



REGIONE
PUGLIA



PROVINCIA DI
BRINDISI



COMUNE DI
BRINDISI

OGGETTO:

“Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "CSPV BRINDISI", di potenza pari a 17,8 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Brindisi (BR)”

ELABORATO:

Relazione di Fattibilità Agroeconomica e Piano di Monitoraggio Ambientale



PROPONENTE:



AEI SOLAR PROJECT VI S.R.L.
VIA VINCENZO BELLINI, 22
00198- ROMA (RM)
P.IVA 16805281009



Dott. Agr. Stefano Convertini
Ischr. n. 228 sez. A
ODAF Brindisi
C.F. CNVSFN79D18D508E

PROGETTAZIONE:



Ing. Carmen Martone
Ischr. n. 1872
Ordine Ingegneri Potenza
C.F. MRTCMN73D56H703E



Geol. Raffaele Nardone
Ischr. n. 243
Ordine Geologi Basilicata
C.F. NRDRFL71H04A509H

EGM PROJECT S.R.L.
VIA VERRASTRO 15/A
85100- POTENZA (PZ)
P.IVA 02094310766
REA PZ-206983

Livello prog.	Cat. opera	N°. prog.elaborato	Tipo elaborato	N° foglio	Tot. fogli	Nome file	Scala
PD	I.IF	A.15.3	R			A.15.3Rel_FattibilitaAgroeconomica-PMA	
REV.	DATA	DESCRIZIONE			ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	SETTEMBRE 2023	Emissione				Geol. Raffaele Nardone EGM Project	Ing. Carmen Martone EGM Project

INDICE

PREMESSA	3
1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
2. CARATTERISTICHE DEL TERRITORIO E DEL SISTEMA AGRARIO	7
2.1 ORIENTAMENTO COLTURALE DELL'AREA DI PROGETTO.....	9
2.2 LA CONDUZIONE DEI TERRENI	10
3. PROGETTO DI FOTOVOLTAICO INTEGRATO PROPOSTO	10
3.1 Caratteristiche principali dell'impianto proposto	10
3.2 Rispondenza ai requisiti dell'impianto agrivoltaico	14
3.3 Mezzi MECCANICI previsti per l'attività agricola.....	14
3.4 APPLICAZIONE DELLE TECNOLOGIE E DELLE TECNICHE DELL'AGRICOLTURA DI PRECISIONE	17
3.4.1 SISTEMI DI GUIDA PARALLELA O AUTOMATICA	19
3.4.2 IRRORATRICI.....	19
3.4.3 SISTEMI PER RATEO VARIABILE	19
3.5 Introduzione ALLA GESTIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO INTEGRATO CON COLTURE ORTICOLE	20
3.5.1 COLTIVAZIONE DEL CARCIOFO	20
3.5.2 COLTIVAZIONE DEL MELONE GIALLO	29
3.5.3 COLTIVAZIONE DEL CAVOLO BROCCOLO.....	32
4. OBIETTIVI PERSEGUITI.....	35
4.1 ANALISI FINANZIARIA PER ETTARO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO INTEGRATO CON COLTURE ORTICOLE	35
4.2 Analisi dei flussi di cassa (VALORE DI MERCATO) IN EURO PER 1 ETTARO DI SUPERFICIE COLTIVATA CON ORTICOLE.....	37
4.3 DETERMINAZIONE DEL fabbisogno di ore e giornate lavorative annue	39
4.4 RICADUTE OCCUPAZIONALI	39
5. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	39
5.1 MODALITÀ E FREQUENZA DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO DELL'AGRIVOLTAICO	40
5.2 MONITORAGGIO DEL MICROCLIMA	40
5.2.1 Localizzazione dell'area di indagine e punto di monitoraggio	40
5.2.2 Composizione della stazione meteo e tipi di sensori.....	41
5.2.3 DSS e supporto alle decisioni.....	43
5.2.4 Utilizzo della stazione meteorologica per la gestione dell'irrigazione.....	43
5.3 MONITORAGGIO DELLA PRODUZIONE AGRICOLA.....	44
5.4 MONITORAGGIO DELLA FERTILITÀ DEL SUOLO	44
5.4.1 Apparecchiature ed attrezzature.....	44
5.4.2 Modalità operative.....	45
5.4.3 Azioni correttive da effettuare nel caso di criticità emerse	48
5.5 CRONOPROGRAMMA DELLE CAMPAGNE DI MONITORAGGIO	50
6. CONCLUSIONI	51

PREMESSA

Il presente Piano di Fattibilità Agro-Economica ha come obiettivo la descrizione della fattibilità tecnica agronomica ed economica della progettazione di un impianto agro-energetico integrato fotovoltaico per la produzione di energia elettrica rinnovabile tramite la tecnologia fotovoltaica, della potenza di picco installata in corrente continua di 17,8 MW e di colture orticole, da realizzarsi sulla stessa superficie di circa 28,78 ettari nel comune di Brindisi (BR).

Nello specifico la realizzazione dell'impianto fotovoltaico interesserà il territorio comunale di Brindisi (BR).

In particolare il progetto agro-energetico comprende:

a) un impianto fotovoltaico costituito da:

- moduli fotovoltaici, montati su strutture metalliche conficcate nel terreno;*
- un complesso di opere di connessione comprensivo di cabine di trasformazione e cavidotti di connessione*

b) un campo coltivato con colture orticole

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area d'intervento si estende nel territorio comunale di Brindisi. L'impianto fotovoltaico di progetto si colloca in un'area delimitata a ovest dalla SS 16 e ad est dalla SS 613. Gli istituti di protezione più vicini a quest'area, presenti nell'area vasta (10 km), sono rappresentati da alcuni Siti Natura 2000 (Direttiva 92/43 CEE, Direttiva 409/79 CEE, DPR 357/1997 e s.m.i.). A circa 3 km in direzione sud est dall'area di progetto è presente La zona speciale di conservazione (ZSC) " Bosco Tramazzone" (cod. IT9140001), sito ricadente totalmente nella Riserva Naturale Orientata Regionale 'Bosco di Cerano' (L.R. n. 26 del 23-12-2002), a più di 5 km in direzione nord est dall'area di intervento è presente la ZSC "Stagni e Saline di Punta della Contessa", nonché Zona a Protezione Speciale (ZPS) ai sensi della Direttiva 79/409/CEE (cod. IT9140003), sito ricadente totalmente nel Parco naturale regionale 'Saline di Punta della Contessa' (L.R. n. 28 del 23-12-2002). A ovest dell'area d'intervento sono presenti i boschi dei Lucci (ZSC IT9140004) a circa 7 km e a circa 4,3 km a sud ovest dell'area di intervento sono presenti i boschi di Santa Teresa (ZSC cod. IT9140006), frammentati in più nuclei per una superficie complessiva di circa 33 ettari. Queste aree sono la parte centrale della Riserva Naturale Orientata Regionale Boschi di Santa Teresa e dei Lucci (LR n.26 del 23/12/2002) che si estende per quasi 1.200 ettari tra Tutturano e Mesagne. L'area d'intervento si colloca ad un'altitudine di media di 30 metri s.l.m..

L'impianto sarà costituito da un totale di 27600 moduli suddivisi in 3 sottocampi in cui i moduli sono organizzati in 920 stringhe, ciascuna costituita da 30 moduli. La potenza complessiva installata sarà di 17,8 MW.



Figura 1 - Area oggetto di studio - inquadramento su ortofoto, ampia scala



Figura 2 – Porzione area di intervento



Figura 3 – Porzione area di intervento



Figura 4 – Figura 3 – Porzione area di intervento



Figura 5 – Porzione area di intervento

2. CARATTERISTICHE DEL TERRITORIO E DEL SISTEMA AGRARIO

La struttura attuale della realtà agricola dell'area in esame è caratterizzata dalla presenza di piccole e medie aziende.

Per quanto attiene l'utilizzo del suolo non si è verificata una sostanziale modifica alle destinazioni d'uso nell'ultimo decennio. Il territorio dell'agro di Brindisi, storicamente area coltivata ad olivo, vite e ortaggi, si caratterizza per una elevata vocazione agricola, dove il territorio agricolo è quasi completamente interessato da coltivazioni rappresentative quali vigneto, oliveto, seminativi, ortaggi.

I vigneti presenti nel territorio comunale di Brindisi, rientrano nell'areale di produzione di vini:

- “Brindisi D.O.C.” (D.M. 22/11/1979 - G.U. n.111 del 23/4/1980);
- “Ostuni D.O.C.” (D.P.R. 13.01.1972, G.U. 83 del 28.03.1972, D.M. 07.03.2014);
- “Primitivo di Manduria D.O.C.” (D.P.R. 30.10.1974, G.U. 60 del 04.03.1975, D.M. 07.03.2014);
- “Negroamaro di Terra d'Otranto D.O.C.” (D.M. 4/10/2011 – G.U. n.245 del 20/10/2011);
- “Terra d'Otranto D.O.C.” (D.M. 4/10/2011 – G.U. n.246 del 21/10/2011);
- “Aleatico di Puglia D.O.C. (D.M. 29/5/1973 – G.U. n.214 del 20/8/1973).

Contestualmente le uve provenienti da vitigni presenti nei territori sopracitati possono concorrere alla produzione di vini “IGT “PUGLIA” (D.M. 3/11/2010 – G.U. n.264 dell'11/11/) e vini IGT “SALENTO” D.M. 12/09/95 (G.U. n. 237 del 10/10/95).

Gli oliveti presenti sempre nell'intero agro del comune di Brindisi possono concorrere alla produzione di “OLIO EXTRAVERGINE DI OLIVA TERRA D'OTRANTO” D.O.P. (DM 6/8/1998 – GURI n. 193 del 20/8/1998).

Per quanto attiene le condizioni pedologiche si ricorda che l'intero Salento è caratterizzato da un piano alluvionale originato da un fondo di mare emerso costituito da strati argillosi, sabbiosi e anche calcarei del Pliocene e del Quaternario, che hanno dato luogo a terre di consistenza diversa e anche di non facile lavorazione.

La roccia madre si trova ad una profondità tale da garantire un sufficiente strato di suolo alla vegetazione. In definitiva i terreni agrari più rappresentati sono “argilloso-calcarei” mediamente profondi, principalmente poco soggetti ai ristagni idrici, di reazione neutra, con un discreto franco di coltivazione.

Per quanto concerne la giacitura dei terreni, in generale, sono di natura pianeggiante, e i terreni in alcune zone presentano una specifica sistemazione di bonifica con delle canalizzazioni. In linea di massima la struttura produttiva, seppur con le dovute variazioni per i fenomeni socio-economici degli ultimi decenni, è rimasta sostanzialmente identica. Tra le coltivazioni arboree di grande interesse a livello locale rivestono alcune colture agrarie come l'olivo e la vite da vino, mentre per le coltivazioni erbacee hanno una certa rilevanza colture a ciclo annuale come il pomodoro, altre orticole estive e autunno-vernine e colture a ciclo poliennale come il carciofo.



Figura 6 - Zone di produzione delle DOC pugliesi

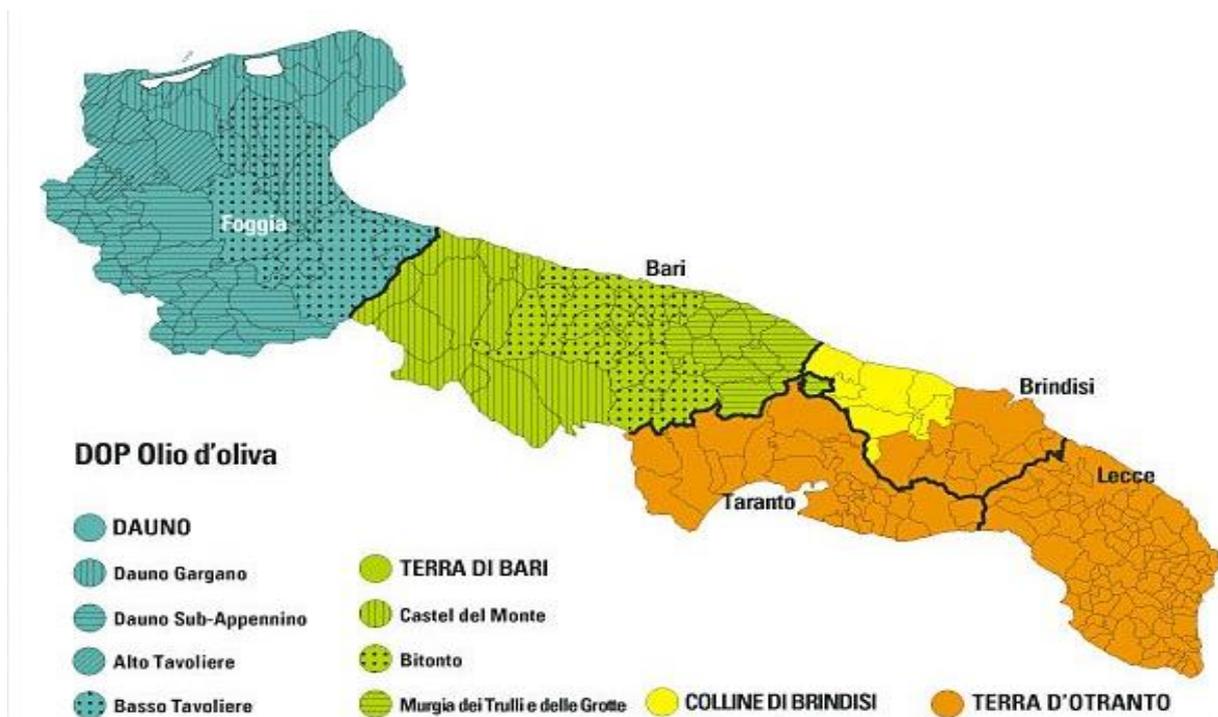


Figura 7 -Zone di produzione degli oli DOP pugliesi

2.1 ORIENTAMENTO CULTURALE DELL'AREA DI PROGETTO

Di seguito viene riportata la distribuzione della superficie come da visure catastali. Dal suo esame si evince che la superficie catastale totale per l'impianto fotovoltaico è pari a circa 29 ha utilizzata esclusivamente a ortaggi.

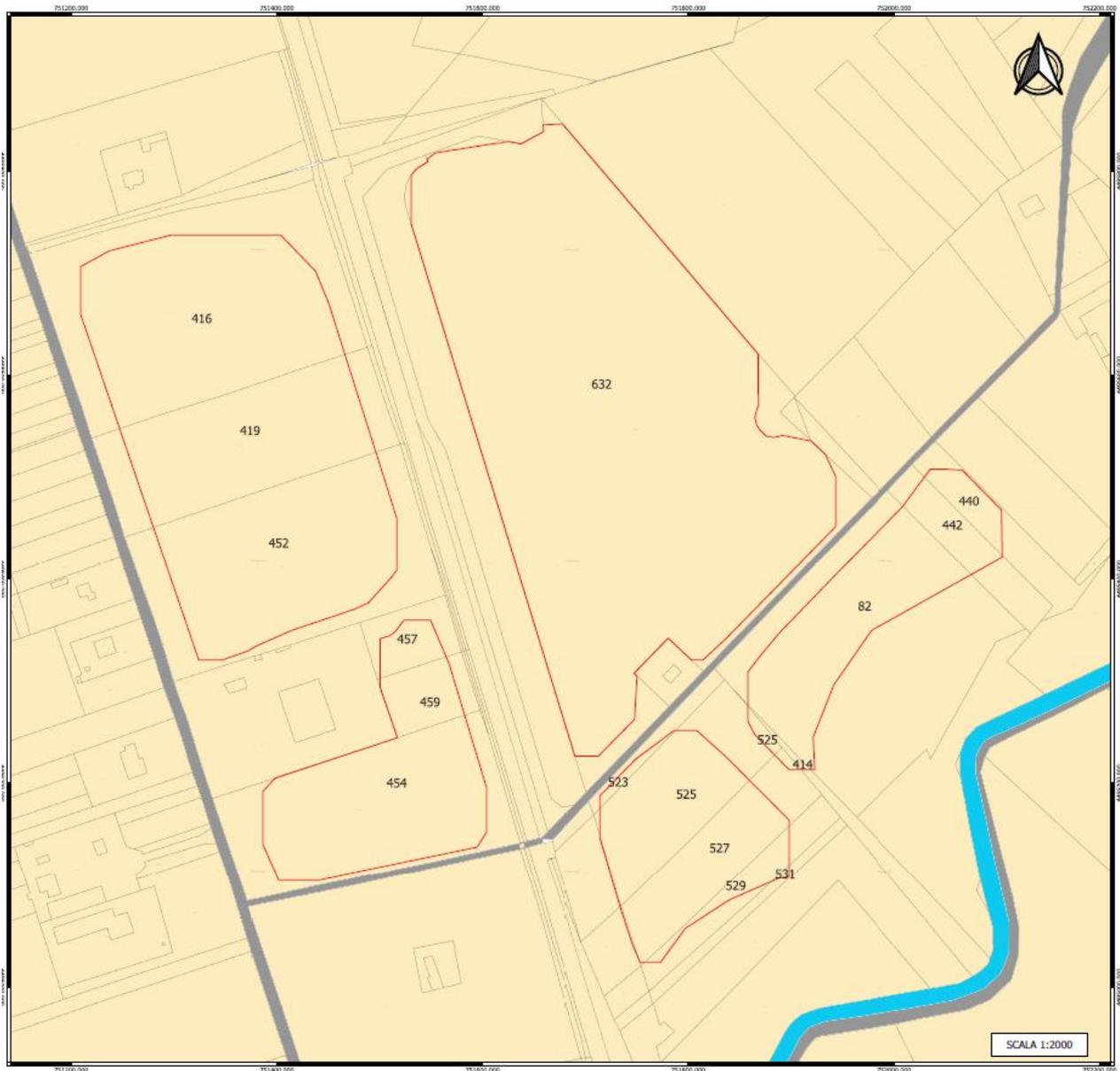


Figura 8. Area oggetto di studio - inquadramento su catastale

Sito di progetto:

Località: Brindisi

Luogo:

Brindisi - BR

Particelle Catastali Impianto Fotovoltaico:

Foglio 153, Particelle: 416, 419, 452, 454, 457, 459,

Foglio 154, Particelle: 82, 414, 440, 442, 523, 525, 527, 529, 531, 632.

