

COMPATIBILITÀ DEL PROGETTO CON DM 436/2023

IMPIANTO DI PRODUZIONE DA FONTE SOLARE "VIGARANO MAINARDA" DA
INSTALLARE NEL COMUNE DI VIGARANO MAINARDA (FE)

00	09/2025	Prima emissione	MZ	RM	RC
REV	DATA	DESCRIZIONE	BY	CHK	APP

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

Sommario

1	PREMESSA	3
2	CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI SISTEMI AGRIVOLTAICI	4
2.1	Caratteristiche generali	4
2.2	Principali definizioni per la determinazione degli indici caratteristici di progetto	4
3	PREVISIONI DEL DM 436/2023 E DELLE LINEE GUIDA MASE (ex MITE) 2022.....	5
3.1	REQUISITO A.....	6
3.1.1	Requisito A.1 - Superficie minima per l'attività agricola	6
3.1.2	Requisito A.2 - Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR).....	7
3.2	REQUISITO B.....	8
3.2.1	Requisito B.1 - Continuità dell'attività agricola	8
3.2.2	Requisito B.2 - Producibilità elettrica minima.....	8
3.3	REQUISITO C.....	9
4	SODDISFACIMENTO DEI REQUISITI	11
4.1	Soddisfacimento requisito A	11
4.1.1	Soddisfacimento requisito A.1	11
4.1.2	Soddisfacimento requisito A.2	12
4.2	Soddisfacimento requisito B	12
4.2.1	Soddisfacimento requisito B.2.....	12
4.3	Soddisfacimento requisito C	15
5	CONCLUSIONI	16

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica ha l'obiettivo di verificare la compatibilità del progetto di impianto agrivoltaico avanzato con quanto previsto dal DM 436/2023, con particolare riferimento al rispetto dei requisiti in termine di occupazione del suolo e alla producibilità attesa dell'impianto.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico avanzato per la produzione di energia da fonte solare, con una potenza di picco pari a **26,127.36 kWp**, situato nel Comune di **Vigarano Mainarda (FE)**. L'impianto sarà dotato di sistemi di inseguimento mono-assiale (est-ovest) e comprenderà anche le opere connesse e le infrastrutture indispensabili per la costruzione e l'esercizio dell'intervento.

L'impianto sarà realizzato con **pannelli fotovoltaici montati su strutture ad inseguimento** infisse nel terreno e sarà composto dai seguenti elementi principali:

- Strutture di sostegno ad inseguimento mono-assiale ("tracker");
- Moduli fotovoltaici;
- Quadri elettrici in Bassa Tensione (BT);
- Inverter di stringa per la conversione da corrente continua (CC) a corrente alternata (CA);
- Cabine di trasformazione BT/36 kV;
- Cabine di raccolta a 36 kV.

A completamento dell'impianto sono inoltre previsti i seguenti elementi ausiliari e complementari:

- Impianti ausiliari;
- Sistema di sicurezza e videosorveglianza;
- Viabilità interna e strade di servizio;
- Recinzione perimetrale.

La disposizione delle apparecchiature e delle strutture, così come il tracciamento delle opere edili, è stata definita tenendo conto della superficie complessivamente disponibile all'interno dell'**area rurale destinata alla valorizzazione e fruizione delle risorse ambientali**.

2 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI SISTEMI AGRIVOLTAICI

2.1 Caratteristiche generali

Un sistema agrivoltaico è un sistema complesso, essendo allo stesso tempo un sistema energetico ed agronomico al fine di stabilire una forte sinergia tra i due sistemi, ottenendone una reciproca massimizzazione, nonostante nell'immaginario collettivo possano sembrare in contrapposizione.

È dunque importante fissare dei parametri e definire requisiti volti a conseguire prestazioni ottimizzate sul sistema complessivo, considerando sia la dimensione energetica sia quella agronomica.

Un impianto agrivoltaico, confrontato con un usuale impianto agrivoltaico a terra, presenta dunque una maggiore variabilità nella distribuzione in pianta dei moduli, nell'altezza dei moduli da terra, e nei sistemi di supporto dei moduli, oltre che nelle tecnologie fotovoltaiche impiegate, al fine di ottimizzare la sinergia con l'attività agricola realizzata all'interno del sistema agrivoltaico.

2.2 Principali definizioni per la determinazione degli indici caratteristici di progetto

Come riportato nelle linee guida MASE del 2022 e dalle ultime indicazioni normative sull'Agrivoltaico, come ad esempio il DM 436/2023, si indicano le principali definizioni degli indici caratteristici del progetto per la determinazione dei requisiti progettuali dei sistemi Agrivoltaici secondo quanto indicato nella SEZ. B del DM citato (DM Agrivoltaico – Regole Operative. Allegato 1 al Decreto di approvazione).

