

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

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

Localizzazione: Via Ro snc, Ferrara (FE)

Firma Elaborato:



Gruppo di Lavoro:

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

Società proponente:

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

Titolo elaborato:

Relazione Agronomica

Codice Elaborato:

VIA-02_Rel_07_Agro_00

Formato:

Scala:

Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	03/26	Prima Emissione	S.P.	S.P.	S.P.
01					
02					
03					
04					

Indice

Indice	1
Indice delle tabelle.....	6
Indice delle figure	8
1 Riepilogo	9
2 Premesse.....	11
2.1 Riferimenti.....	11
2.2 Definizioni e simbologia.....	11
3 Inquadramento	13
3.1 Il ruolo delle fonti rinnovabili e i sistemi agrivoltaici	13
3.2 La definizione normativa di sistema agrivoltaico	13
3.3 Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici (MASE, giugno 2022).....	13
3.4 Il DM Agrivoltaico e le Regole Operative	14
3.5 Le Buone Pratiche Agricole.....	15
3.6 L' idoneità delle aree agricole.....	15
3.7 Disciplina delle aree idonee nel Testo Unico FER	16
3.8 Distinzione tra PLV aziendale e Produzione Lorda del sito	16
3.9 Metodologia di stima della PL	17
3.10 La questione dei prezzi	17
3.11 Le produzioni intercalari e la loro valorizzazione.....	18
3.12 Norme e documenti di riferimento	18
4 L'area di intervento.....	19
4.1 Localizzazione	19
4.2 I suoli	20
4.2.1 Descrizione della consociazione VAL1	21
4.2.2 Classificazione tassonomica	21
4.2.3 Orizzonti genetici e proprietà fisico-chimiche.....	22
4.2.4 Qualità specifiche e limitazioni.....	22
4.2.5 Capacità d'uso dei suoli (Land Capability Classification)	23

4.2.6	Attitudine dei suoli VAL1 alle colture agrivoltaiche.....	24
4.3	Il clima	25
4.3.1	Classificazione climatica	25
4.3.2	Regime termico.....	25
4.3.3	Regime pluviometrico	25
4.3.4	Evapotraspirazione e bilancio idro-climatico.....	25
4.3.5	Implicazioni agronomiche del clima	26
4.4	L'attività agricola preesistente	26
4.4.1	Ripartizione delle superfici	26
5	Verifica dei requisiti agrivoltaici	28
5.1	L'attività agricola nel sistema agrivoltaico	28
5.1.1	I parametri dimensionali del progetto	28
5.1.2	Classificazione delle superfici agrivoltaiche.....	29
5.1.3	Piano colturale del sistema agrivoltaico.....	30
5.1.4	Comparto foraggero.....	30
5.1.5	Comparto orticolo	31
5.2	Relazioni tra superfici agrivoltaiche (Requisiti A).....	31
5.2.1	Superfici dello stato di fatto	31
5.2.2	Superfici dello stato di progetto.....	32
5.2.3	Superfici riclassificate secondo le Regole Operative	33
5.2.4	Verifica dei requisiti A	33
5.3	La continuità dell'attività agricola (Requisito B.1) e la produzione del sito (art. 11-bis D.Lgs. 190/2024).....	33
5.3.1	Verifica della produttività (Requisito B.1 — PS RICA)	34
5.3.2	Verifica della produzione (art. 11-bis D.Lgs. 190/2024 — PL)	35
5.4	La producibilità elettrica (REQUISITO B.2)	37
5.5	La soluzione integrativa innovativa (REQUISITO C).....	41
5.6	Il sistema di monitoraggio (REQUISITO D)	41
5.6.1	Monitoraggio della continuità dell'attività agricola (Requisito D.2)	41
5.6.2	Monitoraggio del risparmio idrico (Requisito D.1)	42
5.6.3	Protocollo operativo di monitoraggio (Requisito D.2).....	42

5.7	Il monitoraggio “sperimentale” (REQUISITO E)	43
5.8	La qualificazione di impianto agrivoltaico avanzato	43
6	Conclusioni.....	45
6.1	Risultati conseguiti	45
6.2	Peculiarità del sistema agrivoltaico	45
6.2.1	Flessibilità produttiva e traguardi.....	46
7	APPENDICE — PIANO COLTURALE DI DETTAGLIO DEL SISTEMA AGRIVOLTAICO	47
7.1	Introduzione	47
7.2	Valutazione dell’ombreggiamento dell’interfila	47
7.2.1	Parametri geometrici dell’impianto	47
7.2.2	Dinamica dell’ombreggiamento	48
7.2.3	DLI posizionale e idoneità colturale	49
7.2.4	Effetto microclimatico dell’ombreggiamento	50
7.2.5	Compatibilità con la meccanizzazione.....	50
7.3	Orticole.....	51
7.3.1	Inquadramento pedoclimatico ai fini orticoli	51
7.3.2	Criteri di selezione delle specie orticole.....	51
7.3.3	Specie orticole selezionate.....	51
7.3.4	Schema rotazionale orticolo.....	52
7.3.5	Gestione irrigua delle colture orticole.....	52
7.3.6	Meccanizzazione delle colture orticole	53
7.3.7	Calendario operativo orticolo	54
7.4	Foraggiere	55
7.4.1	Inquadramento e finalità della quota foraggera	55
7.4.2	Composizione dei miscugli	55
7.4.3	Gestione agronomica degli erbai	55
7.4.4	Meccanizzazione delle colture foraggiere.....	56
7.4.5	Stima del fabbisogno di manodopera	56
7.5	Conclusioni	57
7.6	Bibliografia.....	58

8	ALLEGATO: SISTEMA DI MONITORAGGIO	59
8.1	QUADRO NORMATIVO.....	59
8.2	SOGGETTI	59
8.3	ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO	59
8.3.1	Verifica requisiti spaziali (A, C)	59
8.3.2	Monitoraggio efficienza elettrica (B.2).....	59
8.3.3	Verifica continuità agricola (B.1, D.2) e risparmio idrico (D.1)	59
8.3.4	Monitoraggio del risparmio idrico (se applicabile)	60
8.4	PROTOCOLLO OPERATIVO	60
8.4.1	Attività azienda agricola	60
8.4.2	Valutazione annuale dell’agronomo.....	60
8.4.3	Valutazione triennale dell’agronomo	60
8.4.4	Relazione tecnica annuale.....	61
8.4.5	Relazione tecnica triennale	61
8.5	GESTIONE NON CONFORMITÀ	61
8.5.1	Procedura di intervento	61
8.5.2	CRONOPROGRAMMA ANNUALE	61
8.5.3	CONFORMITÀ NORMATIVA.....	61
8.5.4	BENEFICI DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO.....	61
9	ASSEVERAZIONE AGRONOMICA.....	73
	DATI DEL PROFESSIONISTA ASSEVERANTE	73
	DATI DEL PROPONENTE.....	73
	DATI DELL’IMPIANTO AGRIVOLTAICO	73
	STIMA DELLA PLV.....	74
	CONFRONTO TRA PLV	74
	CONDIZIONI DELL’ASSEVERAZIONE	75
	ALEATORietà DELLE CONDIZIONI METEO-CLIMATICHE E DI MERCATO.....	75
	RISCHI FITOPATOLOGICI E FITOSANITARI	75
	VARIABILITÀ DELLE CONDIZIONI DI MERCATO	75
	APPROPRIATEZZA DELLE OPERAZIONI COLTURALI	75

AGGIORNAMENTO DEL PIANO CULTURALE.....	76
DICHIARAZIONE	76

Indice delle tabelle

Tabella 1: Riepilogo del conseguimento dei requisiti agrivoltaici	10
Tabella 2: Individuazione catastale del sito di intervento	19
Tabella 3: Orizzonti genetici del suolo VAL1 e proprietà fisico-chimiche (valori modali). Fonte: Catalogo Suoli, Regione Emilia-Romagna (2021)	22
Tabella 4: Ripartizione della Superficie Agricola Totale (SAT) per destinazione, media quinquennale 2021–2025	26
Tabella 5: Parametri dimensionali di particolare rilievo agrario	28
Tabella 6: Classificazione della SAU di progetto per zona funzionale	30
Tabella 7: Schema di rotazione quinquennale del comparto foraggero	30
Tabella 8: Colture orticole nel sistema agrivoltaico: coefficienti K_{agv} , rese e prezzi di riferimento	31
Tabella 9: Superfici agricole dello stato di fatto (fascicolo aziendale 2025).....	32
Tabella 10: Superfici agricole dello stato di progetto.....	32
Tabella 11: Superfici riclassificate secondo le Regole Operative del DM Agrivoltaico	33
Tabella 12: Verifica dei requisiti agrivoltaici A	33
Tabella 13: Produttività media anteriore	34
Tabella 14: Produttività media agrivoltaico	34
Tabella 15: Verifica del requisito B.1.....	34
Tabella 16: Produzione lorda media anteriore.....	35
Tabella 17: Produzione lorda media agrivoltaico	35
Tabella 18 - Conseguimento del requisito “PLV”	36
Tabella 19: Parametri e risultati della simulazione di produzione fotovoltaica.....	37
Tabella 20: Verifica del requisito B.2.....	38
Tabella 21: Riepilogo dei requisiti conseguiti dall’impianto agrivoltaico	43
Tabella 22: Ripartizione della SAU di progetto per destinazione colturale	47
Tabella 23: Parametri geometrici dell’impianto agrivoltaico rilevanti per l’analisi dell’ombreggiamento	48
Tabella 24: PAR relativa media per zona (frazione del DLI in pieno sole, P50 interannuale, modello pvlib multi-tracker)	48
Tabella 25: DLI stimato per zona dell’interfila ($\text{mol PAR m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, P50 interannuale)	49
Tabella 26: Specie orticole proposte.....	51
Tabella 27: Schema rotazionale quinquennale della quota orticola (5 parcelle $\times$ 0,33 ha).....	52

Tabella 28: Fabbisogni idrici colturali stimati in pieno sole e in regime agrivoltaico. Kc da FAO-56 (Allen et al., 1998); riduzione ETc agriPV da letteratura	52
Tabella 29: Stima dei volumi irrigui annui per la quota orticola.....	53
Tabella 30: Parco macchine e attrezzature per le operazioni orticole	54
Tabella 31: Calendario operativo delle colture orticole	54
Tabella 32: Composizione dei miscugli foraggeri	55
Tabella 33: Parco macchine per le operazioni foraggiere	56
Tabella 34: Stima del fabbisogno di manodopera per coltura orticola (ore/ha per ciclo annuale, inclusa maggiorazione agriPV +15% per vincoli meccanizzazione VAL1)	56
Tabella 35: Fabbisogno di manodopera post-intervento per componente colturale	57
Tabella 36: Confronto del fabbisogno di manodopera ante e post-intervento	57
Tabella 37: Dati estratti dai piani colturali	62

Indice delle figure

Figura 1. Localizzazione dell'area di intervento nell'agro a est di Ferrara.....	20
Figura 2 - Localizzazione del sito nella UC 6842, suoli VAL1, consociazione dei suoli VALLONA franco argillosi limosi.....	21
Figura 3 - Utilizzo della SAU ante intervento.....	27
Figura 4 - Allocazione della SAU (campiture verdi) nel sistema agrivoltaico	29
Figura 5 - SAU e SANU sotto e in vicinanza dei tracker	29
Figura 6 - Confronto tra i risultati produttivi ante e post intervento	37
Figura 7: Simulazione della producibilità elettrica dell'impianto di progetto	40
Figura 8: Simulazione della producibilità elettrica dell'impianto di riferimento	41

1 Dati generali del progetto

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

2 Riepilogo

La presente relazione agronomica è redatta dal dott. agr. Stefano Pesavento, iscritto all'Ordine dei dottori agronomi e forestali della Regione Friuli-Venezia Giulia al n. 233A, a corredo del progetto per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico denominato "FERRARA", proposto dalla società OPR SUN 55 S.r.l., nel Comune di Ferrara (FE), di potenza nominale pari a 25.662 kWp su tracker monoassiali.

La trattazione verifica il conseguimento dei requisiti A, B, C, D stabiliti dalle Linee Guida in materia di impianti agrivoltaici (MASE, 2022) e il requisito di PLV previsto dal D.Lgs. 190/2024. L'elaborato costituisce la base tecnica per la dichiarazione asseverata prevista dalla medesima norma.

Tabella 1: Riepilogo del conseguimento dei requisiti agrivoltaici

Requisito	Descrizione	Conseguimento
A.1	Superficie agricola / Superficie totale $\geq 70\%$	87%
A.2	Superficie totale di ingombro / Superficie totale $\leq 40\%$	26%
B.1	Produttività agrivoltaico / Produttività anteriore ≥ 1	102%
B.2	Produzione elettrica agrivoltaica / Produzione elettrica di riferimento $\geq 60\%$	72%
C	Integrazione tra attività	Tipo 1
D.1	Monitoraggio del risparmio idrico	Previsto
D.2	Monitoraggio della continuità	Secondo Linee guida per il monitoraggio CREA-GSE
E	Monitoraggio per impianti sperimentali-PNRR N	Non previsto
art. 4	"Impianto fotovoltaico che preserva la continuità delle attività colturali e pastorali sul sito di installazione"	Confermato
art. 11-bis	PLV agrivoltaico $> 80\%$ PLV antecedente	105%

3 Premesse

L'elaborato tratta degli aspetti agronomici relativi all'integrazione tra l'attività agricola e quella fotovoltaica, nonché degli aspetti agroforestali relativi alla mitigazione ambientale perimetrale, con riferimento all'impianto agrivoltaico denominato "FERRARA", proposto dalla società OPR SUN 55 S.r.l. (P.IVA 13511810965), con sede legale in Via Ceresio 7, 20154 Milano, da realizzarsi nel Comune di Ferrara (FE) su una superficie complessiva di circa 420.058 m².

L'impianto, di potenza nominale pari a 25.662 kWp e di potenza AC di connessione pari a 22.500 kW, prevede l'installazione di 34.216 moduli fotovoltaici bifacciali da 750 Wp su strutture ad inseguimento monoassiale (tracker), con connessione alla rete AT a 36 kV, gestita da Terna S.p.A., mediante l'ampliamento della SE RTN 380/132 kV "Ferrara Focomorto".

La relazione è redatta dal sottoscritto Dott. Agr. Stefano Pesavento, iscritto all'Ordine dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali del Friuli-Venezia Giulia al n. 233A, in qualità di professionista abilitato ai sensi dell'art. 11-bis del D.Lgs. 25 novembre 2024, n. 190.

L'elaborato recepisce i contenuti e i documenti di progetto, considera le norme vigenti e le informazioni agroambientali reperibili presso banche dati pubbliche; riporta inoltre informazioni desunte dai sopralluoghi effettuati dal sottoscritto estensore.

La trattazione persegue le seguenti finalità:

- a) illustrare e verificare il conseguimento dei requisiti A, B, C, D ed E stabiliti dalle Linee Guida in materia di impianti agrivoltaici (MASE, 2022) e dal DM 22 dicembre 2023, n. 436;
- b) stimare la Produzione Lorda (PL) del sito nelle condizioni ante-operam e post-operam, verificando il mantenimento della soglia minima dell'80% di cui all'art. 11-bis del D.Lgs. 190/2024, come modificato dalla L. 15 gennaio 2026, n. 4;
- c) predisporre la dichiarazione asseverata attestante l'idoneità dell'impianto a conservare almeno l'80% della PL agricola rispetto alla condizione ante-operam.

3.1 Riferimenti

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

- Relazione tecnica generale (VIA-02_Rel_01_Desc-impianto_00)
- Tavola agronomica (VIA-02_Elab_06_Agro_00)
- Layout di impianto (VIA-02_Elab_01_Layout_00)
- Relazione di inquadramento urbanistico (VIA-02_Rel_02_Urbanistica_00)
- Relazione geologica (VIA-02_Rel_08_Geologica_00)
- Gestione canali e vasche di laminazione (VIA-02_Elab_08_Idraulica_00)
- Miglioramento fondiario (VIA-02_Elab_07_Migl_fond_00)
- Piani colturali presenti nell'anagrafe regionale

3.2 Definizioni e simbologia

PL — Produzione Lorda del sito. Stimatore della Produzione Lorda Vendibile (PLV) di cui all'art. 11-bis del D.Lgs. 190/2024, calcolato come la somma dei valori di produzione attribuibili alle singole colture praticate sul perimetro catastale del sito di intervento. La PL, in generale, è determinata sulla base di rese statistiche (fonte

ISTAT) e di prezzi medi all'origine (fonte ISMEA), anziché su dati contabili aziendali, per le ragioni metodologiche esposte nel prosieguo. La dizione "PL" è adottata nel presente elaborato per distinguere lo stimatore dalla PLV effettiva, che si determinerà esclusivamente in fase di esercizio sulla base dei dati contabili consuntivi. In assenza di rilevazioni statistiche dei prezzi o delle rese per certi prodotti si assumono valori coerenti con quelli pubblicati in altre fonti e in ragione della personale conoscenza.

PLV — Produzione Lorda Vendibile. Valore della produzione agricola aziendale in un determinato esercizio, comprensivo dei ricavi di vendita, delle variazioni di scorte, dei reimpieghi e dell'autoconsumo. Grandezza normativa di riferimento ai sensi dell'art. 11-bis del D.Lgs. 190/2024.

SAU — Superficie Agricola Utilizzata. Superficie effettivamente coltivata in un determinato esercizio, al netto di tare, fabbricati, strade interpoderali e altre superfici non produttive.

SAT — Superficie Agricola Totale. Superficie complessiva dell'azienda, comprensiva di SAU, boschi, tare e fabbricati.

S_tot — Superficie totale del sistema agrivoltaico. Superficie complessiva occupata dall'impianto, comprensiva delle aree fotovoltaiche, coltivate, destinate a servizi e infrastrutture.

S_agricola — Superficie destinata all'attività agricola. Superficie del sistema agrivoltaico effettivamente adibita a coltivazione o pascolo. Deve risultare $\geq 0,70 \times S_tot$ (Requisito A.1).

S_pv — Superficie di ingombro dei moduli fotovoltaici. Proiezione a terra della superficie dei moduli nella configurazione di massima estensione.

LAOR — Land Area Occupation Ratio. Rapporto S_pv / S_tot , espresso in percentuale. Deve risultare $\leq 40\%$ (Requisito A.2).

K_agv — Coefficiente di compatibilità agrivoltaica. Rapporto tra la resa attesa di una coltura sotto le strutture agrivoltaiche e quella in pieno campo. Determinato per 5 gruppi di compatibilità: A = 0,95, B = 0,85, C = 0,90, D1 = 0,83, D2 = 0,73.

K_red — Coefficiente di riduzione del secondo raccolto. Fattore correttivo applicato alla resa del secondo ciclo colturale nella medesima annata agraria, per tener conto della riduzione produttiva attesa.

R — Rapporto PL agrivoltaica / PL anteriore. $R = PL_post / PL_ante$. Deve risultare $\geq 0,80$ ai sensi dell'art. 11-bis del D.Lgs. 190/2024.

PS — Produzione Standard. Coefficiente economico elaborato dal CREA nell'ambito della RICA, che esprime il valore monetario medio della produzione lorda per ettaro di una determinata coltura, calcolato in condizioni ordinarie su base regionale e su medie quinquennali.

BPA — Buone Pratiche Agricole. Insieme dei metodi colturali che un agricoltore diligente impiegherebbe nella regione interessata (art. 28, Reg. CE 1750/1999).

4 Inquadramento

4.1 Il ruolo delle fonti rinnovabili e i sistemi agrivoltaici

La crescente domanda di energia da fonti rinnovabili, elemento cardine delle strategie di decarbonizzazione adottate a livello europeo e nazionale, ha determinato un significativo incremento della pressione competitiva sul suolo agricolo, in particolare per la realizzazione di impianti fotovoltaici a terra. In risposta a tale criticità, la comunità scientifica e il legislatore hanno progressivamente riconosciuto nei sistemi agrivoltaici una soluzione capace di coniugare la produzione energetica con il mantenimento della vocazione agricola dei suoli (Weselek et al., 2019; Trommsdorff et al., 2021).

I sistemi agrivoltaici (APV o AGV) favoriscono la coesistenza spaziale e funzionale tra moduli fotovoltaici e coltivazioni agricole o attività zootecniche sul medesimo appezzamento, consentendo un uso sinergico della radiazione solare incidente. La letteratura internazionale evidenzia come, in condizioni pedoclimatiche e colturali appropriate, l'ombreggiamento parziale indotto dai moduli possa attenuare gli stress termici e idrici sulle colture sottostanti, con effetti positivi sulla resa di alcune specie in ambienti caratterizzati da elevata radiazione estiva e deficit idrico (Barron-Gafford et al., 2019; Marrou et al., 2013).

L'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA, 2025) prevede che la capacità fotovoltaica globale superi il raddoppio nel quinquennio 2025–2030, rendendo il solare la principale fonte rinnovabile a livello mondiale. In tale contesto, l'Italia si è posta obiettivi ambiziosi: il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) prevede il raggiungimento di una quota del 30% di energia da fonti rinnovabili sui consumi finali lordi entro il 2030, con un ruolo preponderante assegnato al solare fotovoltaico. L'esigenza di contemperare tali obiettivi energetici con la tutela del suolo agricolo, risorsa limitata e non rinnovabile, ha stimolato lo sviluppo di un quadro normativo specifico per gli impianti agrivoltaici, che il legislatore italiano ha progressivamente strutturato attraverso linee guida ministeriali, decreti attuativi e, infine, una definizione legislativa primaria.

4.2 La definizione normativa di sistema agrivoltaico

Il Testo Unico sulle Fonti Rinnovabili (D.Lgs. 25 novembre 2024, n. 190), entrato in vigore il 30 dicembre 2024, ha introdotto, per la prima volta, nell'ordinamento italiano una definizione legislativa di impianto agrivoltaico, collocandola all'art. 4, comma 1, lettera f-bis). La norma qualifica come agrivoltaico l'impianto fotovoltaico che preserva la continuità delle attività colturali e pastorali sul sito di installazione, anche mediante la rotazione dei moduli collocati in posizione elevata rispetto al suolo e l'impiego di strumenti di agricoltura digitale e di precisione.

Tale definizione supera la precedente natura di soft law attribuita alle caratteristiche agrivoltaiche, finora affidate alle Linee Guida ministeriali del 27 giugno 2022, e innesta il parametro definitorio direttamente nel quadro della disciplina autorizzativa primaria (Tedioli, 2026).

