



Regione Siciliana



Città Metropolitana di Palermo



Comune di Monreale



Comune di Piana degli Albanesi

Proponente

**FLYNIS PV 22 S.r.l.**

Via Statuto, 10 - 20121 Milano - Italy  
pec: flynispv22srl@legalmail.it

## Progetto Definitivo

Denominazione progetto:

### REALIZZAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"

Potenza nominale complessiva = 14476,8 kWp

Sito in:

**COMUNI DI MONREALE E PIANA DEGLI ALBANESI (PA)**

Titolo elaborato:

## Relazione agronomica



Elaborato n. **VIA10**

Scala -

Responsabile Coordinamento e revisione progetto : dott. for. Edoardo Pio Iurato

TIMBRE E FIRME:

Progettisti : dott. Agr. Eliana Santoro

Collaboratori : dott. Per. Agr. Leonardo Cuscito  
dott. Agr. Edoardo Bronzini  
dott.ssa Emanuela Gaia Forni



REV.:	REDAZIONE:	CONTROLLO:	APPROVAZIONE :	DATA:
00	dott. Agr. Eliana Santoro	dott. Agr. Eliana Santoro	dott. Agr. Eliana Santoro	16/09/2022
01				
02				

FIRMA/TIMBRO  
COMMITTENTE:



**FLYREN**  
THE CULTURE OF CLEAN ENERGY

*Audrea Pellegan*



**FLYREN**  
THE CULTURE OF CLEAN ENERGY

**Flyren Development S.r.l.**  
Lungo Po Antonelli, 21 - 10153 Torino (TO)  
tel: 011/ 8123575 - fax: 011/ 8127528  
email: info@flyren.eu  
web: www.flyren.eu  
C.F. / P. IVA n. 12062400010

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	

<b>PREAMBOLO</b> .....	<b>1</b>
<b>1. AGRIVOLTAICO</b> .....	<b>2</b>
<b>2. PRINCIPI DELLA SOLUZIONE AGRIVOLTAICA</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1. LA COLTIVAZIONE DI SPECIE ERBACEE E LEGUMINOSE FORAGGERE</b> .....	<b>9</b>
<b>3. QUADRO NORMATIVO DELL'AGRIVOLTAICO</b> .....	<b>12</b>
<b>4. AGRICOLTURA IN SICILIA</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1. SUPERFICI, COLTIVAZIONI ED ALTRE ATTIVITÀ AGRICOLE</b> .....	<b>19</b>
<b>4.2. PRODOTTI DI QUALITÀ</b> .....	<b>21</b>
<b>4.3. INCENTIVI E SOSTEGNO ALL'AGRICOLTURA REGIONALE</b> .....	<b>21</b>
<b>5. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO</b> .....	<b>22</b>
<b>5.1. INQUADRAMENTO CATASTALE</b> .....	<b>22</b>
<b>5.2. ASPETTI PEDOLOGICI E USO DEL SUOLO</b> .....	<b>23</b>
<b>5.3. INQUADRAMENTO CLIMATICO</b> .....	<b>27</b>
<b>5.4. MODALITÀ DI CONDUZIONE ED ATTIVITÀ AGRICOLA - STATO DI FATTO</b> .....	<b>33</b>
<b>6. PROGETTO AGRIVOLTAICO</b> .....	<b>34</b>
<b>6.1. COMPONENTE FOTOVOLTAICA</b> .....	<b>34</b>
<b>6.2. COMPONENTE AGRONOMICA</b> .....	<b>35</b>
6.2.1. PROPOSTA PROGETTUALE: AVVICENDAMENTO DI GRAMINACEE E LEGUMINOSE FORAGGERE .....	35
6.2.2. SCELTA DELLE SPECIE .....	35
6.2.3. OPERAZIONI COLTURALI .....	38
6.2.4. GESTIONE DELLE SUPERFICI .....	40
<b>7. MONITORAGGIO AGROMETEIO</b> .....	<b>42</b>
<b>8. ANALISI ECONOMICA</b> .....	<b>43</b>
<b>8.1. ANALISI ECONOMICA STATO DI FATTO</b> .....	<b>43</b>
<b>8.2. ANALISI ECONOMICA ROTAZIONE DI SPECIE DA GRANELLA E FORAGGERE</b> .....	<b>45</b>
<b>8.3. ANALISI ECONOMICA MONITORAGGIO AGROMETEOROLOGICO</b> .....	<b>47</b>
<b>9. CONFORMITÀ DEL PROGETTO ALLE LINEE GUIDA DEL MITE</b> .....	<b>48</b>
<b>10. CONCLUSIONI</b> .....	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>53</b>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 1 di 56

## Preambolo

La presente relazione viene redatta su incarico conferito dalla società FlyRen Development S.r.l. – in rappresentanza della società FLYNIS PV 22 Srl, al fine di valutare le potenzialità e gli aspetti agronomici di un progetto di produzione agro-energetica sostenibile (c.d. Agrivoltaico) con le seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale complessiva: 14.476,80 kWp
- Superficie catastale interessata: 29,21 ha
- Superficie di impianto recintata: 20,48 ha
- Superficie destinata all'attività agricola: 16,03 ha
- Classificazione architettonica: impianto a terra
- Ubicazione: Regione Sicilia | Comune di Monreale (PA)
- Particelle superficie catastale disponibile: Fg. n° 102 P.lle n° 218, 231, 282, 283, 361, 417, 419, 421, 429, 504 e 550
- Particelle superficie di impianto recintata: Fg. n° 102 P.lle n° 218, 231, 282, 283, 361, 417, 419, 429, 504 e 550
- Ditta committente: FLYNIS PV 22 Srl

L'elaborato è finalizzato a:

1. introdurre e illustrare il concetto di *agrivoltaico*;
2. descrivere l'area di intervento progettuale;
3. illustrare gli interventi di carattere agronomico previsti in ottica di utilizzo plurimo (agro-energetico) della risorsa suolo e gli accorgimenti gestionali da adottare.
4. Valutare la conformità del progetto rispetto alle "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici" pubblicate dal MiTE il 18 giugno 2022.

Tale documento costituisce parte integrante e sostanziale della documentazione presentata per l'istanza di VIA (D. Lgs. 152/2006).

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 2 di 56

## 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 da fonti rinnovabili ad una quota di almeno il 32%;
- 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 PNIEC<sup>1</sup>, elaborato a fine 2019. Il nuovo traguardo 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 (ulteriormente aumentato con il PTE<sup>2</sup>, il Piano per la transizione ecologica) di un installato totale di rinnovabili tra i 125 e i 130 GW. Queste cifre saranno raggiungibili 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 gli 0,73 GW/anno<sup>3</sup>.

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 costi<sup>4</sup>, 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.

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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.

<sup>3</sup> <https://www.itismagazine.it/news/26947/energie-rinnovabili-il-ritmo-della-crescita-e-ancora-lento/>

<sup>4</sup> La tecnologia fotovoltaica, è attualmente la FER più "economica" e alla latitudine Italiana anche quella con il maggior potenziale (Mancini *et al.*,2020).

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 3 di 56

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 report delle Nazioni Unite, 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 questa 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 definito 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.*"<sup>5</sup> 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. È importante sottolineare, pertanto, che non si tratta di una soluzione finalizzata al mero utilizzo di terreni agricoli per l'installazione d'impianti alimentati da energia rinnovabile, bensì una concreta possibilità capace di contribuire alla progressiva decarbonizzazione (quindi 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 CO<sub>2</sub> equivalente) ed è pertanto la terza fonte di emissioni di gas serra dopo il settore energetico e il settore dei processi industriali<sup>6</sup>.

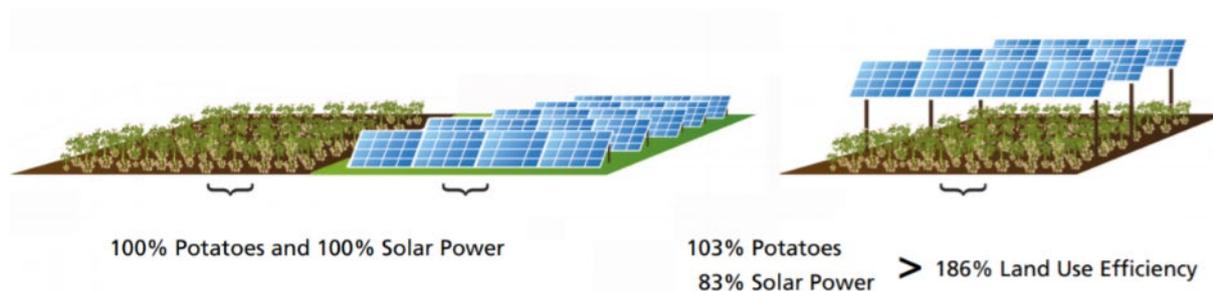
Esistono svariati sistemi che consentono di combinare la produzione agricola con altri sistemi produttivi, vedasi, per esempio, i sistemi *agroforestali* che prevedono la coltivazione di colture arboree ed erbacee sulla stessa superficie. È ampiamente provato come l'utilizzo simultaneo di una stessa superficie, per fini diversi, consenta di aumentare il Rapporto di Suolo Equivalente (Land Equivalent Ratio, LER<sup>7</sup>, **Figura 1**) rispetto all'impiego della stessa superficie per un'unica produzione (Fraunhofer, 2020; Valle *et al.*, 2017).

<sup>5</sup> Demofonti- 4 Agosto2021- Gdl Agro-fotovoltaico. <https://www.italiasolare.eu/eventi/>

<sup>6</sup> <https://www.controlsecurityambiente.com/inquinamento-causato-dalle-coltivazioni-agricole-intensive/>

<sup>7</sup> 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>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 4 di 56



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

Dupraz (2011) ha dimostrato come 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 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.<sup>8</sup>

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

<sup>8</sup> <https://www.futuraenergie.it/2021/03/08/agrovoltico-i-vantaggi-del-fotovoltaico-in-agricoltura/>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 5 di 56

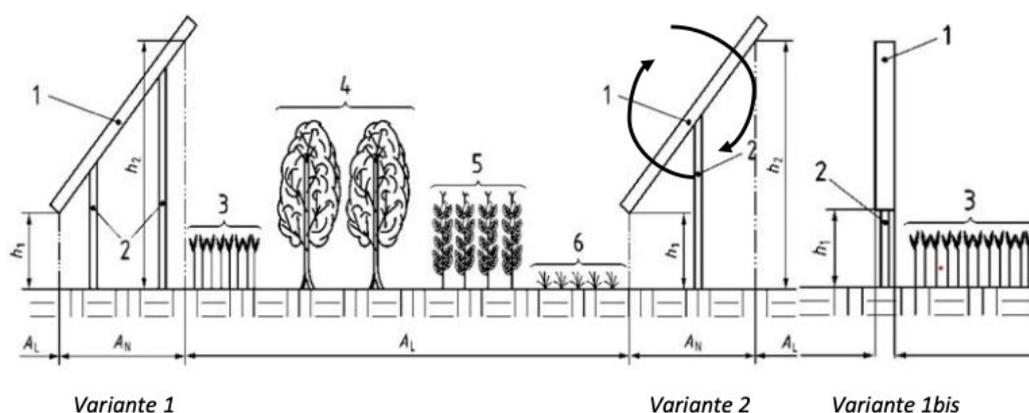
capace di connettersi a quella territoriale mediante la realizzazione di fasce tampone, margini inerbiti, siepi arboreo-arbustive ed altre infrastrutture ecologiche;

- **coerenza con gli orientamenti normativi nazionali e comunitari:** leggi n.34,51 e 91 del 2022, L. 108 del 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

La contestuale sinergia tra l'installazione di pannelli fotovoltaici e la coltivazione e/o pascolamento-allevamento 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.

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

Le soluzioni finora adottate per questo tipo di impianti (Figura 3), hanno visto l'adozione di tecnologie diversificate tra le quali si citano, per esempio: **i)** impianti fissi, previo innalzamento della componente fotovoltaica, in modo da consentire il passaggio dei macchinari agricoli; **ii)** installazione di moduli verticali per il privilegio di produzioni energetiche in fasce orarie differenti; **iii)** sistemi ad inseguimento su singolo o doppio asse. Esistono, inoltre, esempi di tecnologie brevettate specificatamente per l'ambito agrivoltaico (e.g. tensostrutture sulle quali alloggiare inseguitori solari).



**Figura 3.** Esempi di differenti soluzioni agrivoltaiche: impianti fissi (Legambiente, 2020); moduli verticali; sistemi di inseguimento (Toledo e Scognamiglio, 2021); Sistema Agrovoltaico® (<https://remtec.energy/agrovoltaico>).

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 7 di 56

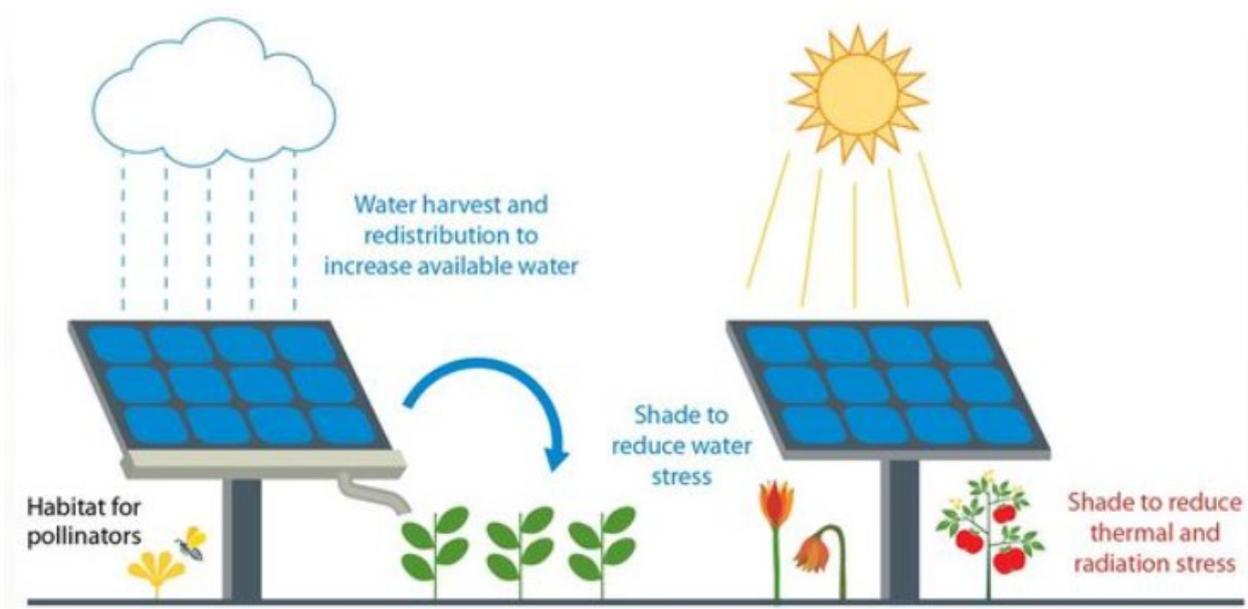
Diversi studi (Weselek *et al.*, 2019; Hassampour Adeh. *et al.*, 2018; Fraunhofer, 2020; Toledo e Scognamiglio, 2021; Andrew *et al.*, 2022) ne mettono in luce i molteplici vantaggi, quali a titolo di esempio:

- incremento della produttività del suolo;
- miglioramento della produzione vegetale;
- 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;
- creazione di un rifugio per il bestiame che pascola tra i pannelli;
- riduzione dei costi nella gestione del pascolo;
- minore stress termico causato al bestiame;
- generazione di fonte di reddito aggiuntiva per gli agricoltori.

Per quanto concerne elementi quali irraggiamento, temperatura dell'aria e umidità del suolo (**Figura 4**), alcuni studi condotti hanno rilevato come la presenza di pannelli fotovoltaici possa arrivare a creare alcune variazioni microclimatiche utili a fini agro-produttivi (Armstrong *et.al* 2016), tra cui:

- **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 (specialmente per le piante sciafile o brevi-diurne) 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, mitigando le temperature estreme 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 condizionare l'accrescimento delle piante.
- **Umidità del suolo:** il parziale ombreggiamento che viene a verificarsi può determinare una diminuzione della evapotraspirazione e della carenza idrica estive (specie in ottica futura, nell'ipotesi di aggravio di tale aspetto in relazione ai dinamismi causati dai cambiamenti climatici).
  - ➔ La riduzione dell'evaporazione di acqua dal terreno, in particolare, consente un più efficace utilizzo della risorsa idrica del suolo.

Per quanto riguarda l'effetto di tali variazioni sulle coltivazioni, esso cambia in funzione delle specie coltivate e della relativa sensibilità all'ombreggiamento (Marrou, 2013; Agostini *et al.*, 2021). I risultati ottenuti, inoltre, variano anche in funzione del luogo in cui la sperimentazione è stata condotta.



