



REGIONE  
SARDEGNA



PROVINCIA DI  
SASSARI



COMUNE DI  
SASSARI

**Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Sassari (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN**

Impianto FV: Potenza nominale cc: 38,372 MWp - Potenza in immissione ca: 35 MVA  
Sistema di accumulo: Potenza nominale ca: 10,00 MVA

ELABORATO

**RELAZIONE PRODUZIONE AGRICOLA**

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello progetto	Codice Pratica AU	Documento	Codice elaborato	n° foglio	n° tot. fogli	Nome file	Data	Scala
<b>PD</b>		<b>R</b>	2.14	1	16	R_2.14_PRODUZIONEAGRICOLA.pdf	Luglio 2022	n.a.

REVISIONI

Rev. n°	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	23/07/2022	I Emissione	PETRUZZELLIS	AMBRON	AMBRON

PROGETTAZIONE:

**MATE System S.r.l.**

Via G. Mameli, n.5 70020 Cassano delle Murge (BA)  
tel. +39 080 5746758  
mail: info@matesystemsrl.it pec: matesystem@pec.it



DIRITTI Questo elaborato è di proprietà della Marmaria Solare 1 S.r.l. pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

PROPONENTE:  
MARMARIA SOLARE 1 S.r.l.  
Via TEVERE n° 41  
00198 ROMA





**Dott. Michele Petruzzellis Agronomo**

*via Don Cesare Franco, 21 – 70020*

*Cassano delle Murge (BA)*

*Cellulare: 3284494353 – P.IVA: 07071390723*

*mail: agronomopetruzzellis@gmail.com*

*pec: m.petruzzellis@conafpec.it*

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO  
INTEGRATO CON PRODUZIONE AGRICOLA E PRODUZIONE  
DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE  
FOTOVOLTAICA E SISTEMA DI ACCUMULO  
ELETTOCHIMICO DA UBICARSI IN AGRO DI SASSARI (SS) E  
DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI  
SASSARI (SS) PER LA CONNESSIONE ALLA STAZIONE  
ELETTRICA RTN.

**RELAZIONE PRODUZIONE AGRICOLA**

Il tecnico  
Dott. Michele Petruzzellis  
Michele  
Agronomo  
A.B.S.  
Michele  
Petruzzellis

## *Indice*

<b>PREMESSA</b>	3
<b>AREA DI INTERVENTO</b>	3
<i>Inquadramento territoriale – urbanistico</i>	3
<i>Localizzazione dell'intervento</i>	3
<b>IL PROGETTO AGRIVOLTAICO</b>	4
<i>Coltivazione attuale</i>	5
<i>Valutazione delle colture praticabili tra le interfila e definizione del piano colturale</i>	7
<i>L'agrivoltaico: descrizione dell'intervento</i>	8
<i>L'erbaio</i>	8
<i>Classificazione degli erbai</i>	9
<i>Erbai autunno-primaverili</i>	9
<i>La produzione foraggera</i>	10
<i>Preparazione del letto di semina</i>	10
<i>Semina</i>	10
<i>Concimazione ed interventi fitosanitari</i>	10
<i>La fienagione</i>	11
<i>Sfalcio</i>	11
<i>Spandimento, rivoltamento e andatura</i>	11
<i>Raccolta e imballatura del fieno</i>	11
<i>Fasciatura</i>	12
<i>Caratteristiche delle balle</i>	12
<i>L'influenza della produzione foraggera e del pascolo sulla qualità dei prodotti agroalimentari</i>	13
<i>Sostenibilità dell'intervento e importanza paesaggistica</i>	14
<b>CONCLUSIONI</b>	15

**PREMESSA**

Il sottoscritto Dott. Michele Petruzzellis Agronomo, iscritto all'Albo dei Dottori Agronomi e Forestali della Provincia di Bari al n. 1581 è stato incarico dalla Società MATE System Unipersonale Srl, con sede alla via Papa Pio XII, 8 – 70020 Cassano delle Murge (BA), per redigere la presente relazione relativa alla produzione agricola, finalizzata alla “Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Sassari (SS) e delle relative opere di connessione nel Comune di Sassari (SS) per la connessione alla Stazione Elettrica RTN”.

## AREA DI INTERVENTO

### *Inquadramento territoriale – urbanistico*

Le aree d'intervento sono localizzate nel Comune di Sassari a poco più di 20 Km ad Ovest rispetto al centro abitato. La città di Sassari è il polo urbano storico del Nord dell'isola. Con i suoi 547,04 km<sup>2</sup>, è il comune più esteso della regione e il quinto più esteso d'Italia. Essa sorge su un tavolato calcareo declinante a nord-ovest verso il golfo dell'Asinara e la pianura della Nurra, mentre a sud-est il terreno è prevalentemente collinare. Il territorio urbano e suburbano è caratterizzato da valli e gole che incidono profondamente l'altopiano su cui è adagiata la città.

### *Localizzazione dell'intervento*

Le aree d'intervento sono localizzate nel Comune di Sassari così come si evince dalla seguente tabella.

