

IMPIANTO AGROVOLTAICO "TRIVIGNANO"

E OPERE CONNESSE

POTENZA IMPIANTO 17,18 MWp - SISTEMA DI ACCUMULO 1,575 MW
Comuni di Trivignano Udinese (UD) e Santa Maria la Longa (UD)

PROPONENTE

EG NUOVA VITA S.R.L.

VIA DEI PELLEGRINI 22 MILANO (MI)
P.IVA: 11616260961 PEC: egnuovavita@pec.it

EG Nuova Vita S.r.l.

Via dei Pellegrini, 22
20122 Milano
P. IVA/ C.F. 11616260961

PROGETTAZIONE

DOTT.SSA ELIANA SANTORO

Corso Svizzera 30, 10143 Torino (TO)
P.IVA:03512740048 PEC: e.santoro@conafpec.it

DOTT.SSA ELIANA SANTORO

Corso Svizzera 30, 10143 Torino (TO)
P.IVA:03512740048 PEC: e.santoro@conafpec.it



COLLABORATORI

DOTT.SSA CHIARA COSTAMAGNA DOTT.SSA EMANUELA GAIA FORNI



RELAZIONE AGRONOMICA

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILENAME	RIFERIMENTO	DATA	SCALA
Definitivo	TRI-VIA-11	-	-	Settembre 2022	--

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	20.09.2022	-	DES	DES	ENF



REGIONE FRIULI



COMUNE DI TRIVIGNANO UDINESE (UD)



COMUNE DI SANTA MARIA LA LONGA (UD)

Relazione agronomica

Preambolo	1
1. Agrivoltaico	2
2. Principi della soluzione agrivoltaica	6
2.1. La rotazione di cereali e leguminose contestuale alla produzione di energia da fonte rinnovabile	11
2.2. Attività apistica e produzione di energia da fonte rinnovabile	12
3. Quadro normativo dell’Agrivoltaico	15
4. L’agricoltura in Friuli Venezia-Giulia	22
5. Inquadramento area intervento	25
5.1. Inquadramento climatico	30
5.2. Aspetti agronomici del sito	32
6. Progetto agrivoltaico	36
6.1. Componente fotovoltaica	36
6.2. Componente agronomica	40
6.2.1. Coltivazione cerealicola in rotazione con leguminose	40
6.2.2. Attività apistica	47
7. Precision farming e monitoraggio agronomico	49
8. Indicazioni economiche preliminari	52
8.1. Stato di fatto	52
8.2. Analisi preliminare costi/ricavi dell’attività agronomica in progetto	53
8.2.1. Erba medica	53
8.2.2. Frumento tenero	54
8.2.3. Soia da granella	55
8.2.4. Sorgo	56
8.2.5. Attività apistica	56

8.3. Costi monitoraggio agrometeo	59
9. Conformità del progetto alle Linee Guida del MiTE	60
10. Conclusioni	64
Bibliografia	66

Preambolo

La presente relazione viene redatta su incarico di **EG NUOVA VITA srl**, al fine di valutare le potenzialità e gli aspetti tecnico agronomici finalizzati alla realizzazione dell'impianto *agrovoltico* "Trivignano", sito nei Comuni di Trivignano Udinese (UD) e Santa Maria La Longa (UD), con le seguenti caratteristiche:

- Potenza picco: 17,18 MWp
- Superficie catastale interessata: 26,33 ha
- Superficie recintata dall'impianto: 24,47 ha
- Tipologia di installazione: impianto a terra
- Ubicazione: Comuni di Trivignano Udinese (UD) e Santa Maria La Longa (UD) – Regione Friuli Venezia-Giulia
- Particelle interessate dall'impianto:
 - Catasto di Trivignano Udinese (UD) F.14 P. 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 154, 155, 157, 167, 169, 179, 188, 190, 237, 238, 239, 240, 241, 242.
 - Catasto di Trivignano Udinese (UD) F.15 P. 48, 50, 51, 58, 59, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 102, 103, 153, 159, 185.
- Ditta committente: EG NUOVA VITA srl, CF e P.IVA 11616260961 con sede in via dei Pellegrini 22, 20122 Milano (MI).

La presente proposta è frutto della riformulazione di un progetto già presentato in Verifica di assoggettabilità a Via Regionale (consultabile sul portale della Regione Friuli-Venezia Giulia).

Il nuovo progetto è stato rielaborato partendo dalle note ricevute dagli enti coinvolti in fase di istruttoria e in considerazione la legge regionale n.16 del 2 Novembre 2021 con la quale la Regione Friuli-Venezia Giulia identifica le aree idonee e non idonee; nonostante sia già stata impugnata in quanto in contrasto con "la normativa statale ed europea in materia di energia, in violazione degli articoli 97 e 117, primo e terzo comma, della Costituzione"¹.

Il presente progetto intende perseguire un'impostazione che consenta il contemporaneo utilizzo agricolo ed energetico (*Agrovoltico*), garantendo pertanto il proseguo dell'attività agricola esistente, un incremento dei servizi ecosistemici e la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Le scelte progettuali si sono basate sui risultati ottenuti in diversi casi studio e in ottemperanza delle recentissime indicazioni del MiTE (MiTE,2022).

L'elaborato è finalizzato a:

1. introdurre e illustrare il concetto di *agrovoltico*;
2. descrivere l'area di intervento progettuale;
3. illustrare gli interventi di carattere agronomico-ambientale previsti in ottica di utilizzo duplice (agro-energetico) della risorsa suolo e gli accorgimenti gestionali da adottare.
4. Valutare la conformità della proposta con le Linee Guida del MiTE

Tale documento costituisce parte integrante e sostanziale della documentazione presentata per l'istanza di VIA Nazionale, di cui all'Art.23 D. Lgs.152/2006.

¹https://www.consiglio.regione.fvg.it/iterdocs/Serv-LC/ITER_LEGGI/LEGISLATURA_XII/TESTI_RICORSI/LR%2016_2021_GU_Ricorso%20governo_DDL%20147.pdf

1. Agrivoltaico

Secondo l'ultimo rapporto dell'European Environment Agency (EEA,2022), l'Unione Europea ha raggiunto l'obiettivo 2020 di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, raggiungendo il 20% in meno rispetto al 1990. Tra i fattori chiave che hanno consentito tale miglioramento rientra "la diffusione delle energie rinnovabili, l'uso di combustibili fossili a minore intensità di carbonio e il miglioramento dell'efficienza energetica, i cambiamenti strutturali nell'economia, la minore domanda di riscaldamento dovuta agli inverni più caldi in Europa", così come anche gli effetti del COVID-19.

Come più approfonditamente illustrato nello Studio di Impatto Ambientale, la strada da percorrere risulta però ancora lunga, nell'ambito del Green Deal europeo nel settembre 2020 la Commissione Europea ha infatti proposto di:

- innalzare dal 40% al 55% la riduzione entro il 2030 delle emissioni nette di gas climalteranti rispetto ai livelli del 1990;
- portare la produzione di energia prodotta ad una quota di almeno il 32% da fonti rinnovabili;
- incrementare di almeno il 32,5% l'efficienza energetica.

I nuovi scenari europei, condivisi a dicembre 2020, comportano la necessità di rivedere al rialzo gli obiettivi nazionali del PNIEC², elaborato a fine 2019. Il nuovo livello da raggiungere in termini di energia rinnovabile dovrà raggiungere quota 65000 MW invece dei 51000 MW previsti: un incremento di circa 42406 MW rispetto ai 22594 MW installati in Italia a fine 2021 (GSE,2022). I nuovi scenari impongono di triplicare la potenza di fotovoltaico installata in Italia entro il 2030, ma il ritmo di crescita è ancora troppo lento. Se la crescita non subirà un'accelerazione al 2030 la potenza installata da eolico e fotovoltaico sarà di poco superiore ai 50 GW, rendendo impossibile l'obiettivo (aumentato con il PTE, il Piano per la transizione ecologica³) di un installato totale di rinnovabili tra i 125 e i 130 GW. Queste cifre saranno raggiungibile solo alimentando il tasso di installazione raggiungendo per l'eolico circa 1,75 GW/anno contro gli 0,38 GW/anno di oggi e per il fotovoltaico circa 5,6 GW/anno contro 0,73 GW/anno⁴.

Il ruolo dell'energia prodotta dal settore fotovoltaico (FV) è fondamentale dal momento che in larghissima misura il gap potrà essere coperto da nuova capacità collegata alla fonte solare. La tecnologia fotovoltaica ha raggiunto un grado di maturità tecnologica che, unitamente alla diminuzione dei costi⁵, alla crescita di produttività dei moduli e alla quasi integrale possibilità di riciclo dei materiali, la rende un valido sostituto delle fonti fossili nella generazione di energia elettrica.

Uno dei principali fattori limitanti alla diffusione di tali impianti risiede però nella disponibilità di superfici utili. La tecnologia fotovoltaica richiede infatti, a differenza ad esempio dell'eolico, di un maggiore sviluppo areale. Il progressivo aumento della popolazione mondiale (che secondo l'ultimo

² Piano nazionali integrati per l'energia e il clima: obiettivo fissato per i PNIEC degli Stati membri richiedeva una riduzione del 40%, pari al doppio di quella stabilita per il 2020: -20%, il nuovo target prevede di quasi triplicarla.

³ nuovo strumento di programmazione nazionale (D.L 1° marzo 2021 n. 22 (Disposizioni urgenti in materia di riordino delle attribuzioni dei ministeri), convertito con modificazioni dalla Legge 22 aprile 2021, n. 55). Secondo il Pte, la generazione di energia elettrica dovrà dismettere l'uso del carbone entro il 2025 e provenire nel 2030 per il 72% da fonti rinnovabili, fino a sfiorare livelli prossimi al 95-100% nel 2050. Il Pte riporta come dato rilevante che l'Italia beneficia di un irraggiamento solare superiore del 30-40% rispetto alla media europea, ma che questi vantaggi energetico-ambientali sono stati ostacolati da difficoltà autorizzative che hanno frenato gli investitori e la crescita del settore.

⁴ <https://www.itismagazine.it/news/26947/energie-rinnovabili-il-ritmo-della-crescita-e-ancora-lento/>

⁵ La tecnologia fotovoltaica, è attualmente la FER più "economica" e alla latitudine Italiana anche quella con il maggior potenziale (Mancini et al.,2020).

report delle Nazioni Unite⁶, si prevede arriverà a 9,7 Miliardi nel 2050) porta con sé, oltre all'incremento di domanda in termini di energia, anche un aumento della domanda in termini di cibo (e quindi di terre coltivabili). Il raggiungimento degli obiettivi in termini di produzione da FV è quindi in contrasto con gli obiettivi di sviluppo sostenibile e recupero dell'utilizzo del suolo delle Nazioni Unite (Herrick and Abrahamse, 2019). La risposta a questo apparente conflitto è rappresentata da quelle che vengono definite le installazioni *agrivoltaiche*, progettate in modo da consentire la coltivazione dell'area sottostante l'infrastruttura energetica e consentendo quindi di perseguire simultaneamente gli obiettivi di riduzione delle emissioni e di recupero dei suoli (Reasoner *et al.*, 2022).

È fondamentale considerare che per raggiungere i nuovi obiettivi al 2030 occorrerà prevedere un utilizzo di superficie agricola tra i 30.000-40.000 ettari - valore comunque inferiore allo 0,5% della Superficie Agricola Totale per cui è necessario proporre tecnologie e progetti che assicurino la compatibilità tra gli obiettivi energetici e climatici e gli obiettivi di tutela del paesaggio, di qualità dell'aria e dei corpi idrici, di salvaguardia della biodiversità e di tutela del suolo (Legambiente, 2020).

Un impianto agrivoltaico può essere descritto come “[...] un impianto fotovoltaico, che nel rispetto dell'uso agricolo e/o zootecnico del suolo, anche quando collocato a terra, non inibisce tale uso, ma lo integra e supporta garantendo la continuità delle attività pre-esistenti ovvero la ripresa agricola e/o zootecnica e/o biodiversità sulla stessa porzione di suolo su cui insiste l'area di impianto, contribuendo così ad ottimizzare l'uso del suolo stesso con ricadute positive sul territorio in termini occupazionali, sociali ed ambientali.”⁷ Si tratta quindi di una soluzione di "solar sharing", poiché la risorsa radiativa proveniente dal sole viene ripartita fra il processo di coltivazione e quello di generazione energetica.

Tale approccio costituisce una valida alternativa a un sistema agricolo intensivo in un'ottica di sostenibilità a lungo termine. Non si tratta di una soluzione finalizzata al mero utilizzo di terreni agricoli per l'installazione d'impianti alimentati da energia rinnovabile, ma rappresenta una concreta possibilità per contribuire alla progressiva decarbonizzazione (anche del sistema produttivo agricolo) attraverso l'integrazione delle energie rinnovabili. Sappiamo infatti che l'agricoltura intensiva è concausa dell'inquinamento e del riscaldamento globale: in generale si è stimato che l'agricoltura è stata responsabile nel 2015 del 6,9% delle emissioni totali di gas serra (espressi in CO₂ equivalente) ed è pertanto la terza fonte di emissioni di gas serra dopo il settore energetico e il settore dei processi industriali⁸.

Esistono svariati sistemi che consentono di combinare la produzione agricola con altri sistemi produttivi, vedasi, a titolo di esempio, i sistemi *agroforestali* che prevedono la coltivazione di colture arboree ed erbacee sulla stessa superficie. È infatti ormai ampiamente provato e universalmente riconosciuto che l'utilizzo simultaneo di una stessa superficie, per fini diversi, consenta di aumentare il Rapporto di Suolo Equivalente (Land Equivalent Ratio, LER⁹, **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) rispetto all'impiego della stessa superficie per un'unica produzione (Fraunhofer, 2020; Valle *et al.*, 2017).

⁶ <https://population.un.org/wpp/>

⁷ Demofonti- 4 Agosto 2021- Gdl Agro-fotovoltaico. <https://www.italiasolare.eu/eventi/>

⁸ <https://www.controlsecurityambiente.com/inquinamento-causato-dalle-coltivazioni-agricole-intensive/>

⁹ LAND EQUIVALENT RATIO (LER): rapporto tra la superficie in coltura unica e la superficie in consociazione necessaria per ottenere la stessa resa a parità di gestione. È la somma delle frazioni delle rese in consociazione divise per le rese in coltura unica. <http://www.fao.org/3/x5648e/x5648e0m.htm>

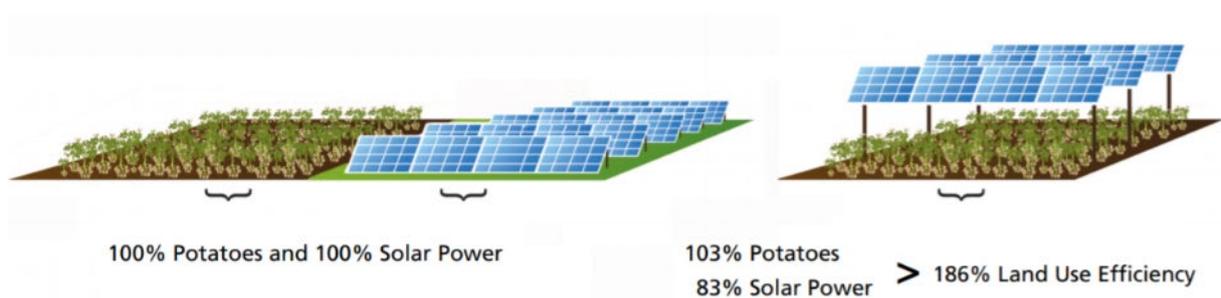


Figura 1. Aumento del LER attraverso l'utilizzo combinato della superficie (Fraunhofer,2020).

Dupraz (2011) ha dimostrato come anche l'agrivoltaico rappresenti una soluzione valida e innovativa per superare la competizione rispetto all'uso del suolo. Diversi studi, mirati alla valutazione tecnica economica di questo sistema (Schindele *et al.*, 2020) e all'analisi della compatibilità tra la coltivazione agraria e l'installazione di pannelli in molteplici casi reali (Aroca-Delgado *et al.*, 2018), dimostrano come l'agrivoltaico aumenti l'efficienza d'uso del suolo consentendo la coltivazione e la produzione di energia in simultanea, sfruttando la sinergia tecno-ecologica-economica dei due sistemi.

Secondo uno studio del 2021 dell'*Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile* (ENEA), infatti, gran parte del terreno al di sotto dei pannelli solari (fino al 80-90% in alcuni casi virtuosi) può essere lavorato con le comuni macchine agricole. I vantaggi in termini di consumo di suolo sono perciò evidenti e promettenti.¹⁰

In questi termini l'agrivoltaico rappresenta una "nuova opportunità in ambito agricolo laddove, tramite modelli "win-win", si esaltino le sinergie tra produzione agricola e generazione di energia" (M. Iannetta, responsabile della Divisione ENEA di Biotecnologie e Agroindustria).

Si riportano, in sintesi, i risultati ottenibili con questo tipo di approccio progettuale (Marrou H. *et al.*,2013; Weselek A. *et al.*,2019):

- **sinergia dei risultati:** è possibile conseguire esiti produttivi ed economici che sono superiori alla semplice somma dei risultati che potrebbero essere ascritti alle soluzioni semplici, ossia singolarmente od isolatamente applicate. Cfr indice LER (*Land Equivalent Ratio*) superiore all'unità;
- **ottimizzazione della scelta colturale:** attraverso una razionale ed efficace individuazione delle colture agrarie e/o attività zootecniche che possano manifestare la piena espressione del risultato produttivo atteso;
- **diversificazione del sistema agro-ecologico:** coltivazione in regimi non convenzionali (quali biologico, agricoltura conservativa, agricoltura sostenibile) finalizzata al raggiungimento di obiettivi di compatibilità ambientale e sostenibilità ecologica sommati a indirizzi di diversificazione ecologica ("*greening*") mediante la realizzazione di plurimi elementi d'interesse ecologico ("*ecological focus area*") ed elementi caratteristici del paesaggio, per costituire una sorta di "rete ecologica" aziendale capace di connettersi a quella territoriale mediante la realizzazione di fasce tampone, margini inerbiti, siepi arboreo-arbustive ed altre infrastrutture ecologiche;

¹⁰ <https://www.futuraenergie.it/2021/03/08/agrovoltaiico-i-vantaggi-del-fotovoltaico-in-agricoltura/>

- **coerenza con gli orientamenti normativi nazionali e comunitari:** L.n. 34,51 e 91 del 2022, L. n. 108 2021, Green deal, PNIEC, PTE;
- **creazione di un nuovo modello paesaggistico:** grazie alla gamma di miglioramenti ambientali, alla rifunzionalizzazione di tipo agro-ecologico, nonché all'adozione di un design impiantistico che permette di coniugare con successo la disponibilità delle risorse con le esigenze della società attuale, si arriva alla definizione un "nuovo modello tradizionale", tramandabile da una generazione alla successiva, grazie al successo e alla stabilità di alcune soluzioni tecniche. La tradizione viene in tal modo "tradotta" per mantenerla vitale, assegnando ad essa nuove finalità entro nuove contestualizzazioni.

2. Principi della soluzione agrivoltaica

L'associazione tra l'installazione di pannelli fotovoltaici e contestuali coltivazioni sulla stessa superficie è un concetto che è stato introdotto già nel 1982 (Goetzberger and Zastrow, 1982) e attualmente - in Italia e nel mondo - si stanno finalmente diffondendo impianti commerciali che utilizzano questo sistema, con una notevole impennata registrata negli ultimi cinque anni (Reasoner *et al.* 2022).

Il complesso dei requisiti agronomici ed ingegneristici associati/associabili alla proposta agrivoltaica la rendono un vero e proprio sistema integrato agro-energetico: un insieme articolato di processi tecnologici connessi l'uno all'altro a costituire un modello funzionalmente unitario di coltivazione e/o pascolamento e/o allevamento e di generazione elettrica da pannelli fotovoltaici.

La presenza dei moduli su suolo agrario non preclude l'uso agricolo dell'area, anzi tale modello agrivoltaico può rappresentare un percorso virtuoso per coniugare la produzione alimentare e la produzione energetica da fonti rinnovabili (Figura 2).

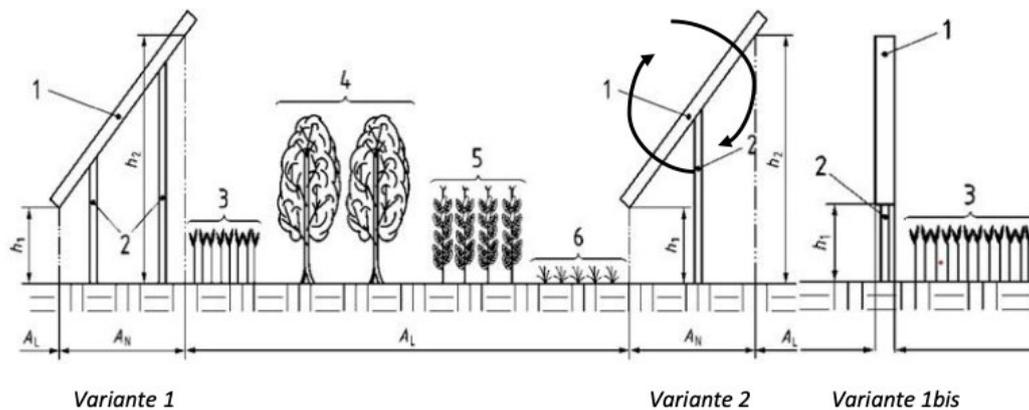


Figura 2. Raffigurazione relativa all'AGRO-FV INTERFILARE, Variante 1 (impianti FV fissi inclinati) Variante 2 (Impianti FV con tracker), Variante 1bis (Impianti FV fissi verticali) Fonte: ANIE, 2022.

Diversi studi (Weselek *et al.*, 2019; Hassanpour A. *et al.*, 2018; Fraunhofer, 2020; Toledo e Scognamiglio, 2021; Andrew *et al.*, 2021) ne mettono in luce i molteplici vantaggi, quali a titolo di esempio:

- incremento della produttività del suolo;
- miglioramento della produzione vegetale;
- incremento dell'efficienza d'uso dell'acqua e conseguente risparmio idrico;
- possibilità di intercettare e stoccare l'acqua piovana per usi irrigui;
- miglioramento dello stock di C organico del suolo;
- creazione di un ambiente favorevole per insetti pronubi;
- generazione di fonte di reddito aggiuntiva per gli agricoltori.

La presenza dei moduli su suolo agrario non preclude quindi, l'uso agricolo dell'area e, anzi, tale modello agrivoltaico può rappresentare il percorso virtuoso per coniugare la produzione alimentare e/o zootecnica e la produzione energetica da fonti rinnovabili (Figura 3).



Figura 3. Illustrazione del funzionamento di un sistema agrivoltaico (Fraunhofer, 2020).

Le soluzioni tecnologiche finora adottate per questo tipo di impianti (Figura 4) prevedono l'impiego di i) impianti fissi, previo innalzamento della componente fotovoltaica, in modo da consentire il passaggio dei macchinari agricoli; ii) moduli verticali; iii) sistemi ad inseguimento su singolo o doppio asse. Esistono anche esempi di tecnologie studiate e brevettate proprio in ambito agrivoltaico, come quelle proposte dalla società Rem Tec¹¹ che ha progettato una tensostruttura sulla quale vengono alloggiati inseguitori solari biassiali.



Figura 4. Soluzioni agrivoltaiche. impianti fissi (Legambiente, 2020), moduli verticali, sistemi di inseguimento (Toledo e Scognamiglio, 2021), Agrovoltaico® (<https://remtec.energy/agrovoltaico>).

Le soluzioni agrivoltaiche che prevedono l'utilizzo dei *tracker* consentono di poter regolare opportunamente l'inclinazione dei pannelli sia in considerazione della quantità di luce necessaria per la coltura sottostante sia per poter eseguire le operazioni meccaniche. Sono documentati esempi di integrazione tra gestione agronomica e produzione di energia fotovoltaica, progettati e regolati in modo da ottenere un equilibrio virtuoso tra produzione agricola ed energetica (Dupraz *et al.*, 2011).

¹¹ <https://remtec.energy/agrovoltaico>

A tal proposito riportiamo un caso studio promosso da ENEA¹², che ha realizzato un progetto fotovoltaico in un vigneto, i cui pannelli fotovoltaici assicurano l'ombreggiamento perfetto alle piante di vite, contrastando l'incremento di temperatura durante la germinazione per garantire quindi lo sviluppo ottimale della coltura.

