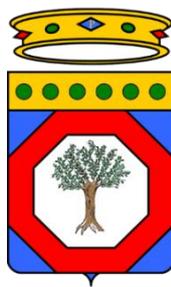




Comune di Santeramo in Colle



Provincia di Bari



Regione Puglia



Regione Basilicata



Comune di Matera

COMUNE DI SANTERAMO IN COLLE

“Fattoria solare Fontana Rossa”

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO SITO NEL COMUNE DI SANTERAMO IN COLLE (BA) IN LOCALITÀ “CONTRADA MATINE”, DI POTENZA AC PARI A 25 MW E POTENZA DC PARI A 25,889 MWp, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE (RTN) NEI COMUNI DI SANTERAMO IN COLLE (BA) E MATERA

PROPONENTE:

REN 183 S.R.L.

Salita di Santa Caterina 2/1 – 16123 Genova
Tel: +390106422384; Pec: ren183@pec.it

TECNICI E SPECIALISTI:

- Dott.ssa Archeologa Paola D’Angela: studi ed indagini archeologiche;
- Arch. Sara Di Franco: studio d’impatto acustico;
- Dott. Geologo Antonello Fabiano: studi e indagini geologiche e idrogeologiche;
- Floema S.r.l.: progetto agricolo;
- Dott. Agronomo Donato De Carolis: studio pedoagronomico, piano di monitoraggio ambientale, rilievo essenze, paesaggio agrario;
- Ing. Gabriele Gemma: elaborati grafici, documentazione tecnica, studio ambientale e paesaggistico;

PROGETTISTA:

np enne. pi. studio s.r.l.

Lungomare IX Maggio, 38 - 70132 Bari
Tel/Fax +39 0805346068 - 0805346888
e-mail: pietro.novielli@ennepistudio.it

Timbro e firma



Descrizione Elaborato:

Progetto Agricolo

	Data emissione	Redatto	Verificato	Approvato	Filename:
N. revisione	Marzo 2023	Dott.ssa Vacca Chiara	Enne Pi Studio S.r.l.	REN 183 S.r.l.	SAN_37 – Progetto Agricolo
					Scala:

Sommario

PREMESSA.....	4
1. INTRODUZIONE.....	6
2. CONTESTO ENERGETICO NAZIONALE	7
3. INDIVIDUAZIONE AREA INTERESSATA DAL PROGETTO.....	8
4. INQUADRAMENTO CLIMATICO.....	9
4.1. Fasce Bioclimatiche Pavari	10
5. PEDOGENESI E CARATTERISTICHE DEL SUOLO	11
6. L'AGRICOLTURA DELL'ALTA MURGIA PUGLIESE	14
7. STATO DEI LUOGHI: COLTURE PRESENTI E VEGETAZIONE SPONTANEA	15
7.1. Costituenti fisici del terreno	16
7.2. Fertilità	17
8. PROGETTO DI SVILUPPO AGRICOLO AZIENDALE	23
8.1. Programma colturale.....	27
8.2. Coltivazione del cece: costi e ricavi	33
8.3. Coltivazione del grano duro: costi di produzione e ricavi.....	38
8.4. Coltivazione della cima di rapa: costi e ricavi	41
8.5. Specie da sovescio.....	43
8.5.1. Trifoglio incarnato	44
8.5.2. Facelia.....	45
9. FASCE DI MITIGAZIONE	45
10. VALUTAZIONE DEL VALORE DELLA PRODUZIONE AGRICOLA PRE E POST INTERVENTO PROGETTUALE ..	49
11. MACCHINE AGRICOLE E APPLICAZIONI DI AGRICOLTURA DIGITALE E DI PRECISIONE NECESSARIE ALLA GESTIONE DELLE COLTURE.....	51
11.1. Meccanizzazione	51
11.2. Agricoltura di precisione	53
12. DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI NECESSARI AL MONITORAGGIO DEL PROGETTO AGRICOLO.....	55
13. COERENZA DEL PROGETTO CON I REQUISITI E LE CARATTERISTICHE INDICATE DALLE "LINEE GUIDA IN MATERIA DI IMPIANTI AGRIVOLTAICI"	58
14. CONSIDERAZIONI FINALI.....	59

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1 INQUADRAMENTO GENERALE DEL PROGETTO CON PERIMETRO DELL'AREA INTERESSATA	5
FIGURA 2 AREA IMPIANTO AGRIVOLTAICO E AREA CONNESSIONE ELETTRICA	5
FIGURA 3 RETE NATURA 2000 AREA D'INTERESSE	8
FIGURA 4 CARTA D'USO DEL SUOLO - CORINE LAND COVER.....	9
FIGURA 5 ZONE FITOCLIMATICHE PAVARI.....	11
FIGURA 6 VALUTAZIONE MACROSCOPICA DURANTE IL SOPRALLUOGO DEL 06.09.2022	13
FIGURA 7 MAIS ALLA DATA DEL SOPRALLUOGO AVVENUTO IL 06.09.2022	15
FIGURA 8 FERTILITÀ FISICA DEL SUOLO INTERESSATO DAL PROGETTO AGRICOLO	17
FIGURA 9 VALUTAZIONE VISIVA DEL TERRENO E DELLO STATO IDRICO AL MOMENTO DEL SOPRALLUOGO.....	17
FIGURA 10 REPORT ANALITICO ED INTERPRETAZIONE DEI PRINCIPALI FATTORI DELLA FERTILITÀ	22
FIGURA 11 REPORT ANALITICO ED INTERPRETAZIONE DEI PRINCIPALI FATTORI DELLA FERTILITÀ	23
FIGURA 12-LAYOUT DELL'AREA DI PROGETTO	24
FIGURA 13 PARTICOLARI REALIZZATIVI IMPIANTO AGROVOLTAICO	25
FIGURA 14-SEZIONE TRACKER.....	26
FIGURA 15 LAVORAZIONE LOCALIZZATA SOTTO LA FILA.....	32
FIGURA 16-OLIVETO INERBITO.....	33
FIGURA 17-CICER ARIETINUM.....	33
FIGURA 18-COLTIVAZIONE A FILE DI CICER ARIETINUM	36
FIGURA 19 FONTE AMC ASSOCIAZIONE MERIDIONALE CEREALISTI	38
FIGURA 20 FRUMENTO DURO	38
FIGURA 21 FONTE AMC ASSOCIAZIONE MERIDIONALE CEREALISTI	41
FIGURA 22 BRASSICA RAPAE.....	41
FIGURA 23 PERIODO DI TEMPO, IN GIORNI, CHE INTERCORRE TRA LA SEMINA E LA COMPARSA DELL'INFIORESCENZA PRINCIPALE IN ALCUNE POPOLAZIONI DI CIMA DI RAPA	42
FIGURA 24-TRIFOLIUM INCARNATUM L.....	44
FIGURA 25-PHACELIA TANACETIFOLIA.....	45
FIGURA 26-PALI DI TESTATA	47
FIGURA 27-PALI TUTORI.....	48
FIGURA 28-TRAPIANTO MECCANIZZATO E POSIZIONAMENTO DELLO SHELTER.....	48
FIGURA 29-IRRIGAZIONE DI SOCCORSO CON AUTOBOTTE	48
FIGURA 30-TOPPING E TRIMMING.....	49
FIGURA 31-RISULTATO FINALE E RACCOLTA MECCANICA	49
FIGURA 32-TRATTRICE GOMMATA TIPO FRUTTETO CON DIMENSIONI ADATTE AL PARCO AGROVOLTAICO	51
FIGURA 33 TRATTORE PER COLTIVAZIONI ORTICOLE	52
FIGURA 34 MINI MIETITREBBIA CON RIMORCHIO	52
FIGURA 35 CARATTERISTICHE TECNICHE MINI MIETITREBBIATRICE	53
FIGURA 36-MACCHINE AGRICOLE.....	53
TABELLA 1 DATA: 1991-2021 TEMPERATURA MINIMA (°C), TEMPERATURA MASSIMA (°C), PRECIPITAZIONI (MM), UMIDITÀ, GIORNI DI PIOGGIA, ORE DI SOLE. FONTE: CLIMATE-DATA.ORG.....	10
TABELLA 2 SINTESI DELLA SUDDIVISIONE DELLA SUPERFICIE TOTALE DEL PROGETTO AGRICOLO.....	26
TABELLA 3 CALENDARIO ROTAZIONI.....	29
TABELLA 4 CONTO COLTURALE DI UN ETTARO COLTIVATO A CECE.....	37
TABELLA 5 COLTO COLTURALE DI UN ETTARO INVESTITO A GRANO DURO.....	40
TABELLA 6 CONTO COLTURALE DI UN ETTARO INVESTITO A CIMA DI RAPA	43
TABELLA 7 COSTI MEDI COLTURE DA SOVESCIO PER SEMINA E INTERRAMENTO	44
TABELLA 8-COSTI DI PRODUZIONE	46
TABELLA 9-VOCI DI COSTO TOTALI E PRODUZIONE STIMATA PER ETTARO.....	46
TABELLA 10-FLUSSO DI CASSA CON PREVISIONI DI VENDITA A 60 €/Q	47
TABELLA 11-CRONOPROGRAMMA LAVORI SU OLIVO	47
TABELLA 12 CONFRONTO PRODUZIONI STANDARD PRE E POST PROGETTO	51
TABELLA 13 QUADRO SINOTTICO DELLE CONFORMITÀ DEL PROGETTO AI REQUISITI DEGLI IMPIANTI AGROVOLTAICI.....	58

PREMESSA

La società **REN 183 S.r.l.** con sede legale in Salita di Santa Caterina n° 2/1, Genova (GE) ha incaricato la FLOEMA s.r.l. nella persona della sottoscritta dott. Agr. Vacca Chiara, iscritto all'albo dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali della provincia di Bari alla sez. A n. 1568 di redigere una proposta di progetto agricolo per un impianto solare per la produzione di energia elettrica con tecnologia agrivoltaica da realizzarsi nel comune di Santeramo (BA), per sviluppare l'opportunità ambientale ed economica di associare coltivazioni agricole ad un impianto fotovoltaico.

Il progetto denominato "FATTORIA SOLARE FONTANA ROSSA" prevede la realizzazione di un impianto agrovoltaico della potenza in AC di 25,00 MW e della potenza in DC di 25,889 MW che sorgerà nel territorio del comune di Santeramo in provincia di Bari posizionati alle coordinate geografiche così riportate, latitudine 40° 44' 01.77" N, longitudine 16° 43' 26.29"

Il campo agrovoltaico "FONTANA ROSSA" sarà collegato in antenna a 36 kV sul futuro ampliamento della stazione elettrica di trasformazione 380/150 kV della RTN Terna esistente nella zona Jesce del comune di Matera.

Il campo agrovoltaico, per mezzo della stazione a 36 kV, sarà connesso alla rete elettrica nazionale mediante un cavidotto interrato che avrà una lunghezza di circa 3,8 Km. Esso insisterà quasi totalmente nel territorio del comune di Santeramo in Colle, e per il tratto di arrivo alla stazione satellite ed alla stazione elettrica di Terna, interesserà il comune di Matera. Il cavidotto percorrerà la viabilità pubblica (strade asfaltate), e più precisamente la strada comunale n. 43 "Menatoria di Cipolla" per un tratto di circa 1,2 Km, la strada Provinciale n. 140 per un tratto di circa 2,0 Km, e per quasi 600 metri su terreno privato, fino ad arrivare all'area della stazione satellite di futura realizzazione, dove il cavidotto sarà intestato all'interno dell'edificio quadri a 36 kV. La stazione satellite sarà realizzata su un terreno nella disponibilità del proponente nel comune di Matera, inquadrato catastalmente al foglio 19 particelle 76 - 77 - 103. Un ulteriore tratto di cavidotto in alta tensione, della lunghezza di quasi 400 metri, collegherà la stazione satellite alla stazione elettrica Terna esistente. La soluzione tecnica di connessione prevede che l'impianto di generazione FV sarà collegato in antenna sulla sezione a 36 kV della futura stazione satellite della stazione elettrica di trasformazione 380/150 kV della RTN Terna esistente nel comune di Matera.

L'impianto agrovoltaico ricade in agro del Comune di Santeramo (BA) individuata e catastalmente censita al Fg. 104 p.lle 36, 49, 52, 69, 88, 89, 90, 91, 124, 125 e 126, per una superficie pari ad ettari 32 are 04 e centiare 88 (ha 32.04.88). All'interno del campo saranno posizionate n. 6 cabine di

campo (inverter-trasformatori) da 4.200 kVA (per i 6 sottocampi), n. 4 container per officina e manutenzione e deposito.

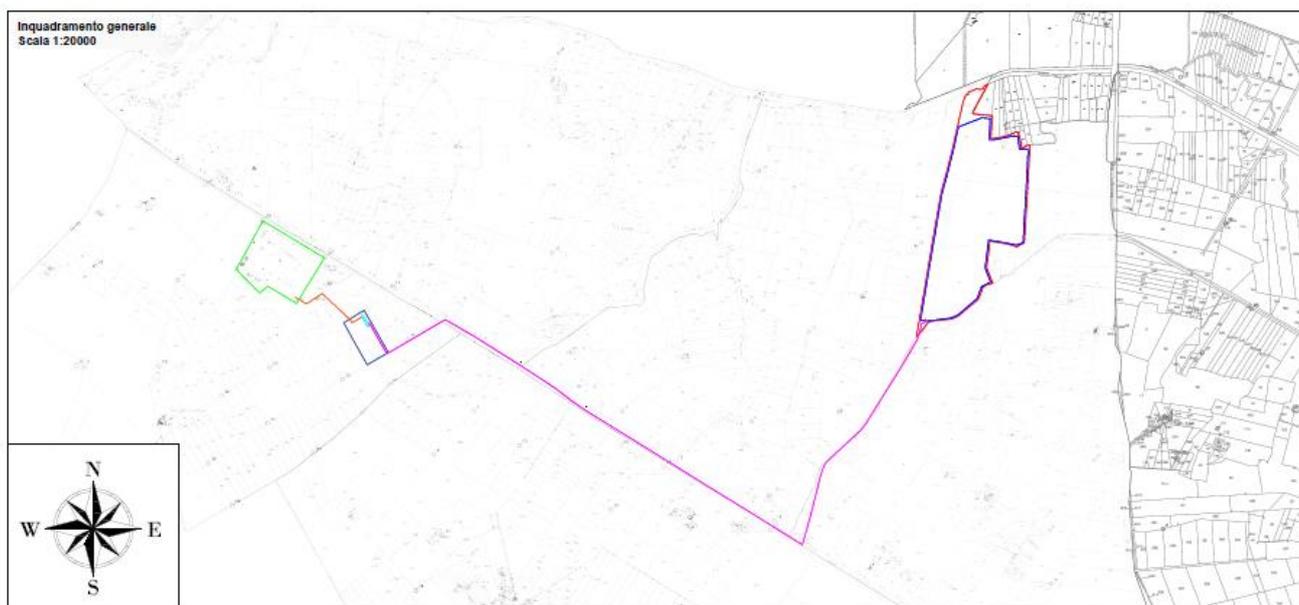


Figura 1 Inquadramento generale del progetto con perimetro dell'area interessata.

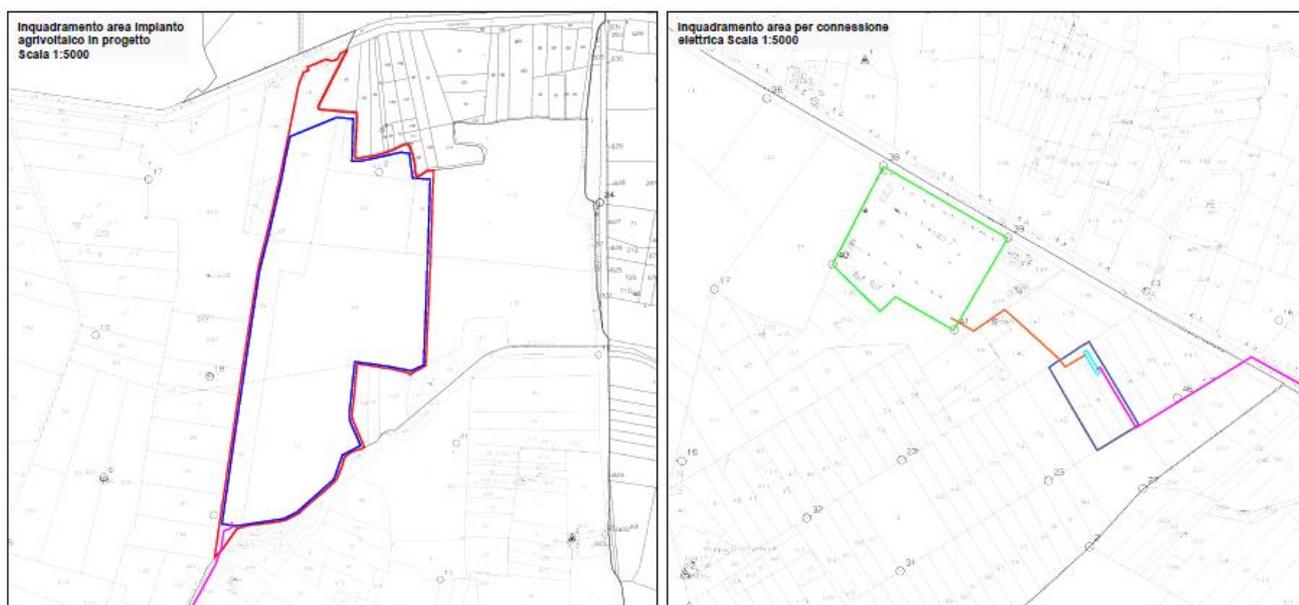


Figura 2 Area impianto agrivoltaico e area connessione elettrica

Di seguito verranno affrontate e sviluppate le tematiche inerenti:

- Individuazione dell'area interessata dal progetto ed inquadramento climatico;
- Identificazione delle colture agricole idonee ad essere coltivate tra le interfile dell'impianto agrovoltaico e sulla superficie sottesa ai tracker;
- Identificazione di colture da mettere a dimora lungo il perimetro dell'impianto come fascia di mitigazione, di larghezza minima di 6 m;
- Informazioni di base sulle caratteristiche e le esigenze colturali delle colture scelte;
- Vantaggi e criticità sulla combinazione tra fotovoltaico e coltivazioni;

- Indicazioni di massima circa i costi di messa a dimora e di gestione delle coltivazioni proposte, nonché dei ricavi provenienti dal raccolto delle medesime.
- Valutazione della conformità del progetto agrivoltaico ai requisiti A, B, C, D, E e relativi parametri delle Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici.

1. INTRODUZIONE

I parchi fotovoltaici, sovente, si trovano ad essere oggetto di svariate critiche in relazione alla quantità di suolo che sottraggono alle attività di natura agricola. Le dinamiche inerenti alla perdita di suolo agricolo sono complesse e, sostanzialmente, riconducibili a due processi contrapposti: da un lato l'abbandono delle aziende agricole che insistono in aree marginali e che non riescono a fronteggiare adeguatamente condizioni di mercati sempre più competitivi e globalizzati e dall'altro l'espansione urbana e delle sue infrastrutture commerciali e produttive.

Le recenti proposte legislative della Commissione Europea inerenti alla Politica Agricola Comune (PAC), relativa al nuovo periodo di programmazione 2021-2027, accentuano il ruolo dell'agricoltura a vantaggio della sostenibilità ecologica e compatibilità ambientale. Infatti, in parallelo allo sviluppo sociale delle aree rurali ed alla competitività delle aziende agricole, il conseguimento di precisi obiettivi ambientali e climatici è componente sempre più rilevante della proposta strategica complessivamente elaborata dalla Commissione EU.

In particolare, alcuni specifici obiettivi riguardano direttamente l'ambiente ed il clima. In ragione di quanto asserito si porta alla luce la necessità di operare una sintesi tra le tematiche di energia, ambiente ed agricoltura, al fine di elaborare un modello produttivo con tratti di forte innovazione, in grado di contenere e minimizzare tutti i possibili trade-off e valorizzare massimizzando tutti i potenziali rapporti di positiva interazione tra le istanze medesime.

A fronte dell'intensa ma necessaria espansione delle FER (Fonti Energetiche Rinnovabili), e del fotovoltaico in particolare, si pone il tema di garantire una corretta localizzazione degli impianti, con specifico riferimento alla necessità di limitare un ulteriore e progressivo consumo di suolo agricolo e, contestualmente, garantire la salvaguardia del paesaggio. Contribuire alla mitigazione e all'adattamento nei riguardi dei cambiamenti climatici, come pure favorire l'implementazione dell'energia sostenibile nelle aziende agricole, promuovere lo sviluppo sostenibile ed un'efficiente gestione delle risorse naturali (come l'acqua, il suolo e l'aria), contribuire alla tutela della biodiversità, migliorare i servizi ecosistemici e preservare gli habitat ed i paesaggi sono le principali finalità della nuova PAC.