Dai sopralluoghi effettuati si rileva che sull'intera superficie individuata per l'installazione della centrale fotovoltaica l'attuale ordinamento colturale è orticolo.

I suoli oggetto di indagine ai fini della caratterizzazione chimico-fisica non presentano limitazioni alla coltivazione della maggioranza delle colture ed in particolar modo per la coltivazione di colture orticole.

2.2 LA CONDUZIONE DEI TERRENI

La conduzione dei terreni sarà affidata all'attuale proprietà dei terreni che è anche azienda agricola ad indirizzo orticolo, regolarmente iscritta che esercita tale attività a titolo principale da diverse generazioni.

L'azienda agricola Cooperativa Giovani Agricoltori con sede operativa in Brindisi (BR), Contrada Chiodi N 72 Int 1, è un'azienda agricola specializzata nella coltivazione di ortaggi.

3. PROGETTO DI FOTOVOLTAICO INTEGRATO PROPOSTO

3.1 CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'IMPIANTO PROPOSTO

Il ministero della Transizione Ecologica ha pubblicato in data 27 giugno 2022, il documento "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici", prodotto nell'ambito di un gruppo di lavoro composto dal Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (Crea), dal GSE, da Enea e dalla società Ricerca sul sistema energetico (RSE).

Più nel dettaglio, le linee guida pubblicate dal MiTe (oggi MASE) hanno lo scopo di chiarire quali sono i requisiti che un impianto fotovoltaico dovrebbe possedere per essere definito agrivoltaico, sia per ciò che riguarda gli impianti più avanzati che possono accedere agli incentivi PNRR, sia per ciò che concerne le altre tipologie di impianti agrivoltaici che possono comunque garantire un'interazione più sostenibile fra produzione energetica e produzione agricola.

Il testo analizza dunque i requisiti minimi di installazione e monitoraggio.

Nel testo delle linee guida viene data una definizione ben precisa di impianto agrivoltaico (o agrovoltaico, o agro-fotovoltaico), ovvero un impianto fotovoltaico che adotta soluzioni volte a preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione e di Impianto agrivoltaico avanzato, ovvero un impianto agrivoltaico che, in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, e ss. mm.:

- adotta soluzioni integrative innovative con montaggio dei moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche eventualmente consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione;
- prevede la contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto dell'installazione fotovoltaica sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture, la continuità delle attività delle aziende agricole interessate, il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

Il primo obiettivo nella progettazione dell'impianto agrivoltaico è senz'altro quello di creare le condizioni necessarie per non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale, garantendo, al contempo, una sinergica ed efficiente produzione energetica.

Tale risultato si deve intendere raggiunto al ricorrere simultaneo di una serie di condizioni costruttive e spaziali. In particolare, sono identificati i seguenti parametri:

A.1) Superficie minima coltivata: è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione;

A.2) LAOR massimo: è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola;

A.1 Superficie minima per l'attività agricola

Un parametro fondamentale ai fini della qualifica di un sistema agrivoltaico, richiamato anche dal decreto-legge 77/2021, è la continuità dell'attività agricola, atteso che la norma circoscrive le installazioni ai terreni a vocazione agricola.

Tale condizione si verifica laddove l'area oggetto di intervento è adibita, per tutta la vita tecnica dell'impianto agrivoltaico, alle coltivazioni agricole, alla floricoltura o al pascolo di bestiame, in una percentuale che la renda significativa rispetto al concetto di "continuità" dell'attività se confrontata con quella precedente all'installazione (caratteristica richiesta anche dal DL 77/2021)⁸.

Pertanto si dovrebbe garantire sugli appezzamenti oggetto di intervento (superficie totale del sistema agrivoltaico, *Stot*) che almeno il 70% della superficie sia destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA). $S_{agricola} \geq 0,7 \cdot Stot$.

Nell'area di impianto l'intera superficie verrà coltivata, poiché l'altezza minima dei moduli fotovoltaici è superiore a 210 cm (Figura 9 – particolari strutture – viste laterali; Figura 10 – particolari strutture – vista dall'alto stringa), tale da garantire il passaggio dei mezzi agricoli (Figura 11 - Dimensioni caratteristiche di un trattore tipo frutteto sia con cabina standard che con cabina ribassata) per effettuare le operazioni colturali previste durante l'anno.

A.2 Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR)

Come già detto, un sistema agrivoltaico deve essere caratterizzato da configurazioni finalizzate a garantire la continuità dell'attività agricola: tale requisito può essere declinato in termini di "densità" o "porosità".

Per valutare la densità dell'applicazione fotovoltaica rispetto al terreno di installazione è possibile considerare indicatori quali la densità di potenza (MW/ha) o la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR).

Nella prima fase di sviluppo del fotovoltaico in Italia (dal 2010 al 2013) la densità di potenza media delle installazioni a terra risultava pari a circa 0,6 MW/ha, relativa a moduli fotovoltaici aventi densità di circa 8 m²/kW (ad. es. singoli moduli da 210 W per 1,7 m²). Tipicamente, considerando lo spazio tra le stringhe necessario ad evitare ombreggiamenti e favorire la circolazione d'aria, risulta una percentuale di superficie occupata dai moduli pari a circa il 50%.

L'evoluzione tecnologica ha reso disponibili moduli fino a 350-380 W (a parità di dimensioni), che consentirebbero, a parità di percentuale di occupazione del suolo (circa 50%), una densità di potenza di circa 1 MW/ha. Tuttavia, una ricognizione di un campione di impianti installati a terra (non agrivoltaici) in Italia nel 2019-2020 non ha evidenziato valori di densità di potenza significativamente superiori ai valori medi relativi al Conto Energia.

Una certa variabilità nella densità di potenza, unitamente al fatto che la definizione di una soglia per tale indicatore potrebbe limitare soluzioni tecnologicamente innovative in termini di efficienza dei moduli, suggerisce di optare per la percentuale di superficie occupata dai moduli di un impianto agrivoltaico.

Con la presente iniziativa imprenditoriale il proponente si pone l'obiettivo di migliorare l'inserimento dell'iniziativa nel paesaggio ed a minimizzare l'impiego di superficie agricola che verrà invece valorizzata ed apporterà un significativo contributo alla biodiversità nonché alla conservazione dei servizi ecosistemici esistenti ed il rispetto della naturale tessitura dei luoghi attraverso la trasformazione produttiva innovativa agro-energetica sostenibile dell'intera superficie di ha 29 circa: il progetto, infatti, punta a far convivere fotovoltaico e agricoltura, con reciproci vantaggi in termini di produzione energetica, tutela ambientale, conservazione della biodiversità, mantenimento dei suoli.

L'idea di base dell'agro-voltaico è far sì che i terreni agricoli possano essere utilizzati per produrre energia elettrica, lasciando spazio alle colture agricole. In altri termini, si tratta di coltivare i terreni sui quali è stato realizzato un impianto fotovoltaico, in modo tale da ridurre l'impatto ambientale, ma senza rinunciare alla ordinaria redditività delle colture agricole ivi praticate. Nel caso specifico, il metodo "agro-voltaico" potrebbe consistere nel coltivare l'intera superficie interessata dall'impianto fotovoltaico poiché i pannelli fotovoltaici sono disposti ad un'ideale altezza da terra.

Dalle informazioni e dal layout fornito dal committente si evince che l'impianto sarà dotato di strutture fisse.

La disposizione delle strutture in pianta è tale che:

- distanza tra gli assi delle strutture: 5,88 m;
- luce tra le strutture in pianta: 3,50 m;
- altezza minima da terra dei moduli fotovoltaici: 2,10 m.

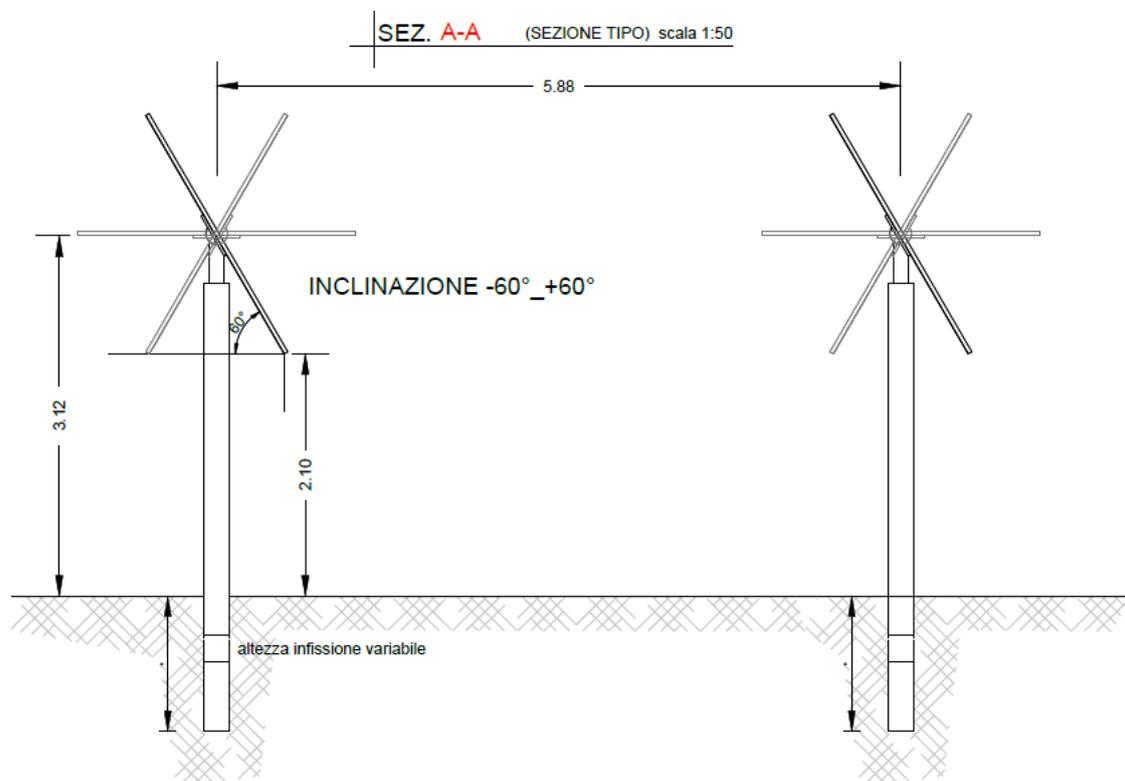


Figura 9 – particolari strutture – viste laterali

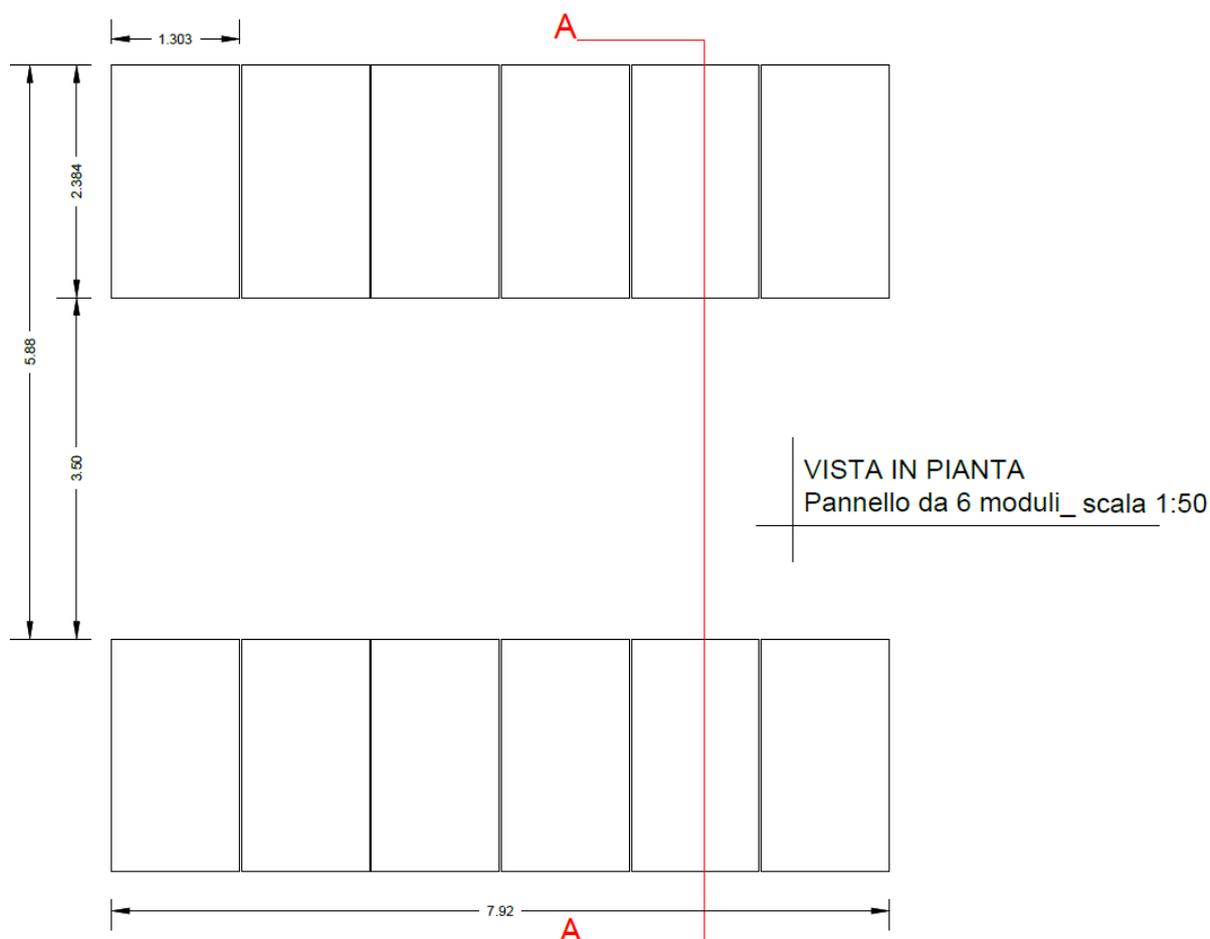


Figura 10 – particolari strutture – vista dall'alto stringa

Il primo obiettivo nella progettazione dell'impianto agrivoltaico è stato quello di creare le condizioni necessarie per non compromettere la continuità dell'attività agricola, mantenendo lo stesso indirizzo produttivo, ovvero la coltivazione di ortaggi, nello specifico carciofo, melone e broccolo, garantendo, al contempo, una sinergica ed efficiente produzione energetica. Pertanto è stata ipotizzata la possibilità di coltivare, l'intera superficie, con le colture che bene si adattano alle caratteristiche pedologiche dell'area in esame, in modo tale da ridurre al minimo indispensabile l'impatto ambientale dell'impianto in questione. Non si può escludere, infine, anche il ricorso al metodo di "produzione biologica", in modo tale da ridurre ulteriormente l'impatto ambientale del parco fotovoltaico.