**Figura 4.** Alcuni benefici per le colture in un sistema agrivoltaico ([InSPIRE/Project | Open Energy Information \(openei.org\)](https://inspire.ec.europa.eu/projects/open-energy-information)).

Non esiste quindi uno standard progettuale “assoluto” poiché ci sono diverse variabili che vanno analizzate in base alla localizzazione dell’impianto quali:

- l’ubicazione geografica;
- la conformazione del territorio;
- il clima;
- le colture coltivate tradizionalmente in loco;
- il tipo di coltura;
- il tipo di suolo.

“[...] 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 Sostenibile).

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 9 di 56

## 2.1. La coltivazione di specie erbacee e leguminose foraggere

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

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) sul grano duro ha evidenziato che, installando i moduli con una densità minore rispetto al fotovoltaico per consentire la coltivazione della superficie, non si riscontrano perdite significative nella produzione (-13 % in sostanza secca e -8% in raccolto). 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, invece, la produzione è risultata leggermente inferiore nei sistemi agrivoltaici in condizioni di risorsa idrica non limitante e, addirittura, superiore in condizioni di stress idrico (Amaducci *et.al*, 2018).

Schindele *et al.* (2021) riportano esempi di coltivazione in Germania di patate, frumento, orzo primaverile, barbabietola, porri, sedano, trifoglio e leguminose, come specie utilizzabili per la coltivazione in sistema agro-fotovoltaico.

Enel<sup>9</sup> ha attualmente in corso diversi progetti in Grecia, Spagna e Italia in cui si stanno sperimentando gli utilizzi di erbe aromatiche, fiori, prati polifiti e varie colture ortive, tra cui anche leguminose.



**Figura 5.** Erbaio coltivato al di sotto dei pannelli fotovoltaici

[https://hypergeometric.files.wordpress.com/2020/10/trackers\\_bee-the-change\\_mike\\_kiernan\\_hero.jpg?w=1024](https://hypergeometric.files.wordpress.com/2020/10/trackers_bee-the-change_mike_kiernan_hero.jpg?w=1024)

<sup>9</sup> <https://www.enelgreenpower.com/it/media/news/2021/02/agri-fotovoltaico-nuove-soluzioni>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 10 di 56

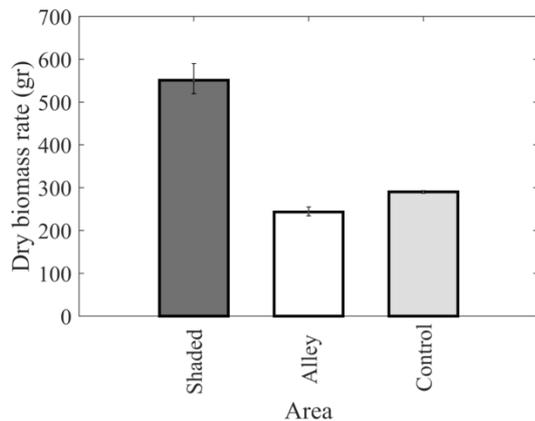
Allargando il contesto oltreoceano, le installazioni agrivoltaiche si stanno moltiplicando. Esempi interessanti sono la Cina (Xue, 2017) che tra il 2015 e il 2017 ha installato 4,0 GWp di sistemi agrivoltaici, ma anche la Corea del Sud, che nel 2016 ha installato 100 kWp con coltivazione di riso, soia, e altre colture erbacee. Sempre in Cina, nella 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 6.** Frumento coltivato al di sotto dei pannelli fotovoltaici nelle campagne di Baoji (Cina, 2021)

<https://www.longi.com/us/news/6716/>

Hassanpour Adeh. *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 7.** Confronto della biomassa secca nei tre luoghi di campionamento dello studio di Hassanpour Adeh. *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*).

Fonte : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256.g006>

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 in climi semi-aridi con inverni umidi risultano essere ottimi candidati per sistemi agrivoltaici, supportati anche dai notevoli guadagni in termini di produttività.

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.

### 3. Quadro normativo dell'agrivoltaico

Come meglio illustrato nello SIA sviluppato per la presente istanza, le Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) e, tra queste, in particolare, il fotovoltaico, rivestono ormai un ruolo chiave nella "transizione energetica" (Figura 8) volta al contenimento del c.d. *Global Warming* e della necessaria progressiva decarbonizzazione del processo di produzione di energia.

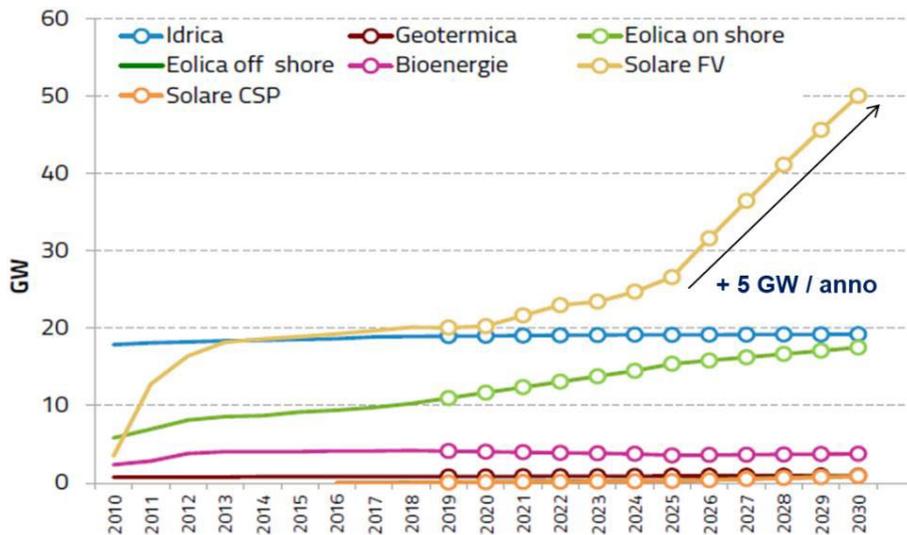


Figura 8. Stima prospettica dell'incremento atteso di installazione di impianti di produzione energetica da FER. Fonte: PNIEC.

A livello internazionale lo sviluppo di impianti agrivoltaici viene presentato per la prima volta tra le linee di azione di Agenda 2030, adottata dall'ONU nel 2015 e recepita immediatamente dall'Unione Europea. L'UE ha finora incentivato notevolmente l'utilizzo dei pannelli fotovoltaici per produrre energia "pulita", ma solo recentemente si sta lavorando su 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 risultano varie proposte per l'inserimento del connubio agro-energetico nelle Agende europee in materia di transazione energetica (Unitus, 2021).

Per quanto riguarda l'Italia, come sintetizzato dal Report di Elettricità Futura e Confagricoltura (2021)<sup>10</sup>, "[...] 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

<sup>10</sup> Elettricità Futura e Confagricoltura, 2021. Impianti FV in aree rurali: sinergie tra produzione agricola ed energetica.

*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 ricorrano le condizioni, a rilanciarne l'attività nei terreni abbandonati non utilizzabili o non utilizzati in ambito rurale".*

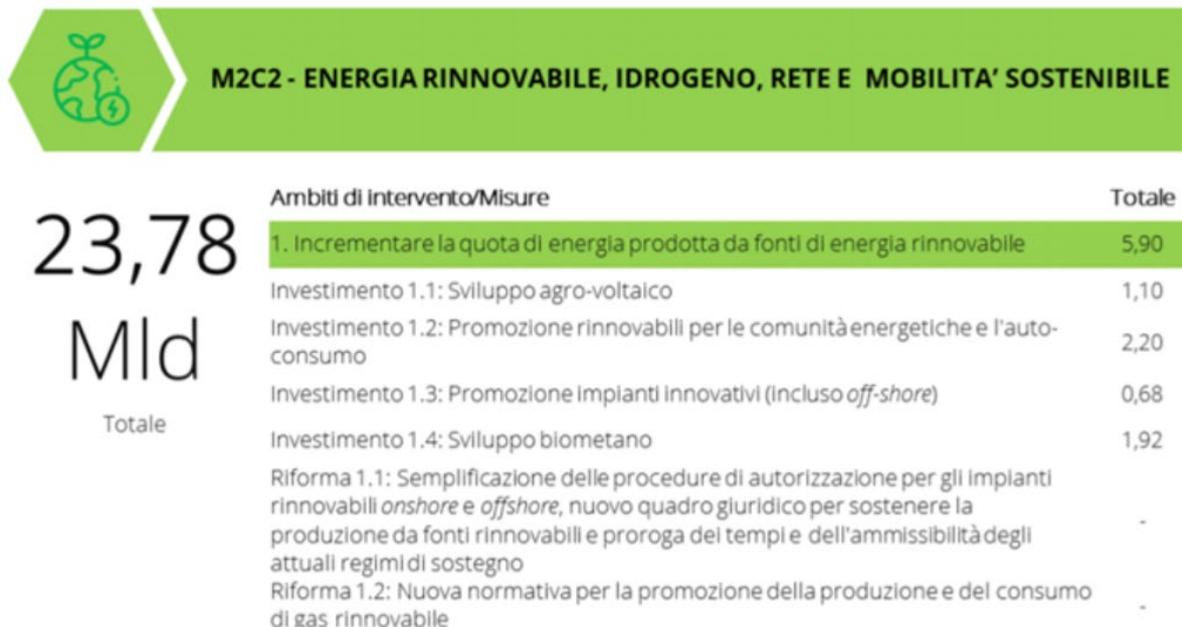
Queste asserzioni permettono di chiarire **due elementi essenziali**, finora spesso ritenuti controversi:

- gli impianti fotovoltaici utility-scale non comportano forme di "consumo" del suolo: il suolo è infatti, in grado di mantenere e addirittura migliorare la propria fertilità intesa come funzione di abitabilità e nutrizione;
- 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'agrovoltaico viene dedicato il primo punto della missione Energia Rinnovabile, Idrogeno, Rete e Mobilità Sostenibile (M2C2) (**Figura 9**).



**Figura 9.** Componente M2C2 "Energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile"

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 14 di 56

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. 28/2011<sup>11</sup>, 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) amplia 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. 28<sup>12</sup> 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"*;

e finalmente nel 2021 con l'**art. 31, comma 5, legge n. 108 del 2021** (conversione del D.L. 77/2021) vengono ufficialmente inseriti gli impianti agrivoltaici:

- comma 1-quater ***"Il comma 1 non si applica agli impianti agrovoltaici 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*

<sup>11</sup> 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"*.

<sup>12</sup> Il comma 2 art. 4 si riferisce alle all'Autorizzazione Unica (D.Lgs. 387/2003), alla Procedura Abilitativa Semplificata (D.Lgs. 28/2011)

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 15 di 56

*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**".*

La nuova formulazione dell'**art. 11 della Legge n. 34 del 2022** sopprime inoltre definitivamente il vincolo del 10 % di copertura della superficie agricola totale ai fini dell'accesso agli incentivi statali per gli impianti agrovoltaici 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 agrovoltaici 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 "agrovoltaico", il *"Position Paper - Sistemi AGRO-FOTOVOLTAICI"*<sup>13</sup>, sottoscritto da ANIE Rinnovabili, Elettricità Futura e Italia Solare (ANIE,2022), definisce gli indicatori minimi per qualificare ed etichettare come tale un sistema agrovoltaico, 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.

<sup>13</sup> <https://www.italiasolare.eu/wp-content/uploads/2022/03/AR-EF-IS-Position-Paper-Agrovoltaico.pdf>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 16 di 56

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;*
- *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

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 17 di 56

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"**.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 18 di 56

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".

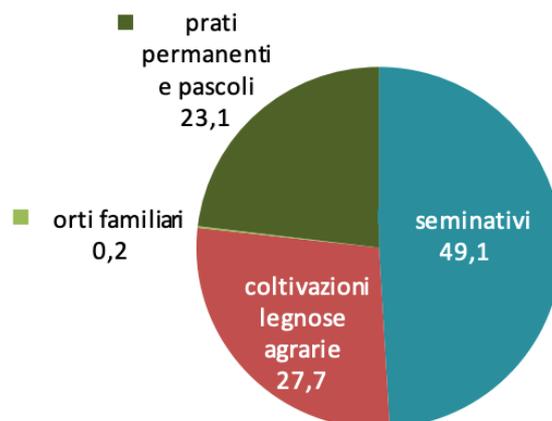
## 4. Agricoltura in Sicilia

### 4.1. Superfici, coltivazioni ed altre attività agricole

La Regione Sicilia ha un'estensione totale di ha 2.583.255, di cui poco meno del 60% (ha 1.549.417) destinata all'attività agricola (SAT, superficie agricola totale); la SAU (superficie agricola utile) invece, costituisce il 53% del totale (ha 1.387.521), contro il 42% della media italiana. Tali superfici rappresentano rispettivamente il 9,1% ed il 10,8% del totale nazionale.

In Sicilia inoltre sono presenti il 13,6% delle Aziende Agricole e Zootecniche dell'intera Nazione (Regione seconda solo alla Puglia), le quali hanno un'estensione media di ha 6,3 (espressa come Superficie Agricola Utile SAU).<sup>14</sup>

In termini percentuali (**Figura 10**), il 49,1% della SAU risulta destinato a colture seminative (tra le più rappresentative: frumento duro, circa ha 264.000 - avena, circa ha 7.600 - orzo, circa ha 4.800)<sup>15</sup>; poco meno del 30% è rappresentato da specie legnose agrarie perenni (olivicoltura, circa ha 140.000 - viticoltura circa ha 122.000 - agrumicoltura, circa ha 129.000 - frutta secca a guscio, circa ha 50.000 - alberi da frutto, circa ha 20.000 (Badami *et al.*, 2017); la restante parte è destinata ai prati permanenti e ai pascoli, che contribuiscono a soddisfare il fabbisogno alimentare del comparto zootecnico regionale.

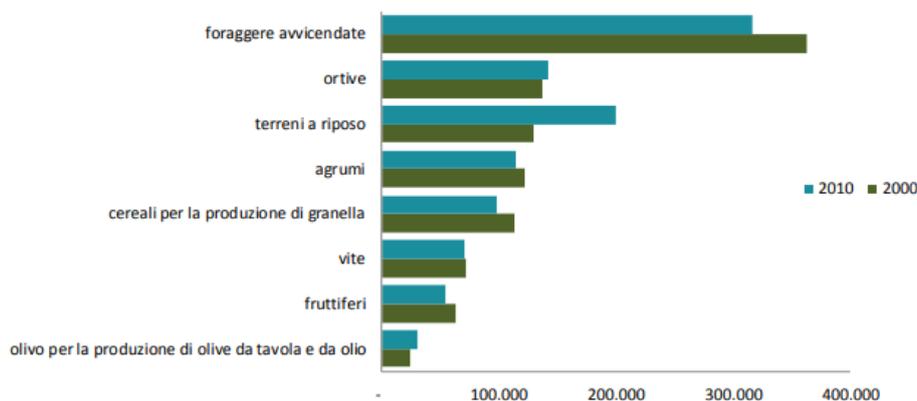


**Figura 10.** Ripartizione (%) delle coltivazioni nel suolo agricolo siciliano. Fonte : ISTAT, 2017

Analizzando i valori assoluti della SAU per tipo di coltivazione (**Figura 11**) dell'ultimo censimento, emerge come le colture ortive siano in espansione rispetto al 2000. La Sicilia occupa infatti un posto di rilievo per questo comparto in Italia, soprattutto per quanto riguarda i volumi di produzione. (Badami *et al.*, 2017).

<sup>14</sup> [https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0\\_censimento\\_agricoltura\\_in\\_Sicilia\\_Risultati\\_definitivi.pdf](https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0_censimento_agricoltura_in_Sicilia_Risultati_definitivi.pdf)

<sup>15</sup> <http://dati.istat.it/> (dati 2021)



**Figura 11.** SAU per tipo di coltivazione. Sicilia, Anni 2000 e 2010, valori assoluti. Fonte:

[https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0\\_censimento\\_agricoltura\\_in\\_Sicilia\\_Risultati\\_definitivi.pdf](https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0_censimento_agricoltura_in_Sicilia_Risultati_definitivi.pdf)

Le coltivazioni maggiormente rappresentative dell'orticoltura siciliana sono: il pomodoro, il peperone, la melanzana, la zucchina, il carciofo e la patata, sia in termini di superfici investite che di produzione. Tra le altre specie coltivate sul territorio regionale, quelle principalmente prodotte in pieno campo sono: fava fresca, fagiolo e fagiolino, pisello, aglio e scalogno, carota, cipolla, cavoli (tra cui cavolo cappuccio e cavolo verza), cavolfiore e cavolo broccolo, finocchio, indivia, lattuga, radicchio o cicoria, spinacio, cetriolo da mensa, cocomero, fragola, melone e pomodoro da industria (Badami *et al.*, 2017).

