con la geometria dei filari;
- Sistema di chiusura idraulico per il trasporto su strada e per l'ingresso/uscita in campo tra i moduli;
- Peso contenuto, per evitare il compattamento del suolo, particolarmente importante in condizioni di ombreggiamento prolungato dove l'attività biologica del terreno può essere rallentata.

Le operazioni di taglio del foraggio verranno eseguite con falciatrici trainate o portate, a dischi o a tamburo, mentre per l'andanatura e la ranghinatura si utilizzeranno girelli a larghezza ridotta o voltatori rotanti in versione compatta.

6.3.3 Raccolta e logistica

Per la raccolta e stoccaggio del foraggio è previsto l'impiego di pressatura in rotoballe di diametro contenuto, comprese tra 1,30 e 1,50 metri, che rappresentano un compromesso ottimale tra:

- Efficienza logistica (maggiore quantità di prodotto per unità di trasporto);
- Facilità di movimentazione con carrelli a basso profilo;
- Compatibilità con lo spazio disponibile sotto struttura;
- Minore compattamento del terreno, grazie a tempi di transito più rapidi e ridotto numero di passaggi.

Le rotoballe verranno stoccate temporaneamente in campo nei punti di raccolta laterali, al di fuori dell'area ombreggiata, per poi essere movimentate con carrelli a pianale ribassato compatibili con le dimensioni del campo fotovoltaico.

Tabella 6: Esempio di parco macchine compatibile con l'impianto AgriFV Terre del Reno

Fase colturale	Attrezzatura	Marca / Modello	Larghezza utile	Note operative
Trattore base	Trattore compatto ad alte prestazioni	Fendt 211 Vario Profi+	1,70 – 2,10 m	Ideale per spazi ristretti, trasmissione continua, guida automatica, cabina comfort
Semina	Seminatrice pneumatica a righe larghe	Gaspardo Aliante 400 Special	4,0 m	Adatta a foraggiare; semina uniforme; predisposta per tramline
Sfalcio del foraggio	Barra rotativa con condizionatore	Kuhn FC 3160 TLD		
(regolata)	4,0 m	Barra trainata con condizionamento a rulli; altezza di lavoro regolabile		
Andanatura	Andanatore a rotore doppio, andana centrale	Fella Juras 7850		
(regolato)	4,0 m	Regolabile in larghezza, adattabile a quantità di prodotto e larghezza passaggi		

6.4 Sistema di monitoraggio

Nel contesto del progetto agrivoltaico “Terre del Reno”, le attività di monitoraggio ambientale e climatico rivestono un ruolo centrale per la gestione integrata dell’ecosistema agroenergetico e per la verifica continuativa dell’efficacia agronomica delle soluzioni adottate. A tal fine, si prevede l’installazione di stazioni meteorologiche multiparametriche all’interno dell’area agricola interessata dall’impianto, posizionate in punti strategici al fine di garantire una rilevazione rappresentativa delle condizioni microclimatiche locali.

Le stazioni meteorologiche saranno dotate di una serie di sensori ad alta precisione, progettati per acquisire in tempo reale i principali parametri atmosferici e del suolo che influenzano lo sviluppo delle colture e le dinamiche del suolo. In particolare, verranno monitorati:

- la temperatura dell’aria (minima, massima e media giornaliera),
- l’umidità relativa,

- la radiazione solare globale (fondamentale per valutare la fotosintesi e l'effetto ombreggiante dell'impianto fotovoltaico),
- la quantità e l'intensità delle precipitazioni,
- la velocità e direzione del vento,
- nonché l'umidità del suolo, rilevata a differenti profondità al fine di monitorare l'evoluzione dell'umidità residua disponibile per le piante e di ottimizzare l'eventuale gestione irrigua.

Le stazioni saranno connesse a una rete dati GPRS che garantirà la trasmissione automatica e continua dei dati ad un sistema centralizzato di gestione e supporto decisionale, noto come DSS – Decision Support System. Tale sistema informativo, conforme al requisito D2 delle Linee Guida MASE per gli impianti agrivoltaici, rappresenta uno strumento fondamentale per l'elaborazione, l'analisi e l'interpretazione dei dati ambientali raccolti sul campo.

Il sistema DSS sarà strutturato in modo da archiviare ed elaborare le informazioni in tempo reale, consentendo di generare indicatori agronomici e climatici fondamentali per una gestione agricola sostenibile, efficiente e adattiva. I dati elaborati saranno accessibili ai tecnici agrari e agli operatori coinvolti nella conduzione aziendale, che potranno utilizzarli per prendere decisioni colturali informate, quali:

- la programmazione delle lavorazioni del suolo in funzione delle condizioni di umidità,
- la pianificazione di interventi irrigui di soccorso,
- la gestione fitosanitaria con trattamenti mirati in base a modelli previsionali,
- e il monitoraggio dello stress idrico o termico delle colture in momenti critici del ciclo vegetativo.

Inoltre, il sistema sarà in grado di produrre report periodici di monitoraggio, comprendenti serie storiche, grafici comparativi e dati sintetici, che costituiranno parte integrante della documentazione tecnica dell'impianto. Tali report saranno utili non solo per verificare la coerenza con gli obiettivi agronomici e ambientali del progetto, ma anche come strumento di rendicontazione tecnica verso gli enti autorizzativi, conformemente agli obblighi previsti dalla normativa vigente.

Questo sistema integrato di monitoraggio climatico e gestionale riveste dunque un valore strategico per la buona riuscita dell'intervento agrivoltaico, in quanto permette di adattare tempestivamente le scelte agronomiche alle reali condizioni del campo, incrementando la resilienza delle colture agli eventi meteorologici estremi – sempre più frequenti a causa del cambiamento climatico – e contribuendo al miglioramento della gestione aziendale secondo criteri di efficienza, circolarità e tutela delle risorse naturali.

Nel complesso, l'infrastruttura di monitoraggio proposta costituisce un esempio concreto di agricoltura di precisione applicata all'agrivoltaico, capace di coniugare innovazione tecnologica, sostenibilità ambientale e valorizzazione produttiva del territorio.

6.5 Layout dell'impianto

Al fine di dimostrare la piena compatibilità tra la presenza dell'impianto fotovoltaico e lo svolgimento continuativo dell'attività agricola, si riportano di seguito le principali caratteristiche tecnico-strutturali dell'impianto, con particolare attenzione agli spazi di manovra, alle altezze libere dal suolo e alla distanza tra le file dei moduli (pitch), elementi determinanti per la corretta meccanizzazione delle pratiche colturali.

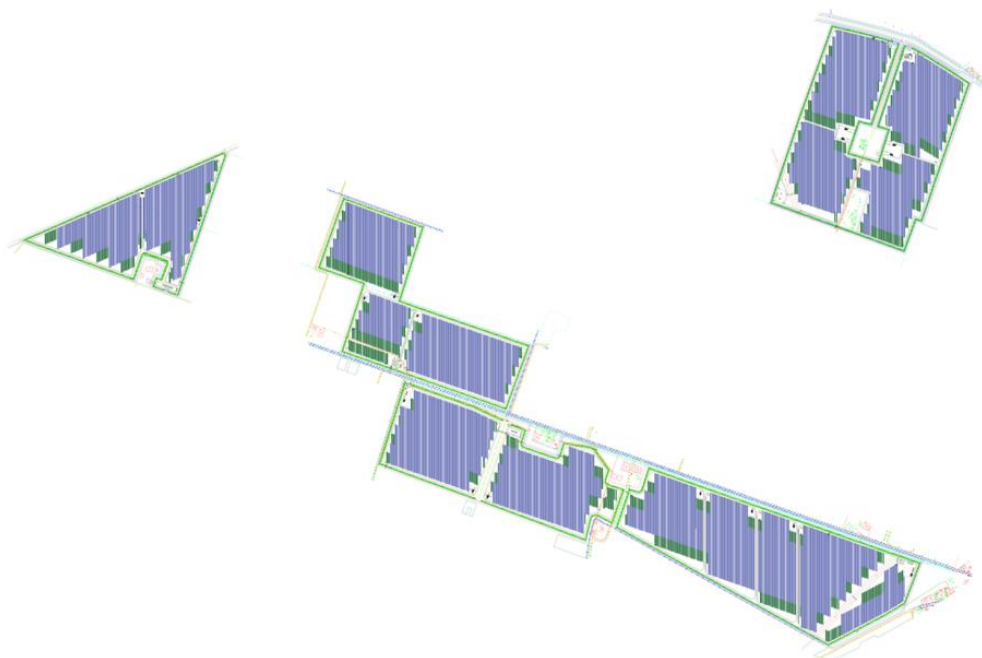


Figura 12 - Layout generale dell'impianto

L'impianto agrivoltaico è stato progettato secondo criteri di integrazione agricola avanzata, in conformità alle Linee Guida MASE, prevedendo una distanza tra le file (pitch) pari a 5,5 metri, che rappresenta l'interasse tra due strutture portanti adiacenti. All'interno di tale spazio si sviluppa un interfilare utile netto pari a 4,0 metri, che costituisce il corridoio praticabile dai mezzi agricoli. Questo consente il transito agevole di trattori di tipo compatto con carreggiata regolabile e attrezzature agricole portate o trainate, senza compromettere la stabilità delle lavorazioni né ostacolare le operazioni di sfalcio, semina o raccolta.