<b>AREA IMPIANTO</b>			
<b>Comune</b>	<b>Foglio</b>	<b>Particella</b>	<b>Superficie (Ha)</b>
Sassari (SS)	88	183	2,5527
Sassari (SS)	88	183	0,0316
Sassari (SS)	88	183	0,1552
Sassari (SS)	88	184	2,2454
Sassari (SS)	88	184	0,2201
Sassari (SS)	88	430	6,8647
Sassari (SS)	88	232	2,7700
Sassari (SS)	88	232	0,2820
Sassari (SS)	88	233	9,1279
Sassari (SS)	88	236	5,2926
Sassari (SS)	88	464	4,7771
Sassari (SS)	88	465	4,1359
Sassari (SS)	98	124	9,5714
Sassari (SS)	98	133	3,0000
Sassari (SS)	98	133	0,9522
Sassari (SS)	98	134	0,0500
Sassari (SS)	98	134	0,0262
Sassari (SS)	98	244	1,4591
Sassari (SS)	98	245	1,1090

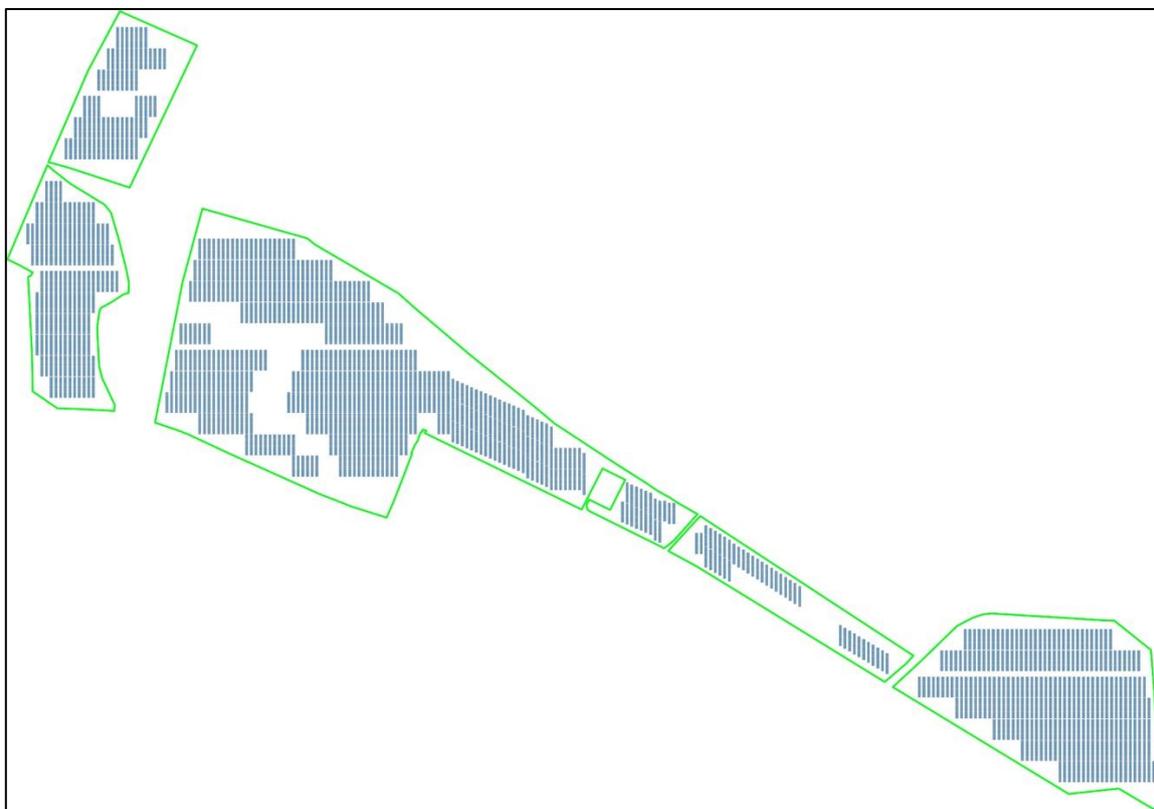
Sassari (SS)	98	245	0,2279
Sassari (SS)	88	347	1,4986
Sassari (SS)	88	347	0,1054
<b>TOTALE</b>			<b>56,4550</b>

Negli allegati si evidenziano le porzioni che ospiteranno gli impianti di pannelli fotovoltaici su estratto catastale (TAVOLA 1), IGM (1:25.000) (TAVOLA 2) e ortofoto (TAVOLA 3).

La porzione di territorio interessata dal progetto è caratterizzata da un paesaggio rurale tipico dell'entroterra Sardo, che ha come primo elemento distintivo la percezione di un territorio aspro in quanto ricco di roccia affiorante, di macchia mediterranea, ma anche di seminativi. Tra le colture principali vi sono i seminativi da foraggio e da granella. Tali colture ben si sposano con gli allevamenti zootecnici, prevalentemente ovini da latte, che caratterizzano il paesaggio e che rivestono un ruolo fondamentale per le certificazioni di qualità (D.O.P. e I.G.P)

## IL PROGETTO AGRIVOLTAICO

L'area complessiva dell'impianto agrivoltaico ricopre una superficie di circa 56 Ha. Gli appezzamenti sono localizzati a Ovest rispetto al Comune di Sassari. Si tratta di superfici pianeggianti che formeranno l'impianto agrivoltaico, che sarà disposto da est a ovest, con l'utilizzo di pannelli con tracker (condizione che garantisce la massima esposizione solare durante tutto l'arco della giornata).



*Figura 1 - Area intervento*

Il progetto di riqualificazione aziendale riguarda la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra, ad inseguimento solare, organizzato in filari Nord-Sud ben distanziati, ovvero:

- interfila circa 9 m tra i pali di sostegno dei pannelli;
- interfila di circa 7 m (completamente destinati alla coltivazione) tra un pannello completamente inclinato e l'altro.

Inoltre, per consentire la coltivazione nell'interfilare, le ali fotovoltaiche, che presentano movimentazione est-ovest, sono incernierate a circa 3 m di altezza su piloni inseriti nel terreno; Considerato, pertanto, l'ampio spazio libero rimanente tra una fila di pannelli fotovoltaici e l'altra si è prevista la coltivazione di prodotti agricoli, nel rispetto della vocazione del territorio, in modo tale da ridurre al minimo l'impatto ambientale dell'impianto in questione e il suo perfetto inserimento nel contesto paesaggistico.

Tale caratteristica permette di classificare l'impianto come agrivoltaico.