In sintesi, l'impianto proposto è caratterizzato da:

- superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (S_{pv}), come somma delle superfici individuate dal profilo esterno di massimo ingombro di tutti i moduli fotovoltaici costituenti l'impianto (superficie attiva compresa la cornice): per un'area totale S_{pv} di 8,57 ettari (27.600 moduli aventi ognuno una superficie di 3,106 mq);
- LAOR risultante $8,57/26,34 = 32,53\%$, che è inferiore al limite massimo di LAOR del 40% individuato nelle linee guida;
- superficie agricola complessiva di ha 26,34 interessata dall'impianto integrato con la coltivazione di ortaggi;
- giacitura del terreno pianeggiante del fondo rustico;

- franco di coltivazione mediamente profondo;
- trapianto periodico di colture orticole su una superficie coltivabile di 26,34 ettari;
- vita economica dell'impianto di anni 25;
- gestione dei lavori agricoli con il conduttore dell'azienda agricola.

3.2 RISPONDEZZA AI REQUISITI DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO

La tabella sotto analizza la rispondenza dell'impianto agrivoltaico in esame rispetto ai requisiti delle Linee Guida MiTE.

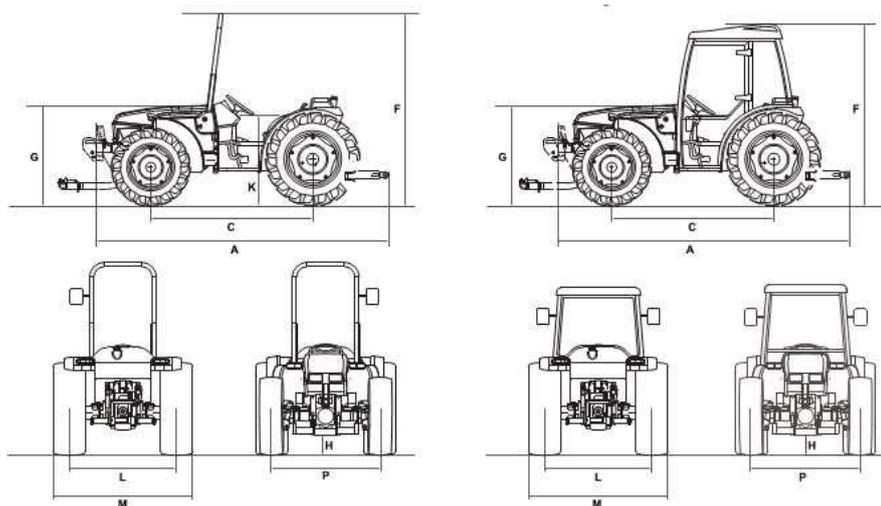
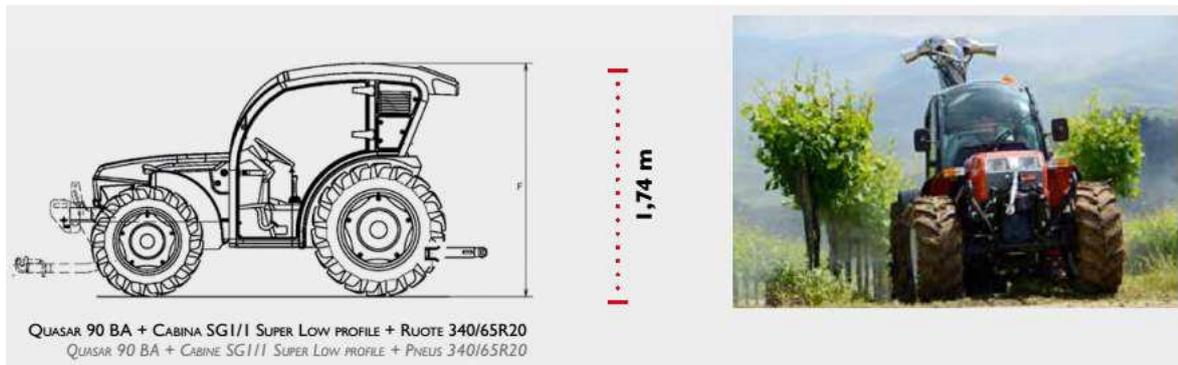
DESCRIZIONE		DATI IMPIANTO			CONTROLLO		
REQUISITO A: Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi;	A.1) Superficie minima coltivata: è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione ($S_{agricola} \geq 0,7 \cdot S_{tot}$)	S_{TOT}	S_{IMP_FV}	$S_{agricola}$	$S_{agricola} / S_{TOT} = 0,91 (> 0,70)$		
		28,78 ha	8,57 ha	26,34 ha			
	A.2) LAOR massimo: è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola (LAOR $\leq 40\%$)	S_{MODUL_FV}	$S_{agricola}$		LAOR = $S_{MODUL_FV} / S_{agricola} = 0,32 (\leq 0,40)$		
		8,57 ha	26,34 ha				
REQUISITO B: Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale;	B.1) la continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento;				<input checked="" type="checkbox"/> Sì	<input type="checkbox"/> No	
	B.2) la producibilità elettrica dell'impianto agrivoltaico, rispetto ad un impianto standard e il mantenimento in efficienza della stessa ($FV_{agri} \geq 0,6 \cdot FV_{standard}$)	FV_{agri}	$FV_{standard}$		$FV_{agri} / FV_{standard} = 0,85 \geq 0,6$		
	1,00 GWh/ha/anno	1,17 GWh/ha/anno					
REQUISITO 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;	Altezza da terra asse orizzontale tracker			TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	
	3,12 m			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
REQUISITO 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;	D.1) il risparmio idrico;			<input checked="" type="checkbox"/> Sì		<input type="checkbox"/> No	
	D.2) la continuità dell'attività agricola, ovvero: l'impatto sulle colture, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture o allevamenti e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate.			<input checked="" type="checkbox"/> Sì		<input type="checkbox"/> No	
REQUISITO E: Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che, oltre a rispettare il requisito D, consenta di verificare il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.	E.1) il recupero della fertilità del suolo;			<input checked="" type="checkbox"/> Sì		<input type="checkbox"/> No	
	E.2) il microclima;			<input checked="" type="checkbox"/> Sì		<input type="checkbox"/> No	
	E.3) la resilienza ai cambiamenti climatici.			<input checked="" type="checkbox"/> Sì		<input type="checkbox"/> No	

Tabella 1- Verifica requisiti dell'impianto agrivoltaico

3.3 MEZZI MECCANICI PREVISTI PER L'ATTIVITÀ AGRICOLA

La gestione agronomica richiede necessariamente l'impiego di una trattrice gommata di dimensioni contenute tipo frutteto, al quale vanno applicati in base alle lavorazioni da effettuare, delle attrezzature come un aratro, uno spandiconcime e altre attrezzature utili per la gestione delle foricole come una fresatrice, un erpice.

Il trattore specifico tipo frutteto, rispetto alla trattrice gommata convenzionale, avrà dimensioni più contenute, in modo da poter manovrare più agilmente fra i tracker, indicativamente indicate nella *Figura 11 - Dimensioni caratteristiche di un trattore tipo frutteto sia con cabina standard che con cabina ribassata*



		Quasar 90	
		versione bassa / version basse	
Dimensioni e Pesì* Poids et Dimensions*	A	Lunghezza/Longueur	3026
	M	Larghezza min-max/Largeur min. et max.	1398-1774
		Altezza al telaio/Hauteur à l'arceau	2217
		Quasar 90 BA + Cabina GL6 Standard + Ruote 320/70R24 Quasar 90 BA + Cabine GL6 Standard + Pneus 320/70R24	2140
	F	Quasar 90 BA + Cabina SG1 Low profile + Ruote 340/65R20 Quasar 90 BA + Cabine SG1 Low profile + Pneus 340/65R20	1800
		Quasar 90 BA + Cabina SG1/1 Super Low profile + Ruote 340/65R20 Quasar 90 BA + Cabine SG1/1 Super Low profile + Pneus 340/65R20	855-1150
	K	Altezza al sedile/Hauteur au siège	1165
	G	Altezza al cofano/Hauteur au coffre	275
	H	Luce libera da terra/Garde au sol	1871
	C	Passo/Empattement	1122-1498
	P	Carreggiata ant min max/Voie avant min. max.	1048-1424
	L	Carreggiata post min max/Voie arrière min. max.	2900
		Raggio minimo di volta con freni/Rayon min. de braquage avec freins	2230
	Peso con telaio di sicurezza/Poids avec arceau de sécurité	Kg 2230	

*I dati sono calcolati con ruote posteriori 320/70R24 e anteriori 280/70R20
* Pneus arrière 320/70R24 et avant 280/70R20

Figura 11 - Dimensioni caratteristiche di un trattore tipo frutteto sia con cabina standard che con cabina ribassata

(Foto: GOLDONI)

I macchinari agricoli verranno dotati di dispositivi per la georeferenziazione della macchina che opera sul campo come i sistemi di guida parallela, integrali (guide automatiche) o assistite (l'operatore mantiene il controllo della macchina, ma un terminale indica in continuo lo scostamento della traiettoria reale da quella ottimale permettendo al conducente di operare i dovuti aggiustamenti). Tali sistemi offrono grandi vantaggi quando le superfici sono elevate potendo effettuare le operazioni colturali come arature, trapianti, semine con estrema precisione e in totale sicurezza pertanto andando ad evitare collisioni con le strutture fotovoltaiche.



Figura 12 – trapiantatrice (foto dal web)



Figura 13 – seminatrice multi-seed (foto Ortomec)

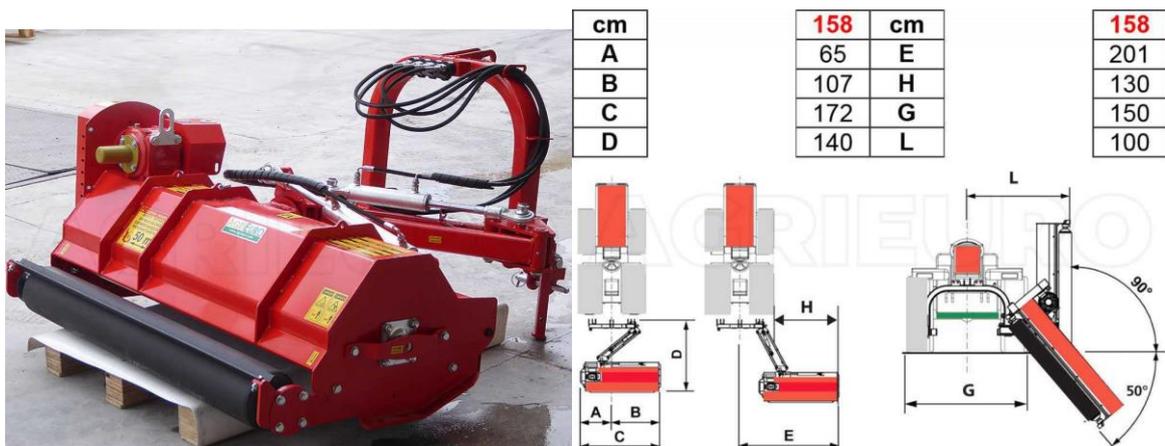


Figura 14 – trincia laterale a braccio (foto dal web)

3.4 APPLICAZIONE DELLE TECNOLOGIE E DELLE TECNICHE DELL'AGRICOLTURA DI PRECISIONE

L'applicazione dell'agricoltura di precisione, dei sistemi meccanici e di automazione della attività agricole si prestano al meglio ad essere utilizzate nei campi agrivoltaici, sia per le geometrie delle aree coltivate (filari di pannelli fotovoltaici) che per le particolari condizioni di luce e di umidità del terreno.

La conformazione dei campi agrivoltaici si presta bene alle applicazioni della guida automatica che consente di coltivare con precisione le varie aree; consente inoltre di garantire un elevato grado di sicurezza rispetto a possibili incidenti che potrebbero arrecare danno alle strutture fotovoltaiche.

Allo stesso modo, l'applicazione dell'agricoltura di precisione consente di correggere tutte le variazioni che possono subire le piante e il terreno in relazione alla variabilità delle luminosità e all'umidità del suolo. A tale

scopo sono utilizzati i sistemi isobus, che permettono una comunicazione standardizzata fra diversi tipi di trattori e macchinari, portando diversi vantaggi, tra cui ad esempio il fatto che non serve più munirsi di un diverso terminale per ogni tipo di macchina, ma è possibile usare un unico terminale universale, collegabile a più macchinari. Ciò significa che è possibile collegare tutte le macchine a un trattore.

Consentono cioè di automatizzare ottimizzando una serie di applicazioni agrarie quali:

- La guida automatica o parallela;
- Irrorazione mirata;
- Concimazione;
- Semina;
- Raccolto;
- Monitoraggio differenziato.

L'applicazione della tecnologia isobus è realizzabile anche con sistemi trasferibili da un mezzo ad un altro e quindi anche con costi moderati.

Questi sistemi consentono di:

- Migliorare e uniformare verso l'alto la qualità dei prodotti coltivati;
- Incrementare l'efficienza del processo produttivo, con maggiori rese per ettaro e una decisa razionalizzazione dei costi;
- Ridurre l'impatto ambientale di concimi e agrofarmaci grazie a un uso mirato di questi prodotti che vanno tutti a bersaglio, annullando gli sprechi;
- Diminuire l'affaticamento dell'operatore agricolo grazie all'automazione delle operazioni e aumentare la sua sicurezza sul lavoro;
- Tracciare tutto il percorso produttivo e documentarlo con report di fine campagna;
- Si partirà con l'individuazione dei parametri prima delle piantumazioni e dell'installazione delle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici.

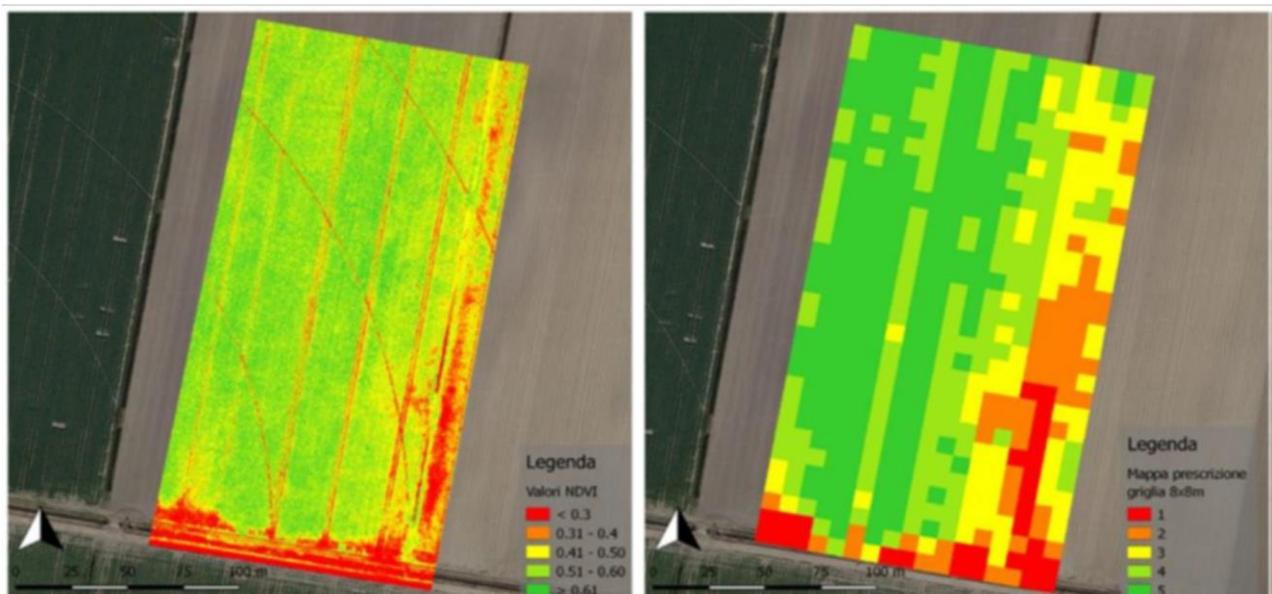


Figura 15 - Mappe di resa

Si procederà, quindi, ad una rilevazione dei dati del terreno con analisi chimico fisiche con registrazione dei punti di prelievo e loro georeferenziazione. Le analisi ripetute in un programma definito. Saranno campionati i seguenti fattori come previsto dalla normativa nazionale sulla caratterizzazione dei terreni.

