

DSIT6

ottobre 2023

BON_PG_0301

Impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica denominato "Bonorva", con potenza di picco di 72,66 MWp e potenza in immissione 60,2 MW da realizzare nel comune di Bonorva (SS), e relative opere di connessione alla RTN

RELAZIONE SUL RISPETTO DELLE LINEE GUIDA MITE

DS ITALIA 6 SRL

INDICE

1	PREMESSA	4
2	CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI SISTEMI AGRIVOLTAICI	5
2.1	Caratteristiche generali.....	5
2.2	Definizioni principali	5
2.3	Caratteristiche e requisiti degli impianti agrivoltaici	6
3	METODOLOGIA E VERIFICA DEI REQUISITI.....	7
3.1	Impianto agrivoltaico avanzato	7
3.2	Individuazione tessere e verifica del requisito “a”	7
3.2.1	A.1 - Superficie minima per l’attività agricola	7
3.2.2	A.2 - Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR)	8
3.3	verifica del requisito “B”	10
3.3.1	B.1 - Continuità dell’attività agricola	10
3.3.1.1	L’esistenza e la resa della coltivazione	10
3.3.1.2	Il mantenimento dell’indirizzo produttivo	11
3.3.1.3	B.2 Producibilità elettrica minima	11
3.4	Verifica del requisito “C”	12
3.5	Verifica del requisito “D”	13
3.5.1	D.1 - Risparmio idrico	14
3.5.2	D.2 - Continuità dell’attività agricola.....	14
3.6	Verifica del requisito “E”	14
3.6.1	E.1 - Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo	14
	E.2 – Monitoraggio del microclima	15
	E.3 – Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici	15
3.7	Progetto agronomico e mitigazione	16

Indice delle Figure

<i>Figura 3-1 Layout di Progetto</i>	9
<i>Figura 3-2 Sezione tipo delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici</i>	13
<i>Figura 3.3 – Opere a verde</i>	18

Indice delle Tabelle

<i>Tabella 3-1 Verifica requisito A.</i>	10
<i>Tabella 3-2 Verifica requisito B.2</i>	12
<i>Tabella 3.1 - Elenco specie e densità di impianto (in verde sono evidenziate le specie a foglie persistenti)</i>	16
<i>Tabella 3.2 - Piano colturale definito per l'impianto agrivoltaico e le aree esterne.</i>	17
<i>Tabella 3.2 – Aree non destinate alla coltivazione e verifica delle superfici disponibili.</i>	17

1 PREMESSA

Il presente documento si prefigge di dimostrare la verifica dei requisiti minimi previsti dalle Linee Guida del MITE in materia di Impianti Agrivoltaici, pubblicate il 27.06.2022; nella fattispecie si cercherà di dimostrare che, il progetto dell'impianto agrivoltaico in esame, risulti appartenente alla classe degli impianti agrivoltaici di tipo avanzato.

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. In generale, la prestazione legata al fotovoltaico e quella legata alle attività agricole risultano in opposizione, poiché le soluzioni ottimizzate per la massima captazione solare da parte del fotovoltaico possono generare condizioni meno favorevoli per l'agricoltura e viceversa. Ad esempio, un eccessivo ombreggiamento sulle piante può generare ricadute negative sull'efficienza fotosintetica e, dunque, sulla produzione; o anche le ridotte distanze spaziali tra i moduli e tra questi ed il terreno possono interferire con l'impiego di strumenti e mezzi meccanici in genere in uso in agricoltura.

Ciò significa che una soluzione che privilegi solo una delle due componenti – fotovoltaico o agricoltura – è passibile di presentare effetti negativi sull'altra.

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

Il *pattern* tridimensionale (distribuzione spaziale, densità dei moduli in pianta e altezza minima da terra) di un impianto fotovoltaico a terra corrisponde, in generale, a una progettazione in cui le file dei moduli sono orientate secondo la direzione Est-Ovest (angolo di *azimut* pari a 0°) ed i moduli guardano verso Sud (nell'emisfero Nord), con un angolo di inclinazione al suolo (*tilt*) pari alla Latitudine meno una decina di gradi.