2. CONTESTO ENERGETICO NAZIONALE

Negli ultimi anni l'ONU, l'Unione Europea e le principali agenzie internazionali che ricoprono un ruolo fondamentale in materia ambientale si sono occupate, con particolare attenzione, delle problematiche riguardanti la produzione di energie rinnovabili.

A livello internazionale, nel settembre del 2015, l'ONU ha adottato un Piano mondiale per la sostenibilità denominato Agenda 2030 che prevede 17 linee di azione, tra le quali lo sviluppo di impianti agro-fotovoltaici per la produzione di energia rinnovabile.

L'Unione Europea ha recepito immediatamente l'Agenda 2030.

Nel 2017 l'Italia ha approvato la SEN 2030, Strategia Energetica Nazionale fino al 2030 che contiene obiettivi più ambiziosi rispetto a quelli dell'agenda ONU 2030, in particolare:

- la produzione di 30 GW di nuovo fotovoltaico;
- la riduzione delle emissioni CO₂;
- lo sviluppo di tecnologie innovative per la sostenibilità.

Nel 2018 è entrata in vigore la direttiva riveduta sulle energie rinnovabili (Direttiva UE/2018/2001), nel quadro del pacchetto "Energia pulita per tutti gli europei", il cui obiettivo è che l'Unione Europea sia il principale leader in materia di fonti energetiche rinnovabili e, più in generale, ridurre le emissioni ai sensi dell'accordo di Parigi.

La nuova direttiva stabilisce un nuovo obiettivo per le energie rinnovabili per il 2030: dovranno rappresentare almeno il 32% dei consumi energetici finali, con una possibile revisione al rialzo entro il 2023.

Gli Stati membri potranno proporre i propri obiettivi energetici nazionali nei piani nazionali decennali per l'energia e il clima che saranno valutati dalla Commissione Europea.

I progressi compiuti verso gli obiettivi nazionali saranno misurati con cadenza biennale, quando gli Stati membri dell'UE pubblicheranno le proprie relazioni nazionali sul processo di avanzamento delle energie rinnovabili.

La Commissione europea, per sostenere l'agro-fotovoltaico, intende attuare iniziative all'interno della strategia biodiversità europea, con lo scopo di accelerare la transizione verso un nuovo sistema alimentare sostenibile. La Commissione, inoltre, ha già proposto di integrare l'agro-fotovoltaico nella Climate Change Adaptation Strategy, in via di approvazione, e vi sono varie proposte volte all'inserimento dell'agro-fotovoltaico nelle Agende europee in materia di transizione energetica. A livello nazionale nel 2020 il MISE (Ministero dello Sviluppo Economico), ha adottato il Piano nazionale integrato energia e clima (PNIEC), che rappresenta uno strumento fondamentale per far volgere la politica energetica e ambientale del nostro Paese verso la decarbonizzazione.

Più nel dettaglio, il Piano nazionale integrato energia e clima prevede che in Italia per raggiungere gli obiettivi prefissati si dovrebbero installare circa 50 GW di impianti fotovoltaici entro al 2030, con una media di 6 GW l'anno e, considerando che l'attuale potenza installata annuale è inferiore a 1 GW, è chiaro che è necessario trovare soluzioni alternative per accelerare il passo.

3. INDIVIDUAZIONE AREA INTERESSATA DAL PROGETTO

L'area interessata dal progetto ricade in agro del comune di Santeramo in Colle (BA) a circa 6 km direzione sud - ovest rispetto all'ambito urbano del comune di Santeramo in Colle, a circa 4 km in direzione est rispetto alla zona industriale di Matera Iesce, ed è raggiungibile mediante la Strada Provinciale n. 140 "Via Appia Antica", oltre che dalla strada comunale n. 43 "Menatoria di Cipolla". L'area dell'impianto agrovoltaico in progetto è distante in linea d'aria circa 150 in direzione Sud-Ovest dal sito SIC-ZPS IT9120007 "Murgia Alta".

L'area della Stazione di elevazione in progetto, dista in linea d'aria circa 1,7 Km in direzione ovest dal sito SIC-ZPS IT9120007 "Murgia Alta".

L'area del campo agrovoltaico in progetto è posizionata a nord del tratturo denominato "Regio tratturo Melfi Castellaneta", a distanza di oltre 1.100 metri dallo stesso tratturo. Il cavidotto in media tensione, per la connessione tra l'impianto agrovoltaico e la stazione elettrica Terna, interessa il tratturo per una lunghezza di circa 2.800 metri, che corrisponde al percorso del cavidotto in media tensione interrato sulla strada provinciale n. 140.

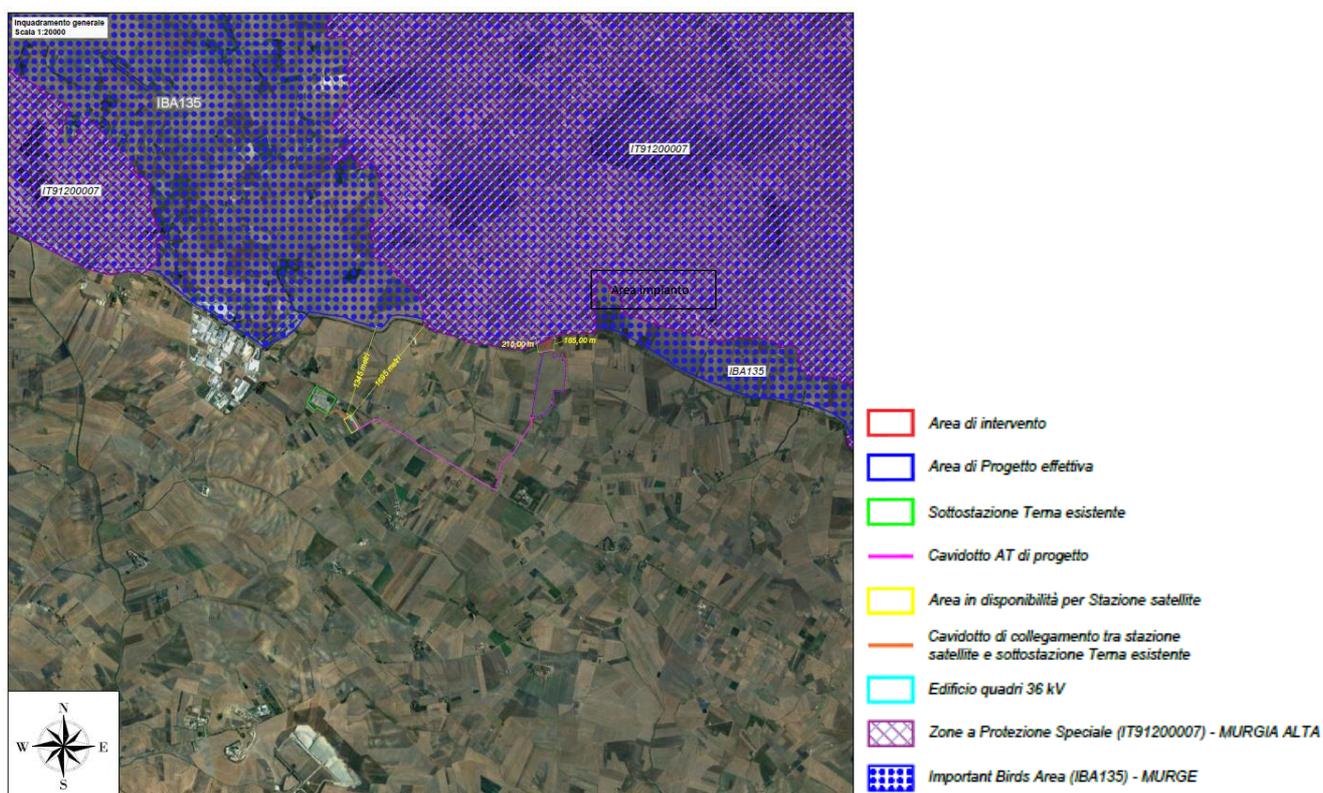


Figura 3 Rete Natura 2000 area d'interesse

L'altitudine media dell'area misura un'altimetria variabile da 362 a 372 m s.l.m. ed il terreno presenta una giacitura prevalentemente pianeggiante, con alcune zone caratterizzate da una lieve pendenza.

Nell'areale di riferimento, prevale la coltivazione dei cereali (frumento tenero e duro, avena, orzo, ecc.) da granella e da foraggio, dei legumi, ed in particolare della lenticchia, dell'olivo e, in minor misura, della vite da vino. Frequenti sono anche le superfici destinate a prati e pascoli, a conferma del fatto che il territorio di Santeramo in Colle vanta un cospicuo numero di allevamenti di bovini e ovini.

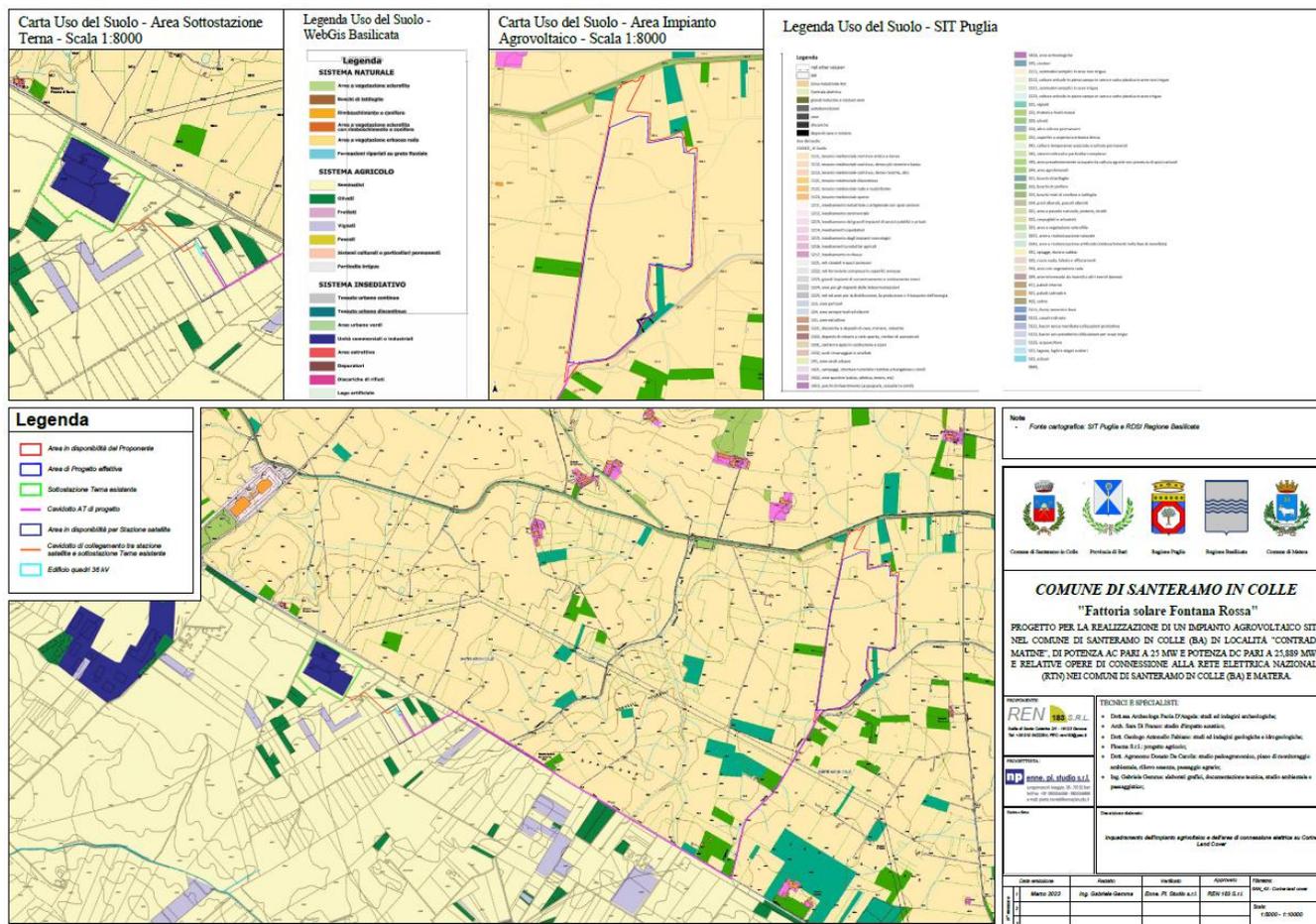


Figura 4 Carta d'uso del suolo - Corine Land Cover

4. INQUADRAMENTO CLIMATICO

Il territorio di Santeramo è caratterizzato da un clima submediterraneo, classificato come caldo e temperato con inverni piuttosto freddi ed estati calde ed asciutte. Considerando l'andamento termometrico degli ultimi decenni, la temperatura del mese più freddo (gennaio) è compresa tra un minimo di 3°C ad un massimo di 10,2°C, attestandosi mediamente intorno a 6,3°C. Al contrario, nel mese più caldo dell'anno (luglio), si registrano valori di temperatura compresi tra un minimo di 19,3°C ed un massimo di 30,4°C, per una media mensile pari a 25°C. Le precipitazioni annuali variano in media da 550 a 600 mm, con maggiore frequenza ed intensità nella stagione più fredda

e rari episodi (talvolta violenti) nei mesi estivi. In particolare, luglio ed agosto sono i mesi più secchi dell'anno (23 mm), mentre novembre è il mese in cui si registra la maggiore piovosità (74 mm). Nel periodo compreso tra dicembre e marzo si verificano abbondanti nevicate, in genere associata ad irruzioni di aria fredda proveniente dai quadranti nord-orientali.

Tabella 1 Data: 1991-2021 Temperatura minima (°C), Temperatura massima (°C), Precipitazioni (mm), Umidità, Giorni di pioggia, ore di sole. Fonte: Climate-data.org

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Avg. Temperature °C (°F)	6.3 °C (43.4) °F	6.7 °C (44.1) °F	9.5 °C (49.1) °F	12.8 °C (55) °F	17.3 °C (63.2) °F	22.2 °C (72) °F	25 °C (76.9) °F	24.9 °C (76.9) °F	20.1 °C (68.2) °F	16.1 °C (60.9) °F	11.7 °C (53.1) °F	7.7 °C (45.8) °F
Min. Temperature °C (°F)	3 °C (37.3) °F	3 °C (37.3) °F	5.3 °C (41.5) °F	8.1 °C (46.6) °F	12.2 °C (54) °F	16.7 °C (62.1) °F	19.3 °C (66.8) °F	19.5 °C (67.1) °F	15.8 °C (60.5) °F	12.4 °C (54.3) °F	8.4 °C (47.1) °F	4.5 °C (40.1) °F
Max. Temperature °C (°F)	10.2 °C (50.3) °F	10.8 °C (51.5) °F	14.1 °C (57.4) °F	17.6 °C (63.7) °F	22.4 °C (72.2) °F	27.4 °C (81.4) °F	30.4 °C (86.6) °F	30.5 °C (86.9) °F	24.9 °C (76.8) °F	20.5 °C (68.8) °F	15.6 °C (60) °F	11.2 °C (52.2) °F
Precipitation / Rainfall mm (in)	57 (2)	58 (2)	59 (2)	59 (2)	43 (1)	32 (1)	23 (0)	23 (0)	53 (2)	60 (2)	74 (2)	61 (2)
Humidity(%)	79%	76%	73%	69%	64%	55%	50%	53%	66%	76%	79%	81%
Rainy days (d)	7	7	7	8	6	4	3	4	6	6	6	7
avg. Sun hours (hours)	6.0	6.7	8.2	9.6	11.5	12.7	12.8	11.9	9.8	7.6	6.4	5.9

4.1. Fasce Bioclimatiche Pavari

L'area oggetto di intervento ricade in una zona climatica riconducibili al Lauretum freddo. Tale classificazione avviene sulla base di temperatura media annua, temperatura media del mese più freddo e temperatura media del mese più caldo, media dei minimi e dei massimi annui, distribuzione delle piogge, precipitazioni annue e precipitazioni del periodo estivo.

Per Lauretum freddo ci si riferisce ad una fascia intermedia, tra il Lauretum caldo e le zone montuose appenniniche più interne, nelle regioni meridionali; ma questa fascia si spinge anche più a nord lungo le coste della penisola (l'intero Tirreno e il mar Ligure a occidente e spingendosi fino alle Marche sull'Adriatico) interessando il territorio dal livello del mare fino ai 700-800 metri di altitudine sull'Appennino; inoltre si riferisce ad alcune ridotte aree influenzate dal clima dei grandi bacini lacustri prealpini (soprattutto il lago di Garda). Dal punto di vista botanico questa zona è fortemente caratterizzata dalla coltivazione dell'olivo ed è l'habitat tipico del leccio.

LE ZONE FITOCLIMATICHE ITALIANE

Zone fitoclimatiche secondo il Pavari

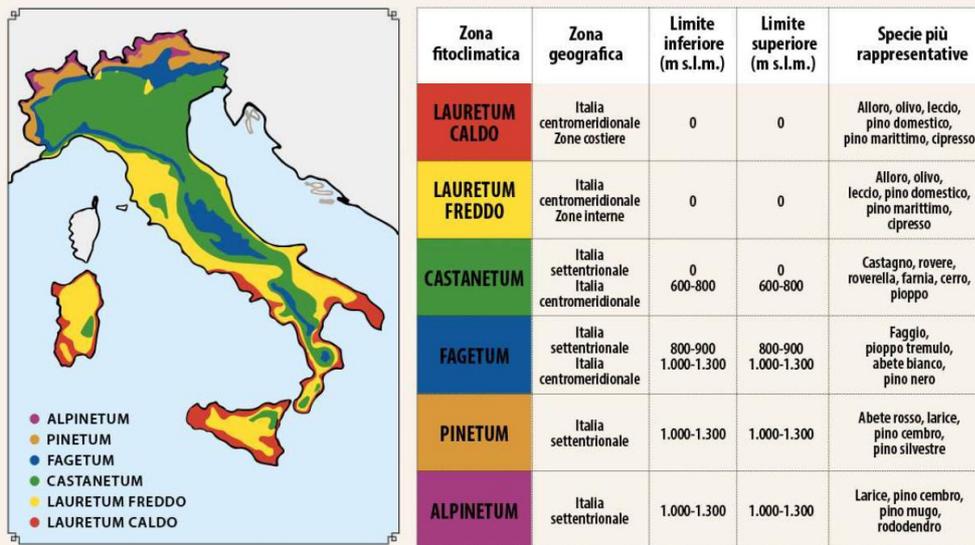


Figura 5 Zone fitoclimatiche Pavari

5. PEDOGENESI E CARATTERISTICHE DEL SUOLO

Il terreno o suolo è lo strato detritico superficiale delle terre emerse destinato ad ospitare le piante. Il terreno consente la vita delle piante in diversi modi: fornisce ossigeno per la respirazione delle radici, acqua, elementi nutritivi e supporto meccanico. Il fatto che il terreno fornisca un supporto meccanico per la vita delle piante è piuttosto ovvio, mentre è meno intuitivo il fatto che alcuni terreni possano offrire un supporto meccanico migliore di altri. Un supporto inadeguato può derivare dal fatto che i microrganismi patogeni del terreno attaccano le radici delle piante e le indeboliscono, o anche dalla presenza di un orizzonte argilloso al di sotto di uno superficiale sabbioso. In questo caso si forma solitamente un apparato radicale superficiale, a causa del fatto che le radici penetrano con difficoltà all'interno di strati argillosi, sia perché sono generalmente compatti (resistenza meccanica alla penetrazione delle radici), che perché spesso troppo ricchi di acqua (scarsa disponibilità di ossigeno).

In natura si distinguono:

- terreni senza vegetazione (litosuoli);
- terreni naturali, ossia con vegetazione naturale, che si formano in seguito al naturale disfacimento delle rocce ad opera degli organismi viventi e degli agenti climatici;
- terreni agrari, che si formano a partire da terreni naturali in seguito all'intervento agronomico dell'uomo e quindi sia per le azioni pedogenetiche naturali che per l'attività dell'uomo agricoltore. L'azione dell'uomo prevale, in genere, su quella del clima. Il terreno, sebbene sia il più persistente elemento degli ecosistemi e degli agroecosistemi, non è una entità statica, né omogenea. Deve essere considerato come una struttura dinamica in

continuo cambiamento, sia da un punto di vista chimico e fisico che dal punto di vista biologico.

Il suolo si forma a partire dalla disgregazione delle rocce. processo di alterazione denominato pedogenesi.

