

REGIONE SARDEGNA

Provincia di Sassari
COMUNE DI PORTO TORRES

Realizzazione di un Parco Agrivoltaico di potenza nominale pari a 40 MWp denominato "PORTO TORRES" sito nel Comune di Porto Torres

Località "Strada Vicinale Rio d'Ottava"

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

OGGETTO

PTTORRES-IAR05

RELAZIONE AGRONOMICA

ELABORATO

CODICE ELABORATO

Data	Revisione	Descrizione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
Marzo 2022	00	Emissione per procedura di VIA	Dott. Agr. G. Bellu	Dott. Agr. P. Vasta	Enerland Italia

TEAM:

Dott. Agr. Patrick VASTA
Ing. Annamaria PALMISANO
Dott. Nausica RUSSO
Ing. Emanuele CANTERINO
Dott. Claudio BERTOLLO



PROGETTO:

IMPIANTO AGRIVOLTAICO
PORTO TORRES

GRUPPO DI LAVORO:

Dott. Agr. Gavino BELLU
Geol. Nicola DEMURTAS
Arch. Orazio SCALIA
Musarte Soc.Coop:
Dott. Pierantonio PINNA
Dott.ssa Antonella UNALI
Dott.ssa Maria Antonietta DEMURTAS
BCF:
Ing. Fabio Massimo CALDERARO

E-Prima:
Dott. Biol. Agnese Elena Maria CARDACI
Ing. Gianluca VICINO

PROPONENTE:

Energia Pulita
Italiana s.r.l.



SEDE LEGALE:

Via del Rondone, 3
40122 - Bologna (BO)

REFERENTE:

Diego Gonzalez Caceres

DATA: 31/03/2022

PROGETTAZIONE:

ENERLANDITALIA

COORDINAMENTO:

Dott. Agr. Patrick VASTA

FIRMA:

SCALA:

FORMATO:

A4

Sommario

1.	UBICAZIONE, DESCRIZIONE DEL SITO PARAMETRI CLIMATICI E GEOPEDOLOGICI	2
A.	Generalità sul clima	3
1.	Temperatura	3
2.	Precipitazioni.....	3
B.	Morfologia.....	4
C.	Geologia	4
D.	Pedologia.....	4
2.	ANALISI DELLE PRODUZIONI AGRICOLE	7
A.	Areale e tipologia di coltura	7
4.	Descrizione del progetto	9
A.	Fasce di rispetto perimetrale ed opere di mitigazione;.....	12
B.	Recupero e riposizionamento specie espantate.....	16
5.	Generalità sul piano culturale e parametri vegetativi.....	17
A.	Gestione del suolo	17
B.	Ombreggiamenti ed effetti del microclima sulle colture.....	17
1.	Radiazione solare.....	17
2.	Temperatura	18
3.	Evapotraspirazione	19
6.	Aspetti sulla coltivazione.....	20
A.	Meccanizzazione e spazi di manovra.....	20
B.	Tipologie di coltivazione.....	20
C.	Gestione del sistema coltura/fotovoltaico.....	21
7.	Sviluppo futuro del progetto agro-fotovoltaico.....	22
A.	Costi realizzazione prato polifita e opere di mitigazione e compensazione.....	23
8.	Conclusioni.....	25

INTRODUZIONE

Il sottoscritto Dottore Agronomo Gavino Bellu nato a Ozieri il 13.12.1977 ed ivi residente in Regione S'Ulivariu snc, Codice fiscale BLLGVN77T13G203E, iscritto all'albo dei Dottori Agronomi e Dottori Forestali della Provincia di Sassari con il n. 817, redige la seguente relazione tecnica Agronomica a supporto delle attività progettuali connesse alla futura realizzazione di impianto per la produzione di energia da fonte rinnovabile fotovoltaica, della potenza di picco di 40.000,00 kWp occupante una superficie netta di circa 58,02 ettari in località "Strada Vicinale Rio d'Ottava" ricadente nell'agro del Comune di Porto Torres (SS), il progetto ricade su un'area di estensione complessiva utile di circa 65,38 ettari.

Tale iniziativa viene portata avanti dalla società denominata "Energia Pulita Italiana s.r.l." con sede legale a Bologna (BO), Via Del Rondone civico 3, CAP 40122, nonché società controllata da Enerland Group.

Scopo del presente lavoro è quello di definire gli orientamenti agronomici attuali e potenziali a seguito della realizzazione dell'impianto agrivoltaico in progetto.



Tavola 1 – area interessata dall'intervento –sovrapposizione catasto su ortofoto

1. UBICAZIONE, DESCRIZIONE DEL SITO PARAMETRI CLIMATICI E GEOPEDOLOGICI

Il terreno oggetto del presente intervento, risulta essere localizzato interamente in agro del Comune di Porto Torres (SS), con i seguenti riferimenti cartografici e urbanistici:

- COMUNE DI PORTO TORRES (SS) - Località "Strada Vicinale Rio d'Ottava"
- Zona E da PUC. del Comune di Porto Torres;
- Tavoleta I.G.M. 441 Sez.III – PORTO TORRES - Scala 1:25.000
- Tavoleta C.T.R. Sez. 441130 – PORTO TORRES - Scala 1:10.000

Il terreno è distinto catastalmente come indicato di seguito:

CATASTO TERRENI					
COMUNE	FOGLIO	MAPPALE	QUAL - CLASSE	SUPERFICIE (MQ)	ZONA URBANISTICA
Porto Torres	19	32	SEMINATIVO 3	2,3609	E
Porto Torres	19	33	SEMINATIVO 3	2,1676	E
Porto Torres	19	35	SEMINATIVO 3	2,8842	E
Porto Torres	19	154	SEMINATIVO 3	0,0065	E
Porto Torres	19	151	SEMINATIVO 3	0,6736	E
Porto Torres	18	26	SEMINATIVO 1	1,0017	E
			PASCOLO 2	0,5409	
Porto Torres	18	27	SEMINATIVO 3	2,4256	E
Porto Torres	18	28	SEMINATIVO 2	2,2387	E
Porto Torres	18	353	SEMINATIVO 3	0,0212	E
Porto Torres	19	8	SEMINATIVO 3	6,2561	E
Porto Torres	19	330	SEMINATIVO 2	32,1126	E
Porto Torres	19	27	SEMINATIVO 3	7,4669	E
Porto Torres	19	140	SEMINATIVO 3	1,4576	E
Porto Torres	19	141	SEMINATIVO 3	0,0081	E
Porto Torres	19	312	SEMINATIVO 3	0,0185	E
Porto Torres	19	29	SEMINATIVO 3	0,2543	E
Porto Torres	19	193	SEMINATIVO 3	0,0699	E
Porto Torres	19	198	SEMINATIVO 3	0,1837	E
Porto Torres	19	1	SEMINATIVO 3	4,4105	E
Porto Torres	19	34	SEMINATIVO 3	3,0005	E
Porto Torres	19	36	SEMINATIVO 3	0,6334	E
Porto Torres	19	133	SEMINATIVO 3	3,3512	E
Porto Torres	19	491	SEMINATIVO 3	5,3723	E
Porto Torres	18	122	SEMINATIVO 2	2,01	E
			PASCOLO 2	2,1709	
Porto Torres	19	192		0,0441	E
Porto Torres	19	197		0,1019	E
Superficie catastale				83,2434	

Il terreno agricolo di cui sopra, è ubicato ad est del centro abitato di Porto Torres.

Vi si accede da Porto Torres, centro abitato più vicino. A circa 400 metri dall'ingresso del centro abitato, percorrendo la via Sassari (vecchia Sassari - Porto Torres) si procede a sinistra lungo la "Strada Consortile Ponti Pizzinnu", percorrendo la stessa per circa m 2300 si giunge all'ingresso del centro aziendale, posto sulla sinistra rispetto alla strada. Il fondo è costituito da due corpi distinti, separati fisicamente dalla "Strada Consortile Ponti Pizzinnu".

Secondo il Piano Urbanistico Comunale di Porto Torres, l'area che ospiterà il progetto agri-voltaico è classificata come zona E "Aree agricole" nello specifico sottozona E2b.18, Area Agricola di primaria importanza in terreni non irrigui.

A. Generalità sul clima

Il clima locale è quello tipico del Mediterraneo, temperato caldo, caratterizzato da inverni miti e piovosi durante i quali non si osservano temperature inferiori ai zero gradi, e da estati piuttosto torride e asciutte, con elevata escursione termica e una forte radiazione solare. Secondo le disposizioni del Pavari, la zona oggetto della presente relazione ricade nella zona fitoclimatica del Lauretum, sottozona calda del tipo con siccità estiva; oppure, dalla revisione data dall'Arrigoni (1968 – 2006), all'interno dell'orizzonte delle boscaglie e delle macchie litoranee.