Le file di moduli sono distanziate in modo da non generare ombreggiamento reciproco se non in un numero limitato di ore, generalmente quelle che anticipano l'alba e quelle subito dopo il tramonto, mentre l'altezza minima dei moduli da terra è tale che questi non siano frequentemente ombreggiati da piante che crescono spontaneamente attorno a loro. Questo *pattern* - ottimizzato sulla massima prestazione energetica ed economica in termini di produzione elettrica - si modifica nel caso di un impianto agrivoltaico per lasciare spazio alle attività agricole e non ostacolare (o anche favorire) la crescita delle piante.

Un sistema agrivoltaico può essere costituito da un'unica "tessera" o da un insieme di tessere, anche nei confini di proprietà di uno stesso lotto, o azienda. Le definizioni relative al sistema agrivoltaico si intendono riferite alla singola tessera.

2.2 Definizioni principali

S_{Agricola}	Superficie agricola utilizzata per realizzare le coltivazioni di tipo agricolo, che include seminativi, prati permanenti e pascoli, colture permanenti e altri terreni agricoli utilizzati. Essa esclude quindi le coltivazioni per arboricoltura da legno (pioppeti, noceti, specie forestali, ecc.) e le superfici a bosco naturale (latifoglie, conifere, macchia mediterranea).
S_{Tot}	Superficie di un sistema agrivoltaico: area che comprende la superficie utilizzata per coltura e/o zootecnia e la superficie totale su cui insiste l'impianto agrivoltaico.
S_{PV}	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).

FV_{Agri}	Produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico: produzione netta che l'impianto agrivoltaico può produrre, espressa in GWh/ha/anno.
FV_{Standard}	Producibilità elettrica specifica di riferimento: stima dell'energia che può produrre un impianto fotovoltaico di riferimento (caratterizzato da moduli con efficienza 20% su supporti fissi orientati a Sud e inclinati con un angolo pari alla latitudine meno 10 gradi), espressa in GWh/ha/anno, collocato nello stesso sito dell'impianto agrivoltaico.

2.3 Caratteristiche e requisiti degli impianti agrivoltaici

Nella presente sezione sono trattati con maggior dettaglio gli aspetti e i requisiti che i sistemi agrivoltaici devono rispettare al fine di rispondere alla finalità generale per cui sono realizzati, ivi incluse quelle derivanti dal quadro normativo attuale in materia di incentivi.

Possono in particolare essere definiti i seguenti requisiti:

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.

Si ritiene dunque che:

- Il rispetto dei requisiti A, B è necessario per definire un impianto fotovoltaico realizzato in area agricola come **"agrivoltaico"**. Per tali impianti dovrebbe inoltre essere previsto il rispetto del requisito D.2.
- Il rispetto dei requisiti A, B, C e D è necessario per soddisfare la definizione di **"impianto agrivoltaico avanzato"** e, in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del DL 24 gennaio 2012, n. 1, classificare l'impianto come meritevole dell'accesso agli incentivi statali a valere sulle tariffe elettriche.
- Il rispetto dei A, B, C, D ed E sono preconditione per l'accesso ai contributi del PNRR, fermo restando che, nell'ambito dell'attuazione della misura Missione 2, Componente 2, Investimento 1.1 "Sviluppo del sistema agrivoltaico", come previsto dall'articolo 12, comma 1, lettera f) del decreto legislativo n. 199 del 2021, potranno essere definiti ulteriori criteri in termini di requisiti soggettivi o tecnici, fattori premiali o criteri di priorità.

3 METODOLOGIA E VERIFICA DEI REQUISITI

3.1 Impianto agrivoltaico avanzato

Al fine di poter definire un impianto quale agrivoltaico avanzato è necessaria la verifica dei requisiti A (per ogni tessera di composizione dell'impianto fotovoltaico), B, C e D, così come definito dalle *Linee Guida del Mite* pubblicate il 27.06.2022.

Di seguito gli step che illustrano la metodologia di calcolo attraverso i quali è possibile dimostrare che l'impianto in progetto è classificabile quale impianto agrivoltaico avanzato:

- Individuazione tessere e verifica del requisito "A" suddiviso in: A.1 e A.2;
- Verifica del requisito "B" suddiviso in: B.1 e B.2;
- Verifica del requisito "C";
- Verifica del requisito "D" suddiviso in: D.1 e D.2.