La **Superficie Totale** del sistema agrivoltaico, di seguito **St**, è l'area che comprende la superficie utilizzata per coltura e/o zootecnia e la superficie totale su cui insiste l'impianto agrivoltaico. Essa è quindi rappresentata dalla porzione di superficie destinata alla produzione agricola nella disponibilità del soggetto richiedente, prescelta per la realizzazione del sistema agrivoltaico. La superficie totale del sistema agrivoltaico viene determinata prendendo in considerazione l'intera superficie destinata alla realizzazione del sistema agrivoltaico a cui vengono sottratti i valori delle superfici che non interessano direttamente l'attività agricola, quali ad esempio, porzioni di superficie occupate da fabbricati (ad eccezione degli edifici destinati alla coltivazione dei funghi), cortili, fossi, canali, stagni, cave, terre sterili, rocce, parchi e giardini ornamentali, aree occupate per allevamenti ittici. Eventuali strade interne alla St rientrano nel computo della St esclusivamente nel caso in cui siano realizzate in modo tale da non impermeabilizzare il suolo. In caso di ricorso a tecniche costruttive che impermeabilizzino il suolo, le superfici delle strade sono da escludere dal computo della St. Della St fanno parte le opere di mitigazione perimetrali all'iniziativa che, ancorché realizzate all'esterno della recinzione che delimita il perimetro della St, siano ricomprese nel piano agronomico dell'azienda.

La **Superficie Agricola Totale (SAT)** è rappresentata dalla superficie che continua a essere utilizzata per le attività agricole, di coltivazione e/o di allevamento. In particolare, la **SAT** è costituita dalla superficie **St** alla quale sono sottratte le superfici non più coltivabili dopo la realizzazione delle iniziative in quanto occupate da componenti costituenti l'impianto quali, a titolo esemplificativo, quelle occupate dalle strutture di sostegno dei moduli, dalle eventuali cabine elettriche e dalle cabine inverter.

La **SPV** rappresenta la superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico, somma delle superfici individuate dal profilo esterno di massimo ingombro di tutti i moduli fotovoltaici costituenti l'impianto (superficie attiva compresa la cornice).

Con **FVAgri** si intende il valore di produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico ovvero la produzione netta che l'impianto agrivoltaico può produrre; mentre con **FVStandard** si intende il valore di producibilità elettrica specifica di riferimento o per meglio dire la stima dell'energia che può produrre un impianto fotovoltaico di riferimento (caratterizzato da moduli con efficienza 20% su supporti fissi orientati a Est/Ovest e inclinati con un angolo pari alla latitudine meno 10 gradi). Entrambi i valori sono espressi in kWh/anno, considerando l'impianto standard nella medesima posizione geografica di quello agrivoltaico in esame.

3 PREVISIONI DEL DM 436/2023 E DELLE LINEE GUIDA MASE (ex MITE) 2022

Le **Linee Guida del 2022** distinguevano due categorie di impianti agrivoltaici:

- impianti agrivoltaici;
- impianti agrivoltaici avanzati.

Per la classificazione come "avanzato", era richiesto il rispetto di **cinque requisiti**, identificati dalle lettere **A) a E)**, riportati di seguito per completezza:

- **Requisito A):** il sistema deve essere progettato e realizzato adottando configurazioni spaziali e scelte tecnologiche che consentano l'integrazione tra attività agricola e produzione di energia elettrica, valorizzando il potenziale produttivo di entrambe le componenti;
- **Requisito B):** l'impianto deve essere gestito, durante l'intera vita utile, in modo da garantire una produzione sinergica di energia e prodotti agricoli, senza compromettere la continuità delle attività agricole o pastorali;
- **Requisito C):** il sistema deve adottare soluzioni tecnologicamente innovative con moduli sollevati da terra, finalizzate all'ottimizzazione delle prestazioni sia energetiche che agricole;
- **Requisito D):** il sistema deve essere dotato di un sistema di monitoraggio in grado di rilevare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola e la continuità delle attività delle aziende coinvolte;
- **Requisito E):** in aggiunta al requisito D, deve essere previsto un monitoraggio finalizzato anche a valutare il recupero della fertilità del suolo, le condizioni microclimatiche e la resilienza ai cambiamenti climatici.

In base a quanto sopra, si possono sintetizzare le seguenti condizioni:

- Il rispetto dei requisiti A e B è necessario per qualificare un impianto come agrivoltaico (realizzato su suolo agricolo). A tali impianti si dovrebbe inoltre richiedere il rispetto del requisito D.2, relativo al monitoraggio della continuità delle attività agricole.
- Il rispetto dei requisiti A, B, C e D è richiesto per la classificazione dell'impianto come agrivoltaico avanzato, ai sensi dell'art. 65, commi 1-quater e 1-quinquies del DL 24 gennaio 2012, n. 1, condizione necessaria per l'accesso agli incentivi statali legati alle tariffe elettriche.
- Il rispetto di tutti i requisiti da A ad E costituisce condizione preliminare per l'accesso ai contributi del PNRR, nell'ambito della Missione 2, Componente 2, Investimento 1.1 – "Sviluppo del sistema agrivoltaico". Resta fermo che, ai sensi dell'art. 12, comma 1, lettera f) del D.lgs. 199/2021,

possono essere definiti ulteriori criteri, sia di tipo tecnico che soggettivo, nonché fattori premiali o criteri di priorità.

