



REGIONE: SICILIA	PROVINCIA: PALERMO
----------------------------	------------------------------

COMUNI: MEZZOJUSO, CAMPOFELICE DI FITALIA, CIMINNA	LOCALITA': C/da Farra, C/da Fondacazzo, C/da Pizzo Mezzaluna. C/da Porrazzi
--	--

TIPO PROGETTO: PD	OGGETTO: Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaico denominato 'Agrovoltaico Mezzojuso' per la produzione di energia elettrica con una potenza installata di 57,56 MW, potenza di immissione di 50,00 MW e potenza del sistema di accumulo di 10 MW, per la produzione agricola di beni e servizi oltre alle opere connesse e alle infrastrutture indispensabili nelle aree identificate nei comuni di Mezzojuso (PA), Campofelice di Fitalia (PA) e Ciminna (PA).
-----------------------------	---



TAVOLA N.: RE02.008	IMPIANTO: AGROFOTOVOLTAICO MEZZOJUSO	SCALA
	ELABORATO: RELAZIONE TECNICA AGRONOMICA	COD. DOC. REV.

PROPONENTE: FRI-ELSUN	RESPONSABILE: <i>Timbro e Firma</i>	APPROVATO DA: <i>Timbro e Firma</i>
---------------------------------	--	--

PROGETTISTA 	DIRETTORE TECNICO: ARCH: FRANCESCO LAUDICINA <i>Timbro e Firma</i>	REDATTO DA:
-----------------	---	-----------------

REV.	DATA	REDATTO	DESCRIZIONE
0			
1			
2			
3			

Ordine Nazionale dei Biologi
 Sez. A - N. AA. 083791
 Dott. Salvatore Gambia
Salvatore Gambia

RELAZIONE TECNICO-AGRONOMICA
IMPIANTO DI MEZZOJUSO (PA)

INDICE

1	PREMESSE	2
2	INFORMAZIONI TERRITORIALI	3
3	CONTESTO NORMATIVO E LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DEGLI IMPIANTI AGRO-FOTOVOLTAICI IN ITALIA	5
4	CARATTERISTICHE GENERALI DEL PROGETTO	7
5	LE COMPONENTI ECO-AGRONOMICHE DEL PROGETTO	8
	5.1 CONSIDERAZIONI GENERALI.....	8
	5.2 PRINCIPALI ASPETTI CONSIDERATI NELLA DEFINIZIONE DEL PIANO COLTURALE.....	10
6	PIANO COLTURALE	15
	6.1 COLTURE PRATICATE NEGLI SPAZI TRA LE INTERFILE E AL DI SOTTO DEI MODULI	12
	6.2 PIANO COLTURALE DELLE SUPERFICI AGRICOLE ESTERNE ALL'IMPIANTO	19
	6.3 CONSIDERAZIONI SULLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE ED ECONOMICA DELLE ATTIVITÀ AGRICOLE	20
	6.4 CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ AGRICOLE	23
7	APICOLTURA	24
8	MODALITÀ DI UTILIZZO E GESTIONE DEL SOPRA-SUOLO NELLE PRIME FASI DELL'IMPIANTO	26
9	MODALITÀ DI GESTIONE DELLE OPERE A VERDE	27
10	SISTEMI DI MONITORAGGIO DEL PARCO AGRO-FOTOVOLTAICO	28
11	CONCLUSIONI	31

1 PREMESSE

La presente relazione tecnico-agronomica fornisce gli elementi essenziali e necessari per connettere l'attività agricola a quella della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili.

L'impianto in progetto prevede l'installazione a terra, su un'area agricola di estensione totale di circa **95,81 Ha**, di un impianto Eco-Agro-Fotovoltaico in cui l'area destinata all'impianto fotovoltaico sarà di circa **26,90Ha**.

Si deduce che la superficie massima occupata dei moduli fotovoltaici si attesta al 27% della superficie catastale disponibile. Il restante 73 % sarà destinato a fasce arboree, agricoltura biologica, agricoltura a perdere, maggese, etc.). Sono previsti inoltre la presenza di pascoli apiferi e di pascoli di greggi non stanziali.

Un impianto Eco-Agro-Fotovoltaico è un sistema di nuova concezione che partendo dalle previsioni dell'Agro-Fotovoltaico aggiunge una maggiore attenzione alla tutela e alla valorizzazione del sistema Ecologico nel quale l'opera si inserisce. La soluzione progettuale proposta muove dal concetto che gli impianti fotovoltaici oltre che apportare benefici in termini di riduzione di emissioni di CO2 debbano favorire lo sviluppo del territorio con attenzione non solo ai benefici sociali o al coinvolgimento delle imprese locali, ma anche contribuendo al mantenimento delle pratiche agricole sostenibili, alla conservazione degli ecosistemi.

Il sistema Eco-Agro-Fotovoltaico punta ad una condivisione di spazi tra il fotovoltaico, l'agricoltura e gli ecosistemi che interessano l'area di impianto in modo che le diverse componenti siano compatibili fra esse con reciproci vantaggi in termini di produzione di energia, tutela ambientale, conservazione della biodiversità e mantenimento dei suoli.

La realizzazione dei progetti Eco-Agro-Fotovoltaici consente l'aumento della biodiversità dell'areale con la creazione di fasce arbustive ed aree coltivate che costituiscono nuovi habitat, ideali, in particolare, per la riproduzione e l'alimentazione dell'avifauna. Lo sviluppo di un parco Eco-Agro-Fotovoltaico include interventi di impianto e conservazione delle colture autoctone, erbacee e arboree, al fine di contrastare gli effetti erosivi e di desertificazione che si verificano, di norma, nei terreni incolti utilizzati per le consuete configurazioni di impianti fotovoltaici.

Il sistema Eco-Agro-Fotovoltaico ingloba al suo interno un'attenzione particolare verso la tutela dell'ambiente che circonda l'area dell'impianto prevedendo una serie di attività finalizzate a un miglioramento delle diverse componenti ecologiche, evitando alterazioni nell'area individuata per la realizzazione del progetto e in quella circostante.

In particolare, viene posta una maggiore attenzione alla tutela degli Habitat presenti, nonché alla loro ricostruzione, tramite una maggiore attenzione alla flora e alla fauna presenti, anche attraverso l'implementazione di tecniche di schermatura dell'impianto dai diversi punti di vista.

In quest'ottica, sono state quindi previste aree con agricoltura a perdere, ovvero finalizzate esclusivamente al mantenimento di alcune specie della fauna locale intervallate con attività agricole tradizionali.

2 INFORMAZIONI TERRITORIALI

La superficie complessiva dei terreni oggetto dei suddetti contratti è pari a 95 Ha, 81 are. I terreni ricadono tutti nel comune di Mezzojuso (PA) e Campofelice di Fitalia (PA). Le superfici in esame sono localizzate su un'area collinare con un'inclinazione più o meno accentuata, nell'entroterra della Sicilia nord-occidentale. I terreni risultano in parte utilizzati per attività agricole e prevalgono varie colture, quali seminativi, oliveti, mandorleti e foraggere. Inoltre vaste aree sono incolte o destinate al pascolo ovino.



Figura 1. Localizzazione impianto

Si specifica che l'area dell'impianto non ricomprende terreni caratterizzati da produzioni agro-alimentari di qualità (produzioni biologiche, produzioni D.O.P., I.G.P., S.T.G., D.O.C., D.O.C.G., produzioni tradizionali) e/o di particolare pregio rispetto al contesto paesaggistico-culturale. L'inserimento dell'opera e il suo esercizio non compromettono o interferiscono negativamente con le finalità perseguite dalle disposizioni in materia di sostegno nel settore agricolo, con particolare riferimento alla valorizzazione delle tradizioni agroalimentari locali, alla tutela della biodiversità, così come del patrimonio culturale e del paesaggio rurale. Anzi come meglio specificato in questa relazione agronomica la realizzazione dell'impianto favorirà la biodiversità e un miglioramento generale del valore ecologico dell'area.



Figura 2. Coltivi ed incolti



Figura 3. Aree utilizzate per la coltivazione del grano

3 CONTESTO NORMATIVO E LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DEGLI IMPIANTI AGRO-FOTOVOLTAICI IN ITALIA

I sistemi agro-fotovoltaici rappresentano un approccio innovativo nel combinare il solare fotovoltaico (FV) con la produzione agricola e/o l'allevamento zootecnico e per il recupero delle aree marginali. Nel dettaglio, gli impianti agro-fotovoltaici dal punto di vista normativo sono definiti come impianti che “adottino soluzioni integrative innovative con montaggio di 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”. Infatti, l'articolo 31 del D.L. 77/2021, come convertito con la recentissima L. 108/2021, anche definita governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure, ha introdotto, al comma 5, una definizione di impianto agro-fotovoltaico, per le sue caratteristiche utili a coniugare la produzione agricola con la produzione di energia green, è ammesso a beneficiare delle premialità statali. Inoltre, sempre ai sensi della su citata legge, gli impianti devono essere dotati di sistemi di monitoraggio 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.

Recentemente, Colantoni et al. (2021) hanno pubblicato le linee guida per la realizzazione dei parchi agro-fotovoltaici in Italia, utili come supporto tecnico per la scelta della coltura e/o del sistema di allevamento in funzione del design impiantistico dell'impianto fotovoltaico. La produzione integrata di energia rinnovabile e sostenibile con le coltivazioni o gli allevamenti zootecnici deve avere come obiettivi l'ottimizzazione della produzione, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo e nel rispetto dell'ambiente, incrementare l'occupazione, produrre energia rinnovabile e proporre bassi costi energetici per gli utenti finali.

Il presupposto fondamentale per la realizzazione di un impianto AFV è una descrizione particolareggiata del sito che comprenda la descrizione del terreno (agricolo, industriale, cave dismesse, discariche, ecc.), la superficie e la tipologia di copertura vegetale, la pendenza, il tipo di esposizione ai raggi solari, la presenza di vincoli. In secondo luogo è necessario un design sperimentale, dove andranno scelte le colture in relazione agli aspetti ambientali, economici, territoriali e sociali. Inoltre in base alla tipologia dei pannelli fotovoltaici si potrà definire un piano di coltura specifico. Un'attenta valutazione del reddito aggiuntivo derivante dal fotovoltaico potrebbe consentire un miglioramento nella compatibilità tra il territorio e la sostenibilità ambientale. Ulteriori parametri da prendere in considerazione per la scelta delle colture sono la natura del suolo, la quantità di radiazione solare disponibile, l'altezza della coltura, la stagionalità dell'attività fotosintetica e altri aspetti legati alla tipologia dell'impianto. Sulla base di questi aspetti sono state definite delle coltivazioni che risultano più adatte in base alla loro tolleranza alla copertura da parte di pannelli fotovoltaici.

Per quanto riguarda la gestione delle attività agricole all'interno dell'impianto, è previsto il mantenimento di terreni a vocazione agricola (oltre l'80% del terreno continuerà ad essere utilizzato per scopi agricoli), l'utilizzo di tecnologie innovative, il coinvolgimento e partecipazione di soggetti esterni, la valutazione dello stress biotico per le api dovuto alla presenza di campi elettromagnetici, l'acquisto di attrezzature e macchinari in base alla coltura e il monitoraggio mensile della coltura a supporto del sistema decisionale ai fini di una corretta gestione colturale. Infine è prevista l'applicazione di alcune tecniche di monitoraggio nei siti agro-fotovoltaici. In particolare le tecniche in situ prevedono il monitoraggio del consumo di acqua, il consumo energetico per unità di prodotto (applicazione del LCA, Life Cycle Assessment), la misurazione dell'albedo, la valutazione dell'ombreggiatura, il benessere degli animali, la valutazione della mortalità delle api. Inoltre alcuni indicatori chiave di presentazione

noti come KPIs (Key Performance Indicators), dovranno essere presi in considerazione. Essi rappresentano l'indice dell'andamento e della fattibilità del processo. Tra questi si possono citare: la preferenza dei consumatori per i prodotti nazionali, l'eventuale applicazione della certificazione biologica delle produzioni, la tradizione di alcune produzioni locali, la tutela delle colture floristiche e risorse autoctone e/o endemiche, con particolare attenzione all'individuazione degli ecotipi locali che possono costituire in termini di adattamenti morfo-funzionali e presenza di principi attivi, risorsa di grande interesse agronomico, vivaistico e nutraceutico, la conservazione di un patrimonio culturale comprendente storia, costumi, tradizioni che costituiscono un insieme di risorse, la gestione e manutenzione della riduzione dei costi, la valorizzazione economica della superficie libera, la maggiore integrazione nel territorio, l'aumento dei posti di lavoro, l'integrazione del reddito agricolo, la diversificazione dei prodotti agricoli, la modernizzazione delle metodologie e delle tecnologie, lo sviluppo sostenibile, il basso impatto ambientale e l'opportunità economica sul territorio

Dal punto di vista economico uno degli obiettivi dell'installazione degli impianti AFV sarà la creazione di nuovi posti di lavoro. Inoltre la minore o nulla competizione di utilizzo del suolo tra agricoltura ed impianti fotovoltaici permette di ottenere contemporaneamente produzioni e redditi diversificati sullo stesso appezzamento di terreno.