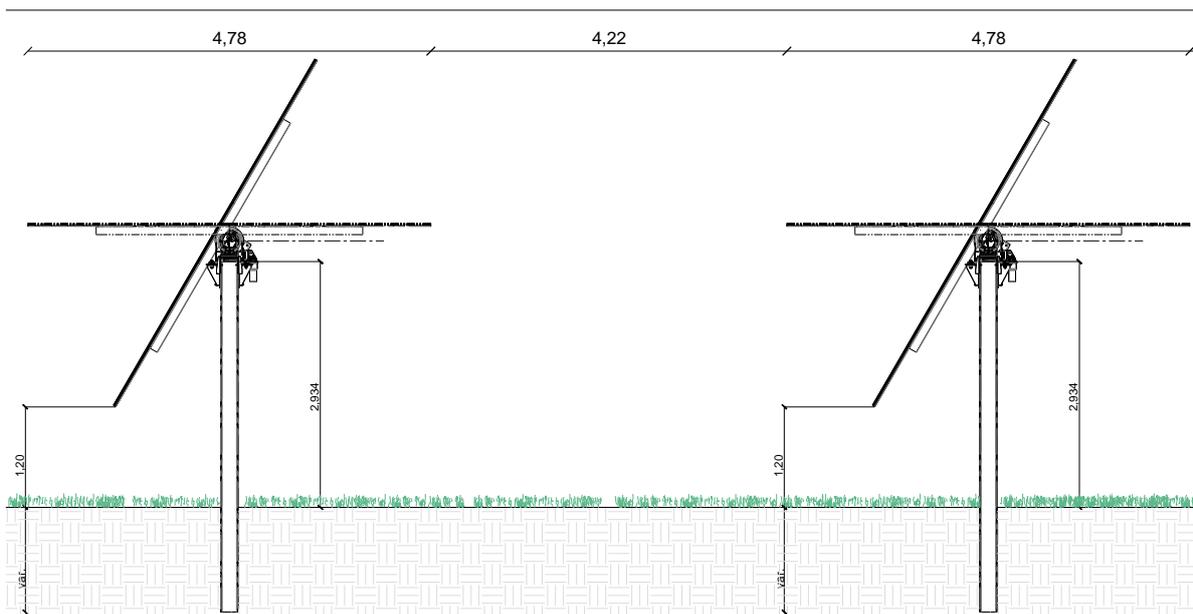
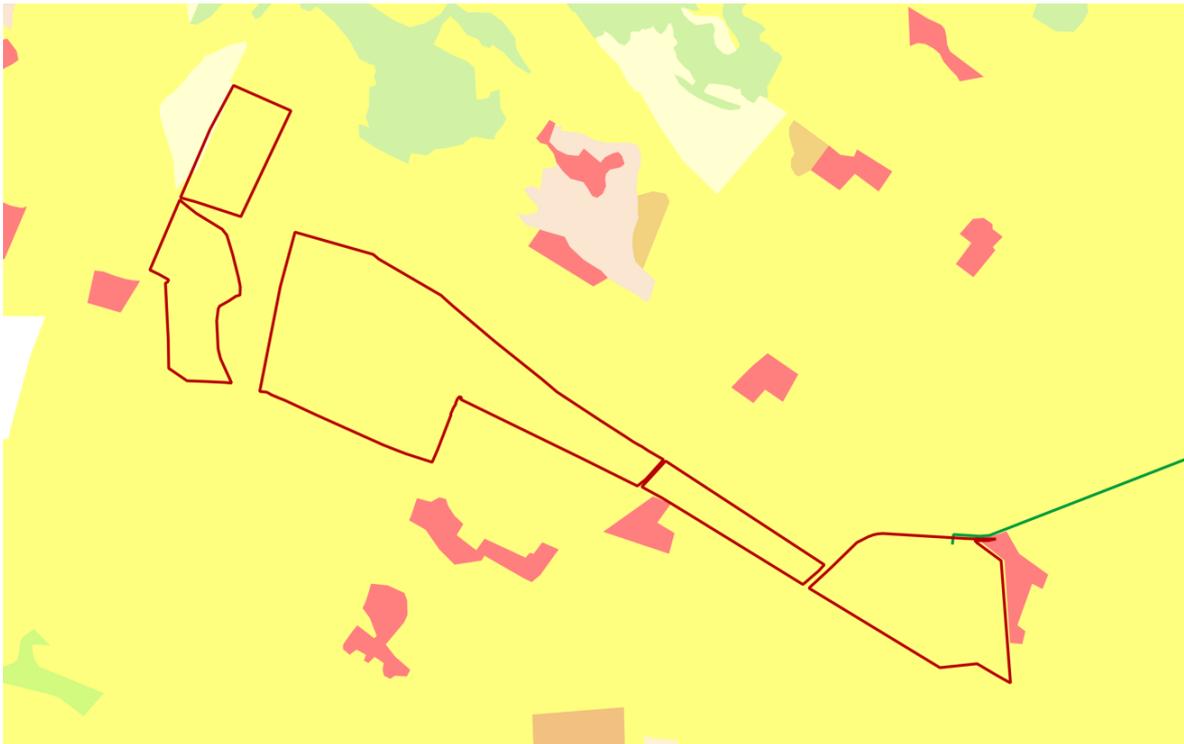


Figura 2 – Prospetto impianto fotovoltaico

La fascia libera tra le file consente quindi la necessaria movimentazione dei mezzi meccanici per la gestione delle ordinarie attività di coltivazione del terreno, nonché le operazioni di concimazione, sfalcio e trasporto dei prodotti, tutte completamente meccanizzate.

### **Coltivazione attuale**

Dal confronto tra quanto riscontrato sui luoghi e quanto riportato nelle carte tematiche consultate, le aree interessate dal progetto, presentano la seguente occupazione del suolo così come si evince nella figura sottostante, delineando un paesaggio fortemente connotato dalla presenza di seminativi.