L'altezza libera dal suolo alla parte inferiore dei moduli fotovoltaici è di 3,0 metri, anche nella posizione di tilt 0°, valore che permette l'utilizzo di trattori cabinati e attrezzature con sviluppo verticale contenuto. La carreggiata utile minima, pari a 3,20 metri, si verifica nelle ore centrali della giornata, quando i moduli si trovano in posizione orizzontale (sole allo zenit); per il resto della giornata, l'inclinazione dei tracker consente una maggiore apertura tra i moduli, con un interspazio variabile tra 4,0 e 4,5 metri.

Questo aumento di spazio laterale migliora sensibilmente le condizioni operative durante tutte le fasi colturali, in particolare nelle operazioni che richiedono manovre di inversione o svolgimento di attrezzature.

PARTICOLARE STRUTTURE

Sezione ore 17:00

Scala 1:100

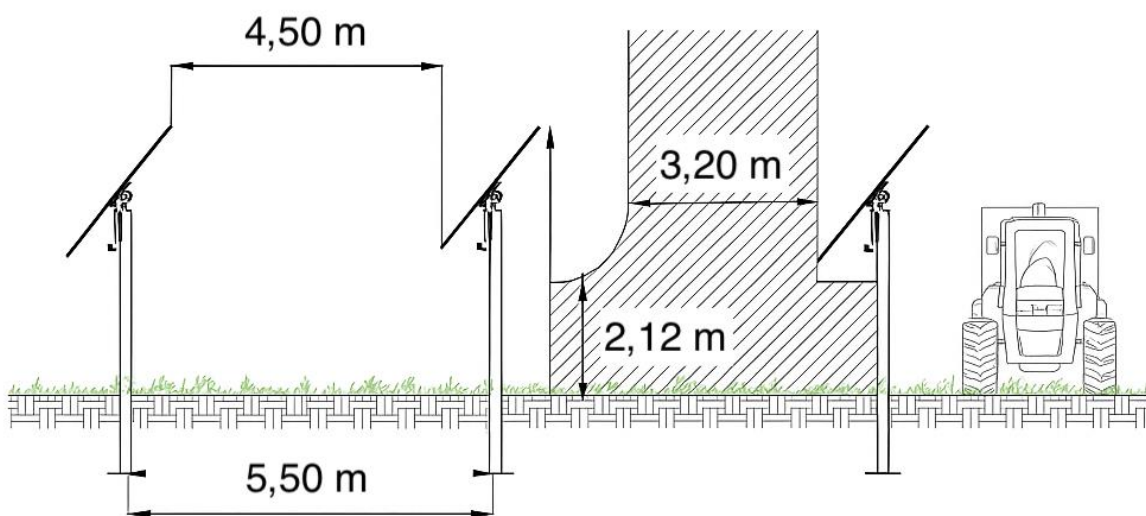


Figura 13 - Rappresentazione grafica degli ingombri

Va inoltre evidenziato che, in relazione alla geometria dell'impianto e alle macchine agricole previste, è garantito un raggio di sterzata operativo minimo pari a 4,5 metri, compatibile con i mezzi agricoli specializzati e idoneo alla manovrabilità tra le testate e all'interno dei corridoi produttivi.

Tutti questi elementi concorrono a definire una struttura impiantistica in grado di ospitare in modo continuativo e funzionale l'attività agricola, sia per colture erbacee da foraggio sia, eventualmente, per rotazioni cerealicole o colture a basso impatto. La progettazione ha infatti tenuto conto fin dall'inizio della necessità di garantire la piena accessibilità dei mezzi agricoli in ogni fase del ciclo produttivo, evitando interferenze tra le strutture fisse dei pannelli e le attività di campo.

7 Fascia di mitigazione

Al fine di garantire un efficace effetto di mitigazione visiva dell'impianto agrivoltaico, è prevista la realizzazione di una fascia perimetrale di mitigazione paesaggistica, concepita per integrarsi armonicamente con il contesto rurale circostante. Tale fascia avrà la funzione di attenuare l'impatto visivo delle strutture tecnologiche e di contribuire alla ricomposizione del paesaggio agrario, attraverso l'inserimento di essenze arbustive ed eventualmente arboree autoctone, selezionate in base alle condizioni pedoclimatiche locali.

La fascia di mitigazione sarà realizzata lungo il perimetro dell'area di intervento, in adiacenza al confine catastale, e avrà una profondità pari a 5 metri. La finalità principale di tale fascia è quella di ridurre l'impatto visivo dell'impianto, integrandolo armoniosamente nel contesto paesaggistico circostante. La struttura della fascia prevede la messa a dimora di una siepe continua di *Laurus nobilis* (alloro), scelta per la sua rapida crescita, il fogliame persistente e la capacità di costituire, in tempi relativamente brevi, una barriera visiva efficace durante tutto l'anno.

Anteriormente alla siepe, sul lato esterno rivolto verso l'ambiente circostante, saranno collocati arbusti autoctoni di varia tipologia, selezionati tra le specie tipiche della vegetazione locale, con lo scopo di favorire la biodiversità, richiamare l'identità vegetazionale del paesaggio e migliorare l'inserimento ambientale dell'intervento. Questa scelta progettuale risponde a un duplice obiettivo: da un lato assicurare una schermatura immediata e continua mediante l'impiego dell'alloro, dall'altro promuovere un'integrazione ecologica e visiva mediante l'uso di specie arbustive autoctone, contribuendo anche alla creazione di habitat favorevoli alla fauna locale e al miglioramento della qualità ecologica dell'area.

7.1 Ligustro (*Ligustrum vulgare* L.)

Il *Ligustrum vulgare* L., comunemente conosciuto come ligustro europeo, è una specie appartenente alla famiglia delle Oleaceae. È un arbusto rustico, semisempreverde o deciduo a seconda delle condizioni climatiche, ampiamente diffuso in tutta Europa, dal livello del mare fino a quote collinari e montane. In Italia è presente in quasi tutte le regioni, soprattutto ai margini di boschi, in siepi naturali o in ambienti agricoli, e viene largamente impiegato in ambito ornamentale e agronomico per la formazione di siepi rustiche, schermature e barriere verdi.

Habitus e portamento

Il ligustro si presenta come un arbusto a crescita rapida, molto ramificato, con portamento eretto e compatto, in grado di raggiungere i 3–4 metri di altezza e circa 2–3 metri di larghezza. La ramificazione è fitta e tendenzialmente basale, condizione che lo rende particolarmente adatto alla formazione di siepi dense. In assenza di potatura, tende ad assumere un portamento più espanso e naturale, mentre con regolari interventi di contenimento mantiene un profilo definito e ordinato.

Foglie

Le foglie del *Ligustrum vulgare* sono semplici, opposte, lanceolate od ovato-lanceolate, con margine intero, lunghe tra 2 e 6 cm e larghe circa 1–2 cm. La superficie è liscia, glabra e di colore verde scuro nella pagina superiore, più chiara in quella inferiore. In climi miti la pianta mantiene parte del fogliame anche in inverno, assumendo comportamento semisempreverde; in ambienti più freddi, come la pianura padana, può perdere

completamente le foglie, per poi rivegetare precocemente a fine inverno. Le foglie non presentano particolari aromi né sostanze irritanti.

Fiori

La fioritura avviene tra maggio e luglio. I fiori, piccoli (3–5 mm), bianchi e profumati, sono riuniti in pannocchie terminali piramidali lunghe 3–6 cm. La fioritura, pur modesta dal punto di vista ornamentale, è molto gradita agli insetti impollinatori, in particolare api e sirfidi, grazie alla produzione di nettare. I fiori sono ermafroditi e impollinati principalmente da insetti (entomofilia).

