

REALIZZAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO A TERRA DA 12,83 MW IN IMMISSIONE - SU TRACKER DI TIPO AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE

“VALLERMOSA2”

COMUNE DI VALLERMOSA (CA)

Relazione Agronomica

Committente: ENERGYVALLERMOSA2 S.R.L

Località: COMUNE DI VALLERMOSA

Cagliari, 07/2023

Consulente: Agronomo Vincenzo Sechi

STUDIO ALCHEMIST

Ing.Stefano Floris – Arch.Cinzia Nieddu

Via Isola San Pietro 3 - 09126 Cagliari (CA)
Via Simplicio Spano 10 - 07026 Olbia (OT)

stefano.floris@studioalchemist.it
cinzia.nieddu@studioalchemist.it

www.studioalchemist.it



Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

Sommario

1. Premessa	2
2. Oggetto del documento	3
3. Inquadramento climatico	7
4. Pedologia	11
4.1 Classificazione del sito secondo la Land Capability Classification.....	12
4.2 Risultati della valutazione dell'attitudine all'uso agricolo del sito in esame	14
5. Uso del Suolo	15
6. Utilizzo dell'area di intervento negli ultimi 50 anni	17
7. Utilizzo e potenzialità agronomica attuale	22
8. Utilizzo e potenzialità agronomica in fase di esercizio dell'impianto.....	23
9. Operazioni agronomiche e di miglioramento terreni per impianto di prato migliorato	24
10. Attività di coltivazione del prato pascolo polifita migliorato	30
11 Opere di mitigazione visiva e realizzazione di recinzione perimetrale con corridoi ecologici.....	31
12 Impatti e misure di mitigazione	35
13 Agricoltura 4.0 e sistemi di monitoraggio.....	36
14 Indicazioni di monitoraggio.....	39
14.1 Monitoraggio pedologico	44
15 Conclusioni	48
16 Bibliografia consultata.....	50

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

1. Premessa

La società ENERGYVALLERMOSA2 S.r.l., con sede legale in via Pantelleria 12, Cagliari (Ca) Codice Fiscale 040070210929 di proprietà della Alchemist srl, che opera nel campo delle energie rinnovabili intende sviluppare il progetto dell'impianto agrivoltaico "**Vallermosa 2**", da 12,83 MW, ricadente in un terreno in parte pianeggiante, ed in parte il leggero pendio, posto a circa 122 metri s.l.m. in area agricola del comune di Vallermosa, Località Monte Padru. A tal fine è stato costituito un gruppo di lavoro che si è occupato di analizzare il contesto di intervento, le interazioni attese tra il progetto e le componenti ambientali, le soluzioni atte a favorire una mitigazione degli impatti prodotti dall'intervento.

L'intervento contempla la realizzazione di un impianto agrivoltaico di potenza nominale in immissione pari a 12.831,84 kWp di picco per la produzione di energia elettrica posato sul terreno livellato mediante l'installazione di inseguitori solari.

Le distanze definite dalle indicazioni del piano urbanistico sono state rispettate, sia nel caso di confine con strada che con altri lotti; l'impianto è stato posizionato mantenendo le fasce di rispetto lungo tutti i suoi confini.

Il passaggio all'interno dell'area è possibile sia lungo i confini, in quanto è stata definita una distanza di 12 metri, sia all'interno dell'area in quanto la distanza tra i pannelli di un tracker e quelli del tracker immediatamente più prossimo è di 4,88 m. Sono state previste delle strade per facilitare la percorrenza del sito, una che percorre l'intero perimetro dell'impianto, e le rispettive in corrispondenza delle cabine di campo.

È stata calcolata la superficie coperta totale: considerando le dimensioni di un pannello Jinko Solar da 570 W pari a 2,278m x 1,134m, si hanno delle superfici coperte di 144,66 m² per le strutture da 28x2 moduli e da 72,33 m² per le strutture da 14x2 moduli. I moduli sono 359 da 28x2 (51.932,94 m²) e 86 da 14x2 (6.220,38 m²) per un totale di 58.153,32 m² coperti su una superficie totale del lotto è di circa 30,9 ha. Il rapporto di copertura dei pannelli è pari al 18%.