Per quanto riguarda le principali coltivazioni legnose agrarie sul territorio siciliano al primo posto come numero di aziende e superficie si trova l'olivo (circa 140.000 aziende), seguito dalla vite con circa 40.000 aziende e dagli agrumi (fonte ISTAT, 6° censimento agricoltura). I fruttiferi, principalmente costituiti da frutto a guscio come mandorlo e nocciolo seguiti da frutta fresca ricoprono circa 54.300 ha con circa 36.000 aziende.

Per quanto concerne l'attività zootecnica, il comparto regionale mostra un'ampia varietà nella consistenza del bestiame, sia in termini di numerosità sia di specie animali. Infatti, si contano circa 375.000 capi tra bovini e bufalini, 765.000 ovicaprini e circa 46.000 capi per le specie suine.<sup>16</sup>

Secondo le rilevazioni del Sistema d'informazione Nazionale sull'Agricoltura Biologica (SINAB), la Sicilia detiene il primato nazionale nell'ambito della conduzione in regime biologico: è infatti la prima Regione italiana per SAU vocata a questa tipologia di agricoltura (ha 385.356 totali), oltre che per dimensione media aziendale e per incremento del numero degli operatori impiegati (10.596 in totale<sup>17</sup>). Inoltre, in ambito europeo, detiene il primato per superficie di vigneti condotti in tale regime.

<sup>16</sup> <http://dati.istat.it/> (dati al 1° dicembre 2021)

<sup>17</sup> SINAB 2020 – BIO in cifre - Dati Nazionali sul biologico anni 2018 e 2019 Fonte: <https://www.sinab.it/sites/default/files/share/BIO%20IN%20CIFRE%202020.pdf>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 21 di 56



**Figura 12.** Distribuzione regionale delle superfici condotte in biologico in Italia. Fonte : <https://www.sinab.it/sites/default/files/share/BIO%20IN%20CIFRE%202020.pdf>

## 4.2. Prodotti di qualità

La Regione vanta inoltre dati significativi in valore relativi al comparto delle produzioni agro-alimentari certificate DOP e IGP: l'isola infatti conta ben 36 prodotti a marchio comunitario<sup>18</sup>. Tra i più rinomati ricordiamo per il comparto dell'agrumicoltura l'arancia rossa di Sicilia (IGP) e quella di Ribera (DOP) ed i limoni (IGP di Siracusa e dell'Etna; per il comparto formaggi si menziona il Pecorino Siciliano (DOP), la Provola dei Nebrodi (DOP) ed il Ragusano (DOP); per il comparto delle produzioni orto-frutticole spicca il pistacchio Verde di Bronte (DOP) ed il pomodoro di Pachino (IGP).

## 4.3. Incentivi e sostegno all'agricoltura regionale

L'agricoltura regionale, ancora spiccatamente convenzionale – con l'eccezione del dato relativo alla conduzione in biologico, è sostenuta da un articolato e ben strutturato sistema di finanziamenti e agevolazioni, ovvero il già citato **Programma di Sviluppo Rurale (PSR) per la Regione Sicilia 2014-2022**.

Nello specifico, a sostegno della conduzione dell'attività agricola condotta in regime biologico (**Misura 11**), l'**operazione 11.1.1 "Pagamenti per la conversione all'agricoltura biologica"** e l'**operazione 11.1.2 "Pagamenti per il mantenimento dell'agricoltura biologica"**, supportano gli agricoltori affinché comincino e continuino ad adottare tale metodo per produrre alimenti con sostanze e processi naturali (escludendo il ricorso a prodotti chimici di sintesi). L'adozione di tale regime si traduce nella possibilità di condurre l'attività primaria con un impatto ambientale limitato, sfruttando le risorse naturali in modo responsabile e generando benefici a tutte la biosfera (aria, suolo e acque) ed alle componenti flora e fauna, oltre che alla salute ed al benessere dell'uomo.

<sup>18</sup> Elenco dei Prodotti DOP, IGP e STG (aggiornato ad aprile 2022) Fonte: <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/2090>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 22 di 56

## 5. Inquadramento dell'area di intervento

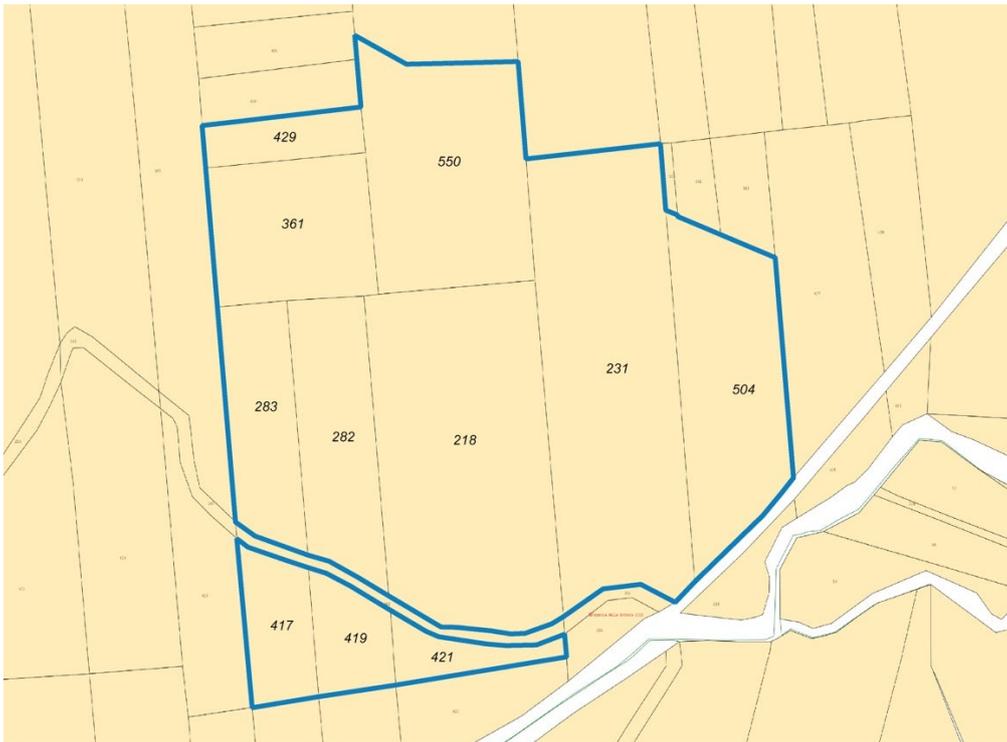
### 5.1. Inquadramento catastale

I fondi rustici interessati dall'intervento - riferibile all'area di impianto - si articolano sui corpi fondiari le cui particelle catastali sono riportate nella in **Tabella 1**.

**Tabella 1.** Particellare dell'area oggetto di intervento in affitto alla Ditta individuale "Matranga Giuseppina".

COMUNE	FOGLIO N°	PARTICELLA N°	SUPERFICIE CATASTALE ha
Monreale (PA)	102	218	6,37
Monreale (PA)	102	231	6,15
Monreale (PA)	102	282	2,29
Monreale (PA)	102	283	1,74
Monreale (PA)	102	361	2,4
Monreale (PA)	102	417	1,12
Monreale (PA)	102	419	0,83
Monreale (PA)	102	421	0,61
Monreale (PA)	102	429	0,8
Monreale (PA)	102	504	3,35
Monreale (PA)	102	550	3,54
<b>TOTALE</b>			<b>29,71</b>

Si riporta di seguito (**Figura 13**) uno stralcio dell'inquadramento catastale, riferibile all'area di impianto del progetto agrivoltaico.



**Figura 13.** Inquadramento catastale dell'area oggetto di intervento

## 5.2. Aspetti pedologici e uso del suolo

La pedogenesi siciliana è profondamente influenzata dalle differenti formazioni litologiche da cui i suoli si sono evoluti, ma anche dalle condizioni climatiche tipicamente mediterranee e dall'azione dell'uomo, che da millenni ha sottoposto i suoli dell'isola ad una intensa attività agricola, alterandone nel corso del tempo le caratteristiche naturali. Il quadro pedologico dell'isola risulta pertanto essere costituito da una grande varietà di suoli che spazia da tipi pedologici meno evoluti a quelli più evoluti.

I suoli della regione sono stati analizzati e mappati nella "*Carta dei suoli della Sicilia 1:250.000*" (Fierotti *et al.*, 1988) (**Figura 14**) la quale suddivide il territorio regionale in 33 associazioni di suoli, e per ciascuna di esse fornisce un'indicazione sulle tipologie di suolo presenti al loro interno, secondo i principali sistemi di classificazione: i) CPCS (Francia) modificata; ii) Soil Taxonomy (USDA) e iii) World Reference Base (FAO).



17

Suoli alluvionali

22

Suoli bruni, suoli bruni vertici, vertisuoli

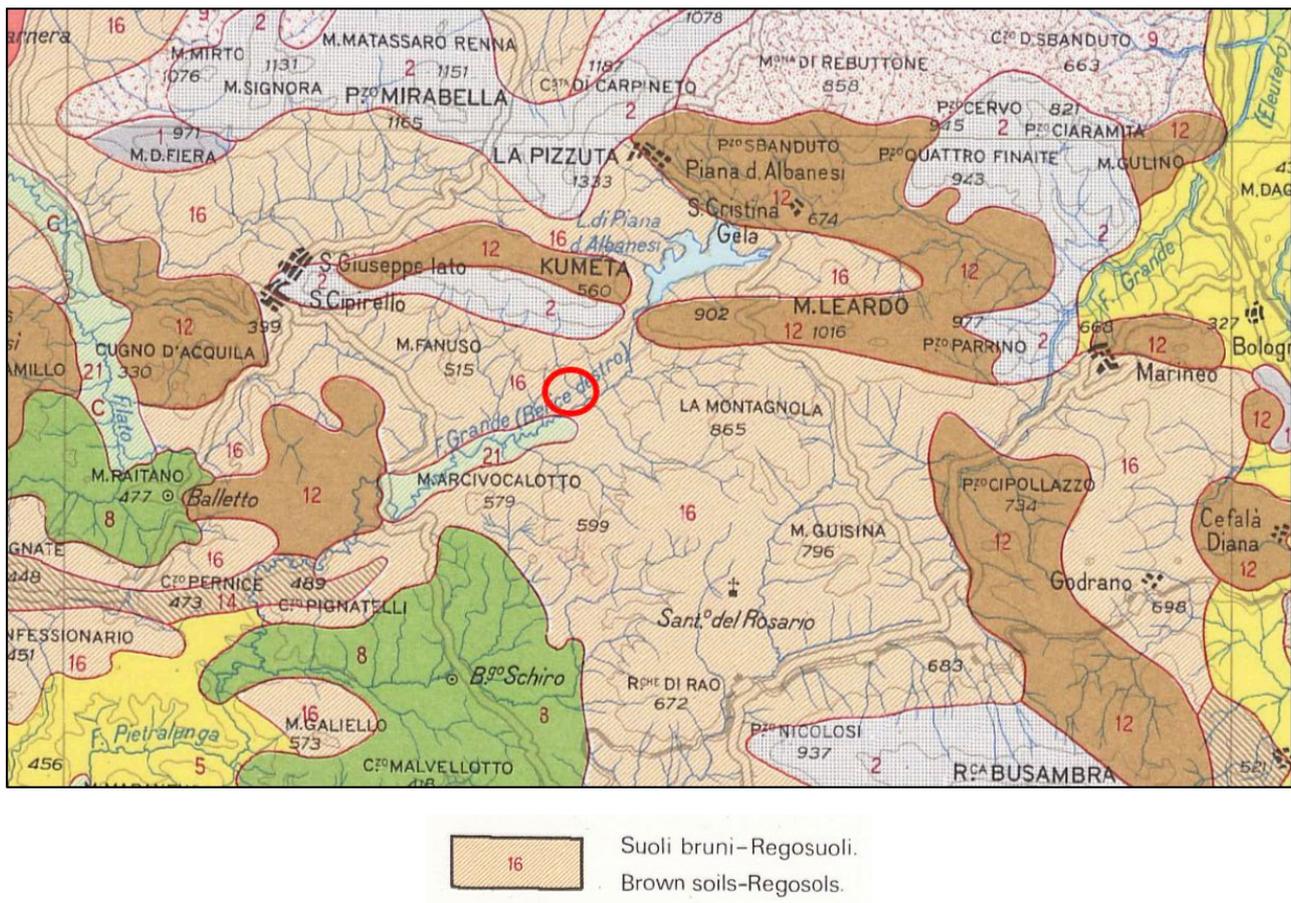
Figura 14. Estratto della "Carta dei Suoli della Sicilia 1:250.000" (Fierotti et al., 1988). Evidenziata nel cerchio in rosso l'area oggetto di intervento.

L'area di studio ricade nelle associazioni di suolo 17 e 22, all'interno delle quali tipicamente si trovano: i suoli alluvionali, i suoli bruni, i suoli bruni vertici, e/o i vertisuoli.

- **I suoli alluvionali (associazione n.17)** formano le principali pianure dell'isola (i.e. Catania, Milazzo, Gela e Licata), e sono anche presenti, in misura minore, lungo le fasce e nei fondivalle alluvionali delle valli di maggiori dimensioni. Questa associazione, occupa complessivamente circa 173.450 ha (pari al 6,74% del territorio regionale) e si trova a quote che vanno dal livello del mare ai 650 m s.l.m., anche se è maggiormente diffusa tra i 50 e 300 m s.l.m. La potenzialità produttiva dei suoli di questa associazione, a seconda dei casi, può essere giudicata da buona a ottima, rendendoli adatti ad essere utilizzati per agrumeti, arboreti, vigneti o seminativi. Secondo la *Soil Taxonomy* (USDA), i suoli riconducibili a questa associazione appartengono ai: *Typic e/o Vertic Xerofluvents*, *Typic e/o Vertic Xerochrepts*.
- **I suoli bruni, suoli bruni vertici e i vertisuoli (associazione n. 22)** occupano circa 133.350 ha (pari al 5,20% del territorio regionale), e sono tipicamente riscontrabili in contesti geomorfologici da sub-pianeggianti a poco inclinati: la presente associazione esclude i regosuoli e pertanto sono presenti solo i suoli bruni vertici e i vertisuoli a quote prevalentemente comprese tra i 300 e i 600 m.s.m. I suoli di questa associazione, nel complesso, mostrano una buona potenzialità produttiva, e sono

frequentemente destinati a colture arboree, vigneti e seminativi. Secondo la *Soil Taxonomy* (USDA), i suoli riconducibili a questa associazione appartengono ai: *Typic Xerochrepts*, *Vertic Xerochrepts*, *Typic Chromoxererts* e/o *Typic Pelloxererts*.

Un altro riscontro sulle caratteristiche dei suoli è contenuto nella "*Carta dei suoli della Sicilia 1:250.000*" (Ballatore G.P, Fierotti G., 1967)<sup>19</sup> (**Figura 15**) secondo la quale, nell'area di progetto si riscontrano dei "**Suoli bruni – Regosuoli**" (**Associazione n. 16**).



**Figura 15.** Estratto della "*Carta dei Suoli della Sicilia 1:250.000*" (Ballatore G.P, Fierotti G., 1967). Evidenziata nel cerchio in rosso l'area oggetto di intervento.

I suoli di questa associazione (Typic e/o Lithic Xerochrepts, Eutric Cambisols) sono caratterizzati dall'abbondanza relativa di ossidi di ferro che gli fanno assumere un colore marrone. Essi sono ampiamente diffusi in Sicilia, si rinvencono su substrati vari (calcari e calcari dolomitici; sequenze fliscioidi; serie gessosa-solfifera; argille; calcareniti; marne calcaree; etc.). Si tratta di suoli abbastanza profondi che possono anche raggiungere e superare i 100 cm. Le loro caratteristiche generali sono date da un profilo di tipo A-B-C, con l'orizzonte A di colore bruno scuro, relativamente spesso, che passa in un modo molto graduale ad un orizzonte B di alterazione. La prima parte del suolo è normalmente priva di carbonati e il pH è tendenzialmente neutro o sub-alcino a seconda della roccia madre. La sostanza organica, discretamente

<sup>19</sup> <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/carta-dei-suoli-della-sicilia>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 26 di 56

presente, conferisce al suolo una buona struttura, generalmente poliedrica sub-angolare. Variabili tra valori medio-scarsi la dotazione in elementi della fertilità. Sono dotati di media potenzialità agronomica.