*Figura 3 - Uso del suolo delle aree di intervento*

L'analisi, condotta attraverso le cartografie tematiche pubblicate sul Sistema Informativo Territoriale (SIT) aggiornate al 2008, delinea un paesaggio fortemente connotato dalla presenza di seminativi e colture orticole a pieno campo.

Come si evince dalla TAVOLA 4 le macro-destinazioni d'uso del suolo relative all'area di intervento sono:

- Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo.



*Figura 4 - Ortofoto con definizione dell'area di intervento*

Dalle verifiche in campo è emerso che i lotti di intervento ricadono in aree con occupazione del suolo di seguito dettagliate in tabella:

<b>AREA IMPIANTO</b>				
<b>Comune</b>	<b>Foglio</b>	<b>Particella</b>	<b>Superficie (Ha)</b>	<b>Destinazione colturale</b>
Sassari (SS)	88	183	2,5527	SEMINATIVO
Sassari (SS)	88	183	0,0316	PASCOLO
Sassari (SS)	88	183	0,1552	INCOLTO PRODUTTIVO
Sassari (SS)	88	184	2,2454	SEMINATIVO
Sassari (SS)	88	184	0,2201	PASCOLO
Sassari (SS)	88	430	6,8647	SEMINATIVO
Sassari (SS)	88	232	2,7700	SEMINATIVO
Sassari (SS)	88	232	0,2820	PASCOLO
Sassari (SS)	88	233	9,1279	SEMINATIVO
Sassari (SS)	88	236	5,2926	SEMINATIVO
Sassari (SS)	88	464	4,7771	PASCOLO
Sassari (SS)	88	465	4,1359	PASCOLO
Sassari (SS)	98	124	9,5714	SEMINATIVO
Sassari (SS)	98	133	3,0000	SEMINATIVO
Sassari (SS)	98	133	0,9522	PASCOLO
Sassari (SS)	98	134	0,0500	SEMINATIVO
Sassari (SS)	98	134	0,0262	PASCOLO
Sassari (SS)	98	244	1,4591	SEMINATIVO
Sassari (SS)	98	245	1,1090	SEMINATIVO
Sassari (SS)	98	245	0,2279	SEMINATIVO
Sassari (SS)	88	347	1,4986	SEMINATIVO
Sassari (SS)	88	347	0,1054	SEMINATIVO
<b>TOTALE</b>			<b>56,4550</b>	

### ***Valutazione delle colture praticabili tra le interfila e definizione del piano colturale***

Per la definizione del piano colturale sono state valutate diverse tipologie di colture potenzialmente coltivabili, ipotizzando una distinzione tra le aree coltivabili comprese tra le file di pannelli.

In prima battuta si è fatta una valutazione se orientarsi verso colture ortive e/o floreali oppure verso colture ad elevato grado di meccanizzazione. Le ortive sono state però considerate poco adatte per la coltivazione tra le interfila dell'impianto fotovoltaico per i seguenti motivi:

- necessitano di molte ore di esposizione diretta alla luce;
- richiedono l'impiego di molta manodopera specializzata;
- hanno un fabbisogno idrico elevato;
- la gestione della difesa fitosanitaria è molto complessa.

Pertanto, ci si è orientati verso colture ad elevato grado di meccanizzazione o del tutto meccanizzate (considerata anche l'estensione dell'area) quali colture da foraggio.

### ***L'agrivoltaico: descrizione dell'intervento***

Il progetto prevede di destinare l'area agricola, compresa tra le file di pannelli fotovoltaici alla coltivazione di erbaio (coltura foraggera di rapido sviluppo – durata variabile dai sei ai nove mesi – destinata alla produzione di foraggio per l'alimentazione del bestiame). Gli erbai, in specie singola o in miscuglio, sono costituiti da specie foraggere molto produttive e a sviluppo rapido che consentiranno di integrare la disponibilità di foraggi dell'azienda agraria. Pertanto, l'innovazione sviluppata consentirà la produzione di foraggio per l'alimentazione del bestiame già presente in azienda ma anche la vendita di rotoballe prodotte in eccesso rispetto al fabbisogno aziendale.

Le installazioni previste nel progetto agrivoltaico, specialmente negli ambienti a clima mediterraneo e con ridotte o assenti disponibilità irrigue, consentiranno un vantaggio produttivo grazie al miglioramento dell'umidità del suolo connessa alle fasce d'ombra e a una conseguente riduzione degli apporti idrici di soccorso alla vegetazione. La maggior diversificazione di condizioni edafiche, termiche e luminose, consente di aumentare la biodiversità vegetale e con ciò la qualità pabulare dell'erba.

Pertanto, la realizzazione del progetto è finalizzata a far sì che i terreni agricoli possano essere utilizzati sia per produrre energia elettrica pulita, sia per continuare a gestire in modo tradizionale le superfici oggetto di intervento. In altri termini, si tratta di continuare a coltivare i terreni sui quali verrà realizzato l'impianto fotovoltaico, in modo tale da ridurre l'impatto ambientale, senza rinunciare alla ordinaria redditività delle colture agricole praticate.

### ***L'erbaio***

La scelta della coltivazione di un erbaio all'interno del progetto di agrivoltaico è dettata dalla necessità di avere foraggio da destinare all'alimentazione degli ovini da latte già presenti nell'azienda del partner agronomico. Inoltre, si è previsto di poter commercializzare il foraggio in eccesso alle aziende limitrofe in quanto il territorio è fortemente legato all'allevamento di ovini. Inoltre, viste le numerose certificazioni di qualità che insistono nell'areale, è fondamentale poter fornire sul territorio foraggio di qualità nutrizionale elevata cercando di evitare il ricorso a mangimi industriali.

Alla luce di quanto sopra descritto, si vuole in questo paragrafo entrare nel merito dell'integrazione tra l'impianto fotovoltaico e la parte agronomica destinata alla coltivazione di erbaio.

