



REGIONE  
PUGLIA



PROVINCIA  
DI FOGGIA



COMUNE  
DI CANDELA



COMUNE  
DI ASCOLI SATRIANO

**Realizzazione di impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in località Posta Fissa in agro di Candela (FG) e delle relative opere di connessione alla Stazione elettrica SE Camerelle nel Comune di Ascoli Satriano (FG)**

Potenza nominale cc: 30,893 MWp - Potenza in immissione ca: 30,00 MVA

ELABORATO

**RELAZIONE PRODUZIONE AGRICOLA**

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello progetto	Codice Pratica	documento	codice elaborato	n° foglio	n° tot. fogli	Nome file	Data	Scala
<b>PD</b>		<b>R</b>	2.6_04	1	22	R_2.6_04_PRODUZIONEAGRICOLA.pdf	06/2024	n.a.

REVISIONI

Rev. n°	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	08/11/2022	1° Emissione	DIRENZO	PETRELLI	AMBRON
01	30/06/2024	2° Emissione	PETRUZZELLIS	PETRUZZELLIS	PETRUZZELLIS

PROGETTAZIONE:

**MATE System srl**

Via Goffredo 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 Luminora Candela 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:**  
**LUMINORA CANDELA S.R.L.**  
Via TEVERE n.°41  
00198 ROMA

Il legale rappresentante



**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 IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON  
PRODUZIONE AGRICOLA E PRODUZIONE DI ENERGIA  
ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE FOTOVOLTAICA  
DA UBICARSI IN LOCALITÀ POSTA FISSA IN AGRO DI  
CANDELA (FG) E DELLE RELATIVE OPERE DI  
CONNESSIONE ALLA STAZIONE ELETTRICA SE  
CAMERELLE NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)

**RELAZIONE PRODUZIONE AGRICOLA**

Il tecnico  
Dott. Michele Petruzzellis  
Agronomo Michele  
Michele



## *Indice*

<b>PREMESSA</b>	3
<b>AREA DI INTERVENTO</b>	3
<b>IL PROGETTO AGRIVOLTAICO</b>	4
<b><i>CONCLUSIONI</i></b>	18

## 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 Srl, con sede alla via Goffredo Mameli, 5 – 70020 Cassano delle Murge (BA), per redigere la presente relazione di produzione agricola, finalizzata alla “Realizzazione di impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in località Posta Fissa in agro di Candela (FG) e delle relative opere di connessione alla Stazione elettrica SE Camerelle nel Comune di Ascoli Satriano (FG)”.

## AREA DI INTERVENTO

### *Inquadramento territoriale – urbanistico*

Le aree d'intervento sono localizzate nel Comune di Candela (FG). Il Comune di Candela è localizzato a Sud della città di Foggia, nel Tavoliere delle Puglie, confina con Ascoli Satriano, Rocchetta Sant'Antonio, Sant'Agata di Puglia, Deliceto e Melfi (PZ), si trova a 474 metri sul livello del mare.

L'abitato sorge su due colline dette di San Rocco e di San Tommaso, parte del settore meridionale dei monti Dauni meridionale. Nel territorio comunale, compreso fra i fiumi Carapelle e Ofanto, termina il suo percorso il tratturo Pescasseroli-Candela, l'antica via erbosa della transumanza lunga 211 km. La parte del comune che si colloca nella parte bassa delle colline è interessata, così come la superficie oggetto del seguente progetto, da un territorio fortemente vocato all'agricoltura.

In particolare, il territorio è fortemente vocato alla produzione di granella, foraggi, ortaggi di varia natura.

### *Localizzazione dell'intervento*

Le aree d'intervento sono suddivise in 3 lotti localizzati nel Comune di Candela (FG), così come si evince dalla seguente tabella.

	<b>Comune</b>	<b>Foglio</b>	<b>Particella</b>	<b>Superficie (mq)</b>
Lotto 1	Candela	42	6	77.054
	Candela	42	33	27.578
Lotto 2	Candela	42	50	34.923
	Candela	42	171	31.422
	Candela	42	182	5.640
	Candela	42	191	30.022
	Candela	42	193	163
	Candela	42	198	4.147
	Candela	42	201	232
	Candela	42	204	6.949
	Candela	42	206	9.595
	Candela	42	210	493

	Candela	42	212	3.841
	Candela	42	479	67.792
Lotto 3	Candela	42	219	66.309
	Candela	42	220	69.855
	Candela	42	224	3.691
	Candela	42	231	6.809
	Candela	42	472	16.756
<b>TOTALE</b>				<b>463.271</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 della provincia di Foggia, che ha come primo elemento distintivo la percezione di un territorio atto all'agricoltura estensiva in quanto ricco di vaste distese di seminativi. Tra le colture principali vi sono i seminativi da foraggio e da granella affiancati a coltivazioni arboree.