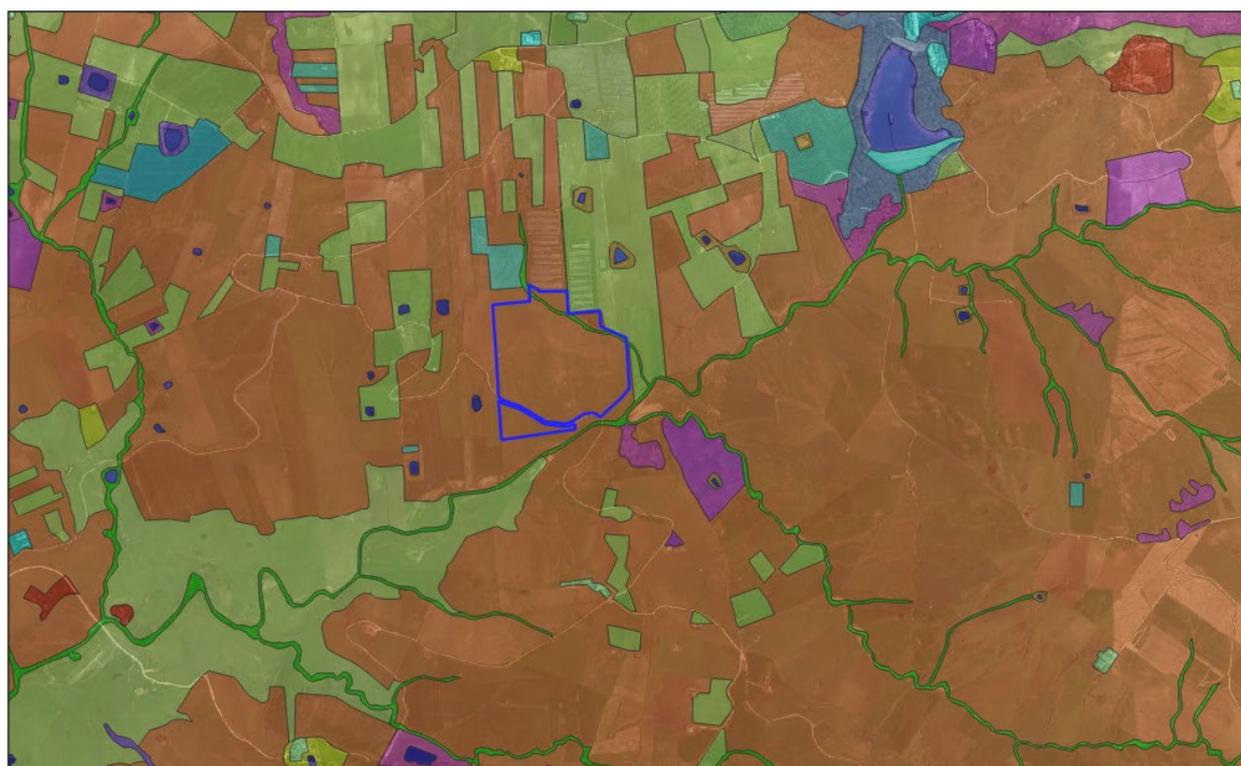
Nello specifico, all'interno dell'area di studio, sulla base delle informazioni presenti in letteratura, e dalle osservazioni in situ, **il suolo è verosimilmente classificabile come "Typic Xerochrepts"**. Il profilo è di tipo A-Bw-C, mediamente profondo, e con una buona capacità di drenaggio. L'orizzonte superficiale del suolo caratterizzato da scarsa pietrosità. La tessitura superficiale è argillosa-limoso, con un pH tendenzialmente neutro (7) che varia da sub-acido a sub-alcalino e con presenza di calcare.

Le limitazioni d'uso principali di questo tipo di suoli sono legate alla morfologia e a volte all'elevato pericolo di erosione superficiale. Per quanto riguarda la morfologia, l'area di progetto si inserisce in uno scenario sub-montano (tra 390 e 900 m s.l.m.), ai piedi del monte Kumeta, in una compagine territoriale caratterizzata da appezzamenti agricoli estesi nelle zone ad andamento collinare intervallate da aree a prato, nelle zone con acclività più accentuate, e fasce vegetate ripariali situate in corrispondenza degli impluvi di torrenti e corsi d'acqua.

Per quanto concerne l'uso del suolo, l'assetto morfologico della macroarea si presenta sub-collinare, ed è prevalentemente destinato alle attività agricole, ovvero alla coltivazione di specie erbacee annuali, nello specifico alla coltivazione di "trifoglio" e di "frumento duro". Le colture risultano non irrigue (non si ravvisa la presenza di tubazioni, condotte, episodi di allagamento, frane, fenomeni di erosione ed altro sui fondi rustici oggetto di indagine), con la presenza diffusa di piccoli invasi e vecchi pozzi in disuso lungo l'impluvio situato a Nord-Est dell'area.

Secondo la classificazione dell'uso del suolo di **Corine**<sup>20</sup> del 2018 (**Figura 16**), le aree sono collocate prevalentemente in "*seminativi non irrigui*" individuati col codice **21121** (Seminativi semplici e colture erbacee estensive) e, in piccola parte "*boschi e boschaglie ripariali*" con il codice **3116**. Per quanto riguarda la classe d'uso del suolo *Seminativo*, ovvero la classe **211**, essa può rispecchiare una grande varietà colturale. In certe situazioni di morfologia e di suolo poveri, il seminativo, generalmente semplice o scarsamente arborato, confina e si alterna con il pascolo, o l'incolto, senza che si possano tracciare limiti razionali tra i due, mancando in molti casi anche le tipiche forme geometriche dei territori agricoli. In zone collinari, prevale il seminativo arborato con frequenza anche alta di legnose, tipicamente olivo, mandorlo, carrubo.

<sup>20</sup> Programma CORINE (COOrdination of INformation on the Environment – Decisione 85/338/EEC)



CORINE	
1122 Borghi e fabbricati rurali	2243 Eucalipteti
121 Insediamenti industriali, artigianali, commerciali e spazi annessi	2311 In colti
131 Aree estrattive	242 Sistemi culturali e particellari complessi (mosaico di appezzamenti agricoli)
21121 Seminativi semplici e colture erbacee estensive	3116 Boschi e boscaglie ripariali
21211 Colture ortive in pieno campo	3125 Rimboschimenti a conifere
221 Vigneti	3211 Praterie a ride calcaree
222 Frutteti	32222 Pruneti
223 Oliveti	4121 Vegetazione degli ambienti umidi fluviali e lacustri
	5122 Laghi artificiali
	Confine catastale

**Figura 16.** Tipo di uso del suolo secondo la classificazione CORINE (2018) relativa all'area oggetto di studio (perimetro catastale nella disponibilità del Proponente in blu).

### 5.3. Inquadramento climatico

Ricerche scientifiche riferite allo studio dell'andamento della temperatura media in Italia dal 1961 al 2006 mostrano, per la **porzione centrale del territorio italiano, un aumento delle temperature medie annue a partire dall'inizio del XX secolo, con un tasso più elevato dopo il 1980** (0,060 °C/anno – Aruffo e DiCarlo, 2019). Un'ulteriore evidenza del lavoro mostra come i trend di innalzamento termico siano maggiormente influenzati dal maggior riscaldamento riscontrato in estate e in primavera rispetto a quello rilevato in inverno e autunno. A tal proposito, Fioravanti *et al.* (2016) indicano che, dal 1978 al 2011, l'Italia ha sperimentato ondate di calore crescenti ad un ritmo medio di 7.5 giorni/decennio. Inoltre, Amendola *et al.* (2019) sottolineano come tale incremento medio (in Italia, e nei paesi del Mediterraneo in generale), sia superiore alla media globale.

Per quanto concerne le **precipitazioni**, inoltre, diversi studi hanno evidenziato come si verifichi, rispetto al passato, una **riduzione del numero di eventi a intensità medio-bassa a parità di apporti medi annuali** (e.g.

Brunetti *et al.*, 2004; Todeschini, 2012). A tal proposito, il numero totale dei giorni di pioggia risulterebbe effettivamente diminuito, soprattutto negli ultimi 50 anni, con trend differenti rispetto alla localizzazione geografica (-6 giorni/secolo al Nord e -14 giorni/secolo per Centro e Sud). **Ne consegue una generale tendenza, per tutte le regioni italiane, a un aumento dell'intensità delle precipitazioni e una riduzione della loro durata** (Brunetti *et al.*, 2006).

Al netto dei trend di macro-scala, limitando l'analisi ai **dati relativi al comune di Monreale**, è possibile sintetizzare quanto segue: **i)** la temperatura media annuale è pari a 16,3°C, **ii)** agosto è il mese più caldo dell'anno, con una temperatura media di 25°C, mentre **iii)** febbraio è il più freddo (T media 8,8°C)<sup>21</sup>.

In termini di precipitazioni, invece, avendo rilevato alcune incongruenze numeriche tra differenti fonti informative, i valori sono stati oggetto di un approfondimento ad opera degli scriventi. I dati rilevati dalla stazione Monreale (denominata Vigna d'Api), posta a circa 9 km Nord dall'area di progetto, evidenziano valori medi - nell'arco temporale compreso tra il 2003 e il 2017 – pari a 1.085,4 mm, con oscillazioni comprese tra 639,2 mm (dato registrato nell'anno 2008) e 1.519,4 mm (dato registrato nell'anno 2009) - (**Figura 17**).

Stazioni della Provincia di PALERMO	Anno 2003 (mm)	Anno 2004 (mm)	Anno 2005 (mm)	Anno 2006 (mm)	Anno 2007 (mm)	Anno 2008 (mm)	Anno 2009 (mm)	Anno 2010 (mm)	Anno 2011 (mm)	Anno 2012 (mm)	Anno 2013 (mm)	Anno 2014 (mm)	Anno 2015 (mm)	Anno 2016 (mm)	Anno 2017 (mm)	Media x Stazione (mm)
Alia	661,2	702,6	632,4	486,2	570,2	515,0	712,0	639,2	514,8	363,6	943,6	469,2	794,0	463,4	279,0	557,8
Camporeale	750,0	867,4	733,6	526,4	754,0	420,0	1010,2	811,8	556,2	614,8	933,2	745,4	960,8	521,2	545,4	716,8
Castelbuono	832,6	760,2	647,4	530,0	767,0	607,2	1116,4	806,2	674,2	626,6	645,0	806,0	1060,4	613,4	506,0	733,4
Contessa Entellina	733,6	772,8	759,2	529,8	613,2	470,6	936,0	729,6	643,4	630,0	743,8	665,2	724,6	505,6	601,4	654,9
Corleone	663,8	741,2	770,0	469,6	695,0	456,2	963,2	771,0	597,8	613,0	855,6	536,0	954,2	513,8	525,6	675,1
Gangi	930,2	899,6	771,2	994,2	726,6	764,6	1126,4	878,4	731,2	590,6	831,8	877,0	1118,2	582,4	524,6	802,5
Giuliana inizio dal 2004	--	--	832,2	800,8	635,0	514,6	994,8	922,6	642,0	525,6	849,4	722,4	1121,8	657,2	710,8	--
Lascafi	733,8	634,4	716,6	487,6	645,8	422,6	882,0	601,4	675,4	567,8	591,0	728,0	777,2	475,6	524,6	623,6
Mezzojuso	793,2	702,2	659,0	533,6	613,2	446,4	822,6	683,0	542,2	539,6	630,0	685,0	989,6	564,4	473,0	660,5
Misilmeri	872,8	724,8	754,2	478,0	762,2	403,6	1066,2	711,4	566,6	647,4	969,8	659,8	945,6	460,2	498,0	679,7
Monreale Bifarera (inizio dal 2006)	--	--	--	439,29 *	817,0	444,8	1130,0	897,0	743,4	711,4	986,2	888,2	1169,4	700,6	633,2	--
Monreale Vigna Api	1008,5	1107,8	1145,2	790,2	1209,0	639,2	1519,4	1365,2	902,2	945,6	1363,6	1111,4	1381,6	827,6	964,2	1085,4
Palermo	873,8	790,0	809,6	500,2	664,2	443,0	1266,4	742,2	630,2	692,6	858,8	800,6	1008,2	536,6	555,6	745,1
Partinico	747,2	662,4	622,8	412,8	745,0	490,4	1054,6	739,8	614,2	649,0	694,8	911,4	564,2	624,4	720,6	720,6
Petralia Sottana	772,2	705,8	544,6	524,2	576,2	562,6	905,6	699,8	603,8	527,2	679,8	622,6	829,4	436,4	437,0	630,1
Polizzi Generosa	923,2	959,0	760,6	726,6	892,0	760,6	1033,4	885,4	612,4	619,0	754,2	637,2	1147,4	566,6	558,8	815,8
Pizzoli (inizio dal 2004)	--	--	786,0	745,2	699,8	641,4	798,0	--	759,2	759,6	868,2	653,8	940,4	702,6	591,0	--
Sclafani Bagni	727,2	677,0	664,4	539,2	555,6	518,6	866,2	592,0	383,0	536,8	714,8	572,2	1006,0	524,4	419,2	621,9
Termini Imerese	855,4	650,2	859,6	482,0	738,4	599,0	954,0	739,4	578,4	755,4	991,0	619,7	995,0	566,6	537,6	707,7
<b>Media Provinciale per Anno</b>	<b>804,9</b>	<b>785,4</b>	<b>763,5</b>	<b>569,5</b>	<b>720,3</b>	<b>522,2</b>	<b>1008,6</b>	<b>788,7</b>	<b>630,1</b>	<b>622,5</b>	<b>815,5</b>	<b>710,2</b>	<b>991,3</b>	<b>564,7</b>	<b>552,6</b>	

Figura 17. Precipitazioni annuali registrate dal 2003 al 2017 registrate dalle stazioni della Prov. di Palermo (rif. SIAS<sup>22</sup>).

Raffrontando tali valori con i dati statistici della provincia di Palermo (Osservatorio Agroclimatico - Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali)<sup>23</sup>, nel periodo compreso tra il 2009 e il 2017, i valori computati risultano di molto superiori rispetto ai valori medi provinciali (nell'ordine dei 743 mm - **Tabella 2**). Si riscontra, infatti, che il Comune di Monreale registra i più elevati quantitativi pluviometrici provinciali.

<sup>21</sup> <https://it.climate-data.org/europa/italia/sicily-415/>

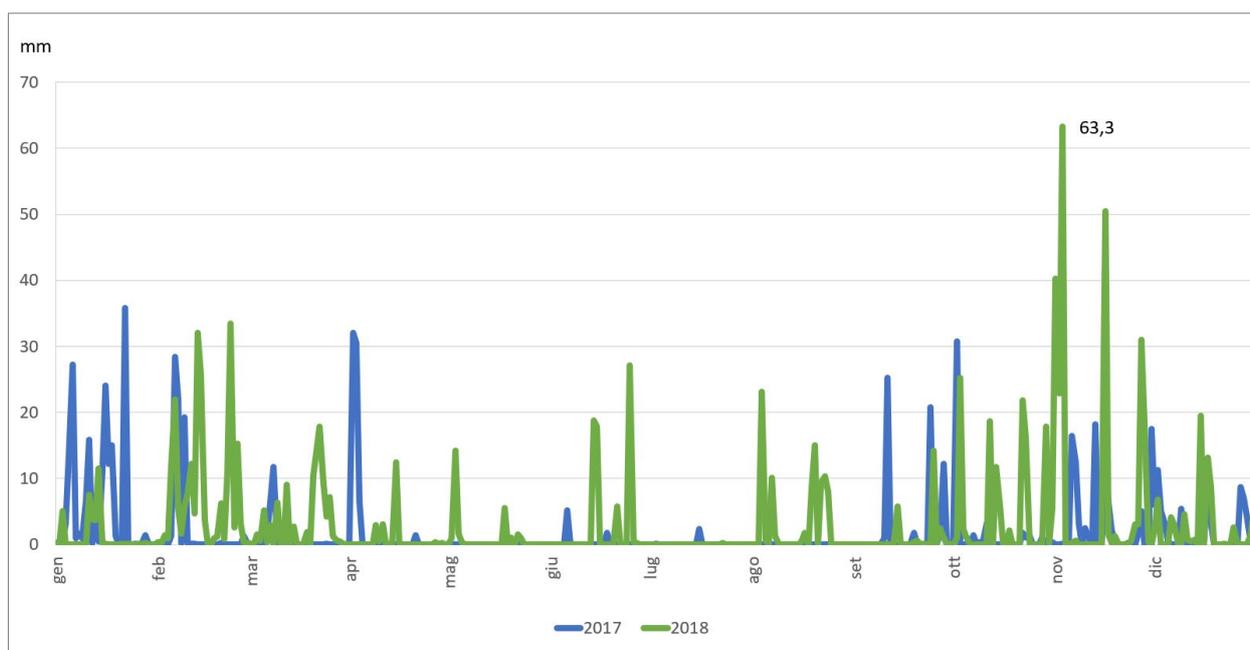
<sup>22</sup> [http://www.sias.regione.sicilia.it/frameset\\_bollettini.htm](http://www.sias.regione.sicilia.it/frameset_bollettini.htm)

<sup>23</sup> [https://www.politicheagricole.it/flex/FixedPages/Common/miepfy700\\_provincie.php/L/IT?name=00111&%20name1=19](https://www.politicheagricole.it/flex/FixedPages/Common/miepfy700_provincie.php/L/IT?name=00111&%20name1=19)

**Tabella 2.** Osservatorio Agroclimatico – Provincia di Palermo. Dati annuali delle temperature e delle precipitazioni dal 2009 al 2017 (rif. Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali).

