

ISTANZA DI VIA
AI SENSI DEGLI ARTT. 23-24-25 D.LGS. 152/2006
INTEGRAZIONI POST RICHIESTE MASE 4053 DEL 27/03/2024

**PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA e
Linea di Connessione
Potenza Nominale 99,9908 MWp**

Provincia del Sud Sardegna - Comune di Villasor, loc. "Saltu Bia Montis"

IDENTIFICATORE

RELAPROG015

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE AGRONOMICA

SCALA



MV PROGETTI s.r.l.
p.i. 03783170925
Via Galassi 2, 09131 Cagliari
Cell. 393.9902969 - 342.0776977

TECNICO

Dott. Agr. Davide Atzori



COMMITTENTE



ACME ENERGIA SOLARE S.R.L.

PIAZZA DELLA VITTORIA, 6
50129 FIRENZE
P.I. 07124420485

DATA

APRILE 2024

FASE DI PROGETTO

- STUDIO DI FATTIBILITA'
 PRELIMINARE
 DEFINITIVO
 ESECUTIVO

REVISIONI

Rev. 01

Sommario

RELAZIONE AGRONOMICA.....	3
1 Descrizione del progetto.....	3
2 Effetti microclimatici e sulle piante nel sistema agri-voltaico	6
Radiazione solare	6
Temperatura	7
Evapotraspirazione	8
3 Esperienze di coltivazione in condizione di ombreggiamento	9
4 Stato attuale della superficie agricola interessata dall’impianto agri- voltaico	10
5 Coltivazione futura	11
5.1 <i>Coltivazione del prato polifita permanente</i>	11
5 1 1 <i>Opzione 1 - Sfalcio stagionale</i>	13
5 1 2 <i>Opzione 2 - Pascolo</i>	13
6 Apicoltura.....	15
6.1 <i>Calcolo del potenziale mellifero</i>	16
6.2 <i>Calcolo del numero di arnie</i>	18
6.3 <i>Ubicazione delle arnie</i>	19
6.4 <i>Analisi economica dell’attività apistica</i>	20
7 Integrazione coltura-fotovoltaico	25
8 Sostenibilità economica dell'attività agricola.....	29
9 Analisi multicriterio	31
10 Gestione idraulica e irrigua	33
11 Realizzazione del prato polifita e meccanizzazione della raccolta	36
12 Essiccazione e stoccaggio del foraggio	37
13 Attività agropastorali.....	39
13.1 Analisi Economica	42
13.2 Ricadute occupazionali.....	44
14 Conclusioni	44
15 Bibliografia	47
16 Allegati	49

RELAZIONE AGRONOMICA

1 Descrizione del progetto

La superficie interessata dal progetto fotovoltaico è un terreno agricolo situato nel Comune di Villasor, che si estenderà su una superficie di circa 138 ettari attualmente coltivata con colture estensive tipo foraggere (frumento, avena, prato pascolo permanente), **nello specifico 83,43 ha saranno utilizzabili per fini agrari, di cui 58,43 ha per il pascolo ovino e 25,00 ha in cui sussiste vincolo di 150 m dal fiume, destinati al pascolo bovino, foraggere ed alloggiamento di 50 arnie. Ulteriori 10 ha saranno destinati ad attività agricole compatibili con il futuro vincolo archeologico che persisterà sull'area.**

CALCOLO SUPERFICIE ATTIVITÀ AGRONOMICHE		
Descrizione	Superficie (mq)	Superficie rispetto al totale a disposizione (%)
Superficie utilizzabile per fini agrari e pascolo ovino	584.332,52	42,34%
Superficie non utilizzabile per fini agrari (proiezione minima dei pannelli a terra)	196.985,59	14,27%
Superficie destinata ad apicoltura	20	0,00145%
Area vincolata ad uso pascolo bovino e foraggio	250.000,00	18,11%
Area vincolata ad uso pascolo bovino	100.000,00	7,25%
Fabbricato rurale	239,36	0,02%
Fienile e impianto di essiccazione foraggio	246,22	0,02%
Stalla ovini e stalla bovini	221,11	0,02%
Superficie totale a disposizione	1.380.237	

Il progetto di riqualificazione aziendale riguarda la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra con tecnologia ad inseguimento monoassiale, organizzato in file nord-sud distanziate (pitch 4,60 m) per consentire la coltivazione nell'interfilare e ottimizzare la produzione fotovoltaica. I moduli fotovoltaici disposti in orizzontale (landscape), che presentano rotazione est-ovest, sono incernierate a 2,3 m di altezza su pali semplicemente infissi nel terreno. Tali pali sono agevolmente rimovibili a fine vita dell'impianto e non determinano alcun impatto residuo sul terreno agricolo.

Si tratta di un impianto fotovoltaico di ultima generazione che, per le sue caratteristiche costruttive, ha un impatto limitato sul suolo agricolo, consentendo la continuità nell'esercizio conveniente

dell'agricoltura e la produzione di energia elettrica rinnovabile. Tale caratteristica permette di classificare l'impianto come agri-voltaico.

Considerati i dati progettuali, la copertura fotovoltaica lascia tra i filari una zona priva di ingombro (in proiezione verticale) di larghezza variabile in funzione dell'orario del giorno, da un minimo di 2,216 m (mezzogiorno, ora solare) and un massimo di 3,43 m (alba e tramonto), ovvero variabile dal 50% al 75% (Fig. 1).

La fascia libera tra le file consente quindi la necessaria movimentazione dei mezzi meccanici per la gestione delle ordinarie attività di coltivazione del terreno e manutenzione dell'impianto.

È possibile tuttavia, la coltivazione dell'intera superficie e la valorizzazione dell'agroecosistema attraverso una opportuna scelta delle colture; il progetto infatti prevede di coltivare tutto il terreno sotto i pannelli fotovoltaici attraverso la realizzazione di un prato polifita permanente, di durata illimitata, che risulterebbe ben adatto alle condizioni microclimatiche che si vengono a realizzare all'interno dell'impianto. Tale scelta, che verrà descritta nel seguito della relazione, ha indubbi vantaggi in termini di conservazione della qualità del suolo (accumulo di sostanza organica), incremento della biodiversità, favorendo lo sviluppo di organismi terricoli (biota), la diffusione e la protezione delle api selvatiche, il popolamento di predatori e antagonisti delle più comuni malattie fungine e parassitarie delle piante coltivate, e della fauna selvatica. La redditività del prato polifita non risulterebbe alterata dalla presenza del fotovoltaico, al contrario si intravede la possibilità di aumentare la marginalità rispetto alle condizioni di pieno sole, e sarebbe possibile la conversione al metodo di coltivazione biologico per il ridotto apporto di input colturali richiesti dal prato.

In ottica di ulteriore sviluppo futuro, la produzione di foraggio dall'impianto agri-voltaico e di erbai intensivi nella parte rimanente dell'azienda consentirebbe di recuperare e riqualificare due stalle e un magazzino già esistenti in azienda per l'allevamento di bovini e ovini da carne.

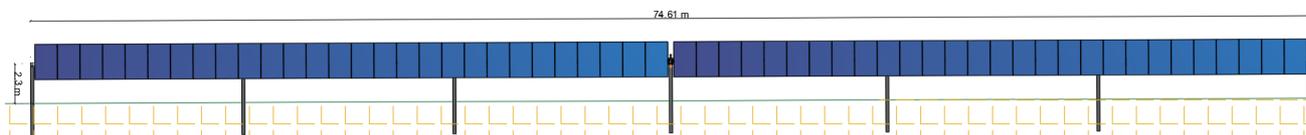


Figura 1. Vista frontale del sistema tracker dell'impianto.

TILT +/- 60°

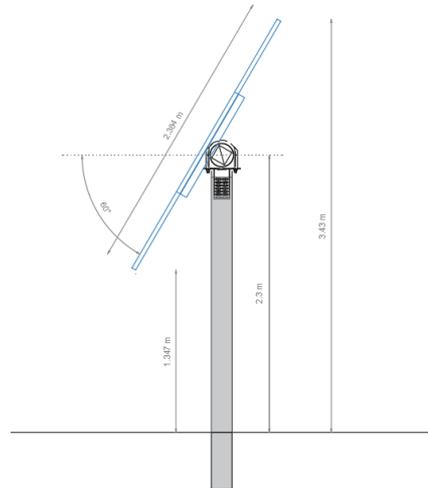


Figura 2. Dettaglio del sistema di rotazione tracker.

2 Effetti microclimatici e sulle piante nel sistema agri-voltaico

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.

Radiazione solare

La radiazione solare è un fattore essenziale per le piante, garantendo lo svolgimento della fotosintesi clorofilliana, l'accrescimento e la produzione dei prodotti agricoli. Le piante tuttavia, utilizzano solo una minima parte della radiazione solare, dal 2 al 5%, ed in particolare possono impiegare per la fotosintesi solo la frazione visibile, definita PAR (radiazione fotosinteticamente attiva), compresa tra 400 e 700 nm di lunghezza d'onda, che è pari a circa il 40% della radiazione globale. Le piante peraltro riflettono alla superficie delle foglie il 25% della radiazione globale, pari al 10% della radiazione visibile PAR. Va sottolineato che, in condizioni normali di pieno sole, la radiazione globale che raggiunge la superficie del terreno si compone

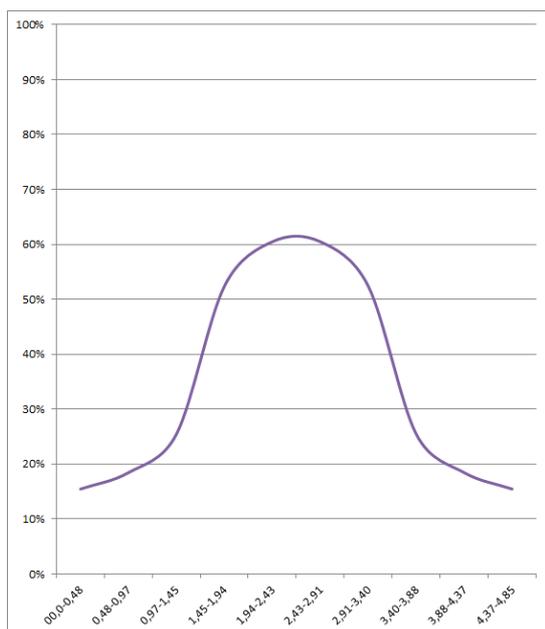


Figura 3. Disponibilità di radiazione solare diretta in funzione della distanza dal filare (valori medi annui) espressa come percentuale rispetto al pieno sole.

per metà di radiazione diretta, e per metà di radiazione diffusa priva di direzione prevalente.

La presenza del pannello fotovoltaico riduce la percentuale di radiazione diretta, ovvero quella che raggiunge direttamente il suolo, con intensità variabile in funzione della distanza dal filare fotovoltaico, del momento del giorno e del periodo dell'anno, mentre si prevede un aumento della quantità di radiazione diffusa.

Nel presente impianto si stima che la riduzione **media annua della radiazione diretta** sia dell'80% nelle zone immediatamente adiacenti al filare (fino a circa 1 m di distanza), mentre nella zona centrale sia solamente del

35-40%. In realtà, queste riduzioni devono considerarsi meno marcate nel periodo primaverile-estivo durante il quale si realizza lo sviluppo delle maggior parte delle piante coltivate essendone soddisfatte le esigenze termiche, per effetto del maggior angolo di elevazione solare. Inoltre, la tipologia mobile del pannello fotovoltaico adottata in progetto, per effetto di riflessione consente alle piante coltivate di sfruttare la radiazione sia riflessa che diffusa dai pannelli stessi.

Per quanto riguarda il livello di saturazione per l'intensità luminosa, le piante vengono classificate in eliofile e sciafile. Le prime richiedono una elevata quantità di radiazione, mentre le sciafile soffrono per un eccesso di illuminazione, anche se la maggior parte delle piante coltivate devono essere considerate sciafile facoltative in quanto nelle normali condizioni di coltivazione l'elevata fittezza di semina comporta sempre l'instaurarsi di un ambiente sub-ottimale per l'illuminazione. In generale, si considerano piante con elevate esigenze di intensità di radiazione i cereali, le piante da zucchero, le specie oleaginose, da fiore e da frutto. Sono invece considerate sciafile, con basse esigenze luminose, le specie da fibra, le piante foraggere e alcune piante orticole, nelle quali l'elevata fittezza di semina e l'ombreggiamento sono realizzati agronomicamente per accentuare l'allungamento dei fusti e quindi la produzione di fibra, foraggio e foglie, per effetto della maggiore presenza dell'ormone della crescita (auxina) che è foto-labile. Nell'insalata, ad esempio, un leggero ombreggiamento aumenta lo sviluppo fogliare e riduce lo spessore delle foglie, rendendo il prodotto anche di migliore qualità commerciale.

