

GENNAIO 2026

LIO ENERGY TAURUS S.R.L.

Via Arrigo Boito 8, 20121 Milano

P.IVA/C.F.: 14219040962

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO
DENOMINATO "NOVI DI MODENA" DA 24 MW
COMUNE DI NOVI DI MODENA (MO)**

ELABORATI TECNICI DI PROGETTO

ELABORATO 024000

RELAZIONE AGRONOMICA

Montana

Coordinamento

Eleonora Lamanna

Simone Demonti

Codice elaborato

NOV-024000-R_Rel-Agronomica_REV1

2026/02/13 14:50:00



Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano

Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com

Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
NOV-024000-R_Rel-Agronomica_REV1	01/2026	Seconda emissione	P.G.	E.Lamanna	C.Pluchino

Visto

Il Direttore Tecnico
Alberto Angeloni

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156
Cap. Soc. 600.000,00 €
www.montanambiente.com



SOMMARIO

1	PREMESSA	5
1.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO	6
1.2	INQUADRAMENTO CATASTALE IMPIANTO	7
2	IL PROGETTO	9
2.1	Sintesi	9
2.2	Inquadramento del progetto rispetto le linee guida del MITE e alla “CEI PAS 82-93: Impianti agrivoltaici”	11
2.2.1	INQUADRAMENTO DEL SISTEMA AGRIVOLTAICO	11
2.2.2	REQUISITI	12
3	PRODUZIONI AGRICOLE DI PREGIO	15
3.1	Le produzioni tutelate	15
3.2	Considerazioni sull’area di progetto	19
4	CONSIDERAZIONI DEL SISTEMA AGRARIO ATTUALE DELL’AREA DI PROGETTO	19
4.1	Caratteri dell’agroecosistema	19
4.2	Caratteri pedoagronomici	21
4.2.1	MORFOLOGIA E PAESAGGIO	21
4.2.2	INQUADRAMENTO PEDOLOGICO	22
4.3	Inquadramento vegetazionale	24
4.3.1	LINEAMENTI CLIMATICI	24
4.3.2	INQUADRAMENTO FITOCLIMATICO	26
4.3.3	INQUADRAMENTO VEGETAZIONALE DELL’AREA DI PROGETTO	28
4.4	La classificazione del territorio in relazione alle potenzialità d’utilizzo	30
4.4.1	LA CLASSIFICAZIONE DEL TERRITORIO SECONDO LE CLASSI DI CAPACITÀ D’USO	30
4.4.2	LA CLASSIFICAZIONE DEL TERRITORIO SECONDO LE CLASSI DELLA SUSCETTIVITÀ D’USO	33
4.4.3	CLASSIFICAZIONE DELL’AREA IN ESAME	36
4.5	Uso del suolo	38
5	SCELTA DELLE ESSENZE PER LA FASCIA DI MITIGAZIONE	40
5.1	Criteri di selezione	40
5.2	Essenze idonee per l’area di progetto	40
5.3	Composizione della fascia di mitigazione	40
5.4	Fascia mitigazione integrativa impianto agrivoltacio SS413	43
5.5	Messa a dimora e prime cure	49
6	PROPOSTA DI PIANO COTURALE PER IL CAMPO AGRIVOLTAICO	50
6.1	Caratteristiche del sistema agrario attuale dell’area di progetto	50
6.2	Integrazione dell’impianto con l’attività agricola	50
6.2.1	STRATEGIA NELLA DEFINIZIONE DEL PIANO DI COLTIVAZIONE	50
6.2.2	MECCANIZZAZIONE E SPAZI DI MANOVRA	51



6.2.3	MECCANIZZAZIONE AGRICOLA E COMPATIBILITÀ CON IL LAYOUT D'IMPIANTO	53
6.2.4	CRITERI DI DEFINIZIONE DEL PIANO CULTURALE.....	59
6.2.5	IL PIANO CULTURALE FUTURO	60
6.3	Bilancio idrico comparativo ante/post impianto agrivoltaico	60
6.3.1	IMPOSTAZIONE DI CALCOLO	60
6.3.2	SCENARIO ANTE-OPERAM: ORDINAMENTO E FABBISOGNI	61
6.3.3	SCENARIO POST-OPERAM: AGRIVOLTAICO E RICONVERSIONE IDRICA	61
6.4	Indicatori sulla continuità e valorizzazione dell'attività agricola: indicatori PLV e ULA	62
6.4.1	STIMA DEL MARGINE OPERATIVO LORDO (MOL) E DELLA PLV DEL NUOVO PIANO CULTURALE.....	63
6.4.2	UNITÀ LAVORO AZIENDALE (ULA).....	64
6.5	Indicatori economici a confronto tra ante e post progetto: PLV, MOL e ULA	64
7	MONITORAGGIO.....	65
7.1	Sistema di monitoraggio continuo dei principali dati.....	65
7.2	Agrivoltaico Requisito D.....	66
7.2.1	REQUISITO D. PARAMETRI ED ASPETTI CARATTERIZZANTI	66
7.2.2	MONITORAGGIO CHIMICO FISICO DEL SUOLO	68
7.3	Principali punti di campionamento.....	68
7.4	Riepilogo attività di monitoraggio periodicità dei campionamenti.....	70
8	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	71
9	ALLEGATO: COMPENDIO FOTOGRAFICO DELL'AREA DI PORGETTO	72

INDICE DELLE FOTO

Foto 1	Vista in direzione est.....	20
Foto 2	ripresa margine dei campi.....	28
Foto 3	ripresa dell'area.	29
Foto 4	Punto ripresa 1 (direzione nord)	74
Foto 5	Punto ripresa 2 (direzione est).....	74
Foto 6	Punto ripresa 3 (direzione sud).....	75
Foto 7	Punto di ripresa 4 (direzione sud)	76

INDICE FIGURE

Figura 1	Rappresentazione del layout d'impianto	10
Figura 2	schematizzazione dell'area agricola e dell'area non utilizzabile secondo LGM e CEI 82-93	11
Figura 3:	simulazione passaggio mezzi agricoli in configurazione tracker orizzontali	12
Figura 4	evoluzione normativa prodotti tipici.....	15
Figura 5	Zone di produzione dei vini DOC DOCG	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 6	Zone di produzione dei vini IGT	18



Figura 7 stralcio carta dei suoli 50.000 regione Emilia Romagna - 18480	22
Figura 8 Andamento delle precipitazioni	24
Figura 9 Andamento delle temperature	25
Figura 10 Stralcio carta Fitoclimatica dell'Emilia Romagna	27
Figura 11 Stralcio Carta capacità dei suoli della regione Emilia Romagna - ID delineazione 10747	37
Figura 12 Carta dell'Uso del Suolo secondo Corine Land Cover	39
Figura 13 Schema di impianto fascia mitigazione	42
Figura 16 Indicatori economici delle superfici di progetto	50
Figura 18 Spazi interfilari per la meccanizzazione delle coltivazioni	52
Figura 19: esempi di sensori e applicazioni di monitoraggio per l'fotovoltaico di precisione	66
Figura 20 individuazione aree di saggio e monitoraggio per qualità biologica dei suoli: QSB-ar	69
Figura 21 Punti di ripresa fotografici	73

INDICE DELE TABELLE

Tabella 1 Scheda di sintesi delle caratteristiche dell'impianto	9
Tabella 2 Tabella climatica	25
Tabella 3 Classi Land Capability	31
Tabella 4 Classi e attitudine agricola	32
Tabella 5 Classi di limitazioni e rischio	33
Tabella 6 Compatibilità d'utilizzo	34
Tabella 7 Attitudine a un utilizzo specifico	34
Tabella 8 Schema per la valutazione dell'attitudine dei suoli all'agricoltura	36
Tabella 9 sesto di impianto	40
Tabella 10 Indicatori economici ante progetto	50
Tabella 11 Vincoli geometrici	53
Tabella 12 Esempi trattatrici	54
Tabella 13 lavorazioni di preparazione	54
Tabella 14 Mezzi semina	55
Tabella 15 Trattamenti fitosanitari e concimazione	55
Tabella 16 Raccolta del miscuglio foraggero	56
Tabella 17 Raggi manovra	58
Tabella 18 Sintesi del parco macchine necessario	58
Tabella 19 superfici medie per coltura principale nel quinquennio e indicatori economici	60
Tabella 20 Delta idrico scenario ante/post	62
Tabella 21 Conto colturale post progetto	64
Tabella 22 Confronto PLV, MOL ante e post progetto	64
Tabella 23 Confronto ULA ante post progetto	65



Tabella 24 D.1 Parametri di verifica/controllo	67
Tabella 25- parametri di monitoraggio	70



1 PREMESSA

Il proponente e soggetto responsabile è la società **LIO ENERGY TAURUS S.R.L.**, corrente in Milano (MI) – Via Arrigo Boito, 8 – n. iscrizione REA MI 2766635 – P.IVA 14219040962 – Amministratore Unico e Legale Rappresentante Sig. Luca Raineri.

Nello specifico il progetto presentato prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico composto da 29631 pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria di 810 Wp di potenza pari a **24 MW**; esteso su un'area catastale complessiva di circa 40,11 ha.

L'impianto sarà del tipo grid connected e l'energia elettrica prodotta sarà convogliata in antenna a 36 kV su un ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132 kV denominata "Carpi Fossoli", come da preventivo avente codice pratica n. 202501649.

Il progetto prevede le seguenti opere:

- Generatore fotovoltaico, suddiviso in n. 2 sottocampi
- Elettrodotto interrato MT 36 kV
- Raccordi con linea AT esistente "Carpi Fossoli"

In data 22/12/2025 sono pervenute alla scrivente le richieste di integrazione formulate da ARPAE nell'ambito del procedimento in corso di cui al protocollo regionale n. 227975 di cui il seguente elaborato ne costituisce la **Relazione Agronomica**.

Contestualmente alle integrazioni richieste da ARPAE la proponente ha rivisto il tracciato del cavidotto di connessione con un percorso migliorativo rispetto al tracciato trasmesso in prima istanza che non interessa il centro abitato del Comune di Novi di Modena Figura 1.



Figura 1: Confronto fra la prima e la seconda configurazione

1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO

Il progetto in esame è ubicato in alcuni terreni del Comune di Novi di Modena in provincia di Modena (MO). Le opere di connessione interesseranno, oltre al comune di Novi di Modena, anche il comune di Carpi.

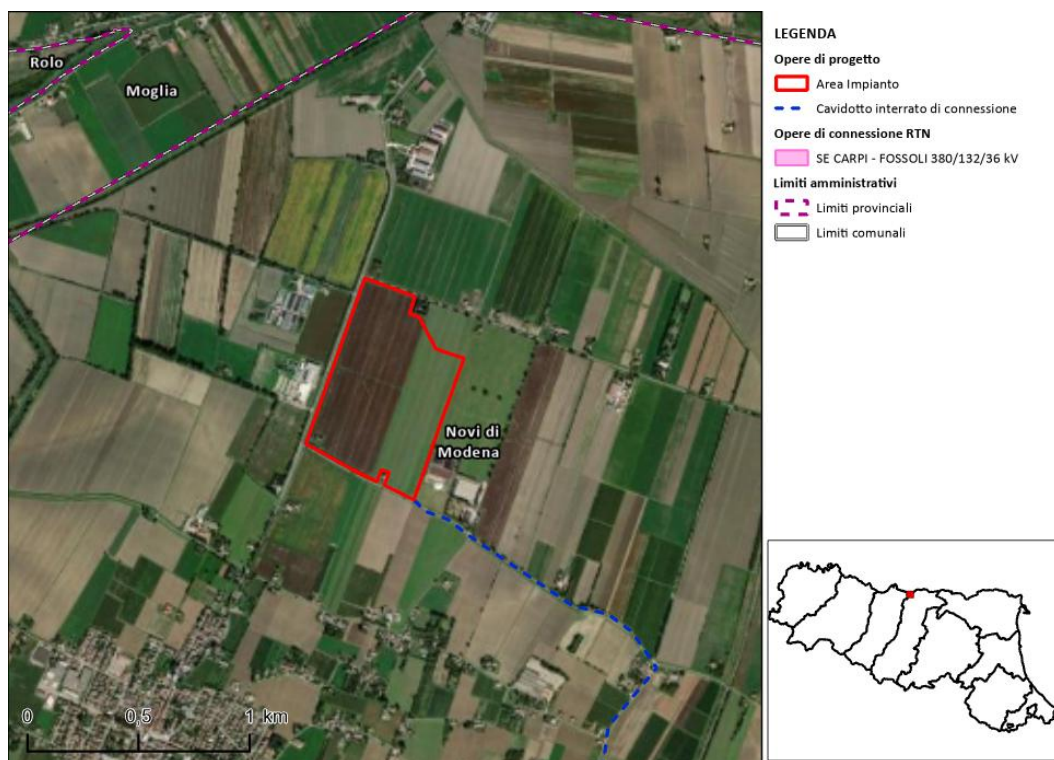


Figura 1.2: Localizzazione dell'impianto

Nello specifico nell'area deputata all'installazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto risulta localizzata in località Via Valle Bassa. Il contesto territoriale è prevalentemente agricolo, caratterizzato da coltivazioni a seminativo, con assenza di nuclei abitati significativi e presenza limitata di edifici sparsi. I centri abitati più prossimi sono Fornace di Novi e Moglia.

1.2 INQUADRAMENTO CATASTALE IMPIANTO

Le aree oggetto del seguente studio sono censite al catasto terreni del Comune di Lonato del Garda (BS). Si riporta di seguito l'elenco delle particelle contrattualizzate.

Tabella 1.1: Inquadramento catastale del sito

FOGLIO	PARTICELLA	PORZIONE	SUPERFICIE CATASTALE			SUPERFICIE DISPONIBILE		
			ha	are	ca	ha	are	ca
13	2	AA	0	4	0	0	4	0
		AB	0	0	87	0	0	87
13	9		19	19	40	19	19	40
13	56		0	63	0	0	63	0
13	59		1	12	16	1	12	16



13	71		0	24	40	0	24	40
13	72		0	0	87	0	0	87
13	81		13	28	52	13	28	52
13	83		5	57	70	5	57	70

Il presente documento è parte della documentazione relativa al progetto per la costruzione e l'esercizio di un Impianto Agrivoltaico Avanzato conforme alle vigenti prescrizioni di legge con potenza di picco pari a **24.001,11 kW** da realizzare nel **Comune di Novi di Modena (MO)**.

L'impianto sarà del tipo grid connected e l'energia elettrica prodotta sarà riversata completamente in rete, con allaccio in antenna a 36 kV alla rete elettrica di Terna S.p.a.

Gli apparati elettrici oggetto del presente studio sono:

- Campo Agrivoltaico (Moduli Fotovoltaici);
- Inverter;
- le cabine di trasformazione bt/AT;
- Gli elettrodotti di alta tensione (AT);

in quanto sorgenti di campo magnetico a bassa frequenza (ELF).

Dal punto di vista fisico le onde elettromagnetiche sono un fenomeno 'unitario', cioè i campi e gli effetti che producono si basano su principi del tutto uguali; la grandezza che li caratterizza è la frequenza.

In base ad essa è di particolare rilevanza, per i diversi effetti biologici che ne derivano e quindi per la tutela della salute, la suddivisione in:

- radiazioni ionizzanti, ossia le onde con frequenza altissima, superiore a 3 milioni di GHz, e dotate di energia sufficiente per ionizzare la materia;
- radiazioni non ionizzanti (NIR), ovvero le onde con frequenza inferiore a 3 milioni di GHz, che non trasportano un quantitativo di energia sufficiente a ionizzare la materia.

All'interno delle radiazioni non ionizzanti si adotta una ulteriore distinzione in base alla frequenza di emissione:

- campi elettromagnetici a bassa frequenza o ELF:
- (0 - 300 Hz), le cui sorgenti più comuni comprendono ad esempio gli elettrodotti e le cabine di trasformazione, gli elettrodomestici, i computer.
- campi elettromagnetici ad alta frequenza o a radiofrequenza RF:
- (300 Hz - 300 GHz), le cui sorgenti principali sono i radar, gli impianti di telecomunicazione, i telefoni cellulari e le loro stazioni radio base.



2 IL PROGETTO

2.1 Sintesi

Il progetto per la costruzione e l'esercizio di un Impianto Agrivoltaico Avanzato conforme alle vigenti prescrizioni di legge con potenza di picco pari a 24.001,11 kW da realizzare nel Comune di Novi di Modena (MO).

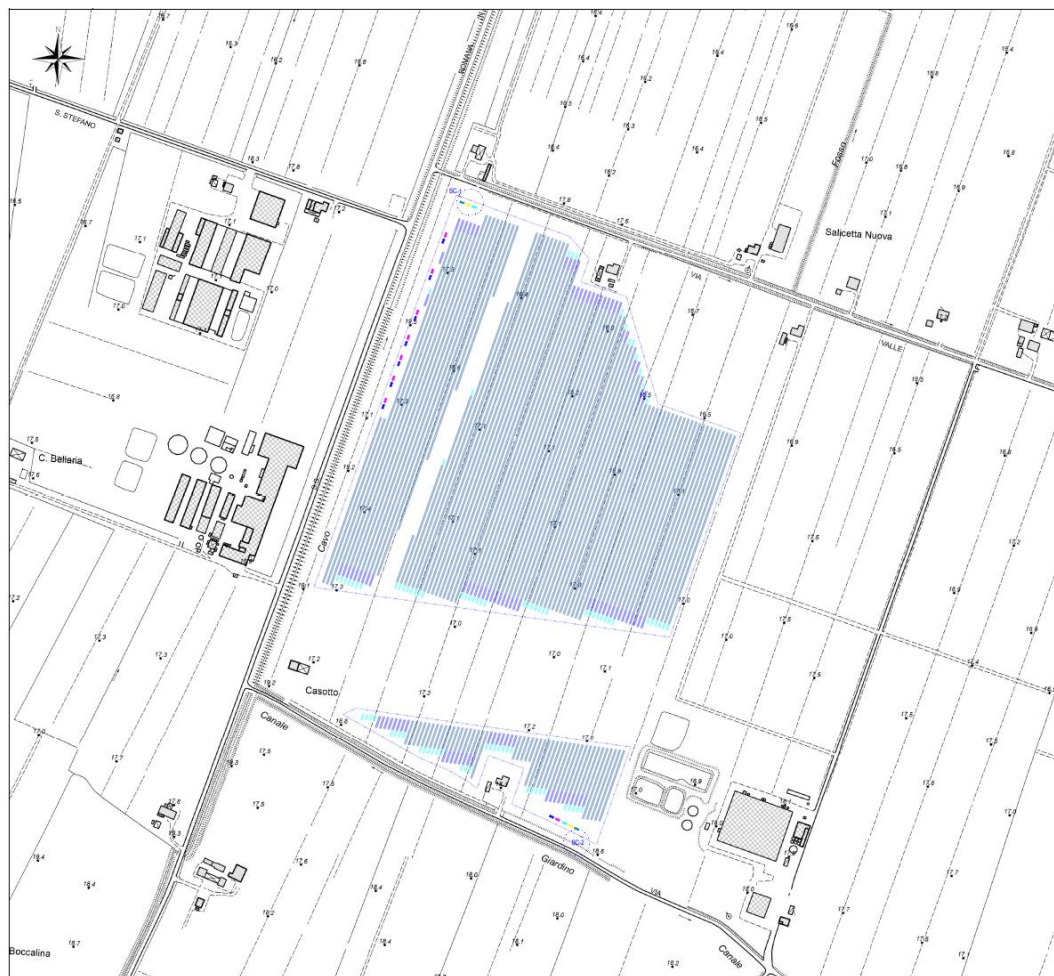
L'impianto sarà del tipo grid connected e l'energia elettrica prodotta sarà riversata completamente in rete, con allaccio in antenna a 36 kV alla rete elettrica di Terna S.p.a.

Tabella 2 Scheda di sintesi delle caratteristiche dell'impianto

PROPONENTE	LIO ENERGY TAURUS S.R.L.
DENOMINAZIONE IMPIANTO	NOVI DI MODENA
COMUNE (PROVINCIA)	NOVI DI MODENA (MO)
SUPERFICIE DI IMPIANTO (LORDA)	40,1092 HA
SUPERFICIE DI IMPIANTO (NETTA)	27,7079 HA
POTENZA DI PICCO TOTALE (CC)	24.001,11 kW
REGIME DI ESERCIZIO	CESSIONE TOTALE
TIPOLOGIA DI IMPIANTO	STRUTTURE AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE
MODULI	N° 29.631 IN SILICIO MONOCRISTALLINO DA 810 Wp
INVERTER	N°83 INVERTER DI STRINGA PER INSTALLAZIONE OUTDOOR
AZIMUTH	0°
CABINE	N°2 CABINA DI PARALLELO N°8 POWER STATION N°2 CONTROL ROOM N°2 VANO TECNICO



Figura 3 Rappresentazione del layout d'impianto



2.2 Inquadramento del progetto rispetto le linee guida del MITE e alla “CEI PAS 82-93: Impianti agrivoltaici”

2.2.1 Inquadramento del sistema agrivoltaico

La valutazione del rispetto dei criteri dell’“Agrivoltaico” è stata effettuata sulla base dei seguenti documenti, nell’ordine di priorità dell’elenco sotto riportato:

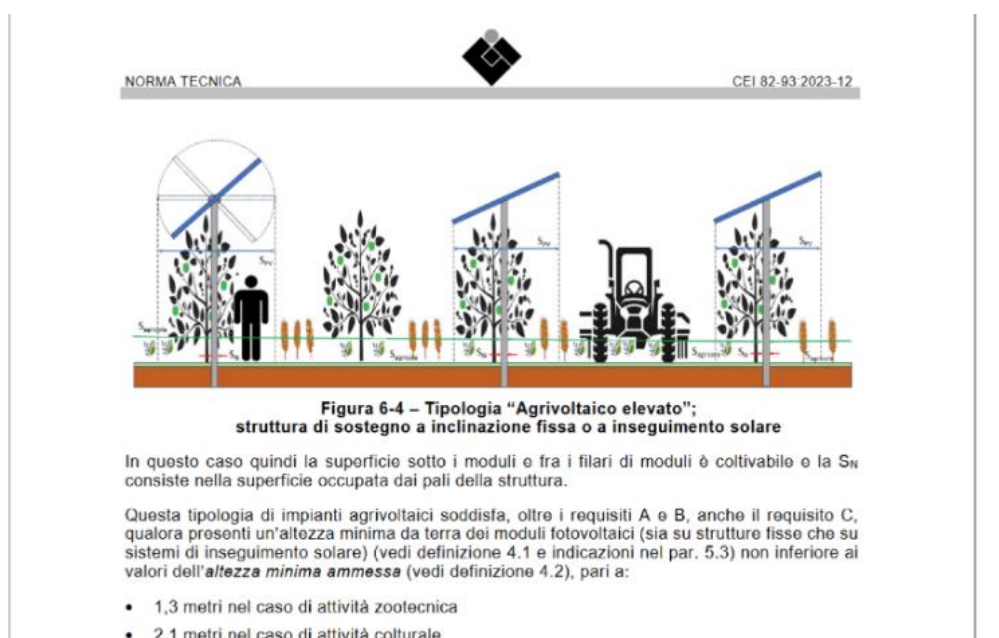
1. Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici del Ministero dello Sviluppo Economico del giugno 2022 (LGM)
2. Norma CEI PAS 82-93 – Impianti Agrivoltaici – 2023-12
3. Norma UNI/PdR 148:2023 - Sistemi agrivoltaici - Integrazione di attività agricole e impianti fotovoltaici

Da premettere che l’impianto in oggetto è classificabile, in base alle Linee Guida Nazionali quale agrivoltaico avanzato, rispettando i requisiti minimi di altezza minima dei pannelli dal suolo di 2,1 m e prevedendo un sistema di monitoraggio.