Tali colture caratterizzano il paesaggio e rivestono un ruolo fondamentale per le certificazioni di qualità (D.O.P. e I.G.P).

Si precisa che le certificazioni di qualità sopra menzionate sono tutte di natura volontaria e si riferiscono unicamente alla "zonizzazione" derivante dai singoli disciplinari di produzione.

Inoltre, le superfici oggetto di intervento non sono interessate da coltivazioni per le quali si attribuiscono marchi di qualità.

## **IL PROGETTO AGRIVOLTAICO**

L'area complessiva dell'impianto agrivoltaico ricopre un'area di circa 39 Ha (area recintata). Si tratta di n. 3 corpi molto vicini tra di loro, che formeranno l'impianto agrivoltaico, pianeggiante, disposto da est a ovest; condizione, quest'ultima, 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 a inseguimento solare, organizzato in filari nord-sud ben distanziati (interfila circa 5,88 m) per consentire la coltivazione nell'interfilare. Le ali fotovoltaiche, che presentano movimentazione est-ovest, sono incernierate a circa 3,06 m di altezza su piloni inseriti nel terreno;

**In fase di coltivazione, l'altezza minima garantita al suolo è di 2,10 m, compatibile con i macchinari utilizzati per le operazioni colturali.**

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.

In particolare, la distanza tra la superficie coltivata e i pali, che delimitano le fila dei tracker, è di 30 cm per lato; ne consegue che lo spazio utile alla coltivazione tra le fila dei tracker è di 5,28 metri.

Tale distanza dai pali consente di eseguire le lavorazioni in sicurezza per l'operatore, senza arrecare danni alle strutture. Inoltre, durante le operazioni colturali i tracker daranno ruotati in modo da garantire la sicurezza dei lavoratori. Tali caratteristiche permettono di classificare l'impianto come agrivoltaico.

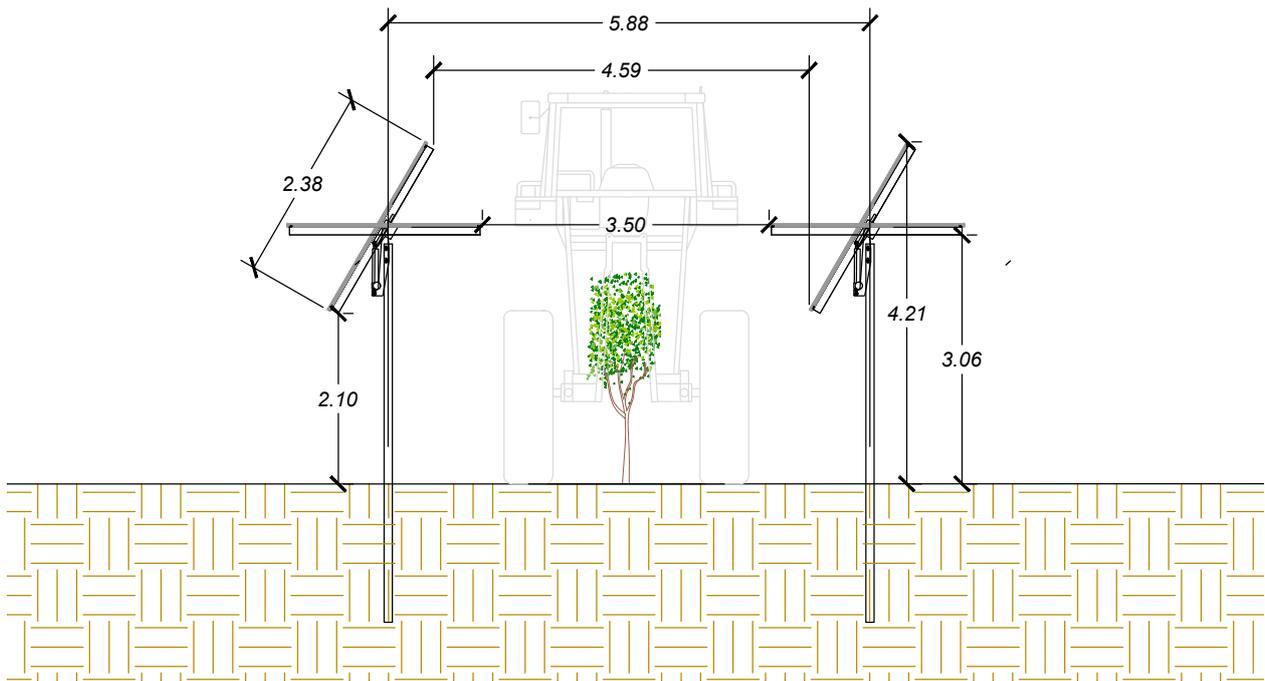


Figura 2 – Prospetto impianto agrivoltaico

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.