Con l'entrata in vigore del D.M. 436/2023, è stata introdotta una semplificazione del quadro normativo, superando la distinzione tra impianti "agrivoltaici" e "agrivoltaici avanzati" prevista nelle Linee Guida 2022. Il decreto ha infatti ricondotto tali categorie a un'unica definizione di impianto agrivoltaico, il cui progetto deve comunque rispettare una serie di requisiti tecnici e funzionali per garantire la piena integrazione tra attività agricola e produzione energetica.

Il principale obiettivo progettuale resta quello di garantire la continuità dell'attività agricola o pastorale, senza comprometterne l'efficienza, assicurando al contempo una produzione energetica efficace e sostenibile.

Il raggiungimento di tale obiettivo è subordinato al rispetto congiunto di specifiche condizioni costruttive e spaziali, individuate secondo i parametri riportati nell'Allegato 1 del D.M. 436/2023.

Nel prosieguo del documento si farà riferimento alla Sezione B – Requisiti progettuali dei sistemi agrivoltaici del suddetto decreto, per la determinazione dei parametri necessari alla verifica della conformità dell'impianto.

3.1 REQUISITO A

Il principale obiettivo nella progettazione di un impianto agrivoltaico è quello di garantire che l'attività agricola o pastorale possa proseguire senza interruzioni, affiancandosi in modo sinergico ed efficiente alla produzione di energia elettrica. Per ottenere questo risultato, è necessario che siano rispettate contemporaneamente una serie di condizioni costruttive e spaziali ben definite.

Tra i principali parametri da considerare si individuano i seguenti:

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

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

3.1.1 Requisito A.1 - Superficie minima per l'attività 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, intesa in termini di superficie, 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).

Il DM stabilisce per un sistema agrivoltaico avanzato che la superficie per l'attività agricola debba essere nella misura minima del 70% secondo la formula seguente.

$$SAT \geq 0.70 St$$

Considerando la superficie agricola totale (SAT) ricavata secondo la seguente relazione:

$$SAT = St - Scab - Sviab - Snc \pm Sm$$

Dove, in particolare:

- **Scab** rappresenta la superficie occupata dalle cabine di raccolta e di trasformazione;
- **Sviab** rappresenta la superficie delle strade interne all'impianto tali da impermeabilizzare il terreno;
- **Snc** rappresenta la superficie non coltivabile posta al di sotto dei moduli fotovoltaici. Per impianti agrivoltaici in cui l'altezza dei pannelli dal suolo supera i 2.1 metri, tale superficie può essere

considerata trascurabile, in quanto compatibile con le normali attività agricole. Tuttavia, adottando un criterio prudenziale, si è scelto di considerare comunque una porzione di terreno non coltivabile al di sotto di ciascun modulo, definita come un'area rettangolare avente come larghezza, il lato corto del modulo, in funzione della disposizione adottata e come lunghezza, un valore convenzionale pari a 1 metro.

- **Sm** rappresenta la superficie delle mitigazioni. Tale superficie deve risultare presente all'interno del computo della superficie agricola totale nel caso in cui le opere di mitigazione rientrino all'interno del piano di coltivazione.

3.1.2 Requisito A.2 - Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR)

Seppur non venga richiesto esplicitamente come parametro di confronto nelle nuove direttive per gli impianti agrivoltaici nel D.M. 436/2023 si vuole, l'ottemperanza alle Linee guida CREA-GSE, verificare anche il rapporto tra la superficie pannellata e la superficie totale disponibile. Tale indice è noto come indice LAOR.

Un sistema agrivoltaico deve essere caratterizzato da configurazioni finalizzate a garantire la continuità dell'attività agricola: tale requisito può essere declinato in termini di "densità" o "porosità".

Per valutare la densità dell'applicazione fotovoltaica rispetto al terreno di installazione è possibile considerare indicatori quali: *la densità di potenza (MW/ha)* oppure *la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR - Land Area Occupation Ratio)*.

Nella prima fase di sviluppo del fotovoltaico in Italia (dal 2010 al 2013) la densità di potenza media delle installazioni a terra risultava pari a circa 0.6 MW/ha, relativa a moduli fotovoltaici aventi densità di circa 8 m²/kW (ad. es. singoli moduli da 210 W per 1,7 m²). Tipicamente, considerando lo spazio tra le stringhe necessario ad evitare ombreggiamenti e favorire la circolazione d'aria, risulta una percentuale di superficie occupata dai moduli pari a circa il 50%.

L'evoluzione tecnologica ha reso disponibili moduli fino a 350-380 W (a parità di dimensioni), che consentirebbero, a parità di percentuale di occupazione del suolo (circa 50%), una densità di potenza di circa 1 MW/ha. Tuttavia, una ricognizione di un campione di impianti installati a terra (non agrivoltaici) in Italia nel 2019-2020 non ha evidenziato valori di densità di potenza significativamente superiori ai valori medi relativi al Conto Energia.