Secondo la bibliografia, ma anche come evidenziato dall'inclinazione delle piante, le maggiori frequenze si registrano per i venti provenienti dal quadrante Ovest, Ponente, che da solo raggiunge quasi la metà delle frequenze di tutti gli altri venti.

Saranno presi in considerazione due macroelementi del clima:

- Temperatura;
- Piovosità.

I dati analizzati provengono dal servizio fornito dal S.A.R. di Sassari dalla stazione di "Bidighinzu" per quanto riguarda le temperature e la pluviometria.

L'analisi si riferisce a una serie storica significativa dei valori delle precipitazioni e delle temperature.

1. Temperatura

La media delle temperature max è 17,1°C, mentre la min è pari a 8,8°C. Il clima della zona può essere definito temperato-caldo con una media annua di 11,7°C, una temperatura relativa al mese più freddo di 2,5°C ed una relativa al mese più caldo di 27,7°C.

I valori medi delle temperature mensili, stagionali, e annuali sono riportati nella seguente tabella.

°C	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
MAX	8,3	8,6	10,9	14	18,9	23,7	27,7	27,4	23,5	18,0	13,0	9,4	16,95
MIN	4,6	4,7	6,2	9,2	13,2	17,0	20,0	20,1	17,2	12,9	8,5	5,6	12,0
MED	2,5	2,9	4,3	6,4	9,8	13,3	15,5	15,8	13,5	10,1	6,3	3,6	16,1

2. Precipitazioni

La precipitazione media annua è di circa 675 mm, mentre la quantità media stagionale varia da valori invernali di 262 mm a valori estivi di 59 mm e i gg. piovosi sono, in media, 88 all'anno.

Si rilevano valori medi mensili che vanno dai 11 mm a luglio ai 93 mm nel mese di dicembre. L'estate risulta essere decisamente siccitosa mentre abbondanti sono le precipitazioni autunno-invernali.

I dati medi mensili sono riportati nella seguente tabella:

	Ge	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
media	48.8	39.85	45.3	45.3	32.17	13.15	3.20	8.59	39.65	79.93	93.62	63.8	513.35

I dati medi mensili e stagionali sono riportati nella seguente tabella:

Inverno	Primavera	Estate	Autunno	gg.piovosi
152.45 mm	122.72 mm	24.94 mm	213.2 mm	88

B. Morfologia

Il fondo interessato dal progetto ricade in un'area ubicata all'Est del territorio comunale di Porto Torres. Il territorio è morfologicamente pianeggiante, sono assenti rilievi scoscesi a tratti si riscontra un andamento collinare.

Sulla Carta dei Suoli Pubblicata da **Progemisa** l'area di intervento è classificata nel Gruppo "F: Paesaggi su calcari organogeni, calcareniti, arenarie e conglomerati del Miocene" e nell'unità cartografica "21) - Aree con forme da dolci a ondulate, più o meno incise, prevalentemente prive di copertura arbustiva ed arborea, a tratti colture agrarie".

Andando nel dettaglio l'orografia del fondo presenta giacitura sub pianeggiante con esposizione variabile e quote altimetriche comprese su valori medi di circa 30 m.s.l.m..

C. Geologia

Si tratta di zone ascrivibili a suoli da copertura sedimentaria e vulcanica, successione marina e depositi continentali del Miocene Inf-medio, come meglio dettagliato nella Relazione Geologica e Geomorfologica allegato PTTORRES-IAR10.

D. Pedologia

I suoli della zona in oggetto presentano un profilo del tipo A-C e A-Bw-C, A-Bt-C e subordinatamente roccia affiorante, da mediamente a poco profondi, da franco sabbioso argillosi ad argillosi, permeabili, neutri, saturi, in cui:

- A: (Orizzonti minerali evolutisi dalla superficie verso gli strati profondi o Eluviali) può essere considerato come lo strato di terreno vegetale o orizzonte minerale superficiale arricchito di sostanza organica;
- Bw: (Orizzonti minerali alterati) meno ricco di sostanza organica in cui si possono osservare i risultati delle trasformazioni della fase minerale e/o della struttura, il suffisso sta ad indicare Sviluppo di colore o struttura;
- Bt: (Orizzonti minerali alterati) il suffisso sta ad indicare accumulo illuviale di argilla silicatica
- C: (Orizzonti minerali debolmente alterati o Roccia Madre) è lo strato di suolo su cui si sono originati gli strati superiori e, nella fattispecie, si tratta di calcare fessurato derivante dall'alterazione prevalentemente fisica della roccia madre.

Per la U.S.D.A. Soil Taxonomy i suoli predominanti sono del tipo Typic e Lithic Xerorthents, Typic e Lithic Xerochrepts, Typic Rhodoxeralfs.

Siamo frequentemente in presenza di roccia affiorante. I suoli sono in genere poco profondi, con tessitura variabile da franco sabbiosi a franco argillosi. Questi suoli presentano un buon grado di permeabilità ed un buon grado di saturazione in basi. Il Ph si attesta su valori relativamente neutri.

Tali caratteristiche determinano l'inquadramento dell'area attraverso la classificazione della Land Capability, o Classi di capacità d'uso, nelle classi VI – IV e III, con limitazioni d'uso determinate da alcune zone caratterizzate da rocciosità e pietrosità elevate, scarsa profondità, eccesso di scheletro e forte pericolo di erosione.

Da un punto di vista pedologico specifico, l'areale in oggetto è interamente ascrivibile nelle classi IV e III.

I suoli di classe quarta sono prevalentemente situati in area collinare e sui bassi versanti montani che possono però eccezionalmente essere ritrovati in pianura.

Suoli con limitazioni molto severe e permanenti, notevoli pericoli di erosione se coltivati per pendenze notevoli anche con suoli profondi, o con pendenze moderate ma con suoli poco profondi; scarsa scelta delle colture, e limitata a quelle idonee alla protezione del suolo. Dal punto di vista pedologico sono stati definiti di quarta classe suoli in larga parte classificati tra gli Entisuoli e gli Inceptisuoli (in area collinare) e tra gli Alfisuoli in area di montagna e di pianura.

Si riscontrano infine i suoli di terza classe, posti esclusivamente sui versanti collinari.

Suoli con severe limitazioni e con rilevanti rischi per l'erosione, pendenze da moderate a forti, profondità modesta; sono necessarie pratiche speciali per proteggere il suolo dall'erosione; moderata scelta delle colture.

Sono classificati per lo più all'interno dell'Ordine degli Inceptisuoli, sono altresì presenti tipologie pedologiche attribuite ad Entisuoli, Alfisuoli, e Spodosuoli.

Attitudini ed interventi previsti su questi suoli sono il ripristino della vegetazione naturale nelle aree con maggiori limitazioni e l'utilizzo di colture erbacee ed arboree anche irrigue ove consentito, come sulla prevalenza dell'area in oggetto.



Tavola 2 – stralcio della carta della capacità d'uso dei suoli della Nurra (fonte RAS)