4 CARATTERISTICHE GENERALI DEL PROGETTO

La realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico è prevista in terreni agricoli ubicati interamente nel comune di Mezzojuso e Campofelice di Fitalia e Ciminna (provincia di Palermo), , in località C/da Farra, C/da Fondacazzo, C/da Pizzo Mezzaluna. C/da Porrizzi, e coincidono con dei versanti collinari, per una superficie complessiva pari a circa **95,81 Ha**, con modeste incisioni. Il sito è inserito in un contesto rurale.

Schematicamente, l'impianto fotovoltaico è caratterizzato dai seguenti elementi:

- Unità di generazione costituita da stringhe da n.24 moduli ciascuna ed un numero totale di stringhe di 4.100, per un totale di 98.400 moduli.
- N° 248 unità di conversione (Smart String Inverter), con potenza nominale da 215 kVA dove avviene la conversione CC/CA e l'elevazione a 30 kV o in alternativa N° 12 unità di conversione (Power Station con n.1 inverter e relativo trasformatore elevatore), con potenza nominale da 4.600 kVA (possibilità di limitazione di potenza per rispettare il vincolo di 50 MW al punto di immissione alla rete), dove avviene la conversione CC/CA e l'elevazione a 30 kV;
- N° 25 cabine di campo prefabbricate/shelter;
- N° 6 cabine di raccolta MT
- N° 13 Edificio Magazzino/Sala Controllo;
- N° 1 Stazione di Trasformazione 30/150 kV e relativo collegamento alla RTN (si faccia riferimento al progetto definitivo dell'Impianto di Utenza);
- Impianto elettrico, costituito da:
 - Una rete di distribuzione dell'energia elettrica in MT in elettrodotto interrato costituito da cavi a 30 kV per la connessione delle unità di conversione (Power Station) alla Stazione di Trasformazione MT/AT;
 - Una rete telematica interna di monitoraggio in fibra ottica e/o RS485 per il controllo dell'impianto fotovoltaico (parametri elettrici relativi alla generazione di energia e controllo delle strutture tracker) e trasmissione dati via modem o via satellite;
 - Una rete elettrica interna a bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari di centrale (controllo, sicurezza, illuminazione, TVCC, forza motrice ecc.) e dei trackers (motore di azionamento).

Opere civili di servizio, costituite principalmente da basamenti cabine/power station, edifici prefabbricati, opere di viabilità, posa cavi, recinzione

5 LE COMPONENTI ECO-AGRONOMICHE DEL PROGETTO

5.1 Considerazioni generali

Lo scopo del presente studio è quello di definire una soluzione idonea a promuovere l'attività agricola, connessa con gli ecosistemi, nel parco eco-agro-fotovoltaico al fine di definire un corretto inserimento paesaggistico e ambientale dell'impianto con lo scopo, attraverso la messa a dimora di specie vegetali autoctone, di mantenere e/o creare le condizioni ideali per il ripristino degli ecosistemi agricoli, fondamentali anche per la conservazione di diversi gruppi faunistici. Infatti, l'attività agricola condotta con metodi non intensivi, e quindi con un equilibrio dinamico dell'agro-ecosistema, daranno luogo ad una riqualificazione degli habitat con il conseguente aumento della biodiversità del sito.

Le attività che si intendono mettere in campo sono finalizzate ad attività agricola di tipo organico senza utilizzo di sostanze chimiche di sintesi che, come è ormai noto, tendono ad impoverire gli ecosistemi con pesanti ripercussioni sulla biodiversità del sito.

Oltre ad una attenta gestione dei prodotti agricoli di sintesi, esclusi dalla gestione del sito, il progetto prevede l'uso e l'implementazione della pratica della coltivazione a perdere, attività agricole di sostegno della fauna tipica di questi ambienti con particolare riferimento a quella avifaunistica.

Il progetto ha l'obiettivo di garantire una soluzione che permetta la produzione di energia elettrica attraverso un campo fotovoltaico, senza sottrarre suolo alla produzione agricola e, allo stesso tempo, sottrarre lo stesso suolo allo sfruttamento agricolo intensivo (interventi con sostanze chimiche ripetute, monosuccessioni che annientano la fertilità del suolo e compromettono gravemente la sussistenza di agro-ecosistemi dinamici). In tale modo si potrà favorire la biodiversità degli ambienti agricoli sottoposta negli ultimi decenni a un forte depauperamento a favore di produzioni sempre meno sostenibili per l'ambiente.

Rispetto alla situazione preesistente, l'area potrà avere una maggiore eterogeneità ambientale e paradossalmente potrà avere un miglioramento nelle condizioni di biodiversità vegetale e animale. Infatti si potrà così incentivare l'insediamento della fauna invertebrata e vertebrata, garantendo un conseguente beneficio per l'instaurarsi di condizioni ambientali meno degradate.

Nondimeno, in apparenza la realizzazione di un parco fotovoltaico può risultare piuttosto come un elemento che impoverisce l'ecosistema anziché arricchire il territorio e l'ambiente. Tuttavia le misure di mitigazione e di gestione proposte nel presente progetto potranno avere i risultati precedentemente esposti se correttamente applicate.

Risulta utile sottolineare che l'intera area di pertinenza corrisponde a **95,81 Ha**, i cui moduli occupano una superficie massima di circa **26,90Ha**. Si deduce che la superficie massima occupata dai moduli fotovoltaici si attesta al 28% della superficie catastale disponibile. Il restante 72% invece, sarà sfruttato per la produzione di agricoltura biologica, agricoltura a perdere e di conservazione di ecosistemi. Un adeguato piano di monitoraggio potrà dunque offrire risultati significativi per la componente ambientale nel lungo periodo.

Nel caso specifico il progetto mira alla sostenibilità agro-ambientale e pedologica, in quanto l'energia elettrica sarà prodotta da fonti rinnovabili e contemporaneamente verrà incentivato il ripristino degli habitat floro-faunistici grazie ad una serie di interventi di seguito dettagliatamente descritti.

5.1.1 Aspetti e requisiti considerati in fase progettuale

- **REQUISITO A:** l'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico" in quanto almeno il 70% della superficie è destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA).
- **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. Si garantisce la continuità dell'attività agricola avente la producibilità elettrica "minima garantita" pari o superiore al 60% di quanto un impianto fotovoltaico standard di pari tecnologia, età, e nella medesima località produrrebbe annualmente.
- **REQUISITO C:** l'impianto Agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, in quanto il sistema Agrivoltaico è progettato con moduli che hanno altezza da terra variabile, la cui media dell'altezza è pari o superiore a 210cm dal piano di campagna, in modo da consentire che la coltivazione avvenga sia tra le file dei moduli fotovoltaici, che anche al di sotto di essi.
- **REQUISITI D ed E:** i sistemi di monitoraggio sono stati inclusi nella progettazione del sistema Agrivoltaico, e sono garantiti dal monitoraggio continuo affidato all'Azienda Agricola; tali parametri sono fondamentali nel monitoraggio della continuità agricola e monitoraggio del rendimento dell'impianto stesso.

In particolare il progetto Agrivoltaico prevede che l'azienda agricola utilizzi esclusivamente colture in asciutta, quindi si monitoreranno periodicamente gli indici che evidenziano un miglioramento conseguente la diminuzione dell'evapotraspirazione dovuta all'ombreggiamento causato dai sistemi Agrivoltaici.

Nelle aziende non irrigue il monitoraggio costante di questo elemento non è richiesto.

5.1.2 Dettaglio dei requisiti

REQUISITO A: Il sistema agrivoltaico da noi progettato rispetta il **REQUISITO A** e in rientra nella definizione di "agrivoltaico" in quanto almeno il 91% della superficie è destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA).

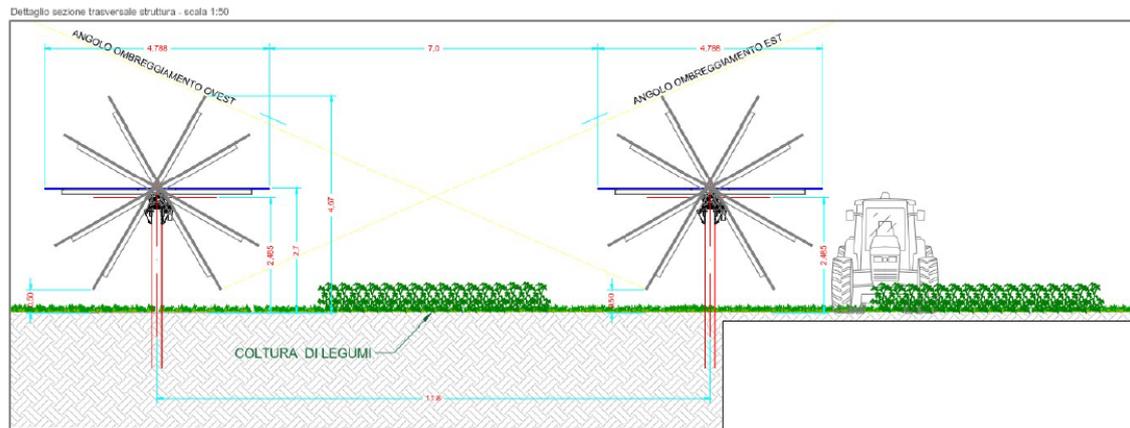
SAU (Superficie Agricola Utilizzata):	872.900 mq
Superficie di un sistema agrivoltaico (S_{tot}):	958.100 mq
A - Superficie destinata all'attività agricola (SAU / S_{tot}):	0.91

REQUISITO B.1 Continuità dell'attività agricola: Il sistema progettato rientra nella definizione di "agrivoltaico" nel rispetto del **REQUISITO B.1** in quanto il progetto verrà realizzato da Fri-el Sun e da Società Agricola tramite apposita collaborazione in rispondenza, adeguatamente, ai requisiti di idoneità che saranno meglio definiti dalle Leggi e Norme di futura emanazione.

REQUISITO B.2 Producibilità elettrica minima: Il sistema agrivoltaico da noi progettato rispetta il **REQUISITO B.2** e in rientra nella definizione di "agrivoltaico" in quanto in producibilità elettrica minima garantita superiore al 68%.

Producibilità elettrica specifica di riferimento (FV_{agri}):	1.142GWh/ha/anno
Producibilità elettrica specifica di riferimento ($FV_{standard}$):	1.675GWh/ha/anno
B.2 - Producibilità elettrica garantita ($FV_{agri} / FV_{standard}$):	0.68

REQUISITO C: l'impianto agrivoltaico progettato prevede moduli elevati da terra, la cui altezza media è pari o superiore a 210cm dal piano di campagna, in maniera tale da consentire che la coltivazione avvenga sia tra le file dei moduli fotovoltaici che anche al di sotto di essi. La soluzione prevista rientra dunque nel TIPO 1 secondo le linee guida rilasciate dal MITE, poichè l'altezza minima dei moduli può consentire la continuità delle attività agricole anche sotto ai moduli fotovoltaici, garantendo un doppio uso del suolo ed una integrazione massima tra l'impianto agrivoltaico e la coltura.