Per quanto concerne irraggiamento, temperatura dell'aria e umidità del suolo (Figura 5), dagli studi finora condotti è risultato che la presenza dei pannelli fotovoltaici crei alcune variazioni microclimatiche che possono essere utili alla specie coltivata (Armstrong *et.al* 2016), quali:

- **Irraggiamento:** la presenza del pannello fotovoltaico riduce la percentuale di radiazione diretta, ovvero quella che raggiunge direttamente il suolo, con intensità variabile in funzione della distanza dal filare fotovoltaico, del momento del giorno e del periodo dell'anno (ma, al contempo, si prevede un aumento della quantità di radiazione diffusa).
 - ➔ *In base alle specie selezionate questo aspetto potrà tradursi, laddove opportunamente gestito, in un incremento complessivo della produzione di sostanza secca e della qualità.*
- **Temperatura dell'aria:** il parziale ombreggiamento può attenuare l'impatto negativo delle elevate temperature e della carenza idrica estive (specie in ottica futura nell'ipotesi di aggravio di tale aspetto in relazione ai dinamismi causati dai cambiamenti climatici) mitigando la temperatura dell'aria e del suolo e promuovendo, pertanto, un maggior accrescimento radicale (anche grazie alla maggior umidità del terreno).
 - ➔ *Ogni specie vegetale, infatti, necessita di una specifica temperatura minima per accrescersi, il cosiddetto "zero di vegetazione", e temperature troppo elevate possono fortemente danneggiare l'accrescimento delle piante.*
- **Umidità del suolo:** il parziale ombreggiamento variabile che viene a verificarsi può determinare una diminuzione della evapotraspirazione.
 - ➔ *La riduzione dell'evaporazione di acqua dal terreno, in particolare, consente un più efficace utilizzo della risorsa idrica del suolo.*

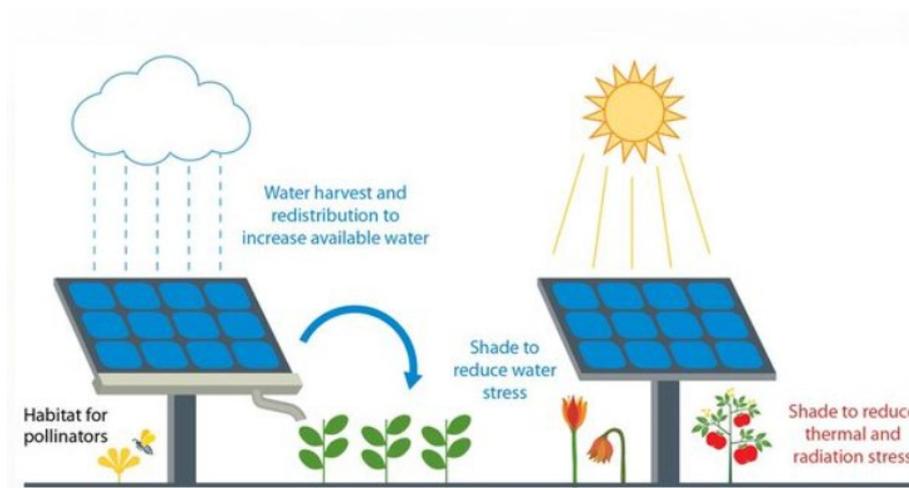


Figura 5. I benefici per le colture in un sistema agrivoltaico ([InSPIRE/Project | Open Energy Information \(openei.org\)](https://www.inspire-project.eu/)).

¹² <https://www.agrivoltaicosostenibile.com/webinar/>

Hassanpour A. *et al.* (2018) hanno confrontato gli effetti ambientali dei pannelli solari su un erbaio non irrigato, sottoposto a stress idrico frequente. L'obiettivo dello studio è stato quello di dimostrare l'impatto della componente energetica sul prato, quantificando i cambiamenti del microclima, dell'umidità del suolo, dell'uso dell'acqua e della produttività della biomassa dovuti alla presenza dei pannelli solari. Tramite l'installazione di stazioni microclimatiche negli impianti agrivoltaici e l'utilizzo della tecnologia sensoristica applicata (l'umidità del suolo è stata quantificata utilizzando le letture di una sonda a neutroni), si sono evidenziate differenze significative nella temperatura media dell'aria, nell'umidità relativa, nella velocità e nella direzione del vento e nell'umidità del suolo. Le aree sotto i pannelli fotovoltaici hanno mantenuto un'umidità del suolo più elevata per tutto il periodo di osservazione, si è registrato un aumento significativo della biomassa (+90%) ed infine le porzioni sotto i moduli fotovoltaici sono risultate significativamente più efficienti dal punto di vista idrico (+328%).

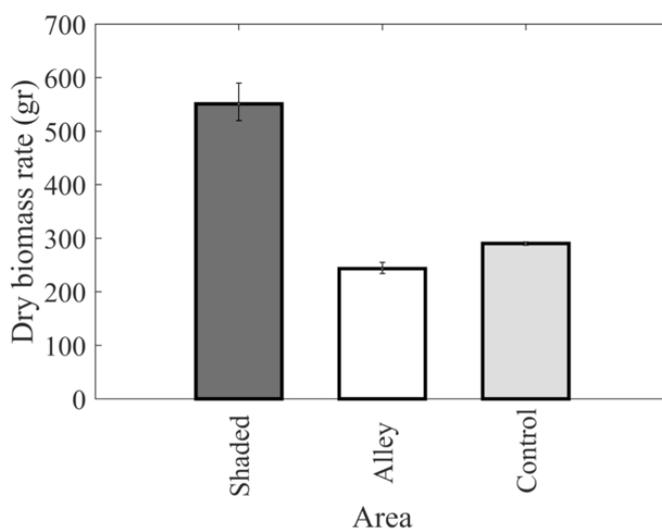


Figura 6. Confronto della biomassa secca nei tre luoghi di campionamento dello studio di Hassanpour A. *et al.* (2018): all'ombra dei pannelli (*shaded*), nelle aree aperte tra i pannelli (*alley*) e nell'area di controllo al di fuori dell'impianto agrivoltaico (*control*).

I ricercatori statunitensi hanno così confermato che nelle aree sottese ai moduli fotovoltaici si crea un microclima diverso rispetto alle aree esposte: le piante in pieno sole consumano la risorsa idrica più in fretta e, una volta terminata, appassiscono, mentre quelle protette dai moduli utilizzano l'acqua più lentamente e sono quindi meno soggette a stress idrico. I ricercatori concludono osservando che non tutte le colture sono indicate per i sistemi agrivoltaici e che la ricerca in questo campo ha bisogno di ulteriori studi. Tuttavia, recenti studi, permettono di affermare che i erbai semi-aridi con inverni umidi risultano essere i candidati ideali per sistemi agrivoltaici, supportati anche dai notevoli guadagni in termini di produttività¹³.

Per quanto riguarda l'effetto sulle coltivazioni esso varia ovviamente in funzione delle specie coltivate e della relativa sensibilità all'ombreggiamento (Marrou, 2013; Agostini *et al.*, 2021). I risultati ottenuti variano anche in funzione del luogo in cui la sperimentazione è stata condotta. L'installazione dei pannelli su suoli agricoli in ambienti aridi mostra effetti molto positivi in ragione della protezione da una radiazione eccessiva e della riduzione dell'evapotraspirazione.

¹³ Hassanpour A, Selker JS, Higgins CW (2018) Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLoS ONE* 13(11): e0203256. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256>

Non esiste quindi uno standard di sviluppo ma ci sono diverse variabili che vanno analizzate in base alla situazione locale quali:

- l'ubicazione geografica dell'impianto.
- le colture coltivate tradizionalmente in loco,
- il tipo di coltura,
- il terreno,
- la conformazione del territorio.

"[...] Riteniamo che non esista un solo agrivoltaico, ma diverse soluzioni da declinare secondo le specifiche caratteristiche dei siti oggetto di intervento: la sfida è trasformare una questione tecnica in una questione di cultura complessa, con un approccio transdisciplinare supportato dai risultati della ricerca sulle migliori combinazioni colture/sistemi fotovoltaici". (A. Scognamiglio, ENEA task force Agrivoltaico Sostenibile¹⁴).

¹⁴<https://www.enea.it/it/Stampa/news/energia-enea-lancia-la-prima-rete-nazionale-per-agrivoltaico-sostenibile#:~:text=%E2%80%9CRiteniamo%20che%20non%20esista%20un,dai%20risultati%20della%20ricerca%20sulle>

2.1. La rotazione di cereali e leguminose contestuale alla produzione di energia da fonte rinnovabile

La coltivazione di cereali in rotazione con leguminose nella medesima area recintata dell'impianto sottesa i pannelli, si è dimostrata una buona soluzione per ovviare la competizione nell'uso del suolo tra la produzione di energia e l'agricoltura.

Studi recentemente condotti in Italia hanno dimostrato che l'ombra generata dai moduli ha un impatto minimo sulla resa agricola e in alcuni casi migliora addirittura la produzione (Agostini *et. al*, 2021). Nel caso del frumento, ad esempio, sono stati registrati incrementi produttivi nelle annate siccitose e decrementi nelle annate più umide; l'ombreggiamento risulta inoltre favorire il contenuto proteico delle cariossidi (Weselek *et. al*, 2019).

Uno studio condotto nel 2011 (Dupraz *et al.*, 2011) indica, per il grano duro coltivato sotto pannelli installati a densità minore (rispetto al fotovoltaico) per consentire la coltivazione, solo un -13 % in sostanza secca e un -8% di raccolto, considerati delta non significativi. Nello stesso studio, i valori di LER ottenuti per il sistema agrivoltaico risultano superiori a quelli calcolati in altri sistemi di utilizzo combinato della superficie con un aumento della produzione ottenibile dalla superficie tra il 60 e il 70%.

Per quanto riguarda il mais la produzione risulta leggermente inferiore in sistemi agrivoltaici in condizioni di risorsa idrica non limitante e addirittura superiore in condizioni di stress idrico (Amaducci *et.al*, 2019).

Per altre coltivazioni sperimentate in impianti agrivoltaici, Schindele *et al.*, 2021 riportano esempi di coltivazione in Germania di patate, frumento, orzo primaverile, barbabietola, porri, sedano, trifoglio e leguminose.

Enel¹⁵ ha attualmente in corso diversi progetti in Grecia, Spagna e Italia in cui si stanno sperimentando i risultati ottenibili per erbe aromatiche, fiori, prati polifiti e varie colture ortive, tra cui anche leguminose.

La Francia è stato il primo paese europeo a implementare un sistema di supporti economici per i sistemi agrivoltaici nel 2017.

Allargando il contesto oltreoceano, il Giappone nel 2013 ha promulgato una legge che consente l'installazione di pannelli fotovoltaici in contesti agricoli a patto di garantire l'utilizzo dell'80% della superficie a fini agricoli. In Cina (Xue J., 2017) tra il 2015 e il 2017 si stima siano stati installati 4.0 GWp di sistemi agrivoltaici. Nella sola contea di Qianyang della città di Baoji, sono stati recentemente installati 100 MWp di agrivoltaico, associando la produzione di energia con la coltivazione del frumento (**Figura 7**). nel 2016 la Corea del Nord ha installato 100 kW di impianti agrivoltaici con coltivazioni di riso, soia, cavolo e altri vegetali¹⁶.

¹⁵ <https://www.enelgreenpower.com/it/media/news/2021/02/agri-fotovoltaico-nuove-soluzioni>

¹⁶ <https://greendealfow.com/agrovoltaco-the-new-no-limit-photovoltaics>



Figura 7. Frumento coltivato al di sotto dei pannelli fotovoltaici nelle campagne di Baoji (Cina, 2021)
[\(https://www.longi.com/us/news/6716/\)](https://www.longi.com/us/news/6716/)

Le scelte di questi Paesi scaturiscono anche dalla consapevolezza dell'attuale contesto climatico caratterizzato spesso da eventi meteorici straordinari, nel quale le colture potranno addirittura giovare dell'effetto protettivo dei pannelli contro gli eventi estremi quali, ad esempio, grandine e temperature estreme.

2.2. Attività apistica e produzione di energia da fonte rinnovabile

L'apicoltura si configura come un'attività di salvaguardia degli insetti impollinatori e come fonte di reddito attraverso le sue produzioni, in primis quella del miele. In tempi recenti si è assistito ad una crescente minaccia verso la salute degli insetti impollinatori, a causa di avversità sia di natura biotica (parassiti, predatori, patogeni) sia di carattere antropico. **L'idea di sfruttare le superfici destinate all'impianto agrivoltaico per l'installazione di apiari, porta con sé i benefici di utilizzare la flora nettariana ivi presente, oltre a quella delle zone contermini, dove sarà nullo l'utilizzo di agrofarmaci (Figura 8).**



Figura 8. Esempio di agrivoltaico con distribuzione di alveari all'interno dell'area di impianto.

Il declino degli impollinatori osservato in tutto il mondo negli ultimi anni (Hanley *et al.*, 2015; Klein *et al.*, 2007; Potts *et al.*, 2016 a, b) fornisce un punto di partenza per l'integrazione dell'attività apistica alla produzione di energia da fonte rinnovabile degli impianti fotovoltaici, oltre ai numerosi benefici indiretti. Infatti, la presenza di alveari accanto agli impianti fotovoltaici può aumentare la resa delle coltivazioni circostanti, grazie alle attività di impollinazione delle api, assicurando da una parte i già citati vantaggi ambientali e dall'altra benefici di tipo economico, perché i terreni diventano più produttivi¹⁷.

Mentre la maggior parte degli impatti ambientali sono difficili da monetizzare, gli impatti degli impianti fotovoltaici sugli impollinatori possono essere stimati attraverso le produzioni dei raccolti e le vendite di miele. Lo studio di Armstrong *et al.* (2021) ha stimato per la prima volta i potenziali costi e benefici economici dell'integrazione di alveari in impianti fotovoltaici localizzati in Gran Bretagna. Tuttavia, l'analisi è stata basata su un approccio e una metodologia facilmente replicabile in altri Stati. Tra gli obiettivi dello studio si è cercato di quantificare le rese e i costi del servizio di impollinazione di diverse colture distribuite intorno ai parchi solari; ne è risultato che per l'Inghilterra il più alto beneficio del servizio di impollinazione delle api si è registrato per i semi oleosi. Inoltre, i frutti di bosco, in particolare le fragole, hanno raggiunto i risultati migliori per unità di superficie, dato il loro alto valore di mercato e la dipendenza relativamente alta degli impollinatori. Ne consegue che, massimizzando i benefici economici del servizio di impollinazione, le colture con il più alto valore di impollinazione delle api per ettaro dovrebbero essere coltivate all'interno dell'area recintata dell'impianto fotovoltaico.

Sebbene si registri un aumento della produzione, Armstrong *et al.* (2021) convengono però che l'apicoltura può essere potenzialmente dannosa per gli impollinatori selvatici, a causa della competizione per le risorse e della diffusione delle malattie (Cane e Tepedino, 2017; Mallinger *et al.*, 2017; Wojcik *et al.*, 2018). Nondimeno, il cambiamento climatico degli ultimi anni ha seriamente compromesso la crescita e lo sviluppo di popolazioni selvatiche e spesso gli impianti sono situati in contesti agricoli gestiti in modo intensivo, dominati da monoculture e pratiche di agricoltura convenzionale, dove gli habitat degli impollinatori sono degradati e si registra un deficit del servizio di impollinazione (Aizen e Harder, 2009; Breeze *et al.*, 2011). Ne consegue che l'introduzione di alveari e la diffusione dell'attività apistica forniscono un fondamentale valore aggiunto, oltre ad un incremento delle produzioni, in ambienti agricoli gestiti in modo intensivo.

Infatti, i parchi solari sono luoghi relativamente sicuri, dove gli habitat degli impollinatori e gli alveari delle api possono essere sistemati senza danni intenzionali o non intenzionali da parte degli esseri umani. Inoltre, il mantenimento dei pannelli per 25-40 anni permette di non modificare l'uso del suolo e le nicchie climatiche fornite dai pannelli solari (Armstrong *et al.*, 2016) potrebbero mitigare gli impatti dei cambiamenti climatici sugli impollinatori (Potts *et al.*, 2016a; Rasmont *et al.*, 2015). D'altro canto, le strutture fotovoltaiche possono diventare siti di protezione per gli impollinatori selvatici, offrendo una serie di co-benefici per fauna selvatica ed ecosistemi (Pywell *et al.*, 2002).

Per esempio, la presenza degli impollinatori selvatici può indirettamente contribuire alla conservazione della biodiversità attraverso la fornitura di habitat per altri invertebrati, uccelli e mammiferi (Wratten *et al.*, 2012).

¹⁷ <https://www.qualenergia.it/articoli/api-fotovoltaico-accoppiata-vincente-agricoltura-biodiversita/>

La coabitazione di api e impianti fotovoltaici vanta già esempi di successo. È il caso di *Connexus Energy* in Minnesota - ma sono ormai innumerevoli gli esempi in tutto il mondo-, uno dei maggiori produttori e distributori di energia elettrica da fotovoltaico, ha iniziato dal 2016 un progetto di apicoltura in alcune delle sue installazioni fotovoltaiche, che ha portato alla produzione di un miele brandizzato "Solar Honey"¹⁸.

¹⁸ <https://ruralsolarstories.org/story/connexus/>

3. Quadro normativo dell’Agrivoltaico

Come meglio illustrato nello SIA sviluppato per la presente istanza (cfr. elaborato TRI-VIA-02), le Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) e tra queste in particolare il fotovoltaico, rivestono ormai un ruolo chiave nella “transizione energetica” (Figura 9) volta al contenimento del c.d. *Global Warming* e della necessaria progressiva decarbonizzazione del processo di produzione di energia.

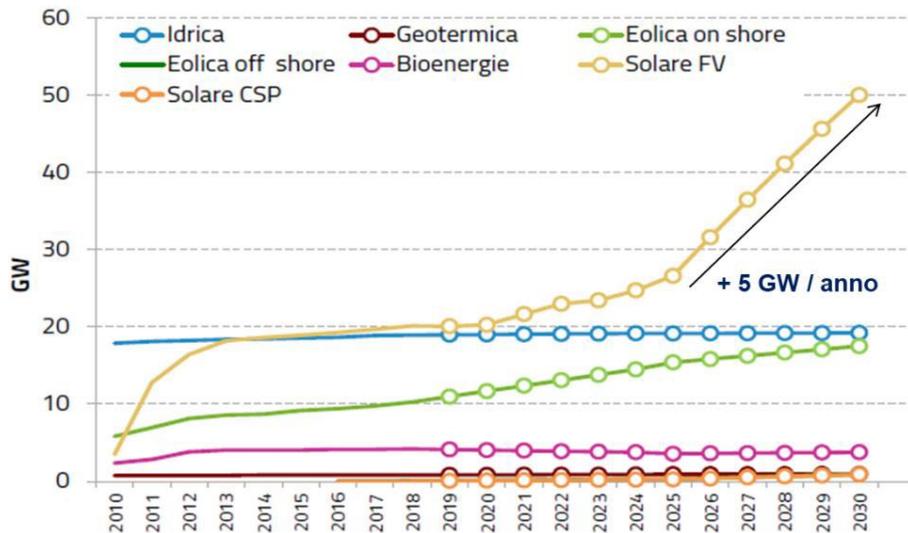


Figura 9. Stima prospettica dell'incremento atteso di installazione di impianti di produzione energetica da FER. Fonte: PNIEC.

A **livello internazionale** lo sviluppo di impianti agrivoltaici (**Figura 10**) viene presentato per la prima volta tra le linee di azione dell’obiettivo 7 dell’Agenda 2030, adottata dall’ONU nel 2015 e recepita immediatamente dall’**Unione europea**. Quest’ultima ha finora notevolmente incentivato l’utilizzo dei pannelli fotovoltaici per produrre energia “pulita”, ma non esistono attualmente direttive o regolamenti che disciplinino o diano indicazioni tecniche precise riferite a questa tipologia di impianti “ibridi”. La Commissione europea intende attuare iniziative di sostegno all’interno della strategia sulla biodiversità europea al fine di accelerare la transizione a un nuovo sistema alimentare sostenibile. La Commissione ha inoltre già proposto di integrare l’agrivoltaico nella Climate Change Adaptation Strategy in via di approvazione, e sono state avanzate varie proposte per il suo inserimento nelle Agende europee in materia di transizione energetica (Unitus, 2021).



Figura 10. Esempi di progetti agrivoltaici a differente valenza (i.e. ortofrutticola, foraggera, mellifera e zootecnica).

Per quanto riguarda l'**Italia**, come sintetizzato dal Report di Elettricità Futura e Confagricoltura (2021), “[...] *nell’ipotesi quindi di dover installare 50 GW di nuova potenza fotovoltaica in meno di nove anni (rispetto ai 21,6 GW realizzati in circa quindici anni), è ragionevole supporre che lo sviluppo atteso dovrà essere assicurato soprattutto dagli impianti a terra, mentre le installazioni su coperture continueranno presumibilmente a crescere con lo stesso ritmo riscontrato ad oggi*”. Si consideri che al 2030, in un’ipotesi di ubicazione su suolo di 35 GW di impianti solari, si renderà necessaria una superficie complessiva inferiore allo 0.5% della superficie agricola totale nazionale. A tal proposito, viene sottolineato come “[...] *la crescita attesa del fotovoltaico al 2030 dovrà prevedere un più ampio coinvolgimento degli agricoltori e dovrà valutare l’inserimento a terra, su aree agricole, degli impianti FV soprattutto attraverso soluzioni impiantistiche in grado di integrare la produzione di energia in ambito agricolo e di contribuire, se ne sussistono le condizioni, a rilanciarne l’attività nei terreni abbandonati non utilizzabili o non utilizzati in ambito rurale*”.

Questo importante risultato sancisce, finalmente, la celebrazione di **due elementi essenziali** quanto controversi (e spesso strumentalizzati):

1. **gli impianti fotovoltaici utility-scale non comportano forme di “consumo” del suolo**, al punto che il suolo è in grado di mantenere e addirittura migliorare la propria fertilità intesa come funzione di abitabilità e nutrizione;
2. **la filiera agricola e quella energetica non sono in contrapposizione** ma possono divenire fattori sinergici in cui la componente energetica funge da motore di sviluppo rurale e di crescita/stabilità di comparti a maggior fragilità.

Nonostante l’evidente e riconosciuta potenzialità, il quadro normativo risulta oggi ancora piuttosto frammentario e talvolta discordante, ma finalmente dal 2022 si sta lavorando per arrivare a una definizione condivisa e condivisibile di “Impianto agrivoltaico”.

Fino a quest’anno la diffusione di questa tipologia di impianti è stata limitata dall’assenza di un sistema incentivante, ma il “Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)”, inserisce l’agrivoltaico (se in possesso di determinati requisiti) tra le produzioni di energia rinnovabile incentivabili e comincia a dare indicazioni rispetto alle caratteristiche che deve avere un progetto per essere definito “Agrivoltaico”.

Il PNRR, infatti, nella sua versione definitiva trasmessa alla UE, prevede stanziamenti superiori al miliardo di euro per lo “Sviluppo Agrivoltaico” (e relativi monitoraggi) e una capacità produttiva di 2,43 GW. Proprio allo sviluppo dell’agrivoltaico viene dedicato il primo punto della missione Energia Rinnovabile, Idrogeno, Rete e Mobilità Sostenibile (M2C2) (Figura 11).



M2C2 - ENERGIA RINNOVABILE, IDROGENO, RETE E MOBILITA' SOSTENIBILE

23,78
Mld
Totale

Ambiti di intervento/Misure	Totale
1. Incrementare la quota di energia prodotta da fonti di energia rinnovabile	5,90
Investimento 1.1: Sviluppo agro-voltaico	1,10
Investimento 1.2: Promozione rinnovabili per le comunità energetiche e l'auto-consumo	2,20
Investimento 1.3: Promozione impianti innovativi (Incluso <i>off-shore</i>)	0,68
Investimento 1.4: Sviluppo biometano	1,92
Riforma 1.1: Semplificazione delle procedure di autorizzazione per gli impianti rinnovabili <i>onshore</i> e <i>offshore</i> , nuovo quadro giuridico per sostenere la produzione da fonti rinnovabili e proroga dei tempi e dell'ammissibilità degli attuali regimi di sostegno	-
Riforma 1.2: Nuova normativa per la promozione della produzione e del consumo di gas rinnovabile	-

Figura 11. Componente M2C2 "Energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile"

In Italia, il **D. Lgs. 28/2011** ha introdotto gli incentivi statali su impianti fotovoltaici in ambito agricolo che:

- utilizzino soluzioni innovative;
- siano sollevati da terra (in modo da non compromettere l'attività agricola);
- abbiano sistemi di monitoraggio per verificarne l'impatto ambientale.

Nel corso degli anni sono state introdotte deroghe (Decreto-Legge n° 1/2012, successivamente convertito in Legge con la L. 27/2012) all'articolo 65, comma 1 del D.Lgs. 28/2011¹⁹, che disponeva il divieto agli impianti solari fotovoltaici con moduli collocati a terra in aree agricole di poter accedere agli incentivi statali per le FER.

Solo nel 2020, l'**art. 56, comma 8-bis della Legge n. 120 del 2020** (conversione del D.L. 76/2020) ha ampliato la possibilità di accesso agli incentivi introducendo dopo il comma 1:

- comma 1-bis "Il comma 1 non si applica agli impianti solari fotovoltaici da realizzare su aree dichiarate come siti di interesse nazionale purché siano stati autorizzati ai sensi dell'articolo 4, comma 2, del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28²⁰, e in ogni caso l'accesso agli incentivi per tali impianti non necessita di ulteriori attestazioni e dichiarazioni";
- comma 1-ter "Il comma 1 non si applica altresì agli impianti solari fotovoltaici da realizzare su discariche e lotti di discarica chiusi e ripristinati, cave o lotti di cave non suscettibili di ulteriore sfruttamento per le quali l'autorità competente al rilascio dell'autorizzazione abbia attestato l'avvenuto completamento delle attività di recupero e ripristino ambientale previste nel titolo autorizzatorio nel rispetto delle norme regionali vigenti (...) e in ogni caso l'accesso agli incentivi per tali impianti non necessita di ulteriori attestazioni e dichiarazioni";

¹⁹ comma 1: "Agli impianti solari fotovoltaici con moduli collocati a terra in aree agricole, non è consentito l'accesso agli incentivi statali di cui al decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28".

²⁰ Il comma 2 art. 4 si riferisce alle all'Autorizzazione Unica (D.Lgs. 387/2003), alla Procedura Abilitativa Semplificata (D.Lgs. 28/2011)

ulteriormente implementato dall'**art. 31, comma 5, legge n. 108 del 2021** (conversione del D.L. 77/2021), che aggiunge:

- comma 1-quater “Il comma 1 non si applica agli impianti agrovoltaiici che adottino soluzioni integrative innovativa con montaggio dei moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche consentendo l’applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione”;
- comma 1-quinquies (poi così modificato dall’art. 11, comma 1, lettera a, Legge n. 34 del 2022): “l’accesso agli incentivi per gli impianti di cui al comma 1-quater è inoltre subordinato alla contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio, da attuare sulla base di linee guida adottate dal Consiglio per la ricerca in agricoltura e l’analisi dell’economia agraria, in collaborazione con il Gestore dei servizi energetici (GSE) (...), che consentano 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”.