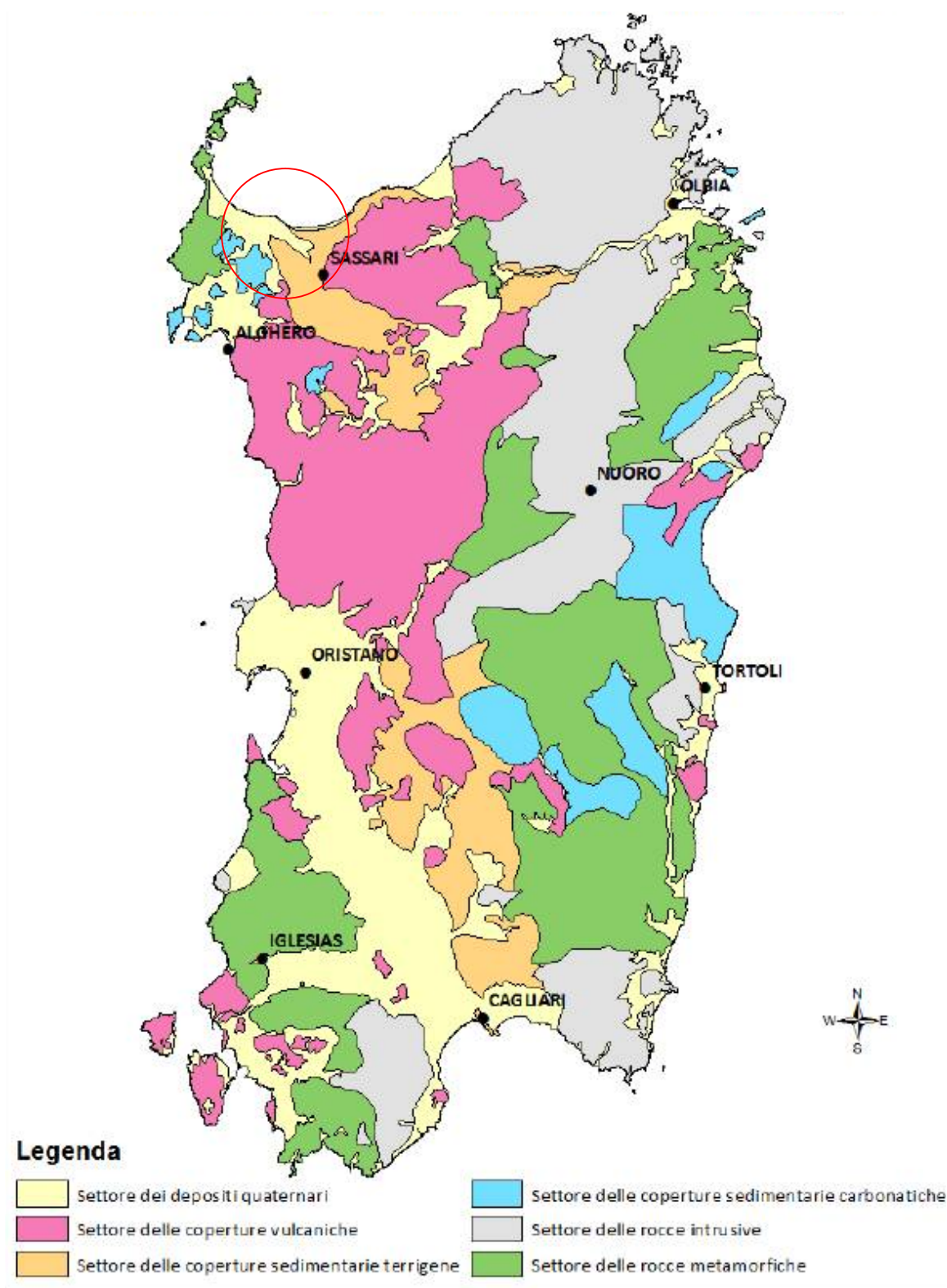


Tavola 3 – Mappa dei settori Geoambientali della Sardegna (fonte RAS)

2. ANALISI DELLE PRODUZIONI AGRICOLE

A. *Areale e tipologia di coltura*

Stato attuale della superficie agricola interessata dall'impianto agri-voltaico

L'azienda in oggetto ha un indirizzo prevalentemente foraggero-zootecnico con l'allevamento di Ovini da latte di razza sarda migliorata.

La produzione foraggera è assicurata da alcuni erbai autunno-vernini graminacee in purezza e miscugli con leguminose. Altra fonte alimentare è il pascolamento diretto e a suo tempo lo sfalcio per la formazione di scorte derivate da prati pascoli caratterizzati da tare o rocciosità affiorante; naturalmente la flora dei prati naturali ha essenze spontanee di ottimo valore pabulare con presenza di specie autoriseminanti e non, questo garantisce una buona capacità di pascolamento con relative turnazioni, buone produzioni anche dal punto di vista qualitativo.

Gli erbai ed i pascoli sono estesi su tutta l'estensione aziendale comprendendo talvolta aree caratterizzate da tare anche eccessive ma utilizzate direttamente dagli animali e successivamente previa sospensione con lo sfalcio per la formazione di scorte.



Foto 1 – Erbaio autunno - vernino

Allo stato attuale i lotti costituenti l'area di progetto sono interessati da colture **cerealicole, leguminose foraggere e da granella in forma estensiva** facendo ricorso alle tecniche convenzionali di coltivazione ed alla minima coltivazione.

Queste colture associate a tali tipologie di coltivazione sono caratterizzate da (senza entrare nel merito specifico di ciascuna di esse):

- Potenzialità produttiva da media a bassa tipica della Regione Sardegna;
- Scarso utilizzo di manodopera, in funzione del livello di meccanizzazione acquisito dalla singola azienda;

- Ricorso a lavorazioni periodiche profonde (30-40 cm), seguite da erpicatura per la sistemazione superficiale; operazioni che causano un impoverimento progressivo della sostanza organica del terreno per effetto dell'ossigenazione del terreno con un incremento della velocità di mineralizzazione;
- Uso di concimi di sintesi (soprattutto azotati), ammendanti ed antiparassitari che subiscono irrimediabilmente l'azione di dilavamento ad opera delle piogge, contribuendo all'inquinamento delle acque superficiali e di falda, ed alla conseguente contaminazione dei prodotti alimentari;
- Uso di carburanti per il funzionamento delle trattrici agricole convenzionali.



Foto 2 – Aree a pascolo nei pressi del centro aziendale

4. Descrizione del progetto

Il sistema agro-fotovoltaico descritto nel presente progetto vuole rappresentare un approccio strategico e innovativo per coniugare la produzione agricola e/o l'allevamento zootecnico con la produzione di energia derivante dal solare fotovoltaico (FV). Non ultimo è da considerare il fine del recupero delle aree marginali dell'agricoltura.

L'ottimizzazione delle superfici agricole attraverso sinergie tra modelli di agricoltura 4.0 e strutture fotovoltaiche di ultima generazione potrà garantire una serie di vantaggi a partire dall'ottimizzazione del raccolto e della produzione zootecnica, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo, con conseguente aumento della redditività e dell'occupazione. Sistemi avanzati come la raccolta dati automatica e l'analisi di dati provenienti dal campo, come per esempio le caratteristiche fisiche e biochimiche del suolo, o i dati relativi ad umidità e temperature sono un insieme di tecnologie digitali 4.0, che rendono possibile la creazione di conoscenza e supporto all'agricoltore nel processo decisionale relativo alla propria attività e al rapporto con altri soggetti della filiera.

L'obiettivo principale del progetto è l'implementazione di sistemi ibridi agricoltura-produzione di energia che non compromettano l'utilizzo dei terreni dedicati all'agricoltura, ma contribuiscano alla sostenibilità ambientale ed economica delle aziende coinvolte; nello specifico l'utilizzo di sistemi integrati di verifica ed analisi con ulteriore evoluzione del concetto di agricoltura di precisione. Il sistema permette di ottenere modelli previsionali su larga scala basato sull'utilizzo di "Big Data" in sostituzione dei tradizionali modelli puntuali, che garantiscano la valutazione di dati su ampie superfici con maggiore affidabilità e precisione, sia che si tratti di interventi agronomici che di interventi fitosanitari.

Tra le tecnologie adottabili si pensi a specifiche stazioni meteo che restituiscono i valori più importanti quali umidità, temperatura, pluviometria e ventosità, inoltre tali sistemi sono gestiti in cloud attraverso l'uso di IoT (internet of things), questo garantisce il lavoro di più strumenti (sensori, satelliti oppure droni) che raccolgono dati, comunicano tra loro e gestiscono risorse condivise in rete.

L'importanza di queste informazioni consente di attribuirle il giusto valore, comprendere quali dati siano davvero utili a livello di intervento e come possano essere utilizzati. Condivisione dei dati significa garantire quindi vantaggi economici per l'azienda perché si limita l'uso di risorse come fertilizzanti, acqua o fitofarmaci, questo si traduce in vantaggi ambientali, riducendo l'uso delle risorse si migliora la resa e la sostenibilità dell'attività agricola e si riduce l'impatto ambientale dell'intera filiera. Una filiera a così alto tasso di tecnologia permetterà inoltre di ottenere migliori condizioni lavorative per gli operatori agricoli che saranno supportati nel processo decisionale dagli strumenti digitali.

L'impianto fotovoltaico sarà di ultima generazione, per le sue caratteristiche costruttive, ed avrà un impatto limitato sul suolo agricolo, permetterà al contempo di esercitare le comuni operazioni agricole coniugando la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile. Tale caratteristica permette di classificare l'impianto come agri-voltaico.

Il progetto di riqualificazione aziendale riguarda la realizzazione di impianto per la produzione di energia da fonte rinnovabile fotovoltaica, della potenza di picco di 40.000,00 kWp a terra a inseguimento solare, organizzato in filari nord-sud ben distanziati (interfila 9,45 m) per consentire la coltivazione nell'interfilare.

Le ali fotovoltaiche, che presentano movimentazione est-ovest, sono incernierate a 3,05 m di altezza su piloni semplicemente inseriti nel terreno. Tali piloni sono agevolmente rimovibili a fine vita dell'impianto e non determinano alcun impatto residuo sul terreno agricolo.