In sintesi, l’impianto rispetterà tutti i requisiti, dalla A alla E, previsti dalle Linee Guida Nazionali.

REQUISITO A

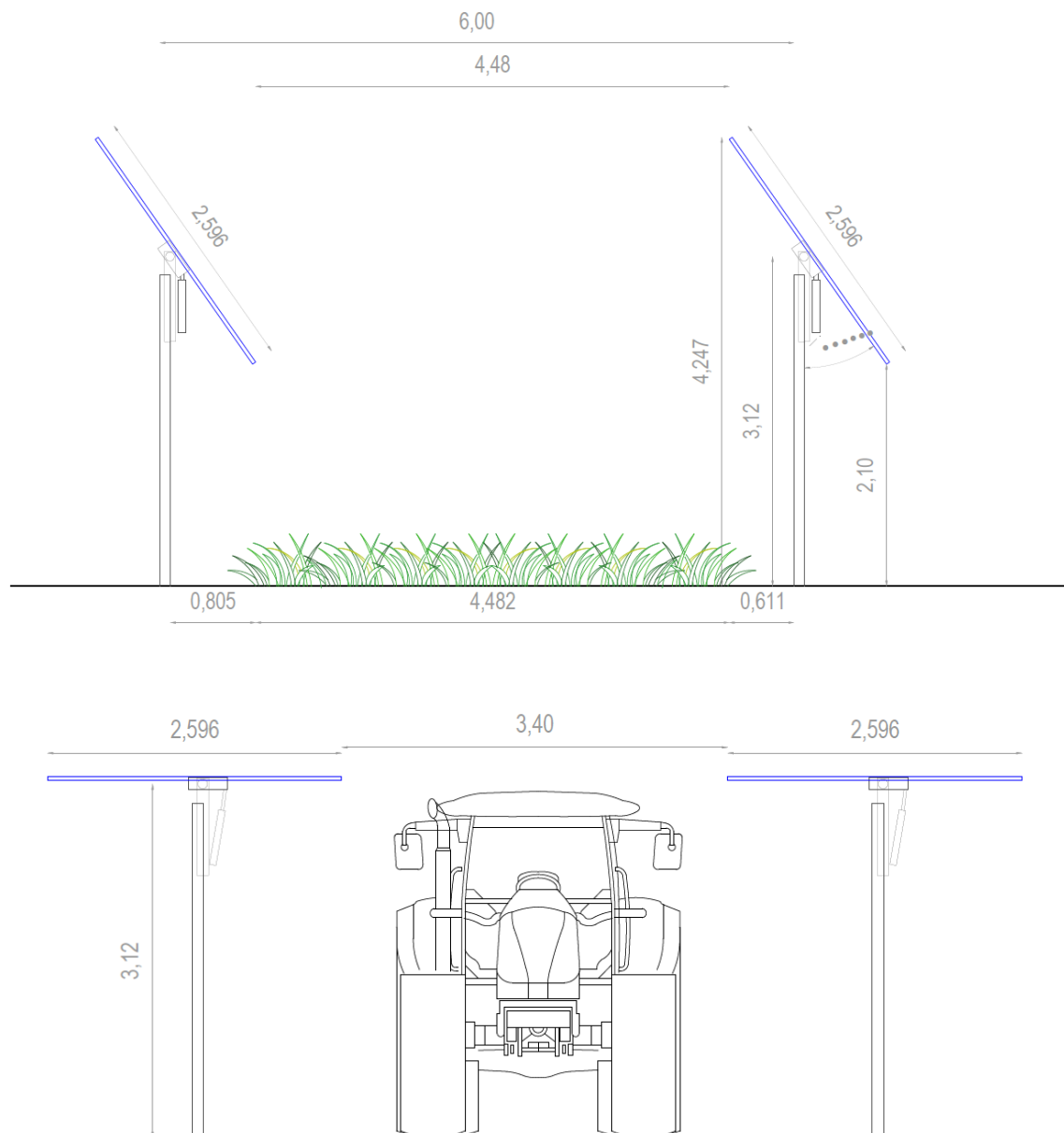
Figura 4 schematizzazione dell’area agricola e dell’area non utilizzabile secondo LGM e CEI 82-93



L’area che verrà effettivamente lavorata ed utilizzabile dai mezzi meccanici sarà in realtà maggiore e comprende un’aera fino a circa 150 mm dal palo, data l’altezza dei pannelli d i 2100 mm dal suolo in

posizione ruotata e si attesta a 3120 mm in posizione orizzontale.

Figura 5: simulazione passaggio mezzi agricoli in configurazione tracker orizzontali



2.2.2 Requisiti

Come definito dal decreto legislativo 8 novembre 2021, n. 1991 di recepimento della direttiva RED II, l'Italia si pone come obiettivo quello di accelerare il percorso di crescita sostenibile del Paese, al fine di raggiungere gli obiettivi europei al 2030 e al 2050. L'obiettivo suddetto è perseguito in coerenza con le indicazioni del



Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) e tenendo conto del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). In tale ambito, risulta di particolare importanza individuare percorsi sostenibili per la realizzazione delle infrastrutture energetiche necessarie, che consentano di coniugare l'esigenza di rispetto dell'ambiente e del territorio con quella di raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione. Fra i diversi punti da affrontare vi è certamente quello dell'integrazione degli impianti a fonti rinnovabili, in particolare fotovoltaici, realizzati su suolo agricolo. Una delle soluzioni emergenti è quella di realizzare impianti c.d. "agrivoltaici", ovvero impianti fotovoltaici che consentano di preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione, garantendo, al contempo, una buona produzione energetica da fonti rinnovabili. A riguardo, un gruppo di lavoro coordinato dal MINISTERO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA - DIPARTIMENTO PER L'ENERGIA ha pubblicato le Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici, non prescrittive, ma che definiscono le caratteristiche da rispettare al fine di coniugare al meglio la produzione fotovoltaica all'attività agricola e pastorale.

I principali requisiti individuati sono:

- **REQUISITO A:** Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi;
- **REQUISITO B:** Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale;
- **REQUISITO C:** L'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli
- **REQUISITO D:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che consenta di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate;
- **REQUISITO E:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che, oltre a rispettare il requisito D, consenta di verificare il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

Di seguito si riporta una trattazione analitica di tali requisiti.

REQUISITO A

Il primo obiettivo nella progettazione dell'impianto agrivoltaico è senz'altro quello di creare le condizioni necessarie per non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale, garantendo, al contempo, una sinergica ed efficiente produzione energetica. Tale risultato si deve intendere raggiunto al ricorrere simultaneo di una serie di condizioni costruttive e spaziali. In particolare, sono identificati i seguenti parametri:



A.1) Superficie minima coltivata: è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione

Un parametro fondamentale ai fini della qualifica di un sistema agrivoltaico, richiamato anche dal decreto-legge 77/2021, è la continuità dell'attività agricola, atteso che la norma circoscrive le installazioni ai terreni a vocazione agricola. Tale condizione si verifica laddove l'area oggetto di intervento è adibita, per tutta la vita tecnica dell'impianto agrivoltaico, alle coltivazioni agricole, alla floricoltura o al pascolo di bestiame, in una percentuale che la renda significativa rispetto al concetto di "continuità" dell'attività se confrontata con quella precedente all'installazione (caratteristica richiesta anche dal DL 77/2021). Pertanto si dovrebbe garantire sugli appezzamenti oggetto di intervento che almeno il 70% della superficie sia destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA).

$$S_{agricola} \geq 0,7 \cdot Stot$$

La Stot è calcolata come area all'interno del lotto di terreno al netto di cabine, strade, canali per uso irriguo o altri impedimenti: è una parte della Superficie Agricola utilizzata (SAU), identificata come la superficie agricola utilizzata per le coltivazioni di tipo agricolo (seminativi, prati permanenti e pascoli, colture permanenti e altri terreni agricoli utilizzati). La SAU comprende quindi sia la superficie utilizzata per coltura e/o zootecnia correlata all'impianto agrivoltaico che la superficie totale su cui insiste l'impianto agrivoltaico (Sapv).

La Sagricola è fornita dalla formula $S_{agricola} = Stot - S_n$, di conseguenza si deve procedere all'identificazione della S_n , che consiste nella superficie non utilizzata per attività agricola, in quanto occupata da componenti dell'impianto.

Fanno parte della S_n :

- cabine elettriche, quadri elettrici, inverter
- superficie occupata dai pali della struttura: adottando un'altezza minima dei moduli ≥ 2.3 m, la S_n coincide con la superficie occupata dai pali della struttura di sostegno.

Per l'impianto si ottiene il seguente rapporto **Sagricola/Stot: 95.76 %**

A.2) LAOR massimo: è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola

Il LAOR (Land Area Occupation Ratio) è definito come il rapporto in percentuale tra la superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (Spv: somma delle superfici individuate dal profilo esterno di massimo ingombro di tutti i moduli fotovoltaici costituenti l'impianto compresa la cornice. Nel caso di tracker la Spv è data dalla proiezione al suolo dei moduli in posizione orizzontale) e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico (S tot).

Al fine di non limitare l'adizione di soluzioni particolarmente innovative ed efficienti si ritiene opportuno adottare un limite massimo di LAOR del 40 %

Per l'impianto si ottiene un valore del **LAOR pari al 36.82 %**.

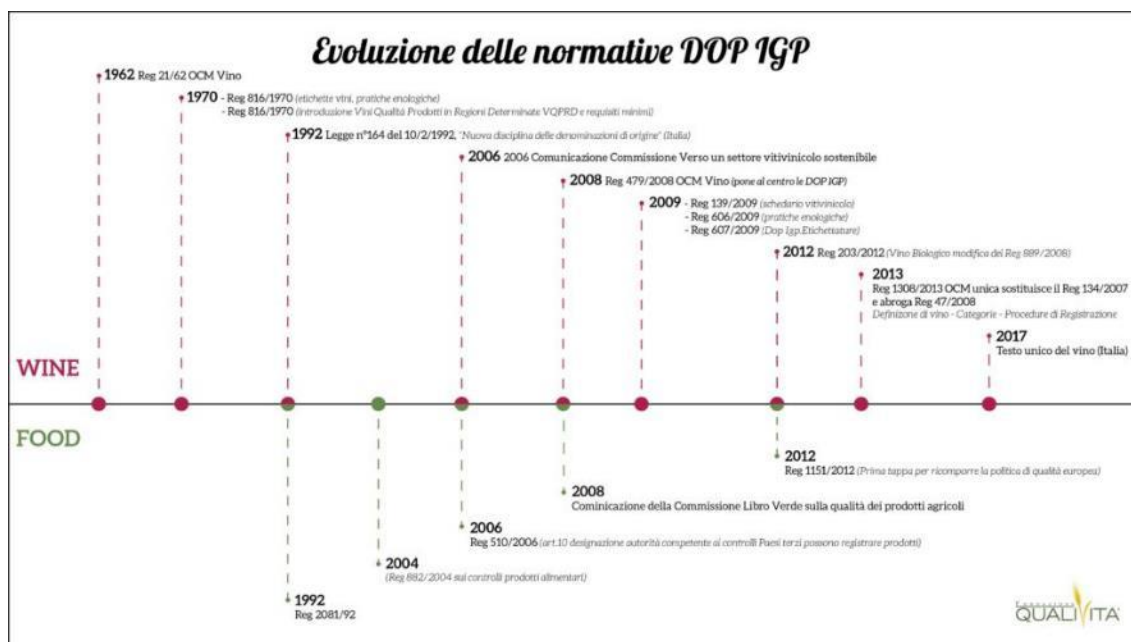
Per quanto riguarda il rispetto del **requisito B**, per la continuità dell'attività agricola si rimanda al c.f.r. 5 e per il rispetto del **requisito D** si rimanda al c.f.r. 7.

3 PRODUZIONI AGRICOLE DI PREGIO

3.1 Le produzioni tutelate

La normativa sui prodotti DOP IGP rientra a pieno titolo tra i pilastri della Politica Agricola Comune (PAC). La sua evoluzione nel tempo è il frutto della crescente attenzione verso i prodotti agroalimentari e vitivinicoli da parte delle istituzioni nazionali ed europee. Oggi, l'impianto giuridico sui prodotti DOP IGP si configura come il sistema di tutela e valorizzazione della qualità e autenticità delle produzioni alimentari più avanzato del mondo.

Figura 6 evoluzione normativa prodotti tipici



DOP - Denominazione di Origine Protetta

È un nome che identifica un prodotto: a) originario di un luogo, regione o, in casi eccezionali, di un paese determinati; b) la cui qualità o le cui caratteristiche sono dovute essenzialmente o esclusivamente a un particolare ambiente geografico e ai suoi intrinseci fattori naturali e umani; e c) le cui fasi di produzione si svolgono nella zona geografica delimitata.

IGP – Indicazione Geografica Protetta

È un nome che identifica un prodotto: a) originario di un determinato luogo, regione o paese; b) alla cui origine geografica sono essenzialmente attribuibili una data qualità; la reputazione o altre caratteristiche; e



c) la cui produzione si svolge per almeno una delle sue fasi nella zona geografica delimitata.

STG Specialità tradizionale garantita

È un nome che designa uno specifico prodotto o alimento: a) ottenuto con un metodo di produzione, trasformazione o una composizione che corrispondono a una pratica tradizionale per tale prodotto o alimento; o b) ottenuto da materie prime o ingredienti utilizzati tradizionalmente.

Il comune di Novi di Modena ricade all'interno di alcune denominazioni tutelate dalle norme nazionali e comunitarie.

Le produzioni di qualità riconosciute a livello nazionale e comunitario nel territorio di Novi di Modena sono:

Parmigiano reggiano DOP

La produzione di formaggio Parmigiano-Reggiano, incluso l'approvvigionamento del latte, comprende tutte le province di Parma, Reggio Emilia e Modena, i territori dei comuni della provincia di Bologna a sinistra del fiume Reno e di quelli della provincia di Mantova a destra del fiume Po.

20.06.1996

Cotechino Modena IGP e Zampone Modena IGP

Questi prodotti interessano l'intera regione Emilia Romagna.

Certificazioni: IGP, 1998

Vitellone Bianco dell'Appennino centrale

La zona di produzione del Vitellone Bianco dell'Appennino Centrale IGP comprende l'intero territorio delle regioni Umbria, Marche, Abruzzo e Molise e l'intero territorio delle province di Bologna, Ravenna, Forlì-Cesena e Rimini, nella regione Emilia-Romagna; Benevento e Avellino, Caserta limitatamente ad alcuni territori, nella regione Campania; Frosinone, Rieti, Viterbo, parte delle province di Roma e Latina nella regione Lazio; Grosseto, Siena, Arezzo, Firenze, Pistoia, Prato, Livorno e Pisa, nella regione Toscana

IGP 21 gennaio 1998

Agnello del centro Italia

La zona di produzione dell'Agnello del Centro Italia IGP interessa tutto il territorio delle regioni Abruzzo, Lazio, Marche, Toscana e Umbria; l'intero territorio delle province di Bologna, Rimini, Forlì-Cesena, Ravenna nonché parte delle province di Modena, Reggio Emilia e Parma, nella regione Emilia-Romagna

IGP 24 maggio 2013

Mortadella di Bologna

La zona di produzione e di elaborazione della Mortadella Bologna IGP comprende le regioni Emilia-Romagna, Piemonte, Lombardia, Veneto, Toscana, Marche, Lazio e la provincia autonoma di Trento.

IGP: 17 luglio 98

Salame di Cremona

La zona di Produzione è collocata nelle regioni Lombardia, Emilia-Romagna, Piemonte e Veneto.



IGP 22.11.2007

Salamini Italiani alla cacciatora

La zona di produzione dei Salamini Italiani alla Cacciatora DOP comprende l'intero territorio delle regioni Friuli Venezia Giulia, Veneto, Lombardia, Piemonte, Emilia-Romagna, Umbria, Toscana, Marche, Abruzzo, Lazio e Molise. I suini utilizzati per la produzione devono essere nati, allevati e macellati nel territorio di tutte le regioni precedentemente elencate

DOP 08 settembre 2001

Coppa di Parma IGP

La zona di produzione della Coppa di Parma IGP riguarda le intere province di Parma, Modena, Reggio Emilia, Mantova, Pavia e i comuni lungo la striscia di Po che rientrano nel territorio amministrativo delle province di Lodi, Milano (San Colombano al Lambro) e Cremona.

07.11.2011

Pera dell'Emilia Romagna IGP

La zona di produzione comprende diversi comuni delle province di Modena, Reggio Emilia, Ferrara, Ravenna e Bologna.

IGP 28 01 1998

Aceto balsamico Tradizionale di Modena

Le uve destinate alla produzione dell'aceto balsamico tradizionale di Modena Dop devono essere prodotte nel territorio tradizionale della Provincia di Modena. Allo stesso modo, anche la lavorazione e l'imbottigliamento devono avvenire in ambito provinciale.

IGP 19.04.2000

Aceto balsamico di Modena IGP

La zona di produzione dell'Aceto Balsamico di Modena Igp ricade nelle province di Modena e Reggio Emilia. Aceto Balsamico significa, da tempo immemorabile, la cultura e la storia di Modena

03.07.2009

I VINI

Figura 7 Zone di produzione dei vini DOC DOCG

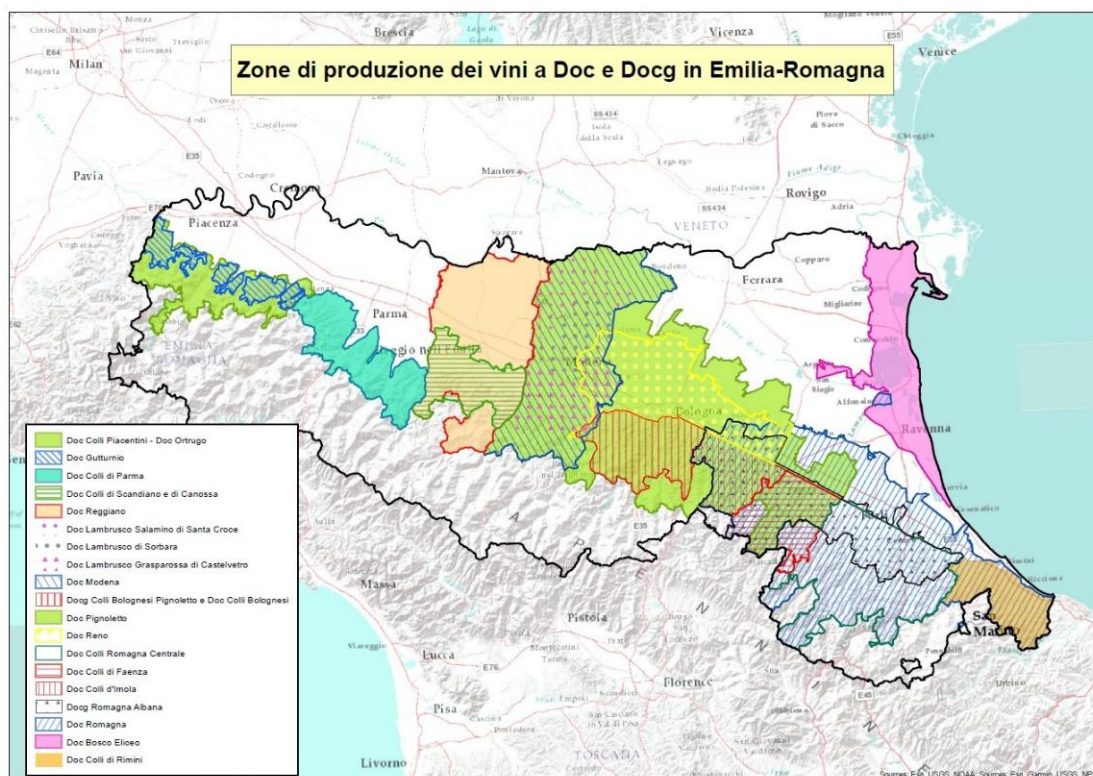
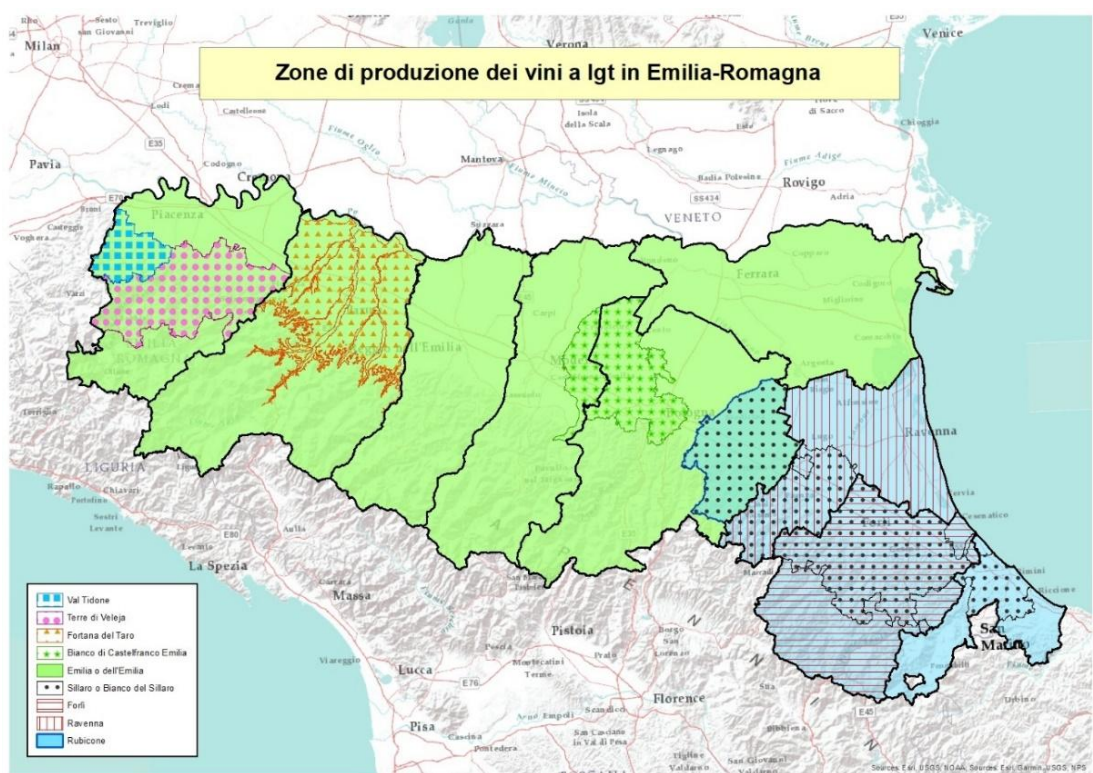


Figura 8 Zone di produzione dei vini IGT





Bosco Eliceo

La zona di produzione comprende numerosi comuni delle province di Ferrara, Ravenna .