Infine, l'**art. 9 della Legge n. 34 del 22 aprile 2022** “Semplificazioni per l’installazione di impianti a fonti rinnovabili” prevede l’estensione della Procedura Abilitativa Semplificata (PAS), in particolare: *“[...] Per l’attività di costruzione ed esercizio di impianti fotovoltaici di potenza fino a 20 MW e delle relative opere di connessione alla rete elettrica di alta e media tensione localizzati in aree a destinazione industriale, produttiva o commerciale nonché in discariche o lotti di discarica chiusi e ripristinati ovvero in cave o lotti di cave non suscettibili di ulteriore sfruttamento, e delle relative opere connesse e infrastrutture necessarie, per i quali l’autorità competente al rilascio dell’autorizzazione abbia attestato l’avvenuto completamento delle attività di recupero e di ripristino ambientale previste nel titolo autorizzatorio nel rispetto delle norme regionali vigenti, si applicano le disposizioni di cui al comma 1. Le medesime disposizioni di cui al comma 1 si applicano ai progetti di nuovi impianti fotovoltaici da realizzare nelle aree classificate idonee ai sensi dell’articolo 20 del decreto legislativo 8 novembre 2021, n. 199, ivi comprese le aree di cui al comma 8 dello stesso articolo 20, di potenza fino a 10 MW, nonché agli impianti agro-voltaici di cui all’articolo 65, comma 1-quater, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 27, che distino non più di 3 chilometri da aree a destinazione industriale, artigianale e commerciale”.*

Si specifica che la nuova formulazione dell'**art. 11 della Legge n. 34 del 2022** sopprime definitivamente il vincolo del 10 % di copertura della superficie agricola totale ai fini dell’accesso agli incentivi statali per gli impianti agrovoltaiici con montaggio dei moduli sollevati da terra e possibilità di rotazione e per quelli che adottino altre soluzioni innovative.

Il Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l’analisi dell’Economia Agraria (CREA) ha contribuito con le proprie *“Considerazioni connesse allo sviluppo del sistema agrivoltaico”* all’esame del D.L. 17/2022, prima della conversione in legge. Dal testo di questo approfondimento emergono numerose informazioni preziose utili ad inquadrare gli impianti agrovoltaiici nel contesto degli aiuti economici derivanti dalla Politica Agricola Comune (PAC). L’ente sottolinea che occorre prediligere impianti che non vadano a sottrarre in maniera permanente suolo all’attività agricola - ed anzi favorire con l’installazione di essi il ripristino della piena funzionalità agro-biologica del suolo - ha riflessi anche in quello che è il mantenimento dei titoli PAC. Dal punto di vista procedurale e regolatorio, infatti, il mantenimento dei suddetti aiuti comunitari è legato principalmente al prosieguo dell’attività primaria, potendo integrare altre attività “accessorie”, purché esse non vadano ad ostacolare l’attività agricola in sé. Da qui, dunque, il bisogno di uno strutturato iter progettuale della componente agronomica,

con uno sguardo alle nuove tecnologie dell'agricoltura di precisione e digitale, integrando anche accorgimenti tecnici che possano permettere un miglioramento quali-quantitativo delle colture in ottica di ottimizzazione dell'uso delle risorse (ad esempio la componente idrica) e limitazione degli sprechi.

Alfine di contribuire alla definizione di "agrivoltaico", il "*Position Paper - Sistemi AGRO-FOTOVOLTAICI*"²¹, sottoscritto da ANIE Rinnovabili, Elettricità Futura e Italia Solare (Anie,2022), definisce gli indicatori minimi per qualificare ed etichettare come tale un sistema agrivoltaico, ovvero la coesistenza nel progetto di tutte le tre condizioni di seguito riportate:

- la fattibilità dell'attività agricola del sistema deve essere asseverata da parte di un tecnico competente, sia in fase autorizzativa, sia annualmente;
- l'esecuzione del monitoraggio ed il controllo dei fattori della produzione, le cui modalità devono essere scelte in base alla tipologia di attività esercitata;
- il limitare la superficie non utilizzabile ai fini agricoli (ovvero le porzioni di suolo non più disponibili dopo l'installazione dei moduli, come ad esempio quelle occupate dalle strutture di sostegno) a non più del 30% della superficie totale del progetto.

Lo stesso documento contribuisce anche a definire alcuni criteri incrementali definiti "Plus" - la cui presenza si auspica possa essere presa in considerazione per l'assegnazione di una priorità di ammissione del progetto, nonché di sostegno finanziario, rispetto ad altri dello stesso ambito energetico, che misurano un più elevato livello di integrazione dell'attività di produzione di energia da fonte fotovoltaica sulle superfici vocate alla produzione primaria, quali ad esempio:

- l'utilizzo di strumenti digitali facenti parte della sfera dell'agricoltura di precisione (o agricoltura 4.0);
- il miglioramento dell'utilizzo della risorsa idrica mediante accorgimenti tecnico-agronomici che si traduca in un aumento del valore d'uso del suolo;
- l'utilizzo di misure di mitigazione ambientali atti a favorire un miglior inserimento dell'impianto nel contesto agricolo e rurale;
- la tutela della biodiversità, delle specie di interesse agrario, del suolo dai fenomeni erosivi e l'uso di colture identitarie del territorio o specie zootecniche autoctone.

Infine, è recentissima (28 giugno 2022) la pubblicazione da parte del **MiTE** (Ministero della Transizione Ecologica) delle "**Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici**" (MiTE,2022). Tale documento è stato prodotto da un gruppo di lavoro composto da **CREA** (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria), **GSE** (Gestore dei servizi energetici S.p.A.), **ENEA** (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) ed **RSE** (Ricerca sul sistema energetico S.p.A), coordinato dallo stesso MiTE.

Le linee guida redatte chiariscono e definiscono le **caratteristiche minime ed i requisiti** da soddisfare affinché un impianto fotovoltaico realizzato in area agricola possa essere definito "**agrivoltaico**":

- **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;*

²¹ <https://www.italiasolare.eu/wp-content/uploads/2022/03/AR-EF-IS-Position-Paper-Agrivoltaico.pdf>

- **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 D:** per quanto concerne 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;

Nello stesso documento vengono inoltre descritti i **requisiti "plus"** che un impianto deve soddisfare per essere definito **"impianto agrivoltaico avanzato"**, diventando meritevole dell'accesso agli incentivi statali a valere sulle tariffe elettriche, come stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies del DL n. 1/2012, nonché quelli per l'accesso ai contributi del PNRR (esclusi quelli ulteriori soggettivi o tecnici, premiali e di priorità che potranno essere definiti successivamente):

- **REQUISITO D:** l'azienda deve essere dotata di un adeguato sistema di monitoraggio che consenta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico anche in termini di risparmio idrico;
- **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.

Tali Linee Guida rappresentano in Italia ad oggi, il riferimento non solo per poter definire cosa renda un impianto che usa la tecnologia fotovoltaica "agrivoltaico", ma anche per identificare elementi concreti e quantificabili che consentono di distinguere tra diversi tipi di impianti agrivoltaici, identificando tra questi quali possano/potranno o meno accedere ai contributi statali e del PNRR.

Entrando nel dettaglio i requisiti minimi che un progetto "agrivoltaico" come quello proposto deve possedere per essere definito tale sono:

- **A.1 Superficie minima coltivata:** garantire il prosieguo dell'attività agricola su una superficie non inferiore al 70% della superficie totale dell'area oggetto di intervento;
- **A.2 Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR - Land Area Occupation Ratio):** il rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto fotovoltaico e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico deve essere non superiore al 40%;
- **B.1.a Esistenza e resa della coltivazione:** bisogna accertare la destinazione produttiva agricola dei fondi rustici destinati al progetto, valutando e confrontando il valore della produzione agricola media ante intervento con quello della produzione agricola ipotizzata per il sistema agrivoltaico, ad esempio esprimendola in €/ha o €/UBA.
- **B.1.b Mantenimento dell'indirizzo produttivo:** garantire il mantenimento dell'indirizzo produttivo dello stato di fatto o l'eventuale passaggio ad uno dal valore economico più elevato. Andrebbero mantenute comunque le produzioni DOP e IGP;
- **B.2 Producibilità elettrica minima:** garantire che la produzione elettrica specifica dell'impianto agrivoltaico (espressa in GWh/ha/anno) non sia inferiore al 60% rispetto a quella di un impianto fotovoltaico standard idealmente realizzato sulla stessa area;
- **D.2 Monitoraggio della continuità dell'attività agricola:** monitorare attraverso la redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo - con cadenza stabilita - l'esistenza e la resa della coltivazione, nonché il mantenimento dell'indirizzo produttivo proposto.

Come anticipato le Linee Guida forniscono non solo le definizioni, ma anche gli elementi e i concetti necessari per definire le componenti del sistema che possono essere utilizzate per la verifica della conformità di un impianto al concetto di *agrivoltaico* quali:

- **“Superficie totale di ingombro dell’impianto agrivoltaico (S_{pv}):** *somma delle superfici individuate dal profilo esterno di massimo ingombro di tutti i moduli fotovoltaici costituenti l’impianto (superficie attiva compresa la cornice).”*

Tale superficie è riferibile alla somma di tutte le superfici dei moduli fotovoltaici proiettate ortogonalmente al terreno.

- **“Superficie di un sistema agrivoltaico (S_{tot}):** *area che comprende la superficie utilizzata per coltura e/o zootecnia e la superficie totale su cui insiste l’impianto agrivoltaico.”*

Tale superficie è riferibile alla superficie delle singole **tessere** che vanno a comporre la totalità del Sistema Agrivoltaico proposto.

Il MiTE introduce anche il concetto di **tessera**, che nel presente lavoro è stato considerato come un gruppo di pannelli con caratteristiche omogenee (i.e. una strada interna che cambia il pitch divide l’impianto in due tessere) che vanno a comporre la totalità del Sistema Agrivoltaico e sottolinea che i requisiti minimi devono essere soddisfatti distintamente da ciascuna tessera.

Oltre alla definizioni in termini di superfici, il MiTE introduce gli elementi per la descrizione e definizione di un impianto anche dal punto di vista spaziale, considerando il **sistema agrivoltaico** “come un “pattern spaziale tridimensionale”, composto dall’impianto agrivoltaico, e segnatamente, dai moduli fotovoltaici e dallo spazio libero tra e sotto i moduli fotovoltaici, montati in assetti e strutture che assecondino la funzione agricola, o eventuale altre funzioni aggiuntive, spazio definito **“volume agrivoltaico”** o **“spazio poro”**.”

Utilizzando la definizione del MiTE per **“spazio poro”** si intende: *“spazio dedicato all’attività agricola, caratterizzato dal volume costituito dalla superficie occupata dall’impianto agrivoltaico (superficie maggiore tra quella individuata dalla proiezione ortogonale sul piano di campagna del profilo esterno di massimo ingombro dei moduli fotovoltaici e quella che contiene la totalità delle strutture di supporto) e dall’altezza minima dei moduli fotovoltaici rispetto al suolo;”*

Quanto definito dal MiTE rappresenta pre-condizione preziosissima per definire o meno la possibilità di 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”.

4. L'agricoltura in Friuli Venezia-Giulia

Dal punto di vista economico, in Friuli Venezia-Giulia il settore primario - agricoltura, silvicoltura e pesca – incide per il 16%, mentre l'industria ricopre il 27%. Il commercio influisce del 23%, l'8,5% è rappresentato da imprese operanti nei servizi di alloggio e ristorazione, infine il terziario è caratterizzato dal 26% delle restanti imprese che operano nel territorio regionale. Il trend friulano supera i valori nazionali, sbilanciandosi positivamente per i settori primario (FVG 16% contro 14,72%) e secondario (FVG 27% contro 25,3%), influenzando in minor misura il commercio (FVG circa 23% contro il 27,4%)²².

Il Friuli Venezia-Giulia possedeva (Figura 12) nel 2019 circa 224.000 ha di superficie agricola utile, leggermente diminuita nel corso del 2020 a circa 216.000 ha, impiegata in prevalenza per la coltivazione di seminativi, seguiti da piante arboree (sostanzialmente coltivazione della vite) e prati permanenti e pascoli. La superficie utile di seminativi in rotazione è di 154.000 ettari²³, con un sostanziale pareggio tra la coltivazione del mais e della soia²⁴. In termini di superficie agricola la provincia di Udine rappresenta oltre il 60% della Superficie Agricola Utilizzata (SAU) regionale, mentre Trieste rappresenta meno dell'1%²⁵.

FORME DI UTILIZZAZIONE	SUPERFICIE UTILIZZATA			
	2019	%	2020	%
Totale seminativi	159.524	71,2	154.257	71,2
<i>di cui: Cereali per la produzione di granella</i>	71.127	31,7	70.109	32,4
<i>Piante industriali</i>	39.932	17,8	46.226	21,3
<i>Foraggere avvicendate</i>	42.124	18,8	30.361	14,0
<i>Prati avvicendati</i>	25.451	11,4	14.123	6,5
<i>Erbai</i>	16.673	7,4	8.619	4,0
Coltivazioni legnose agrarie	33.037	14,7	32.665	15,1
<i>di cui: Vite</i>	26.555	11,8	27.263	12,6
<i>Fruttiferi</i>	2.720	1,2	2.571	1,2
<i>Vivai</i>	3.423	1,5	2.517	1,2
Orti familiari	65	0,0	78	0,0
Prati permanenti e pascoli	31.481	14,0	29.558	13,6
TOTALE	224.107	100,0	216.558	100,0

Fonte: elaborazione Ersa su dati Agea. Dati provvisori

Figura 12. FVG superficie utilizzata secondo le principali forme di utilizzazione dei terreni (espressi in ettari) – Anni 2019-2020. (Fonte: elaborazione ERSA su dati Agea).

Stando all'elaborazione effettuata da ISMEA del 2020, il Friuli Venezia-Giulia conta 26 prodotti contraddistinti da marchi di qualità DOP, IGP, STG e risulta al sesto posto in termini di impatto

²²https://www.regione.fvg.it/rafv/export/sites/default/RAFVG/fondi-europei-fvg-internazionale/Strategia-specializzazione-intelligente/allegati/240415-Analisi_del_contesto.pdf

²³ www.regione.fvg.it/rafv/export/sites/default/RAFVG/GEN/statistica/FOGLIA74/allegati/Regione_in_cifre_2021_testo_integrale.pdf

²⁴ <https://www.agrifoodfvg.it/dati-statistici>

²⁵ http://www.ersa.fvg.it/export/sites/ersa/aziende/in-formazione/Avvisi-Comunicazioni/Allegati_avvisi_comunicazioni/Bozza-ISTAT-giugno.pdf

economico territoriale proprio per questi prodotti (Food e Wine)²⁶; la regione vanta inoltre 156 prodotti agroalimentari tradizionali²⁷. I prodotti alimentari certificati DOP o IGP in sono 7: Prosciutto di San Daniele DOP, il formaggio Montasio DOP, l'olio extravergine di Trieste denominato Tergeste DOP, la Brovada DOP (ottenuta dalla macerazione, la fermentazione e il fettucciamento dell'ecotipo locale di rapa bianca dal colletto viola), Salamini italiani alla cacciatora DOP, il Prosciutto di Sauris IGP e la Pitina IGP, i restanti 19 sono vini, tra cui 2 nuove DOP registrate nel 2020, il Delle Venezie DOP (Veneto, Friuli Venezia-Giulia, Trentino-Alto Adige) e il Friuli DOP (Friuli Venezia-Giulia), finora riconosciute solo a livello nazionale con autorizzazione all'etichettatura transitoria.

A partire dal febbraio 2020, la pandemia da COVID-19 ha piegato l'economia mondiale, europea e italiana, influenzando negativamente su tutti i settori di produzione, comprese le filiere agroalimentari e, conseguentemente, le produzioni locali. Tuttavia, il comparto agricolo del Friuli Venezia-Giulia ha registrato questa tendenza più contenuta. Infatti, il report 2020 dell'Agenzia regionale per lo sviluppo rurale (ERSA) sottolinea come, per l'agricoltura, si è registrato un calo del valore aggiunto più contenuto rispetto agli altri settori, sebbene le superfici coltivate abbiano censito diverse variazioni.

In questo scenario, la coltura del mais da granella ha registrato un calo del -21,4% rispetto al 2019, che con poco più di 40.000 ettari resta una delle principali colture della regione. Inoltre, nonostante l'aumento della resa e l'aumento del prezzo (+3,6%), la produzione registra un calo del -17,2% e il fatturato si attesta al -14,2%. Anche la soia di primo raccolto, altra coltura importante della regione, ha registrato una riduzione, non solo in termini di superfici, ma anche di resa: il calo di fatturato (-24%) derivante da ciò è solo parzialmente tamponato dall'aumento del prezzo (+17,1%). Colza e sorgo, invece, registrano un aumento su tutti i fronti, ma rimangono coltivazioni le cui superfici investite sono modeste rispetto alle colture principali²⁸.

Fornendo un focus sul settore apistico, il valore dell'apicoltura mondiale, in termini di produzione lorda vendibile e limitatamente al miele, può essere stimato intorno ai 20,6 milioni di euro all'anno. Comprendendo i prodotti minori, i nuclei e le api regine il fatturato dovrebbe raggiungere i 30 milioni di euro, mentre l'indotto complessivo legato al settore apistico è stimato dell'ordine dei 57-62 milioni di euro, valore che rappresenta circa il 3‰ della P.L.V. dell'intera agricoltura italiana²⁹.

Stando a quanto riportato da un recente studio dell'Università di Torino (DiSAFA, 2019), che ha elaborato i dati FAO, la produzione mondiale di miele è, inoltre, in continuo aumento e una stima attuale della consistenza del settore in Italia conta circa 50'000 apicoltori, con 1,37 milioni di alveari, per un valore medio di circa 28 alveari per apicoltore. Secondo ISMEA (ISMEA, 2019) l'apicoltura risulta essere una delle attività maggiormente colpite dai recenti effetti dei cambiamenti climatici, dall'erosione del suolo agricolo e dalla presenza nell'ambiente di pesticidi e agenti chimici: il 37% delle api è in declino. Si tratta, quindi, di un comparto, che deve essere tutelato poiché oltre ad assicurare la produzione di miele e di altri pregiati prodotti dell'alveare, rappresenta una delle più autentiche espressioni della multifunzionalità agricola.

²⁶www.ismea.it/flex/cm/pages/ServeAttachment.php/L/IT/D/1%252F1%252F2%252FD.ee19adf932c3e4d025ba/P/BLOB%3AID%3D11279/E/pdf

²⁷https://www.regione.fvg.it/rafv/export/sites/default/RAFVG/economia-imprese/agricoltura-foreste/psr-programma-sviluppo-rurale/allegati/La_Regione_FVG_verso_gli_obiettivi_europei_2020II_nuovo_PSR_e_il_sostegno_alle_produzioni_di_qualita_P_Stefanelli_Direttore_Generale_ERSA_FVG.pdf

²⁸http://www.ersa.fvg.it/export/sites/ersa/aziende/sperimentazione/Statistica-agraria/Allegati_statistica/Sintesi-Prime-Valutazioni-del-comparto-agricolo-2020.pdf

²⁹ Documento programmatico per il settore apistico (DAP) di cui all'art. 5, comma 1, della legge 24 dicembre 2004 n. 313

Le imprese agricole italiane, tra le più multifunzionali d'Europa, stanno evolvendosi sempre più verso la diversificazione delle funzioni aziendali e delle fonti di reddito e proprio grazie a tali attività, oltre alla sostenibilità economica, hanno spesso raggiunto buoni livelli in termini di sostenibilità ambientale e sociale, producendo beni collettivi, e assolvendo anche funzioni "pubbliche" (esternalità positive).

A livello nazionale la Legge n. 313/04 riconosce l'apicoltura come attività d'interesse nazionale, utile per la conservazione dell'ambiente naturale, dell'ecosistema e dell'agricoltura in generale, finalizzata a garantire l'impollinazione naturale e la biodiversità di specie apistiche, con particolare riferimento alla salvaguardia della razza di ape italiana (*Apis mellifera ligustica* Spinola) e delle popolazioni di api autoctone tipiche o delle zone di confine.

Negli ultimi anni **in Friuli Venezia Giulia** sono state segnalate morie di api anomale e spopolamenti di alveari in forma diffusa, il che ha indotto la Regione a finanziare dal 2014 i Consorzi apistici provinciali. L'iniziativa, ai sensi della L.R. 15/2014, articolo 2, comma 6, perseguiva l'obiettivo di tutelare la sanità delle api, proporre attività di assistenza tecnica agli apicoltori per cercare di contrastare lo spopolamento del patrimonio apistico.

Con il Decreto del Presidente della Regione FVG n. 0165/Pres/2017 è stato approvato il Regolamento recante criteri e modalità per la concessione di finanziamenti a favore degli apicoltori, singoli o associati, che risiedono nel territorio regionale ed esercitano l'attività apistica. La norma prevede contributi in regime de minimis dal 40% fino all'80% per interventi relativi a:

3. costruzione, trasformazione, ristrutturazione, ampliamento e ammodernamento di locali destinati alla lavorazione dei prodotti;
4. acquisto di macchine e attrezzature per l'esercizio dell'attività apistica, comprese arnie, macchinari e attrezzature per la lavorazione dei prodotti, con esclusione di automezzi;
5. acquisto di alveari e famiglie di api³⁰.

³⁰ <https://www.regione.fvg.it/rafvfg/cms/RAFVG/economia-imprese/agricoltura-foreste/FOGLIA60/>

5. Inquadramento area intervento

L'area oggetto di studio si trova nel comune di Trivignano Udinese (UD), mentre il cavidotto di connessione per collegare l'impianto alla cabina primaria "Udine Sud" attraversa anche il comune di Santa Maria La Longa (UD). Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico installato a terra con perpetrazione dell'uso agricolo delle superfici, la cui localizzazione spaziale è riportata in Figura 13 (coordinate 45°55'38.77"N e 13°21'13.99"E).



Figura 13. Localizzazione dell'area di intervento su foto satellitare, il poligono rosso corrisponde alla superficie catastale di impianto (Fonte cartografica di base: Google Earth).

In linea d'aria l'impianto agrivoltaico disterà circa 2 km dal centro abitato di Trivignano Udinese e circa 16 km dal comprensorio comunale di Udine. Il Comune di Trivignano Udinese confina con Pavia di Udine e Manzano a Nord, San Giovanni al Natisone e Chiopris-Viscone a Est, San Vito al Torre e Palmanova a Sud, Santa Maria la Longa a Ovest. L'area d'impianto, invece, confina a Nord con Via S. Marco, a Sud con una strada vicinale, mentre a Est è prevalentemente delimitata da appezzamenti agricoli. Ad Ovest è presente una discarica di 2^a categoria tipo A (Decreto n. 1496/2018), interamente recintata.

Il lotto è facilmente accessibile da Via San Marco, la quale collega la frazione Clauiano, posta a ovest dell'area di progetto, con la strada provinciale SP2. L'area è raggiungibile anche da sud tramite una strada sterrata che parte dalla SP 50. Al fine di ridurre gli eventuali disturbi al centro abitato durante la fase di costruzione, sarà proprio questo secondo accesso ad esser preferito per le attività di cantiere.

I terreni interessati dalla realizzazione del progetto agrivoltaico si articolano sui corpi fondiari le cui particelle catastali, riportate nella Tabella 1, risultano di diversi proprietari.

Tabella 1. Dati catastali delle particelle interessate dal progetto.

Comune	Foglio	Particella	Superficie (ha. are. ca)
Trivignano Udinese (UD)	14	65	0.42.50
	14	66	0.09.20
	14	67	0.19.30
	14	68	0.31.40
	14	69	0.96.30
	14	70	0.38.30
	14	71	0.56.90
	14	72	0.55.80
	14	73	0.88.80
	14	74	2.18.60
	14	75	0.46.30
	14	76	0.23.70
	14	77	0.10.50
	14	154	0.16.90
	14	155	0.21.30
	14	157	0.09.70
	14	167	0.10.30
	14	169	3.52.00
	14	179	2.06.24
	14	188	0.02.07
	14	190	0.20.04
	14	237	0.41.72
	14	238	0.11.38
	14	239	0.45.29
	14	240	0.00.01
	14	241	0.40.38
	14	242	0.00.62
	15	48	0.26.80
	15	50	1.17.00
	15	51	0.65.70
	15	58	1.83.70
	15	59	2.62.60
	15	68	0.46.90
	15	69	0.30.30
	15	70	0.63.60
	15	71	0.25.80
	15	72	0.32.90
	15	73	0.27.60
	15	74	0.36.10
	15	102	0.87.20
	15	103	0.33.80
	15	153	0.06.20
15	159	0.11.20	
15	185	0.60.60	
TOTALE			26.33.55

Tutti gli appezzamenti sono attualmente coltivati a seminativi in rotazione per la produzione di granella, tra i quali si elencano i cereali in asciutto, frumento e orzo, e altre colture come il girasole, la soia e la colza.

L'area catastale impegnata per la realizzazione del progetto ha un'estensione di 26,33 ha, mentre quella interessata dall'impianto, delimitata dalla recinzione perimetrale, misura 24,47 ha.

L'intera superficie dei terreni risulta in zona omogenea a destinazione d'uso agricola (E6). I terreni si presentano pianeggianti, lievemente esposti verso Sud, con una pendenza media inferiore al 2% (Figura 14).