Temperatura

In riferimento alla temperatura dell'aria, questa rappresenta la diretta conseguenza della radiazione solare. Sebbene sia lecito attendersi una riduzione dei valori termici dell'atmosfera in zone ombreggiate rispetto alle zone in pieno sole, anche di 3-4 °C, l'ombreggiamento determina generalmente uno sfasamento termico, con un ritardo termico al mattino in fase di riscaldamento dell'atmosfera, e un rallentamento del raffreddamento pomeridiano-serale (Panozzo et al., 2019). Al di sotto dell'impianto fotovoltaico inoltre, è lecito attendersi una maggiore umidità relativa dell'aria al mattino, e minore nel tardo pomeriggio-sera rispetto a zone in pieno sole.

L'ombreggiamento delle colture è una pratica agricola molto utilizzata, ad esempio nelle serre per ridurre le temperature nel periodo estivo tramite reti ombreggianti (dal 30 al 50% di ombreggiamento) o pannelli fotovoltaici; l'ombreggiamento riduce la percentuale di nicotina nel tabacco e, nelle serre serve per favorire la colorazione rossa del pomodoro che sarebbe ostacolata da temperature troppo elevate.

Ogni specie vegetale necessita di una specifica temperatura minima per accrescersi, il cosiddetto zero di vegetazione. Oltre questa base termica, l'accrescimento accelera all'aumentare della temperatura fino ad una temperatura ottimale, specifica per ciascun stadio di sviluppo, oltre la quale l'accrescimento rallenta fino ad arrestarsi (temperatura massima). Le elevate temperature estive, oltre la temperatura massima, possono quindi danneggiare l'accrescimento delle piante, condizione che si sta progressivamente accentuando in pieno sole a causa del cambiamento climatico. Per mitigare questi effetti, numerosi studi scientifici oggi sono concordi nel suggerire l'introduzione nei sistemi agricoli di filari alberati e siepi a distanza regolare, proprio per attenuare l'impatto negativo delle elevate temperature e della carenza idrica estive. Un servizio analogo potrebbe essere offerto dall'impianto agri-voltaico.

In funzione delle esigenze termiche, le piante vengono raggruppate in microterme, generalmente a ciclo autunno-primaverile, aventi modeste esigenze termiche; e macroterme, piante estive che necessitano di temperature mediamente più elevate. I cereali microtermi (frumento, orzo, avena, segale) e molte specie foraggere graminacee (erba mazzolina in particolare, ma anche loiessa, loietto inglese, poa, festuca arundinacea, coda di topo, etc.), che hanno zero di vegetazione molto bassi, vicini a 1-2 °C, trarrebbero vantaggio dalla condizione di parziale ombreggiamento che si realizza in un impianto agri-voltaico (Mercier et al., 2020). Ne sarebbero comunque avvantaggiate anche le specie macroterme per la riduzione dei picchi di temperatura estivi e per la riduzione dell'evapotraspirazione, consentendo peraltro una riduzione dell'apporto irriguo artificiale.

Il parziale ombreggiamento del suolo riduce il riscaldamento estivo del suolo stesso con effetti positivi sull'accrescimento delle radici, che possiedono un ottimo di temperatura per l'accrescimento inferiore rispetto alla parte aerea della pianta (16°C in molti cereali autunno-primaverili); in tali condizioni le radici possono accrescersi maggiormente anche grazie alla maggiore umidità e minore tenacità del terreno. Nel periodo invernale, invece, ci si attende che la presenza del fotovoltaico, mantenga la temperatura del suolo leggermente più elevata rispetto al pieno sole poiché le ali fotovoltaiche riflettono le radiazioni infrarosse (raggi caloriferi) emesse dalla terra durante il raffreddamento notturno, e questo permette un sensibile accrescimento delle piante microterme anche nei periodi più freddi dell'anno. Ne trarrebbero vantaggio in particolare le piante foraggere microterme.

Evapotraspirazione

L'evapotraspirazione è definita dalla somma delle perdite di acqua per evaporazione dal terreno e

di traspirazione fogliare. Delle due, solo la perdita dalla pianta è utile all'accrescimento delle piante poiché mantiene gli stomi aperti, e quindi consente gli scambi gassosi utili alla fotosintesi (ingresso di anidride carbonica nella foglia). In condizioni di ombreggiamento è lecito attendersi una riduzione della traspirazione fogliare, e in modo più marcato, una riduzione dell'evaporazione dal terreno, determinando un aumento dell'efficienza d'uso delle riserve idriche del suolo.

Nel frumento è stato stimato che al 50% di ombreggiamento si verifichi una riduzione del 30-35% dell'evapotraspirazione (Marrou et al., 2013a), con un risparmio di circa 200 mm di acqua rispetto ai 600 mm normalmente richiesti dalla coltura in pieno sole nei territori della Pianura del Campidano. Poiché in Italia, la carenza idrica in fase di riempimento della granella ha conseguenze negative marcate sulla resa e sulla qualità (“stretta del grano”), il parziale ombreggiamento che si realizza nel sistema agri-voltaico deve essere considerato positivamente per questa coltura.

3 Esperienze di coltivazione in condizione di ombreggiamento

Allo stato attuale esistono limitate informazioni in merito agli effetti dell'ombreggiamento per la maggior parte delle piante erbacee coltivate, ed i dati disponibili derivano da studi di consociazione di specie erbacee con piante arboree organizzate in filari, e da pochi e giovani impianti agri-voltaici.

Le colture meno penalizzate dalla presenza del fotovoltaico sono quelle microterme e sciafile. Il frumento può fornire rese simili o leggermente inferiori (-20% circa; Dupraz et al., 2011) a quelle ottenibili in pieno sole, subendo un ritardo dell'epoca di maturazione (Marrou et al., 2013b); mentre il mais alle normali densità di semina riduce notevolmente lo sviluppo della pianta sia in diametro che in altezza, a discapito della resa (Dupraz et al., 2011).

Con una percentuale di riduzione della radiazione del 50%, comparabile a quella che si realizzerà nell'impianto agri-voltaico in oggetto, sono state rilevate produttività uguali o addirittura superiori al pieno sole in specie graminacee foraggere microterme, ed una moderata riduzione, dell'ordine del 20-30%, in specie macroterme foraggere sia graminacee (es. mais, sorgo, panico, setaria, etc.) che leguminose (es. trifoglio bianco, trifoglio violetto, erba medica, etc.), e in lattuga (Lin et al., 1998; Mercier et al., 2020).

Questi risultati sono in linea con gli studi italiani (Amaducci et al., 2018) che hanno simulato in un analogo impianto agri-voltaico a Piacenza, sulla base dei dati climatici storici degli ultimi 40 anni, rese di granella di frumento analoghe o superiori al pieno sole. Tali risultati vanno ascritti alle

migliori condizioni microclimatiche nel periodo di maturazione del frumento, tra cui una maggiore umidità del terreno, una minore evapotraspirazione e l'effetto frangivento che riduce l'allettamento della coltura. Va ritenuto interessante anche il parziale effetto antigrandine dovuto alla copertura fotovoltaica.

Risultati produttivi interessanti in condizioni di ombreggiamento elevato sono stati ottenuti in pomodoro, che sembrerebbe non risentire di riduzione della radiazione anche del 60% (Callejòn-Ferre et al., 2009).

4 Stato attuale della superficie agricola interessata dall'impianto agrivoltaico

Attualmente l'area in progetto è in parte coltivata a colture **cerealicole e oleaginose (frumento, orzo e trifoglio) in forma estensiva** facendo ricorso alle tecniche convenzionali di coltivazione, ed è utilizzata come pascolo estensivo di capi bovini da latte. Per maggiori dettagli sulla conduzione del fondo si vedano le schede Argea allegate dell'azienda agricola “Peddis Carlo e F.Ili” relative all'anno 2022. Senza entrare nei dettagli di ogni coltura, variabili da caso a caso, nella sua generalità questo tipo di coltivazioni è caratterizzata da:

- Elevata potenzialità produttiva, tipica del territorio della media pianura del Campidano;
- Limitato utilizzo di manodopera, in conseguenza della totale meccanizzazione;
- Ricorso ad aratura profonda (30-40 cm), e lavorazioni meccaniche di erpicatura che, pur se utili a massimizzare la produttività, causano un impoverimento progressivo della sostanza organica del terreno per effetto dell'ossigenazione del terreno;
- Utilizzo di concimi (in particolare azotati), ammendanti e antiparassitari che, dilavati parzialmente dalle piogge, contribuiscono all'inquinamento delle acque superficiali e di falda, e alla contaminazione dei prodotti alimentari;
- Utilizzo abbondante di carburanti fossili per il funzionamento delle trattrici agricole convenzionali.

Poiché attualmente il terreno presenta una eccessiva presenza di pietre nello strato superficiale occorrerà procedere preventivamente con attività di miglioramento fondiario attraverso l'uso di macchine intrerrasassi e frese frantumatrici. Tali attività consentiranno di migliorare il substrato di terreno coltivabile (50 cm) senza modificarne la struttura e senza apporti di materiale esterno limitando notevolmente i movimenti terra.

5 Coltivazione futura

Il sistema agri-voltaico proposto rappresenta un piano di miglioramento e modernizzazione aziendale inquadrabile come Agricoltura 5.0. Il progetto prevede di installare inseguitori solari mono-assiali nei quali, contrariamente a quanto avviene con il fotovoltaico tradizionale (pannelli fissi rivolti verso sud) che presenta una zona d’ombra concentrata in corrispondenza dell’area coperta dai pannelli stessi, vi è una fascia d’ombra che si sposta con gradualità durante il giorno da ovest a est sull’intera superficie del terreno. Come conseguenza non si vengono a creare zone costantemente ombreggiate o costantemente soleggiate.

Date le premesse su esposte in merito alla risposta delle piante all’ombreggiamento, nell’impianto agri-voltaico in oggetto si prevede di coltivare un **prato polifita permanente destinato alla produzione di foraggio**. Tale scelta, incontra un elevato livello di naturalità e di rispetto ambientale per effetto del limitatissimo impiego di input colturali, consente di attirare e dare protezione alla fauna e all’entomofauna selvatica, in particolare le api, e rappresenta la migliore soluzione per coltivare l’intera superficie di terreno e ottenere produzioni analoghe a quelle che si raggiungerebbero in pieno sole. Va evidenziato, infatti, che negli impianti agri-voltaici ad inseguimento solare esistenti viene coltivato solamente la fascia centrale, corrispondente al 70% della superficie, mentre vengono mantenute inerbite le fasce di rispetto immediatamente adiacenti al filare.

5.1 Coltivazione del prato polifita permanente

La coltivazione scelta è quella della **produzione di foraggio con prato permanente (detto anche prato stabile)**.

La produzione foraggera può essere realizzata in vario modo, con prati monofiti (formati da una sola essenza foraggera), prati oligofiti (formati da due o tre foraggere) e prati polifiti, che prevedono la coltivazione contemporanea di molte specie foraggere. In base alla durata si distinguono: erbai, di durata inferiore all’anno; prati avvicendati, di durata pluriennale, solitamente 2-4 anni; permanenti, di durata di alcuni decenni o illimitata. 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 diretta).

Il prato polifita permanente, ritenuto la miglior scelta per l’impianto agri-voltaico, si caratterizza per la presenza sinergica di molte specie foraggere, generalmente appartenenti alle due famiglie botaniche più importanti, graminacee e leguminose, permettendo così la massima espressione di biodiversità vegetale, a cui si unisce la biodiversità microbica e della mesofauna del terreno, e quella della fauna selvatica che trova rifugio nel prato (volpi, lepri, etc.). Molte leguminose foraggere, come il trifoglio pratense, il trifoglio bianco ed il trifoglio incarnato, ed il ginestrino, sono anche piante mellifere, potendo fornire un ambiente edafico e di protezione idoneo alle api selvatiche e all’ape domestica. In merito al potere mellifero, 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.

Il prato polifita permanente non necessita di alcuna rotazione e quindi non deve essere annualmente lavorato come avviene negli altri seminativi, condizione che favorisce la stabilità del biota e la conservazione/aumento della sostanza organica del terreno, e allo stesso tempo la produzione e la raccolta del foraggio. Diversamente da quello che si potrebbe pensare, questa condizione mantiene un ecosistema strutturato e solido del cotico erboso con conseguente arricchimento sia in termini di biodiversità che di quantità della biofase del terreno. Il cotico erboso permanente consente anche un agevole passaggio dei mezzi meccanici utilizzati per la pulizia periodica dei pannelli fotovoltaici anche con terreno in condizioni di elevata umidità.

Le piante che costituiscono il prato permanente variano in base al tipo di terreno e alle condizioni climatiche, In generale, si può dire che verrà impiegato un **miscuglio di graminacee e di leguminose**:

- le graminacee, a rapido accrescimento dopo lo sfalcio, sono ricche di energia e di fibra;
- le leguminose sono molto importanti perché fissano l’azoto atmosferico, in parte cedendolo alle graminacee e fornendo una ottimale concimazione azotata del terreno, e offrono un foraggio di elevato valore nutritivo grazie alla abbondante presenza di proteine.