3.4.1 SISTEMI DI GUIDA PARALLELA O AUTOMATICA

La guida parallela e con maggiore precisione quella automatica permette di limitare a pochi centimetri il sormonto fra passate attigue. Senza tali dispositivi la sovrapposizione è in genere di alcune decine di centimetri nel caso di lavorazioni superficiali del terreno e di metri nella distribuzione di concimi e nell'esecuzione di trattamenti antiparassitari o di diserbo. La sovrapposizione genera un aumento dei tempi di lavoro, un incremento nel consumo di gasolio, uno spreco di prodotto, un conseguente potenziale impatto ambientale. Inoltre, nel caso di diserbi in post-emergenza e di trattamenti antiparassitari nelle zone di sovrapposizione avviene una doppia distribuzione che può generare un danno alla coltura, talvolta poco visibile, ma reale.

Quindi permette una guida che segue una direzione precisa che non consente deviazioni o sbandamenti.

Tali sistemi segnalano quando il veicolo non è in linea per regolare la posizione e seguire il percorso corretto, indipendentemente dal percorso da seguire nel campo o dal tipo di terreno.

Si potrà optare per sistemi fissi o intercambiabili su più mezzi.

3.4.2 IRRORATRICI

Un'irroratrice per trattamenti tecnologicamente aggiornata dispone di sistemi per disattivare progressivamente gli ugelli (di solito per gruppi) e chiudere progressivamente le sezioni della barra distributrice. La georeferenziazione consente di conoscere dove si è irrorato e in presenza del dispositivo che governa l'apertura e chiusura degli ugelli evitare le doppie distribuzioni. Se si possono chiudere le sezioni della barra sarà possibile superare agevolmente eventuali ostacoli sul campo. Anche in questo caso i vantaggi sono l'incremento della produttività del lavoro, il risparmio di prodotto, l'ottima copertura e il minore impatto ambientale.

3.4.3 SISTEMI PER RATEO VARIABILE

Questi sistemi consentono di gestire la variabilità ambientale applicando in modo conseguente gli input chimici, meccanici e biologici. È possibile farlo in tutte le fasi del ciclo colturale:

lavorazioni del terreno, semina, concimazioni, trattamenti di difesa e irrigazione. Le metodologie per affrontare la distribuzione variabile (o rateo variabile) sono fondamentalmente due: quella impostata su mappe e quella che utilizza sensori.

Per tale tecnica si utilizzano dispositivi (sensori) che rilevano in tempo reale i dati reputati interessanti (caratteristiche chimico-fisiche del terreno, stato della coltura ecc.) e da utilizzare come indicatori per gestire lo svolgimento dell'operazione.

Una macchina distributrice di agrochimici a rateo variabile può modificare le quantità distribuite in base alle informazioni raccolte dal sensore fornendo vantaggi in termini di risparmio e miglioramento delle performance produttive. Se tali informazioni sono memorizzate e georeferenziate potranno però essere elaborate in mappe, confrontate con altri rilievi e in tal modo fornire indicazioni per impostare strategie agronomiche più efficaci sulle colture successive. La geo-referenziazione, quindi, offre più ampie possibilità di applicazione.

3.5 INTRODUZIONE ALLA GESTIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO INTEGRATO CON COLTURE ORTICOLE

L'impianto fotovoltaico sarà integrato con la coltivazione di specie orticole tipiche mediterranee: **il conduttore dei terreni si avvarrà di professionalità, maestranze e partner già presenti sul territorio in cui sorgerà il Progetto al fine di espletare tutte le attività necessarie per lo svolgimento dell'attività agro-economica descritta e di massimizzare l'impatto del progetto sul tessuto socio-economico locale.**

L'impianto sarà composto essenzialmente da essenze orticole costituite da melone, carciofo e broccolo in avvicendamento tra loro.



Figura 16 – Esempio di agrivoltaico avanzato con essenze orticole (foto dal web)

Su tutta la superficie libera dalle strutture e negli spazi sottostanti i pannelli fotovoltaici verranno coltivate annualmente in rotazione essenze ortive come il carciofo, il melone e il broccolo.

3.5.1 COLTIVAZIONE DEL CARCIOFO

Il Carciofo è una pianta di origine mediterranea, molto nota fin dall'antichità per i pregi organolettici del capolino (le prime descrizioni risalgono allo storico greco Teofrasto). L'attuale nome volgare in molte lingue del mondo deriva dal neo-latino "artocactus" (in alcuni dialetti settentrionali è chiamato articiocco); il nome italiano "carciofo" e lo spagnolo "alcachofa" derivano dall'arabo "harsciof".

La coltura del carciofo è diffusa in alcuni Paesi del Mediterraneo, in particolare soprattutto Italia, poi Francia e Spagna, mentre è poco conosciuto in molti altri Stati.

La maggior parte della produzione commerciale è destinata al consumo fresco, il resto all'industria conserviera e dei surgelati. La coltura del carciofo è diffusa soprattutto nell'Italia meridionale, dove con il risveglio anticipato della carciofaia in estate è possibile anticipare l'epoca delle raccolte all'inizio dell'autunno.



Figura 17 – Piante di carciofo durante la fase vegetativa (foto dal web)

Il carciofo è una pianta erbacea perenne, con formazione di rizoma, dalle cui gemme si sviluppano i getti detti carducci. Il fusto è eretto, ramificato all'epoca della fioritura, robusto, striato in senso longitudinale, fornito di foglie alterne (grandi, di colore verde più o meno intenso o talvolta grigiastre nella pagina superiore, più chiare e con presenza di peluria in quella inferiore; la spinosità delle foglie è una caratteristica varietale). Il fusto (alto da 50 a 150 cm circa) e le ramificazioni portano in posizione terminale le infiorescenze.

I fiori azzurri ermafroditi tubolosi sono riuniti in una infiorescenza a capolino, detta anche calatide.

Il capolino comprende una parte basale (il ricettacolo carnoso), sul quale sono inseriti i fiori ermafroditi detti "flosculi"; inframmezzati ai fiori sono presenti sul talamo numerose setole bianche e traslucide (il "pappo"). Il complesso di fiori e setole, nei primi stadi di sviluppo, sono volgarmente indicati con il nome di "peluria". Sul ricettacolo si inseriscono le brattee o squame involucri, a disposizione imbricate l'una sull'altra, le più interne tenere e carnose, le più esterne consistenti e fibrose. Il ricettacolo carnoso e le brattee interne costituiscono la porzione edule del carciofo, comunemente detto "cuore".

Il frutto è un achenio allungato e di sezione quadrangolare, di colore grigiastro bruno e screziato, unito al calice trasformato in pappo, per favorire la disseminazione. Il peso di mille acheni può oscillare tra 30 e 70 grammi.

La morfologia florale ed il meccanismo di antesi impediscono normalmente l'autoimpollinazione, per cui la fecondazione avviene per opera degli insetti.



Figura 18 – Capolini (foto dal web)

Esigenze ambientali

Il carciofo richiede un clima mite e sufficientemente umido, per cui il suo ciclo normale è autunno-primaverile nelle condizioni climatiche del bacino mediterraneo; tende alla produzione primaverile-estiva nelle zone più fredde. Il carciofo resiste abbastanza bene fino a temperature di 0°C. Temperature inferiori possono provocare danni più o meno gravi alle infiorescenze ed alle foglie; a temperature inferiori a -10°C possono essere compromesse anche le gemme del fusto rizomatoso.

Il carciofo risente anche della temperatura molto elevata, per cui la fase del riposo vegetativo capita tra la fine della primavera e l'estate.

Ha elevate esigenze idriche, in parte soddisfatte dalla piovosità dell'epoca di coltivazione; nella coltura precoce estiva è necessario intervenire con abbondanti apporti di acqua.

Il carciofo preferisce terreni profondi freschi, di medio impasto e di buona struttura, a reazione intorno alla neutralità, pur adattandosi a terreni di diverse caratteristiche.

Avvicendamento

Il carciofo viene considerato una coltura da rinnovo e si avvale, al momento dell'impianto, di un'aratura profonda. E' una coltura poliennale: la durata di una carciofaia non è definibile a priori; se non intervengono fattori avversi essa può essere anche di 7-10 anni.

E' da considerarsi una coltura da rinnovo, a cui far seguire un cereale o, come nelle zone orticole, altri ortaggi. L'opportunità dell'avvicendamento è consigliabile per evitare gli inconvenienti della coltura ripetuta.

Preparazione del terreno

La preparazione del terreno viene effettuata in epoca diversa, in relazione alla modalità d'impianto della

coltura, per ovuli o per carducci, all'inizio dell'estate o in autunno. Prima dell'impianto è necessaria una lavorazione profonda (40-50 cm), a cui seguono lavorazioni più superficiali con frangizolle ed erpice per preparare un perfetto letto di semina. La concimazione organica deve essere fatta in concomitanza della lavorazione profonda.

Concimazione

L'apporto di fertilizzanti è fondamentale per la produttività della carciofaia: una coltura di carciofo può asportare dal terreno circa 250-300 kg/ha di azoto, 350-400 kg/ha di potassa e 50-100 kg/ha di anidride fosforica. Da ciò deriva la necessità di somministrare i fertilizzanti minerali in dosi elevate.

Generalmente, la concimazione fosfatica e quella potassica sono effettuate all'atto dell'impianto della carciofaia e negli anni successivi, al momento del risveglio. La concimazione azotata, in parte è distribuita insieme agli altri due elementi, in parte frazionata in un paio di volte in copertura durante il periodo di massimo accrescimento della vegetazione.

Il materiale vegetale

Per l'impianto di una carciofaia possono essere utilizzate diverse metodologie:

- Trapianto di piantine da seme (acheni)
- Trapianto di carducci(*) non radicati /radicati
- Trapianto di piantine micropropagate
- Ovuli
- Porzioni di rizoma (desueto)

(*) presenti durante la ripresa vegetativa della pianta, molto poco presenti durante la produzione di capolini

Negli ultimi anni si sta diffondendo la propagazione per achenio (seme del commercio), grazie alla recente introduzione di ibridi F1 con ottime capacità produttive.



Figura 19 – Piantine di carciofo pronte per il trapianto (foto dal web)



Figura 20 – Carducci di carciofo pronti per il trapianto (foto dal web)

Epoca di impianto

Di solito si esegue nel periodo autunno-primaverile per "carducci", utilizzando il materiale proveniente dalla scarducciatura di altre carciofaie. I carducci sono germogli che crescono alla base della pianta e vengono distaccati con una porzione di radice. I carducci per i nuovi impianti devono essere ben sviluppati, con una lunghezza di 20-40 cm e provvisti di 4-5 foglie, la cui parte distale viene tagliata al momento dell'impianto. Nelle zone irrigue meridionali, dove si pratica il risveglio anticipato, è frequente l'impianto per "ovuli" in estate. Gli ovuli sono le gemme di grossezza diversa che si formano alla base del fusto interrato, da cui alla ripresa vegetativa hanno origine i carducci. Gli ovuli si distaccano dalla pianta madre in estate durante la fase di riposo. E' consigliabile sottoporre l'ovulo alla pregermogliazione. Spesso, l'impianto estivo è fatto con ovuli, provenienti da carducci messi a vivaio nell'annata precedente, quindi già ben radicati e formati.

In luglio solitamente si esegue anche il trapianto di piantine ottenute da seme.

Il sesto d'impianto della carciofaia è variabile, sia in relazione alla durata della carciofaia, che allo sviluppo della varietà. La distanza media è di cm 100 x 100 o cm 120 x 120, in modo da ottenere un numero di piante all'ettaro intorno a 7-10 mila. Oggi si tende ad allargare la distanza tra le file (170-200 cm) e a diminuirla sulla fila (60-80 cm).

Densità di piantagione

Il sesto d'impianto della carciofaia è variabile, sia in relazione alla durata della carciofaia, che allo sviluppo della varietà. La distanza media è di cm 100 x 100 o cm 120 x 120, in modo da ottenere un numero di piante all'ettaro intorno a 7-10 mila. Oggi si tende ad allargare la distanza tra le file (170-200 cm) e a diminuirla sulla fila (60-80 cm).

Tecnica colturale

Nei primi stadi della ripresa vegetativa si eseguono diverse lavorazioni al terreno o per il controllo delle infestanti o per l'interramento dei fertilizzanti in modo da permettere un rapido accrescimento delle piante.

Queste emettono un certo numero di carducci in buona parte da eliminare. La scarducciatura sarà più o meno intensa a secondo della varietà, della fertilità del terreno e della densità delle piante. A seconda delle condizioni colturali, vengono lasciati uno o due o tre carducci per pianta.

Il controllo delle infestanti è di fondamentale importanza. Tra le infestanti della carciofaia c'è una lunga serie di malerbe annuali, biennali e perenni. Tra queste un ruolo di rilievo spetta alle graminacee e all'acetosella (*Oxalis* spp.). Quest'ultima infestante ha un ciclo autunno-primaverile coincidente con quello della coltura ed ha una notevole capacità di diffusione, essendo fornita di organi di moltiplicazione sotterranea (bulbilli) che vengono diffusi dagli organi rotanti delle macchine durante le lavorazioni. Prima dell'impianto si può intervenire con prodotti ad azione fogliare come glufosinate ammonio o glyphosate, in presenza di malerbe già note, aggiungendo un prodotto residuale quale il trifluralin, seguito da un leggero interrimento, o pendimethalin, distribuito in superficie. Successivamente gli interventi vanno effettuati in pre-emergenza delle infestanti.

L'andamento climatico condiziona notevolmente il ciclo e la tecnica di coltivazione. Dall'analisi delle serie storiche dei dati termometrici relativi al Brindisino, è stato calcolato che la frequenza di giorni con temperature minime al di sotto di 0 °C (rischio di gelata) è inferiore a 3 anni su 100 nel periodo agosto-dicembre. Nel periodo successivo la probabilità di gelate aumenta leggermente raggiungendo il massimo, circa il 4%, intorno alla prima decade di febbraio. Pertanto in Puglia il ciclo di coltivazione ha inizio generalmente in concomitanza dei temporali di fine estate ma, in caso di ritardo delle piogge, si interviene con una o due adacquate a partire dalla fine di agosto. La raccolta inizia a metà novembre e prosegue durante tutto l'inverno; raramente, come si è detto, le gelate sono di intensità tale da interrompere il ciclo produttivo delle piante. Più spesso provocano danni sulle brattee esterne dei capolini che risultano commercialmente deprezzati; in primavera la produzione si concentra nel periodo marzo-aprile e prosegue a volte fino all'inizio di giugno con la produzione di capolini da destinare all'industria di trasformazione.

Irrigazione

E' uno degli interventi colturali più importanti ai fini dell'anticipo di produzione del carciofo. In relazione all'epoca del risveglio estivo e dell'andamento climatico, i fabbisogni idrici possono essere più o meno elevati, per cui dove la disponibilità idrica è carente, l'irrigazione viene ritardata verso la seconda metà del mese di agosto.

Frequenti irrigazioni, con un turno medio di 8-10 giorni sono necessari nel periodo estivo e, in qualche caso, alcuni interventi in autunno, qualora l'andamento climatico decorra siccitoso. L'irrigazione a goccia con ala gocciolante poggiata in superficie è una delle applicazioni storicamente più utilizzate. La disposizione dell'impianto è molto semplice: l'ala gocciolante è stesa a lato della fila di ovoli o carducci messi a dimora, il passo (distanza tra i gocciolatori) e le portate (erogazione espressa in litri per ora) sono legate al sesto d'impianto ma soprattutto alle caratteristiche del terreno. Normalmente il passo è 40 cm per 1,6 litri/ora di portata.

Cure colturali

- ***Lavorazioni del terreno***

Durante l'intero ciclo colturale del carciofo, le lavorazioni del terreno consistono in sarchiature a mano sulla fila ed in interventi meccanici tra le file (erpature, vangature e fresature). Gli inconvenienti relativi all'uso frequente della fresa sono: diffusione di specie infestanti perenni a propagazione vegetativa, formazione di una suola di lavorazione compatta e poco permeabile e danneggiamento della struttura del terreno.

- **Sfalcio della vegetazione**

Al termine di ciascuna stagione vegetativa, la fronda delle piante, deve essere tagliata raso terra ed allontanata dal campo. In tal modo si riduce la propagazione delle malattie fungine, parassitarie di origine animale, inoltre si determina la morte di numerosi semi di erbe infestanti.

L'opportunità di lasciare la vegetazione sul terreno deve essere attentamente valutata per il notevole aumento del potenziale di inoculo delle malattie; per contro un vantaggio di questa pratica è il ritorno di sostanza organica nel terreno.