Una certa variabilità nella densità di potenza, unitamente al fatto che la definizione di una soglia per tale indicatore potrebbe limitare soluzioni tecnologicamente innovative in termini di efficienza dei moduli, suggerisce di optare per la percentuale di superficie occupata dai moduli di un impianto agrivoltaico.

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

$$LAOR = \frac{Spv}{St} \leq 40\%$$

Dove la Spv è la superficie totale dei moduli fotovoltaici mentre St è la superficie totale dell'impianto agrivoltaico.

3.2 REQUISITO B

3.2.1 Requisito B.1 - Continuità dell'attività agricola

Gli elementi da valutare nel corso dell'esercizio dell'impianto, volti a comprovare la continuità dell'attività agricola, sono:

a) L'esistenza e la resa della coltivazione

Al fine di valutare statisticamente gli effetti dell'attività concorrente energetica e agricola è importante accertare la destinazione produttiva agricola dei terreni oggetto di installazione di sistemi agrivoltaici. In particolare, tale aspetto può essere valutato tramite il valore della produzione agricola prevista sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari successivi all'entrata in esercizio del sistema stesso espressa in €/ha o €/UBA (Unità di Bestiame Adulto), confrontandolo con il valore medio della produzione agricola registrata sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari antecedenti, a parità di indirizzo produttivo. In assenza di produzione agricola sull'area negli anni solari precedenti, si potrebbe fare riferimento alla produttività media della medesima produzione agricola nella zona geografica oggetto dell'installazione. In alternativa è possibile monitorare il dato prevedendo la presenza di una zona di controllo che permetterebbe di produrre una stima della produzione sul terreno sotteso all'impianto.

b) Il mantenimento dell'indirizzo produttivo

Ove sia già presente una coltivazione a livello aziendale, andrebbe rispettato il mantenimento dell'indirizzo produttivo o, eventualmente, il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato. Fermo restando, in ogni caso, il mantenimento di produzioni DOP o IGP. Il valore economico di un indirizzo produttivo è misurato in termini di valore di produzione standard calcolato a livello complessivo aziendale; la modalità di calcolo e la definizione di coefficienti di produzione standard sono predisposti nell'ambito della Indagine RICA per tutte le aziende contabilizzate.

A titolo di esempio, un eventuale riconversione dell'attività agricola da un indirizzo intensivo (es. ortofloricoltura) ad uno molto più estensivo (es. seminativi o prati pascoli), o l'abbandono di attività caratterizzate da marchi DOP o DOCG, non soddisfano il criterio di mantenimento dell'indirizzo produttivo.

3.2.2 Requisito B.2 - Producibilità elettrica minima

Al punto 2.B.3 la norma introduce il parametro della producibilità minima di impianti agrivoltaici, e sulla base alle caratteristiche degli impianti Agrivoltaici analizzati, indica che, la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FVAgri in GWh/ha/anno) correttamente progettato, paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard (FVstandard in GWh/ha/anno), non dovrebbe debba essere inferiore al 60% di quest'ultima secondo la formula seguente:

$$FVAgri \geq 0.6 FVstandard$$

Come richiesto nelle regole operative con l'obiettivo di rendere verificabili le informazioni fornite, sia il dimensionamento dell'impianto agrivoltaico sia il dimensionamento dell'impianto agrivoltaico di riferimento devono essere effettuati tramite lo strumento denominato **PVGIS** del *Joint Research Centre – JRC della Commissione Europea*, disponibile al link https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#api_5.2.

I dati da inserire all'interno del Software PVGIS sono i seguenti.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO

- Posizione: coordinate geografiche del sito di installazione dell'impianto agrivoltaico;
- Database di radiazione solare: SARAH 2;
- Tecnologia FV: tecnologia adottata per l'impianto agrivoltaico;
- Potenza di picco (kW): somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici dell'impianto agrivoltaico, calcolate alle Standard Test Conditions;
- Perdite di sistema: 14%;
- Posizione di montaggio: a terra;
- Opzioni di montaggio: struttura fissa o mobile come prescelta per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico;
- Orientamento: orientamento dei moduli dell'impianto agrivoltaico;
- Inclinazione: inclinazione dei moduli dell'impianto agrivoltaico.

IMPIANTO FOTOVOLTAICO DI RIFERIMENTO

- Posizione: coordinate geografiche del sito di installazione dell'impianto agrivoltaico;
- Database di radiazione solare: SARAH 2;
- Tecnologia FV: tecnologia adottata per l'impianto agrivoltaico;
- Potenza di picco (kW): somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici dell'impianto fotovoltaico di riferimento, calcolate alle Standard Test Conditions;
- Perdite di sistema: 14%;
- Posizione di montaggio: a terra;
- Opzioni di montaggio: struttura fissa;
- Orientamento: sud;
- Inclinazione: angolo pari alla latitudine meno dieci gradi.

Dovranno inoltre essere applicati dei fattori correttivi.