I principali miglioramenti agronomici forniti della pratica dell'agrivoltaico sono rappresentati dai seguenti aspetti:

1. **RIDOTTA ESPOSIZIONE AL SOLE ED EVENTI METEOROLOGICI ESTREMI.** Sebbene i pannelli creino ombra per le colture, numerose specie di piante richiedono solo una frazione della luce solare incidente per raggiungere il loro tasso massimo di fotosintesi. Al contrario troppa luce solare potrebbe ostacolare la crescita della piante e causare una riduzione del raccolto. La copertura fornita dai pannelli inoltre può fornire protezione da eventi meteorologici estremi, come piogge torrenziali o forti venti, che rischiano di diventare sempre più frequenti con i cambiamenti climatici.
2. **UMIDITÀ E TEMPERATURA DEL SUOLO.** Seppure apparentemente i pannelli possano ridurre la quantità di acqua piovana che raggiunge il terreno posto al di sotto degli stessi, vanno considerati alcuni aspetti. Inanzitutto in caso di forti precipitazioni, soprattutto se associate a forti venti, anche le superfici sotto i pannelli saranno raggiunte dall'acqua. In secondo luogo i fenomeni di naturale ruscellamento dell'acqua nel suolo garantirà l'umidificazione delle superfici sotto i pannelli. Inoltre l'ombra fornita dai pannelli solari riduce l'evaporazione dell'acqua e aumenta di conseguenza l'umidità del suolo (particolarmente vantaggiosa in ambienti caldi e secchi come quelli tipici delle aree mediterranee). A seconda dell'intensità dell'ombra, è stato osservato un risparmio idrico del 14-29%. L'ombra garantisce un abbassamento della temperatura del suolo durante il periodo estivo. Riducendo l'evaporazione dell'acqua, i pannelli solari riducono anche l'erosione del suolo.
3. **TEMPERATURA AMBIENTE.** Più bassa è l'altezza della struttura che sostiene i pannelli, più pronunciato il microclima che viene a crearsi al di sotto degli stessi. Gli studi presenti in letteratura indicano che la temperatura dell'aria giornaliera sotto i pannelli può variare a seconda della posizione e della tecnologia utilizzata.

REQUISITI D ed E: In particolare il progetto prevede dei sistemi di monitoraggio del sistema Agrivoltaico affidati all'Azienda Agricola attraverso sensori agrometeorologici professionali, DSS

(Sistemi di Supporto alle Decisioni) e modelli previsionali per la difesa e il monitoraggio dell'irrigazione, adatto a diminuire i costi di produzione ed aumentare la rese delle proprie colture.

Una corretta gestione dell'irrigazione diventa sempre più importante ad ogni nuova stagione. L'evoluzione dei sistemi di irrigazione, dai classici sistemi a pioggia ai moderni impianti a goccia, fino alla sub-irrigazione, richiede di disporre di strumenti altrettanto evoluti per conoscere l'effettivo fabbisogno idrico e valutare le migliori strategie per il risparmio di acqua nell'irrigazione. L'impiego dei sensori meteo-climatici consente di ottenere in modo chiaro e semplice i dati di evapotraspirazione (ETP) relativi alle colture e di ottenere quindi il fabbisogno idrico effettivamente necessario (*litri per metro quadro, o millimetri di pioggia equivalenti*).

Le sonde di umidità del suolo, adatte senza calibrazione ad ogni tipo di terreno e posizionabili nei vari settori irrigui tramite unità wireless a batteria, forniscono una misura immediata sul contenuto di acqua a livello dell'apparato radicale.

Il monitoraggio mette in campo una serie di dispositivi in grado di misurare numerosi dati necessari al calcolo delle previsioni. In particolare, gli obiettivi di questa tecnologia sono:

- prevedere le avversità per intervenire tempestivamente, nella maniera corretta e più indicata in base all'agente patogeno o fitofago;
- evitare trattamenti inutili o addirittura dannosi;
- verificare la reale necessità idrica della pianta restituendo solo lo stretto indispensabile;
- integrare i sistemi di irrigazione tramite le apposite stazioni;
- mantenere il corretto microclima a vari livelli per il massimo sviluppo colturale;
- ottimizzare i consumi e ridurre gli sprechi (trattamenti, irrigazione, ecc.);
- garantire la massima produttività e qualità del prodotto finale.
- migliorare la produzione di energia rinnovabile

Attualmente le pratiche agricole di tipo intensivo hanno avuto come conseguenza la perdita di biodiversità in questi ambienti.

Inoltre la semplificazione degli agro-ecosistemi è un processo ormai innescato nella gran parte delle aree ad indirizzo agricolo produttivo. Pertanto è necessario incentivare la diversificazione degli ecosistemi in quanto l'attuale tipologia di gestione del territorio porterà inesorabilmente alla desertificazione dei suoli e quindi alla perdita di produttività dello stesso.

Per questi motivi, la realizzazione di un parco eco-agro-fotovoltaico basato sulla gestione ecologica e sostenibile delle coltivazioni, consentirà alla vegetazione spontanea di insediarsi e svilupparsi liberamente al di sotto dei moduli, favorendo così l'insediamento delle tipiche componenti faunistiche del sito contribuendo alla conservazione delle specie ornamentali, oggi negativamente influenzate a seguito dell'agricoltura intensiva praticata nell'area in oggetto.

L'aumento di fertilità del suolo avrà come risultato diretto l'incremento di biodiversità dell'area.

Il processo di rinaturalizzazione dell'area condurrà alla formazione di un "serbatoio", capace di implementare la variabilità genetica e di creare dei corridoi di "comunicazione" tra ecosistemi vicini per favorire lo spostamento e l'interazione della flora e della fauna del territorio.

Questi processi saranno incentivati da una prima semina in miscuglio di specie erbacee autoctone che necessita, oltretutto, di bassi costi di gestione e conferisce un alto valore estetico e ambientale.

Tanto è vero che negli ultimi anni questi ecosistemi complessi stanno suscitando molto interesse motivato proprio dalla minaccia della progressiva riduzione e scomparsa della biodiversità.

La dinamica ecologica delle associazioni vegetali erbacee è legata alla fertilità del suolo, intesa come contenuto di azoto, il cui aumento a seguito di monosuccessioni e concimazioni diminuisce la biodiversità ed a fattori di stress e disturbo che influenzano la presenza-assenza di specie.

Le piante erbacee si prestano ad un insediamento rapido, sono in grado di coprire il suolo in un lasso di tempo breve e, se seminate nella stagione autunnale, non richiedono irrigazioni di soccorso. Alcuni miscugli si adattano alla coltivazione su suoli di scarsa qualità, in condizioni di bassa manutenzione e assenza di apporti nutritivi e/o idrici; ciò comporta una diminuzione dei costi di gestione e il raggiungimento di una manutenzione sostenibile.

Tali piante, sempre utilizzate in miscuglio, non solo aggiungono, rispetto ai tappeti erbosi tradizionali monofitici o costituiti da sole graminacee, una policromia spaziale e stagionale, ma contribuiscono ad esaltare la biodiversità per la loro capacità di favorire l'insediamento spontaneo di altre piante autoctone e di attirare uccelli, farfalle e altri insetti oltre le api per la produzione costante di miele.

Il suolo presenta un'ottima dotazione di macro e micro elementi necessari allo sviluppo vegetativo delle piante; complessivamente siamo in presenza di terreni con una buona potenzialità agronomica.

La natura del suolo può considerarsi tendente al medio - impasto con una buona dotazione di sostanze umifere e calcaree.

Per favorire ulteriormente questo processo è opportuno, nei primi anni dell'installazione dell'impianto fotovoltaico, lavorare opportunamente il terreno e apportare ammendanti che possano quanto meno favorire la fertilità del suolo. Questo infatti essendo stato utilizzato per anni in agricoltura intensiva e specializzata ad uso cerealicolo, necessita un apporto di mix di semi di colture tipiche di quella zona, di colture azotofissatrici e di colture che possano favorire la vita di insetti utili all'impollinazione entomofila.

Il progetto prevede l'installazione di una fascia arboreo-arbustiva perimetrale di rispetto di 10 m che fungerà sia da schermatura visiva che da connessione tra gli ecosistemi, in queste aree saranno impiantate specie tipiche del paesaggio agricolo locali quali ulivi, mandorli e pistacchi, mentre lo strato arbustivo potrà essere realizzato con specie arbustive della macchia, quali *Myrtus communis* e *Pistacia lentiscus*. In prossimità degli affioramenti rocciosi con residui di vegetazione di macchia si potranno piantumare specie autoctone, quali *Euphorbia dendroides*, *Olea europaea* subsp. *sylvestris* e *Anagyris foetida*. Il reperimento di queste essenze potrà essere effettuato in vivai forestali specializzati, preferibilmente presenti nell'arco di meno di 50-100 km dall'area.

5.2 Principali aspetti considerati nella definizione del piano colturale

Coltivare in spazi limitati è sempre stata una problematica da affrontare in agricoltura: tutte le colture arboree, ortive ed arbustive sono sempre state praticate seguendo schemi volti all'ottimizzazione della produzione sugli spazi a disposizione, indipendentemente dall'estensione degli appezzamenti; in altri casi, le forti pendenze costringono a realizzare terrazzamenti anche piuttosto stretti per impiantare colture arboree. Di conseguenza, sono sempre stati compiuti (e si continuano a compiere tutt'ora) studi sui migliori sestri d'impianto e sulla progettazione e lo sviluppo di mezzi meccanici che vi possano accedere agevolmente. Le problematiche relative alla pratica agricola negli spazi lasciati liberi dall'impianto fotovoltaico sono sostanzialmente assimilabili a quelle che si potrebbero riscontrare sulla fila e tra le file di un moderno arboreto. Di seguito vengono affrontate in maniera più approfondita le varie problematiche:

a) Per il progetto dell'impianto agro-fotovoltaico in esame, considerate le dimensioni relativamente ampie dell'interfila tra le strutture, tutte le lavorazioni del suolo, nella parte centrale dell'interfila, possono essere compiute tramite macchine operatrici convenzionali senza particolari problemi. A ridosso delle strutture di sostegno risulta invece necessario mantenere costantemente il terreno libero da infestanti mediante lavorazioni meccaniche del terreno, avvalendosi ad esempio della fresa interceppo, evitando invece il diserbo chimico che comporta gravi problemi ecologici e di impatto ambientale.

b) Trattandosi di terreni già regolarmente coltivati, non vi sarà la necessità di compiere importanti trasformazioni idraulico-agrarie. Nel caso dell'impianto di ulivi e mandorli sulla fascia perimetrale, si potrà effettuare una concimazione di fondo, con stallatico pellettato in quantità comprese tra i 30,00 e i 40,00 q/ha. Questo potrà garantire un notevole apporto di sostanza organica al suolo che influirà sulla buona riuscita dell'impianto arboreo. Per quanto concerne le lavorazioni periodiche del terreno dell'interfila, quali aratura, erpicatura o rullatura, queste vengono generalmente effettuate con mezzi che presentano un'altezza da terra molto ridotta, pertanto potranno essere utilizzate varie macchine operatrici presenti in commercio senza particolari difficoltà, in quanto ne esistono di tutte le larghezze e per tutte le potenze meccaniche. Le lavorazioni periodiche del suolo, in base agli attuali orientamenti, è consigliabile che si effettuino a profondità non superiori a 40,00 cm.

c) L'esposizione diretta ai raggi del sole è fondamentale per la buona riuscita di qualsiasi produzione agricola. L'impianto in progetto, ad inseguimento mono-assiale, di fatto mantiene l'orientamento dei moduli in posizione perpendicolare a quella dei raggi solari, proiettando delle ombre sull'interfila che saranno tanto più ampie quanto più basso sarà il sole all'orizzonte. Di conseguenza nel periodo autunno-vernino, in considerazione della minor altezza del sole all'orizzonte e della brevità del periodo di illuminazione, le ore luce risulteranno piuttosto basse. A questo bisogna aggiungere anche una minore quantità di radiazione diretta per via della maggiore nuvolosità media che si manifesta nel periodo invernale. Pertanto è opportuno praticare prevalentemente colture che svolgano il ciclo riproduttivo e la maturazione nel periodo primaverile/estivo. Tuttavia va evidenziato che l'ombreggiamento creato dai moduli fotovoltaici non crea soltanto svantaggi alle colture: si rivela infatti eccellente per quanto riguarda la riduzione dell'evapotraspirazione, considerando che nei periodi più caldi dell'anno le precipitazioni avranno una maggiore efficacia.

d) Date le dimensioni e le caratteristiche dell'appezzamento, non si può di fatto prescindere da una totale o quasi totale meccanizzazione delle operazioni agricole, che permette una maggiore rapidità ed efficacia degli interventi ed a costi minori. L'ampiezza prevista dell'interfila consente un facile passaggio delle macchine trattatrici, considerato che le più grandi in commercio, non possono avere una carreggiata più elevata di 2,50 m, per via della necessità di percorrere tragitti anche su strade pubbliche.