Le caratteristiche dei terreni rappresentano il riflesso delle condizioni del processo pedogenetico che ha portato alla loro formazione.

Il processo di formazione del suolo è distinto in due fasi:

1. L'alterazione della roccia: dovuta a processi fisici che suddividono i minerali primari in particelle più piccole, aumentandone la superficie specifica e dunque la suscettibilità all'azione chimica (alterazioni chimiche);
2. La formazione del suolo: i materiali che derivano dalla disgregazione della roccia sono localizzati in prossimità della superficie del terreno, e pertanto possono subire l'alterazione chimica e quella biologica da parte degli organismi viventi. Gli organismi terricoli e le radici delle piante contribuiscono attivamente alla pedogenesi accentuando fortemente l'alterazione chimica con la produzione di CO₂ e acidi organici, con l'ossidazione microbica di Fe, Mn ecc., e con le loro spoglie.

I minerali originari possono essere alterati e formare in questo modo i minerali secondari che, a loro volta, possono essere ulteriormente modificati in un continuo processo di trasformazione. Il suolo non è perciò un'entità statica, ma dinamica.

Il terreno che man mano si forma può rimanere sul posto (terreni autoctoni), o essere asportato, trasportato e depositato altrove (terreni alloctoni) ad opera dell'acqua, del vento, della gravità, dei ghiacciai. L'azione di trasporto dell'acqua è certamente la più importante, in quanto nei terreni inclinati la pedogenesi è continuamente disturbata dai processi erosivi che, attraverso il ruscellamento, portano verso valle i materiali più fini man mano che questi si formano. Questi materiali possono andare a finire in mare o depositarsi nelle valli e nelle pianure dando origine ai terreni alluvionali.

Nel caso specifico di Santeramo in Colle, il territorio è attraversato da Nord a Sud dalle Murge, un altopiano costituito da formazioni di roccia calcarea.

Le Murge costituiscono una subregione pugliese-lucana piuttosto estesa, corrispondente ad un altopiano carsico di origine tettonica e di forma quadrangolare situato tra la Puglia centrale e la Basilicata nord-orientale.

Il territorio dell'altopiano delle Murge comprende la città metropolitana di Bari e la provincia di BAT (Barletta-Andria-Trani) e si estende ad occidente fino ad arrivare alla provincia di Matera, in Basilicata; inoltre, si prolunga verso sud nelle province di Taranto (Murge tarantine) e, marginalmente, di Brindisi (Murge brindisine).

Santeramo in Colle ricade nella cosiddetta Murgia Barese, che si estende a sud, ad est e a nord della città di Bari, includendo anche i centri di Gravina, Altamura, Acquaviva delle Fonti, Cassano delle Murge, Sammichele di Bari, Sannicandro di Bari, Bitonto, Palo del Colle, Turi, Toritto, Noci, Grumo Appula, Corato, Ruvo di Puglia, Andria, Minervino Murge, Spinazzola, Poggiorsini, Gioia del Colle, Putignano e Castellana Grotte.

In questi territori si osservano vistosi fenomeni di carsismo, tanto ipogei quanto superficiali, come doline (le più grandi delle quali sono localmente dette “puli”, come quelle di Gravina e di Altamura, o se di dimensioni inferiori, “pulicchi”), inghiottitoi, lame e grotte. Altra caratteristica tipica del territorio murgiano è rappresentata dalle gravine, formazioni carsiche generatesi nel corso del tempo grazie agli spostamenti tettonici, i quali, a loro volta, hanno permesso l'emersione dell'intera Puglia dai fondali marini.

Analoghe incisioni del terreno, costituite da pareti meno aspre ed accidentate, vengono invece definite “lame”, ossia i tratti iniziali o terminali di una gravina. Si definiscono “lame” i solchi erosivi poco profondi, tipici del paesaggio pugliese, in cui corsi d'acqua effimeri convogliano le acque meteoriche dall'altopiano della Murgia verso il mare. Manca però in quest'area della regione qualsiasi corso d'acqua di superficie a carattere permanente, eccezion fatta per la sorgente del Canale Reale; mentre è presente un'intensa circolazione idrica sotterranea, costituita da falde profonde e piccole falde superficiali, da tempo sfruttate a scopi irrigui mediante numerosi pozzi, “pile” (cisterne) e norie.

La natura dei suoli vede, nelle campagne della Murgia Barese, una dominanza di terreni marroni, con sfumature dal marrone chiaro al marrone scuro; terreni rossi veri e propri e terreni grigi con sfumature dal grigio chiaro al grigio scuro; mentre sono assenti o molto rari i terreni neri e biancastri. L'appezzamento in oggetto mostra caratteristiche macroscopiche omogenee. In particolare, si tratta di terreno di colore marrone scuro, profondo, ben strutturato e drenante.



Figura 6 Valutazione macroscopica durante il sopralluogo del 06.09.2022

L'altitudine media dell'area misura un'altimetria variabile da 360 a 370 m s.l.m. ed il terreno presenta una giacitura prevalentemente pianeggiante, con alcune zone caratterizzate da una lieve pendenza, comunque non superiore al 1% circa.

6. L'AGRICOLTURA DELL'ALTA MURGIA PUGLIESE

I comuni dell'Alta Murgia oggi detengono circa 208.610,28 ha di superficie agricola totale (SAT), di cui il 95% (198.491,91 ha) di superficie agraria utilizzata (SAU), percentuale più elevata rispetto alla media che si registra a livello regionale e provinciale.

Il seminativo è praticato sul 54% della SAU complessiva e oltre i due terzi (72.857,10 ha) sono utilizzati per la coltivazione di cereali per la produzione di granella, in particolare frumento duro della varietà Cappelli. Laddove presente, il grano è alternato in rotazione biennale con le foraggere oppure è consociato all'uliveto estensivo. Le foraggere avvicendate e le leguminose destinate alla zootecnia (erba medica, favino, loietto, trifoglio, veccia) si estendono su 13.685,56 ha, quasi pari al 13% delle superfici vocate al seminativo. Nei canali seminativi sono diffuse anche le colture dell'avena e dell'orzo ad uso zootecnico.

Le coltivazioni ortive, invece, sopravvivono su pochi appezzamenti che, di rado, arrivano a superare i 10 ha. In ultimo, si riscontra la presenza di 6.871,00 ha di terreni a riposo e di altre coltivazioni estese su 730,59 ha. Nel corso degli anni, la totale meccanizzazione delle lavorazioni ha sottratto alla cerealicoltura i terreni più acclivi su cui di recente sono stati operati diffusi interventi di conversione in uliveto specializzato. Le coltivazioni legnose agrarie rappresentano la seconda classe di uso del suolo dell'Alta Murgia (67.641,96 ha, pari al 34% della SAU complessiva). La coltivazione arborea specializzata è sviluppata intensivamente attorno ai centri urbani, nelle zone di transizione verso differenti sistemi agricoli ed in alcune frange più scoscese del territorio. La coltura sovrana è certamente l'ulivo (51.481,46 ha pari a tre quarti delle superfici a colture legnose, cultivar Coratina, Ogliarola Barese e Leccina) combinato anche in promiscuo estensivo con il seminativo e con il pascolo o in promiscuo intensivo con il mandorlo nelle zone periferiche. La superficie a vigneto (8.892,57 ha, 13% dei suoli a colture legnose), invece, ha vissuto vicende alterne nel corso degli anni: gli impianti di vigneti di uva da tavola a tendone hanno soppiantato quelli di uva da vino in gran parte del territorio, seguendo il trend dell'area ofantina.

Il pascolativo, concentrato nell'area murgiana a fondo calcareo, copre 24.154,18 ha (12% SAU totale). I prati naturali, destinati quasi esclusivamente all'allevamento ovino, sono ubicati sui terreni a quota più elevata e su quelli maggiormente scoscesi e pietrosi dell'altopiano: si tratta infatti di pascolo polifita o su roccia. Al pascolo sono destinati anche i foraggi sfalciati. Varie sono le forme in cui l'allevamento è attualmente praticato dalle aziende zootecniche dell'Alta Murgia:

estensivo, semi-estensivo o intensivo per ovini e caprini, semi estensivo o stabulare per i bovini, semi-estensivo per gli equini. Sono circa 800 le aziende zootecniche, di queste, circa il 40% pratica l'allevamento ovino, con quasi 67.000 capi (di cui la metà è concentrata tra Altamura e Santeramo), con un valore medio di poco superiore ai 200 capi per azienda.

7. STATO DEI LUOGHI: COLTURE PRESENTI E VEGETAZIONE SPONTANEA

L'area interessata dalla realizzazione del progetto si estende per una superficie complessiva di ha 32.04.88, unico corpo fondiario di forma piuttosto regolare.

L'appezzamento alla data del sopralluogo (06.09.2022) si presentava coltivato a mais in aridocoltura.



Figura 7 Mais alla data del sopralluogo avvenuto il 06.09.2022

L'area circostante il progetto conferma l'indirizzo agricolo generale tipica del territorio ovvero seminativo coltivato a foraggio o erbacee da granella. Per poter valutare lo stato di fatto del terreno anche a livello microscopico, sono state effettuate delle analisi chimico-fisiche del suolo su un campione di terreno prelevato in data 06 settembre 2022.

Ogni terreno ha caratteristiche proprie ed una specifica dotazione in elementi minerali e sostanza organica. Ogni pianta ha le proprie esigenze nei diversi periodi di sviluppo e risente dell'andamento climatico. Quindi la formulazione del piano nutrizionale è necessariamente specifica per ciascun sistema terreno-pianta-clima. La concimazione razionale, cioè quella che permette di impiegare al meglio i fattori produttivi, deve tener conto di questa specificità.

Usando la dose di fertilizzante ottimale per le esigenze delle piante, si evitano prima di tutto conseguenze negative per l'ambiente oltre che perdite economiche talvolta significative, infatti, se somministriamo il fertilizzante e subito assorbito o trattenuto dalle piante, allora non viene lasciato libero di essere dilavato o trascinato verso le falde freatiche per percolazione. In questo modo quindi si riducono i rilasci di nutrienti, azoto in particolare, che possono deteriorare la qualità delle acque e causare fenomeni di eutrofizzazione. Con l'analisi chimico-fisica del terreno e la successiva interpretazione agronomica dei risultati si possono individuare le dosi ottimali ed il tipo di fertilizzante da impiegare per produrre meglio, risparmiare e non provocare danni ambientali.

L'applicazione di questa procedura diventa più semplice ed immediata con l'utilizzo di software per l'elaborazione ed interpretazione dei risultati, che comunque non possono mai sostituire l'esperienza e la conoscenza dei tecnici del settore.

7.1. Costituenti fisici del terreno

La frazione minerale del terreno costituisce in media il 95-98% del peso secco del terreno; in condizioni di campo rappresenta il 40% circa del volume del suolo, mentre il rimanente è occupato da acqua, aria e sostanze organiche. Si può dire che essa costituisca il supporto per tutti i processi fisico-chimici e biologici che avvengono nel terreno.

È importante, dal punto di vista agronomico, sapere come queste particelle che compongono il suolo, interagiscono fra loro per formare aggregati più o meno voluminosi e compatti. La struttura, cioè l'organizzazione di questi aggregati nel terreno, condiziona in particolare la macro e la microporosità, quindi l'aerazione (macropori) e la capacità di ritenzione idrica (micropori) del suolo, da cui dipendono tutte le attività biologiche e il grado di lisciviazione del profilo.

È così, dunque, influenza sia l'ambiente fisico in cui si sviluppano le piante, sia i processi connessi alla disponibilità di elementi nutritivi, il loro trasporto o immobilizzazione e il chimismo degli elementi tossici.

Le analisi di laboratorio prevedono la determinazione della composizione granulometrica e la conseguente interpretazione volta alla definizione della struttura del terreno e alla misura della sua stabilità.

Il suolo in oggetto mostra caratteristiche macroscopiche omogenee. In particolare, si tratta di terreno di colore marrone scuro, profondo, ben strutturato e drenante.

Il rapporto analitico del suolo in oggetto mostra un terreno sciolto e profondo che possiamo definire argilloso-sabbioso e una bassissima predisposizione alla compattazione.

Di seguito l'analisi granulometrica:



Figura 8 Fertilità fisica del suolo interessato dal progetto agricolo



Figura 9 Valutazione visiva del terreno e dello stato idrico al momento del sopralluogo

7.2 Fertilità

Tra i primi elementi che ci ritroviamo ad interpretare in un rapporto analitico del suolo abbiamo il pH e la conducibilità elettrica.

Il pH del terreno influenza notevolmente l'attività microbiologica, la disponibilità di elementi minerali e l'adattabilità delle varie specie vegetali. La maggior parte dei batteri, da cui dipendono azotofissazione, nitrificazione, alcuni processi di decomposizione della sostanza organica,

prediligono un ambiente sub-acido o leggermente alcalino (pH 6,8÷7,2); lo scostamento da tali condizioni si ripercuote sia sulla disponibilità di elementi nutritivi sia sul processo di umificazione. I funghi risultano favoriti dall'ambiente acido ed in queste condizioni assicurano la demolizione dei composti organici.

Il pH del terreno condiziona la solubilità dei vari elementi minerali determinando il loro accumulo in forme più o meno disponibili per le piante o la loro lisciviazione verso gli strati più profondi. La conoscenza del pH fornisce quindi indicazioni relative alla disponibilità di elementi minerali nella soluzione del terreno sia provenienti dalla decomposizione dei minerali di origine che dai fertilizzanti distribuiti. Il caso più conosciuto ed importante per la fertilità del suolo è quello relativo al fosforo; nel terreno esso si trova sotto forma di fosfati scarsamente solubili. La loro solubilità dipende dal pH: se la reazione è acida sono presenti fosfati di ferro ed alluminio la cui solubilità aumenta col pH, se è basica sono presenti fosfati di calcio la cui solubilità diminuisce all'aumentare del pH; il risultato è una maggior solubilità dei fosfati e quindi del fosforo a pH intorno alla neutralità

La conducibilità elettrica ci indica invece sali solubili presenti nel terreno, siano essi derivati dal suolo stesso, dalle acque di falda o di irrigazione o dalle concimazioni, sono indispensabili per la nutrizione delle piante, ma la loro concentrazione deve essere contenuta entro certi valori. Elevate concentrazioni saline possono, a seconda della specie ionica presente, provocare squilibri nutrizionali, effetti di tossicità per le piante, danni alla struttura del terreno e, in certi casi, modifiche del pH.

A parte queste situazioni estreme, un aumento di salinità determina, in generale, un incremento della tensione della soluzione circolante che a sua volta provoca una maggiore difficoltà ad assorbire acqua ed elementi minerali da parte delle piante: tale fenomeno dipende non tanto dal contenuto in sali solubili, quanto dalla pressione osmotica da essi esercitata. La conducibilità elettrica dell'estratto saturo del terreno, o in alternativa di sospensioni suolo/acqua in diversi rapporti, essendo strettamente proporzionale alla pressione osmotica, è un indice efficace e di facile utilizzo per la diagnosi di salinità. Non è sufficiente considerare la concentrazione di sali solubili per conoscere l'effetto negativo indotto sulle piante dall'aumento della pressione osmotica in quanto bisogna tener conto, a parità di contenuto salino, anche della differente capacità di ritenzione idrica dei terreni, aspetto in grado di regolare la concentrazione salina e la pressione osmotica della soluzione del suolo.

Componente importante per l'interpretazione della fertilità è il calcare attivo.

Per calcare totale si intende la componente minerale del terreno costituita prevalentemente da carbonati di calcio, magnesio e sodio. La presenza di calcare nel suolo, entro certi limiti, è da considerarsi positiva per la funzione nutrizionale esplicata dal calcio nei riguardi delle piante e per gli effetti favorevoli sulla struttura e sulla mineralizzazione delle sostanze organiche. Quando però esso è presente in quantità eccessive e soprattutto in forme mineralogiche molto attive, si possono manifestare i tipici inconvenienti dei terreni “costituzionalmente alcalini”

La conoscenza del contenuto in calcare totale non dà però precise indicazioni riguardo alla sua reale capacità di indurre effetti indesiderati; nel suolo infatti la possibilità che i vari componenti siano coinvolti in processi chimici dipende soprattutto dal grado di finezza delle loro particelle. Per ovviare a questo limite viene determinato il calcare attivo che rappresenta il calcare presente in forme più finemente suddivise e quindi più idrolizzabili e solubili. Il contenuto in calcare totale condiziona, tanto quanto l'argilla, la velocità di degradazione della sostanza organica del terreno; maggiore è la quantità di calcare presente e maggiore è l'inerzia del terreno nei confronti dei processi di trasformazione dei composti organici. La velocità di questo processo viene descritta dal coefficiente di mineralizzazione.

Fondamentale è poi la conoscenza delle componenti e del ciclo della sostanza organica del suolo. La frazione organica nei terreni agrari rappresenta in genere l'1-3% della fase solida in peso, mentre è il 12-15% in volume; ciò significa che essa costituisce una grossa parte delle superfici attive del suolo e quindi ha un ruolo fondamentale sia per la nutrizione delle piante che per il mantenimento della struttura del terreno.

Nei terreni naturali la concentrazione di sostanza organica rinvenibile nei suoli è anche sensibilmente più elevata e si attesta spesso tra il 5 ed il 10%; il terreno è uno dei grandi serbatoi di carbonio del globo terrestre e tutte le tecniche di gestione del suolo che riducono l'ossidazione e mineralizzazione della sostanza organica contribuiscono a ridurre l'emissione di anidride carbonica in atmosfera e quindi le conseguenze negative legate all'effetto serra. Questo ruolo del suolo oltre che delle biomasse vegetali è riconosciuto dal Protocollo di Kyoto per il quale la conservazione e l'aumento delle riserve di carbonio organico del suolo costituiscono una delle priorità da perseguire.

I processi che regolano l'evoluzione della sostanza organica sono alquanto complessi ma riconducibili a reazioni di tipo “costruttivo” (umificazione), che portano alla formazione dell'humus, e di tipo “distruttivo”

(mineralizzazione) che danno come risultato la disgregazione della sostanza organica ed il rilascio di elementi minerali.

L'importanza della sostanza organica del terreno è legata all'elevato numero di funzioni nutrizionali e strutturali che essa svolge nel sistema suolo-pianta:

1. La mineralizzazione della sostanza organica genera il rilascio degli elementi in essa contenuti come azoto, fosforo, potassio, magnesio, calcio, ecc.; questi possono venire assorbiti ed utilizzati dalla pianta;
2. Alimenta alcune classi di microrganismi importanti per la fertilità del suolo;
3. trasporta alcuni microelementi quali ferro, boro, manganese, zinco, rame e di fosforo, e fa in modo che questi siano disponibili per le radici delle piante;
4. alcune sostanze organiche sono esse stesse assorbite dalle piante in cui svolgono funzioni ormonali favorendo lo sviluppo di alcuni tessuti vegetali;
5. costituisce gran parte del complesso di scambio, cioè di quelle superfici del terreno in grado di trattenere gli elementi nutritivi e di impedirne il dilavamento;
6. Forma con le argille degli aggregati stabili detti complessi umo-argillosi che sono in grado di dare maggior struttura al terreno;
7. nei terreni sabbiosi aumenta la capacità di ritenzione idrica, impedendo il dilavamento dei nutrienti;
8. nei terreni limosi evita la formazione di croste superficiali o di suole di lavorazione ed altri strati impermeabili;
9. nei terreni argillosi contrasta i fenomeni di compattamento, di crepacciatura estiva, di erosione nei terreni declivi.

Fra gli elementi che la pianta assorbe con le radici l'azoto è quello più comune in tutti i terreni, acidi e alcalini; le forme chimiche più semplici in cui esso è presente sono gli ioni ammoniacale e nitrico. Soprattutto il primo è in grado di formare legami forti con i composti organici e partecipa alla sintesi di sostanze complesse, come proteine ed acidi nucleici, presenti in notevole quantità anche nel terreno. Nel terreno il 97-99% dell'azoto totale è costituito da azoto organico, mentre il rimanente è presente in forma ammoniacale e nitrica. Le piante utilizzano prevalentemente l'azoto inorganico, soprattutto quello nitrico; una volta assorbito questo viene riorganizzato per formare nuovi tessuti vegetali. Il ciclo dell'azoto, che coinvolge tutte le forme viventi, ha il suo ambiente chiave nel terreno, in quanto è proprio in questo ecosistema che hanno luogo i due principali processi che regolano la trasformazione dell'azoto in forme più o meno disponibili: la mineralizzazione, cioè la distruzione di strutture complesse fino ai composti più semplici, e l'immobilizzazione, cioè l'utilizzazione delle forme semplici per la sintesi di sostanze complesse. I principali artefici ed agenti di questi processi sono i microrganismi ed in particolare i batteri;

dalla loro attività, e dal prevalere delle specie che operano l'uno o l'altro processo, dipende la presenza nel terreno di azoto disponibile.

