

## **Relazione agrivoltaica**

### **IMPIANTO FV “MONTALTO PESCIA”**

Comune di Montalto di Castro (VT)

## Indice

1. Introduzione .....	3
2. Requisiti nuove linee guida.....	4
3. <i>SoW-Scope of Work</i> .....	5
4. Descrizione del sito.....	5
4.1. <i>Layout</i> dell'impianto.....	6
4.2. Effetti microclimatici positivi dell'impianto APV .....	7
4.3. Caratterizzazione del suolo .....	8
4.4. Aspetti climatici .....	9
5. Soluzioni.....	10
5.1. Rotazioni.....	10
6. Progettazione .....	12
6.1. Progettazione delle soluzioni e sperimentazioni.....	12
6.2. Progettazione delle soluzioni irrigue .....	15
7. <i>Design</i> .....	16
7.1. Descrizione della coltivazione per parcelle .....	16
7.2. Gestione delle attività e manutenzione .....	20
8. Monitoraggio delle colture.....	21
8.1. In situ .....	21
8.2. Vantaggi e risultati attesi.....	21
9. Computo metrico.....	22
9.1. Analisi di costi e ricavi dell'attività agrivoltaica.....	22
10. Analisi delle ricadute ambientali dell'intervento .....	27
10.1. Benefici dell'impianto APV .....	27
10.2. Impatti ambientali .....	28
11. Cronoprogramma .....	30
12. Caratteristiche e requisiti degli impianti agrivoltaici.....	31
12.1. REQUISITO A:.....	31
12.2. REQUISITO B:.....	32
12.3. REQUISITO D ed E:.....	33
13. Conclusioni .....	38

## 1. Introduzione

Con il termine AgriPhotoVoltaic (abbreviato APV) si indica un settore, ancora poco diffuso, caratterizzato da un utilizzo "ibrido" dei terreni agricoli per la produzione agricola e produzione di energia elettrica attraverso l'installazione, sullo stesso terreno, di impianti fotovoltaici in combinazione con la coltivazione agricola (agrivoltaico).

I sistemi agro-fotovoltaici costituiscono un approccio strategico e innovativo per combinare il solare fotovoltaico (FV) con la produzione agricola e/o l'allevamento zootecnico, anche per il recupero delle aree marginali. La sinergia tra modelli di agricoltura 4.0 e l'installazione di pannelli fotovoltaici di ultima generazione potrà garantire una serie di vantaggi a partire dall'ottimizzazione del raccolto e della produzione zootecnica, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo, con conseguente aumento della redditività e dell'occupazione. La Missione 2, Componente 2, del PNRR ha come obiettivo principale l'implementazione di sistemi ibridi agricoltura-produzione di energia che non compromettano l'utilizzo dei terreni dedicati all'agricoltura, ma contribuiscano alla sostenibilità ambientale ed economica delle aziende coinvolte.

La cosiddetta "generazione distribuita", infatti, non potrà fare a meno, per molte ragioni, di impianti che occupano nuovi terreni oggi dedicati all'agricoltura per una parte. Per essere possibile è necessario adottare nuovi criteri di impiantistica, utilizzando criteri e modalità di gestione completamente nuovi per il nuovo settore APV.

Il Piano Agro-Solare ha come obiettivi principali l'incremento della produttività dei terreni agricoli coinvolti, attraverso lo sviluppo di un modello di agricoltura razionale, anche con nuove coltivazioni accanto a quelle tradizionali, compresi gli aspetti zootecnici e di sicurezza sul lavoro. Il programma mira alla produzione di energia rinnovabile in maniera sostenibile e in armonia con l'ambiente, puntando anche all'impiego di mezzi agricoli elettrici.

## 2. Requisiti nuove linee guida

Le nuove Linee Guida (D.M. del MITE del 27 giugno 2022) definiscono gli aspetti ed i requisiti che i sistemi agrivoltaici devono rispettare al fine di rispondere alla finalità generale per cui sono realizzati.

I requisiti definiti sono i seguenti:

- 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.

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.

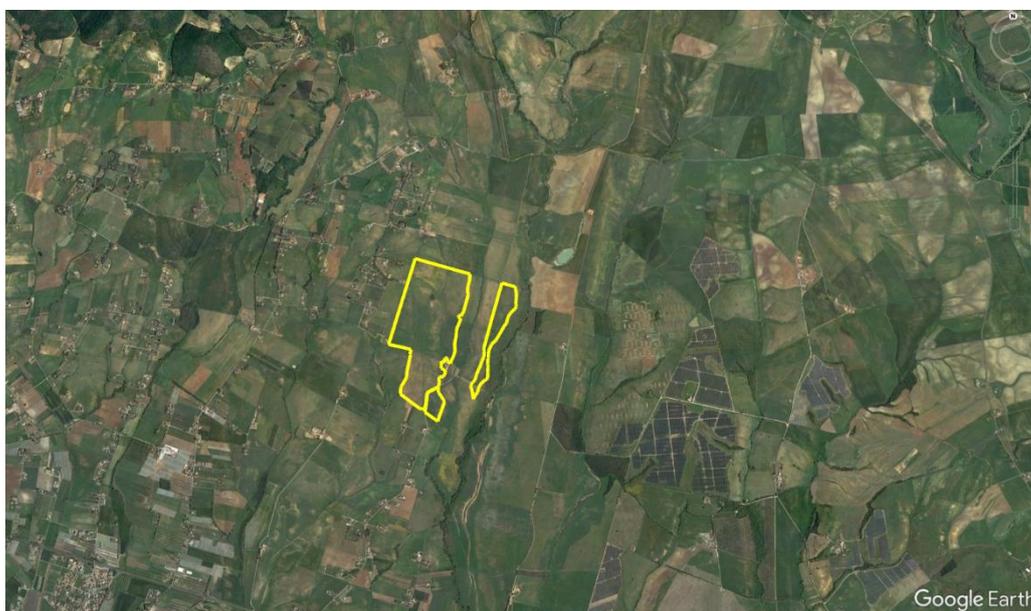
Il rispetto dei requisiti A, B, C e D è necessario per soddisfare la definizione di "impianto agrivoltaico avanzato" e, in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, classificare l'impianto come meritevole dell'accesso agli incentivi statali a valere sulle tariffe elettriche. Il rispetto anche del requisito E è pre-condizione per l'accesso ai contributi del PNRR.

### 3. SoW-Scope of Work

Scopo principale del presente *Report* è definire soluzioni agronomiche da integrare con l'impianto fotovoltaico "Montalto Pesca" sviluppato dalla società Iberdrola Renovables SpA da realizzarsi nel Comune di Montalto di Castro (VT). Le attività richieste sono relative all'individuazione e alla progettazione di soluzioni di utilizzo polivalente del suolo per consentire la perfetta integrazione dell'impianto FV che, pertanto, non influirà sull'efficienza dell'attività agricola e anzi ne migliorerà la produzione. Nello specifico, tale studio ha come scopo la redazione della relazione agri-voltaica da parte di SEA Tuscia, spin-off dell'Università degli Studi della Tuscia.

### 4. Descrizione del sito

L'area oggetto della presente relazione è censita al N.C.T del Comune di Montalto di Castro (VT); più precisamente interessa le Particelle 63, 229, 266, 1, 74, 2, 155, 5, 65, 232, 9, 20, 23, 69, 17, 70, 16, 18, 21, 22, 222, 73, 233, 160, 156, 66, 67, 68, 13, 14, 15, 230, 71, 72 del Foglio 10 per una superficie complessiva di circa 102,68 ettari (Figura 1). Le coordinate geografiche sono: 42°25'22.68" N e 11°32'27.48" E. L'altimetria è di circa 50 m s.l.m.. L'area di interesse è situata a circa 1.6 km dalla strada statale 1 (SS Aurelia) e a 3 km a nord dalla frazione di Pesca Romana.



**Figura 1.** Area individuata dal sito Google Earth con ortofoto della località, Comune di Montalto di Castro

#### 4.1. Layout dell'impianto

Di seguito (Figure 2 e 3) vengono individuati il *layout* dell'impianto e l'installazione dei pannelli. L'impianto ha una distanza tra le fila di 9,69 m, di cui 6,5 m utili ai fini dell'innesto delle colture, e i pannelli presentano un'altezza da terra di 2,57 m (inclinazione 180°) e una larghezza di 4,69 m (Figura 3).