3.2 Individuazione tessere e verifica del 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;
- [A.2] LAOR massimo:** è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola.

3.2.1 A.1 - Superficie minima per l'attività agricola

Un parametro fondamentale ai fini della qualifica di un sistema agrivoltaico, richiamato anche dal DL 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).

$$S_{Agricola} \geq 0,70S_{Tot} \quad [A.1]$$

Considerando la superficie agricola ricavata secondo la seguente relazione:

$$S_{Agricola} = S_{Tot} - \sum S_{PS} - \sum S_{Cab} - \sum S_{Viab} - S_{PV} \quad [1]$$

Nella quale si indica con S_{PS} l'ingombro in pianta delle cabine di campo (Power Station), con S_{Cab} l'ingombro planimetrico delle cabine dei locali uffici, magazzino e cabina di consegna, con S_{Viab} la superficie delle piattaforme stradali della viabilità interna e, infine, con S_{PV} la superficie totale di ingombro dell'impianto.

Pertanto, si dovrebbe garantire sugli appezzamenti oggetto di intervento (superficie totale del sistema agrivoltaico, S_{Tot}) che almeno il 70% della superficie sia destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA).

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

Come già detto, 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) o la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR).

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'adozione di soluzioni particolarmente innovative ed efficienti si ritiene opportuno adottare un limite massimo di LAOR del 40 %:

$$LAOR = \frac{S_{PV}}{S_{TOT}} \leq 40\% \quad [A.2]$$

In ottemperanza a quanto indicato nelle linee guida del Mite, al fine di poter procedere con la verifica del requisito A, nei punti A.1 e A.2, vista la vicinanza delle aree e la vocazione agricolo pastorale comune si considera come unica tessera quella composta dai tre sottocampi riportati nel layout di impianto qui sotto.

Figura 3-1 Layout di Progetto



Per ciascun sottocampo sono state definite: la superficie agricola $S_{Agricola}$, la superficie totale degli ingombri dei moduli S_{PV} e la superficie totale del sistema agrivoltaico S_{Tot} e verificati i punti specifici del requisito A secondo le relazioni [A.1] e [A.2] riportate precedentemente. Vista la disponibilità delle aree e, considerando che verranno utilizzate strutture con altezza minima da terra di 1,30 m (si veda il seguito al requisito "C") per garantire il pascolo del bestiame la verifica delle Linee Guida per i punti A.1 e A.2 risulta ampiamente rispettata.

Tabella 3-1 Verifica requisito A.

	U.M.		CHECK
SUPERFICIE TOTALE DI INGOMBRO STRUTTURE FV (S_{PV})	[m ²]	315'944.8	
CALCOLO DELLA SUPERFICIE AGRARIA (escluse aree esterne coltivate)			
SUPERFICIE DESTINATA AD ATTIVITA' AGRICOLA ($S_{Agricola}$)	[m ²]	877'087.8	
SUPERFICIE TOTALE DEL SISTEMA AGRIVOLTAICO (S_{TOT})	[m ²]	915'259.4	
VERIFICA DELLE LINEE GUIDA DEL MITE [A]			
$S_{Agricola} \geq 0,7 S_{TOT}$	[A.1]	0,96	OK
LAOR $\leq 40\%$	[A.2]	35%	OK

3.3 verifica del requisito "B"

Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica dell'impianto, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli. Nel corso della vita tecnica utile devono essere rispettate le condizioni di reale integrazione fra attività agricola e produzione elettrica valorizzando il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi.

In particolare, dovrebbero essere verificate:

- [B.1]** la continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento;
- [B.2]** la producibilità elettrica dell'impianto agrivoltaico, rispetto ad un impianto standard e il mantenimento in efficienza della stessa.

Per verificare il rispetto del requisito B.1, l'impianto dovrà inoltre dotarsi di un sistema per il monitoraggio dell'attività agricola rispettando, in parte, le specifiche indicate al requisito D.

3.3.1 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:

3.3.1.1 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.

3.3.1.2 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.