In particolare, nel caso di moduli bifacciali, per determinare il valore di producibilità si applicherà, al risultato ottenuto dal PVGIS per il calcolo della producibilità relativo all'impianto agrivoltaico, un fattore correttivo pari a +15%.

In caso di moduli fotovoltaici bifacciali in posizione verticale fissa il fattore correttivo sopra indicato non si applica. Per le modalità di calcolo della producibilità si rimanda alla documentazione tecnico-operativa disponibile sul sito del GSE nell'area dedicata alla misura.

Nel caso di moduli installati su strutture di sostegno a inseguimento biassiale, per calcolare il valore di producibilità si applicherà, al risultato ottenuto dal PVGIS per il calcolo della producibilità relativo all'impianto agrivoltaico, un fattore correttivo del +15%.

In caso di moduli bifacciali installati su strutture di sostegno a inseguimento biassiale, per calcolare il valore di producibilità, al risultato ottenuto dal PVGIS per il calcolo della producibilità relativo all'impianto agrivoltaico, andrà applicato un fattore correttivo quale somma dei fattori sopra indicati pari al + 30%.

3.3 REQUISITO C

La configurazione spaziale del sistema agrivoltaico, e segnatamente l'altezza minima dei moduli da terra, influenza lo svolgimento delle attività agricole su tutta l'area occupata dall'impianto agrivoltaico o solo sulla porzione che risulti libera dai moduli fotovoltaici. Nel caso delle colture agricole, l'altezza minima dei moduli da terra condiziona la dimensione delle colture che possono essere impiegate (in termini di altezza), la scelta della tipologia di coltura in funzione del grado di compatibilità con l'ombreggiamento generato dai moduli, la possibilità di compiere tutte le attività legate alla coltivazione ed al raccolto. Le stesse

considerazioni restano valide nel caso di attività zootecniche, considerato che il passaggio degli animali al di sotto dei moduli è condizionato dall'altezza dei moduli da terra (connettività). In sintesi, l'area destinata a coltura oppure ad attività zootecniche può coincidere con l'intera area del sistema agrivoltaico oppure essere ridotta ad una parte di essa, per effetto delle scelte di configurazione spaziale dell'impianto agrivoltaico.

Nell'allegato 1 al DM 436/2023 vengono indicate le seguenti possibili soluzioni progettuali affinché un impianto possa rientrare nel novero degli impianti agrivoltaici rispetto all'altezza imposta alle strutture in funzione della continuazione dell'attività agricola/zootecnica anche al di sotto dei pannelli fotovoltaici.

Pertanto, l'altezza minima dei moduli costituenti l'impianto rispetto al suolo deve rispettare, in ogni caso, i valori minimi indicati di seguito:

- 1.3 metri nel caso di svolgimento di attività zootecnica nell'ambito del Sistema agrivoltaico (tale valore di Altezza minima è determinato per consentire il passaggio con continuità dei capi di bestiame);
- 1.3 metri nel caso di impianti agrivoltaici che prevedono l'installazione di moduli fotovoltaici in posizione verticale fissa;
- 2.1 metri nel caso di svolgimento di attività colturale nell'ambito del Sistema agrivoltaico (tale valore di altezza minima è determinato per consentire l'utilizzo di macchinari funzionali alla coltivazione);
- 2.1 metri nel caso di svolgimento di attività mista, colturale e zootecnica, nell'ambito del medesimo sistema agrivoltaico.

L'altezza minima dei moduli fotovoltaici rispetto al piano di campagna è misurata dal bordo inferiore dei moduli posizionati sulle strutture di sostegno. In caso di moduli fotovoltaici installati su qualsiasi fattispecie di struttura di sostegno a inseguimento, l'altezza minima dei moduli rispetto al piano di campagna è misurata dal bordo inferiore del modulo agrivoltaico collocato alla massima inclinazione tecnicamente raggiungibile.

4 SODDISFACIMENTO DEI REQUISITI

4.1 Soddisfacimento requisito A

4.1.1 Soddisfacimento requisito A.1

Nella Tabella 1 sono riportate le superfici relative all'impianto agrivoltaico utilizzate per il calcolo della superficie totale e della superficie agricola. In Figura 1 è stata evidenziata l'area di interesse dell'impianto stesso.

Impianto Agrivoltaico Vigarano Mainarda		TOTALE [ha]
Superficie Catastale [m2]	517,999.60	51.80
Superficie entro recinzione [m2]	448,419.06	44.84
Fabbricati interni alla recinzione [m2]	395.00	0.04
Superficie mitigazione [m2]	26,650.46	2.67
Superficie impermeabilizzata [m2]	110,465.87	11.05
Superfici cabine [m2]	192.57	0.02
Superficie non coltivabile sotto ai pannelli	46,294.42	4.63
Superficie strade interne sterrate [m2]	30,778.96	3.08

Tabella 1 - Superfici inerenti all'impianto agrivoltaico di Vigarano Mainarda.



Figura 1 – Area di interesse dell'impianto agrivoltaico di Vigarano Mainarda.