Si precisa, inoltre, che è possibile programmare l'orientamento dei moduli al fine di poter eseguire le operazioni agricole, nonché quelle di manutenzione dei moduli stessi al fine di effettuare gli opportuni interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria. Tale caratteristica consente di aumentare la sicurezza dell'impianto e garantisce una migliore coordinazione tra l'attività agricola e quella manutentiva dell'impianto stesso.

Di seguito si riportano delle immagini rappresentative:







### ***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.



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

Come si evince dalla Figura 3 le macro-destinazioni d'uso del suolo relative all'area di intervento sono:

seminativi semplici in aree non irrigue



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:

	Comune	Foglio	Particella	Qualità	Superficie (mq)
Lotto 1	Candela	42	6	Seminativo	77.054
	Candela	42	33	Seminativo	27.578
Lotto 2	Candela	42	50	Seminativo	34.923
	Candela	42	171	Seminativo	31.422
	Candela	42	182	Seminativo	5.640
	Candela	42	191	Semin irrig	30.022
	Candela	42	193	Semin irrig	163
	Candela	42	198	Seminativo	4.147
	Candela	42	201	Seminativo	232
	Candela	42	204	Seminativo	6.949
	Candela	42	206	Semin irrig	9.595
	Candela	42	210	Seminativo	493

	Candela	42	212	Semin irrig	3.841
	Candela	42	479	Semin irrig	67.792
Lotto 3	Candela	42	219	Seminativo	66.309
	Candela	42	220	Seminativo	69.855
	Candela	42	224	Seminativo	3.691
	Candela	42	231	Seminativo	6.809
	Candela	42	472	Seminativo	16.756
<b>Totale</b>					<b>463.271</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.

Come detto in precedenza si è preferito rispettare la vocazione del territorio scegliendo colture seminative. Pertanto, ci si è orientati verso colture ad elevato grado di meccanizzazione o del tutto meccanizzate (considerata anche l'estensione dell'area) ovvero colture da **foraggio**.

La scelta inoltre è stata condizionata dalle caratteristiche di fertilità del suolo oggetto di intervento, valutate sulla scorta di indagini visive e attraverso indagini condotte usufruendo di "interviste" ai proprietari/conduttori delle particelle limitrofe all'areale.

Inoltre, considerando che la componente idrica in agricoltura gioca un ruolo fondamentale, si è scelta una coltura che richiede interventi irrigui ridotti se non nulli.

### ***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, il progetto consentirà la produzione di foraggio per l'alimentazione del bestiame delle aziende zootecniche del territorio.

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.

Si precisa infatti che attualmente l'azienda agricola che conduce le particelle interessate dal progetto esegue interventi di irrigazione di soccorso attraverso macchine semoventi per l'irrigazione (rotoloni). Tali macchine hanno un'efficienza bassa in quanto apportano grandi quantità di acqua per aspersione, nebulizzandola; pertanto, gran parte dell'acqua erogata viene dispersa nell'atmosfera o evapora, non raggiungendo il target.

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 del bestiame delle aziende zootecniche del territorio. 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 colture 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, squarroso, persiano);
- *Pisello da foraggio*;
- *Fieno greco*;
- *Lupino*.

Quasi tutte le leguminose da erbaio vengono impiegate in consociazione con le graminacee consentendo di minimizzare gli interventi di concimazione soprattutto azotata.

### ***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.

Di seguito si descrivono le operazioni colturali relative alla coltivazione di un erbaio da foraggio. Inoltre, si andranno a riportate le voci di costo riportate nel computo metrico allegato.

Nell'elaborazione del computo metrico si è partiti dall'*assumption* che le operazioni colturali saranno affidate completamente all'esterno, ovvero da contoterzisti, senza considerare la possibilità che le stesse possano essere realizzate dal partner agronomico, con conseguente incremento dei margini operativi.

Tale *assumption*, quindi, è prudenziale e garantisce al partner agronomico una certa sicurezza in termini economici.

### ***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.

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

Al fine di ottenere una buona produzione in termini quali-quantitativi del foraggio è consigliato effettuare interventi nutritivi di fondo 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.