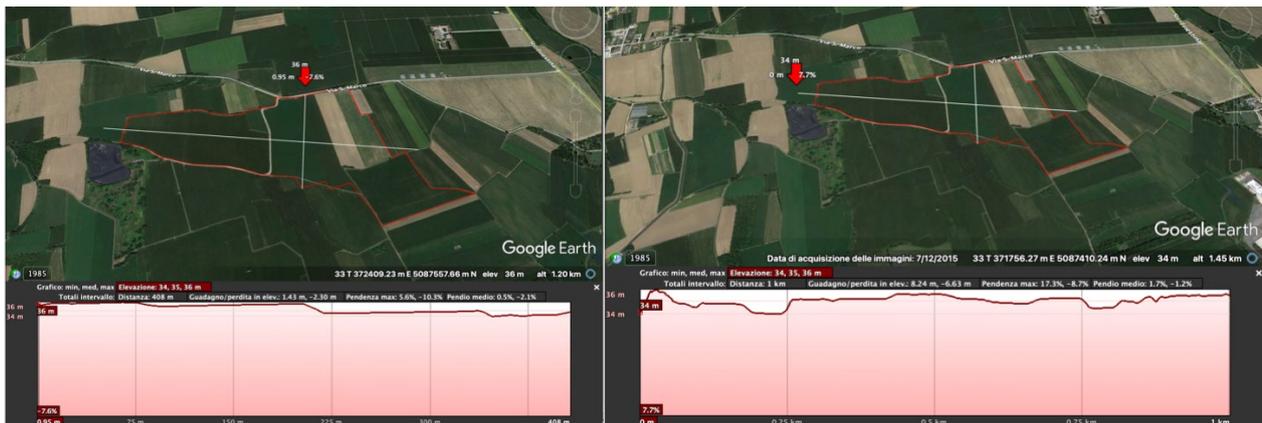


Figura 14. Profilo di elevazione dell'area in esame.

Riguardo all'autorizzazione di impianti di produzione elettrica da fonti rinnovabili in aree agricole, le normative vigenti, nello specifico il DM 10/09/2010 – p.to 16.4. ed il D.Lgs. 387/2003, Art. 12.7 e LR n.19 dell'11 ottobre 2012, prescrivono che i progetti non devono interferire negativamente con le finalità perseguite dalle disposizioni in materia di sostegno nel settore agricolo, con particolare riferimento alla valorizzazione delle tradizioni agroalimentari locali (produzioni biologiche, produzioni DPO, IGP, STG, DOC, DOCG, produzioni tradizionali), alla tutela della biodiversità, così come del patrimonio culturale e del paesaggio rurale. Sull'area non sono attualmente praticate coltivazioni che perseguano un fine specifico di tutela e/o valorizzazione della biodiversità, non insistono produzioni agroalimentari di qualità e di particolare pregio come prodotti IGP, DOC, DOCG o riconducibili a marchi di qualità, e dagli approfondimenti condotti, inoltre, al netto degli ordinari contributi PAC subordinati alle colture di anno in anno effettuate, non risultano presenti contributi agroambientali a valere su misure vincolanti e/o pluriennali (e.g. fondi PSR).

Facendo riferimento invece all'articolo 4, comma 16 della Legge Regionale n. 16 del 2/11/2021 "Assestamento del bilancio per gli anni 2021-2023 ai sensi dell'articolo 6 della Legge regionale 10 novembre 2015, n. 26" l'area ricadrebbe in zona *non idonea* in quanto situata in "aree agricole che rientrano nelle classi 1 e 2 di capacità d'uso secondo la Land Capability Classification (LCC) del United States Department of Agriculture (USDA) e individuate nella Carta regionale di capacità d'uso agricolo dei suoli." (Art 17 comma h).

In Figura 15 si riporta la capacità di uso del suolo (fonte: <http://irdat.regione.fvg.it/WebGIS/GISViewer.jsp>), del sito di impianto. Esso si localizza in un'area in Classe d'Uso suolo Principale 2 (definita come caratterizzata da "Suoli con poche limitazioni che richiedono un'opportuna scelta delle colture e moderate pratiche colturali conservative per migliorare le proprietà del suolo." (Barbieri e Bianco, 2021).



Figura 15. Capacità d'uso dei suoli della regione Friuli Venezia Giulia. In rosso è cerchiata l'area di impianto.

Si pone però l'attenzione sul fatto che la LR 16, è stata impugnata dal Consiglio dei Ministri in data 23/12/2021 poiché "supererebbe" la competenza regionale in materia di energia, ponendosi in contrasto con "la normativa statale ed europea in materia di energia, in violazione degli articoli 97 e 117, primo e terzo comma, della Costituzione"³¹. Inoltre, come illustrato anche nel SIA, nel paragrafo 8.8. che riporta l'analisi del cumulo, altri progetti in zone non idonee per la recente LR hanno avuto esito positivo all'assoggettabilità a V.I.A.

Il progetto presentato rappresenta la riprogettazione di quanto già presentato in Assoggettabilità a VIA nel 2021. Nell'ottica di salvaguardare le zone agricole e valorizzare l'attività ivi sviluppabile, il progetto presentato è stato quindi riformulato con un approccio cosiddetto "Agrovoltaico" includendo una duplice attività agricola ed energetica. (vedasi Paragrafo 7).

Ne consegue che l'insediamento e l'esercizio dell'impianto agrivoltaico non comprometterà e/o interferirà negativamente con le finalità perseguite dalle disposizioni in materia di sostegno nel settore agricolo, con particolare riferimento alla valorizzazione delle tradizioni agroalimentari locali, alla tutela della biodiversità, così come del patrimonio culturale e del paesaggio rurale, come prescritto dalle normative vigenti.

Di seguito si riportano alcuni fotogrammi scattati durante un sopralluogo in campo, relativi alle diverse coltivazioni attualmente presenti nei vari appezzamenti (Figura 16).

³¹https://www.consiglio.regione.fvg.it/iterdocs/Serv-LC/ITER_LEGGI/LEGISLATURA_XII/TESTI_RICORSI/LR%2016_2021_GU_Ricorso%20governo_DDL%20147.pdf



Figura 16. A: Accesso al sito da Via San Marco; B,C,D: coltivazioni cereali leguminose in atto.

5.1. Inquadramento climatico

Analizzando i dati relativi al comune di Trivignano Udinese, è possibile sintetizzare quanto segue: i) la temperatura media annuale è pari a 13,3 °C, ii) luglio è il mese più caldo dell'anno, con una temperatura media di 23,2 °C, iii) gennaio è il mese più freddo, con una temperatura media di 3,7 °C, iv) gennaio è anche il mese più secco, con 46 mm di pioggia. In termini di precipitazioni, invece, il cumulato medio annuale di Trivignano Udinese si attesta sui 1377 mm, con una distribuzione mensile maggiore in autunno e inverno ed un minimo nel periodo invernale. Il dettaglio delle temperature e delle precipitazioni viene riportato nella Figura 8.

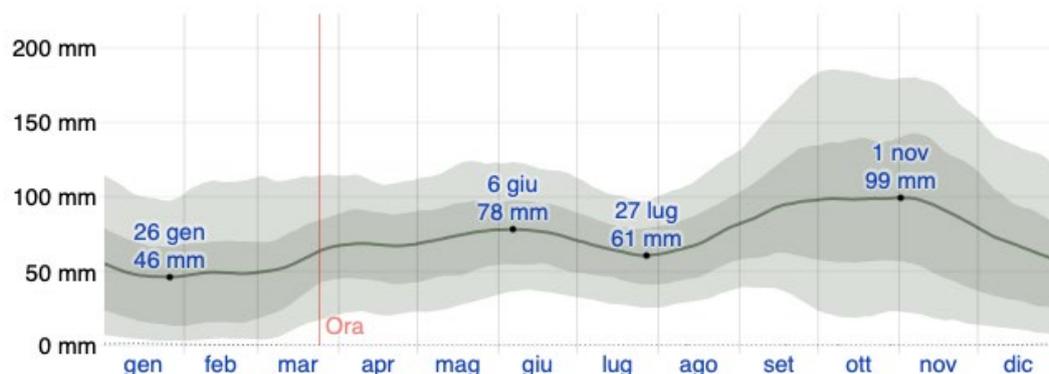


Figura 17. Temperature e Precipitazioni medie mensili ad Trivignano Udinese (UD).

In Figura 18 si riporta il confronto territoriale delle precipitazioni annue del 2020 (A) con i dati medi del periodo 1961- 2010 (B). L'immagine mostra che le piogge cumulate siano risultate in linea o superiori al dato climatico, a parte un'anomalia leggermente negativa nel Pordenonese. Le pluviometrie si sono assestate tra i 1000 mm della costa ed i 3300 mm registrati sulle Prealpi. Sulla costa e in pianura le precipitazioni sono risultate in linea; sulla zona prealpina e montana, specie ad ovest, l'incremento rispetto ai dati medi ha sfiorato il 50% (C). È da sottolineare come questo andamento sopra media sia in buona parte attribuibile alle precipitazioni molto intense di dicembre³².

Volendo infine addivenire a una classificazione climatica è possibile definire il clima di Trivignano Udinese (secondo la classificazione di Köppen e Geiger – Kottek *et al.*, 2006) come **Cfa, ovvero clima temperato umido con estate calda e temperatura media del mese più caldo superiore a 22 °C**³³.

Un altro riscontro climatico è rappresentato dalle diverse **Ecoregioni terrestri d'Italia** (Blasi *et al.*, 2018) evidenziate in Figura 19. Il Comune di Trivignano Udinese ricade nella "1B1b", caratterizzata da un "temperato sub-continentale con ampi settori semicontinentali", con "ombrotipo mesotemperato umido" (parametro derivante dal rapporto tra la somma delle precipitazioni dei mesi estivi e la somma delle temperature medie dei mesi estivi - indice ombrotermico)³⁴.

³² Arpa FVG Report Meteo.fvg Riepilogo 2020 – www.arpa.fvg.it

³³ www.regione.fvg.it/rafv/export/sites/default/RAFVG/ambiente-territorio/tutela-ambiente-gestione-risorse-naturali/FOGLIA202/FOGLIA23/allegati/04_Cicogna_Andrea.pdf

³⁴ www.regione.fvg.it/rafv/export/sites/default/RAFVG/ambiente-territorio/tutela-ambiente-gestione-risorse-naturali/FOGLIA202/FOGLIA23/allegati/04_Cicogna_Andrea.pdf

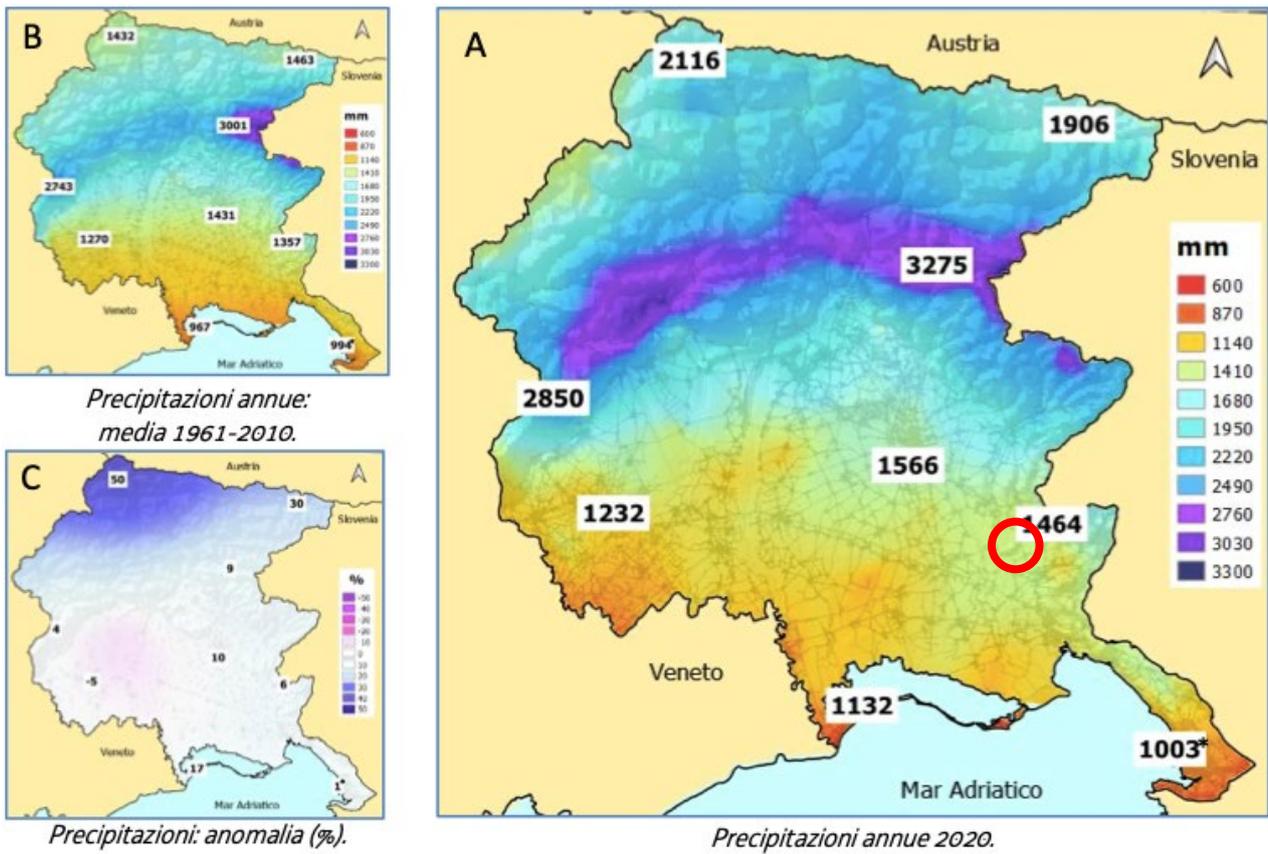


Figura 18. Confronto territoriale delle precipitazioni annue del 2020 (A), con i dati medi del periodo 1961-2010 (B). Indicato anche l'incremento rispetto ai dati medi (C). (fonte: www.arpa.fvg.it)

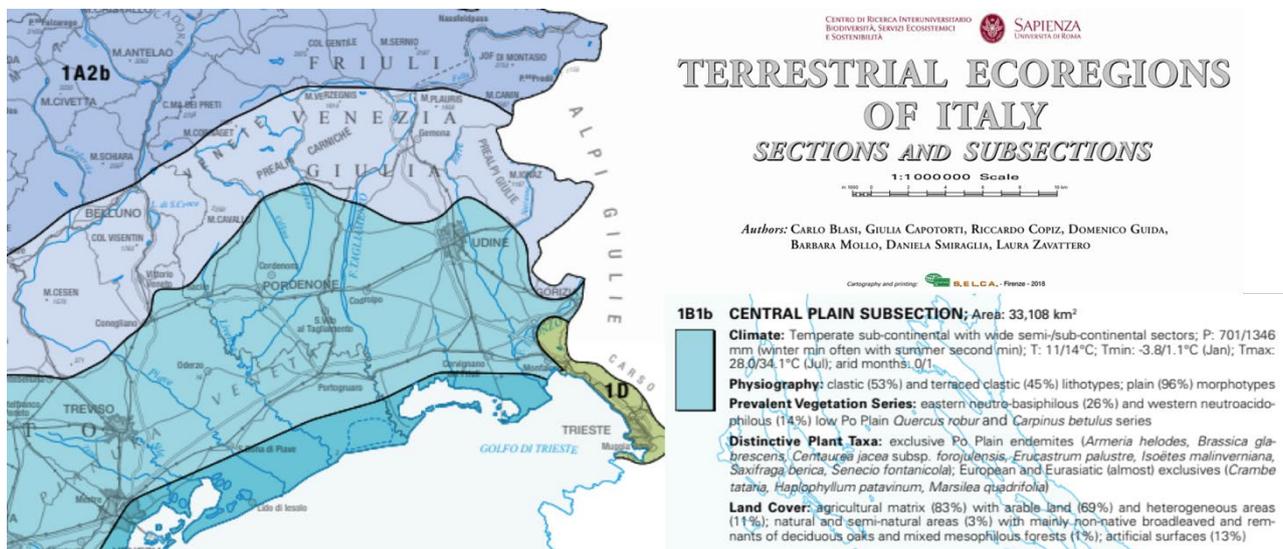
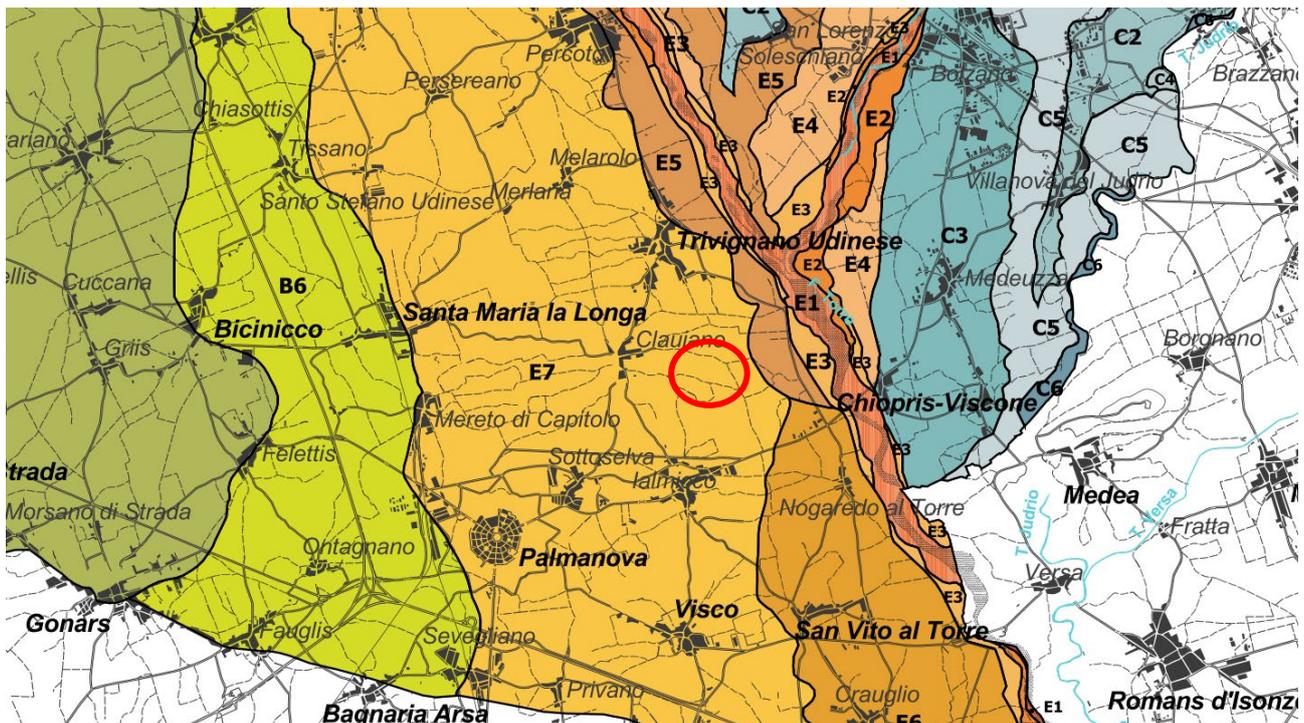


Figura 19. Ecoregioni terrestri di Italia (Blasi C, et al. 2018).

5.2. Aspetti agronomici del sito

Secondo la Carta dei suoli e dei Paesaggi dell'alta pianura udinese (Michelutti *et al.* 2008), il comune di Trivignano Udinese, ricade nel Contenitore Pedogeografico delle "Alluvioni del Torre", ed i suoli in corrispondenza del lotto di terreno su cui insiste l'area di progetto appartengono all'Unità Cartografica E7: "Depositi di spaglio recenti, medio-fini del Torre", in posizione immediatamente adiacente all'Unità cartografica E5: "Terrazzi medio-fini di Torre e Natisone" (i.e. la fascia laterale del T. Torre) (Figura 20).



E5	RUD2/SAL2	Terrazzi medio-fini di Torre e Natisone	
		Suoli Ruda franchi (M) Calcari-Fluvic Cambisols o Calcaric Fluvisols Suoli Salt franco-limosi, moderatamente profondi (F) Endoskeleti-Calcaric Regosols	Suoli franchi o franco sabbiosi, con scheletro assente, alcalini, ben drenati. L'approfondimento radicale è limitato tra 100 e 150 cm dalla granulometria grossolana. Suoli franco-limosi o franco-sabbiosi, con scheletro scarso o comune, alcalini, piuttosto eccessivamente drenati. L'approfondimento radicale è limitato tra 50 e 100 cm dalla granulometria grossolana.
E7	PAV1-PAV2	Depositi di spaglio antichi, fini del Torre	
		Suoli Pavia franco-argillosi, moderatamente ben drenati (M) Cutani-Profondic Luvisols Suoli Pavia franco-argillosi, ben drenati (P) Cutanic Luvisols	Suoli franco-argillosi, con scheletro assente o scarso, neutri, moderatamente ben drenati. Non ci sono limitazioni all'approfondimento radicale. Suoli franco-argillosi, con scheletro scarso o comune, subalcalini, ben drenati. L'approfondimento radicale è limitato tra 50 e 100 cm dalla granulometria grossolana.

Figura 20. Estratto della Carta dei Suoli e Paesaggi I dell'Alta pianura dell'udinese 1:100.000 (ERSA) (M) molto frequente; (F) frequente; (P) poco frequente. In rosso l'area dell'impianto, in blu l'area della sottostazione utente.

I suoli presenti *in situ*, quindi, risultano caratterizzati da una tessitura franco-argillosa con una presenza comune di scheletro (visibile anche in superficie), con un pH subalcalino, e sono ben drenati (Figura 21); la granulometria grossolana del subsoil determina un limite all'approfondimento radicale a partire dalla profondità di 50-100 cm. Questo tipo di suoli, secondo il World Reference Base della FAO possono essere classificati come **Cutanic Luvisols**.

Avvicinandosi all'alveo del T. Torre, invece, prevalgono suoli con tessitura franca o franco-sabbiosa, privi di scheletro, e con pH alcalino appartenenti ai *Calcari-Fluvic cambisols* o ai *Calcaric fluvisols*.



Figura 21. Superficie del suolo dell'area di progetto, dove è ben visibile la diffusa presenza di scheletro che affiora sul piano di campagna.

Come anticipato, per quanto riguarda, la capacità di uso del suolo il sito di impianto si localizza in un'area in Classe 2 (Figura 15), risulta inoltre avere limitazioni alle coltivazioni dovute all'erosione (pendenza, runoff) e al suolo (rocciosità, scheletro, tessitura, fertilità, profondità utile). A tal proposito, si specifica che il progetto proposto prevede l'integrazione sinergica tra generazione fotovoltaica e produzione agricola. In un'ottica di utilizzo sostenibile delle risorse esistenti – e con particolare riferimento all'uso delle terre –, proseguiranno le attuali attività di conduzione agraria dei fondi, che verranno opportunamente migliorate attraverso una gestione orientata e maggiormente efficace del ciclo agro-energetico (Vedasi Capitolo 6).

In termini di uso del suolo, come già specificato in precedenza, il macroambito di riferimento, localizzato nell'area di Trivignano Udinese, risulta caratterizzato da monoculture cerealicole e seminativi. Secondo la Carta della Natura (Figura 22) l'habitat corrisponde al Corine biotipo 82.1 Seminativi intensivi e continui e comprende coltivazioni di mais, soia, cereali autunno-vernini, girasoli, barbabietole (Ispra, 2009). Infatti, le particelle interessate nello specifico sono attualmente coltivate a cereali e leguminose.

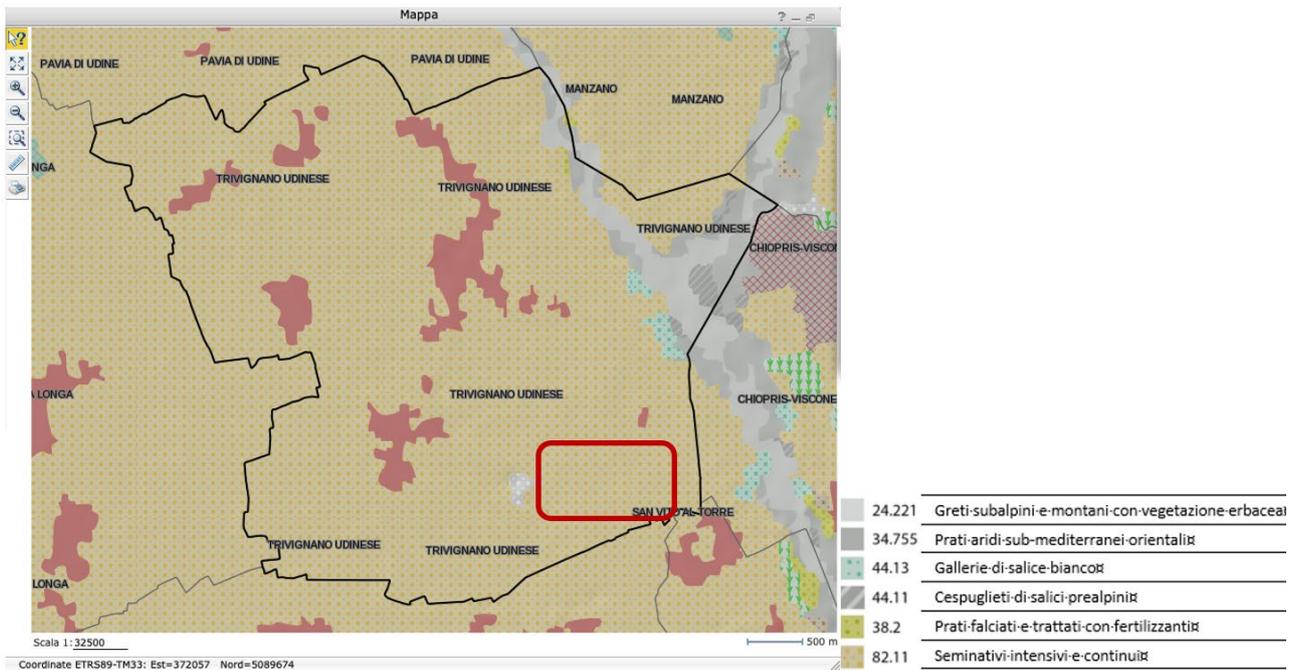


Figura 22. Carta Della Natura 2000: dettaglio area di intervento.