Frutti e semi

I frutti sono drupe nere lucide, rotondeggianti, di circa 6–8 mm di diametro, che maturano in autunno e persistono a lungo sulla pianta, anche durante l'inverno. Contengono generalmente due semi. I frutti non sono commestibili per l'uomo ma rappresentano una fonte alimentare per la fauna selvatica, in particolare uccelli passeriformi, che contribuiscono alla disseminazione.

Apparato radicale

Il *Ligustrum vulgare* sviluppa un apparato radicale fittonante nei primi anni di vita, che evolve successivamente in un sistema più espanso e superficiale, particolarmente adattabile a suoli compatti o di medio impasto. Mostra buona tolleranza al calpestio, alla competizione radicale e agli stress idrici, purché non si tratti di ristagni idrici prolungati.

Adattabilità al clima locale

Il ligustro è una delle specie arbustive più adatte al contesto climatico della pianura padana emiliana, inclusa l'area di Terre del Reno, dove è in grado di tollerare escursioni termiche marcate, frequenti gelate invernali (fino a -15°C) e periodi di siccità estiva. Predilige esposizioni soleggiate o a mezz'ombra, ma si adatta anche a situazioni più ombreggiate, mantenendo una discreta vigoria vegetativa. I suoli ideali sono di medio impasto, ben drenati, con pH neutro o subalcalino, ma la specie si adatta anche a substrati argillosi, calcarei o moderatamente compattati. Tollerante alla salinità e all'inquinamento atmosferico, è frequentemente impiegato anche in contesti suburbani o lungo infrastrutture viarie. A differenza dell'alloro, non teme le gelate prolungate ed è quindi più adatto come pianta strutturale nelle fasce di mitigazione agrarie in ambito padano.

7.1.1 Cure colturali nei primi anni di impianto

- **Preparazione del terreno:** si consiglia una lavorazione profonda (30–40 cm) con affinamento superficiale e apporto di compost maturo o stallatico, utile a garantire un buon attecchimento iniziale.
- **Sesto d'impianto:** per una siepe compatta si adottano distanze di 60–70 cm tra le piante su una singola fila, o 70–90 cm tra file alternate in impianti a doppia fila.
- **Irrigazione:** nei primi due anni sono necessarie irrigazioni regolari nei mesi più caldi, con frequenza settimanale o bisettimanale in funzione dell'andamento climatico.

- **Controllo delle infestanti:** utile la pacciamatura con cippato, paglia o teli biodegradabili per limitare la competizione radicale.
- **Concimazione:** a fine inverno può essere utile un apporto annuale di compost o concime organico pellettato, eventualmente integrato con fosforo e potassio per stimolare l'apparato radicale.

7.1.2 Gestione e mantenimento per siepi alte 3 metri

- **Potatura di formazione (primi 3 anni):** si effettuano leggere cimature a fine inverno per stimolare la ramificazione e favorire l'infoltimento della base.
- **Potatura di mantenimento:** una volta raggiunta l'altezza di 2,5–3 metri, si consiglia una potatura annuale a fine inverno per contenere lo sviluppo verticale e mantenere la forma compatta, accompagnata da una potatura estiva (luglio) per contenere i ricacci.
- **Concimazione di mantenimento:** un apporto organico annuale, integrato da fertilizzanti a lenta cessione (300–400 g/pianta), favorisce la persistenza vegetativa.
- **Irrigazione in età adulta:** generalmente non necessaria, salvo estati molto siccitose o su suoli particolarmente poveri o sabbiosi.

7.2 ARBUSTI

Per garantire una mitigazione paesaggistica efficace e duratura, coerente con il contesto climatico e vegetazionale della pianura emiliana orientale, la fascia perimetrale sarà arricchita mediante l'inserimento di arbusti autoctoni e naturalizzati, selezionati in funzione della loro adattabilità ai suoli alluvionali di medio impasto, della resistenza agli stress climatici (siccità estiva, gelate invernali) e della compatibilità agronomica con un sistema a bassa manutenzione. Le specie individuate sono tutte presenti o naturalizzate nel bacino padano e offrono valore ecologico, rusticità, funzioni ornamentali stagionali e capacità di integrazione paesaggistica con la siepe principale a base di ligustro

Nella fascia esterna rispetto alla siepe di ligustro, si prevede l'inserimento di arbusti autoctoni e naturalizzati adatti al contesto climatico e pedologico della pianura emiliana. Le specie sono state selezionate per la loro adattabilità ai suoli di medio impasto a tendenza argillosa, per la resistenza ai fattori climatici tipici del territorio ferrarese (estati calde, inverni freddi, escursioni termiche marcate) e per il loro contributo in termini di valore ecologico, funzionalità paesaggistica e bassa manutenzione.

Tra le specie individuate figura *Cornus sanguinea*, comunemente nota come sanguinella, arbusto caducifoglio con portamento cespuglioso e rami giovani di colore rosso-bruno particolarmente ornamentali nel periodo invernale. La specie, tipica delle siepi di margine e delle formazioni ripariali padane, tollera bene i suoli argillosi e moderatamente umidi. La fioritura, che si presenta tra maggio e giugno, è bianca e mellifera, seguita dalla formazione di bacche nere molto gradite alla fauna avicola. In autunno, il fogliame si colora di toni accesi che conferiscono varietà cromatica alla fascia vegetata.

Altrettanto importante è la presenza del *Crataegus monogyna*, o biancospino, arbusto o piccolo alberello spinoso, caducifoglio, con altezza variabile tra i 3 e i 5 metri. Si caratterizza per la fioritura primaverile abbondante, con piccoli fiori bianchi molto profumati, e per la produzione autunnale di piccoli pomi rossi, eduli per la fauna. Il biancospino è particolarmente adatto ai suoli argillosi e calcarei, si adatta bene a interventi di potatura, ed è tollerante alla siccità estiva e alle gelate invernali, configurandosi come una delle specie più rustiche per l'ambiente padano.

La selezione comprende anche *Euonymus europaeus*, noto come fusaggine o berretta del prete, arbusto caducifoglio alto fino a 2,5–3 metri, noto per i suoi frutti molto decorativi – capsule rosa che in autunno si aprono mostrando semi aranciati. Le foglie, verdi in estate, assumono colorazioni porpora o arancio in autunno, contribuendo all'interesse estetico della fascia nei mesi freddi. È una specie rustica



Figura 14 - Rappresentazione grafica della fascia di mitigazione

7.3 LAYOUT DELLA FASCIA DI MITIGAZIONE

Nella fascia perimetrale dell'area oggetto di intervento, è prevista la realizzazione di una fascia di mitigazione paesaggistica avente lo scopo di attenuare l'impatto visivo dell'impianto agrivoltaico e favorirne l'inserimento armonico nel paesaggio agricolo della pianura ferrarese. Come indicato nella planimetria progettuale, tale fascia si colloca tra il limite catastale della proprietà e la recinzione dell'impianto, sviluppandosi per una larghezza complessiva pari a 5 metri.

La fascia sarà strutturata secondo uno schema vegetazionale a due strati, con la presenza di una siepe arbustiva principale a sviluppo verticale e di una fascia arbustiva secondaria a disposizione più libera e naturaliforme. Nella porzione interna, in adiacenza alla recinzione, verrà realizzata una siepe continua di *Ligustrum vulgare* (ligustro comune), specie rustica e adatta al clima continentale padano, selezionata per la sua capacità di raggiungere altezze di circa 3 metri, per la tolleranza al freddo e per la buona resistenza alla siccità estiva.

Il sesto di impianto previsto per il *Ligustrum vulgare* è pari a 70–80 cm tra le piante lungo la fila, con configurazione monofilare. Tale disposizione consente la formazione di una barriera vegetale compatta nel giro di 2–3 anni, facilitando al tempo stesso gli interventi di potatura e contenimento necessari al mantenimento dell'altezza target e alla densità della siepe.

Nella fascia più esterna, verso il confine catastale, verranno messi a dimora arbusti autoctoni e naturalizzati, selezionati tra le specie tipiche delle siepi agrarie dell'Emilia-Romagna, caratterizzate da rusticità, valore ecologico e adattabilità ai suoli freschi e profondi della pianura alluvionale. L'obiettivo è quello di creare un fronte vegetale misto, disomogeneo e strutturato, in grado di ospitare insetti impollinatori, piccoli uccelli e fauna di piccola taglia.