Osservatorio Agroclimatico - Provincia di Palermo										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Temp. minima	12.5	12	12.8	13.1	13	13.2	13.1	13.5	13	-
Temp. massima	20.2	19.9	21.5	22.3	21.7	21.9	21.5	21.7	21.9	-
Precipitazione (mm)	935.4	960.5	646.7	659.8	802.5	667.2	957.6	516.5	534.1	-

Ai fini di un approfondimento sugli ultimi anni meteorologici disponibili, è stata presa in considerazione la stazione meteorologica di Monreale (Acquino), risultata, tra le stazioni rappresentative dell'area quella con i dati più attendibili. Dall'analisi di dettaglio riportata nella **Figura 18** è possibile desumere che i giorni piovosi totali dell'anno 2018 siano stati 151, mentre il quantitativo pluviometrico giornaliero massimo assoluto sia stato registrato in data 03/11/2018, con un valore di 63,3 mm. La precipitazione cumulata annuale è stata, invece, pari a 1.010,5 mm, valore di piovosità in linea rispetto alla media.



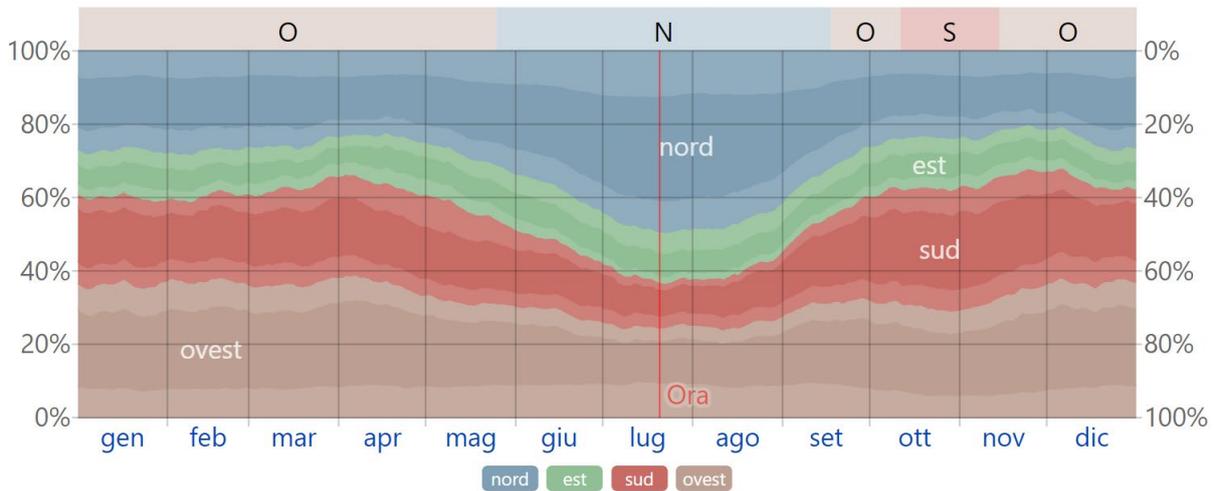
**Figura 18.** Precipitazioni giornaliere riferite agli anni 2017 (in blu) e 2018 (in verde) nel comune di Monreale<sup>24</sup>

In contrapposizione all'anno 2018, a riprova dell'estrema variabilità, l'anno 2017 ha riportato un valore di piovosità di molto sotto la media con valori di precipitazione cumulata inferiori a 700 mm ed un totale di 98 giorni piovosi.

**In assenza di uno studio specifico sulle serie storiche disponibili, dalla semplice analisi dei dati di piovosità dell'ultimo ventennio, non si ravvisa alcuna tendenza evidente sui quantitativi complessivi annuali, viceversa appare evidente un'estrema variabilità inter-annuale con range variabili tra i 600 e i 1.500 mm.**

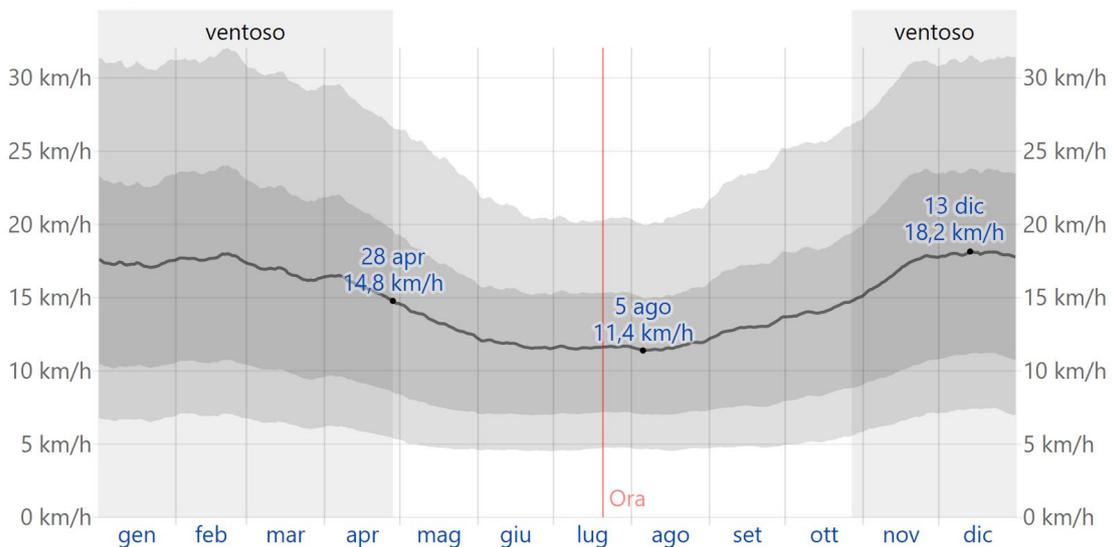
<sup>24</sup> [http://www.meteopalermo.com/DatabaseStazioni/73\\_AQUINO-Monreale-\(ODA\)/riepilogo](http://www.meteopalermo.com/DatabaseStazioni/73_AQUINO-Monreale-(ODA)/riepilogo)

**Ulteriore parametro meteo-climatico di interesse da analizzare è il dato anemometrico.** Nella **Figura 19**, viene riportata la direzione oraria media del vento di Piana degli Albanesi<sup>25</sup>, che varia notevolmente durante l'anno, ma presenta, in termini generali, una direzione da Nord tra maggio e settembre, da Ovest tra settembre e ottobre e da Sud, tra ottobre e novembre. Il grafico trascura le ore in cui la velocità media del vento è inferiore a 1,6 km/h.



**Figura 19.** Direzione oraria media del vento di Piana degli Albanesi. Le aree del grafico a colorazione attenuata sono la percentuale di ore passate nelle direzioni intermedie implicite (nord-est, sud-est, sud-ovest e nord-ovest).<sup>26</sup>

In termini quantitativi, invece, **il grafico in Figura 20 fornisce il dettaglio, su base giornaliera, dei valori medi orari di velocità del vento e dei relativi percentili: 25° - 75° e 10° - 90°** (su due fasce di diversa gradazione di grigio).

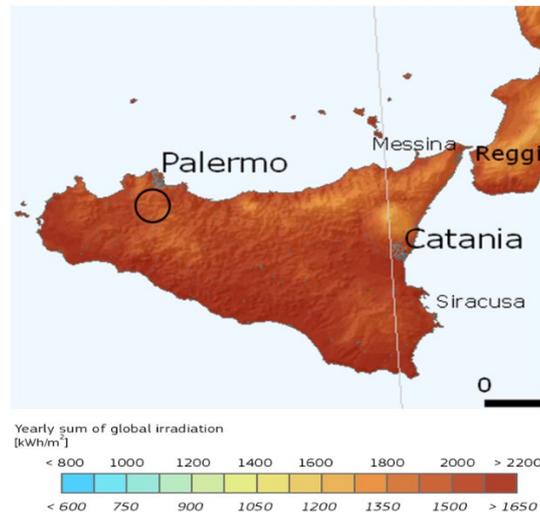


**Figura 20.** Medie delle velocità orarie del vento su matrice giornaliera nel comune di Piana degli Albanesi. La riga nera rappresenta il valor medio, mentre le fasce a diversa tonalità di grigio sono i diversi percentili: 25° - 75° e 10° - 90°.

<sup>25</sup> Il dato fa riferimento alla stazione più vicina all'area di progetto.

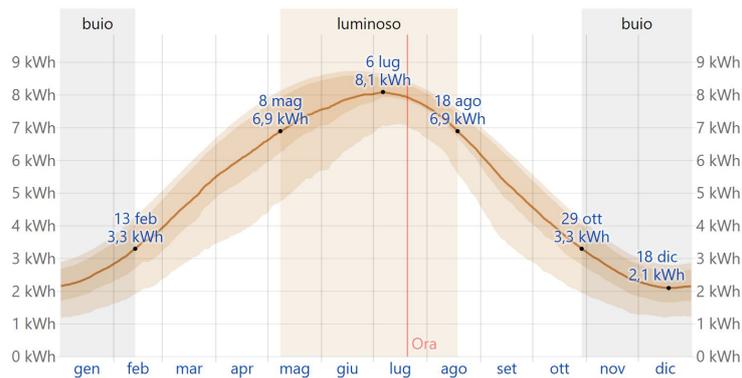
<sup>26</sup> <https://it.weatherspark.com/y/76417/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Castellana-Sicula-Italia-tutto-l'anno>

**Non sono stati reperiti dati, invece, riferiti alle massime velocità di raffica registrate nella zona. In termini di irraggiamento, le aree designate per la realizzazione degli impianti godono di una buona insolazione (Figura 21) dove la maggior parte dei territori beneficiano di un irraggiamento solare annuo cumulato con valori superiori ai 1350 kWh/m<sup>2</sup> (Joint Research Center, 2018).<sup>27</sup>**



**Figura 21.** Irraggiamento solare globale nella Regione Sicilia – sommatoria annua (kWh/m<sup>2</sup>).

Nella **Figura 22** si riporta l'energia solare a onde corte incidente totale giornaliera, che raggiunge la superficie del suolo in un'ampia area, tenendo in considerazione le variazioni stagionali nella durata delle ore diurne, l'elevazione del sole sull'orizzonte e l'assorbimento da parte delle nuvole e altri elementi atmosferici. La radiazione delle onde corte include luce visibile e raggi ultravioletti. Si evince che **a Piana degli Albanesi il periodo più luminoso dell'anno dura circa 3 mesi, con un'energia a onde corte incidente giornaliera media per metro quadrato superiore a 7,9 kWh.**



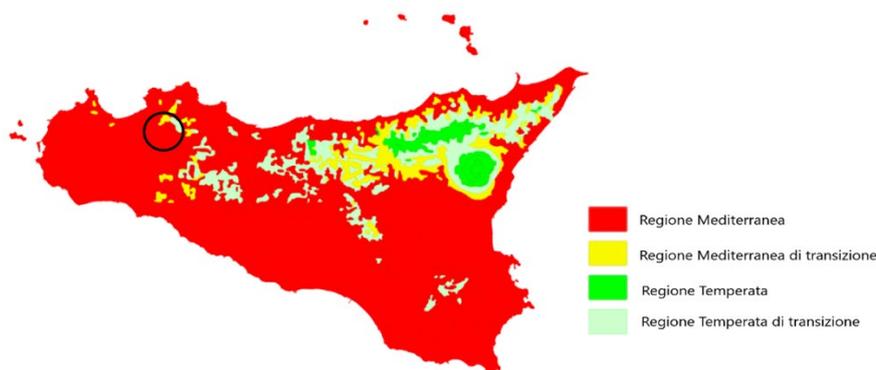
**Figura 22.** Energia solare a onde corte incidente media (kWh/m<sup>2</sup>) nel comune di Piana degli Albanesi.

<sup>27</sup> Joint Research Centre (2018). [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system/pvgis-data-download/country-and-regional-maps\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system/pvgis-data-download/country-and-regional-maps_en).

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 32 di 56

Volendo addivenire a una classificazione climatica, quindi, è possibile definire il clima della zona di interesse (secondo la classificazione di Köppen e Geiger – Kottek *et al.*, 2006) come **caldo e temperato, con estate secca e temperatura media del mese più caldo superiore a 24,4°C**.

Un ulteriore riscontro climatico è rappresentato dalle diverse Regioni fitoclimatiche della Sicilia evidenziate in **Figura 23**. La macro-area di riferimento ricade nella zona "**Regione Mediterranea**", caratterizzata da un termotipo "**meso mediterraneo**" ed un ombrotipo "**secco**" (parametro derivante dal rapporto tra la somma delle precipitazioni dei mesi estivi e la somma delle temperature medie dei mesi estivi - indice ombrotermico)<sup>28</sup>.



**Figura 23.** Stralcio carta fitoclimatica d'Italia - Sicilia<sup>29</sup>.

**Ne risulta, quindi, che Piana degli Albanesi sia caratterizzata da un clima caldo e temperato, con piogge ben distribuite e periodi di siccità compresi prevalentemente nel periodo estivo.**

I periodi di siccità estiva, uniti alle temperature elevate e al clima ventoso, oltre che essere elementi di attenzione per la cura e l'impianto di vegetazione, potrebbero risultare anche come fattori predisponenti del rischio di incendi (A tal proposito saranno adottate specifiche soluzioni progettuali).

<sup>28</sup> <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17445647.2014.891472>

<sup>29</sup> [http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms\\_ogc/WMS\\_v1.3/Vettoriali/Carta\\_fitoclimatica.map](http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/WMS_v1.3/Vettoriali/Carta_fitoclimatica.map)

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 33 di 56

#### 5.4. Modalità di conduzione ed attività agricola - stato di fatto

L'area oggetto di studio è attualmente condotta dalla "ditta individuale Matranga Giuseppina", locataria dei terreni, intestataria di regolare fascicolo aziendale AGEA e titolare di regolare partita IVA n° 05262920829 - Codice ATECO 01-11-10 "Coltivazioni di cereali (escluso il riso)", iscritta alla Camera di Commercio di Palermo con n° REA 245019.

L'indirizzo produttivo della "ditta individuale Matranga Giuseppina" è quello della coltivazione in regime biologico (Misura 11 del PSR) di specie erbacee annuali destinate all'alimentazioni zootecnica, nello specifico alla produzione di foraggio destinato alla vendita diretta a pastori locali, e di cereali da granella (frumento duro). Tutte le operazioni agricole vengono effettuate mediante l'utilizzo di manodopera familiare.

L'attività agricola è condotta in modalità non irrigua. Negli ultimi 4 anni si sono succeduti: "mix di foraggere", per due anni, seguiti da frumento duro e nell'ultimo anno le particelle sono state destinate alla coltivazione di specie erbacee leguminose da foraggio (nello specifico il trifoglio alessandrino) (**Figura 24**).

La biomassa raccolta con la fienagione viene venduta direttamente ai pastori locali, la granella da frumento è stata destinata al conferimento alla società "Cereal B.r.m. S.a.s."



**Figura 24.** Area oggetto di studio occupata dai residui colturali del trifoglio post sfalcio e raccolta.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 34 di 56

## 6. Progetto Agrivoltaico

Come illustrato in precedenza, la progettazione di un impianto agrivoltaico parte dall'analisi combinata delle esigenze agronomiche 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

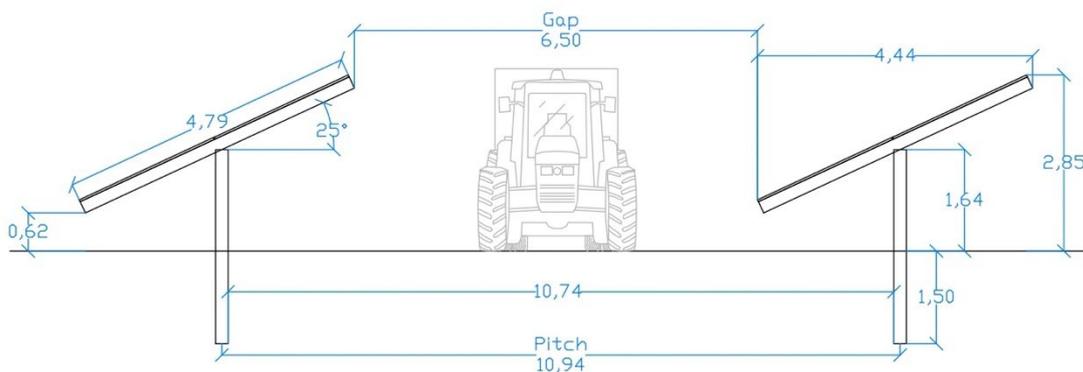
Il sistema fotovoltaico proposto prevede l'utilizzo di moduli di tipo bifacciale sorretti da strutture fisse con vela doppia, orientate a sud con inclinazione pari a 25°.