Oltre l'azoto, anche il fosforo viene tradizionalmente incluso tra i macroelementi, pur essendo contenuto nelle piante in quantità molto più modeste dell'azoto, del potassio e del calcio.

Esso però, da quando la pratica della nutrizione minerale si è diffusa in agricoltura, è sempre stato considerato elemento fondamentale per il mantenimento di un buon livello di fertilità. Ciò è conseguenza della sua scarsa mobilità nel terreno e dell'insolubilizzazione cui va facilmente soggetto nei terreni non neutri; tali condizioni possono renderlo un fattore limitante per un ottimale sviluppo delle piante. Le forme fosfatice presenti nel suolo sono molto stabili; la velocità con cui il fosforo viene immobilizzato in forme insolubili dipende da fattori diversi, quali il pH del suolo, il contenuto in calcio, ferro ed alluminio, la quantità ed il tipo di argilla e di sostanza organica. Il fosforo infatti si trova nel terreno come fosfati minerali, in particolare di ferro, alluminio e calcio la cui presenza relativa dipende da un equilibrio regolato dal pH del suolo, oppure in forma di fosforo organico presente nei residui animali e vegetali e che viene mineralizzato gradualmente. L'influenza del pH è funzione dei fenomeni di insolubilizzazione a cui il fosforo va soggetto: a pH inferiori a 6 prevale la formazione di fosfati di ferro ed alluminio insolubili e stabili, mentre a pH superiori a 7 prevalgono per stabilità i fosfati di calcio altrettanto insolubili. La forma solubile del fosforo, e quindi assimilabile dalle piante, è quella dello ione ortofosfato, dotato di carica negativa; la reattività di questo ione con la matrice minerale del suolo è piuttosto complessa poiché dipende dalla natura ed estensione delle superfici, dalla quantità e natura degli altri ioni disciolti, dalla temperatura, dal pH e dal contenuto in acqua.

Altro fattore importante per la fertilità del suolo è rappresentato dagli elementi scambiabili del suolo (potassio, magnesio e calcio).

Per elementi scambiabili del terreno si intendono quegli elementi chimici che in notevole quantità interagiscono, con un legame di tipo ionico, con le superfici delle particelle organiche e minerali del suolo; poiché le cariche presenti su queste superfici sono negative per i pH più comuni del suolo, tra valori di 5 e 8,5, questi elementi sono dei cationi, cioè ioni con carica positiva.

Il più presente è il calcio, seguito da magnesio e potassio in quantità simili, mentre il sodio si trova quasi sempre a basse concentrazioni; la presenza di quest'ultimo in quantità elevate può causare perdita di fertilità (suoli salini-alcalini). Altri elementi con carica positiva e quindi scambiabili (ferro, manganese, zinco, rame ed altri metalli) sono presenti in quantità molto inferiori e quindi considerati microelementi. Questi elementi nel suolo si trovano, come detto, legati alle superfici con carica negativa, quindi colloidali organici ed argillosi; essi si scambiano tra loro, in rapporti che dipendono dal prevalere dell'uno o dell'altro catione, in forma dinamica, dando origine a fenomeni

di continuo rilascio nella soluzione del suolo. La presenza di queste sostanze che hanno una superficie esterna con carica negativa genera quindi fenomeni di scambio con la soluzione del suolo la cui intensità si misura mediante la Capacità di Scambio Cationico (CSC); maggiore è questa capacità e maggiore è la quantità di potassio, magnesio e calcio scambiabile presente nel terreno. Poiché potassio, magnesio e calcio, insieme al sodio meno presente, costituiscono la grande maggioranza dei cationi presenti nei suoli neutri ed alcalini, la somma delle loro forme scambiabili corrisponde alla CSC del suolo.

In funzione della loro disponibilità ad essere assorbiti dalle colture le forme presenti nel suolo possono distinguersi in:

1. non disponibile: se costitutiva dei minerali primari per cui deve sottostare a processi di lungo termine per trasformarsi in forme disponibili;
2. poco disponibile: se fissato negli interstrati dei minerali argillosi, costituisce una riserva di potassio nel suolo perché in diretta relazione col potassio scambiabile; la sua disponibilità dipende dal tipo di piante presenti e dall'entità delle forme scambiabili e solubili
3. disponibile: se in forma scambiabile o solubile

La conoscenza delle relazioni fra queste frazioni è più importante della conoscenza di ciascuna di esse presa singolarmente. Ogni suolo è dotato di un "potere tampone", consistente nella capacità di ricostituire la forma solubile partendo da quella scambiabile, e parallelamente nella capacità di trasformare la forma solubile in scambiabile.

Di seguito il risultato analitico e l'interpretazione su una scala di riferimento del suolo in oggetto:

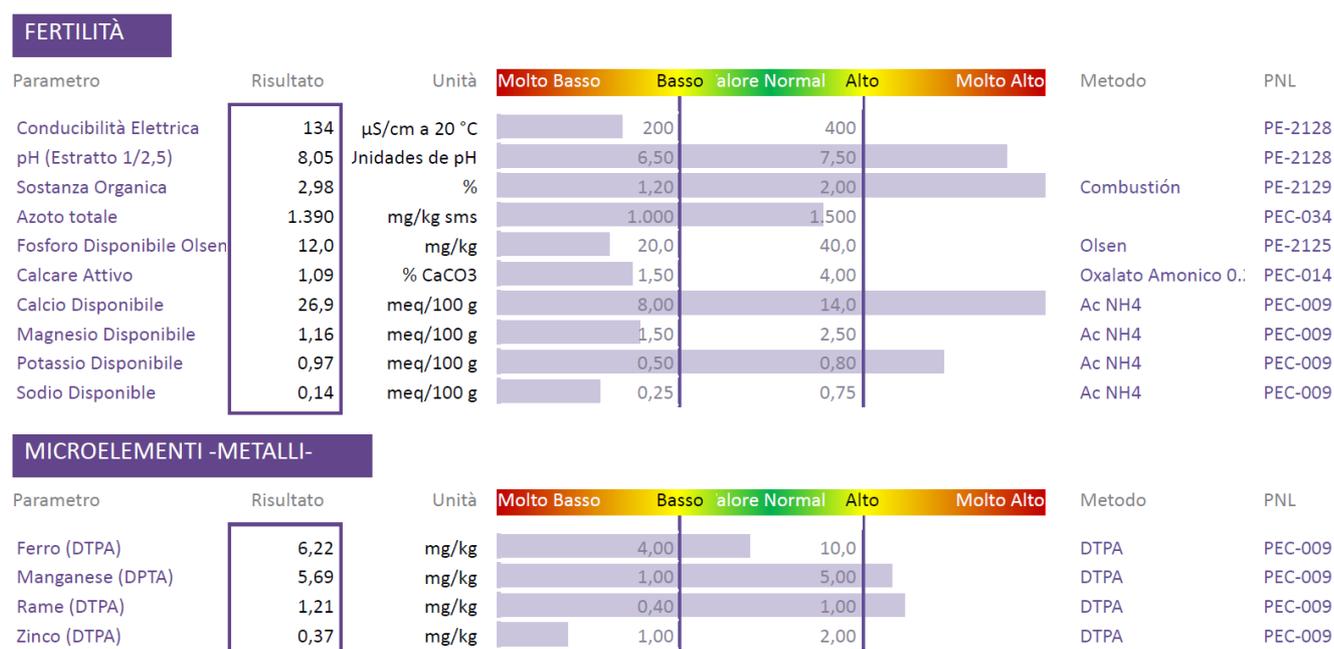


Figura 10 Report analitico ed interpretazione dei principali fattori della fertilità

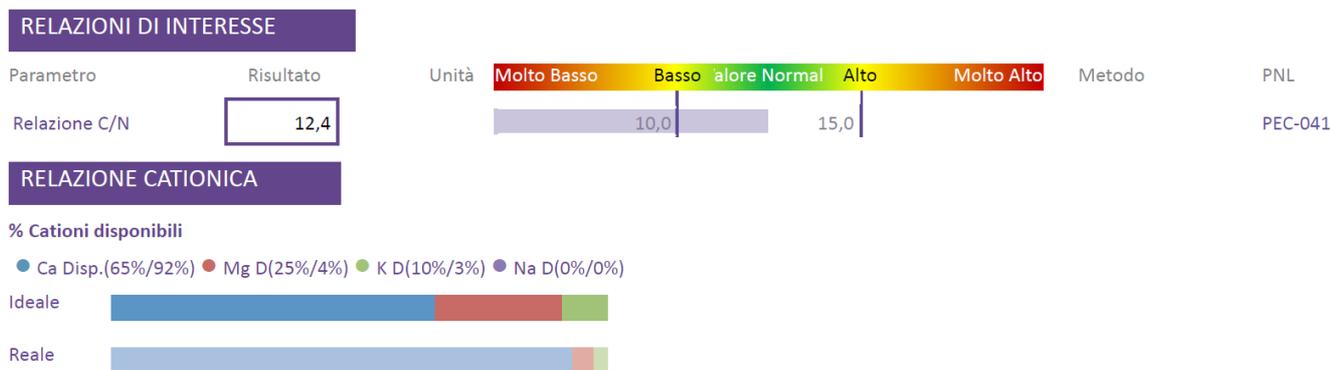


Figura 11 Report analitico ed interpretazione dei principali fattori della fertilità

Come si può evincere dai risultati analitici, il dato del pH unitamente a quello del carbonato di calcio, del magnesio e del sodio, ci indica che il terreno è calcareo con un'ottima dotazione di calcio disponibile, poco salino. Nonostante una buona dotazione di microelementi ci si deve aspettare una scarsa disponibilità di quest'ultimi, proprio a causa del pH alcalino. Magnesio, potassio e fosforo sono molto bassi, situazione di cui si dovrà tenere conto nelle concimazioni di presemina e nella scelta della natura del concime proprio perché siamo in presenza di un pH che potrebbe causare la retrogradazione del fosforo con formazione di fosfati insolubili, un aumento della quantità di calcio a livelli da indurre antagonismi con magnesio e potassio, come evidenziato dalla relazione di scambio cationico e un aumento della disponibilità di molibdeno.

Importante notare la buona dotazione di azoto totale e soprattutto di sostanza organica per tutte le funzioni anteriormente elencata.

Ci troviamo, inoltre, in un terreno ben drenato come indicato dalla relazione C/N pari a 12,4 che ci suggerisce una buona equivalenza tra processi di mineralizzazione e sintesi e la presenza di sostanza organica ben umificata e quantitativamente abbastanza stabile nel tempo in quanto il rilascio dell'azoto e la sua riorganizzazione risultano in equilibrio.

8. PROGETTO DI SVILUPPO AGRICOLO AZIENDALE

La proposta progettuale prevede l'associazione tra la tecnologia fotovoltaica e coltivazione del terreno agrario libero tra le file dei tracker, negli spazi liberi interni ed esterni all'area di progetto, e nell'area sottostante ai tracker.

Il layout del progetto prevede l'installazione di file di pannelli posizionati su tracker monoassiali disposti sull'asse Nord-Sud, orientabili sull'asse Est-Ovest. I tracker saranno installati in file parallele, e saranno posizionati con "pitch distance" (distanza dall'interasse dei tracker) pari a 9,50 metri.

Per gli spazi disponibili bisognerà porre maggiore attenzione nella scelta delle macchine operatrici trainate che esigono maggiori spazi di manovra ma il mercato delle macchine agricole offre alternative idonee alle esigenze del progetto.

Considerato che i trackers nell'arco della giornata si muoveranno inseguendo la traiettoria del sole in posizioni di massima intercettazione della luce (perpendicolare rispetto al sole), la superficie utilizzabile ai fini agricoli sarà costituita:

1. dall'interfila larghezza pari a 6,79 m (pari a circa 20,90 ettari)
2. La fascia agricola corrispondente alla zona sottesa dai tracker pari a circa 6,95 ettari
3. Superficie agricola destinata ad impollinazione di circa 2.570 mq;
4. Superficie agricola esterna alla recinzione e fascia di mitigazione di circa 1,93 ettari destinati alla coltivazione di olivo var. Favolosa (FS17).

La maggiore disponibilità di irraggiamento per le colture da reddito poste sull'interfila corrisponde alle ore 12, momento in cui i trackers si trovano in posizione orizzontale rispetto al suolo.

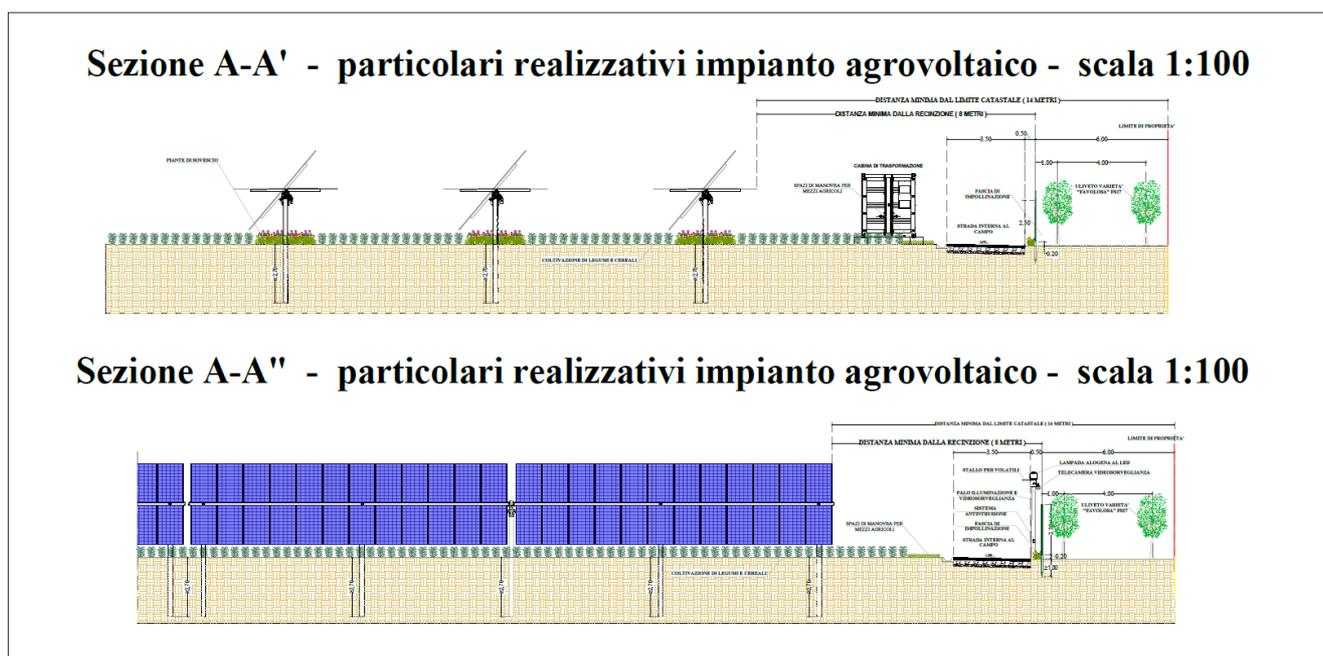


Figura 13 Particolari realizzativi impianto agrovoltaico

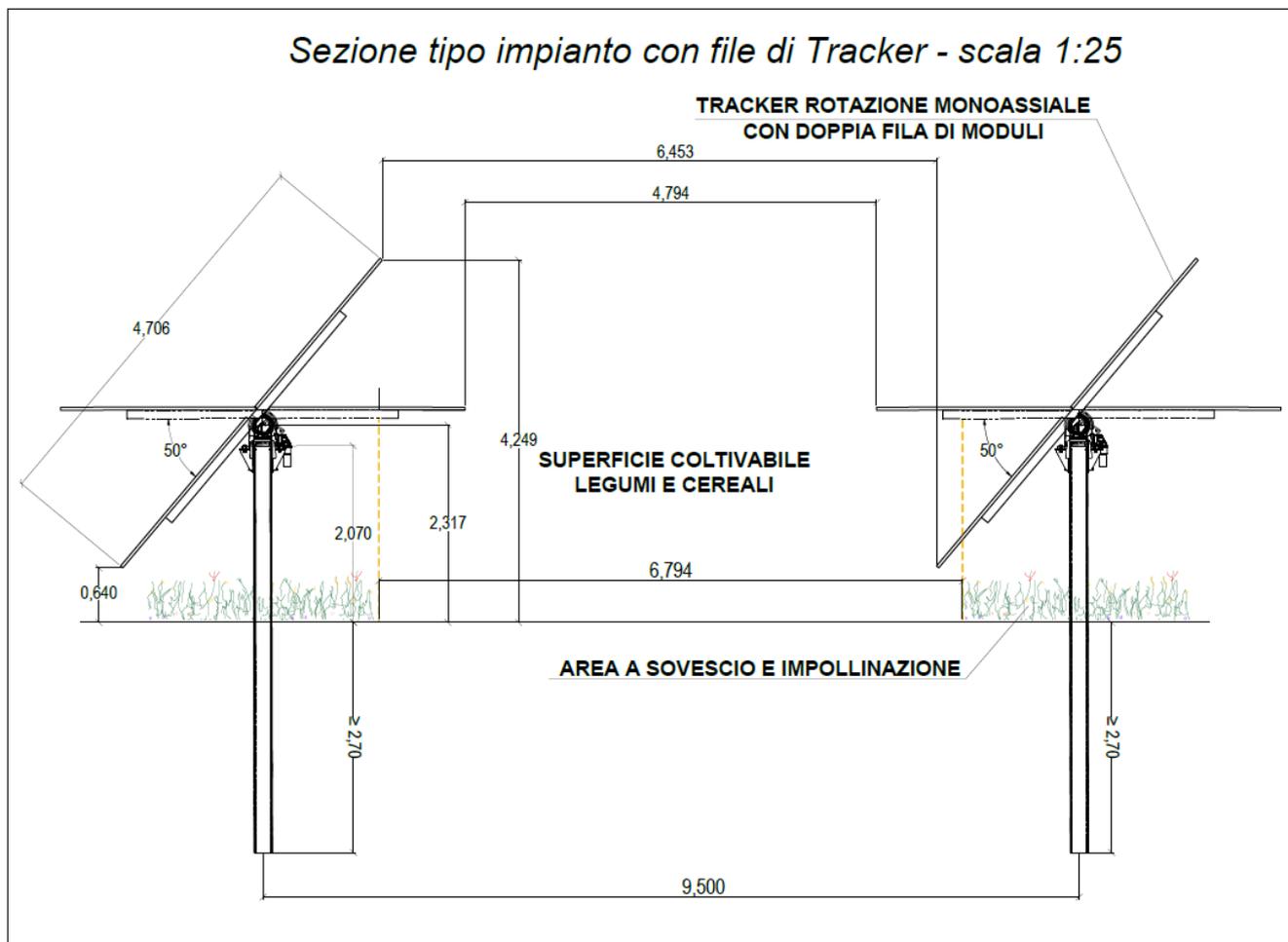


Figura 14-Sezione tracker

Tabella 2 Sintesi della suddivisione della superficie totale del progetto agricolo

	SUPERFICIE	ha. are. ca
a	Interna alla recinzione: interfila destinata cereali, leguminose,	20.91.45
b	Ulteriore area interna alla recinzione: sottostante ai tracker destinata a sovescio	06.95.57
c	Fascia impollinazione	00.25.70
d	Esterna alla recinzione destinata ad olivo	01.93.18
e	Esterna alla recinzione con le medesime coltivazione dell'area interna (parcella sperimentale)	01.00.00
	TOTALE SUPERFICIE AGRICOLA PRODUTTIVA (a)	20.91.45
	SUPERFICIE TOTALE (a+b+c+d+e)	31.05.90

La **SAU** (Superficie Agricola Utilizzata) per realizzare le coltivazioni di tipo agricolo, che include seminativi, prati permanenti e pascoli, colture permanenti e altri terreni agricoli utilizzati ed esclude quindi le coltivazioni per arboricoltura da legno e le superfici a bosco naturale, le superfici delle colture intercalari) sarà pari al 71,87% della superficie totale del sistema agrivoltaico (S_{tot}), ovvero l'area che comprende la superficie utilizzata per coltura e/o zootecnia e la superficie totale su cui insiste l'impianto agrovoltaico

$$\frac{\text{Superficie Agricola produttiva}}{\text{Superficie totale di progetto}} \times 100 = \frac{209.145}{291.000} = 71,87\% > 70\% \text{ (Come indicato dal criterio A, parametro A1)}$$

Utilizzando inseguitori solari monoassiali, una fascia d'ombra si sposta con gradualità da ovest a est lungo l'intera superficie del terreno. Come conseguenza non ci sono zone sterili per la troppa ombra e nemmeno zone bruciate dall'eccessiva esposizione solare, generando condizioni microclimatiche favorevole alle coltivazioni agricole specialmente nei climi meridionali, al contrario di quanto accade nel fotovoltaico tradizionale (pannelli rivolti verso sud), dove l'ombra si concentra in corrispondenza all'area coperta dai pannelli.