4.3 Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici (MASE, giugno 2022)

Le Linee Guida, elaborate dal Gruppo di lavoro coordinato dal Dipartimento Energia del MASE con la partecipazione di CREA, ENEA, GSE e RSE, conservano piena rilevanza tecnica in quanto definiscono le caratteristiche costruttive e i requisiti di monitoraggio che un impianto deve possedere per essere qualificato come "agrivoltaico" o "agrivoltaico avanzato". La Parte II delle Linee Guida individua cinque categorie di requisiti.

Requisito A — Configurazione spaziale e costruttiva. L'impianto deve adottare una configurazione che non comprometta la continuità dell'attività agricola. Il requisito si declina in: A.1, superficie minima coltivata ($S_{\text{agricola}} \geq 0,70 \times S_{\text{tot}}$); A.2, LAOR massimo ($S_{\text{pv}} / S_{\text{tot}} \leq 40\%$).

Requisito B — Continuità dell'attività agricola e producibilità elettrica. Si articola in: B.1, mantenimento della continuità dell'attività agricola, con riguardo all'esistenza e alla resa delle coltivazioni e al mantenimento dell'indirizzo produttivo; B.2, producibilità elettrica non inferiore al 60% di quella di un impianto fotovoltaico standard di pari potenza.

Requisito C — Soluzione integrativa e innovativa. L'impianto deve adottare soluzioni integrative innovative con effetti positivi sul microclima, sulla resilienza ai cambiamenti climatici, sul risparmio idrico o sul recupero della fertilità del suolo.

Requisito D — Monitoraggio agronomico. Si articola in: D.1, monitoraggio del risparmio idrico (ove applicabile); D.2, monitoraggio della continuità dell'attività agricola e della produttività.

Requisito E — Monitoraggio supplementare. È applicabile ai sistemi sperimentali ammessi ai contributi del PNRR.

Il rispetto congiunto dei requisiti A, B, C e D è necessario per la qualificazione dell'impianto come "agrivoltaico avanzato" ai sensi dell'art. 65, commi 1-quater e 1-quinqies, del D.L. 1/2012, convertito dalla L. 27/2012. Il rispetto di tutti i requisiti A, B, C, D ed E è condizione per l'accesso ai contributi del PNRR.

4.4 Il DM Agrivoltaico e le Regole Operative

Il DM 22 dicembre 2023, n. 436, in vigore dal 14 febbraio 2024, disciplina i criteri e le modalità per l'incentivazione degli impianti agrivoltaici sperimentali, in attuazione della misura PNRR, Missione 2, Componente 2, Investimento 1.1 "Sviluppo agrovoltaico". Le Regole Operative, approvate con DD 233 del 16 maggio 2024 e aggiornate con DD 251 del 31 maggio 2024, declinano le procedure di verifica dei requisiti progettuali e i criteri di ammissibilità.

Le Linee guida per il monitoraggio della continuità dell'attività agricola, adottate ai sensi dell'art. 11, comma 1, del D.L. 17/2022, convertito dalla L. 34/2022, delineano le modalità operative del monitoraggio periodico. I contenuti della relazione di monitoraggio comprendono: la storia del sito e dell'azienda; le criticità ambientali; le attività di semina e raccolto negli ultimi tre anni, con dettaglio delle modalità colturali; le infrastrutture irrigue e gli strumenti di agricoltura di precisione; la metodologia di rilevazione dei consumi irrigui; i dati economici compilati secondo la procedura contabile RICA. In fase iniziale, la relazione agronomica viene elaborata e successivamente aggiornata annualmente. Con cadenza triennale, a partire dal sesto anno dall'entrata in esercizio, è prevista anche una valutazione dell'impatto sulle colture e sulla produttività. Il monitoraggio del risparmio idrico ha una periodicità annuale per le sole colture irrigue e richiede l'installazione di misuratori volumetrici.

L'Appendice 1 alle Regole Operative (DD 233/2024, aggiornate con DD 251/2024) precisa i criteri operativi per la determinazione di S_{tot} e S_{agricola} , che costituiscono le grandezze di riferimento per la verifica del requisito A.1.

La superficie totale del sistema agrivoltaico (S_{tot}) è l'area che comprende la superficie destinata alle attività agricole e quella su cui insiste l'impianto fotovoltaico. Essa corrisponde alla porzione di superficie destinata alla produzione agricola, disponibile per il soggetto richiedente, prescelta per la realizzazione del sistema. Dal suo computo sono escluse a monte le superfici che non interessano direttamente l'attività agricola, quali

porzioni occupate da fabbricati (ad eccezione degli edifici destinati alla coltivazione dei funghi), cortili, fossi, canali, stagni, cave, terre sterili, rocce, parchi e giardini ornamentali e aree per l'allevamento ittico. S_{tot} è pertanto strutturalmente inferiore alla superficie catastale lorda del sito.

Il trattamento delle strade interne dipende dalla tecnica costruttiva adottata: le strade realizzate con materiali che non impermeabilizzano il suolo rientrano nel computo di S_{tot} e concorrono a $S_{agricola}$; le strade impermeabilizzate, invece, sono classificate come $S_{non_agricola}$ e sottratte da $S_{agricola}$, pur rimanendo all'interno di S_{tot} .

Le opere di mitigazione perimetrali -- fasce arborate, siepi e filari -- possono rientrare in S_{tot} anche qualora siano realizzate all'esterno della recinzione che delimita fisicamente il perimetro dell'impianto, purché siano ricomprese nel piano agronomico aziendale. In tal caso, le superfici delle opere di mitigazione concorrono altresì al computo di $S_{agricola}$, in quanto superfici coltivate a tutti gli effetti. Qualora, invece, le mitigazioni non siano trattate nel progetto agronomico, esse non potrebbero essere incluse né in S_{tot} né in $S_{agricola}$.

La superficie agricola ($S_{agricola}$) è la parte di S_{tot} che continua a essere utilizzata per le attività di coltivazione e/o di allevamento dopo la realizzazione dell'impianto. Essa si ottiene sottraendo da S_{tot} le superfici non più coltivabili in quanto occupate da componenti dell'impianto -- strutture di sostegno dei moduli, cabine elettriche, cabine inverter, strade impermeabilizzate, eventuali corsi o specchi d'acqua interni -- e sommando, ove applicabile, la superficie delle opere di mitigazione ricomprese nel piano agronomico. La relazione fondamentale è pertanto:

$$S_{tot} = S_{agricola} + S_{non_agricola}$$

4.5 Le Buone Pratiche Agricole

Le Linee Guida sanciscono l'obbligo delle Buone Pratiche Agricole (BPA) nella gestione dei fondi destinati alle attività agrivoltache. Le BPA sono definite dall'art. 28 del Reg. (CE) 1750/1999 come l'insieme dei metodi colturali che un agricoltore diligente impiegherebbe nella regione interessata. Tale definizione è integrata dal Reg. (CE) 396/2005, che qualifica la BPA come l'impiego sicuro di prodotti fitosanitari raccomandati, autorizzati o registrati a livello nazionale, in tutte le fasi della produzione e della trasformazione.

In Italia, il Codice di Buona Pratica Agricola (CBPA) è istituito dal DM 19 aprile 1999, in attuazione della Direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque contro l'inquinamento da nitrati di origine agricola. Il Reg. (CE) 396/2005 completa il quadro imponendo l'applicazione dei principi del controllo antiparassitario integrato e la fissazione dei Limiti Massimi Residui (LMR). La gestione agronomica del sistema agrivoltaico in oggetto sarà condotta nel rispetto di tali disposizioni.

4.6 L'idoneità delle aree agricole

Le Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, emanate con DM 10 settembre 2010, stabiliscono che l'autorità competente per individuare la non idoneità delle aree è la Regione. L'Allegato 3 ammette fra i siti non idonei le aree agricole interessate da produzioni agricolo-alimentari di qualità (DOP, IGP, STG, DOC, DOCG, produzioni biologiche, produzioni tradizionali) e/o di particolare pregio rispetto al contesto paesaggistico-culturale.

L'attività agrivoltaica, pur contraddistinta da un'innovativa utilizzazione del suolo, è soggetta a un procedimento autorizzativo preordinato a contemperare i diversi valori di pubblico interesse. In tale prospettiva, un corretto sfruttamento del suolo a fini agrivoltaici, finanche alla rimessa in pristino a distanza di

alcuni decenni, appare intrinsecamente rispettoso della risorsa suolo, sia in senso ecologico sia in senso superficiario, in forza della predeterminata temporaneità delle installazioni. Il D.Lgs. 387/2003 s.m.i. statuisce all'art. 12, comma 1, di pubblica utilità, indifferibili e urgenti le opere per la realizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili e prevede, al comma 7, che tali impianti possono essere ubicati anche in zone classificate agricole.

4.7 Disciplina delle aree idonee nel Testo Unico FER

Il quadro delle aree idonee all'installazione di impianti da fonti rinnovabili è stato definitivamente ricondotto al Testo Unico FER a seguito delle modifiche apportate dal D.L. 28 novembre 2025, n. 175, convertito con modificazioni dalla L. 15 gennaio 2026, n. 4. La disciplina precedentemente contenuta nell'art. 20 del D.Lgs. 199/2021 è ora trasferita al nuovo art. 11-bis del D.Lgs. 190/2024, che diviene il riferimento normativo univoco.

L'art. 11-bis qualifica come idonee ex lege una pluralità di aree, tra cui: i siti di repowering senza incremento dell'area occupata superiore al 20%; le aree oggetto di bonifica; le cave e miniere cessate o degradate; le discariche chiuse; i siti ferroviari, autostradali e aeroportuali; le aree interne a stabilimenti industriali e le fasce di 350 m; le aree adiacenti alla rete autostradale entro 300 m; gli edifici e le strutture edificate; le aree a destinazione industriale, direzionale, artigianale, commerciale, logistica e per centri dati.

Il comma 2 conferma il divieto generalizzato all'installazione di impianti fotovoltaici con moduli a terra nelle zone classificate agricole. Tale divieto non si applica agli impianti agrivoltaici, la cui installazione resta sempre consentita, purché sia preservata la continuità delle attività colturali e pastorali. Non si applica altresì ai progetti finalizzati alla costituzione di Comunità Energetiche Rinnovabili, ai progetti attuativi delle misure PNRR e PNC, e ai progetti necessari al conseguimento degli obiettivi del PNRR.

La L. 4/2026 ha introdotto specifici obblighi a carico del proponente di impianti agrivoltaici: l'allegazione al progetto di una dichiarazione asseverata, resa da un professionista abilitato, attestante il mantenimento di almeno l'80% della PLV agricola; un regime di controlli comunali nei cinque anni successivi all'entrata in esercizio, finalizzati a verificare la persistente idoneità del sito all'uso agropastorale. Il mancato rispetto dei requisiti comporta le sanzioni di cui all'art. 11, comma 8, del D.Lgs. 190/2024 (da 1.000 a 100.000 euro), oltre all'obbligo di ripristino.

Le Regioni e le Province autonome sono chiamate a individuare, entro centoventi giorni, ulteriori aree idonee, nel vincolo che le superfici agricole qualificabili non risultino inferiori allo 0,8% né superiori al 3% della SAU regionale, con inclusione, nel computo, delle superfici agrivoltaiche. L'art. 11-quater disciplina i regimi semplificati per gli impianti in aree idonee: la realizzazione non è subordinata all'autorizzazione paesaggistica (che diviene parere obbligatorio non vincolante), i termini dell'AU sono ridotti di un terzo e, decorso inutilmente il termine, l'autorità procedente provvede comunque.

4.8 Distinzione tra PLV aziendale e Produzione Lorda del sito

La grandezza richiesta ai fini dell'asseverazione di cui all'art. 11-bis del D.Lgs. 190/2024 non coincide con la PLV aziendale complessiva dei conduttori dei fondi interessati, bensì con il valore della produzione attribuibile allo specifico perimetro catastale del sito di intervento. Tale distinzione assume rilevanza operativa quando, come nella generalità dei progetti agrivoltaici di medie e grandi dimensioni, il sito comprende particelle condotte da una pluralità di imprenditori agricoli, ciascuno con un proprio ordinamento produttivo e una

propria dimensione economica, le cui aziende tipicamente insistono anche su terreni estranei al perimetro dell'impianto.

In tale contesto, la richiesta della PLV aziendale a ciascun conduttore risulterebbe metodologicamente incongrua: ogni azienda includerebbe nella propria PLV il contributo di terreni e attività estranei al sito, rendendo il dato inutilizzabile. Parimenti, la somma delle PLV aziendali non esprimerebbe una grandezza economica significativa riferibile al sito, poiché somma valori eterogenei e parzialmente sovrapposti o lacunosi rispetto al perimetro effettivo dell'intervento.

La presente relazione adotta pertanto la Produzione Lorda del sito (PL) quale stimatore della PLV prevista dalla norma. La PL è determinata, ove possibile, sulla base di dati statistici pubblici e di parametri coltura-specifici — rese colturali ISTAT e prezzi all'origine ISMEA — che consentono di attribuire un valore di produzione a ciascuna particella catastale compresa nel sito sulla base di due sole informazioni oggettive e verificabili: la superficie e la coltura effettivamente praticata, desumibili dal fascicolo aziendale registrato presso l'Anagrafe Agricola Nazionale. Tale approccio garantisce oggettività, riferibilità territoriale e riproducibilità, requisiti coerenti con la finalità normativa della stima e con i controlli quinquennali previsti dalla legge.

4.9 Metodologia di stima della PL

La stima della PL è articolata nelle seguenti componenti:

Rese colturali. Le rese unitarie di riferimento (q/ha) sono desunte dalla banca dati ISTAT “Stima delle superfici e produzioni delle coltivazioni agrarie” (esploradati.istat.it), calcolate, ove possibile, come media decennale su base provinciale o regionale.

Prezzi. I prezzi all'origine (€/unità di prodotto) sono desunti dalla Rete di Rilevazione dei Prezzi ISMEA (ismeamercati.it), calcolati come media quinquennale (2020–2024) dei prezzi medi annuali alla produzione.

Coefficiente K_{red} . Per le colture con secondo raccolto nella medesima annata agraria, la resa del secondo ciclo è corretta mediante $K_{red} < 1$, che tiene conto della riduzione produttiva dovuta alla brevità del ciclo colturale.

Coefficiente K_{agv} . Rapporto resa attesa sotto le strutture agrivoltaiche / resa in pieno campo. Determinato per 5 gruppi di compatibilità (cfr. Definizioni e simbologia).

Le formule di calcolo sono:

$$PL_{ante} = \sum_i (Prezzo_i \times Resa_i \times SAU_i \times K_{red,i})$$

$$PL_{post} = \sum_i (Prezzo_i \times Resa_i \times SAU_i \times K_{red,i} \times K_{agv,i})$$

dove l'indice i individua ciascuna coltura nel piano colturale. Il rapporto $R = PL_{post} / PL_{ante}$ deve essere $\geq 0,80$.

4.10 La questione dei prezzi

Il prezzo costituisce, per le imprese agricole, un dato tipicamente esterno. A differenza di altri settori produttivi, l'agricoltore opera prevalentemente come price taker, accettando quotazioni determinate dall'incontro tra domanda e offerta su mercati che sfuggono al suo controllo. L'impiego delle medie quinquennali ISMEA consente di neutralizzare questa fonte di variabilità, adottando riferimenti normalizzati e mediati nel tempo.

L'impostazione pluriennale è pienamente coerente con la ratio dell'art. 11-bis: la norma non richiede una valutazione relativa a una singola annata, bensì impone la conservazione strutturale della capacità produttiva. Le medie quinquennali forniscono il valore normalizzato su cui la ratio si basa. Si noti che, nella formula adottata, il fattore prezzo si elide nel rapporto $R = PL_{post} / PL_{ante}$ quando la medesima coltura è praticata ante e post-operam; esso assume rilievo solo nei casi in cui il piano colturale agrivoltaico preveda una riconversione rispetto alla condizione precedente.

4.11 Le produzioni intercalari e la loro valorizzazione

Il piano colturale agrivoltaico può prevedere, per alcune colture, la realizzazione di più cicli produttivi sulla medesima superficie nel corso dell'annata agraria. La valorizzazione economica delle produzioni intercalari è effettuata applicando K_{red} alla resa del secondo ciclo, in modo da tener conto della riduzione produttiva attesa per colture in successione ravvicinata, dovuta a fattori quali la minore disponibilità di nutrienti residui, il ridotto periodo vegetativo utile e le condizioni climatiche meno favorevoli del ciclo autunnale o primaverile precoce.

4.12 Norme e documenti di riferimento

- D.Lgs. 8 novembre 2021, n. 199 — Recepimento della Direttiva (UE) 2018/2001 (RED II)
- D.L. 24 gennaio 2012, n. 1, art. 65, commi 1-quater e 1-quinquies, conv. L. 27/2012
- D.Lgs. 25 novembre 2024, n. 190 — Testo Unico FER
- D.L. 28 novembre 2025, n. 175, conv. L. 15 gennaio 2026, n. 4
- DM 22 dicembre 2023, n. 436 — Incentivazione impianti agrivoltaici
- DD 233/2024 e DD 251/2024 — Regole Operative DM Agrivoltaico
- MASE, “Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici”, giugno 2022
- CREA-GSE, “Linee guida per il monitoraggio della continuità dell'attività agricola”
- DM 21 giugno 2024 — Disciplina per l'individuazione delle aree idonee
- ISPRA, “Linee Guida per la redazione degli SIA relativi ad impianti agrivoltaici e fotovoltaici”, ottobre 2025
- D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 — Attuazione della Direttiva 2001/77/CE
- DM 10 settembre 2010 — Linee guida per l'autorizzazione degli impianti FER
- DM 19 aprile 1999 — Codice di Buona Pratica Agricola
- Reg. (CE) 1750/1999; Reg. (CE) 396/2005; Reg. (UE) 848/2018; Reg. (UE) 2024/1143

5 L'area di intervento

5.1 Localizzazione

L'area oggetto di intervento è ubicata nella pianura deltizia interna del Po, a Sud-Est del centro abitato del Comune di Ferrara, in prossimità della SP2 (via Pomposa) e della SP15. Il sito è individuato dalle seguenti coordinate geografiche (EPSG:4326):

- Latitudine: 44° 53' 40,87" N
- Longitudine: 11° 43' 45,94" E

I terreni sono censiti al Catasto Terreni del Comune di Ferrara come segue:

Tabella 2: Individuazione catastale del sito di intervento

Comune	Foglio	Mappale
Ferrara	85	7
Ferrara	85	9
Ferrara	85	20
Ferrara	85	21
Ferrara	85	23
Ferrara	85	24
Ferrara	85	30
Ferrara	85	39
Ferrara	85	53
Ferrara	85	54
Ferrara	85	57
Ferrara	85	68
Ferrara	81	72

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



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

5.2 I suoli

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

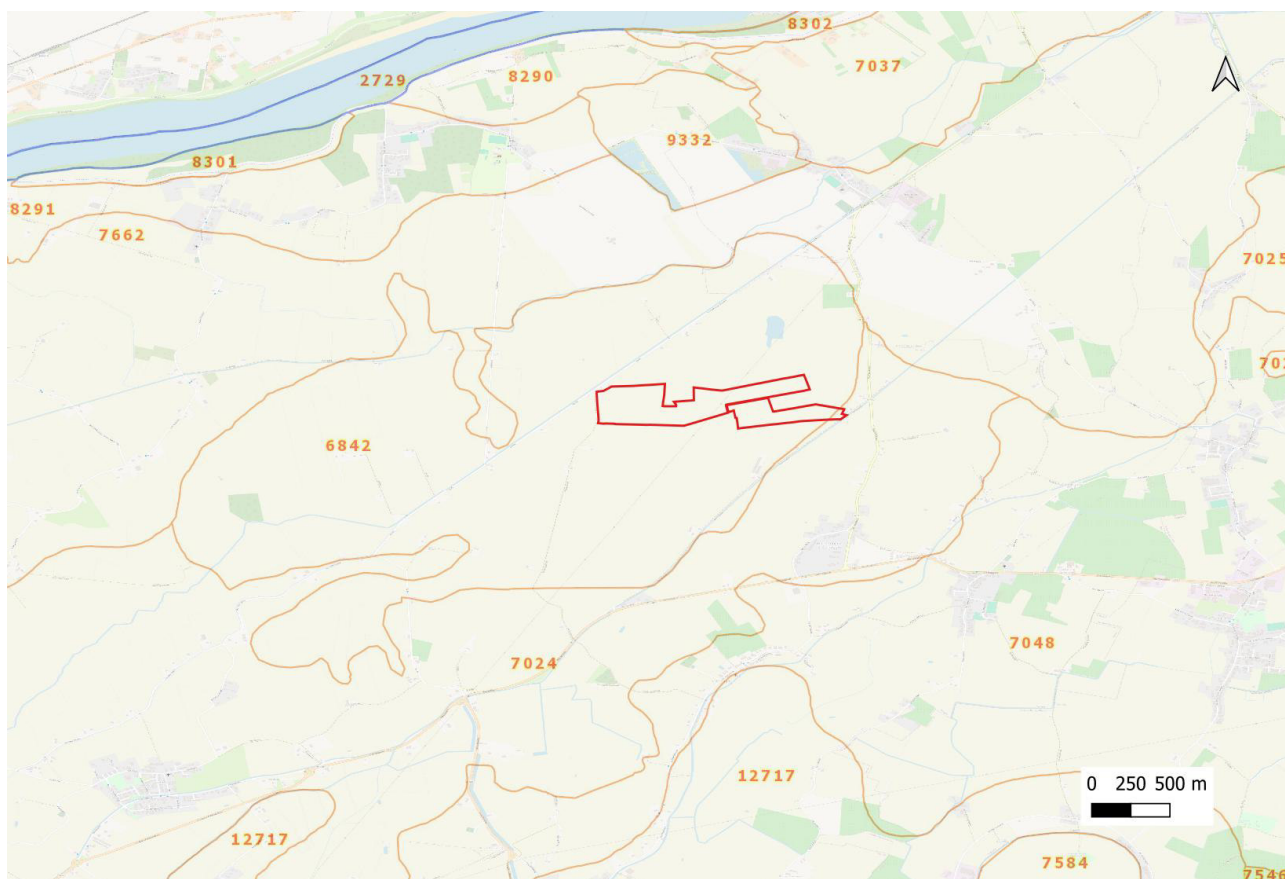


Figura 2 - Localizzazione del sito nella UC 6842, suoli VAL1, consociazione dei suoli VALLONA franco argillosi limosi

5.2.1 Descrizione della consociazione VAL1

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

L'ambiente di formazione è quello della pianura deltizia interna, in aree depresse di forma chiusa, poste tra il dosso del Po Grande e il dosso del vecchio ramo del Po di Volano, caratterizzate da sgrondo artificiale delle acque. I suoli si trovano tipicamente a quote topografiche uguali o inferiori a 1 metro s.l.m. L'uso del suolo prevalente è a colture orticole (cucurbitacee e pomodoro) e seminativi a ciclo primaverile-estivo.