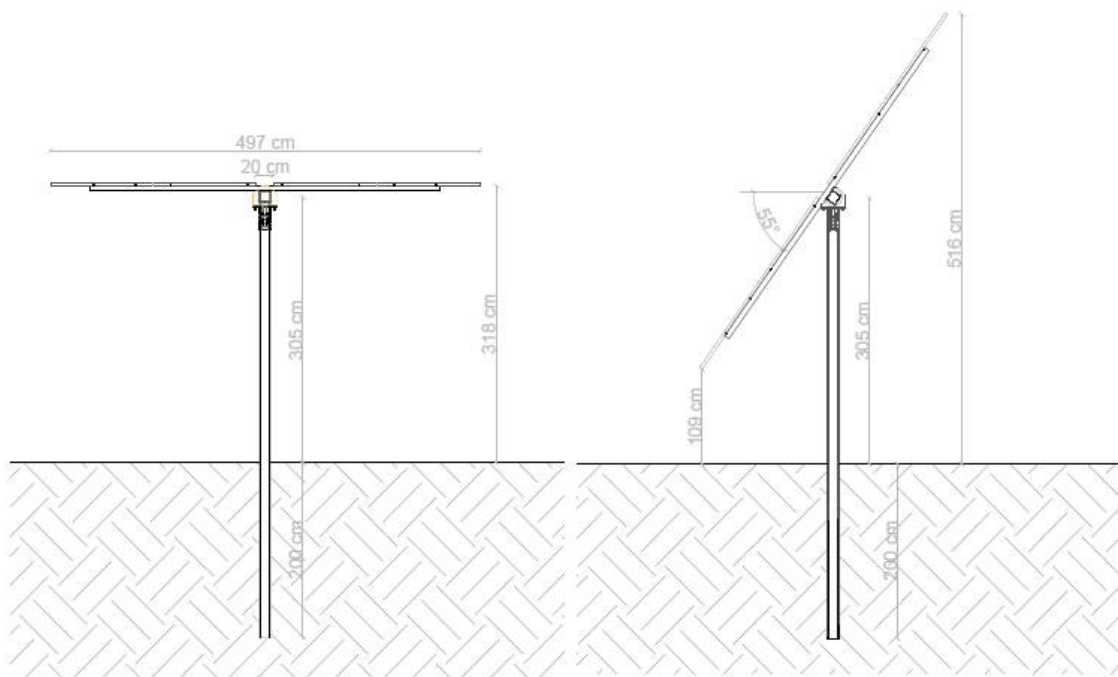


Tavola 4 – dettaglio del Tracker

Come definito dai layout progettuali, la copertura fotovoltaica lascia tra i filari una zona priva di ingombro (in proiezione verticale) di larghezza variabile in funzione dell'orario del giorno, da un minimo di 4,48 m (mezzogiorno, ora solare) ad un massimo di 7,83 m (alba e tramonto), ovvero variabile dal 47% al 82%.

La fascia libera tra le file consente quindi la necessaria movimentazione dei mezzi meccanici per la gestione delle ordinarie attività di coltivazione del terreno con opportuna sincronicità delle operazioni colturali e movimenti dei trackers.

È inoltre possibile, ed auspicabile, la coltivazione dell'intera superficie e la sua valorizzazione, attraverso l'uso di colture adeguate. Il progetto nasce infatti con l'obiettivo di ridurre i fenomeni di degrado del suolo ed il mantenimento della sua produttività biologica su orizzonti temporali lunghi. L'intervento in progetto prevede l'adozione di pratiche agricole che miglioreranno la gestione del suolo e per prevenirne l'erosione rispetto alle pratiche ordinarie ed ai riferimenti agricoli più consoni a cui rapportarsi.

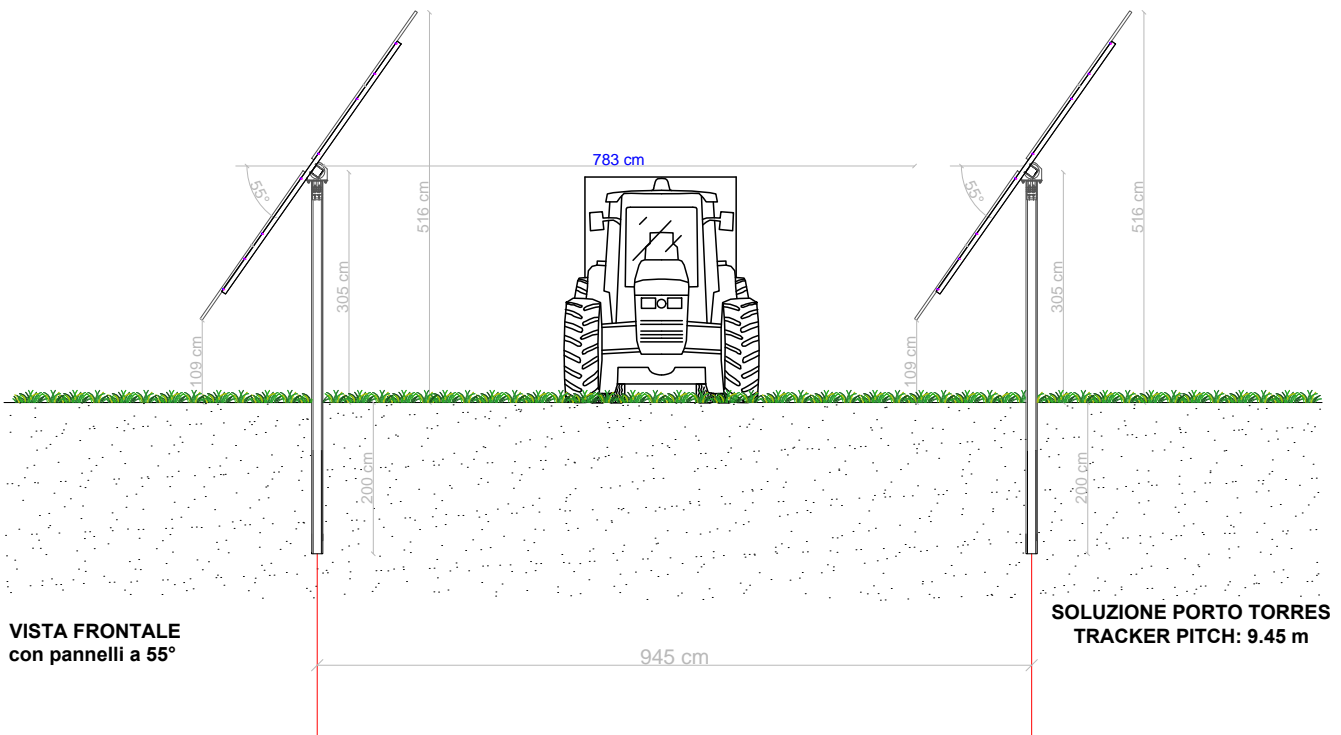
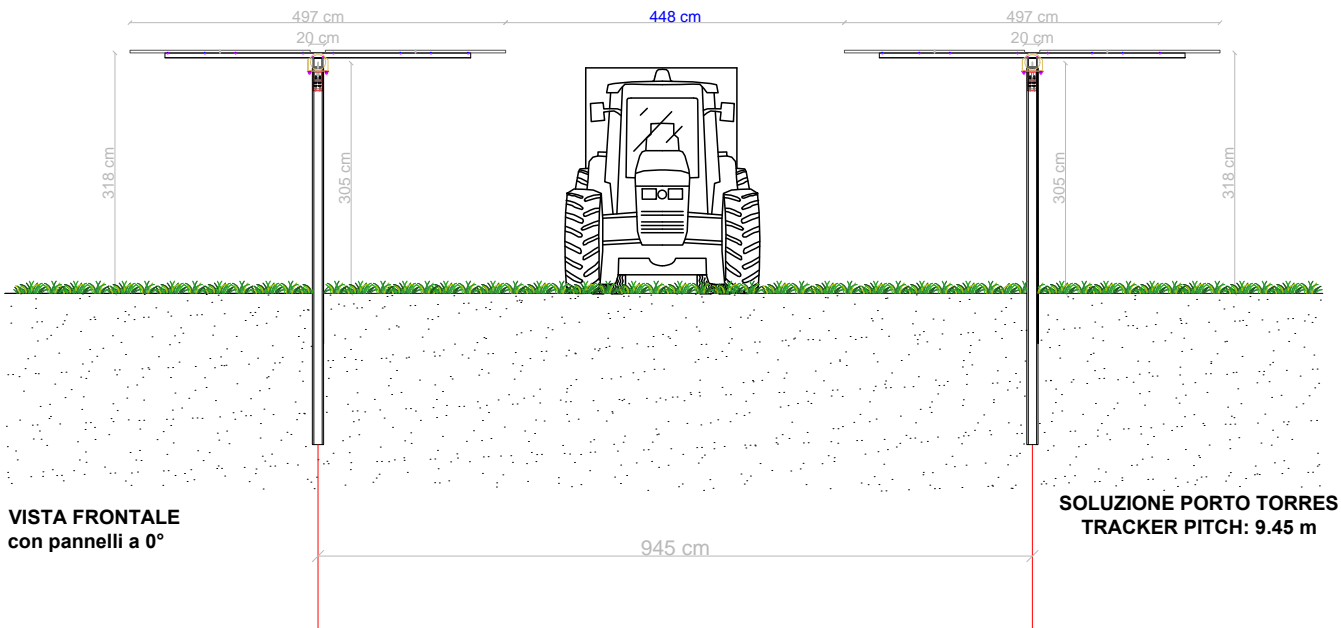
Questo intervento infatti, in un'ottica di più ampio respiro, contribuisce all'obiettivo trasversale di risposta ai cambiamenti climatici configurandosi come misura di adattamento ad essi. Scopo principale del presente progetto è di realizzare un prato polifita permanente, di durata illimitata destinato ad uso erbaio e/o a fienagione.