Le opere di progetto ricadono all'interno della zona **E**, Sottozona **E4** ed **E5** (Agricola), così come classificate dal Piano Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di Bonorva; l'intervento prevede il mantenimento della vocazione agricola e zootecnica della zona.

3.3.1.3 B.2 Producibilità elettrica minima

In base alle caratteristiche degli impianti agrivoltaici analizzati, si ritiene che, la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FV_{Agri} in GWh/ha/anno) correttamente progettato, paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard ($FV_{standard}$ in GWh/ha/anno), non dovrebbe essere inferiore al 60 % di quest'ultima:

$$FV_{Agri} \geq 0,6FV_{Standard} \quad [B.2]$$

Per la verifica del requisito B.2 si è confrontata la producibilità di un impianto a strutture fisse nella stessa area di intervento dell'impianto in progetto, con la stessa tipologia di moduli e inverter. Le strutture sono state orientate a Sud con un angolo di tilt di 30°. Una configurazione del genere riesce a totalizzare una producibilità fissa (P) mediamente pari a 1860.80 kWh/kWp/anno. Applicando le relazioni qui sotto riportate è possibile ricavare il rapporto espresso dalla [B.2]. Come si può notare il parametro espresso dalle Linee Guida del Mite risulta rispettato con buona approssimazione come riportato nella tabella nel seguito.

$$FV_{Standard} = 1,0[MW_P] \cdot S_{PNN} \cdot P \cdot S_{TOT}^{-1} \quad [2]$$

$$FV_{Agri} = R_P \cdot P \cdot S_{TOT}^{-1} \quad [3]$$

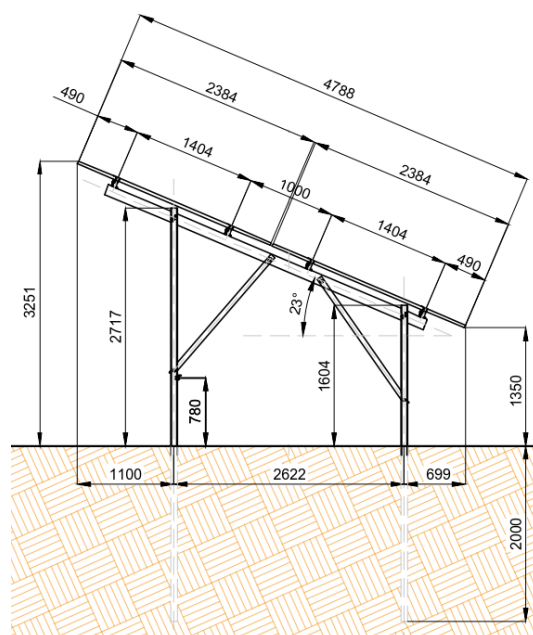
Tabella 3-2 Verifica requisito B.2

	U.M.	CHECK
CALCOLO DELLA SUPERFICIE DI INGOMBO DELL'IMPIANTO FV		
NUMERO DI MODULI FV PER SOTTOCAMPO (N_{MOD})	[cad.]	108'450
CALCOLO DELLA POTENZA NOMINALE DELL'IMPIANTO FV		
POTENZA NOMINALE (R_p)	[MWp]	72,66
CALCOLO DELLA SUPERFICIE AGRARIA (escluse aree esterne coltivate)		
SUPERFICIE DESTINATA AD ATTIVITA' AGRICOLA (S_{AGRI})	[m ²]	877'087,8
SUPERFICIE TOTALE DEL SISTEMA AGRIVOLTAICO (S_{TOT})	[m ²]	915'259,4
VERIFICA DELLE LINEE GUIDA DEL MITE [B2]		
SUPERFICIE PANNELLABILE (S_{PNN})	[ha]	81,60
PRODUCIBILITÀ FISSA (P)	[kWh/kWp/anno]	1'860,80
FV_{Agri}	[GWh/ha/anno]	1,48
$FV_{Standard}$	[GWh/ha/anno]	1,66
$FV_{Agri} \geq 0.6 FV_{Standard}$	[B.2]	0,89 OK

3.4 Verifica del 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).

Figura 3-2 Sezione tipo delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici



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.