Per massimizzare la produzione e l’adattamento del prato alle condizioni di parziale ombreggiamento sarà opportuno impiegare due diversi miscugli, uno per la zona centrale dell’interfilare e uno, più adatto alla minor riduzione di radiazione solare, per le fasce adiacenti il filare fotovoltaico e le zone limitrofe all’interno della fascia di rispetto del rio. Pur tuttavia, l’impiego di un unico miscuglio con un elevato numero di specie favorirà la selezione naturale di quelle più adatte a diverse distanze dal filare fotovoltaico in funzione del gradiente di soleggiamento/ombreggiamento.

5 1 1 Opzione 1 - Sfalcio stagionale

I prati stabili di pianura gestiti in regime non irriguo possono fornire 2-3 sfalci all'anno con produzioni medie pari a 8-10 tonnellate per ettaro di fieno, derivanti principalmente dal primo sfalcio, e fino a 4-5 sfalci, con una produzione complessiva di 12-14 tonnellate, in irriguo. Tradizionalmente gli sfalci vengono denominati, in ordine cronologico, maggengo, agostano, terzuolo e quartiolo. Il maggengo, come detto, è il primo e viene ottenuto nella prima metà del mese di maggio. Gli altri cadono a intervallo variabile dai 35-40 giorni per i prati irrigui e fino a 50-60 giorni per quelli asciutti, anche in funzione dell'andamento pluviometrico. Il primo e l'ultimo sfalcio forniscono un foraggio ricco di graminacee (microterme), mentre le leguminose (macroterme) prevalgono nei mesi estivi.

Il fieno ricavato verrà utilizzato prevalentemente per l'alimentazione dei bovini già presenti in azienda, ma potrà essere usato anche in allevamenti ovini. Date le parziali condizioni di ombreggiamento, per accelerare il processo di essiccazione del foraggio si prevede di utilizzare la fienagione in due tempi, con appassimento dell'erba in campo e completamento dell'essiccazione in fienile da implementare in futuro con un sistema di ventilazione forzata che sfrutta l'energia elettrica prodotta dal fotovoltaico. Tale sistema riduce notevolmente le perdite meccaniche durante le operazioni di rivoltamento e di raccolta e fornisce un prodotto di qualità superiore, in particolare più ricco di proteine per effetto della 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 erba medica, i trifogli e il loietto. Per questo motivo, in alcune regioni italiane, inclusa la Sardegna, i prati stabili sono diventati e divengono oggetto di tutela normativa dopo 5 anni di permanenza continuativa, allo scopo di proteggerne la biodiversità floristica e faunistica.

5 1 2 Opzione 2 - Pascolo

Considerato che obiettivo primario è quello di mantenere la continuità ed il livello di efficienza produttiva della copertura vegetale del terreno per ottimizzare le performances di protezione del suolo, si ritiene tecnicamente altrettanto valido ed opportuno svolgere una attività pascoliva (ovini) sull'intera superficie. Il pascolo consentirebbe una naturale ed efficiente manutenzione dell'area con una forte valorizzazione economica delle biomasse di foraggio prodotte senza che ci sia bisogno

di lavorazioni meccaniche per la raccolta del foraggio. La produzione di foraggio avrebbe dunque funzione pabulare per attività di pascolo ovino a carattere temporaneo (pascolo vagante), pertanto si avrebbe una gestione dell'attività zootecnica affidata ad allevatore professionale esterno. **Il pascolo ovino di tipo vagante è la soluzione ecocompatibile ed economicamente sostenibile che consente di valorizzare al massimo le potenzialità agricole del parco fotovoltaico.** Le finalità nonché gli obiettivi dell'attività pascoliva sono:

- Mantenimento e ricostituzione del prato stabile permanente attraverso l'attività di brucatura ed il rilascio delle deiezioni (sostanza organica che funge da concime naturale) degli animali;
- L'asportazione della massa vegetale attraverso la brucatura delle pecore ha notevole efficacia in termini di prevenzione degli incendi;
- Valorizzazione economica attraverso una attività zootecnica tipica dell'area;
- Favorire e salvaguardare la biodiversità delle razze ovine locali.

L'attività di pascolo nell'area di progetto necessita che venga svolta con una certa continuità nel periodo autunnale-invernale e, successivamente al periodo di fioritura prevista del prato stabile permanente di leguminose messo a coltura. Nello specifico per il prato stabile permanente a prevalenza di leguminose sono previste due produzioni annue, la prima in primavera e la seconda nel periodo estivo. Il pascolo del prato permanente deve essere effettuato successivamente alla fioritura delle specie vegetali seminate al fine di consentire l'attività impollinatrice e produttiva delle api.

La scelta delle razze ovine da utilizzare è condizionata fortemente dall'esigenza di favorire lo sviluppo di un'attività zootecnica legata alle radicate tradizioni territoriali nell'ottica della tutela della biodiversità e la conservazione dei genotipi autoctoni. In un ambito di operatività proteso verso la “sostenibilità ecologica”, nell'ambito degli erbivori domestici, ogni razza è caratterizzata da una diversa capacità selettiva e da percorsi preferenziali e di sosta.

L'attività di pascolamento in particolari habitat è stata riconosciuta quale fattore chiave nella conservazione di quegli stessi habitat semi-naturali di altissimo valore ecologico (MacDonald et al., 2000; Sarmiento,2006); inoltre il pascolamento da parte delle razze autoctone ha un basso impatto sulla biodiversità vegetale ed ha, di contro, un effetto benefico nel creare condizioni favorevoli per l'avifauna erbivora ed insettivora (Chabuz et al.,2012).

Da quanto riportato risulta evidente come l'attività economica zootecnica del pascolo sia sostenibile dal punto di vista agro-ambientale.

Affinché l'attività di pascolo sia anche economicamente sostenibile per le finalità afferenti alla

gestione del parco fotovoltaico, risulta essere necessario (come già accennato in precedenza) affidare l'attività pascoliva ad imprenditore agricolo- zootecnico che disponga di strutture adeguate (ovile, sale mungitura, ecc...) nelle vicinanze dell'area di pascolo.



6 Apicoltura

Al fine di ottimizzare le operazioni di valorizzazione ambientale ed agricola dell'area a completamento di un indirizzo programmatico gestionale che mira alla conservazione e protezione dell'ambiente nonché all'implementazione delle caratterizzazioni legate alla biodiversità, si intende avviare un allevamento di api stanziale.

La messa a coltura del prato stabile e le caratteristiche dell'areale in cui si colloca il parco fotovoltaico, insieme con la fascia di mitigazione arbustiva prevista in progetto, crea le condizioni ambientali idonee affinché l'apicoltura possa essere considerata una attività “zootecnica” economicamente sostenibile.

L'ape è un insetto, appartenente alla famiglia degli imenotteri, al genere *Apis*, specie mellifera (*adamsonii*). Si prevede l'allevamento dell'ape italiana o ape ligustica (*Apis mellifera ligustica* Spinola, 1806) che è una sottospecie dell'ape mellifera (*Apis mellifera*), molto apprezzata internazionalmente in quanto particolarmente prolifica, mansueta e produttiva.

Di seguito si analizzano i fattori ambientali ed economici per il dimensionamento dell'attività apistica, considerando nel calcolo della PLV (Produzione Lorda Vendibile) la sola produzione di miele.

L'attività apistica ha come obiettivo primario quella della tutela della biodiversità e pertanto non si prevede lo sfruttamento massivo delle potenzialità tipico degli allevamenti zootecnici intensivi, facendo svolgere all'apicoltura una funzione principalmente di valenza ambientale ed ecologica.



6.1 Calcolo del potenziale mellifero

Si definisce potenziale mellifero di una pianta la quantità teorica di miele che è possibile ottenere in condizioni ideali da una determinata estensione di terreno occupata interamente dalla specie in questione.

Conoscendo il numero di fiori presenti in un ettaro e la quantità di nettare prodotto da un fiore nella sua vita, e considerando che gli zuccheri entrano a far parte della composizione media del miele in ragione dell'80% (cioè 0,8 Kg zuccheri = 1 Kg miele), si applica la seguente formula:

$$\text{Kg miele/ha} = \text{Kg zucchero/ha} \times 100/80$$

Il valore così calcolato non tiene conto di tutti quegli eventi negativi che tendono ad abbassarlo (condizioni climatiche sfavorevoli ecc...) né può ovviamente fornire previsioni dirette sulla quantità di miele che l'apicoltore può realmente ottenere: su questa incidono infatti vari fattori quali l'appetibilità della specie, la concorrenza di altri pronubi (diurni e notturni), il consumo di miele da parte della colonia stessa per la propria alimentazione, lo sfruttamento più o meno oculato della coltura (n. di arnie per ettaro e la loro disposizione), ecc... .

Tuttavia, sulla base dei dati riscontrati in letteratura, è possibile raggruppare le varie specie studiate secondo classi di produttività concepite così come riportato nella seguente tabella:

CLASSE	POTENZIALE MELLIFERO (Kg/Ha di miele)
I	meno di 25
II	da 26 a 50
III	da 51 a 100
IV	da 101 a 200
V	da 201 a 500
VI	oltre 500

Nello specifico, nel valutare e definire il potenziale mellifero per la vegetazione presente nell'area di progetto si è tenuto conto di diversi fattori quali:

- Specie vegetali utilizzate per la messa a coltura del prato stabile permanente di leguminose e loro proporzione nel miscuglio;
- Piantе mellifere caratterizzanti la vegetazione spontanea;
- Piantе mellifere della fascia di mitigazione quali lentisco e mirto;
- Caratterizzazione Agro-ambientale (clima, coltivazioni agrarie, ecc...).

Il potenziale mellifero è estremamente variabile rispetto ad alcuni parametri: condizioni meteo

(vento, pioggia, ...), temperature (sotto i 10 gradi molte piante non producono nettare), umidità del suolo e dell'aria, caratteristiche del suolo (alcune piante pur crescendo in suoli non a loro congeniali, non producono nettare), posizione rispetto al sole e altitudine, ecc... .

Naturalmente per avere un dato quanto più attendibile, sarebbe opportuno fare dei rilievi floristici di dettaglio per più anni di osservazione (calcolo del numero di fiori per specie e per unità di superficie, periodo di fioritura, ecc..).

Pertanto, in base alle criticità individuate, si reputa opportuno considerare il potenziale mellifero minimo di quello indicato in letteratura.

La sottostima del dato consente di fare valutazioni economiche prudenziali, abbassando notevolmente i fattori di rischio legati all'attività d'impresa.

Nella tabella seguente si riporta il nome delle piante mellifere afferenti al prato stabile permanente e non alla vegetazione spontanea con il riferimento del periodo di fioritura, della classe e del potenziale mellifero.

FAMIGLIA	SPECIE	FIORITURA	CLASSE	POTENZIALE MELLIFERO (Kg/ha di miele)
LEGUMINOSAE	<i>Medicago sativa L.</i>	V-IX	V	250
LEGUMINOSAE	<i>Hedysarum coronarium L.</i>	V	V	250
LEGUMINOSAE	<i>Trifolium subterraneum L.</i>	IV-IX	III	60

Nella tabella non viene preso in considerazione il loietto permanente in quanto non è pianta mellifera.

Una volta definito il potenziale mellifero delle principali piante prese in considerazione, si rapporta la produzione di miele unitaria all'intera superficie di riferimento progettuale. Dal calcolo viene escluso il potenziale mellifero del sistema agro-ambientale extra-progetto.

La superficie destinata alle opere di mitigazione ambientale sicuramente incide nella valutazione del potenziale mellifero complessivo, ma non è definibile in modo statisticamente valido l'apporto dei dati inerenti alla vegetazione.

6.2 Calcolo del numero di arnie

La quantità di miele prodotto da un'arnia è molto variabile: si possono ottenere dalla smielatura di un'arnia stanziale in media 10-15 Kg di miele all'anno, con punte che oltrepassano i 40 Kg.

Come per il polline, anche per il nettare l'entità della raccolta per arnia è in linea di massima proporzionale alla robustezza e alla consistenza numerica della colonia e segue nel corso dell'anno

un andamento che è correlato con la situazione climatica e floristica.

Anzi in questo caso il fattore “clima” è di importanza ancora più rilevante, in quanto, come già detto, influisce direttamente sulla secrezione nettarifera. Se ad esempio i valori di umidità relativa si innalzano oltre un certo limite, la produzione di nettare è elevata, ma esso è anche più diluito e per ottenere la stessa quantità di miele le api devono quindi svolgere un lavoro molto maggiore.

Per l’area di progetto è ipotizzabile un carico di n. 2-3 arnie ad ettaro (numero ottimale in funzione del tipo di vegetazione); ma in base alla valutazione dei fattori limitanti la produzione di cui si è detto risulta essere opportuno installare, almeno per il primo anno, un numero di arnie complessivo pari a 50.

Tale valutazione operativa definirebbe un numero di arnie ad ettaro inferiore all’unità.