DOP 14.11.1996

Modena DOP

La zona di Produzione del Modena DOP o di Modena DOP comprende numerosi comuni della provincia di Modena.

DOP 18.02.1999

Pignoletto DOP

Comprende il territorio di numerosi comuni appartenenti alle province di Bologna, Modena e Ravenna.

25.09.2015

Lambrusco Salamino di Santa Croce DOP

La zona di produzione comprende il territorio di numerosi comuni della provincia di Modena.

17.09.1973

Emilie Romagna DOP

La zona di produzione comprende numerosi comuni della provincia di Bologna, Modena e Ravenna.

18.12.2023

Emilia IGP

La zona di produzione comprende numerosi comuni della provincia di Bologna, Modena, Parma, Piacenza, Reggio Emilia.

IGP 18.02.199

3.2 Considerazioni sull'area di progetto

L'azienda non ha terreni che fanno parte o sono registrati nell'ambito dei consorzi di tutela delle filiere a denominazioni protette, o indicazioni geografiche. Inoltre le superfici non sono coltivate secondo il metodo di produzione biologico.

Allo stesso tempo questi terreni possono essere ricompresi nell'ambito di quelle filiere di produzioni tutelate anche indirettamente, con la realizzazione dall'fotovoltaico: ad esempio il foraggio per le filiere del latte e delle carni, etc.

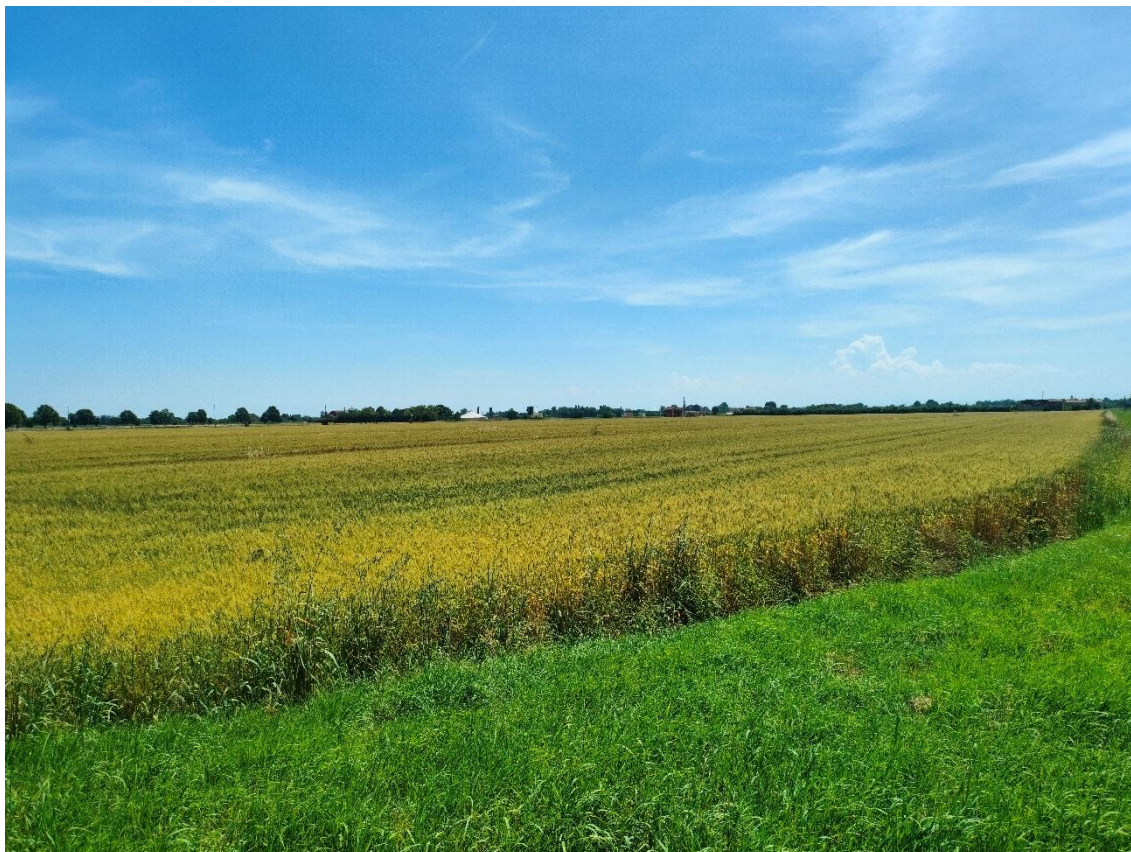
4 CONSIDERAZIONI DEL SISTEMA AGRARIO ATTUALE DELL'AREA DI PROGETTO

4.1 Caratteri dell'agroecosistema

L'area in esame costituisce un tipico paesaggio agricolo dell'entroterra modenese, caratterizzato da vaste estensioni pianeggianti di colture cerealicole e foraggere che si estendono uniformemente fino all'orizzonte. L'assetto agricolo riflette chiaramente le peculiarità delle pianure bonificate, dove l'organizzazione regolare

e geometrica di appezzamenti e fossati consente una gestione agricola altamente meccanizzata, orientata alla massima efficienza produttiva.

Foto 1 Vista in direzione est



Le coltivazioni sono organizzate in parcelle ampie e rettangolari, separate da scoline idrauliche lineari. Queste scoline, scorrendo lungo i margini delle coltivazioni, hanno una doppia funzione essenziale: gestiscono il deflusso delle acque meteoriche e, seppur marginalmente, rappresentano ambienti ecotonali dove si può sviluppare una vegetazione erbacea spontanea. Tuttavia, l'intensificazione agricola tende a limitare fortemente la presenza di una vegetazione spontanea stabile; i margini erbosi e le banchine risultano infatti regolarmente sfalcati per controllare la diffusione di infestanti, impedendo così lo sviluppo di comunità vegetali consolidate.

In questo contesto agricolo intensivo, si rileva una limitata presenza di elementi naturali o seminaturali come siepi, filari alberati e alberature isolate. Alcune alberature residue, prevalentemente costituite da *Populus alba*, *Quercus robur* e *Fraxinus angustifolia*, si osservano lungo fossati e ai margini delle strade interpoderali, rappresentando rare testimonianze degli originari paesaggi rurali. Questi elementi arborei, isolati o disposti in filari discontinui, costituiscono una rete ecologica debole e frammentata, insufficiente a garantire continuità ecologica e supporto efficace alla biodiversità locale.

Le colture, nella loro uniformità e continuità spaziale, generano condizioni di habitat semplificate che risultano sfavorevoli per molte specie di piccola fauna. L'assenza di strutture vegetali intermedie come siepi o macchie arbustive limita fortemente la possibilità di reperire rifugi, aree trofiche e corridoi ecologici per gli animali. A ciò si aggiungono le periodiche lavorazioni agricole profonde che determinano un continuo disturbo del suolo e l'eliminazione sistematica di vegetazione spontanea, particolarmente evidente nelle fasi di lavorazione del terreno e durante i periodi in cui le superfici rimangono temporaneamente incolte.

Nonostante l'apparente omogeneità del paesaggio, alcune zone mostrano differenze cromatiche e vegetazionali dovute alla diversità delle colture e ai diversi tempi di maturazione. Si osservano appezzamenti con diversa tonalità del verde, che testimoniano fasi fenologiche distinte o differenze colturali, contribuendo a una moderata diversità scenica. Tuttavia, dal punto di vista ecologico, questo aspetto risulta insufficiente per compensare la generale semplificazione e frammentazione ambientale del sistema agricolo.

In sintesi, il paesaggio agricolo nell'area di Novi di Modena rispecchia pienamente le caratteristiche di un agroecosistema intensivo tipico delle pianure emiliane: elevata efficienza produttiva, forte semplificazione ecologica e limitata presenza di strutture vegetali naturali o seminaturali, con conseguenti criticità per la funzionalità ecologica complessiva e per la biodiversità del territorio.

4.2 Caratteri pedoagronomici

4.2.1 Morfologia e paesaggio

L'area di progetto ricade nell'ambito del contesto paesaggistico della pianura compresa tra l'Appennino Tosco-Emiliano, il Fiume Secchia, il Torrente Enza e il Po. Si tratta di una pianura molto estesa che si colloca tra la fascia pedemontana dell'Appennino Tosco-Emiliano e il Fiume Secchia, il Torrente Enza e la fascia attigua al Fiume Po.

Le quote sono comprese tra valori di poco superiori ai 150 metri nell'estremità meridionale, fino a valori inferiori ai 20 metri nella fascia settentrionale. L'energia del rilievo è bassa. La litologia è costituita da depositi limoso-argillosi, subordinatamente ghiaiosi e sabbiosi. Il reticolo idrografico è assai sviluppato ed è costituito da corsi d'acqua più sviluppati, spesso canalizzati, affluenti del fiume Secchia, del torrente Enza e del Po, da numerosi fossi e da moltissimi canali, talvolta assai sviluppati, e scoli che costituiscono una fitta rete con andamento irregolare. Sono presenti piccolissimi laghi artificiali. Il fiume Secchia e il torrente Enza, che costituiscono i limiti rispettivamente orientale e occidentale dell'unità, presentano nella porzione più a monte andamento anastomizzato, quindi lunghi tratti andamento meandriforme.

L'area è pianeggiante, formata dalle alluvioni recenti depositate dai corsi d'acqua principali e dai loro affluenti, con zone depresse, ventagli di esondazione e tracce di corso fluviale e di meandri abbandonati, questi ultimi concentrati in prossimità del Fiume Po. Lungo il corso dei Fiumi Secchia ed Enza è riconoscibile

un tratto di area golenale. La bonifica condiziona significativamente il paesaggio.

Nella porzione meridionale dell'area (in corrispondenza del passaggio con le aree collinari), i sedimenti sono talora organizzati in forma di conoidi, con blanda pendenza; sempre in quest'area i depositi ghiaiosi sono terrazzati. Il suolo è interamente utilizzato per scopi agricoli con appezzamenti talora piuttosto estesi e regolari, generalmente piccoli e irregolari per forma e dimensioni. L'antropizzazione è assai spinta: numerosi i centri abitati, disseminati in tutta l'area e collegati da una rete viaria molto fitta. Nell'unità ricade anche la città di Reggio Emilia, piuttosto estesa e con adiacenti insediamenti industriali, e la cittadina di Carpi. Numerosi i casolari e i capannoni industriali (isolati e concentrati in aree). L'unità è attraversata da strade statali, linee ferroviarie e autostrade.

4.2.2 Inquadramento pedologico

L'area oggetto dello studio è caratterizzata da un contesto pedologico identificato dalla consociazione dei suoli GALISANO, definiti argilloso-limosi. Questi terreni si sviluppano principalmente su sedimenti alluvionali di origine fluviale, caratterizzati da deposizioni di argille e limi, che hanno conferito al suolo particolari caratteristiche fisico-chimiche.

Dal punto di vista granulometrico, la componente argillosa risulta predominante, affiancata da una rilevante frazione limosa, fattore che conferisce ai suoli una tessitura argilloso-limosa. Questa particolare conformazione granulometrica implica che il terreno sia dotato di elevata capacità di ritenzione idrica e di sostanze nutritive, favorendo una buona disponibilità di acqua per le colture agricole. Tuttavia, l'alta percentuale di argilla potrebbe comportare problematiche di gestione idrica legate al drenaggio e al ristagno, soprattutto in periodi caratterizzati da precipitazioni intense e prolungate.

Il pH del terreno è generalmente sub-alcalino o neutro, con valori medi compresi tra 7,0 e 7,5, che indicano condizioni di buona fertilità potenziale per la maggior parte delle colture agrarie, soprattutto orticole e cerealicole. La presenza di carbonati di calcio, identificati dal parametro del calcare totale, è significativa e contribuisce ulteriormente alla caratterizzazione alcalina del terreno, influenzando positivamente la disponibilità di alcuni elementi nutritivi come il calcio, ma limitando al tempo stesso l'assorbimento di altri microelementi quali ferro e manganese.

La dotazione di sostanza organica in questi suoli è mediamente buona, con valori che oscillano attorno al 2-3%. Tale percentuale, sebbene sufficiente a garantire un discreto livello di fertilità biologica del terreno, risulta comunque da mantenere o incrementare attraverso specifiche pratiche agronomiche, come il sovescio, la concimazione organica e la rotazione colturale, per assicurare un miglioramento continuo della struttura e della fertilità del suolo nel lungo termine.

Figura 9 stralcio carta dei suoli 50.000 regione Emilia Romagna - 18480



Dal punto di vista strutturale, la presenza massiccia di argille determina una struttura tendenzialmente compatta, con problemi di crosta superficiale e difficoltà di lavorazione, specie se eseguita in condizioni non ottimali di umidità. Pertanto, è consigliabile eseguire le lavorazioni principali in condizioni di umidità moderata, evitando il rischio di compattamento eccessivo, che potrebbe causare difficoltà di germinazione delle colture e limitazioni nello sviluppo radicale.

La presenza di argille espandibili conferisce al suolo caratteristiche peculiari di plasticità e adesività, che, se da una parte assicurano un'ottima capacità di trattenere nutrienti e acqua, dall'altra possono indurre fenomeni di fessurazione profonda durante i periodi asciutti, generando discontinuità nella struttura del suolo e possibili problematiche di tipo pedologico.

Analizzando gli elementi chimici principali, si evidenzia una buona dotazione complessiva in fosforo assimilabile, potassio, calcio e magnesio scambiabili. Tuttavia, in virtù della componente argillosa dominante, è importante effettuare una gestione mirata e programmata della concimazione, bilanciando correttamente i macro e microelementi, così da evitare fenomeni di antagonismo e garantire un'adeguata disponibilità di nutrienti per le colture.

Dal punto di vista microbiologico, la buona presenza di sostanza organica favorisce un'elevata attività

biologica del terreno, elemento fondamentale per garantire i processi di mineralizzazione e humificazione. Pertanto, si consiglia di applicare pratiche colturali volte a stimolare ulteriormente l'attività biologica, come la gestione razionale dei residui colturali e l'integrazione periodica di sostanze organiche di qualità.

Classificando le potenzialità d'uso di questi suoli secondo le linee guida ARPAV e Veneto Agricoltura, l'area risulta idonea per coltivazioni intensive con opportune accortezze gestionali, come la realizzazione di sistemi di drenaggio efficienti, la lavorazione conservativa del suolo e l'ottimizzazione della concimazione. Particolare attenzione andrà prestata nella selezione delle colture più adatte, privilegiando quelle che tollerano condizioni di terreno pesante e poco drenante.

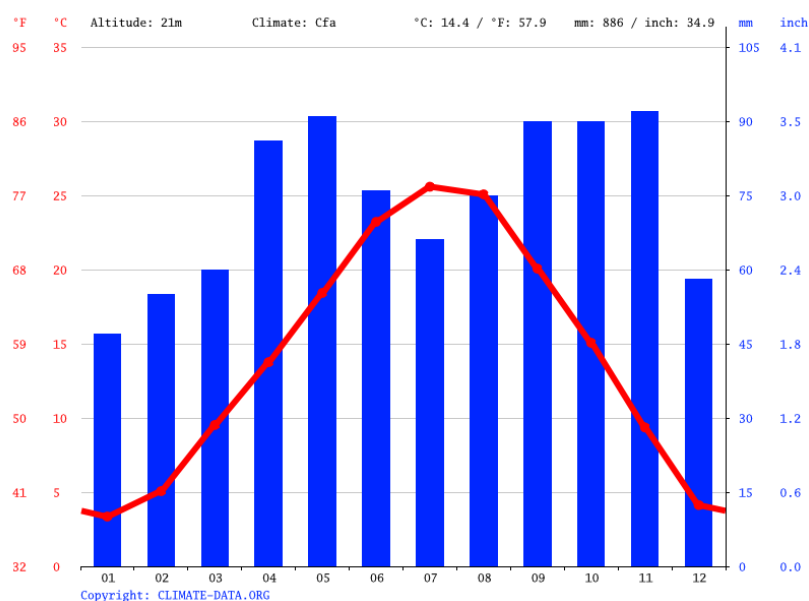
In sintesi, i terreni argilloso-limosi GALISANO presenti nell'area di Novi di Modena offrono interessanti potenzialità agronomiche, a condizione che vengano adottate strategie gestionali specifiche, mirate ad ottimizzare le caratteristiche fisiche e chimiche del suolo e a valorizzarne la fertilità potenziale nel lungo periodo.

4.3 Inquadramento vegetazionale

4.3.1 Lineamenti climatici

Il comune di Novi di Modena è classificato dal punto di vista climatico in zona E, con una temperatura media annua di 14.4 °C. Il clima di Manciano è caldo e temperato, con precipitazioni più abbondanti durante la stagione invernale rispetto a quella estiva, rientrando nella classificazione climatica Csa secondo Köppen e Geiger.

Figura 10 Andamento delle precipitazioni

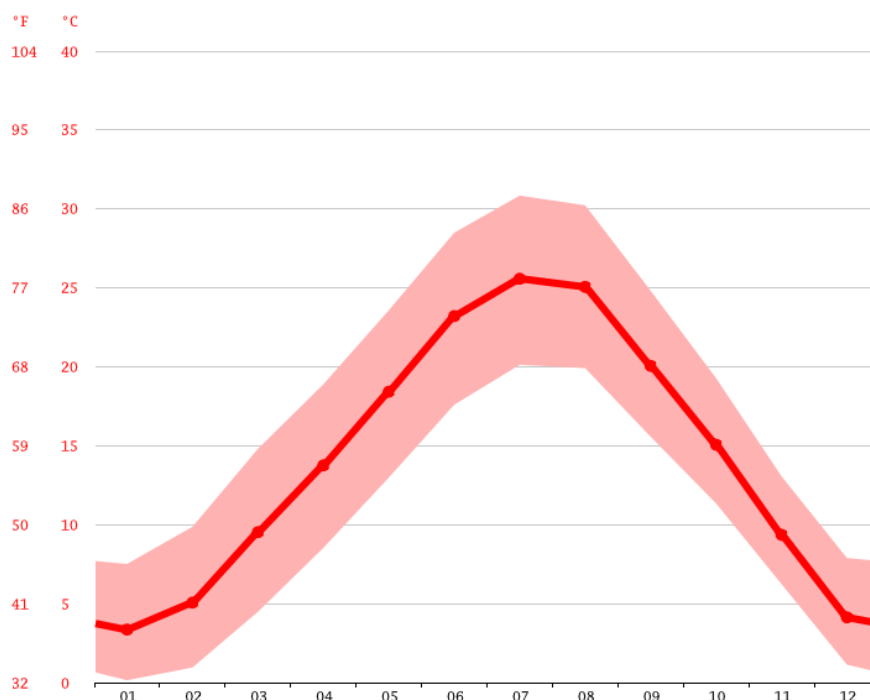




La piovosità annua complessiva è di circa 886 mm, con gennaio come mese più secco, ricevendo in media 47 mm di pioggia, e novembre come mese più piovoso, con una media di 92 mm.

Le temperature variano significativamente durante l'anno: luglio è il mese più caldo, con una temperatura media di 25.6 °C, mentre gennaio è il mese più freddo, con una temperatura media di 3.4 °C.