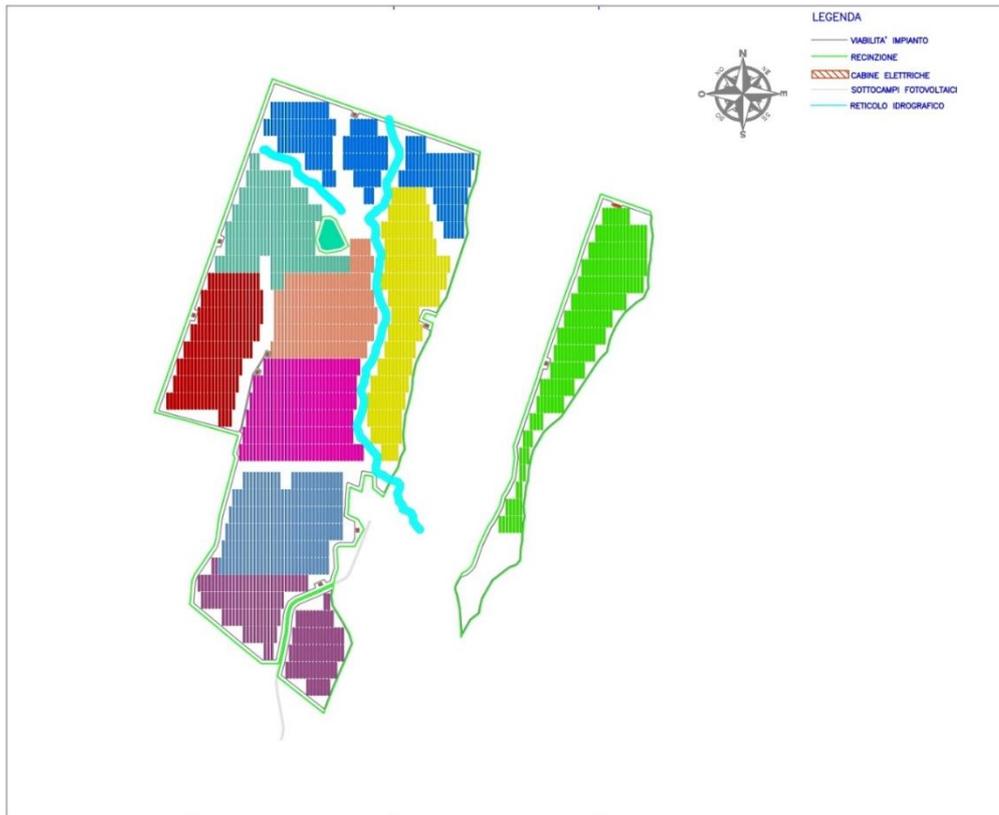


Figura 2. Visualizzazione generale dell'area

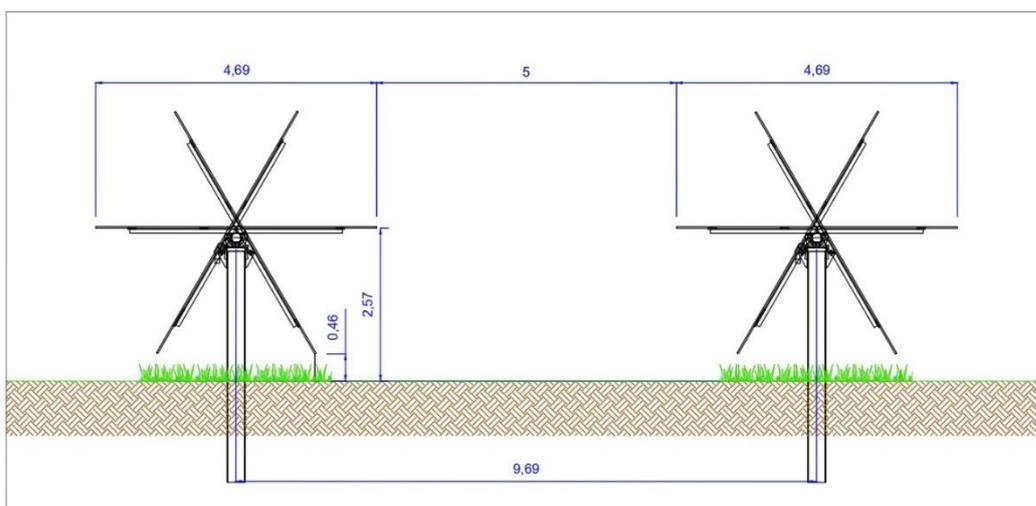


Figura 3. Caratteristiche del pannello

L'area d'interesse per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico ad inseguimento mono-assiale, presenta un'estensione complessiva di circa 102,68 ettari, la cui potenza nominale sarà pari a **65.286 kWp**.

La superficie risulta essere così ripartita:

- Superficie Totale Impianto APV: **102.68.29 ha**;
- Superficie Coltivata APV: **73.46.43 ha**;
- Superficie non Colt. APV: **19.18.99 ha**;
- Tare: **10.02.87 ha**.

RIPARTIZIONE SAT					
COLTURA	Sup.Coltivata	Sup.non Colt.Trackers	Acque	Viabilità	SAT
FRUMENTO DURO	47.4043	11.9142	3.4701	2.4628	
ERBAIO	15.0226	4.8974		2.2694	
FAVINO	11.0375	2.3782		1.8264	
<b>TOT</b>	<b>73.4643</b>	<b>19.1899</b>	<b>3.4701</b>	<b>6.5586</b>	<b>102.6829</b>
%	71.5	18.7	3.4	6.4	100

#### 4.2. Effetti microclimatici positivi dell'impianto APV

La presenza dei *trackers* dell'impianto APV determina alcune alterazioni a livello di disponibilità di radiazione, di temperatura e di umidità del suolo, che caratterizzano il microclima delle piante coltivate. L'impatto può essere più o meno incisivo, in funzione delle specifiche esigenze delle specie prese in considerazione per l'impianto.

- La radiazione solare è un fattore essenziale per le piante, regola il processo di fotosintesi clorofilliana, l'accrescimento e la loro produttività.

In generale, la presenza di un *tracker* tende a ridurre la percentuale di radiazione diretta, con intensità variabile in funzione della distanza dal pannello, del momento del giorno e del periodo dell'anno, e tende ad aumentare la quantità di radiazione diffusa. Tuttavia, la moderna tipologia di *trackers* ad inseguimento mono-assiale e l'ampia distanza tra questi, consentono alle piante coltivate di sfruttare sia la radiazione riflessa che quella diffusa dai pannelli stessi.

- La temperatura dell'aria, essendo in stretta correlazione con la radiazione solare, tende a variare nell'area sottostante l'impianto andando a ridursi anche di 3-4 °C e aumentando la propria umidità.

In funzione delle esigenze termiche, le piante vengono raggruppate in microterme, aventi modeste esigenze termiche, e macroterme che necessitano di temperature mediamente più elevate. A causa degli impatti agricoli dovuti ai cambiamenti climatici, oggi, si tende ad ombreggiare le colture con siepi, alberature e reti ombreggianti, per cercare di mitigare fenomeni di stress termici, scottature e carenze idriche. A tal fine l'impianto agrivoltaico potrebbe rappresentare un servizio analogo. Così come le piante microterme trarrebbero certamente vantaggio dalla condizione di ombreggiamento parziale, anche le macroterme ne sarebbero avvantaggiate per la riduzione dei picchi di temperatura estivi e per la riduzione dell'evapotraspirazione. Inoltre, il parziale ombreggiamento dell'impianto andrebbe a influire anche sulla temperatura del suolo che nel periodo estivo tenderebbe a diminuire e nel periodo invernale, grazie al riflesso delle radiazioni emesse dalla terra durante il raffreddamento notturno e trattenute dai pannelli, tenderebbe ad aumentare.

- L'evapotraspirazione definisce la quantità d'acqua che effettivamente evapora dalla superficie del terreno e traspira attraverso gli apparati fogliari delle piante, in determinate condizioni di temperatura. La condizione di ombreggiamento, intervenendo sulla radiazione solare, sulla temperatura dell'aria e infine, sulla temperatura del suolo, tende a ridurre la traspirazione fogliare e, in maggior misura, l'evapotraspirazione del terreno, determinando un aumento dell'efficienza d'uso delle riserve idriche del suolo con conseguente riduzione degli apporti idrici necessari.

#### 4.3. Caratterizzazione del suolo

Il sito d'interesse rientra nell'area dell'alto Lazio, ai confini con la Toscana meridionale. Complessivamente l'area è caratterizzata dalla presenza di terreni alluvionali e marini pliolestocenici, attualmente lavorati con pendenze variabili. A scala locale sono presenti depositi quaternari in facies marina, marino costiera e continentale poggianti sul substrato marino argilloso mio-pliocenico. Nella fascia costiera ed in quella adiacente pianeggiante interna prevalgono terreni sedimentari, nella retrostante aerea, collinare e di bassa montagna, affiorano terreni vulcanici. Infatti, partendo dalla costa si osservano depositi neogenici, con bancate sabbiose ciottolose e calcareo-sabbiose, mentre verso l'interno si trovano tavolati lavici od ignimbrici.

#### 4.4. Aspetti climatici

Esistono diversi dati climatici per comprendere il sito in cui verranno implementate le colture. Questi dati influenzano la scelta finale della coltura. La temperatura è il fattore principale da tenere a mente. Il sito ricade in un'area a clima caldo e temperato. La temperatura più bassa si raggiunge a gennaio e febbraio quando la media delle minime è di 5,1 °C. Il mese più caldo risulta essere agosto, con una temperatura media di 28,1 °C. La precipitazione media annua è di 788 mm, con concentrazioni maggiori nel mese di ottobre (media mensile 121 mm). Legando la temperatura alle colture è importante osservare il termoperiodismo, cioè la risposta delle piante alle fluttuazioni del livello termico, alle variazioni di temperatura giornaliera o stagionali. In Tabella 1 sono riportate le medie delle temperature e precipitazioni dall'anno 1991 al 2021 del Comune di Montalto di Castro.

**Tabella 1.** Dati termo-pluviometrici medi annui riferiti al periodo 1991-2021. Stazione meteo di Montalto di Castro (VT)

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	7.9	8.1	10.5	13.4	17.2	21.6	24.2	24.5	20.7	17.1	12.9	9.2
T minima (°C)	5.1	5.1	7.2	9.8	13.4	17.5	20.1	20.6	17.5	14.4	10.5	6.7
T massima (°C)	10.8	11.3	13.9	16.9	20.7	25.2	27.9	28.1	24.1	20.2	15.5	11.9
Precipitazioni (mm)	75	70	58	56	35	21	12	19	77	121	147	97
Giorni di pioggia (g.)	7	7	5	6	4	3	1	2	5	8	9	9
Ore di sole (ore)	6.3	7.4	8.5	10.4	11.7	12.7	12.6	11.6	10.0	7.9	6.7	6.2

## 5. Soluzioni

La scelta delle specie da utilizzare per l'agrivoltaico nel sito ubicato, nel Comune di Montalto di Castro (VT), è stata effettuata prendendo in considerazione:

1. caratteristiche pedo-climatiche del sito;
2. larghezza delle fasce coltivabili tra i pannelli;
3. altezza dei pannelli da terra.

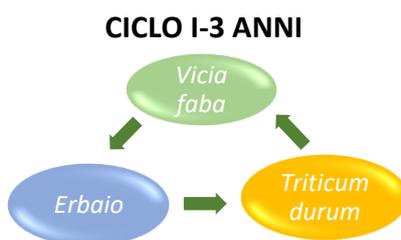
Le caratteristiche dell'impianto consentono di mantenere l'attuale indirizzo produttivo, andando a prestare particolare attenzione al mantenimento/incremento della sostanza organica, grazie all'attuazione delle corrette rotazioni colturali e l'impiego di leguminose.

### 5.1. Rotazioni

In base a questi dati, si è deciso quindi di puntare in primo luogo su colture che avessero un *habitus* adatto alla tipologia d'impianto APV. Successivamente, tra queste, si è scelto un *set* di colture che fosse adatto alla coltivazione nell'areale del sito d'impianto e che avesse uno stretto legame con il territorio. La scelta, quindi, è ricaduta su piante erbacee annuali e autoctone della flora italiana e già coltivate in zona, quali frumento duro, favino e avena-trifoglio in un sistema di erbaio polifita. Nel dettaglio si può considerare un ciclo (Ciclo I) con tre impianti colturali annuali posti in avvicendamento tra loro.

- **Ciclo I:** 3 anni (1+1+1) con *Triticum durum*, *Vicia faba var. minor* ed erbaio (*Avena sativa* e *Trifolium squarrosum*).