6.3 Ubicazione delle arnie

Oltre al numero di alveari/arnie per ettaro acquista molta importanza anche la loro disposizione all’interno della coltura.

Il raggio di azione della bottinatrice di nettare è molto più ampio di quello della bottinatrice di polline: normalmente; infatti, può estendersi fino a 3 chilometri, e in condizioni particolari può essere largamente superato.

Il raggio di volo degli altri apoidei, escluso i bombi che possono volare per distanze più rilevanti, è in genere limitato, circoscritto a poca distanza dal nido, da poche decine di metri a 200-300 metri.

Gli elementi che bisogna considerare per l’ubicazione e posizionamento degli alveari per l’apicoltura stanziale, posso essere così elencati:

1. Scegliere un luogo in cui sono disponibili sufficienti risorse nettarifere per lo sviluppo e la crescita delle colonie. Se possibile evitare campi coltivati con monocolture dove si pratica la coltura intensiva.
2. L’apiario deve essere installato lontano da strade trafficate, da fonti di rumore e vibrazioni troppo forti e da elettrodotti. Tutti questi elementi disturbano la vita e lo sviluppo della colonia.
3. Luoghi troppo ventosi o dove c’è un eccessivo ristagno di umidità sono vivamente sconsigliati. Troppo vento non solo disturba le api, contribuendo a innervosirle e ad aumentarne l’aggressività, ma riduce la produzione di nettare. Per contro, troppa umidità favorisce l’insorgenza di micosi e patologie.
4. Accertarsi della disponibilità di acqua corrente nelle vicinanze, altrimenti predisporre degli abbeveratoi con ricambio frequente dell’acqua. L’acqua serve in primavera per l’allevamento della covata, e in estate per la regolazione termica dell’alveare. In primavera le api abbandonano la raccolta d’acqua quando le fioriture sono massime.
5. Preferire postazioni che si trovano al di sotto della fonte nettarifera da cui attingono le

api. In tal modo, saranno più leggere durante il volo in salita e agevolate nel volo di ritorno a casa, quando sono cariche di nettare e quindi più pesanti.

6. Posizionare le arnie preferibilmente dove vi è presenza di alberi caducifoglie. Questo tipo di vegetazione è davvero ottimale, in quanto permette di avere ombra d'estate, evitando così eccessivi surriscaldamenti degli alveari, ma nel contempo in inverno i raggi del sole possono scaldare le famiglie senza essere ostacolati e schermati da fronde sempreverdi. Anche in questo caso, però, si può intervenire “artificialmente” creando tettoie o ripari per proteggere le api dalla calura estiva o sistemi di coibentazione per il freddo.
7. Una volta scelto il luogo è anche importante il posizionamento delle arnie. Sicuramente è importantissimo che le arnie siano rivolte a sud e che siano esposte al sole almeno nelle ore mattutine. Questo favorisce la ripresa dell'attività delle api. Ottimo sarebbe se ricevessero luce anche nel pomeriggio, soprattutto d'inverno.
8. Dopo aver scelto la direzione, bisogna considerare il posizionamento vero e proprio. Per poter limitare il fenomeno della “deriva” è utile posizionare le arnie lungo linee curve, a semicerchio, in cerchio, a ferro di cavallo, a L o a S. Inoltre, bisogna avere l'accortezza di disporre le cassette in modo da intercalarne i colori per non confondere ulteriormente le api.
9. Bisogna considerare la distanza da terra e fra le arnie stesse. Non bisogna posizionarle troppo vicino al suolo perché altrimenti si favorirebbe il ristagno di umidità. L'opzione migliore è quella di metterle su blocchi singoli perché se poggiassero su traversine lunghe le eventuali vibrazioni, indotte su un'arnia si propagherebbero alle arnie contigue. Generalmente, inoltre, le arnie devono essere posizionate a 35-40 cm l'una dall'altra e, se disposte in file, deve esserci una distanza di almeno 4 m. In generale, si consiglia sempre di non avere apiari che eccedano di molto le 50 unità.
10. È necessario evitare ostacoli davanti alle porticine di volo delle arnie, siano essi erba alta, arbusti o elementi di altra natura. Questi ovviamente disturbano le api e il loro lavoro.

In base alle precauzioni sopra riportate e in funzione della morfologia e l'uso del suolo definitivo dell'area di progetto, si ritiene opportuno posizionare le arnie in area dove vi è disponibilità continua di acqua, soprattutto durante la stagione secca.

Pertanto, per garantire le disponibilità idriche ed assicurare la facile accessibilità alle arnie si può pensare di collocare gli apiari in posizione contrapposta sull'area di pertinenza dell'impianto fotovoltaico con il posizionamento di contenitori d'acqua nel periodo estivo.

6.4 Analisi economica dell'attività apistica

La presente analisi economica si pone i seguenti obiettivi:

- stimare, dal confronto tra ricavi e costi relativi ad un ciclo produttivo, il reddito dell'imprenditore;
- determinare, attraverso l'individuazione delle singole voci di spesa, i costi relativi alla produzione del miele.

Per raggiungere entrambi gli obiettivi, è necessario predisporre un bilancio aziendale.

Tale bilancio, che prende lo spunto da un bilancio normalmente utilizzato in aziende zootecniche, è stato tarato e modificato per rispondere alle esigenze peculiari di un'azienda apistica.

Il ciclo produttivo dell'azienda agraria al quale, di norma, fa riferimento il bilancio è un anno che normalmente nel sud Italia ha inizio nel mese di settembre. Nel caso specifico, per le aziende apistiche si è optato per la durata convenzionale del periodo di riferimento (1anno), ma utilizzando come giorno di inizio il 1° marzo: questa scelta è dettata dal fatto che, a quella data, si è normalmente in grado di stimare il numero corretto di famiglie/nuclei che hanno superato il periodo invernale che costituirà il “capitale bestiame iniziale”.

In questo caso viene redatto un *bilancio preventivo* considerando che non ci sia variazione della consistenza “zootecnica” tra l'inizio e la fine dell'annata agraria di riferimento.

Non si considerano, poiché non valutabili preventivamente, le perdite di famiglie dovute alla sciamatura e a problemi sanitari (es. Varroa).

Si considera che l'attività apistica venga svolta in modo stanziale da un singolo apicoltore e che per la definizione della Produzione Lorda Vendibile venga valutato solo il prodotto miele (non si considerano gli altri prodotti apistici vendibili quali: pappa reale, propoli, polline, cera, idromele, aceto di miele, veleno, ...).

Nella analisi economica si tiene conto che l'azienda è condotta secondo i dettami del Reg. CE 834/07 “agricoltura biologica” e che la produzione di miele bio sia venduta all'ingrosso.

Il costo d'impianto è definito dall'investimento iniziale necessario per la realizzazione delle arnie e l'acquisto degli animali (sciame).

Di seguito si riporta il dettaglio dell'investimento riferito alla singola arnia.

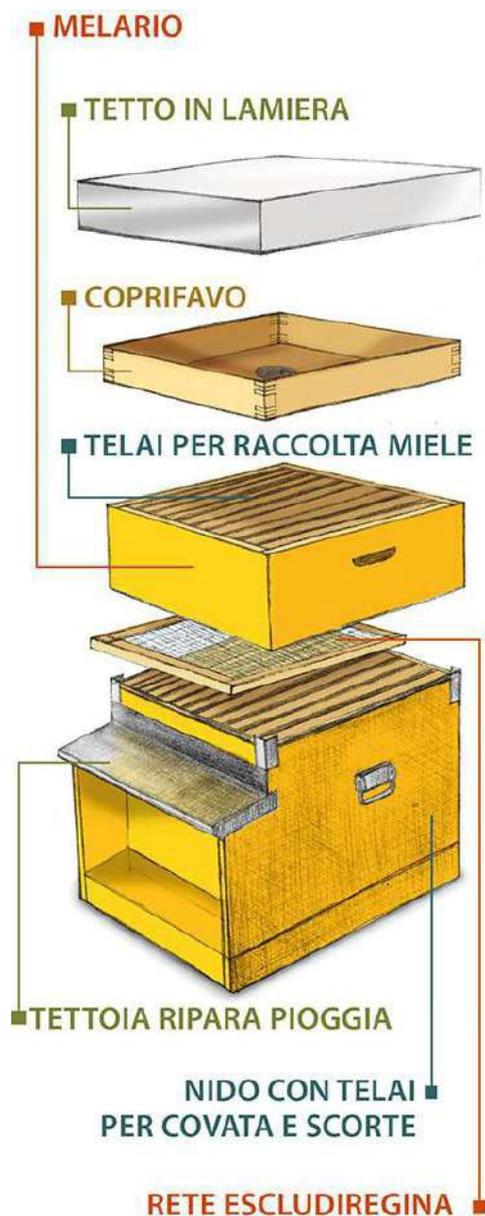


Figura 6 – modello di arnia con 12 scomparti

Il costo per arnia iniziale per allevamento di ape ligustica è dettagliato di seguito:

Voce di costo	Numero	Costo Unitario (€/Pz o €/Kg)	Costo totale	Precisazioni	IVA	Costo totale + IVA
Famiglia	1	100,00 €	100,00 €		10%	110,00 €
Regina	1	20,00 €	20,00 €		10%	22,00 €
Arnia (12 telaini)	1	55,00 €	55,00 €		22%	67,10 €
Melari	5	9,00 €	45,00 €		22%	54,90 €
Telai	12	0,70 €	8,40 €		22%	10,25 €
Cera bio per telai nido	1,32	35,00 €	46,20 €	Per ogni telaino è necessario un foglio di cera del peso di 110 gr. Sono necessari 12 fogli per un peso complessivo di Kg. 1,32. Il costo è definito come €/Kg di cera.	10%	50,82 €

Telaini per melario	55	0,70 €	38,50 €	Per ogni arnia si considerano n. 5 melari, e per ogni melario n. 11 telaini	22%	46,97 €
Cera bio per telaini melario	3,025	35,00 €	105,88 €	Per ogni telaino è necessario un foglio di cera del peso di 55 gr. Sono necessari 55 fogli per un peso complessivo di Kg. 3,025. Il costo è definito come €/Kg di cera.	10%	116,46 €
Escludi regina	1	5,00 €	5,00 €		22%	6,10 €
Apiscampo	1	15,00 €	15,00 €		22%	18,30 €
			Costo totale arnia 438,98 €			502,90 €

Considerato che si prevede il posizionamento di n. 50 arnie avremo che il costo necessario per l'avvio attività sarà:

costo singola arnia x 50 = € 438,98 x 50 = € 21.949,00 (Iva esclusa)

Il calcolo delle spese varie viene fatto tenendo conto della gestione complessiva dell'allevamento effettuata da 1 solo operatore.

Si considera il prezzo medio ordinario di mercato riferito alla singola voce di spesa dando il valore complessivo.

La voce di spesa riferita al candito (alimento di soccorso da dare alle api nel periodo invernale) è fortemente condizionato dall'andamento climatico stagionale e pertanto si considerano valori prudenziali alti di gestione.

Per quanto riguarda le spese di trasformazione, non essendo previste attrezzature e locali, ci si avvarrebbe della prestazione di contoterzisti.

Voce di costo		Numero	Costo Unitario (€/Pz o €/Kg)	Costo totale (iva inclusa)	Precisazioni
Alimenti (candito bio)		500	5,00 €	2.500,00 €	Consumo medio di 10 Kg ad arnia
Antiparassitari e medicinali	Acido ossalico	50	1,00 €	50,00 €	Trattamento invernale per Varroa
	Acido formico	50	3,00 €	150,00 €	Trattamento estivo per Varroa
Erogatori per acido formico		50	11,00 €	550,00 €	
Materiale per confez. (vasi, etichette, ecc...)	Vasetti in vetro da 1 Kg	625	0,50 €	312,50 €	Si tiene conto di una produzione media di miele millefiori ad arnia di 25 Kg
	Vasetti in vetro da 0,5 Kg	1250	0,35 €	437,50 €	
	Etichetta e sigillo	1875	0,25 €	468,75 €	
Trasformazione		1250	0,50 €	625,00 €	Il calcolo è riferito al costo medio per 1 Kg di miele
Spese per spostamenti		67	30,00 €	2.010,00 €	Si considera che l'apicoltore visita l'apiario ogni 5 giorni nel periodo che va dal 1 marzo al 1 ottobre ed in inverno ogni 10 gg. Quindi il totale delle giornate minime di spostamento sarà di 67 gg.
Spese generali	Associazionismo	1	60,00 €	60,00 €	
	Ente di certificazione bio	1	1.000,00 €	1.000,00 €	
	Contabilità (fiscalista)	1	1.000,00 €	1.000,00 €	
	Altro (telefono, imprevisti vari,....)	1	50,00 €	50,00 €	
Totale spese varie				9.213,75 €	

Nel calcolo delle quote di reintegrazione si considera che la “vita” economica di un’arnia stanziale sia di circa 5 anni.