Figura 11 Andamento delle temperature



La differenza di precipitazioni tra il mese più secco e il mese più piovoso è di 45 mm, mentre le temperature medie annuali fluttuano con un'escursione di circa 22.2 °C.

Tabella 3 Tabella climatica

	Gennaio	Febbrai	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settemb	Ottobre	Novemb	Dicemb
Medie Temperatura (°C)	3.4	5.1	9.5	13.8	18.4	23.2	25.6	25.1	20.1	15.1	9.4	4.1
Temperatura minima (°C)	0.1	1	4.5	8.5	13	17.6	20.1	19.9	15.6	11.4	6.2	1.1
Temperatura massima (°C)	7.5	9.9	14.8	18.9	23.6	28.5	30.8	30.2	24.8	19.3	13.1	7.9
Precipitazioni (mm)	47	55	60	86	91	76	66	75	90	90	92	58
Umidità(%)	84%	77%	71%	68%	65%	60%	56%	59%	67%	76%	83%	85%
Giorni di pioggia (g.)	5	5	6	8	7	7	6	7	7	7	7	6



	Gennaio	Febbrai	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settemb	Ottobre	Novemb	Dicemb
Ore di sole (ore)	4.6	6.0	7.8	9.4	11.3	12.6	12.6	11.4	9.5	6.2	4.6	4.2

4.3.2 Inquadramento fitoclimatico

Novi di Modena si colloca nella bassa pianura padana modenese, un contesto ambientale modellato da suoli alluvionali prevalentemente argillosi, risorgive e una falda superficiale spesso alta; tali caratteristiche modulano un regime idrologico stabile, in grado di attenuare il periodo di siccità estiva tipico della pianura interna. Il clima appartiene alla tipologia Cfa (temperato umido, senza vera siccità estiva) secondo la classificazione di Köppen Geiger, ma con marcate influenze sub mediterranee, derivanti dalla distribuzione delle piogge e dalla componente termica.

Secondo la cartografia di Ubaldi et al. (1996) per l'Emilia Romagna, Novi si inserisce nella fascia fitoclimatica sub mediterranea calda (Lauretum), versione padano adriatica. In questa fascia le specie mediterranee sclerofile sopravvivono in aree microclimatiche favorevoli, mentre la matrice climatica è comunque dominata da latifoglie temperate.

La classificazione Mayr Pavari, integrata da De Philippis, conferma l'appartenenza al Lauretum basso padano, la cintura più calda e pianeggiante dell'Italia peninsulare. Anche la divisione di Rivas Martínez lo inserisce nella macro bioclima temperato oceanico sub mediterraneo (Tocsm), caratterizzato da simili indici di ombrotermia (~1,3), termicità (>230), e piovosità bimodale.

La vegetazione naturale che il contesto di Novi di Modena potrebbe sostenere è quella tipica della serie del querco carpinetum planiziale, associata a ambienti planiziali decidui:

- Strato arboreo predominante: *Quercus robur*, *Carpinus betulus*, con presenze di *Ulmus minor*, *Fraxinus angustifolia* ssp. *oxycarpa*, *Acer campestre*.
- Strato arbustivo: fitocenosi di *Cornus sanguinea*, *Viburnum opulus*, *Prunus spinosa* e, in condizioni particolari, *Euonymus europaeus*.
- In zone a falda alta: la vegetazione potenziale evolve verso frassineti igrofilo e saliceti (Magnocaricion), con specie come *Fraxinus excelsior*, *Salix alba* e *Salix cinerea*, specie tipiche dei versanti umidi planiziali.
- Margini umidi lungo fossi e canali: sviluppo di cannetacee e cariceti, ad esempio *Phragmites australis* e *Typha angustifolia*.
- Relitti di lecceta o formazioni sclerofile su vecchie dune o terrazzi (più rari),

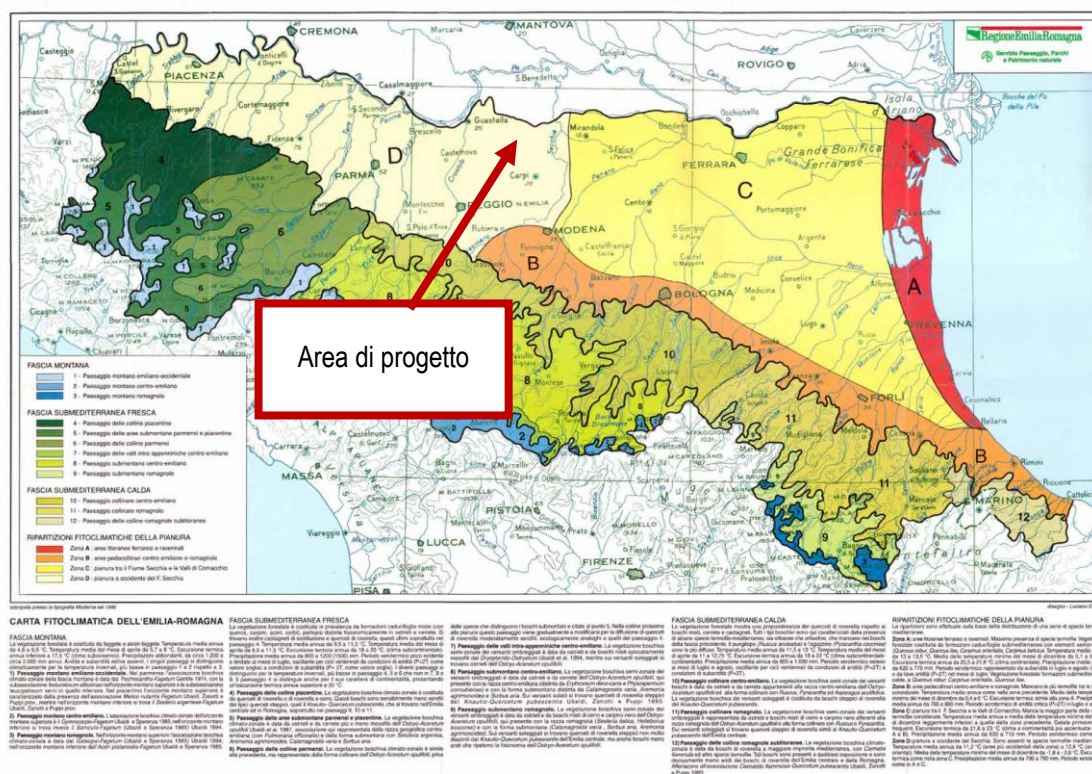
testimonianza di stadi più caldi e siccità estive accentuate.

Le Successioni vegetazionali

- Serie principale: *Quercus carpinetum* planiziale → può derivare da successioni di rinnovazione naturale in aree agricole adeguatamente riqualficate.
- Serie secondaria: *Magnocaricion aquatica*, in settori con falda costantemente alta.
- Serie periferica: *Caricete cannetum* lungo corsi d'acqua e fossati, habitat ricchi di biodiversità.

Nella presente relazione, si è fatto riferimento alla letteratura scientifica e in modo particolare alla carta fitoclimatica della Regione Emilia Romagna

Figura 12 Stralcio carta Fitoclimatica dell'Emilia Romagna



Complessivamente, Novi di Modena rappresenta, da un punto di vista fitoclimatico, un'area riconducibile alla fascia Lauretum padano adriatica, con marcata soglia sub mediterranea calda. La vegetazione potenziale si orienta verso quercus carpineti planiziali, saliceti frassineti igrofili e cannetacee riparie, con

possibilità di inserimento di elementi sclerofili mediterranei residui. Questo modello vegetazionale è la base ideale per interventi di riqualificazione ecologica e mitigazione dell'impatto dell'agricoltura intensiva, favorendo biodiversità, resilienza idrica e continuità ecologica.

4.3.3 Inquadramento vegetazionale dell'area di progetto

L'area presa in esame, situata nei pressi di Novi di Modena, presenta una vegetazione reale tipica dei contesti agricoli e periurbani della pianura emiliana. Si evidenzia una vegetazione spontanea legata agli ambienti agricoli di margine, con una spiccata presenza di specie erbacee e arbustive adattate a condizioni ecologiche variabili, come quelle che caratterizzano i margini di coltivi e le pertinenze infrastrutturali.

La vegetazione erbacea che caratterizza l'area è costituita principalmente da praterie secondarie, dominate da graminacee, quali *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Festuca arundinacea*, insieme ad altre specie ruderali come *Taraxacum officinale*, *Plantago lanceolata* e *Trifolium pratense*. Si tratta di specie cosmopolite e resistenti al disturbo antropico, capaci di colonizzare rapidamente superfici aperte e frequentemente soggette a sfalci o interventi manutentivi.

Foto 2 ripresa margine dei campi



Lungo i margini delle aree agricole e delle strade si sviluppano fasce arbustive lineari, che svolgono la funzione di barriere naturali e corridoi ecologici. Qui si riscontrano specie arbustive tipiche della siepe campestre e del mantello arboreo-arbustivo, quali *Sambucus nigra*, *Prunus spinosa*, *Crataegus monogyna*, *Rosa canina* e *Cornus sanguinea*. Questi elementi vegetali costituiscono importanti habitat per la fauna minore, contribuendo alla biodiversità locale e svolgendo anche un ruolo importante nella mitigazione del microclima e nella protezione del suolo dall'erosione.

La componente arborea, benché limitata in termini di estensione e densità, è comunque presente e caratterizzata principalmente da esemplari isolati o raggruppamenti lineari a funzione frangivento, particolarmente rappresentati da *Quercus robur*, *Populus alba* e *Populus nigra*, insieme ad alcuni individui di *Fraxinus angustifolia* e *Salix alba*. Si tratta di specie tipiche degli ambienti pianeggianti umidi e delle zone ripariali della pianura padana, particolarmente adattate alle condizioni locali di umidità del suolo, che possono variare a seconda della stagione e dell'andamento climatico.

La presenza di aree antropizzate, con manufatti edilizi e infrastrutture lineari, determina la presenza di una vegetazione ruderale opportunista, con specie che colonizzano rapidamente le aree disturbate, quali *Urtica dioica*, *Artemisia vulgaris*, *Cirsium arvense* e *Conyza canadensis*. Queste specie, tipiche dei contesti perturbati e delle aree periurbane, testimoniano la forte incidenza delle attività umane sul paesaggio vegetale locale.

Foto 3 ripresa dell'area.



Dal punto di vista fitosociologico, la vegetazione reale dell'area può essere ricondotta prevalentemente alla classe *Molinio-Arrhenatheretea* per le comunità erbacee prative secondarie, caratterizzate da specie mesofile adattate a sfalci e disturbi ricorrenti, e alla classe *Rhamno-Prunetea* per le fasce arbustive e siepi naturali, caratterizzate da una buona diversità floristica e strutturale e da funzioni ecologiche significative. Le specie guida appartengono ai mosaici colturali possono includere vegetazione delle siepi, la flora dei coltivi e post-culturale e delle praterie secondarie.

Arundo donax, *Avena sterilis*, *Artemisia* spp. (in loco prevale *A. verlotiorum*), *Bromus diandrus*, *Bromus madritensis* Pignatti, *Cynara cardunculus*, *Cynodon dactylon*, *Dasypyrum villosum*, *Foeniculum vulgare*, *Lolium rigidum*, *Piptatherum miliaceum* subsp. *miliaceum*, *Rapistrum rugosum* Pignatti, *Rubus ulmifolius*, *Setaria verticillata*, *Trifolium angustifolium*, *Trifolium scabrum*, *Urtica dioica*, *Veronica persica*, *Veronica polita*, *Xanthium strumarium*.

4.4 La classificazione del territorio in relazione alle potenzialità d'utilizzo

4.4.1 La classificazione del territorio secondo le classi di capacità d'uso

Tra i sistemi di valutazione del territorio, elaborati in molti paesi europei ed extra-europei secondo modalità e obiettivi differenti, la Land Capability Classification (Klingebiel, Montgomery, U.S.D.A. 1961) viene



utilizzato per classificare il territorio per ampi sistemi agro-pastorali e non in base a specifiche pratiche colturali.

Il concetto centrale della Land Capability non si riferisce unicamente alle proprietà fisiche del suolo, che determinano la sua attitudine più o meno ampia nella scelta di particolari colture, quanto alle limitazioni da questo presentate nei confronti di uso agricolo generico; limitazioni che derivano anche dalla qualità del suolo, ma soprattutto dalle caratteristiche dell'ambiente in cui questo è inserito.

Ciò significa che la limitazione costituita dalla scarsa produttività di un territorio, legata a precisi parametri di fertilità del suolo viene messa in relazione ai requisiti del paesaggio fisico (morfologia, clima, vegetazione, etc.), che fanno assumere alla stessa limitazione un grado di intensità differente a seconda che tali requisiti siano permanentemente sfavorevoli o meno (es.: pendenza, rocciosità, aridità, degrado vegetale, etc.).

I criteri fondamentali della capacità d'uso sono:

- di essere in relazione alle limitazioni fisiche permanenti, escludendo quindi le valutazioni dei fattori socio-economici;
- di riferirsi al complesso di colture praticabili nel territorio in questione e non ad una coltura particolare;
- di comprendere nel termine “difficoltà di gestione” tutte quelle pratiche conservative e sistematorie necessarie affinché, in ogni caso, l'uso non determini perdita di fertilità o degradazione del suolo;
- di considerare un livello di conduzione abbastanza elevato, ma al tempo accessibile alla maggior parte degli operatori agricoli.

La classificazione si realizza applicando tre livelli di definizione in cui suddividere il territorio:

- classi
- sottoclassi
- unità

Le classi sono 8 e vengono distinte in due gruppi in base al numero e alla severità delle limitazioni: le prime 4 comprendono i suoli idonei alle coltivazioni (suoli arabili) mentre le altre 4 raggruppano i suoli non idonei (suoli non arabili), tutte caratterizzate da un grado di limitazione crescente. Ciascuna classe può riunire una o più sottoclassi in funzione del tipo di limitazione d'uso presentata (erosione, eccesso idrico, limitazioni climatiche, limitazioni nella zona di radicamento) e, a loro volta, queste possono essere suddivise in unità non prefissate, ma riferite alle particolari condizioni fisiche del suolo o alle caratteristiche del territorio.

Nelle tabelle che segue sono riportate le 8 classi e (poco più avanti) le 4 sottoclassi della *Land Capability* utilizzate (Cremaschi e Rodolfi, 1991, Aru, 1993).

Tabella 4 Classi Land Capability



CLASSE	DESCRIZIONE	ARABILITA'
I	Suoli senza o con modestissime limitazioni o pericoli di erosione, molto profondi, quasi sempre livellati, facilmente lavorabili; sono necessarie pratiche per il mantenimento della fertilità e della struttura; possibile un'ampia scelta delle colture	Si
II	Suoli con modeste limitazioni e modesti pericoli di erosione, moderatamente profondi, pendenze leggere, occasionale erosione o sedimentazione; facile lavorabilità; possono essere necessarie pratiche speciali per la conservazione del suolo e delle potenzialità; ampia scelta delle colture	Si
III	Suoli con severe limitazioni e con rilevanti rischi per l'erosione, pendenze da moderate a forti, profondità modesta; sono necessarie pratiche speciali per proteggere il suolo dall'erosione; moderata scelta delle colture	Si
IV	Suoli con limitazioni molto severe e permanenti, notevoli pericoli di erosione se coltivati per pendenze notevoli anche con suoli profondi, o con pendenze moderate ma con suoli poco profondi; scarsa scelta delle colture, e limitata a quelle idonee alla protezione del suolo	Si
V	Non coltivabili o per pietrosità e rocciosità o per altre limitazioni; pendenze moderate o assenti, leggero pericolo di erosione, utilizzabili con foresta o con pascolo razionalmente gestito	No
VI	Non idonei alle coltivazioni, moderate limitazioni per il pascolo e la selvicoltura; il pascolo deve essere regolato per non distruggere la copertura vegetale; moderato pericolo di erosione	No
VII	Limitazioni severe e permanenti, forte pericolo di erosione, pendenze elevate, morfologia accidentata, scarsa profondità idromorfia, possibili il bosco o il pascolo da utilizzare con cautela	No
VIII	Limitazioni molto severe per il pascolo e il bosco a causa della fortissima pendenza, notevolissimo il pericolo di erosione; eccesso di pietrosità o rocciosità, oppure alta salinità, etc.	No

La lettura delle indicazioni classi della land capability permette di ritrarre informazioni importanti sulle attività silvo-pastorali effettuabili in un'area territoriale, come si comprende anche dal grafico che segue, che descrive le attività silvo-pastorali ammissibili per ciascuna classe di capacità d'uso:

Tabella 5 Classi e attitudine agricola

	Classi di capacità d'uso	Aumento dell'intensità d'uso del territorio →							
				Pascolo			Coltivazione		
		Ambiente naturale	Forestazione	Limitato	Moderato	Intensivo	Limitata	Moderata	Intensiva
Aumento delle limitazioni e dei rischi ↓ Diminuzione dell'adattamento e della libertà scelta negli usi	I								
	II								
	III								
	IV								
	V								
	VI								
	VI I								
	VI II								
	VI III								

Le aree campite mostrano gli usi adatti a ciascuna classe

Il secondo livello della classificazione, come è detto, è la sottoclasse, e raggruppa le unità che hanno lo stesso tipo di limitazione o rischio.

Tabella 6 Classi di limitazioni e rischio

CLASSE	LIMITAZIONE	DESCRIZIONE
e	Erosione	Suoli nei quali la limitazione o il rischio principale è la suscettività all'erosione. Sono suoli solitamente localizzati in versanti acclivi e scarsamente protetti dal manto vegetale
w	Eccesso di acqua	Suoli nei quali la limitazione o il rischio principale è dovuto all'eccesso di acqua. Sono suoli con problemi di drenaggio, eccessivamente umidi, interessati da falde molto superficiali o da esondazioni
s	Limitazioni nella zona di radicamento	Suoli con limitazioni del tipo pietrosità, scarso spessore, bassa capacità di ritenutaidrica, fertilità scarsa e difficile da correggere, salinità e sodicità
c	Limitazioni climatiche	Zone nelle quali il clima è il rischio o la limitazione maggiore. Sono zone soggette a temperature sfavorevoli, grandinate, nebbie persistenti, gelate tardive, etc.

4.4.2 La classificazione del territorio secondo le classi della suscettività d'uso

La procedura di valutazione dell'attitudine del territorio a una utilizzazione specifica, secondo il metodo della Land Suitability Evaluation è stato messo a punto dalla F.A.O., a partire dagli anni settanta, con l'obiettivo di stabilire una struttura per la procedura di valutazione. Essa si basa sui seguenti principi:

- l'attitudine del territorio deve riferirsi ad un uso specifico;

- la valutazione richiede una comparazione tra gli investimenti (inputs) necessari per i vari tipi d'uso del territorio e i prodotti ottenibili (outputs);
- la valutazione deve confrontare vari usi alternativi;
- l'attitudine deve tenere conto dei costi per evitare la degradazione del suolo;
- la valutazione deve tener conto delle condizioni fisiche, economiche e sociali;
- la valutazione richiede un approccio multidisciplinare.

Alla base del metodo è posto il concetto di "uso sostenibile", cioè di un uso in grado di essere praticato per un periodo di tempo indefinito, senza provocare un deterioramento severo o permanente delle qualità del territorio.

La struttura della classificazione è articolata in ordini, classi, sottoclassi e unità. Nel presente lavoro si è ritenuto opportuno fermarsi alla gerarchia della classe.

Ordini:

Tabella 7 Compatibilità d'utilizzo

ORDINE	SUSCETTIVITÀ	DESCRIZIONE
S	adatto (<i>suitable</i>)	Comprende i territori per i quali l'uso considerato produce dei benefici che giustificano gli investimenti necessari, senza inaccettabili rischi per la conservazione delle risorse naturali
N	non adatto (<i>not suitable</i>)	Comprende i territori con qualità che precludono il tipo d'uso ipotizzato. La preclusione può essere causata da una impraticabilità tecnica dell'uso proposto o, più spesso, da fattori economici sfavorevoli

Classi:

Riflettono il grado di attitudine di un territorio a un uso specifico.

Tabella 8 Attitudine a un utilizzo specifico

ORDINE	SUSCETTIVITÀ	DESCRIZIONE
S1	molto adatto (<i>highly suitable</i>)	Territori senza significative limitazioni per l'applicazione dell'uso proposto o con limitazioni di poca importanza che non riducano significativamente la produttività e i benefici, o non aumentino i costi previsti. I benefici acquisiti con un determinato uso devono giustificare gli investimenti, senza rischi per le risorse
S2	moderatamente adatto (<i>moderately suitable</i>)	Territori con limitazioni moderatamente severe per l'applicazione dell'uso proposto e tali comunque da ridurre la produttività e i benefici, e da incrementare i costi entro limiti accettabili. I territori avranno rese inferiori rispetto a quelle dei territori della classe precedente
S3	limitatamente adatto (<i>marginally suitable</i>)	Territori con severe limitazioni per l'uso intensivo prescelto. La produttività e i benefici saranno così ridotti e gli investimenti richiesti incrementati a tal punto che



		questi costi saranno solo parzialmente giustificati
N1	normalmente non adatto (<i>currently not suitable</i>)	Territori con limitazioni superabili nel tempo, ma che non possono essere corrette con le conoscenze attuali e con costi accettabili
N2	permanentemente non adatto (<i>permanently not suitable</i>)	Territori con limitazioni così severe da precludere qualsiasi possibilità d'uso

Tale metodologia, come è noto, stata messa a punto per la valutazione del territorio a fini agro-silvo-pastorali, ma non mancano esempi di applicazione ad altri campi delle attività antropiche differenti da quelle agricole, una di queste è ad esempio l'edificabilità.

Il processo di valutazione e gli schemi proposti per il territorio non considerano il territorio in senso globale, ma solo nella componente rurale e rappresentano, quindi, una parte dell'analisi multidisciplinare richiesta dalla Land Suitability.