La composizione arbustiva comprenderà specie come *Cornus sanguinea* (sanguinella), *Euonymus europaeus* (berretta del prete), *Crataegus monogyna* (biancospino), *Viburnum lantana* (viburno lantana), *Sambucus nigra* (sambuco nero), *Rosa canina* (rosa selvatica) e *Spartium junceum* (ginestra odorosa). Il sesto d'impianto previsto per la fascia arbustiva è variabile tra 1,2 e 1,5 metri tra le piante, con disposizione irregolare o su file sfalsate. Questa impostazione consente di riprodurre la struttura delle siepi spontanee tipiche del paesaggio agrario padano, favorendo l'alternanza di forme, volumi e periodi di fioritura, e incrementando la biodiversità funzionale.

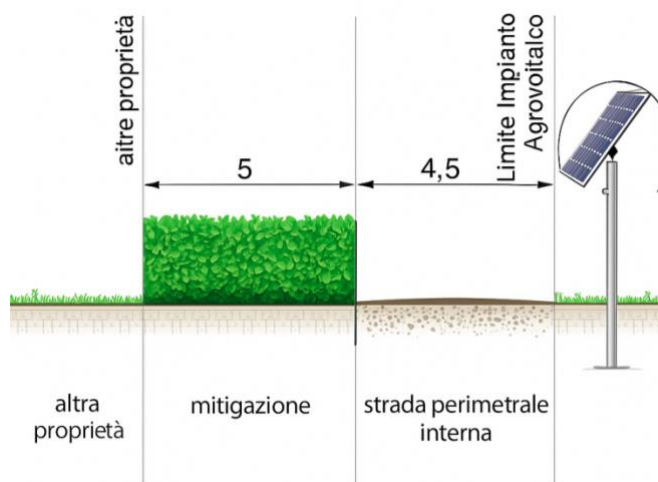


Figura I 5 Layout della fascia di mitigazione

Nel complesso, la fascia vegetale così concepita svolgerà una duplice funzione: da un lato contenere l'impatto visivo dell'impianto, tramite l'azione schermante del ligustro, e dall'altro favorire l'integrazione ecologica, promuovendo la connessione con le reti ecologiche locali, migliorando la qualità ambientale dell'area e arricchendo la struttura del paesaggio agrario di Terre del Reno.

8 Quadro economico di progetto

Il quadro economico del progetto è stato costruito a partire da un'analisi dettagliata di tutte le attività agronomiche pianificate e delle infrastrutture previste nella relazione agronomica. La stima dei costi è stata effettuata utilizzando come riferimento i prezzi correnti di mercato, al fine di garantire un'inquadratura economica coerente con il contesto territoriale e normativo locale.

Il calcolo delle Unità Lavorative Uomo (U.L.U.) è stato effettuato secondo i parametri riportati nelle tabelle standard del sistema RICA, che quantificano il fabbisogno di lavoro per ciascuna coltura e tipologia di conduzione, con particolare attenzione all'impatto della parziale ombreggiatura generata dall'impianto fotovoltaico e alla necessità di operare con mezzi agricoli compatibili con gli spazi disponibili.

Poiché l'indirizzo colturale del fondo rimane invariato e non sono previste modifiche sostanziali all'ordinamento produttivo, il calcolo economico ante e post intervento risulta invariato, confermando la piena continuità dell'attività agricola e la compatibilità dell'impianto agrivoltaico con la gestione produttiva preesistente. Si è pertanto proceduto a un unico calcolo economico rappresentativo, ritenuto congruo e sufficiente a descrivere l'equilibrio economico dell'azienda agricola anche in fase post-realizzazione.

8.1 Calcolo PLV

Per comodità e facilità di lettura, si è proceduto al calcolo economico su base ettaro (Rilievo prezzi Borsa merci CCIAA Milano). Il valore complessivo, esteso all'intera superficie aziendale interessata dall'impianto, è riportato nel paragrafo dedicato all'applicazione delle Linee Guida, a cui si rimanda per una visione completa dei dati.

Tabella 7: Calcolo della PLV pre intervento

Voce	Unità	Valore minimo	Valore massimo
Prezzo €/t	€/ton	273 €/t	285 €/t
Produzione per ettaro	ton s.s./ha	10	10
PLV per ettaro	€/ha	2.730	2.850
PLV totale (113,20 ha)	€	309.036	322.620

Tabella 8: Calcolo della PLV post intervento

Voce	Unità	Valore minimo	Valore massimo
Prezzo €/t	€/ton	273 €/t	285 €/t

Produzione per ettaro	ton s.s./ha	10	10
PLV per ettaro	€/ha	2.730	2.850
PLV totale (87,39 ha)	€	238,554,70	249.061,50

Tabella 9: Differenza della PLV pre e post

Voce	Unità	Valore minimo	Valore massimo
PLV per ettaro pre	€	309.036	322.620
PLV per ettaro post	€	238,554,70	249.061,50
Differenza PLV	%	22,8	22,8

La riduzione della Produzione Lorda Vendibile (PLV) riscontrata a seguito dell'installazione dell'impianto agrivoltaico risulta pienamente coerente con quanto previsto dalle Linee Guida MASE in materia di agrivoltaico standard, le quali stabiliscono che la riduzione della superficie agricola utilizzabile deve rimanere inferiore al 30% rispetto alla situazione preesistente.

Nel caso specifico, la differenza di PLV è del 22,8%, come riportato nella Tabella 1, riflette esattamente la percentuale di superficie non più direttamente coltivabile per effetto della presenza delle infrastrutture fotovoltaiche. Tale riduzione è da considerarsi contenuta e compatibile con il mantenimento della funzione agricola principale del sito, garantendo la continuità dell'attività produttiva e il rispetto dei requisiti normativi vigenti in materia di agricoltura multifunzionale integrata con la produzione di energia da fonte rinnovabile.

8.2 Analisi dei costi

In sede di analisi economica dell'erba medica da imballaggio, il presente prospetto focalizza esclusivamente i costi diretti delle materie prime e delle operazioni colturali, escludendo costi fissi, ammortamenti e servizi generali. I dati si riferiscono a coltivazioni in pianura irriguo-mesofila, coerenti con la zona di Terre del Reno, basati su fonti CREA, CRPA e informazioni agronome aggiornate. Si evidenzia che l'analisi dei costi è riferita ad attività in campo aperto. Tali valori potrebbero essere oggetto di modifica ed in particolar modo di sensibile aumento per alcune lavorazioni in campo considerando la complessità di lavorare in un ambiente con delle restrizioni sugli spazi di manovra. Tale analisi sarà quindi affinata a seguito della redazione del progetto esecutivo.

Tabella 10: Analisi dei costi in campo aperto

Voce di costo	Quantità	Costo unitario (€/ha)	Totale (€/ha)
MATERIE PRIME			

Seme di erba medica (25–30 kg/ha)	1 ql	150–170 €/q	160
Concime fosfo-potassico	2 ql	60–80 €/ql	140
Diserbante pre/post emergenza	1 intervento	40–60 €/ha	50
Trattamento antiparassitario (*)	1 intervento (eventuale)	20–30 €/ha	25
Totale materie prime			375
OPERAZIONI COLTURALI			
Lavorazioni pre-semina (aratura + erpicatura)	2 passaggi	80–100 €/ha	90
Semina	1 passaggio	50–70 €/ha	60
Trattamenti fitosanitari (diserbo + antiparassitari)	2 interventi	35 €/intervento	70
Sfalcianti + andanatore + pressatura (3 tagli)	3 cicli	100–120 €/ciclo	330
Raccolta e trasporto fieno	3 cicli	30–40 €/ciclo	105
Totale operazioni colturali			655
TOTALE (ha)			€ 1.030
TOTALE GENERALE (ha sup. agr.)		€1030 x 87,39 ha	90.011,7

Note:

- I valori sono indicativi e non comprendono i costi fissi aziendali (ammortamenti, manodopera, carburante, IRAP, ecc.).
- Il costo delle operazioni è calcolato considerando il ricorso a contoterzisti, con tre tagli/anno (in zone irrigue si può salire a 4).
- La voce “antiparassitari” è opzionale, in funzione della pressione entomopatogena.
- Non è inclusa l’irrigazione: se necessaria, può incidere tra 150–300 €/ha a seconda del sistema.