Tutti gli impianti hanno durata annuale. Il frumento (*Triticum durum*) verrà coltivato per la produzione di granella a fini alimentari, il favino (*Vicia faba var. minor*) verrà coltivato per la produzione di granella a fini zootecnici, mentre l'erbaio verrà sfalciato per produrre fieno. Inoltre, essendo il favino una leguminosa, questo contribuirà anche ad incrementare il contenuto di azoto e di sostanza organica nel terreno tra una coltura e l'altra.



Nelle tabelle seguenti sono elencate le possibili soluzioni e alcuni aspetti agronomici.

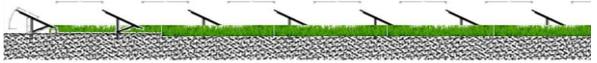
Soluzioni	Adattabilità con il sistema agrovoltaico	Semina	Esigenze agronomiche	Fabbisogno idrico	Raccolta
 <p><b>Triticum durum</b> Resa: 2,5-4,5 t/ha</p> 	Il frumento duro è una pianta erbacea annuale, con altezza inferiore al metro.	La semina si effettua dalla seconda metà di ottobre fino all'inizio di dicembre, nel caso del meridione. La dose di seme è di circa 400 semi/mq ad una profondità di 4-5 cm.	Il frumento duro predilige terreni piuttosto argillosi e di buona capacità idrica mentre rifugge da quelli tendenti allo sciolto. È adatto ad ambienti aridi e caldi e soffre avversità come il freddo, l'umidità eccessiva e l'allettamento. Importanti sono le concimazioni azotate, fosfatiche e potassiche, nelle dosi rispettivamente di 110 kg/ha, 50 kg/ha e 70 kg/ha.	Le irrigazioni risultano essere superflue.	La raccolta va da fine maggio-inizio giugno (meridione) alla seconda metà di giugno-inizio luglio (centro). La raccolta avviene per mezzo di una mietitrebbia.

Soluzioni	Adattabilità con il sistema agrovoltaico	Semina	Esigenze agronomiche	Fabbisogno idrico	Raccolta
 <p><b>Vicia faba var. minor</b> Resa: 20-30 q/ha</p> 	Il favino è una pianta erbacea annua con asse eretto allungato, spesso privo di foglie che può arrivare al metro di altezza.	Il favino si semina direttamente in pieno campo a file, con una densità di 50-60 piante/mq, quindi 160-220 kg/ha. Il periodo di semina è in ottobre al Nord Italia e la prima quindicina di Novembre al centro Sud.	Il favino si adatta a tutti i tipi di terreno, purché non siccitoso. Tuttavia, predilige terreni di medio impasto, argilloso-calcarei, profondi, freschi, nei quali non si verificano prolungati ristagni d'acqua. Il pH che più conviene al favino è quello subalcalino. Evitare la concimazione organica in pre-semine. La concimazione minerale, invece, va basata principalmente sul fosforo. Possono essere utili le pratiche di sarchiatura, rincalzatura e cimatura.	L'irrigazione risulta essere superficiale.	L'epoca di raccolta va da metà giugno a metà luglio e si esegue con una mietitrebbia da grano.

Soluzioni	Adattabilità con il sistema fotovoltaico	Semina	Esigenze agronomiche	Fabbisogno idrico	Raccolta
<p><i>Avena sativa</i> <i>Trifolium squarrosum</i></p> 	Le specie scelte sono di tipo erbaceo e annuale. Le altezze raggiungono un massimo di circa 100 cm.	La semina viene effettuata in autunno (settembre-ottobre) previa ripuntatura del terreno ed epicatura. La semina può essere effettuata a file o a spaglio, con dosi di 90-100 kg/ha di seme.	Si tratta di specie rustiche che si adattano facilmente a condizioni di clima e di terreno eterogenee.	La richiesta idrica è minima.	Le specie verranno sfalciate nel periodo di maggio-giugno.

## 6. Progettazione

### 6.1. Progettazione delle soluzioni e sperimentazioni

	<p><i>Triticum durum</i> Desf.</p>	
<p><b>Descrizione botanica</b></p>	<p><b>Ordine: Poales</b>  <b>Famiglia: Poaceae</b>  <b>Genere: <i>Triticum</i></b>  <b>Specie: <i>T. durum</i></b></p>	
<p>Il frumento duro è una pianta erbacea annuale, in particolare un cereale autunno-vernino. La forma biologica è una terofita scaposa (T scap). Si tratta di una pianta annua con asse allungato, spesso privo di foglie. L'apparato radicale è di tipo fascicolato e consta di radici seminali e avventizie. Il fusto è un culmo costituito di nodi e internodi e termina con l'infiorescenza. Ogni foglia è formata da una guaina, che avvolge il culmo, e da una lamina lanceolata. L'infiorescenza è una pannocchia apicale, detta spiga, formata da un asse principale, rachide, che porta a ogni dente una spighetta formata da due glume esterne che racchiudono più fiori non tutti fertili. Il fiore presenta un ovario uniloculare con stilo bifido e stimma piumoso. La fioritura va da maggio a giugno. L'impollinazione è autogama. Il frutto è una cariosside nuda, dorsalmente convessa e solcata ventralmente, di consistenza vitrea. È una archeofita casuale con distribuzione altitudinale da 0 a 600 m s.l.m..</p>		
<p><b>Finalità della produzione</b></p>	<p><b>Alimentare</b></p>	
<p>La suddetta specie è stata selezionata per la sua idoneità dell'<i>habitus</i> all'impianto fotovoltaico, per la sua adattabilità all'areale e per la sua elevata produzione alimentare.</p>		
<p><b>Meccanizzazione</b></p>		
<p>L'irrigazione, se necessaria, può essere effettuata a pioggia, con il serbatoio a bordo campo. Il macchinario utilizzabile per la raccolta di questa essenza potrebbe essere un macchinario simil mietitrebbiatrice Kubota DC-93G da 69.6 kW/2600 rpm, con lunghezza complessiva di 5,43 m, larghezza di 2,42 m e altezza di 2,88 m. La mietitrebbiatrice ha una velocità minima di 0,86 m/s e una massima di 2,10 m/s. La capacità del serbatoio della granella è di 1800 L.</p>		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>		
<p>Il frumento duro risulta essere una coltura ad elevata valenza alimentare per il settore agro-industriale. La varietà da impiegare deve essere adatta all'areale di produzione.</p>		



*Vicia faba var. minor* L.

<b>Descrizione botanica</b>	<b>Ordine: Fabales</b> <b>Famiglia: Fabaceae</b> <b>Genere: <i>Vicia</i></b> <b>Specie: <i>V. faba var. minor</i></b>
-----------------------------	--

Il favino è una pianta annuale, a rapido sviluppo, con portamento eretto. La forma biologica è una terofita scaposa (T scap). Si tratta di una pianta annua con asse fiorale allungato, spesso privo di foglie. L'apparato radicale è fittonante, con numerose ramificazioni laterali di struttura reniforme che ospitano specifici batteri azotofissatori. Il fusto ha sezione quadrangolare, cavo, ramificato alla base, con accrescimento indeterminato, alto da 70 a 100 cm. Le foglie sono alterne, paripennate, composte da due o tre paia di foglioline sessili ellittiche intere, con la fogliolina terminale trasformata in un'appendice poco appariscente, ma riconducibile al cirro delle *Vicieae*. Le infiorescenze sono formate da fiori raccolti in racemi che si sviluppano all'ascella delle foglie a partire dal settimo nodo. Ogni racemo porta da 1 a 6 fiori. I fiori hanno una lunghezza di 25 mm, con vessillo ondulato, di colore bianco striato di nero e ali bianco-violacee macchiate di nero. La fioritura va da marzo a maggio. Il frutto è un legume allungato, contenente da 2 a 10 semi con ilo evidente, inizialmente verdi e di colore più scuro (dal nocciola al bruno) a maturità. È un'entità archeofita casuale con distribuzione altitudinale da 0 a 1.400 m s.l.m..

<b>Finalità della produzione</b>	<b>Alimentare animale</b>
----------------------------------	---------------------------

La suddetta specie è stata selezionata per la sua idoneità dell'*habitus* all'impianto fotovoltaico, per la sua adattabilità all'areale, nonché per i suoi molteplici utilizzi. La *Vicia faba var. minor* è una pianta alimentare che si coltiva per la sua granella ad uso zootenico e, essendo una leguminosa azotofissatrice, viene utilizzata anche come coltura miglioratrice. In conclusione, oltre la produzione di prodotto destinato alla zootecnia, risulta essere importante anche per il risanamento del suolo.

<b>Meccanizzazione</b>	
------------------------	--

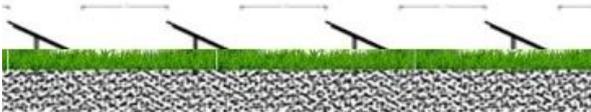
Il macchinario utilizzabile per la raccolta di questa essenza potrebbe essere un macchinario simil mietitrebbiatrice Kubota DC-93G da 69.6 kW/2600 rpm, con lunghezza complessiva di 5,43 m, larghezza di 2,42 m e altezza di 2,88 m. La mietitrebbiatrice ha una velocità minima di 0,86 m/s e una massima di 2,10 m/s. La capacità del serbatoio della granella è di 1800 l.



Il favino (var. *minor*) risulta essere una coltura importante per l'alimentazione animale e per il miglioramento del terreno. La *cultivar* adatta a questo tipo d'impianto risulta essere quella con altezza sotto il metro.



## Erbaio polifita

<p><b>Descrizione botanica</b></p>	<p><i>Avena sativa</i> <i>Trifolium squarrosum</i></p>
<p><b>Finalità della produzione</b></p>	<p><b>Alimentazione zootecnica-Agroecologica</b></p>
<p>Le suddette specie sono state selezionate per la loro idoneità dell'<i>habitus</i> all'impianto fotovoltaico, per la loro adattabilità all'areale e per la produzione di foraggio qualitativamente equilibrato.</p>	
<p><b>Meccanizzazione</b></p>	
<p>Il macchinario utilizzabile per lo sfalcio di queste essenze potrebbe essere una falciatrice tipo Fendt Slicer 260 FPS con larghezza di lavoro di 2,5 m, larghezza dell'andata 1,35 m, numero di dischi falcianti 4, velocità presa di forza 540/1000 U/min, potenza richiesta 28 kW, peso 0,504t.</p>	
<p>Lo sfalcio, una volta essiccato, andrà imballato.</p>	
	
<p>L'erbaio polifita è stato selezionato per la progettazione dell'impianto poiché, oltre ad avere una rilevanza dal punto di vista foraggero, la sua tipica consociazione tra specie graminacee e leguminose va ad apportare un miglioramento alla fertilità del terreno.</p>	

## 6.2. Progettazione delle soluzioni irrigue

Date le colture scelte e la piovosità media dell'areale, non si ritiene necessario adottare un sistema d'irrigazione fisso. Il sistema colturale verrà gestito totalmente in asciutta.