5.2.2 Classificazione tassonomica

- **USDA Soil Taxonomy** (2010): fine, mixed, superactive, calcareous, mesic *Typic Endoaquepts*
- **WRB** (2007): Endogleyic Cambisols (Clayic)

La classificazione USDA come *Typic Endoaquepts* indica suoli minerali del regime acquico, con evidenze di riduzione (gleizzazione) nella parte inferiore del profilo, dovute alla presenza di una falda elevata la cui gestione è affidata agli impianti di bonifica. A differenza dei suoli sulfidici (come i *Sulfic Endoaquepts*), i suoli VAL1 non presentano orizzonti sulfurici né materiali sulfidici, il che si riflette in un profilo di pH alcalino e stabile e nell'assenza di rischio di acidificazione per ossidazione.

La classificazione WRB come *Endogleyic Cambisols (Clayic)* evidenzia la natura di suoli minerali relativamente evoluti, con un orizzonte cambico (Bw/Bg) diagnostico e con caratteri gleyici confinati alla parte inferiore del profilo, su substrato a tessitura argillosa.

5.2.3 Orizzonti genetici e proprietà fisico-chimiche

Il profilo modale presenta la seguente successione di orizzonti:

Tabella 3: Orizzonti genetici del suolo VAL1 e proprietà fisico-chimiche (valori modalì). Fonte: Catalogo Suoli, Regione Emilia-Romagna (2021)

Orizzonte	Arg. (%)	Sab. (%)	S.O. (%)	pH	CaCO ₃ tot. (%)	Densità app.	Ksat (cm/h)
Ap	38	5	2,0	7,9	15	1,44	0,01588
Bg(w)	40	5	1,0	8,1	15	1,53	0,00482
Bkg	38	10	0,9	—	—	1,55	0,00623
BC(ss)g	42	5	0,6	8,4	18	1,56	0,00253
A/O	40	15	1,22	8,06	6	1,60	0,0033
Cg	32	—	0,4	8,2	15	1,36	0,06812

Nota: le profondità indicate nella scheda del Catalogo Suoli rappresentano lo spessore di ciascun orizzonte (LimSup e Spes), non le profondità assolute dal piano campagna. La colonna “Profondità (cm)” riporta i valori originali della scheda.

L’orizzonte Ap presenta un contenuto di sostanza organica moderato (2,0%), coerente con la gestione a seminativo intensivo e con il carattere calcareo del substrato. La reazione è moderatamente alcalina (pH 7,9) e il calcare totale è significativo (15%), con calcare attivo nell’orizzonte superficiale pari al 6–7%. La tessitura è franca argillosa limosa (38% argilla, 5% sabbia), meno pesante rispetto ai suoli argillosi puri della bassa pianura ferrarese orientale.

L’orizzonte Bg(w) (50–80 cm) presenta gleizzazione moderata, con segregazione di Fe-Mn, indicativa di un regime di saturazione periodica legato alla falda. Gli orizzonti profondi (BC(ss)g, Cg) mostrano idromorfia più marcata (suffisso g). L’orizzonte A/O (95–115 cm) presenta un contenuto di sostanza organica leggermente più elevato (1,22%) e calcare attivo ridotto (6%), residuo di deposizione organica in ambiente palustre.

La conducibilità idraulica satura (Ksat) è molto bassa nell’intero profilo (0,00253–0,01588 cm/h negli orizzonti Ap-BC(ss)g), ad eccezione dell’orizzonte Cg più profondo (0,068 cm/h). Tale caratteristica condiziona fortemente il drenaggio interno e i tempi di smaltimento delle acque in eccesso.

5.2.4 Qualità specifiche e limitazioni

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

Calcare attivo: 6–7% nello strato superficiale e fino a 80 cm. Il calcare attivo, in forma di masse cementate di carbonato di calcio, influenza la disponibilità di microelementi (Fe, Mn, Zn, Cu) e può indurre clorosi ferrica nelle colture sensibili.

Capacità di scambio cationico: maggiore di 10 meq/100g, indicativa di una buona capacità di ritenzione dei nutrienti.

Salinità: non salino ($EC_e < 2$ dS/m) sia nello strato 0–50 cm sia nello strato 50–100 cm. L'assenza di salinità nel profilo rappresenta una differenza significativa rispetto ai suoli della pianura deltizia più orientale e costituisce un fattore favorevole alla coltivazione di specie sensibili.

Sodicità: ESP 0–6 entro 60 cm, ESP 0–7 entro 120 cm. Valori non critici.

Disponibilità di ossigeno: moderata; le condizioni di drenaggio sono fortemente influenzate dall'opera dell'uomo che, mediante l'emungimento delle acque attraverso le pompe idrovore, consente di mantenere un sufficiente franco di bonifica per le normali colture.

Rischio di incrostamento superficiale: da moderato a assente.

Fessurabilità: media.

Capacità in acqua disponibile (AWC): moderata (150–225 mm). Valore soddisfacente per le colture erbacee.

Ksat limitante entro 150 cm: da bassa a molto bassa (0,0036–0,036 cm/h, localmente $< 0,0036$ cm/h). La conducibilità idraulica satura è fortemente limitata dagli orizzonti argillosi Bg e BC(ss)g, con implicazioni per il drenaggio interno.

Profondità utile per le radici: moderatamente elevata (50–100 cm), limitata dalla scarsa aerazione degli strati più profondi.

Percorribilità: discreta. Il contenuto in argilla (38%), inferiore a quello dei suoli argillosi puri, e la presenza di calcare, che stabilizza la struttura, consentono una percorribilità migliore rispetto ai suoli della pianura deltizia orientale, pur imponendo cautela nelle fasi umide.

Resistenza meccanica alle lavorazioni: moderata.

Tempo di attesa per le lavorazioni: lungo; occorre tempestività nella scelta dei brevi momenti in cui è possibile entrare in campo con i mezzi meccanici senza danneggiare la struttura. Quando secchi, la lavorabilità è ugualmente problematica, a causa della necessità di utilizzo di attrezzature meccaniche potenti. C'è un elevato rischio di usura degli strumenti in tempi relativamente brevi.

Inondabilità: nessuna o rara (fino a 5 volte ogni 100 anni), grazie all'efficienza degli impianti di bonifica.

Capacità depurativa: alta.

Capacità di accettazione delle piogge: da moderata a bassa.

Rischio di perdite di suolo per erosione: molto basso (pianura).

Gruppo idrologico: D (potenziale di scorrimento superficiale elevato).

5.2.5 Capacità d'uso dei suoli (Land Capability Classification)

La delineazione 6842 è classificata in **Classe III** nella Carta della Capacità d'Uso dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, con limitazioni **s2** e **w1**:

- **s2** — limitazione per tessitura: tessitura franca argillosa limosa nell'orizzonte superficiale (38% argilla), che determina tempi di attesa per le lavorazioni, rischio di compattamento in condizioni umide e resistenza meccanica in condizioni secche;
- **w1** — limitazione al drenaggio: drenaggio moderatamente imperfetto, legato alla falda elevata e alla bassa conducibilità idraulica del profilo.

La classificazione in Classe III indica suoli con limitazioni moderate che restringono la scelta delle colture e/o richiedono pratiche conservative, ma consentono la coltivazione della maggior parte delle colture agrarie con rese soddisfacenti.

5.2.6 Attitudine dei suoli VAL1 alle colture agrivoltaiche

Colture foraggiere erbacee. L'attitudine dei suoli VAL1 alle colture foraggiere è da considerarsi buona e rappresenta una destinazione colturale sicura per il sistema agrivoltaico. L'erba medica (*Medicago sativa*) trova condizioni favorevoli grazie a un pH alcalino (7,9), a una buona dotazione di calcare e all'assenza di salinità, fattori che compensano la moderata disponibilità di ossigeno. I prati misti di graminacee e leguminose tollerano condizioni di drenaggio moderatamente imperfetto e presentano una buona capacità di ritenzione idrica. La gestione a prato riduce gli interventi meccanici, limitando il rischio di compattamento su suoli a percorribilità discreta.

Colture orticole. L'attitudine alle colture orticole è condizionata dalla tessitura argillosa limosa, dai tempi di attesa lunghi per le lavorazioni e dalla bassa conducibilità idraulica. Tali limitazioni non precludono la pratica orticola — la scheda del Catalogo Suoli regionale indica l'uso prevalente a colture orticole (cucurbitacee e pomodoro) nell'area della consociazione — ma impongono specifici adattamenti gestionali: concentrazione delle lavorazioni nei periodi di suolo asciutto; impiego di mezzi a bassa pressione di contatto; adozione di baulature per il drenaggio locale. L'assenza di salinità rappresenta un vantaggio rispetto ai suoli costieri, eliminando la necessità di verifiche analitiche di ECe prima dell'impianto delle colture sensibili. Il calcare attivo (6–7%) può richiedere attenzione nella gestione della nutrizione ferrica nelle colture più sensibili alla clorosi.

Uso forestale e arbustivo (mitigazioni perimetrali). L'attitudine dei suoli VAL1 all'impianto di specie arboree e arbustive per le mitigazioni perimetrali è condizionata principalmente dal drenaggio moderatamente imperfetto e dalla presenza di calcare attivo (6–7%). Le specie con apparato radicale profondo possono incontrare condizioni di asfissia negli orizzonti Bg e BC(ss)g, dove l'aerazione è limitata e la Ksat è molto bassa. La reazione moderatamente alcalina (pH 7,9–8,4) e il calcare attivo orientano la scelta verso specie calcifile o calcitolleranti, escludendo le specie acidofile. Le specie sensibili alla clorosi ferrica vanno evitate o gestite con apporti di ferro. In positivo, l'assenza di salinità e la buona capacità di ritenzione idrica (AWC 150–225 mm) rappresentano fattori favorevoli per l'attecchimento e la sopravvivenza degli impianti arboreo-arbustivi. La selezione delle specie e il dimensionamento delle mitigazioni verdi sono oggetto di un elaborato specifico.

Sintesi. In termini di priorità colturale per il sistema agrivoltaico su suoli VAL1, l'ordine di idoneità risulta: (1) foraggiere erbacee poliennali e prati misti, per la ridotta necessità di lavorazioni meccaniche e la buona tolleranza ai suoli a drenaggio imperfetto; (2) orticole da pieno campo, con i vincoli operativi di tempestività delle lavorazioni e drenaggio locale, sfruttando la vocazione orticola documentata per questi suoli; (3) seminativi in rotazione, che rappresentano l'uso attuale dei terreni.

5.3 Il clima

5.3.1 Classificazione climatica

Il sito di intervento ricade nell'area climatica della pianura ferrarese interna. Secondo la classificazione di Köppen-Geiger, il tipo climatico è **Cfa** (clima temperato delle medie latitudini, senza stagione secca, con estate calda), comune a tutta la Pianura Padana orientale.

La caratterizzazione termo-pluviometrica che segue è basata sull'Atlante Climatico dell'Emilia-Romagna 1961–2015 (Antolini et al., 2017, ARPAE, edizione 2017), che consente il confronto tra il trentennio climatologico di riferimento 1961–1990 e il periodo più recente 1991–2015. Per l'area di Ferrara, il confronto evidenzia una chiara tendenza al riscaldamento e all'accentuazione del deficit idrico estivo.

5.3.2 Regime termico

La temperatura media annua nell'area di Ferrara è passata da 12–14 °C nel periodo 1961–1990 a 13–15 °C nel periodo 1991–2015, con un incremento di 1 °C in circa trent'anni, coerente con la tendenza regionale.

Le temperature massime annue mostrano uno spostamento dalla fascia 17–19 °C a quella 19–21 °C. L'impatto del riscaldamento è particolarmente evidente in estate: le massime medie stagionali, che nel trentennio 1961–1990 si collocavano nella fascia 28–30 °C, nel periodo 1991–2015 raggiungono e superano i 30–31 °C, collocando l'area ferrarese tra le zone più calde della regione d'estate.

Le temperature minime invernali evidenziano inverni meno rigidi: il ferrarese passa da valori medi compresi tra -0,5 e +1 °C (periodo 1961–1990) a valori compresi tra 0 e +1,5 °C (periodo 1991–2015).

5.3.3 Regime pluviometrico

L'area di Ferrara è storicamente tra le meno piovose della Regione Emilia-Romagna. Le precipitazioni annue si collocano nella fascia 600–650 mm nel periodo 1961–1990 e nella fascia 600–700 mm nel periodo 1991–2015, con un lieve incremento attribuibile prevalentemente all'aumento delle piogge autunnali.

La distribuzione stagionale è bimodale, con massimi primaverili (aprile-maggio) e autunnali (ottobre-novembre). Le precipitazioni estive sono scarse (tra 100 e 200 mm stagionali in entrambi i periodi considerati).

5.3.4 Evapotraspirazione e bilancio idro-climatico

L'evapotraspirazione potenziale (ETP) nell'area di Ferrara è elevata e in crescita: a livello annuo, i valori passano dalla fascia 900–1.000 mm (periodo 1961–1990) a valori superiori a 1.000 mm (periodo 1991–2015). L'incremento è particolarmente marcato in estate, con l'ETP stagionale che passa dalla fascia 425–450 mm a quella 450–475 mm e oltre.

Il bilancio idro-climatico (precipitazioni – ETP) è strutturalmente negativo. A livello annuo, il deficit idrico dell'area ferrarese è passato da -300/-400 mm (periodo 1961–1990) a -400/-500 mm (periodo 1991–2015), con un aggravamento significativo nel periodo recente. Il bilancio estivo rappresenta il dato più critico per l'agricoltura locale: nel periodo 1991–2015, l'area di Ferrara presenta un deficit estivo compreso tra -325 e -425 mm, tra i più severi della regione, indicando estati marcatamente aride e un fabbisogno irriguo elevato e crescente per le colture a ciclo primaverile-estivo.

5.3.5 Implicazioni agronomiche del clima

Il quadro climatico delinea un ambiente con marcata stagionalità e un deficit idrico estivo pronunciato e in peggioramento. Le principali implicazioni per la gestione agronomica del sistema agrivoltaico sono le seguenti.

Il deficit idrico estivo (–325/–425 mm nel periodo 1991–2015) rende l'irrigazione indispensabile per tutte le colture a ciclo primaverile-estivo (mais, soia, orticole estive). In tale contesto, l'ombreggiamento parziale indotto dal sistema agrivoltaico può contribuire a ridurre l'evapotraspirazione colturale, con un effetto positivo sul bilancio idrico delle colture sottostanti (Barron-Gafford et al., 2019; Marrou et al., 2013).

Le temperature massime estive, stabilmente superiori a 30 °C, espongono le colture orticole a rischio di stress termico. L'ombreggiamento dei tracker monoassiali può attenuare le temperature fogliari nelle ore centrali del giorno, riducendo la depressione di resa dovuta allo stress termico, con effetti particolarmente favorevoli sulle colture a foglia.

Le colture autunno-vernine (grano duro, erbai) beneficiano di un bilancio idrico generalmente favorevole e non richiedono irrigazione.

La stagione vegetativa utile consente successioni colturali con primo e secondo raccolto, a condizione che il secondo ciclo sia avviato entro la prima decade di agosto, quando le temperature e la radiazione sono ancora sufficienti per completare il ciclo delle colture a foglia a ciclo breve (40–60 giorni).

5.4 L'attività agricola preesistente

I terreni oggetto di intervento sono condotti a seminativo avvicendato. Dall'esame dei piani colturali prodotti dal conduttore per il quinquennio 2021–2025, emerge il seguente quadro produttivo.

5.4.1 Ripartizione delle superfici

La Superficie Agricola Totale (SAT) del sito è pari a circa 420.058 m² (42,01 ha) nel 2025 e 407.783 m² (40,78 ha) come media quinquennale.

Tabella 4: Ripartizione della Superficie Agricola Totale (SAT) per destinazione, media quinquennale 2021–2025

Destinazione	Superficie media (m ²)	Quota su SAT
Grano duro	208.142	49,6%
Soia	159.458	37,9%
Mais	40.183	9,8%
Fasce tampone	1.314	0,8%
Margini	3.355	1,0%
Fossati	1.448	0,3%
Tare	6.220	0,7%
SAT	420.120	100%

Nota: le superfici sono calcolate come medie annuali del quinquennio 2021–2025. Grano duro, mais e soia sono coltivati in rotazione; ciascuna coltura occupa superfici variabili da un anno all'altro. Non risulta praticato alcun secondo raccolto.

La Superficie Agricola Utilizzata (SAU) media del quinquennio, corrispondente alla sola superficie a destinazione produttiva, è pari a circa 407.783 m² (40,78 ha), pari al 97,1% della SAT, al netto di fossati, margini, fasce tampone e tare.

5.4.1.1 Ordinamento colturale

L'ordinamento colturale è tipico della pianura ferrarese: rotazione tra grano duro, soia e mais, con il grano duro come coltura dominante (circa il 50% della SAU media) e la soia come seconda coltura per importanza (circa il 39%). Il mais è presente in misura più contenuta (circa il 10%). Non risultano praticate colture orticole, foraggere, né colture certificate (biologico, DOP, IGP). Non risulta praticato il secondo raccolto.

L'indirizzo produttivo è quello cerealicolo-industriale, con grano duro come coltura autunno-vernina e soia e mais come colture primaverili-estive. Tale ordinamento è coerente con l'uso del suolo rilevato dalla Carta dei Suoli regionale per la consociazione VAL1 (seminativi avvicendati) e con la vocazione produttiva della pianura ferrarese interna.

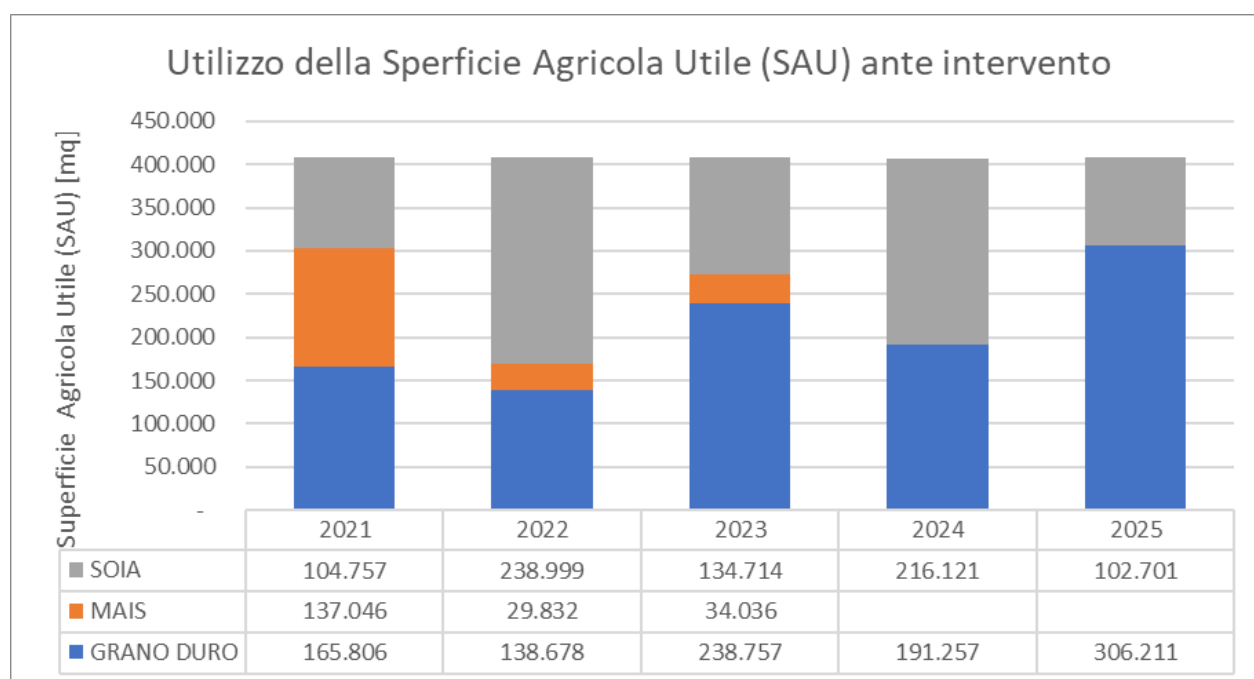


Figura 3 - Utilizzo della SAU ante intervento

6 Verifica dei requisiti agrivoltaici

6.1 L'attività agricola nel sistema agrivoltaico

6.1.1 I parametri dimensionali del progetto

I parametri dimensionali dell'impianto agrivoltaico, di rilievo per la valutazione agronomica, sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 5: Parametri dimensionali di particolare rilievo agrario

Parametro	Unità	Valore
Potenza nominale	kWp	25.662
Potenza unitaria moduli	Wp	750
Interasse tra gli inseguitori (pitch)	m	5,50
Larghezza della vela fotovoltaica	m	2,38
Altezza minima della vela	m	2,10
Altezza massima della vela	m	4,23
Inclinazione massima degli inseguitori	°	60
Larghezza fasce improduttive sotto i pannelli	m	1,00

L'altezza minima della vela (2,10 m) è superiore al limite minimo di 1,3 m stabilito dalle Linee Guida per la continuità dell'attività zootecnica e consente il transito e le operazioni di macchine agricole di medie dimensioni. La larghezza della vela (2,38 m) rispetto al pitch (5,50 m) determina un rapporto di copertura geometrica (GCR) pari a 0,433, coerente con i valori tipici degli impianti agrivoltaici a tracker monoassiali.