Successivamente, è stata determinata la disuguaglianza relativa al requisito di soddisfacimento del rapporto tra le superfici, come previsto dalla normativa.

	[m2]	[ha]
Superficie Totale sistema agrivoltaico (St)	448,024.06	44.80
Superficie cabine (Scab)	192.57	0.02
Superficie non coltivabile sotto ai pannelli (Snc)	46,294.42	4.63
Superficie Agricola Totale (SAT)	401,537.07	40.15
Limite disuguaglianza	313,616.84	31.36
Verifica	Verificato	0.896239978

Tabella 2 - Verifica del rapporto delle superfici.

Il calcolo del rapporto tra la superficie agricola e quella totale indicato al punto 2.B.1 dell'Allegato 1 del DM è riportato nella tabella seguente ed è pari a **0.896** e rispetta ampiamente il parametro minimo richiesto al punto della Norma stessa.

4.1.2 Soddisfacimento requisito A.2

In Tabella 5 è contenuto il calcolo eseguito per ottenere il valore di LAOR. Questo indice viene calcolato come il rapporto tra la superficie dei moduli fotovoltaici e la superficie totale del sistema agrivoltaico.

	[m ²]	[ha]
Superficie moduli	110,273.30	11.03
Superficie totale sistema agrivoltaico	448,024.06	44.80
LAOR impianto agrivoltaico Vigarano Mainarda	24.61%	
LAOR impianto fotovoltaico di riferimento	49%	

Tabella 3 - Calcolo dei LAOR.

Nel caso in esame il LAOR per l'impianto agrivoltaico è di 24.61%.

4.2 Soddisfacimento requisito B

4.2.1 Soddisfacimento requisito B.2

Nelle pagine seguenti sono riportati i risultati del calcolo relativo alla producibilità d'impianto. Come indicato nella Tabella 3, per l'impianto agrivoltaico è stata considerata una potenza installata pari a 26,127.36 kWp.

Ai fini del confronto, per il calcolo della producibilità dell'impianto fotovoltaico di riferimento è stata considerata la stessa superficie totale dell'impianto agrivoltaico, ovvero 44.80 ettari, applicando un Land Occupation Area Ratio (LAOR) del 49%.

I moduli utilizzati nell'impianto di Vigarano Mainarda hanno una potenza unitaria di 640 W e una superficie di circa 2.7 m² ciascuno. Sulla base di questi parametri, il numero massimo di moduli installabili sull'impianto di riferimento risulta pari a 81,272 unità, per una potenza complessiva pari a 52,014.08 kWp.

Potenza impianto agrivoltaico [kWp]	26,127.36
Potenza impianto fotovoltaico di riferimento [kWp]	52,014.08
Numero pannelli impianto fotovoltaico di riferimento	81,272.00

Tabella 4 - Calcolo delle potenze da inserire in PVGIS.

I valori di producibilità annua dei due impianti sono forniti nelle due pagine seguenti derivate dal calcolo in PVGIS, rispettivamente per l'impianto agrivoltaico e l'impianto fotovoltaico di riferimento.

Performance of grid-connected PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

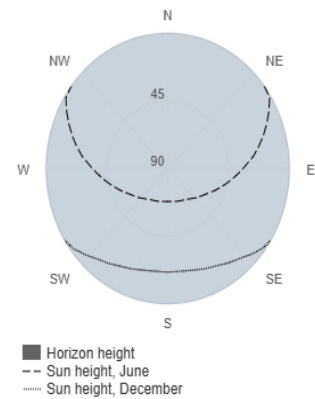
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 44.846,11.452
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-SARAH2
 PV technology: Crystalline Silicon (original)
 PV installed: 26127.36 kWp
 System loss: 14 %

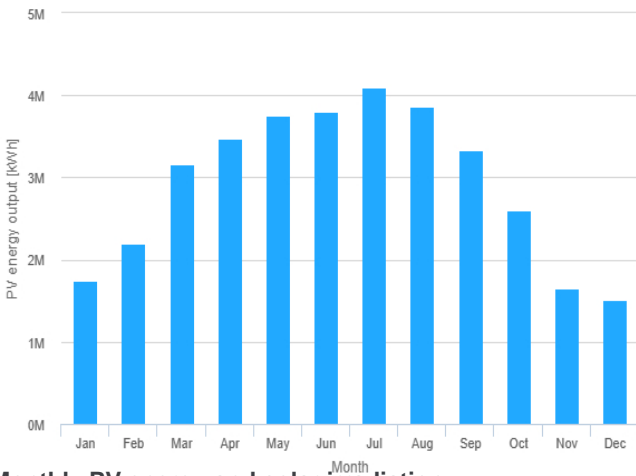
Simulation outputs

Slope angle: 37 (opt) °
 Azimuth angle: 2 (opt) °
 Yearly PV energy production: 35196275.93 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1744.02 kWh/m²
 Year-to-year variability: 1641784.59 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -2.7 %
 Spectral effects: 1.15 %
 Temperature and low irradiance: -8.74 %
 Total loss: -22.76 %