8.1. Programma culturale

Sulla base delle caratteristiche pedo-climatiche del luogo, delle caratteristiche specifiche dell'area di progetto, dello stato dei luoghi e delle analisi del suolo, sono state scelte alcune specie da utilizzare.

Il progetto agricolo propone una rotazione triennale con tre specie erbacee annuali diverse: cece, grano duro e cima di rapa che si alterneranno sull'area agricola interna al progetto e dunque su una superficie agricola di circa 21 ettari, mentre per la superficie sottesa ai tracker è prevista la semina alternata di facelia e trifoglio incarnato.

La scelta di questa tipologia di rotazione e consociazione risiede nel fatto che la specializzazione dei sistemi agricoli, spesso caratterizzati da monoculture con ricorso eccessivo a mezzi meccanici, chimici ed energetici, comporta importanti conseguenze sulla sostenibilità delle filiere agroalimentari e sulla sostenibilità ambientale, aumentando il rischio economico degli agricoltori nel lungo periodo. In questo contesto, la comunità tecnico-scientifica concorda largamente sull'impatto positivo delle pratiche a basso input e della diversificazione culturale, attraverso rotazioni, colture intercalari, consociazioni.

Con il termine "rotazione culturale", si intende una successione di colture diverse tra di loro sullo stesso appezzamento, la quale prevede il ritorno dopo un certo numero di anni o un certo numero di cicli della coltura iniziale (cioè quella che ha aperto la rotazione).

La funzione principale di questa pratica agronomica, è quella di ricostituire e mantenere la fertilità del suolo che si è perduta nel corso del tempo, con la pratica della monocultura perpetuata sullo stesso appezzamento.

Si potrebbe dire che le rotazioni o l'avvicendamento è, per le coltivazioni erbacee, il primo e più determinante indicatore di buona pratica, perché alla rotazione sono strettamente collegate molte implicazioni, per altro correlate al contributo che un'agricoltura sostenibile può dare al contrasto ai cambiamenti climatici.

L'avvicendamento influenza:

- gestione del suolo: nel senso più ampio del termine e cioè: stabilità, copertura e fertilità, collegate agli apparati radicali, alle esigenze nutrizionali e alla tecnica colturale delle diverse colture;
- controllo delle infestanti: l'efficacia di qualsiasi intervento diretto, è in rapporto all'azione rinettante dell'avvicendamento; più alta è la diversificazione e minore è la specializzazione delle piante spontanee;
- biodiversità: intesa come diversificazione delle essenze presenti nell'ambiente in termini di famiglie e specie per rendere un ambiente resiliente. Biodiversità inoltre del sottosuolo tramite apparati radicali diversi per espansione, portamento, simbiosi e micorrize;
- produzione e mercato: inteso come caratteristiche tecniche e commerciali dei prodotti.

Ai fini delle rotazioni colturali, distinguiamo le colture in:

1. *Depauperanti*: sono specie più esigenti dal punto di vista nutritivo impoveriscono il terreno.
2. *Preparatrici o da rinnovo*: sono specie che richiedono cure colturali particolari come lavori di preparazioni e/o concimazioni organiche e minerali abbondanti.
3. *Miglioratrici*: sono specie che aumentano la fertilità del terreno influenzando sulla struttura fisica, chimica e biologica.

In definitiva, progettare una rotazione colturale, significa stabilire la sequenza con la quale le varie specie, si devono avvicendare sullo stesso appezzamento, tenendo conto inoltre del tempo che deve intercorrere tra due ritorni della stessa specie in uno stesso terreno.

Attraverso tali scelte sarà possibile beneficiare dei vantaggi della consociazione e del sovescio.

Per consociazione si intende la tecnica che cerca di valorizzare le possibili sinergie tra piante con caratteristiche diverse esaltando la biodiversità coltivata. Le consociazioni temporanee contribuiscono all'efficienza agronomica dell'avvicendamento colturale, anche in questo caso con molteplici funzioni ambientali e agronomiche incrementando la biodiversità totale.

La scelta di coltivare specie da sovescio, invece, apporterà diversi vantaggi ambientali e colturali contribuendo a rendere l'impianto agro fotovoltaico sostenibile dal punto di vista ambientale ed economico:

1. Incrementerà il contenuto di sostanza organica e di humus del terreno;
2. Migliorerà la struttura e la porosità del suolo;
3. Incrementerà la capacità idrica del suolo;
4. Aiuta nel contenimento delle erbe infestanti;
5. Contribuisce a rendere maggiormente disponibili gli elementi contenuti nel terreno quali ferro, boro, cloro, manganese per esempio;

6. Aumenta la biodiversità soprattutto favorendo la presenza degli insetti utili al controllo dei fitofagi delle coltivazioni che andremo ad coltivare nelle interfile, creando zone di rifugio e riproduzione.

Otterremo inoltre delle fasce fiorite (*flower strips*) annuali che all'interno del programma agricolo rappresenta una strategia di diversificazione in grado di migliorare la fertilità del suolo, la nutrizione delle colture da reddito, il contenimento della flora infestante, e, allo stesso tempo, offrire riparo, nettare, polline agli artropodi utili o agli insetti pronubi, fornendo, pertanto, servizi ecosistemici fondamentali, primi fra tutti il controllo biologico e l'impollinazione. L'introduzione delle fasce fiorite ha quindi come obiettivo principale quello di integrare l'approccio agroecologico nella gestione aziendale, volto al miglioramento della sua resilienza. Se opportunamente e attentamente gestita, questa strategia promuove quindi l'agrobiodiversità funzionale e risulta un metodo efficace per ridurre l'uso degli insetticidi, contribuendo al raggiungimento degli obiettivi identificati dalla politica agricola europea. Inoltre, la messa in opera di fasce fiorite può anche accrescere il valore estetico, ricreativo e culturale del paesaggio.

Tabella 3 Calendario rotazioni

Grano					Cima di rapa					Cece					Grano																				
G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
I ANNO					II ANNO					III ANNO																									

Il sovescio, anche noto come concimazione verde, aumenta la sostanza organica del suolo e la diversificazione colturale incrementa la popolazione dei microrganismi utili alla fertilità.

Le colture da sovescio o di copertura (*cover crops*) trovano un posto preponderante nei sistemi di coltura efficienti e un ruolo guida nell'agricoltura sostenibile rappresentando uno strumento agronomico che consente di preservare e incrementare la ricchezza del suolo, a beneficio delle coltivazioni successive.

Attraverso tale strategia si punta dunque a ridurre gli input (fertilizzanti, antiparassitari, esigenze idriche) e a migliorare le condizioni chimiche, fisiche e biologiche del suolo (riduzione dell'erosione del suolo e incremento della fertilità totale).

Il progetto sarà condotto in asciutta (*aridocoltura*) non essendoci fonti di approvvigionamento aziendale. Secondo Pantanelli (1950) con il termine di «aridocoltura» si intende «un insieme di pratiche agronomiche da adottare in condizioni di limitate disponibilità idriche per ottenere i migliori risultati produttivi senza dover ricorrere all'irrigazione».

L'aridocoltura o "*dry farming*" è un tipo di agricoltura che pratica il più razionale uso delle limitate risorse idriche disponibili. È utile soprattutto in ambienti aridi dove piove poco e le alte temperature e l'elevata intensità luminosa determinano perdite di acqua importanti. Inoltre, può

essere praticata comunque anche in ambienti irrigui, quando le risorse idriche non sono sufficienti a soddisfare i fabbisogni delle colture o semplicemente si vuole salvaguardare la risorsa idrica.

L'aridocoltura si basa su tre principi di base:

- favorire l'aumento della disponibilità idrica per le colture attraverso opportune lavorazioni e sistemazioni del suolo;
- ridurre le perdite di acqua;
- utilizzare colture e tecniche di coltivazione adatte e idonee per una migliore utilizzazione delle risorse idriche disponibili.

In assenza di una fonte irrigua è possibile che il fine di aumentare la risorsa idrica appaia un paradosso ma la soluzione risiede nel suolo, dove l'acqua è trattenuta. Basterà aumentare la porzione di terreno esplorabile dall'apparato radicale delle colture e incentivare l'immagazzinamento dell'acqua di pioggia e/o di irrigazione.

La presenza di strati superficiali impervi del terreno (ad esempio la crosta) impedisce alle radici di muoversi e approfondirsi facilmente. Inoltre, in caso di pioggia o violenti nubifragi, quando la portata supera la capacità di infiltrazione dell'acqua nel suolo, si può andare incontro a fenomeni di asfissia o ruscellamento superficiale. L'acqua non si accumula nel suolo e viene persa.

È qui che giocano un ruolo strategico le lavorazioni del terreno: attraverso la rottura degli strati impervi si incrementa la porosità e si aumenta la capacità d'invaso. L'aratura autunnale, per esempio, aiuta nell'immagazzinare acqua piovana nel suolo, mentre lavorazioni superficiali migliorano la struttura fisica del terreno e controllano le infestanti quando necessario.

In secondo luogo, per aumentare la disponibilità di acqua per le colture, è necessario garantire una buona capacità di ritenzione idrica del terreno. La chiave è la somministrazione e il mantenimento della sostanza organica, di cui molti suoli sono ormai impoveriti, attraverso letame, compost e sovescio. Questa garantisce la fertilità del terreno attraverso un buon equilibrio tra macropori e micropori; se nei primi c'è aria nei secondi c'è la riserva di acqua utilizzata per la crescita delle radici e dei microrganismi utili.

Garantita la riserva idrica nel terreno, il passo successivo in aridocoltura è proteggerla evitando inutili perdite per evaporazione dal terreno o traspirazione dalla pianta. A questo proposito è necessario ridurre o ricoprire le superfici interessate ai fenomeni di evapotraspirazione e contenere lo sviluppo delle infestanti quando entrano in competizione con la coltura.

Proteggere il terreno con materiale pacciamante limita l'energia solare che raggiunge la superficie e riduce l'evaporazione diretta. È una tecnica molto utile soprattutto nelle prime fasi colturali, quando il terreno è nudo.

I frangiventi sono una barriera per il vento costituita da alberi e siepi (frangiventi vivi) o materiale inerte (frangiventi morti). Frenando i movimenti di aria intorno alla vegetazione riducono l'evapotraspirazione.

L'ombreggiamento con reti ombreggianti limita la radiazione solare intercettata dalla vegetazione. Le reti antigrandine, per esempio, riducono fino al 50% le perdite di acqua.

Il controllo delle malerbe serve a contenere la loro competitività nei confronti della riserva idrica soprattutto nelle fasi giovanili delle colture erbacee, nei primi anni di impianto delle specie arboree e durante le fasi fenologiche più critiche dal punto di vista della richiesta di acqua.

Si parla di controllo però e non eliminazione perché l'inerbimento in alcuni periodi dell'anno, per esempio in autunno e in inverno, intercetta molto bene l'acqua piovana, riduce il ruscellamento e ne facilita l'infiltrazione negli strati più profondi del terreno.

Le lavorazioni superficiali, come ad esempio la sarchiatura, limitano sia la traspirazione perché controllano le piante infestanti che l'evaporazione perché modificano positivamente la struttura fisica del terreno e aumentano l'infiltrazione e il drenaggio dell'acqua. La sarchiatura, in particolare, rompe gli strati più superficiali e crea una leggera zollosità che ha un effetto pacciamante. Un terreno appena sarchiato si disidrata velocemente ma solo nello strato superficiale, mantenendo l'umidità negli strati sottostanti.

Il massimo risultato dell'aridocoltura si ottiene, infine, attraverso la scelta della coltura e delle tecniche colturali più idonee. Utilizzare specie, varietà e portainnesti aridoresistenti permette sicuramente di sfruttare meglio le risorse idriche naturali e risparmiare acqua.

Negli ambienti a clima mediterraneo, con estati caldo aride, vanno predilette colture a ciclo autunno primaverile, che sfruttano al meglio il periodo di pioggia in cui la domanda evapotraspirativa dell'ambiente è anche minima. Invece tra le colture a ciclo primaverile estivo vanno scelte piante con apparato radicale ben sviluppato ed espanso.

Tra le colture erbacee più resistenti alla siccità ci sono il frumento duro (più resistente rispetto a quello tenero), l'orzo e l'avena precoce; tra i legumi il cece, la fava e la lenticchia sono più resistenti del pisello e del fagiolo. Per l'orticoltura si prediligono piante come cipolla, aglio, spinacio e patata, quelle più svantaggiate sono sicuramente le cucurbitacee e le solanacee che comunque riescono a crescere bene in presenza di terreni ben lavorati.

Piante arboree come vite e olivo sono le più resistenti. A queste si aggiungono il mandorlo, il fico, il pistacchio e il carrubo.

Oltre alla scelta della coltura è indispensabile scegliere quando piantarla o trapiantarla: anticipare quanto più possibile per sfruttare i periodi più piovosi.

L'aridocoltura è sicuramente una tra le pratiche colturali più antiche e sconosciute, ma oggi risulta estremamente attuale. In Italia, infatti, ben il 20% della superficie è a rischio desertificazione: parliamo degli ambienti meridionali e insulari, dell'Italia Centrale, dell'Emilia-Romagna e dei rilievi. L'aridocoltura deve necessariamente essere studiata di pari passo ai cambiamenti climatici e ai fenomeni di desertificazione che avanzano. Senza dimenticare tutte le altre tecniche di risparmio idrico come l'irrigazione di precisione, la water harvesting (raccolta dell'acqua) o l'utilizzo delle acque reflue. L'obiettivo finale deve essere quello di migliorare le produzioni anche in presenza di ridotte risorse idriche, scenario sempre più probabile nei prossimi anni.

Per la superficie agricola interessata dalla mitigazione perimetrale e dalla restante superficie agricola esterna alla recinzione è stata scelta la coltivazione dell'olivo con sesti intensivi in accordo con le pratiche agricole locali. Per i primi tre anni si provvederà al controllo delle erbe infestanti lungo i filari di olivo ed evitare così la competizione per acqua ed elementi nutritivi.



Figura 15 Lavorazione localizzata sotto la fila

Successivamente si può invece pensare ad un inerbimento temporaneo. I vantaggi dell'inerbimento temporaneo risiedono nell'incremento della resilienza allo stress idrico, nell'azione coadiuvante di controllo antiparassitario, di controllo delle malerbe e di miglioramento della fertilità del suolo. In particolare, quest'azione riguarda la sfera suolo e la gestione di interfila e sottofila, con inerbimenti temporanei autunno-vernini.

Altre azioni svolte dall'inerbimento sono:

1. aumentare la capacità portante (portanza) del terreno ovvero la capacità del terreno di sopportare le sollecitazioni di compressione verticale dovute ad un carico sovrastante;
2. ridurre l'impatto delle macchine (compattamento);
3. aumento della permeabilità del suolo;

4. contenimento dell'erosione, soprattutto per i terreni in pendenza;
5. incremento della fertilità totale e la stabilità del suolo.



Figura 16-Oliveto inerbito

8.2. Coltivazione del cece: costi e ricavi



Figura 17-Cicer arietinum

Il cece (*Cicer arietinum*) è una pianta erbacea appartenente alla famiglia delle *Fabaceae*.

L'Italia è il diciassettesimo paese produttore al mondo di cece e il secondo in Europa dopo la Spagna. Il cece, tra le leguminose da granella, è classificata come specie microterma, in quanto è capace di vegetare e di svilupparsi anche a temperature relativamente basse. Nel clima mediterraneo, ciò consente un ciclo biologico di tipo primaverile, che inizia con la semina a fine inverno e si conclude all'inizio della stagione estiva/secca. Sono evidenti i vantaggi che tale ciclo colturale offre in termini di utilizzazione della piovosità naturale e delle riserve idriche del terreno: si possono conseguire buoni livelli di resa con coltura "in asciutto", senza il costoso ausilio dell'irrigazione. La recente disponibilità sul mercato di varietà di cece dotate di elevata resistenza al freddo (di un livello analogo a quello dei principali cereali microtermi) consente oggi di realizzare la coltura con ciclo biologico autunno-primaverile, anticipando la semina all'inizio dell'inverno: ne conseguono una maggiore durata della fase di sviluppo vegetativo e una anticipazione delle fasi successive (antesi-

maturazione) che vengono così a svolgersi in condizioni termiche e idrologiche più favorevoli, dettaglio che consente di ottenere due importanti vantaggi: rese maggiori e meno soggette all'aleatorietà climatica della fine della primavera mediterranea (caldo e siccità precoci).

Il ciclo biologico complessivo (semina-maturazione) del cece ha una durata variabile da 4 a 8 mesi, in funzione dell'epoca di semina: il valore più alto si riferisce a semine autunnali.

Nei confronti del terreno, il cece non presenta particolari esigenze, fatta eccezione per la salinità, verso la quale è particolarmente sensibile (come tutte le leguminose) e rifugge da acque irrigue saline.

Il cece presenta una buona capacità produttiva anche in ambienti aridi, grazie al basso rapporto parte aerea/radici e alla capacità di mantenere elevata la pressione di turgore, con valori compatibili con l'accrescimento, anche in corrispondenza di bassi potenziali idrici fogliari, presenta un consumo idrico per l'intero ciclo biologico stimabile intorno ai 450 mm: grazie alle sue caratteristiche morfo-fisiologiche, è dotato di un'eccellente capacità di estrazione dell'acqua dal terreno e di economizzarla. Questa prerogativa, unita al ciclo biologico primaverile o autunno-primaverile, fa sì che nel clima mediterraneo (in cui il periodo siccitoso coincide con l'estate) la coltura riesca a sottrarsi alla necessità dell'irrigazione, trovando soddisfacimento delle proprie esigenze nelle risorse idriche naturali, costituite in parte dalle riserve d'acqua del terreno e in parte dall'abbondante piovosità primaverile, tipica di questo clima.

La monosuccessione colturale, cioè la coltivazione ripetuta tutti gli anni della stessa coltura sul medesimo appezzamento comporta, nel medio-lungo periodo, una marcata riduzione della fertilità del terreno (fenomeno della stanchezza del suolo). Grazie al rapporto simbiotico instaurato con i batteri azoto-fissatori denominati rizobi, le leguminose sono in grado di utilizzare l'azoto atmosferico e di renderlo disponibile alle colture in successione. Pertanto, queste piante rappresentano un gruppo di colture molto importanti sotto il profilo agronomico ed ecologico, vista la loro capacità di rilasciare nel terreno una considerevole quantità di azoto.

L'utilizzo di specie azoto-fissatrici come il cece nei sistemi colturali riduce la somministrazione di concimi minerali azotati e migliora l'efficienza di uso dell'azoto, giacché l'azoto fissato biologicamente si trova legato alla materia organica e, perciò, è meno suscettibile alla trasformazione chimica e ai fattori fisici che portano alla sua volatilizzazione e lisciviazione. Dunque la coltivazione dei cereali in rotazione con le leguminose, rispetto alla monosuccessione cerealicola, porta ad una maggiore efficienza di utilizzazione dell'azoto.

Oltre alla fertilità azotata residua, le leguminose determinano altri vantaggi in termini di avvicendamento colturale: l'epoca di raccolta anticipata rispetto ad altre colture, permette di svolgere la lavorazione principale del terreno molto presto, garantendo la preparazione di un buon

letto di semina per la coltura in successione, molto frequentemente costituita da un cereale microterme a semina autunnale. Inoltre, la lavorazione principale che viene eseguita per le leguminose è solitamente profonda, proprio per avere un suolo in grado di accumulare risorse idriche negli strati sottosuperficiali e per favorire la loro radicazione profonda, consentendogli di raggiungere l'acqua accumulata in profondità, specie nelle ultime fasi del ciclo biologico, che si svolgono solitamente in periodi di siccità. Pertanto, si può definire questa pianta come "da rinnovo".

Sotto il profilo agronomico, i vantaggi della coltivazione delle leguminose da granella consistono anche nelle loro ridotte esigenze colturali, nell'adattamento a diverse condizioni pedoclimatiche e nella possibilità di utilizzare il parco macchine esistente nelle aziende cerealicole. Per i motivi suddetti, le leguminose vengono inserite in rotazione con i cereali vernini che si avvantaggiano dell'arricchimento di azoto del terreno indotto da queste ultime. I cereali che più frequentemente vengono avvicendati al cece sono frumento (tenero e duro), orzo, farro, segale.