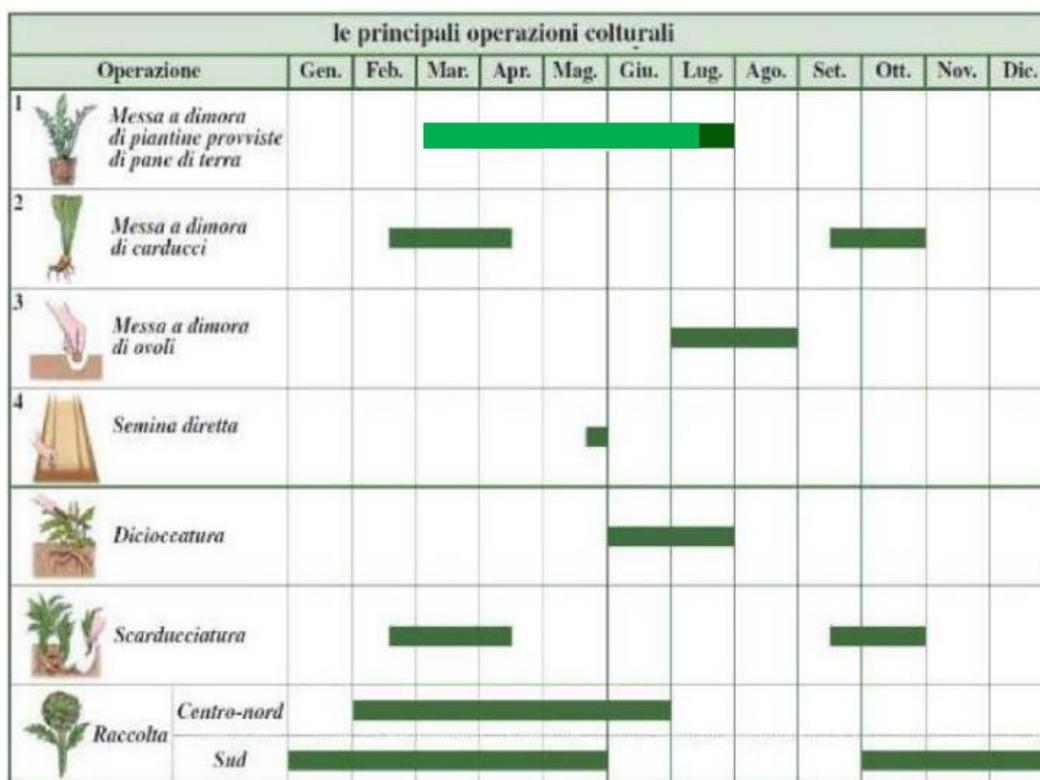


Figura 21 – Principali operazioni colturali

Controllo delle infestanti

Nelle carciofaie è opportuno eliminare le piante infestanti tramite periodiche sarchiature tra le file, mentre sulla fila di solito non si interviene anche perché il naturale sviluppo delle piante di carciofo riesce a contrastare abbastanza bene la crescita delle erbe infestanti. Per non arrecare danni alla ceppaia ed alle radici le sarchiature devono essere superficiali.

Controllo di patogeni e parassiti

Il carciofo pur essendo una pianta rustica è soggetta ad alcune avversità.

Tra le fitopatie l'atrofia del capolino riveste un ruolo importante, ma solo per le varietà tardive. La malformazione si presenta con capolini di dimensioni ridottissime o con capolini normali con brattee non completamente sviluppate e con margine superiore imbrunito. Diversi fattori concorrono al manifestarsi di questa fisiopatia: temperature superiori di 25° C nella fase di transizione dell'apice caulinare da vegetativo a riproduttivo, condizioni idriche, contenuto di sali solubili nel terreno ecc.

Dei danni da gelo abbiamo già accennato.

Il carciofo è una tra le specie sensibili ai diserbanti di tipo ormonico (2,4 D).

Il carciofo è dotato di ampia espansione fogliare e di fusti e gemme molto carnose, per cui è particolarmente soggetto agli attacchi di parassiti animali. Il più temuto parassita del carciofo è l'arvicola (topo campagnolo) la cui enorme diffusione limita fortemente la durata degli impianti.

Tra gli insetti che danneggiano i capolini, due specie di lepidotteri sono degne di particolare attenzione: la nottua del carciofo (*Gortynaxanthenes* Germ.) e la depressaria (*Depressariaerinaceella* Stg.).

Altri fitofagi ricorrenti sono gli afidi (*Brachycauduscardui*, *Aphisfabae*, *Myzuspersicae* ecc.) e la cassida (*Cassida deflorata* Suffr.).

Tra le malattie crittogamiche quella che interessa maggiormente il carciofo è rappresentata dai marciumi del colletto (*Sclerotinia* spp., *Rhizoctonia* spp.), presenti soprattutto nei terreni mal drenati.

L'oidio (*Leveillulataurica*) e la peronospora (*Bremialactucae*) non sono molto diffuse e generalmente non creano problemi fitosanitari.

Operazioni di raccolta, produzioni

La raccolta dei capolini è scalare, ha inizio verso la prima decade di ottobre per la coltura precoce e termina in giugno con quella più tardiva. In relazione al tipo di coltura ed alla varietà, il numero delle raccolte può variare da un minimo di 3-4 ad un massimo di 15-20, tendendo presente che la lunghezza del ciclo produttivo può variare da un minimo di 20 giorni ad un massimo di 180-220 giorni. Il numero dei capolini per pianta oscilla da 4-5 a 14-15.

Nel complesso una carciofaia produce 50-100 mila capolini ad ettaro, pari ad una produzione in peso di 60-120 quintali ad ettaro. La raccolta è effettuata a mano con taglio dei capolini con stelo lungo ed alcune foglie. Per agevolare il trasporto della produzione fuori del campo si utilizzano rimorchi o carri-raccolta trainati, forniti di ali laterali.

La valutazione qualitativa dei capolini viene effettuata in base alla pezzatura, alla compattezza ed alle caratteristiche di freschezza e sanità. per il mercato fresco, molta importanza riveste la precocità di maturazione. Oltre al consumo fresco, il carciofo viene utilizzato dall'industria conserviera sia per la produzione di "carciofi al naturale", di "carciofini sott'olio" e di "carciofi surgelati".

E' un ortaggio dal buon valore alimentare ed adatto ad essere preparato in una infinità di modi culinari. Abbastanza ricco di ferro.

Il carciofo è ricco non solo di fibra, vitamine, sali minerali ed aminoacidi, ma anche di sostanze fenoliche che presentano proprietà benefiche per l'organismo. Ha inoltre una forte capacità antiossidante.

Per uso alimentare vengono utilizzati anche i teneri carducci, i quali quando vengono sottoposti alla pratica della imbiancatura vanno sotto il nome di "gobbi".

Notevole è il sottoprodotto di foglie della carciofaia, che costituisce un ottimo alimento fresco per gli animali. Anche i residui della lavorazione industriale dei capolini hanno un impiego zootecnico, o vengono essiccate per preparare una farina di carciofo.

Le proprietà medicinali del carciofo ed il sapore amaricante degli estratti ne fanno una pianta di largo consumo nell'industria liquoristica e medicinale. In genere, per uso industriale, si utilizzano le piante a fine ciclo di produzione, in fase di essiccamento naturale.



Figura 22 – Operazioni di raccolta con macchina semovente (foto dal web)

Scelta varietale Violetto di Provenza

Le cultivar maggiormente presenti in Puglia sono il Catanese e il Violetto di Provenza, quest'ultimo introdotto nel secondo dopoguerra nel Salento, si è diffuso invece con molto successo negli ultimi anni nella provincia di Foggia, sostituendo progressivamente le popolazioni locali e assumendo comunemente il nome di Francesino. Questa cultivar è molto produttiva e con la tecnica della forzatura gli agricoltori riescono ad anticipare la produzione dei capolini già in settembre, con notevoli benefici economici vista la scarsa presenza in quel periodo di produzioni provenienti da altre regioni. Il Violetto di Provenza risulta, rispetto al Catanese, più precoce e più produttivo; i capolini presentano una colorazione violetta più intensa, maggior peso specifico, forma conica durante la produzione autunnale e tendente all'ovoidale in primavera.



Figura 23 - Capolino della cultivar Violetto di Provenza

3.5.2 COLTIVAZIONE DEL MELONE GIALLO

Le origini del melone gialletto sono ancora misteriose: alcuni ritengono provenga dall’Africa, altri dall’Asia. Il suo arrivo in Italia è dato nel primo secolo d.C. Durante l’Impero Romano, il melone, utilizzato nelle insalate, conobbe una diffusione tale che l’Imperatore Diocleziano emise un editto per tassare gli esemplari dal peso maggiore ai 200 grammi.



Figura 24 – Melone giallo in pieno campo

Caratteri botanici

Il melone è una Cucurbitacea annuale costituita da un fusto principale strisciante, che si ramifica e, grazie ai viticci, può diventare rampicante, se fornito di sostegni.

Le foglie sono arrotondate, reniformi o divise in lobi, ruvide al tatto. Le radici sono molto sviluppate in superficie, ma scendono molto anche in profondità.

La pianta di melone è di norma monoica: prima si sviluppano fiori maschili, poi i fiori femminili; però non sono rari i tipi andromonoici con fiori maschili e fiori ermafroditi. Il frutto è un peponide di notevoli dimensioni e peso (1-4 Kg) costituito da un epicarpo (“buccia”) saldato a un mesocarpo carnoso che costituisce la parte edule, al cui interno si forma una cavità riempita da un massa spugnosa e flaccida nella quale sono inseriti numerosi semi. Questi sono allungati, appuntiti a un’estremità, bianchi, di peso variabile da 20 a 70 mg.

Le esigenze ambientali del melone sono elevate: esige alte temperature, teme l’eccessiva umidità, vuole terreno profondo e perfettamente drenato.

Varietà

In base alle caratteristiche del frutto si distinguono 3 gruppi varietali di melone: cantalupi, retati e da inverno.

- Meloni cantalupi: i frutti sono globosi, a buccia liscia o leggermente verrucosa, di colore verde-grigio, con solchi ben marcati; la polpa ha colore aranciato o salmone ed è molto profumato; questi meloni sono precoci, di media pezzatura (peso da 0,6 a 1,5 Kg), poco serbevoli.
- Meloni retati: i frutti sono ovali o tondeggianti, con buccia fittamente reticolata per formazioni tuberose peridermiche; la costolatura spesso manca o è poco marcata; la polpa è di colore verde-giallo o arancione, molto profumata; il peso dei frutti oscilla da 1 a 2,5 Kg, la serbevolezza è scarsa. Siccome molte varietà di questo tipo provengono dagli U.S.A., questi meloni sono anche noti come meloni americani.
- Meloni da inverno: hanno frutti di medie e grandi dimensioni (peso da 1,5 a 4 Kg) apprezzati per la possibilità di essere conservati per molti mesi (fino all'inverno): i frutti sono lisci e senza costole, di colore giallo o verde scuro, con polpa bianca, verde chiaro o gialla, dolce ma poco profumata. Questi meloni sono coltivati principalmente nelle regioni meridionali dove l'ambiente caldo e secco favorisce la dolcezza e la serbevolezza dei frutti.

Molte sono le popolazioni locali di melone che però tendono ad essere soppiantate dagli ibridi F1 più uniformi e rispondenti per qualità e per resistenza a certe avversità (Fusarium, peronospora ecc.).

Tecnica colturale

Per quanto riguarda l'avvicendamento la coltura del melone non può tornare su un terreno prima che siano passati diversi anni: ciò per contenere su livelli tollerabili gli attacchi delle crittogame e dei parassiti terricoli (fusariosi, verticillosi, nematodi).

La semina si fa in primavera avanzata (aprile-maggio), quando la temperatura ha raggiunto i 14-15 °C. La fittezza da dare alla coltura del melone è di 0,4-0,5 piante a m² e si realizza generalmente con file distanti 2-2,5 m e pianta a 0,8-1 m sulla fila. Nella coltura in serra la fittezza è superiore (1,5-2 piante a m²) perché le piante non vengono lasciate strisciare a terra, ma sono allevate in verticale mediante fili o reti in modo da sfruttare meglio il prezioso spazio della serra.

La semina in campo in piena aria è il sistema più diffuso, ma non trascurabile importanza ha la coltura del melone pacciamata e semi-forzata (oltre a quella in serra che esula da questa trattazione): la prima si realizza con la pacciamatura di film plastico steso a terra, la seconda si realizza con la pacciamatura e con piccoli tunnel che ricoprono ogni fila di piante; l'obiettivo è di poter anticipare l'impianto (di 20-30 giorni) e la maturazione dei frutti (di 10-20 giorni). Questi sistemi di forzatura, che stanno avendo successo nel Centro-Nord, prevedono che l'impianto sia fatto, anziché con la semina, con piantine allevate in fitocelle e trapiantate attraverso i fori aperti sul film plastico della pacciamatura. In questi sistemi intensivi di coltivazione del melone, se il terreno è ad alto rischio di fusariosi e verticillosi, notevole diffusione ha l'impiego di piantine innestate su varietà resistenti.

La concimazione del melone richiede l'apporto di 60-100 Kg/ha di P₂O₅, 150-200 Kg/ha di K₂O e 120-180 Kg/ha d'azoto; i concimi fosfatici e potassici vanno dati al momento della preparazione del terreno, dovendo essere interrati; quelli azotati (nitrato ammonico o urea) parte all'impianto, parte in copertura.

Il controllo delle erbe infestanti si fa con sarchiature finché lo sviluppo della coltura lo consente; la sarchiatura deve essere piuttosto superficiale per evitare di danneggiare le radici che sono particolarmente sviluppate nei primi strati di terreno. Il diserbo è possibile con certi prodotti idonei al trattamento di pre-emergenza o post-emergenza (pre-trapianto o post-trapianto).

Anche se in certe aree meridionali il melone da inverno è tradizionalmente coltivato in asciutto, di norma al

melone da pronto consumo viene praticata l'irrigazione: a pioggia, a solchi, a goccia o con manichette forate disposte sotto la pacciamatura.

Un intervento sulla pianta finora considerato necessario è la cimatura con cui lo stelo principale prima e gli steli secondari poi vengono spuntati opportunamente, lasciando 2-4 foglie; in questo modo si favorisce e si anticipa l'emissione dei fiori femminili; oggi è oggetto di dibattito se questa pratica sia realmente vantaggiosa alla produzione.

La difesa del melone prevede ordinariamente trattamenti contro le svariate avversità che lo insidiano.

Raccolta e produzione

La raccolta inizia indicativamente 90-110 giorni dopo la semina e prosegue scalarmene per 15-30 giorni. I meloni vanno raccolti ad uno stadio di sviluppo ben preciso perché un ritardo compromette la serbevolezza, un anticipo compromette la qualità (almeno 10% di contenuto zuccherino). Segni visibili della maturazione sono il distacco del peduncolo dal frutto (in certe varietà retate), la comparsa di screpolature concentriche intorno al peduncolo, la scomparsa della peluria dal peduncolo, ecc.

Le produzioni di frutti commerciabili sono di 20-35 t/ha in piena aria, di 30-40 t/ha in quelle semi-forzata; ai fini del ricavo, oltre alla quantità, grande importanza ha la precocità.

I frutti raccolti nelle ore calde dovrebbero essere prerrefrigerati con acqua fredda; per i cantalupi e i retati la conservazione non ha senso perché il loro destino è il consumo immediato, comunque potrebbero essere conservati per 10-15 giorni a 2-5 °C con umidità relativa del 90-95%; i meloni da inverno si conservano fino a 5 mesi a 7-10 °C e con 85-90% d'umidità relativa.

Avversità e parassiti

I più temibili e frequenti parassiti che possono aggredire il melone sono:

Mal bianco (*Erisiphe cichoracearum*). Forma sulle foglie macchie farinose con conseguente ingiallimento e necrosi. Trattamenti ripetuti sono necessarie.

Peronospora (*Pseudoperonospora cubensis*). Forma sulle foglie macchie che all'inizio sono traslucide (macchi d'olio), poi diventano giallo-brunastre, con muffa grigio-violacea sulla pagina inferiore; il fogliame così attaccato si dissecca completamente in pochi giorni. Adottare rotazioni adeguatamente lunghe, irrigare a goccia sì da non bagnare il fogliame, fare trattamenti preventivi ripetuti sono i mezzi per prevenire e controllare questa temibile malattia.

Tracheofusariosi (*Fusarium oxysporum*). Provoca l'ingiallimento e l'avvizzimento di tutta la pianta, seguiti da gommosi alla base del fusto e spaccature longitudinali. Bisogna evitare per 10 anni di coltivare su terreno infetto; utilizzare piantine innestate su Benincasa cerifera (cucurbitacea affine, resistente).

Afide delle cucurbitacee (*Aphis gossypii*). Afide di colore dal giallastro al verde scuro che colonizza le cucurbitacee sulle quali provoca ingiallimento e deperimento di foglie, fiori e frutti; è pericoloso vettore del virus del mosaico del cetriolo. Bisogna intervenire con aficidi specifici alla prima comparsa.