Il sistema agrivoltaico proposto prevede di utilizzare inseguitori solari monoassiali che, contrariamente a quanto avviene con il fotovoltaico tradizionale (pannelli rivolti verso sud), nel quale l'ombra si concentra in corrispondenza all'area coperta dai pannelli, una fascia d'ombra si sposta con gradualità da ovest a est sull'intera superficie del terreno. Come conseguenza non ci sono zone sterili per la troppa ombra e nemmeno zone "bruciate" dal troppo sole. Inoltre, l'ombra proiettata dai pannelli fotovoltaici garantisce una più elevata umidità relativa garantendo una minore evapotraspirazione del suolo. L'area agricola, compresa tra le file di pannelli fotovoltaici, verrà destinata alla coltivazione di erbaio.

Con il termine erbaio ci si riferisce ad un tipo di coltura foraggera di rapido sviluppo (durata variabile dai sei ai nove mesi – destinata alla produzione di foraggio per l'alimentazione del bestiame). In passato svolgeva un ruolo nettamente subalterno rispetto ai prati temporanei con obiettivi diversificati a seconda dell'ambiente, svolgendo un ruolo in gran parte intercalare (si poneva, cioè, tra due colture

principali da granella: es. orzo, avena, frumento, ecc.). In tale contesto l'erba, ancora prima della funzione produttiva intrinseca, ne esercitava una indiretta di grande rilievo, cioè serviva ad evitare il ringrano. Attualmente il ruolo degli erbai è nettamente mutato: da culture di rincalzo sono diventati i veri protagonisti della foraggicoltura e della zootecnia italiana.

### ***Classificazione degli erbai***

Tra i principali criteri di raggruppamento delle piante da erbaio si ricordano: *la stagione di coltura* (erbai: estivo-autunnali, autunno-invernali, primaverili-estivi, estivi), la *famiglia botanica* di appartenenza (erbai di graminacee, di leguminose, di crucifere); il *tipo di coltura* (erbaio monofita, quando la coltura è costituita da una sola specie; erbaio polifita, quando la coltura è costituita da due o più specie, spesso appartenenti a famiglie botaniche diverse); la *modalità di utilizzazione del foraggio* (erbaio per il foraggiamento verde; erbaio da insilato; erbaio da fieno; erbaio da fieno più pascolo; ecc.). Si ritiene che sia più ricca di significati e meglio rispondente alla realtà operativa la classificazione basata sulla stagione di coltura, con la distinzione degli erbai in due grandi categorie principali erbai: autunno-primaverili e primaverili-estivi. Gli erbai autunno-primaverili si seminano tra fine estate e inizio autunno, con raccolta in primavera; gli erbai primaverili-estivi si seminano in primavera e si raccolgono a fine estate.

La diffusione di ciascuno, sul territorio, è strettamente legata alle caratteristiche ambientali: procedendo da nord a sud si affermano gli erbai autunno-primaverili mentre tendono fortemente a rarefarsi quelli primaverili-estivi per effetto della parallela riduzione delle disponibilità idriche.

Nel nostro caso il progetto agrivoltaico riguarderà la realizzazione di un **erbaio autunno-primaverile polifita**, costituito da due graminacee e da una leguminosa.

### ***Erbai autunno-primaverili***

Gli erbai autunno primaverili prevedono la semina in autunno e la raccolta nella primavera successiva; sono di fondamentale importanza in quelle zone dove il regime pluviometrico riduce al solo periodo autunno-vernino la stagione vegetativa delle piante erbacee, mentre la lunga siccità estiva ne impedisce la sopravvivenza. Le specie da erbaio autunno-primaverile appartengono a tre famiglie botaniche:

- a) graminacee;
- b) leguminose;
- c) crucifere (non previste nel progetto).

Le principali specie graminacee da erbai sono:

- i *cereali autunnali* (utilizzati come erba o fieno se raccolti piuttosto presto o come insilato integrale se raccolti a maturazione cerosa);
- *loglio italico*;
- l'*avena*, principale fonte di scorte foraggere sotto forma di fieno, spesso consociata alla *veccia*. Per evitare di incorrere in un peggioramento qualitativo dell'erba a causa dell'invecchiamento è opportuno eseguire il taglio dalla spigatura alla maturazione latte, ottenendo rese medie di 25-30 t/ha con un 20% di s.s..

Le principali leguminose sono:

- *Veccia* (comune o vellutata);
- *Favino*;

- *Trifoglio* (incarnato, alessandrino, squaroso, persiano);
- *Pisello da foraggio*;
- *Fieno greco*;
- *Lupino*.

Quasi tutte le leguminose da erbaio vengono impiegate in consociazione con alcune graminacee.

### ***La produzione foraggera***

La produzione foraggera può essere realizzata in vario modo, con erbai monofiti (formati da una sola essenza foraggera) o con erbai polifiti (formati da due o tre foraggere). L'erbaio polifita è ritenuto la miglior scelta per l'impianto agrivoltaico oggetto della presente relazione in quanto 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. Le graminacee, a rapido essiccamento dopo lo sfalcio, hanno un alto valore energetico e sono una ricca fonte di fibra per la nutrizione zootecnica; le leguminose sono molto importanti perché incrementano il contenuto di azoto nel suolo (specie azotofissatrici), che in parte viene ceduto alle graminacee ed in parte viene fissato nel suolo; offrendo un foraggio di elevato valore nutritivo grazie all'abbondante presenza di proteine. Inoltre, molte leguminose foraggere, come il trifoglio pratense, il trifoglio bianco ed il trifoglio incarnato, sono anche piante mellifere, potendo fornire un ambiente edafico e di protezione idoneo alle api selvatiche e all'ape domestica. Pertanto, la coltivazione di un erbaio polifita può aumentare la biodiversità e la sostenibilità del progetto grazie alla possibilità di integrare l'allevamento di api e la correlata produzione di prodotti dell'alveare (miele, pappa reale, propoli, cera d'api, polline, ecc.) che contribuiscono alla diversificazione dei redditi dell'azienda agricola.