La zona interessata dall'intervento ha come principale caratteristica, dal punto di vista geomorfologico, quella di formare un ambiente di pianura alluvionale, con forme legate all'azione geomorfica esercitata nel recente passato delle acque superficiali. Come già illustrato, essa è ubicata alla quota media di circa 34 m s.l.m., in un'area mediamente antropizzata avente uso in prevalenza agricolo, compresa tra il corso del Fiume Torre e quello della Roggia Milleacque.

Le indagini svolte, le informazioni storiche acquisite, nonché l'analisi della cartografia tecnica disponibile, non hanno evidenziato il verificarsi di fenomeni di esondazione per piene ordinarie e straordinarie di corsi d'acqua principali, minori o artificiali che abbiano coinvolto la zona indagata in tempi recenti. Nel complesso, dal confronto con la cartografia e le prescrizioni di Piano, l'intervento in oggetto risulta compatibile con la Normativa Generale.

I rilievi eseguiti in sito non hanno evidenziato la presenza, data la disposizione a moderata acclività, di processi di instabilità in atto o potenziali; si è inoltre verificato come i diversi manufatti presenti nelle immediate vicinanze dell'area in oggetto non manifestino lesioni significative e come la presenza di piccole lesioni in alcuni fabbricati sia, con tutta probabilità, attribuibile ad assestamenti strutturali degli edifici stessi.

Alla luce di quanto esposto, l'area in oggetto è da ritenersi complessivamente stabile, escludendo, al momento dell'indagine, fenomeni morfogenici dissestivi in atto o potenziali di particolare entità. Solo localmente si potranno presentare modeste e puntuali problematiche geomorfologiche connesse con la variazione della composizione e della potenza del materiale sciolto di copertura e del suo stato di consistenza. Potranno quindi verificarsi fenomeni di piccoli assestamenti legati alla circolazione idrica superficiale e sub-superficiale, anche in settori della zona in esame apparentemente assestati, in tempi più o meno lunghi.

Dal punto di vista geolitologico, in base a quanto riportato nella cartografia tecnica disponibile, si evidenzia che i terreni presenti nell'area d'intervento sono di origine continentale e sono rappresentati dai depositi fluvio-glaciali riconducibili al bacino del Torrente Torre.

Questa pianura, infatti, ha preso origine principalmente dalla sedimentazione di depositi fluvio-glaciali del Pleistocene, più volte rimaneggiati da parte delle acque di fusione dei ghiacciai quaternari e trasportati dalla corrente del torrente Torre in epoca post-glaciale. La situazione litologica rilevata, al di sotto dello strato di alterazione superficiale, presenta caratteristiche piuttosto omogenee (ghiaie e sabbie limo-argillose, con quest'ultime parti fini in percentuale inferiore al 25%).

Solo in superficie si nota una differenziazione litologica con lunghe fasce di terreni prevalentemente sabbiosi o limoso-sabbiosi che si alternano con fasce prevalentemente ghiaiose (Figura 23).

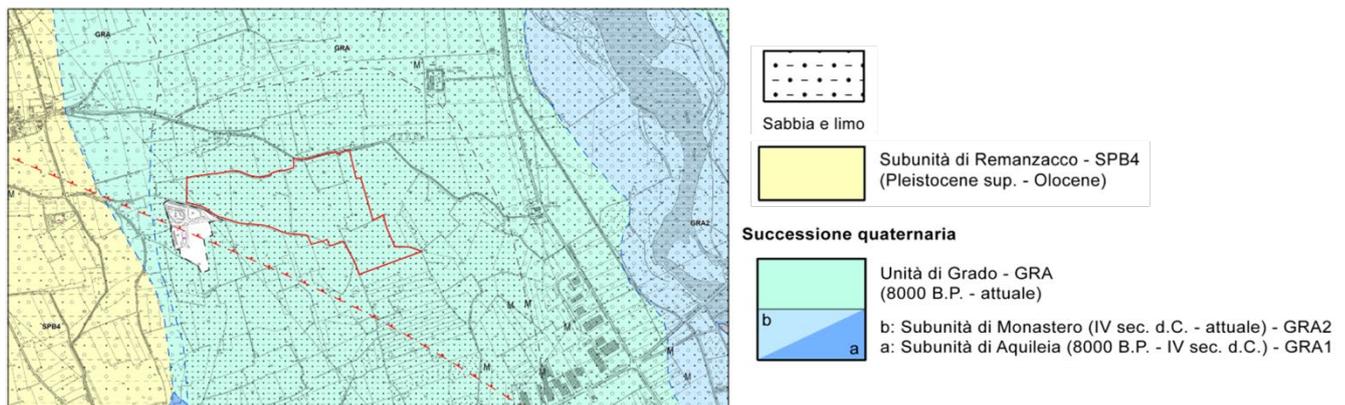


Figura 23. Stralcio della carta di sintesi geologica GEO-CGT Foglio 008 - GORIZIA

Al di sotto della profondità di 1,5÷2 m dal p.c. e fino ad almeno 20 m, viene rilevata la presenza uniforme di litotipi prevalentemente ghiaiosi.

L'area è caratterizzata dalla presenza di una falda di tipo freatico (indifferenziata) il cui deflusso avviene prevalentemente in direzione N-S, parallelamente al corso del Fiume Torre che, assieme al Natisone, contribuisce all'alimentazione della falda stessa, mediante le dispersioni idriche di subalveo.

Sotto il p.c. è presente una sola falda freatica principale ed è riconducibile alla falda regionale già oggetto dei rilievi ufficiali condotti dagli anni '70 ad oggi e, come si può notare dalle carte riportate nel seguito; nell'area in esame è possibile rinvenire la falda a quote comprese tra 15 e 22 m s.l.m., ovvero a profondità comprese tra 12 e 20 m dal locale p.c. Per questo motivo è lecito escludere problemi di carattere idrogeologico connessi ad un'eventuale interazione dell'intervento progettuale con la falda sotterranea.

I documenti geologici e le stratigrafie dei numerosi pozzi locali redatte durante le perforazioni non hanno segnalato falde sospese, né queste risultano dai documenti visionati e dalle misure effettuate. Ma ciò non toglie che teoricamente, in occasione di eventi meteorici eccezionali, se ne possano formare alcune, limitate e di breve durata, comunque trascurabili ai fini del progetto in esame.

Alla luce di quanto sopra indicato, nonché valutata la natura dell'intervento in progetto, si conferma la compatibilità di questo con le condizioni di pericolosità locale, non comportando incrementi del rischio idraulico locale.

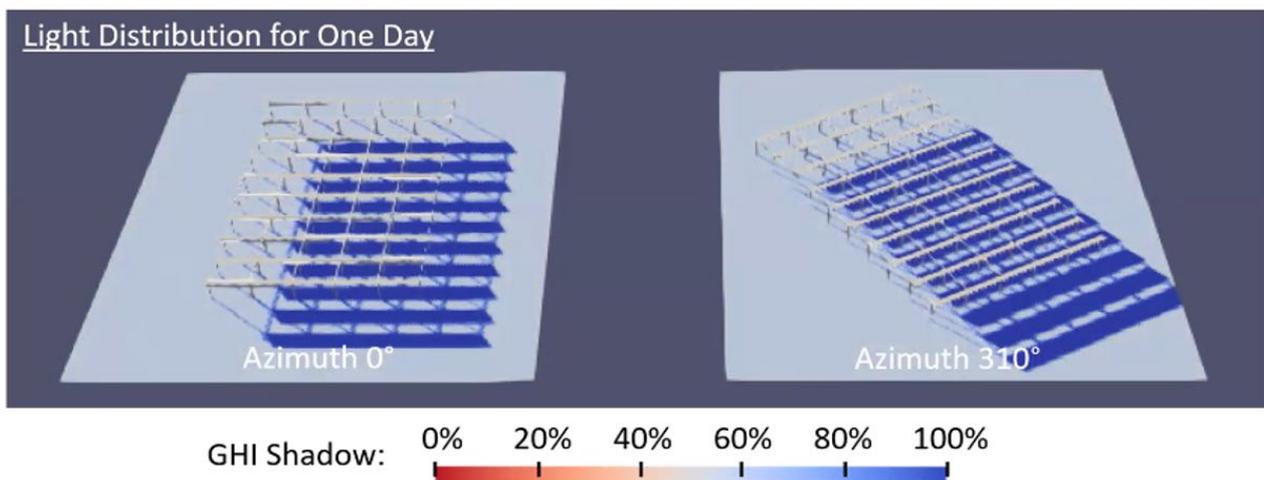
6. Progetto agrivoltaico

La progettazione di un impianto agrivoltaico parte dall'analisi combinata dell'esigenze agronomico-colturali con quelle tecnologico-energetiche dell'installazione fotovoltaica, per addivenire ad un progetto finale che valorizzi le rese di entrambe le componenti, nel rispetto dell'ambiente in cui si inserisce e delle relative risorse.

6.1. Componente fotovoltaica

Per la scelta della soluzione tecnica da impiegare nel presente progetto si è optato per l'utilizzo di moduli di nuova generazione, posizionati su sistemi di supporto ad inseguimento (tracker), in ragione del fatto che:

- consentono di coltivare la superficie interessata dall'installazione fotovoltaica, poiché non si creano zone d'ombra concentrata, grazie alla lenta rotazione da est a ovest permessa dal sistema ad inseguimento solare (Figura 24);
- il distanziamento utilizzato in questo tipo di progetti permette il passaggio delle normali macchine ed attrezzature agricole: a titolo di esempio, l'omologazione dei trattori consente una larghezza massima della macchina di 2,55 m e la distanza tra le file di pannelli, ancorché variabile, è superiore;
- è possibile regolare l'inclinazione dei tracker in relazione sia alle eventuali esigenze delle colture (in funzione dello stadio fenologico), sia alla necessità di effettuare operazioni colturali che richiedano il passaggio di attrezzi con altezza superiore alla minima distanza del pannello dal suolo.



25 | Source: Fraunhofer CSET | https://www.youtube.com/watch?v=P_UC7g5sBbs

© Fraunhofer



Figura 24. Distribuzione della zona d'ombra sotto i pannelli durante il giorno. FCR CSET: Light Simulation for Agrivoltaics plant with azimuth of 0° and -30° (Central Chile).

Il sistema fotovoltaico proposto prevede quindi di utilizzare inseguitori solari monoassiali a doppia vela con pannelli bifacciali che ruotano sull'asse Est-Ovest seguendo l'andamento del sole. Le

strutture metalliche di supporto sono disposte lungo l'asse Nord-Sud su file parallele opportunamente distanziate tra loro con un interasse (distanza palo-palo) pari a 10 m per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti. L'altezza del nodo di rotazione è pari a 2,54 m dal suolo.

Tale soluzione consente di avere, nel momento di massima apertura -zenith solare- una fascia di larghezza superiore ai 5 m (Figura 25) completamente libera dalla copertura dei pannelli tra le stringhe (di seguito denominata *gap*).

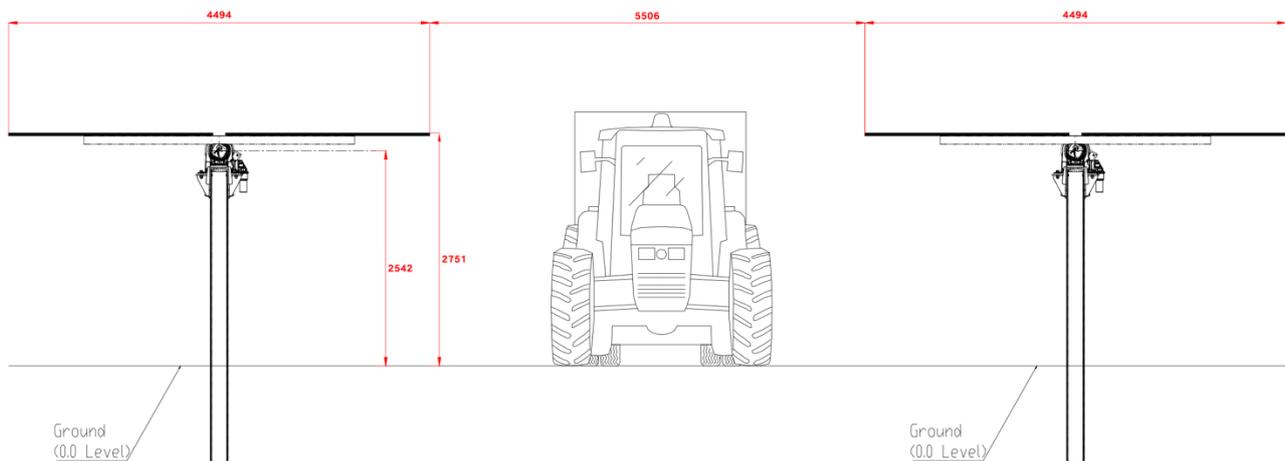


Figura 25. Particolare sezione trasversale -passaggio trattore agricola.

Prima e dopo il mezzogiorno, la superficie libera e conseguentemente la zona di ombra si modificherà in base all'inclinazione dei moduli (che varia in funzione della posizione del sole).

Il *gap* disponibile risulta quindi ampiamente sufficiente per le ordinarie attività agricole e per la movimentazione dei relativi mezzi meccanici (Figura 26).

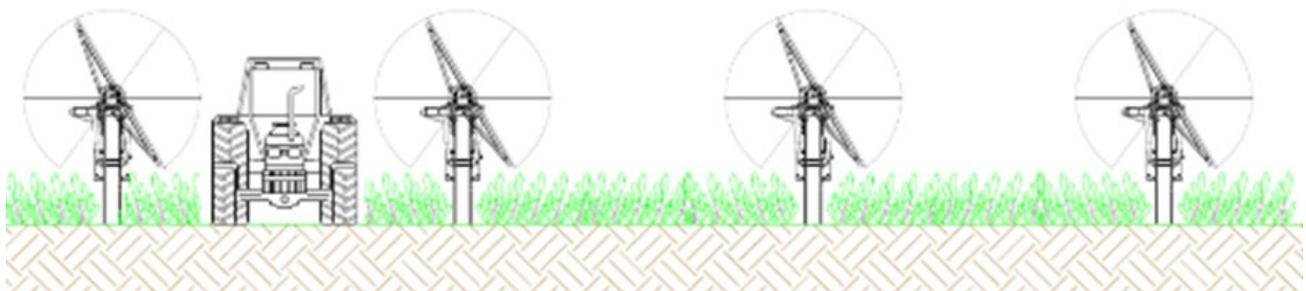


Figura 26. Particolare del passaggio mezzi operativi (sezione trasversale).

Il progetto in esame prevede inoltre, la realizzazione di una fascia compresa tra la recinzione perimetrale e i tracker fotovoltaici di almeno 8 m finalizzata a consentire un agevole spazio di manovra anche dei mezzi meccanici più ingombranti, come quelli per la raccolta.

In particolare, per agevolare l'esecuzione delle lavorazioni si è considerato di svolgere le operazioni colturali a file alternate (**Figura 27**), per consentire facilmente le manovre e al tempo stesso assicurare un passaggio omogeneo su tutta la superficie coltivata.

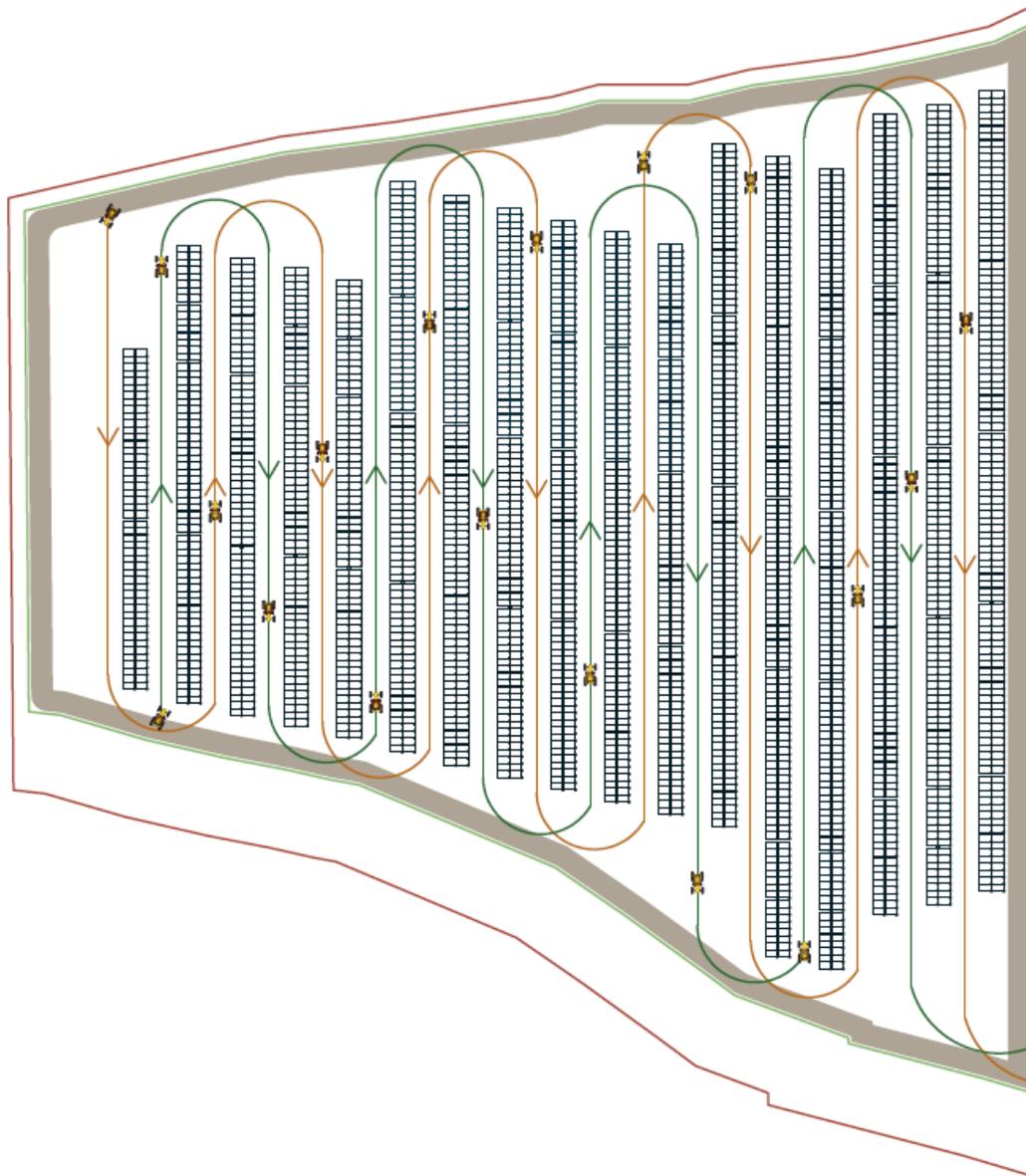


Figura 27. Particolare delle lavorazioni su file alternate (planimetria).

La presenza di cavi interrati nell'area di impianto, poiché la profondità minima di inserimento è di 0,7 m, non costituisce ostacolo per le lavorazioni periodiche del terreno che usualmente non superano i 0,3-0,4 m.

In ultimo, è importante menzionare che è possibile regolare (manualmente o tramite software) l'inclinazione dei pannelli per eseguire specifiche operazioni colturali, per particolari esigenze della coltura in atto e/o per esigenze legate alla manutenzione di impianto.

Si riporta a titolo di esempio in Figura 28 la rappresentazione del passaggio di una mietitrebbia per la raccolta dei cereali tra le file di pannelli: impostando il blocco dei tracker in posizione utile, è infatti possibile consentire anche il passaggio di mezzi dall'ingombro notevole. Tale accorgimento consente inoltre il passaggio delle macchine in prossimità dei pali e quindi di coltivare al massimo la superficie dell'interfilare.

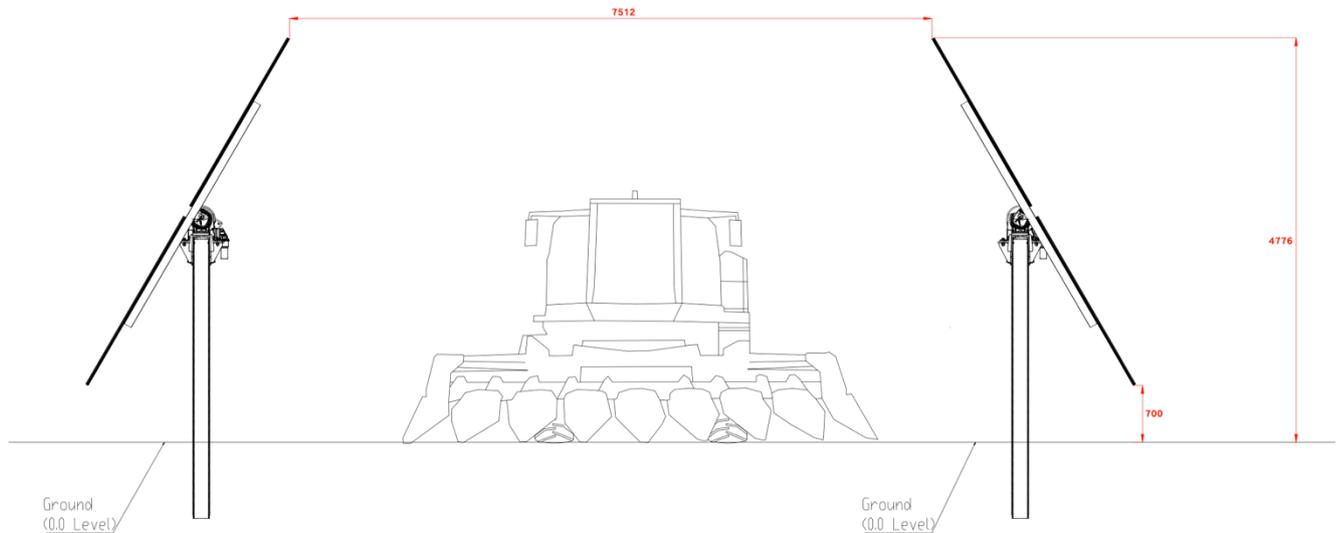


Figura 28. Particolare della fase di raccolta con mietitrebbia (sezione trasversale).

Come accennato poc'anzi, lo spostamento della fascia d'ombra creata dalla stringa di pannelli provocherà una variazione dell'irraggiamento diurno complessivo, garantendo da una parte di poter coltivare l'intera superficie interfilare e al tempo stesso andando a mitigare eventuali rischi per le colture legati a un irraggiamento eccessivo. **Il layout definitivo e gli accorgimenti descritti fanno sì che, sottraendo alla superficie recintata le aree di manovra, gli stradelli e i locali tecnici, sia possibile considerare una superficie coltivabile pari a 22,7 ettari.**

6.2. Componente agronomica

Come anticipato, al fine di soddisfare la salvaguardia dei servizi ecosistemici, il fabbisogno di energia da fonti rinnovabili e la valorizzazione del territorio e delle sue risorse in ottica rurale-locale, si propone la perpetrazione delle attività agricole pregresse con alcuni accorgimenti migliorativi, approfonditi nel dettaglio nei paragrafi successivi. All'interno dell'area recintata verranno inoltre installate 20 arnie. Si riporta nei paragrafi seguenti il dettaglio delle attività agricole previste dal progetto agrivoltaico.

6.2.1. Coltivazione cerealicola in rotazione con leguminose

Per la progettazione del parco agrivoltaico si è presa in considerazione la realtà agricola aziendale esistente, al fine di identificare una soluzione in cui l'inserimento della componente energetica fosse compatibile con la produzione agricola, valorizzando al contempo il territorio e le sue risorse.

La gestione agronomica del terreno è stata progettata nell'ottica di:

- aumentare la sostenibilità e la competitività dell'attività agricola anche attraverso la riduzione dei costi aziendali;
- migliorare le funzioni ecologiche del suolo, prevenendo possibili minacce e attenuando gli impatti dell'attività agricola sull'ambiente.

Nell'ottica di aumentare la sostenibilità agricola, la gestione delle colture avverrà attraverso pratiche di *agricoltura conservativa* i cui pilastri sono riportati in Figura 29.

	<ul style="list-style-type: none"> • disturbo minimo del suolo
	<ul style="list-style-type: none"> • copertura continua del suolo (adeguata e razionale gestione dei residui colturali sulla superficie del suolo)
	<ul style="list-style-type: none"> • avvicendamenti colturali

Figura 29. I principi dell'agricoltura conservativa (FAO, 2005).

L'introduzione della minima lavorazione e l'impiego di macchine combinate, capaci di svolgere più operazioni in un unico passaggio, può consentire infatti, a seconda del tipo di terreno e di coltura, una riduzione dei consumi di gasolio pari o superiore al 50%, rispetto alle tecniche convenzionali (Venetoagricoltura, 2019), oltre a risultare maggiormente compatibile con la presenza dei pannelli, riducendo il rischio di sporcare eccessivamente la componente fotovoltaica durante le fasi di preparazione del suolo.

Al fine di minimizzare l'impatto sull'ambiente verrà impostata una *rotazione colturale* (tecnica agronomica volta a minimizzare l'impatto dell'agricoltura sull'ambiente) che prevede la variazione della specie coltivata nello stesso appezzamento, migliorando la fertilità del terreno e assicurando, a parità di condizioni, una resa maggiore.

Tale gestione agronomica consente di ridurre la pressione degli agenti biologici avversi (parassiti, funghi, virus ed infestanti), perché l'alternanza delle coltivazioni crea una variazione di condizioni sfavorevole alla proliferazione, e conseguente diffusione, di tali agenti.

Inoltre, la rotazione produce benefici ed intrinseci effetti ambientali riconosciuti ormai da secoli, quali:

- maggiore biodiversità,
- valorizzazione del paesaggio agrario,
- minori danni da erosione del terreno,
- minori rischi di lisciviazione di nitrati,
- maggior equilibrio dei fabbisogni idrici nel tempo,
- minor utilizzo di concimi e fitofarmaci, con conseguente riduzione dell'inquinamento ambientale e vantaggi anche dal punto di vista economico.