8.3 Analisi delle U.L.U.

Le ULU (Unità Lavorative Uomo) rappresentano un’unità di misura standard utilizzata in ambito agricolo per quantificare il lavoro umano impiegato in un’azienda. Una ULU corrisponde all’attività svolta da una persona occupata a tempo pieno per un intero anno lavorativo (generalmente 1.800 ore annue). Questo

indicatore è fondamentale per l'analisi della sostenibilità occupazionale delle aziende agricole e per confrontare la domanda di lavoro tra diverse tipologie colturali o ordinamenti produttivi.

Nel caso specifico dell'azienda situata nel comune di Terre del Reno, per la stima del fabbisogno di manodopera associato al piano colturale agrivoltico si è fatto ricorso alle tabelle regionali per il calcolo delle ore lavorative per coltura, predisposte tenendo conto delle caratteristiche pedoclimatiche e del grado di meccanizzazione tipici del territorio emiliano.

Queste tabelle costituiscono uno strumento tecnico di riferimento per la programmazione aziendale, poiché consentono di stimare con precisione le ore di lavoro necessarie per ciascuna coltura, in base alle operazioni da effettuare (lavorazioni del terreno, semina, trattamenti, irrigazione, raccolta, ecc.). La conoscenza di tali valori consente all'azienda di pianificare in modo efficace l'impiego della forza lavoro lungo tutto l'anno agrario, ottimizzando tempi, risorse e costi.

Tabella 11: Analisi ULU

Coltivazione		Superficie (ha)	Ore/ha/anno (standard)	Totale ore/anno	Giornate lavorative (8 h/g)
Erba medica (fieno)	I		50 ore/ha	50 ore	6,25 gg/anno

Note:

- Le 50 ore/ha includono tutte le operazioni colturali tipiche: lavorazioni del terreno, semina, trattamenti, sfalcio multiplo, pressatura, rimozione, senza distinguere per numero di tagli.
- In un contesto come quello di Terre del Reno, fortemente meccanizzato, questo valore risulta adeguato e coerente con l'efficienza gestionale dell'azienda agricola.
- La conversione in giornate lavorative è effettuata sulla base del parametro standard di 8 ore/giorno.

9 Linee guida in materia di impianti agrivoltaici

Nel quadro normativo vigente della Regione Emilia-Romagna, l'impianto previsto nel Comune di Terre del Reno (FE) è stato configurato come agrivoltaico avanzato, in conformità ai requisiti previsti per gli impianti agrovoltaici situati al di fuori delle aree considerate idonee. Tale scelta progettuale risponde in modo puntuale alle disposizioni contenute nella D.G.R. n. 2260 del 27 dicembre 2022, che disciplina le condizioni di realizzazione degli impianti agrivoltaici sul territorio regionale, nonché alle indicazioni tecniche contenute nelle Linee Guida MASE a livello nazionale.

Il riconoscimento dell'impianto come agrivoltaico avanzato implica l'adozione di soluzioni progettuali in grado di assicurare un'integrazione reale tra la produzione agricola e quella energetica, nel rispetto della destinazione agricola del suolo. Tale approccio si traduce nella progettazione di un sistema produttivo multifunzionale, dove la componente fotovoltaica non sostituisce, ma si affianca all'attività agricola tradizionale, mantenendone la centralità e valorizzandone la continuità nel tempo.

L'impianto proposto non si configura dunque come una mera infrastruttura energetica sovrapposta al territorio rurale, ma come una soluzione agroenergetica strutturata, in cui la sostenibilità ambientale, la funzionalità agricola e la compatibilità paesaggistica sono obiettivi progettuali integrati. Proprio per questa ragione, pur non ricadendo in area idonea, l'intervento rispetta tutti i requisiti richiesti per gli impianti agrivoltaici avanzati, dimostrando l'effettiva volontà del proponente di adottare un modello operativo conforme ai più elevati standard normativi e tecnici oggi richiesti per la realizzazione di impianti fotovoltaici in ambito agricolo.

Il rispetto di tali requisiti consente all'intervento di essere considerato compatibile con la pianificazione regionale vigente e con le politiche di valorizzazione del paesaggio agrario, del suolo e delle risorse produttive locali. Nei paragrafi successivi verranno illustrati in dettaglio i singoli elementi di conformità del progetto rispetto alle Linee Guida nazionali e regionali, a supporto della qualificazione dell'impianto come agrivoltaico avanzato.

Nel quadro normativo vigente della Regione Emilia-Romagna, l'impianto previsto nel Comune di Terre del Reno (FE) è stato configurato come impianto agrivoltaico avanzato, in conformità ai criteri stabiliti dalle Linee Guida MASE del 2022 e recepiti dalla D.G.R. n. 2260/2022, per quanto riguarda gli impianti localizzati al di fuori delle aree ritenute idonee. L'inquadramento dell'intervento in questa tipologia progettuale risulta fondamentale per la sua ammissibilità, in quanto vincola la realizzazione alla rigorosa osservanza di requisiti tecnici e gestionali mirati a garantire una integrazione reale tra agricoltura ed energia rinnovabile, senza compromettere la destinazione agricola dei suoli.

L'impianto non si configura come una semplice sovrapposizione di infrastrutture energetiche al paesaggio rurale, ma come una soluzione agroenergetica integrata, orientata alla sostenibilità ambientale, alla tutela delle risorse produttive e alla valorizzazione della multifunzionalità agricola. Per queste ragioni, il progetto rispetta tutti i requisiti richiesti dalle Linee Guida nazionali per essere qualificato come agrivoltaico avanzato, come di seguito riportato:

- **REQUISITO A:** Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi;

- **REQUISITO B:** Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e zootecnica;
- **REQUISITO C:** L'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli;
- **REQUISITO D:** L'azienda deve essere dotata di un adeguato sistema di monitoraggio che consenta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico anche in termini di risparmio idrico e di continuità dell'attività agricola;
- **REQUISITO E:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che, oltre a rispettare il requisito D, consenta di verificare il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

9.1 Requisito A

Requisito A Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi.

L'impianto rientra nella definizione di Agrivoltaico ed è stato progettato in modo tale da non compromettere la continuità dell'attività primaria, garantendo al contempo una sinergia della stessa con l'attività di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile

Il requisito A risulta verificato.

9.1.1 Requisito AI

Requisito AI la Superficie minima coltivata (S_{agricola}), intesa come superficie minima dedicata alla coltivazione, dev'essere maggiore o uguale al 70% della Superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico (S_{tot}).

La superficie agricola è di 87,39 Ha su 113,20 Ha di superficie totale.

Considerato che tutta la superficie è destinata alla coltivazione proposta: la superficie agricola rappresenta l'77,20% della superficie totale.

Il requisito AI risulta verificato.

9.1.2 Requisito A2

Requisito A2 Il LAOR (Land Area Occupation Ratio), cioè il rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (S_{pv}) e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico (S_{tot}), dev'essere minore o uguale al 40%.

Il LAOR è pari a 28,4%. La superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (Spv) è pari a 32,23 ettari e la superficie totale del sistema agrivoltaico è pari a 113,20 ettari.

Il requisito A2 risulta verificato.

9.2 Requisito B

Requisito B Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale.

Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica dell'impianto, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli. Come più volte descritto, l'impianto agrivoltaico è stato progettato per perseguire l'obiettivo di realizzare una condizione di integrazione tra il sistema agricolo ed il sistema di produzione di energia elettrica, massimizzando il potenziale produttivo dei due sottosistemi.

Il requisito B risulta verificato.

9.2.1 Requisito B1

Requisito B1 La continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento. Gli elementi da valutare nel corso dell'esercizio dell'impianto, volti a comprovare la continuità dell'attività agricola, sono:

- L'esistenza e la resa della coltivazione;
- Il mantenimento dell'indirizzo produttivo.

In merito ai requisiti di cui sopra si evidenzia che:

- Il valore della produzione agricola rimane invariato in quanto l'indirizzo produttivo rimarrà lo stesso
- L'indirizzo produttivo rimarrà invariato, ovvero "Foraggero"

Il requisito B1 risulta verificato.

9.2.2 Requisito B2

Requisito B2 La producibilità elettrica dell'impianto agrivoltaico, rispetto ad un impianto standard e il mantenimento in efficienza della stessa. In particolare, è richiesto che la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FVagri in GWh/ha/anno) correttamente progettato, paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard (FV standard in GWh/ha/anno), non sia inferiore al 60% di quest'ultima.