Tutte le aree, anche quelle soggette a maggiore calpestio, verranno mantenute a cotico erboso e l'insieme di pianta ed apparato radicale garantirà una azione di contenimento ed il corretto flusso di infiltrazione dell'acqua piovana evitando fenomeni di ruscellamento e di erosione.

Saranno preferite leguminose foraggere (trifoglio, veccia, erba medica..) colture per le quali non è previsto alcun intervento irriguo se non gli apporti naturali o interventi di supporto. Il loro prezioso ruolo di azotofissatrici garantirà un naturale arricchimento della superficie in termini di azoto e sarà ideale per un futuro impianto di nuove colture.

L'intera superficie sarà destinata al pascolamento durante la stagione invernale, mentre nelle stagioni più rigogliose verranno destinate alla fienagione con sfalcio, asciugatura e successiva imballatura e stoccaggio del prodotto.

Saranno evitate tutte le lavorazioni a secco per prevenire una eccessiva produzione di polveri e scongiurare i rischi di incendio.



A. Fasce di rispetto perimetrale ed opere di mitigazione;

Il progetto prevede che l'intera struttura venga realizzata con l'obiettivo di un suo inserimento quanto più omogeneo e naturale nel suo contesto agricolo e paesaggistico. I cromatismi e le caratteristiche naturali del sito saranno quanto possibile preservati ed inoltre si prevede di realizzare opere di "camouflage" e mitigazione sulle fasce perimetrali con un duplice obiettivo: mitigare l'impatto visivo dall'esterno dell'impianto e creare una barriera verde che possa fornire riparo alla piccola fauna (rettili, mammiferi e uccelli).

Si è provveduto quindi alla scelta delle essenze da porre a dimora in funzione in primo luogo della vegetazione preesistente e arricchendo quindi la componente presente in natura. Si prevede l'utilizzo di piante autoctone della "Macchia Mediterranea", del tipo sempreverde che diano garanzia di resistenza e facilità di attecchimento.

Nello specifico per le fasce di mitigazione perimetrali saranno utilizzate le seguenti specie:

- **Lentisco**, *Pistacia lentiscus* L., è un arbusto sempreverde appartenente alla famiglia delle Anacardiaceae tipico della macchia mediterranea e spontaneamente diffuso nell'areale in oggetto, dà origine naturalmente a formazioni arbustive molto dense e compatte adattandosi alle condizioni climatiche e pedologiche più differenti; normalmente ha portamento arbustivo alto circa 3 metri, può raggiungere altezza di 5 metri con aspetto arboreo. È una pianta eliofila, termofila e xerofila, vegeta dal livello del mare fino a circa 600 metri. Ha una ottima resistenza alla siccità, e spiccata capacità pollonifera garantendo una estrema densità di vegetazione e costituisce per questo un naturale habitat per uccelli ed insetti.



Foto 3 – Lentisco, *Pistacia lentiscus* L.

- **Ulivo**, *Olea europea sativa* var. *Cipressino* o Ulivo "Cipressino", una specie appartenente alla Famiglia delle Oleaceae, è una specie arborea sempreverde alto fino a 10/15 metri, nello specifico la varietà ha una eccellente foliazione. Peculiarità della var. *Cipressino* è il portamento assurgente con internodi corti, una buona vigoria ed una notevole tendenza a ramificare dal basso con uno sviluppo colonnare, questo la rende ideale per l'utilizzo come siepe schermante ed ottimo habitat per insetti ed uccelli. Questa varietà inoltre garantisce una resistenza ai venti salmastri necessaria allo sviluppo nello specifico ambiente in cui è stata prevista.



Foto 4 – *Olea europea sativa* var. *Cipressino* o Ulivo "Cipressino"

Una specifica fascia a nord, zona di compensazione, sarà piantumata con le seguenti specie:

- **Orniello**, *Fraxinus ornus*, specie caducifolia abbastanza diffusa appartenente alla Famiglia delle Oleaceae, caratterizzata da portamento arboreo, talvolta ridotto ad arbustivo, con chioma a forma espansa che può raggiungere altezze tra gli 8 e i 10 m. È una pianta con elevata capacità pollonifera che predilige i terreni calcarei ed ha una ottima resistenza alla siccità, all'inquinamento atmosferico ed alla salinità. In Sardegna, con Leccio, Roverella e Carpino costituisce le specie tipiche da bosco misto.



Foto 5 – Orniello, *Fraxinus ornus*

- Ligustro, *Ligustrum vulgare* L.; il Ligustro è un arbusto eliofilo generalmente caducifoglio molto vigoroso di medie dimensioni (0,5 /3 metri) utilizzato frequentemente come pianta da siepe ed adatto all'utilizzo su suoli di qualsiasi genere, vista la sua grande adattabilità; è caratterizzato da apparato radicale forte, rizomatoso e pollonifero, chioma densa e fioriture abbondanti e vistose.



Foto 6 – Ligustro, *Ligustrum vulgare* L.

Le lavorazioni previste sui terreni interessati alle opere di compensazione e di mitigazione sono essenzialmente legate alla sistemazione del terreno per garantire il perfetto attecchimento delle varie essenze previste.

In generale si prevede di piantumare esemplari di età adeguata ad un ottimale sviluppo; tale operazione prevede la realizzazione di buche che verranno riempite con terreno adatto ed integrato per una ottimale radicazione, ed ultimate con opportune concavità che favoriscano gli apporti idrici anche naturali, soprattutto durante i primi periodi successivi all'impianto, per garantire l'assenza di fallanze.

Gli apporti idrici saranno necessari solamente nelle prime fasi di sviluppo in quanto le specie scelte sono generalmente poco esigenti in fatto di esigenze irrigue.

Oltre ai necessari cicli di irrigazione, sarà fondamentale la custodia e la manutenzione in perfetta salute delle varie essenze piantumate con eventuali interventi periodici.

B. Recupero e riposizionamento specie espantate.

Sulla superficie aziendale non si riscontra la presenza di specie arboree o arbustive di pregio tale da dover essere espantate e reimpiantate per preservarne la sopravvivenza, vengono comunque esposte le basilari norme che si utilizzeranno al presentarsi della situazione in oggetto.

Qualsiasi specie arbustiva o arborea presente e limitante rispetto al layout dell'area sarà oggetto delle opportune precauzioni, cure colturali e reimpiantata lungo le fasce di rispetto o nelle immediate vicinanze dell'impianto o ancora su terreni limitrofi di pari caratteristiche, tali operazioni potranno essere anche in ottemperanza a disposizioni specifiche dettate dagli enti competenti (i.e. Ente Foreste).

Nel caso in cui non si debbano realizzare degli espanti, ma si rilevino delle specie arbustive o arboree nelle prossimità delle lavorazioni, esse verranno svolte tenendo conto del massimo rispetto degli apparati aerei e soprattutto radicali, tali da permettere di realizzare le opere lasciando indisturbate le condizioni di tali esemplari.

5. Generalità sul piano colturale e parametri vegetativi

A. Gestione del suolo

Coltivare in spazi limitati è sempre stata una problematica da affrontare in agricoltura: tutte le colture arboree, ortive ed arbustive sono sempre state praticate seguendo schemi volti all'ottimizzazione della produzione sugli spazi a disposizione, indipendentemente dall'estensione degli appezzamenti. Di conseguenza, sono sempre stati compiuti (e si continuano a compiere tutt'ora) studi sui migliori sestri d'impianto e sulla progettazione e lo sviluppo di mezzi meccanici che vi possano accedere agevolmente. Le problematiche relative alla pratica agricola negli spazi lasciati liberi dall'impianto fotovoltaico si avvicinano, di fatto, a quelle che si potrebbero riscontrare sulla fila e tra le file di un moderno arboreto.