Qualche problematica potrebbe essere associata alle macchine operatrici (trainate o portate), che hanno delle dimensioni maggiori, ma come analizzato nei paragrafi seguenti, esistono in commercio macchine di dimensioni idonee ad operare negli spazi liberi tra le interfile. Per quanto riguarda gli spazi di manovra a fine corsa (le c.d. capezzagne), questi devono essere sempre non inferiori ai 10,00 m tra la fine delle interfile e la recinzione perimetrale del terreno. Il progetto in esame prevede la realizzazione di una fascia arborea perimetrale avente una larghezza di 10 m, che consente un ampio spazio di manovra.

e) La presenza dei cavi interrati nell'area dell'impianto fotovoltaico non rappresenta una problematica per l'effettuazione delle lavorazioni periodiche del terreno durante la fase di esercizio dell'impianto fotovoltaico. Infatti queste lavorazioni non raggiungono mai profondità superiori a 40 cm, mentre i cavi interrati saranno posati ad una profondità minima di 1,20-1,50 m.

6 PIANO COLTURALE

Il progetto del parco eco-agri-fotovoltaico sarà localizzato nell'agro del comune di Mezzojuso (provincia di Palermo), alle località C/da Farra, C/da Fondacazzo, C/da Pizzo Mezzaluna, C/da Porrizzi su dei lotti agricoli che si estendono per una superficie complessiva di **95,81 Ha** circa, in cui sono state individuate le seguenti classi di utilizzazione del suolo:

- oliveto
- mandorleto
- seminativo
- pascolo e/o incolto

Le colture con destinazione a seminativo sono riconducibili a colture annuali con un avvicendamento mediante rotazione colturale generalmente di tipo triennale.

Le colture permanenti, nella zona interessata dal progetto, sono rappresentate dall'oliveto, per lo più in coltura tradizionale con sesto d'impianto irregolare, e dal mandorleto che risulta limitato a superfici poche estese.

Si propone attraverso questo progetto la coltivazione e la valorizzazione dell'agroecosistema attraverso un'opportuna scelta delle essenze da utilizzare. Inoltre, in considerazione delle particolari caratteristiche degli spazi a disposizione, è preferibile l'utilizzo di colture ad elevato grado di meccanizzazione o del tutto meccanizzate (considerata anche l'estensione complessiva dell'area) quali:

- a) Colture arboree (fascia perimetrale e superfici già esistenti)
- b) Copertura con prato polifita
- c) Colture foraggere
- d) Coltivazione di specie aromatiche

6.1 Colture praticate negli spazi tra le interfile e al di sotto dei moduli

Il progetto prevede l'installazione di un parco eco-agro-fotovoltaico, in particolare si stima un'area di circa **95,81 Ha** di territorio, divisa in diversi lotti tutti dotati di autonoma recinzione e ingressi, di questi circa il 68% (85,6 Ha), costituita dagli spazi al di sotto dei moduli, filari e corridoi appositamente predisposti, saranno destinati all'attività agricola.

Il progetto prevede la realizzazione dell'impianto fotovoltaico a terra e organizzato in filari ben distanziati con uno spazio minimo libero tra le interfile di almeno 7 m per consentire la coltivazione nell'interfilare e un'altezza dei tracker dal piano campagna di circa 1 m. Si tratterà di un impianto fotovoltaico con un impatto limitato sul suolo agricolo, consentendo il contemporaneo uso dell'area per le attività agricole e per la produzione di energia elettrica rinnovabile. Tale caratteristica, permette di classificare l'impianto come agri-fotovoltaico.

Considerati i dati progettuali, lo schema dell'impianto crea tra i filari una zona priva di ingombro che consentirà la necessaria movimentazione dei mezzi meccanici per la gestione delle operazioni colturali.

Attualmente, l'area oggetto di intervento è coltivata, prevalentemente a seminativo e in minor misura ad oliveto e mandorleto. Il tipo di conduzione è quello estensivo, con interventi agronomici del tipo: aratura profonda, che presenta forti ripercussioni sulla matrice organica del suolo che, con il tempo, presenta un generale impoverimento; uso di concimi e antiparassitari che incidono negativamente sull'equilibrio della fauna invertebrata e, con il dilavamento a seguito di piogge, contribuiscono all'inquinamento delle acque superficiali. Tutto ciò ha come conseguenza una diminuzione della biodiversità ed in particolare della fauna invertebrata, che a sua volta incide negativamente sulla fauna vertebrata e in particolare sull'avifauna degli ambienti agricoli, specializzata in questa tipologia di ecosistema.

Per questo motivo la scelta del piano colturale e delle essenze utilizzate dovrà tenere conto degli impatti sull'ambiente, in accordo con le linee guida per gli impianti fotovoltaici in Italia (Colantoni et al., 2021, 4.3). Vengono di seguito riportate più in dettaglio le colture previste;

a) Copertura con manto erboso delle superfici sotto i moduli

Una delle tecniche di gestione del suolo più ecocompatibile è rappresentata dall'inerbimento, che consiste nella semplice copertura del terreno con un cotico erboso. In particolare si propende per un prato polifita pluriennale o permanente che risulta ben adattabile alle condizioni microclimatiche che si avranno all'interno dell'impianto fotovoltaico. Inoltre le pratiche di agricoltura biologica potranno garantire il mantenimento dei nutrienti del suolo e dell'acqua, anche in vista di un futuro ritorno alle attività agricole una volta dismesso l'impianto.

In merito alla scelta delle essenze da utilizzare, queste potranno apportare vantaggi per la conservazione della qualità del suolo. Infatti esse garantiranno accumulo di sostanza organica, incremento di biodiversità con ripercussioni anche sugli organismi terricoli, diffusione di insetti impollinatori e, grazie al popolamento dell'ecosistema da parte di parassiti e predatori, si avrà una riduzione dell'incidenza delle malattie e delle infestazioni delle specie coltivate.

Si userà dunque un miscuglio con un elevato grado di biodiversità, utilizzando ad esempio le seguenti specie graminacee e leguminose: *Avena sativa*, *Lolium perenne*, *Hordeum vulgare*, *Trifolium pratense*, *Trifolium subterraneum*, *Trigonella foenum-graecum*, *Sulla coronaria*, *Vicia sativa*, etc.

La redditività di un prato polifita non risulta alterata dall'installazione del parco fotovoltaico, anzi, sembrerebbe che crei le condizioni micro-ambientali adatte a favorire una resa in tonnellate e qualità più alte.

La proposta è quindi quella di coltivare un prato stabile polifita in regime "organico", coltivato con mix di graminacee e leguminose, che meglio si inserisce tra la necessità di foraggio per il bestiame e le caratteristiche degli impianti fotovoltaici.

Le coltivazioni destinate a foraggio possono essere di vario tipo, distinguiamo infatti:

- prati monofiti che prevedono la coltivazione di un'unica essenza foraggera;
- prati oligofiti che prevedono la coltivazione di due o tre essenze foraggere;
- prati polifiti che prevedono la coltivazione di più essenze foraggere.

La scelta del prato polifita potrà garantire un aumento del grado di biodiversità per la presenza delle diverse specie che lo caratterizzano. Si tratta, infatti, di una coltura pluriennale la cui durata è dell'ordine dei decenni.

Il prato polifita di tipo stabile non necessita di rotazioni e il fieno viene raccolto sempre dallo stesso appezzamento e diversamente da quello che si potrebbe pensare, questa condizione del campo mantiene un ecosistema strutturato con un conseguente aumento della biodiversità del sito.

In generale, si può programmare, l'impiego di diverse specie di graminacee e di leguminose in aggiunta ad un mix di semi di specie erbacee autoctone. Le graminacee, infatti, ricrescono rapidamente dopo il taglio e sono ricche di fibra e hanno un significativo valore nutritivo per il bestiame. Le leguminose invece, sono importanti perché fissano l'azoto atmosferico, rendendo disponibile per le piante questo elemento nel terreno, e offrono un foraggio con alto valore nutritivo per la presenza di proteine.

Per questo tipo di coltivazione, la presenza dei pannelli solari non rappresenta un limite, anzi incide su una migliore resa agronomica, grazie agli effetti di schermo e protezione dovuti al parziale ombreggiamento.

L'interasse tra i filari fotovoltaici di circa 7 m che risulta compatibile con l'uso di medi mezzi agricoli da utilizzare per la fienagione.

Dalla letteratura si evince che i prati stabili gestiti in regime non irriguo possono essere sfalciati 2/3 volte all'anno e rendere 9/10 t/ha di fieno, buona parte della resa si ha già al primo sfalcio.

Il primo sfalcio, di norma, avviene a metà maggio ma, essendo periodo di nidificazione di numerose specie degli ambienti agricoli, questa operazione verrà rimandata al termine della stagione riproduttiva.

Il primo e l'ultimo sfalcio saranno ricchi di graminacee (coltura microterma) e il secondo sarà ricco di leguminose (coltura macroterma). Il fieno ricavato verrà utilizzato per l'alimentazione dei bovini principalmente, ma può essere destinato anche all'alimentazione di ovini e caprini e cunicoli.

Il prato polifita permanente, ritenuta la miglior scelta per l'impianto agri-voltaico, si caratterizza per la presenza sinergica di molte specie foraggere con la presenza anche di graminacee e leguminose, consentendo quindi la massima estrinsecazione di biodiversità vegetale, microbica e della mesofauna del terreno nonché quella fauna selvatica che trova protezione nel prato.

Inoltre, molte tra le leguminose foraggere, come ad esempio la sulla, varie specie di trifoglio, veccia e/o il ginestrino, sono anche piante mellifere. Infatti, ad esempio il trifoglio pratense è classificato come specie di classe III, mentre il ginestrino di classe II, potendo fornire rispettivamente da 51 a 100 kg miele e da 25 a 50 kg di miele per ettaro.

L'utilizzo di specie di interesse apistico potrà consentire l'instaurarsi di un ambiente favorevole anche per altri insetti impollinatori, determinando così effetti positivi sull'intero ecosistema circostante, inclusa la componente floristica.

Il progetto di un parco eco-agro-fotovoltaico promuove una nuova iniziativa imprenditoriale basata su una favorevole integrazione tra impiego agricolo ed utilizzo fotovoltaico del suolo, ovvero un connubio fra due utilizzi produttivi del suolo finora considerati alternativi.

Il Progetto sarà fortemente innovativo ed in grado di associare la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, con la conduzione agricola dei terreni, conservando le caratteristiche pedologiche del suolo.

Infatti, la presenza dei pannelli fotovoltaici determina alcune modificazioni microclimatiche riferibili alla disponibilità di radiazione, alla temperatura e all'umidità del suolo, che possono avere effetti positivi, nulli o negativi, in funzione delle specifiche esigenze della specie coltivata.

La scelta di coltivare il prato polifita permanente destinato alla produzione di foraggio si aggiunge ad un elevato livello di naturalità rispetto all'ambiente che grazie al limitatissimo impiego di input colturali, consente di richiamare e dare rifugio alla fauna e all'entomofauna selvatica, in particolare le api, e rappresenta la migliore soluzione per coltivare quanta più superficie di terreno possibile per ottenere produzioni simili a quelle che si raggiungerebbero in pieno sole.

Per garantirne una durata prolungata, la stabilità della composizione floristica e una elevata produttività, i prati permanenti possono essere periodicamente traseminati nel periodo autunnale senza alcun intervento di lavorazione del terreno (semina su sodo).

Il prato polifita permanente non necessitando di rotazioni colturali non ha bisogno di operazioni e di lavorazioni annuali come invece sono necessarie per le altre colture, questo requisito favorisce la stabilità dell'ecosistema e il mantenimento e /o aumento della sostanza organica del suolo, e allo stesso tempo la produzione e la raccolta del foraggio.

La cortica erbosa permanente consente anche un agevole passaggio dei mezzi meccanici utilizzati per la pulizia periodica dei pannelli fotovoltaici anche in condizioni di elevata umidità che renderebbero difficoltoso invece il passaggio dei mezzi su terreno nudo.

Le piante che costituiscono il prato permanente variano in base al tipo di terreno e alle condizioni climatiche e saranno individuate dopo un'accurata analisi pedologica e biochimica.

Per massimizzare la produzione e l'adattamento del prato alle condizioni di parziale ombreggiamento teoricamente potrebbe essere utile impiegare due diversi miscugli di semi, uno per la zona centrale dell'interfilare e uno più idoneo a crescere in zone con minore radiazione solare cioè più vicino alla fila di pannelli solari.