QUOTE	Importo	Precisazioni
Reintegrazione arnie	4.064,63 €	Durata di un'arnia= 5 anni. Tasso d'interesse applicato 5%
Assicurazione	500,00 €	
Manutenzione	329,24 €	Si considera che la quota manutenzione sia pari all' 1,5% del valore imponibile delle arnie
Totale quote	4.893,87 €	

Come già detto l'unica produzione vendibile dell'attività apistica è il miele.

Si prevede una produzione di miele media per singola arnia di 25 Kg/anno. Bisogna inoltre considerare che trattasi di produzione biologica certificata e pertanto il prezzo di vendita risulta essere in media superiore del 20-30% (mercato italiano) rispetto al prodotto convenzionale.

Prodotto	Quantità (Kg)	Prezzo (€/Kg)	Importo totale (iva inclusa)
Miele bio millefiori - vaso da 1Kg	625	17,00 €	10.625,00 €
Miele bio millefiori- vaso da 0,5 Kg	625	18,00 €	11.250,00 €
Totale PLV			21.875,00 €

Di seguito si definisce il conto economico presumibile dell'attività apistica.

VOCE CONTABILE	SPECIFICA VOCE DI BILANCIO	Importo	Precisazioni
INVESTIMENTO INIZIALE	<i>CONTO ARNIE</i>	21.949,00 €	importo IVA esclusa
RICAVI VENDITA MIELE	<i>Produzione Lorda Vendibile (PLV)</i>	21.875,00 €	
COSTI DI GESTIONE	<i>SPESE VARIE</i>	9.213,75 €	
	<i>SPESE MANODOPERA</i>	5.778,94 €	
	<i>ASSICURAZIONE</i>	500,00 €	
	<i>MANUTENZIONE</i>	329,24 €	
	<i>REINTEGRAZIONE ARNIE</i>	4.064,63 €	Durata di un'arnia= 5 anni. Tasso d'interesse applicato 5%
	<i>Totale costi di gestione</i>	19.886,56 €	

7 Integrazione coltura-fotovoltaico

L'impianto di pannelli fotovoltaici si integra perfettamente nella coltivazione del prato stabile come sopra evidenziato, potendo far aumentare la resa in foraggio grazie agli effetti di schermo e protezione con 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 particolarmente interessante dopo lo sfalcio, quando l'assenza di copertura vegetale causerebbe un rapido essiccamento del terreno nel periodo estivo, a discapito della capacità di

ricaccio delle essenze foraggiere.

L'interasse tra i filari fotovoltaici di 4,60 m, unitamente alla possibilità di reclinare completamente i pannelli con appositi automatismi, consente l'accesso a qualsiasi tipo di mezzo meccanico comunemente impiegato nella fienagione, che consistono in trattrici di potenza medio-bassa, e piccole e medie attrezzature agricole (barre falcianti, spandi-voltafieno, giro-andanatori, rotoimballatrici).

Va inoltre ribadito che la combinazione tra fotovoltaico ad inseguimento monoassiale e prato polifita permanente consente **l'utilizzo dell'intera superficie al suolo per scopi agricoli**.

Nell'analisi dell'interazione coltura-sistema fotovoltaico vanno considerati i seguenti elementi:

- I filari fotovoltaici, posti ad interasse di 4,60 m, consentono un agevole accesso per le lavorazioni agricole ai mezzi meccanici utilizzati per la coltivazione, lo sfalcio e la raccolta del foraggio;
- È prevista la posizione di blocco dei pannelli in totale rotazione ovest o est, in questo modo è agevole lavorare il terreno per la semina del prato fino a ridosso dei sostegni;
- L'assenza di elettrodotti interrati (con esclusione di quelli concentrati sul lato sud, dalle cassette stringhe alla cabina elettrica) consente eventuali lavorazioni di ripuntatura/scarificazione, e arieggiamento del terreno;
- I supporti sono costituiti da pali in acciaio infissi nel terreno e di facile rimozione a fine vita operativa;
- Il prato polifita permanente arricchisce progressivamente di sostanza organica e di biodiversità il terreno, mantiene un ecosistema strutturato e solido del cotico erboso, le leguminose presenti nel miscuglio fissano l'azoto atmosferico fornendo una ottimale concimazione azotata del terreno, e offrono un foraggio di elevato valore nutritivo ricco di proteine;
- A fine vita operativa, ad impianto dismesso, il suolo così rigenerato sarà ideale anche per coltivazioni agricole di pregio (es. orticole, frutteto, vigneto).

L'impatto del sistema fotovoltaico sul suolo è ritenuto minimo, in quanto non interessato in modo significativo da infrastrutture inamovibili:

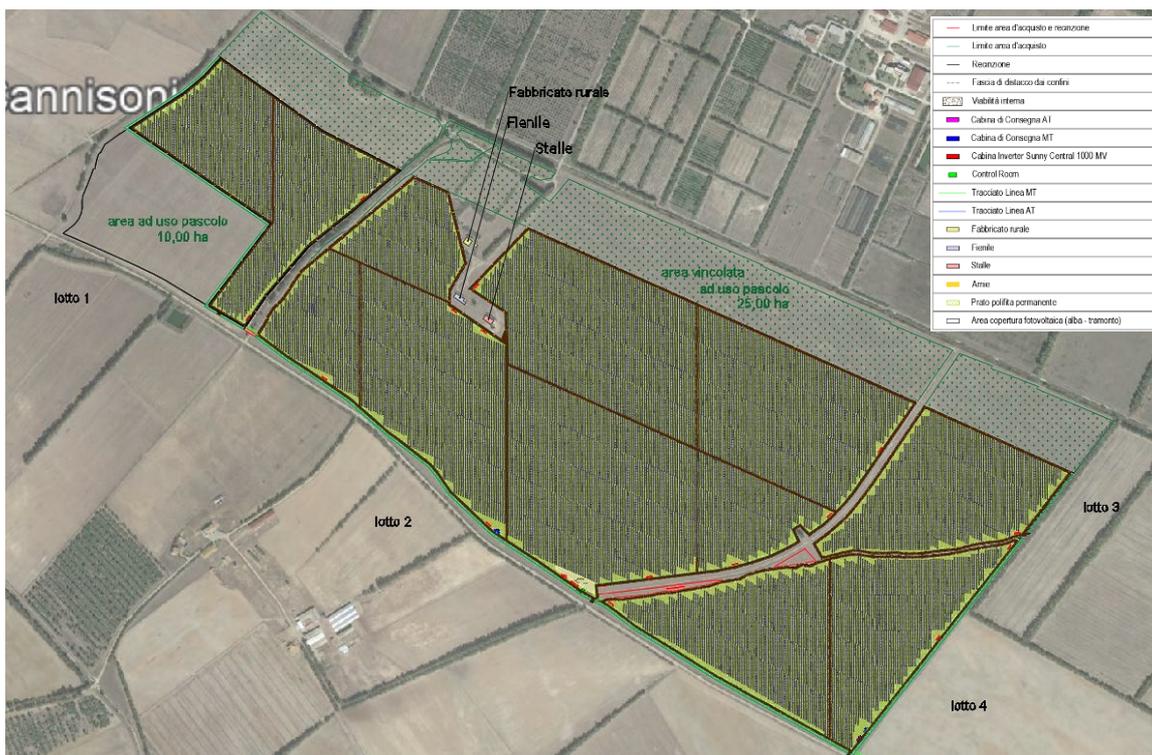
- I pali dei Tracker sono semplicemente infissi nel terreno per battitura e possono essere

rimossi con facilità per semplice estrazione;

- I cavidotti sono minimi e saranno localizzati unicamente al margine sud-est e sud-ovest, in vicinanza della recinzione, e anch'essi sono facilmente rimovibili a fine vita operativa dell'impianto fotovoltaico;
- le linee di bassa tensione in corrente continua saranno posate su canaline esterne, fissate alle strutture stesse dei tracker, senza interessare il terreno con numerosi cavidotti ad eccezione delle linee che portano le stringhe alle cassette di campo.

Relativamente all'impatto paesaggistico e la gestione del sistema agri-voltaico, si evidenziano i seguenti punti di forza del sistema agri-voltaico:

- Il prato permanente è una coltura pluriennale la cui durata è dell'ordine di decenni e più e, offrendo una copertura vegetale verde costante, anche nel periodo invernale, mitiga efficacemente l'impatto paesaggistico del sistema fotovoltaico;
- Le attività di impianto del prato polifita, che consistono in aratura, erpicatura e semina, non interferiscono con il Fotovoltaico in quanto sono attività una-tantum propedeutiche e preliminari all'installazione dell'impianto stesso;
- L'attività di manutenzione del fotovoltaico, che consiste in sostanza nell'annuale lavaggio dei pannelli, avviene con mezzi leggeri che non arrecano danno al prato, al contrario, vi è un impatto positivo del prato sulla transitabilità del terreno;
- Il lavaggio dei pannelli avviene con l'uso di roto-spazzoloni, utilizzando acqua pura, senza alcun detergente che possa inquinare la coltivazione e le falde;
- Le attività di manutenzione delle siepi perimetrali presenti, assimilabili per tipologia alle attività agricole, rappresenteranno un'importante integrazione al reddito del personale impiegato, e attenuano l'impatto visivo dell'intero impianto.



Planimetria delle attività agronomiche

Superficie impianto [mq]	1.380.237
Superficie effettivamente utilizzata [mq]	469.934,45
Potenza [MWp]	99,9908
Area coltivata [mq]	834.332,52
Area moduli Fotovoltaici - Proiezione a terra [mq]	469.335,96
Superficie captante moduli Fotovoltaici [mq]	469.300,00
Pannelli Fotovoltaici [n]	149.240
Inverter [n]	16
Area viabilità interna [mq]	28.242,00
Cabina di campo [n]	3
Area Fascia di mitigazione [mq]	16.080,00
Arnie [n]	50
Pascolo [n]	460
Area verde [mq]	934.332,52
Lunghezza Cavidotto di collegamneto tra SSE e SE [m]	2.038
Lunghezza Cavidotto di collegamneto tra impianto e SSE [m]	8.977
Indice di occupazione = area Pannelli/ area a disposizione [%]	34,047%

Tabella riassuntiva del progetto

8 Sostenibilità economica dell'attività agricola

Per verificare la sostenibilità economica dell'attività agricola nell'impianto fotovoltaico si è fatto riferimento ai dati di sintesi, reperibili presso le principali fonti bibliografiche regionali.

La comparazione tra le diverse coltivazioni viene fatta in termini di MARGINE LORDO unitario (per ettaro), ricavabile da ciascuna tipologia di coltivazione, calcolato con la seguente formula:

$$\text{Margine Lordo (ML, espresso in €/ha)} = \text{PLT} - \text{CV}$$

Dove:

- PLT = produzione lorda totale come sommatoria della produzione lorda vendibile (PLV) e della produzione reimpiegata e/o trasformata in azienda;
- CV = costi variabili = SS (spese dirette) + ASP (Altre spese) + RA (Reimpieghi).

I CV possono essere calcolati anche come somma delle seguenti voci: anticipazioni, acqua, assicurazioni, energia, concimi, conto-terzismo, commercializzazione, difesa, sementi, altri costi, reimpieghi.

Facendo riferimento alle sole colture erbacee, e confrontando il prato polifita con le colture attualmente presenti nei terreni oggetto del progetto di riqualificazione aziendale, che peraltro sarebbero solo parzialmente compatibili con il fotovoltaico, si osserva che il risultato economico è sostanzialmente equivalente: il margine lordo del prato polifita (anno 2019) è infatti più elevato di quello del prato pascolo permanente (190 €/ha vs. 145 €/ha), di poco inferiore a quello dell'avena (225 €/ha) ed è all'incirca equivalente a quello delle graminacee (200 €/ha). L'erba medica, che potrebbe rappresentare una alternativa economicamente valida, avrebbe come controindicazione la necessità di reimpiantare la coltura ogni 3-4 anni.

I dati della Rete di Informazione Contabile Agricola RICA (Tabella 2), dimostrano che possono avere situazioni economiche più vantaggiose, con un margine lordo del prato polifita inferiore solo a quello delle coltivazioni cerealicole e oleaginose. Va tuttavia evidenziato che la minore adattabilità di queste ultime alle condizioni di parziale ombreggiamento del sistema agrivoltaico, ne ridurrebbe significativamente il margine lordo, rendendole economicamente simili (es. mais) o meno convenienti (soia, frumento) rispetto al prato polifita.