Per il progetto dell'impianto agro-fotovoltaico in esame, considerate le dimensioni relativamente ampie dell'interfila tra le strutture, tutte le lavorazioni del suolo, nella parte centrale dell'interfila, possono essere compiute tramite macchine operatrici convenzionali senza particolari problemi.

A ridosso delle strutture di sostegno risulta invece necessario mantenere costantemente il terreno libero da infestanti mediante diserbo meccanico, avvalendosi della fresa interceppo, come già avviene nei moderni arboreti o attraverso l'uso di decespugliatori portati o con operatore.

La presenza dei cavi interrati nell'area dell'impianto fotovoltaico non rappresenta una problematica per l'effettuazione delle lavorazioni periodiche del terreno durante la fase di esercizio dell'impianto fotovoltaico. Infatti queste lavorazioni non raggiungono mai profondità superiori a 40 cm.

B. Ombreggiamenti ed effetti del microclima sulle colture

la disponibilità di radiazione modifica il microclima sottostante la superficie dei pannelli fotovoltaici in termini di temperatura e di umidità del suolo; tali variazioni rispetto ad una superficie scoperta possono avere diversi effetti, valutabili volta per volta in funzione delle specifiche esigenze della specie coltivata.

1. Radiazione solare

La luce è un fattore ambientale di importanza fondamentale per le piante e svolge molteplici ruoli nel metabolismo vegetale. Fondamentale per il processo foto sintetico, agisce sia in modo diretto che indiretto sul processo foto sintetico. Le piante sono in grado di modulare la capacità di raccolta della luce in funzione della sua disponibilità (dipendente dalla posizione geografica in cui la pianta cresce, dalle condizioni atmosferiche, dalle fluttuazioni giornaliere). Inoltre la luce stimola diversi eventi importanti nella crescita e nello sviluppo della pianta come la Fotomorfogenesi o il Fotoperiodismo.

Le piante tuttavia, utilizzano solo una minima parte della radiazione solare, dal 2 al 5%, tale frazione di luce che le piante usano per la fotosintesi è detta PAR (photosynthetic active radiation) ed è compresa tra una lunghezza d'onda di 380 e 710 nm., essa è pari a circa il 40% della radiazione globale. Le piante peraltro riflettono alla superficie delle foglie il 25% della radiazione globale, pari al 10% della radiazione visibile PAR. Va sottolineato che, in condizioni normali di pieno sole, la radiazione globale che raggiunge la superficie del terreno si compone per metà di radiazione diretta, e per metà di radiazione diffusa priva di direzione prevalente.

La presenza della copertura data dal pannello fotovoltaico incide sulla quantità di radiazione diretta in modo variabile in

funzione della distanza dal filare fotovoltaico, di un preciso orario, un preciso giorno o periodo dell'anno, la quantità di radiazione diffusa di contro subirà un aumento. Inoltre la tipologia mobile del pannello fotovoltaico adottata in progetto, per effetto di riflessione consente alle piante coltivate di sfruttare la radiazione sia riflessa che diffusa dai pannelli stessi.

A seconda del loro adattamento alle differenti intensità di illuminazione, piante diverse (così come foglie presenti in punti diversi della pianta) mostrano curve di assimilazione della CO₂ differenti. Sono definite Piante sciafile con bassi valori di fotosaturazione, ma con attività fotosintetica elevata a bassa irradianza; hanno migliore efficienza fotosintetica a basse intensità luminosa rispetto alle altre piante. Sono invece piante eliofile quelle con alti valori di fotosaturazione, migliore efficienza fotosintetica ad irradianze più elevate; queste ultime hanno minore suscettibilità a danni fotossidativi rispetto alle piante sciafile.

Anche se la maggior parte delle piante coltivate devono essere considerate sciafile facoltative in quanto nelle normali condizioni di coltivazione l'elevata fittezza di semina comporta sempre l'instaurarsi di un ambiente sub-ottimale per l'illuminazione. In generale, si considerano piante con elevate esigenze di intensità di radiazione i cereali, le piante da zucchero, le specie oleaginose, da fiore e da frutto. Sono invece considerate sciafile, con basse esigenze luminose, le specie da fibra, le piante foraggere e alcune piante orticole, nelle quali l'elevata fittezza di semina e l'ombreggiamento sono condizioni agronomiche legate alla necessità di modificare le condizioni di sviluppo della pianta e quindi la produzione di fibra, foraggio e foglie, per effetto della maggiore presenza di auxina che è foto-labile. In taluni casi la ricerca di determinate condizioni artificiali è mirata a precisi scopi commerciali rendendo il prodotto anche di migliore qualità.

2. Temperatura

La presenza dell'impianto fotovoltaico determina uno sfasamento termico, e influenza anche l'umidità relativa nelle varie fasi della giornata. Quello che da sempre viene realizzato all'interno delle serre, viene quindi in parte riprodotto dall'ombreggiamento delle strutture e dei pannelli.

La variazione delle temperature ha un effetto principale legato alla specifica temperatura minima che ogni specie vegetale necessita per accrescersi, ossia lo zero di vegetazione. Al di sopra di questo valore, l'accrescimento accelera all'aumentare della temperatura giungendo ad una temperatura ottimale, specifica per ciascun stadio di sviluppo, oltre la quale l'accrescimento rallenta fino ad arrestarsi (temperatura massima). In caso di temperature estive molto elevate, oltre la temperatura massima, l'accrescimento delle piante ne risulta ostacolato se non danneggiato, tale condizione si sta progressivamente accentuando in pieno sole a causa dei recenti cambiamenti climatici.

L'introduzione nei sistemi agricoli di filari alberati e siepi a distanza regolare viene considerato un modo efficace proprio per attenuare l'impatto negativo delle elevate temperature e della carenza idrica estive. Un servizio analogo potrebbe essere offerto dall'impianto agri-voltaico.

Le piante sono generalmente classificate in due gruppi in relazione alla risposta rispetto al fattore temperatura, microterme, generalmente a ciclo autunno-primaverile, con modeste esigenze termiche; e macroterme, piante estive che necessitano di temperature mediamente più elevate. Le specie microterme, in generale trarrebbero maggior vantaggio dalla condizione di parziale ombreggiamento che si realizza in un impianto agri-voltaico. Anche le specie macroterme avranno certamente dei vantaggi, sia per la riduzione dei picchi di temperatura estivi che per la riduzione dell'evapotraspirazione.

Il parziale ombreggiamento riduce il riscaldamento estivo del suolo sotteso. Durante la stagione invernale, invece, la

presenza del fotovoltaico permette di mantenere una temperatura del suolo leggermente più elevata rispetto al pieno sole poiché le ali fotovoltaiche riflettono le radiazioni infrarosse (raggi caloriferi) emesse dalla terra durante il raffreddamento notturno.

3. Evapotraspirazione

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

Delle due, solo la perdita dalla pianta è utile all'accrescimento delle piante poiché mantiene gli stomi aperti, e quindi consente gli scambi gassosi utili alla fotosintesi (ingresso di anidride carbonica nella foglia).

In condizioni di ombreggiamento è lecito attendersi una riduzione della traspirazione fogliare e, in modo più marcato, una riduzione dell'evaporazione dal terreno determinando un aumento dell'efficienza d'uso delle riserve idriche del suolo.

La modifica dei processi evaporativi e l'ombreggiamento sono elementi che contribuiscono a ridurre in modo anche rilevante la temperatura ambiente, tale processo si concretizza in una consistente riduzione del consumo idrico stagionale.



Foto 7 – Particolare di crescita del cotico erboso su interfila

6. Aspetti sulla coltivazione

Come già detto, l'installazione di pannelli fotovoltaici su un terreno ad utilizzo agricolo modifica le modalità di coltivazione principalmente per due motivi, viene ridotta la radiazione diretta a disposizione delle colture e si hanno limitazioni al movimento delle macchine agricole per l'ingombro delle strutture di sostegno.

Tale condizione, è nota in agronomia, in quanto consociazioni colturali tra specie erbacee e arboree erano diffuse nel passato e dei sistemi agro-forestali che, per ragioni differenti, stanno diffondendosi in molti areali produttivi.

In questo caso la parziale copertura della coltura con pannelli fotovoltaici determina una modificazione della radiazione diretta a disposizione delle colture e, in minor misura, delle altre condizioni microclimatiche.