Pur tuttavia, l'impiego di un unico miscuglio con un elevato numero di specie favorirà naturalmente la selezione naturale di quelle più adatte a diverse distanze dal filare fotovoltaico in funzione del gradiente di soleggiamento/ombreggiamento.

Il fieno ricavato verrà utilizzato prevalentemente per l'alimentazione dei bovini, ma potrà essere usato anche in allevamenti ovini, equini e cunicoli.

Date le parziali condizioni di ombreggiamento si può prevedere l'utilizzo della fienagione in due tempi, avvizzimento dell'erba in campo e completamento dell'essiccazione in azienda dotata di ambienti con sistemi di ventilazione forzata per l'essiccazione. Con questo sistema si riducono le perdite potenziali che si hanno durante le operazioni di rivoltamento e di raccolta e fornisce un prodotto di qualità superiore perché più ricco di proteine grazie alla limitata perdita di foglie, rispetto alla fienagione tradizionale.

I prati stabili presentano una varietà di specie molto più elevata rispetto ai prati avvicendati, nei quali in genere si coltiva soltanto erba medica, i trifogli e il loietto.

L'impianto di pannelli fotovoltaici si integra perfettamente nella coltivazione del prato stabile come sopra evidenziato, producendo una resa in foraggio maggiore proprio per gli effetti di schermo e protezione, nonché per il parziale ombreggiamento nelle ore più assolate delle giornate estive ed il mantenimento di condizioni ottimali di umidità del terreno per un tempo più prolungato.

Questa condizione è molto importante soprattutto dopo lo sfalcio, perché l'assenza di copertura vegetale determinerebbe il rapido essiccamento del terreno nel periodo estivo, a danno della capacità di ricaccio delle essenze foraggere.

Va, inoltre, considerato che i filari dei pannelli fotovoltaici posizionati ad una distanza di 7 m consentono lo svolgimento delle lavorazioni agricole con mezzi meccanici elettrici che verranno utilizzati soprattutto al momento dello sfalcio e della raccolta, che il prato polifita permanente aumenta progressivamente la quantità di sostanza organica e la biodiversità del suolo, ma, soprattutto mantiene un ecosistema strutturato e solido.

Inoltre, le leguminose presenti nel miscuglio fissano l'azoto atmosferico fornendo una ottimale concimazione azotata al terreno oltre ad offrire foraggio ad alto valore nutritivo perché ricco di proteine.

A fine vita dell'impianto, quando sarà dismesso, il suolo risulterà rigenerato e quindi idoneo ad ospitare anche coltivazioni agricole di pregio (es. orticole, frutteto, oliveto).

b) Colture di leguminose foraggere e alimentari tra le interfile

La superficie situata tra le interfile dell'impianto agro-fotovoltaico verrà gestita come un terreno agricolo oggetto di pratiche colturali ordinarie. Si propenderà per l'utilizzo di colture erbacee annuali di interesse foraggero e/o alimentare avvicendate in miscela o monocoltura.

Possono essere utilizzate come specie foraggere sia le piante idonee solo alla produzione di foraggio (ginestrino, fieno greco, trifogli, ecc.), che le specie coltivate anche per usi alimentari come alcune graminacee (orzo, avena, ecc.) e altre leguminose. Per allargare il periodo di raccolta e disporre di foraggio fresco per un lasso di tempo maggiore può risultare utile seminare specie foraggere con diversa precocità, in modo anche da evitare una eccessiva concentrazione delle operazioni di raccolta che potrebbe comportare problemi di organizzazione aziendale e/o peggioramento della qualità del foraggio.

Tra le specie di interesse prevalentemente alimentare si consiglia l'utilizzo di leguminose da consumo fresco o da granella (es. cicerchia, ceci, lenticchie, piselli, fave, ecc.). Si sconsiglia invece l'utilizzo di piante cerealicole come grano duro ed altri cereali per le seguenti ragioni:

1. la raccolta dei cereali richiede l'impiego di una mietitrebbiatrice. Tecnicamente gli spazi disponibili tra le interfile consentirebbero il passaggio di una mietitrebbiatrice, ma si avrebbero dei problemi in fase di manovra a fine schiera, rischiando di danneggiare accidentalmente i moduli;
2. l'enorme quantità di polveri che vengono scaricate insieme alla paglia dalla mietitrebbiatrice durante il suo funzionamento: si tratta di residui che inevitabilmente verrebbero a depositarsi sui pannelli fotovoltaici durante la trebbiatura, riducendo drasticamente la produttività e richiedendo pertanto un importante intervento di pulizia dei moduli;
3. l'elevatissimo rischio di incendi del prodotto in campo in fase di pre-raccolta, quindi secco e facilmente infiammabile: un evento del genere potrebbe causare danni irreparabili all'impianto fotovoltaico;
4. da un punto di vista economico, la coltivazione dei cereali non è sostenibile. Infatti, i prezzi attuali dei cereali da granella che si coltivano sono piuttosto bassi, intorno ai 21 €/q per il frumento duro, non garantendo ricavi accettabili rispetto i costi annuali di gestione.
- 5.

Al contrario le leguminose presentano alcune caratteristiche che le rendono particolarmente idonee e coerenti con il piano di gestione dell'impianto soprattutto grazie alla capacità di fissare l'azoto atmosferico e di trasferirlo al suolo, con una serie di benefici per il terreno, l'ambiente e i costi di produzione, quali:

- 1) riduzione dell'impiego di fertilizzanti di sintesi e degli agrofarmaci. Inoltre un aspetto da considerare è che in agricoltura biologica non è possibile ricorrere alle concimazioni con prodotti chimici.
- 2) miglioramento della struttura e della fertilità del terreno anche mediante l'attuazione della pratica del "sovescio".
- 3) riduzione del rischio d'impoverimento organico dei terreni
- 4) risparmio di risorse idriche (ad esempio secondo i dati della FAO, la produzione di piselli o lenticchie richiede un consumo di 50 litri di acqua per chilo, per produrre la stessa quantità di carne di manzo ne servono 13.000 litri).

5) minori costi di concimazione estesi anche alle coltivazioni successive (l'azoto fissato biologicamente si lega alla materia organica e per questo è meno suscettibile alla trasformazione chimica ed ai fattori fisici che portano alla sua volatilizzazione e dispersione).

Le coltivazioni di leguminose consentono quindi di attuare un ordinamento produttivo più razionale e di qualità, che coniughi l'aspetto economico con le esigenze pedoclimatiche, ossia un'agricoltura più sostenibile e biologica.

Inoltre, le leguminose si adattano molto bene ai principi dell'agricoltura biologica e si inseriscono bene nei contesti agricoli dell'Italia centro-meridionale. Peraltro, la nuova riforma della Pac (Politica agricola comune) ha favorito le leguminose da granella sia per la loro caratteristica di essere colture azotofissatrici, quindi di rispondere agli impegni del greening in qualità di EFA (aree di interesse ecologico), sia per l'accesso agli aiuti accoppiati.

Infatti l'utilizzo di leguminose rispetta gli impegni del greening: diversificazione delle colture; mantenimento dei prati permanenti; presenza un'area di interesse ecologico. Il terzo impegno del greening obbliga gli agricoltori a destinare una quota del 5% dei seminativi dell'azienda ad aree di interesse ecologico (EFA).

Anche le superfici occupate da colture che fissano l'azoto (colture azotofissatrici) assolvono l'impegno di aree ecologiche. In altre parole, una superficie a pisello proteico o lenticchia consente di ottemperare al 5% delle superfici ad aree ecologiche, previste dai vincoli del greening.

Anche in considerazione della necessità di coltivazione in "asciutto", senza l'ausilio cioè di somministrazioni irrigue di natura artificiale, la scelta delle leguminose risulta del tutto compatibile. I trattamenti fitoterapici dovranno essere nulli o quelli strettamente necessari nella conduzione delle colture in regime, sempre e comunque, di agricoltura biologica. Verranno altresì ridotti al minimo i periodi in cui il campo sarà tenuto a nudo, mantenendo una copertura del terreno quanto più continua alternando le varie colture.

La tecnica di avvicendamento prevista è quella "a ciclo chiuso", in cui la successione di colture diverse segue un piano prestabilito in base al quale esse tornano ciclicamente sugli stessi appezzamenti dopo un periodo che può essere di due, tre o quattro anni.

Le semine saranno prevalentemente autunnali per la maggior parte delle specie (ceci, lenticchie e fave), mentre le raccolte di prodotto saranno generalmente estive.

L'alternanza tra colture con radice profonda e colture con radice superficiale consentirà di mantenere attivi strati diversi del suolo che porteranno come conseguenza ad un miglioramento della fertilità fisica evitando allo stesso tempo la formazione della suola di aratura.

c) Coltivazione specie aromatiche.

Si propone la piantumazione di specie aromatiche di bassa statura (< 1 m) con finalità agricole e produttive. Tra le entità vegetali che saranno messe a dimora per gli scopi prefissati si propenderà quindi per l'utilizzo di specie quali *Lavandula* sp.pl., *Rosmarinus officinalis*, *Origanum vulgare*, *Mentha spicata*, *Melissa officinalis* e *Thymus capitatus*.

Queste specie presentano alcune caratteristiche che le rendono particolarmente idonee per essere coltivate tra le interfile dell'impianto fotovoltaico:

- ridotte dimensioni della pianta
- disposizione in file strette
- gestione del suolo relativamente semplice
- ridottissime esigenze idriche
- svolgimento del ciclo riproduttivo e maturazione nel periodo tardo primaverile-estivo
- possibilità di praticare con facilità la raccolta meccanica

I ristagni d'acqua risultano particolarmente dannosi per queste piante, occorre quindi fare particolare attenzione alla presenza di ristagni o a fuoriuscite d'acqua sotterranea, potenzialmente risolvibili con drenaggi, fossi e scoline. Si raccomanda l'acquisto di piantine di un anno acquistate da vivai certificati; l'impianto verrà effettuato con trapiantatrice meccanica, preferibilmente nella stagione autunnale. Nei primi anni in caso di siccità prolungate potrebbe essere necessario l'utilizzo di irrigazioni di soccorso, ma in genere si tratta di specie ben adattate a tollerare lunghi periodi di siccità. Le specie aromatiche potranno essere disposte con un sesto di m 0,80 x 1,40. Questo schema consentirà di ottenere cinque file per ogni interfila di pannelli, lasciando che le piante non si limitino in dimensioni, il tutto senza la necessità di utilizzare trattatrici speciali a ruote strette, usate di solito in orticoltura. Eventuali potature annuali potranno essere effettuate alla fine dell'estate per limitare le dimensioni delle piante e per garantire l'irrobustimento del fusto. In genere, per quanto l'impianto abbia possa avere una durata di oltre dieci anni, superati gli otto anni di produzione si procederà alla sua estirpazione ed all'impianto di nuove piantine.

Attualmente la coltivazione di specie aromatiche non è da considerare un'attività di nicchia, perché l'industria dei cosmetici e dei profumi in Italia e nel mondo, risulta particolarmente florida. Inoltre il mercato dei prodotti per uso cosmetico, negli ultimi anni, vede crescite rilevanti, ma i possibili usi spaziano anche dagli utilizzi alimentari, erboristici a quelli ornamentali. Alcune lavorazioni possono essere fatte direttamente in azienda e possono offrire una buona integrazione al reddito agricolo.

La redditività della coltivazione di queste specie è proporzionata alle capacità tecniche e all'esperienza dell'agricoltore, nonché al tipo di lavorazione post raccolta che si riesce ad effettuare in azienda (essiccazione, distillazione, ecc.). Per quanto riguarda la lavanda, la percentuale di oli essenziali che si può estrarre varia da 0,8 a 1,0% in peso di prodotto grezzo.

6.2 Piano culturale delle superfici agricole esterne all'impianto

Le aree interne al perimetro del progetto, ma non interessate dalla presenza dei moduli fotovoltaici ed aree di rinaturalizzazione sono rappresentate da due piccole aree classificate come a moderato o medio rischio dissesto idrogeologico (PAI) e dalle superfici interessate dalla presenza di cavidotti.