<b>Coltura</b>	<b>fabbisogno idrico (mm/anno/ha)</b>	<b>ciclo colturale</b>	<b>piovosità media (mm/anno)</b>
FRUMENTO	450-650	nov.-lug.	571
ERBAIO	500-650	ott.-giu.	680
FAVINO	500-700	nov.-lug.	571

Stazione Montalto di Castro

## 7. Design

### 7.1. Descrizione della coltivazione per parcelle

Nel campo agrivoltaico possono essere utilizzate specie erbacee con limitata crescita verticale: frumento duro, favino ed erbaio polifita (Figure 4 e 5).

Le specifiche dei singoli sestri d'impianto sono riportate nelle Figure 4 e 6.

- **Frumento duro:** durata impianto 1 anno;
- **Erbaio:** durata impianto 1 anno;
- **Favino:** durata impianto 1 anno.

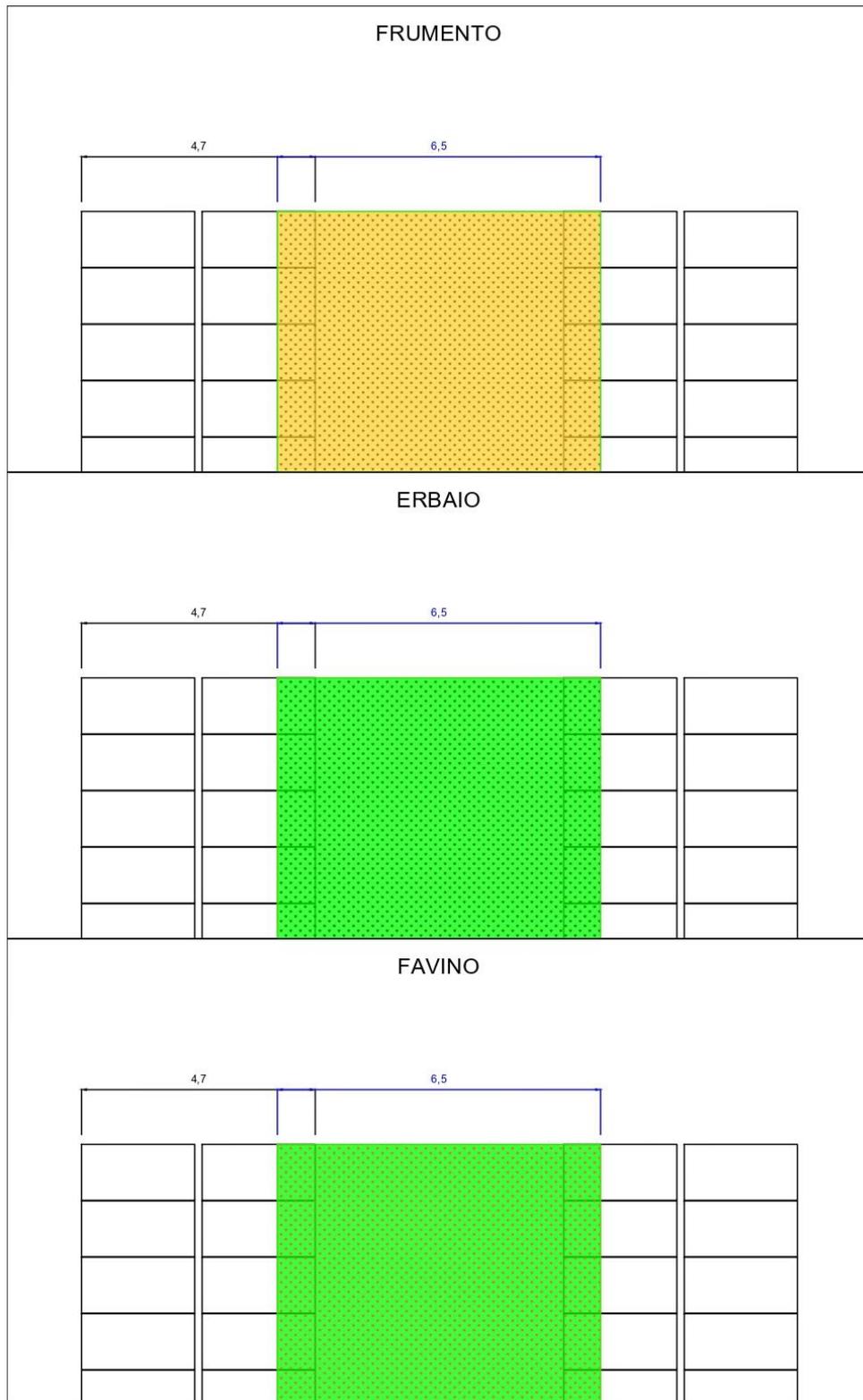
Gli impianti saranno stabili per un anno. Dopo il primo ciclo colturale, quindi alla fine del primo anno, verrà predisposto l'**avvicendamento** tra **frumento duro**, **favino** ed **erbaio** (Figura 5).

Nella Figura 6 vengono riportati i prospetti frontali delle colture agrarie inserite all'interno dell'impianto agrivoltaico. Come è possibile desumere dall'immagine, dati i sestri e le altezze dei *trackers*, è consentita la meccanizzazione delle varie operazioni colturali. In Figura 7 viene rappresentato il raggio di sterzata del macchinario con dimensioni maggiori (Trebbiatrice). La Figura 7 mostra come, nonostante il macchinario abbia una larghezza di 4,60 m, risulti possibile la movimentazione all'interno dell'APV.

Nella progettazione agronomica è stata prevista anche la presenza di:

- **Fascia di mitigazione:** costituita da essenze di tipo arboreo (*Quercus ilex* e *Quercus pubescens*) ed arbustivo (*Myrtus communis*, *Pistacia lentiscus* e *Laurus nobilis*), appartenenti alla flora autoctona locale. Per garantire il buon attecchimento delle piante verrà predisposto un sistema d'irrigazione a goccia, mediante ala gocciolante, durante le prime fasi di allevamento. La gestione agronomica della siepe e della fascia arborea non prevede l'impiego di prodotti fitosanitari.

La presenza di una fascia arbustiva ed una arborea ha come scopo quello di mitigare la percezione visiva dell'impianto e migliorare ed ampliare gli elementi della rete ecologica locale esistente.