Tale modificazione, strettamente correlata dalla densità di copertura, influenzerà la produzione delle differenti colture in funzione di diversi aspetti.

Quindi la densità di copertura o distribuzione spaziale della struttura sarà determinata con lo scopo di assicurare il giusto equilibrio tra efficiente produzione di energia elettrica e redditività dell'utilizzazione agricola.

Anche la struttura di sostegno della copertura fotovoltaica sarà dimensionata in relazione alle pratiche di coltivazione ed alla disposizione della coltura in campo.

A. Meccanizzazione e spazi di manovra

L'impianto consente di non entrare in competizione con l'uso agricolo dei terreni, poiché, in ogni tipologia di configurazione, la disposizione, le opportune geometrie fisse o mobili, l'altezza e il distanziamento sono tali da non incidere sulla normale attività agricola.

Inoltre, è possibile aumentare l'intervallo tra i trackers per lasciare liberi corridoi a riposo per avvicendamenti colturali e per pratiche di manutenzione programmata anche con il supporto di tecniche di precision farming.

Date le dimensioni e le caratteristiche dell'appezzamento, non si può prescindere da una totale o quasi totale meccanizzazione delle operazioni agricole, che permettono una maggiore rapidità ed efficacia degli interventi ed a costi minori.

Come già descritto, la distanza d'interasse tra una struttura e l'altra di moduli è pari a 9,45 m, e lo spazio libero tra una schiera e l'altra di moduli fotovoltaici varia da un minimo di 4,48 m (quando i moduli sono disposti in posizione parallela al suolo, – tilt pari a 0° - ovvero nelle ore centrali della giornata) ad un massimo di 7,83 m (quando i moduli hanno un tilt pari a 55°, ovvero nelle primissime ore della giornata o al tramonto).

I valori di transito dell'interfila consentono alle macchine agricole un agevole transito infatti la carreggiata più elevata per una macchina agricola è comunque di 2,50 m legato al fatto che si abbia la necessità di percorrere tragitti talvolta anche su strade pubbliche.

Per quanto riguarda la realizzazione delle capezzagne che garantiscano i corretti spazi di manovra a fine corsa, queste saranno non inferiori ai 10,00 m tra la fine dell'interfila e la recinzione perimetrale del terreno.

B. Tipologie di coltivazione

Come già affermato, il sistema agri-voltaico in progetto inquadra l'azienda interessata nell'insieme di miglorie ed obiettivi che inquadrano la gestione come "Agricoltura 4.0".

Il sistema sarà composto da inseguitori solari mono-assiali nei quali la fascia d'ombra generata sulla superficie sottesa ai moduli si sposta da ovest a est sull'intera superficie del terreno con gradualità dettata dalle ore del giorno e dalla

stagionalità. Si realizzano così le condizioni tali che sulla stessa superficie non si avrà mai una zona sempre completamente ombreggiata, né completamente soleggiata.

Sulla base di quanto enunciato la scelta agronomica più appropriata, come già spiegato al punto **4 – descrizione del progetto**, è stata quella della realizzazione di un prato polifita permanente destinato alla produzione di foraggio (prato stabile).

È indiscutibile come tale scelta abbia un elevatissimo livello di naturalità e di rispetto ambientale per effetto del minimo se non nullo impiego di input colturali esogeni, garantendo inoltre un elevato grado di protezione della fauna e dell'entomofauna selvatica, in particolare le api.

Tale coltura è stata considerata la soluzione ideale da realizzare nelle condizioni esposte e che permetta una gestione altrettanto conveniente rispetto alla medesima coltura in pieno sole.

C. Gestione del sistema coltura/fotovoltaico

La coltura agricola e l'impianto di pannelli fotovoltaici sono integrati tra loro ed i benefici che soprattutto la coltura riceve, in termini di protezione con parziale ombreggiamento nelle ore più assolate delle giornate estive ed il mantenimento di condizioni ottimali di umidità del terreno più a lungo.

L'interasse tra i filari fotovoltaici e la possibilità di movimentazione dei moduli consente l'accesso a qualsiasi tipo di macchina agricola come trattrici di potenza medio-bassa, e piccole e medie attrezzature portate (barre falcianti, spandivoltafieno, giro-andanatori, rotoimballatrici).

È importante ribadire che il sistema costituito dal prato polifita permanente e dall'impianto fotovoltaico ad inseguimento mono assiale è l'unico modo razionale per l'utilizzo dell'intera superficie per scopi agricoli.

La gestione agricola può essere cronologicamente descritta in base alle varie fasi di interazione tra coltura e impianto. Alle prime lavorazioni del terreno è prevista la possibilità di blocco dei pannelli in modo che sia possibile una lavorazione per la semina del prato fino a ridosso dei sostegni. Le lavorazioni profonde del terreno possono essere eseguite su tutta la superficie anche a profondità superiori ai 50 cm in quanto tale limite è vincolante solo in prossimità dei cavidotti che avranno dei dislocamenti non limitanti e ben indicati. Saranno utilizzati dei supporti costituiti da pali in acciaio infissi nel terreno a garanzia di una facile rimozione a fine vita operativa. Il suolo su cui viene realizzato il prato polifita permanente viene arricchito naturalmente di sostanza organica, aumenta la biodiversità il terreno, e vengono progressivamente avviati dei processi biotici ed abiotici di miglioramento del sistema suolo.

In fine, ad impianto dismesso, il suolo così rigenerato potrà essere destinato a numerosi tipi di coltura. Anche i già menzionati cavidotti saranno facilmente rimovibili a fine vita operativa dell'impianto fotovoltaico in quanto posizionati in zone limitrofe del campo.

La coltura così realizzata avrà carattere pluriennale, con durata di decenni e più questo garantirà una copertura vegetale di un cromatismo costante, anche nel periodo invernale, con azione mitigatrice rispetto alla percezione visiva del sistema fotovoltaico.

7. Sviluppo futuro del progetto agro-fotovoltaico

Le operazioni previste per la realizzazione del prato polifita sono anzitutto la semina, che sarà effettuata presumibilmente nel mese di ottobre (in funzione dell'andamento climatico). Le operazioni preliminari previste per la predisposizione del terreno sono arature profonde o, dove necessario, uno scasso seguite da erpicatura.

Anche la semina sarà meccanizzata e particolare importanza sarà osservata nella la scelta delle specie e varietà di foraggiere graminacee e leguminose, tale selezione sarà orientata alla massima biodiversità.

Tutte le operazioni meccaniche successive e di qualsiasi genere saranno orientate al rispetto del cotico erboso ed alla minima pressione di calpestio, saranno gestite con particolare cura le turnazioni delle macchine che entreranno in campo per le minime ed indispensabili operazioni di sfalcio, ranghinatura e raccolta. Si prevede di realizzare un raccolto qualitativamente superiore attraverso la maggiore cura nei precedenti passaggi. La durata di questi pascoli è potenzialmente infinita, ma periodicamente sarà necessario intervenire per garantire la composizione floristica ed una costante produttività, pertanto si prevede una semina su sodo nel periodo autunnale e quindi senza alcuna lavorazione del terreno.

Tutte le operazioni meccaniche saranno svolte agevolmente con le misure a progetto del campo fotovoltaico, si ravvisa inoltre la possibilità di intervenire meccanicamente nelle inclinazioni dell'insieme dei tracker e poter eventualmente gestire momentaneamente degli spazi supplementari qualora fosse necessaria una superficie di lavoro o di manovra superiore a quella disponibile.



Foto 8 – Aree a pascolo soggette a semina su sodo

A. Costi realizzazione prato polifita e opere di mitigazione e compensazione

Si ipotizzano a seguire i costi della realizzazione del prato polifita permanente ed una ipotesi di ricavo, facendo riferimento alle aree nette a progetto:

Costi stimati di realizzazione di un prato polifita permanente			
<i>Operazione</i>	<i>Costo unitario [€/ha]</i>	<i>Quantità [ha]</i>	<i>Totale [€]</i>
Aratura alla profondità di cm 30 - 40 per interrimento erbe spontanee.	279,4	53,26	14.880,84
Frangizollatura con erpice a dischi o a denti rigidi	116,5	53,26	6.204,79
Semina e concimazione eseguita con trattore di adeguata potenza e seminatrice o spandiconcime per trasporto, miscelazione e distribuzione	137,90	53,26	7.344,55
Concime organico	300	53,26	15.978,00
Sementi certificate	100	53,26	5.326,00
Totale			49.734,18 - (933,8 €/ha)
Stimata la durata del pascolo in circa 10 anni senza interventi, spesa annua (semplificato)			4.973,42 – (93,4 €/ha/anno)

Ricavi stimati dalla produzione di un prato polifita permanente				
Coltura	<i>Produzione [qli/ha]</i>	<i>Superficie [ha]</i>	<i>Prezzo unitario [€]</i>	<i>PLV [€]</i>
Prato permanente	45	53,26	18	43.140,60
Totale				43.140,60
Totale x ha				810 [€/ha]

Da un confronto tra il prato polifita permanente ed altre colture presenti nell'areale di realizzazione del progetto si è potuto verificare come il prato polifita ha ottimi margini per poter essere introdotto in sostituzione delle tradizionali colture da erbaio, di contro i valori di produzione non sarebbero comparabili in quanto sarebbe da verificare la risposta delle altre colture da erbaio nell'utilizzo con parziale ombreggiamento del fotovoltaico che ne comporterebbe una sicura riduzione in resa.