Scelta varietale Giallo Brindisino

Il melone giallo di Brindisi è tra le cultivar maggiormente coltivate in Puglia, può raggiungere anche i 4 kg di peso. È facilmente riconoscibile, oltre che per la sua dimensione, anche per la sua buccia di colore giallo intenso. Il frutto è di dimensioni voluminose e presenta una buccia grinzosa interamente gialla. La forma è allungata alle due estremità, la polpa invece è molto chiara, bianca con impercettibili venature gialle. La consistenza della polpa è molto morbida. Il suo profumo si sprigiona al taglio. Eccezionale sapore, dolce e

dissetante.

3.5.3 COLTIVAZIONE DEL CAVOLO BROCCOLO

Cavolo broccolo (*Brassica oleracea* L. conv. *botrytis* (L.) Alef. var. *cymosa* Duch.): differisce di poco dal cavolfiore: l'infiorescenza è talora compatta, globosa o a pigna, biancastra o verdastra o violacea o rossastra, e talora è aperta o formata da fasci di germogli di varia lunghezza. Le foglie, inoltre, sono meno ampie, più ondulate, diritte e numerose che nel cavolfiore.

Il broccolo comprende molte varietà locali alcune delle quali precoci, come Ramoso verde calabrese, Bianco precoce, Broccolo di Verona, Primaticcio di Albano, e altre tardive, come il Pugliese, Tardivo di Albano, Nero di Napoli, ecc. Esistono anche ibridi F1. Il broccolo viene coltivato come il cavolfiore.

Caratteri botanici

Il Cavolo broccolo, pianta erbacea biennale, presenta una radice fittonante non molto profonda. Sul fusto eretto (lungo da 15 a 50 cm) sono inserite alcune decine di foglie costolute, di cui quelle più esterne sono più grandi, di colore verde più o meno intenso a volte tendente al grigio, pruinose, mentre quelle interne sono di colore giallognolo o verde chiaro e spesso ricoprono completamente la parte edule.

La parte edule viene chiamata dai vari studiosi corimbo, pomo, cespo, capolino, fiore, pane, palla, testa, infiorescenza, falsa infiorescenza, gemma apicale ipertrofizzata o sferoide compatto. Il corimbo è il risultato della ripetuta ramificazione della porzione terminale dell'asse principale della pianta. Il corimbo può assumere forme molto diverse. La superficie superiore convessa del corimbo è formata da un elevatissimo numero di meristemi apicali.

L'infiorescenza vera e propria è a racemo e proviene dall'allungamento dei peduncoli carnosì del corimbo. Tali peduncoli allungandosi si ramificano più volte. I fiori delle prime ramificazioni abortiscono e sono fertili solo quelli della ramificazione del quarto-ottavo ordine in poi. I fiori sono di colore giallo e tipici delle crucifere. La fecondazione eterogama è quella prevalente. I frutti sono siliquie, di forma e lunghezza diverse; possono contenere fino a oltre 25 semi, tondi, di diametro variabile da 1 a 2,5 mm., rossiccio-bruni o bluastri quasi lucenti.

Esigenze ambientali

Fornisce le migliori produzioni in zone a clima fresco e umido. Il fattore climatico più importante è la temperatura, sia durante la fase di transizione da vegetativa a riproduttiva che prima e dopo di essa. Per le cultivar precoci la temperatura ottimale per la formazione dei corimbi è di circa 17°C. Con temperature superiori a 20°C il passaggio alla fase riproduttiva è ritardato e la qualità dei corimbi diviene scadente. Anche le basse temperature possono danneggiare la pianta in coincidenza dei vari stadi in cui si trova. Se la pianta ha formato 6-8 foglioline e viene sottoposta a temperatura bassa si possono avere piante "cieche", cioè senza infiorescenza. Il gelo provoca la lessatura dei grumi che formano la parte edule.

Richiede terreni di medio impasto e un elevato livello idrico dello strato interessato dalle radici. L'evapotraspirazione è elevata anche per la notevole superficie traspirante dell'apparato fogliare.

La coltivazione si effettua in diversi periodi dell'anno, a seconda della località e delle cultivar impiegate.



Figura 25 - Infiorescenza di Cavolo broccolo

Varietà

Le cultivar si distinguono in base alla necessità o meno di freddo per la formazione del corimbo. Ci sono infatti cultivar che non richiedono il freddo per la formazione della parte edule, ma questo è necessario però per formare l'infiorescenza vera e propria, mentre altre (le tardive, che si comportano da piante tipicamente biennali) richiedono il freddo sia per la formazione della parte edule che per l'infiorescenza.

In commercio sono disponibili varietà ottenute da vecchie popolazioni locali, altre per libera impollinazione (comunemente dette varietà standard) e ibridi F1. Gli ibridi presentano una maggiore potenzialità produttiva sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo, una maggiore uniformità morfo-biologica, una maggiore resistenza alle malattie, ma, ovviamente, presentano dei costi della semente più elevati. Tranne casi limitati e particolari, la semente ibrida è quella impiegata e consigliata.

Tecnica colturale

E' considerata una coltura da rinnovo (intercalare) e può seguire il grano o gli ortaggi come la fava, il pisello, la carota e la patata. Può anche essere intercalato tra grano e pomodoro, utilizzando cultivar a ciclo breve.

E' da evitare la monosuccessione, specie se non vengono eliminati i residui della vegetazione, in particolare se colpita da malattie. Anche se la semina diretta fornisce ottimi risultati, oggi, in particolare con l'impiego di ibridi, vengono utilizzate piantine allevate in vivaio in appositi contenitori, successivamente trapiantate (da luglio a tutto settembre). La vernalizzazione delle piantine (15-20 giorni a 2°C) sembra favorire la concentrazione del periodo di raccolta.

In funzione delle dimensioni delle piante si hanno diverse fittezze d'impianto. Le varietà tardive sono più grandi di quelle precoci, per cui le distanze d'impianto variano da 60 a 100 cm tra le file e 40-70 cm lungo le

file, con una densità di piantine variabile dalle 15.000 alle 30.000 ad ettaro.

Per la produzione di 10 tonnellate di corimbi le piante asportano circa 130 kg di azoto, 40 di fosforo, 140 di potassio e 50 di CaO e 7 di Mg. I concimi azotati vengono somministrati 2-3 volte: al trapianto o alla semina, circa 20 giorni dopo il trapianto o al momento del diradamento e circa un mese dopo quest'ultimo se si tratta di cultivar precoci o più tardi se tardive. Le malerbe maggiormente presenti nei mesi estivi sono *Portulaca oleracea*, *Amaranthus* spp., *Chenopodium* spp., *Setaria viridis*, *Solanum nigrum*, *Echinochloa crus-galli*; successivamente compaiono *Veronica* spp., *Stellaria media*, *Matricaria camomilla*, *Fumaria officinalis*, *Papaver roeas*. La lotta alle malerbe si può effettuare nel primo periodo del ciclo con mezzi meccanici. Necessita di una costante disponibilità di acqua; quindi, in colture estivo-autunnali, abbisogna di irrigazione.

Raccolta e produzione

La raccolta è scalare per tutte le cultivar classiche italiane e la presenza sul mercato va da ottobre a maggio. I corimbi si raccolgono quando sono compatti e comunque prima che i singoli fioretti o cimette che compongono il corimbo inizino a discostarsi. Poiché la maturazione non avviene contemporaneamente, sono necessarie 3-6 raccolte. Le dimensioni e il peso dei corimbi variano notevolmente a seconda della cultivar: in alcune cultivar vecchie superano i 30 cm di diametro e i 3-5 kg di peso; in quelle normalmente impiegate oggi i corimbi defogliati non superano generalmente 1,5 kg. Il taglio dei corimbi può essere fatto con o senza foglie. Dopo il taglio deve essere evitata l'esposizione ai raggi del sole per evitare la comparsa di colori indesiderati. In genere la raccolta viene fatta oggi con l'ausilio di macchine agevolatrici.

La produzione ad ettaro di corimbi defogliati dipende dalle dimensioni di questi ultimi e può variare da 100 a oltre 400 quintali.

Per la commercializzazione il cavolo broccolo è preparato in quattro diverse maniere:

- affogliato: sono eliminate solo le foglie grandi più esterne, mentre le altre sono lasciate a protezione del corimbo e appena spuntate nella parte terminale;
- coronato: sono eliminate solo le foglie grandi più esterne, mentre le altre sono tagliate al massimo circa 3 cm al di sopra della testa;
- defogliato: sono eliminate tutte le foglie ad eccezione di quelle più interne, giovani, tenere, avvolgenti e coprenti il corimbo, è la presentazione più frequente per le centrali ortofrutticole;
- nudo: tutte le foglie sono eliminate ed il corimbo è avvolto da un film plastico microperforato; è la forma più diffusa per l'esportazione.

Il broccolo è un prodotto facilmente deperibile a causa della più o meno intensa attività respiratoria che provoca un rapido appassimento del prodotto.

Avversità e parassiti

Tra i parassiti che colpiscono il cavolo broccolo ricordiamo:

Crittogame:

- Alternariosi (*Alternaria brassicae*);
- Ernia delle crucifere (*Plasmodiophora brassicae*);
- Marciumi basali (*Sclerotinia* spp., *Rhizoctonia solani*, *Phoma lingam*);
- Micosferella del cavolo (*Mycosphaerella brassicicola*);
- Ruggine bianca (*Albugo candida*);
- Peronospora (*Peronospora brassicae*, *Peronospora parassitica*);

Batteriosi:

- (Xanthomonas campestris, Erwinia carotovora);

Insetti:

- Afidi (Myzus persicae) (Brevicoryne brassicae);
- Nottue, Cavolaie (Mamestra brassicae, Mamestra oleracea, Pieris brassicae);
- Elateridi (Agriotes spp.);
- Altica (Phyllotreta spp.);
- Punteruoli (Baris spp., Ceuthorrhyncus spp.);
- Mosca del cavolo (Delia radicum).

Inoltre vengono segnalati danni da nematodi, chioccioline e roditori.

La coltivazione di ortaggi comporta l'utilizzo di prodotti fitosanitari, sia con metodi di coltivazione convenzionali e sia in biologico per il controllo dei patogeni. L'irrorazione di questi prodotti fitosanitari, disciolti opportunamente in acqua, avviene attraverso mezzi meccanici come pompe irroratrici o atomizzatori nebulizzandoli sulle colture e, inevitabilmente anche sui pannelli fotovoltaici, andando a creare una sottile pellicola che potrebbe schermare i pannelli stessi, pertanto sarà necessario incrementare il numero di lavaggi dell'impianto.

4. OBIETTIVI PERSEGUITI

L'obiettivo dell'iniziativa imprenditoriale è quello di perseguire una redditività accettabile dal settore agricolo del suo investimento.

Dall'analisi finanziaria del modello integrato di progetto si evince chiaramente la sua redditività, così come illustrato dal conto economico.

4.1 ANALISI FINANZIARIA PER ETTARO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO INTEGRATO CON COLTURE ORTICOLE

Dati impianto colture ortive (carciofo)	Valori
Scelta essenze ortive	Violetto di Provenza
Durata economica	25 anni
Fase di piena produzione (anni)	1-25
Costi annuali di gestione impianto carciofo (1 ha)	
Lavori di preparazione terreno:	
- Aratura superficiale con polivomere € 140/ha	€ 140,00
- Concimazione di fondo € 35/ha	€ 35,00
Costo concime e antiparassitari € 150/ha	€ 150,00
Acquisto piantine € 0,70 x 6.000 piantine/ha	€ 4.200,00
Trapianto € 150/ha	€ 150,00
Lavori di raccolta e altre operazioni colturali € 3.000/ha	€ 3.000,00
Totale costi annuali di gestione impianto	€ 7.675,00
Produzione annuale (kg)	
Produzione media capolini/ha	60.000

Tabella 2 - analisi finanziaria per ettaro di un impianto fotovoltaico integrato con carciofo

Dati impianto colture ortive (melone giallo)	Valori
Scelta essenze ortive	Giallo Brindisino
Durata economica	25 anni
Fase di piena produzione (anni)	1-25
Costi annuali di gestione impianto melone giallo (1 ha)	
Lavori di preparazione terreno:	
- Aratura superficiale con polivomere € 140/ha	€ 140,00
- Concimazione di fondo € 35/ha	€ 35,00
Costo concime e antiparassitari € 150/ha	€ 150,00
Acquisto piantine € 0,05 x 10.000 piantine/ha	€ 500,00
Trapianto € 150/ha	€ 150,00
Lavori di raccolta e altre operazioni colturali € 3.000/ha	€ 3.000,00
Totale costi annuali di gestione impianto	€ 3.975,00
Produzione annuale (kg)	
Produzione media kg/ha	70.000

Tabella 3 - analisi finanziaria per ettaro di un impianto fotovoltaico integrato con melone giallo

Dati impianto colture ortive (broccolo)	Valori
Scelta essenze ortive	Giallo Brindisino
Durata economica	25 anni
Fase di piena produzione (anni)	1-25
Costi annuali di gestione impianto broccolo (1 ha)	
Lavori di preparazione terreno:	
- Aratura superficiale con polivomere € 140/ha	€ 140,00
- Concimazione di fondo € 35/ha	€ 35,00
Costo concime e antiparassitari € 150/ha	€ 150,00
Acquisto piantine € 0,04 x 33.000 piantine/ha	€ 1.320,00
Trapianto € 150/ha	€ 150,00
Lavori di raccolta e altre operazioni colturali € 3.000/ha	€ 3.000,00
Totale costi annuali di gestione impianto	€ 4.795,00
Produzione annuale (kg)	
Produzione media kg/ha	25.000

Tabella 4 - analisi finanziaria per ettaro di un impianto fotovoltaico integrato con broccolo

4.2 ANALISI DEI FLUSSI DI CASSA (VALORE DI MERCATO) IN EURO PER 1 ETTARO DI SUPERFICIE COLTIVATA CON ORTICOLE

Analisi dei flussi di cassa/ha (vendita carciofi-capolini) – in Euro - considerando il prezzo medio di vendita a 0,30 €/pezzo																										
ANNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
COSTI	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €	7.675 €
RICAVI	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €	18.000 €
CASH FLOW	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €	10.325 €
Reddito totale					258.125,00 €																					

Tabella 5.

Analisi dei flussi di cassa/ha (vendita meloni) – in Euro - considerando il prezzo medio di vendita a 0,70 €/kg																										
ANNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
COSTI	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €	3.975 €
RICAVI	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €	49.000 €
CASH FLOW	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €	45.025 €
Reddito totale					1.125.625,00 €																					

Tabella 6.

Analisi dei flussi di cassa/ha (vendita broccoli) – in Euro - considerando il prezzo medio di vendita a 0,60 €/kg

ANNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
COSTI	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €	4.795 €
RICAVI	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €
CASH FLOW	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €	10.205 €
Reddito totale						255.125,00 €																				

Tabella 7.

4.3 DETERMINAZIONE DEL FABBISOGNO DI ORE E GIORNATE LAVORATIVE ANNUE

In riferimento ai valori medi del fabbisogno di lavoro, necessari per l'espletamento delle attività agricole, di cui all'art. 2135 del Codice Civile (Deliberazione della Giunta Regionale - n. 6191 del 28 luglio 1997), di seguito si riportano i fabbisogni di ore lavorative annue per ettaro nella provincia di Brindisi:

- ✓ Carciofo – 600 ore annue;
- ✓ Melone – 420 ore annue;
- ✓ Broccolo – 300 ore annue.

Pertanto, considerato che gli ettari totali coltivati a ortaggi nell'area di intervento, sono circa 26,34, ne consegue che il fabbisogno totale di ore annue lavorative è pari a 34.768 ore (1.320 x 26,34).

4.4 RICADUTE OCCUPAZIONALI

La realizzazione del progetto comporterà ricadute positive a livello occupazionale con riferimento alle fasi di coltivazione.

Pertanto, con riferimento alla gestione delle orticole si stimano n. 20 unità lavorative annuali per la manutenzione dei mezzi e la coltivazione dei terreni di pertinenza dell'impianto fotovoltaico.

Verranno quindi creati posti di lavoro e di impiego di manodopera qualificata.

5. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

I valori dei parametri tipici relativi al sistema agrivoltaico dovrebbero essere garantiti per tutta la vita tecnica dell'impianto.

L'attività di monitoraggio è quindi utile sia alla verifica dei parametri fondamentali, quali la continuità dell'attività agricola sull'area sottostante gli impianti, sia di parametri volti a rilevare effetti sui benefici concorrenti.

Gli esiti dell'attività di monitoraggio, con specifico riferimento alle misure di promozione degli impianti agrivoltaici innovativi, sono fondamentali per valutare gli effetti e l'efficacia delle misure stesse.