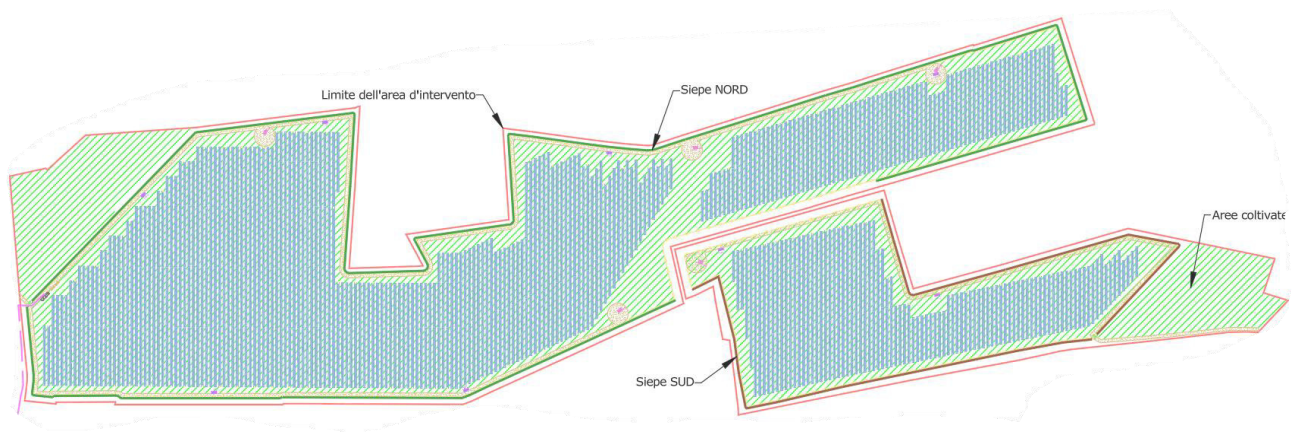


Figura 4 - Allocazione della SAU (campiture verdi) nel sistema agrivoltaico

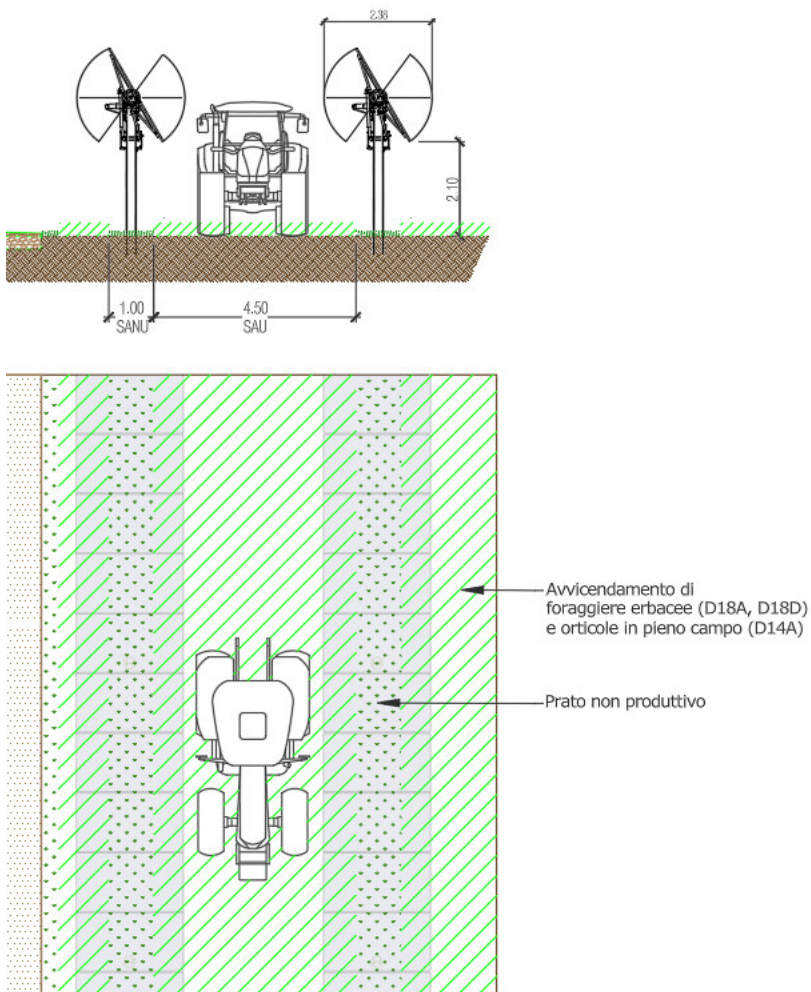


Figura 5 - SAU e SANU sotto e in vicinanza dei tracker

6.1.2 Classificazione delle superfici agrivoltaiche

La SAU di progetto (328.907 m²) è articolata in quattro zone funzionali, distinte per condizioni di irraggiamento e coltivabilità:

Tabella 6: Classificazione della SAU di progetto per zona funzionale

Zona	Superficie (m ²)	Quota SAT	Descrizione
Area sempre coperta	8.909	2%	Sotto l'asse del tracker, ombreggiamento permanente
Area coperta di bordo	55.552	13%	Fascia laterale al tracker, ombreggiamento parziale variabile
Area centrale	144.580	34%	Tra i tracker, ombreggiamento parziale limitato
Area di interconnessione	119.865	29%	Tra i campi fotovoltaici, pieno sole

A queste si aggiungono le fasce improduttive sottostanti i pannelli (46.155 m², 11,0% della SAT di progetto), i margini dei campi (6.697 m², 1,6%), classificati come SANU di progetto e non computati nella SAU, e la superficie non agricola (1.520 m², cabine, pali e pertinenze).

6.1.3 Piano colturale del sistema agrivoltaico

Il piano colturale proposto per il sistema agrivoltaico si fonda su due comparti produttivi complementari: le colture foraggere erbacee, che occupano la quasi totalità della SAU, e le colture orticole, che occupano una superficie limitata (1,64 ha) ma contribuiscono in misura significativa alla PL per il loro elevato valore unitario.

6.1.4 Comparto foraggero

Il comparto foraggero è articolato su quattro unità colturali di 7,81 ha ciascuna (SAU complessiva 31,24 ha), disposte in rotazione quinquennale secondo lo schema seguente:

Tabella 7: Schema di rotazione quinquennale del comparto foraggero

Anno	Unità 1 (7,81 ha)	Unità 2 (7,81 ha)	Unità 3 (7,81 ha)	Unità 4 (7,81 ha)
1	Erba medica I anno	Erba medica II anno	Erbaio loietto + trifoglio	Erbaio festuca + trifoglio
2	Erba medica II anno	Erbaio loietto + trifoglio	Erbaio festuca + trifoglio	Erba medica I anno
3	Erbaio loietto + trifoglio	Erbaio festuca + trifoglio	Erba medica I anno	Erba medica II anno
4	Erbaio festuca + trifoglio	Erba medica I anno	Erba medica II anno	Erbaio loietto + trifoglio
5	Erba medica I anno	Erba medica II anno	Erbaio loietto + trifoglio	Erbaio festuca + trifoglio

In ogni annata sono pertanto presenti simultaneamente le seguenti colture foraggere: erba medica I anno (7,81 ha), erba medica II anno (7,81 ha), erbaio misto di loietto e trifoglio (7,81 ha), erbaio misto di festuca e trifoglio (7,81 ha).

La rotazione garantisce: l'alternanza tra leguminose pure (erba medica) e miscugli graminacee-leguminose, a beneficio della fertilità azotata del suolo; la copertura permanente del suolo per tutta la durata dell'anno, riducendo il rischio di erosione e migliorando la struttura dell'orizzonte Ap; la compatibilità con i lunghi tempi di attesa delle lavorazioni dei suoli VAL1, grazie al ridotto numero di interventi meccanici rispetto ai seminativi (semina e sfalci, senza arature annuali).

Le colture foraggere sono localizzate prevalentemente nelle aree centrali e di interconnessione, dove l'ombreggiamento è limitato e il transito dei mezzi meccanici per la fienagione è agevole.

6.1.5 Comparto orticolo

Il comparto orticolo è localizzato su una superficie di 0,33 ha per ciascuna delle cinque colture (SAU complessiva: 1,64 ha), in rotazione sulle aree di bordo e sull'area di interconnessione. In ogni annata sono presenti simultaneamente le seguenti cinque colture orticole.

Tabella 8: Colture orticole nel sistema agrivoltaico: coefficienti K_{agv} , rese e prezzi di riferimento

Coltura	SAU (ha)	K_{agv}
Spinacio	0,3289	0,95
Cicoria da taglio	0,3289	0,95
Lattuga da cespo	0,3289	0,95
Barbabietola rossa	0,3289	0,85
Zucchina	0,3289	0,85

Le colture orticole a foglia (spinacio, cicoria da taglio, lattuga da cespo) sono classificate nel Gruppo A di compatibilità agrivoltaica ($K_{agv} = 0,95$), in quanto specie shade-tolerant la cui resa è documentata come invariata o superiore al 90% del pieno campo con riduzioni della PAR del 15–35% (Marrou et al., 2013; Weselek et al., 2019). La barbabietola rossa e la zucchina sono classificate nel Gruppo B ($K_{agv} = 0,85$).

La gestione orticola sui suoli VAL1 è condotta nel rispetto dei vincoli operativi descritti nella sezione pedologica: concentrazione delle lavorazioni nei periodi di suolo asciutto, impiego di mezzi a bassa pressione di contatto, adozione di baulature per il drenaggio locale.

6.2 Relazioni tra superfici agrivoltaiche (Requisiti A)

6.2.1 Superfici dello stato di fatto

I dati catastali e colturali dello stato di fatto, desunti dal fascicolo aziendale 2025, sono i seguenti:

Tabella 9: Superfici agricole dello stato di fatto (fascicolo aziendale 2025)

Voce	Formula	Superficie (m ²)	Quota su SAT
SAT	$t0 = u0 + n0$	420.058	100%
SAU	$u0$	408.912	97,3%
SANU e tare	$n0 = c0 + m0$	11.146	2,7%
di cui: tare	$c0$	2.864	0,7%
di cui: fossati	$m0$	1.445	0,3%
di cui: margini	$r0$	6.837	1,6%
Superficie catastale interessata		420.058	

La Superficie Agricola Utilizzata (SAU) media del quinquennio 2021–2025 è pari a circa 40,78 ha.

6.2.2 Superfici dello stato di progetto

Tabella 10: Superfici agricole dello stato di progetto

Voce	Formula	Superficie (m ²)	Quota su SAT prog.
SAT di progetto	$t1 = t0 - Sn1$	418.538	100%
Superficie non agricola (Sn1)	cabine, pali, pertin.	1.520	0,4%
SANU di progetto	$n1$	52.852	12,6%
di cui: margini dei campi	$g1$	6.697	1,6%
di cui: fasce improduttive sotto pannelli	$i1$	46.155	11,0%
Tare e SANU escluse da S _{tot}	$o1 = c1 + r1$	11.146	2,7%
di cui: fossati e canali	$c1$	0	0,0%
di cui: altre tare	$r1$	11.146	2,7%
Tare incluse in S _{agricola}	$d1 = p1 + v1$	25.634	6,1%
di cui: mitigazioni verdi perimetrali	$p1$	8.808	2,1%
di cui: viabilità non impermeabilizzata	$v1$	16.826	4,0%
SAU di progetto	$u1 = t1 - n1 - o1 - d1$	328.907	78%

6.2.3 Superfici riclassificate secondo le Regole Operative

Tabella 11: Superfici riclassificate secondo le Regole Operative del DM Agrivoltaico

Voce	Formula	Superficie (m ²)	Quota
Superficie agricola (S_agricola)	$u1 + d1$	354.541	84%
Superficie totale (S_tot)	$S_agricola + Sn1 + n1$	408.912	97%
Ingombro dei pannelli (S_pv)		106.287	26%

6.2.4 Verifica dei requisiti A

Tabella 12: Verifica dei requisiti agrivoltaici A

Requisito	Formula	Valore calcolato	Soglia	Esito
A.1 — Superficie minima coltivata	$S_agricola / S_tot$	87%	$\geq 70\%$	VERIFICATO
A.2 — LAOR massimo	S_pv / S_tot	26%	$\leq 40\%$	VERIFICATO

Il requisito A.1 è ampiamente soddisfatto: la superficie agricola (354.541 m²) rappresenta l'87% della superficie totale del sistema agrivoltaico, superando di gran lunga la soglia minima del 70%. La differenza rispetto alla SAU ante-operam (408.912 m²) è imputabile alle fasce improduttive sotto i pannelli (46.155 m²), alla superficie non agricola per cabine, pali e pertinenze (1.520 m²), ai margini dei campi (6.697 m²) e alla riclassificazione di parte delle tare.

Il requisito A.2 è verificato: il LAOR (26%) è ampiamente inferiore alla soglia massima del 40%, coerente con un pitch di 5,50 m e una larghezza della vela di 2,38 m.

6.3 La continuità dell'attività agricola (Requisito B.1) e la produzione del sito (art. 11-bis D.Lgs. 190/2024)

La verifica è condotta secondo due criteri normativi distinti, che differiscono sia per la grandezza di confronto sia per la base estimativa adottata.

Il **Requisito B.1** delle Linee Guida richiede il mantenimento della *produttività* agricola, intesa come valore della produzione per unità di superficie coltivata, e prescrive l'impiego delle **Produzioni Standard (PS)** elaborate dal CREA nell'ambito della RICA. Le PS sono coefficienti standardizzati regionali che esprimono il valore monetario medio della produzione lorda per ettaro — inclusi i prodotti secondari — in condizioni ordinarie. In quanto coefficienti di capacità produttiva strutturale, le PS non sono corrette per il coefficiente K_{agv} : il confronto avviene tra l'ordinamento colturale ante-operam e quello proposto per il sistema agrivoltaico, entrambi valutati a valori standard.

L'art. 11-bis del D.Lgs. 190/2024 richiede il mantenimento di almeno l'80% della *produzione* lorda vendibile complessiva del sito. La verifica è condotta sulla **PL** (Produzione Lorda), calcolata come $\text{resa} \times \text{prezzo} \times \text{SAU} \times K_{\text{agv}}$, che incorpora l'effetto dell'ombreggiamento sulle rese effettive.

6.3.1 Verifica della produttività (Requisito B.1 — PS RICA)

6.3.1.1 Produttività ante-operam

Tabella 13: Produttività media anteriore

Coltura	Cod. RICA	PS 2020 ER (€/ha)	SAU media annua (ha)	Produzione PS (€/anno)
Grano duro	D02	2.764,29	20,81	57.536
Mais	D06	2.206,62	4,02	8.867
Soia	D28	1.409,69	15,95	22.479
Totale			40,78	88.882

SAU media ante-operam: **40,78 ha**

Produttività media ante-operam: $88.882 / 40,78 = 2.179 \text{ €/ha}$

Nota: le medie sono calcolate sul quinquennio 2021–2025. La produttività è espressa in rapporto alla SAU totale del sito (40,78 ha).

6.3.1.2 Produttività post-operam

Tabella 14: Produttività media agrivoltaico

Coltura	Cod. RICA	PS 2020 ER (€/ha)	SAU (ha)	Produzione PS (€/anno)
Erba medica (legum. avvic.)	D18D	1.044,23	15,6231	16.314,09
Erbai di graminacee (prati avvic.)	D18A	1.591,77	15,6231	24.868,34
Orticole in pieno campo	D14A	19.556,19	1,6445	32.160,83
Totale			32,89	73.343,26

SAU media post-operam: **32,89 ha**

Produttività media post-operam: $73.343 / 32,89 = 2.230 \text{ €/ha}$

6.3.1.3 Conseguimento del requisito B.1

Tabella 15: Verifica del requisito B.1

Parametro	Anteriore	Agrivoltaico
SAU media (ha)	40,78	32,89

Parametro	Anteriore	Agrivoltaico
Produzione PS (€/anno)	88.882	73.343
Produttività PS (€/ha)	2.179	2.230
Rapporto produttività agrivoltaico / anteriore		102%

Il requisito B.1 delle Linee Guida è **VERIFICATO**: la produttività unitaria del sistema agrivoltaico (2.230 €/ha, calcolata sulle PS RICA) è superiore a quella ante-operam (2.179 €/ha). L’incremento è attribuibile alla riconversione dell’ordinamento colturale da cerealicolo-industriale a foraggero-orticolo, ove la componente orticola, pur su una superficie limitata (1,64 ha), contribuisce in misura determinante all’aumento della produttività media.

6.3.2 Verifica della produzione (art. 11-bis D.Lgs. 190/2024 — PL)

6.3.2.1 PL ante-operam

Tabella 16: Produzione lorda media anteriore

Coltura	SAU media (ha)	Resa (q/ha)	Prezzo (€/q)	PL annua (€)
Grano duro	20,81	59	36,25	44.516
Mais	4,02	93,60	25,94	9.756
Soia	15,95	37	48,57	28.656
Paglia (prod. secondario)	20,81	50	7,23	7.524
Totale				90.453

PL media annua ante-operam: **90.453 €**

Nota: In generale, le rese e i prezzi sono desunti dalle statistiche dai data base ISMEA e ISTAT per le piazze più prossime con scambi segnalati.

6.3.2.2 PL post-operam

Tabella 17: Produzione lorda media agrivoltaico

Coltura	K_agv	SAU (ha)	Resa p.c. (q/ha)	Prezzo (€/q)	PL annua (€)
Erba medica I anno	0,85	7,81	94	17,67	11.029
Erba medica II anno	0,85	7,81	165	17,29	18.942
Erbaio loietto + trifoglio	0,90	7,81	147	15,85	16.380
Erbaio festuca + trifoglio	0,90	7,81	129	15,85	14.375

Coltura	K_agv	SAU (ha)	Resa p.c. (q/ha)	Prezzo (€/q)	PL annua (€)
Spinacio	0,95	0,33	180,10	124,66	7.015
Cicoria da taglio	0,95	0,33	265,10	55,00	4.556
Lattuga da cespo	0,95	0,33	320,38	124,38	12.451
Barbabietola rossa	0,85	0,33	284,37	70,00	5.565
Zucchina	0,85	0,33	227,70	74,92	4.769
Totale		32,89			95.082

PL media annua post-operam: **95.082 €**

Nota: le rese p.c. (pieno campo) non comprendono la riduzione stimata per il sistema agrivoltaico (K_agv). In generale, i prezzi delle foraggere e delle orticole sono riferiti ai prezzi all'origine delle piazze più prossime al sito con scambi segnalati (ISMEA).

Tabella 18 -Conseguimento del requisito "PLV"

Parametro	Anteriore	Agrivoltaico
PL media annua (€/anno)	90.453	95.082
Produttività PL (€/ha)	2.218	2.891
Rapporto PL agrivoltaico / PL anteriore		105%

Il requisito dell'art. 11-bis è **VERIFICATO**: la PL del sistema agrivoltaico (95.082 €/anno) supera il 105% della PL ante operam (90.453 €/anno), ampiamente al di sopra della soglia minima dell'80%.

Nota metodologica: la differenza tra i due rapporti (102% per B.1, 105% per l'art. 11-bis) è riconducibile alla diversa grandezza di confronto — produttività (€/ha) vs produzione (€) — e alla diversa base estimativa — PS RICA (coefficienti standardizzati regionali, senza K_agv) vs PL (resa effettiva × prezzo × K_agv). L'inclusione nella PL ante-operam del prodotto secondario (paglia, 7.524 €/anno) eleva la base di confronto per il requisito dell'art. 11-bis.

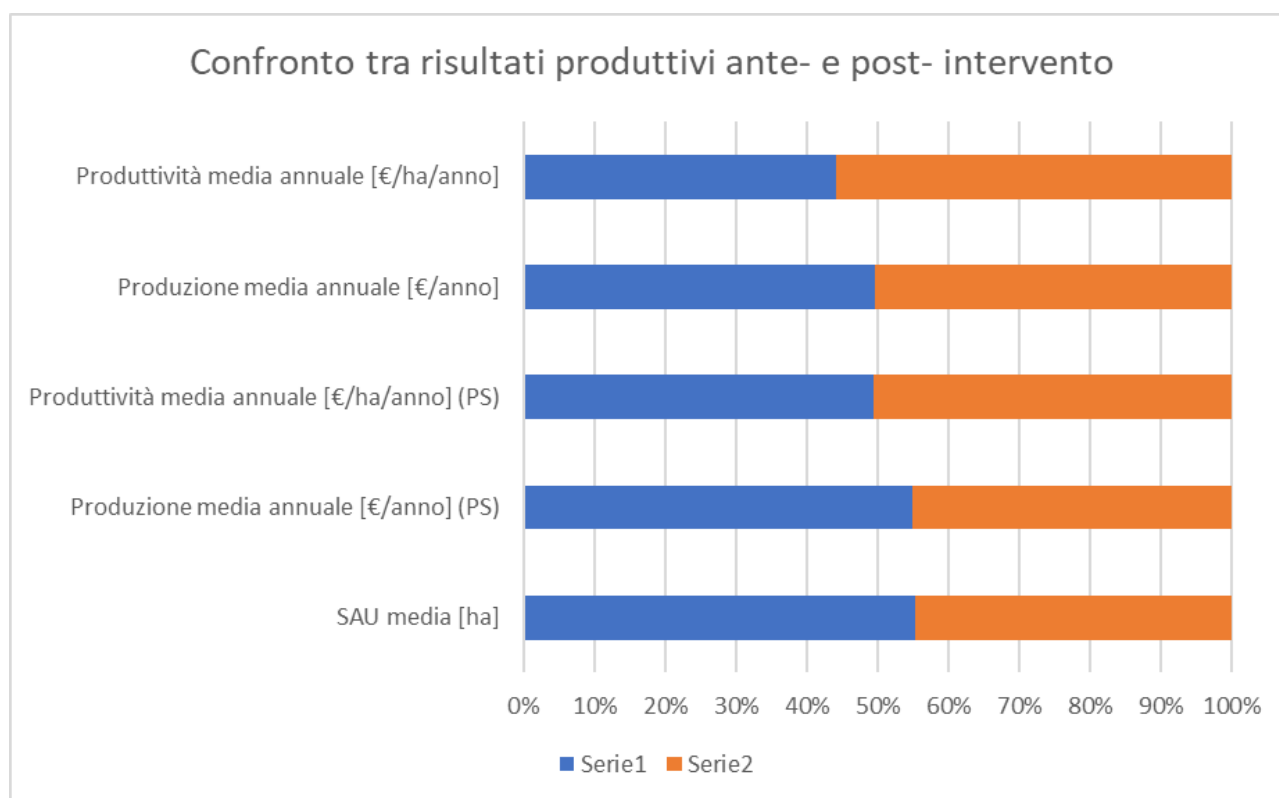


Figura 6 - Confronto tra i risultati produttivi ante e post intervento

6.4 La producibilità elettrica (REQUISITO B.2)

Il requisito B.2 delle Linee Guida richiede che la producibilità elettrica dell'impianto agrivoltaico non sia inferiore al 60% rispetto a quella di un impianto fotovoltaico standard di pari potenza, collocato nella medesima posizione geografica, in assenza di condizionamenti agronomici.