### ***Preparazione del letto di semina***

Per ottenere un'uniformità di semina elevata è necessario preparare il letto di semina al fine di poter garantire una migliore germinabilità della semente. Per tanto è consigliato effettuare una lavorazione del suolo alla profondità di circa 20-25 cm.

### ***Semina***

La semina avviene in tardo autunno quando le precipitazioni piovose contribuiscono a una maggiore germinabilità della semente. In generale vengono impiegati circa 35-40 kg/ettaro di miscuglio di semi secondo le seguenti percentuali:

- 75-80% graminacee (circa 27-30 kg/ha);
- 20-25% leguminosa (circa 8-10 kg/ha).

### ***Concimazione ed interventi fitosanitari***

Al fine di ottenere una buona produzione in termini quali-quantitativi del foraggio è consigliato effettuare interventi nutritivi alla coltura in campo attraverso concimazioni a base di composti NP da dosare in funzione di eventuali analisi chimico-fisiche del suolo.

È indispensabile monitorare lo stato fitosanitario della coltura al fine di poter prevenire o curare eventuali patologie che potrebbero compromettere la produzione agricola.

Gli interventi da realizzare verranno scelti in funzione del regime di agricoltura integrata o biologica, per tanto le molecole impiegabili sono riportate negli allegati dei disciplinari di produzione alla quale l'azienda afferisce.

### ***La fienagione***

Tecnica di raccolta delle piante foraggere finalizzata alla conservazione del foraggio sotto forma di fieno. Essa è costituita dalle seguenti fasi principali:

- *sfalcio*;
- *spandimento, rivoltamento e andanatura*,
- *essiccazione*;
- *pressatura* (raccolta e imballatura del fieno).

### ***Sfalcio***

Il taglio dei foraggi è la prima e più importante operazione, realizzata con apposite macchine falciatrici. Tra le falciatrici ormai le più diffuse sono quelle rotative a dischi o tamburi, che associano alla ottima qualità di taglio una velocità di lavoro molto elevata oltre che una ridotta manutenzione. In questa fase, molto importanti sono i sistemi di regolazione dell'altezza di taglio, che consentono di seguire il profilo del terreno anche ad alte velocità, con i positivi effetti di evitare l'imbrattamento del foraggio con terra, diminuire l'erosione del suolo e ottenere una maggiore uniformità di taglio. Lo sfalcio di un erbaio polifita autunno-primaverile si esegue quando le leguminose sono ad inizio fioritura e quando le graminacee hanno una spigatura incipiente o piena.

### ***Spandimento, rivoltamento e andanatura***

Alle operazioni di sfalcio, segue lo spandimento, il rivoltamento e l'andanatura. Durante queste operazioni deve essere posta molta attenzione alla salvaguardia della qualità del fieno e perciò vanno valutati tutti gli accorgimenti utili a limitare il distacco delle parti più pregiate, le foglie, e dell'inquinamento dei foraggi da corpi estranei e terra. Queste fasi sono molto importanti perché permettono l'essiccazione del prodotto in campo prima dell'imballatura.

Successivamente allo sfalcio è necessario che l'umidità relativa del foraggio si abbassi al fine di garantire una migliore qualità del prodotto ed evitare eventuali fermentazioni che potrebbero compromettere il prodotto stesso. Le operazioni vengono effettuate attraverso macchine che smuovono e rivoltano il foraggio e che successivamente lo dispongono secondo andane, la cui distanza tra le file contigue dipende dalla produzione di fieno (t/ha) e dalla densità lineare (kg/m) che si vuole ottenere, tali parametri sono fondamentali al fine della scelta delle macchine per la raccolta (imballatrici).

### ***Raccolta e imballatura del fieno***

Una volta terminata l'essiccazione si procede alla raccolta del prodotto. Nella fienagione tradizionale il fieno viene pressato in balle cilindriche o prismatiche. L'obiettivo è ottenere un'elevata qualità di prodotto (riducendo gli inquinamenti e i corpi estranei) e ridurre al massimo le perdite (prodotto lasciato sul terreno).

La raccolta-imballatura consiste nel riprendere direttamente dal terreno il fieno riunito in andane e confezionarlo in balle.

I foraggi possono essere imballati con diversi contenuti di acqua:

- Foraggio secco (15-18% di acqua), conservabile tal quale;
- Foraggio appassito (35-40% di acqua), conservabile in fienili a ventilazione forzata o in sili;
- Foraggio semi appassito, conservabile in sili a tenuta d'aria.

Nel nostro caso si considera una percentuale di umidità compresa tra il 15-18% al fine di poter stoccare le balle di fieno in apposite strutture aziendali e poterle commercializzare qual ora superino le quantità destinate all'autoconsumo.

La produzione di foraggio media per ettaro è di circa 10 tonnellate, corrispondenti a circa 30 rotoballe.

Nel processo di fienagione sono inevitabili alcune perdite sia in termini di qualità che di quantità di prodotto. Queste sono dovute principalmente: alle attività di respirazione, al possibile dilavamento (piogge), agli interventi meccanici, alle fermentazioni post-raccolta. Le perdite di respirazione, provocate da processi di ossidazione degli zuccheri, possono causare cali produttivi stimati intorno al 10-13% della sostanza secca. Gli eventi meteorologici sfavorevoli soprattutto nel caso di foraggio quasi essiccato, possono provocare perdite sino al 40% del prodotto. La degradazione per via fermentativa della sostanza organica può fare perdere il 10-15% del valore nutritivo nella fienagione tradizionale. Riguardo alle perdite connesse alle operazioni meccaniche, esse sono strettamente dipendenti dal tipo, dalla tempistica e dalle caratteristiche delle attrezzature usate.