**Figura 4.** Rappresentazione dell'impianto della coltura di frumento duro, erbaio e favino

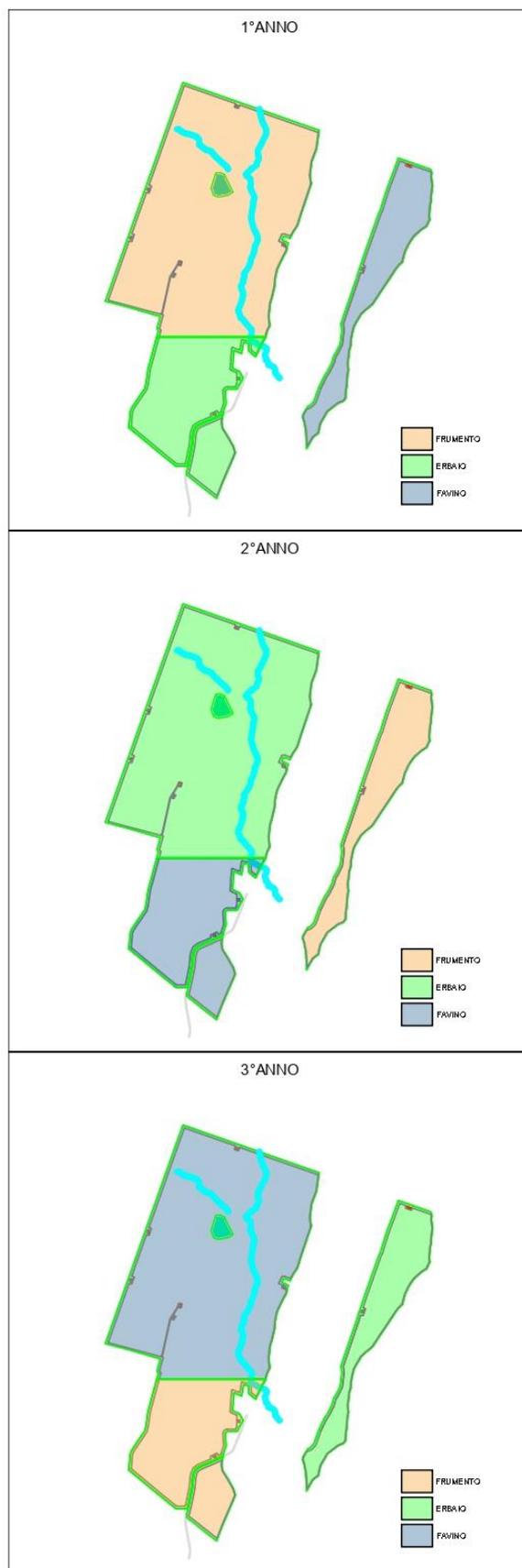
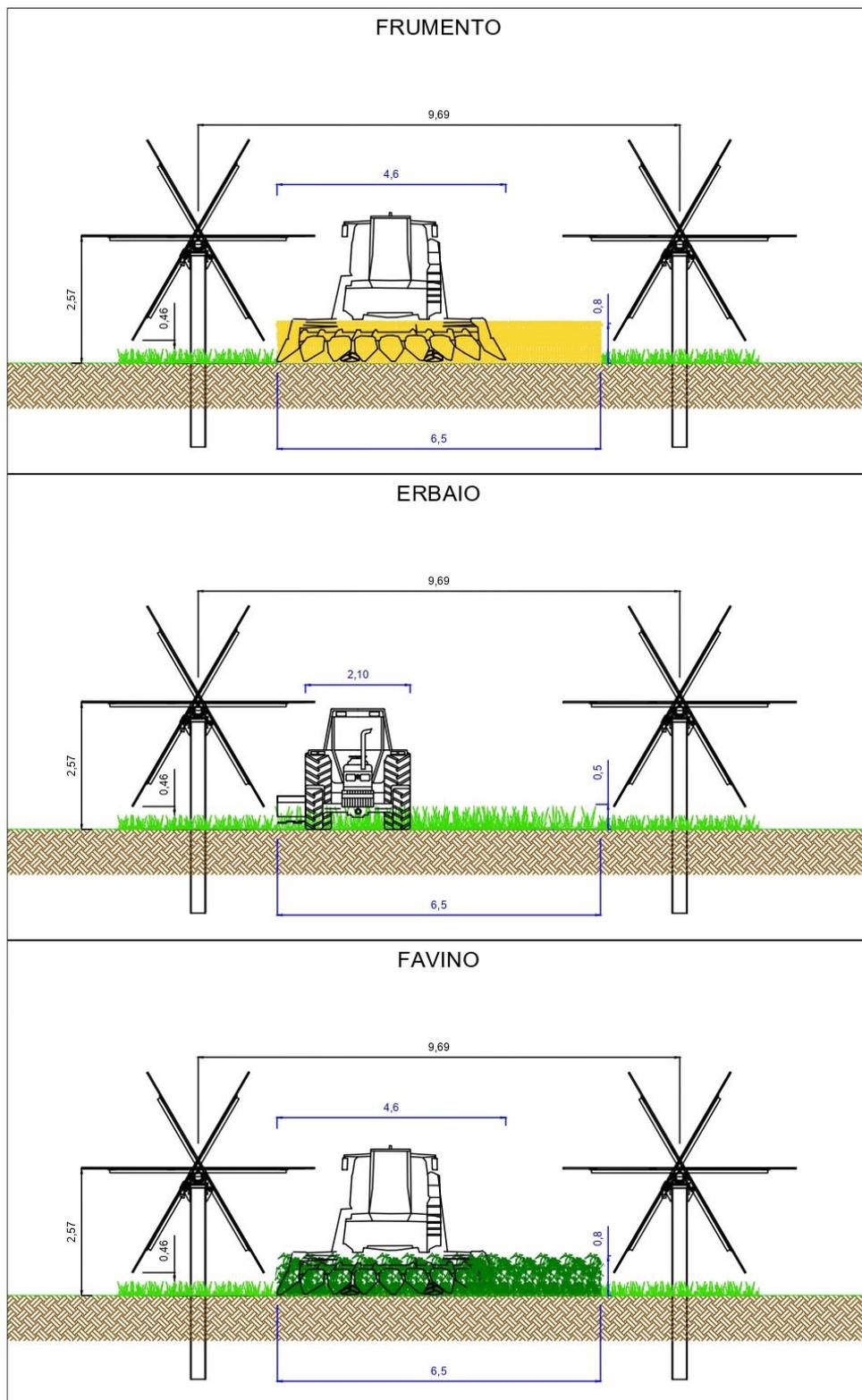
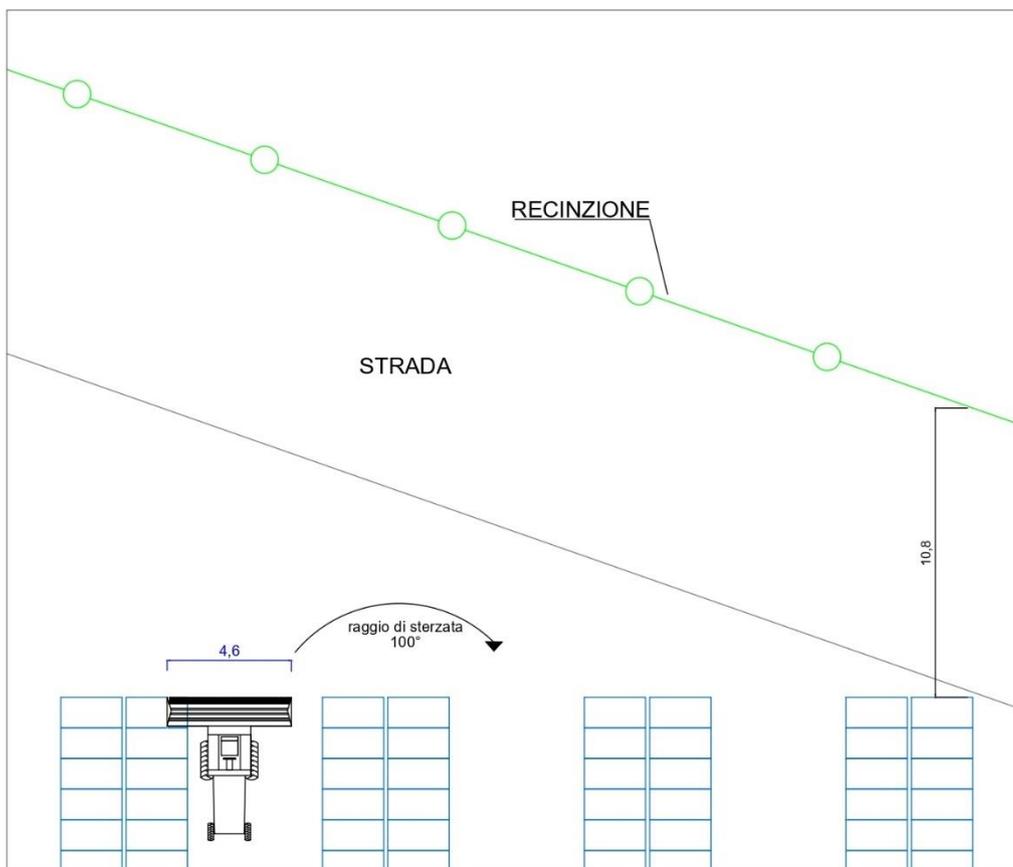


Figura 5. Rappresentazione dell'impianto al 1°, 2° e 3° anno



**Figura 6.** Rappresentazione del prospetto frontale delle colture di frumento, erbaio e favino



**Figura 7.** Rappresentazione del raggio di sterzata del macchinario per la raccolta

## 7.2. Gestione delle attività e manutenzione

1. Mantenimento di terreni a vocazione agricola.
2. Integrazione del reddito agricolo.
3. Eventi divulgativi e disponibilità per gli Istituti di istruzione scolastica di diverso ordine e grado.
4. Acquisto di attrezzature e macchinari in base alla coltura.
5. Monitoraggio mensile della coltura a supporto del sistema decisionale ai fini di una corretta gestione colturale.

## 8. Monitoraggio delle colture

### 8.1. In situ

- Consumo d'acqua
- Consumo energetico per unità di prodotto (applicazione LCA)
- Misurazione dell'albedo
- Valutazione dell'ombreggiatura

### 8.2. Vantaggi e risultati attesi

- Possibile applicazione della certificazione biologica delle produzioni.
- Tutela colture floristiche e risorse autoctone e/o endemiche, con particolare attenzione all'individuazione degli ecotipi locali che possono costituire in termini di adattamenti morfo-funzionali e presenza di principi attivi, risorsa di grande interesse agronomico, vivaistico e nutraceutico.
- Conservazione di un patrimonio culturale comprendente la storia, i costumi, le tradizioni che costituiscono un insieme di risorse.
- Gestione e manutenzione della riduzione dei costi.
- Valorizzazione economica della superficie libera.
- Maggiore integrazione nel territorio.
- Aumento dei posti di lavoro.
- Diversificazione dei prodotti agricoli.
- Modernizzazione delle metodologie e delle tecnologie.
- Sviluppo sostenibile.
- Basso impatto ambientale.
- Opportunità economica sul territorio.





ERBAIO		RICAVI		
		1° ANNO		
PRODOTTO	Sup.NETTA (ha)	t TOT	€/t	€/TOT
FORAGGIO	15.02	90	120 €	10.816 €
	2° ANNO			
	Sup.NETTA (ha)	t TOT	€/t	€/TOT
	47.40	284	120 €	34.131 €
	3° ANNO			
	Sup.NETTA (ha)	t TOT	€/t	€/TOT
11.04	66	120 €	7.947 €	

BUSINESS PLAN-ERBAIO			
ANNO	COSTI	PLV	RICAVI NETTI
1°	7.286 €	10.816 €	<b>3.530 €</b>
2°	22.991 €	34.131 €	<b>11.140 €</b>
3°	5.353 €	7.947 €	<b>2.594 €</b>

Di seguito si riportano i dati relativi ai costi, ricavi e ricavi netti ripartiti per la durata utile dell'impianto (30 anni). Come si evince dalla tabella, il progetto APV è in grado di garantire l'integrazione tra l'attività agricola e la produzione energetica.

ANNO	BP	FRUMENTO	ERBAIO	FAVINO	Δ TOTALE
1°	COSTI	51.197 €	7.286 €	13.024 €	58.483 €
	PLV	90.068 €	10.816 €	16.225 €	100.884 €
	RICAVI NETTI	38.871 €	3.530 €	3.201 €	42.402 €
2°	COSTI	11.920 €	22.991 €	17.727 €	34.912 €
	PLV	20.971 €	34.131 €	22.083 €	55.102 €
	RICAVI NETTI	9.051 €	11.140 €	4.357 €	20.191 €
3°	COSTI	16.224 €	5.353 €	55.937 €	21.578 €
	PLV	28.543 €	7.947 €	69.684 €	36.490 €
	RICAVI NETTI	12.318 €	2.594 €	13.747 €	14.912 €
4°	COSTI	51.197 €	7.286 €	13.024 €	58.483 €
	PLV	90.068 €	10.816 €	16.225 €	100.884 €
	RICAVI NETTI	38.871 €	3.530 €	3.201 €	42.402 €
5°	COSTI	11.920 €	22.991 €	17.727 €	34.912 €
	PLV	20.971 €	34.131 €	22.083 €	55.102 €
	RICAVI NETTI	9.051 €	11.140 €	4.357 €	20.191 €
6°	COSTI	16.224 €	5.353 €	55.937 €	21.578 €
	PLV	28.543 €	7.947 €	69.684 €	36.490 €
	RICAVI NETTI	12.318 €	2.594 €	13.747 €	14.912 €
7°	COSTI	51.197 €	7.286 €	13.024 €	58.483 €
	PLV	90.068 €	10.816 €	16.225 €	100.884 €
	RICAVI NETTI	38.871 €	3.530 €	3.201 €	42.402 €
8°	COSTI	11.920 €	22.991 €	17.727 €	34.912 €
	PLV	20.971 €	34.131 €	22.083 €	55.102 €
	RICAVI NETTI	9.051 €	11.140 €	4.357 €	20.191 €
9°	COSTI	16.224 €	5.353 €	55.937 €	21.578 €
	PLV	28.543 €	7.947 €	69.684 €	36.490 €
	RICAVI NETTI	12.318 €	2.594 €	13.747 €	14.912 €
10°	COSTI	51.197 €	7.286 €	13.024 €	58.483 €
	PLV	90.068 €	10.816 €	16.225 €	100.884 €
	RICAVI NETTI	38.871 €	3.530 €	3.201 €	42.402 €
11°	COSTI	11.920 €	22.991 €	17.727 €	34.912 €
	PLV	20.971 €	34.131 €	22.083 €	55.102 €
	RICAVI NETTI	9.051 €	11.140 €	4.357 €	20.191 €
12°	COSTI	16.224 €	5.353 €	55.937 €	21.578 €
	PLV	28.543 €	7.947 €	69.684 €	36.490 €
	RICAVI NETTI	12.318 €	2.594 €	13.747 €	14.912 €
13°	COSTI	51.197 €	7.286 €	13.024 €	58.483 €
	PLV	90.068 €	10.816 €	16.225 €	100.884 €
	RICAVI NETTI	38.871 €	3.530 €	3.201 €	42.402 €
14°	COSTI	11.920 €	22.991 €	17.727 €	34.912 €
	PLV	20.971 €	34.131 €	22.083 €	55.102 €
	RICAVI NETTI	9.051 €	11.140 €	4.357 €	20.191 €
15°	COSTI	16.224 €	5.353 €	55.937 €	21.578 €
	PLV	28.543 €	7.947 €	69.684 €	36.490 €
	RICAVI NETTI	12.318 €	2.594 €	13.747 €	14.912 €
16°	COSTI	51.197 €	7.286 €	13.024 €	58.483 €