In considerazione della morfologia del territorio e della necessità di mantenere la coltivazione delle superfici sottese all'impianto, sono previste strutture di supporto di m 1,64 m dal piano di campagna. I pali infissi nel terreno (per una profondità stimata di m 1,50) non necessiteranno di plinti/fondazioni in cemento. L'altezza massima delle stringhe sarà pari a m 2,85 dal piano di campagna; l'altezza minima delle medesime sarà pari a m 0,62 (Figura 25).

Le strutture metalliche di supporto sono disposte lungo l'asse est-ovest su file parallele opportunamente distanziate tra loro di minimo m 10 (distanza palo-palo, denominata "pitch") al fine di:

- ridurre gli effetti degli ombreggiamenti;
- consentire l'agevole passaggio delle macchine agricole.

Lo spazio intercorrente tra due stringhe adiacenti (distanza vela-vela, denominata "gap"), anche considerando il pitch minimo di 10 m, risulta infatti pari m 6,50, spazio ampiamente sufficiente per le ordinarie attività agricole e per la movimentazione dei mezzi meccanici (Figura 25). Anche considerando le macchine più ingombranti, come la mietitrebbia in cui la larghezza della testata si attesta intorno ai m 6,50, la disposizione e l'inclinazione dei pannelli consente effettuare le lavorazioni in prossimità delle strutture di supporto (rif. **paragrafo 6.2.3**)



**Figura 25.** Particolare sezione trasversale con macchina agricola in azione.

Il progetto in esame prevede inoltre la realizzazione di una fascia tra la recinzione perimetrale e le stringhe dei moduli fotovoltaici di almeno m 8, finalizzata a consentire un agevole spazio di manovra utile per l'inversione ed i cambi di direzione delle macchine agricole.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 35 di 56

## 6.2. Componente agronomica

Al fine di garantire la valorizzazione del territorio e delle sue risorse in ottica agricola locale, si prevede che l'intera superficie interessata dai pannelli sia destinata alla **semina di specie erbacee annuali avvicendate** destinate alla produzione di foraggio e cereali da granella.

### 6.2.1. Proposta progettuale: avvicendamento di graminacee e leguminose foraggere

Come indicato nel paragrafo 5.4, la resa della coltura in atto è destinata alla vendita diretta a pastori locali ed utilizzata per l'**alimentazione delle loro greggi**. Nel recente passato, le superfici sono state coltivate anche a cereali a ciclo autunno-vernino (in particolare frumento duro) per la **produzione di granella**.

Il progetto proposto oltre a contribuire a soddisfare il fabbisogno di energia da fonti rinnovabili e la valorizzazione del territorio e delle sue risorse in ottica rurale, prevede la messa in atto di una conduzione agronomica atta a garantire:

- la coesistenza tra componente agricola e energetica attraverso **oculate scelte tecniche ed agronomiche** (scelta delle specie, scelta delle tecniche e delle operazioni colturali, ecc.);
- il mantenimento dell'indirizzo produttivo delle superfici, ovvero la **coltivazione di specie erbacee destinate alla produzione di granella ed alla produzione di foraggio, migliorando l'avvicendamento colturale** al fine di garantire una resa costante e la sostenibilità del sistema colturale in termini di sfruttamento delle risorse;
- il proseguimento dell'attuale conduzione mediante **l'impiego della manodopera familiare** per lo svolgimento delle operazioni colturali e dei mezzi e delle attrezzature attualmente impiegati;
- il mantenimento del regime di coltivazione in atto, ovvero l'**agricoltura biologica**, escludendo dunque il ricorso a prodotti chimici di sintesi per la gestione delle colture (fertilizzanti, diserbanti ed antiparassitari) e garantendo la possibilità al conduttore del fondo di continuare a percepire il sostegno economico dell'**Operazione 11.1.2** del PSR della Regione Sicilia (riferimento nel **Capitolo 4.3**);

Pertanto, la componente agronomica del progetto è stata orientata su una **rotazione (biennale) di specie erbacee annuali**, alternando la coltivazione di graminacee a ciclo autunno-vernino con leguminose, secondo le modalità dettagliate nei paragrafi successivi.

### 6.2.2. Scelta delle specie

Al fine di minimizzare l'impatto sull'ambiente si prevede una rotazione colturale; la variazione della specie coltivata sullo stesso appezzamento migliora la fertilità del terreno ed assicura, a parità di condizioni, una resa maggiore.

Tale gestione delle superfici agricole consente infatti di ridurre la pressione degli agenti biologici avversi (infestanti, parassiti, funghi e virus) poiché l'alternanza delle colture crea una variazione di condizioni contrastando naturalmente la proliferazione - e conseguente diffusione - di tali agenti.

L'avvicendamento colturale produce benefici ed intrinseci effetti ambientali riconosciuti ormai da secoli, quali:

- maggiore biodiversità;
- maggiore equilibrio dei fabbisogni idrici nel tempo;
- minori danni da erosione del terreno;

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 36 di 56

- minori rischi di lisciviazione di nitrati;
- valorizzazione del paesaggio agrario.

Le specie che si succedono in una rotazione colturale si suddividono in **tre gruppi principali**:

- **Specie 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;
- **Specie 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.;
- **Specie 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.

Il mantenimento dell'indirizzo produttivo impone la necessità di impostare una rotazione biennale, che consideri solo alternanza tra coltura depauperante (graminacea da granella) ad coltura miglioratrice (leguminose da foraggio).

La coltura depauperante scelta per l'avvicendamento colturale è il **frumento duro** (*Triticum durum* Desf.), una specie erbacea a ciclo autunno-vernino appartenente alla famiglia delle Graminacee coltivata per la produzione delle cariossidi<sup>30</sup> (comunemente detta granella), destinate prevalentemente alla molitura per la trasformazione in semola (**Figura 26**). La semola di grano duro è particolarmente indicata per produzione di pasta.



**Figura 26.** Campo coltivato a frumento duro Fonte: <https://ladispensa.files.wordpress.com/2012/09/campo-di-grano.jpg>

A differenza del frumento tenero (*Triticum aestivum* L.), il frumento duro esprime le sue massime qualità negli ambienti aridi e caldi (caratteristiche climatiche tipiche della Regione Sicilia). Tradizionalmente considerato coltura depauperante, trova correttamente posto dopo colture leguminose da foraggio o da granella delle quali riesce a sfruttare i residui di fertilità.

Al frumento duro succederà nella rotazione colturale una consociazione di specie miglioratrici, costituita da **sulla** (*Hedysarum coronarium* L.) e **trifoglio alessandrino** (*Trifolium alexandrinum* L.) per la produzione di

<sup>30</sup> La cariosside è il frutto secco indeiscente tipico della famiglia delle Graminacee, contenente un solo seme

foraggio destinato all'alimentazione zootecnica. Entrambe le specie sono infatti considerate miglioratrici per antonomasia, poiché capaci di fissare l'azoto e di migliorare la componente strutturale dello strato attivo<sup>31</sup> del terreno.

La **sulla (Figura 27)** è una pianta erbacea appartenente alla Famiglia delle Papilionaceae (o Leguminose) ad habitat tipicamente xerofilo<sup>32</sup>, coltivata per la produzione di foraggio dalle eccellenti qualità nutrizionali. Questa specie è estremamente rustica, resistente alle condizioni di siccità e non necessita di particolari cure ed apporti di sostanze nutritive in quanto capace di raggiungere notevoli profondità con il suo apparato fittonante e ben sviluppato. Tale specie è infatti riconosciuta per la sua capacità di penetrare anche i terreni più difficili e non lavorati, migliorandone la tessitura e fertilizzandolo.



**Figura 27.** Campo coltivato a sulla  
Fonte: @SALVATOREGIALLOMBARDO

Il **trifoglio alessandrino (Figura 28)** è una pianta erbacea appartenente alla Famiglia delle Papilionaceae (o Leguminose) coltivata anch'essa per la produzione di foraggio destinato agli animali da reddito, capace di adattarsi ad ogni tipologia di terreno e solitamente impiegata come coltura miglioratrice idonea a precedere il frumento nell'avvicendamento colturale. Le radici di questa specie, fittonanti e ricche di tubercoli, sono capaci di arricchire il terreno con buone quantità di azoto, sfruttabile dalle successive colture depauperanti.



**Figura 28.** Campo coltivato a trifoglio alessandrino Fonte:  
<https://www.kaliagri.it/wp->

<sup>31</sup> Lo strato attivo di un terreno agrario è la porzione più superficiale di esso, interessato dalle lavorazioni e occupato dalla maggior parte dalle radici delle colture. Si distingue dal sottostante strato subattivo - che ospita solo le radici più profonde che si spingono in tale porzione alla ricerca di acqua - il quale è caratterizzato da una maggiore compattazione e da una scarsa permeabilità.

<sup>32</sup> Le piante xerofile o xerofite sono specie adattate a vivere in ambienti caratterizzati da lunghi periodi di scarsità di acqua.

	<a href="content/uploads/2020/10/web_trifoglio-mario-mattiacci-2009-1.jpg">content/uploads/2020/10/web_trifoglio-mario-mattiacci-2009-1.jpg</a>
--	---

Entrambe le specie sono inoltre **caratterizzate da ottime proprietà mellifere**.

Lo schema dell'avvicendamento culturale proposto è riassunto in **Tabella 3**:

**Tabella 3.** Dettaglio dell'avvicendamento culturale biennale proposto

A/M	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
1											G	G
2	G	G	G	G	G	G		L	L	L	L	L
3	L	L	L	L	L						G	G
4	G	G	G	G	G	G		L	L	L	L	L

G	Frumento duro (Graminacea)
L	Sulla/Trifoglio alessandrino (Consociazione di Leguminose)

### 6.2.3. Operazioni colturali

Le operazioni relative all'attività agricola proposta cominceranno verosimilmente dopo l'installazione della componente fotovoltaica e prevedono:

1. letamazione di fondo;
2. interrimento del letame e rompimento del terreno;
3. erpicatura;
4. semina del frumento duro;
5. trattamenti fitosanitario;
6. mietitrebbiatura del frumento duro;
7. semina della consociazione di leguminose;
8. sfalcio;
9. sovescio dei residui colturali;

La prima operazione consisterà nello **spandimento di letame (1)** nell'interfila dei pannelli da effettuare nel mese di settembre a mezzo di spandiconcime trainato da trattrice agricola. Si prevede di apportare una quantità di 20-60 t/ha di letame bovino maturo. L'intervento garantisce un cospicuo apporto di sostanza organica, migliora la dotazione in sostanze nutritive (azoto, fosforo e potassio) e la struttura del terreno. La dose corretta verrà determinate a seguito delle analisi delle proprietà chimico-fisiche del suolo.

Per garantire l'interrimento dei residui organici superficiali e del letame apportato e la rottura delle zolle superficiali, si prevede una **'aratura (2)** eseguita a media profondità (30-40 cm) al fine di favorire lo sviluppo dell'apparato radicale delle piante, migliorare l'aerazione del terreno e garantire la penetrazione dell'acqua negli strati più profondi.

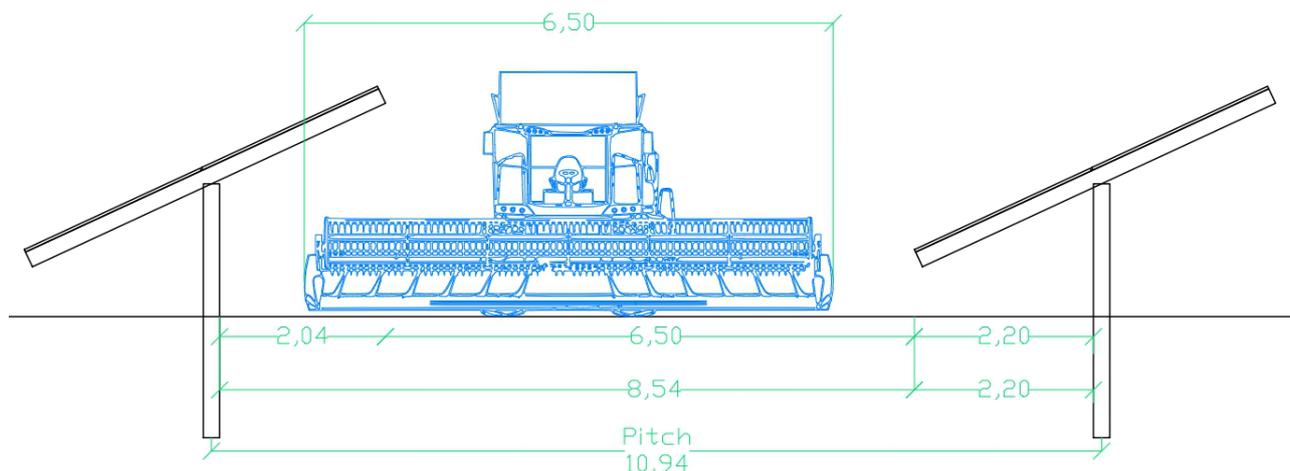
Al fine di sminuzzare ulteriormente le zolle superficiali verrà effettuata un'**erpicazione (3)** molto superficiale (5-15 cm) che affinerà ulteriormente le zolle e renderà la superficie più regolare, predisponendola alla contestuale **semina (4)**. Per tali operazioni si impiegherà una seminatrice combinata (erpice + seminatrice).

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 39 di 56

Il singolo passaggio apporterà benefici in termini di risparmio di risorse (carburante) e garantirà migliorie in termini di riduzione del compattamento del terreno. Considerando le condizioni climatiche dell'area oggetto di intervento e il regime di conduzione della stessa (il regime biologico prevede semine non troppo fitte) si ipotizzata una quantità di semente pari a 150-170 kg/ha, interrata ad una profondità di 3-5 cm.

Per scongiurare l'avvento di malattie fungine, tra la fine della fase di accostamento e l'inizio della fase di levata, si eseguirà un **trattamento preventivo a base di prodotti cuprici (5)** (anticrittogamici a base di rame come idrossido di rame, solfato di rame tribasico, ossido rameoso, ecc. conformi al regime biologico). L'eventuale apporto di zolfo in questa fase fenologica contribuirà inoltre al miglioramento della qualità della granella. L'opportunità di un ulteriore trattamento che copra la coltura sino alla raccolta (consistente in prodotti a base di rame e zolfo da distribuire dopo la fase fenologica della spigatura) sarà valutata con il supporto di un DSS (rif. **Capitolo 7**).

La **raccolta del frumento (6)** prevista per l'inizio di giugno, sarà effettuata mediante mietitrebbiatura (**Figura 29**), che consentirà il taglio e la contestuale sgranatura delle spighe, separando la granella dalla paglia e della pula. La paglia verrà successivamente raccolta e pressata in "balle" o "rotoballe" con macchinario apposito per poi essere trasportata e venduta ad allevatori della zona (destinata all'alimentazione zootecnica o impiegata come lettiera). La granella verrà conferita e venduta per la successiva trasformazione in semola.



**Figura 29.** Particolare della mietitrebbia nell'interfila delle strutture per la produzione di energia fotovoltaica. Si specifica che l'impianto è stato progettato in ottica di utilizzo di macchine agricole con misure "standard" comunemente presenti sul mercato.

Sui residui colturali del frumento (culmi e pula) avverrà successivamente la **semina del mix di leguminose ipotizzato (7)** per l'avvicendamento colturale. La semina delle leguminose (in particolare della sulla) nelle stoppie dei cereali è pratica ancora in uso in molte zone della Sicilia<sup>33</sup>. Tale operazione verrà eseguita alla fine del mese di agosto, apportando una quantità di seme di 15 kg/ha per il trifoglio e di 50 kg/ha per la sulla (in

<sup>33</sup> In molte zone della Calabria e della Sicilia è pratica comune eseguire una trasemina della sulla vestita - seme vestito, con lomento - nel mese di luglio/agosto sulle stoppie dei cereali post mietitrebbiatura. Successivamente alla semina, gli agricoltori procedono alla bruciatura dei campi, provocando la scottatura dei lomenti e favorendo quindi la germinazione del seme alle prime piogge dell'autunno. Per il progetto in essere non è previsto il ricorso alla pratica della bruciatura; pertanto, si ipotizza l'utilizzo di seme nudo.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 40 di 56

proporzione 50%-50%) mediante seminatrice combinata con erpice. I semi del mix verranno interrati ad una profondità di cm 2-3.