Dai calcoli eseguiti risulta:

Producibilità elettrica annua Impianto Standard [kWh/kWp/anno]: 1.357,59

Producibilità elettrica annua Impianto Agrivoltaico [kWh/kWp/anno]: $1839,70 = 1.599,74 + 15\%$ (moduli bifacciali)

Superficie totale sistema agrivoltaico: 968.326 m^2

Superficie utile (effettivamente utilizzabile per l'alloggiamento di un impianto fotovoltaico, al netto quindi di possibili restrizioni): 474.480 m^2

$\text{FV agri} = \text{Potenza nominale} * \text{Produtività elettrica} / \text{Superficie totale} [\text{GW/ha/anno}]$

$\text{FV standard} = \text{Densità di potenza} * \text{Superficie utile} * \text{Produtività elettrica} / \text{Superficie totale} [\text{GW/ha/anno}]$

$\text{FV agri} [\text{GWh/ha/anno}] = 1,451$

$\text{FV standard} [\text{GWh/ha/anno}] = 1,157$

$\text{FV agri} / \text{FV standard} = 0,92 > 0,60$

Il requisito B2 risulta verificato.

9.3 Requisito C

Requisito C L'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli. In sintesi, l'area destinata a coltura oppure ad attività zootecniche può coincidere con l'intera area del sistema agrivoltaico oppure essere ridotta ad una parte di essa, per effetto delle scelte di configurazione spaziale dell'impianto agrivoltaico.

Si possono verificare le seguenti condizioni:

- Tipo 1: l'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole (o zootecniche) anche sotto ai moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un doppio uso del suolo, ed una integrazione massima tra l'impianto agrivoltaico e la coltura;
- Tipo 2: l'altezza dei moduli da terra non è progettata in modo da consentire lo svolgimento delle attività agricole al di sotto dei moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale non esiste un doppio uso del suolo pertanto il grado di integrazione tra l'impianto fotovoltaico e la coltura è minimo;
- Tipo 3: moduli fotovoltaici sono disposti in posizione verticale. L'altezza minima dei moduli da terra non incide significativamente sulle possibilità di coltivazione (se non per l'ombreggiamento in determinate ore del giorno), ma può influenzare il possibile passaggio degli animali, con implicazioni sull'uso dell'area per attività legate alla zootecnia.

L'impianto agrivoltaico rientra nella condizione identificata come "tipo 1" ovvero "l'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole (o zootecniche) anche sotto i moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un doppio uso del suolo, ed una integrazione massima tra l'impianto agrivoltaico e la coltura".

L'altezza minima dei pannelli per sarà di $2,12 \text{ m}$

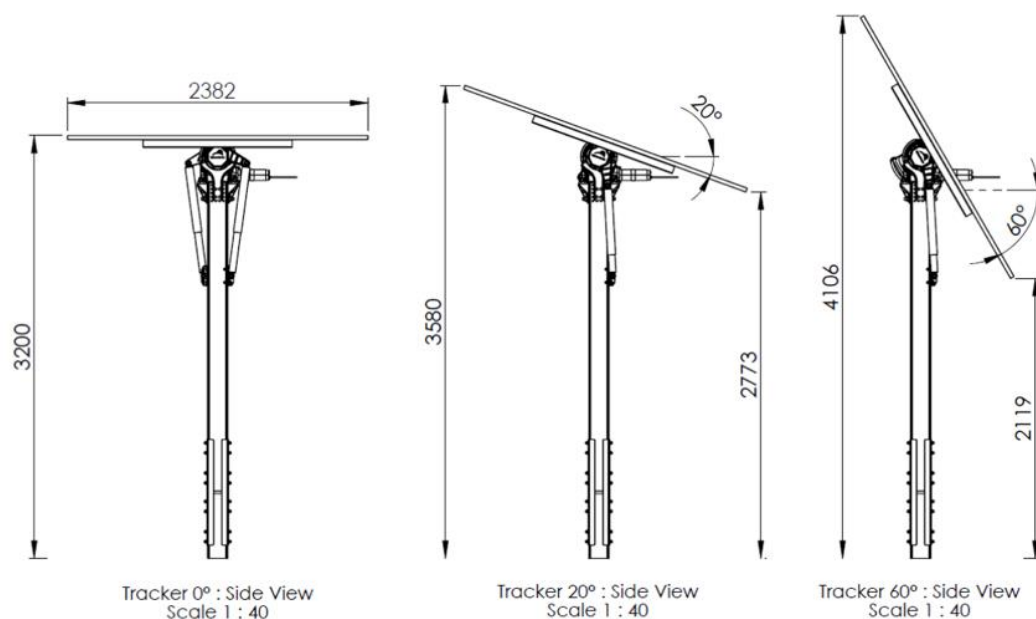


Figura I 6 - Vista laterale dei pannelli a diverse inclinazioni

Il requisito C risulta verificato.

9.4 Requisito D ed E

- Requisito D: Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che consenta di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate. Tale requisito è soddisfatto se l'impianto in progetto verifica i seguenti parametri: D.1) il risparmio idrico; D.2) la continuità dell'attività agricola, ovvero: l'impatto sulle colture, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture o allevamenti e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate.
- Requisito E: Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio

Il monitoraggio della continuità dell'attività agricola (Requisito D2) e delle condizioni microclimatiche (Requisito E) sarà effettuato con cadenza annuale mediante l'installazione e la gestione di una stazione agrometeorologica in sito, integrata con un sistema DSS (Decision Support System) per l'elaborazione e l'interpretazione dei dati rilevati. Questo approccio permetterà di raccogliere in modo oggettivo e continuativo informazioni relative alla temperatura, all'umidità del suolo, alla radiazione solare, alla bagnatura fogliare e ad altri parametri agronomicamente rilevanti per valutare l'efficienza del sistema agrivoltaico sia sotto il profilo produttivo che ambientale.

I dati raccolti saranno elaborati e organizzati in una relazione tecnica annuale asseverata, redatta da un professionista abilitato iscritto ad un ordine professionale in materia agraria (perito agrario, agronomo o agrotecnico), come previsto dalle Linee Guida. Tale documento costituirà parte integrante dell'attività di rendicontazione tecnica dell'impianto agrivoltaico avanzato.

In particolare, la relazione agronomica annuale conterrà:

- l'analisi dei dati produttivi, incluse le rese colturali per ettaro;
- il dettaglio completo delle operazioni colturali effettuate nel corso dell'anno;
- il fascicolo aziendale aggiornato;
- i dati climatici e agrometeorologici rilevati in campo;
- in caso di coltivazioni irrigue, anche i dati dei consumi idrici, al fine di monitorare l'efficienza idrica e il rispetto delle pratiche agronomiche sostenibili.

Questo sistema di controllo rappresenta uno degli elementi centrali per la qualificazione dell'impianto come agrivoltaico avanzato, garantendo la trasparenza e la tracciabilità dell'attività agricola e consentendo alle autorità competenti di verificare in modo oggettivo il rispetto dei requisiti imposti dalla normativa vigente.

Il requisito D ed E risultano verificati.