L'elaborazione della procedura ha seguito le seguenti fasi:

Definizione di alcuni usi specifici del territorio:

- uso agrario
- uso pascolativo zootecnico

Tali usi sono stati scelti onde poter effettuare:

- Definizione dei caratteri e delle qualità del territorio (misurabili o stimabili) in grado di influenzare gli usi proposti (es. profondità del suolo, drenaggio, profondità della falda, etc.)
- Definizione dei requisiti d'uso per i differenti usi proposti.

A tal fine sono state redatti gli schemi di classificazione per l'attitudine dei suoli per i diversi usi che riportano le caratteristiche ambientali che possono influenzare quel tipo di uso e i gradi crescenti di limitazione definiti dalle 5 classi sopra descritte. Le caratteristiche ovviamente variano in funzione dell'uso esaminato. Sono state quindi realizzate le tabelle delle classificazioni attitudinali del territorio in funzione di un uso specifico. Per ciascuna unità cartografica (o meglio, per alcune delle principali unità cartografiche interessate agli usi) è stato valutato il grado di idoneità relativo alle caratteristiche ambientali. La caratteristica col grado di idoneità più limitante definisce la classe di attitudine finale assegnata alle unità cartografiche.

Infine è stato elaborato lo schema riepilogativo delle classi finali attribuite a ciascuna unità cartografica. L'analisi di questo schema permette di identificare per ciascuna unità cartografica quali siano gli usi compatibili, definiti dalle classi S1-S2-S3, e quali quelli da evitare, definiti dalle classi N1-N2.

Inoltre poiché le singole unità cartografiche presentano, talvolta, dei caratteri (pendenza, pietrosità, ecc.) non perfettamente omogenei in ogni loro parte, la classe di attitudine finale non è singola, ma composta. Tale inconveniente può essere superato attraverso la realizzazione di una cartografia di maggior dettaglio,



che permetta di scomporre unità in modo da ottenere una classe di attitudine maggiormente definita.

Per quanto riguarda l'uso agricolo, esso è riferito a un'attitudine generale alla coltivazione.

Tabella 9 Schema per la valutazione dell'attitudine dei suoli all'agricoltura

CARATTERISTICHE AMBIENTALI	S1	S2	S3	N1	N2
Tessitura (*)	F-FA-A	S-FS	S-SF	C	C
Profondità del suolo(cm)	>100	100-60	60-40	<40	-
Drenaggio	normale	lento	molto lento- rapido	-	-
Pendenza %	0-5	5-10	10-30	>30	-
Rocciosità %	assente	0-2	2-20	>20	-
Pietrosità %	0-10	10-20 (rimovibile)	20-50 (rimovibile)	50-80 (parz. rimovibile)	>80 (non rimovibile)
Rischio di inondabilità	assente	scarso	moderato	alto	molto alto

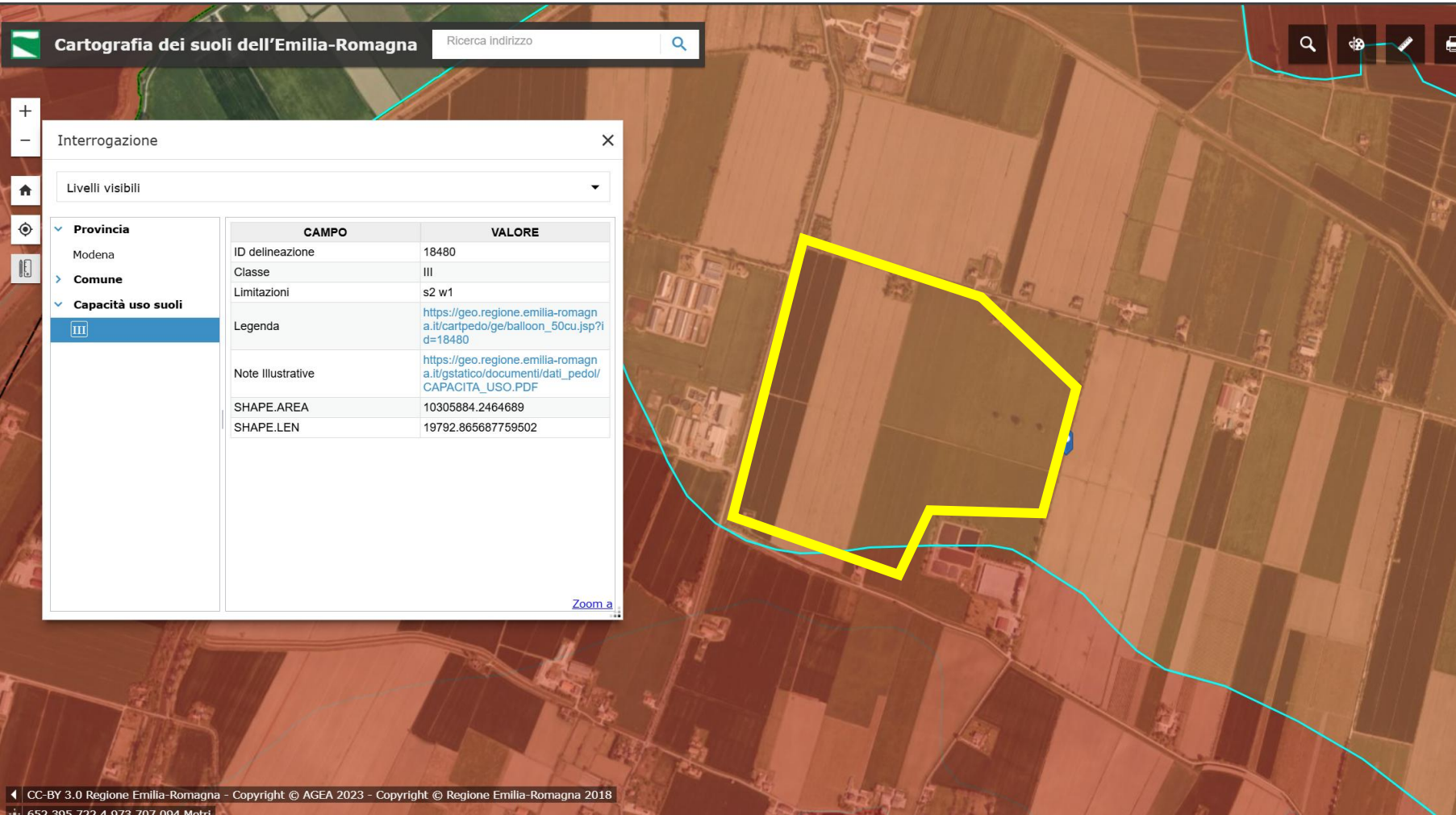
(*) TESSITURA: F=franca; FA=franco-argillosa; A=argillosa; SF=sabbioso-franca; S=sabbiosa; C=ciottolosa

4.4.3 Classificazione dell'area in esame

I terreni dell'area in esame sono collocabili nella classe III S2 w1. Di seguito si riporta lo stralcio della carta delle potenzialità d'uso dei suoli della regione Toscana.



Figura 13 Stralcio Carta capacità dei suoli della regione Emilia romagna - ID delineazione 10747





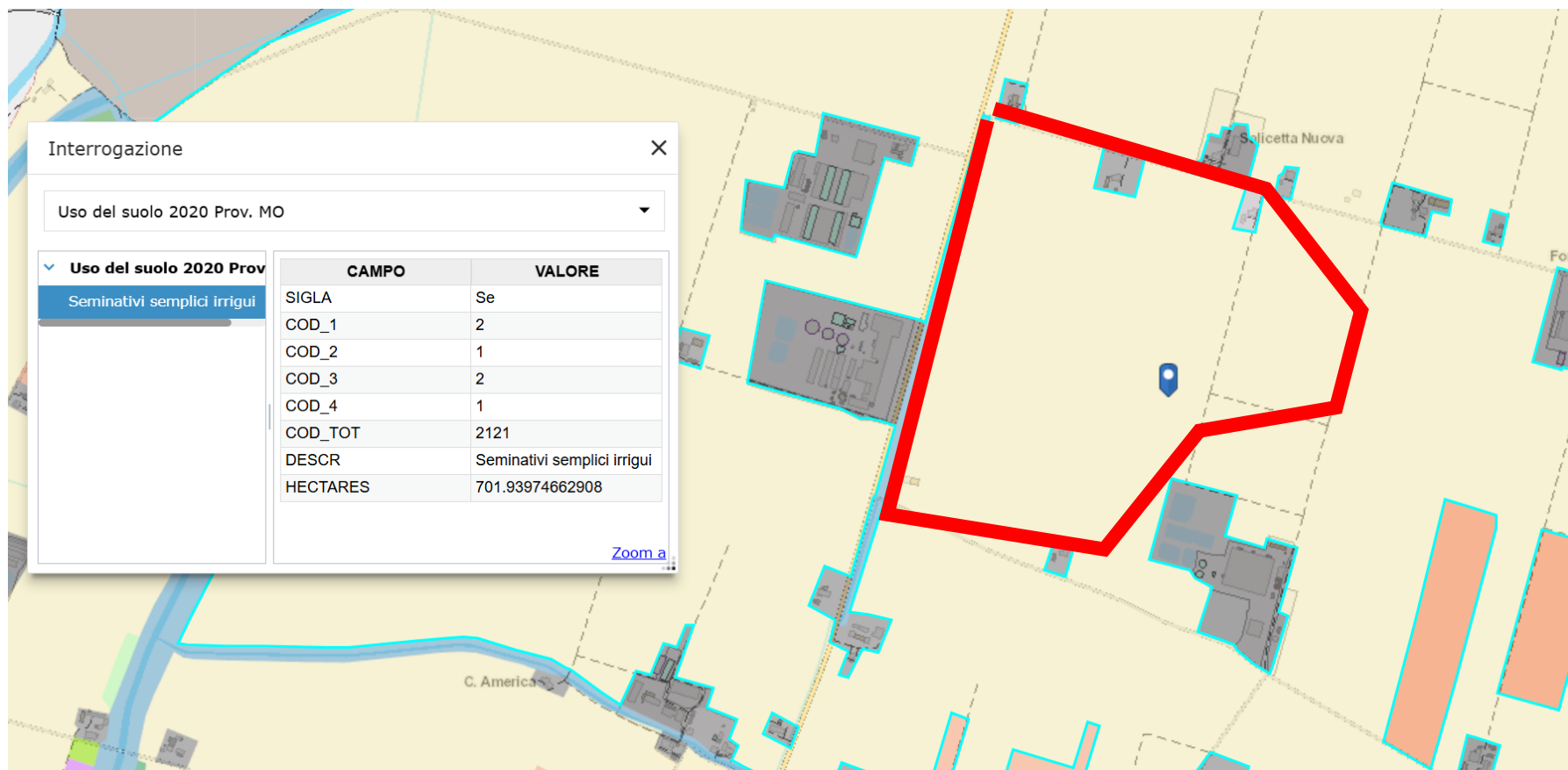
4.5 Uso del suolo

Nella carta dell'uso del suolo evidenzia come il mosaico dell'agroecosistema sia principalmente composto da coltura estensive con seminativi in aree irrigue.

E' stata redatta una carta dell'Uso del suolo con base Land Corine Cover con riferimento la stessa carta della regione Emilia Romagna ed. 2023 che scende nel dettaglio maggiore, e una carta dell'uso del suolo secondo le categorie richieste dalla presente normativa. La categoria di uso del suolo predominante è la: **2121** Seminativi semplici in aree irrigue, superfici coltivate, regolarmente arate e generalmente sottoposte ad un sistema di rotazione (cereali, leguminose, foraggiere e colture erbacee in genere).



Figura 14 Carta dell'Uso del Suolo secondo Corine Land Cover



In rosso perimetro area interessata dall'impianto fotovoltaico



5 SCELTA DELLE ESSENZE PER LA FASCIA DI MITIGAZIONE

5.1 Criteri di selezione

La scelta delle specie erbacee da impiegare come bordure e fasce di mitigazione degli impatti dell'impianto fotovoltaico in progetto è stata effettuata sulla base dei seguenti criteri:

- studio della flora erbacea locale;
- conservazione, recupero e riqualificazione delle essenze arboree e arbustive presenti nell'area;
- specie erbacee autoriseminanti;
- buona resistenza alla siccità;
- equilibrata composizione floristica tra leguminose e graminacee;
- apparato radicale profondo;

In particolare i criteri di selezione sono basati sui seguenti elementi:

- Normativa regionale – Elenco specie autoctone della DGR 181/2018 (LR 3/2013) per la fascia Padano-Veneta.
- Contesto vegetazionale – Serie potenziale dei querceto-carpineti di pianura ravennate.
- Altezze compatibili con l'agro-fotovoltaico – Esclusi pioppo e specie alto-fusto per ombreggiamento.
- Biodiversità e servizi ecosistemici – Arbusti spinosi con bacche per fauna e controllo fitoparassiti.

5.2 Essenze idonee per l'area di progetto

Le bordure e le fasce di mitigazione sia nell'impianto agro-fotovoltaico che nella stazione elettrica, saranno costituite da linee di specie arbustive e da linee di specie arboree, su tutte le aree perimetrali.

Le specie potenzialmente appartenenti alla vegetazione dell'area sono:

Tra queste specie sono state identificate quelle più idonee alla funzione di mitigazione e schermanti.

Essenze arboree

Acer campestre, *Carpinus betulus*

Essenze arbustive

Cornus sanguinea, *Salix purpurea* (forme cespuglio), *Cornus mas*

Rosa canina, *Prunus spinosa*, *Ligustrum vulgare*

5.3 Composizione della fascia di mitigazione

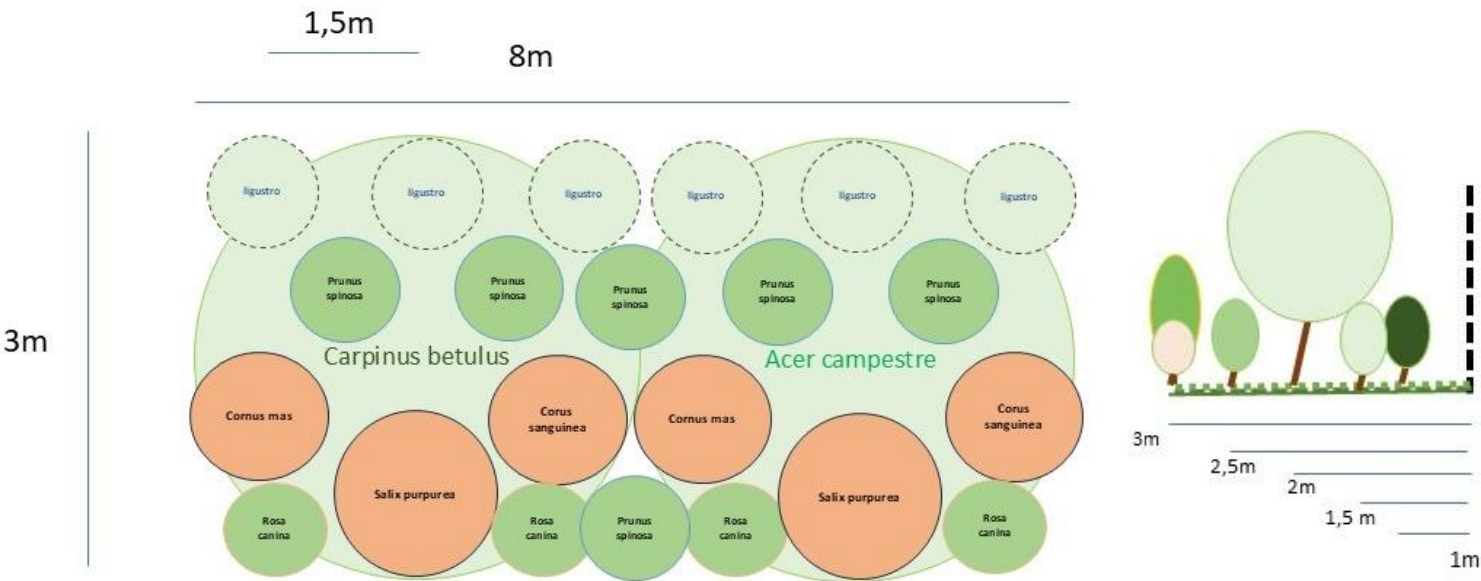
Tabella 10 sesto di impianto



Larghezza <i>(dal margine della recinzione verso l'esterno)</i>	Strato vegetale e specie chiave*	Sesto (distanze)
1 m – arbustiva bassa	<i>Ligustrum vulgare</i>	1.5 m in filare continuo
1.5m – arbustiva bassa	<i>Prunus spinosa</i> ,	1.5 m in filare continuo
2 m – arborea a chioma stretta	<i>Acer campestre</i> , <i>Carpinus betulus</i>	4 m tra alberi ; asse della fila a ≥ 2 m dalla
3. m – arbustiva/cespugli-alberi	<i>Cornus sanguinea</i> , <i>Cornus mas</i>	filare sfalsato rispetto al primo: 1,20 m tra piante
3.5 --alberi a portamento cespuglioso	<i>Salix purpurea</i> (forme cespuglio)	4m sulla fila e a 3.5 dalla recinzione
3.5 arbustiva bassa	<i>Rosa canina</i> ; <i>Prunus spinosa</i> ,	2m sulla fila e 3.5 m dalla recinzione



Figura 15 Schema di impianto fascia mitigazione



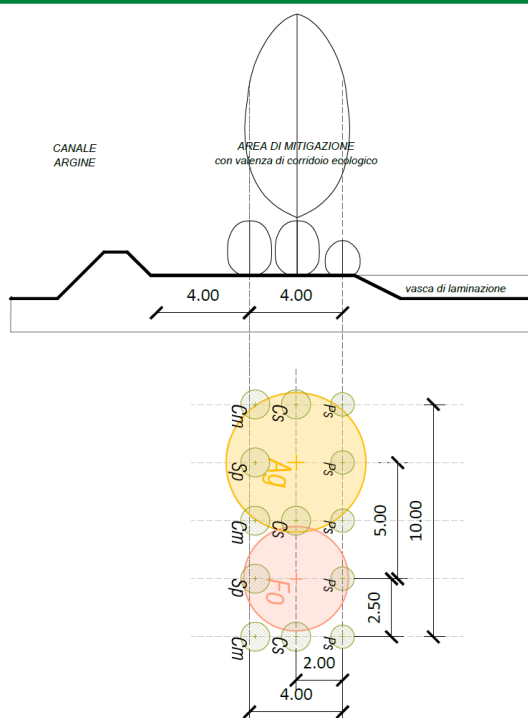


5.4 Fascia mitigazione integrativa impianto agrivoltacio SS413

La fascia di mitigazione aggiuntiva prevista a Novi di Modena si colloca in continuità con la fascia perimetrale dell'impianto agrivoltaico, ma ha una funzione specifica: lavorare sul margine del canale e sulla schermatura verso la SS413. Non si tratta di semplice "verde di contorno", ma di un buffer ripariale multifunzionale — un'infrastruttura verde lineare progettata per svolgere più compiti simultaneamente: aumentare la connettività ecologica lungo il reticolo idrografico minore, migliorare la qualità delle sponde (ombreggiamento, apporto di lettiera, creazione di microhabitat), intercettare parte dei deflussi e del trasporto di sedimenti e nutrienti dai campi e, al contempo, produrre un effetto di mascheramento paesaggistico e di filtro rispetto al tracciato stradale, sia in termini di polveri e aerosol sia di percezione visiva.

La struttura della fascia segue lo schema a modulo ripetibile già proposto, ma declinato in tre strati funzionali. Il nucleo arboreo prevede ontano nero (*Alnus glutinosa*) nei micro-settori più freschi e umidi prossimi al canale e orniello (*Fraxinus ornus*) nelle posizioni leggermente più asciutte e stabili, riducendo così il rischio di stress idrico e anossia e garantendo una buona resilienza interannuale. Attorno al nucleo si sviluppa una corona arbustiva con sanguinello (*Cornus sanguinea*), corniolo (*Cornus mas*) e prugnolo (*Prunus spinosa*), che assicura funzione ecotonale e schermante, incrementa le risorse trofiche e il rifugio per avifauna e insetti e mantiene continuità strutturale sia in periodo vegetativo sia in inverno. Nei punti più prossimi all'acqua, o dove serve un rapido consolidamento superficiale, una fascia igrofila di bordo con salice rosso (*Salix purpurea*) completa il profilo, sfruttando la capacità di ricaccio tipica della specie.

grafico 1 schema esemplificativo della fascia di mitigazione



La fascia diventa un elemento strutturale della rete ecologica locale e dell'inserimento paesaggistico dell'opera, particolarmente appropriato in un contesto agricolo intensivo dove le infrastrutture verdi lineari rappresentano spesso l'unica opportunità concreta di connessione tra frammenti di naturalità residua.