Nel caso in esame, ricadente nella casistica indicata come **TIPO 1** dalle Linee Guida del MITE, l'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività zootecniche anche al disotto dei moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un doppio uso del suolo, ed una integrazione massima tra l'impianto agrivoltaico e l'attività zootecnica, allorché tale attività potrà essere svolta anche al di sotto dei moduli stessi.

L'altezza minima delle strutture fisse risulta superiore al limite dei 1,30 m previsto dalle Linee Guida del MITE, come riportato nell'immagine. In questa condizione la superficie agricola e quella del sistema agrivoltaico coincidono, fatti salvi gli elementi costruttivi dell'impianto che poggiano a terra e che inibiscono l'attività in zone circoscritte del suolo.

Gli impianti di **TIPO 1** sono identificabili come **impianti agrivoltaici avanzati** che rispondono positivamente ai termini imposti dal **REQUISITO "C"** più sopra riportato.

3.5 Verifica del requisito "D"

I valori dei parametri tipici relativi al sistema agrivoltaico dovrebbero essere garantiti per tutta la vita tecnica dell'impianto.

L'attività di monitoraggio è quindi utile sia alla verifica dei parametri fondamentali, quali la continuità dell'attività agricola sull'area sottostante gli impianti, sia di parametri volti a rilevare effetti sui benefici concorrenti.

Gli esiti dell'attività di monitoraggio, con specifico riferimento alle misure di promozione degli impianti agrivoltaici innovativi citate in premessa, sono fondamentali per valutare gli effetti e l'efficacia delle misure stesse.

A tali scopi il DL 77/2021 ha previsto che, ai fini della fruizione di incentivi statali, sia installato un adeguato sistema di monitoraggio che permetta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico con particolare riferimento alle seguenti condizioni di esercizio:

- [D.1]** il risparmio idrico;
- [D.2]** la continuità dell'attività agricola, ovvero: l'impatto sulle colture, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture o allevamenti e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate.

3.5.1 D.1 - Risparmio idrico

In considerazione della vocazione zootecnica del sito, delle specie erbacee selezionate per il miglioramento del pascolo e delle caratteristiche dell'impianto, che consentono la creazione di condizioni di temperatura e umidità favorevoli all'attività agricola e la riduzione dell'evapotraspirazione dovuta all'ombreggiamento, non si ritiene necessario fare ricorso ad interventi irrigui.

3.5.2 D.2 - Continuità dell'attività agricola

Nel corso della vita dell'impianto, saranno monitorati i dati relativi a:

- l'esistenza e la resa dell'attività zootecnica;
- il mantenimento dell'indirizzo produttivo;

Per quanto riguarda la valutazione degli effetti degli interventi di miglioramento del pascolo si possono applicare degli indici di valutazione con varie metodologie di seguito descritte valutandone il quantitativo di biomassa prodotta. Il sistema più immediato per valutare l'offerta foraggiera di un pascolo [t s.s ha⁻¹] è di considerarlo come un prato e procedere allo sfalcio di aree campione di varia forma e superficie mirando alla migliore rappresentatività delle stesse.

Per cogliere la variabilità spaziale naturale dei pascoli sono preferibili aree campione lineari (es. 0,10 x 10 m) ripetute e falciate con tosatrice elettrica.

La produzione dei pascoli può essere anche stimata conoscendo la relazione esistente tra offerta foraggiera e altezza-fittezza dell'erba misurabile mediante un erbometro a piatti con ripetuti rilievi. Questa tecnica ha trovato applicazione nella gestione di cotiche omogenee condotte in modo intensivo.

I risultati di tale monitoraggio saranno riportati in una relazione tecnica asseverata a cura di un agronomo da redigersi con cadenza annuale.

3.6 Verifica del requisito "E"

Di seguito si riportano i parametri che dovrebbero essere oggetto di monitoraggio:

3.6.1 E.1 - Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo

Importante aspetto riguarda il recupero dei terreni non coltivati, che potrebbero essere restituiti all'attività agricola grazie alla incrementata redditività garantita dai sistemi agrivoltaici. È pertanto importante monitorare i casi in cui sia ripresa l'attività agricola su superfici agricole non utilizzate negli ultimi 5 anni.