In queste ultime, si prevede di favorire la formazione spontanea di una cotica erbosa costituita da specie erbacee autoctone, garantendo così la formazione di un'ambiente favorevole anche alla presenza delle tipiche specie faunistiche, attualmente negativamente influenzate a seguito dell'agricoltura intensiva praticata nell'area in oggetto. Lo strato erbaceo effettuerà un'importante funzione di protezione del suolo dall'effetto erosivo dell'acqua e garantirà una più rapida penetrazione dell'acqua piovana, evitando così i fenomeni di ruscellamento superficiale. I prati potranno essere utilizzati per il pascolo ovino e/o soggetti a 2-3 sfalci annuali, evitando rigorosamente l'utilizzo di diserbanti. In ogni caso è importante il mantenimento a riposo per uno o più anni dei terreni eccessivamente pascolati, per favorire il ritorno della vegetazione prativa originaria, ricca di erbe largamente accettate dal bestiame. L'arricchimento floristico permetterà di arricchire anche l'entomofauna dell'area e conseguentemente incrementare la disponibilità trofica per l'avifauna, altrimenti limitata in un habitat prativo degradato e floristicamente povero (per es. alcuni invertebrati riescono a riprodursi solo laddove la cotica erbosa non superi un certo spessore).

Inoltre, si provvederà al mantenimento di aree incolte e alla creazione di siepi al fine di aumentare l'eterogeneità ambientale del territorio. Ciò potrà tutelare le specie coltivate, evitando il proliferare dei fitofagi più pericolosi e, contemporaneamente, garantire la presenza di aree semi-naturali dove si potranno creare condizioni favorevoli all'aumento della biodiversità locale, sia animale che vegetale. Allo stesso tempo le specie arbustive impiantate per le siepi potranno svolgere un ruolo di stabilizzazione ed anti-erosivo per queste aree. Infatti, gli apparati radicali delle piante, sviluppandosi, determinano un'azione legante e consolidante delle particelle del terreno ed esercitano, nel contempo, un'efficace azione di regimazione delle acque meteoriche. Verrà privilegiato l'utilizzo di specie arbustive della macchia mediterranea con la finalità di garantire la massima integrabilità paesaggistico-percettiva delle opere in oggetto.

La creazione di fasce prative non coltivate a lato dei campi, in particolare a margine delle siepi, può rappresentare un rifugio per molti invertebrati, anche nei mesi invernali, nonché per pulcini e uccelli adulti durante la fase della mietitura. Può infine costituire un sito di nidificazione non soggetto a disturbo per uccelli nidificanti a terra. Tali fasce prative devono essere soggette a massimo uno sfalcio annuale, preferibilmente a fine inverno (febbraio) o in alternativa in autunno. Il materiale tagliato deve essere preferibilmente rimosso. Fa eccezione la prima estate successiva alla semina, che dovrà essere sottoposta a 3 tagli, ogni volta che l'erba raggiunge i 10 cm d'altezza in media, per evitare l'intrusione di specie invasive. Se possibile, in quanto non particolarmente soggetta all'invasione da arbusti e alberi, una volta creata la fascia prativa potrà essere soggetta a taglio anche ogni due o tre anni, preferibilmente a fine inverno (febbraio) o in alternativa in autunno. In caso di fasce prative ampie (6 metri) si consiglia di tagliare la fascia di 3 metri limitrofa al campo ogni anno e quella esterna ogni 2 – 3 anni, al fine di diversificare gli habitat e la relativa entomofauna.

Durante il periodo della riproduzione, saranno sospese tutte le pratiche agricole, in modo da garantire la disponibilità di zone di nidificazione sicure.

6.3 Considerazioni sulla sostenibilità ambientale ed economica delle attività agricole

L'impatto ambientale del sistema Eco-Agro-fotovoltaico sul suolo è ritenuto inesistente, d'altro canto invece si riscontrano i seguenti benefici:

1. Il prato permanente è una coltura pluriennale la cui durata può durare più di un decennio e, assicurando la copertura vegetale costante, anche nel periodo invernale, mitiga efficacemente l'impatto paesaggistico del sistema fotovoltaico;
2. Le operazioni colturali per l'impianto del prato polifita, che consistono in aratura, erpicatura e semina, non interferiscono con il fotovoltaico perché si effettuano una-tantum e sono propedeutiche e preliminari all'installazione dell'impianto stesso;
3. L'attività di manutenzione del fotovoltaico, che consiste principalmente lavaggio dei pannelli una volta l'anno, con mezzi leggeri che non arrecano danno al prato, anzi il prato ha un effetto positivo per la transitabilità sul terreno;
4. Le attività di manutenzione delle alberature perimetrali e delle altre aree verdi sono attività paragonabili per tipologia alle attività agricole e rappresentano un'integrazione al reddito del personale impiegato, e attenuano l'impatto visivo dell'intero impianto.

Per calcolare la sostenibilità economica dell'attività agricola nell'impianto fotovoltaico si fa riferimento ai dati di sintesi pubblicati dalla Regione Sicilia sul sito del PSR -ALLEGATO "B" -tabella 6 che riporta le produzioni lorde vendibili per coltura espresse in euro.

Facendo riferimento alle colture erbacee, e confrontando il prato polifita con le colture abitualmente coltivate nell'areale, che oltretutto sono solo limitatamente compatibili con il fotovoltaico, si osserva che il risultato economico è sostanzialmente equivalente.

Infatti, la PLV del frumento duro/tenero oscilla tra 718/579 €/ha a differenza dei prati permanenti 569 €/ha.

Seppur di poco inferiore la PLV del prato permanente risulta essere più conveniente per le motivazioni su esposte e quindi perché le operazioni colturali si svolgono poche volte all'anno e perché si adatta meglio alle condizioni di coltivazione e perché sfruttando il micro-clima che si crea tra i pannelli fotovoltaici si ottiene una resa maggiore.

Allegato B

Tabella 6: Produzioni Standard (PS) e Produzioni lorde			
Produzioni Standard (PS) - CREA, 2010			
SICILIA			
Rubrica	Descrizione	UM	euro/UM
D01	Frumento tenero	Ha	597
D02	Frumento duro	Ha	718
D03	Segale	Ha	302
D04	Orzo	Ha	581
D05	Avena	Ha	536
D06	Mais	Ha	1.276
D07	Riso	Ha	1.493
D08	Altri cereali da granella (sorgo, miglio, panico, farro, ecc.)	Ha	1.244
D09	Legumi secchi (fava, favette, cece, fagiolo, lenticchia, ecc.)	Ha	1.081
D10	Patate (comprese le patate primaticce e da semina)	Ha	8.400
D11	Barbabietola da zucchero (escluse le sementi)	Ha	2.829
D12	Sarchiate da foraggio (bietola da foraggio, ecc.)	Ha	1.300
D14A	Ortaggi freschi in pieno campo	Ha	8.459
D14B	Ortaggi freschi in orto industriale	Ha	11.356
D15	Ortaggi freschi in serra	Ha	42.930
D16	Fiori e piante ornamentali in piena campo	Ha	74.553
D17	Fiori e piante ornamentali in serra	Ha	156.291
D18A	Prati avvicendati (medica, sulla, trifoglio, lupinella, ecc.)	Ha	680
D18B	Erbai di altri cereali da foraggio diversi da mais da foraggio	Ha	1.404
D18C	Erbaio di mais da foraggio	Ha	1.169
D18D	Erbaio di leguminose da foraggio	Ha	1.135
D19	Sementi e piantine per seminativi (sementi da prato, ecc.)	Ha	6.000
D20	Altri colture per seminativi (compresi affitti sotto l'anno)	Ha	2.010
D21	Terreni a riposo senza aiuto	Ha	0
D23	Tabacco	Ha	6.969
D24	Luppolo	Ha	13.600
D26	Colza e ravizzone	Ha	637
D27	Girasole	Ha	757
D28	Soia	Ha	777
D29	Semi di lino (per olio di lino)	Ha	1.129
D30	Altre oleaginose erbacee	Ha	3.715
D31	Lino	Ha	1.135
D32	Canapa	Ha	795
D33	Altre colture tessili	Ha	1.135
D34	Piante aromatiche, medicinali e spezie	Ha	20.000
D35	Altre piante industriali	Ha	1.200
D9A	Piselli, fave, favette e lupini dolci	Ha	1.099
D9B	Legumi diversi da piselli, fave, favette e lupini dolci	Ha	1.064
F01	Prati permanenti e pascoli	Ha	569
F02	Pascoli magri	Ha	185

Figura 5. <http://www.psr Sicilia.it/Allegati/Bandi/Misura4/Allegato%20B%20Tabelle%20PST.pdf>

Va tuttavia evidenziato che la minore adattabilità delle specie erbacee, come i cereali da granella, alle condizioni di parziale ombreggiamento del sistema agri-fotovoltaico che ne ridurrebbe significativamente il margine lordo, rendendole economicamente simili o meno convenienti rispetto al prato polifita.

Il prato polifita verrà seminato in autunno (settembre-ottobre), dopo la ripuntatura ed erpicatura del terreno e a seguito della messa in opera dell'impianto fotovoltaico. La semina verrà realizzata con seminatrici a file o a spaglio al dosaggio di 35-40 kg/ha di semente con miscugli costituiti da 8-12 specie e varietà di foraggiere graminacee e leguminose.

Le operazioni meccaniche per la raccolta del foraggio si svolgeranno con macchine trattatrici di medio-bassa potenza e di piccole dimensioni facilmente manovrabili all'interno delle interfile.

Le operazioni di sfalcio con barre falcianti frontali o laterali consentiranno di svolgere le operazioni fino a ridosso del filare fotovoltaico e le successive fasi di rivoltamento e andanatura del foraggio, da svolgere rispettivamente con macchine spandivoltafieno e andanatoris sono favorite dalla altezza contenuta di tali macchine che si aggira fino ad un massimo di 75-80 cm e che possono compiere il lavoro anche sotto i pannelli fotovoltaici.

La permanenza del foraggio in campo e il numero di rivoltamenti sarà contenuto, in quanto si intende valorizzare la qualità del foraggio attraverso la fienagione in due tempi in sostituzione della fienagione tradizionale, attraverso il processo di pre-appassimento in campo e successivo completamento dell'essiccazione nel centro aziendale attraverso idoneo impianto.

Il foraggio ottenuto sarà di maggiore quantità per effetto della minimizzazione delle perdite meccaniche, e di migliore qualità per l'elevato contenuto proteico riuscendo a diminuire le rotture della pianta e le perdite delle parti più ricche di proteine del foraggio, le foglie.

Le macchine per la raccolta, essenzialmente rotoimbattrici, sono comunemente di larghezza e dimensioni contenute, compatibili con la movimentazione in campo rispetto ai dati progettuali dell'impianto fotovoltaico (larghezza interfilare, altezza delle ali fotovoltaiche e loro rotazione).

Nello sviluppo del progetto verrà considerata inoltre l'opportunità di sostituire i trattori diesel con trattori ad alimentazione elettrica per il miglioramento della sostenibilità ambientale dell'intero sistema produttivo, soluzione ingegneristica oggi disponibile soprattutto per le piccole e medie potenze.

Assumendo come peso medio delle rotoballe 0,32 t e come dimensioni medie 160cm diametro x 120cm altezza, si avrà una produzione che oscilla tra:

- Produzione minima di foraggio: 9 t/ha = 28 rotoballe/ha
- Produzione massima di foraggio: 13 t/ha = 40 rotoballe/ha
- Produzione media di foraggio: 11 t/ha = 34 rotoballe/ha

Inoltre, prevedendo 3 ipotetici sfalci si avrà una produzione di foraggio così distribuita nel tempo:

- 1° sfalcio: 50%
- 2° sfalcio: 25%
- 3° sfalcio: 12,5%

Il foraggio prodotto in azienda dal sistema agri-voltaico potrà essere commercializzato e destinato, come detto, all'alimentazione di diverse tipologie di animali (bovini, ovini, equini, conigli, etc.).

L'elevata qualità del foraggio ottenuto con l'essiccazione in due tempi consentirà di ottenere una marginalità superiore rispetto ai prezzi medi di mercato. Infine, anche le attività di coltivazione dei filari arborei e delle aree sulle quali sono già presenti uliveti e mandorleti, potranno contribuire alla formazione del reddito agrario seppur in maniera ridotta.

Per quanto riguarda la coltura delle leguminose, i prezzi sono soggetti a forti oscillazioni, instabilità, scarsa trasparenza delle informazioni di mercato e difficoltà di creare filiere stabili integrate. Il futuro di queste colture, seppur favorite dalla Pac, risulta quindi legato all'efficienza tecnica-economica delle colture stesse, in particolare la produttività (resa) gioca un ruolo decisivo. In particolare per le leguminose da granella in alcune annate sono presenti prezzi molto interessanti, benché la maggior parte

delle leguminose da granella presentano elevate perdite di prodotto durante la raccolta (fruttificazione troppo vicina al suolo, cadute di prodotto durante la maturazione, ecc.).