Alberi

Acer campestre



Carpinus betulus



Alnus glutinosa

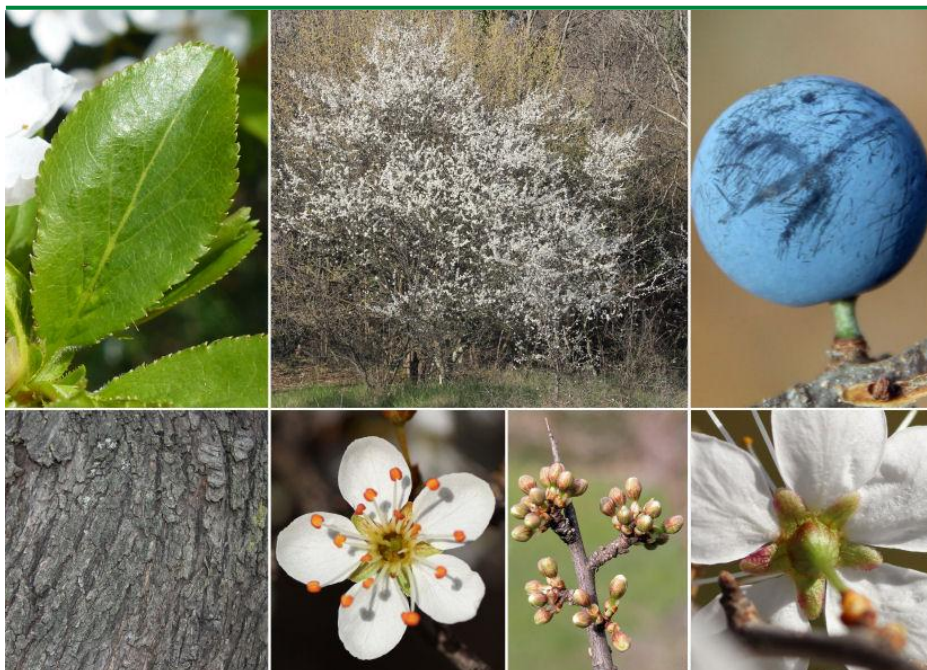


Faxinus ornus



Arbusti

Prunus spinosa



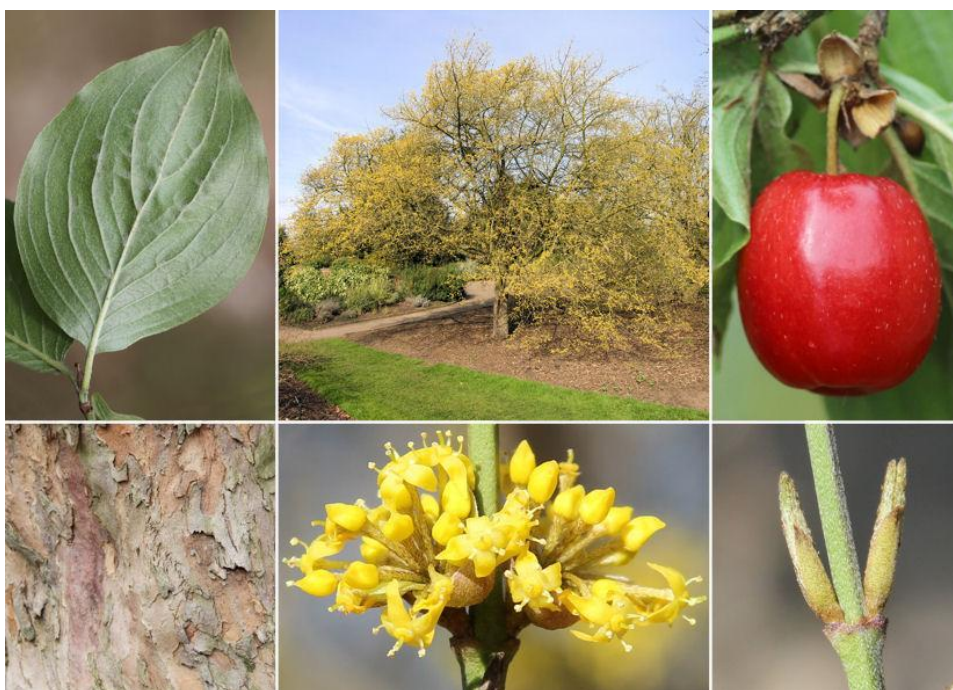
Rosa canina



Salix purpurea



Cornus mas L.



Cornus sanguinea L.



5.5 Messa a dimora e prime cure

Per garantire un adeguato attecchimento delle specie previste nella fascia di mitigazione si propone la seguente procedura d'impianto e gestione iniziale:

- Preparazione del terreno: lavorazione superficiale fino a 30 cm di profondità, seguita dall'integrazione di sostanza organica mediante distribuzione di compost in ragione di 30 t/ha.
- Pacciamatura: applicazione di teli biodegradabili in fibre naturali (lino o juta) lungo le file arbustive, da mantenere per i primi due anni al fine di ridurre la competizione con le infestanti e conservare l'umidità del suolo.
- Durante il primo anno, nei mesi di luglio e agosto, in assenza di piogge, è consigliata un'irrigazione di soccorso pari a 10–15 litri a pianta per settimana per le specie arbustive e fino a 20 litri a pianta per settimana per le specie arboree.
- Manutenzione vegetativa: dopo la mietitura delle colture adiacenti, si effettuerà un taglio di contenimento sul lato coltura. Inoltre, negli anni pari si prevede una potatura di rinnovo per gli arbusti, con riduzione dell'altezza a circa 80 cm, al fine di stimolare l'emissione di nuovi getti e mantenere uno schermo vegetale denso ed efficiente.



6 PROPOSTA DI PIANO COTURALE PER IL CAMPO AGRIVOLTAICO

6.1 Caratteristiche del sistema agrario attuale dell'area di progetto

L'area di progetto è composta da circa 27.7 ettari di superficie. Dai fascicoli aziendali 2022-2025 di cui al CUA 00965390354 è stata redatta la configurazione media delle superfici rispetto alle colture coltivate: le colture principali avvicendate sulle superfici di progetto sono le seguenti: Frumento, mais e medica. Una stima degli indicatori economici è descritta nella tabella seguente.

Tabella 11 Indicatori economici ante progetto

Coltura	PLV €/ha	Costi specifici €/ha	MOL €/ha
mais	2.314,00	969,00	1.345,00
erbaio	1.298,00	371,00	927,00
frumento	1.835,00	775,00	1.060,00
Valore medio ponderato	1.775,02	696,84	1.078,18

Stime su dati RICA 2023

L'azienda otteneva un margine operativo lordo (MOL) di circa 1.078 €/ha con un impegno di costi specifici vicino di circa 696 €/ha, sostenuto dall'elevata redditività del mais.

Figura 16 Indicatori economici delle superfici di progetto

Coltura	Superficie SAU (ha)	PLV (€)	Costi (€)	MOL (€)	PLV tot (€)	Costi tot(€)	MOLtot (€)
mais	5,5	2.314,00	969,00	12.727,00	5.329,50	7.397,50	12.727,00
erbaio	8	1.298,00	371,00	10.384,00	2.968,00	7.416,00	10.384,00
frumento	14,2	1.835,00	775,00	26.057,00	11.005,00	15.052,00	26.057,00
Totale	27,7				49.168,00	19.302,50	29.865,50

Stime su dati RICA 2023

La PLV stimata nella condizione attuale ante progetto è di circa 49.168,00 €.

6.2 Integrazione dell'impianto con l'attività agricola

6.2.1 Strategia nella definizione del piano di coltivazione

Il piano di coltivazione futuro è pensato affinché i due sottosistemi, agricolo ed energetico, si integrino il più possibile. L'obiettivo è bilanciare la produzione agricola con la produzione energetica attraverso una gestione ottimizzata delle colture, garantendo la continuità produttiva e la conservazione della fertilità del



suolo.

I caratteri morfologici e pedologici dei terreni aziendali, l'adattamento delle colture all'ombreggiamento parziale, influenza la scelta sulle colture, quindi, si orienterà verso specie che si adattano al clima della zona.

Il vincolo più stringente per un sistema agrivoltaico è rappresentato dal layout che anche nei sistemi avanzati (luce libera 2,10 m sotto i moduli in posizione di "riposo") obbliga ad evitare per le operazioni macchine con sagoma superiore come alcune mietitrebbie convenzionali (altezza cabina $\approx 3,8$ m), a favore di mezzi per meccanizzazione "low-profile" già diffusa nei frutteti: trattori medie dimensioni, seminatrici pneumatiche a barra 3 m, botte diserbo a bracci ripiegabili, falciacondizionatrici frontali e ranghinatori orizzontali; la cubatura delle rotoballe viene limitata a presse compatte alte $\leq 1,90$ m, evitando modelli come l'HD CompacMaster che superano i 2,25 m.

L'impostazione del sistema agrivoltaico avanzato con gli spazi definiti permette di mantenere un piano di coltivazione post progetto coerente con quanto realizzato ad oggi.

6.2.2 Meccanizzazione e spazi di manovra

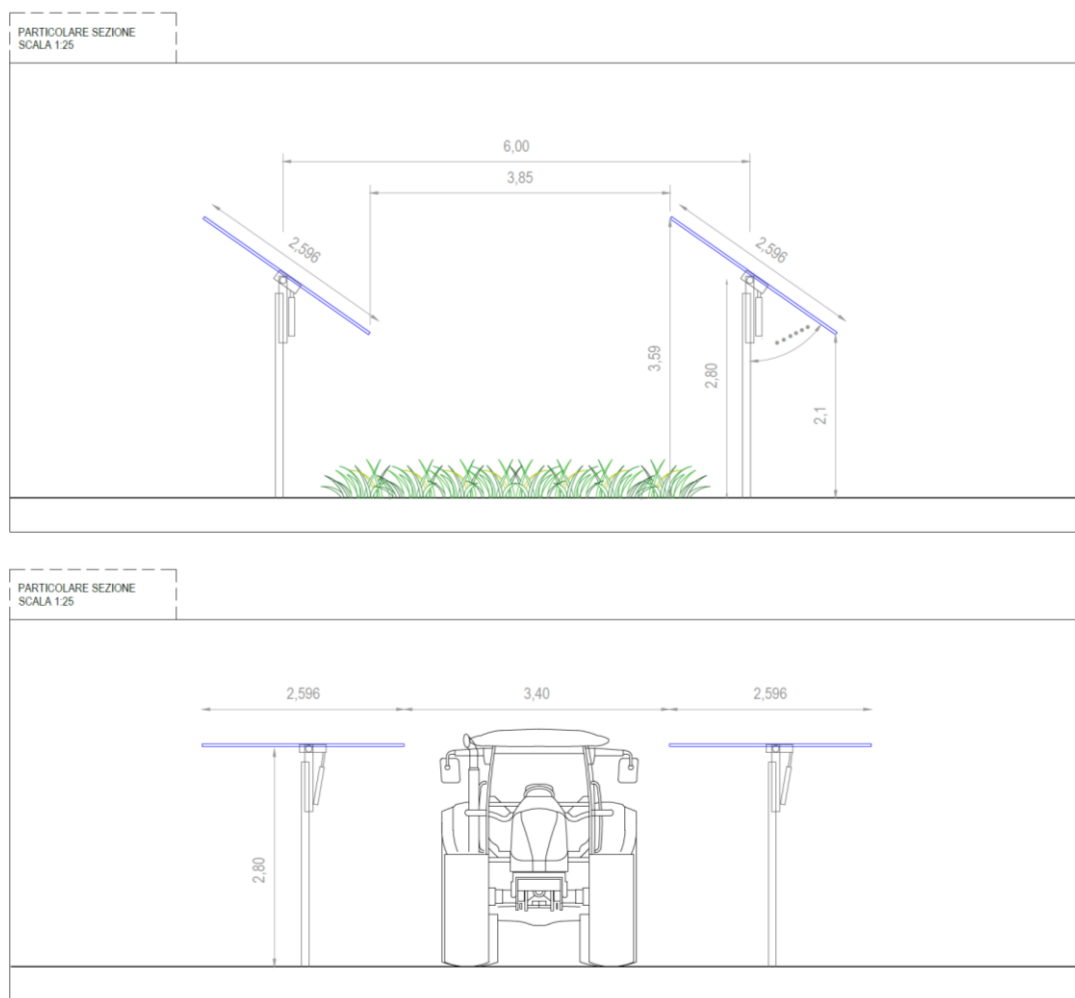
Date le dimensioni e le caratteristiche dell'apezzamento, la meccanizzazione totale o quasi totale delle operazioni agricole risulta necessaria per garantire una maggiore rapidità ed efficacia degli interventi a costi minori. L'ampiezza dell'interfila consente un facile passaggio delle macchine trattrici, considerando quelle che attualmente vengono impiegate in azienda ma anche le più grandi in commercio non possono avere una carreggiata superiore a 2,50 m per via della necessità di percorrere anche tragitti su strade pubbliche. Questa configurazione consente il passaggio di macchinari agricoli, ma pone alcuni vincoli da considerare per garantire un'adeguata meccanizzazione delle operazioni colturali.

Dimensioni dei Macchinari: I macchinari attualmente utilizzati in azienda, così come quelli di maggiore dimensione presenti in commercio, devono avere una carreggiata massima di 2,50 metri. Questo è necessario non solo per muoversi tra le file dei pannelli, ma anche per il rispetto delle normative sulla circolazione su strade pubbliche.

Altezza dei pannelli e manovrabilità: L'altezza minima dei pannelli a 2,10 metri consente l'accesso della maggior parte dei trattori e attrezzature per la gestione delle colture, come trinciaforaggi, erpici e seminatrici. In particolare il layout (luce libera 2,10 m sotto i moduli in posizione di "riposo" e larghezza utile 4,48 m fra i pali) obbliga a scartare tutte le operazioni che richiedono macchine con sagoma superiore: mietitrebbie convenzionali (altezza cabina $\approx 3,8$ m), trince semoventi e rotopresse ad alta densità non risultano più praticabili. Restano invece pienamente agibili la meccanizzazione "low-profile, seminatrici pneumatiche a barra 3 m, botte diserbo a bracci ripiegabili, falciacondizionatrici frontali e ranghinatori orizzontali; la

cubatura delle rotoballe viene limitata a presse compatte alte $\leq 1,90$ m, evitando modelli che superano i 2,25 m.

Figura 17 Spazi interfilari per la meccanizzazione delle coltivazioni



Rotazioni compatibili con la meccanizzazione: Le rotazioni proposte considerano la possibilità di utilizzare macchinari leggeri e versatili per garantire un rapido avvicendamento delle colture senza danneggiare il suolo o compromettere l'efficienza delle operazioni.



6.2.3 Meccanizzazione agricola e compatibilità con il layout d'impianto

6.2.3.1 Vincoli geometrici dell'impianto

La configurazione del sistema agrivoltaico a tracker monoassiale impone vincoli dimensionali specifici alla meccanizzazione, desunti dalla sezione trasversale e longitudinale dell'impianto. I parametri critici sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 12 Vincoli geometrici

Parametro geometrico	Valore (m)	Significato operativo
Pitch (interasse tracker)	6,00	Distanza complessiva asse-asse
Luce libera inter-fila (tra montanti)	4,482	Corridoio utile per transito macchine operatrici
Altezza minima bordo inferiore pannello	2,10	Vincolo alla massima inclinazione del tracker
Altezza mozzo tracker	3,00	Altezza libera con pannello in posizione orizzontale (backtracking)
Altezza massima del sistema	4,247	Bordo superiore pannello alla massima inclinazione
Larghezza modulo fotovoltaico	2,596	Proiezione orizzontale del modulo inclinato
Luce utile tra montanti lungo la fila	3,40	Spazio libero per manovre trasversali e inversioni
Spazio disponibile per barra falciante	5,80	Luce operativa per testate di raccolta (quota < 2,10 m)

L'altezza di 2,10 m al bordo inferiore del pannello costituisce il vincolo verticale critico esclusivamente in prossimità dei montanti laterali; nella zona centrale del corridoio inter-fila l'altezza libera è progressivamente maggiore. L'attivazione del *backtracking* (rotazione dei moduli in posizione orizzontale o sub-orizzontale) eleva la luce libera a 3 m su tutta la larghezza del corridoio, ampliando significativamente la gamma di macchine utilizzabili. Tale manovra va coordinata con il sistema SCADA dell'impianto per minimizzare le perdite di produzione energetica, privilegiando le ore di bassa irradianza o le fasi crepuscolari.

6.2.3.2 Mezzi agricoli e operazioni colturali

Trattrice operatrice

I vincoli dimensionali per la meccanizzazione sono governati dalla larghezza libera del corridoio inter-fila, che varia significativamente in funzione della posizione angolare del tracker. Alla massima inclinazione, la



proiezione orizzontale dei moduli adiacenti riduce la luce libera a soli 2,59 m, imponendo un vincolo severo alla larghezza delle cabine delle macchine operatrici. Con l'attivazione del backtracking (rotazione dei moduli in posizione orizzontale a 0°), la luce libera si estende a 4,48 m, corrispondente alla distanza tra i montanti, consentendo il transito di macchine di dimensioni convenzionali.

Tabella 13 Esempi trattrici

Categoria	Modelli di riferimento	Larghezza (m)	Regime operativo	Note
Trattrice frutteto standard	New Holland T4 LP/V 75–90; Kubota M5001; Landini Rex 4; Deutz-Fahr 5DF	L 1,60–1,86 m; H 2,10–2,30 m	✓ piena	Categoria principale per lavorazioni, semina e raccolta foraggera. Con attrezzi da 2,50–3,00 m: ingombro 3,00–3,20 m
Trattrice convenzionale	New Holland T5/T6; Case IH Farmall; John Deere 5R/6M	L 2,10–2,55 m; H 2,60–2,80 m	✓ piena	Ammessa con backtracking ma la larghezza limita l'abbinamento con attrezzi larghi. Ingombro max trattrice + attrezzo 4,00 m = attrezzo ≤ 2,00 m

LAVORAZIONE DEL SUOLO E PREPARAZIONE DEL LETTO DI SEMINA

Le lavorazioni principali del suolo sono eseguite con attrezzi portati al sollevatore posteriore o anteriore della trattrice, con le seguenti specifiche di compatibilità:

Tabella 14 lavorazioni di preparazione

Operazione	Mezzo/Attrezzo	Dimensioni	Compatibilità	Note operative
Lavorazione primaria	Ripuntatore a 3–5 ancore	L 1,50–2,50 m; H < 1,60 m	✓ piena	Preferito ad aratura per conservazione struttura suolo; profondità 30–40 cm
Lavorazione primaria	Aratro reversibile mono/bivomere	L 0,80–1,20 m	✓ piena	Impiego limitato a situazioni di compattamento severo
Lavorazione secondaria	Erpice rotante	L 2,00–3,00 m; H < 1,50 m	✓ piena	Affinamento letto di semina per soia e pisello
Lavorazione secondaria	Erpice a dischi	L 2,00–2,80 m; H < 1,80 m	✓ piena	Interramento residui e preparazione sovescio



Affinamento	Fresatrice	L 1,50–2,50 m	✓ piena	Uso limitato per evitare destrutturazione eccessiva
-------------	------------	---------------	---------	---

Per tutte le colture in avvicendamento, si privilegia un approccio di *minima lavorazione (minimum tillage)* coerente con le pratiche conservative sotto impianto APV: la riduzione dei passaggi meccanici minimizza il rischio di compattamento del suolo nell'intorno dei montanti e riduce i costi operativi.

SEMINA

La larghezza delle seminatrici è limitata a 2,50 m (rispetto ai 3,00–4,00 m standard in pieno campo) per contenere l'ingombro totale del complesso trattrice + attrezzo entro i 3,50 m, lasciando un margine operativo di 0,50 m per lato.

Tabella 15 Mezzi semina

Coltura	Mezzo	Dimensioni	Compatibilità	Note operative
Soia	Seminatrice pneumatica di precisione	L 2,00–3,00 m; 4–6 file	✓ piena	Interfila 45 cm; profondità 3–4 cm; densità 35–45 semi/m ² . Modelli: Gaspardo Maria/Nina, Amazone ED
Pisello proteico	Seminatrice meccanica a file	L 2,00–3,00 m; 10–16 file	✓ piena	Interfila 15–20 cm; profondità 4–6 cm; densità 80–100 semi/m ² . Varietà semi-leafless (afila) preferibili
Miscuglio foraggero	Seminatrice meccanica o seminatrice da sodo	L 2,00–3,00 m	✓ piena	Semina a spaglio o a file strette; dose 30–40 kg/ha. Seminatrici no-till (Semeato, Gaspardo Directa) compatibili per semina su sodo

La guida assistita GPS-RTK con correzione centimetrica è raccomandata per ottimizzare il parallelismo delle file rispetto alle strutture dei tracker, evitando interferenze con i montanti e massimizzando la superficie coltivata utile. I file di guida devono essere predisposti in fase di progettazione, con offset calibrato sugli assi dei tracker.

Tabella 16 Trattamenti fitosanitari e concimazione

Operazione	Mezzo	Dimensioni	Compatibilità	Note operative
Diserbo/trattamento	Irroratrice portata a barre	Apertura ≤ 4,00 m; H chiusa < 2,00 m	✓ piena	Barre ripiegabili. Attenzione alla deriva verso i moduli FV;



				trattamenti nelle ore di calma. Capacità serbatoio 200–400 L
Concimazione granulare	Spandiconcime centrifugo portato	L < 1,50 m; portata 400–600 kg	✓ piena	Amazone ZA-V, Kverneland Exacta. Regolazione larghezza di lavoro a 4–5 m per evitare deposito su strutture
Fertirrigazione	Ali gocciolanti a canalette	Fisse o mobili	✓ piena	Solo su soia irrigua. Elimina passaggi per concimazione di copertura azotata. Soluzione preferenziale in APV

Per la soia irrigua, il sistema di fertirrigazione con ali gocciolanti a canalette consente l'apporto localizzato di nutrienti durante la stagione irrigua, eliminando la necessità di passaggi meccanici dedicati alla concimazione di copertura. Per le leguminose (soia e pisello), l'azotofissazione simbiotica riduce il fabbisogno di concimazione azotata minerale, con apporti limitati alla concimazione fosfo-potassica di fondo. La gestione del miscuglio graminacee-leguminose prevede 2–3 sfalci per ciclo colturale (novembre–maggio), con destinazione fieno o sovescio verde.

Tabella 17 Raccolta del miscuglio foraggero

Operazione	Mezzo	Dimensioni	Compatibilità	Note operative
Sfalcio	Falciacondizionatrice portata	L taglio 2,00–2,80 m; H < 1,80 m	✓ piena	Kuhn FC 283, Krone EasyCut R 280. Montaggio posteriore o frontale. Altezza taglio 5–8 cm
Andanatura	Ranghinatore a stella o a nastro	L operativa ≤ 3,50 m; H < 1,80 m	✓ piena	Formazione andana centrale per imballatura. Modelli compatti a traino corto
Imballatura	Rotoimballatrice mini-round	Balle Ø 0,90–1,20 m; L macchina < 2,00 m; H < 2,00 m	✓ piena	Krone Comprima F 125, Wolagri Compact. Peso balla 200–350 kg, movimentabile con caricatore frontale
Trinciatura (sovescio)	Trinciastocchi portato	L 1,80–2,50 m; H < 1,40 m	✓ piena	Per sovescio verde: trinciatura e successivo interrimento con erpice a dischi

Nel caso di destinazione a sovescio (previsto per i 21 ha di secondo raccolto), la biomassa trinciata viene interrata direttamente con erpice a dischi, contribuendo all'incremento della sostanza organica del suolo e al miglioramento strutturale. L'operazione di sovescio è da programmare 3–4 settimane prima della semina



della coltura successiva (soia) per consentire la mineralizzazione parziale della biomassa.