REPORT: ANALISI SETTORIALE COLTURE																					
ANNO: 2019 - TERRITORIO: Sardegna - COLTURE: Cereali e leguminose da granella [In pieno campo], Piante industriali [In pieno campo], Fiori e ortaggi [In pieno campo], Fiori e ortaggi [In orto industriale], Fiori e ortaggi [In serra (sotto copertura)], F																					
Coltura	UM	Cereali e leguminose da granella										Foraggiere									
		Avena in pieno campo	Fumento duro In pieno campo	Orzo in pieno campo	Triticale In pieno campo	Altre graminacee In pieno campo	Altre leguminose In pieno campo	Altri miscugli In pieno campo	Altri trifogli In pieno campo	Avena In pieno campo	Erba medica In pieno campo	Graminacee e leguminose In pieno campo	Loglio italico In pieno campo	Mais a maturazione cerosa In pieno campo	Pascoli incolti produttivi In pieno campo	Pascolo In pieno campo	Prati e pascoli permanenti In pieno campo	Prato pascolo In pieno campo	Prato polifita In pieno campo	Sulla In pieno campo	Trifoglio alessandrino In pieno campo
DIMENSIONI DEL PROCESSO																					
Osservazioni	nr	61	65	83	10	53	5	7	19	26	42	189	24	28	275	60	60	113	11	5	31
Superficie coltura	ha	573,79	1.025,12	853,55	120,00	882,17	143,30	130,00	264,77	332,41	238,21	4.103,16	610,12	899,85	12.145,30	2.348,99	1.110,61	2.867,71	328,70	23,60	422,57
Incidenza Superficie irrigata	%	0,00	0,00	0,00	1,25	0,51	0,00	3,08	0,00	1,20	85,18	3,83	45,19	100,00	0,00	0,09	0,90	0,00	0,00	10,59	0,00
INDICI																					
Resa prodotto principale	q.li/ha	16	27	20	26	27	20	66	50	27	65	27	57	400	26	30	16	15	13	43	30
Prezzo prodotto principale	€/q.le	25	25	22	25	11	12	11	11	12	16	12	12	5	2	6	9	10	9	12	11
PLT - Produzione Lorda Totale	€/ha	494	718	515	602	336	237	717	582	309	1084	388	700	2009	47	39	168	167	205	576	370
PLV - Produzione Lorda Vendibile	€/ha	188	647	239	344	127	107	513	385	88	708	84	148	552	1	1	44	51	86	462	195
PRT - Produzione Reimpiegata/Trasformata	€/ha	307	70	276	259	209	130	204	197	220	376	304	552	1457	47	37	124	116	119	114	176
CS - Costi Specifici	€/ha	163	248	183	116	135	130	185	163	84	386	168	290	895	10	7	23	25	16	193	105
ML - Margine Lordo	€/ha	331	469	332	487	200	107	532	420	225	698	220	410	1114	38	32	145	142	190	383	265
MO - Margine Operativo	€/ha	122	92	93	321	-105	-80	331	106	-74	-21	-43	-33	457	4	6	4	6	5	-287	-78
Fonte: AREA RICA																					
Elaborazione del 05 09 2022 - 15:48																					

Tabella 2. Produzione lorda totale (PLT), produzione lorda vendibile (PLV) (al netto dei reimpieghi aziendali) e margine lordo per le diverse colture (dati campionari, RICA, 2019).

9 Analisi multicriterio

Quando la scelta di una opzione progettuale interessa più criteri di valutazione (es. economico, ambientale, sociale, etc.), e non solo quelli economici, è opportuno utilizzare una metodologia di analisi multicriterio (AMC). L'analisi multicriterio prevede che il confronto fra le alternative di intervento venga effettuato tramite l'utilizzo della cosiddetta matrice di valutazione: una matrice in cui ogni alternativa è messa a confronto per una serie di criteri di valutazione, che possono essere obiettivi del progetto o dei portatori di interesse, criteri tecnici, sociali, etc. Le alternative vengono elencate nelle colonne della matrice, mentre i criteri di valutazione sono descritti nelle righe. Il grado di raggiungimento di ogni obiettivo (o di soddisfacimento del criterio di valutazione) da parte delle alternative considerate è indicato tramite un indice che, ad esempio può variare tra 0 (obiettivo non raggiunto o criterio non soddisfatto) e 5 (obiettivo raggiunto), passando per valori intermedi che indicano un obiettivo raggiunto parzialmente. Nel caso di criteri che possono avere un significato negativo o positivo (ad esempio gli impatti ambientali) si può ricorrere anche a valori indice che variano da negativi (impatto negativo) a positivi (impatto completamente positivo), ove 0 assume il significato di impatto nullo.

Ad ogni criterio di valutazione viene assegnato un peso (valore compreso tra 0 e 1) moltiplicativo degli indici assegnati ad ogni criterio. Tale peso viene in genere assegnato tenendo conto anche di quanto espresso dai portatori di interesse. I valori degli indici per ogni alternativa (moltiplicati per i pesi) vengono sommati, cosicché ad ogni alternativa di intervento corrisponda un punteggio totale, confrontabile con quello delle diverse opzioni/alternative. Può essere inoltre condotta un'analisi di sensibilità dei punteggi finali ai valori dei pesi, così da verificare quanto robusta sia la scelta della soluzione migliore.

L'AMC viene utilizzata per arrivare alla scelta della soluzione preferibile, in quanto permette di tener conto di tutti i benefici e gli impatti, inclusi quelli di difficile quantificazione (per esempio alcuni impatti ambientali e sociali) e permette, inoltre, di coinvolgere i portatori di interesse mostrando in maniera trasparente il processo decisore.

Voce	Coltivazione attuale (Cerealicola estensiva)	Coltivazione futura (Prato Polifita Permanente)
1. Occupazione (impiego di personale)	(+2) Limitato, in conseguenza della totale meccanizzazione.	(+4) Medio, per le operazioni di sfalcio e raccolta del foraggio ripetute 3-5 volte. Impiego addizionale di maestranze agricole per la manutenzione delle siepi perimetrali di inserimento ambientale. Voce a parte è rappresentata dall'impiego dei tecnici specializzati impiegati nella costruzione e <u>manutenzione dell'impianto foto-voltaico.</u>
2. Fertilità agronomica dei terreni (contenuto di sostanza organica)	(-2) L'aratura profonda annuale comporta l'impovertimento progressivo per ossidazione della matrice organica del terreno.	(+2) L'aratura è necessaria solo nel primo anno di impianto del prato polifita. Le specie leguminose presenti nel miscuglio fissano l'azoto atmosferico, fornendo una naturale concimazione del terreno, e le piante <u>arricchiscono di sostanza organica il terreno.</u>
3. Effetti sul sistema idrico (consumo di acqua e qualità)	(+1) Elevate necessità di acqua di irrigazione. Elevato utilizzo di concimi, ammendanti e antiparassitari che contribuiscono all'inquinamento delle acque superficiali e di falda.	(+3) Moderate necessità di acqua di irrigazione. Limitato utilizzo di concimi. Nessun utilizzo di antiparassitari.
4. Utilizzo di carburanti fossili per le macchine agricole	(+2) L'aratura profonda richiede mezzi potenti ed un elevato consumo di carburante.	(+3) La coltivazione richiede l'uso di mezzi agricoli leggeri e consumi ridotti di carburante.
5. Biodiversità floristica e faunistica	(0) La coltivazione è solitamente condotta in monocoltura (una sola specie coltivata), con minima biodiversità.	(+2) I miscugli polifiti generalmente prevedono la coltivazione di numerose specie foraggere contemporaneamente (6-10 specie). Molte specie attraggono insetti impollinatori (api), ed il prato crea rifugio per fauna selvatica e nemici <u>naturali (parassitoidi) dei parassiti delle piante.</u>
6. Margine lordo (valore economico del prodotto agricolo)	(+2) La coltivazione di cereali ha marginalità media rispetto a colture orticole o frutticole a più alto reddito.	(+2) Il prato polifita produce una marginalità molto simile a quella delle coltivazioni cerealicole.
7. Produzione di Energia Rinnovabile	(+1) La produzione dei cereali in sito è in buona parte destinata all'alimentazione umana e animale.	(+5) La produzione dell'associato impianto fotovoltaico raggiunge annualmente per ogni ettaro di superficie circa: 1700 MWh/ha L'intera produzione di foraggio è inoltre destinata all'alimentazione animale per la produzione di alimenti per l'uomo.
PUNTEGGIO TOTALE	5	22

Tabella 3. Matrice dei principali effetti socio-economici e ambientali delle coltivazioni a confronto

Per un'analisi oggettiva tra le due coltivazioni a confronto (agri-voltaico con prato polifita permanente vs. colture foraggere attuali a destinazione allevamento estensivo), si è costruita una matrice che assegna punteggi compresi tra -5 (minimo) e +5 (massimo) ad alcuni indicatori socio-economici ed ambientali (Tabella 3).

Poiché si è voluto pesare in egual misura tutti i criteri, si è deciso di assegnare a ciascuno di essi un peso uguale e pari a 1.

La matrice AMC evidenzia un punteggio significativamente maggiore del prato polifita permanente combinato all'impianto fotovoltaico, rispetto alle colture foraggere estensive attualmente praticate a destinazione allevamento ovino e bovino estensivo.

Con questa soluzione il terreno agricolo oggetto di intervento, che non è utilizzabile per colture specializzate e protette, garantirà un reddito aggiuntivo al reddito caratteristico della sola produzione agricola grazie alla produzione di energia rinnovabile.

È quindi evidente come l'obiettivo di coniugare la coltivazione agricola con un razionale e conveniente uso del terreno, sia pienamente raggiunto con il sistema agri-voltaico.

10 Gestione idraulica e irrigua

Il terreno aziendale si caratterizza per una prevalenza di tessitura argilloso-limosa avendo una frazione di 45-50% di argilla, 42-46% di limo e 3-10% di sabbia, pur se in vicinanza del centro aziendale si rileva una riduzione dell'argilla a valori di 15-24% e un aumento della sabbia al 15-35%, potendosi così definire una tessitura medio-limosa.

Il terreno presenta una sistemazione alla Larga (definita anche Ferrarese), con lunghi appezzamenti (fino a 500-600 m) funzionali al miglioramento dell'efficienza d'uso delle macchine agricole. Gli appezzamenti sono intervallati da leggere scoline aventi direzione all'incirca nord-ovest/sud-est.

Lo sviluppo del progetto agri-voltaico prevede di mantenere inalterata la baulatura degli appezzamenti inserendo a profondità variabile i pali porta pannelli fotovoltaici per ottenere una quota costante della superficie di intercettazione solare. Le piccole scoline verranno invece colmate

e sostituite nella loro funzione con un più efficiente sistema di scolo delle acque in eccesso di drenaggio tubolare.

Il drenaggio tubolare è costituito da una rete di tubazioni in PVC di diametro di circa 8-10 cm disposti parallelamente nel campo a distanza regolare e ad una profondità che ne impedisca ogni interazione con lo sviluppo delle radici delle piante coltivate, e nello specifico del cotico erboso, all'incirca a 80-90 cm. L'inter-distanza tra i dreni va commisurata alla tessitura del terreno per un ottimale drenaggio ed evitare ristagni idrici, potendo oscillare tra 10 e 15 m. Nello specifico, si prevede di posizionare i dreni a 40 cm dall'asse dei trackers, ad un interasse di 13,80 m, ovvero un dreno ogni 3 filari fotovoltaici. I dreni hanno una superficie fenestrata prestabilita (circa 20-30 cm² per metro lineare), costituita da fessure di 1 x 25 mm e protetta da fibre vegetali di cocco o altro materiale, al fine di evitare intasamenti. I dreni verranno installati con macchine posa-dreni rispettando una pendenza dello 0,1-0,2% per consentire un adeguato sgrondo delle acque nei capifosso.

Il drenaggio tubolare rappresenta un moderno sistema di regimazione delle acque in eccesso largamente impiegato nelle aziende agricole, caratterizzato da lunghissima durata, di diversi decenni, e non comporterà modifiche sostanziali nella rete idraulica aziendale.

Relativamente all'irrigazione del prato polifita, va considerato che la produzione del foraggio avviene nel periodo centrale dell'anno, tra aprile-maggio e settembre. Si stima che l'efficienza media di un prato polifita sia di 1,1 kg di sostanza secca prodotta per m³ di acqua consumata per evapotraspirazione, ovvero per combinata presenza di evaporazione di acqua dal suolo e di traspirazione fogliare. Questo significa che una produzione media di 11 t/ha richiede potenzialmente 11.100 m³ di acqua, ovvero 1.100 mm. Poiché nel territorio di Villasor, comune nel quale insiste l'azienda oggetto di riqualificazione, la piovosità media storica è di circa 820 mm annui, anche in caso di estati piovose, l'irrigazione per ottimizzare la produzione sarebbe opportuna, soprattutto dopo gli sfalci allo scopo di facilitare il ricaccio e aumentare la produzione di foraggio.

Allo stato attuale si preferisce ridurre l'utilizzo di acqua di irrigazione, anche in considerazione dell'apporto dovuto alle acque di lavaggio dei moduli. Si potrà comunque in futuro realizzare un impianto di irrigazione a pioggia con micro-irrigatori da posizionare in vicinanza dei pali tracker, facendo correre tubazioni irrigue sospese lungo i filari fotovoltaici. I micro-irrigatori funzioneranno con aree di bagnatura circolari o semicircolari, secondo una programmazione a zone (Fig. 4) e saranno attivati da un sistema di pompaggio costituito da motori elettrici alimentati dall'impianto fotovoltaico stesso per un contenimento delle emissioni

rispetto ai tradizionali motori diesel. In funzione dell’andamento pluviometrico stagionale, si potrà prevedere di effettuare da 1 a 4 irrigazioni da 25-30 mm ciascuna (100-120 mm complessivamente), potendo in questo modo risparmiare più del 50% dell’acqua rispetto ai sistemi irrigui a scorrimento comunemente adottati nei prati permanenti della Sardegna che fanno uso di 60-80 mm per adacquata.