A tali scopi il DL 77/2021 ha previsto che sia installato un adeguato sistema di monitoraggio che permetta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico con particolare riferimento alle seguenti condizioni di esercizio (REQUISITO D):

D.1) il risparmio idrico;

D.2) la continuità dell'attività agricola, ovvero: l'impatto sulle colture, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture o allevamenti e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate.

Nel seguito si riportano i parametri che dovrebbero essere oggetto di monitoraggio a tali fini.

In aggiunta a quanto sopra, al fine di valutare gli effetti delle realizzazioni agrivoltaiche, il PNRR prevede altresì il monitoraggio dei seguenti ulteriori parametri (REQUISITO E):

E.1) il recupero della fertilità del suolo;

E.2) il microclima;

E.3) la resilienza ai cambiamenti climatici.

Il presente Piano di Monitoraggio Ambientale ha come obiettivo la descrizione delle azioni da intraprendere per il monitoraggio di microclima, produzione agricola, risparmio idrico, fertilità del suolo di un impianto agro-energetico integrato fotovoltaico-culture orticole per la produzione di energia elettrica rinnovabile tramite la tecnologia fotovoltaica, della potenza di picco installata in corrente continua di 17,8 MW e la produzione di ortaggi in continuità con l'attività agricola già svolta sulla stessa superficie lorda di circa 28,78 ettari nel comune di Brindisi (BR).

5.1 MODALITÀ E FREQUENZA DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO DELL'AGRIVOLTAICO

Il Progetto di Monitoraggio dell'agrivoltaico si articola in tre fasi temporali di seguito illustrate:

- **Fase 1:** monitoraggio *anteoperam*, dove si procede ad effettuare l'analisi delle caratteristiche climatiche, meteo diffuse e fisiche dei terreni dell'area di studio tramite la raccolta e organizzazione dei dati meteorologici e fisici rilevati, per verificare l'influenza delle caratteristiche meteorologiche locali sulla diffusione e sul trasporto degli inquinanti;
- **Fase 2:** monitoraggio in corso d'opera, ovvero il periodo di coltivazione dell'annata agraria avente inizio dalle prime lavorazioni del terreno fino alla raccolta. Questa fase presenta la maggiore variabilità in quanto strettamente legata all'avanzamento della coltura. Le indagini saranno condotte per tutta la durata del ciclo produttivo.
- **Fase 3:** monitoraggio *postoperam* che comprende le fasi che vanno dal post raccolta fino alle lavorazioni preliminari per la nuova annata agraria; prevede uno studio del terreno post coltivazione ed una fase di bioattivazione, utile per ripristinare le caratteristiche idonee al terreno per accogliere la nuova coltura.

5.2 MONITORAGGIO DEL MICROCLIMA

5.2.1 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE E PUNTO DI MONITORAGGIO

Affinché una stazione meteo rilevi dati corretti, attendibili e comparabili su vasta scala, l'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM) ha stabilito alcune regole sul posizionamento della stessa:

- I sensori di temperatura e umidità (termo-igrometro) devono essere all'interno di un apposito schermo solare ventilato rialzato ad un'altezza variabile tra 1.7 e 2.00 metri da terra su tappeto erboso naturale tagliato di frequente o tappeto sintetico di colore verde distanziato da qualsiasi ostacolo;
- Il sensore del vento (anemometro) deve essere posto ad un'altezza tra 2,50 e 10 metri dal suolo lontano da ostacoli;
- Il sensore delle precipitazioni (pluviometro) deve situarsi ad un'altezza minima di 0.50 metri senza ostacoli nelle vicinanze.

Sensore	Altezza sensore dal suolo	Osservazioni
Termo-igrometro	Tra 1.70 m e 2.00 m	Il termo-igrometro deve essere inserito in uno schermo solare omologato (schermo Davis o superiore) ad una altezza da terra compresa tra 1.70 m e 2.00 m su superficie erbosa e distante almeno 10 metri da edifici od ostacoli vicini .
Pluviometro	Almeno >0.50 m	Deve essere posizionato in campo aperto lontano almeno 10 metri dagli ostacoli, e comunque ad una distanza tale che eventuali ostacoli verticali (alberi, edifici) non possano impedire il corretto rilevamento dei dati in caso di precipitazioni trasversali.
Anemometro	Tra 2.50 m e 10.00 m	Posizionato in campo aperto e lontano da ostacoli verticali che possano impedire una corretta rilevazione delle raffiche e turbolenze.
Radiazione solare e UV		Posizionato alla sommità del palo con una buona visuale.

Tabella 8 - Strumentazione per il monitoraggio del microclima

5.2.2 COMPOSIZIONE DELLA STAZIONE METEO E TIPI DI SENSORI

Di seguito verrà descritto il funzionamento di una stazione meteo per agricoltura il cui nome commerciale è AGRISMART-IOT, è un nodo IoT per l'acquisizione e la trasmissione dei parametri meteorologici e agricoli per applicazioni nell'agricoltura di precisione (Controllo e prevenzione).

Utilizza il protocollo radio a bassa potenza SigFox, è un sistema che non necessita di nessuna connessione con reti telefoniche o reti elettriche e non necessita di pannelli solari per l'alimentazione.

Caratteristiche generali

- Microcontrollore Low Power ad architettura ARM
- Contenitore a tenuta stagna IP65
- Alimentazione a batteria
- Misura e trasmissione ogni 30 minuti
- Comunicazione immune da sistemi Jammer
- Alta autonomia. Fino a 8 mesi con una singola carica

Sensoristica stazione meteo

- Monitoraggio bagnatura fogliare
- Monitoraggio temperatura del suolo su un livello
- Monitoraggio potenziale idrico del suolo su un livello
- Monitoraggio dei parametri atmosferici (temperatura, umidità relativa e pressione atmosferica)
- Monitoraggio irradianza solare
- Monitoraggio precipitazioni (pioggia)

Opzioni

- Monitoraggio velocità e direzione del vento

- Monitoraggio temperatura sul secondo livello di profondità
- Monitoraggio potenziale idrico del suolo sul secondo livello di profondità
- Monitoraggio dei parametri atmosferici per il controllo degli stessi in ambienti o situazioni particolari
- Monitoraggio accrescimento (misura dendrometrica)
- Monitoraggio pH
- Monitoraggio conducibilità elettrica
- Monitoraggio millimetri di acqua in uscita dal gocciolatoio negli impianti di irrigazione

CARATTERISTICHE TECNICHE

ELETTRICHE	
Tensione di batteria	Li-Ion
Capacità di batteria	2500mAh
Tensione massima batteria	4.2V
Tensione di sistema	3.3V
Corrente in trasmissione	60 – 65 mA
Corrente in stand-by	10µA
RADIO	
Frequenza (Europa)	868.13 MHz
Potenza radiante	12.5 – 13.0 dBm
Data Rate	100B/s – 600B/s
Modulazione	DBPSK
Tasso di messaggi al giorno	96
Tipo di antenna	Elica o Monopolo (Opzione in base alla copertura)
Pattern di radiazione	Omnidirezionale

Tabella 9. Caratteristiche tecniche stazione meteo

SENSORI			
PARAMETRO	UNITA' DI MISURA	RANGE	RISOLUZIONE
Bagnatura fogliare	%	0 ÷ 100	1
Temperatura suolo	°C	-55 ÷ +125	
Tensione idrica suolo	cBar	0 ÷ 200	
Temperatura Atm.	°C	-40 ÷ +85	
Umidità Relativa Atm.	%	0 ÷ 100	
Pressione Atm.	kPa	30 ÷ 110	
Velocità del vento	m/s	0 ÷ 89	
Direzione del vento	Punti sulla bussola	1 ÷ 16	
Irradianza solare	W/m ²	0 ÷ 1800	
Precipitazione	mm	-	

Tabella 10 - Caratteristiche tecniche sensori



Figura 26 - Stazione meteo AGRISMART IOT

5.2.3 DSS E SUPPORTO ALLE DECISIONI

AGRISMART-IOT è dotato di una interfaccia utente, MAGICO, che consente di leggere e interpretare con molta facilità i dati rilevati dagli smartbox multisensore piazzati nel campo, costituisce un valido e affidabile assistente alle decisioni dell'imprenditore agricolo, nell'ambito della gestione idrica, degli interventi agronomici e della difesa delle colture.

5.2.4 UTILIZZO DELLA STAZIONE METEOROLOGICA PER LA GESTIONE DELL'IRRIGAZIONE

In riferimento all'uso delle stazioni meteorologiche per la gestione irrigua, va detto che, attraverso l'uso dei sensori di umidità del suolo (che vengono interrati tra i filari della coltura) è possibile monitorare il contenuto idrico del suolo e conseguentemente individuare il miglior momento per l'irrigazione: questo consente di ottimizzare (e quindi risparmiare) l'uso dell'acqua irrigua. Conoscendo le caratteristiche del terreno (Tessitura e contenuto organico necessari per determinare le costanti idrologiche del terreno: Capacità di campo e punto di appassimento), è possibile stabilire con notevole precisione quando il contenuto idrico del terreno

si avvicina al punto di appassimento e quindi irrigare. Appare evidente che, le stazioni meteorologiche consentono di massimizzare l'efficienza irrigua riducendo quindi la quantità di acqua irrigua utilizzata.

5.3 MONITORAGGIO DELLA PRODUZIONE AGRICOLA

Come riportato nelle Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici, gli elementi da monitorare nel corso della vita dell'impianto sono:

1. l'esistenza e la resa della coltivazione;
2. il mantenimento dell'indirizzo produttivo.

Tale attività sarà effettuata attraverso la redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo con una cadenza annuale. Alla relazione saranno allegati i piani annuali di coltivazione, recanti indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, alla superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, alle condizioni di crescita delle piante, alle tecniche di coltivazione (densità di semina, impiego di concimi, trattamenti fitosanitari).

Parte delle informazioni sopra richiamate sono già comprese nell'ambito del "fascicolo aziendale", previsto dalla normativa vigente per le imprese agricole che percepiscono contributi comunitari. All'interno di esso si colloca il Piano di coltivazione, introdotto con il DM 12 gennaio 2015 n. 162, che deve contenere la pianificazione dell'uso del suolo dell'intera azienda agricola.

5.4 MONITORAGGIO DELLA FERTILITÀ DEL SUOLO

La valutazione della fertilità del suolo viene normalmente effettuata mediante l'impiego integrato di indicatori agroambientali, correntemente individuati tra le variabili fisiche, chimiche e biologiche del suolo, opportunamente selezionate in relazione alle specifiche problematiche agroecosistemiche di un territorio.

Per verificare la fertilità dei suoli è utile monitorare nel tempo il contenuto nel terreno dei principali elementi nutritivi quali azoto, fosforo, potassio e sostanza organica. Generalmente si fa ricorso al prelievo dei campioni di terreno per l'esecuzione di opportune analisi.

Un campione di suolo è quella quantità di terra che si preleva allo scopo di raccogliere informazioni sulle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche del suolo stesso, indispensabili per numerose applicazioni e finalità come, ad esempio, la valutazione dei componenti della fertilità.

Poiché il campione di terreno deve contenere tutte le informazioni sul suolo d'origine, la sua rappresentatività è una condizione fondamentale, deve cioè rispecchiare, quanto più possibile, le proprietà dell'area a cui si riferisce; ne consegue che il campionamento è un'operazione estremamente delicata ed una sua esecuzione non corretta può essere fonte di errori assai più consistenti di quelli imputabili alle determinazioni analitiche.

5.4.1 APPARECCHIATURE ED ATTREZZATURE

Gli strumenti necessari per il campionamento devono essere costituiti di materiali che non possano influenzare le caratteristiche del suolo di cui si vogliono determinare le caratteristiche. Per effettuare il campionamento saranno necessari i seguenti strumenti:

- sonda o trivella (manuale o automatica)
- vanga
- paletta
- secchio di plastica, asciutto e pulito
- telone in polietilene, asciutto e pulito, di almeno 2 mq

- contenitori, di capacità di almeno un litro, dotati di un adeguato sistema di chiusura, costituiti da materiale che non interagisca con il terreno, né con i suoi componenti, ed impermeabile all'acqua (vasi in vetro con tappo a vite, oppure sacchetti in polietilene)
- etichette con campi liberi/etichette con codice a barre
- GPS (da trekking, con supporto segnale di correzione Waas – precisione $\pm 3-5$ m)
- verbali, schede di annotazione delle coordinate di ciascun sub-campione

5.4.2 MODALITÀ OPERATIVE

Per poter effettuare un campionamento significativo e rappresentativo del terreno che si vuole analizzare, occorre prima di tutto individuare una zona di campionamento in cui i seguenti parametri risultino i più omogenei possibile:

- colore
- aspetto fisico (tessitura, pH, calcare totale)
- ordinamento colturale
- fertilizzazioni ricevute in passato
- vegetazione coltivata e spontanea

Una volta individuati i punti in cui effettuare le indagini e quindi il campionamento del suolo, è necessario evitare di effettuare trivellazioni in punti in cui siano presenti situazioni anomale, come per esempio:

- dove siano stati accumulati fertilizzanti, deiezioni, prodotti e sottoprodotti agricoli
- dove abbiano stazionato animali
- dove vi siano affioramenti del sottosuolo, ristagni di acqua ecc
- dove vi siano differenze di irrigazione e/o di drenaggio.

Infine, una volta individuata la zona di campionamento, eliminare la vegetazione che ricopre il suolo, qualora sia necessario.

La zona di campionamento deve essere costituita da superfici inferiori o uguali a 5 ettari. Il numero di campioni elementari per ettaro deve essere almeno 6, nella zona compresa tra la superficie e i 40 cm di profondità. Il campionamento deve essere di tipo non sistematico, come da figura:

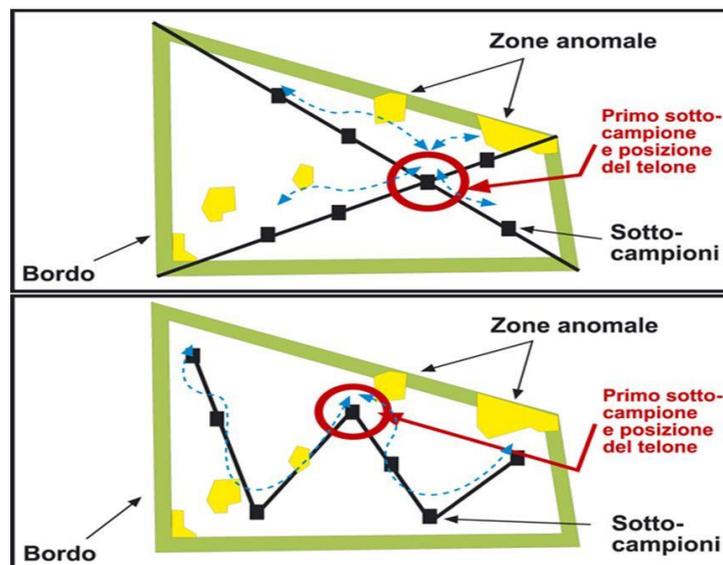


Figura 27 - Campionamento non sistematico a X(sopra) o a W(sotto).

Scegliere i punti di prelievo dei campioni elementari distribuiti in modo omogeneo lungo un percorso tracciato, formando una immagine a X o W, e prelevare un campione elementare in ogni punto. Introdurre la sonda verticalmente fino alla profondità voluta ed estrarre il campione elementare di suolo. Evitare di effettuare le trivellate in punti in cui si prevede siano presenti situazioni anomale, come ai bordi dell'appezzamento, nelle prossimità di capezzagne, e scoline, dove ristagna l'acqua. Prima di prelevare il campione occorre rimuovere il terreno in cui possono trovarsi residui vegetali indecomposti. Trasferire nel secchio i vari campioni elementari, man mano che vengono prelevati (dalle varie unità di campionamento). Trasferire i vari campioni dal secchio al telone di plastica, opportunamente disteso su una superficie solida, piana e asciutta. Mescolare ed omogeneizzare accuratamente i campioni elementari, fino ad ottenere il campione globale. Ridurre la quantità di campione globale, se necessario, fino ad ottenere aliquote di circa 700 g ciascuna: prelevare dal campione globale una decina di subcampioni, ciascuno di circa 70 g, prendendoli casualmente da tutta la superficie di campione globale disteso sul telone. Il campione finale, costituito dai subcampioni, deve essere trasferito all'interno di un contenitore asciutto e pulito (vaso in vetro o sacchetto in polietilene). Dello stesso campione potranno essere approntate diverse aliquote, a seconda che vi sia la necessità di confezionare o meno controcampioni (da consegnare ad una controparte), o a seconda che vi sia la necessità di mandare diverse aliquote a diversi laboratori.