RACCOLTA DELLA GRANELLA (SOIA E PISELLO PROTEICO)

La raccolta della soia e del pisello proteico avviene con **mietitrebbiatrice convenzionale**. L'analisi dei vincoli geometrici evidenzia che la barra falciante opera a quota inferiore a 2,10 m (altezza di taglio soia: 5–10 cm; pisello: 10–15 cm), pertanto il vincolo verticale in corrispondenza del bordo del pannello non ne limita l'operatività. Lo spazio disponibile per la testata è di 5,80 m, che consente l'impiego di barre con larghezza di lavoro fino a 5,50 m mantenendo un franco laterale di 15 cm per lato.

La cabina della mietitrebbiatrice, elemento con il massimo sviluppo verticale (altezza tipica 2,80–3,20 m), transita nella zona centrale del corridoio inter-fila dove l'altezza libera è superiore al minimo di 2,10 m. Con backtracking attivo (pannelli in posizione orizzontale), l'altezza libera è sufficiente per tutte le mietitrebbiatrici di classe II–IV.

Classe	Modelli di riferimento	Barra / Cabina	Compatibilità	Note operative
Classe II–III (120–200 CV)	New Holland TC5.90	Barra da 3,98 a 9,14 m; cabina L 2,40–2,80 m; H 2,90–3,10 m	✓ piena con backtracking	Classe ottimale per il layout. Portata adeguata per soia (3–4 t/ha) e pisello (2,5–3,5 t/ha)
Classe II–III (120–200 CV)	Claas Evion 410–450; New Holland CX5.80–CX5.90; John Deere W330/W440; Deutz-Fahr C6205/C6305	Barra 4,80–5,50 m; cabina L 2,40–2,80 m; H 2,90–3,10 m	✓ piena con backtracking	Classe ottimale per il layout. Portata adeguata per soia (3–4 t/ha) e pisello (2,5–3,5 t/ha)
Classe IV (200–280 CV)	Claas Lexion 5000/6000; New Holland CX6.80; John Deere serie T	Barra 5,00–5,50 m; cabina L 2,60–3,00 m; H 3,00–3,20 m	✓ con backtracking e verifica altezza	Maggiore capacità operativa; da verificare ingombro verticale coclea scarico in posizione di trasferimento

La gestione dello scarico sarà realizzata con braccio della coclea di scarico in posizione ripiegata raggiunge 4,00–4,20 m nelle macchine di classe III–IV, risultando incompatibile con l'altezza al mozzo (3,12 m) durante il transito sotto i tracker. Si prescrive pertanto lo scarico in testata (a fine corsa della fila) su rimorchio posizionato nell'area libera perimetrale, oppure lo scarico laterale su rimorchio trainato affiancato nella corsia inter-fila adiacente con braccio coclea in posizione di minimo ingombro. In alternativa, le mietitrebbiatrici dotate di tramoggia ad alta capacità (≥ 6.000 L) possono completare più passate prima dello scarico.

Il trasporto del prodotto raccolto e dei materiali di consumo avviene con mezzi compatibili con i vincoli inter-fila: rimorchi monoasse o tandem ribassati con altezza sponda non superiore a 1,90 m, trainati dalla trattore operatrice; carrelli portabins per la movimentazione di cassoni; transpallet manuali o elettrici per lo



spostamento di unità di carico pallettizzate. Per il fieno imballato, la movimentazione delle rotoballe avviene con caricatore frontale montato sulla trattrice operatrice (Quicke, Alo, MX) con pinza per balle tonde.

Le capezzagne (o testate) costituiscono le fasce perimetrali del campo destinate all'inversione di marcia dei mezzi agricoli al termine di ciascuna passata. Nei sistemi agrivoltaici il loro corretto dimensionamento è un requisito progettuale essenziale, poiché un'insufficiente profondità delle capezzagne costringe a manovre plurime con conseguente compattamento del suolo, aumento dei tempi operativi e rischio di collisione con le strutture dell'impianto.

La profondità minima della capezzagna dipende dalla tipologia di mezzo, dal suo raggio di volta (R_v), dalla lunghezza dell'attrezzo portato e dalla necessità di riallineare il mezzo con la fila successiva.

Tabella 18 Raggi manovra

Mezzo operativo	Raggio di volta R_v (m)	Ingombro attrezzo L_a (m)
Trattrice isodiametrica (Carraro TGF)	2,50–3,00	1,50–2,00
Trattrice + erpice/seminatrice	3,20–4,00	2,00–2,80
Trattrice + rotoimballatrice	3,20–4,00	3,00–3,80
Trattrice + rimorchio monoasse	3,50–4,50	3,50–4,50
Mietitrebbiatrice classe II	4,50	1,50–2,00 (testata)

Il layout dell'impianto agrivoltaico deve prevedere fasce di capezzagna libere da strutture fotovoltaiche alle estremità di ciascun filare di tracker mediamente di 6 metri e in alcuni punti di 5m.

Nel caso in cui il progetto preveda l'impiego di mietitrebbiatrici di classe II o parcellatrici il vincolo planimetrico consente fasce di capezzagna di 5 m, sono possibili due soluzioni operative: la manovra di inversione in tre tempi (*three-point turn*), che riduce la profondità necessaria 4,5 m ma aumenta il tempo operativo e il compattamento localizzato; oppure la configurazione di uscita e lavorazione a corridoi alternati.

L'esecuzione delle operazioni agricole richiede un protocollo di coordinamento con il gestore dell'impianto fotovoltaico, formalizzato in un'apposita procedura operativa che preveda il Backtracking programmato. Le operazioni che richiedono altezza libera superiore a 2,10 m (mietitrebbiatura, transito trattori con cabina standard, trasporto con rimorchio alto) devono essere eseguite con i tracker in posizione orizzontale o sub-orizzontale. Il gestore dell'impianto deve essere informato con preavviso minimo di 48 ore per la programmazione del backtracking settoriale, da attivarsi preferibilmente nelle prime ore del mattino o nelle ore serali per minimizzare la perdita di produzione energetica.

Tabella 19 Sintesi del parco macchine necessario



Mezzo	Tipologia	Specifiche chiave	Impiego
Trattrice specializzata	Frutteto/vigneto 60–80 CV	$H \leq 2,00 \text{ m}$; $L \leq 1,80 \text{ m}$	Tutte le operazioni portate
Ripuntatore	3–5 ancore	$L 1,50\text{--}2,50 \text{ m}$	Lavorazione primaria
Erpice rotante/a dischi	Portato	$L 2,00\text{--}3,00 \text{ m}$	Lavorazione secondaria, interrimento
Seminatrice pneumatica	Precisione 4–6 file	$L 2,00\text{--}3,00 \text{ m}$	Semina soia
Seminatrice meccanica	A file o da sodo	$L 2,00\text{--}3,00 \text{ m}$	Semina pisello, miscugli
Irroratrice a barre	Portata 200–400 L	Apertura $\leq 4,00 \text{ m}$	Trattamenti fitosanitari
Spandiconcime	Centrifugo portato	$L < 1,50 \text{ m}$	Concimazione fondo P-K
Falciacondizionatrice	Portata post. o frontale	$L \text{ taglio } 2,00\text{--}2,80 \text{ m}$	Sfalcio foraggiere
Ranghinatore	A stella o a nastro	$L \text{ operativa } \leq 3,50 \text{ m}$	Andanatura fieno
Rotoimballatrice	Mini-round $\varnothing 0,90\text{--}1,20 \text{ m}$	$H < 2,00 \text{ m}$	Imballatura fieno
Trinciastocchi	Portato	$L 1,80\text{--}2,50 \text{ m}$	Trinciatura sovescio e stocchi
Mietitrebbiatrice	Classe II–III	Barra $3,98\text{--}5,50 \text{ m}$; $H \text{ cabina } \leq 3,10 \text{ m}$	backtracking obbligatorio
Rimorchio ribassato	Monoasse/tandem	$H \text{ sponda } \leq 1,80 \text{ m}$	Trasporto granella e fieno

La dotazione delle macchine dovrà poi essere verificata con il conduttore dei terreni ed eventualmente integrata.

6.2.4 Criteri di definizione del piano colturale

Uno dei principali criteri su cui basare l'analisi e la definizione del piano di coltivazione è rappresentato dai vincoli progettuali determinati dalla presenza dei pannelli, le colture maggiormente adattabile alle condizioni di ombreggiamento e il mantenimento di una resa in termini di PLV che non comporti una variazione negativa maggior del 25%.

Con il rapporto di copertura al suolo (GCR) pari a 0,43 determinato dall'attuale impostazione dell'impianto sono in linea con le simulazioni di radianza elaborate dal gruppo ENEA-CREA su tracker a singolo asse con GCR 0,40–0,45 che indicano:



- riduzione della radiazione fotosinteticamente attiva fra il 28 % (solstizio estivo) e il 16 % (solstizio invernale);
- perdita di resa ponderale pari a 5–8 % su frumento duro/tenero, 4–8 % su soia, 15–20 % su mais granella e 3–6 % su colture foraggiere da sfalcio;
- diminuzione dell'evapotraspirazione stagionale di 8–12 %, che si traduce in un risparmio idrico fra 60 e 80 mm sui suoli limoso-argillosi tipici della pianura emiliana.

In linea con queste indicazioni la scelta varietale ha seguito tre criteri: altezza e periodo di raccolta compatibili con il profilo del tracker; adattamento all'ombreggiamento parziale (colture C3 meno penalizzate del mais C4); mantenimento di una Produzione Lorda Vendibile aziendale entro –25 % utilizzando i dati economici della rete RICA Emilia-Romagna. Il mais granella è scartato per impossibilità di trebbiatura; al suo posto si introducono superfici a pisello, mentre frumento duro viene mantenuto perché perfettamente meccanizzabili e perde in resa appena 10%.

6.2.5 Il piano colturale futuro

Le coltivazioni che sono ipotizzate all'interno dell'impianto agrovoltico si basano su queste colture principali: il frumento, la pisello e l'erba medica

In un **piano di rotazione quinquennale** avremo l'alternanza delle colture per le superfici in agrovoltico che sono suddivise sulla SAU disponibile.

Tabella 20 superfici medie per coltura principale nel quinquennio e indicatori economici

Coltura	Superficie SAU (ha)	PLV (€)	Costi (€)	MOL (€)
Pisello **	5	1.750,00	1069,2	684,1
erbaio	8	1.168,20	371,00	797,2
Frumento*	13,1	1.651,50	775,00	1060
Totale	26.1			

Stime su dati RICA: *perdita di resa stimata del 10%; ** aumento del 10%

6.3 Bilancio idrico comparativo ante/post impianto agrovoltico

6.3.1 Impostazione di calcolo

Il bilancio idrico è stato elaborato secondo la metodologia FAO-56 (Allen et al., 1998), adottando valori di evapotraspirazione di riferimento (ET₀) rappresentativi del contesto climatico della bassa pianura modenese (Novi di Modena), con ET₀ stagionale estiva compresa tra 4,5 e 5,5 mm/giorno e precipitazioni medie annue



di circa 650-750 mm, concentrate prevalentemente nel periodo autunno-primaverile. I coefficienti colturali (Kc) utilizzati derivano dalle tabelle FAO-56 e dai manuali CREA per le colture di pieno campo. Per la stima dei volumi irrigui lordi si è considerata un'efficienza di distribuzione del rotolone pari al 70-75%, valore coerente con i dati ANBI e CER per sistemi a pressione in pianura.

6.3.2 Scenario ante-operam: ordinamento e fabbisogni

La SAU ante-operam è pari a 27,7 ha; la componente irrigua insiste su 13,5 ha, con fabbisogno complessivo annuo stimato in 56.800 m³.

Il piano di coltivazione prevede colture irrigue, con metodo aspersione con rotolone e in particolare:

- Mais da granella irriguo (5,5 ha), ciclo maggio-settembre (140 giorni): Kc medio ponderato 0,95; con ET₀ cumulata 600 mm l'ETc attesa è di circa 570 mm. Un apporto pluviometrico efficace estivo nell'ordine di 120 mm riduce il deficit, ma non lo azzerà; applicando l'efficienza di distribuzione (72%) il fabbisogno lordo si colloca intorno a 4.800 m³/ha, che su 5,5 ha produce circa 26.400 m³/anno.
- erbaio irriguo (8 ha), poliennale con stagione vegetativa marzo-ottobre: Kc medio 0,90–1,00; ETc stagionale di circa 650 mm. Le precipitazioni utili nel periodo vegetativo, assunte paria circa 280 mm, coprono una quota sostanziale ma non sufficiente nelle fasi estive di massimo VPD; riportando il deficit a volume e correggendo per l'efficienza, il fabbisogno lordo è stimato di circa 3.800 m³/ha, quindi pari a circa 30.400 m³/anno su 8 ha.
- Frumento tenero (14,2 ha), ciclo ottobre-giugno, gestione tipica in asciutta nel contesto padano: Etc 420 mm sostanzialmente soddisfatta dagli apporti meteorici del semestre freddo; volume irriguo convenzionale 0 m³/anno.

6.3.3 Scenario post-operam: agrivoltaico e riconversione idrica

L'assetto agrivoltaico (tracker monoassiali, pitch 6 m, altezza minima moduli 2,1 m) spinge verso ordinamenti a bassa richiesta idrica e, insieme, modifica il microclima: la letteratura riporta riduzioni di ET₀ sotto tracker nell'intervallo 15–25% (Barron-Gafford et al., 2019; Amaducci et al., 2018), effetto imputabile a minore radiazione diretta e contenimento della temperatura fogliare. Per praticità in questa analisi si assume una riduzione operativa di circa il 18% nelle superfici effettivamente influenzate dall'ombreggiamento dinamico.

Il piano colturale definito è a richiesta 0 di risorsa idrica in quanto:

- il Pisello proteico in asciutta (5 ha), ciclo breve marzo-giugno (~100 giorni): Kc medio



0,70, ETc 280 mm. La combinazione tra finestra primaverile (piogge statisticamente più “spendibili” rispetto all’estate), riduzione di ET_0 sotto moduli e minore domanda atmosferica rende sostenibile la conduzione senza turni irrigui ordinari; volume irriguo annuo assunto 0 m³.

- Erbaio di medica non irriguo (8 ha): la conversione da gestione irrigua a regime pluviale sfrutta l'effetto tampone dell'ombreggiamento dei moduli, che riduce lo stress idrico estivo e prolunga la stagione vegetativa. Il minor deficit idrico, stimato in circa 150-200 mm rispetto alla conduzione irrigua, è compensato dalla riduzione dell' ET_0 sotto i pannelli e dalla maggiore conservazione dell'umidità del suolo. Volume irriguo: 0 m³.
- il Frumento tenero (13 ha), gestione invariata: beneficio collaterale atteso in termini di minore evaporazione dal suolo durante levata-spigatura, senza introdurre fabbisogni irrigui strutturali; volume irriguo 0 m³.

Nella tabella seguente sintetizzato il confronto tra i due scenari di progetto.

Tabella 21 Delta idrico scenario ante/post

Scenario	SAU media irrigata (ha)	Volume irriguo (m ³ /anno)
Ante-Operam	13,5	56.800
Post-Operam	0	0
Risparmio	13,5	56.800 (100%)

Il risparmio annuo stimato è quindi 56.800 m³, pari al 100% dei volumi precedentemente distribuiti, equivalente a circa 4.200 m³/ha riferiti alla superficie che, nello scenario ante, richiedeva irrigazione. Tale risultato deriva dalla sinergia tra riconversione culturale verso specie a ciclo autunno-primaverile o a minor fabbisogno (pisello proteico in sostituzione del mais) e l'effetto microclimatico dei moduli fotovoltaici, che riduce il deficit idrico atmosferico e mitiga lo stress termico estivo. Il risparmio conseguito risulta coerente con gli obiettivi di sostenibilità idrica promossi dalla PAC 2023-2027 e con le indicazioni del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC), che individua nell'agrivoltaico una strategia di adattamento per le aree agricole soggette a crescente scarsità idrica.

6.4 Indicatori sulla continuità e valorizzazione dell’attività agricola: indicatori PLV e ULA

Nel definire i parametri economici e l’impiego di forza lavoro per il futuro impianto agrivoltaico, non sono inclusi i componenti agricoli produttivi appartenenti alle fasce perimetrali. Questi elementi, essendo fisicamente statici, non sono soggetti a possibili modifiche nel corso del tempo, a differenza del piano



colturale delle superfici a seminativo. Quest'ultimo potrebbe subire adeguamenti in relazione all'andamento del mercato e alle sue richieste, pur garantendo la compatibilità delle colture con l'impianto fotovoltaico.

Al fine di valutare nel tempo l'efficacia dell'esercizio dell'impianto agrivoltaico, è fondamentale analizzare l'andamento e la resa dell'attività agricola in relazione al reddito aziendale o alla redditività per unità di superficie generata dall'impianto.

Una prima valutazione indica che il nuovo piano colturale non avrà un impatto significativo sulla redditività netta delle superfici coinvolte. Questo impatto non deriverà solo dalla redditività intrinseca delle coltivazioni, ma anche dalla loro adattabilità al microclima creato dalla disposizione dei pannelli fotovoltaici.

In generale, il Margine Operativo Lordo (MOL) è stimato intorno ai 1.000 € per ettaro. Con l'introduzione dell'impianto agrivoltaico, si prevedono diminuzioni nei redditi degli anni di rotazione con colture meno redditizie, come i cereali da granella. Tuttavia, è probabile che tali diminuzioni siano parzialmente compensate, se non superiori, poiché l'ombreggiamento causato dai pannelli riduce l'evapotraspirazione, specialmente in terreni non irrigui.

Per quanto riguarda l'impiego di manodopera, si ipotizza un utilizzo simile a prima, con una stima una media di circa 50 ore per ettaro, senza variazioni rispetto alle Unità di Lavoro Aziendali (ULA) precedenti.

6.4.1 Stima del Margine Operativo Lordo (MOL) e della PLV del nuovo piano colturale

Al fine di consentire una valutazione nel corso degli anni dell'esercizio dell'impianto agrivoltaico, è importante verificare l'esistenza e la resa dell'attività agricola rispetto al reddito aziendale generato dall'impianto.

A tal fine, è stato preso come riferimento il valore della Produzione Lorda Vendibile (PLV) per ettaro dell'azienda agricola proprietaria dei terreni, considerando solo le superfici interessate dal rapporto sinergico tra fotovoltaico e agricoltura.

In particolare, seguendo le linee guida del Ministero della Transizione Ecologica (MITE) relative agli impianti agrivoltaici, si è proceduto a definire il Margine Lordo Operativo (MOL) attuale, utilizzando i dati aziendali e quelli indicati nel fascicolo aziendale.

Il MOL attuale e quello previsto per il futuro sono differenti per alcuni aspetti, legati alle rese per ettaro e ai costi diretti (irrigazione, lavorazione del terreno, macchine, manodopera, ecc.) e indiretti (ammortamenti, spese per i salariati, ecc.).

Tuttavia, è importante tenere presente che le stime effettuate nelle tabelle seguenti partono dal dato bibliografico secondo cui il microclima generato dall'impianto fotovoltaico migliora la resa degli erbai del 2-12%, mentre per mais, frumento e foraggio le variazioni possono essere da -8% a +10% (ENEA 2022, Lin et al., 1998; Mercier et al., 2020).



Nel caso specifico, considerando la classe di potenzialità d'uso dei terreni, e i vantaggi dovuti all'ombreggiamento si prevede che le rese siano inalterate.

Tuttavia, è stato adottato un approccio prudenziale utilizzando il valore medio di variazione delle rese tra i valori indicati in bibliografia e nei vari studi specifici.

Naturalmente, tali stime dovranno essere confermate e verificate in occasione delle attività di monitoraggio dell'impianto agrivoltaico.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i principali indicatori economici delle colture proposte nel piano colturale che sarà realizzato sui terreni interessati dall'agrivoltaico.

Tabella 22 Conto colturale post progetto

Coltura	Superficie (ha)	PLV (€)	Costi (€)	MOL (€)	PLV tot (€)	Costi tot(€)	MOLtot (€)
Pisello **	5	1.750,00	1069,2	684,1	8.750,00	5.346,00	3.404,00
erbaio	8	1.168,20	371,00	797,2	9.345,60	2.968,00	6.377,60
Frumento*	13,1	1.651,50	775,00	1060	24.038,50	10.152,50	13.886,00
Totale	26.1				39.730,25	18.466,50	21.263,75

*Stime su dati RICA: *perdita di resa stimata del 10%; ** aumento del 10%*

I dati presentati, in gran parte derivati da stime basate sulle statistiche fornite da RICA, ISMEA, MASAF, ENEA CREA dovranno essere convalidati durante le fasi di monitoraggio relative alle rese e alle esigenze di irrigazione, nonché durante la pratica colturale.

6.4.2 Unità Lavoro Aziendale (ULA)

La realizzazione dell'impianto agrivoltaico non comporta significative variazioni delle Unità di Lavoro Aziendale (ULA). Attualmente, le superfici considerate per l'impianto impiegano una media di 50 ore ettaro sulle superfici che saranno integrate con l'impianto fotovoltaico. In termini di ULA, attualmente le superfici interessate dall'impianto impiegano circa **0,81 ULA** e non si prevede una variazione significativa di tali valori.