La verifica è condotta confrontando la produzione annua dell'impianto in progetto (FVagri) con quella di un impianto di riferimento (FVstandard), entrambi simulati in base alle coordinate del sito (lat. 44,8947°N, lon. 11,7628°E).

Secondo le precisazioni fornite dalle Linee Guida, dalle Regole Operative e dall'Appendice 3 - Esempio di calcolo del valore di producibilità, la producibilità dell'impianto di riferimento è calcolata considerando un impianto fotovoltaico di riferimento, collocato nello stesso sito dell'impianto agrivoltaico, caratterizzato da moduli con efficienza del 20% su supporti fissi orientati a sud e inclinati di un angolo pari alla latitudine meno 10 gradi sessagesimali. Conformemente alle Regole Operative e all'Allegato 3, le seguenti stime di producibilità sono condotte utilizzando il Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), disponibile all'URL: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/

Tabella 19: Parametri e risultati della simulazione di produzione fotovoltaica

Parametro	Impianto di progetto	Impianto di riferimento
Inclinazione	Singolo asse N-S	Fissa 34,89°
Azimut	0°	0°

Parametro	Impianto di progetto	Impianto di riferimento
S_tot (m ²)	408.912	408.912
LAOR	26%	49%
Potenza moduli (Wp)	750	750
Superficie modulo (m ²)	3,11	3,11
Moduli / S_tot (moduli/ha)	837	1.577
Potenza DC impianto (kW/ha)	628	1.183
Produzione annuale FV (kWh/ha)	1.007.853	1.609.043
Aumento di potenza per moduli bifacciali	+15%	0%

Tabella 20: Verifica del requisito B.2

Grandezza	Valore
FVagri (kWh/ha)	1.159.031
FVstandard (kWh/ha)	1.609.043
FVagri / FVstandard	72%

Il rapporto FVagri / FVstandard (72%) è ampiamente superiore alla soglia minima del 60%. Il risultato è coerente con le caratteristiche dell'impianto: il tracker monoassiale, pur con un LAOR inferiore (26% vs 49%), compensa con il guadagno da inseguimento solare e con il contributo dei moduli bifacciali (+15%), raggiungendo una producibilità pari al 72% di quella dell'impianto di riferimento a inclinazione fissa ottimale.

Il requisito B.2 è **VERIFICATO**.



Performance of tracking PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation

Provided inputs:

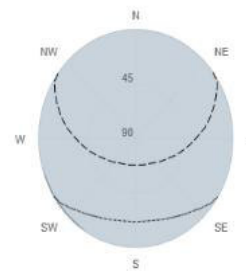
Latitude/Longitude: 44.895,11.763
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-SARAH3
 PV technology: Cryst Sil Original
 PV installed: 628 kWp
 System loss: 14 %

Simulation outputs

Slope angle [°]: 0
 Yearly PV energy production [kWh]: 1007853.5
 Yearly in-plane irradiation [kWh/m²]: 2054.4
 Year-to-year variability [kWh]: 40216.9
 Changes in output due to:
 Angle of incidence [%]: -1.86
 Spectral effects [%]: 0.98
 Temp. and low irradiance [%]: -8.34
 Total loss [%]: -21.88

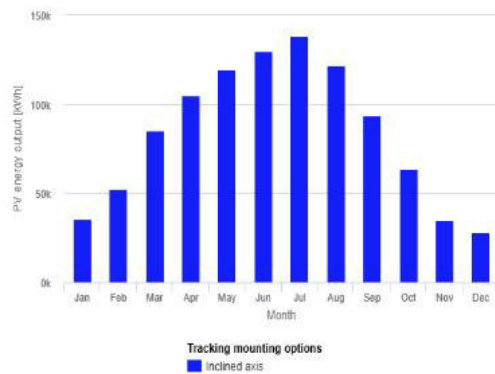
* IA: Inclined axis

Outline of horizon at chosen location:



■ Horizon height
 --- Sun height, June
 Sun height, December

Monthly energy output from tracking PV system:



Inclined axis

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	35409.66.7	7935.8	
February	52305.39.3	9084.6	
March	85404.965.3	13058.0	
April	105020.99.9	11928.5	
May	119555.246.2	12667.2	
June	129470.274.2	8316.3	
July	138319.296.0	8924.7	
August	122076.258.4	7834.0	
September	93568.791.3	5823.7	
October	63501.224.8	7289.9	
November	34981.57.9	6405.8	
December	28237.44.4	6054.9	

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].

H_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

Monthly in-plane irradiation for tracking PV system:



Tracking mounting options

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep the information on this website as up-to-date, reliable and accurate as possible. If errors are brought to our attention, we will try to correct them. However, the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

It is our goal to minimise disruption caused by technical errors. However, some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

For more information, please visit https://ec.europa.eu/info/legal-notice_en

Joint
Research
Centre

PVGIS ©European Union, 2001-2026.

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2026/03/15

Figura 7: Simulazione della producibilità elettrica dell'impianto di progetto



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

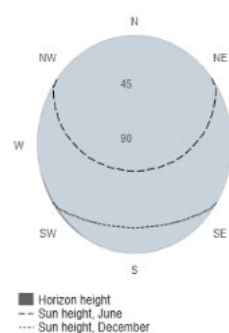
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 44.895, 11.763
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-SARAH3
 PV technology: Cryst Sil Original
 PV installed: 1183 kWp
 System loss: 14 %

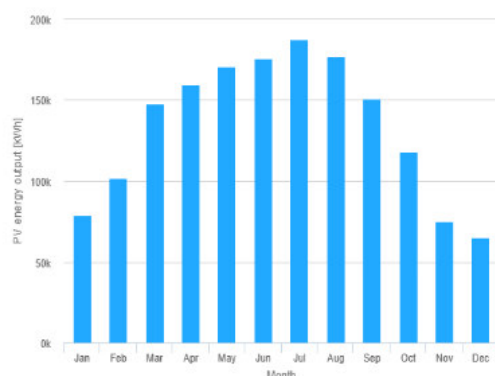
Simulation outputs

Slope angle: 35 °
 Azimuth angle: 0 °
 Yearly PV energy production: 1609043.04 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1757.32 kWh/m²
 Year-to-year variability: 70245.92 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -2.74 %
 Spectral effects: 1.12 %
 Temperature and low irradiance: -8.49 %
 Total loss: -22.6 %

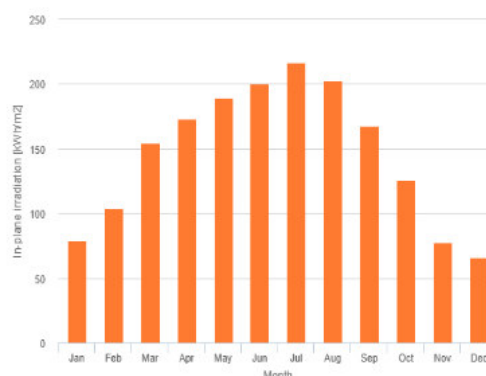
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m	
January	79145.179.1	19087.0		E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].
February	101828.604.2	18632.3		H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].
March	147572.954.7	21898.0		SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].
April	159926.772.9	17141.3		
May	170863.489.8	14947.3		
June	175472.200.6	9444.3		
July	187316.216.6	9694.0		
August	176958.202.7	9325.8		
September	151234.267.4	9081.8		
October	118191.125.5	13897.5		
November	75045.677.5	14547.4		
December	65488.166.3	14886.0		

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep this information timely and accurate. If errors are brought to our attention, we will try to correct them. However, the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

It is our goal to minimize disruption caused by technical errors. However, some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

For more information, please visit https://ec.europa.eu/info/legal-notice_en

Joint
Research
Centre

PVGIS ©European Union, 2001-2026.

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2026/03/15

Figura 8: Simulazione della producibilità elettrica dell'impianto di riferimento

6.5 La soluzione integrativa innovativa (REQUISITO C)

Il requisito C delle Linee Guida richiede che l'impianto agrivoltaico adotti soluzioni integrative innovative con effetti sinergici tra produzione agricola e produzione energetica, classificandone le tipologie in tre categorie:

- Tipo 1: l'attività agricola è svolta anche al di sotto dei moduli fotovoltaici;
- Tipo 2: esiste una combinazione sinergica tra le attività produttive agricola ed energetica;
- Tipo 3: l'impianto prevede il recupero di terreni non utilizzati.

Il progetto agrivoltaico "FERRARA" è configurato come sistema di **Tipo 1**: il piano colturale prevede espressamente la coltivazione dell'intera superficie del sistema agrivoltaico, incluse le aree coperte di bordo (55.552 m²) e l'area sempre coperta (8.909 m²). Le sole superfici sottratte alla coltivazione sono le fasce improduttive sotto i pannelli (46.155 m², corrispondenti a 1,00 m di larghezza per lato rispetto all'asse del tracker), classificate come SANU di progetto.

L'altezza minima della vela (2,10 m) è pari alla soglia minima stabilita dalle Linee Guida per le coltivazioni e consente il transito e le operazioni di macchine agricole di piccola e media dimensione. L'altezza massima (4,23 m) garantisce la piena accessibilità alle strutture anche in fase di manutenzione.

Si osserva, peraltro, che ai sensi della sentenza del Consiglio di Stato, Sez. V, n. 8029 del 30 agosto 2023, e della definizione di impianto agrivoltaico introdotta dall'art. 4, comma 1, lettera f-bis) del D.Lgs. 190/2024, le altezze minime indicate nelle Linee Guida assumono carattere indicativo e non costituiscono requisiti inderogabili ai fini della qualificazione dell'impianto come agrivoltaico.

L'ombreggiamento parziale indotto dai tracker monoassiali esercita effetti sinergici documentati sulla produzione agricola: la riduzione dell'evapotraspirazione colturale migliora il bilancio idrico delle colture sottostanti, con particolare rilevanza in un sito caratterizzato da un deficit idrico estivo di -325/-425 mm; l'attenuazione delle temperature fogliari nelle ore centrali del giorno riduce lo stress termico sulle colture a foglia, le cui rese in pieno campo sono depresse dalle temperature massime stabilmente superiori a 30 °C nel periodo 1991–2015; la copertura permanente del suolo con colture foraggere erbacee contribuisce alla conservazione della sostanza organica e alla strutturazione dell'orizzonte Ap.

Il requisito C è **VERIFICATO** nella tipologia Tipo 1.

6.6 Il sistema di monitoraggio (REQUISITO D)

6.6.1 Monitoraggio della continuità dell'attività agricola (Requisito D.2)

Il conseguimento del requisito D.2, relativo alla continuità dell'attività agricola e al mantenimento degli indirizzi produttivi, è condizione necessaria, unitamente ai requisiti A, B e C, per la qualificazione dell'impianto come "agrivoltaico avanzato" e per l'accesso agli incentivi tariffari.

Il monitoraggio sarà condotto secondo le Linee guida per il monitoraggio della continuità dell'attività agricola, adottate ai sensi dell'art. 11, comma 1, del D.L. 17/2022, convertito dalla L. 34/2022, e sarà articolato come segue.

Relazione agronomica annuale. In fase iniziale sarà elaborata e, in seguito, annualmente aggiornata la relazione agronomica, finalizzata alla valutazione della continuità della produzione agricola. La relazione sarà redatta e asseverata da un dottore agronomo iscritto all'Albo professionale e conterrà: la verifica dell'esistenza

effettiva delle coltivazioni; il mantenimento dell'indirizzo produttivo; l'aggiornamento del fascicolo aziendale; la documentazione fotografica georeferenziata dello stato delle colture; il calcolo e la certificazione dei parametri tecnici di conformità ai requisiti applicabili.

Il sistema di monitoraggio e tracciamento delle produzioni sarà articolato in osservazioni in campo e nell'esame della documentazione aziendale, ricorrendo a piani colturali, registri aziendali e documenti contabili.

Valutazione triennale. Con cadenza triennale, a partire dal sesto anno dall'entrata in esercizio, è prevista una valutazione dell'impatto sulle colture e sulla produttività, mediante confronto della PL effettiva con il valore ante-operam e con gli indicatori territoriali delle indagini RICA. La valutazione triennale comprende: l'analisi dei dati agronomici ed economici; il confronto con i riferimenti territoriali; la verifica dell'impatto sulla produttività; le eventuali raccomandazioni per l'ottimizzazione del piano colturale.

6.6.2 Monitoraggio del risparmio idrico (Requisito D.1)

Il requisito D.1 riguarda il monitoraggio del risparmio idrico sulle superfici coltivate del sistema agrivoltaico. Il piano colturale proposto prevede colture foraggere erbacee condotte prevalentemente in asciutta e colture orticole irrigate su una superficie limitata (1,64 ha).

Qualora si faccia ricorso all'irrigazione e si voglia mantenere il requisito di impianto avanzato, sarà attivato il monitoraggio del risparmio idrico, previa installazione di misuratori di portata e di volume applicati al sito di intervento. I consumi irrigui (m^3/ha) saranno rilevati annualmente per tipologia di approvvigionamento (autoapprovvigionamento, servizio consortile, modalità mista), con riferimento ai dati SIGRIAN, ove applicabile. La valutazione del risparmio idrico avrà una periodicità triennale.

Il fabbisogno idrico delle colture sotto le strutture agrivoltaiche è atteso in riduzione rispetto al pieno campo, a causa dell'ombreggiamento parziale, che riduce l'evapotraspirazione colturale. Tale effetto è particolarmente rilevante sul sito in esame, ove il deficit idrico estivo è tra i più severi della regione.

6.6.3 Protocollo operativo di monitoraggio (Requisito D.2)

Il principale obiettivo del monitoraggio consiste nella verifica del mantenimento dei requisiti agrivoltaici.

Il protocollo operativo prevede le seguenti attività:

Attività dell'azienda agricola: registrazione delle operazioni colturali significative; conservazione delle fatture di acquisto e di vendita dei prodotti agricoli; documentazione fotografica stagionale dello stato delle colture; sintesi delle operazioni per ogni periodo e segnalazione di eventuali criticità.

Valutazione annuale del tecnico agronomo: verifica fisica dello stato delle colture e delle evidenze di attività agricola; verifica della conformità spaziale e dell'accessibilità dei mezzi; acquisizione dei dati di produzione elettrica; validazione della documentazione annuale; controllo del fascicolo aziendale; acquisizione dei consumi irrigui.

Valutazione triennale del tecnico agronomo (dal sesto anno, ogni tre anni): analisi dei dati agronomici ed economici; confronto con i riferimenti territoriali RICA; valutazione degli impatti sulla produttività; verifica del risparmio idrico triennale.

Gestione delle non conformità: le criticità minori saranno corrette entro sei mesi; le non conformità significative entro tre mesi; le criticità gravi richiederanno un intervento immediato, con comunicazione al proprietario e la definizione di un piano di rimedio.

La documentazione prodotta annualmente — relazione tecnica asseverata, certificato di conformità, documentazione fotografica georeferenziata, aggiornamento del fascicolo aziendale — sarà conservata per dieci anni.

Il requisito D.2 è **VERIFICATO** mediante la predisposizione del sistema di monitoraggio descritto.

6.7 Il monitoraggio “sperimentale” (REQUISITO E)

Il requisito E delle Linee Guida riguarda il monitoraggio della produzione energetica e della componente di condivisione dell’energia, ed è applicabile ai sistemi sperimentali ammessi ai contributi del PNRR, nell’ambito della Missione 2, Componente 2, Investimento 1.1 “Sviluppo agrovoltico”.

L’impianto agrivoltico “FERRARA” non è proposto nell’ambito della misura PNRR e non accede ai contributi previsti dal DM 22 dicembre 2023, n. 436. Il requisito E **non è pertanto applicabile** e il conseguimento non è previsto.

Qualora in futuro l’impianto fosse candidato a misure incentivanti che richiedano il conseguimento del requisito E, il sistema di monitoraggio potrà essere integrato con il monitoraggio della fertilità del suolo, del microclima e della resilienza ai cambiamenti climatici, secondo le specifiche delle Linee guida CREA-GSE.

6.8 La qualificazione di impianto agrivoltico avanzato

L’impianto agrivoltico “FERRARA” soddisfa i requisiti A.1, A.2, B.1, B.2, C e D.2 previsti dalle Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltici (MASE, 2022) e può pertanto essere qualificato come **impianto agrivoltico avanzato** ai sensi dell’art. 65, commi 1-quater e 1-quinquies, del D.L. 1/2012, convertito dalla L. 27/2012.

L’impianto soddisfa altresì il requisito di cui all’art. 11-bis del D.Lgs. 190/2024, come modificato dalla L. 4/2026, con un rapporto PL agrivoltica / PL anteriore pari al 105%, superiore alla soglia minima dell’80%.

Il requisito E non è applicabile in quanto l’impianto non è proposto nell’ambito della misura PNRR.

La tabella riepilogativa completa dei requisiti conseguiti è riportata di seguito.

Tabella 21: Riepilogo dei requisiti conseguiti dall’impianto agrivoltico

Fonte	Requisito	Descrizione	Valore	Soglia	Esito
Linee Guida	A.1	S_agricola / S_tot	87%	≥ 70%	SI
	A.2	S_pv / S_tot (LAOR)	26%	≤ 40%	SI
	B.1	Produttività PS agrivoltico / anteriore	102%	≥ 100%	SI
	B.2	FVagri / FVstandard	72%	≥ 60%	SI
	C	Integrazione tra attività	Tipo 1	—	SI
	D.1	Monitoraggio risparmio idrico	Predisposto	—	SI
	D.2	Monitoraggio continuità agricola	Predisposto	—	SI

Fonte	Requisito	Descrizione	Valore	Soglia	Esito
D.Lgs. 190/2024	E	Monitoraggio supplementare PNRR	Non previsto	—	N.A.
	art. 4(f-bis)	Definizione impianto agrivoltaico	Confermato	—	SI
	art. 11-bis	PL agrivoltaico / PL anteriore $\geq 80\%$	105%	$\geq 80\%$	SI

7 Conclusioni

7.1 Risultati conseguiti

La presente relazione agronomica ha verificato la compatibilità dell'impianto agrivoltaico "FERRARA" con l'attività agricola preesistente e ha accertato il conseguimento di tutti i requisiti previsti dalle Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici (MASE, 2022) e dall'art. 11-bis del D.Lgs. 190/2024, come modificato dalla L. 4/2026.

L'impianto, di potenza nominale pari a 25.662 kWp con tracker monoassiali, è localizzato su una superficie di circa 420.058 m² nel Comune di Ferrara (FE), su suoli della consociazione VAL1 (VALLONA franco argillosi limosi), classificati in Classe III di capacità d'uso, con limitazioni per tessitura e drenaggio.

I requisiti spaziali e costruttivi sono ampiamente soddisfatti: la superficie agricola rappresenta l'87% della superficie totale del sistema (soglia $\geq 70\%$) e il LAOR è pari al 26% (soglia $\leq 40\%$).

Il piano colturale proposto prevede la riconversione dell'ordinamento da cerealicolo-industriale (rotazione grano duro / mais / soia) a foraggero-orticolo, con quattro unità foraggere in rotazione quinquennale (erba medica, erbai misti di loietto e festuca con leguminose) e cinque colture orticole (spinacio, cicoria da taglio, lattuga da cespo, barbabietola rossa, zucchina). Tale ordinamento è coerente con le caratteristiche pedologiche del sito — la consociazione VAL1 presenta una vocazione orticola documentata (cucurbitacee e pomodoro) — e con le condizioni climatiche della pianura ferrarese, caratterizzata da un deficit idrico estivo pronunciato che l'ombreggiamento agrivoltaico contribuisce ad attenuare.

La produttività del sistema agrivoltaico, valutata sulla base delle Produzioni Standard RICA, risulta superiore a quella ante-operam (2.230 €/ha contro 2.179 €/ha), soddisfacendo il requisito B.1 delle Linee Guida. La Produzione Lorda del sito in condizione post-operam (95.082 €/anno) è il 105% della PL precedente, ampiamente al di sopra della soglia minima dell'80% prescritta dall'art. 11-bis del D.Lgs. 190/2024.

La producibilità elettrica dell'impianto (FVagri) è pari al 72% di quella di un impianto standard di riferimento (FVstandard), superiore alla soglia del 60% prevista dal requisito B.2.

L'impianto è configurato come sistema integrativo di Tipo 1, con coltivazione anche sotto i moduli fotovoltaici, e soddisfa il requisito C delle Linee Guida. Il sistema di monitoraggio della continuità dell'attività agricola (requisito D.2) e del risparmio idrico (requisito D.1) è predisposto secondo le Linee guida CREA-GSE per il monitoraggio.

L'impianto può pertanto essere qualificato come **impianto agrivoltaico avanzato** ai sensi dell'art. 65, commi 1-quater e 1-quinquies, del D.L. 1/2012, convertito dalla L. 27/2012.

7.2 Peculiarità del sistema agrivoltaico

Il sistema agrivoltaico proposto presenta alcune peculiarità che meritano di essere evidenziate in relazione al contesto specifico del sito.

I suoli VAL1 della pianura deltizia interna, caratterizzati da tessitura franca argillosa limosa, drenaggio moderatamente imperfetto e reazione moderatamente alcalina con calcare attivo, impongono vincoli operativi specifici: concentrazione delle lavorazioni nei periodi a suolo asciutto, impiego di mezzi a bassa pressione di contatto per le colture orticole, adozione di baulature per il drenaggio locale. Tali vincoli sono

compatibili con la gestione agrivoltaica, poiché la struttura dell'impianto non ostacola il transito dei mezzi meccanici e l'altezza minima della vela (2,10 m) consente le operazioni di sfalcio e raccolta.

La scelta delle colture foraggere erbacee come comparto dominante (31,24 ha su 32,89 ha di SAU) risponde alla duplice esigenza di minimizzare gli interventi meccanici su suoli a tempi di attesa lunghi per le lavorazioni e di garantire la copertura permanente del suolo, con benefici per la conservazione della sostanza organica e per la strutturazione dell'orizzonte Ap.

Il deficit idrico estivo del sito (-325/-425 mm nel periodo 1991-2015, tra i più severi della regione) rende l'ombreggiamento parziale dei tracker un fattore di mitigazione agronomicamente significativo, con potenziale riduzione dell'evapotraspirazione colturale e dell'attenuazione dello stress termico sulle colture a foglia.

7.2.1 Flessibilità produttiva e traguardi

Il piano colturale proposto costituisce una configurazione di avvio, che potrà essere adattata nel corso della vita utile dell'impianto in funzione delle condizioni di mercato, delle esigenze del conduttore e dei risultati del monitoraggio agronomico. La flessibilità è garantita dalla natura erbacea di tutte le colture previste, che consente di modificare la composizione del piano colturale senza interventi strutturali.