Nella rotazione colturale, le colture si suddividono in tre gruppi principali:

- **Colture da rinnovo:** richiedono cure colturali specifiche, come l'ottima preparazione del terreno ed equilibrate concimazioni organiche che a fine ciclo incidono positivamente sulla struttura del terreno. Le specie che rientrano in questa categoria sono, per esempio, il mais, la barbabietola da zucchero, la patata, il pomodoro, il girasole, ecc;
- **Colture miglioratrici:** aumentano la fertilità del terreno, arricchendolo di elementi nutritivi. Le protagoniste di questa tipologia sono le leguminose, quali ad esempio l'erba medica o il trifoglio, che naturalmente sono in grado di fissare l'azoto atmosferico;
- **Colture depauperanti:** sfruttano gli elementi nutritivi presenti nel terreno e lo impoveriscono. Tra queste si possono citare i cereali autunno-vernini, come il frumento, l'orzo, la segale, il sorgo e generalmente tutti i cereali da granella.

Calandoci a un livello progettuale specifico, la scelta delle specie da inserire nella rotazione ha preso in considerazione aspetti fattivi e agronomici per addivenire ad una soluzione ottimale. Nello specifico:

1. possibilità di **irrigare** le colture seminate nell'appezzamento;
2. assicurare l'**occupazione del suolo** nel corso dell'anno, ricorrendo quando necessario a varietà ibride precoci;
3. **differenziare le colture** per combattere l'insorgenza di piante infestanti e ridurre il rischio di sviluppo di sostanze fitotossiche/allelopatiche, che possono svilupparsi in seguito all'avvicendamento di specie diverse;
4. impiegare i **macchinari** già presenti in azienda;
5. ipotizzare eventuali **contratti di produzione** per creare filiere sostenibili a km 0, valorizzando il prodotto anche in base ai prezzi di mercato;
6. introdurre la tecnica del **sovescio** per migliorare la qualità del suolo;
7. **adattare la rotazione** prevedendo la coltivazione di specie compatibili in termini sia microclimatici sia di capacità di sviluppo, con la presenza della componente fotovoltaica.

Per quanto riguarda l'**irrigazione (1)** il terreno oggetto di studio non è irriguo e per questa ragione nelle rotazioni finora applicate hanno previsto colture che non richiedessero apporti di acqua straordinari, oltre alle ordinarie precipitazioni atmosferiche. La possibilità di ricorrere all'irrigazione, anche solo in caso di emergenza, amplia sicuramente l'assortimento delle specie da scegliere per la rotazione, ma l'areale di Trivignano Udinese è caratterizzato da valori di piovosità cumulata che si attestano sui 1400 mm annui, per cui è lecito supporre che l'apporto idrico di acqua piovana

durante l'anno possa essere sufficiente per garantire buoni risultati agronomici per le colture individuate per il nuovo progetto.

Al fine di garantire una **copertura costante del terreno (2)** si propone di intervenire sulle specie e/o sulla varietà inserite nella successione colturale, attuando uno schema predefinito, nel quale la coltura iniziale - cioè quella che apre la rotazione - ritorna dopo un certo numero di anni (3, 5 o più) sullo stesso appezzamento. Nello schema classico di avvicendamento le piante si succedono come segue: coltura da rinnovo – coltura miglioratrice – coltura depauperante. Inoltre, per poter garantire tutti gli aspetti benefici della rotazione, è possibile ricorrere alla semina di varietà *precoci*. La precocità nelle piante coltivate comporta un anticipo della maturazione e della raccolta, risultando particolarmente utile poiché consente alle piante di sfuggire alle avversità climatiche o parassitarie che possono verificarsi all'avvicinarsi dell'epoca di maturazione e lascia il tempo utile alla preparazione del terreno per una successiva coltivazione.

Differenziare le colture (3), permette naturalmente di contenere le infestanti. Infatti, ripetere le stesse coltivazioni sul medesimo terreno o sbagliare la progettazione delle rotazioni colturali, può causare l'accumulo di sostanze che determinate piante secernono in modo naturale nel terreno. Alcune di queste sostanze, come ad esempio i nitrati, ad elevate concentrazioni possono diventare tossiche. Inoltre, alcuni avvicendamenti rischiano di aggravare la gestione delle malerbe, a causa della competizione tra la coltura principale e quella successiva, in termini di consumo di nutrienti e rilascio di sostanze allelopatiche (sostanze chimiche prodotte dal metabolismo secondario di una pianta che agiscono sul funzionamento, crescita, salute e popolazione biologica di altre specie). In genere, gli effetti allelopatici provocano una riduzione della germinazione, uno sviluppo stentato, una riduzione dell'accrescimento delle plantule e dell'apparato radicale, una minore capacità di assorbimento degli elementi nutritivi ed un rallentamento dell'attività enzimatica e fotosintetica (Kobayashi, 2004).

Rispetto ai **macchinari (4)**, le aziende agricole che attualmente gestiscono gli appezzamenti sono dotate dei macchinari e delle attrezzature agricole necessarie per la coltivazione dei seminativi, ricorrono ad un contoterzista per la raccolta della granella, il quale dispone di una *mietitrebbia raccogliatrice* (modello New Holland CX5 & CX6 - STAGE V). Le altre macchine agricole utilizzate sono:

- *trattrice*, impiegata per agganciare le attrezzature specifiche per i lavori agricoli;
- *erpice rotante* per disgregare le zolle di terreno con un'azione efficace di affinamento del suolo;
- *seminatrice pneumatica di precisione*, che permette il perfetto posizionamento del seme nel solco di terreno, generato alla distanza specifica e stabilita secondo la densità di semina indicata per la coltura prescelta;
- *spandiconcime a spaglio*, impiegato per spargere il fertilizzante su ampie superficie e velocizzare la pratica della concimazione;
- *botte e relativa barra irroratrice*, adoperate per le operazioni di diserbo e per i trattamenti fitosanitari;
- *carro con cassone ribaltabile (dumper)*, per la raccolta della granella.

Le aziende dispongono anche di aratro bivomere, adottato per smuovere il terreno e prepararlo per le lavorazioni successive o direttamente per la semina. Considerando però che il terreno sarà condotto secondo i principi dell'agricoltura conservativa, non si prevede di effettuare aratura

profonda al fine di non modificare la struttura del suolo e conservare maggiormente la fertilità chimica, fisica e biologica del terreno;

L'ingombro di questi macchinari è stato valutato ai fini della progettazione dell'impianto fotovoltaico, per permettere lo spostamento degli stessi tra le file di tracker, come descritto nel paragrafo precedente. La trattoria agricola definisce l'ingombro massimo per le attrezzature ad essa agganciate e trascinate, che appunto *seguono* la sagoma della trattoria stessa. Invece, la mietitrebbia per la raccolta della granella è il macchinario più voluminoso, in quanto registra una larghezza di lavorazione sulla fila di circa 8 m, per una lunghezza di 8,76 m.

Analizzando le potenzialità aziendali in termini di **contratti di produzione per creare filiere sostenibili a km 0 (5)**, la scelta di una rotazione aziendale assicura altresì vantaggi economici, che vanno dalla differenziazione del rischio d'impresa, alla flessibilità operativa, alla migliore distribuzione del lavoro nel corso dell'annata agraria (Pisante, 2013). La scelta progettuale verte, dunque, sul mantenimento delle coltivazioni attualmente condotte dalle aziende agricole, anche per assicurare una continuità di vendita del prodotto presso la AGRACER SRL, rivenditrice all'ingrosso di prodotti per l'agricoltura e sementi, cerealicole e leguminose. Gli agricoltori potranno quindi stipulare un contratto di filiera per ogni coltura. Questo tipo di contratti prevede che gli agricoltori si impegnino a coltivare sulle superfici indicate nel contratto cercando di raggiungere una certa produzione, ad acquistare la semente dal consorzio, a conferire tutta la produzione raccolta allo stesso e a rispettare la tracciabilità e rintracciabilità del prodotto. La possibilità, dunque, di creare una filiera, nella quale la tracciabilità delle materie prime è garantita e rintracciabile, aumenta da un lato la sicurezza alimentare del prodotto coltivato, dall'altro assicura un mercato per la produzione, incrementando la sostenibilità del progetto stesso.

Il **sovescio (6)** consiste nel seminare una copertura vegetale nel periodo che intercorre tra una coltura e quella successiva. L'esecuzione del sovescio prevede la preparazione del terreno, la semina a file con seminatrice, la trinciatura e l'interramento ed esclude gli interventi di contenimento della flora infestante e dei parassiti. Lo scopo è quello di ottenere una massa vegetale da incorporare completamente nel terreno, che funge principalmente come concimazione organica, portando con sé ulteriori vantaggi, schematizzati in Figura 30.

Caratteristiche e scopi del sovescio	Ricadute		
	Suolo	Produzione agricola	Ambiente
Rapida copertura	Protezione dall'erosione	No dilavamento di nutrienti	Contrasto alla desertificazione
Produzione di biomassa	Aumento sostanza organica e humus	Riciclo residui di concimazione	Riduzione inquinamento falde
	Miglioramento caratteristiche fisiche (struttura e dimensione degli aggregati)	Miglioramento delle condizioni per la radicazione	Aumento della resilienza del sistema biotico tellurico
	Miglioramento della capacità idrica	Riduzione esigenze idriche	
	Aumento capacità di scambio minerali	Riduzione concimazione	
	Aumento attività biologica	Miglioramento mobilitazione degli elementi nutritivi	
Controllo infestanti	Riduzione della banca seme	Riduzione uso di erbicidi	Riduzione delle molecole attive
Miscugli di specie	Ottimizzazione dello spazio radicale	Arricchimento in azoto	Più biodiversità agroecosistemi
Fioriture per api		Opportunità d'impollinazione	Funzione estetica-paesaggistica
Disinfezione anaerobica (ADS)	Riduce / riequilibra la presenza di parassiti o patogeni nel suolo	Riduzione della pressione di malattie e parassiti delle piante	Miglioramento degli equilibri tra le popolazioni di organismi tellurici

Figura 30. Caratteristiche e scopi del sovescio. (Agridea, 2021).

Per identificare la **rotazione ottimale (7)** si è partiti dai sopralluoghi effettuati, sulla base dei quali gli appezzamenti interessati dalla progettazione dell'impianto agrivoltaico sono risultati essere

coltivati da anni a cereali autunno-vernini – frumento e orzo - in rotazione con girasole o leguminose da seme, in linea con le colture presenti anche nell'intorno dell'area oggetto di studio.

Considerando:

- le coltivazioni attualmente in atto presso le aziende,
- la compatibilità delle specie al microclima creato dall'impianto,
- le caratteristiche tecniche dei tracker (altezza dal suolo e interfila),

si è giunti alla programmazione colturale riportata in Tabella 2 che prevede l'esclusione del girasole dalla rotazione, in ragione del fatto che raggiunge un'altezza incompatibile con la presenza dell'impianto. Si prevede quindi di introdurre:

- il sovescio dell'erba medica a fine coltivazione per sfruttare a pieno le capacità azotofissatrici della specie, oltre al naturale effetto benefico della coltura in quanto leguminosa
- l'inserimento, del sorgo come sovescio estivo, in virtù della capacità di produrre una grande quantità di sostanza organica in poco tempo e con bassi costi durante la stagione estiva.

Ipotizzando la conclusione dei lavori di installazione dell'impianto fotovoltaico all'inizio di ottobre, si prevede la coltivazione delle seguenti specie:

- **l'erba medica**, con semina prevista alla fine dell'estate, coltivata per 3 anni e raccolta in un intervallo compreso tra i mesi di maggio e settembre. L'ultimo anno si prevede di effettuare il sovescio.
- **il frumento tenero da granella**, con semina entro la metà di ottobre e raccolta ad inizio giugno;
- **la soia**, prediligendo una varietà precoce con semina prevista verso le metà di giugno e raccolta alla fine di settembre;
- **il sorgo**, coltivato come sovescio estivo e scegliendo una varietà da granella a bassa taglia, con semina prevista all'inizio di luglio e raccolta entro la fine di settembre;

Tabella 2. Dettaglio della rotazione proposta (Legenda: **F= frumento**; **soia**; **sorgo**; **EM=erba medica**).

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
Anno 1										EM	EM	EM
Anno 2	EM	EM	EM	EM	EM	EM						
Anno 3	EM	EM	EM	EM	EM	EM						
Anno 4	EM	EM	F	F	F	F						
Anno 5	F	F	F	F	F	F	Soia	Soia	Soia	F	F	F
Anno 6	F	F	F	F	F	F	Sorgo	Sorgo	Sorgo	F	F	F

L'**erba medica** (*Medicago sativa* L.) è considerata la foraggera poliennale per eccellenza. La sua grande capacità di adattamento a differenti condizioni pedologiche e climatiche la rende coltivabile in quasi tutti gli areali agricoli italiani, sia in pianura sia in collina, trovando comunque le condizioni ottimali di crescita e sviluppo in terreni profondi, argillosi e di medio impasto e con pH ottimale compreso tra 6,5 e 8,0. Le uniche due condizioni limitanti per lo sviluppo di un medicaio sono la presenza di ristagni idrici e la persistenza di un'acidità troppo elevata del suolo. Si può coltivare per molteplici scopi: impiegata sia come foraggio, affienato o disidratato, sia come insilato o farina disidratata. Nell'ambito degli avvicendamenti è considerata una specie miglioratrice, infatti il medicaio lascia 100-150 kg/ha di azoto. Non vi sono particolari controindicazioni per la precessione

colturale, se non che è una pianta sensibile alla stanchezza del terreno, per cui è bene che non succeda a sé stessa³⁵.

I benefici dell'erba medica sono i seguenti:

- grazie ai suoi tagli frequenti e alla persistenza per 4-5 anni, riduce drasticamente il numero di infestanti normalmente presenti in un terreno coltivato a cereali con una significativa riduzione dell'uso di diserbanti;
- miglioramento della struttura del suolo: l'apparato radicale si sviluppa fino a 2 metri di profondità e, rigenerandosi per più anni senza essere disturbato dalle lavorazioni meccaniche, crea una struttura canalicolare e un reticolo nel suolo che favoriscono l'infiltrazione di acqua e stabilizzano gli aggregati;
- riduzione dei fenomeni erosivi grazie alla copertura vegetale;
- presenza di essudati radicali e la grande quantità di azoto e carbonio che si sviluppa a seguito della degradazione delle radici della medica, anno dopo anno sviluppano l'attività microbica del suolo sino a oltre 100 volte rispetto a quella osservata nei terreni a monosuccessione.

Il **frumento tenero** (*Triticum aestivum*, o *vulgare*) è un cereale autunno-vernino e comprende diverse varietà, valida alternativa alle classiche monoculture di mais o soia. All'interno della rotazione colturale segue le colture da rinnovo, essendo in grado di utilizzare la fertilità residua presente nel terreno, per cui segue e precede colture sarchiate o le leguminose foraggere³⁶. La scelta di questa specie, come precedentemente descritto, è dettata dalla continuità colturale dell'azienda agricola che gestisce gli appezzamenti e dai numerosi fattori analizzati in precedenza.

La rapida diffusione della coltura della **soia** (*Glycine max* L. Merr.) è stata preceduta ed accompagnata da una intensa sperimentazione che ha individuato gli aspetti salienti della tecnica colturale. La soia può succedere a diverse colture: cereali a paglia (tipo frumento e orzo), colture sarchiate (es. barbabietola da zucchero), infatti come leguminosa ben si inserisce negli ordinari avvicendamenti. I migliori risultati si sono ottenuti facendola succedere al frumento, con incrementi produttivi di 3-5 q/ha³⁷. La scelta di questa specie, come precedentemente descritto, è dettata dai numerosi fattori analizzati in precedenza.

Il **sorgo** (*Sorghum vulgare Pers*, sin. *Sorghum bicolor* L. Moench) è una graminacea diffusamente coltivata, che si colloca al 5° posto nella graduatoria cerealicola mondiale dopo il frumento. Se inserito in rotazione apporta numerosi benefici, di seguito schematizzati:

- allungamento delle rotazioni, essendo una "vera" coltura primaverile, seminata tardivamente (a metà maggio), contrariamente alle varietà di orzo primaverile o di pisello, che vengono seminate in febbraio. Questo sfasamento di tre mesi scompensa il ciclo delle graminacee perché, a monte della semina del sorgo, è possibile effettuare delle finte semine che riducono la riserva di semi delle infestanti nel suolo;
- è possibile ricorrere a erbicidi contenenti principi attivi non utilizzabili sulle altre colture (colza, frumento, orzo), il che contribuisce a gestire meglio le problematiche di resistenza delle infestanti. Il sorgo riduce perciò l'indice di frequenza di trattamento (IFT) lungo l'intero arco della rotazione;
- inoltre, è una pianta che apporta grandi quantità di materia organica al suolo. Infatti, la massa vegetale prodotta dal sorgo è talmente notevole che, una volta reinterrata, contribuisce ad

³⁵ Manuale di agricoltura. Hoepli editore

³⁶ Manuale di agricoltura. Hoepli editore

³⁷ Manuale di agricoltura. Hoepli editore

arricchire il terreno e a nutrire la flora e la fauna presenti, favorendo così la vita del suolo e la biodiversità³⁸.

La scelta della coltivazione del sorgo come sovescio, come anticipato, è dettata principalmente dai benefici che apportano le colture di copertura, ma anche dalla possibilità di impiegare delle varietà da granella *nane* facilmente adattabili alla coltivazione sotto e tra i pannelli.

L'azienda sarà condotta secondo i principi dell'agricoltura conservativa e con una gestione sempre più vicina all'agricoltura di precisione, il tutto anche per garantire un ambiente favorevole alle api e la conformità con importanti riferimenti legislativi quali:

- la legge 313/2004 “Disciplina dell’apicoltura”, che all’articolo 4 “Disciplina dell’uso dei fitofarmaci” recita “Al fine di salvaguardare l’azione pronuba delle api, le regioni individuano le limitazioni e i divieti cui sottoporre i trattamenti antiparassitari con prodotti fitosanitari ed erbicidi tossici per le api sulle colture arboree, erbacee, ornamentali e spontanee durante il periodo di fioritura, stabilendo le relative sanzioni”;
- il D.Lgs. 14 agosto 2012, n. 150, con il quale l’Italia ha recepito la Direttiva 2009/128/CE sull’uso sostenibile dei prodotti fitosanitari e che all’articolo 24 “Sanzioni” prevede multe da 1.000,00 a 5.000,00 euro a carico di chi, all’atto della vendita, non fornisce all’acquirente le informazioni necessarie per utilizzare correttamente i prodotti fitosanitari. Ad esempio, esaustive indicazioni sul significato e sulle gravi conseguenze ambientali in caso di mancato rispetto delle prescrizioni riportate in etichetta, quali “pericoloso per le api”, “per proteggere le api e altri insetti impollinatori non applicare alle colture al momento della fioritura”, “non utilizzare in presenza di api”, “rimuovere o coprire gli alveari durante l’applicazione e per (indicare il periodo) dopo il trattamento”, “non applicare in presenza di piante infestanti in fiore”, “eliminare le piante infestanti prima della fioritura” e “non applicare prima di (indicare il periodo)”;
- il Piano di azione nazionale (PAN) per disciplinare l’uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, anche al fine di salvaguardare la biodiversità. Al momento il piano 2014 - 2019, adottato con decreto interministeriale 22 gennaio 2014, è terminato e il nuovo, prossimo alla pubblicazione, riporta specifiche misure per la tutela degli impollinatori, ad esempio il limitato impiego dei prodotti fitosanitari con fattori di rischio per gli impollinatori, il mantenimento di fasce inerbite (di almeno 5 metri) intorno ai coltivi, l’inerbimento tra i filari nelle colture arboree, l’utilizzo di specie erbacee e arbustive autoctone idonee per gli impollinatori;
- il D. Lgs. 17 aprile 2014, n.69, che disciplina il sistema sanzionatorio in materia di immissione sul mercato dei prodotti fitosanitari e che all’articolo 3 prevede una sanzione da 35.000 a 100.000 euro nei confronti dell’utilizzatore che non rispetta quanto indicato in etichetta, tra cui le prescrizioni e le indicazioni per la tutela dei pronubi.

Le operazioni colturali per ciascuna coltura sono state quantificate nel dettaglio del Capitolo 8.

³⁸ <https://www.sorghum-id.com/it/accueil-3/>

6.2.2. Attività apistica

L'apicoltura si configura come un'attività di salvaguardia degli insetti impollinatori e come fonte di reddito attraverso le sue produzioni, in primis quella del miele. In tempi recenti si è assistito ad una crescente minaccia verso la salute degli insetti impollinatori, sono stati indicati diversi fattori concomitanti, che agiscono in combinazione fra loro o separatamente. Tra questi gli effetti dell'agricoltura intensiva e dell'uso di pesticidi, la fame o lo scarso nutrimento a disposizione delle api, i virus, gli attacchi di agenti patogeni e delle specie invasive e i cambiamenti ambientali (ad esempio la frammentazione e la perdita di habitat). Le cause individuate sono molteplici e le loro numerose interazioni indicano il contributo rilevante che tutti i settori della società, compresi i decisori politici, i gestori del territorio, il settore privato e in generale il pubblico, possono fornire per garantire la sopravvivenza degli impollinatori (IPBES,2019).

L'idea di inserire un apiario nel perimetro agrivoltaico si basa quindi sulla consapevolezza della loro importanza per l'ambiente, in quanto sostengono la biodiversità fornendo l'impollinazione essenziale per una vasta gamma di colture e piante selvatiche. Le api contribuiscono alla ricchezza e al benessere umano direttamente attraverso la produzione di miele e di altri alimenti e mangimi come: polline, cera per la lavorazione degli alimenti, propoli nella tecnologia alimentare, e pappa reale come integratore alimentare e ingrediente di alimenti. Secondo le stime dell'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO), delle 100 specie di colture che forniscono il 90 % dei cibi di tutto il mondo, 71 sono impollinate dalle api. La maggior parte delle colture dell'Unione europea dipende dall'impollinazione degli insetti. Al di là del valore essenziale dell'impollinazione per il mantenimento della biodiversità, il valore monetario annuo globale dell'impollinazione è stato stimato in centinaia di miliardi di euro.³⁹

Alcune porzioni poste a sud della superficie progettuale verranno quindi dedicate alla creazione di postazioni adatte all'installazione di apiari al fine di realizzare un'attività apistica con ricadute significative anche sul comparto ecologico-produttivo della macro-zona in ragione del ruolo strategico, a livello ecosistemico, degli insetti impollinatori (e.g. salvaguardia della biodiversità, conservazione e salute degli habitat locali, monitoraggio ambientale).

Le api sfrutteranno sia la flora nettarifera presente nelle coltivazioni (e.g. erba medica) e sia quella già presente nel congruo intorno, caratterizzato da vegetazione arbustiva-arborea preesistente sia quella inserita nelle fasce di mitigazione realizzate ad hoc, per produrre miele millefiori (Rif. TRI-VIA-02 Studio di Impatto Ambientale e TRI-VIA-06c Progetto agro-ambientale - Elaborato grafico).

La coabitazione di api e impianti fotovoltaici vanta già esempi di successo. Per esempio, in Minnesota - ma sono ormai innumerevoli gli esempi in tutto il mondo - Connexus Energy, uno dei maggiori produttori e distributori di energia elettrica da fotovoltaico, ha iniziato dal 2016 un progetto di apicoltura in alcune delle sue installazioni fotovoltaiche, che ha portato alla produzione di un miele brandizzato "Solar Honey"⁴⁰.

Considerando l'esposizione ovest sud-ovest del predellino di volo (i.e. l'unica apertura dell'arnia da cui le api escono/entrano dal/nell'alveare), si prevede l'installazione di 20 arnie, disposte su più file di 5-10 alveari, separate di circa 50 cm lungo la fila. Tra una fila e l'altra verrà mantenuta una distanza di circa 5-6 metri, per favorire il lavoro delle api e anche l'intervento dell'apicoltore. Le basi saranno

³⁹ <https://www.efsa.europa.eu/it/topics/topic/bee-health>

⁴⁰ <https://modernfarmer.com/2017/09/solar-honey-in-minnesota/>

strutturate in modo da creare un'inclinazione verso l'uscita dell'alveare e per favorire la raccolta del prodotto.

Grazie alla presenza di specie mellifere, sia nelle aree arboree-arbustive sia nelle fasce di mitigazione di prossimità, sommata alle fioriture localizzate entro un raggio di 2-3 km dalle arnie, si stima una produzione annua di miele per arnia pari a 10-20 kg.

I vantaggi derivanti dall'integrazione dell'attività nel parco fotovoltaico possono essere così riassumibili:

- salvaguardia e tutela dell'*Apis mellifera* L. e di numerosi altri impollinatori selvatici;
- aumento della biodiversità in situ;
- riduzione dei trattamenti con agrofarmaci;
- creazione di impiego per la gestione dell'apiario e ottenimento di un prodotto esclusivo e brandizzabile.

Per garantire la coesistenza tra le coltivazioni e l'attività apistica si garantisce il rispetto delle normative vigenti esposte nel paragrafo 7.2.1 oltre l'osservazione delle Linee guida esistenti per la salvaguardia degli impollinatori⁴¹ e delle indicazioni riportate nel documento dell'Intesa Nazionale per l'applicazione delle buone pratiche agricole e la salvaguardia delle api nei settori sementiero e ortofrutticolo, concordato da numerose associazioni di agricoltori, apicoltori e altri operatori in ambito agricolo⁴².

Non verranno effettuati trattamenti durante i periodi di maggior fioritura con particolare attenzione alle coltivazioni e alle fasce alberate che costeggiano i terreni, in fioritura, in particolare si eviterà l'impiego di insetticidi e acaricidi o con altri prodotti (es. fungicidi o diserbanti), che in etichetta prevedano specifici divieti o che risultino comunque tossici per le api.