Il prato annuale di leguminose verrà **sfalciato e affienato (8)** in due tempi, mediante un primo passaggio con falciatrice dotata di apparato condizionatore a rulli o flagelli di modeste dimensioni (larghezza media in commercio compresa tra i 2 e i 4 metri) ed un successivo passaggio con macchina capace di raccogliere e pressare il materiale vegetale in balle. Il foraggio affienato verrà poi venduto ad allevatori locali per l'alimentazione degli animali da reddito. Tale operazione verrà eseguita verosimilmente nel mese di maggio.

I ricacci ed i residui colturali delle leguminose verranno successivamente **sovesciati ed interrati (9)** mediante operazione di aratura leggera (cm 20-25). Questa pratica consentirà di arricchire il pool di sostanza organica e sostanze nutritive del terreno, rendendolo disponibile per la coltura successiva.

L'avvicendamento colturale ricomincerà con l'**erpicoltura e la contestuale semina (3)** del frumento duro nel successivo autunno.

#### 6.2.4. Gestione delle superfici

Come anticipato, l'attività agronomica è stata elaborata per garantire, oltre alla coesistenza della stessa con la componente energetica, il mantenimento:

1. della conduzione in termini di manodopera e macchinari;
2. del regime biologico.

L'avvicendamento colturale proposto, prevenendo il **mantenimento dell'indirizzo produttivo**, assicura infatti la possibilità di continuare a disporre della manodopera familiare per l'esecuzione delle operazioni colturali e di impiegare macchine ed attrezzature di cui è già in possesso.

In termini di **destinazione dei prodotti**:

- la **granella di frumento duro** verrà conferita - come optato nel recente passato - ad una società locale che si interessa di compravendita delle granelle per la successiva rivendita e trasformazione in farine. La biomassa residua sarà venduta per l'alimentazione zootecnica o impiegata come lettiera nelle aziende con medesimo indirizzo produttivo;
- il **foraggio affienato** derivante dalla coltivazione di specie leguminose potrà i) essere venduto anch'esso ad aziende zootecniche locali ed impiegato per l'alimentazione degli animali da reddito, ii) utilizzato tal quale o iii) essere destinato all'insilaggio. Variando l'epoca di raccolta è infatti possibile ottenere prodotti per le diverse destinazioni senza che ciò comporti modifiche all'avvicendamento colturale proposto.

Per quanto concerne il **mantenimento della conduzione dell'attività agricola in regime biologico**, l'avvicendamento colturale proposto garantirà la possibilità di escludere il ricorso a prodotti chimici di sintesi, sia per la fertilizzazione e sia per la difesa fitosanitaria. Il frumento duro gioverà della fertilità residua derivante dalla coltura precedente. Le leguminose da foraggio saranno inoltre parzialmente sovesciate, il che comporterà una maggiore disponibilità residua anche in sostanza organica. La struttura dello strato attivo sarà perciò migliorata sia dall'apporto di sostanza organica derivante dalla biomassa interrata a fine ciclo, sia dall'azione meccanica derivante dalla crescita delle radici delle stesse.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 41 di 56

La fertilizzazione sarà limitata all'apporto di letame previsto al primo anno. In caso di evidente necessità (in base ai dati raccolti dal monitoraggio, vedasi **Capitolo 7**) si opterà per il ricorso a fertilizzanti granulari ammessi in regime biologico, da apportare con spandiconcime.

L'avvicendamento colturale inoltre limiterà il rischio derivante dall'avvento di fisiopatie, molto probabile invece nel caso di ristoppio<sup>34</sup>. Si prevedono trattamenti preventivi con l'impiego di soli prodotti naturali ammessi dal regime biologico.

L'attività primaria continuerà così ad essere svolta con un impatto ambientale limitato e nel totale rispetto del regime biologico.

---

<sup>34</sup> Il ristoppio è la ripetizione di una coltura (soprattutto cereali) per due o più anni consecutivi.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 42 di 56

## 7. Monitoraggio agrometeo

La gestione delle superfici oggetto di intervento prevederà il ricorso ad accorgimenti che consentiranno di avvicinare progressivamente l'azienda a una gestione sempre più puntata ad un'Agricoltura di Precisione (AP). Le definizioni di AP (Pisante, 2013) riguardano l'adozione di tecniche che consentono di:

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

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 a venire e che consentirebbe di gestire al meglio le lavorazioni, anche in considerazione dell'ingombro rappresentato dai pannelli.

In conformità alle "Linee Guida per l'Applicazione dell'Agro-fotovoltaico in Italia" (Unitus, 2021) si prevede l'installazione, già in fase Ante-Operam, di una **stazione agrometeorologica** dotata di sensori standard per la misurazione di temperatura del suolo e dell'aria, apporti pluviometrici, velocità e direzione del vento, umidità del suolo e dell'aria, radiazione solare totale, evapotraspirazione e bagnatura fogliare.

Si prevede inoltre di agire sin da subito introducendo, oltre alla stazione agrometeorologica, anche un **supporto informativo DSS** (Sistema di Supporto Decisionale) per la registrazione delle operazioni di campo, la consultazione e l'elaborazione dei dati meteo.

La scelta del DSS da impiegare verterà, in particolare, sull'identificazione di un sistema in grado di fornire gli indici di rischio per le malattie del frumento duro quali: Ruggine Gialla, Septoriosi, Oidio, Ruggine Bruna, Fusariosi della spiga; nonché la probabilità di presenza di micotossine oltre il limite di legge. Attraverso il DSS sarà possibile monitorare e registrare:

- concimazioni effettuate con l'indicazione dei prodotti specifici e delle relative titolazioni; la definizione delle quantità di concime da applicare in funzione del tipo di terreno, dell'andamento meteorologico, della resa attesa e del processo colturale; l'ottimizzazione delle tempistiche;
- la registrazione delle produzioni ottenute, utile anche per la creazione di un database relativo alla coltivazione in un sistema agrivoltaico di pieno campo su un periodo di 25-30 anni;
- lo sviluppo di patologie, riducendo il numero di interventi.

L'integrazione, tra i dati meteo registrati in campo e l'elaborazione dei dati da parte del DSS, consentirà di orientare al meglio le decisioni agronomiche, favorendo quindi:

- l'utilizzo vistoso dei prodotti individuando il momento ottimale;
- l'individuazione del momento migliore di intervento in campo, anche in termini di accessibilità;
- la registrazione delle produzioni e la tracciabilità del prodotto;
- il monitoraggio delle produzioni ottenibili in un sistema agrivoltaico.

## 8. Analisi economica

Il progetto proposto ha come obiettivo il mantenimento dell'indirizzo produttivo aziendale, ovvero la conduzione familiare dei fondi rustici oggetto di intervento (come esposto nel **Capitolo 5.4**) per la produzione di foraggio (leguminose) destinato alle greggi locali in rotazione con il frumento duro per la produzione di granella. L'intervento propone una rotazione biennale sull'intera superficie di leguminose (sulla e trifoglio alessandrino) e graminacee (frumento duro) così da alternare colture depauperanti a specie miglioratrici.

### 8.1. Analisi economica stato di fatto

Come anticipato l'area interessata è attualmente destinata alla **coltura del trifoglio per la produzione di foraggio**. In **Tabella 4** si riporta l'analisi economica dello stato di fatto, riferito alla successione colturale che ha interessato le superfici negli ultimi 4 anni che ha previsto 2 anni mix di foraggiere, frumento duro e trifoglio alessandrino (vedasi par.5.4).

**Tabella 4.** Analisi economica dello stato di fatto.

COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 1				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Epicatura-Semina mix foraggiere	ha	100,00 €	29,71	2.971,00 €
Costo sementi mix foraggiere (50 Kg/ha sulla e 15 kg/ha trifoglio) <sup>35</sup>	ha	148,80 €	29,71	882,68 €
<b>TOTALE</b>				<b>3.853,68 €</b>

COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 2				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Mietitrebbiatura e trasporto foraggio	ha	150,00 €	29,71	4.456,50 €
Concimazione copertura (fertilizzante e distribuzione)	ha	170,00 €	29,71	5.050,70 €
Epicatura-Semina mix foraggiere	ha	100,00 €	29,71	2.971,00 €
Costo sementi mix foraggiere (50 Kg/ha sulla e 15 kg/ha trifoglio)	ha	148,80 €	29,71	4.420,85 €
<b>TOTALE</b>				<b>16.899,05 €</b>

<sup>35</sup> Prezzo indicato dal proprietario dei terreni (Sig. Matranga)

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"

VIA10

Relazione Agronomica

rev 00

16.09.2022

Pagina 44 di 56

**COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 3**

Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Mietitrebbiatura e trasporto foraggio	ha	150,00 €	29,71	4.456,50 €
Concimazione copertura (fertilizzante e distribuzione)	ha	170,00 €	29,71	5.050,70 €
Erpicoltura-Semina frumento duro	ha	100,00 €	29,71	2.971,00 €
Costo sementi frumento duro (200 Kg/ha) <sup>36</sup>	kg	1,20 €	5942	7.130,40 €
<b>TOTALE</b>				<b>19.608,60 €</b>

**COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 4**

Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Trattamento fungicida (prodotto e distribuzione)	ha	90,00 €	29,71	2.673,90 €
Mietitrebbiatura e trasporto frumento duro	ha	150,00 €	29,71	4.456,50 €
Concimazione copertura (fertilizzante e distribuzione)	ha	170,00 €	29,71	5.050,70 €
Erpicoltura-Semina trifoglio	ha	100,00 €	29,71	2.971,00 €
Costo sementi trifoglio (30 Kg/ha) <sup>37</sup>	kg	2,40 €	891,3	2.139,12 €
<b>TOTALE</b>				<b>17.291,22 €</b>

**COSTI TOTALI**

<b>TOTALE</b>	<b>57.652,55 €</b>
---------------	--------------------

**RICAVI**

Anno-Coltura	Produzione (t/ha)	Produzione Totale (t)	Prezzo di vendita (€/t)	Totale (€)
2-TRIFOGLIO E SULLA	3	89,13	238	21.212,94 €
3-TRIFOGLIO E SULLA	3	89,13	238	21.212,94 €
4-FRUMENTO DURO	2	59,42	480	28.521,60 €
5-TRIFOGLIO	2	59,42	238	14.141,96 €
<b>TOTALE</b>				<b>85.089,44 €</b>

**REDDITO ATTESO 4 ANNI**

<b>TOTALE</b>	<b>27.436,89 €</b>
---------------	--------------------

Il **reddito medio annuo totale stimato** considerando tali superfici (**ha 29,71**, ovvero l'area catastale oggetto di interventi) ammonta a **€ 230,87 / ha**.

<sup>36</sup> <https://www.ismeamercati.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/439>

<sup>37</sup> Prezzo pagato nell'ultimo ciclo colturale dal proprietario dei terreni (Sig. Matranga)

## 8.2. Analisi economica rotazione di specie da granella e foraggiere

In **Tabella 5** si riporta l'analisi dei costi relativa alla rotazione proposta nel **Capitolo 6.2**. La **superficie destinata alla rotazione culturale proposta è pari a 16,03 ha**, calcolata sottraendo dall'area recintata la superficie occupata dai locali tecnici, dagli stradelli e dalla superficie compresa tra il margine esterno a sud dei pannelli e il limite nord dei pali.

**Tabella 5.** Analisi economica estimativa per la rotazione culturale ipotizzata

COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 1				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Concimazione di fondo (letame e distribuzione)	ha	100,00 €	16,03	1.603,00 €
Aratura	ha	150,00 €	16,03	2.404,50 €
Erpicoltura-Semina frumento duro	ha	100,00 €	16,03	1.603,00 €
Costo sementi frumento duro (170 Kg/ha)	kg	1,20 €	2725,1	3.270,12 €
<b>TOTALE</b>				<b>8.880,62 €</b>

COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 2				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Trattamento fungicida (prodotto e distribuzione)	ha	90,00 €	16,03	1.442,70 €
Mietitrebbiatura e trasporto frumento duro	ha	150,00 €	16,03	2.404,50 €
Raccolta e pressatura paglia	ha	90,00 €	16,03	1.442,70 €
Trasporto rotoballe (0,5h/ha)	h	63,00 €	8,015	504,95 €
Erpicoltura-Semina trifoglio e sulla	ha	100,00 €	16,03	1.603,00 €
Costo sementi trifoglio (15 Kg/ha) e sulla (50Kg/ha)	ha	148,80 €	16,03	2.385,26 €
<b>TOTALE</b>				<b>9.783,11 €</b>

COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 3				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Mietitrebbiatura e trasporto trifoglio e sulla	ha	150,00 €	16,03	2.404,50 €
Aratura	ha	150,00 €	16,03	2.404,50 €
Erpicoltura-Semina frumento duro	ha	100,00 €	16,03	1.603,00 €
Costo sementi frumento duro (170 Kg/ha)	kg	1,20 €	2725,1	3.270,12 €
<b>TOTALE</b>				<b>9.682,12 €</b>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 46 di 56

COSTI DI COLTIVAZIONE ANNO 4				
Operazione	UM	Costo Unitario (€)	Quantità	Totale (€)
Trattamento fungicida (prodotto e distribuzione)	ha	90,00 €	16,03	1.442,70 €
Mietitrebbiatura e trasporto frumento duro	ha	150,00 €	16,03	2.404,50 €
Raccolta e pressatura paglia	ha	90,00 €	16,03	1.442,70 €
Trasporto rotoballe (0,5h/ha)	h	63,00 €	8,015	504,95 €
Erpicatura-Semina trifoglio e sulla	ha	100,00 €	16,03	1.603,00 €
Costo sementi trifoglio (15 Kg/ha) e sulla (50 Kg/ha)	ha	148,80 €	16,03	2.385,26 €
<b>TOTALE</b>				<b>9.783,11 €</b>

COSTI TOTALI	
<b>TOTALE</b>	<b>38.128,96 €</b>

RICAVI				
Anno-Coltura	Produzione (t/ha)	Produzione Totale (t)	Prezzo di vendita (€/t)	Totale (€)
2-FRUMENTO DURO	2	32,06	480	15.388,80 €
2-FIENO FRUMENTO	2	32,06	80	2.564,80 €
3-TRIFOGLIO E SULLA	3	48,09	238	11.445,42 €
4-FRUMENTO DURO	2	32,06	480	15.388,80 €
4-FIENO FRUMENTO	2	32,06	80	2.564,80 €
5-TRIFOGLIO E SULLA	3	48,09	238	11.445,42 €
<b>TOTALE</b>				<b>58.798,04 €</b>

REDDITO ATTESO 4 ANNI	
<b>TOTALE</b>	<b>20.669,08 €</b>

Le rese considerate sono:

- trifoglio e sulla (mix leguminose) resa pari a **4 t/ha** (Baldoni *et al.*, 2002a);
- frumento duro (graminacea), resa pari a **2,5 t/ha** (Baldoni *et al.*, 2002b);

In virtù delle modalità di conduzione delle superfici e dell'ombreggiamento parziale dovuto all'installazione dell'impianto fotovoltaico, nel calcolo economico si è considerata, in via preventiva, **una produttività pari al 80% per il frumento, e al 75% per il trifoglio e la sulla** (percentuale ulteriormente diminuita considerando che si tratta di una coltura secondaria seminata su sodo sui residui colturali del frumento). Questa scelta potrà essere valutata - agronomicamente ed economicamente - anche nell'ottica di raccogliere informazioni utili per contribuire alla valutazione di specie agricole che possano coesistere al meglio nel contesto agrivoltaico.

Il reddito atteso per i quattro anni di rotazione colturale è pari a **20.669,08 €**. Il **reddito medio annuo totale stimato** considerando l'area destinata all'attività agricola (**ha 16,03**) ammonta a **€ 322,35 / ha**.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 47 di 56

### 8.3. Analisi economica monitoraggio agrometeorologico

Come indicato nel **Capitolo 7**, si prevede l'installazione di una stazione agrometeorologica in campo per la quale si stimano i costi indicati in **Tabella 6**, ottenuti ipotizzando una vita dell'impianto di 25 anni e la licenza al Sistema di Supporto Decisionale.

**Tabella 6.** Analisi economica estimativa per il monitoraggio agrometeo delle coltivazioni

STRUMENTAZIONE MONITORAGGIO	COSTO (€)
Stazione agrometeorologica dotata di: · Temperatura/umidità · Pluviometro · Anemometro (velocità/direzione vento) · Radiazione solare globale/evapotraspirazione · Bagnatura fogliare	3.500,00 €
Manutenzione stazione (costo annuo 250 €x 25 anni)	6.250,00 €
Licenza DSS (costo annuo 1000 €/anno x 25 anni)	25.000,00 €
<b>TOTALE</b>	<b>34.750,00 €</b>

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.