Per quanto concerne il consumo idrico nella fase di cantiere è previsto il consumo di 5 l di acqua per ogni operaio in una giornata lavorativa. In fase di esercizio sono previsti 2 lavaggi dei pannelli all’anno prevedendo il consumo di 30 mq di acqua per lavaggio.

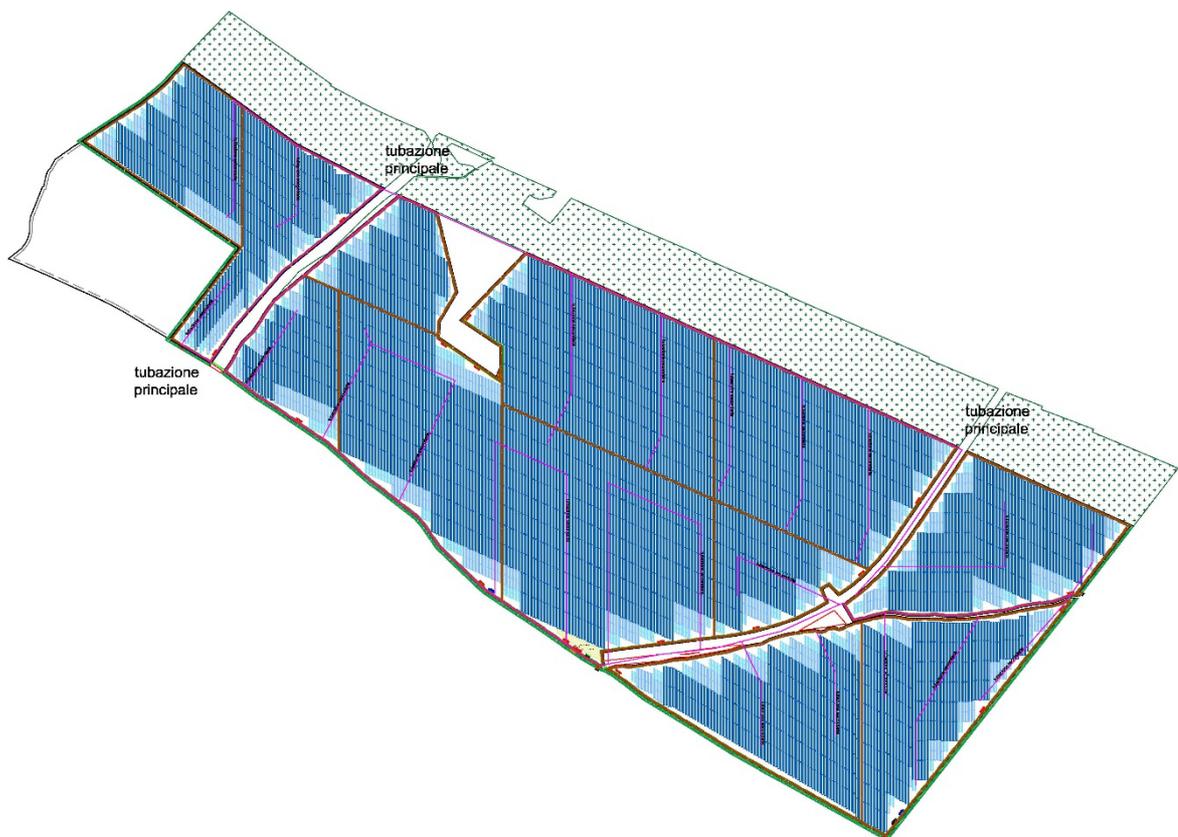


Fig. 4. Schema di irrigazione a zone con sistema di micro-irrigatori.

11 Realizzazione del prato polifita e meccanizzazione della raccolta

Il prato polifita verrà seminato in autunno (settembre-ottobre) al termine della messa in opera dell’impianto fotovoltaico, comprensivo di piloni e ali fotovoltaiche, previa ripuntatura del terreno ed erpicatura. 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. Si adotterà una elevata biodiversità nella realizzazione del miscuglio, utilizzando le seguenti specie graminacee (loietto italico e loietto inglese, erba fienarola, festuca, erba mazzolina, fleolo) e leguminose (trifoglio pratense, trifoglio bianco, trifoglio incarnato, ginestrino).

Le operazioni meccaniche di fienagione saranno realizzate con trattori di medio-bassa potenza (40-60 CV) di piccole dimensioni facilmente manovrabili all’interno degli interfilari. Le operazioni di sfalcio con barre falcianti frontali o laterali consentiranno di svolgere le operazioni fino a ridosso del filare fotovoltaico. Le successive fasi di rivoltamento e andanatura del foraggio, da svolgere rispettivamente con macchine spandivoltafieno e andanatoris sono agevolate dalla modesta altezza di tali attrezzature (massimo 75-80 cm), 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, con pre-appassimento in campo e successivo completamento dell’essiccazione in fienile eventualmente attraverso idoneo impianto. Il foraggio ottenuto sarà di maggiore quantità per effetto della minimizzazione delle perdite meccaniche, e di migliore qualità (contenuto proteico) potendo preservare da rotture e perdite soprattutto le parti più nobili e ricche di proteine del foraggio (foglie).

Le macchine per la raccolta, essenzialmente rotoimballatrici, sono comunemente di larghezza e dimensioni contenute, compatibili con la movimentazione in campo rispetto ai dati progettuali dell’impianto fotovoltaico (larghezza interfila, altezza delle ali fotovoltaiche e loro rotazione). Va tenuto comunque in considerazione che eventuali particolari necessità di movimentazione di attrezzature di dimensioni maggiori, ivi compreso il sistema di carico e trasporto delle rotoballe di fieno, è possibile attraverso il bloccaggio delle ali fotovoltaiche in posizione completamente a est o ad ovest.

Nello sviluppo del piano aziendale 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.

12 Essiccazione e stoccaggio del foraggio

L’azienda disporrà di una superficie a prato polifita di circa 31 ettari, e una di pari superficie che verrà mantenuta per la coltivazione di erba medica e foraggio. Nel dimensionamento del fienile di stoccaggio del foraggio prodotto si terrà conto della produzione media di foraggio e dei relativi volumi occupati, e della disponibilità di un esistente magazzino.

Si assumono le seguenti caratteristiche delle rotoballe di fieno: 160 cm diametro x 120 cm altezza, peso 0,32 t circa (rotoballe a cuore/nocciolo tenero).

La produzione di foraggio può oscillare nel seguente intervallo di valori:

- Produzione minima di foraggio: 9 t/ha = 28 rotoballe/ha x 60 ha = 1680 rotoballe
- Produzione massima di foraggio: 13 t/ha = 40 rotoballe/ha x 60 ha = 2400 rotoballe
- Produzione media di foraggio: 11 t/ha = 34 rotoballe/ha x 60 ha = 2040 rotoballe (652 t)

Si prevede che produzione complessive di 652 t annue (valore medio) di foraggio sia temporalmente distribuita come segue:

- 1° sfalcio: 50%, ovvero 840-1200 rotoballe, **in media 1020 rotoballe**
- 2° sfalcio: 25%, ovvero 420-600 rotoballe, **in media 510 rotoballe**
- 3° sfalcio: 12,5%, ovvero 210-300 rotoballe, **in media 255 rotoballe;**
- 4° sfalcio: 12,5%, ovvero 210-300 rotoballe, **in media 255 rotoballe.**

Considerando il diametro delle rotoballe e la possibilità di stoccarle in pile da 3-5 unità, si stima di poterle **accatastare completamente nei magazzini già esistenti in azienda**, valorizzandone l’utilizzo

nel progetto di sviluppo aziendale. I magazzini infatti, presentano una superficie coperta di circa 507 m², per quasi la metà sfruttabile fino ad una altezza di 4,5 m e la rimanente fino a 3,5 m.

Adiacente al magazzino si potrà in seguito realizzare un impianto di essiccazione per cereali che potrà essere adattato per la produzione di aria calda da convogliare ad un sistema di griglie, da realizzare unitamente ad una tettoia, per l'essiccazione del foraggio pre-appassito. Un dettaglio di un sistema di essiccazione tipo è riportato in Figura 5.



Fig. 5. Esempio di sistema di essiccazione multiplo realizzato in calcestruzzo con griglie metalliche per la fuoriuscita dell'aria.

13 Attività agropastorali

Il presente paragrafo descrive nel dettaglio l'ipotesi 2 del paragrafo 5 relativa al pascolo di ovini da carne condotta da un'azienda esterna in aggiunta all'attuale allevamento di bovini; per quest'ultimi verrà dedicata un'area di 25 ha (area vincolata) a nord dei lotti 1,2 e 3, che sarà destinata inoltre alla coltivazione di foraggio.

Dopo decenni di lavorazioni intensive, complice anche il progresso raggiunto nel settore delle macchine operatrici, si è constatato ed ammesso l'aumento di una serie di conseguenze negative che hanno fatto passare in secondo piano i vantaggi e le funzioni primarie per le quali si era scelta la lavorazione del terreno.

Tra le conseguenze negative si annoverano: l'impoverimento del terreno in sostanza organica, la comparsa del suolo di lavorazione e di fenomeni di clorosi ferrica, l'aumento delle malerbe perenni, la compromissione delle caratteristiche fisiche del terreno qualora si eseguono lavorazioni con il terreno non in tempera, l'incremento dell'erosione particolarmente nella collina.

Per superare i danni provocati dallo sfruttamento del suolo negli anni, ma anche i danni che il suolo accuserebbe lasciandolo senza una copertura vegetale dopo la realizzazione del parco fotovoltaico come la perdita di permeabilità alla penetrazione delle acque meteoriche per effetto della sua compattazione durante le lavorazioni di preparazione dell'area e di installazione dei pannelli e l'erosione superficiale del suolo durante il periodo invernale con il fenomeno del ruscellamento e durante il periodo estivo con il fenomeno della desertificazione si è pensato all'adozione di colture miglioratrici per la produzione di foraggio con tecniche di lavorazioni del terreno minimizzate (Minimum Tillage).

Per la produzione di foraggio il minimum tillage, o minima lavorazione, rappresenta in campo agronomico un metodo di gestione del suolo basato sull'adozione di tecniche finalizzate ad una minore lavorazione del suolo.

Il pascolamento controllato sarà effettuato con l'utilizzo di ovini acquistati dalla società e gestiti da un'azienda zootecnica esterna, allo stato semibrado su terreni interessati dal progetto per la produzione di agnelli da carne.

Gli ovini utilizzeranno al pascolo la produzione di foraggio del prato che verrà coltivato all'interno delle aree di impianto. Questa superficie sarà suddivisa in 2 aree: una dedicata al pascolo delle fattrici ed una riservata alla produzione di foraggio (Fieno).

I vari appezzamenti di terreno vengono utilizzati per il pascolo a rotazione.

La presenza di animali, in termini di densità e di durata è in funzione del ciclo vegetativo delle essenze presenti e in funzione delle esigenze alimentari degli animali.

Le razze scelte per gli ovini sono locali, che presentano particolari attitudini all'allevamento allo stato semibrado.

Il numero di capi per unità di superficie sarà limitato in misura tale da consentire una gestione integrata delle produzioni animali e vegetali a livello di unità di produzione e in modo da ridurre al minimo ogni forma di inquinamento, in particolare del suolo e delle acque superficiali e sotterranee.

La consistenza del patrimonio zootecnico è essenzialmente connessa alla superficie disponibile al fine di evitare:

- Problemi di sovrappascolo ed erosione;
- Consentire lo spargimento delle deiezioni animali onde escludere danni all'ambiente.

Per determinare la appropriata densità degli animali di cui sopra le unità di bestiame adulto equivalenti a 170 kg N/ha per anno di superficie agricola utilizzata per le varie categorie di animali sono determinate dalle autorità competenti degli Stati membri sulla base dell' All. VII reg. CE 1804/99 che prevede per gli ovini un carico massimo di 13,3 capi ad ettaro.

La gestazione ha una durata di circa 5 mesi; l'estro avviene di solito nel mese di novembre mentre il momento del parto è compreso tra i mesi di febbraio e aprile.

Il numero di parti per anno per fattrice risulta pari a 1,5; sono molto frequenti i parti gemellari per cui si considera la nascita di 1,5 agnelli per parto.

Lo svezzamento avviene almeno dopo un periodo di circa 2 mesi dalla nascita e prima del raggiungimento della maturità sessuale: il momento ottimale per lo svezzamento coincide con il raggiungimento dell'età di 6-7 mesi per i maschi e di 8-9 mesi per le femmine. Il 20-30% delle fattrici verrà reintegrato ogni anno.