6.4 Cronoprogramma delle attività agricole

Il cronoprogramma di tutte le attività da effettuare in queste superfici agricole comprende i seguenti lavori:

1. prima dell'installazione dell'impianto fotovoltaico, sarà effettuato uno scasso con aratura profonda e livellamento del terreno sull'intera superficie disponibile;
2. concimazione di fondo per l'impianto di mandorli, pistacchi e ulivi sulla fascia perimetrale (ha 2,73);
3. impianto di mandorli, pistacchi e ulivi sulla fascia perimetrale
4. impianto di specie officinali-aromatiche nei campi sperimentali con sesto 1,40 m x 0,80 m
5. inizio delle attività di coltivazione delle leguminose
6. Gestione del prato polifita
7. Gestione dell'oliveto, mandorleto e/o pistacchieto

7 APICOLTURA

La creazione di un prato con essenze foraggere perenni può assicurare il pascolo mellifero agli insetti pronubi, andando a determinare una nicchia utile al sostentamento di numerose specie. Gli insetti pronubi sono infatti responsabili dell'impollinazione di numerose piante entomogame, sia autoctone che coltivate. In particolare, la maggior parte delle piante di interesse agrario richiede l'azione degli insetti pronubi per l'impollinazione, benché alcune pratiche agricole molto comuni, come la monocoltura, l'utilizzo di diserbanti, l'eliminazione delle siepi e soprattutto l'uso di insetticidi ha reso i campi coltivati inospitali a tutti gli insetti. In questo contesto di rarefazione e scomparsa degli insetti impollinatori, il ruolo delle api non si limita semplicemente alla produzione del miele ma assume un'importanza di primo piano nelle dinamiche interne agli ecosistemi. Esse infatti oltre ad impollinare le piante di interesse agricolo contribuiscono anche all'impollinazione di specie spontanee e selvatiche, andando a compensare la scomparsa di altri insetti pronubi. Dunque, l'introduzione di arnie, favorendo l'aumento della popolazione di api, oltre ad avere un interesse economico potrà avere conseguenti positivi su tutte le componenti ambientali.

Tra le specie coltivate di maggiore interesse apistico nell'Italia meridionale ed insulare, con inverni brevi ed estati lunghe e siccitose, si possono citare agrumi, timo, eucalipto, carrubo, rosmarino, sulla, etc. Tuttavia, anche numerose specie autoctone comuni, che potrebbero insediarsi spontaneamente nei prati, presentano un notevole potenziale. Tra le tante si ricordano *Dipsacus fullonum*, *Eupatorium cannabinum*, *Lobularia maritima*, *Trifolium* sp.pl., *Chrysanthemum coronarium*, *Asphodelus ramosus*, *Borraggine officinalis*, etc. In questo senso anche il rispetto di piccole aree incolte potrebbe essere utile a questo scopo.

CLASSI	POTENZIALE MELLIFERO	COLTURE
I	0-25 Kg/ha	Mandorlo, Pero
II	26-50 Kg/ha	Castagno, Ciliegio, Melo
III	51-100 Kg/ha	Trifoglio Alessandrino, Malva
IV	101-200 Kg/ha	Rosmarino, Lavanda, Corbezzolo, Erica,
V	201-500 Kg/ha	Castagno, Erba medica, Sulla, Cardo, Nespolo
VI	>500 Kg/ha	Borraggine, Timo, Salvia, Agrumi, Eucalipto

Figura 6 Potenziale mellifero delle principali colture

L'Italia è il quarto paese dell'Unione Europea per numero di alveari (1,4 milioni) dopo Spagna, Romania e Polonia (dati ISMEA 2018). Il numero di alveari in Italia nel 2018 si è incrementato del 7% rispetto al 2017. La produzione italiana di miele rilevata dall'Istat è poco meno di 8 mila tonnellate per un valore di oltre 61 milioni di euro. Tuttavia considerando anche gli apicoltori che svolgono attività presso terreni terzi (demanio, riserve, etc.) la produzione 2018 si attesterebbe intorno le 23,3 mila tonnellate di miele, tre volte più di quella stimata dall'Istat. In Italia, la Sicilia si colloca al quarto posto per numero di alveari.

Al fine di valorizzare le produzioni autoctone e le eccellenze locali si propone l'allevamento dell'ape nera di Sicilia. Questa sottospecie dell'ape comune esclusiva della Sicilia ha iniziato lentamente un processo di estinzione a causa dell'ibridazione con le api diffuse nel resto dell'Italia ed introdotte in Sicilia. Bisogna evidenziare che la conservazione delle sottospecie autoctone presenta una grande importanza, non solo per ragioni economiche, ma anche per una prospettiva di salvaguardia della biodiversità, dal momento che le colonie selvatiche di questa ape sono vicine all'estinzione.



Inoltre, quest'ape risulta essere molto più resistente a parassiti e patologie e produce un miele con una quantità superiore in polifenoli e antiossidanti, rappresentando dunque anche un ottimo investimento anche dal punto di vista produttivo.

8 MODALITÀ DI UTILIZZO E GESTIONE DEL SOPRA-SUOLO NELLE PRIME FASI DELL'IMPIANTO

La messa in esercizio degli impianti fotovoltaici determina alcune modificazioni che seppur non permanenti meritano di essere approfondite, come in particolare l'occupazione di suolo e la sottrazione di superfici all'agricoltura. Dopo la fase di cantiere la copertura vegetale risulterà in gran parte assente e se ne dovrà avviare il ripristino. Per prima cosa va considerata la presenza di una carica di semi già presente nel terreno (seedbank), per quanto esso sia rimaneggiato e rivoltato dai modesti lavori di scavo e livellamento necessari. In questo modo si potrà riformare una discreta copertura vegetale spontaneamente senza specifico intervento umano, anche con il supporto della dispersione di semi dai terreni vicini. Le superfici presenti al di sotto dei pannelli sono caratterizzate da condizioni marcatamente sciafile, similmente a quanto avviene naturalmente nel sottobosco o in prossimità di muri, pareti e rupi. Pertanto, anche se i pannelli limitano la crescita e lo sviluppo delle piante vascolari, consentono comunque la selezione di una particolare flora adattata a queste condizioni ambientali. Esistono infatti numerose comunità vegetali autoctone con esigenze simili che in questo ambiente possono insediarsi, come ad esempio alcuni aspetti infestanti tipici delle colture arboree. Si può dunque prevedere che si insedieranno principalmente specie nitrofile annuali con ciclo invernale-primaverile, non molto diversamente da quanto avveniva nelle colture arboree. Tuttavia, il processo di ripristino della copertura vegetale può essere accelerato e guidato attraverso una semina mirata, ad esempio utilizzando la sulla (*Sulla coronaria*), specie autoctona comune sui suoli argillosi e tradizionalmente coltivata come foraggio nei terreni a riposo in Sicilia. La sua semina risulta piuttosto agevole, poiché non richiede una lavorazione preliminare del terreno ma il semplice spargimento del seme "vestito". Oltre la sulla si potrà prevedere la semina anche di altre specie autoctone di interesse apistico, quali *Medicago sativa*, *Trigonella foenum graecum*, *Lotus corniculatus* e *Trifolium pratense*. In aggiunta a queste specie, altre essenze autoctone mellifere potranno insediarsi spontaneamente in assenza di pratiche colturali intensive, quali *Galactites tomentos*, *Diplotaxis erucoides*, *Visnaga daucooides*, *Trifolium pratensis* e *Trifolium resupinatum*.

Infatti l'instaurarsi di tale comunità erbacea garantirà l'impiantarsi di numerose altre specie spesso associate a questa tipologia di vegetazione, garantendo anche un utile foraggio e l'arricchimento del suolo in azoto disponibile per un futuro utilizzo agricolo dello stesso. Tale vegetazione potrà eventualmente essere sottoposta a una periodica falciatura durante il periodo tardo primaverile o si potrà garantire un pascolo moderato in maniera tale che il suo sviluppo non possa interferire con il funzionamento dei pannelli. Qualora l'impianto al termine del suo ciclo produttivo (circa 30 anni) venga dismesso, dopo la rimozione delle strutture, il suolo originariamente ad uso agricolo potrebbe essere riutilizzato per riprendere attività agricole tradizionali. Tuttavia, nelle aree ai margini dell'impianto, oggetto degli interventi di rinaturalizzazione suggeriti in precedenza, dovranno essere conservati gli aspetti arbustivi che in parte potranno collegare tra loro le piccole isole di vegetazione presenti, incrementando così la biodiversità vegetale del comprensorio.

9 MODALITÀ DI GESTIONE DELLE OPERE A VERDE

In riferimento alle opere di mitigazione a verde riportate nella relazione ambientale è necessario predisporre un piano di gestione per ciascuna di esse.

a) per quanto riguarda la fascia perimetrale arborea da realizzare intorno l'impianto l'unica opera di gestione da effettuare sarà una potatura annuale al fine di mantenere l'altezza degli alberi intorno i 4-5 m per non interferire con l'attività dell'impianto fotovoltaico. Nei primi anni di impianto nel caso di lunghi periodi di siccità si dovrà provvedere ad un'irrigazione di soccorso per le essenze appena impiantate.

b) le strisce incolte e le siepi dovranno essere soggette a pratiche di gestione molto limitate. Le prime potranno essere interessate da annuale falciatura da effettuarsi in maniera meccanica e non chimica. Per le siepi si potrà provvedere ad eventuali potature annuali secondo le esigenze specifiche.

10 SISTEMI DI MONITORAGGIO DEL PARCO AGRO-FOTOVOLTAICO

Dal 2012 in Italia vige un rigido divieto di incentivazione delle installazioni di impianti fotovoltaici a terra (decreto-legge n. 1/2012, convertito con modificazioni, in Legge n. 27/2012), introdotto per scongiurare un eccessivo sfruttamento dei terreni agricoli al fine della produzione di energie rinnovabili.

Tra i progetti del Piano nazionale di ripresa e resilienza, ce n'è anche uno specificatamente dedicato allo sviluppo dell'agri-voltaico, che vale 1,1 miliardi. L'obiettivo finale del progetto di investimento è realizzare dei sistemi ibridi per la produzione agricola e di energia che, senza compromettere l'utilizzo dei terreni dedicati all'agricoltura, contribuiscano alla sostenibilità ambientale ed economica delle aziende coinvolte.

Il dl Semplificazioni 2021 ha introdotto un'eccezione al divieto di accesso agli incentivi statali per gli impianti solari fotovoltaici con moduli collocati a terra in aree agricole. Gli incentivi sono quindi aperti agli impianti agrivoltaici che adottino soluzioni integrative con montaggio verticale dei moduli. Tuttavia il dl Semplificazioni specifica che tali soluzioni devono essere innovative, e che i moduli devono essere elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi e comunque in modo da non compromettere la continuità, non solo dell'attività di coltivazione agricola, ma anche pastorale, pure consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione.

L'accesso agli incentivi per gli impianti agro-fotovoltaici è inoltre subordinato alla contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio 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.

Qualora dalle attività di verifica e controllo risulti la violazione di tali condizioni, cessano i benefici fruiti.