Le varietà di cece per la coltura meccanizzata negli ambienti italiani è costituito devono mostrare:

- portamento eretto, con baccelli basali ben distanziati dal terreno (per favorire la raccolta meccanica e minimizzare le perdite di prodotto);
- altezza non eccessiva e resistenza meccanica all'allettamento;
- epoca di fioritura medio-precoce o precoce (preferibile in ambienti siccitosi e in semina primaverile);
- seme di dimensioni medio-grandi o grandi, in quanto preferite dal mercato;
- elevata resistenza/tolleranza nei confronti delle principali avversità parassitarie, e in particolare nei confronti della rabbia (*Ascochyta rabiei*) e agli attacchi di *Helicoverpa armigera*.

Diverse sono le cultivar di cece iscritte ufficialmente al Registro Nazionale delle Varietà, tra le quali Califfo, Sultan, Visir, Pasha, Flamenco le prime due selezionate dall'International Chickpea Testing Network per il mercato italiano. Tra queste, vi sono varietà resistenti o tolleranti all'*Ascochyta rabiei*.

Altra possibilità per i produttori che intendano coltivare questa specie, è quella di ricorrere agli ecotipi locali, selezionati nel tempo nei diversi bacini di coltivazione per caratteristiche di adattamento alle condizioni ambientali locali; essi comunque, oltre a presentare un'instabilità produttiva, essendo sempre stati impiegati in semina primaverile, difficilmente presentano una resistenza al freddo sufficiente a consentirne la semina in epoca autunnale: questa è da evitare tassativamente (specie nell'Italia centrale) in mancanza di specifiche ed affidabili garanzie da parte del fornitore della semente.



Figura 18-Coltivazione a file di *Cicer arietinum*

Numerose esperienze sperimentali hanno dimostrato che la pianta del cece ha una notevole capacità di adattarsi a differenti condizioni di fittezza colturale, compensando in notevole misura (attraverso un maggiore sviluppo vegetativo, una maggiore quantità di fiori, una maggiore percentuale di allegagione) eventuali difetti di popolamento, legati ad esempio a insufficiente quantità di seme, o a un'elevata quota di fallanze, o alla mortalità invernale di una certa percentuale di piante (semine autunnali con varietà insufficientemente resistenti al freddo). Tale capacità di compensazione risulta particolarmente intensa nelle colture in semina autunnale, nelle quali le piante hanno un maggior tempo a disposizione per regolare il proprio sviluppo vegetativo. Tuttavia, è stato dimostrato che la fittezza ottimale per questa coltura è nell'ordine delle 25 piante per m². Pertanto, questo è l'obiettivo che deve essere perseguito nel calcolo della quantità di semente, tenendo comunque conto nel computo della quota di seme del lotto impiegato che è effettivamente germinabile e di una quota (più o meno importante) di semi che non riusciranno a originare una plantula (fallanze). L'entità della quota di fallanze è essenzialmente legata ad un fattore specifico, le caratteristiche del seme della specie (dimensioni, tipo di germinazione, ecc.), e ad un fattore contingente, la qualità del letto di semina che si è riusciti a realizzare (tanto meglio esso è preparato tanto più bassa è la quota di fallanze da prevedere). Nel caso del cece, e in particolare nei tipi coltivati in Italia del gruppo macrosperma/Kabuli, il seme è di notevoli dimensioni (da 300 a 600 mg e oltre) e quindi possiede una importante scorta di riserve seminali che rendono la plantula "ben attrezzata" nelle prime fasi di sviluppo, anche in condizioni non ottimali. Il cece inoltre presenta il vantaggio di avere un tipo di germinazione ipogeica (che non prevede la fuoriuscita dal terreno dei cotiledoni), molto più efficiente di quella epigeica (propria di altre leguminose quali: fagiolo, soia, lupino) nel garantire l'emergenza dal terreno, specie se ciò avviene in condizioni difficili (tutt'altro che infrequenti), come nel caso di formazione di crosta superficiale susseguente la semina. Da tutto ciò consegue che la quota di fallanze da utilizzare nel calcolo della quantità di semente è, rispetto ad altre specie, relativamente ridotta e indicabile in un range di valori compresi tra un minimo del 10% (letti di semina ben preparati) e un massimo del 30% (letti di semina piuttosto irregolari e con abbondante presenza di residua zollosità

grossolana). Le quantità di semente necessarie per la semina di un ettaro di cece risultano molto variabili in funzione della dimensione del seme utilizzato.

La semina del cece è effettuata meccanicamente a file; allo scopo possono essere utilizzate sia seminatrici universali da frumento sia seminatrici di precisione (migliori quelle a distribuzione pneumatica). Nel primo caso, prima di iniziare la semina, viste le grosse dimensioni del seme, è bene controllare la funzionalità della macchina seminatrice, accertandosi che i semi passino regolarmente attraverso gli organi e non subiscano danneggiamenti. La distanza più conveniente da adottare tra le file può essere indicata in 0,45 m, quale miglior compromesso tra l'esigenza di ottimizzare la disposizione spaziale delle piante (migliore con file più strette) e l'esigenza pratica di avere degli interfilari sufficientemente ampi da consentire la sarchiatura meccanica della coltura e il transito di macchine operatrici senza danneggiamento delle piante. Questa è infatti la minima spaziatura compatibile con la sarchiatura meccanica, che può essere effettuata con le stesse attrezzature (sarchiatrici, trattrici equipaggiate con ruote strette) della barbabietola da zucchero. Per quanto riguarda la profondità di deposizione del seme, questa deve essere regolata su un valore compreso tra i 40 e i 60 mm; tale profondità, resa possibile dalle caratteristiche del seme, consente di ottenere buoni risultati di germinazione anche nel caso di condizioni relativamente siccitose e di terreno superficialmente asciutto, frequenti specie in semina primaverile.

Quantità di seme (kg) necessarie alla semina di un ettaro (germ.: 85%; obiettivo: 25 p.te/m²).

Per tutti questi motivi le leguminose conferiscono al sistema colturale a cui appartengono una superiore capacità produttiva che si mantiene nel tempo, cioè una maggiore sostenibilità

La resa media di un ettaro di cece è di circa 2t/ha, prezzo di produzione circa 500 €/ha con ricavi di circa 1.370 €/ha così come risulta dalle tabelle RICA per la Regione Puglia 2017

Si suggerisce inoltre di aderire ai contratti di filiera di Felicia s.r.l. produttore di pasta a base di farine di legumi "gluten free", così da poter ottenere dei prezzi minimi garantiti maggiori e una certa stabilità nel conferimento del proprio prodotto.

Tabella 4 Conto colturale di un ettaro coltivato a cece

CONTO COLTURALE CECE BIANCO	
Resa (t/ha)	2
Prezzo di vendita produzione (€/t)	685 €
Ricavi totali (€/ha)⁽¹⁾	1.370 €
COSTI (€/ha)	
Preparazione terreno per la semina	180 €
Concimazione di fondo	60 €
Carico e distribuzione concimi	30 €
Seme	250 €
Semina	50 €
Prodotti fitosanitari	60 €
Distribuzione prodotti fitosanitari	35 €
Raccolta	105 €
Carico e trasporto centro di raccolta	30 €
COSTI TOTALI (€/ha)	800 €
Reddito lordo totale (€/ha)	570 €

(1) Fonte RICA: Tabella delle Produzioni Standard (PS) Puglia 2017.

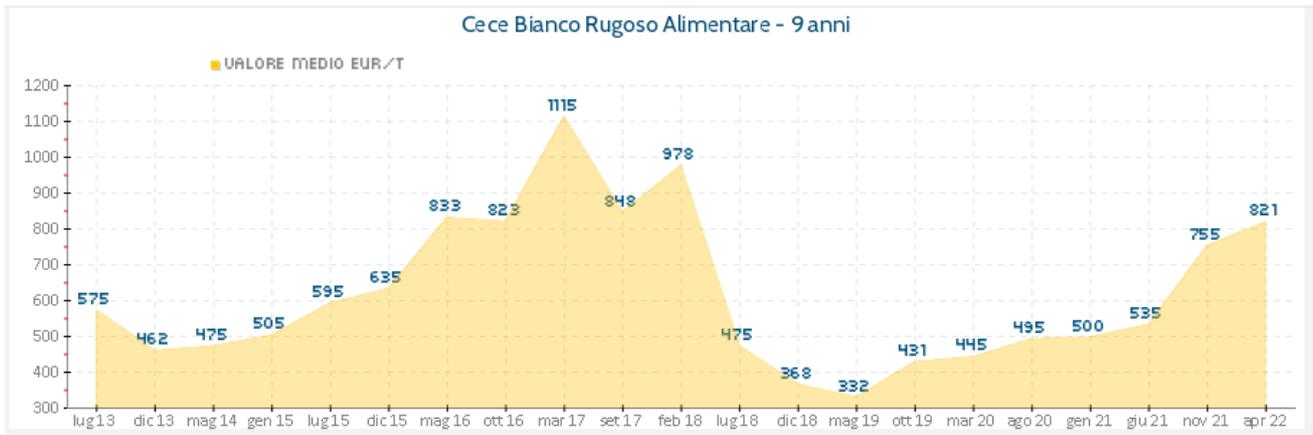


Figura 19 Fonte AMC Associazione Meridionale Cerealisti

8.3. Coltivazione del grano duro: costi di produzione e ricavi



Figura 20 Frumento duro

Il frumento, negli ambienti italiani, viene di solito seminato tra la fine di ottobre e l'inizio di dicembre, a seconda delle caratteristiche climatiche dell'ambiente di coltivazione. La biologia del frumento, che è una pianta annuale microterma, comprende le seguenti principali fasi: germinazione, emergenza, accestimento, viraggio, levata, botticella, fioritura, maturazione.

Il frumento è una specie longigiurna, l'iniziazione fiorale comincia nell'inverno avanzato, quando i giorni si allungano. Essendo una specie microterma, le esigenze termiche delle varie fasi fenologiche sono piuttosto contenute.

Le esigenze termiche per un accettabile svolgimento delle diverse fasi fenologiche non sono elevate: germinazione e accestimento circa 2-3 °C, levata circa 10-12 °C, fioritura circa 15° C e maturazione circa 18-20 °C. In particolare le temperature critiche minime, ossia quando le funzioni vitali frumento cessano sono: emergenza circa da -6 a -8 C°, accestimento fase della 3° foglia circa da - 15 a -20 °C (il frumento può resistere fino a -29 °C sotto copertura nevosa), levata circa da -2 a -3° C. Durante la fase di levata il frumento è molto sensibile al freddo così come lo è nella fase di fioritura. Nei fondovalle e in tutte aree dove avvengono pericolosi ritorni di freddo tardivi le varietà a levata precoce sono a rischio per cui è bene usare cultivar a levata e fioritura tardiva. Anche gli eccessi di temperatura sono pericolosi. Specie negli ambienti dell'Italia centromeridionale può accadere che, all'inizio della fase di maturazione della granella, si verifichino alte temperature

causate da venti caldi di origine africana. In tali condizioni avviene la cosiddetta stretta da calore, a seguito della quale la granella perde umidità con estrema rapidità, risultando alla raccolta striminzita. Negli ambienti dove è facile avere la stretta si preferiscono cultivar con levata e fioritura precoce. Trattando di esigenze termiche occorre evidenziare che le massime produzioni di frumento si hanno in climi temperato-freschi con temperature massime tra circa 22 e 24 °C. Dopo la temperatura, l'acqua contenuta nel suolo è il fattore più importante per la produttività della coltura. Eccetto periodi siccitosi durante il periodo autunno-invernale e primaverile, non molto comuni in Italia, è nella fase di granigione, da maggio a metà giugno, ossia circa 40-45 gg., che le disponibilità idriche del suolo sono un fattore limitante la produzione. Se carenti si ha infatti una diminuzione di assimilazione netta e accorciamento della fase di riempimento delle cariossidi. Anche l'eccesso di umidità atmosferica, durante e dopo la maturazione fisiologica, causa danni per la riduzione di qualità della granella. In particolare nei frumenti duri le cariossidi risultano "bianconate", presentando una frattura non vitrea, come dovrebbe essere, per presenza di zone con notevole quantità di amido.

Il frumento è una coltura sfruttante, in quanto lascia nel terreno un modesto contenuto di residui colturali (5-7 t/ha) oltretutto caratterizzati da un modesto potere umigeno.

Di conseguenza, particolare attenzione deve essere posta alle rotazioni colturali se si vuole mantenere il livello di resa della coltura e la fertilità generale del suolo su valori soddisfacenti.

È universalmente accettato che le specie migliori che precedono il frumento duro sono le leguminose, d'altronde, già nel I secolo d.c Lucio Giunio Moderato Columella, nel suo *De re Rustica*, esaltava il benefico effetto sulla fertilità del suolo di colture quali lupino, fava, veccia e pisello. In tempi meno lontani, assolutamente da citare la fondamentale esperienza della cosiddetta rotazione di Norfolk (rapa-orzo-trifoglio pratense-frumento), iniziata nel 1730 in Inghilterra, la quale ha permesso di determinare in modo scientifico l'incremento di resa ottenibile dal frumento coltivato dopo una specie appartenente alla famiglia delle leguminose, in tal caso il trifoglio pratense.

Le lavorazioni che vengono eseguite sul frumento possono essere distinte in principali e secondarie. L'aratura è la classica lavorazione principale, che viene di solito eseguita ad una profondità di circa 30 cm. La zollosità del suolo viene successivamente ridotta grazie alle lavorazioni complementari (erpicoltura, frangizollatura), le quali consentono la preparazione di un letto di semina ben livellato ed affinato.

Ogni possibile semplificazione delle lavorazioni del suolo, in termini di numero ed d'intensità, è un obiettivo che occorre perseguire in quanto in sintonia con un' agricoltura di tipo sostenibile mirante alla riduzione dei costi di produzione e dell'impatto ambientale.

Il frutto del frumento duro prende il nome di cariosside e viene comunemente definita chicco. Dal punto di vista morfologico, esso si presenta di forma allungata e sezione trasversale rotondeggiante/sub-triangolare. Il peso della cariosside dipende da numerosi fattori, quali: varietà, tecnica agronomica, ambiente di coltivazione, densità di semina. In media, 1000 cariossidi raggiungono un peso variabile fra 45 e 55 grammi; valori inferiori vengono riscontrati in corrispondenza di annate particolarmente sfavorevoli, a causa di avverse condizioni climatiche o attacchi di parassiti.

Il contenuto proteico della granella è di fondamentale importanza, sia dal punto di vista qualitativo che da quello quantitativo, in quanto è ritenuto il principale fattore a determinare la qualità della pasta.

L'obiettivo è di produrre un grano di qualità e valorizzare la produzione aderendo ai contratti di filiera, poiché il progetto si realizzerà proprio all'interno del "triangolo del pane" Altamura, Matera Laterza dove si produce un pane di altissima qualità a partire dal grano duro raccolto nell'ambiente delle Murge.

Produttività circa 5 t/ha, costi di produzione 800 €/ha; ricavi 1.515€/ha

Tabella 5 Colto culturale di un ettaro investito a grano duro

CONTO COLTURALE GRANO DURO	
Resa (t/ha)	5
Prezzo di vendita produzione (€/t)	303 €
Ricavi totali (€/ha)⁽¹⁾	1.515 €
COSTI (€/ha)	
Preparazione terreno per la semina	180 €
Concimazione di fondo	60 €
Carico e distribuzione concimi	30 €
Acquisto materie prime	250 €
Semina	50 €
Prodotti fitosanitari	60 €
Distribuzione prodotti fitosanitari	35 €
Raccolta	105 €
Carico e trasporto centro di raccolta	30 €
Costi Totali (€/ha)	800 €
Reddito lordo totale (€/ha)	715 €
<small>(1) Fonte AMC - Associazione Meridionale Cerealisti</small>	

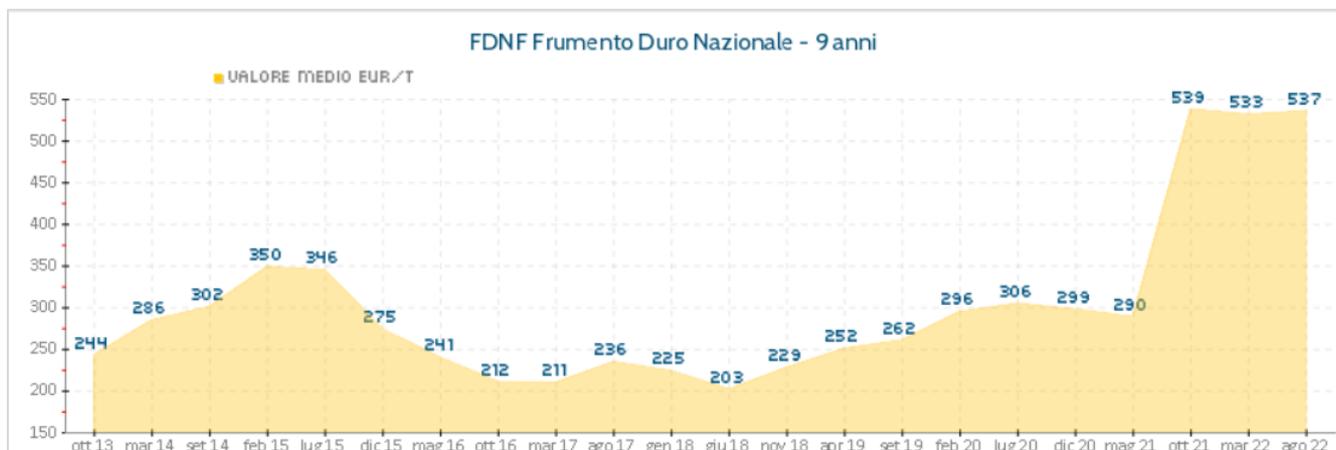


Figura 21 Fonte AMC Associazione Meridionale Cerealisti

8.4. Coltivazione della cima di rapa: costi e ricavi



Figura 22 Brassica rapae

La Cima di rapa è una pianta di origine mediterranea e si differenzia dalla rapa comune per il ciclo annuale e la radice fittonante che non si ingrossa. In passato per questo ortaggio è stato utilizzato il nome scientifico *Brassica rapa* subsp. *Sylvestris* var. *esculenta*, ma la sottospecie *Brassica rapa sylvestris* è considerata sinonimo di *Brassica rapa*.

La cima di rapa è un ortaggio tipico dell'agricoltura italiana, coltivato soprattutto in Lazio, Puglia, Basilicata, Calabria, Molise e Campania, nelle quali si estende il 95% della superficie agricola dedicata a questa pianta.

La Puglia con 3.500 ettari di coltivazione produce un terzo del prodotto italiano ed è la regione con il più ricco patrimonio di popolazioni locali di cima di rapa, frutto di lunghi anni di selezione operata principalmente dagli agricoltori.

La porzione edule è costituita dall'infiorescenza a corimbo, i cui boccioli sono di colore verde di diversa tonalità, e dalle foglie più giovani che sono piccole. Le popolazioni locali prendono il nome dall'epoca di raccolta, dalla durata del ciclo colturale, dalla località di coltivazione. Esempi sono: "Quarantina" di Otranto, "Novantina" di Nardò, "Cima grossa" di Fasano, "Marzaiola" di Putignano, Noci, Carovigno eccetera. Ciò offre la possibilità di disporre del prodotto da settembre ad aprile: le

popolazioni precoci vengono seminate già in agosto, mentre per quelle medio-tardive e tardive si effettua il trapianto in autunno e talvolta in febbraio. Le distanze sono variabili di 40-80 cm tra le file e 20-30 cm sulla fila. La durata del ciclo colturale in relazione alle popolazioni e all'epoca di impianto varia da 60 a 190 gg ed oltre.