In particolare, potranno essere valutate nel corso dell'esercizio: l'ampliamento della superficie orticola, subordinatamente alla verifica delle condizioni di praticabilità del suolo e della disponibilità di manodopera; l'introduzione di colture ortive a maggior valore aggiunto (pomodoro da industria, cucurbitacee) sfruttando la vocazione documentata dei suoli VAL1; l'attivazione dell'irrigazione delle colture foraggere, con conseguente incremento delle rese e della PL.

Il mantenimento della soglia minima dell'80% della PL è assicurato con un ampio margine di sicurezza già nella configurazione di avvio. L'ampliamento del comparto orticolo e/o l'attivazione dell'irrigazione delle foraggere potranno incrementare ulteriormente il rapporto R, consolidando il rispetto della soglia normativa.

8 APPENDICE — PIANO CULTURALE DI DETTAGLIO DEL SISTEMA AGRIVOLTAICO

8.1 Introduzione

Il presente allegato integra la relazione agronomica del parco agrivoltaico “FERRARA”, illustrando nel dettaglio il piano culturale previsto per il sottosistema agricolo. La trattazione descrive l’uso agricolo del suolo prima e dopo la realizzazione dell’impianto, le rotazioni colturali, le dotazioni irrigue, la meccanizzazione e la capacità di generare reddito agrario nell’arco temporale interessato dall’impianto.

L’ordinamento produttivo proposto prevede la ripartizione della SAU di progetto (32,89 ha) in due comparti funzionali: colture foraggere erbacee (codici RICA D18D e D18A, 31,24 ha, pari al 95% della SAU) e colture orticole all’aperto in pieno campo (codice RICA D14A, 1,64 ha, pari al 5% della SAU).

Il presente allegato si fonda sulle assunzioni della relazione agronomica e ne conferma la fondatezza mediante l’approfondimento analitico delle condizioni di ombreggiamento, della compatibilità colturale e del fabbisogno di risorse. Gli avvicendamenti effettivi saranno adattati alle condizioni agroclimatiche, di mercato e tecnologiche che si presenteranno durante l’esercizio dell’impianto, nel rispetto dei requisiti agrivoltaici e delle Buone Pratiche Agricole.

Si precisa che le assunzioni e la sintesi offerte in merito alla stima della radiazione disponibile (DLI), della tolleranza all’ombreggiamento delle colture, dei volumi irrigui, dell’intensità di lavoro e delle rese attese sono da intendersi approssimative e soggette alla variabilità intrinseca dell’attività agricola. Le grandezze numeriche riportate hanno funzione di dimostrazione della fattibilità agronomica del sistema, non di previsione puntuale vincolante.

Tabella 22: Ripartizione della SAU di progetto per destinazione colturale

Destinazione colturale	Cod. RICA	Quota SAU	SAU (ha)
Leguminose foraggere avvicendate	D18D	48%	15,62
Erbai di graminacee	D18A	48%	15,62
Orticole all’aperto in pieno campo	D14A	5%	1,64
TOTALE		100%	32,89

8.2 Valutazione dell’ombreggiamento dell’interfila

8.2.1 Parametri geometrici dell’impianto

L’analisi dell’ombreggiamento interfila si basa sui parametri geometrici dell’impianto agrivoltaico di progetto, costituito da inseguitori solari monoassiali (single-axis tracker) orientati in direzione nord-sud, con rotazione della vela lungo l’asse longitudinale da est a ovest.

Tabella 23: Parametri geometrici dell'impianto agrivoltaico rilevanti per l'analisi dell'ombreggiamento

Parametro	Valore	Note
Interasse tra inseguitori (pitch)	5,50 m	Asse-asse
Larghezza della vela (modulo 1P)	2,38 m	Configurazione portrait
Altezza minima bordo inferiore vela	2,10 m	Requisito C Linee Guida
Altezza massima bordo superiore vela	4,23 m	
Angolo di rotazione massimo	$\pm 60^\circ$	Rispetto al piano orizzontale
GCR (Ground Coverage Ratio)	0,433	$W/pitch = 2,38/5,50$
Larghezza fasce improduttive	1,00 m	Sotto l'asse del tracker
Orientamento file	N-S	Tracking E-W
Latitudine del sito	44,89° N	Ferrara (FE)

8.2.2 Dinamica dell'ombreggiamento

L'analisi dell'ombreggiamento è condotta mediante un modello di ray-tracing 2D accoppiato al calcolo del view factor (VF) della componente diffusa, implementato nella libreria pvlib-python (Holmgren et al., 2018) con l'algoritmo di backtracking di Lorenzo et al. (2011). Il modello calcola l'ombra diretta e l'occlusione del cielo causate dagli inseguitori adiacenti, integrando l'effetto cumulativo dell'intero campo fotovoltaico. Le medie sono calcolate da 51 punti del profilo (ogni 2% del pitch), con integrazione oraria passo 10 minuti.

Il profilo trasversale del pitch è suddiviso in tre zone funzionali:

Zona sotto-tracker (24 punti): la fascia di suolo compresa sotto la proiezione del pannello. La radiazione diretta è intercettata dal pannello per la maggior parte della giornata; la PAR disponibile proviene principalmente dalla componente diffusa.

Zona di bordo (7 punti): la fascia immediatamente laterale al tracker, con ombreggiamento parziale variabile.

Zona centrale (20 punti): la fascia intermedia dell'interfila. In estate riceve radiazione diretta per quasi tutta la giornata; all'equinozio e in inverno riceve l'ombra proiettata dai pannelli adiacenti.

Tabella 24: PAR relativa media per zona (frazione del DLI in pieno sole, P50 interannuale, modello pvlib multi-tracker)

Zona	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Sotto-tracker	0,58	0,34	0,37	0,33	0,28	0,26	0,23	0,25	0,29	0,35	0,53	0,73
Bordo	0,59	0,35	0,60	0,56	0,42	0,45	0,39	0,43	0,70	0,36	0,53	0,74
Centrale	0,82	0,79	0,78	0,82	0,91	0,96	0,93	0,79	0,70	0,71	0,84	0,94

Zona	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Media pitch	0,72	0,60	0,64	0,64	0,66	0,69	0,65	0,58	0,57	0,56	0,70	0,85

8.2.3 DLI posizionale e idoneità colturale

Il DLI (Daily Light Integral) è il predittore più affidabile della resa e della qualità delle colture orticole (Faust & Logan, 2018). I valori sono calcolati a cielo medio (non clear sky) e rappresentano le condizioni reali.

Tabella 25: DLI stimato per zona dell'interfila (mol PAR m⁻² d⁻¹, P50 interannuale)

Zona	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
DLI rif. pieno sole	6,0	14,4	19,4	29,4	39,3	44,8	47,0	39,6	27,4	17,3	7,4	4,2
Sotto-tracker	3,1	5,1	7,1	10,1	11,1	12,1	11,1	10,1	8,1	6,1	4,1	3,1
Bordo	4,1	5,1	12,1	17,1	16,1	20,1	18,1	17,1	16,1	6,1	4,1	3,1
Centrale	5,1	11,1	15,1	24,1	36,1	43,1	44,1	31,1	19,1	12,1	6,1	4,1
Media pitch	4,1	9,1	12,1	19,1	26,1	31,1	31,1	23,1	16,1	10,1	5,1	4,1

Il DLI della media pitch (26,1–31,1 mol in maggio-luglio, 10,1–16,1 mol in settembre-ottobre) rimane al di sopra della soglia critica per le principali colture da foglia: spinacio (DLI minimo 10–12 mol), lattuga da taglio (10–14 mol), bietola da costa (12–14 mol), cicoria (10–12 mol). In ottobre, il DLI media pitch (10,1 mol) raggiunge il limite inferiore per le colture più esigenti, ma resta adeguato per spinacio e lattuga.

La zona sotto-tracker presenta DLI significativamente inferiori (3,1–12,1 mol). In questa zona le foraggere sciafite (festuca, trifoglio) costituiscono la destinazione d'uso prevista dal piano colturale.

L'assegnazione delle colture ai gruppi di compatibilità agrivoltaica è fondata sulla risposta produttiva attesa in funzione della riduzione della PAR disponibile, stimata dal modello pvlib per la media pitch del sito. La PAR media pitch risulta compresa tra il 55% e il 66% del pieno sole nel periodo colturale utile (maggio–ottobre), pari a una riduzione compresa tra il 34% e il 45%.

I gruppi sono definiti come segue, in ordine decrescente di compatibilità:

8.2.3.1 Gruppo A ($K_{agv} = 0,95$)

Specie la cui resa è documentata in letteratura come invariata o superiore al 90% del pieno campo per riduzioni della PAR del 20–40%. Si tratta di colture da foglia a basso punto di saturazione luminosa, per le quali l'ombreggiamento parziale agrivoltaico attenua lo stress termico e la prefioritura senza penalizzare significativamente la fotosintesi netta. Sono assegnate a questo gruppo: spinacio, cicoria da taglio e lattuga da cespo. I riferimenti principali sono Marrou et al. (2013b), che documentano rese della lattuga invariate o superiori al controllo in pieno sole con riduzioni della PAR fino al 50%, e Weselek et al. (2019), che confermano lo stesso comportamento per spinacio e lattuga in sistemi agrivoltaici con GCR comparabili.

8.2.3.2 Gruppo B ($K_{agv} = 0,85$)

Specie con risposta produttiva moderatamente negativa all'ombreggiamento, per le quali la letteratura documenta riduzioni della resa del 10–20% e della PAR del 25–40%. Sono assegnate a questo gruppo: barbabietola rossa, zuccina ed erba medica. La barbabietola rossa e la zuccina, pur dotate di buona tolleranza pedologica ai suoli JOL1, presentano un punto di saturazione luminosa più elevato rispetto alle colture da foglia e una risposta produttiva proporzionale alla PAR intercettata nella fase di ingrossamento del fittone (barbabietola) o di fruttificazione (zuccina). L'erba medica, leguminosa eliofila con fabbisogno luminoso elevato per la massima produzione di biomassa, è assegnata al gruppo B in ragione della riduzione della resa documentata in letteratura per ombreggiamenti del 30–50% (Dupraz et al., 2011; Trommsdorff et al., 2021); la collocazione nelle zone a drenaggio più efficiente e a PAR relativamente più elevata (area centrale e di interconnessione) mitiga parzialmente la penalizzazione.

8.2.3.3 Gruppo C ($K_{agv} = 0,90$)

Miscugli foraggeri graminacee-leguminose, la cui risposta all'ombreggiamento è intermedia. Le graminacee C3 foraggere (festuca dei prati, loietto italico) presentano un punto di saturazione luminosa inferiore a quello dell'erba medica e beneficiano dell'attenuazione dello stress termico estivo sotto i tracker, con riduzioni di resa contenute, comprese tra il 5 e il 15% per ombreggiamenti del 30–40%. Il trifoglio bianco e il trifoglio violetto, leguminose stolonifere e sciafite parziali, tollerano riduzioni della PAR fino al 40% con penalizzazioni produttive limitate. Il miscuglio, nel suo complesso, esprime una risposta media ponderata più favorevole rispetto all'erba medica pura, giustificando un K_{agv} intermedio tra il gruppo A e il gruppo B.

8.2.3.4 Gruppi D1 ($K_{agv} = 0,83$) e D2 ($K_{agv} = 0,73$)

Colture ad elevata esigenza luminosa (rispettivamente seminativi C4 e colture arboree frutticole non shade-tolerant). Non assegnate alle colture del presente piano culturale.

Il criterio adottato è conservativo: in caso di incertezza sulla collocazione tra due gruppi adiacenti, è stato assegnato il gruppo con K_{agv} inferiore. La prudenzialità dell'assegnazione è confermata dal fatto che i valori di DLI media pitch nel periodo culturale (14–29 mol PAR m⁻² d⁻¹ da maggio a settembre) risultano superiori alle soglie critiche delle colture assegnate ai gruppi A e B, lasciando un margine di sicurezza rispetto al punto di compensazione luminoso delle specie selezionate.

8.2.4 Effetto microclimatico dell'ombreggiamento

L'ombreggiamento parziale e intermittente modifica il microclima delle colture in misura significativa: riduzione della temperatura fogliare di 1–3 °C nelle ore più calde (Barron-Gafford et al., 2019), riduzione dell'evapotraspirazione colturale del 10–20% (Marrou et al., 2013a) e miglioramento dell'efficienza d'uso dell'acqua. Nel contesto di Ferrara, ove il deficit idrico estivo è tra i più severi della regione (–325/–425 mm nel periodo 1991–2015) e le massime estive superano stabilmente i 30 °C, l'effetto microclimatico dell'ombreggiamento agrivoltaico è particolarmente favorevole alle colture a foglia, riducendo lo stress idrico e la prefioritura (bolting).

8.2.5 Compatibilità con la meccanizzazione

La larghezza utile per il transito delle macchine operatrici è determinata dal pitch (5,50 m), dall'ingombro della struttura di sostegno (stimato in 0,30 m per lato) e dal franco di sicurezza laterale (0,20 m per lato), per un totale di circa 4,5 m di luce netta. L'altezza minima del bordo inferiore della vela (2,10 m) è sufficiente per il transito di trattrici compatte (classe 40–75 CV) con attrezzature a barra frontale o trainata.

Per i suoli VAL1, la percorribilità discreta e i lunghi tempi di attesa nelle lavorazioni impongono cautela nella scelta dei momenti di ingresso in campo. L'impiego di mezzi a bassa pressione di contatto è raccomandato per tutte le operazioni meccanizzate.

8.3 Orticole

8.3.1 Inquadramento pedoclimatico ai fini orticoli

L'area di intervento ricade nella consociazione VAL1 della Carta dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, che comprende i suoli VALLONA franco-argillosi-limosi (fine, mixed, superactive, calcareous, mesic Typic Endoaquepts — USDA). Si tratta di suoli a tessitura franca argillosa limosa (38% argilla nell'Ap), con drenaggio moderatamente imperfetto, reazione moderatamente alcalina (pH 7,9) e assenza di salinità nel profilo. L'AWC è moderata (150–225 mm) e il contenuto di sostanza organica nell'Ap è pari al 2,0%.

I suoli VAL1, pur presentando tempi di attesa lunghi per le lavorazioni e una resistenza meccanica moderata, offrono una percorribilità discreta e l'assenza di salinità amplia significativamente la scelta delle specie orticole rispetto ai suoli della pianura deltizia orientale. La Carta dei Suoli regionale indica l'uso prevalente a colture orticole (cucurbitacee e pomodoro), confermando la vocazione orticola del sito.

8.3.2 Criteri di selezione delle specie orticole

La selezione delle specie orticole è fondata su quattro criteri: elevata tolleranza all'ombreggiamento parziale (riduzione della PAR, media pitch 31–44%); idoneità pedologica per suoli franco-argillosi, limosi, calcarei e a drenaggio imperfetto; compatibilità del ciclo colturale con la finestra operativa dei suoli VAL1; presenza di canali commerciali consolidati nel contesto ferrarese.

8.3.3 Specie orticole selezionate

Tabella 26: Specie orticole proposte

Specie	Ciclo	Toll. ombra	Adatt. VAL1	K _{agv}	Periodo raccolta
Spinacio (<i>Spinacia oleracea</i>)	Breve	Ottima	Buona	0,95	Apr-Giu / Set-Nov
Cicoria da taglio (<i>Cichorium intybus</i>)	Medio	Buona	Buona	0,95	Giu-Ott
Lattuga da cespo (<i>Lactuca sativa</i> var. <i>capitata</i>)	Medio	Buona	Discreta	0,95	Mag-Giu / Set-Ott
Barbabietola rossa (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>conditiva</i>)	Medio	Buona	Ottima	0,85	Lug-Ott
Zucchini (<i>Cucurbita pepo</i>)	Medio-lungo	Discreta	Buona	0,85	Giu-Set

Lo spinacio e la cicoria da taglio rappresentano le colture cardine del piano orticolo, per l'eccellente tolleranza all'ombreggiamento e i cicli brevi che consentono due raccolte annuali. La barbabietola rossa merita una segnalazione specifica per l'ottima adattabilità ai suoli VAL1: è calcifila (optimum pH 6,5–8,0), tollerante al

calcare attivo e rustica. La zuccina è coerente con la vocazione orticola, documentata per la consociazione (cucurbitacee tra gli usi prevalenti), e richiede un numero limitato di interventi meccanici dopo il trapianto.

La lattuga da cespo è la specie più esigente del gruppo in termini di gestione su suoli VAL1: richiede baulature per il drenaggio locale e può necessitare di chelati di ferro in fertirrigazione per prevenire la clorosi indotta dal calcare attivo (6–7%).

8.3.4 Schema rotazionale orticolo

La superficie orticola (1,64 ha) è suddivisa in 5 parcelle da circa 0,33 ha ciascuna, con rotazione quinquennale che garantisce l'alternanza delle famiglie botaniche.

Tabella 27: Schema rotazionale quinquennale della quota orticola (5 parcelle × 0,33 ha)

Anno	Parcella 1	Parcella 2	Parcella 3	Parcella 4	Parcella 5
1	Spinacio	Cicoria	Lattuga	Barbabietola	Zuccina
2	Cicoria	Lattuga	Barbabietola	Zuccina	Spinacio
3	Lattuga	Barbabietola	Zuccina	Spinacio	Cicoria
4	Barbabietola	Zuccina	Spinacio	Cicoria	Lattuga
5	Zuccina	Spinacio	Cicoria	Lattuga	Barbabietola

La rotazione garantisce: l'alternanza delle famiglie botaniche (Chenopodiaceae, Asteraceae, Cucurbitaceae); la copertura del suolo per la maggior parte del periodo aprile-ottobre; il rispetto dei principi di diversificazione colturale delle BPA.

8.3.5 Gestione irrigua delle colture orticole

8.3.5.1 Fabbisogno idrico

Il bilancio idro-climatico del sito (deficit estivo –325/–425 mm, periodo 1991–2015) rende l'irrigazione indispensabile per le colture orticole estive. I suoli VAL1, rispetto ai suoli sabbiosi, presentano una maggiore capacità di ritenzione idrica (AWC 150–225 mm), che riduce il fabbisogno irriguo unitario e consente turni più lunghi.

Tabella 28: Fabbisogni idrici colturali stimati in pieno sole e in regime agrivoltaico. Kc da FAO-56 (Allen et al., 1998); riduzione ETc agriPV da letteratura

Coltura	Kc medio	ETc pieno sole (mm)	Riduz. agriPV	ETc agriPV (mm)	Periodo irriguo
Spinacio	0,90	180–220	–20%	145–175	Apr-Giu
Cicoria da taglio	0,90	200–250	–20%	160–200	Giu-Ott
Lattuga da cespo	0,95	250–300	–22%	195–235	Mag-Set

Coltura	Kc medio	ETc pieno sole	Riduz. agriPV	ETc (mm)	agriPV	Periodo irriguo
Barbabietola rossa	0,85	200–250	–18%	165–205		Giu-Set
Zucchina	0,90	280–340	–20%	225–270		Giu-Set

Il risparmio idrico complessivo atteso per il comparto orticolo in regime agrivoltaico è dell'ordine del 18–22% rispetto alla coltivazione in pieno sole.

8.3.5.2 Sistema irriguo di progetto

Il sistema irriguo previsto è di tipo localizzato a goccia (microirrigazione), con ali gocciolanti in LDPE disposte lungo le file colturali nell'interasse tra gli inseguitori. La scelta della microirrigazione è motivata dalla massima efficienza di distribuzione (90–95%), dalla compatibilità fisica con le strutture dell'impianto e dalla possibilità di fertirrigazione.

Le ali gocciolanti saranno posizionate in superficie e rimosse al termine di ciascun ciclo colturale, per non interferire con le lavorazioni meccanizzate. I gocciolatori autocompensanti integrati avranno una portata nominale di 1,0–1,6 L/h e una spaziatura di 0,20–0,30 m.

8.3.5.3 Gestione irrigua e turni

La gestione irrigua sarà condotta secondo il criterio di restituzione del deficit idrico giornaliero. Sui suoli VAL1, la buona capacità di ritenzione idrica consente turni irrigui più distanziati rispetto ai suoli sabbiosi: il volume di adacquata di riferimento è fissato tra 15 e 25 mm, con turni di 4–6 giorni nei mesi di punta (luglio-agosto) e di 7–10 giorni nei mesi di spalla. La bassa conducibilità idraulica satura (K_{sat} 0,016 cm/h nell'Ap) impone portate di erogazione contenute per evitare ristagno superficiale.

8.3.5.4 Stima dei volumi irrigui

Tabella 29: Stima dei volumi irrigui annui per la quota orticola

Parametro	Pieno sole	Regime agriPV	Unità
Volume irriguo netto unitario	800–1.200	640–960	m ³ /ha/anno
Volume irriguo lordo unitario (η 85%)	940–1.410	750–1.130	m ³ /ha/anno
Volume totale SAU orticola (1,64 ha)	1.542–2.312	1.230–1.853	m ³ /anno

Il volume irriguo totale previsto è contenuto (1.230–1.853 m³/anno), coerente con la superficie orticola. La quota foraggera non prevede irrigazione ordinaria.

8.3.6 Meccanizzazione delle colture orticole

8.3.6.1 Vincoli specifici dei suoli VAL1

I suoli VAL1 impongono vincoli di meccanizzazione legati alla tessitura argillosa limosa (38% di argilla), ai tempi di attesa lunghi per le lavorazioni e alla resistenza meccanica moderata in condizioni secche. Si richiedono:

- impiego di mezzi a **bassa pressione di contatto** per tutte le operazioni;

- concentrazione delle lavorazioni nei periodi a suolo asciutto, con esclusione dei giorni successivi a precipitazioni significative (> 10 mm);
- adozione di **baulature o letti rialzati** per le colture orticole, per migliorare il drenaggio locale.