ANNO	BP	FRUMENTO	ERBAIO	FAVINO	Δ TOTALE
	PLV	90.068 €	10.816 €	16.225 €	100.884 €
	RICAVI NETTI	38.871 €	3.530 €	3.201 €	42.402 €
17°	COSTI	11.920 €	22.991 €	17.727 €	34.912 €
	PLV	20.971 €	34.131 €	22.083 €	55.102 €
	RICAVI NETTI	9.051 €	11.140 €	4.357 €	20.191 €
18°	COSTI	16.224 €	5.353 €	55.937 €	21.578 €
	PLV	28.543 €	7.947 €	69.684 €	36.490 €
	RICAVI NETTI	12.318 €	2.594 €	13.747 €	14.912 €
19°	COSTI	51.197 €	7.286 €	13.024 €	58.483 €
	PLV	90.068 €	10.816 €	16.225 €	100.884 €
	RICAVI NETTI	38.871 €	3.530 €	3.201 €	42.402 €
20°	COSTI	11.920 €	22.991 €	17.727 €	34.912 €
	PLV	20.971 €	34.131 €	22.083 €	55.102 €
	RICAVI NETTI	9.051 €	11.140 €	4.357 €	20.191 €
21°	COSTI	16.224 €	5.353 €	55.937 €	21.578 €
	PLV	28.543 €	7.947 €	69.684 €	36.490 €
	RICAVI NETTI	12.318 €	2.594 €	13.747 €	14.912 €
22°	COSTI	51.197 €	7.286 €	13.024 €	58.483 €
	PLV	90.068 €	10.816 €	16.225 €	100.884 €
	RICAVI NETTI	38.871 €	3.530 €	3.201 €	42.402 €
23°	COSTI	11.920 €	22.991 €	17.727 €	34.912 €
	PLV	20.971 €	34.131 €	22.083 €	55.102 €
	RICAVI NETTI	9.051 €	11.140 €	4.357 €	20.191 €
24°	COSTI	16.224 €	5.353 €	55.937 €	21.578 €
	PLV	28.543 €	7.947 €	69.684 €	36.490 €
	RICAVI NETTI	12.318 €	2.594 €	13.747 €	14.912 €
25°	COSTI	51.197 €	7.286 €	13.024 €	58.483 €
	PLV	90.068 €	10.816 €	16.225 €	100.884 €
	RICAVI NETTI	38.871 €	3.530 €	3.201 €	42.402 €
26°	COSTI	11.920 €	22.991 €	17.727 €	34.912 €
	PLV	20.971 €	34.131 €	22.083 €	55.102 €
	RICAVI NETTI	9.051 €	11.140 €	4.357 €	20.191 €
27°	COSTI	16.224 €	5.353 €	55.937 €	21.578 €
	PLV	28.543 €	7.947 €	69.684 €	36.490 €
	RICAVI NETTI	12.318 €	2.594 €	13.747 €	14.912 €
28°	COSTI	51.197 €	7.286 €	13.024 €	58.483 €
	PLV	90.068 €	10.816 €	16.225 €	100.884 €
	RICAVI NETTI	38.871 €	3.530 €	3.201 €	42.402 €
29°	COSTI	11.920 €	22.991 €	17.727 €	34.912 €
	PLV	20.971 €	34.131 €	22.083 €	55.102 €
	RICAVI NETTI	9.051 €	11.140 €	4.357 €	20.191 €
30°	COSTI	16.224 €	5.353 €	55.937 €	21.578 €
	PLV	28.543 €	7.947 €	69.684 €	36.490 €
	RICAVI NETTI	12.318 €	2.594 €	13.747 €	14.912 €

## 10. Analisi delle ricadute ambientali dell'intervento

### 10.1. Benefici dell'impianto APV

Uno dei maggiori problemi dei classici impianti fotovoltaici a terra è l'uso del suolo, ovvero date le caratteristiche dell'impianto è impossibile la gestione agricola dei terreni. Questi sistemi hanno un grosso impatto in diverse aree del mondo dal punto di vista dello sfruttamento dell'uso dei suoli. Questa problematica riveste un ruolo estremamente importante e attuale dato dal progressivo fenomeno della desertificazione dei terreni, con conseguente perdita di produttività dei suoli. Per questo motivo il sistema APV offre un'importante e valida alternativa rendendo possibile la coltivazione dei terreni e la produzione di energia.

Considerando il presente progetto APV possiamo vedere come l'agricoltura rivesta un ruolo primario in termini di superficie:

Configurazione 1:

- **71,5 % Superficie Coltivata Totale**
- **28,5 % Superficie non Coltivata Totale**
- 18,7 % Sup. non coltivata (pannelli)
- 9,8 % Sup. non coltivata (tare)

Il presente sistema di APV consente di apportare molteplici benefici, sia in termini economici che ambientali, rispetto al tradizionale sistema di agricoltura impiegato nell'areale di interesse.

Nello specifico i benefici apportati sono:

- Suddivisione del rischio d'impresa impiegando differenti specie agrarie. Questo sistema consente di suddividere il rischio dato da fattori metereologici e dall'oscillazione dei prezzi delle produzioni agricole, diversamente da quanto può avvenire in un sistema di coltivazione tradizionale locale dove a prevalere è una sola specie colturale, come ad esempio il frumento.
- Impiego di colture facilmente meccanizzabili, con la possibilità dunque di ottimizzazione delle produzioni dal punto di vista qualitativo e quantitativo. Le finestre temporali in cui effettuare la raccolta dei prodotti, in modo da preservare la quantità e la qualità delle produzioni, oggi, a causa dei cambiamenti climatici, si stanno rivelando sempre più ridotte. È per questo motivo che la meccanizzazione delle colture si constata essere sempre più un fattore determinante.
- Riduzione del consumo idrico delle colture, l'ombreggiamento parziale del terreno determinato dai pannelli solari riduce le perdite di acqua per evapotraspirazione.

Introduzione di sistemi DSS (decision support system), in grado di supportare le corrette strategie agronomiche. Tali sistemi permettono il conseguimento di diversi vantaggi, infatti sono in grado di fornire: previsioni meteo a breve e lungo termine, monitoraggio dello stato sanitario e nutrizionale delle colture, determinazione degli indici di vegetazione ed idrici. L'impiego dei DSS risulta indispensabile per una gestione razionale e sostenibile dell'azienda agricola.

-Contrasto alla desertificazione e alla perdita di fertilità dei suoli grazie all'impiego di *cover crops* (colture di copertura) e all'ombreggiamento dato dai pannelli. Si attenua così l'impatto negativo dato dalla radiazione solare e dai fenomeni erosivi, determinando una minor perdita di sostanza organica nel terreno.

-Incremento della biodiversità dato dall'impiego di differenti specie agrarie, con conseguente minor pressione da parte dei patogeni.

-Incremento delle produzioni grazie all'azione pronuba delle api. Molte specie agrarie hanno un tipo di impollinazione entomofila.

-Riduzione di input chimici grazie ad un corretto avvicendamento delle colture e all'impiego di colture miglioratrici (leguminose). L'avvicendamento è uno dei fattori che incide maggiormente sul mantenimento e sull'incremento della fertilità dei suoli, consentendo la riduzione e, in alcuni casi, l'eliminazione di fertilizzanti chimici di sintesi. Difatti, la rotazione tra una coltura depauperante e una miglioratrice contrasta il verificarsi del così detto fenomeno della "stanchezza del terreno". Questo fenomeno si verifica generalmente nei terreni dove viene praticata la monocoltura, ovvero la coltivazione della stessa specie per più anni consecutivi sullo stesso appezzamento, determinando così un peggioramento strutturale e nutritivo del terreno.

## 10.2. Impatti ambientali

L'area di interesse per l'impianto APV, mostra già i segni del fenomeno dello "*sprawl*", ovvero un modello insediativo diffuso dove il consumo di quantità di territorio da parte degli insediamenti e delle infrastrutture extraurbane avviene oramai a velocità vertiginosa.

L'area del progetto, sotto il profilo paesaggistico, si caratterizza per un discreto livello di antropizzazione e l'impatto del progetto proposto si riduce grazie alla presenza delle colture e delle mitigazioni previste che permettono la perfetta integrazione con il territorio ed il mantenimento delle caratteristiche paesaggistiche del sito.

In aggiunta, è essenziale evidenziare le molteplici ricadute positive del progetto:

- Ombreggiamento

La minore radiazione impattante al suolo va a limitare la perdita di sostanza organica del terreno. L'ombreggiamento quindi, proporzionale alla crescita adeguata delle piante, risulta essere una strategia per il contrasto alla desertificazione.

- Leguminose

Le specie leguminose sono definite colture miglioratrici, capaci di migliorare sia la fertilità sia la struttura fisica del terreno. La loro capacità azotofissatrice permette di "catturare" l'azoto atmosferico a livello radicale rilasciandolo nel terreno a disposizione della coltura successiva, inoltre il profondo apparato radicale svolge un'importante azione fisica nel terreno.