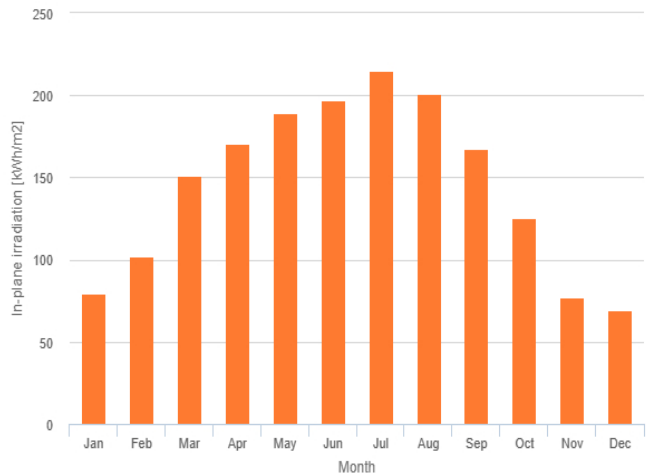
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	1749597.2	474299.0	452796.3
February	2200414.2	452796.3	467373.5
March	3169507.5	467373.5	414748.9
April	3473246.3	414748.9	316370.0
May	3750681.8	316370.0	229579.1
June	3794118.6	229579.1	206582.7
July	4097612.7	206582.7	239501.3
August	3865532.6	239501.3	227356.7
September	3333768.6	227356.7	327231.1
October	2597098.2	327231.1	335566.7
November	1646537.7	335566.7	331862.1
December	1518166.2	331862.1	

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].
 H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].
 SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

Performance of grid-connected PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

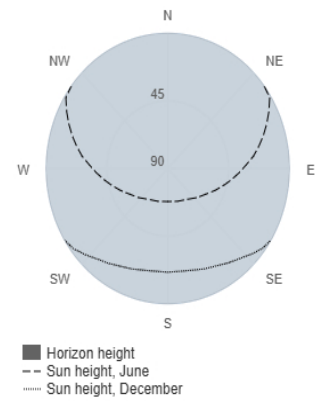
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 44.846,11.452
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-SARAH2
 PV technology: Crystalline Silicon (original)
 PV installed: 52014.08 kWp
 System loss: 14 %

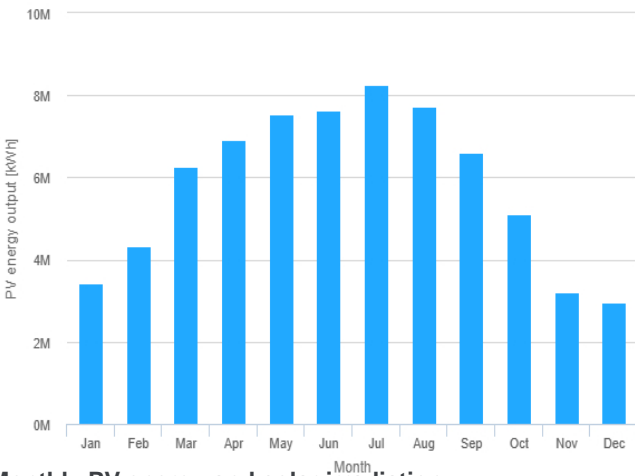
Simulation outputs

Slope angle: 35 °
 Azimuth angle: 0 °
 Yearly PV energy production: 69995408.47 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1742.84 kWh/m²
 Year-to-year variability: 3221460.80 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -2.73 %
 Spectral effects: 1.14 %
 Temperature and low irradiance: -8.74 %
 Total loss: -22.79 %

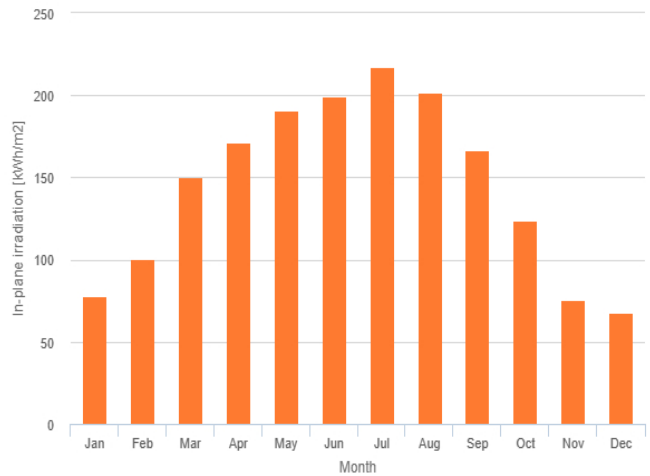
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E _m	H(i) _m	SD _m
January	3415794.7	77.7	917938.5
February	4317679.0	80.7	881645.1
March	6273164.0	80.0	917523.3
April	6928838.2	81.2	825240.2
May	7534571.9	80.8	635192.8
June	7647304.9	82.2	463495.9
July	8240092.2	82.2	415393.8
August	7731492.0	82.0	477945.7
September	6618617.0	80.8	447903.9
October	5113251.2	83.7	642846.4
November	3220075.8	75.8	651919.3
December	2954526.9	67.9	639107.6

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].
 H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].
 SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

I valori di producibilità dell'impianto agrivoltaico forniti da PVGIS, e contenuti in Tabella 4, sono stati incrementati del 15% per tenere conto della bifaccialità e del 10% per tenere conto del tracking monoassiale.