8.3.6.2 Parco macchine per le colture orticole

Tabella 30: Parco macchine e attrezzature per le operazioni orticole

Operazione	Attrezzatura	Largh. lavoro	Altezza	Note operative
Preparazione letto di semina	Erpice rotante	2,0–3,0 m	< 1,5 m	Lavorazione 15–20 cm
Formazione baulature	Baulatore	1,5–2,0 m	< 1,2 m	Per drenaggio locale
Semina diretta	Seminatrice precisione	di 1,5–2,5 m	< 1,2 m	Pneumatica; 4–8 file
Trapianto	Trapiantatrice meccanica	1,2–2,0 m	< 1,5 m	Lattuga, zucchina; 2–4 file
Sarchiatura interfila	Sarchiatrice a denti	1,5–2,5 m	< 1,0 m	Controllo meccanico infestanti
Difesa fitosanitaria	Irroratrice a barra	3,0–4,0 m	< 1,8 m	Barra ripiegabile; anti-deriva
Raccolta foglia da taglio	Raccoglitrice a nastro	1,2–1,8 m	< 1,5 m	Spinacio, cicoria, lattuga
Raccolta a cespo/radice	Manuale + casse	—	—	Lattuga cespo, barbabietola

Tutte le attrezzature presentano larghezze di lavoro inferiori a 4,5 m e altezze contenute entro i 2,0 m, compatibili con il corridoio operativo (pitch 5,50 m, luce netta ~4,5 m). L'impiego di sistemi di guida assistita GPS (RTK) è fortemente raccomandato per ottimizzare il passaggio nell'interasse e minimizzare il rischio di contatto con i pali di sostegno.

8.3.7 Calendario operativo orticolo

Tabella 31: Calendario operativo delle colture orticole

Coltura	Semina/Trapianto	Raccolta	Cicli/anno	Note
Spinacio	Apr / Set	Mag-Giu / Ott-Nov	1–2	Semine scalari ogni 15 gg
Cicoria da taglio	Apr-Mag	Giu-Ott	1	Raccolta scalare
Lattuga da cespo	Apr / Ago	Mag-Giu / Set-Ott	1–2	Trapianto preferibile

Coltura	Semina/Trapianto	Raccolta	Cicli/anno	Note
Barbabietola rossa	Apr-Mag	Lug-Ott	1	Calcifila, tollerante calcare
Zucchina	Mag (trapianto)	Giu-Set	1	Pochi interventi post-trapianto

8.4 Foraggiere

8.4.1 Inquadramento e finalità della quota foraggera

La quota foraggera comprende il 95% della SAU di progetto (31,24 ha), ripartita tra leguminose foraggiere avvicendate (D18D, 15,62 ha) ed erbai di graminacee-leguminose (D18A, 15,62 ha). Questa componente svolge funzioni strategiche: copertura permanente del suolo, miglioramento della struttura dell'orizzonte Ap, fissazione biologica dell'azoto, contenimento dell'erosione e produzione foraggera.

La destinazione foraggera risulta particolarmente indicata per i suoli VAL1, per molteplici ragioni. La gestione senza lavorazioni intensive del cotico erboso minimizza il rischio di compattamento e preserva la struttura del suolo. L'assenza di lavorazioni frequenti riduce le finestre operative critiche su suoli a tempi di attesa lunghi. La copertura permanente previene il degrado strutturale dell'orizzonte Ap.

8.4.2 Composizione dei miscugli

Tabella 32: Composizione dei miscugli foraggeri

Cod. RICA	Coltura	Specie	Dose (kg/ha)	Epoca semina	Durata
D18D	Erba medica	Medicago sativa	25–30	Set-Ott Mar	/ Biennale
D18A	Erbaio trifoglio	loietto + <i>Lolium multiflorum</i> + *Trifolium pratense	* 30–35 S	et-Ott Mar A	/ nnuale
D18A	Erbaio trifoglio	festuca + <i>Festuca pratensis</i> + Trifolium repens	30–35 S	et-Ott Mar A	/ nnuale-biennale

L'erba medica (*Medicago sativa*) trova condizioni particolarmente favorevoli sui suoli VAL1 grazie al pH alcalino (7,9), compatibile con l'optimum della specie (6,5–8,0), e alla buona dotazione di calcare. La festuca dei prati (*Festuca pratensis*) è indicata per la tolleranza ai suoli pesanti, al drenaggio imperfetto e all'ombreggiamento parziale. Il trifoglio bianco (*Trifolium repens*), associato alla festuca, tollera bene il ristagno temporaneo e l'ombreggiamento.

8.4.3 Gestione agronomica degli erbai

La conduzione degli erbai prevede un massimo di tre sfalci annuali, con il primo sfalcio a fine primavera (altezza di taglio 6–8 cm per le graminacee, 5–7 cm per il trifoglio). Il prodotto è destinato alla raccolta in balle (fieno) o all'insilamento. A fine ciclo il cotico è sottoposto a sovescio per la restituzione della biomassa al suolo.

La gestione irrigua della quota foraggera non è prevista in via ordinaria: le foraggere erbacee, in contesto agrivoltaico, beneficiano della riduzione dell'evapotraspirazione indotta dall'ombreggiamento, che compensa parzialmente il deficit estivo.

Le concimazioni saranno assenti o limitate a modesti apporti organici. L'azotofissazione delle leguminose e la restituzione dei residui colturali costituiscono le principali fonti di nutrienti.

8.4.4 Meccanizzazione delle colture foraggere

Tabella 33: Parco macchine per le operazioni foraggere

Operazione	Attrezzatura	Largh. lavoro	Altezza	Note operative
Semina erbaio	Seminatrice universale	2,5–3,0 m	< 1,5 m	Su terreno preparato
Sfalcio	Barra falciante / falciacondiz.	2,0–3,2 m	< 1,8 m	2–3 sfalci/anno
Andanatura	Ranghinatore	2,5–3,5 m	< 1,5 m	Essiccazione
Raccolta in balle	Big baler prismatica	1,8–2,2 m	1,8–2,0 m	Preferibile alla rotoimballatrice per altezza contenuta
Trinciatura sovescio	Trinciasarmenti	2,0–3,0 m	< 1,2 m	A fine ciclo

La big baler a balle prismatiche è preferita alla rotoimballatrice cilindrica per la minore altezza complessiva (1,8–2,0 m vs 2,5 m), compatibile con l'altezza minima della vela (2,10 m) senza necessità di posizionare i tracker in orizzontale durante il transito. Il transito dei mezzi per la fienagione è programmato nelle finestre di praticabilità del suolo (primavera-estate).

8.4.5 Stima del fabbisogno di manodopera

8.4.5.1 Fabbisogno per coltura orticola

Tabella 34: Stima del fabbisogno di manodopera per coltura orticola (ore/ha per ciclo annuale, inclusa maggiorazione agriPV +15% per vincoli meccanizzazione VAL1)

Coltura	Prep. terreno (ore/ha)	Semina/Trap. (ore/ha)	Gestione colturale (ore/ha)	Raccolta (ore/ha)	TOTALE (ore/ha/ciclo)
Spinacio (×1 ciclo)	10–12	5–7	18–24	25–35	58–78
Cicoria da taglio (×1)	10–12	5–7	20–28	30–45	65–92
Lattuga da cespo (×1)	10–12	18–24	28–38	220–320	276–394

Coltura	Prep. terreno (ore/ha)	Semina/Trap. (ore/ha)	Gestione colturale (ore/ha)	Raccolta (ore/ha)	TOTALE (ore/ha/ciclo)
Barbabietola rossa (×1)	10–12	5–7	18–24	40–60	73–103
Zucchina (×1)	10–12	18–24	35–50	80–120	143–206

I tempi unitari sono maggiorati del 15% rispetto alle condizioni di pieno campo aperto, per tener conto delle manovre di testata in prossimità dei pali, della velocità operativa ridotta nel corridoio interfila e dei tempi di attesa aggiuntivi legati alla lavorabilità dei suoli VAL1.

8.4.5.2 Fabbisogno complessivo post-intervento

Tabella 35: Fabbisogno di manodopera post-intervento per componente colturale

Componente	SAU (ha)	Ore/ha/anno	Ore/anno tot.
Quota orticola D14A	1,64	120–175	197–287
Quota foraggera D18D+D18A	31,24	20–35	625–1.093
Gestione irrigua e monitoraggio	32,89	10–15	329–493
TOTALE POST-INTERVENTO	32,89		1.151–1.873

8.4.5.3 Fabbisogno ante-operam e confronto

L'ordinamento ante-operam (rotazione grano duro/mais/soia, completamente meccanizzata) presenta un fabbisogno stimato di 15–25 ore/ha/anno, pari a circa 612–1.020 ore/anno sui 40,78 ha di SAU.

Tabella 36: Confronto del fabbisogno di manodopera ante e post-intervento

Parametro	Ante-operam	Post-intervento
SAU coltivata (ha)	40,78	32,89
Ore/anno	612–1.020	1.151–1.873
Ore/ha/anno	15–25	35–57

Il passaggio all'agrivoltaico con componente orticola genera un incremento occupazionale nell'ordine del 80–180%, attribuibile all'introduzione di colture orticole a raccolta manuale o semi-manuale. Il fabbisogno complessivo rimane tuttavia compatibile con la gestione aziendale (1.151–1.873 ore/anno, pari a 0,63–1,03 ULA), coerente con la prevalenza del comparto foraggero a bassa intensità di lavoro.

8.5 Conclusioni

Il presente piano colturale dimostra la fattibilità tecnica dell'integrazione tra attività agricola e produzione fotovoltaica nel sito di Ferrara, tenendo conto delle specificità pedologiche dei suoli VAL1 (tessitura franca

argillosa limosa, calcare attivo, drenaggio imperfetto) e delle condizioni climatiche della pianura ferrarese (deficit idrico estivo pronunciato, temperature estive elevate).

La scelta delle colture foraggere come comparto dominante (95% della SAU) risponde alla duplice esigenza di minimizzare gli interventi meccanici su suoli a tempi di attesa lunghi e di garantire la copertura permanente del suolo, con benefici per la conservazione della sostanza organica e per la strutturazione dell'orizzonte Ap. La componente orticola (5% della SAU), pur su una superficie limitata, contribuisce in misura significativa alla PL del sito grazie all'elevato valore unitario delle colture selezionate e all'idoneità orticola dei suoli.

Il piano colturale qui esposto ha valore di traccia metodologica e di modello operativo concretamente applicabile. Gli avvicendamenti effettivi saranno adattati alle condizioni concrete di mercato, di clima e di organizzazione aziendale, nel costante rispetto dei requisiti agrivoltaici, che saranno verificati dal sistema di monitoraggio descritto nella relazione agronomica.

8.6 Bibliografia

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome: FAO.

Antolini G., Pavan V., Tomozeiu R., Marletto V. (a cura di). (2017). Atlante climatico dell'Emilia-Romagna 1961–2015 (edizione 2017). Arpae Emilia-Romagna Servizio IdroMeteoClima. ISBN: 978-88-87854-44-2.

Barron-Gafford G.A. et al. (2019). Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability*, 2: 848–855.

Faust J.E., Logan J. (2018). Daily light integral: A research review and high-resolution maps of the United States. *HortScience*, 53(9): 1250–1257.

Holmgren W.F., Hansen C.W., Mikofski M.A. (2018). pvlib python: a python package for simulating the performance of photovoltaic energy systems. *Journal of Open Source Software*, 3(29): 884.

Lorenzo E., Narvarte L., Muñoz J. (2011). Tracking and back-tracking. *Progress in Photovoltaics*, 19(6): 747–753.

Marrou H., Dufour L., Wéry J. (2013a). How does a shelter of solar panels influence water flows in a soil–crop system? *European Journal of Agronomy*, 50: 38–51.

Marrou H., Wéry J., Dufour L., Dupraz C. (2013b). Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy*, 44: 54–66.

Weselek A. et al. (2019). Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 39: 35.

9 ALLEGATO: SISTEMA DI MONITORAGGIO

9.1 QUADRO NORMATIVO

Il sistema di monitoraggio è predisposto ai sensi delle seguenti disposizioni:

- D.Lgs. 199/2021, art. 65, commi 1-quater e 1-quinquies;
- D.L. 17/2022, convertito dalla L. 34/2022, art. 11, comma 1;
- Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici (MASE, giugno 2022), requisiti D.1 e D.2;
- Linee guida CREA-GSE per il monitoraggio della continuità dell'attività agricola;
- D.Lgs. 190/2024, art. 11-bis, come modificato dalla L. 4/2026 (controlli comunali quinquennali).

9.2 SOGGETTI

Esercente dell'impianto: OPR SUN 55 S.r.l.

Conduttore agricolo: da individuare in fase di esercizio.

Tecnico agronomo incaricato del monitoraggio: professionista iscritto ad un ordine professionale del settore agrario avente competenza in materia agronomica, ai sensi delle Regole Operative del DM 436/2023.

9.3 ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

9.3.1 Verifica requisiti spaziali (A, C)

Parametri di controllo: $S_{\text{agricola}} / S_{\text{tot}} \geq 70\%$; $S_{\text{pv}} / S_{\text{tot}} \leq 40\%$; coltivazione effettiva anche sotto i moduli.

Metodologia: rilievo delle superfici effettivamente coltivate mediante documentazione fotografica georeferenziata e confronto con la planimetria di progetto; verifica dell'accessibilità dei mezzi meccanici e dell'assenza di ostacoli alla coltivazione.

Frequenza: iniziale (ante l'entrata in esercizio) e annuale.

9.3.2 Monitoraggio efficienza elettrica (B.2)

Parametro di controllo: $FV_{\text{agri}} \geq 0,60 \times FV_{\text{standard}}$.

Metodologia: acquisizione dei dati di produzione da contatori certificati; calcolo di FV_{standard} secondo la metodologia delle Linee Guida; verifica del rispetto della soglia minima del 60%.

Frequenza: annuale.

9.3.3 Verifica continuità agricola (B.1, D.2) e risparmio idrico (D.1)

Annuale:

Indicatori di controllo: esistenza effettiva delle coltivazioni; mantenimento dell'indirizzo produttivo foraggero-orticolo; aggiornamento del fascicolo aziendale; aggiornamento della relazione agronomica annuale.

Strumenti di verifica: sopralluogo tecnico annuale (settembre-ottobre, post-raccolta); analisi della documentazione operativa (registri colturali, fatture di acquisti/vendite); controllo del fascicolo aziendale aggiornato; rilevazione dei consumi idrici in caso di irrigazione.

Frequenza: annuale.

Triennale (dal sesto anno):

Indicatori di impatto su colture e produttività: PL del sito (€/anno), confronto con valore ante-operam; produttività agricola (€/ha), confronto con valore ante-operam; Produzione Standard aziendale (€), verifica del mantenimento dell'indirizzo produttivo.

Riferimenti territoriali: indicatori RICA per aziende analoghe (quando disponibili); produttività nell'area di riferimento (provincia di Ferrara).

Metodologia: analisi dei dati agronomici ed economici; confronto con riferimenti territoriali; valutazione degli impatti sulla produttività.

Frequenza: valutazione triennale.

9.3.4 Monitoraggio del risparmio idrico (se applicabile)

Parametri di controllo: consumi irrigui (m³/ha) per tipologia di approvvigionamento (autoapprovvigionamento, servizio consortile, modalità mista).

Metodologia: installazione e lettura da misuratori di volume; riferimento a dati SIGRIAN, quando applicabile.

Frequenza: rilevazione annuale, valutazione triennale.

9.4 PROTOCOLLO OPERATIVO

9.4.1 Attività azienda agricola

Documentazione ordinaria: registrazione delle operazioni colturali significative; conservazione delle fatture di acquisto e vendita dei prodotti agricoli; documentazione fotografica mensile o stagionale dello stato delle colture.

Reportistica stagionale: sintesi delle operazioni del periodo; segnalazione di eventuali criticità; trasmissione della documentazione al tecnico agronomo.

9.4.2 Valutazione annuale dell'agronomo

Pianificazione: settembre-ottobre (post-raccolta).

Attività: verifica fisica dello stato delle colture ed evidenze dell'attività agricola; controllo della conformità spaziale e dell'accessibilità dei mezzi; acquisizione dei dati di produzione elettrica; validazione della documentazione annuale; controllo del fascicolo aziendale; acquisizione dei consumi idrici.

9.4.3 Valutazione triennale dell'agronomo

Pianificazione: dal sesto anno, ogni tre anni.

Attività: analisi dei dati agronomici ed economici; confronto con i riferimenti territoriali di RICA; valutazione degli impatti sulla produttività; verifica del risparmio idrico triennale.

9.4.4 Relazione tecnica annuale

Contenuti: verifica di conformità ai requisiti applicabili (A, B, C, D); analisi della continuità dell'attività agricola; calcolo e certificazione dei parametri tecnici; documentazione fotografica georeferenziata; eventuali non conformità e azioni correttive; asseverazione.

9.4.5 Relazione tecnica triennale

Contenuti: confronto con gli indicatori RICA; analisi economica; verifica del risparmio idrico; valutazione dell'impatto sulle colture e sulla produttività; raccomandazioni per l'ottimizzazione del piano colturale; certificazione della conformità; asseverazione.

9.5 GESTIONE NON CONFORMITÀ

9.5.1 Procedura di intervento

Rilevamento della criticità: comunicazione immediata all'esercente; relazione tecnica motivata; definizione del piano di rimedio.

Tempistiche di intervento: criticità minori — correzione entro 6 mesi; non conformità significative — intervento entro 3 mesi; criticità gravi — intervento immediato.

9.5.2 CRONOPROGRAMMA ANNUALE

Gennaio–maggio: aggiornamento del fascicolo aziendale; pianificazione delle attività colturali.

Gennaio–dicembre: monitoraggio continuo; raccolta della documentazione operativa da parte dell'azienda agricola.

Settembre–marzo: sopralluogo annuale del tecnico agronomo; redazione della relazione tecnica; certificazione di conformità.

9.5.3 CONFORMITÀ NORMATIVA

Riferimenti legislativi: D.Lgs. 199/2021; D.L. 17/2022, convertito dalla L. 34/2022; Linee Guida MASE giugno 2022; Linee guida CREA-GSE per il monitoraggio; D.Lgs. 190/2024, come modificato dalla L. 4/2026.

Standard professionali: codice deontologico dell'Ordine dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali; principio di terzietà e di indipendenza del professionista incaricato.

9.5.4 BENEFICI DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

Per l'esercente: attestazione e mantenimento della qualifica di impianto agrivoltaico avanzato; protezione dell'investimento da contestazioni; conformità ai controlli comunali quinquennali ex art. 11-bis del D.Lgs. 190/2024; accesso a futuri incentivi.

Per l'efficienza operativa: un solo sopralluogo annuale post-raccolta; monitoraggio continuo integrato nell'attività agricola ordinaria; costi contenuti e prevedibili; documentazione conservata per dieci anni.

Il sistema garantisce piena conformità alle Linee Guida CREA-GSE attraverso un approccio efficiente che rispetta le scadenze temporali prescritte: monitoraggio annuale per la continuità agricola e valutazioni triennali sull'impatto sulle colture e sulla produttività.

Tabella 37. Dati estratti dai piani colturali

Anno	Comune	Foglio	Part.	Impiego	Bio.	Irrig.	S. part. GIS [mq]
2021	FERRARA	85	7	FOSSATI	N	S	428
2021	FERRARA	85	20	FOSSATI	N	S	364
2021	FERRARA	85	21	FOSSATI	N	S	386
2021	FERRARA	85	68	FOSSATI	N	S	50
2021	FERRARA	85	68	FOSSATI	N	S	221
2021	FERRARA	85	7	GRANO DURO	N	S	67.571
2021	FERRARA	85	20	GRANO DURO	N	S	43.227
2021	FERRARA	85	21	GRANO DURO	N	S	29.686
2021	FERRARA	85	21	GRANO DURO	N	S	361
2021	FERRARA	85	68	GRANO DURO	N	S	24.961
2021	FERRARA	85	9	MAIS	N	S	1.823
2021	FERRARA	85	23	MAIS	N	N	6.603
2021	FERRARA	85	24	MAIS	N	N	35.114
2021	FERRARA	85	30	MAIS	N	N	12.074
2021	FERRARA	85	30	MAIS	N	N	7.745
2021	FERRARA	85	39	MAIS	N	N	24.788
2021	FERRARA	85	53	MAIS	N	N	13.476
2021	FERRARA	85	54	MAIS	N	N	3.083
2021	FERRARA	85	68	MAIS	N	S	32.340
2021	FERRARA	85	24	MARGINI	N	N	714
2021	FERRARA	85	30	MARGINI	N	N	214
2021	FERRARA	85	9	SOIA	N	S	26.460
2021	FERRARA	85	57	SOIA	N	S	21.072

Anno	Comune	Foglio	Part.	Impiego	Bio.	Irrig.	S. part. GIS [mq]
2021	FERRARA	85	68	SOIA	N	S	40.061
2021	FERRARA	81	72	SOIA	N	S	17.164
2021	FERRARA	85	9	TARE	N	S	145
2021	FERRARA	85	9	TARE	N	S	1.303
2021	FERRARA	85	23	TARE	N	N	622
2021	FERRARA	85	24	TARE	N	N	2.559
2021	FERRARA	85	30	TARE	N	N	2.543
2021	FERRARA	85	39	TARE	N	N	998
2021	FERRARA	85	53	TARE	N	N	830
2021	FERRARA	85	54	TARE	N	N	288
2021	FERRARA	81	72	TARE	N	S	859
2022	FERRARA	85	39	FASCE TAMPONE	N	N	12
2022	FERRARA	85	7	FOSSATI	N	S	428
2022	FERRARA	85	20	FOSSATI	N	S	255
2022	FERRARA	85	20	FOSSATI	N	S	110
2022	FERRARA	85	21	FOSSATI	N	S	386
2022	FERRARA	85	68	FOSSATI	N	S	49
2022	FERRARA	85	68	FOSSATI	N	S	221
2022	FERRARA	85	9	GRANO DURO	N	S	25.874
2022	FERRARA	85	9	GRANO DURO	N	S	2.409
2022	FERRARA	85	57	GRANO DURO	N	S	21.072
2022	FERRARA	85	68	GRANO DURO	N	S	39.078
2022	FERRARA	85	68	GRANO DURO	N	S	33.081
2022	FERRARA	81	72	GRANO DURO	N	S	17.164