Se si renderà necessario per salvaguardare le produzioni agricole si presterà attenzione inoltre a:

- effettuare i trattamenti al tramonto, quando le api non frequentano i fiori;
- non effettuare trattamenti in prossimità della fioritura con prodotti tossici o ad azione repellente per le api, in particolare insetticidi, se ad elevata persistenza o sistemici;
- sfalciare o eliminare piante adiacenti o sottostanti a colture da trattare eventualmente fiorite.

⁴¹ <https://www.informamiele.it/wp-content/uploads/2021/03/Linee-guida-salvaguardia-impollinatori.pdf>

⁴² <https://www.informamiele.it/intesa-nazionale-per-le-buone-pratiche-agricole-e-la-difesa-degli-impollinatori.html>

7. Precision farming e monitoraggio agronomico

Come descritto nel paragrafo dedicato alla componente agronomica (Paragrafo 6.2), il terreno sarà gestito secondo i principi dell'agricoltura conservativa.

Si prevede inoltre di migliorare la gestione attraverso accorgimenti che consentiranno di avvicinare progressivamente l'azienda a una gestione sempre più mirata all'*Agricoltura di Precisione*⁴³ (AP). Le definizioni di AP (Pisante M., 2013) riguardano l'adozione di tecniche che consentono di:

1. migliorare l'apporto di input attraverso l'analisi di dati raccolti da sensori e la relativa elaborazione con strumenti informatici, che gestendo la variabilità temporale permettono di dosare al meglio l'impiego di input (acqua, prodotti fitosanitari e concimi);
2. garantire la tracciabilità del prodotto utilizzando tecnologie informatiche per la registrazione dei dati di campo;
3. impiegare "macchine intelligenti" in grado di modificare la propria modalità operativa all'interno delle diverse aree.

A livello nazionale esistono delle "Linee Guida per lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione in Italia"⁴⁴, redatte a cura del Gruppo di Lavoro nominato con DM n. 8604 dell'1/09/2015 e pubblicate nel settembre 2017 da parte del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, che costituiscono uno specifico approfondimento sull'innovazione tecnologica in campo agricolo, illustrando le metodologie da attuare per la realizzazione dell'Agricoltura di Precisione. Tali Linee Guida sono state utilizzate come riferimento nella predisposizione del modello di gestione di monitoraggio del progetto.

Considerata la realtà aziendale, si esclude al momento la possibilità di introdurre l'impiego di macchine intelligenti con navigazione assistita tramite GPS, situazione a cui si potrebbe tendere negli anni e che consentirebbe di gestire al meglio le lavorazioni, anche in considerazione dell'ingombro rappresentato dai pannelli. Tuttavia, anche in conformità con le "*Linee Guida per l'Applicazione dell'Agro-fotovoltaico in Italia*" (Unitus, 2021), si prevede di agire in fase Ante-Operam introducendo:

- una stazione agrometeorologica dotata di sensori standard per la misurazione di temperatura del suolo e dell'aria, quantità di pioggia, velocità e direzione del vento, umidità del suolo e dell'aria, radiazione solare totale, evapotraspirazione e bagnatura fogliare;
- impiego di un supporto informativo (Decision Support System, DSS⁴⁵) per la registrazione delle operazioni di campo, la consultazione e l'elaborazione dei dati meteo.

⁴³ *Agricoltura che impiega strumenti, tecnologie e sistemi informativi allo scopo di supportare il processo di assunzione di decisioni in merito alla produzione dei raccolti (Gebbers e Adamchuk, 2010)*

⁴⁴ <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/12069>

⁴⁵ *DSS sono sistemi informatici che raccolgono, organizzano, interpretano e integrano in modo automatico le informazioni provenienti in tempo reale dal monitoraggio dell'«ambiente coltura» (attraverso sensori o attività di monitoraggio). I DSS analizzano questi dati per mezzo di avanzate tecniche di modellistica e, sulla base degli output dei modelli, generano una serie di allarmi e supporti alle decisioni.*

La scelta del DSS da impiegare verterà verso uno strumento che fornisca gli indici di rischio per le malattie del frumento. L'utilizzo di tali strumenti modellistici consente infatti di controllare gli organismi dannosi in modo efficace, riducendo il numero di interventi.

Per quanto riguarda la soia, per la quale l'azienda ha attualmente in atto un contratto di filiera e intende continuare in tal senso, l'impiego del DSS costituirà un importante supporto per l'aggiornamento quotidiano del Quaderno di campagna⁴⁶ previsto dal contratto in atto oltre che per garantirne la tracciabilità delle produzioni conferite.

Per tutte le colture in rotazione:

- si potrà inoltre beneficiare degli strumenti che calcolano la dotazione idrica del terreno in base alle caratteristiche del suolo, all'approfondimento radicale, allo sviluppo della coltura e alle condizioni meteorologiche, per il calcolo del bilancio idrico. Tale bilancio consente di identificare il momento più opportuno per irrigare⁴⁷ e il volume di adacquamento⁴⁸;
- la registrazione delle concimazioni effettuate con l'indicazione dei prodotti specifici e dei relativi titoli permetterà di ottimizzare le tempistiche e le quantità di concime da applicare in funzione del tipo di terreno, dell'andamento meteorologico e della resa attesa, della varietà e della precessione colturale;
- la registrazione delle produzioni ottenute dalle diverse colture porterà alla creazione di un database relativo alla coltivazione in un sistema agrivoltaico di pieno campo su un periodo di 25-30 anni. L'analisi di questi dati contribuirà quindi anche ad aumentare le conoscenze (che ad oggi risultano ancora scarse, cfr par 2) utili ad individuare le colture più adatte a tale sistema produttivo in condizioni agroambientali analoghe a quelle del sito di intervento.

L'integrazione tra i dati meteo registrati in campo e l'elaborazione dei dati da parte del DSS, e con i dati raccolti per il monitoraggio ambientale (Elaborato TRI-VIA-13), consentiranno di orientare al meglio le decisioni agronomiche favorendo quindi:

- utilizzo sostenibile dei prodotti (prodotti fitosanitari e concimi);
- individuazione del momento migliore di intervento in campo;
- registrazione delle produzioni e tracciabilità del prodotto;
- risparmio idrico attraverso la razionalizzazione degli interventi irrigui;
- monitoraggio delle produzioni ottenibili in un sistema agrivoltaico.

I dati meteo raccolti potranno, inoltre, essere utili per valutare eventuali casi di **moria delle api**. Non esiste infatti un'unica causa alla base di tale fenomeno e tra i fattori di rischio più probabili oltre ai trattamenti fitosanitari, le malattie delle api e le pratiche apistiche, risulta anche l'andamento climatico. È stato infatti osservato che le condizioni meteorologiche influenzano le entità di infestazione degli insetti come l'acaro *Varroa destructor* (Bortolotti *et al.*, 2009), che esercita sulle api un'azione immunosoppressiva e che può aggravare l'effetto di agenti patogeni, come il virus delle ali deformi (Yang e Cox-Foster, 2005).

⁴⁶ Il Quaderno di campagna o Registro dei trattamenti, come indicato al comma 3 dell'art. 42 del DPR n. 290/01, è un registro obbligatorio per tutte le aziende agricole che utilizzano prodotti fitosanitari per la difesa delle colture agrarie che riporta cronologicamente l'elenco dei trattamenti eseguiti sulle diverse colture oppure, in alternativa, una serie di moduli distinti, ciascuno relativo ad una singola coltura.

⁴⁷ Il momento corrisponde a quando il deficit (la quantità di acqua necessaria per riportare il suolo alla capacità di campo) supera una certa soglia critica, che di solito coincide con la riserva di acqua facilmente utilizzabile.

⁴⁸ Nel calcolo del volume da somministrare bisogna anche tenere in considerazione che durante l'adacquamento si verificano delle perdite di acqua legate all'efficienza dei diversi metodi irrigui. migliorando la gestione della risorsa idrica

Nelle diverse fasi di monitoraggio si prevede la figura di un Agronomo che monitori i dati rilevati in campo (monitoraggi, stato fitosanitario, fenologia, operazioni di campo), i risultati produttivi ottenuti e fornisca indicazioni tecniche di conduzione attraverso report specifici, per un impegno totale di circa 2 giorni l'anno.

8. Indicazioni economiche preliminari

L'analisi preliminare ivi presentata è stata effettuata considerando una superficie coltivata pari a **22,18 ha**. Il dato è stato ottenuto sottraendo all'area recintata le superfici impegnate dagli stradelli, dallo spazio di manovra dei macchinari, dall'occupazione del suolo data dai locali tecnici e dai pali infissi nel terreno.

8.1. Stato di fatto

Come anticipato l'attuale conduzione prevede la coltivazione di colture per la produzione di granella in asciutto quali frumento e orzo in rotazione con girasole, soia e colza la cui successione è rappresentata in **Tabella 3**.

Tabella 3. Rotazione attuale

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
Anno 1					G	G	G	G	G	F	F	F
Anno 2	F	F	F	F	F	F			C	C	C	C
Anno 3	C	C	C	C	C	C				O	O	O
Anno 4	O	O	O	O	O	S	S	S	S	F	F	F

		€/ha
G	Girasole	670
F	Frumento	201
C	Colza	650
O	Orzo	600
S	Soia	215

Tabella 4. Dettaglio della rotazione attualmente in corso e reddito stimato partendo dalle informazioni bibliografiche

Il reddito medio annuo ad ha è stato stimato considerando l'attuale rotazione e i valori di reddito ad ha reperibili dalla bibliografia di settore ⁴⁹:

	Raccolto	Reddito €/ha
Anno 1	Girasole	670
Anno 2	Frumento	201
Anno 3	Colza	650
Anno 4	Orzo+Soia	815
Media		548

Il **reddito medio annuo totale stimato** per lo stato di fatto ammonta quindi a **€ 584/ha**.

⁴⁹ Per I valori di reddito considerati per lo stato di fatto si è fatto riferimento rispettivamente:

Girasole: http://www.ilnuovoagricoltore.it/il-girasole-e-una-coltura-che-puo-dare-reddito-perche-il-mercato-e-in-forte-crescita/#:~:text=Poich%C3%A9%20emerge%20che%2C%20tenendo%20conto,l%27agricoltore%20risultano%20molto%20interessanti*,

Frumento: <https://www.informatoreagrario.it/filiere-produttive/seminativi/frumento-tenero-e-duro-2020-le-prospettive-di-reddito-ci-sono/>

Colza: <https://www.ilnuovoagricoltore.it/la-colza-seminata-entro-settembre-puo-rendere-oltre-650-euro-a-ettaro/#:~:text=Costo%20di%20coltivazione%20e%20ricavi,totale%20di%20799%2C50%20euro>

Soia: <http://www.ilnuovoagricoltore.it/coltivazione-soia-dalla-a-alla-z/>

Orzo: <https://www.informatoreagrario.it/news/concia-del-seme-orzo-scelta-reddito/#:~:text=Dalla%20differenza%20tra%20i%20costi,215%2C6%20euro%2Fha>.

8.2. Analisi preliminare costi/ricavi dell'attività agronomica in progetto

Nelle tabelle che seguono si riporta l'analisi dei costi approfondita per ciascuna coltura considerata nella rotazione. Le specie si succederanno secondo l'avvicendamento descritto nel capitolo 6.2 e rappresentato in Tabella 2.

Considerando il periodo di 6 anni necessario per chiudere la rotazione il reddito medio annuo totale stimato, considerando una superficie di ha 22,18, ovvero l'intera area destinata all'attività agricola, ammonta a **€ 590/ha**. Tale valore è stato ottenuto sottraendo il totale dei costi dai ricavi totali per le attività proposte (compensa l'attività apistica per 5 anni) riportati in dettaglio nei paragrafi successivi, e dividendolo per la superficie dell'area destinata all'attività agricola.

8.2.1. Erba medica

Si riporta in **Tabella 5** l'analisi dei costi relativa alla coltivazione dell'erba medica come coltivazione da foraggio nella rotazione.

COSTI DI COLTIVAZIONE					
Anno (sett-sett)	Operazione	Unità di misura	Costo unitario (€)	Quantità	Totale (€)
1°	Acquisto semente (20 kg/ha)	kg	2,75 €	443,6	1.219,90 €
	Preparazione terreno (minimum tillage -estirpatura - erpicatura) e semina	ha	140,00 €	22,18	3.105,20 €
	Concimazione	ha	170,00 €	22,18	3.770,60 €
	Diserbo	ha	80,00 €	22,18	1.774,40 €
	Sfalcio (3 passate)	ha	300,00 €	22,18	6.654,00 €
2°	Concimazione	ha	100,00 €	22,18	2.218,00 €
	Sfalcio (3 passate)	ha	300,00 €	22,18	6.654,00 €
3°	Sfalcio (2 passate) e raccolta	ha	200,00 €	22,18	4.436,00 €
	Sfalcio (1 passata) e interrimento	ha	100,00 €	22,18	2.218,00 €
TOTALE					32.050,10 €
RICAVI					
		Produzione (kg/ha)	Produzione totale (kg)	Prezzo (€/kg)	Totale (€)
1°	Ricavi (vendita 3 sfalci)	8000	177.440,00 €	0,11	19.518,40 €
2°	Ricavi (vendita 3 sfalci)	9500	210.710,00 €	0,11	23.178,10 €
3°	Ricavi (vendita 2 sfalci)	6500	144.170,00 €	0,11	15.858,70 €
TOTALE					58.555,20 €
REDDITO STIMATO					
TOTALE					26.505,10 €

Tabella 5. Analisi economica estimativa per la coltivazione dell'erba medica.

La produzione media dell'erba medica varia generalmente a seconda del numero di tagli e della sistemazione in balloni o rotoballe, attestandosi in un range di 8,5-12 t/ha. Ai fini della progettazione agrivoltaica in oggetto, si è ipotizzata una produzione più bassa in via prudenziale, considerando che la superficie coltivata sottostante i pannelli subirà un maggiore ombreggiamento rispetto al pieno campo.

8.2.2. Frumento tenero

Si riporta in Tabella 6 l'analisi dei costi relativa alla coltivazione del frumento come coltivazione principale della rotazione. Come si evince dall'analisi, in considerazione della precedente coltivazione di erba medica non sono stati considerati costi per la concimazione

Tabella 6. Analisi economica estimativa per la coltivazione del frumento tenero.

COSTI DI COLTIVAZIONE				
Operazione	Unità di misura	Costo unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Acquisto semente (180 kg/ha)	kg	0,70 €	3992,4	2.794,68 €
Preparazione terreno*	ha	140,00 €	22,18	3.105,20 €
Semina	ha	80,00 €	22,18	1.774,40 €
Trattamenti/diserbo	ha	100,00 €	22,18	2.218,00 €
Irrigazione di soccorso	ha	250,00 €	22,18	5.545,00 €
Raccolta con trebbia	ha	250,00 €	22,18	5.545,00 €
TOTALE				20.982,28 €
RICAVI				
	Produzione (kg/ha)	Produzione totale (kg)	Prezzo (€/kg)	Totale (€)
TOTALE	5500	121990	0,34	41.476,60 €
REDDITO STIMATO				
TOTALE				20.494,32 €

* per preparazione del terreno si intende operare secondo i principi di agricoltura conservativa sopra menzionati, ricorrendo a operazioni di minimum tillage, estirpatura ed erpicatura superficiali.

La produzione media del frumento si attesta intorno alle 6-7 t/ha. Ai fini della progettazione agrivoltaica in oggetto, in via prudenziale, si è ipotizzata una produzione pari a 5,5 t/ha, considerando che la superficie coltivata sottostante i pannelli subirà un maggiore ombreggiamento rispetto al pieno campo.

8.2.3. Soia da granella

Si riporta in Tabella 7 l'analisi dei costi relativa alla coltivazione della soia in avvicendamento al frumento. In considerazione della conduzione agronomica virtuosa proposta, nel computo dei costi sono stati esclusi costi relativi ai trattamenti fitosanitari

Tabella 7. Analisi economica estimativa per la coltivazione della soia da granella.

COSTI DI COLTIVAZIONE				
Operazione	Unità di misura	Costo unitario (€)	Superficie (ha)	Totale (€)
Acquisto semente rizobiata (ciclo corto 0+) 45-50 p.te/mq	kg/ha	150,00 €	22,18	3.327,00 €
Preparazione terreno (minimum tillage-estirpatura-ercpicatura)	ha	140,00 €	22,18	3.105,20 €
Semina	ha	180,00 €	22,18	3.992,40 €
Diserbo	ha	30,00 €	22,18	665,40 €
Raccolta con trebbia e trasporto	ha	180,00 €	22,18	3.992,40 €
TOTALE				15.082,40 €
RICAVI				
	Produzione (kg/ha)	Produzione totale (kg)	Prezzo (€/kg)	Totale (€)
TOTALE	3500	77630	0,38	29.499,40 €
REDDITO STIMATO				
TOTALE				14.417,00 €

* per preparazione del terreno si intende operare secondo i principi di agricoltura conservativa sopra menzionati, ricorrendo a operazioni di minimum tillage, estirpatura ed erpicatura superficiali.

Dal punto di vista varietale, grazie agli studi genetici effettuati, è possibile optare tra differenti gruppi di maturazione, ovvero per le semine di primo raccolto è consigliato scegliere gruppi di maturazione I e I+, mentre per le semine di secondo raccolto, successive a cereali vernini, è suggerito optare per gruppi 0+ e I-. Ai fini della rotazione proposta, si suggerisce l'impiego di una semente già rizobiata e a varietà precoce 0+, non dimenticando di prediligere una taglia bassa per facilitare la coltivazione sotto i pannelli.

La produzione media della soia si attesta intorno alle 4,5-5 t/ha. Ai fini della progettazione agrivoltaica in oggetto, in via prudenziale, si è ipotizzata una produzione pari a 3,5 t/ha, considerando che la superficie coltivata sottostante i pannelli subirà un maggiore ombreggiamento rispetto al pieno campo.

8.2.4. Sorgo

In Tabella 8 si riporta l'analisi dei costi relativa alla coltivazione del sorgo da sovescio nella rotazione, per la quale non è previsto un ricavo dalla vendita in quanto la biomassa viene appunto tagliata e interrata nel suolo.

Tabella 8. Analisi economica estimativa per la coltivazione del sorgo.

COSTI DI COLTIVAZIONE				
Operazione	Unità di misura	Costo unitario (€)	Superficie (ha)	Totale (€)
Acquisto semente sorgo da granella nano (20 kg) 35-50 p.te/mq e semina	kg/ha	140,00 €	22,18	3.105,20 €
Preparazione terreno (livellamento- minimum tillage -estiratura - erpicatura)	ha	100,00 €	22,18	2.218,00 €
Sfalcio e interramento	ha	100,00 €	22,18	2.218,00 €
TOTALE				7.541,20 €

8.2.5. Attività apistica

L'attività agricola apistica proposta è organizzata in modo tale da permettere l'installazione di 20 arnie, con la possibilità di inserire l'attività in un contesto ambientale valutato di elevato interesse per la produzione di diverse tipologie di miele. La vicinanza nel raggio di pochi chilometri di prati stabili con vegetazione varia, di corsi d'acqua con relative fasce alberate spondali, di pascoli e di colture agrarie confermano questo orientamento.

L'apicoltore potrà svolgere l'attività senza essere gravato da costi di investimento (realizzazione delle postazioni, Tabella 9). Per motivi legati alla normativa veterinaria e amministrativa, l'apicoltore si prenderà carico della registrazione delle arnie e utilizzerà la propria attrezzatura per la conduzione degli apiari. Nell'analisi economica preliminare che seguirà sono stati calcolati i costi di investimento iniziale, ma considerando che non saranno a carico del produttore non viene calcolato l'ammortamento degli stessi nell'analisi economica finanziaria annuale.

Per quanto concerne l'analisi economico-finanziaria, si è preferito riportare solo le risultanze in termini di redditività annuale ante imposta, ipotizzando che i costi dell'investimento iniziale non graveranno sul gestore delle postazioni e che l'apicoltore sarà dotato nella propria sede aziendale dei locali e delle attrezzature per l'estrazione e confezionamento del miele, già ammortizzati. Per quanto riguarda le spese sono quindi stati stimati le spese vive da sostenere per garantire il funzionamento degli apiari (Tabella 10)

Tabella 9: Analisi dei costi iniziali da sostenere per la predisposizione dell'attività apistica (sostenuti direttamente dal proponente).

Costo	UM	Quantità	Costo unitario (€)	Totale
Arnie	n	20	150,00 €	3.000,00 €
Famiglie	n	20	65,00 €	1.300,00 €
Supporti arnie	m	20	11,00 €	220,00 €
Lavorazioni per preparazione postazioni (5 ore manodopera)	h	4	11,00 €	44,00 €
Totale				4.564,00 €

Tabella 10: Analisi dei costi annuali da sostenere per l'attività di apicoltura.

COSTO ANNUALE				
Costo	UM	Quantità	Costo unitario (€)	Totale
Cambio regine	arnie	10	20,00 €	200,00 €
Trattamento varroa	arnie	20	10,00 €	200,00 €
Nutrizione	arnie	20	10,00 €	200,00 €
Spese invasettamento				250,00 €
Trasporto commercializzazione	h	5	30,00 €	150,00 €
Totale				1.000,00 €

Per la determinazione della redditività (Tabella 11) si è considerato il reddito potenziale proveniente dai 20 alveari, considerando la sola vendita di miele ed escludendo tutti gli altri prodotti dell'alveare quali polline, propoli e vendita di famiglie.

Si è assunta una produzione media annuale prudenziale di miele pari a 15 kg/arnia e un prezzo medio di vendita di 6 €/kg (Figura 31), valore indicativo che non tiene conto della quantità ceduta tramite vendita diretta e della rarità del prodotto locale viste le difficoltà degli ultimi anni. Pertanto, valutando l'installazione di 20 arnie all'inizio dell'attività, in piena produzione si potrà ipotizzare una produzione vendibile di 300 kg/anno.

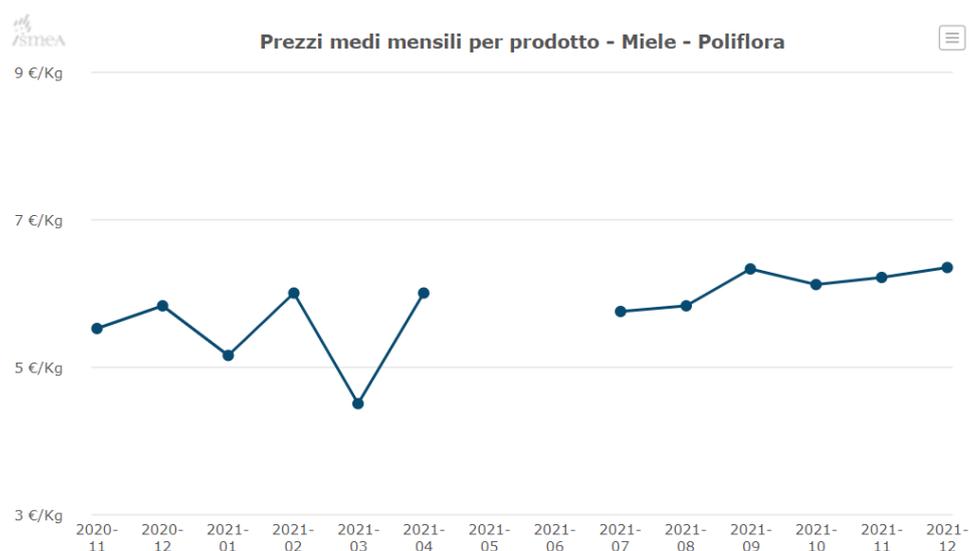


Figura 31. Prezzi mensili miele millefiori. Fonte ISMEA 2021⁵⁰

⁵⁰ <https://www.ismeamercati.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/6734>

Tabella 11. Analisi costi/ricavi legati all'attività apistica

Anno	Arnie	Produzione per arnia	Produzione totale	Prezzo	Ricavi	Spese	Reddito
						Correnti	(ante imposte)
		kg	kg	€/kg	€	€	€
1	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
2	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
3	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
4	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
5	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
6	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
7	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
8	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
9	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
10	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
11	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
12	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
13	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
14	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
15	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
16	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
17	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
18	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
19	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
20	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
21	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
22	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
23	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
24	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
25	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
26	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
27	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
28	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
29	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €
30	20	15	300	6	1.800,00 €	-1.000,00 €	800,00 €

Quanto calcolato ha valore indicativo e prudenziale; considerando una produzione di 20 kg/arnia (media attualmente facilmente raggiungibile) e un prezzo medio di vendita 8,00 €/kg, il risultato ante imposte potrà essere superiore ai 2.200,00 €/anno.

Anche questa attività sarà in grado di apportare benefici apporti sia dal punto di vista socio-occupazionale come implementazione alla redditività agricola, sia dal punto di vista ambientale/agroecosistemico.

8.3. Costi monitoraggio agrometeo

Come indicato nel Capitolo 7 si prevede l'installazione di una capannina agrometeorologica in campo e l'impiego di un DSS agricolo per i quali si stimano i costi indicati in Tabella 12, ottenuti considerando un periodo di monitoraggio di 25 anni, per analogia con il monitoraggio ambientale (vedasi elaborato TRI-VIA-13). Il monitoraggio agronomico prevede anche la figura di un agronomo specializzato incaricato di analizzare i dati, fornire indicazioni tecniche e descrivere l'andamento delle coltivazioni attraverso report periodici.

Tabella 12. Analisi economica estimativa per il monitoraggio agrometeo delle coltivazioni.