### ***Fasciatura***

Il foraggio fasciato è un prodotto che viene realizzato a partire da rotoballe che vengono poi fasciate con dei rivestimenti plastici da apposite macchine. Tale operazione è finalizzata all'ottenimento di un prodotto più ricco di proteine e con un'appetibilità più elevata.

La fasciatura riduce la respirazione del foraggio e quindi permette un incremento dell'umidità relativa; di conseguenza l'elevata umidità permette delle fermentazioni lattiche che fanno acquisire al foraggio un forte odore che ne aumenta l'appetibilità da parte del bestiame. Inoltre, le fermentazioni lattiche arricchiscono il foraggio di sostanze azotate che si trasformano in proteine. Pertanto, il foraggio fasciato viene considerato come un alimento altamente proteico che può essere integrato nella dieta zootecnica riducendo l'acquisto di mangimi. A differenza del fieno secco, infatti, le balle fasciate avrebbero una uniformità elevata e permetterebbero dunque di mantenere una certa uniformità negli apporti nutrizionali. Grazie alle balle fasciate è possibile programmare una alimentazione costante durante tutto l'anno, perché si arriva a primavera, epoca del nuovo taglio, avendo ancora un insilato identico a quello che si è dato agli animali nell'estate e nell'autunno precedenti.

### ***Caratteristiche delle balle***

L'imballatura del fieno offre diversi vantaggi: riduce l'ingombro, meccanizza la movimentazione e facilita lo stoccaggio e la distribuzione al bestiame.

Le balle possono essere diverse per *densità*, *forma* e *dimensioni*, a seconda del tipo di macchina imballatrice utilizzata e dell'organizzazione del lavoro scelta.

La densità del fieno indica il grado di compressione del foraggio nelle balle e si esprime in (kg x m<sup>3</sup>). Si conoscono due tipi di densità: *apparente*, che può variare per comprimibilità del foraggio (dipende dalla percentuale di sostanza secca e dalla struttura dei vegetali) e tasso di sostanza secca (grado di essiccamento del foraggio), e *densità reale*, che invece esprime la quantità di sostanza secca contenuta in un m<sup>3</sup> di balla (varia con la natura del materiale raccolto e con il tipo di macchina utilizzata).

Nelle balle con densità inferiore a 140 (kg x m<sup>3</sup>), la porosità interna consente di perdere ancora qualche punto di umidità dopo la pressatura, solo lasciandole per qualche tempo sul campo e l'ulteriore periodo di arieggiamento riduce i rischi di riscaldamento della massa. Nelle balle con densità elevate è impossibile un'ulteriore perdita di acqua, pertanto, si deve raccogliere e pressare solo quando il fieno ha raggiunto una umidità inferiore al 15-18%.

Forma e densità delle balle dipendono dall'itinerario di utilizzazione e dalle macchine raccogli imballatrici disponibili. Possono essere piccole e parallelepipedo, ma con una serie di inconvenienti, soprattutto in termini di meccanizzazione della catena di "raccolta-movimentazione-stoccaggio-distribuzione", oppure le più diffuse e quindi con una serie di vantaggi, possono essere grandi balle cilindriche o rotoballe. Solitamente queste ultime, oltre ad essere facili da realizzare, con un peso ed un volume che le rendono facilmente sollevabili con i caricatori delle trattrici, risultano essere adatte alla distribuzione meccanica del foraggio e presentano dimensioni pari a:

- 0,9 – 1,5 m di larghezza;
- 1,2 – 1,5 m di diametro;
- 1,4 – 2,1 m di volume;
- 130-180 (kg x m<sup>3</sup>) di fieno come densità.

Una rotoballa di queste dimensioni equivale a circa 15-20 balle parallelepipedo.

Le grandi balle sono adatte alle filiere di commercializzazione, perché a parità di volume con gli altri tipi di balle, contengono una maggiore quantità di fieno per la maggiore densità. Tuttavia, la forma parallelepipedo consente economie nello stoccaggio perché si può occupare tutto lo spazio disponibile, inoltre qual ora le pendenze delle superfici destinate alla coltivazione degli erbai fosse molto elevata, tale soluzione potrebbe essere un vantaggio.

### ***L'influenza della produzione foraggera sulla qualità dei prodotti agroalimentari***

L'innovazione sviluppata consentirà l'incremento della produzione di foraggio per l'alimentazione del bestiame già presente in azienda. Questa soluzione risulta essere di fondamentale importanza considerato che, tra le spese dell'impresa zootecnica l'alimentazione del bestiame incide notevolmente nel bilancio aziendale. Pertanto, la coltivazione di superfici foraggere aumenterà le disponibilità di foraggio nel corso dell'anno, riducendo l'acquisto di alimenti extraaziendali.

Inoltre, la conoscenza delle caratteristiche e del valore nutritivo dei principali alimenti utilizzati nell'allevamento e delle metodiche per ottenere foraggi di elevata qualità, sono le premesse indispensabili per predisporre in maniera corretta le razioni alimentari del bestiame allevato.

Ai fini della qualità dei prodotti di origine animale, in particolare per il latte, la scelta delle essenze da destinare alla formazione dei seminativi da foraggio nonché la loro gestione integrata alla presenza dell'impianto fotovoltaico assicurano le migliori qualità ottenibili. Condizioni ambientali diverse, situazioni aziendali, fondiari, agronomiche, soggettive dei conduttori, possono rendere necessarie altre scelte tecniche più intensive, con l'introduzione dell'avvicendamento delle diverse colture proponibili in un determinato ambiente. Anche in questi casi, per l'allevamento animale di qualità

sono utilizzabili colture diverse, ma sempre rispondenti alla caratteristica di base necessaria, espressa dal polifitismo, con le migliori specie e varietà adatte, consapevolmente consociate per ciascun ambiente. Ragion per cui, l'attività aziendale verrà integrata con la semina di erbai misti; l'impiego di più specie da erbaio consociate potrà consentire la produzione di foraggio polifita con sufficiente equilibrio fra i componenti e con caratteristiche di qualità generalmente superiori.