Anno	Comune	Foglio	Part.	Impiego	Bio.	Irrig.	S. part. GIS [mq]
2022	FERRARA	85	20	MAIS	N	S	7.258
2022	FERRARA	85	20	MAIS	N	S	15.254
2022	FERRARA	85	21	MAIS	N	S	7.320
2022	FERRARA	85	7	SOIA	N	S	67.571
2022	FERRARA	85	20	SOIA	N	S	20.714
2022	FERRARA	85	21	SOIA	N	S	22.386
2022	FERRARA	85	21	SOIA	N	S	341
2022	FERRARA	85	23	SOIA	N	N	6.603
2022	FERRARA	85	24	SOIA	N	N	35.114
2022	FERRARA	85	30	SOIA	N	N	7.746
2022	FERRARA	85	30	SOIA	N	N	12.074
2022	FERRARA	85	39	SOIA	N	N	24.776
2022	FERRARA	85	53	SOIA	N	N	13.476
2022	FERRARA	85	54	SOIA	N	N	2.995
2022	FERRARA	85	68	SOIA	N	S	25.203
2022	FERRARA	85	9	TARE	N	S	20
2022	FERRARA	85	9	TARE	N	S	1.283
2022	FERRARA	85	9	TARE	N	S	145
2022	FERRARA	85	23	TARE	N	N	23
2022	FERRARA	85	23	TARE	N	N	527
2022	FERRARA	85	23	TARE	N	N	71
2022	FERRARA	85	24	TARE	N	N	410
2022	FERRARA	85	24	TARE	N	N	6
2022	FERRARA	85	24	TARE	N	N	714

Anno	Comune	Foglio	Part.	Impiego	Bio.	Irrig.	S. part. GIS [mq]
2022	FERRARA	85	24	TARE	N	N	2.097
2022	FERRARA	85	24	TARE	N	N	47
2022	FERRARA	85	30	TARE	N	N	47
2022	FERRARA	85	30	TARE	N	N	71
2022	FERRARA	85	30	TARE	N	N	153
2022	FERRARA	85	30	TARE	N	N	22
2022	FERRARA	85	30	TARE	N	N	209
2022	FERRARA	85	30	TARE	N	N	1.134
2022	FERRARA	85	30	TARE	N	N	15
2022	FERRARA	85	30	TARE	N	N	215
2022	FERRARA	85	30	TARE	N	N	184
2022	FERRARA	85	30	TARE	N	N	279
2022	FERRARA	85	30	TARE	N	N	68
2022	FERRARA	85	30	TARE	N	N	334
2022	FERRARA	85	30	TARE	N	N	13
2022	FERRARA	85	30	TARE	N	N	15
2022	FERRARA	85	39	TARE	N	N	558
2022	FERRARA	85	39	TARE	N	N	331
2022	FERRARA	85	39	TARE	N	N	109
2022	FERRARA	85	53	TARE	N	N	531
2022	FERRARA	85	53	TARE	N	N	296
2022	FERRARA	85	54	TARE	N	N	66
2022	FERRARA	85	54	TARE	N	N	192
2022	FERRARA	85	54	TARE	N	N	30

Anno	Comune	Foglio	Part.	Impiego	Bio.	Irrig.	S. part. GIS [mq]
2022	FERRARA	85	54	TARE	N	N	88
2022	FERRARA	81	72	TARE	N	S	859
2023	FERRARA	85	23	FASCE TAMPONE	N	N	527
2023	FERRARA	85	24	FASCE TAMPONE	N	N	410
2023	FERRARA	85	24	FASCE TAMPONE	N	N	2.097
2023	FERRARA	85	30	FASCE TAMPONE	N	N	14
2023	FERRARA	85	30	FASCE TAMPONE	N	N	334
2023	FERRARA	85	30	FASCE TAMPONE	N	N	209
2023	FERRARA	85	30	FASCE TAMPONE	N	N	153
2023	FERRARA	85	30	FASCE TAMPONE	N	N	15
2023	FERRARA	85	30	FASCE TAMPONE	N	N	22
2023	FERRARA	85	30	FASCE TAMPONE	N	N	279
2023	FERRARA	85	30	FASCE TAMPONE	N	N	1.134
2023	FERRARA	85	39	FASCE TAMPONE	N	N	12
2023	FERRARA	85	39	FASCE TAMPONE	N	N	331
2023	FERRARA	85	53	FASCE TAMPONE	N	N	296
2023	FERRARA	85	53	FASCE TAMPONE	N	N	531
2023	FERRARA	85	54	FASCE TAMPONE	N	N	192
2023	FERRARA	85	7	FOSSATI	N	S	428
2023	FERRARA	85	20	FOSSATI	N	S	254
2023	FERRARA	85	20	FOSSATI	N	S	110
2023	FERRARA	85	21	FOSSATI	N	S	386
2023	FERRARA	85	68	FOSSATI	N	S	37
2023	FERRARA	85	68	FOSSATI	N	S	12

Anno	Comune	Foglio	Part.	Impiego	Bio.	Irrig.	S. part. GIS [mq]
2023	FERRARA	85	68	FOSSATI	N	S	221
2023	FERRARA	85	7	GRANO DURO	N	S	67.571
2023	FERRARA	85	20	GRANO DURO	N	S	20.703
2023	FERRARA	85	21	GRANO DURO	N	S	270
2023	FERRARA	85	21	GRANO DURO	N	S	22.518
2023	FERRARA	85	23	GRANO DURO	N	N	6.604
2023	FERRARA	85	24	GRANO DURO	N	N	35.114
2023	FERRARA	85	30	GRANO DURO	N	N	7.746
2023	FERRARA	85	30	GRANO DURO	N	N	12.074
2023	FERRARA	85	39	GRANO DURO	N	N	24.776
2023	FERRARA	85	53	GRANO DURO	N	N	13.476
2023	FERRARA	85	54	GRANO DURO	N	N	2.996
2023	FERRARA	85	68	GRANO DURO	N	S	24.909
2023	FERRARA	85	9	MAIS	N	S	10.124
2023	FERRARA	85	68	MAIS	N	S	23.912
2023	FERRARA	85	23	MARGINI	N	N	23
2023	FERRARA	85	24	MARGINI	N	N	714
2023	FERRARA	85	24	MARGINI	N	N	6
2023	FERRARA	85	30	MARGINI	N	N	215
2023	FERRARA	85	30	MARGINI	N	N	184
2023	FERRARA	85	9	SOIA	N	S	18.159
2023	FERRARA	85	20	SOIA	N	S	15.269
2023	FERRARA	85	20	SOIA	N	S	7.249
2023	FERRARA	85	21	SOIA	N	S	7.259

Anno	Comune	Foglio	Part.	Impiego	Bio.	Irrig.	S. part. GIS [mq]
2023	FERRARA	85	57	SOIA	N	S	21.072
2023	FERRARA	85	68	SOIA	N	S	18.679
2023	FERRARA	85	68	SOIA	N	S	29.863
2023	FERRARA	81	72	SOIA	N	S	17.164
2023	FERRARA	85	9	TARE	N	S	20
2023	FERRARA	85	9	TARE	N	S	145
2023	FERRARA	85	9	TARE	N	S	1.283
2023	FERRARA	85	23	TARE	N	N	71
2023	FERRARA	85	24	TARE	N	N	47
2023	FERRARA	85	30	TARE	N	N	15
2023	FERRARA	85	30	TARE	N	N	69
2023	FERRARA	85	30	TARE	N	N	71
2023	FERRARA	85	30	TARE	N	N	47
2023	FERRARA	85	39	TARE	N	N	558
2023	FERRARA	85	39	TARE	N	N	109
2023	FERRARA	85	54	TARE	N	N	118
2023	FERRARA	85	54	TARE	N	N	66
2023	FERRARA	81	72	TARE	N	S	859
2024	FERRARA	85	7	FOSSATI	N	S	428
2024	FERRARA	85	20	FOSSATI	N	S	110
2024	FERRARA	85	20	FOSSATI	N	S	254
2024	FERRARA	85	21	FOSSATI	N	S	385
2024	FERRARA	85	68	FOSSATI	N	S	222
2024	FERRARA	85	68	FOSSATI	N	S	49

Anno	Comune	Foglio	Part.	Impiego	Bio.	Irrig.	S. part. GIS [mq]
2024	FERRARA	85	7	GRANO DURO	N	S	9.841
2024	FERRARA	85	9	GRANO DURO	N	S	28.283
2024	FERRARA	85	20	GRANO DURO	N	S	13.690
2024	FERRARA	85	20	GRANO DURO	N	S	7.128
2024	FERRARA	85	21	GRANO DURO	N	S	14.702
2024	FERRARA	85	21	GRANO DURO	N	S	170
2024	FERRARA	85	21	GRANO DURO	N	S	7.065
2024	FERRARA	85	57	GRANO DURO	N	S	21.072
2024	FERRARA	85	68	GRANO DURO	N	S	72.142
2024	FERRARA	81	72	GRANO DURO	N	S	17.164
2024	FERRARA	85	23	MARGINI	N	N	596
2024	FERRARA	85	24	MARGINI	N	N	2.549
2024	FERRARA	85	30	MARGINI	N	N	2.382
2024	FERRARA	85	39	MARGINI	N	N	1.144
2024	FERRARA	85	53	MARGINI	N	N	826
2024	FERRARA	85	54	MARGINI	N	N	372
2024	FERRARA	85	7	SOIA	N	S	57.730
2024	FERRARA	85	20	SOIA	N	S	7.053
2024	FERRARA	85	20	SOIA	N	S	15.357
2024	FERRARA	85	21	SOIA	N	S	8.110
2024	FERRARA	85	23	SOIA	N	N	6.604
2024	FERRARA	85	24	SOIA	N	N	35.114
2024	FERRARA	85	30	SOIA	N	N	12.074
2024	FERRARA	85	30	SOIA	N	N	7.746

Anno	Comune	Foglio	Part.	Impiego	Bio.	Irrig.	S. part. GIS [mq]
2024	FERRARA	85	39	SOIA	N	N	24.641
2024	FERRARA	85	53	SOIA	N	N	13.476
2024	FERRARA	85	54	SOIA	N	N	2.996
2024	FERRARA	85	68	SOIA	N	S	25.220
2024	FERRARA	85	9	TARE	N	S	1.449
2024	FERRARA	85	23	TARE	N	N	23
2024	FERRARA	85	24	TARE	N	N	714
2024	FERRARA	85	24	TARE	N	N	5
2024	FERRARA	85	30	TARE	N	N	215
2024	FERRARA	85	30	TARE	N	N	184
2024	FERRARA	81	72	TARE	N	S	859
2025	FERRARA	85	7	FOSSATI	N	S	82
2025	FERRARA	85	7	FOSSATI	N	S	346
2025	FERRARA	85	20	FOSSATI	N	S	364
2025	FERRARA	85	21	FOSSATI	N	S	382
2025	FERRARA	85	68	FOSSATI	N	S	271
2025	FERRARA	85	7	GRANO DURO	N	S	9.565
2025	FERRARA	85	7	GRANO DURO	N	S	57.897
2025	FERRARA	85	9	GRANO DURO	N	S	17.866
2025	FERRARA	85	9	GRANO DURO	N	S	1.524
2025	FERRARA	85	23	GRANO DURO	N	N	6.604
2025	FERRARA	85	24	GRANO DURO	N	N	36.624
2025	FERRARA	85	30	GRANO DURO	N	N	12.261
2025	FERRARA	85	30	GRANO DURO	N	N	8.094

Anno	Comune	Foglio	Part.	Impiego	Bio.	Irrig.	S. part. GIS [mq]
2025	FERRARA	85	39	GRANO DURO	N	N	24.512
2025	FERRARA	85	53	GRANO DURO	N	N	13.592
2025	FERRARA	85	54	GRANO DURO	N	N	3.102
2025	FERRARA	85	57	GRANO DURO	N	S	320
2025	FERRARA	85	57	GRANO DURO	N	S	13.344
2025	FERRARA	85	68	GRANO DURO	N	S	49.089
2025	FERRARA	85	68	GRANO DURO	N	S	1.694
2025	FERRARA	85	68	GRANO DURO	N	S	6.071
2025	FERRARA	85	68	GRANO DURO	N	S	7.903
2025	FERRARA	85	68	GRANO DURO	N	S	356
2025	FERRARA	85	68	GRANO DURO	N	S	17.366
2025	FERRARA	85	68	GRANO DURO	N	S	1.344
2025	FERRARA	81	72	GRANO DURO	N	S	9
2025	FERRARA	81	72	GRANO DURO	N	S	16.038
2025	FERRARA	81	72	GRANO DURO	N	S	1.036
2025	FERRARA	85	23	MARGINI	N	N	596
2025	FERRARA	85	24	MARGINI	N	N	1.765
2025	FERRARA	85	30	MARGINI	N	N	2.213
2025	FERRARA	85	39	MARGINI	N	N	1.270
2025	FERRARA	85	53	MARGINI	N	N	722
2025	FERRARA	85	54	MARGINI	N	N	271
2025	FERRARA	85	7	SOIA	N	S	71
2025	FERRARA	85	7	SOIA	N	S	50
2025	FERRARA	85	9	SOIA	N	S	8.891

Anno	Comune	Foglio	Part.	Impiego	Bio.	Irrig.	S. part. GIS [mq]
2025	FERRARA	85	20	SOIA	N	S	10.233
2025	FERRARA	85	20	SOIA	N	S	10.973
2025	FERRARA	85	20	SOIA	N	S	16.309
2025	FERRARA	85	20	SOIA	N	S	5.710
2025	FERRARA	85	21	SOIA	N	S	7.307
2025	FERRARA	85	21	SOIA	N	S	289
2025	FERRARA	85	21	SOIA	N	S	7.013
2025	FERRARA	85	21	SOIA	N	S	15.444
2025	FERRARA	85	57	SOIA	N	S	7.408
2025	FERRARA	85	68	SOIA	N	S	370
2025	FERRARA	85	68	SOIA	N	S	12.633
2025	FERRARA	85	9	TARE	N	S	1.449
2025	FERRARA	85	23	TARE	N	N	23
2025	FERRARA	85	68	TARE	N	S	187
2025	FERRARA	85	68	TARE	N	S	345
2025	FERRARA	81	72	TARE	N	S	860

10 ASSEVERAZIONE AGRONOMICA

Ai sensi dell'art. 11-bis del D.Lgs. 25 novembre 2024, n. 190 e ss.mm.ii.

MANTENIMENTO DELLA PRODUZIONE LORDA VENDIBILE (PLV)

DATI DEL PROFESSIONISTA ASSEVERANTE

Cognome e Nome	PESAVENTO Stefano
Nato a	Portogruaro (VE) il 17 maggio 1973
C.F.	PSVSFN73E17G914D
Studio in	Via delle Grave 6, Morsano al Tagliamento (PN)
Titolo professionale	Dottore Agronomo e Forestale
Ordine/Collegio	Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali del Friuli-Venezia Giulia
N. iscrizione	233A
PEC	s.pesavento@conafpec.it

DATI DEL PROPONENTE

Ragione sociale	OPR SUN 55 S.r.l.
Sede legale	Via Ceresio 7, 20154 Milano
P.IVA / C.F.	13511810965

DATI DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Ferrara
Comune	Ferrara
Coordinate (EPSG 4326)	44,8947° N — 11,7628° E
Dati catastali	FERRARA, Foglio 85 Mappali 7-9-20-21-23-24-30-39-53-54-57-68 FERRARA, Foglio 81 Mappale 72
Potenza nominale	25.662 kWp

STIMA DELLA PLV

La stima della PLV, interpretata e stimata quale Produzione Lorda (PL) agricola conseguibile dal sito di intervento, è stata elaborata secondo la metodologia esposta nella relazione agronomica di progetto e si fonda sulle seguenti basi estimative: rese colturali, prezzi all'origine, coefficiente K_agv (rapporto tra resa attesa sotto le strutture agrivoltaiche e resa in pieno campo), coefficiente K_red (fattore correttivo per le rese in secondo raccolto, ove applicabile), superfici colturali (desunte dal fascicolo aziendale e dal piano colturale di progetto).

La PL è calcolata come $PL = \sum (\text{Prezzo} \times \text{Resa} \times \text{SAU} \times K_{\text{red}} \times K_{\text{agv}})$ per ciascuna coltura del piano colturale. Il rapporto $R = PL_{\text{post}} / PL_{\text{ante}}$ esprime il grado di conservazione della produzione lorda del sito.

Tale metodologia, fondata su dati di mercato, rese storiche e parametri coltura-specifici riferiti al perimetro catastale del sito, rappresenta un metodo oggettivo con buona riferibilità territoriale e riproducibilità.

Coltura	Codice RICA	SAU media annua (ha)	Produttività media annua (€/ha)	PL media annua (€)
Avvicendamento anteriore				
Grano duro	D02	20,81	2.501,71	52.040,66
Mais	D06	4,02	2.427,44	9.756,32
Soia	D28	15,95	1.796,62	28.656,11
TOTALE ante		40,7783	2.218,17	90.453,08
Avvicendamento agrivoltaico				
Leguminose avvicendate	D18D	15,62	1.918,76	29.970,96
Erbai di graminacee	D18A	15,62	1.969,60	30.755,12
Orticole in pieno campo	D14A	1,64	20.889,43	34.355,61
TOTALE agrivoltaico		32,89	2.891	95.082

CONFRONTO TRA PLV

Sulla base del piano colturale del periodo passato e di quello sopra indicato per il sistema agrivoltaico, si stima che le Produzioni Lorde Vendibili (PLV), interpretate e stimate quali Produzioni Lorde (PL) agricole provenienti dal sito di intervento, e il loro rapporto siano i seguenti:

Parametro	Quinquennio precedente	Quinquennio agrivoltaico
PL (PLV) del sito (€/anno)	90.453	95.082 €
PL (PLV) agrivoltaico / PL (PLV) precedente		105%

CONDIZIONI DELL'ASSEVERAZIONE

La presente asseverazione è resa sulla base delle migliori conoscenze tecniche e scientifiche disponibili alla data di redazione, nonché delle informazioni fornite dal soggetto proponente. Il sottoscritto professionista dichiara che la stima della PLV è soggetta alle seguenti limitazioni intrinseche e fattori di incertezza, che esulano dalla sfera di controllo del progettista, del tecnico asseverante e, talvolta, da quella del conduttore agricolo.

ALEATORIETÀ DELLE CONDIZIONI METEO-CLIMATICHE E DI MERCATO

Le produzioni agricole sono intrinsecamente dipendenti da variabili meteorologiche e climatiche non prevedibili con certezza, ad esempio per i seguenti fattori: andamento pluviometrico (siccatà, precipitazioni eccessive, grandinate); temperature (gelate tardive, ondate di calore, escursioni termiche anomale); radiazione solare (nuvolosità prolungata, eventi atmosferici estremi); eventi meteorologici estremi riconducibili ai cambiamenti climatici in atto. Tali fattori possono determinare variazioni significative delle rese produttive rispetto alle stime effettuate, indipendentemente dalla corretta conduzione agronomica e dal funzionamento dell'impianto agrivoltaico.

Nel sito di Ferrara, il deficit idrico estivo pronunciato (–325/–425 mm nel periodo 1991–2015) costituisce un fattore di rischio aggiuntivo rispetto al contesto medio regionale, che può accentuare la variabilità interannuale delle rese.

RISCHI FITOPATOLOGICI E FITOSANITARI

Le colture agricole sono soggette a rischi di natura biologica, non integralmente prevedibili né controllabili, tra cui: l'insorgenza di fitopatie note o emergenti (fungine, batteriche, virali); gli attacchi di fitofagi autoctoni o di nuova introduzione; la diffusione di organismi nocivi da quarantena; lo sviluppo di resistenze ai principi attivi fitosanitari. L'eventuale insorgenza di problematiche fitosanitarie può compromettere in modo significativo le rese produttive e la PLV conseguibile.

VARIABILITÀ DELLE CONDIZIONI DI MERCATO

La Produzione Lorda Vendibile è funzione non solo delle quantità prodotte, ma anche dei prezzi di mercato dei prodotti agricoli, soggetti a fluttuazioni stagionali e annuali, a dinamiche di domanda e di offerta, a politiche agricole e a eventi geopolitici. Le stime di PLV contenute nella presente asseverazione sono effettuate sulla base dei prezzi medi di mercato e, pertanto, non tengono conto delle future evoluzioni del mercato.

APPROPRIATEZZA DELLE OPERAZIONI COLTURALI

Il sottoscritto professionista dichiara altresì che il conseguimento della PLV stimata è subordinato all'esecuzione appropriata e tempestiva delle operazioni colturali previste dal piano agronomico di progetto, in coerenza con le Buone Pratiche Agricole e con l'ordinaria capacità di una matura impresa agricola. L'omissione, il ritardo o l'esecuzione non conforme delle operazioni colturali, per cause imputabili al

conduttore agricolo o di forza maggiore, può determinare il mancato raggiungimento della PLV stimata, senza che ciò possa essere imputato a carenze progettuali dell'impianto agrivoltaico o a errori della presente asseverazione.

Sui suoli VAL1 è indispensabile il rispetto dei vincoli di lavorabilità del suolo (concentrazione delle lavorazioni nei periodi di suolo asciutto, impiego di mezzi a bassa pressione di contatto, adozione di baulature per le colture orticole), la cui inosservanza può compromettere sia le rese colturali sia la struttura del suolo.

AGGIORNAMENTO DEL PIANO COLTURALE

Il possibile adattamento delle pratiche colturali alle condizioni agronomiche, di mercato e fitosanitarie, oppure la modifica del sistema agrivoltaico, che comportino una revisione delle attività produttive, pur nel rispetto dei requisiti agrivoltaici prescritti e dell'adeguatezza della PLV, determina l'automatica decadenza della presente asseverazione.

DICHIARAZIONE

Il sottoscritto professionista, ai sensi e per gli effetti dell'art. 11-bis del D.Lgs. 190/2024 e successive modifiche, nonché ai sensi degli artt. 46, 47 e 76 del D.P.R. 445/2000, consapevole delle sanzioni penali previste per le dichiarazioni mendaci,

ASSEVERA

che l'impianto agrivoltaico in oggetto, sulla base delle caratteristiche progettuali, del piano colturale previsto e delle analisi tecniche effettuate, alle condizioni e nei limiti sopracitati, **è idoneo a conservare almeno l'80% (ottanta per cento) della Produzione Lorda Vendibile** rispetto alla situazione di riferimento.

La presente asseverazione:

- è resa ai soli fini del procedimento autorizzativo dell'impianto agrivoltaico in oggetto;
- non costituisce garanzia del conseguimento effettivo della PL (PLV) stimata;
- si basa sulle informazioni e sui dati disponibili alla data di redazione;
- decade automaticamente in caso di modifiche sostanziali al progetto o alle attività produttive;
- è soggetta alle sopracitate condizioni e limitazioni.

Il sottoscritto professionista dichiara di aver redatto la presente asseverazione con la diligenza professionale richiesta e di non trovarsi in situazioni di conflitto di interesse rispetto all'incarico conferito.

Allegato

La presente asseverazione è rilasciata in concomitanza con la relazione agronomica del progetto.

Morsano al Tagliamento, 16/03/2026

Dott. agr. Stefano Pesavento
(firmato digitalmente)