Il monitoraggio di tale aspetto può essere effettuato nell'ambito della relazione di cui al precedente punto, o tramite una dichiarazione del soggetto proponente.

E.2 – Monitoraggio del microclima

Il microclima presente nella zona ove viene svolta l'attività agricola è importante ai fini della sua conduzione efficace. Infatti, l'impatto di un impianto tecnologico fisso o parzialmente in movimento sulle colture sottostanti e limitrofe è di natura fisica: la sua presenza diminuisce la superficie utile per la coltivazione in ragione della palificazione, intercetta la luce, le precipitazioni e crea variazioni alla circolazione dell'aria.

L'insieme di questi elementi può causare una variazione del microclima locale che può alterare il normale sviluppo della pianta, favorire l'insorgere ed il diffondersi di fitopatie così come può mitigare gli effetti di eccessi termici estivi associati ad elevata radiazione solare determinando un beneficio per la pianta (effetto adattamento).

Tali aspetti possono essere monitorati tramite sensori di temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria unitamente a sensori per la misura della radiazione posizionati al di sotto dei moduli fotovoltaici e, per confronto, nella zona immediatamente limitrofa ma non coperta dall'impianto. In particolare, il monitoraggio potrebbe riguardare:

- la temperatura ambiente esterno (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$;
- la temperatura retro-modulo (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$;
- l'umidità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con igrometri/psicrometri (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti);
- la velocità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con anemometri.

I risultati di tale monitoraggio possono essere registrati, ad esempio, tramite una relazione triennale redatta da parte del proponente.

Questi sistemi di monitoraggio possono essere utilizzati per lo sviluppo di un'*agricoltura digitale* che grazie ad una piattaforma digitale permette l'analisi diretta ed in tempo reale delle condizioni climatiche e produttive del campo agricolo.

E.3 – Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici

Nel corso della vita dell'impianto, saranno monitorati i dati relativi a:

La produzione di elettricità da moduli fotovoltaici deve essere realizzata in condizioni che non pregiudichino l'erogazione dei servizi o le attività impattate da essi in ottica di cambiamenti climatici attuali o futuri.

Come stabilito nella circolare del 30 dicembre 2021, n. 32 recante " Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – Guida operativa per il rispetto del principio di non arrecare danno significativo all'ambiente (DNSH)", dovrà essere prevista una valutazione del rischio ambientale e climatico attuale e futuro in relazione ad alluvioni, nevicate, innalzamento dei livelli dei mari, piogge intense, ecc. per individuare e implementare le necessarie misure di adattamento in linea con il Framework dell'Unione Europea. Dunque:

- in fase di progettazione: il progettista dovrebbe produrre una relazione recante l'analisi dei rischi climatici fisici in funzione del luogo di ubicazione, individuando le eventuali soluzioni di adattamento;
- in fase di monitoraggio: il soggetto erogatore degli eventuali incentivi verificherà l'attuazione delle soluzioni di adattamento climatico eventualmente individuate nella relazione di cui al punto

precedente (ad esempio tramite la richiesta di documentazione, anche fotografica, della fase di cantiere e del manufatto finale).

3.7 Progetto agronomico e mitigazione

Al fine di favorire l’inserimento paesaggistico dell’impianto fotovoltaico nel contesto analizzato e per mitigare il possibile impatto visivo da e verso percorsi di fruizione panoramici, punti e luoghi di belvedere (centri e nuclei storici, luoghi simbolici, siti archeologici di valenza paesaggistica, piazze e strade), si prevede la realizzazione di fasce-arbustive di mitigazione.

All’esterno delle recinzioni di progetto, si prevede la messa a dimora di specie vegetali tipiche del contesto d’intervento in modo tale da salvaguardare l’agroecosistema dell’area, andando ad evitare fenomeni di “effetto barriera”, inoltre, si favorisce il miglioramento della rete ecologica locale.