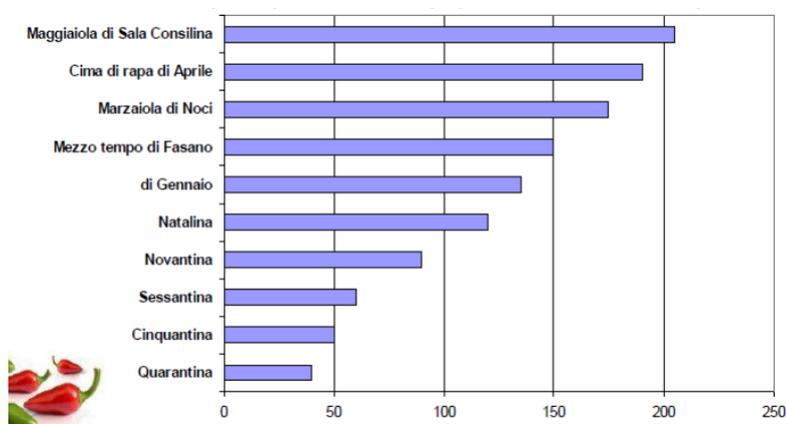


Figura 23 Periodo di tempo, in giorni, che intercorre tra la semina e la comparsa dell'infiorescenza principale in alcune popolazioni di cima di rapa

La raccolta si effettua tagliando le infiorescenze con foglie più tenere inserite sullo stelo. Il numero di foglie che accompagna l'infiorescenza varia in funzione della dimensione dell'infiorescenza stessa e quindi della precocità delle popolazioni. La raccolta avviene quando l'infiorescenza raggiunge dimensioni idonee alla commercializzazione, prima della schiusura dei bocci fiorali. Ogni pianta porta un'infiorescenza principale, di peso e dimensione maggiori, ed un numero variabile di infiorescenze secondarie che sono pronte per la raccolta scalarmente rispetto a quella principale. Il peso fresco di una singola infiorescenza primaria, tagliata a 15 cm può variare da pochi grammi nelle popolazioni precoci ad oltre 400 grammi in alcune popolazioni tardive, in tal caso l'infiorescenza può raggiungere i 10 cm di diametro. Ogni pianta può produrre diverse infiorescenze secondarie di peso inferiore rispetto alla principale. In considerazione di ciò, le produzioni sono variabilissime da 10 a oltre 30 t/ha, non solo in funzione delle popolazioni, ma anche dell'epoca d'impianto, dell'andamento climatico e della quantità di foglie che accompagnano l'infiorescenza e dal numero di sfalci.

Le esigenze sono simili a quelle della rapa ma presenta una minore resistenza al freddo.

Le esigenze nutritive sono generalmente medio-basse.

Le cime di rapa, come tutte le crucifere, è molto esigente in zolfo. La somministrazione di fertilizzanti a base di zolfo sembra possa far aumentare la produzione.

È necessario lasciar trascorrere almeno due anni prima di far tornare la cima di rapa sulla stessa superficie o dopo ortaggi che appartengono alla sua stessa famiglia botanica, come ad esempio

cavolo cappuccio, verza, broccolo, cavolfiore, cavolo di Bruxelles, cavolo toscano, cavolo rapa, cavolo cinese, rapa ed anche ravanello e rucola.

Tabella 6 Conto culturale di un ettaro investito a cima di rapa

CONTO CULTURALE CIMA DI RAPA	
Resa (t/ha)	1,5
Prezzo produzione (€/t)	10822,66
Ricavi totali (€/ha)⁽¹⁾	16.234 €
COSTI (€/ha)	
Preparazione terreno per la semina e lavori successivi	1.500 €
Mezzi tecnici (sementi, concime, semina, prodotti fitosanitari)	3.000 €
Mano d'opera	10.000 €
Costi Totali (€/ha)	14.500 €
Reddito lordo totale (€/ha)	1.734 €
<small>(1) RICA - Tabella delle Produzioni Standard 2017 Puglia</small>	

8.5. Specie da sovescio

Il sovescio è quella pratica migliorativa della fertilità del terreno che consiste nel seminare una coltura per poi trinciarla e interrarla nello strato fertile del terreno una volta raggiunto un determinato stadio vegetativo (lo stadio della fioritura è generalmente considerato il momento migliore).

L'esecuzione del sovescio è semplice e accessibile a tutti gli agricoltori: preparazione del terreno, semina a file con seminatrice o a spaglio, nessun intervento di contenimento della flora infestante e dei parassiti, trinciatura, interrimento. Seminando le specie da sovescio (più specie ci sono, maggiore è la biodiversità) si conferisce al terreno vitalità, e dunque fertilità, che viene migliorata a tre livelli: fisico (presenza di una buona struttura), biologico (presenza di una comunità popolosa e diversificata di micro e macro organismi), chimico (presenza di una buona dotazione di principi nutritivi e formazione nel tempo di sostanze umiche stabili). Numerosi possono essere poi i benefici aggiuntivi della coltivazione degli erbai da sovescio, ad esempio: la produzione di foraggio, l'azione di contenimento dei parassiti delle piante coltivate, la riduzione dell'effetto serra con la "cattura" dell'anidride carbonica dell'aria convertita in humus e infine la protezione del suolo dall'erosione idrica ed eolica, dalla formazione di crosta superficiale e dalla perdita di sostanza organica e principi nutritivi.

La tecnica del sovescio rappresenta una valida alternativa all'uso del letame laddove questo fertilizzante sia di difficile reperimento e pur avendo una resa in humus generalmente inferiore al letame, gli erbai da sovescio possono arrivare a convertire in humus anche il 20% della sostanza secca.

Il costo medio del seme per ettaro è di 130 € mentre il costo medio di semina, trinciatura e interrimento è circa 160 €.

Tabella 7 Costi medi colture da sovescio per semina e interrimento

COSTI SOVESCIO (€/Ha)	
Seme	130 €
Semina, sfalcio, interrimento	160 €
COSTI TOTALI (€/ha)	290 €

8.5.1. Trifoglio incarnato



Figura 24-*Trifolium incarnatum* L.

Il trifoglio incarnato (*Trifolium incarnatum* L.) appartiene alla famiglia delle leguminosae quindi oltre ad essere una specie azoto-fissatrice, mobilita il fosforo.

Pianta cespitosa con radice fittonante, fusto tomentoso con un'altezza che varia da 52 a 80cm a seconda delle varietà.

Ha un ciclo autunno-vernino, buona produzione di biomassa, Resiste bene al freddo, ma nelle regioni settentrionali può subire gravi danni da gelo.

In coltura pura si semina ai primi di ottobre con 25-35 o più Kg/ha di seme, in file distanti 18-20 cm.

Il trifoglio incarnato comprende diverse forme e tipi che si differenziano tra di loro per la diversa precocità, la produzione ed anche per il colore dei fiori.

Il trifoglio incrementa la dotazione di azoto del terreno, fornisce sostanza organica di più rapida decomposizione grazie proprio al maggior contenuto di azoto. L'apparato radicale, fittonante, lavora bene il suolo anche in profondità, per questo viene spesso utilizzate nella gestione conservativa del terreno.

8.5.2. Facelia



Figura 25-Phacelia tanacetifolia

La Facelia (*Phacelia tanacetifolia*) è una pianta erbacea annuale della famiglia delle Hydrophyllaceae (Boraginaceae). Il fusto è cavo. Le foglie pennate sono coperte di peli e assomigliano a quelle del tanaceto (per questo detta tanacetifolia). Il fiore ha un'infiorescenza scorpioide con fioritura scalare che si protrae per diverse settimane, di colore violetto-bluastro. I cinque stami e i due stili escono chiaramente dal fiore a cinque petali. L'infiorescenza ha la caratteristica di essere arrotolata a spirale che la rende particolarmente bella dal punto di vista paesaggistico.

In molte zone del centro e sud Italia serve soprattutto come coltura da sovescio per concimare il terreno in modo naturale in quanto cede al terreno grandi quantità di azoto. Riesce, inoltre, ad impedire la crescita di malerbe rilasciando delle particolari sostanze chimiche (allelopatiche) che inibiscono la crescita di specie concorrenti.

La facelia è utilizzata spesso in agricoltura biologica, agroecologica e sostenibile, nei frutteti grazie alla capacità di attrarre insetti pronubi in generale e non solo le api.

Il fiore, infatti, attira in special modo la famiglia dei Sirfidi, ditteri che imitano la livrea di api e vespe e che si cibano di afidi: può essere quindi un buon aiuto nella lotta biologica.

9. FASCE DI MITIGAZIONE

Il progetto prevede, come opera di mitigazione degli impatti per un inserimento armonioso del parco fotovoltaico nel paesaggio circostante, la realizzazione di una fascia arborea perimetrale.

Tale fascia, larga minimo 5,5 m, riguarda tutto il perimetro del parco ed interessa, inoltre, le aree esterne alla recinzione, libere dalla presenza dei moduli (a Nord e a Sud dell'area i progetto) per un totale di 01.93.18 ha.

La specie scelta per la fascia di mitigazione è l'Olivo (*Olea europaea*) var. Favola (FS17) che bene si adatta a sesti d'impianto intensivi e alla raccolta meccanica.

La prima fila è prevista a 1 m dalla recinzione e 2 m tra le piante lungo la fila e filari successivi sfalsati fra di loro con sesti di 4 m tra le file e 2 m lungo le file per un totale di circa 2.415 piante totali destinati ad olivo (1.250 piante per ettaro).

Di seguito vengono elencate in tabella i costi/ha da sostenere all'impianto e successivamente il cronoprogramma.

Tabella 8-Costi di produzione

VOCI DI COSTO OLIVETO (FASCIA DI MITIGAZIONE)					
VOCI DI COSTO	QUANTITÀ	UNITÀ DI MISURA	PREZZO UNITARIO	COSTO TOT.	NOTE
Preparazione terreno	1	un.	1.000,00 €	1.000,00 €	
Piante	1.250	un.	6,00 €	7.500,00 €	Piante da 80-100 cm
Messa a dimora piante	1.250	un.	1,50 €	1.875,00 €	Apertura manuale buche
Concimazione di fondo	1	ha	500,00 €	500,00 €	
Fornitura e posa struttura	1	un.	3.000,00 €	3.000,00 €	Pali tutori, cavetto, tiranti
Impianto irriguo	1	un.	3.000,00 €	3.000,00 €	
TOTALE COSTI				16.875,00 €	

Tabella 9-Voci di costo totali e produzione stimata per ettaro

Costi totali per i primi 10 anni impianto	€	Produzione stimata per ettaro (q)
Costo Impianto per 1 ha	€ 16.875	-
Costo mantenimento 1° anno	€ 1.000	-
Costo mantenimento 2° anno	€ 1.000	-
Costo mantenimento 3° anno	€ 1.500	15
Costo mantenimento 4° anno	€ 1.500	40
Costo mantenimento 5° anno	€ 1.500	70
Costo mantenimento 6° anno	€ 1.500	90
Costo mantenimento 7° anno	€ 1.500	100
Costo mantenimento 8° anno	€ 1.500	100
Costo mantenimento 9° anno	€ 1.500	100
Costo mantenimento 10° anno	€ 1.500	100
TOTALE COSTI AL DECIMO ANNO	€ 30.875	

Tabella 10-Flusso di cassa con previsioni di vendita a 60 €/q

Previsione di vendita 60 €/q

	3° anno	4° anno	5° anno	6° anno	7° anno	8° anno	9° anno	10° anno
	Costi totali	Costi totali	Costi totali	Costi totali	Costi totali	Costi totali	Costi totali	Costi totali
Progressivo costi	€ 20.375	€ 21.875	€ 23.375	€ 24.875	€ 26.375	€ 27.875	€ 29.375	€ 30.875
	Incassi	Incassi	Incassi	Incassi	Incassi	Incassi	Incassi	Incassi
	€ 900	€ 2.400	€ 4.200	€ 5.400	€ 6.000	€ 6.000	€ 6.000	€ 6.000
Flusso di cassa	-€ 19.475	-€ 18.575	-€ 15.875	-€ 11.975	-€ 7.475	-€ 2.975	€ 1.525	€ 6.025

Tabella 11-Cronoprogramma lavori su olivo

CRONOPROGRAMMA - Lavori fascia di mitigazione 1° anno												
MESI	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	marzo				
1	Fresatura terreno a 20-25 cm											
2	Apertura buche per piante											
3	Fertilizzazione di fondo											
4	Messa a dimora piante autoradicate in zolla											
5	Messa a dimora piante siepe perimetrale											
6	Messa a dimora di pali tutori in castagno											
7	Irrigazione di soccorso											
8	Controllo vitalità piante e sostituzione fallanze											



Figura 26-Pali di testata



Figura 27-Pali tutori

La raccolta e i principali interventi agronomici saranno meccanizzati, per ridurre i costi di gestione e della mano d'opera.



Figura 28-Trapianto meccanizzato e posizionamento dello shelter



Figura 29-Irrigazione di soccorso con autobotte



Figura 30-Topping e trimming



Figura 31-Risultato finale e raccolta meccanica

Il risultato finale sarà ottenere filari a parete, alta 3,00 m, larga 80 cm con un'altezza delle prime branche da terra 50-60 cm. Le dimensioni sono calcolate per poter effettuare la raccolta meccanica tramite scavallatrice.

10. VALUTAZIONE DEL VALORE DELLA PRODUZIONE AGRICOLA PRE E POST INTERVENTO PROGETTUALE

Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale e tecnologie tali da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli senza compromettere la continuità dell'attività agricola.

L'attuale indirizzo produttivo è seminativo (estensivo), con la superficie ad oggi coltivato interamente a mais.

Si considera di mantenere il medesimo indirizzo produttivo prevedendo una rotazione triennale tra legumi, cereali e ortaggi autunno vernini coltivati in aridocoltura, intendendo così incrementare il valore economico aziendale misurato in termini di valore di Produzione Standard (PS) calcolato a livello complessivo aziendale.

Al fine di effettuare una valutazione economica e verificare la continuità dell'attività agricola sono state poste a confronto le **Produzioni Standard (PS)** pre e post progetto.

La produzione standard (PS) di un'attività produttiva è il valore medio ponderato della produzione lorda totale, comprendente sia il prodotto principale che gli eventuali prodotti secondari, realizzati in una determinata regione o provincia autonoma nel corso di un'annata agraria.

Il valore della produzione ottenuta da una attività agricola è determinato quale sommatoria delle vendite aziendali, degli impieghi in azienda, degli autoconsumi e dei cambiamenti nel magazzino, al netto degli acquisti e della sostituzione (rimonta) del bestiame. Il valore deve intendersi "franco azienda", al netto dell'IVA e di altre eventuali imposte sui prodotti, ed esclusi gli aiuti pubblici diretti.

L'opportunità di introdurre la produzione standard deriva dalla necessità di determinare l'orientamento tecnico-economico e la dimensione economica delle aziende sulla base di un criterio economico che resti sempre positivo.

Le singole Produzioni Standard delle attività agricole vengono calcolate, in ogni Paese dell'UE, a livello regionale, per un periodo di riferimento di cinque anni consecutivi, dall'anno N-5 all'anno N-1, dove N è l'anno in cui viene eseguita l'indagine sulle strutture. Le PS vengono calcolate solo per quelle attività produttive praticate in una determinata circoscrizione (regione o provincia autonoma).

Nella tabella che segue viene valutata la PS totale prima dell'impianto agrivoltaico e dopo, con l'ausilio delle tabelle delle Produzioni Standard 2017 della Regione Puglia.

Nel caso di indirizzi produttivi che prevedono coltivazioni annuali a rotazione, ciascuna superficie può essere conteggiata una sola volta indipendentemente dal numero di coltivazioni che si avvicendano sulla medesima. Si considera coltura principale quella con il valore delle produzioni più elevato, indipendentemente dal momento in cui viene realizzata (come riportato dai "1.2 casi particolari" consultabile su rica.crea.gov.it/APP/documentazione)

Il progetto in esame prevede una rotazione triennale di ortaggi in pieno campo (cioè che rientrano nella libera rotazione di un'azienda non specializzata in ortofloricoltura), legumi e cereali. In base alle considerazioni anteriormente esposte, dunque, il valore delle produzioni viene calcolato sul valore delle orticole da pieno campo riportato dalla tabella delle Produzioni Standard 2017 della Regione Puglia.

Tabella 12 Confronto Produzioni Standard pre e post progetto

COLTURE	PS/ha	ESTENSIONE ANTE (ha)	PS TOTALE ANTE	ESTENSIONE POST (ha)	PS TOTALE POST	Δ PS
Mais	1.294,00 €	31,059	40.190,35 €	0	- €	- 40.190,35 €
Orticole - all'aperto - in pieno campo	16.234,00 €	0	- €	21,9145	355.759,99 €	355.759,99 €
Prati avvicendati (medica, sulla, trifoglio, lupinella, ecc.)	773,00 €	0	- €	6,9557	5.376,76 €	5.376,76 €
Oliveti - per olive da olio (olio)	2.589,00 €	0	- €	1,9318	5.001,43 €	5.001,43 €
Fasce impollinazione	- €	0	- €	0,257	- €	- €
TOTALI			40.190,35 €		366.138,18 €	325.947,83 €

11. MACCHINE AGRICOLE E APPLICAZIONI DI AGRICOLTURA DIGITALE E DI PRECISIONE NECESSARIE ALLA GESTIONE DELLE COLTURE

11.1. Meccanizzazione

Per la corretta gestione dei lavori nelle colture previste nel progetto di sviluppo agricolo, è necessario disporre di alcune macchine che verranno di seguito elencate per dare l'idea del ventaglio di opzioni che il mercato offre nel settore delle macchine agricole per ciò che riguarda le dimensioni delle macchine e le tecnologie a disposizione.

Bisognerà tenere in conto nell'acquisto e soprattutto nella progettazione del parco macchine della larghezza della fascia centrale di 4,8 m quando i pannelli sono in posizione di massima captazione (ore centrali della giornata, paralleli al suolo). Si dovrà prevedere inoltre, l'uso di fresatrici e trince interceppo che possano lavorare precisamente e comodamente sull'area sottesa ai tracker, oltre che lungo la fascia centrale.

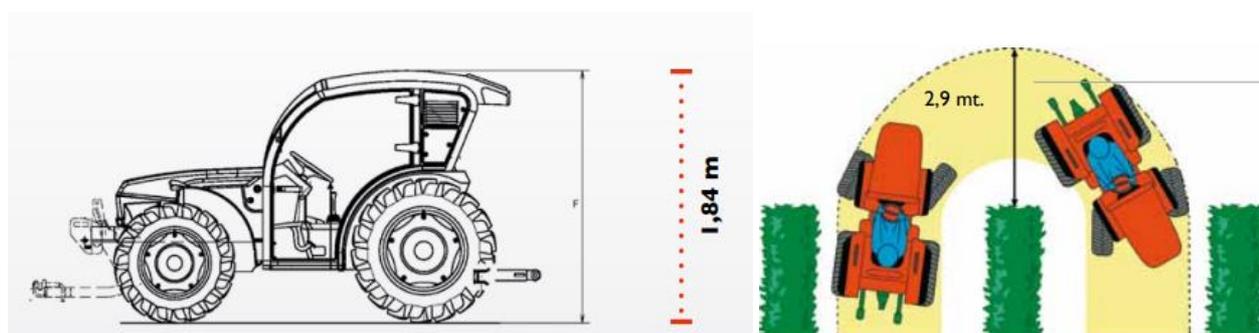


Figura 32-Trattrice gommata tipo frutteto con dimensioni adatte al parco agrovoltatico



DIMENSIONI E PESO		
Passo	mm	2355
Altezza al tetto cabina massima senza lampeggianti	mm	2870 - misurata con pneumatici 9,5R48 - 9,5R48
Altezza dal centro dell'assale posteriore al tetto cabina	mm	2070
Lunghezza massima con zavorre anteriori - Larghezza (Min - Max)	mm	4400 - (1782-2542) - misurate con pneumatici 9,5R48 4WD
Peso alla spedizione - misurato con specifiche medie	kg	4300
Peso massimo ammissibile	kg	6000
Dimensione massima pneumatici anteriori e posteriori - (Raggio Indice - RI)	mm	9,5R48 - 9,5R48 (RI 800 mm)
Supporto zavorre / Perno gancio traino anteriore		●
Zavorre a valigetta - numero x peso	kg	○ 6x36 - ○ 10x36
Zavorre per ruote posteriori	kg	○ 2x60 - ○ 4x60

Legenda: ● di serie ○ opzionale * aftermarket

Figura 33 Trattore per coltivazioni orticole



Figura 34 Mini Mietitrebbia con rimorchio

Dati tecnici	
Macchina base/Motore	
Motore diesel	SisuDiesel, 136 kW/185 CV, 6 cilindri
Capacità del serbatoio	350 l
Trazione	
Trazione idrostatica	A 3 marce: 7 / 14 / 20 km/h
Sterzo	Idraulico
Pneumatici anteriori = asse motore	600/65 R34
Pneumatici posteriori = asse sterzante	360/70 R20
Freno di servizio	Idrostatico
Freno di stazionamento	Freno a tamburo
Larghezza carreggiata	Davanti: 2200 mm, dietro: 2240 mm
Altezza libera dal suolo	320 mm
Passo	3260 mm

Raccolta della granella e trasporto	
Trasporto dei semi	Trasporto pneumatico dei semi
Cassone	4200 l
Altezza di svuotamento del cassone	4000 mm
Sistema di pesatura	Sistema di rilevazione e trasmissione dati HarvestMaster o DK800
Prelievo campioni	Prelievo campioni in cabina (opzione)
Trebbiatura e pulizia	
Cassa di trebbiatura	Con nastro trasportatore per cassa di trebbiatura
Battitore	Larghezza: 1110 mm, diametro: 500 mm Numero di listelli: 8, numero di giri: 400 - 1150 giri/min, regolabile in continuo
Controbattitore	Superficie: 0,5 m ² , angolo di avvolgimento: 105°, numero di listelli: 12
Sbattitore	In 4 parti
Regolazione della ventilazione	Sistema elettrico
Dimensioni	
Dimensioni	Lunghezza: 10200 mm (con testata) Larghezza: da 2550 a 2950 mm Altezza: 3680 mm
Peso	Ca. 9000 kg (senza testata)

Figura 35 Caratteristiche tecniche Mini Mietitrebbiatrice



Figura 36-Macchine agricole

Tutte le macchine sopra elencate possono essere progettate nelle dimensioni e nelle funzioni in base esigenze spaziali del progetto, le foto sono solo indicative e finalizzate all'elencazione dell'attrezzatura necessaria alla corretta gestione agronomica del progetto.