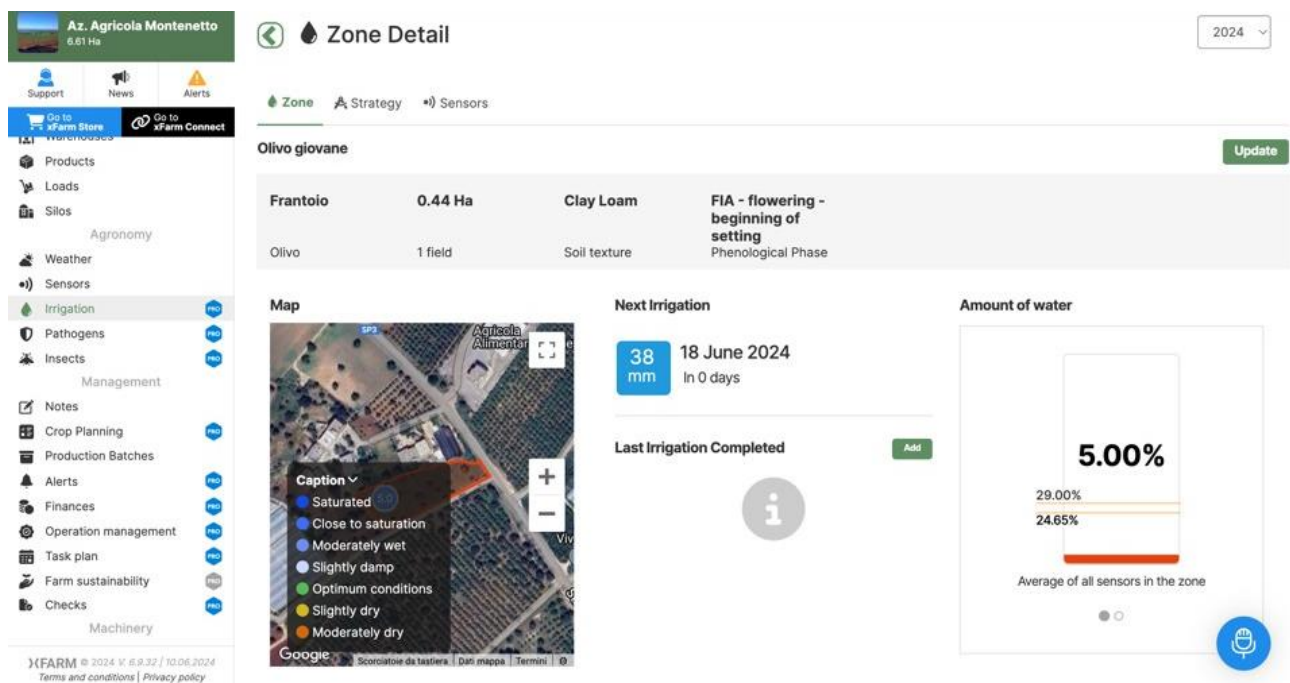


Figura I7 - Requisito DI – risparmio idrico



Figura 18 - sistema gestionale per la digitalizzazione delle informazioni agronomiche

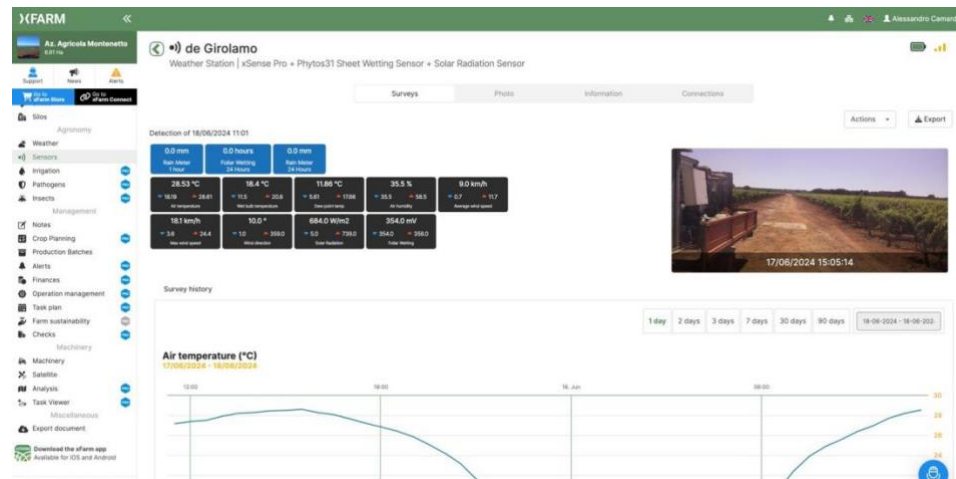


Figura 19 - sistema di monitoraggio del microclima

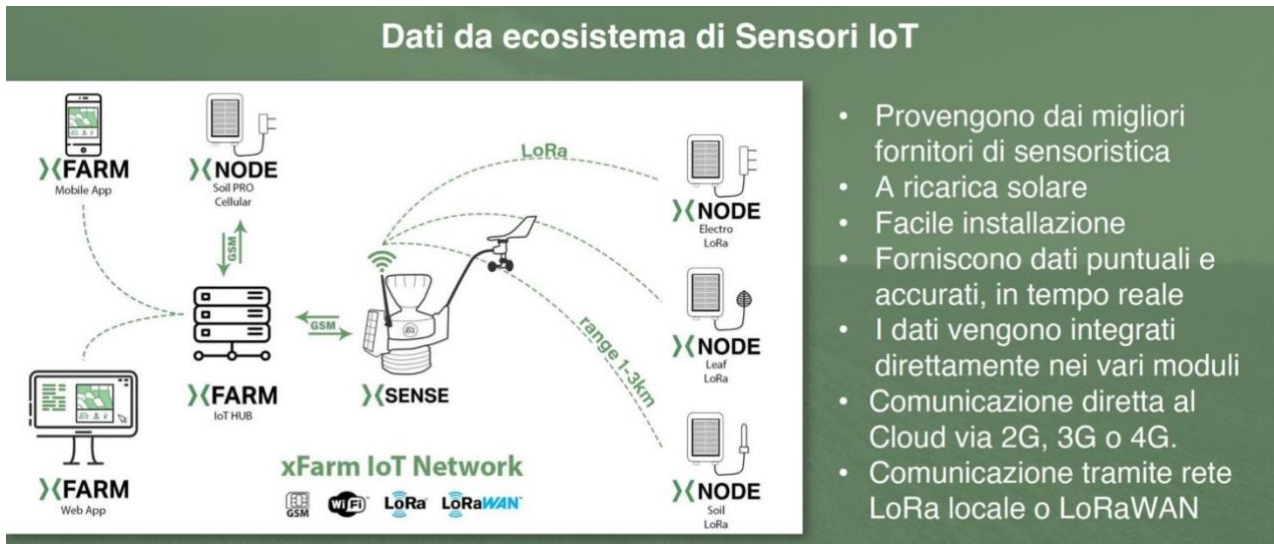


Figura 20 - schema di funzionamento del sistema IoT per la stazione meteo e gli accessori disponibili

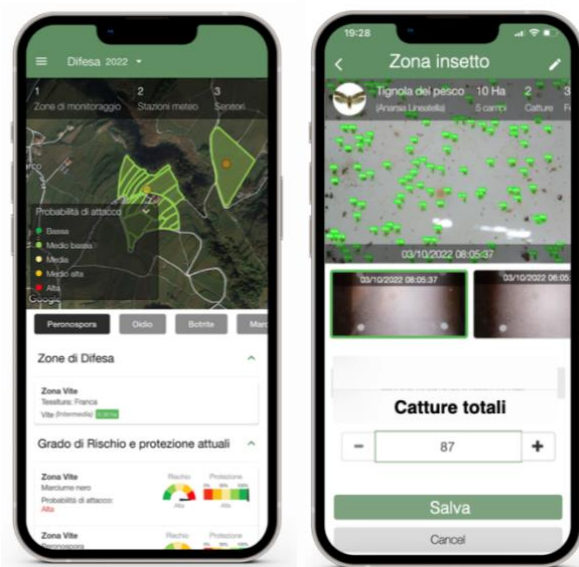


Figura 21 - monitoraggio anche tramite il DSS insetti

10 Conclusioni

L'analisi approfondita condotta nel presente elaborato tecnico-agronomico consente di affermare con solidità che l'impianto agrivoltaico avanzato progettato nel Comune di Terre del Reno (FE) rappresenta un modello integrato e virtuoso di coesistenza tra produzione agricola e generazione di energia da fonte rinnovabile. L'estensione significativa dell'area (113,2 ettari), la sua collocazione nel cuore della pianura padana orientale, la vocazione agricola consolidata del comprensorio e le caratteristiche agroambientali favorevoli hanno consentito la definizione di un progetto agronomico coerente, tecnicamente valido e funzionale rispetto agli obiettivi di sostenibilità ambientale e produttiva.

Il sistema agrivoltaico proposto è stato concepito secondo i principi dell'integrazione reale tra agricoltura e fotovoltaico, ovvero come strumento di valorizzazione congiunta del suolo agricolo, anziché come mera sovrapposizione tra due usi potenzialmente confliggenti. La configurazione impiantistica adottata – basata su moduli ad inseguimento monoassiale installati a tre metri di altezza dal suolo, con pitch pari a 5,5 metri e interfilari utili di quattro metri – garantisce infatti la piena accessibilità meccanica agli spazi di coltivazione, senza pregiudicare le operazioni colturali e la funzionalità delle rotazioni previste.

Dal punto di vista pedologico, l'area si caratterizza per la presenza di suoli di origine alluvionale, profondi, ben strutturati e ricchi di frazione fine, con tessiture franco-sabbiose e franco-limose favorevoli alla radicazione delle colture erbacee. La presenza di un apparato radicale espanso, come quello dell'erba medica, trova in questo contesto un ambiente ideale per svilupparsi in profondità, migliorando la struttura del suolo e contribuendo a un'efficiente fissazione dell'azoto atmosferico. La buona dotazione di sostanza organica nei primi orizzonti e il pH neutro-subalcalino completano il quadro di elevata fertilità agronomica, che rappresenta un fattore chiave per la produttività del fondo anche in condizioni di ombreggiamento parziale.