Considerata l'estrema incertezza relativa ai possibili interventi fitosanitari da effettuare si è preferito evitare di inserire nel computo metrico la voce di costo relativa.

### ***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).

### ***Rullatura del suolo***

La rullatura consiste nel passaggio di un rullo al suolo con l'intento di far "aderire" il terreno al seme appena distribuito. Tale contatto garantisce una migliore riuscita della germinabilità della semente e contemporaneamente consente di ottenere un suolo più livellato.

### ***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 nello stesso tempo smuovono e rivoltano il foraggio e 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).

Tali operazioni vengono effettuate in due passaggi, in particolare lo spandimento e il rivoltamento sono operazioni che vengono effettuate con un passaggio, invece l'andanatura richiede un ulteriore passaggio con un'altra macchina operatrice.

### ***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 progetto presentato si è scelto di destinare un terzo delle rotoballe alla produzione di "fasciato", le cui caratteristiche sono descritte nel prossimo paragrafo.

La raccolta e imballatura del fieno avviene in un unico passaggio e successivamente le rotoballe prodotte devono essere trasportate in appositi magazzini per la loro conservazione.

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.

La fasciatura è un'operazione che consente di conservare più a lungo le rotoballe oltre a garantire, come detto, migliori caratteristiche del foraggio, soprattutto dal punto di vista nutrizionale e della palatabilità.

### ***Lavorazione del suolo***

L'ultima operazione che consente di completare il ciclo della coltivazione di un erbaio da foraggio è la lavorazione del suolo. In particolare, tale operazione consente di interrare i residui colturali apportando sostanza organica al suolo, con conseguente aumento della fertilità del suolo. E' importante evitare le lavorazioni profonde in quanto, queste ultime, portano gli strati superficiali e più fertili del suolo in profondità, e d'altro canto portando in superficie gli strati più profondi e meno fertili.

### ***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 nonché la sua qualità generale.

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, le formazioni pascolive semi naturali utilizzate correttamente e nella stagione appropriata assicurano le migliori qualità ottenibili. Non tutti gli allevamenti però possono sostenersi con sole risorse semi-naturali. Condizioni ambientali diverse, situazioni aziendali, fondiarie, 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'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 bovini 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 dei bovini sia da un punto di vista nutritivo che economico. 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. Tuttavia, gli animali allevati al pascolo, riescono a produrre un latte molto più ricco di queste sostanze.

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 dai bovini 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.

Si precisa che l'area di intervento sarà perimetrata al fine di garantire la miglior mitigazione visiva possibile attraverso arbusti disposti secondo lo schema a quinconce, ovvero la disposizione degli arbusti avverrà su due file parallele, in modo che ciascun elemento di una fila corrisponda allo spazio tra due elementi dell'altra fila.

Inoltre, le aree che non saranno oggetto di coltivazione, perché troppo piccole per essere seminate e quindi gestite, saranno inerbite con specie erbacee nettarifere e/o pollinifere in modo da incrementare l'attività degli insetti pronubi (le api in particolare).

In particolare, in queste aree, si prevede di posizionare delle arnie al fine di intensificare l'attività delle api e quindi creare delle vere e proprie aree ad alta valenza ecologica. Inoltre, attraverso degli accordi effettuati con apicoltori locali, sarà possibile gestire al meglio le arnie e allo stesso tempo produrre miele e sottoprodotti dell'alveare che potranno valorizzare ancor di più il territorio nonché la percezione ecologica dell'intero progetto.

Alla luce di quanto esposto, le azioni descritte precedentemente avranno ripercussioni positive in termini di biodiversità vegetale ed animale. La coltivazione perimetrale fungerà da vegetazione ripariale, nonché da fonte di nutrimento per insetti e fauna selvatica, di conseguenza queste opere di rinaturalizzazione consentiranno di aumentare la sostenibilità ambientale dell'intervento a beneficio dell'intero areale.

## ***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;
- incrementare la produzione di foraggio del territorio (produzione di rotoballe e di fasciato), migliorando al contempo la qualità delle razioni alimentari del bestiame;

- 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 fasciate prodotte.

Le informazioni sopra riportate sono in linea con quanto riportato nelle “Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici” e rispettano i requisiti previsti.

Si precisa infatti che il progetto agrovoltaico rispetta i seguenti requisiti:

- **A:** Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi. In particolare:
  - almeno il 70% della superficie sia destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole;
  - la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR) sia inferiore al 40%.