In accordo anche con le linee guida per l'applicazione di progetti agro-fotovoltaici incentivabili in Italia si raccomanda dunque un piano di monitoraggio delle attività agricole svolte dopo l'entrata in funzione dell'impianto.

a) Per quanto riguarda le opere di mitigazione a verde previste, quali fascia arborea perimetrale, opere di rinaturalizzazione e siepi, dopo circa un anno dall'inizio delle attività del parco agrofotovoltaico si potrà procedere con una verifica della percentuale di attecchimento degli esemplari impiantati e negli anni successivi si potrà effettuare una valutazione sullo stato fitosanitario e sulla crescita annuale.

b) Per quanto riguarda l'analisi degli effetti sull'ambiente e sulla biodiversità dovuti alla presenza dell'impianto, dopo circa 1 anno dall'entrata in esercizio si potranno ripetere con le stesse metodologie le analisi faunistiche e floristiche effettuate nella fase ante operam e riportate nella relazione ambientale, in modo tale da avere dati confrontabili riguardanti la ricchezza di flora e fauna.

c) Al fine di valutare le prestazioni del sistema agrofotovoltaico dopo la sua entrata in esercizio, si suggerisce di utilizzare alcune tecniche innovative legate all'agricoltura digitale e di precisione. Un utile parametro per valutare l'efficienza del sistema è calcolabile matematicamente con l'indicatore Land Equivalent Ratio (LER) che permette di confrontare l'approccio convenzionale (PV e azienda agricola separate) con la soluzione integrata sulla stessa area territoriale. LER rappresenta una misura che permette di confrontare se il valore combinato della resa agricola e quello dell'energia solare è uguale o superiore a quello che deriverebbe da un unico utilizzo del terreno. LER può essere calcolato come:

$$\text{LER} = \frac{Y_{\text{agri-APV}}}{Y_{\text{agri}}} + \frac{Y_{\text{APV}}}{Y_{\text{PV}}}$$

dove Y_{agri} sta per resa agricola (kg/ha per esempio) in un unico uso di terreno per l'agricoltura e $Y_{\text{agri-APV}}$ si riferisce alla resa sotto il sistema agrivoltaico per la stessa area. Y_{PV} si riferisce alla produzione di elettricità nell'ipotesi di un sistema fotovoltaico standard e Y_{APV} al sistema agrivoltaico. Pertanto, valori LER superiori a 1 indicano che l'approccio integrato è più efficace della produzione di colture separate e del fotovoltaico per la stessa superficie. (LER = 1,3 indica che sarebbe necessario il 30% di superficie aggiuntiva per produrre la stessa quantità di elettricità e biomassa su aree di terra separate.) Tuttavia, è necessario prestare attenzione nell'interpretare LER poiché non differenzia la resa della biomassa dall'energia. È possibile ottenere un LER più elevato anche se la resa del raccolto rappresenta solo una piccola frazione del sistema. Per questo motivo, è anche importante descrivere le caratteristiche prestazionali come la morfologia, la resa e la qualità della coltura.

L'impatto dell'impianto fotovoltaico sulla produzione agricola può essere quantificato anche attraverso l'indice WUE che rappresenta l'efficienza nell'uso dell'acqua. Il WUE viene calcolato come unità di biomassa per unità di acqua utilizzata (comunemente kg/m³) rispetto alla biomassa prodotta in una zona di controllo senza l'influenza del fotovoltaico.

$$\text{WUE} = \frac{\text{WUE}_{\text{PV}} - \text{WUE}_{\text{control}}}{\text{WUE}_{\text{control}}}$$

dove WUE_{PV} si riferisce all'efficienza idrica dei pannelli fotovoltaici.

Tuttavia risultati più accurati per il monitoraggio della produttività agricola possono essere ottenuti con l'applicazione di alcune tecniche di Agricoltura di precisione, basate sul monitoraggio diretto delle superfici coltivate grazie alla raccolta dei dati effettuata tramite microprocessori e alla tecnologia Gps che permette di collegare al punto di rilevamento il dato raccolto. In sostanza gli strumenti raccolgono in campo una serie di parametri (dal quantitativo di prodotto raccolto, alla sua qualità, alle caratteristiche del terreno o dell'apparato fogliare) e sono in grado di rappresentare esattamente dove questo dato è stato raccolto. L'elaborazione dei dati ottenuti può permettere di prendere decisioni sulle attività da svolgere e valutare il loro impatto sull'ambiente.

Un approccio ancor più innovativo per il monitoraggio delle attività agricole consiste nell'utilizzo di strumenti di "agricoltura digitale". Infatti negli ultimi anni le tecnologie digitali si sono diffuse anche nel settore agricolo. Si parla infatti di Agricoltura 4.0 e si fa riferimento all'uso dell'Internet of Things (IoT), dei Big Data, dell'Intelligenza Artificiale e della robotica per ampliare, velocizzare e rendere più efficienti le attività che interessano l'intera filiera produttiva. L'Agricoltura 4.0 è infatti l'uso sistemico di tecnologie innovative nella coltivazione e attività correlate. L'innovazione permette di migliorare il risultato finale e la sostenibilità dell'attività agricola, la qualità della produzione, le condizioni sociali delle aziende e l'impatto ambientale. I benefici non sono quindi legati solo a chi lavora all'interno di una specifica impresa, ma coinvolgono tutta la comunità e il territorio in cui questa è inserita. In particolare risulta di grande interesse la possibilità di raccogliere, archiviare e utilizzare i dati relativi alle attività agricole svolte, sfruttando sistemi IoT avanzati e intelligenza artificiale.

L'utilizzo di sistemi IoT si basa sull'installazione di una serie di sensori in campo, in grado di rilevare dati geologici, ambientali, funzionali, etc.. Essi si autoalimentano con pannelli fotovoltaici o batterie a lunga durata e risultano geolocalizzabili. Il sistema è in grado di trasferire i dati attraverso la rete internet verso server in grado di archivarli ed elaborarli.

Più specificatamente, oggi risultano disponibili molte applicazioni finalizzate a varie esigenze, quali il monitoraggio della produttività, l'ottimizzazione di tutte le risorse, informazioni sulla necessità di fertilizzazione, ecc. Ad esempio per agevolare il risparmio idrico per la attività agricole esistono alcune applicazioni che permettono di sapere quanto, quando e come irrigare. Irrisat, risultato di una serie di progetti di ricerca finanziati dall'Unione europea, simula in qualche modo il comportamento dell'agricoltore che, per capire lo stato di stress delle proprie coltivazioni, guarda quanto sono verdi le foglie. Più sono verdi, più danno una sensazione di abbondanza di acqua; quando tendono a ingiallire invece entrano in una situazione di stress da carenza idrica. Irrisat osserva le foglie tramite satelliti di ultimissima generazione offrono immagini gratuite scattate con frequenze molto elevate. Esso permette anche di passare in alcuni casi sopra lo stesso pezzo di territorio ogni tre giorni, quasi in tempo reale. Ovviamente l'immagine satellitare che si ottiene è grezza, e la funzione di Irrisat è quella di trattarla matematicamente, georeferenziandola e paragonarla alle immagini precedenti. Diverso è l'approccio di Revotree, dove è necessario l'inserimento di sensori in campo in grado di determinare il livello di umidità del terreno. Più sensori, alimentati da piccoli pannelli solari, comunicano fra di loro in una sorta di mini rete locale, e passano le informazioni a un elaboratore centrale, che sulla base dei dati raccolti è in grado di fornire una informazione localizzata e precisa, completa di consiglio irriguo. Queste applicazioni permettono dunque di comprendere qual è il momento giusto per irrigare, senza andare in campo direttamente.

d) Per quanto riguarda il monitoraggio della continuità delle attività delle aziende agricole interessate risulta auspicabile analizzare periodicamente alcuni indicatori che permettano una valutazione del potenziale rischio di crisi aziendale. In particolare si possono attenzionare due indicatori che concorrono ad esprimere la redditività aziendale:

1.a Indica il grado di indebitamento dell'azienda in termini di rapporto tra il totale dell'attivo dello stato patrimoniale (al netto degli impieghi) ed il patrimonio netto.

1.b Indica la proporzione tra il totale dei debiti ed il patrimonio netto.

Per quanto attiene agli indici di liquidità, vanno considerati quattro indicatori che esprimono la solvibilità a breve dell'azienda:

2.a Indica la capacità dell'azienda di far fronte agli impegni a breve attraverso l'utilizzo del capitale circolante.

2.b Indica i tempi medi di incasso dei crediti commerciali, in altri termini esprime i giorni di credito concesso ai clienti.

2.c Indica i tempi medi di pagamento dei debiti commerciali, in altri termini esprime i giorni di credito dai fornitori.

2.d Indica la misura in cui il fabbisogno finanziario generato da attività a breve termine è coperto da finanziamenti a breve

Per quanto attiene agli indici di solidità, è stato selezionato un indicatore che esprime la solvibilità a medio/lungo termine dell'azienda:

3.a Misura l'incidenza del costo dell'indebitamento finanziario sul volume di affari.

11 CONCLUSIONI

L'esigenza di produrre energia rinnovabile è oggi più che mai necessaria per ridurre gli effetti negativi dell'inquinamento e del cambiamento climatico, legati appunto all'utilizzo di energie fossili.

L'associazione, quindi, tra impianto fotovoltaico e l'attività agricola rappresenta una soluzione innovativa dell'impiego del territorio che produce maggiori output dai due sistemi combinati, a differenza di quelli ottenibili dalla loro realizzazione individuale.

Con uno studio accurato per la scelta della coltura più idonea che sia tollerante al parziale ombreggiamento generato dai pannelli fotovoltaici è possibile migliorare la produttività agricola e la conseguente marginalità e sfruttare quasi tutta la superficie del suolo sotto ai pannelli solari per scopi agricoli.

La scelta di coltivare specie aromatiche autoctone di bassa statura ed essenze foraggere all'interno di un miscuglio di prato polifita consente di sfruttare l'intera superficie del terreno, a differenza delle coltivazioni cerealicole e soprattutto dei cereali microtermi (es. frumento), che sarebbero redditizi solo se coltivati nella zona centrale dell'interfilare fotovoltaico.

Inoltre, il miscuglio foraggero formato da molte specie, garantisce un perfetto equilibrio e adattamento del prato alle specifiche e variabili condizioni di illuminamento, favorendo una piuttosto che un'altra essenza foraggera in funzione delle variabili condizioni microclimatiche che si vengono a realizzare a diverse distanze dal filare fotovoltaico.

Nonostante le colture che si possono coltivare all'interno di un impianto agri-voltaico sono diverse, e con marginalità spesso comparabile, la scelta del prato polifita permanente consente di raggiungere contemporaneamente più obiettivi, infatti, oltre alla convenienza economica si conserva la qualità dei corpi idrici, si ha un aumento della sostanza organica contenuta nel suolo, si riduce l'inquinamento ambientale prodotto dall'utilizzo di fitofarmaci, si ha minor consumo di carburanti fossili, garantendo l'aumento della biodiversità vegetale e animale, creando un ambiente idoneo alla protezione delle api, auspicando così al massimo dei benefici.

Tanto è vero che la maggior parte dei terreni sta progressivamente perdendo di fertilità a causa della coltivazione intensiva e della frequenza e profondità delle lavorazioni.

Inoltre, durante il periodo estivo l'impianto fotovoltaico offre protezione dal vento che previene l'allettamento delle colture, riduce il consumo di acqua e riduce gli eccessi di calore sempre più frequenti in un contesto di cambiamento climatico, agendo da sistema di ombreggiamento, analogamente a quanto svolto dalle siepi e dalle alberature.

Nello specifico, l'applicazione del sistema fotovoltaico alla coltivazione di specie foraggere è documentato possa aumentarne la produttività, facilitare il ricaccio dopo lo sfalcio e ridurre gli apporti idrici artificiali.

Dal punto di vista paesaggistico, la superficie a prato mitiga in maniera sostanziale la presenza dell'impianto fotovoltaico anche nel periodo invernale, fornendo una superficie sempre verde.

La realizzazione aggiuntiva delle alberature perimetrali con specie arboree e delle siepi arbustive rappresenta un ulteriore importante elemento di arricchimento paesaggistico e un corridoio ecologico per la fauna selvatica, nonché dei validi sistemi di intercettazione di nutrienti e fitofarmaci provenienti dai campi coltivati.

Raccomandazioni in breve per conservare le specie dei seminativi

Alcune delle specie più minacciate indicate nelle direttive Habitat e Uccelli dipendono dalla gestione estensiva di seminativi. Le principali misure di gestione comprendono:

- coltivazione a basso apporto di fattori di produzione: utilizzo ridotto di concimi, irrigazione scarsa o nulla e varietà di colture adatta ad ambienti a bassa produttività;
- nessuna applicazione di pesticidi;
- nessuna aratura profonda dei seminativi;
- coltivazione estiva di cereali, con un lungo periodo di pacciamatura e il mantenimento di zone incolte;
- combinazione e alternanza di seminativi e superfici coltivate a prati;
- porzioni o strisce coltivate per il foraggiamento e/o il riparo (ad es. foraggio verde, semi per uccelli);
- adattamento dei metodi di raccolta delle colture alle esigenze delle specie, ad es. lasciare strisce o appezzamenti non tagliati come rifugi, usare una falciatrice a barra, usare una barra di fronte alla falciatrice per avvertire gli animali, evitare il condizionamento del fieno (schiacciamento dell'erba appena tagliata per farla asciugare più velocemente);
- creazione di aree per la nidificazione o strisce per il rifugio.

IL TECNICO

Dott. Salvatore Cambria