6.5 Indicatori economici a confronto tra ante e post progetto: PLV, MOL e ULA

Il confronto tra lo scenario ante progetto e lo scenario post progetto dimostra come vi sia una contrazione della PLV legata alla variazione delle colture ed in particolare all'eliminazione del mais ma allo stesso tempo tale variazione non appare così significativa di circa il -19%.

Tabella 23 Confronto PLV, MOL ante e post progetto



Scenario	Total PLV (€)*	Total Costi (€)	Total MOL (€)
Ante Progetto	49.168,00	19.302,50	29.865,50
Post Progetto	39.730,25	18.450,00	21.280,25
Variazione %	-19,19%	-4,42%	-28,75%

In termini di ULA l'introduzione dell'agrivoltaico in azienda non comporta una variazione significativa. Dalle stime si prevede una riduzione di 1 ULA.

Tabella 24 Confronto ULA ante post progetto

INDICATORE	ANTE PROGETTO (ULA)	POST PROGETTO (ULA)	DIFFERENZA
ULA Totali	0.83	0.76	0.07

La riduzione finale delle ULA rispetto al piano ante progetto è di 0.07 ULA, riflettendo sia la riduzione della SAU dovuta alle tare dei pannelli sia l'efficienza complessiva del nuovo piano di coltivazione.

Questo aggiornamento indica che, pur con le limitazioni imposte dall'agrivoltaico, l'azienda mantiene il fabbisogno di lavoro rispetto alla situazione ante progetto, mantenendo una gestione sostenibile ed efficiente delle colture.

7 MONITORAGGIO

7.1 Sistema di monitoraggio continuo dei principali dati

L'impianto fotovoltaico sarà dotato di un sistema di monitoraggio, atto non solo a valutare le prestazioni della parte fotovoltaica, ma anche di fornire informazioni nell'ambito agricolo (agricoltura 4.0).

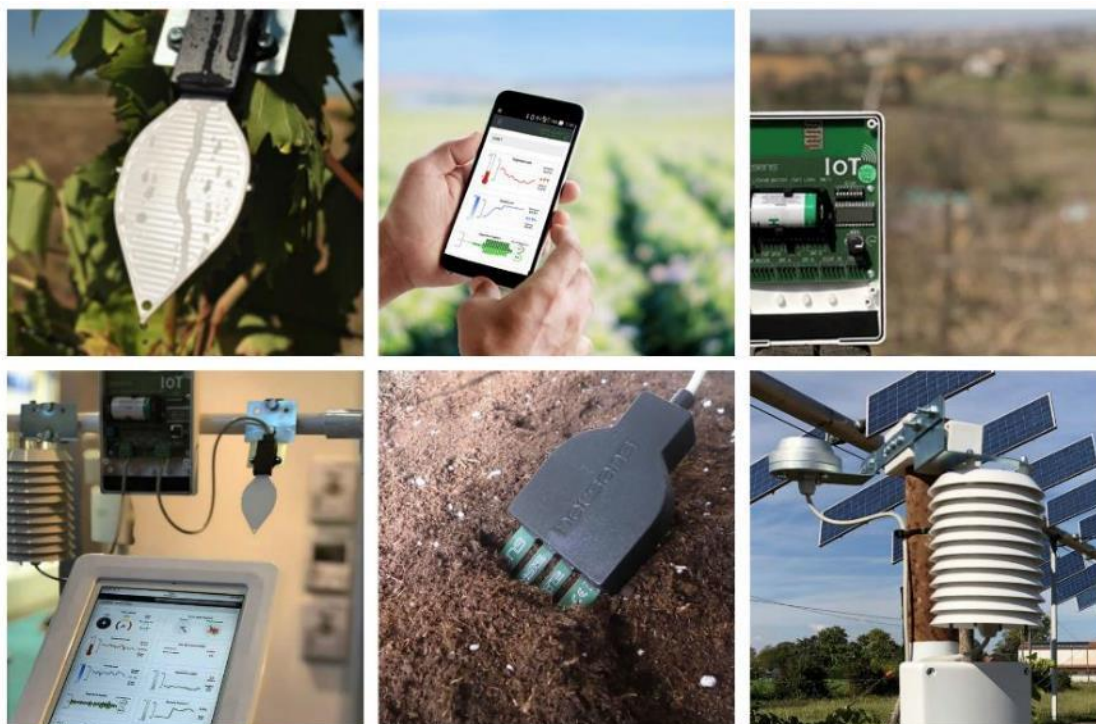
La presenza di un sistema di monitoraggio normalmente in uso nella parte fotovoltaico, permette di integrare, in modo semplice e con un limitato aggravio di costi, una rete di innovativi sensori, prevalentemente di tipo IoT (Internet of Things) e Wireless che permettano di misurare le principali informazioni in ambito agricolo quali:

- Temperatura;
- Irraggiamento;
- Velocità e direzione del vento;
- Pluviometro;
- Umidità del suolo.

Con opportuni software di monitoraggio agricolo, questi dati permetteranno di definire strategie mirate per:

- Irrigazione per zona e con la giusta quantità di acqua;
- Lavorazioni meccaniche anti infestanti;
- Interventi antiparassitari mirati solo dove necessario (con prodotti consentiti per le attività di tipo biologico);
- Interventi di arricchimento del suolo con concimi (con prodotti consentiti per le attività di tipo biologico);
- Valutazione della resa di produzione agricola in funzione delle diverse variabili e delle diverse culture con l'ottimizzazione delle stesse negli anni.

Figura 18: esempi di sensori e applicazioni di monitoraggio per l'fotovoltaico di precisione



7.2 Agrivoltaico Requisito D.

7.2.1 Requisito D. parametri ed aspetti caratterizzanti

7.2.1.1 Monitoraggio del risparmio idrici

Trattasi di interventi aventi lo scopo di verificare l'effettiva utilizzazione delle risorse idriche per il soddisfacimento degli investimenti culturali.

È da considerare che il piano colturale scelto non prevede colture irrigue che si adattano ai vantaggi offerti dall'ombreggiamento e dal migliore contenimento dell'umidità nel suolo.



Tabella 25 D.1 Parametri di verifica/controllo

Considerazioni ed aspetti caratterizzanti	Indici di riferimento
Presenza di investimenti culturali in irriguo	-
A) Determinazione (conoscenza) della situazione ex ante relativa ad aree limitrofe coltivate con la medesima coltura, in condizioni ordinarie di coltivazione e nel medesimo periodo, in modo da poter confrontare valori di fabbisogno irriguo di riferimento con quelli attuali e valutarne l'ottimizzazione e la valorizzazione, tramite l'utilizzo congiunto delle banche dati SIGRIAN e del database RICA. <i>Le aziende agricole del campione RICA che ricadono nei distretti irrigui SIGRIAN possono considerarsi potenzialmente irrigate con acque consortile in quanto raggiungibili dalle infrastrutture irrigue consortili, quelle al di fuori irrigate in autoapprovvigionamento. Le miste sono individuate con un ulteriore livello di analisi dei dati RICA-SIGRIAN.</i>	---
B) In assenza di dati disponibili di cui al punto A) La realizzazione (in presenza di impianto irriguo funzionante, in cui si ha un utilizzo di acqua potenzialmente misurabile tramite l'inserimento di contatori lungo la linea di adduzione) di un confronto con gli utilizzi ottenuti in un'area adiacente priva del sistema agrivoltaico nel tempo, a parità di coltura, tenendo in debita considerazione le difficoltà di valutazione relative alla variabile climatica (esposizione solare).	---
Presenza di investimenti culturali in asciutto	-
C) Eventuale analisi dell'efficienza d'uso dell'acqua piovana. L'indice, in termini operativi dovrebbe evidenziare un miglioramento conseguente la diminuzione dell'evapotraspirazione dovuta all'ombreggiamento causato dai sistemi agrivoltaici. Nel merito sarà installato un sistema di sensori adatti al monitoraggio dello stato di umidità del suolo, sia al di sotto dei moduli che sulle parti non coperte	---

7.2.1.2 La continuità dell'attività agricola

Annualmente alla fine di ogni campagna sarà realizzato un report da un agronomo esterno che oltre a verificare le rese, il piano colturale ed eventualmente proporre correttivi si occuperà di certificare la continuità dell'attività agricola. Inoltre tale reportistica sarà accompagnata dai dati comunicati e censiti nell'ambito del fascicolo aziendale.

Si precisa inoltre che, il "Piano colturale aziendale o Piano di coltivazione", è stato introdotto con il DM 12 gennaio 2015 n. 162.

Oltre nel report periodico saranno elaborati gli indicatori di continuità, suggeriti anche dalle linee guida Ministeriali, già descritti e trattati all'interno del paragrafo 6.4.



7.2.2 Monitoraggio chimico fisico del suolo

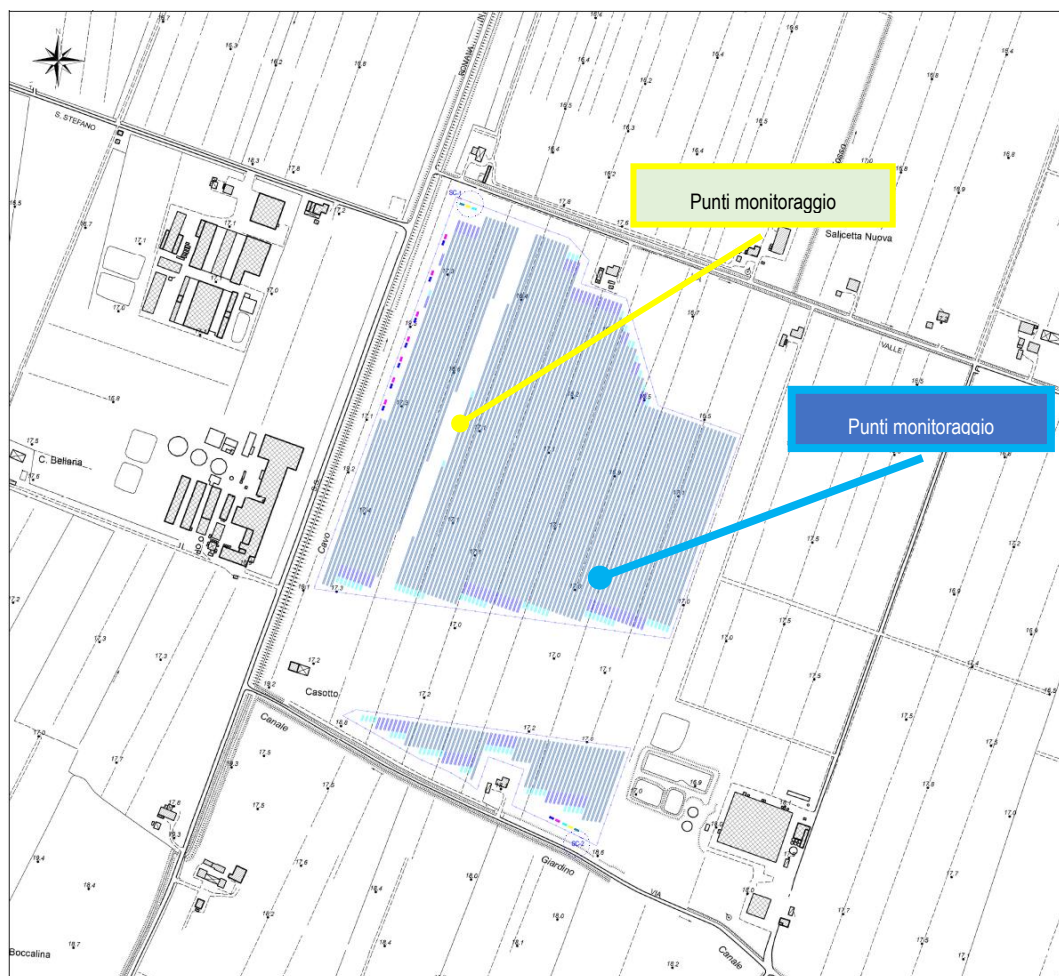
Il monitoraggio del suolo sarà realizzato con cadenza triennale per i seguenti aspetti: Contenuto di carbonio organico (ISO 10694:1995), Contenuto di Azoto totale (ISO 11261:1995), rapporto C/N, Capacità di Scambio Cationico (ISO 11260:1994), Scheletro e Tessitura (solo una volta, all'entrata in esercizio - ISO 11464:2006 e ISO 11277:1998), Carbonati (ISO 10694:1995), pH in H₂O e CaCl₂ (ISO 10390:1994), densità apparente (ISO 11272:2017).

Le analisi dovranno essere svolte da laboratori in possesso di accreditamento da parte dell'Ente Italiano di Certificazione "ACCREDIA", o organismi equivalenti con accordo di mutuo riconoscimento con "ACCREDIA" e che quindi attestino l'adesione del laboratorio alle norme UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005.

7.3 Principali punti di campionamento

Nella figura seguente sono riportati i punti principali di prelievo dei campioni per il monitoraggio delle componenti suolo e biodiversità.

Figura 19 individuazione aree di saggio e monitoraggio per qualità biologica dei suoli: QSB-ar



In **blu** le zone di monitoraggio dell'fotovoltaico e in **giallo** le aree di riferimento senza fotovoltaico.



7.4 Riepilogo attività di monitoraggio periodicità dei campionamenti

Nella tabella seguente viene riportata la pianificazione temporale del monitoraggio che sarà eseguito nell'ambito dell'impianto.

Tabella 26- parametri di monitoraggio

Proprietà	Misura	Metodologia	Densità campionamento	Razionale	Possibile tempistica del campionamento *						
					T0	T1	T3	T5	T10	T15	T25
Morfologiche	Profilo pedologico	Descrizione e campionamento ed analisi standard	1 suolo per land unit	Valutazione dello stato del pedon al tempo zero	X				X		X
Chimiche	N totale	0-30 cm standard (ISO 11261:1995)		Monitoraggio delle variazioni di N nel tempo in funzione del nuovo microclima	X			X	X		X
	Carbonio Organico	0-30 cm standard (ISO 10694:1995)		Monitoraggio delle variazioni di C nel tempo in funzione del nuovo microclima	X			X	X		X
	pH in H ₂ O e CaCl ₂	0-30 cm standard (ISO 10390:1994)		Monitoraggio delle variazioni di pH nel tempo in funzione del nuovo microclima					X		
	Carbonati	0-30 cm standard (ISO 10693: 1994)		Monitoraggio delle variazioni dei carbonati nel tempo in funzione del nuovo microclima					X		



Proprietà	Misura	Metodologia	Densità campionamento	Razionale	Possibile tempistica del campionamento *							
					T0	T1	T3	T5	T10	T15	T25	
	Capacità di Scambio Cationico	0-30 cm standard (ISO 11260:1994)										
Fisiche	densità apparente	10-20 cm campione indisturbato (ISO 11272:2017)		Possibile compattamento in fase di installazione e monitoraggio del successivo recupero	X					x		
	penetrometria	penetrometro ad ultrasuoni	In un giorno si eseguono 70 rilievi: 70 punti/ha	Possibile compattamento in fase di installazione e monitoraggio del successivo recupero	X				x			
	Metagenomi cs	mics			X	X	X					X
Biologiche	Eukaryotes (18S rDNA)		5 campioni in punti diversi per sito		X	X	X					X
	Microfauna (nematodes)				X	X	X					X
	Mesofauna (arthropods)			QBS-ar	X	X	X					X
	Macrofauna (earthworms)			Estrazione	X	X	X					X

*Legenda: T0: pre operam; T1: post operam; T3: a mesi 12 dall'impianto, T3 a tre anni dall'impianto, T5 a 5 anni dall'impianto, T15 a 15 anni dall'impianto: T 20 a 20 anni dall'impianto

8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'implementazione del sistema agrivoltaico, sebbene comporti alcune sfide operative e una leggera



riduzione della superficie agricola utilizzabile, offre opportunità significative per migliorare la sostenibilità ambientale ed economica dell'azienda.

Il passaggio a un sistema agrivoltaico offre numerosi vantaggi rispetto alla coltivazione tradizionale, migliorando la qualità del suolo attraverso la riduzione dell'erosione, il miglioramento della struttura del suolo, l'aumento della materia organica, la regolazione della temperatura e la conservazione dell'umidità. Questi miglioramenti non solo favoriscono la crescita degli erbai, ma contribuiscono anche alla sostenibilità e alla resilienza dell'ecosistema agricolo.

In conclusione, l'integrazione tra il sistema agricolo e la componente fotovoltaica, secondo il piano colturale rivisto, si dimostra fattibile e vantaggiosa. Sebbene vi siano alcune variazioni nei principali indicatori economici, (PLV -19%, MOL -28%) queste sono gestibili e compensate dai benefici ambientali e dall'aumento di efficienza produttiva. Il valore del MOL è determinato da un leggero incremento dei costi che deriva dalla differente meccanizzazione di alcune colture che richiedono maggiore impiego in ore per l'esecuzione degli interventi colturali.

È essenziale, tuttavia, che l'azienda continui a monitorare attentamente le rese colturali e i costi operativi, apportando eventuali aggiustamenti al piano di coltivazione per adattarsi alle condizioni reali e ottimizzare ulteriormente l'integrazione tra agricoltura e produzione energetica.

In conclusione l'introduzione dell'impianto agrivoltaico, supportata da un piano di coltivazione rivisto e ottimizzato, consente all'azienda di perseguire una strategia sostenibile sia dal punto di vista ambientale che economico. Nonostante le sfide operative e le leggere variazioni nei principali indicatori economici, l'azienda riesce a:

È fondamentale che l'azienda continui a monitorare attentamente le performance produttive ed economiche, adattando se necessario il piano colturale e le pratiche gestionali in base ai risultati ottenuti, alle condizioni di mercato e alle tecniche e mezzi tecnici che sicuramente andranno sviluppandosi per i sistemi agricoli integrati con il fotovoltaico.

Ha redatto la presente relazione agronomica il Dott. Agr. Paolo Greco, iscritto all'Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali di Roma al N. 1780.

Roma 20.07.2025

dr. Agr. Paolo Greco



Figura 20 Punti di ripresa fotografici

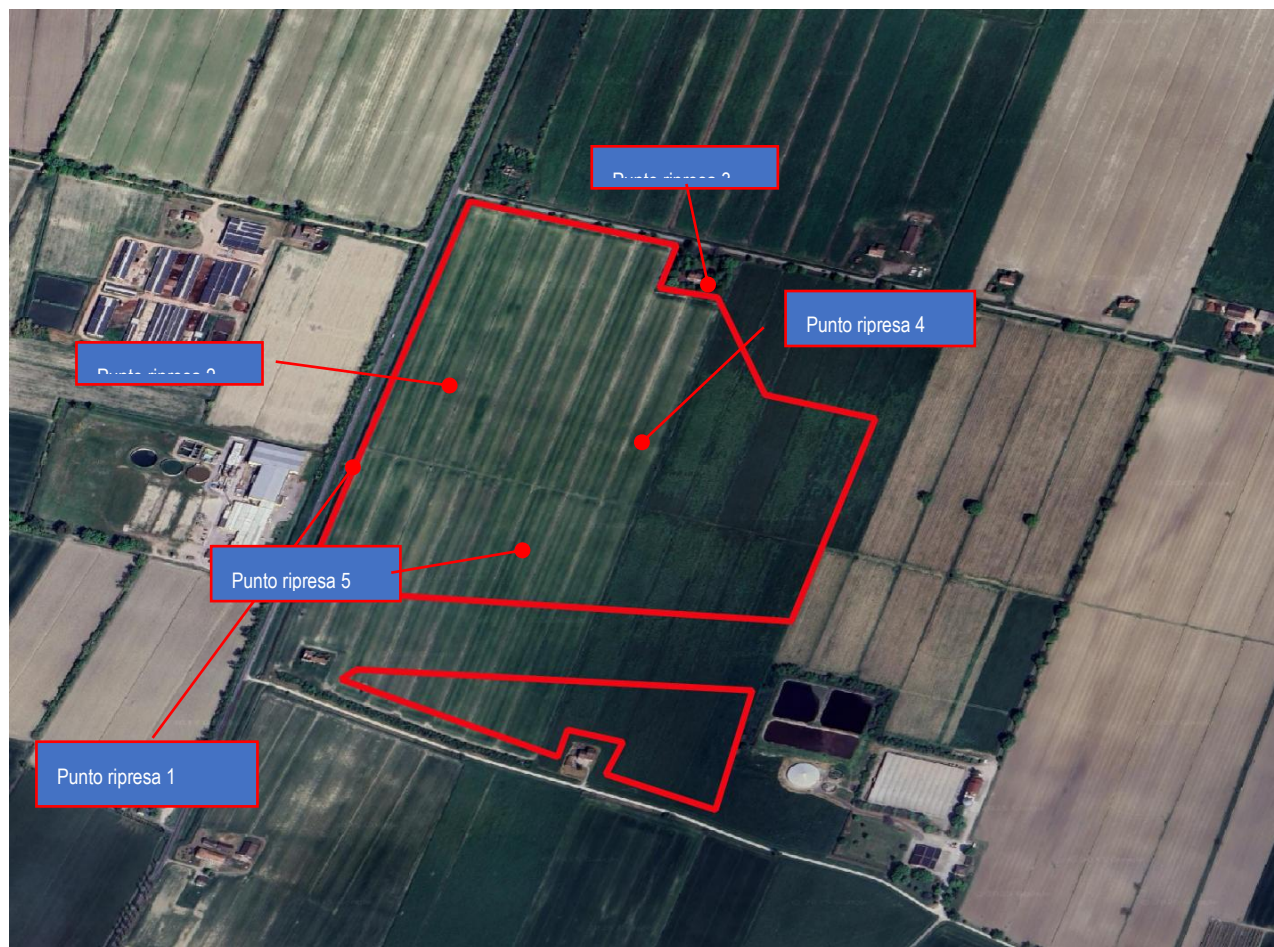




Foto 4 Punto ripresa 1 (direzione nord)



Foto 5 Punto ripresa 2 (direzione est)



Foto 6 Punto ripresa 3 (direzione sud)



Foto 7 Punto di ripresa 4 (direzione sud)