Il clima temperato subcontinentale della zona, caratterizzato da inverni rigidi e umidi, estati calde e afose e distribuzione bimodale delle precipitazioni, impone tuttavia una gestione colturale attenta e resiliente, in particolare in relazione alla disponibilità idrica durante i mesi estivi. In tale contesto, l'effetto parzialmente ombreggiante dei moduli fotovoltaici costituisce un elemento di vantaggio agronomico: la riduzione dell'irraggiamento diretto al suolo comporta infatti una diminuzione dell'evapotraspirazione e un rallentamento della perdita di umidità nei primi orizzonti, con benefici significativi per le colture erbacee a ciclo estivo e per il mantenimento della vitalità biologica del suolo.

La scelta delle specie vegetali da impiegare sotto impianto è stata effettuata con approccio scientifico e metodologico, tenendo conto sia delle caratteristiche ambientali sia degli obiettivi multifunzionali del progetto. L'alternanza tra cicli pluriennali di Medicago sativa e fasi rigenerative affidate a miscugli foraggeri annuali a base di graminacee e leguminose consente di costruire un sistema colturale flessibile, resiliente ai cambiamenti climatici e sostenibile nel lungo periodo. L'erba medica, grazie al suo comportamento rizogeno e alla capacità di insediarsi stabilmente anche in presenza di ombreggiamento, costituisce la coltura cardine del sistema, in grado di assicurare un flusso costante di biomassa foraggera e di migliorare la qualità agronomica dei terreni. I miscugli annuali, invece, svolgono un ruolo complementare, garantendo la rigenerazione del cotico, la diversificazione botanica e un presidio efficace contro l'erosione e le infestanti.

Il layout dell'impianto è stato progettato in modo da assicurare la piena compatibilità tra infrastruttura energetica e attività agricola: le altezze libere, le distanze tra i moduli e la geometria dei filari consentono il passaggio agevole dei mezzi agricoli, anche durante operazioni complesse come la raccolta e la pressatura del foraggio. È stato infatti selezionato un parco macchine composto da trattrici compatte, attrezzature portate e trainate a larghezza contenuta e sistemi di imballaggio e movimentazione del foraggio coerenti con i vincoli strutturali dell'impianto. La possibilità di operare in sicurezza, efficienza e continuità lungo tutto l'anno colturale dimostra che la meccanizzazione non subisce limitazioni sostanziali a causa della presenza dei moduli, e che anzi il sistema risulta ben integrato dal punto di vista funzionale.

Un ulteriore elemento di rilevanza è rappresentato dalla fascia perimetrale di mitigazione paesaggistica, concepita non solo come elemento di compensazione visiva, ma anche come strumento attivo di miglioramento della qualità ecologica del sito. La scelta di arbusti autoctoni e naturalizzati, come *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Euonymus europaeus* e *Ligustrum vulgare*, consente di creare una barriera vegetale multifunzionale, capace di ospitare insetti impollinatori, uccelli e microfauna utile, contribuendo alla formazione di microhabitat ecologicamente rilevanti. In tal senso, la fascia di mitigazione si configura come parte integrante dell'agroecosistema, capace di restituire al territorio non solo un valore estetico, ma anche un servizio ecosistemico tangibile.

L'analisi economica e l'osservanza delle Unità Lavorative Uomo confermano che l'attività agricola può essere mantenuta nei medesimi termini dell'ante operam, senza compromissioni sul piano della redditività, della sostenibilità economica o del fabbisogno occupazionale. La Plv unitaria stimata per l'erba medica è del tutto coerente con le condizioni produttive della zona e conferma che l'attività agricola potrà continuare a rappresentare un pilastro economico per l'azienda, pur in presenza della nuova componente energetica. Dal punto di vista normativo, infine, il progetto risponde in maniera puntuale e documentata a tutti i requisiti previsti dalle Linee Guida MASE e dalla normativa regionale. I parametri relativi alla superficie coltivata (75,6%), al LAOR (31,89%), alla producibilità elettrica (superiore al 94% rispetto a un impianto standard) e alla continuità dell'attività agricola sono stati pienamente rispettati. Il sistema di monitoraggio previsto – basato su stazione agrometeorologica, DSS e redazione annuale di una relazione agronomica asseverata – garantisce la trasparenza e la tracciabilità delle attività agricole e ambientali, rendendo possibile una valutazione costante delle prestazioni del sistema nel tempo.

In conclusione, l'impianto agrivoltaico avanzato di Terre del Reno si configura come un modello esemplare di progettazione integrata tra agricoltura e fotovoltaico, in cui la sinergia tra i due sottosistemi non solo è possibile, ma diviene fonte di valore aggiunto per il territorio. La qualità agronomica dei suoli, la disponibilità irrigua, il contesto climatico favorevole e la strutturazione tecnica dell'impianto concorrono a creare le condizioni ideali per una coesistenza proficua tra produzione agricola e produzione di energia pulita, nel rispetto delle vocazioni locali, della sostenibilità ambientale e delle politiche di decarbonizzazione. Il progetto, quindi, non rappresenta una sottrazione di superficie utile all'agricoltura, bensì una sua evoluzione, capace di integrare l'innovazione tecnologica con la tutela e la valorizzazione delle risorse agricole e paesaggistiche locali.

Pescara, lì 30 Luglio 2025



In fede

II BIBLIOGRAFIA

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), 2022 – Linee guida per l'individuazione dei requisiti minimi degli impianti agrivoltaici avanzati ai fini dell'accesso agli incentivi, Roma.

Regione Emilia-Romagna, 2022 – D.G.R. n. 2260 del 27 dicembre 2022 – Criteri per la realizzazione di impianti agrivoltaici in area agricola ai sensi delle Linee Guida MASE, Bologna.

Regione Emilia-Romagna – Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli – Carta dell'Uso del Suolo (banca dati 2023), consultabile tramite Geoportale regionale: <https://geoportale.regione.emilia-romagna.it>

ARPAE Emilia-Romagna – Dati agrometeorologici storici e climatici del comprensorio ferrarese, stazione Mirabello – annualità medie 2000–2022. Accesso tramite piattaforma <https://www.arpae.it>

ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), 2021 – Carta del Fitoclima d'Italia – Classificazione Pavari – Blasi.

CREA (Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria), 2020 – Atlante agroclimatico nazionale – Serie agronomica e fitoclimatica, Roma.

Bonciarelli, F., 2003 – Coltivazioni erbacee – Agronomia generale e agronomia speciale, Edagricole, Bologna.

Canali, S., Tittarelli, F., 2018 – Tecniche agronomiche a basso impatto ambientale per sistemi foraggeri sostenibili, CREA Agricoltura e Ambiente, Roma.

CRPA – Centro Ricerche Produzioni Animali, 2022 – Schede colturali per foraggiere poliennali e erbai annuali in pianura irrigua, Reggio Emilia.

Hassanpour Adeg, E., Selker, J. S., Higgins, C. W., 2018 – Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology, and water-use efficiency, PLOS ONE 13(11): e0203256.

Gaviglio, A., Demartini, E., Galli, A., 2020 – Agrivoltaico: coesistenza e potenzialità tra sistemi agricoli e fotovoltaici in Italia, Dip. Scienze Agrarie e Ambientali – Università degli Studi di Milano.

Dell'Agli, M., Cavallo, E., 2017 – Macchine e meccanizzazione agricola per la gestione sostenibile delle colture erbacee, AIIA – Associazione Italiana Ingegneria Agraria, Milano.

FederUnacoma, 2023 – Guida alle macchine agricole e trattori di nuova generazione per l'agricoltura di precisione, BolognaFiere.

Google Earth Pro, 2024 – Rilievo topografico, profilo altimetrico e struttura del reticolo podereale della zona Terre del Reno (FE).

Rete Rurale Nazionale, 2022 – Progettazione di siepi agrarie e fasce tampone multifunzionali in contesti di pianura irrigua – Linee operative per l'uso di specie autoctone.

Regione Emilia-Romagna – Direzione Ambiente, 2020 – Manuale tecnico per la realizzazione di siepi, filari e boschetti in area agricola, con allegato elenco delle specie arbustive autoctone dell'Emilia centro-orientale.

ISPRA, 2016 – Linee guida per la progettazione di elementi di mitigazione paesaggistica in ambito rurale, Roma.

Pignatti, S., 2017 – Flora d'Italia – Vol. I-IV, Edagricole, Bologna.