La scelta delle specie arboree-arbustive è dipesa principalmente dal loro scopo mitigativo, difatti, raggiungeranno altezze variabili dai 3 ai 6 metri e per alcune anche 8 metri ed avranno foglie persistenti, in modo tale da garantire la mitigazione dell’impianto durante tutte le stagioni. La crescita delle specie arbustive sarà inoltre aiutata dagli interventi di manutenzione che saranno realizzati nel post-impianto al fine di consolidare la schermatura dell’impianto nel più breve tempo possibile. Gli interventi di manutenzione delle siepi arbustive consentiranno infine di evitare fenomeni di ombreggiamento dei pannelli che potrebbero compromettere l’efficienza dell’impianto. Alla realizzazione della siepe perimetrale contribuiranno anche le specie arboree e arbustive che in fase di cantiere saranno espantate dall’area interna all’impianto e riposizionate lungo il perimetro dell’impianto. In considerazione che alcuni lati dell’impianto risulterebbero già schermati o comunque non visibili dal potenziale osservatore, in fase di cantiere si eviterà di realizzare barriere sull’intero perimetro delle recinzioni. Questo anche al fine di evitare di aumentare l’effetto barriera determinato dalla presenza delle recinzioni perimetrali e quindi di consentire una maggiore accessibilità delle aree pannellate alla fauna selvatica.

Il sesto d’impianto scelto per la messa a dimora delle fasce di mitigazione sarà di tipo naturale, difatti, si prevede una sistemazione sfalsata a sesto irregolare, di seguito si riporta uno schema del sesto d’impianto scelto. La siepe perimetrale avrà una ampiezza di circa 5 metri in funzione delle zone da schermare e degli spazi a disposizione.

Tabella 3.3 - Elenco specie e densità di impianto (in verde sono evidenziate le specie a foglie persistenti)

Piano arbustivo (densità di impianto: 1 p.ta/ml) per una fila						
Nome specifico	Nome volgare	%	N. piante per 100 ml	Età	Altezza (cm)	Contenitore (l)
<i>Quercus ilex</i> (allevato a siepe)	leccio	40	40	-	80-100	0,75
<i>Laurus nobilis</i>	alloro	25	25	-	80-100	0,75
<i>Pistacia lentiscus</i>	lentisco	10	10	-	80-100	0,75
<i>Phyllirea latifolia</i>	fillirea	10	10	-	80-100	0,75
<i>Crataegus monogyna</i>	biancospino	5	5	-	80-100	0,75
<i>Myrtus communis</i>	mirto	5	5	-	80-100	0,75
<i>Arbutus unedo</i>	corbezzolo	5	5	-	80-100	0,75
Totale specie arbustive per 100 ml		100	100			

Dall'analisi del contesto di intervento è stato predisposto un piano colturale che prevede per tutti i terreni coinvolti la coltivazione di prati pascolo pluriennali polifiti gestiti attraverso pascolamento diretto di capi ovini. Parte dei terreni esterni è invece dedicata alla coltivazione di cerealicole e foraggere annuali.