L'area di intervento oggetto di coltivazione agricola è pari a circa 32 ettari, pertanto dal rapporto tra la SAU e la superficie dell'intero impianto è possibile verificare come circa l'82% della superficie sia destinata alla coltivazione agricola.

Inoltre, il rapporto percentuale tra la superficie captante (riferita ai pannelli fotovoltaici, pari a circa 4,14 ettari) e la superficie totale di intervento è pari al 12,97%.

- **B:** Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale;

Durante la “vita” tecnica dell'impianto agrivoltaico sarà verificata ed assicurata la produzione agricola (in termini di produzione e redditività), anche attraverso la stipula di contratti con partner agronomici, in modo da garantire una perfetta integrazione tra la produzione energetica e quella agricola e garantire così la continuità.

Si precisa, inoltre, che verranno redatti dei report annuali riferiti alla produzione agricola al fine di verificare eventuali scostamenti rispetto ai dati delle produzioni medie della stessa coltivazione negli areali limitrofi.

Si segnala, infine, che la redditività dell'area sarà notevolmente incrementata in quanto attualmente l'area di intervento è caratterizzata da seminativi semplici.

- **C:** L'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli;

L'impianto prevede l'utilizzo di tracker monosassiali, pertanto, è possibile ruotare i pannelli al fine di effettuare le diverse operazioni colturali in sicurezza, raggiungendo i 3,06 m in posizione

zenitale e una altezza minima dal suolo di 2,10 m quando i pannelli sono ruotati. Tale scelta consente, inoltre, di poter coltivare senza rinunciare alle normali tecniche colturali e senza ridurre le rese produttive. Si precisa infine che la sinergia tra la componente energetica e la componente agricola consentirà di proteggere la coltura da fenomeni atmosferici come “bombe d’acqua”, gradine e colpi di sole; la produzione energetica aumenterà in quanto la coltura posta al di sotto dei pannelli riduce le temperature degli stessi con conseguente innalzamento della produzione energetica.

- **D:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che consenta di verificare l’impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate;
- **E:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che, oltre a rispettare il requisito D, consenta di verificare il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

Il rispetto dei requisiti D ed E sarà assicurato attraverso un sistema di monitoraggio dei parametri agronomici e microclimatici attraverso apposite “centraline” che saranno distribuite in diversi punti dell’impianto, e garantiranno un aumento della sostenibilità del progetto sotto l’aspetto degli input idrici e nutrizionali oltre ad eventuali monitoraggi mirati alla difesa sanitaria sostenibile. Si precisa che ad oggi la coltivazione degli appezzamenti, condotti come seminativi da foraggio, contempla l’utilizzo di irrigazione di soccorso. Il progetto proposto **non** prevede l’utilizzo di irrigazione di soccorso in quanto ci si avvantaggerà della riduzione dell’evapotraspirazione dovuta dall’ombreggiamento provocato dai tracker. Di conseguenza questo comporterà un risparmio idrico evidente.

Le centraline monitoreranno diversi parametri tra i quali: pioggia, umidità, temperatura, punto di rugiada, allarmi climatici, immagini satellitari (NDVI, NDRE, NDWI), direzione vento, raffiche di vento, velocità del vento, radiazione solare, bagnatura fogliare.

Saranno inoltre effettuate analisi chimico-fisiche e microbiologiche del suolo a cadenza biennale al fine di valutare le caratteristiche del suolo, in particolar modo quelle connesse alla nutrizione della coltura, e poter eventualmente integrare/correggere eventuali carenze/anomalie.

Inoltre, si presterà estrema attenzione alla scelta di cultivar e di tecniche colturali che mirano ad un impatto ambientale minimo, nullo o addirittura migliorativo.

Questo tipo di monitoraggio orientato alla sostenibilità nel suo senso più ampio del termine potrà così sfociare in tecniche di coltivazione innovativa grazie anche all’agricoltura di precisione (agricoltura 4.0).

La frequenza dei monitoraggi sarà costante nel tempo, giornalieri e/o settimanali in funzione del tipo di parametro ed al fine di ottenere dati il più accurati possibile.

I dati raccolti potranno essere utilizzati in “real time”, ovvero potranno essere impiegati per supportare le decisioni del partner agronomico da un punto di vista operativo durante la “campagna” in corso.

Inoltre, gli stessi dati potranno essere elaborati al fine di redigere dei report semestrali e/o annuali utili alla scelta delle operazioni agronomiche da intraprendere per migliorare la coltivazione, che consentiranno di rendere più performante sotto l’aspetto economico ed ambientale l’attività agricola.

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, 22/06/2024