Fase progettuale*	Monitoraggio meteorologico		Raccolta/ gestione/ analisi dati DSS	Monitoraggio qualità delle produzioni	Importo (€)	
			Agronomo*	Agronomo*		
Ante Operam	Installazione stazione meteo	€ 3.500,00			€ 3.500,00	
Corso d'Opera						
Post Operam	Fase di esercizio	Manutenzione e licenza SW DSS	€ 31.250,00	€ 7.875,00	€ 7.875,00	€ 47.000,00
	Fase di dismissione					
<b>TOTALE</b>					<b>50.500,00</b>	

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

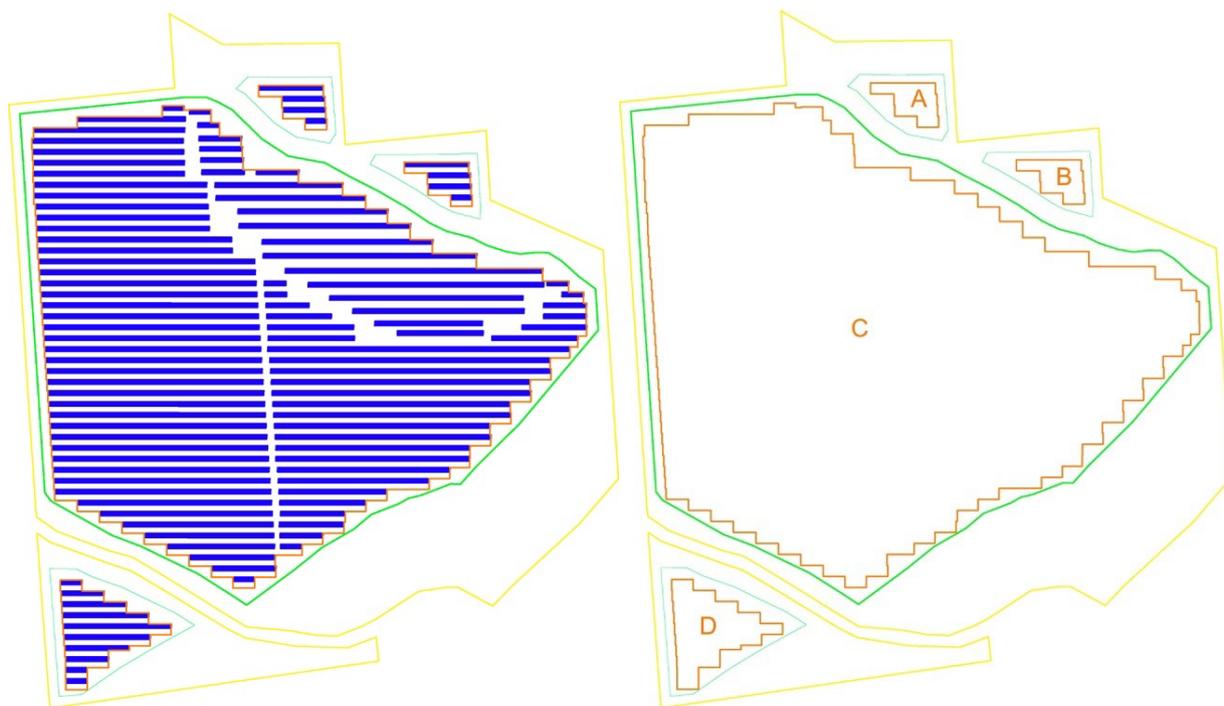
IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 48 di 56

## 9. Conformità del progetto alle Linee 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 impiegati per ogni tessera è stato moltiplicato per l'area proiettata del singolo modulo, coincidente con l'estensione del modulo stesso inclinato di 25° in quanto il progetto proposto prevede l'impiego di strutture fisse.
- **Superficie di un 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 dei moduli fissi inclinati di 25° e un offset a sud di ogni stringa pari al *gap*.
- **Superficie agricola:** per ciascuna tessera, l'area effettivamente utilizzata per l'attività agricola è stata calcolata sottraendo alla  $S_{tot}$  la superficie "agricola non utilizzabile" calcolata come la superficie che si ottiene moltiplicando la larghezza compresa tra il margine esterno sud dei pannelli e il limite nord delle strutture di supporto per la lunghezza di ciascuna stringa. L'attività agricola continuerà anche al di sotto del lato nord dei moduli, avendo impiegato strutture fisse con un pitch minimo a garantire il passaggio delle macchine agricole più ingombranti.
- L'impianto agrivoltaico proposto risulta composto da 4 distinte tessere, rappresentate in **Figura 30**, a seguire si riportano le valutazioni effettuate per ciascuna tessera.



**Figura 30.** Distribuzione spaziale delle tessere della proposta agrivoltaica

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 49 di 56

### 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 ciascuna tessera rientra nei valori indicati nelle linee guida. In **Tabella 7** si riportano le specifiche di ciascuna tessera.

**Tabella 7.** Calcoli per la verifica di conformità al Requisito A delle Linee Guida del MiTE

VOCE	TESSERA A	TESSERA B	TESSERA C	TESSERA D
Superficie vela fissa proiettata (2x16) (m2)	94,04	94,04	94,04	94,04
Superficie vela fissa proiettata (2x32) (m2)	188,08	188,08	188,08	188,08
Lunghezza vela fissa (2x16) (m)	21,18	21,18	21,18	21,18
Lunghezza vela fissa (2x32) (m)	42,36	42,36	42,36	42,36
N° stringhe (2x16)	2	2	46	6
N° stringhe (2x32)	3	3	304	10
Larghezza struttura di supporto (m)	0,20	0,20	0,20	0,20
Lunghezza Totale stringhe (m)	169,44	169,44	13851,72	550,68
Superficie totale moduli proiettati ( $S_{pv}$ ) (m2)	752,31	752,31	61501,64	2445,02
Superficie totale Tessera ( $S_{tot}$ ) (m2)	1893,28	1892,55	164990,39	6120,14
Superficie non Agricola Tessera (m2)	406,66	406,66	31209,24	1321,63
Superficie Agricola Tessera ( $S_{agr}$ ) (m2)	1486,62	1485,89	133781,15	4798,51
<b>A.1 Rapporto <math>S_{agricola} / S_{tot}</math> (m2)</b>	<b>78,5</b>	<b>78,5</b>	<b>81,1</b>	<b>78,4</b>
<b>A.2 LAOR %</b>	<b>39,7</b>	<b>39,7</b>	<b>37,3</b>	<b>39,9</b>

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

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

- Tessera A:  $S_{agricola}$  ha 0,1486, pari al **78,5%** della  $S_{tot}$  (ha 0,1893)
- Tessera B:  $S_{agricola}$  ha 0,1892, pari al **78,5%** della  $S_{tot}$  (ha 0,1892)
- Tessera C  $S_{agricola}$  ha 13,3781, pari al **81,1%** della  $S_{tot}$  (ha 16,499)
- Tessera D  $S_{agricola}$  ha 0,4798, pari al **78,4%** della  $S_{tot}$  (ha 0,6120)

**Si specifica inoltre che l'attività agricola continuerà su alcune superfici comprese nell'area recintata esterne alle superfici delle singole tessere.** L'area totale destinata all'attività primaria (vedasi **Capitolo 0**) continuerà su una superficie totale di **ha 16,03**.

- **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, 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 6.1** e più ampiamente indicate negli elaborati tecnici, garantirà il soddisfacimento di tale requisito.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 50 di 56

Nello specifico:

- $S_{pv}$  Tessera A  $m^2$  752,31 pari al **39,7%** della  $S_{tot}$  Tessera A (ha 0,1893)
- $S_{pv}$  Tessera B  $m^2$  752,31 pari al **39,7%** della  $S_{tot}$  Tessera B (ha 0,1892)
- $S_{pv}$  Tessera C  $m^2$  61501,64 pari al **37,3%** della  $S_{tot}$  Tessera C (ha 16,499)
- $S_{pv}$  Tessera D  $m^2$  2445,02 pari al **39,9%** della  $S_{tot}$  Tessera D (ha 0,4798)

Volendo quindi esprimere un unico valore di **LAOR medio** per l'impianto proposto risulta:

$$S_{pvTOT} = S_{pvA} + S_{pvB} + S_{pvC} + S_{pvD} = 65451,28 \text{ m}^2$$

$$S_{totTOT} = S_{totA} + S_{totB} + S_{totC} + S_{totD} = 174896,36 \text{ m}^2$$

**Land Area Occupation Ratio Medio= 37,4%**

**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 **230,87 €/ha**, inferiore al valore atteso di **322,35 €/ha** per i primi 4 anni successivi alla messa in opera dell'impianto agrivoltaico;
- **B.1.b Mantenimento dell'indirizzo produttivo o passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato:** il presente progetto garantirà il **mantenimento dell'indirizzo produttivo** attualmente in corso, ovvero la coltivazione di specie da granella in rotazione con specie leguminose, nonché un **aumento della redditività**;
- **B.2 Producibilità elettrica minima:** considerando che la produzione elettrica specifica dell'impianto agrivoltaico risulta pari a 23 GWh/anno, corrispondente a 1,12 GWh/ha/anno (considerando l'area recintata) e che un impianto ottimizzato per la produzione di energia elettrica (pitch 8,3 m) che utilizzi la stessa tecnologia può garantire una produttività di 30 GWh/anno (pari a 1,46 GWh/ha/anno sulla stessa superficie), il sistema proposto risulta in grado di garantire il **78%** di quella di un impianto fotovoltaico idealmente realizzabile sulla stessa area.

**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 l'utilizzo di un DSS e la redazione di una relazione tecnica asseverata da parte di un professionista abilitato.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 51 di 56

## 10. Conclusioni

Considerata la necessità urgente di produzione da fonti rinnovabili, il progetto agrivoltaico qui proposto si pone l'obiettivo di integrare il nuovo impianto fotovoltaico alla conduzione agricola in atto, perseguendo la massimizzazione dei benefici derivanti dalla sinergia delle due attività.

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

- assicurare continuità all'indirizzo produttivo in atto sull'appezzamento in oggetto (**coltivazione di specie da granella a ciclo autunno-vernino e leguminose foraggere**), nonché nell'areale di riferimento, adattandola al contesto progettuale dell'impianto agrivoltaico, attraverso una gestione orientata e maggiormente efficace del ciclo "agro-energetico";
- sfruttare positivamente le conoscenze esistenti che testimoniano come la presenza della componente energetica di progetto comporti spesso miglioramenti per le colture sottostanti in termini di riduzione della radiazione incidente, con conseguente riduzione dell'evapotraspirazione e quindi condizioni più favorevoli per lo sviluppo della coltura;
- garantire un ricavo dalla vendita dei prodotti agricoli, quali cereali da granella destinati alla trasformazione in semola e leguminose da foraggio destinate all'alimentazione degli animali da reddito, continuando la **vendita diretta sul mercato di riferimento** e non precludendosi la possibilità di poter sottoscrivere contratti di produzione per l'avvio di filiere a km 0;
- concretizzare il mutuo beneficio tra la componente agrivoltaica e l'ecosistema, in quanto le scelte agronomiche della rotazione colturale (mix di essenze mellifere quali sulla e trifoglio alessandrino) e l'inserimento delle misure di mitigazione paesaggistico-ambientali favoriranno il **mantenimento dell'equilibrio in termini di presenza dell'entomofauna** e fornirà **habitat naturali e riparo per altre specie animali** quali uccelli, roditori, rettili, ecc. (specie arboree ed arbustive delle fasce di mitigazione, nonché i pannelli stessi);
- migliorare l'attuale attività agricola, 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**.
- continuare a percepire il sostegno della PAC, vista la prosecuzione della pratica agricola in regime biologico (vedi **Capitolo 6.2.4**), come auspicato dal CREA nelle "Considerazioni connesse allo sviluppo del sistema agrivoltaico" per l'esame del D.L. 17/2022 prima della conversione in legge (vedere **Capitolo 3**).

**Come ampiamente 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 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'adozione di tecniche produttive e scelte colturali che garantiranno una redditività più alta rispetto allo stato di fatto;
- l'impiego di sistemi ed approcci volti al miglioramento della biodiversità del sito oggetto di intervento, quali l'utilizzo di specie mellifere ed il mantenimento del regime biologico, escludendo totalmente il ricorso a prodotti chimici di sintesi;

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 52 di 56

- l'impiego di sistemi ed approcci volti al miglioramento della qualità dei suoli, come il ricorso alla tecnica della semina su sodo e il mantenimento della copertura vegetale del 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 lavorazioni leggere e combinate, vedasi **Capitolo 6.2.3** e soluzioni tecnologiche di *precision farming* (vedasi **Capitolo 7**).

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

- a livello progettuale-realizzativo le opere sono state concepite senza l'uso di materiali cementizi e/o bituminosi, fatto salvo per i soli basamenti dei trasformatori e delle cabine di consegna e sezionamento che saranno rimossi a fine vita;
- l'impianto non sarà fonte di emissioni significative: 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. Il progetto prevede tuttavia che tale recinzione sia sollevata da terra di 20 cm per consentire la libera circolazione della fauna di piccola e media taglia;
- 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.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 53 di 56

## 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. (2018). Agrivoltaic system to optimise land use for electric energy production. *Applied Energy* 220: 545-561. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.081>
- Amendola, S., Maimone, F., Pelino, V., & Pasini, A. (2019). New records of monthly temperature extremes as a signal of climate change in Italy. *International Journal of Climatology*, 39: 2491-2503.
- 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.
- ANIE (2022). Position Paper Sistemi AGRO-FOTOVOLTAICI. – 18 maggio 2022 – a cura di ANIE Rinnovabili. <https://www.italiasolare.eu/wp-content/uploads/2022/03/AR-EF-IS-Position-Paper-Agrovoltaico.pdf>
- Armstrong A., Ostle N.J., Whitaker J. (2016). Solar Park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling. *Environ. Res. Lett.* 11 :074016
- 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
- Aruffo, E., & Di Carlo, P. (2019). Homogenization of instrumental time series of air temperature in Central Italy (1930–2015). *Climate Research*, 77: 193-204.
- Baldoni R., Giardini L., (2002a). *Coltivazioni erbacee, cereali e proteaginose*, Patron Editore
- Baldoni R., Giardini L., (2002b). *Coltivazioni erbacee, foraggere e tappeti erbosi*, Patron Editore
- Brunetti, M., Maugeri, M., & Nanni, T. (2006). Trends of the daily intensity of precipitation in Italy and teleconnections. *Il Nuovo Cimento*, 29 C (1): 105-116.
- Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F., & Nanni, T. (2004). Changes in daily precipitation frequency and distribution in Italy over the last 120 years. *Journal of Geophysical Research*, 109, D05102. doi:10.1029/2003JD004296.
- 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>.
- Fierotti, G., Dazzi, C., Raimondi, S. (1988). Carta dei suoli della Sicilia, Soil map of Sicily, scala 1:250.000. Regione Siciliana Assessorato Territorio ed Ambiente e Università degli Studi di Palermo Facoltà di Agraria Istituto di Agronomia Generale Cattedra di pedologia, Palermo, pp. 5-15.
- Fioravanti, G., Piervitali, E. & Desiato, F. (2016). Recent changes of temperature extremes over Italy: an index-based analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 123: 473–486.
- 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>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 54 di 56

Goetzberger A.; Zastrow A (1982), On the Coexistence of Solar-Energy Conversion and Plant Cultivation. Int. J. Sol. 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](https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/Rapporto%20Statistico%20GSE%20-%20FER%202020.pdf)

Hassanpour Adeg E, 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>.

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.

ISTAT (2017). 6° CENSIMENTO GENERALE DELL'AGRICOLTURA IN SICILIA - Risultati definitivi. [https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0\\_censimento\\_agricoltura\\_in\\_Sicilia\\_Risultati\\_definitivi.pdf](https://www.istat.it/it/files//2012/12/6%C2%B0_censimento_agricoltura_in_Sicilia_Risultati_definitivi.pdf)

Kottek, M., Grueser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 15 (3), pp. 259-263.

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

Mancini F.; Nastasi B. (2020) Solar energy data analytics: PV deployment and land use. Energies 13, 417.

Marrou H., Guilioni 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

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](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

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

Todeschini, S. (2012). Trends in long daily rainfall series of Lombardia (northern Italy) affecting urban storm water control. International Journal of Climatology, 32: 900–919.

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). 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>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MONREALE"				
VIA10	Relazione Agronomica	rev 00	16.09.2022	Pagina 55 di 56

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>