Si ritiene inoltre i valori economici sarebbero più correttamente da comparare riferendosi ai costi richiesti per le lavorazioni periodiche necessarie per le tradizionali colture da erbaio, e non ultimo in funzione della differente incidenza in termini ecologici e di sostenibilità ambientale.

Costi stimati di realizzazione delle opere di compensazione e mitigazione				
<i>Codice prezzario regionale dell'agricoltura</i>	<i>Operazione</i>	<i>Costo unitario €</i>	<i>Quantità</i>	<i>Totale [€]</i>
ZF.A.009	Lavorazione localizzata in terreno sodo di qualsiasi natura e consistenza, mediante apertura di buche del diametro di cm 40 e profondità di cm 40. Per esecuzione buche per le fitocelle	3,30 €	3.058 buche	10.091,4 €
Da preventivo	Fornitura di piantine di lentisco in fitocelle di 2 anni	4,56 €	2.600	12.480,00 €
Da preventivo	Fornitura di piantine di Ulivo in fitocelle di 2 anni	7,00 €	225	1.575,00 €
Da preventivo	Fornitura di piantine di Orniello in vaso	9,70 €	80	776,00 €
Da preventivo	Fornitura di piantine di ligustro in vaso	8,28 €	153	1.266,84 €
ZF.B.005	Messa a dimora di piante di età superiore ad anni due della circonferenza (a m 1.00 da terra) di cm 12- 14,5 su terreno lavorato andantemente in buche precedentemente aperte con idoneo mezzo meccanico, per il trasporto e la distribuzione di esse nel cantiere, per il picchettamento dei sestri, per la messa a dimora delle piante rese franco cantiere e per quanto altro occorra. Escluso il costo di fornitura delle piante. a - trasporto e piantagione a pianta in terreni con poche difficoltà	3,60 €	2.985	10.746,00 €
ZF.B.006	Opere di affrancamento degli impianti eseguiti mediante zappettature e rincalzi Lavorazione impianto per piantina b) su terreno lavorato a gradoni o a buche	0,80 €	2.985	2.388,00 €
Da preventivo	Concime organico per affrancamento	9 €/kg	200 kg	1.800,00 €
ZF.C.006	Risarcimento delle Fallanze oltre il 5% nei rimboschimenti realizzati con piantine forestali di Conifere e/o Latifoglie, 1 (fitocella o vasetto) rese franco cantiere, su terreno comunque preparato, compresi gli oneri per trasporto e distribuzione in cantiere, apertura della buchetta e messa dimora. Escluso il costo di fornitura delle piantine: a - in terreni con poche difficoltà e pendenza minima N.B.: Valutato in percentuale pari al 25% sul totale (1,80 €	746	1342,80 €
<i>Voci per prato su compensazione</i>				
U.006	Erpatura su terreno sodo eseguita con trattore gommata ed accoppiato erpice a dischi: a - in terreni pianeggianti o con pendenze modeste	128,80 (€/ha)	2.231 ha	287,35 €
U.009	Semina e concimazione eseguita con trattore di adeguata potenza e seminatrice o spandiconcime: con autocarro per trasporto a noleggio	86,70 (€/ha)	2.231 ha	193,43 €
U.011	Costipamento post-semina, eseguito con erpice a rulli lisci o dentati, rigido o snodato accoppiato a trattore gommata.	87,40 (€/ha)	2.231 ha	194,99 €
Da preventivo	Sementi certificate	100,00 (€/ha)	2.231 ha	223,1 €
<i>Voci per sistema distribuito per agricoltura di precisione</i>				
Da preventivo	Unità centrale composta da Unità con Pluviometro (pioggia in mm), Anemometro (intensità e direzione del vento), barometro, radiazione solare, termo-igrometro (temperatura e umidità dell'aria) Trasmissione dati 2G (opz. LTE-NB-IOT), Ricevitore wireless IoT, Kit fotovoltaico (pannello 20W / batteria 44Ah) con regolatore elettronico Palo di installazione, zincato, due sezioni di 150 cm con boccolo di fissaggio COMPRESO Accesso ai dati su cloud LiveData Accesso ai dati via web da PC, smartphone e tablet con piattaforma Netsens LiveData®	2.400,00 €	1	2.400,00 €
Da preventivo	Unità wireless IoT con sensori meteo-climatici, composta da Unità wireless IoT con pluviometro, radiazione solare, termo-igrometro (temperatura e umidità dell'aria), un sensore di Umidità e temperatura del terreno FDR capacitivi, Alimentazione a batteria, durata 1 anno, Distanza fino a 8000 m LOS da unità centrale	1.175,00 €	5	5.875,00 €
Da preventivo	Installazione e configurazione della stazione eseguita da tecnici specializzati. Breve formazione sull'impiego della stazione e del software	400,00 €	1	400,00 €
Totale				52.039,91 €

8. Conclusioni

I cambiamenti climatici legati all'utilizzo di energie fossili sono declinati nell'odierna esigenza di produrre energia quanto più possibile rinnovabile. Il connubio tra l'attività agricola e impianto fotovoltaico di nuova generazione (ad inseguimento solare) può e deve rappresentare la soluzione all'uso più sostenibile del territorio.

La soluzione progettuale rappresenta sicuramente un esempio di "consociazione" in cui si realizzano sistemi colturali ad elevata sostenibilità ambientale ed economica, giustificati da una maggiore produzione (LER, Land Equivalent Ratio) ottenuta dai due sistemi combinati, rispetto alle loro produzioni ottenibili individualmente.

Rispetto ad altre possibili alternative agronomiche, la scelta di coltivare specie foraggere all'interno di un miscuglio di prato polifita consente di utilizzare l'intera superficie del terreno a disposizione. La presenza inoltre di molte specie nel miscuglio foraggero, garantisce un migliore adattamento del prato alle condizioni variabili di illuminamento ed apporto irriguo, favorendo l'una o l'altra essenza foraggera in base alle condizioni microclimatiche che si vengono a realizzare a diverse distanze dal filare fotovoltaico.

In ultimo tale scelta consente di raggiungere contemporaneamente più obiettivi, oltre alla convenienza economica, tra cui l'aumento spontaneo della sostanza organica dei terreni, un minor inquinamento ambientale, un minor consumo di carburanti, un aumento della biodiversità vegetale e animale, e nello specifico nei confronti dell'entomofauna utile.

Nello specifico, l'applicazione del sistema fotovoltaico alla coltivazione di specie foraggere è documentato possa aumentarne la produttività, facilitare il ricaccio dopo lo sfalcio e ridurre gli apporti idrici artificiali. Dal punto di vista paesaggistico, la superficie a prato mitiga efficacemente la presenza dell'impianto fotovoltaico anche nel periodo invernale, fornendo una superficie stabilmente verde.

La realizzazione aggiuntiva delle siepi perimetrali con specie arbustive ed arboree costituisce un ulteriore importante elemento di arricchimento paesaggistico e naturalistico dell'insieme.

In conclusione l'intero progetto comporta effetti estremamente positivi sul territorio in quanto sarà garantita la copertura vegetale in modo permanente per più anni grazie alla tipologia di prato polifita da realizzare, questo contribuirà, in funzione delle essenze seminate, a preservare la fertilità del suolo se non ad accrescerla grazie all'incremento di sostanza organica ed alle specie azoto-fissatrici.

La presenza di un cotico erboso permanente impedirà il verificarsi di fenomeni di erosione e ruscellamento ed ulteriori fenomeni di depauperamento del suolo, ed infine si creerà un habitat favorevole all'entomofauna e specialmente ad insetti pronubi grazie alla varietà della composizione floristica, mentre le fasce di mitigazione e di compensazione saranno realizzate come una ideale sfumatura verso la vegetazione spontanea in modo naturale, creando un continuum tra la flora e la fauna presente e l'opera da realizzare.