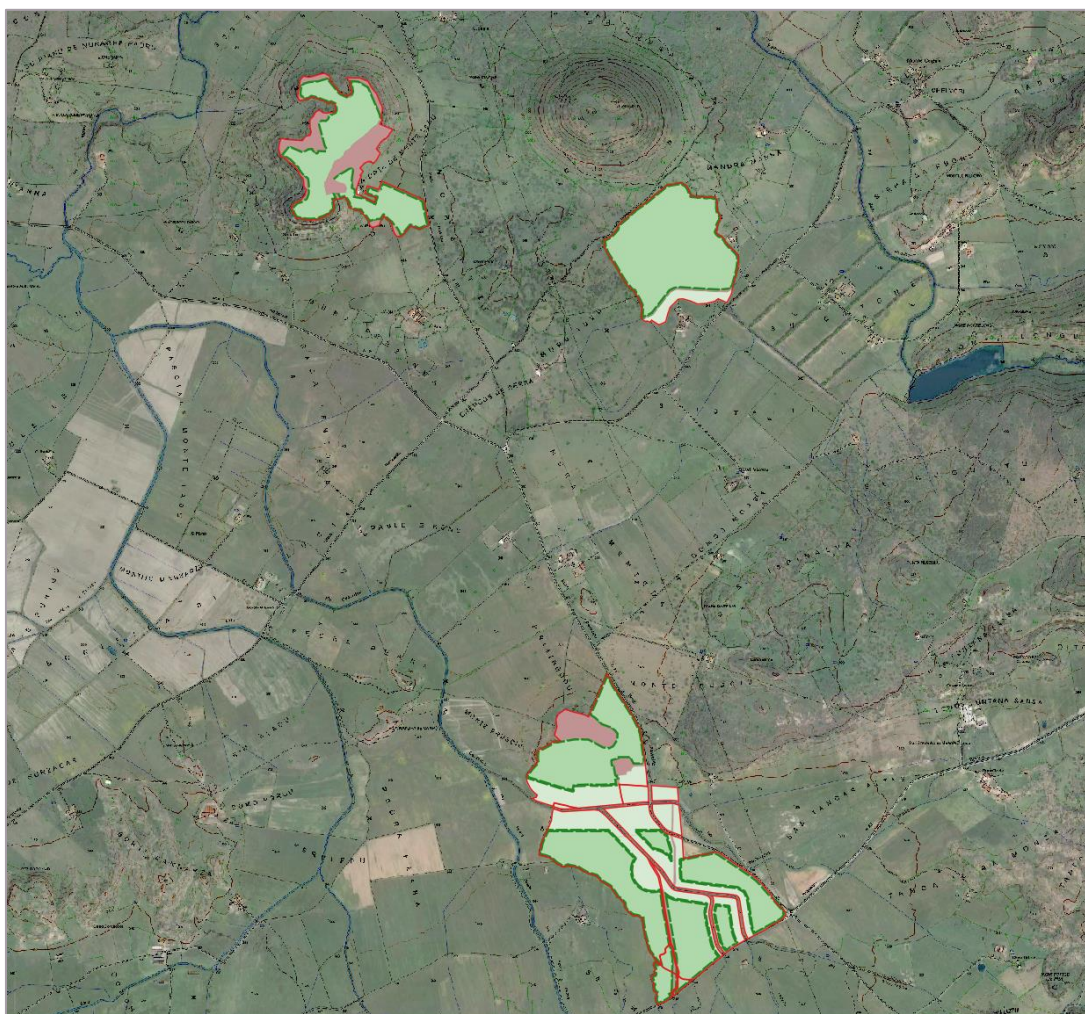
Di seguito si riportano la planimetria e la tabella che rappresentano e descrivono le scelte colturali:

Tabella 3.4 - Piano colturale definito per l'impianto agrivoltaico e le aree esterne.

Tipologia area	Coltura	Estensione (ha)
Interne	PRATO PASCOLO PLURIENNALE + INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO (miscela di leguminose e graminacee pluriennali da pascolo)	80,59
Esterne	AVVICENDAMENTO FRA CEREALICOLE E LEGUMINOSE DA FORAGGIO	25,32
Totale aree coltivate		105,91

Tabella 3.5 – Aree non destinate alla coltivazione e verifica delle superfici disponibili.


Tipologia area	Descrizione	Estensione (ha)
Mitigazione	Piantumazione di alberi e arbusti	7,12
Aree non coltivabili	Aree non idonee alla piantumazione la cui destinazione non muterà: (p.e. aree limitrofe alle strade, aree boscate ecc.)	12,47
Aree occupate da elementi progettuali	Aree di sedime delle strade interne, delle Cabine Power Station, Consegna, Uffici e Magazzino	2,81
(A) Totale aree non coltivate		22,41
(B) Totale aree coltivate		105,91
Totale area disponibile (A+B) [coincidente con area catastale]		128,32



LEGENDA

 Area disponibilità catastale

PIANO COLTURALE E MITIGAZIONI

 FASCIA DI MITIGAZIONE ESTERNA:
 Quercis ilex (leccio), laurus nobilis (alloro), Pistacia lentiscus (lentisco), Phyllirea latifolia (fillirea), Erica arborea (erica arborea), Myrtus communis (mirto), Arbutus unedo (corbezzolo).

 AVVICENDAMENTO FRA CEREALICOLE E LEGUMINOSE DA FORAGGIO

 PRATO PASCOLO PLURIENNALE + INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO
 (miscela di leguminose e graminacee pluriennali da pascolo)

 Aree non destinate alla coltura e mitigazione

Figura 3.3 – Opere a verde