Incremento bifaccialità	15.00%	
Incremento tracking	10.00%	
Producibilità impianto agrivoltaico Vigarano Mainarda (PVGIS) [kWh/anno]	35,196,275.93	
Producibilità impianto agrivoltaico Vigarano Mainarda [kWh/anno]	43,995,344.91	
Producibilità impianto fotovoltaico di riferimento Vigarano Mainarda (PVGIS) [kWh/anno]	69,995,408.47	
Limite disuguaglianza [kWh/anno]	41,997,245.08	
Verifica	Verificato	0.628546156

Tabella 5 - Calcolo del rapporto delle producibilità.

Anche in questo caso, come si evince dalla tabella, viene verificata la disuguaglianza sopra citata.

Infatti il rapporto tra la producibilità dell'impianto agrivoltaico e la producibilità dell'impianto fotovoltaico di riferimento è pari a 0.629, superiore quindi a 0.6.

4.3 Soddisfacimento requisito C

Nel caso in esame, il punto più basso dei moduli fotovoltaici, determinato dall'inclinazione di 60°, risulta posizionato ad un'altezza dal suolo leggermente superiore a 2.1 metri. In Figura si possono osservare gli ingombri della struttura con Tracker a 0°, 20° o 60°.

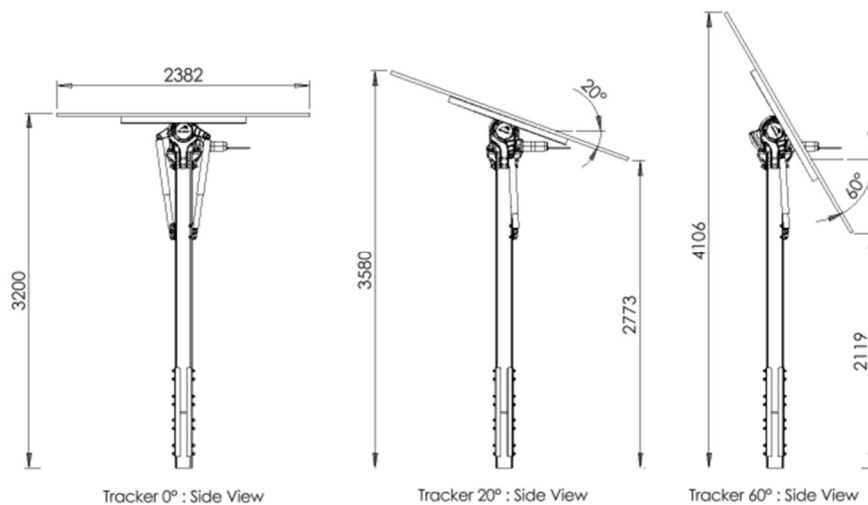


Figura 2 - Ingombri della struttura tracker in diverse posizioni.

Questa configurazione consente lo svolgimento continuativo delle attività agricole anche al di sotto dei pannelli, integrando pienamente la produzione energetica con quella agricola.

Pertanto, l'impianto è da considerarsi di Tipo 1, caratterizzato da un uso simultaneo del suolo per la produzione agricola e fotovoltaica, con una massima integrazione funzionale tra moduli e colture. I moduli, in questo caso, non ostacolano le attività agricole, ma anzi possono svolgere una funzione protettiva (ad esempio, da grandine o eccessivo irraggiamento solare).

Dal momento che viene rispettato anche il Requisito C (altezza minima pari o superiore a 2.1 m), è corretto definire questo impianto come impianto agrivoltaico avanzato, secondo quanto previsto dalle normative di riferimento.

5 CONCLUSIONI

In conclusione, è stato dimostrato che l'impianto agrivoltaico proposto, pur estendendosi sull'intera superficie disponibile del Proponente, è in grado di garantire un **elevato mantenimento della superficie agricola**. Il rapporto tra superficie agricola e superficie complessiva risulta infatti pari a **0.896**, valore ampiamente superiore al limite minimo di **0.70** previsto dalla normativa.

Inoltre, l'impianto agrivoltaico avanzato rispetta anche i **requisiti di producibilità**, generando un valore di poco superiore al **60%** dell'energia prodotta da un impianto fotovoltaico di riferimento. Nello specifico, il **rapporto delle producibilità** ottenuto è pari a **0.628**.

Il rispetto del requisito B.1, concernente la continuità dell'attività agricola, nonché dei requisiti D relativi al sistema di monitoraggio della stessa, è documentato nella relazione agronomica n. 1029-PAUR2-R15-00, alla quale si fa riferimento.