L'intensificazione dell'allevamento di ovini da latte ha infatti spostato l'obiettivo produttivo dalla quantità alla ricerca delle pratiche utili al fine di ottenere anche una maggiore qualità, aumentando l'attenzione sulla scelta delle specie e delle cultivar da seminare e sulle tecniche di coltivazione, di raccolta e conservazione dei fieni, al fine di ridurre le perdite di sostanza secca e preservare le qualità nutritive.

Per questo la corretta trasformazione dei foraggi diventa un elemento da non sottovalutare per l'ottimizzazione della razione alimentare degli ovini sia da un punto di vista nutritivo che economico. In molte zone della Sardegna, infatti, l'attività agropastorale è basata molto sulla utilizzazione dei prodotti aziendali.

Tutti i dati analitici e tecnologici sulla qualità effettiva del latte concordano sul ruolo primario e irrinunciabile del foraggio polifita utilizzato dagli animali. Tale requisito s'impone nei disciplinari produttivi come il principale condizionatore del risultato qualitativo atteso. Le sostanze contenute nei foraggi si trasferiscono direttamente nel latte (es. i terpeni) e influenzano la composizione della frazione grassa (acidi grassi), modificandone anche il colore. Tra gli acidi grassi troviamo anche i PUFA (acidi grassi polinsaturi), molecole la cui carenza nel latte rispetto ad altri alimenti, soprattutto di origine vegetale, ha portato alla cattiva fama del prodotto e dei suoi derivati.

Anche il colore del latte viene influenzato dalla composizione dei foraggi, in special modo dai carotenoidi presenti, la cui concentrazione nel latte dipende dagli alimenti ingeriti. Il latte prodotto da ovini mandati al pascolo è diverso dal latte munto quando l'alimentazione degli animali è standard, cioè quando si nutrono in stalla con solo fieni e mangimi/concentrati. È un'alimentazione verde, ricca di essenze foraggere, che trasferisce nel latte composti importanti a livello nutrizionale e salutistico, oltre che sensoriale. Ovviamente, tutte le peculiarità del latte vengono poi trasferite ai formaggi, i quali ne conservano i gusti e i valori nutritivi.

### ***Sostenibilità dell'intervento e importanza paesaggistica***

L'esercizio dell'impianto agrivoltaico nella configurazione di progetto consentirà di contribuire agli obiettivi stabiliti dalla politica energetica europea e nazionale, mantenendo una produzione agricola di tipo sostenibile.

Diversi studi hanno dimostrato come gli impianti solari possano convivere con l'agricoltura e addirittura i due sistemi possono ottenere benefici reciproci da tale convivenza. La presenza dei pannelli consentirebbe un cospicuo risparmio idrico per l'irrigazione, in quanto diminuisce l'evapotraspirazione e mantiene il terreno umido. Le piante, dal canto loro, aiuterebbero a ridurre la temperatura degli impianti, migliorandone l'efficienza durante i mesi estivi.

Le operazioni colturali descritte nei paragrafi precedenti possono essere svolte da mezzi alimentati da energia elettrica, tale scelta permette un incremento della sostenibilità ambientale del progetto nonché una perfetta integrazione della parte agricola rispetto all'intero progetto agrivoltaico che mira anche alla produzione di energia elettrica. In questi casi si potrebbe prevedere la costruzione di locali adibiti alla ricarica dei mezzi agricoli elettrici e quindi ad un consumo in loco dell'energia prodotta.

Considerato il layout di progetto e le relative distanze e dimensioni dei pannelli monoassiali, è indispensabile acquistare o affittare mezzi che non interferiscano negativamente con gli stessi, e che quindi possano provocare danni all'impianto stesso.

## **CONCLUSIONI**

L'intervento, per la natura stessa del progetto, risulta essere pienamente compatibile con il contesto agricolo di riferimento, in quanto l'impianto agrivoltaico, grazie alla sua disposizione spaziale, consentirà l'utilizzo del suolo da un punto di vista agricolo, evitando così il pericolo di marginalizzazione dei terreni, di desertificazione, oltre che la perdita della biodiversità e della fertilità. Tutto ciò, porterà ad una piena riqualificazione dell'area, sia perché saranno effettuati miglioramenti fondiari, sia perché tutte le necessarie lavorazioni agricole consentiranno di mantenere ed incrementare le capacità produttive del fondo.

La soluzione progettuale sviluppata consentirà di:

- svolgere l'attività di coltivazione tra le interfile dei moduli fotovoltaici, in modo completamente meccanizzato;
- effettuare interventi agronomici propedeutici alla realizzazione dell'erbaio, consentendo ai terreni di riacquisire le piene capacità produttive, determinando anche un miglioramento delle condizioni di utilizzo;
- incrementare la produzione di foraggio riducendo le spese legate all'alimentazione del bestiame (produzione di rotoballe e di fasciato), migliorando al contempo la qualità delle razioni alimentari del bestiame stesso;
- incrementare la qualità dei prodotti derivati (latte) e conseguentemente dei suoi trasformati (formaggi);
- aumentare la sostenibilità ambientale dell'azienda agricola in seguito alla scelta di mezzi/attrezzi alimentati da energia elettrica;
- creare nuove opportunità lavorative sul comparto agricolo, in termini di manodopera impiegata;
- migliorare la redditività dell'azienda in seguito alla produzione ed eventuale vendita delle rotoballe prodotte.

Pertanto, l'idea di far convivere il fotovoltaico con l'attività agricola apporta una serie di vantaggi, non solo in termini di produzione energetica ma anche in termini di tutela ambientale, conservazione della biodiversità e miglioramento/mantenimento dei suoli.

Cassano delle Murge, 23/07/2022