I pannelli fotovoltaici saranno posizionati su tracker orientati nord-sud distanziati su file parallele, in modo costituire **un layout d'insieme funzionale alla prosecuzione delle attività attualmente in essere** consistenti nella **coltivazione** in asciutto di cereali e leguminose da granella, alternate a coltivazioni foraggere e a **pascolo ovino**.

La connessione dell'impianto prevede il collegamento a una nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) a ancora da individuare.

Le scelte progettuali e le soluzioni tecniche adottate sono frutto di uno studio approfondito che tiene conto dei fattori ambientali e dei vincoli paesaggistici, analizza l'orografia dei luoghi, l'accessibilità al sito, la vegetazione e, per il tracciato del cavidotto di connessione verranno valutate, tutte le interferenze riscontrabili.

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

2. Oggetto del documento

Il sottoscritto, Dottore Agronomo Vincenzo Sechi, specializzato in gestione faunistica e ambientale, iscritto all'Ordine dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali di Oristano Sez. A con il n. 187, ha ricevuto incarico da Studio Achemist Srl per apportare il proprio contributo specialistico alla elaborazione dello Studio di Impatto Ambientale del progetto di ENERGYVALLERMOSA2 S.r.l., con sede legale in via Pantelleria 12, Cagliari (Ca) Codice Fiscale 040070210929.

La presente relazione agronomica e pedologica, si riferisce alla proposta progettuale per la realizzazione di un **impianto agrivoltaico** sito in Località "Monte Padru" in agro del Comune di Vallermosa potenza nominale o di picco dell'impianto pari a 18,99 MWp connesso alla RTN. L'impianto proposto avrà un'estensione dell'area di progetto pari a 30,90 ettari, ricade interamente in Zona Agricola E sottozona E2 come risulta dal Piano Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di Vallermosa (SU). La presente relazione agronomica ha come obiettivo quello di fornire un quadro esaustivo dell'uso agronomico della superficie interessata dal progetto allo stato attuale, dell'impatto che l'investimento proposto avrà dal punto di vista agronomico in fase di esercizio dell'attività, delle strategie gestionali che il proponente intende attuare ed infine, descrivere lo scenario alla fine della vita utile dell'impianto una volta che la superficie agraria potrà ritornare all'uso originario "*ante operam*".

Lo scrivente pertanto ricevuto l'incarico ha provveduto ad effettuare nei terreni oggetto dell'incarico un sopralluogo di dettaglio finalizzato alla verifica "in situ" delle condizioni agronomiche e gestionali in essere, ed acquisire dagli attuali proprietari, imprenditori agricoli, tutte le informazioni utili ad una migliore definizione della relazione in parola.

L'intervento è individuato nella località "*Monte Padru*" situata in Zona E Agricola sottozona E2 in agro del Comune Vallermosa (SU), la superficie complessivamente coinvolta risulta essere 30,90 ettari, mentre la superficie "coltivabile" è pari a ettari 29,00.

I riferimenti catastali sono i seguenti:

- **Fg. 210** del Comune di Vallermosa, mappale **117, 184, 33, 35, 39, 40, 52, 70, 72, 74, 76, 80, 98, 108, 109, 110, 111, 113, 115, 119, 126, 128, 131, 186, 36, 37, 50, 51, 53, 59, 161, 162, 175, 183, 68, 62, 63, 65, 66, 67, 69, 181, 179, 177, 180, 182, 71, 73, 75, 77, 143, 142, 79, 82, 84, 88, 81, 86, 87.**
- **Fg. 211** del Comune di Vallermosa, mappale **115.**

L'impianto è localizzato nel comune di Vallermosa, in aree agricole situate a distanze comprese tra 1,6 km e 2 km in linea d'aria, in direzione ovest, rispetto al centro abitato di Vallermosa.

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

Il comune di Siliqua, facente parte della provincia del Sud Sardegna, si estende su un territorio di circa 61,75 km², confinante con i Comuni di: Villacidro, Villasor, Decimoputzu, Siliqua, Iglesias.

L'area di studio ricade nella Tavoleta I.G.M. in scala 1:25.000 n° 556 sezione IV Siliqua, e nella Carta Tecnica Regionale in scala 1: 10.000 n° 556020 Vallermosa.