Per eliminare i problemi di consanguineità dovuti alla rimonta interna sarà necessario acquistare annualmente all'esterno i riproduttori maschi.

In aggiunta al foraggio pascolato in campo, sarà utile somministrare una quantità di 200-300 g/capo/giorno di un mangime costituito da un miscuglio di materie prime (orzo, favino, pisello proteico, lupino) la cui composizione verrà stabilita in funzione delle esigenze nutrizionali del gregge.

Gli agnelli dopo lo svezzamento (30 giorni dalla nascita) saranno separati dalle madri e posti all'ingrasso in appezzamenti di terreno opportunamente individuati sempre nelle aree di impianto

dove viene coltivato il prato polifita permanente.

Utilizzando i pali delle strutture portanti i moduli fotovoltaici come supporto, verranno posizionati abbeveratoi e mangiatoie per la somministrazione del mangime concentrato ad integrazione del foraggio pascolato direttamente in campo.

La produzione consisterà nella vendita degli agnelli vivi quando avranno raggiunto un'età di circa 90-120 giorni ed un peso di circa 40-50 kg.

Il prospetto che segue riporta le caratteristiche geometriche dell'impianto agricolo in progetto:

Dimensioni totali del terreno recintato 103,99 ha

Dimensioni reali destinate ai moduli FV 46,99 ha

Dimensioni reali destinate alla coltura 83,43 ha

Rapporto tra aree agricole e impianti FV 34,047 %

Dal prospetto si evince come il rapporto tra le aree impegnate dalle strutture costituenti l'impianto fotovoltaico e la superficie totale disponibile è quantificata in circa pari all'34,047 % con conseguente utilizzo della maggiore consistenza del terreno disponibile (circa il 60,448 %) ai fini agricoli.

Per determinare in numero massimo di capi di ovini da allevare facciamo capo al regolamento comunitario 1804/99 che indica il quantitativo di azoto massimo spandibile nell'azienda come deiezioni zootecniche che ammonta a 170 kg.

Il quantitativo di azoto è trasformabile in Unità di Bovino Adulto (U.B.A.) che permette una conversione dell'intero bestiame aziendale in un parametro uniforme, nel nostro caso un U.B.A. corrisponde a circa 6,6 ovini.

Il carico massimo di bestiame per ettaro è pari a 2 U.B.A.

Considerando quindi che abbiamo a disposizione circa 46,99 ha su cui si effettuerà lo smaltimento delle deiezioni animali, si evince che il numero massimo di ovini rispettando il rapporto U.B.A. / ha massimo di 2 è di 611 capi.

Nel nostro caso si prevede un numero di 10 pecore adulte (fattrici) per ettaro, per un totale di 460 capi.

In queste condizioni non è necessario avere un a concimaia; le deiezioni sono sparse nel terreno e non vengono raccolte in quanto le stesse diventano fertilizzanti organici.

I quantitativi da smaltire quindi saranno fedeli a quanto previsto dal regolamento comunitario in tema di Smaltimento deiezioni animali ed in considerazione che le superficie che la ditta intende utilizzare per lo smaltimento sono maggiori alle necessarie lascia il margine per la presenza

temporanea di agnellini nati dagli ovini allevati.

La detenzione degli animali è fatta in modo da rispettare le norme che regolano l'igiene e il benessere degli animali ottenendo il massimo vantaggio in termini di qualità e profitti

Le restanti aree come le fasce perimetrali saranno destinate alle opere di mitigazione come descritto nel relativo capitolo.

13.1 Analisi Economica

Per l'analisi economica dell'azienda si va ad analizzare attraverso un procedimento analitico da un lato tutti i costi iniziali e di produzione annui, d'altro le produzioni ottenute, dandoci alla fine un bilancio economico della sostenibilità economica del nostro progetto.

Per ricavare i costi che la nostra azienda sosterrà li suddividiamo in costi iniziali che dobbiamo effettuare al primo anno e costi annuali da sostenere per ottenere la nostra produzione, che di seguito sono elencati.

Allevamento ovini

Dati			
forma di allevamento		a prato	
sfalcio		meccanica annuale	
metodo di raccolta		meccanica con mietitrice	
durata economica	30		
superficie (Ha)	46,99		
fabbisogno ad Ha sementi (1 q.li)	46,99		
fabbisogno ad Ha fertilizzanti e concimi (1 q.li)	46,99		
Costi di impianto			
costo di acquisto sementi €/q.li	60,00 €		
costo totale sementi	1.215 €		
costo di acquisto fertilizzanti e concimi €/q.li	70,00 €		
concimazione di fondo	1.418 €		
Lavorazioni ed operazioni colturali (€/Ha)	150,00 €		
costo totale Lavorazioni	3.038 €		
totale costi di produzione	5.670 €		
Costo acquisto ovini			
costo a capo	20		
n° capi	611		
costo totale acquisto ovini	12.220		

Fattrici (N/Ha)	Superficie (Ha)	Fattrici Totali (N)	Produzione Lorda Agnelli (N/Anno)	Quota Reintegro Fattrici	Produzione Netta Agnelli (N/Anno)	Peso Agnello (Kg)	Prezzo Di Vendita (€/Kg)	Plv (€)	Plv (€/Ha)
10	46,99	460	900	20%	630	40	4,50	113.400,00	2.412,00

Tab. 1 – Costi e ricavi*Stima della produzione lorda vendibile annua degli agnelli da carne*

Conto economico		
	Ricavi	113.400,00€
Vendita agnelli	Costi Di Produzione	5.670,00 € + 12.200,00 € al 1°anno
	Reddito	95.530,00 €

Tab. 2 – Conto economico

Analisi flussi di cassa*	Vendita Agnelli									
	Anno →	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Euro									
Costi produttore* *	17.870,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €
Ricavi	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €
Cash flow (Ck)	77.660,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €

Analisi flussi di cassa*	Vendita Agnelli									
	Anno →	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Euro									
Costi produttore* *	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €
Ricavi	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €
Cash flow (Ck)	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €

Analisi flussi di cassa*	Vendita Agnelli									
	Anno →	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	Euro									
Costi produttore* *	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €	5.670,0 €
Ricavi	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €	95.530,00 €
Cash flow (Ck)	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €	89.860,00 €
Reddito totale	2.683.600,00 €									

Tab. 3 – Flussi di cassa

13.2 Ricadute occupazionali

Per il calcolo del fabbisogno di manodopera ci avvaliamo delle tabelle per la Determinazione del fabbisogno di lavoro occorrente per ettaro coltura, da cui si evince che per i seminativi avvicendati con foraggiere il fabbisogno è stimato a 53 ore ad ettaro e di 7 ore lavoro/capo/anno per l'allevamento di ovini. Considerata la giornata lavorativa pari a 6,40 ore occorrono 8 giornate lavorative per ettaro di seminativi avvicendati, circa 1 giornata per capo e circa 1 giornata per arnia.

La superficie che noi coltiviamo a foraggio sarà di circa 46,99 ha con un fabbisogno di circa 162 gg lavorative e con un allevamento di 611 capi abbiamo un fabbisogno di circa 600 gg lavorative e per un complessivo di circa 1.086 gg lavorative.

La parte agricola del progetto, quindi prevede una ricaduta occupazionale nel territorio stimata nella misura di circa 7.5 unità lavorative.

14 Conclusioni

L'esigenza di produrre energia rinnovabile è oggi quanto mai sentita per ridurre gli effetti negativi dell'inquinamento e del cambiamento climatico legati all'utilizzo di energie fossili. L'associazione tra impianto fotovoltaico di nuova generazione (ad inseguimento solare) e l'attività agricola rappresenta una soluzione innovativa dell'impiego del territorio che trova giustificazione nel maggiore output energetico (LER, *Land Equivalent Ratio*) complessivamente ottenuto dai due sistemi combinati rispetto alla loro realizzazione individuale.

Attraverso la scelta di una idonea coltura, tollerante al parziale ombreggiamento generato dai pannelli fotovoltaici, è possibile migliorare la produttività agricola e la conseguente marginalità e sfruttare tutta la superficie del suolo sotto ai pannelli solari per scopi agricoli. A differenza delle coltivazioni cerealicole, e di cereali microtermi in particolare (es. frumento), che sono possibili solo nella zona centrale dell'interfilare fotovoltaico, **la scelta di coltivare specie foraggiere all'interno di un miscuglio di prato polifita consente di sfruttare l'intera superficie del terreno.** La presenza inoltre di molte specie nel miscuglio foraggero, garantisce un perfetto equilibrio e adattamento del prato alle specifiche e variabili condizioni di illuminamento, favorendo l'una o l'altra essenza foraggera in funzione delle variabili condizioni microclimatiche che si vengono a realizzare a diverse

distanze dal filare fotovoltaico.

Sebbene siano diverse le colture realizzabili all'interno di un impianto agri-voltaico, e con marginalità spesso comparabile, come frumento, orzo, insalata, pomodoro, pisello, etc., **la scelta del prato polifita permanente consente di raggiungere contemporaneamente più obiettivi, oltre alla convenienza economica**: conservazione della qualità dei corpi idrici, aumento della sostanza organica dei terreni, minor inquinamento ambientale da fitofarmaci, minor consumo di carburanti fossili, aumento della biodiversità vegetale e animale, creando, in particolare, un ambiente idoneo alla protezione delle api, raggiungendosi così il massimo dei benefici, come indicato dall'analisi costi-benefici multicriterio, e al contempo garantendo una continuità dell'attuale attività di allevamento attraverso l'utilizzo di capi bovini nell'area d'impianto implementata dall'allevamento di ovini da carne come indicato nell'opzione 2 del paragrafo 5 e nelle considerazioni di dettaglio del paragrafo 13.

La maggior parte dei terreni della pianura del campidano sta progressivamente perdendo di fertilità a causa della coltivazione intensiva e della frequenza e profondità delle lavorazioni. È frequente rilevare valori di sostanza organica del terreno inferiori a 1,5% e in molti casi anche inferiori all'1%, condizione che agronomicamente viene definita di terreno “povero” poiché inferiore alla soglia ideale del 2%. La situazione viene efficacemente migliorata dai prati permanenti, poiché in questi è frequente rilevare contenuti di sostanza organica ben superiori, pari al 3-4% e più. A tale riguardo, il terreno è considerato uno dei sink di carbonio più importanti per la sua fissazione, dopo le foreste e gli oceani, e riveste quindi un ruolo fondamentale nella mitigazione climatica.

Durante il periodo estivo l'impianto fotovoltaico offre protezione dal vento, contro 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 moderno sistema di ombreggiamento, analogamente a quanto svolto dalle siepi e dalle alberature. Presso la stazione meteorologica ARPAS di Elmas (Cagliari), negli ultimi 30 anni sono stati documentati incrementi termici di circa 1,5 °C, condizione che aumenta le condizioni di stress da caldo e di carenza idrica e accelera il ciclo colturale, a discapito di resa e qualità dei prodotti. 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 efficacemente la presenza dell'impianto fotovoltaico anche nel periodo invernale, fornendo una superficie stabilmente verde.

La realizzazione aggiuntiva delle siepi perimetrali con specie arbustive ed arboree costituisce 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.

15 Bibliografia

- Amaducci S., Xinyou, Colauzzi M., 2018. Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Applied Energy* 220: 545-561.
- Callejón-Ferre A.J., Manzano-Agugliaro F., Díaz-Pérez, Carreño-Ortega A., Pérez_Alonso J., 2009. Effect of shading with aluminised screens on fruit production and quality in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under greenhouse conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7: 41-49.
- Dupraz C., Marrou H., Talbot G., Dufur L., Nogier A., Ferard Y., 2011. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy* 36: 2725-2732.
- Lin C.H., McGraw R.L., George M.F., Garrett H.E., 1998. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. *Agroforestry Systems* 44: 109-119.
- Marrou H., Dufur L., Wery J., 2013b. How does a shelter of solar paners influence water flows in a soil-crop system? *European Journal of Agronomy* 50: 38-51.
- Marrou H., Guilioni L., Dufur L., Dupraz C., Wery J., 2013a. Microclimate under agrivoltaic systems: is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agricultural & Forest Meteorology* 177: 117-132.

Mercier KM, Teutsch CD, Fike JH, Munsell JF, Tracy BF, Strahm BD., 2020. Impact of increasing shade levels on the dry-matter yield and botanical composition of multispecies forage stands. Grass Forage Science, 00: 1-12.

Panozzo A., Bernazeau B., Dal Cortivo C., Desclaux D., Vamerli T., 2019. Microclimate modification and yield responses of different varieties of durum wheat within an olive orchard agroforestry system. Società Italiana di Agronomia, Atti del XLVIII Convegno Nazionale “Evoluzione e adattamento dei sistemi colturali”, Perugia 18-20 Settembre 2019: 72-73.

Cagliari, 29/05/2024

Il Tecnico
dott. Agr. Davide Atzori



16 Allegati