Le successive analisi che si faranno sono denominate analisi di base, questo tipo di analisi permette di misurare alcune caratteristiche del terreno quali scheletro e tessitura, reazione (pH9, carbonati totali, calcare attivo, capacità di scambio cationico e conducibilità elettrica).

Un'analisi completa di questo tipo generalmente è composta dalle seguenti determinazioni:

Analisi chimico-fisiche complete (Analisi di base)	
Determinazione analitica	Unità di misura
Tessitura (sabbia, limo e argilla)	g/kg
Carbonio organico	g/kg
Reazione	
Calcare totale	g/kg
Calcare attivo	g/kg
Conducibilità elettrica	dS/m
Azoto totale	g/kg
Fosforo assimilabile	mg/kg
Capacità di scambio cationico (CSC)	meq/100g
Basi di scambio (Potassio scambiabile, Calcio scambiabile, Magnesio scambiabile, Sodio scambiabile)	meq/100g

Tabella 11 - Analisi chimico-fisiche del terreno

Particolare attenzione verrà posta al controllo dei nitrati presenti nel suolo mediante la tecnica spettrofotometrica: la percentuale dei nitrati presenti verrà costantemente monitorata ed annotata annualmente sui quaderni di campagna e sul gestionale tecnico dell'azienda.

Nelle analisi chimico-fisiche che annualmente verranno eseguite si cercherà anche la presenza di metalli pesanti e metalloidi nel suolo relativamente a 14 metalli:

1. ANTIMONIO
2. ARSENICO
3. BERILLIO
4. CADMIO
5. COBALTO
6. CROMO
7. MERCURIO

8. NICHEL
9. PIOMBO
10. RAME
11. SELENIO
12. STAGNO
13. VANADIO
14. ZINCO

La campionatura dovrà essere effettuata in conformità con quanto previsto nell'allegato 1 del Decreto Ministeriale 13/09/1999, pubblicato in Gazzetta Ufficiale Suppl. Ordin. N° 248 delr 21/10/1999.

La frazione superficiale (top-soil) deve essere prelevata a una profondità compresa tra 0 e 20 cm e la frazione sotto superficiale (sub-soil) a una profondità compresa tra 20 e 60 cm. Ogni campione dovrà essere eseguito con 3 punti di prelievo o aliquote, distanti planimetricamente tra loro, minimo 2,5 mt e massimo 5 mt, ottenuti scavando dei mini-profili con trivella pedologica manuale, miscelati in un'unica aliquota. Il campione top-soil sarà quindi l'unione di 3 aliquote *top-soil* e il campione *sub-soil* sarà l'unione di 3 aliquote *sub-soil*, tutte esattamente georeferenziate.

A loro volta le analisi dei campioni devono essere condotte in conformità con il Decreto Ministeriale 13/09/1999. Secondo tale decreto, oltre ai parametri chimico fisici, il rapporto di analisi deve contenere una stima dell'incertezza associata alla misura, il valore dell'umidità relativa, l'analisi della granulometria e la georeferenziazione dei tre punti di prelievo che costituiscono il singolo campione.

Il prelievo e l'analisi devono essere eseguiti da laboratori accreditati secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC17025. Per la parametrizzazione dei valori chimo-fisici del terreno si prenderanno in considerazione gli elementi della seguente tabella:

Parametro	Metodo analitico	Unità di misura
tessitura	Classificazione secondo il triangolo della tessitura USDA	/
pH	Metodo potenziometrico, D.M. 13/09/99	unità pH
calcare totale	Determinazione gas volumetrica	g/kg S.S. CaCO ₃
calcare attivo	Permanganometria (metodo Drouineau)	g/kg S.S. CaCO ₃
Sostanza organica	Metodo Springler-Klee	g/kg S.S. C
CSC	Determinazione con ammonio acetato	meq/100 g S.S.
N totale	Metodi Kjeldhal	g/kg S.S. N
P assimilabile	Metodo Olsen	mg/kg S.S. P
Conduttività elettrica	Conduttività elettrica dell'estratto acquoso	µS/cm
K scambiabile	Determinazione con ammonio acetato	meq/100 g S.S.
Mg scambiabile	Determinazione con ammonio acetato	meq/100 g S.S.
rapporto Mg/K	Determinazione con ammonio acetato	/
Ca scambiabile	Determinazione con ammonio acetato	meq/100 g S.S.

Tabella 12 - Parametrizzazione dei valori chimo-fisici del terreno

Giudizio	Terreni sabbiosi (S-SF-FS)	Terreni medio impasto (F-FL-FA-FSA)	Terreni argillosi e limosi (A-AL-FLA-AS-L)
molto basso	<50	<75	<100
basso	50-80	75-100	100-150
medio	80-150	100-250	150-300
elevato	150-250	250-350	300-450
molto elevato	>250	>350	>450

Tabella 13 - Interpretazione della dotazione di potassio scambiabile in base alla tessitura (mg/kg)

Base di Scambio	Giudizio agronomico				
	molto basso	basso	medio	alto	molto alto
Potassio	<1	1-2	2-4	4-6	>6
Magnesio	<3	3-6	6-12	12-20	>20
Calcio	<35	35-55	55-70	>70	

Tabella 14 - Interpretazione della dotazione delle basi di scambio in relazione alla CSC (% equivalenti sulla CSC)

Si provvederà a campionare il terreno periodicamente (una volta all'anno, un campione per lotto) per la verifica del rilascio dei metalli pesanti da parte dei pannelli fotovoltaici o da parte di altri componenti dell'impianto che potrebbero contaminare il suolo agricolo. A tal scopo, ai sensi del D.P.R.n. 120/2017 Allegato 4, si provvederà a parametrare la presenza di:

- Arsenico
- Cadmio
- Cobalto
- Nichel
- Piombo
- Rame
- Zinco
- Mercurio
- Idrocarburi C>12
- Cromo totale
- Cromo VI
- Amianto
- BTEX (*)
- IPA (*)

5.4.3 AZIONI CORRETTIVE DA EFFETTUARE NEL CASO DI CRITICITÀ EMERSE

Se dalle analisi di base effettuate emergono delle criticità che possono compromettere la fertilità del suolo, è opportuno intervenire con una serie di azioni correttive volte a ristabilire la fertilità ottimale.

Una moderna gestione agronomica delle coltivazioni non può ignorare l'importanza di ammendanti e correttivi.

Con i termini di ammendanti e correttivi definiamo tutti quei prodotti che non hanno la capacità di "nutrire" le colture, bensì di rendere ospitale e adatto a produrre in modo migliore il substrato nel quale sono coltivate.

Queste sostanze ci permettono di correggere in modo efficiente i valori di alcuni parametri che si discostano dalla situazione ottimale, come può essere il caso di pH, capacità di scambio cationico, attività microbica.

Il miglioramento di struttura e pH del suolo in tutto il suo profilo mediante l'uso di un ammendante o correttivo è un risultato difficile da conseguire, poiché la correzione si esprime in scala logaritmica, e richiederebbe quantità grandissime di prodotto.

Ciò che maggiormente ci interessa ottenere, grazie ad una corretta azione correttiva o ammendante, è il miglioramento della reazione a livello della soluzione circolante, cioè l'insieme di acqua e sostanze nutritive che è costantemente a contatto con l'apparato radicale delle piante, e partecipa ai processi di scambio cationico e all'assorbimento.

Per correggere suoli alcalini, cioè con pH maggiori di 7, o salini, cioè ricchi di sodio e cloro, un buon metodo è quello di ricorrere a prodotti a base di zolfo.

I solfati che si formano in seguito all'attacco con questo minerale dei carbonati del suolo sono più solubili e consentono la lisciviazione di sodio e cloro, rendendo al contempo più disponibili magnesio, potassio e calcio, nonché i fosfati.

Inoltre, il pH della soluzione circolante si abbassa e ciò rende più disponibili anche tutti gli altri elementi.

Se invece nel terreno il pH tende all'acidità (<6), è utile intervenire in maniera opposta, ovvero riportando il terreno verso valori neutri; per fare questo si usa un correttivo calcareo.

L'attività del suolo in termini di scambio cationico è un altro fattore estremamente importante.

La capacità di scambio cationico (C.S.C.) dipende dal tipo di suolo, ed è maggiore in suoli argillosi e ricchi di sostanza organica, e minore in suoli sabbiosi.

Non è possibile cambiare la tessitura di un terreno, ma si può migliorare l'attività del suo complesso di scambio, grazie all'apporto di un altro tipo di correttivo, la leonardite, che è una sostanza organica ad altissima efficienza.

Una leonardite di qualità contiene percentuali di sostanza organica del 60 %, di cui oltre il 70 % è umificata. Queste caratteristiche la rendono efficace nel migliorare la capacità di scambio cationico del terreno, legata in buona parte alla sua ricchezza in sostanza organica.

Un contenuto elevato di acidi umici e fulvici permette di "chelare" gli elementi nutritivi, proteggendoli dal dilavamento o dalla fissazione.

Poiché la sostanza organica ha forti capacità di ritenzione dell'acqua (fino a 20 volte il suo peso) l'uso di leonardite permette di migliorare la gestione idrica; al contempo migliora anche la struttura del suolo, evitando crepacciamenti nei suoli argillosi, e in generale aumentando la permeabilità, gli scambi gassosi, l'attività microbica.

5.5 CRONOPROGRAMMA DELLE CAMPAGNE DI MONITORAGGIO

Di seguito si riportano, in forma tabellare, le attività di monitoraggio da realizzare nelle fasi di gestione dell'impianto.

MONITORAGGIO	AREE DI INDAGINE E PUNTI DI MONITORAGGIO	INDICATORI AMBIENTALI	INDICATORI VERIFICA QUALITA' PRODUTTIVA	METODICHE DI RILIEVO/CAMPIONAMENTO E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	FREQUENZA E DURATA	CRONOPROGRAMMA	VALORI MASSIMI IMPATTI ATTESI	MODALITA' DI TRASMISSIONE PARAMETRI RILEVATI	STRUMENTI E METODI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ESITI DEL MONITORAGGIO	MISURE CORRETTIVE
<p>MONITORAGGIO MICROCLIMA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monitoraggio bagnatura fogliare • Monitoraggio temperatura del suolo su un livello • Monitoraggio potenziale idrico del suolo su un livello • Monitoraggio dei parametri atmosferici (temperatura, U.R. e pressione atmosferica) • Monitoraggio irradianza solare • Monitoraggio precipitazioni (pioggia) • Monitoraggio velocità e direzione del vento • Monitoraggio temperatura sul secondo livello di profondità • Monitoraggio potenziale idrico del suolo sul secondo livello di profondità • Monitoraggio accrescimento (misura dendrometrica) • Monitoraggio pH • Monitoraggio conducibilità elettrica 	<p>In posizione centrale nell'area di intervento come rappresentato al paragrafo 5.1</p> <p>Localizzazione dell'area di indagine e punto di monitoraggio, Figure 4 e 5</p> <p>Coordinate geografiche dell'area di indagine: 40° 9'43.25"N 18° 9'30.11"E</p>	<p>Bagnatura fogliare;</p> <p>Temperatura suolo;</p> <p>Tensione idrica suolo;</p> <p>Temperatura Atm.;</p> <p>U. R. Atm.;</p> <p>Pressione Atm.;</p> <p>Velocità del vento;</p> <p>Direzione del vento;</p> <p>Irradianza solare;</p> <p>Precipitazione;</p>	-	<p>Stazione meteo AGRISMART-IOT completa di termigrometro, pluviometro, anemometro, sensore per la determinazione della radiazione solare e UV</p>	<p>Ogni 30 minuti per un periodo di 25 anni</p>	<p>Installazione stazione meteo e inizio monitoraggi a chiusura del cantiere e antecedente alla coltivazione dei terreni a partire dal 15 luglio 2023</p>	-	<p>Attraverso il protocollo radio a bassa potenza SigFox</p>	<p>Software dedicato MAGICO</p>	-
MONITORAGGIO PRODUZIONE AGRICOLA	Intero appezzamento	-	Verifica produzione agricola annua	Valutazioni periodiche da parte di tecnico specializzato (Agronomo)	Annuale o semestrale (in base alla cultura) per un periodo di 25 anni	Monitoraggio produzioni agricole a cadenza annuale o semestrale a partire da luglio 2023	Riduzione della produttività	Valutazioni in campo da parte di un Agronomo	Attraverso la redazione di una relazione tecnica asseverata da parte di un Agronomo	Azioni correttive con concimazioni specifiche
MONITORAGGIO DELLA FERTILITA' DEL SUOLO	Intero appezzamento, campioni di terreno prelevati random come rappresentato al paragrafo 7.2 Modalità operative, Figura 9	Valutazione del rapporto C/N del suolo attraverso il campionamento e analisi	Valutazione dello stato del suolo tramite campionamento ed analisi	Sonda o trivella (manuale o automatica) - vanga - paletta - secchio di plastica - telone in polietilene - contenitori, di capacità di almeno un litro (vasi in vetro con tappo a vite, oppure sacchetti in polietilene) - etichette con campi liberi/etichette con codice a barre - GPS (da trekking, con supporto segnale di correzione Waas - precisione ± 3-5 m) - verbali, schede di annotazione delle coordinate di ciascun sub-campione	Ogni 5 anni per un periodo di 25 anni	Analisi chimico-fisiche del terreno in gennaio 2023 (ante-operam) e ripetute periodicamente ogni 5 anni nel periodo giugno-luglio	Diminuzione della fertilità dei suoli (valore soglia minimo S.O. 1%)	Invio campioni di terreno ad un laboratorio di analisi	Attraverso la redazione di Rapporti di Prova da parte di un laboratorio accreditato	Azioni correttive attraverso l'utilizzo di concimi/ammendanti specifici

Tabella 15 - Cronoprogramma attività di monitoraggio

6. CONCLUSIONI

In relazione a quanto esposto, alla scelta delle essenze, ed alla tecnica di coltivazione utilizzata per l'impianto integrato proposto, si ritiene che lo stesso sia compatibile con le esigenze di maggiore conservazione dell'uso agricolo del suolo dal punto di vista agronomico, economico, ecologico, paesaggistico.

Il settore fotovoltaico sta vivendo, a livello globale, una fase di rapida crescita e presenta enormi opportunità per integrare modelli operativi a basso impatto, dalla progettazione alla dismissione degli impianti. La vegetazione erbacea trattiene meglio l'acqua, sia in caso di forti piogge che di siccità, e migliora la salute e la produttività dei terreni. Inoltre il loro apparato radicale fittonante oltre a rilasciare importanti quantità di sostanza organica nel terreno, contribuisce anche a migliorarne la struttura.

Alcuni studi riportano come i pannelli solari causino variazioni stagionali e diurne nel microclima di aria e suolo. Ad esempio, l'ombra dei pannelli solari permette un uso più efficiente dell'acqua, oltre a proteggere le piante dal sole nelle ore più calde.

In particolare, durante l'estate sulla porzione di suolo ombreggiata dai pannelli si può avere un raffreddamento fino a 5,2° C. A cambiare non è solo la temperatura, ma anche l'umidità, i processi fotosintetici, il tasso di crescita delle piante e quello di respirazione dell'ecosistema. L'ombra sotto i pannelli, infatti, non solo raffredda ma aumenta il grado di umidità trattenendo parte dell'evaporazione del terreno.

C'è da aggiungere che la coltivazione dei terreni con piante miglioratrici ha un ruolo ambientale confermato dalla letteratura scientifica sull'argomento che, seppur non molto vasta, mostra risultati concordi sugli effetti benefici della misura sulle risorse naturali.

Da quanto rappresentato nei paragrafi precedenti si può affermare, per l'impianto in questione che:

1. Sulla quasi totalità dell'area utilizzata per realizzare l'impianto agrivoltaico si darà continuità all'attività agricola e pertanto il consumo del suolo è pressoché annullato;
2. La conduzione agricola è pienamente compatibile con la presenza delle strutture a sostegno dei pannelli fotovoltaici consentendo il ricorso alla ordinaria attrezzatura agricola;
3. Nonostante l'ordinamento colturale resterà invariato, la resa economica dell'implementazione agricola è migliorativa rispetto alla situazione quo-ante, grazie all'implementazione di diversi sistemi di monitoraggio delle produzioni, al monitoraggio ambientale dell'area oggetto di intervento;
4. La organizzazione spaziale dell'impianto è tale che sono soddisfatti i requisiti per la definizione di "agrivoltaico Avanzato" ai sensi delle Linee Guida del Ministero della Transizione ecologica (oggi MASE);
5. L'intervento agrivoltaico di progetto è anche un significativo sostegno alla ricostruzione e conservazione delle biodiversità.