- Fascia Vegetazionale

Per la mitigazione esterna del parco fotovoltaico è prevista la messa a dimora di una fascia perimetrale di essenze tipiche del luogo di altezza pari alla recinzione perimetrale dell'impianto fotovoltaico. La siepe perimetrale ha lo scopo di schermare l'impianto e contribuire all'inserimento paesaggistico e ambientale dell'opera.

Realizzare un impianto agrivoltaico rappresenterebbe certamente una risorsa per contrastare l'abbandono dei terreni, ma non solo: l'agrivoltaico può offrire anche nuove opportunità di sviluppo sociale per l'intera comunità aumentando i posti di lavoro. Inoltre, l'impianto rientra nei principi dell'agenda 2030, supportando il Paese al raggiungimento degli obiettivi del PNRR e indirettamente a quelli richiesti dalla Comunità Europea. Iberdrola è da sempre molto sensibile al tema delle Fonti Energetiche Rinnovabili, oltre a quello della conservazione del territorio e del rispetto delle comunità locali e si impegna nello studio e nella ricerca di una sinergia tra l'agricoltura e fotovoltaico anche tramite la collaborazione con Università, Associazioni, Enti di Ricerca e spin off Universitari.

## 11. Cronoprogramma

Di seguito il diagramma di Gantt per il supporto alla gestione del progetto, con l'identificazione delle specie e il loro ciclo agronomico, fenologico, meccanico, ecc.

PRIMO ANNO														
	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE
<b>Triticum durum</b> FRUMENTO DURO	Lavorazione primaria/secondaria		Semina/Concimazione		Crescita vegetativa						Raccolta		Lavorazione	
														
<b>ERBAIO POLIFITA</b>	Lavorazione primaria/secondaria		Semina		Crescita vegetativa						Sfalcio/Produzione di foraggio		Lavorazione	
														
<b>Vicia faba var. minor</b> FAVINO	Lavorazione primaria/secondaria		Semina		Crescita vegetativa				Raccolta				Lavorazione	
														

SECONDO ANNO														
	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE
<b>ERBAIO POLIFITA</b>	Lavorazione primaria/secondaria		Semina		Crescita vegetativa						Sfalcio/Produzione di foraggio		Lavorazione	
														
<b>Vicia faba var. minor</b> FAVINO	Lavorazione primaria/secondaria		Semina		Crescita vegetativa				Raccolta				Lavorazione	
														
<b>Triticum durum</b> FRUMENTO DURO	Lavorazione primaria/secondaria		Semina/Concimazione		Crescita vegetativa						Raccolta		Lavorazione	
														

## 12. Caratteristiche e requisiti degli impianti agrivoltaici

Le Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici, prodotte nell'ambito di un gruppo di lavoro coordinato dal MINISTERO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA-DIPARTIMENTO PER L'ENERGIA e pubblicate nel mese di giugno 2022, definiscono quali sono le caratteristiche minime e i requisiti che un impianto fotovoltaico dovrebbe possedere per essere definito agrivoltaico. Per impianto "agrivoltaico" si intende un impianto fotovoltaico che consente 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.

### 12.1. REQUISITO A: l'impianto rientra nella definizione "agrivoltaico"

#### **REQUISITO A.1.: Superficie minima per l'attività agricola**

Si deve garantire che almeno il 70% della superficie totale del sistema agrivoltaico sia destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA).

Dagli elaborati di progetto risulta:

Superficie agricola  $S_{agri} = 73,46$  ha

Superficie del sistema agrivoltaico ( $S_{tot}$ ) = 102,68 ha

**$S_{agri} / S_{tot} = 73,46 \text{ ha} / 102,68 \text{ ha} = 0,715 \geq 0,70$**

**Il requisito A.1. risulta VERIFICATO.**

#### **REQUISITO A.2.: Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR)**

Il progetto prevede una Superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico ( $S_{pv}$ ) = 28,12 ha

Il LAOR (Land Area Occupation Ratio) è il rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico ( $S_{pv}$ ), e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico ( $S_{tot}$ ). Il suo valore è dunque, per l'impianto in oggetto:

**$LAOR = 28,12 \text{ ha} / 102,68 \text{ ha} = 27,4\% < 40\%$**

**Il requisito A.2. risulta VERIFICATO**

12.2. 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

#### REQUISITO B.1.Continuità dell'attività agricola

- **REQUISITO B.1.a:** Esistenza e resa della coltivazione

Al fine di valutare la continuità dell'attività agricola, verrà predisposta una zona di controllo per il monitoraggio della biomassa prodotta sia nell'area a pieno campo sia nell'area ombreggiata. Verranno identificate due aree studio di 4 m<sup>2</sup>, una sulla fascia ombreggiata ed una sulla fascia in pieno campo.

Tali dati verranno elaborati nella relazione agronomica annuale.

VALORI INDIRIZZO PRODUTTIVO ANTE IMPIANTO				
anno	coltura	sup. (ha)	€/ha RICA	€/anno TOT
ANTE APV	frumento duro	49,61	1.187 €	58.883 €
	erbaio	49,61	506 €	25.101 €
<b>Media €/ha/anno</b>				<b>847 €</b>

valori RICA 2017\_Lazio

VALORI INDIRIZZO PRODUTTIVO POST IMPIANTO				
anno	coltura	sup. (ha)	€/ha RICA	€/anno TOT
1° APV	frumento duro	47,40	1.187 €	56.269 €
	erbaio	15,02	506 €	7.601 €
	favino	11,04	1.059 €	11.689 €
<b>Media €/ha/anno</b>				<b>1.029 €</b>

valori RICA 2017\_Lazio

Il valore economico dell'indirizzo produttivo è stato calcolato in base ai valori RICA della regione Lazio del 2017. Il modello di coltivazione attuale prevede l'avvicendamento tra: foraggere e graminacee da granella. Il nuovo ordinamento colturale prevede il mantenimento delle precedenti specie erbacee e l'introduzione del favino. Come si evince dalla tabella nonostante la riduzione della SAU si ha un leggero incremento della produzione standard nel post-impianto, dati RICA (Lazio, 2017).

## **REQUISITO B.2.: Producibilità elettrica minima**

Si confronta la producibilità elettrica dell'impianto agrivoltaico a progetto (FVagri) con la producibilità elettrica di un impianto fotovoltaico di riferimento (FVstandard), caratterizzato da moduli con efficienza 20% su supporti fissi orientati a Sud e inclinati con un angolo pari alla latitudine meno 10 gradi, collocato nello stesso sito dell'impianto agrivoltaico.

FV agri [GWh/ha/anno] = 65,29

FV standard [GWh/ha/anno] = 108,63

**$FV\ agri \geq 0,6 * FV\ standard = 65,29 \geq 65,18$**

**Dunque, il requisito B2 risulta VERIFICATO.**

### 12.3. REQUISITO D ed E: sistemi di monitoraggio

Il DL 77/2021 ha previsto che, ai fini della fruizione di incentivi statali, sia installato un sistema di monitoraggio che permetta di verificare le prestazioni dell' agrivoltaico con riferimento alle seguenti condizioni (REQUISITO D).

#### **REQUISITO D.1.: Risparmio idrico**

Il nuovo ordinamento colturale prevede la coltivazione di frumento, erbaio e favino, colture che richiedono un limitato apporto idrico data la pluviometria media dell'areale di coltivazione.

Al fine di monitorare l'uso della risorsa idrica e quindi monitorare il risparmio idrico derivante dall'installazione dei pannelli APV, verranno determinate due aree studio di 4 m<sup>2</sup>, posizionate una sotto la fascia ombreggiata ed una nella fascia di pieno campo. Nelle due aree studio verrà installata la sensoristica necessaria alla determinazione del fabbisogno e deficit idrico della coltura nelle due differenti condizioni di coltivazione.

Le valutazioni agronomiche riguardanti il risparmio idrico derivante dall'installazione di pannelli APV verranno riportate nella relazione agronomica, redatta annualmente.

## **REQUISITO D.2.: Monitoraggio della continuità dell'attività agricola**

- ***Esistenza e la resa della coltivazione***
- ***Mantenimento dell'indirizzo produttivo***

Al fine di monitorare la continuità dell'attività agricola verrà redatta una relazione agronomica annuale recante indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, alla superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, alle condizioni di crescita delle piante e alle tecniche di coltivazione (sesto di impianto, densità di semina, impiego di concimi, trattamenti fitosanitari). Parte delle informazioni sopra richiamate verranno fornite tramite Fascicolo Aziendale, come previsto dalla normativa vigente per le imprese agricole che percepiscono contributi comunitari. All'interno di esso si colloca il Piano di coltivazione, che deve contenere la pianificazione dell'uso del suolo dell'intera azienda agricola.

Per verificare e valutare l'impatto dell'impianto APV sulle colture, verrà installata una centralina meteo provvista di sensoristica utile al monitoraggio dei principali parametri agro-meteorologici, sia sotto i moduli che in pieno campo.

I parametri monitorati saranno:

- Temperatura dell'aria → il monitoraggio delle temperature verrà eseguito mediante sensore PT100 posizionato nelle due aree di saggio, sotto i moduli ed in pieno campo.
- Umidità dell'aria → il monitoraggio dell'umidità dell'aria verrà eseguito mediante igrometro/psicrometro posizionato nelle due aree di saggio, sotto i moduli ed in pieno campo.
- Anemometria → il monitoraggio dell'intensità e direzione del vento verrà eseguito mediante anemometro posizionato nelle due aree di saggio, sotto i moduli ed in pieno campo.
- Pluviometria → il monitoraggio dell'intensità e cumulo di pioggia verrà eseguito mediante pluviometro posizionato nelle due aree di saggio, sotto i moduli ed in pieno campo.
- Radiazione solare → il monitoraggio della radiazione solare (visibile, PAR, UV) verrà eseguito mediante solarimetro posizionato nelle due aree di saggio, sotto i moduli ed in pieno campo.
- Conducibilità elettrica del terreno → il monitoraggio della conducibilità elettrica del terreno verrà eseguito mediante analisi con conduttivimetro nelle due aree di saggio, sotto i moduli ed in pieno campo.
- Umidità e Temperatura del terreno → il monitoraggio dell'umidità e temperatura del terreno verrà eseguito mediante appositi sensori installati nelle due aree di saggio, sotto i moduli ed in pieno campo.