11.2. Agricoltura di precisione

Un'agricoltura di precisione può essere definita come una gestione aziendale basata sull'osservazione, la misura e la risposta dell'insieme di variabili quanti-qualitative inter ed intra-campo che intervengono nell'ordinamento produttivo. Ciò al fine di definire, dopo analisi dei dati

sito-specifici, un sistema di supporto decisionale per l'intera gestione aziendale, con l'obiettivo di ottimizzare i rendimenti nell'ottica di una sostenibilità avanzata di tipo climatica ed ambientale, economica, produttiva e sociale.

L'assetto aziendale prevedrà l'applicazione dell'agricoltura di precisione basata su quattro pilastri:

1. Rilevazione dei dati ambientali, produttivi, pedologici meccanici ecc.;
2. Analisi;
3. Decisione/azione;
4. Monitoraggio delle azioni intraprese.

Tali applicazioni saranno finalizzate alla gestione sostenibile delle risorse, quali fertilizzanti, sementi, prodotti fitosanitari, carburanti, acqua, suolo, ecc., attraverso il controllo delle macchine che le gestiscono generando diversi vantaggi:

- aumento di produzione e/o qualità dei prodotti,
- uso efficiente e mirato degli input (concimi, acqua, erbicidi, fitofarmaci) attraverso il controllo per sezione delle irroratrici e della distribuzione dei fertilizzanti con conseguente riduzione delle spese e tutela delle risorse naturali (suolo, acqua);
- riduzione delle emissioni climalteranti e dell'uso di energia durante i processi agricoli;
- conservazione della fertilità dei suoli;
- riduzione dell'errore umano;
- miglioramento delle condizioni di lavoro degli operatori.

Sarà dunque previsto l'uso di sistemi intelligenti di guida e di raccolta e trasmissione dati sulle macchine operatrici, l'utilizzo di sensori di flusso sulle mietitrebbiatrici e macchine raccogliatrici per gestire l'aspetto quali-quantitativo delle produzioni in maniera diretta ed informatizzata.

Anche le attrezzature per la distribuzione dei concimi saranno di precisione per ridurre gli sprechi o i sovradosaggi dei concimi impiegando spandiconcime a due dischi equipaggiati con sistemi elettronici avanzati, per il controllo sulla larghezza di lavoro e sulla effettiva quantità di prodotto applicata, con palette regolabili che assicurano la giusta applicazione del concime anche a bordo campo, tutto controllato direttamente dalla cabina del trattore.

Questi applicativi consentiranno di determinare la variabilità spaziale e temporale presente all'interno di un campo e di gestirla con appropriate pratiche sito specifiche.

Sarà inoltre installata una capannina meteo che raccolga tutti i dati meteorologici giornalieri, come radiazione solare, temperatura massima e minima, precipitazioni, vento all'interno e all'esterno del parco fotovoltaico. Sensori prossimali nel suolo all'interno e all'esterno del parco fotovoltaico invieranno invece dati sul contenuto idrico, sulle caratteristiche fisiche e sul contenuto di sostanza organica nel suolo, così da poter pianificare azioni mirate.

12 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI NECESSARI AL MONITORAGGIO DEL PROGETTO AGRICOLO

Elemento importante per il successo del progetto agricolo sarà predisporre un'assistenza tecnica che monitori periodicamente l'andamento delle coltivazioni in modo tale da poter dare indicazioni tecniche mirate ad una produzione economicamente, agronomicamente e ambientalmente sostenibile.

Di seguito alcuni parametri/indici funzionali sia alla valutazione della continuità dell'attività agricola che alla valutazione e il miglioramento della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

- a. Produzione Lorda Vendibile: a tal fine è stato previsto la coltivazione delle stesse specie all'interno del parco fotovoltaico dove insiste l'ombreggiamento generato dai tracker e all'esterno del parco, nella zona libera, così da poter comparare la produzione agricola in maniera del tutto significativa poiché le due aree menzionate saranno gestite dal punto di vista agricolo nella stessa maniera e differiranno solo per la presenza o meno dei tracker.
- b. Qualità del suolo: La qualità del suolo è una proprietà non facile da definire, anche se c'è accordo sul fatto che debba essere strettamente correlata alla sua funzionalità. La Società Americana di Scienza del Suolo, ad esempio, definisce che "la qualità del suolo è rappresentata dalla sua capacità di funzionare, all'interno di un dato ecosistema, in modo tale da sostenere la produttività vegetale e animale, e di mantenere e/o migliorare la qualità dell'acqua e dell'aria contribuendo allo sviluppo della vita e della salute umana".

Più precisamente, la qualità è espressione della fertilità intesa come rendimento massimo che è possibile ottenere da un suolo coltivato con le specie vegetali più adeguate alle condizioni climatiche di specifico ambiente. Pertanto, la propensione a produrre non è funzione delle sole caratteristiche del suolo, ma rappresenta la potenzialità produttiva del sistema, considerato come insieme pedoclimatico.

La valutazione della fertilità del suolo e della direzione del suo cambiamento nel tempo costituisce l'indicatore primario della gestione sostenibile del territorio.

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 caratteristiche agroecosistemiche del progetto:

- Analisi fisica del suolo: tessitura, stabilità della struttura, densità apparente e porosità, infiltrazione e drenaggio del suolo, profondità utile del suolo.

- Analisi chimica del suolo: Carbonio totale e sostanza organica, le diverse forme dell'azoto, fosforo e potassio scambiabile, pH, capacità di scambio cationico (CSC), grado di saturazione in basi, conducibilità elettrica, calcare totale e attivo, micronutrienti e metalli pesanti.
 - Analisi biochimica e microbiologica del suolo: biomassa microbica, respirazione basale, azoto potenzialmente mineralizzabile, attività enzimatiche, carica microbica, struttura delle comunità microbiche, microfauna (protozoi e nematodi), macrofauna (lombrichi), piante bioindicatrici,
- c. Microclima: per monitorare il microclima sono state selezionati indicatori agrometeorologici in base alle indicazioni dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (World Meteorological Organization- WMO).
- Anomalie di Temperatura massima: differenza in °C tra il valore medio del mese ed il rispettivo valore del riferimento climatico
 - Anomalie di Temperatura minima: differenza in °C tra il valore medio del mese e il rispettivo valore del riferimento climatico 1
 - Sommatorie termiche cumulate: calcolate dal mese di gennaio di ogni anno con soglie di temperatura base (T_b) pari a 0°C e 10°C e rispettive anomalie. Il calcolo si basa sulle temperature medie giornaliere. Le due soglie di temperatura di base scelte consentono di dare indicazioni generali per le principali colture. L'accumulo termico rispetto a 0 °C consente di valutare lo sviluppo delle specie autunno-vernine (per es. il frumento), mentre l'accumulo termico rispetto a 10 °C dà indicazioni utili per le specie vegetali più esigenti, come le colture a ciclo primaverile-estivo. La soglia a 10 °C è utile anche per il monitoraggio di alcuni parassiti entomologici.
 - Gelate tardive: numero di giorni del mese con temperatura minima.
 - Gelate precoci: numero di giorni mensili con temperatura minima.
 - Precipitazione cumulata (P_{tot}): precipitazione in mm cumulata nel mese.
 - Anomalia di Precipitazione (P Anomaly): differenza in mm tra il totale del mese ed il rispettivo valore del riferimento.
 - Evapotraspirazione di riferimento (ET₀): l'evapotraspirazione è la quantità d'acqua perduta dal terreno per effetto congiunto dell'evaporazione diretta e della traspirazione delle piante ed è espressa come quantità di acqua per unità di superficie per unità di tempo; analogamente alla precipitazione, viene misurata in mm.

- Bilancio idro-climatico (BIC): rappresenta la differenza tra le precipitazioni (P) e l'evapotraspirazione potenziale (ET₀).
- d. Valutazione del carbonio organico nel suolo. Il carbonio organico nel suolo rappresenta la più grande riserva di carbonio terrestre, circa 3.2 volte quella atmosferica e 4.4 quella biotica. A causa delle dimensioni di tale riserva anche piccoli cambiamenti nelle scorte globali potrebbero influenzare le concentrazioni di CO₂ atmosferica. È stato ipotizzato che l'aumento di carbonio organico nei terreni a profondità fino a 2 m del 5 - 15 % potrebbe ridurre le concentrazioni atmosferiche di CO₂ del 16 - 30 %. Il ruolo del suolo nell'adsorbimento e nella conservazione del carbonio organico dipende dalle proprietà chimico-fisiche del suolo e dal tipo di sostanza organica. D'altro canto la qualità del suolo dipende in larga misura dal contenuto in materia organica, che è dinamico e varia rapidamente al variare della gestione del suolo. Tale quantità di sostanza organica in molti terreni coltivati in Europa è in calo, a causa delle moderne tecniche di agricoltura intensiva. Quando i livelli di sostanza organica scendono al di sotto della quantità necessaria per sostenere un suolo stabile, fertile e sano, si va incontro a fenomeni di degrado. L'ingresso del carbonio organico nel suolo avviene principalmente attraverso il materiale vegetale e animale in decomposizione, gli essudati radicali e con l'apporto di materiale organico proveniente da altre fonti tramite spandimento.
- e. Resilienza dell'agroecosistema ai cambiamenti climatici. Per resilienza dell'agroecosistema si intende la capacità di tamponare gli effetti di uno stress ambientale degli agroecosistemi al fine di ridurre i rischi legati ai cambiamenti climatici, e alla frammentazione degli habitat naturali e alla riduzione della biodiversità.
- Valutazione della biodiversità soprattutto del suolo in quanto una maggiore biodiversità nello spazio e nel tempo ha vantaggi per la ritenzione o il riciclo dei nutrienti e aumenta la quota di sostanze organiche disponibili con benefici per la resistenza alla siccità e alla dipendenza dai fertilizzanti.

13 COERENZA DEL PROGETTO CON I REQUISITI E LE CARATTERISTICHE INDICATE DALLE “LINEE GUIDA IN MATERIA DI IMPIANTI AGRIVOLTAICI”

L’ottimizzazione contemporanea dell’ambito agricolo ed energetico è fondamentale per la buona riuscita del progetto. È importante sottolineare gli aspetti e i requisiti che i sistemi agrivoltaici devono rispettare al fine di rispondere alla finalità generale per cui sono realizzati, ivi incluse quelle derivanti dal quadro normativo attuale in materia di incentivi.

A tal fine segue un quadro sinottico che evidenzia la coerenza del progetto sopra dettagliato con i requisiti richiesti dalle “Linee guida in materia di impianti agrivoltaici”.

Tabella 13 Quadro sinottico delle conformità del progetto ai requisiti degli impianti agrivoltaici.

REQUISITO	DEFINIZIONE	PARAMETRO	DEFINIZIONE PARAMETRO	AZIONE PREVISTA DAL PROGETTO	ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO
A	Consentire attraverso un’opportuna configurazione spaziale e scelte tecnologiche l’integrazione fra attività agricola e produzione elettrica, valorizzando il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi.	A.1: $S_{agricola} \geq 0,7 \cdot S_{tot}$	Si deve garantire sugli appezzamenti oggetto dell’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)	$\frac{\text{Superficie Agricola produttiva}}{\text{Superficie totale di progetto}} \times 100 = \frac{209.145}{291.000} = 71,87\% > 70\%$	N.A.
		A.2: Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli -LAOR $\leq 40\%$		$LAOR = \frac{\text{Superficie dei moduli}}{\text{Superficie totale di progetto}} \times 100 = \frac{116.308}{291.000} \times 100 = 39,97\% < 40\%$	N.A.
B	Nel corso della vita tecnica utile devono essere rispettate le condizioni di reale integrazione fra attività agricola e produzione elettrica valorizzando il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi.	B.1: Continuità dell’attività agricola	Ove sia già presente una coltivazione a livello aziendale, andrebbe rispettato il mantenimento dell’indirizzo produttivo o, eventualmente, il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato. Fermo restando, in ogni caso, il mantenimento di produzioni DOP o IGP. Il valore economico di un indirizzo produttivo è misurato in termini di valore di produzione standard calcolato al livello complessivo aziendale; la modalità di calcolo e la definizione di coefficienti di produzione standard sono predisposti nell’ambito della indagine RICA per tutte le aziende contabilizzate.	Passaggio ad un indirizzo produttivo di valore economico più elevato: si passa infatti dalla coltivazione di mais ad orticole in pieno campo, prati avvicendati e olivo.	Passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato. Il valore economico di un indirizzo produttivo è misurato in termini di valore di produzione standard calcolato a livello complessivo aziendale; la modalità di calcolo e la definizione di coefficienti di produzione standard sono predisposti nell’ambito della indagine RICA per tutte le aziende contabilizzate.
		B.2: $FV_{agri} \geq 0,6 \cdot FV_{standard}$	In base alle caratteristiche degli impianti agrivoltaici analizzati, si ritiene che, la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FV _{agri} in GWh/ha/anno) correttamente progettato, paragonata alla produttività elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard (FV _{standard} in GWh/ha/anno), non dovrebbe essere inferiore al 60% di quest’ultima.	Produttività FV Agri = 49350 MWh/anno - Produttività FV Standard = 45189 MWh/anno $FV_{agri} \geq 0,6 \cdot FV_{standard}$	N.A.
C	L’impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra. L’area destinata a coltura può coincidere con l’intera area del sistema agrivoltaico oppure essere ridotta ad una parte di essa, per effetto delle scelte di configurazione spaziale dell’impianto.	Tipo 1) Impianto agrivoltaico avanzato	L’altezza minima dei moduli è studiata in modo tale da consentirne la continuità delle attività agricole anche sotto i moduli fotovoltaici	Altezza dei moduli 2,31 m che consente l’utilizzo di macchinari funzionali alla coltivazione	N.A.
D	I valori dei parametri tipici relativi al sistema agrivoltaico dovrebbero essere garantiti per tutta la vita tecnica dell’impianto. A tale scopo è opportuno installare un adeguato sistema di monitoraggio che permetta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico con particolare riferimento al risparmio idrico e alla continuità dell’attività agricola	D.1: Risparmio idrico	I sistemi agrivoltaici possono rappresentare importanti soluzioni per l’ottimizzazione dell’uso della risorsa idrica, in quanto il fabbisogno di acqua può essere talvolta ridotto per effetto del maggior ombreggiamento del suolo. Il monitoraggio di questo parametro nelle aziende con colture in azienda riguarda solo l’analisi dell’efficienza d’uso dell’acqua piovana, il cui indice dovrebbe evidenziare un miglioramento conseguente alla diminuzione dell’evapotraspirazione dovuta all’ombreggiamento causato dai sistemi agrivoltaici.	N.A.	N.A.
		D.2: Continuità dell’attività agricola	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	Redazione di 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 (sesto di impianto, densità di semina, impiego di concimi, trattamenti fitosanitari).	Relazione tecnica asseverata da un agronomo con una cadenza stabilita
E	Finalizzato a valutare gli effetti dell’agrofotovoltaico	E1: Recupero della fertilità del suolo	Riguarda il recupero dei terreni non coltivati, che potrebbero essere restituiti all’attività agricola grazie alla incrementata redditività garantita dai sistemi agrivoltaici. È pertanto importante monitorare i casi in cui sia ripresa l’attività agricola su superfici agricole non utilizzate negli ultimi 5 anni	N.A.	N.A.
		E2: Microclima	Il microclima presente nella zona ove viene svolta l’attività agricola è importante ai fini della sua conduzione efficace. L’impatto di un impianto tecnologico fisso o parzialmente in movimento sulle colture sottostanti e limitrofe è di natura fisica: la sua presenza diminuisce la superficie utile per la coltivazione in ragione della palficazione, interrotta la luce, le precipitazioni e crea variazioni alla circolazione dell’aria.	Installazione di stazioni meteo che possano monitorare il microclima dell’area assoggettata all’ombra dei moduli e dell’area libera dall’ombreggiamento (parametro di confronto). Le stazioni meteo saranno costituite ognuna da termometro (a minima e massima) per misurare la temperatura; igrometro per misurare l’umidità atmosferica; anemometro per misurare la velocità del vento; pluviometro per misurare la quantità di pioggia caduta; solarmetro o piranometro per la misura dell’intensità della radiazione solare entrante; sensore di bagnatura fogliare; sensore di umidità del terreno a diverse profondità, tramite sonda; sensore di temperatura del terreno.	Saranno monitorati, registrati e confrontati i dati raccolti durante tutta la vita dell’impianto.
		E3: Resilienza ai cambiamenti climatici	Come stabilito nella circolare del 30 dicembre 2021, n. 32 recante “Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – Guida operativa per il rispetto del principio di non arrecare danno significativo all’ambiente (DNSH)”, dovrà essere prevista una valutazione del rischio ambientale e climatico attuale e futuro in relazione ad alluvioni, nevicate, innalzamento dei livelli dei mari, piogge intense, ecc.	--	--

14 CONSIDERAZIONI FINALI

L'agrivoltaico è da considerare un sistema innovativo che permette di far convivere e interagire in modo virtuoso la produzione di energia solare e le produzioni agricole, così da creare maggiore valore per il territorio e le comunità locali. Non è una semplice condivisione degli spazi ma molto di più. Nell'approccio agrivoltaico, infatti, produzione di energia rinnovabile per supportare la transizione energetica e attività agricola o zootecnica si integrano perfettamente tra loro con un meccanismo "win - win".

I vantaggi dell'approccio agrivoltaico sono molteplici. Oltre ad aumentare i rendimenti del terreno agricolo, il sistema influenza particolarmente la distribuzione dell'acqua durante le precipitazioni e la temperatura del suolo incrementa l'umidità dei terreni, la quale influisce positivamente sulla crescita delle piante. Il fatto che, generalmente, il tasso di umidità del suolo si stia abbassando rende necessaria un'irrigazione continuativa che può influire sulle condizioni del suolo e sui raccolti. Grazie all'agrivoltaico, invece, le colture sono protette dagli aumenti delle temperature diurne e dalle repentine riduzioni delle temperature notturne e, grazie al maggior ombreggiamento dovuto ai moduli, si riduce la quantità di acqua necessaria alle coltivazioni oltre che proteggere le piante dagli agenti climatici più estremi (Marrou et al., 2013 - How does a shelter of solar panels influence water flows in a soil-crop system?). Uno studio pubblicato nel 2019 ("APV-RESOLA") da parte del National Renewable Energy Laboratory (NREL), il laboratorio del Dipartimento dell'Energia, negli Stati Uniti, che si occupa di ricerca sulle energie rinnovabili, conferma questi dati: la combinazione di agricoltura e pannelli fotovoltaici potrebbe avere effetti sinergici che incrementeranno la produzione agricola, la regolazione del clima locale e la riduzione del fabbisogno idrico con benefici che aiuteranno a rendere ecosostenibili e maggiormente competitivi ed efficienti i processi di produzione agricola.

Le condizioni di ombreggiamento parziale sotto i pannelli, permettono alle colture di affrontare meglio le condizioni climatiche avverse ed eventi meteorologici estremi come alte temperature incrementando la resilienza dell'agroecosistema ai cambiamenti climatici.

Fondamentale diventa la scelta delle colture che deve ricadere sulle specie che maggiormente tollerano o che beneficiano dell'ombra.

Grazie all'ombra fornita dai trackers dunque potremmo ottenere una consistente riduzione dell'evapotraspirazione perché maggiormente protetti dalla radiazione solare e dai forti venti e dunque un minor consumo idrico, un bilancio radiativo che attenua le temperature massime e minime registrate al suolo e sulla vegetazione.

Le coltivazioni avranno una maggiore protezione da eventuali grandinate e dai forti venti che incrementano i fenomeni evapotraspirativi.

Tutti i parametri microambientali sopracitati saranno monitorati e valutati grazie alla stazione meteorologica presente.

L'associazione tra produzione agricola, nello specifico cima di rapa, cece, grano duro, olivo e fotovoltaico è un certamente un progetto ambizioso e promettente che bene si incastra nel concetto di agricoltura sostenibile e sviluppo multifunzionale del territorio rurale.