Descrizione	Prezzo (€)
Capannina agrometeorologica dotata di: · Temperatura/umidità · Pluviometro · Anemometro (velocità/direzione vento) · Radiazione solare globale/evapotraspirazione · Bagnatura fogliare	3.500,00 €
Manutenzione capannina (costo annuo 250 €x 20 anni)	6.250,00 €
Licenza DSS (costo annuo 1000 €x 25 anni)	25.000,00 €
Totale	34.750,00 €

Fase progettuale*		Monitoraggio meteorologico		Raccolta/ gestione/ analisi dati DSS	Monitoraggio qualità delle produzioni	Importo (€)
				Agronomo*	Agronomo*	
Ante Operam		Installazione stazione meteo	3500,00			3500,00
Corso d'Opera						
Post Operam	Fase di esercizio	Manutenzione e licenza SW DSS	31250,00	7875,00	7875,00	47000,00
	Fase di dismissione					
Totale.						50.500,00

*è stato considerato un agronomo Senior per un costo giornaliero di 350€/giorno

9. Conformità del progetto alle Linee Guida del MiTE

Guida del MiTE

In questo capitolo si analizza la conformità del progetto rispetto alle Linee Guida del MiTE (Capitolo 3).

Al fine di agevolare la comprensione si riportano di seguito come sono stati calcolati i parametri utilizzati per la valutazione per il progetto proposto:

- **Superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (S_{pv}):** è stata considerata l'area riferibile alla somma di tutte le superfici dei moduli fotovoltaici proiettate ortogonalmente al terreno. Il numero dei moduli fotovoltaici è stato moltiplicato per l'area proiettata del singolo modulo, coincidente con l'estensione del modulo stesso in quanto il progetto proposto prevede l'impiego di tracker.
- **Superficie del sistema agrivoltaico (S_{tot}):** per ottenere tale parametro si è fatto riferimento alla superficie delle singole tessere che vanno a comporre la totalità del Sistema Agrivoltaico proposto.
- **Tessere:** le tessere sono state identificate considerando la proiezione ortogonale dei tracker inclinati di 90° e un offset perimetrale pari al gap. In considerazione dell'uniformità che caratterizza il layout dei pannelli e del terreno, il progetto in oggetto risulta composto da un'unica tessera rappresentata in Figura 32.
- **Superficie agricola ($S_{agr.}$):** è stata considerata l'area effettivamente utilizzata per l'attività agricola sottraendo alla S_{tot} la **superficie "agricola non utilizzabile"** calcolata come la somma della superficie che si ottiene moltiplicando la larghezza delle strutture di supporto per la lunghezza delle stringhe, con l'area occupata dai locali tecnici e dagli stradelli insistenti sulla $S_{agr.}$. L'attività agricola continuerà anche al di sotto dei moduli, avendo impiegato strutture di sostegno di tipo "tracker" e dunque orientabili all'occorrenza per l'esecuzione delle operazioni colturali, con un pitch minimo a garantire il passaggio delle macchine agricole più ingombranti.

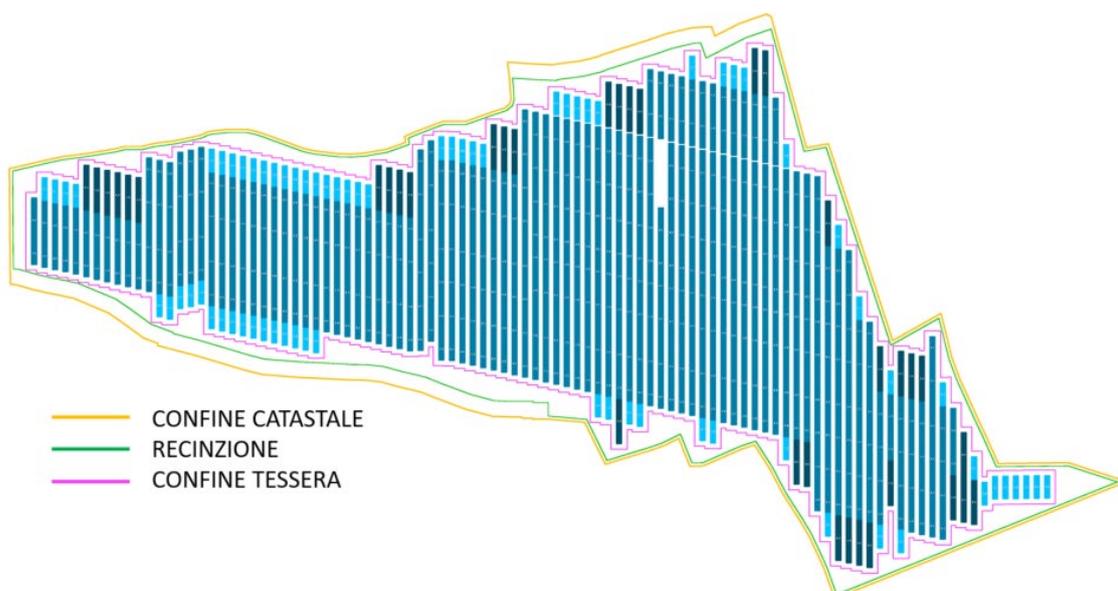


Figura 32. Rappresentazione della tessera agrivoltaica per il progetto proposto.

- **Requisito A - L'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico"**

L'impianto è stato progettato in modo tale da non compromettere la continuità dell'attività primaria, garantendo al contempo una sinergia della stessa con l'attività di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile e rientra nei valori indicati nelle linee guida In **Tabella 13**, si riportano le specifiche di ciascuna tessera.

Tabella 13. Valori del progetto utilizzati per la verifica di conformità al Requisito A delle Linee Guida del MiTE

TESSERA	
Larghezza struttura di supporto (m)	0,20
Lunghezza Totale Tracker (m)	11198,50
Superficie totale moduli proiettati (S_{pv}) (m2)	82223,23
Superficie totale Tessera (S_{tot}) (m2)	212298,11
Superficie non Agricola Tessera (m2)	5365,50
Superficie Agricola Tessera (S_{agr}) (m2)	206932,61
A.1 Rateo S Agricola Tessera/S tot (m2)	97,5
A.2 LAOR %	38,7

A.1 Superficie minima coltivata ($S_{agricola} \geq 0,7 \times S_{tot}$):

Il prosieguo dell'attività agricola sarà garantito su una superficie di:

$S_{agricola}$ ha 20,99, pari al 97,5% della S_{tot} (ha 21,23)

Si specifica inoltre **che l'attività agricola continuerà su alcune superfici comprese nell'area recintata esterne alle superfici delle singole tessere**. Pertanto, l'area totale dell'impianto agrivoltaico (area recintata) destinata all'attività primaria (rif. Preambolo) continuerà su una superficie totale di ha 22,18 ha, superficie considerata per l'analisi economica preliminare.

A.2 Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR - Land Area Occupation Ratio $\leq 40\%$):

Il progetto Agrivoltaico proposto è caratterizzato da una configurazione (distanza tra i moduli, tipologia dei moduli, tipologia delle strutture di sostegno di tipo "tracker", ecc.) tale da garantire la continuità dell'attività agricola. Le scelte progettuali e la componente fotovoltaica impiegata - le cui caratteristiche tecniche sono riassunte nel Capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata**. e sono più ampiamente illustrate nelle Relazioni Tecniche - garantirà il soddisfacimento di tale requisito. Nello specifico:

- S_{pv} Tessera m² 82223,23 pari al **38,7 %** della S_{tot} Tessera (ha 20,99).
- **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**

Come più volte descritto, l'impianto agrivoltaico è stato progettato per perseguire l'obiettivo di realizzare una condizione di integrazione tra il sistema agricolo ed il sistema di produzione di energia elettrica, massimizzando il potenziale produttivo dei due sottosistemi.

Nello specifico:

B.1.a Esistenza e resa della coltivazione

Come analizzato e calcolato nel Capitolo 8, il valore della produzione agricola media ante intervento ammonta a **€ 584**, valore che viene garantito anche con la nuova gestione agronomica proposta che consente di ottenere un valore atteso di **€ 590/ha**.

B.1.b Mantenimento dell'indirizzo produttivo o passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato.

La proposta garantirà il mantenimento dell'indirizzo produttivo attualmente in corso, ovvero la coltivazione di specie da granella, in rotazione.

B.2 Producibilità elettrica minima.

La produzione elettrica specifica dell'impianto agrivoltaico è pari a 0,905 GWh/ha/anno, corrispondente al 69% di quella di un impianto fotovoltaico standard idealmente realizzabile sulla stessa area, avente una producibilità di 1,3 GWh/ha/anno (29GWh/anno; vedasi **Figura 33**).

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: Trivignano

Variant: Trivignano (FT2V, Trina 590Wp, 9m) 19.86176MWp 1441

Ground system (tables) on a hill

System power: 19.86 MWp

Trivignane - Italy

System summary			
Grid-Connected System	Ground system (tables) on a hill		User's needs
PV Field Orientation	Near Shadings		Unlimited load (grid)
Fixed plane	Linear shadings		
Tilt/Azimuth	36 / 0 °		
System information		Inverters	
PV Array		Nb. of units	140 units
Nb. of modules	33664 units	Pnom total	28.00 MWac
Pnom total	19.86 MWp	Grid power limit	19.00 MWac
		Grid lim. Pnom ratio	1.045

Figura 33. Stima producibilità per impianto fotovoltaico ottimizzato per la produzione di energia elettrica (moduli fissi)

- **Requisito D ed E - i sistemi di monitoraggio**

L'attività di monitoraggio è necessaria a garantire la continuità dell'attività agricola proposta, nello specifico:

D.2 Monitoraggio della continuità dell'attività agricola: l'andamento produttivo ed il mantenimento dell'attività agricola proposta verrà monitorata annualmente attraverso la redazione di una relazione tecnica asseverata da parte di un professionista abilitato.

10. Conclusioni

Il progetto agrivoltaico ivi proposto, si pone l'obiettivo di integrare armoniosamente il nuovo impianto fotovoltaico alla conduzione agricola esistente.

In termini di **piano agronomico** si è proceduto alla strutturazione di un piano finalizzato a:

- mantenere una continuità con l'attuale utilizzo colturale dei terreni per creare una reale sinergia tra il sistema agricolo e la produzione di energia, attraverso una gestione orientata e maggiormente efficace del ciclo "agro -energetico";
- sfruttare positivamente le conoscenze esistenti che testimoniano come la presenza della componente energetica comporti spesso miglioramenti per le colture sottostanti, in termini di riduzione della radiazione incidente, con conseguente riduzione dell'evapotraspirazione e quindi di risparmio in termini di necessità irrigua;
- attivazione di un'attività di stampo tipicamente agricolo come l'apicoltura, con i conseguenti vantaggi dal punto di vista ambientale, ecologico e socio-economici.
- migliorare l'attuale attività agricola, proponendo pratiche in linea con quanto finanziato nel PSR (agricoltura conservativa e lotta integrata) e attuando una **rotazione colturale** (avvicendamento graminacee e leguminose, con l'inserimento di colture da sovescio), che possa garantire un **miglior utilizzo del suolo e delle risorse**.
- gestione conservativa del suolo, applicazione dei principi dell'agricoltura di precisione per garantire utilizzo razionale delle risorse

La **componente fotovoltaica** è stata progettata, considerando le Best Available Technologies (BAT) in campo agrivoltaico, al fine di garantire:

- un'altezza sull'asse di rotazione dei tracker di almeno 2,20 m (nel progetto proposto sono 2,54 m) tale da consentire la coltivazione sotto pannello;
- la possibilità di controllare in maniera indipendente le file dei pannelli (per massimizzare lo spazio di lavorazione necessario ai macchinari agricoli e in funzione delle esigenze della coltura e delle operazioni agricole necessarie);
- massimizzazione della superficie effettivamente coltivabile: sarà infatti possibile coltivare non solo nel gap, ma anche nella superficie sottesa ai pannelli;

Come argomentato nel Capitolo 9, **il progetto proposto soddisfa pienamente i requisiti minimi definiti dal MiTE nelle Linee Guida per poter definire un impianto "Agrivoltaico"**.

Si specifica inoltre che il progetto proposto è caratterizzato adempie **ulteriori parametri** degni di menzione, quali:

- l'utilizzo di moduli fotovoltaici ad alta efficienza;
- la configurazione spaziale studiata *ad hoc* per le specifiche esigenze colturali;
- l'impiego di sistemi ed approcci volti al miglioramento della biodiversità del sito oggetto di intervento, quali il ricorso alle tecniche dell'agricoltura conservativa ed alla lotta integrata, limitando il ricorso a prodotti chimici di sintesi;
- l'impiego di sistemi ed approcci volti al miglioramento della qualità dei suoli, come il ricorso alla tecnica della semina su sodo e massimizzando la copertura vegetale sul suolo durante il corso dell'anno;
- l'attenzione all'integrazione paesaggistica dell'impianto agrivoltaico, perseguito con le misure di mitigazione messe in atto meglio largamente argomentate nel SIA.

In fase di progettazione si è quindi lavorato sul **binomio agricoltura-energia**, al fine di applicare il c.d. *Sustainable Agriculture Concept*, volto a garantire che la componente fotovoltaica non sia in conflitto con le pratiche agricole in progetto, atte a contribuire non solo al mantenimento, ma anche al miglioramento della produzione agricola, attraverso principi dell'agricoltura conservativa, introduzione del sovescio e soluzioni tecnologiche di precision-farming.

A completamento di quanto descritto, vale la pena richiamare alcuni aspetti trattati nello SIA (al quale si rimanda per tutti gli approfondimenti) relativi alla componente suolo e risorse naturali che vanno ad integrare i benefici sopraesposti quali:

- le opere sono state concepite limitando al massimo l'uso di materiali cementizi e/o bituminosi che consentiranno a fine vita dell'impianto energetico di rimuovere i pali per semplice estrazione. Inoltre, le aree viabilistiche interne all'area di impianto saranno oggetto di scotico preventivo (con accantonamento del terreno vegetale) e gli inerti in ingresso saranno separati dal suolo attraverso un geo-tessuto (che ne semplifichi anche la rimozione a fine vita);
- l'impianto non sarà fonte di emissioni: né di tipo acustico/luminoso (fatta salva l'illuminazione automatica di emergenza), né di tipo climalterante, inquinante o polveroso;
- l'area di progetto sarà protetta dalle intrusioni involontarie attraverso una ordinaria recinzione perimetrale. Tale recinzione, tuttavia, sarà dotata di varchi per il passaggio della fauna di piccola e media taglia al fine di consentirne la libera circolazione;
- sempre in ottica di favorire la biodiversità, all'interno dell'area del campo, in alcune zone libere dello stesso, si procederà ad adibire piccole superfici a microhabitat speciali interessanti alcune nicchie specifiche;
- il progetto prevede la messa a dimora di fasce di mitigazione perimetrali di tipo arboreo/arbustivo, che contribuiranno all'inserimento armonico del progetto nel paesaggio in cui si inserisce.

Considerando quanto sopra esposto, il progetto proposto si basa sul **trinomio agricoltura-ambiente-energia**, poiché propone non solo un sistema di produzione agro-energetica sostenibile (i.e. "agrivoltaico") ma mira anche a un miglioramento delle componenti ambientali locali, prendendo in considerazione anche elementi quali biodiversità e re-innesco di cicli trofici.

Si può quindi concludere che la soluzione proposta prevede la creazione di un sistema integrato tra agricoltura e produzione di energia che, considerando le indicazioni attualmente esistenti può essere definito come un vero e proprio impianto *agrivoltaico* poiché gli interventi in progetto prevedono:

- l'installazione di un impianto FV progettato per consentire la coltivazione nell'area sottesa ai pannelli;
- il mantenimento dell'attività agricola sulle superfici interessate dall'intervento;
- l'introduzione di tecniche di gestione agronomica più sostenibili rispetto a quelle attualmente in atto, anche considerando la presenza e la salvaguardia delle api;
- la riduzione di input chimici (fertilizzanti);
- l'impiego di strumenti informativi (DSS) che consentiranno la registrazione e il monitoraggio delle produzioni ottenute;
- il monitoraggio delle condizioni meteorologiche che si integreranno con il previsto monitoraggio ambientale;
- esternalità positive in termini sociali, occupazionali e di filiera locale (coinvolgimento personale locale, mantenimento identità agricola, verosimile decrescita del valore dell'energia elettrica, ecc).

Bibliografia

- Agostini A., Colauzzi M., Amaducci S. (2021) Innovative agrivoltaic systems to produce sustainable energy: An economic and environmental assessment. *Applied Energy* 281: 116102.
- Amaducci S., Yin X., Colauzzi M. (2019) Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Applied Energy* 220: 545–56.
- Andrew A.C., Bionaz M., Smallman M.A., Hasan D., Graham M., Rosati A., Higgins C. and Ates A. (2022). Seasonal Herbage and Lamb Production from Grass, Herbal Ley and Legume Pastures Established Within Solar Arrays.
- Agriidea (2021) Colture di copertura- Sovesci adatti all'orticoltura a sud delle Alpi. https://www.agriidea.ch/fileadmin/AGRIDEA/Theme/Productions_vegetales/Grandes_cultures/campicoltura_ita/Allegato_2_Sovesci_adatti_all_orticoltura_a_sud_delle_Alpi_15.30.1.pdf.
- Aizen, M.A., Harder, L.D., 2009. The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. *Curr. Biol.* 19, 915–918.
- Armstrong A., Ostle N.J., Whitaker j. (2016). Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling. *Environ. Res. Lett.* 11 :074016.
- Armstrong A., Brown L., Davies G., Whyatt J. D., Potts S. G., 2021. Honeybee pollination benefits could inform solar park business cases, planning decisions and environmental sustainability targets. *Biological Conservation* 263 (2021) 109332, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109332>.
- Aroca-Delgado, R., Perez-Alonso, J., Jesus Callejon-Ferre, A. & Velazquez-Marti, B. (2018) Compatibility between crops and solar panels: an overview from shading systems. *Sustainability* 10, 743.
- Barbieri S., Bianco D. (2021) La Capacità d'uso dei suoli delle pianure e delle colline del Friuli Venezia Giulia. *Notiziario ERSA n.1/2021, 34-38* - http://www.ersa.fvg.it/export/sites/ersa/aziende/in-formazione/notiziario/allegati/2021/1/9_USO-DEI-SUOLI.pdf.
- Breeze, T.D., Bailey, A.P., Balcombe, K.G., Potts, S.G., 2011. Pollination services in the UK: how important are honeybees? *Agric. Ecosyst. Environ.* 142, 137–143.
- Cane, J.H., Tepedino, V.J., 2017. Gauging the effect of honey bee pollen collection on native bee communities. *Conserv. Lett.* 10, 205–210.
- DiSAFA (2019) Una panoramica di struttura, produzioni e commercio del miele. <https://www.collane.unito.it/oa/files/original/d377cc844e077c5bf524413a2f4d1c83.pdf>.
- Dupraz C., Marrou H., Talbot G., Dufour L., Nogier A., Ferard Y (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy* 36: 2725-2732.
- EEA, 2022. Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2020 and inventory report 2022. Submission to the UNFCCC Secretariat. <https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-1>.
- ERSA - Agenzia regionale per lo sviluppo rurale Servizio ricerca e sperimentazione - Ufficio del suolo.

FAO-UNEP-UNESCO (1980). Méthode provisoire pour l'évaluation de la dégradation des sols. M57. ISBN 92-5-200869-1 Roma, pp.88.

Fraunhofer ISE (2020) Agrivoltaics: opportunities for agriculture and the energy transition. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/APV-Guideline.pdf>.

Gebbers R. Adamchuk V.I. (2010). Precision Agriculture and Food Security. Science, 327, 5967: 828-831.

Gerland, P., Raftery A.E., Sevcikova, H., Li, N., Gu, D, Spoorenberg T, Alkema L, Fosdick BK, Chunn J., Lalic, N. and Bay, G. (2014). World population stabilization unlikely this century. Science, 346(6206),234-237.

Goetzberger and Zastrow (1982). On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation. Int J Solar Energy 1:55–69.

GSE (2022) - Rapporto Statistico 2020 - Energia da Fonti Rinnovabili in Italia https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/Rapporto%20Statistico%20GSE%20-%20FER%202020.pdf.

Hanley, N., Breeze, T.D., Ellis, C., Goulson, D., 2015. Measuring the economic value of pollination services: principles, evidence and knowledge gaps. Ecosyst. Serv. 14, 124–132.

Hassanpour Adeg E., Selker J.S., Higgins C.W. (2018). Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. PLoS ONE 13 (11): e0203256. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256>.

Herrick J.E., Abrahamse T.(2019?). Land Restoration for Achieving the Sustainable Development Goals; A think piece of the International Resource Panel; United Nations Environment Programme: Nairobi, Kenya.

IPBES (2016). The assessment report of the Intergovernmental SciencePolicy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, and H. T. Ngo (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 552 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3402856>.

Ismea (2019) Tendenze Miele 2020. <https://www.ismea.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/11269>.

Ispra (2009) Gli habitat in Carta della Natura, Schede descrittive degli habitat per la cartografia alla scala 1:50.000. ISPRA ed., Serie Manuali e Linee Guida n.49/2009, Roma”.

Ispra (2021) Gli apoidei e l'Apoidei e l'agricoltura Sostenibile. Quaderni Natura e Biodiversità 16/2021.

Klein, A.-M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Tscharntke, T., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proc. R. Soc. B Biol. Sci. 274, 303–313.

Kobayashi K., 2004. Factors affecting phytotoxic activity of allelochemicals in soil. Weed Biology and Management 4:1-7 pp.

Legambiente, 2020. Agrivoltaico: le sfide per un'Italia agricola e solare. <https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2020/11/agrivoltaico.pdf>.

- Cane, J.H., Tepedino, V.J., 2017. Gauging the effect of honey bee pollen collection on native bee communities. *Conserv. Lett.* 10, 205–210.
- Marrou H., Guillioni L., Dufour L., Dupraz C., Wery J. (2013) Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels?. *Agricultural and Forest Meteorology* 177: 117–132.
- Manuale di agricoltura. Ulrico Hoepli Editore spa, 1997. ISBN 978-88-203-2344-8.
- Michelutti, G., Barbieri, S., Bianco, D. (2008). *Carta dei suoli e dei Paesaggi dell’alta pianura udinese*.
- MITE (2022). *Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici* (18 giugno 2022) https://www.mite.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/PNRR/linee_guida_impianti_agrivoltaici.pdf.
- Pisante M. (2013). *Agricoltura sostenibile*. Edagricole, ISBN 978-88-506-5411-6.
- Pywell, R.F., Bullock, J.M., Hopkins, A., Walker, K.J., Sparks, T.H., Burke, M.J.W., Peel, S., 2002. Restoration of species-rich grassland on arable land: assessing the limiting processes using a multi-site experiment. *J. Appl. Ecol.* 39, 294–309.
- Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H.T., Aizen, M.A., Biesmeijer, J.C., Breeze, T.D., Dicks, L.V., Garibaldi, L.A., Hill, R., Settele, J., Vanbergen, A.J., 2016 a. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature* 540, 220.
- Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V.L., Ngo, H.T., Biesmeijer, J.C., Breeze, T.D., Dicks, L.V., Garibaldi, L.A., Hill, R., Settele, J., Vanbergen, A.J., 2016 b. In: IPBES (Ed.), *The Assessment Report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on Pollinators, Pollination and Food Production*. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany.
- Rasmont, P., Franzén, M., Lecocq, T., Harpke, A., Roberts, S., Biesmeijer, K., Castro, L., Björn, C., Dvořák, L., Fitzpatrick, Ú., Gonseth, Y., Haubruge, E., Mahe, G., Manino, A., Michez, D., Neumayer, J., Ødegaard, F., Paukkunen, J., Pawlikowski, T., Schweiger, O., 2015. Climatic risk and distribution atlas of European bumblebees. *BioRisk* 10, 1–246.
- Reasoner M., Ghosh A. (2022). Agrivoltaic Engineering and Layout Optimization Approaches in the Transition to Renewable Energy Technologies: A Review. *Challenges* 2022, 13, 43. <https://doi.org/10.3390/challe13020043>.
- Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Obergfell, T., Bopp, G., Reise, C., Braun, C., Weselek, A., Bauerle, Petra Högy, a., Goetzberger, A., Weber, E., (2020) Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications, *Applied Energy*, Volume 265, 114737.
- Toledo C., Scognamiglio A. (2021) Agrivoltaic Systems Design and Assessment: A Critical Review, and a Descriptive Model towards a Sustainable Landscape Vision (Three-Dimensional Agrivoltaic Patterns). *Sustainability* 13, 6871. <https://doi.org/10.3390/su13126871>.
- Unitus (2021) *Linee Guida per l’Applicazione dell’Agro-fotovoltaico in Italia*. ISBN 978-88-903361-4-0. <http://www.unitus.it/it/dipartimento/dafne>.

Valle, B., Simonneau, T., Sourd, F., Pechier, P., Hamard, P., Frisson, T. , Ryckewaert, M., Christophe, A., 2017. "Increasing the total productivity of a land by combining mobile photovoltaic panels and food crops," *Applied Energy*, Elsevier, vol. 206(C), pages 1495-1507.

Weselek, A., Ehmann, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Schindele, S., Högy B., (2019). Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 39, 35 <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3>.

Wojcik, V.A., Morandin, L.A., Davies Adams, L., Rourke, K.E., 2018. Floral resource competition between honey bees and wild bees: is there clear evidence and can we guide management and conservation? *Environ. Entomol.* 47, 822–833.

Wratten, S.D., Gillespie, M., Decourtye, A., Mader, E., Desneux, N., 2012. Pollinator habitat enhancement: benefits to other ecosystem services. *Agric. Ecosyst. Environ.* 159, 112–122.

Xue J. (2017) Photovoltaic agriculture – new opportunity for photovoltaic applications in China. *Renew Sustain Energy Rev* 73:1–9. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.098>.

Yang X., Cox-Foster D.L., 2005. Impact of an ectoparasite on the immunity and pathology of an invertebrate: evidence for host immunosuppression and viral amplification. *PNAS*, 102: 7470-7475.