- Bagnatura fogliare → il monitoraggio della bagnatura fogliare verrà eseguito mediante foglia elettronica posizionata sia sotto i moduli che in pieno campo.
- Evapotraspirazione di riferimento e della coltura → il monitoraggio dell'evapotraspirazione verrà eseguito mediante vasche evaporimetre posizionate sia sotto i moduli che in pieno campo. Moltiplicando  $ET_0$  per il coefficiente colturale ( $k_c$ ) si ottiene l'evapotraspirazione della specifica coltura.
- Biomassa ( $kg/m^2$ ) → il monitoraggio della biomassa prodotta verrà eseguito mediante periodici sfalci delle varie colture, sia sotto i moduli che in pieno campo. Una volta prelevata la biomassa di  $4 m^2$ , per ogni singola area di saggio, si procederà alla determinazione del peso della biomassa verde ed essiccata.
- Sostanza Organica → il contenuto in sostanza organica del terreno verrà determinato prelevando ed analizzando campioni di terreno nelle due aree di saggio, sotto i moduli ed in pieno campo. Le analisi verranno compiute a cicli triennali.

Le linee guida MiTE (oggi MASE) redatte in collaborazione con il CREA e il GSE, il D.L. 77/2021 e il recente DL milleproroghe prevedono, che gli impianti agrivoltaici debbano essere dotati di monitoraggio. La ratio di tali sistemi è quella di monitorare real time lo stato delle specie colturali poste al di sotto dei pannelli e/o nelle interfila.

Su quanto descritto l'azienda installerà un innovativo sistema di monitoraggio basato su camere multispettrali, di seguito descritto.

### Sistemi di monitoraggio con camere multispettrali

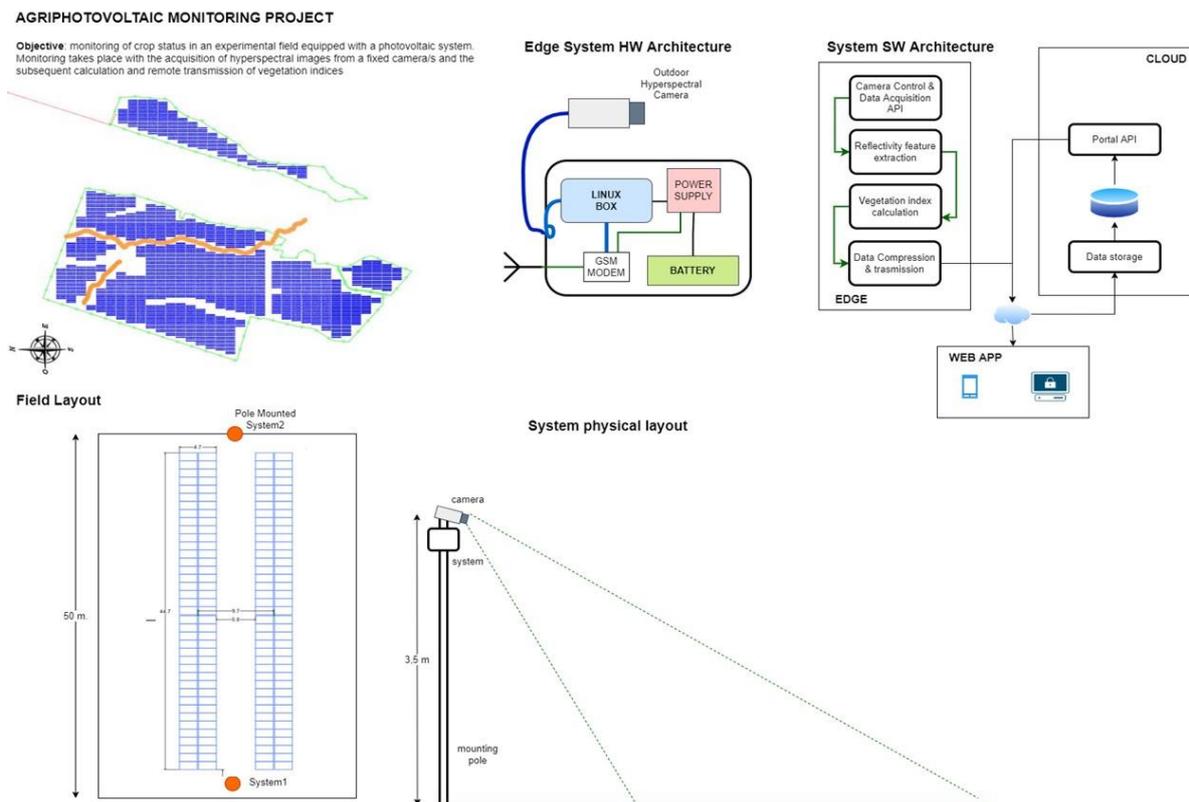
Il monitoraggio tramite camera multispettrale consente di acquisire, tramite l'energia riflessa e assorbita dalle superfici a diverse lunghezze d'onda (visibile e infrarosso), informazioni riguardo lo stato della vegetazione.

Attraverso il comportamento spettrale della vegetazione sono state definite relazioni quantitative tramite molti tipi diversi di indici che permettono di studiare ad esempio stress idrico o stato di salute. Questo è possibile tramite l'elaborazione dei dati ottenuti calcolando indici di vegetazione: ad esempio con gli indici NDVI  $((NIR-RED)/(NIR+RED))$  e NDMI  $((NIR-SWIR)/(NIR+SWIR))$  è possibile valutare lo stato di salute della pianta o lo stress idrico.

Di questi esistono varianti che tengono in considerazione aspetti diversi come l'indice SAVI o il WDRVI, entrambi applicano un valore di correzione all'NDVI uno per ridurre l'effetto del suolo nudo

e l'altro in modo da risultare efficace anche con vegetazione ben sviluppata. Un indice sensibile prevalentemente allo sviluppo vegetativo è EVI con cui è possibile calcolare il LAI (Leaf Area Index). È possibile inserire una correzione dell'effetto atmosferico utilizzando l'indice ARVI  $((NIR-GREEN)/(NIR+GREEN-BLUE))$ . Inoltre, tramite l'indice GNDVI  $((NIR-GREEN)/(NIR+GREEN))$  è possibile mostrare il vigore e la differenza tra diverse specie agronomiche e diverse aree della zona oggetto di indagine, è molto utile per determinare la presenza di acqua, umidità e l'assorbimento di azoto. È possibile calcolare anche l'indice NDRE  $((NIR-RE)/(NIR+RE))$  per valutare lo stato di salute di un raccolto, ad esempio utilizzato in viticoltura per pianificare l'inizio del raccolto dato che fornisce informazioni sulla maturazione, ma anche sull'infestazione da parassiti. In ultimo, grazie agli indici LCI o CCCI O TCARI è possibile analizzare il contenuto di clorofilla e le minime variazioni.

## Architettura del sistema



**Figura 8.** Il sistema di monitoraggio con camere multispettrali per il rispetto del requisito D.1. e D.2

Per aree molto grandi, si prevede l'utilizzo della camera sulle macchine agricole. In alternativa, il rilevamento delle condizioni fitosanitarie e nutrizionali e delle colture tramite telecamera multispettrale è realizzabile anche tramite l'installazione su mezzo agricolo. Il principale mezzo

agricolo in questione è il trattore agricolo ed il rilevamento potrebbe essere condotto con l'accoppiamento al trattore di un numero di telecamere multispettrali che va da 1 ad un massimo consigliabile di 3 camere, disponendole frontalmente e lateralmente al mezzo, nella parte superiore, anteriore o laterale. 4 Il rilievo risulterebbe continuo ed attuabile ogni qual volta il mezzo entrerebbe in campo, con una copertura completa del campo agricolo coltivabile. Anche durante una semplice gestione del suolo o del cotico erboso posto al di sotto dell'impianto, sarebbe possibile acquisire utilissime informazioni. Le informazioni ottenute sarebbero dunque elaborate ed utilizzate per creare delle mappe di prescrizione utilizzabili in un secondo momento per una gestione fitosanitaria e/o di concimazione per la coltura, sfruttando strumenti di distribuzione a rateo variabile. Questo sistema di monitoraggio, permette di valutare i seguenti indici:

- il risparmio idrico e l'effettivo assorbimento da parte delle colture;
- l'impatto sulle colture, la produttività agricola per le diverse colture (lo stato di salute della pianta influisce sulla produttività);
- fertilità del suolo.

Il sistema inoltre, sarà interconnesso con l'imprenditore agricolo tramite i principali dispositivi elettronici comunemente utilizzati (smartphone, tablet, pc, ecc.) per un'acquisizione periodica delle immagini in modo da monitorare costantemente gli indicatori sopradescritti e intervenire tempestivamente in caso di compromissione dello stato di salute della coltura.

Dunque, i requisiti D.1 e D.2 risultano VERIFICATI.

#### **REQUISITO E.1.: Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo**

Tra le maggiori problematiche derivanti dal cambiamento climatico si ha la perdita di fertilità dei suoli, questo fenomeno è determinato da diversi fattori, come l'eccessiva radiazione solare ed i fenomeni legati al ruscellamento. L'introduzione dei pannelli APV potrebbe determinare nel corso della durata dell'impianto un'incremento della Sostanza Organica. Il monitoraggio verrà effettuato a cadenza triennale mediante l'analisi chimico-fisica dei campioni di terreno provenienti dalle due aree studio, sotto i pannelli ed in pieno campo.

I parametri analizzati saranno:

S.O., Struttura e grado di aggregazione del suolo, Densità apparente, Reazione del suolo, Tessitura, Contenuto in frammenti grossolani e Contenuto in macro e micro nutrienti.

## **REQUISITO E.2.: Monitoraggio del microclima**

Il monitoraggio del microclima verrà eseguito mediante l'installazione di apposita sensoristica: sensori PT100 (T°), anemometri (velocità dell'aria) e igrometri/psicrometri, nelle due aree di saggio. Le valutazioni agronomiche riguardanti il microclima derivante dall'installazione di pannelli APV verranno riportate nella relazione agronomica, redatta annualmente

**I requisiti E.1. e E.2. risultano VERIFICATI**

## 13. Conclusioni

In conclusione, l'opera di progetto non andrà ad incidere in maniera negativa e irreversibile né sulla qualità dell'area né sul grado di naturalità dell'area o sull'equilibrio naturalistico presente.

Le soluzioni adottate per il progetto andranno a mitigare le problematiche caratterizzanti la zona, quali: desertificazione, eccessivo sfruttamento del suolo, riduzione input chimici-idrici, mantenimento della biodiversità autoctona e contrasto al fenomeno dell'abbandono dei terreni agricoli.

Inoltre, il presente impianto fotovoltaico può essere definito come "impianto agrivoltaico" in quanto vengono rispettati i requisiti A, B, D.1, D.2, E.1 e E.2 delle Nuove Linee Guida.