Il sito presenta un'orografia in parte pianeggiante, ed in parte il leggero pendio con un'altitudine media compresa indicativamente tra le quote di 94 m e 144 m s.l.m.

Il sito di progetto è facilmente raggiungibile dalla Strada comunale "Congiaus" che dal Centro abitato di Vallermosa dopo un breve tratto asfaltato porta nell'ingresso dei terreni in esame.

Di seguito si propone un inquadramento dell'area su base IGM, CTR e ortofoto 2022.

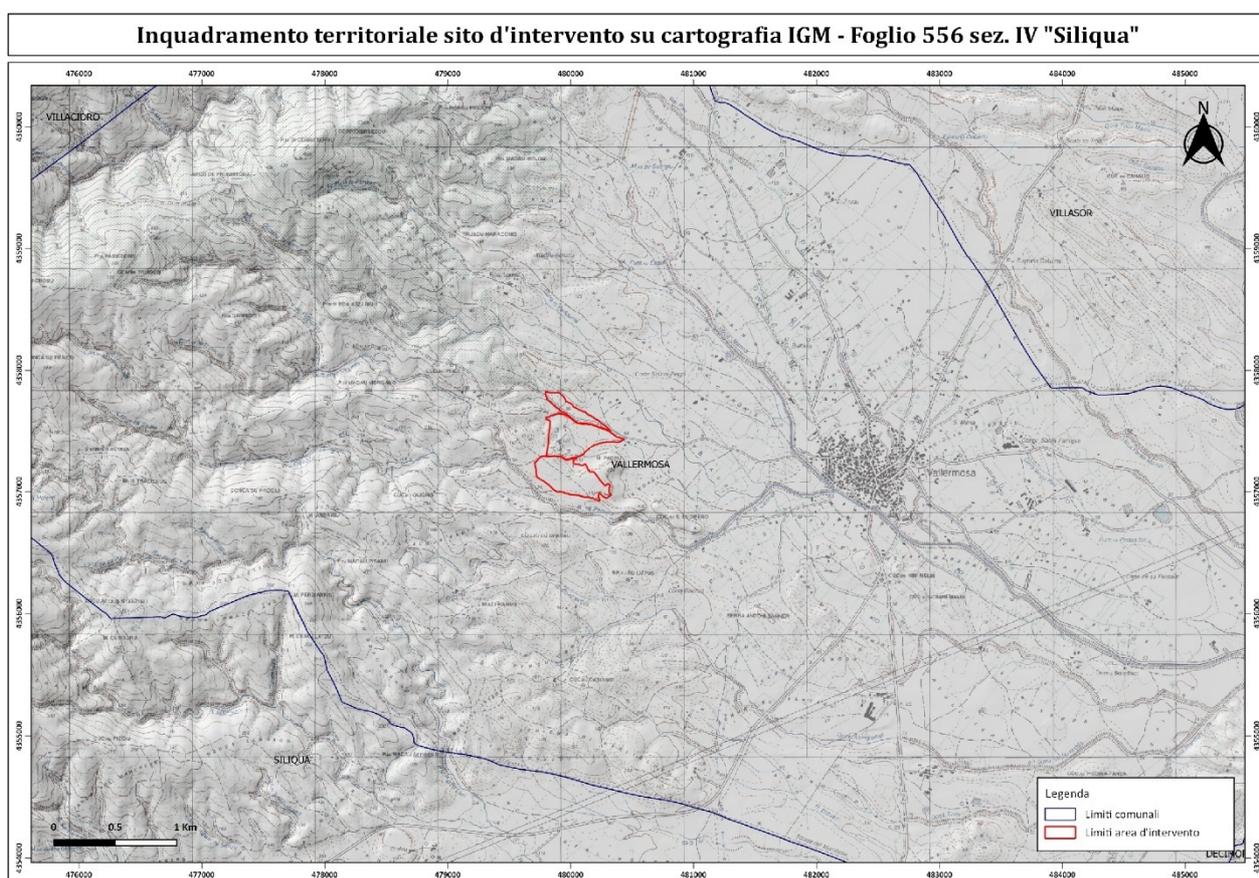


Figura 1 - Inquadramento area su base IGM

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

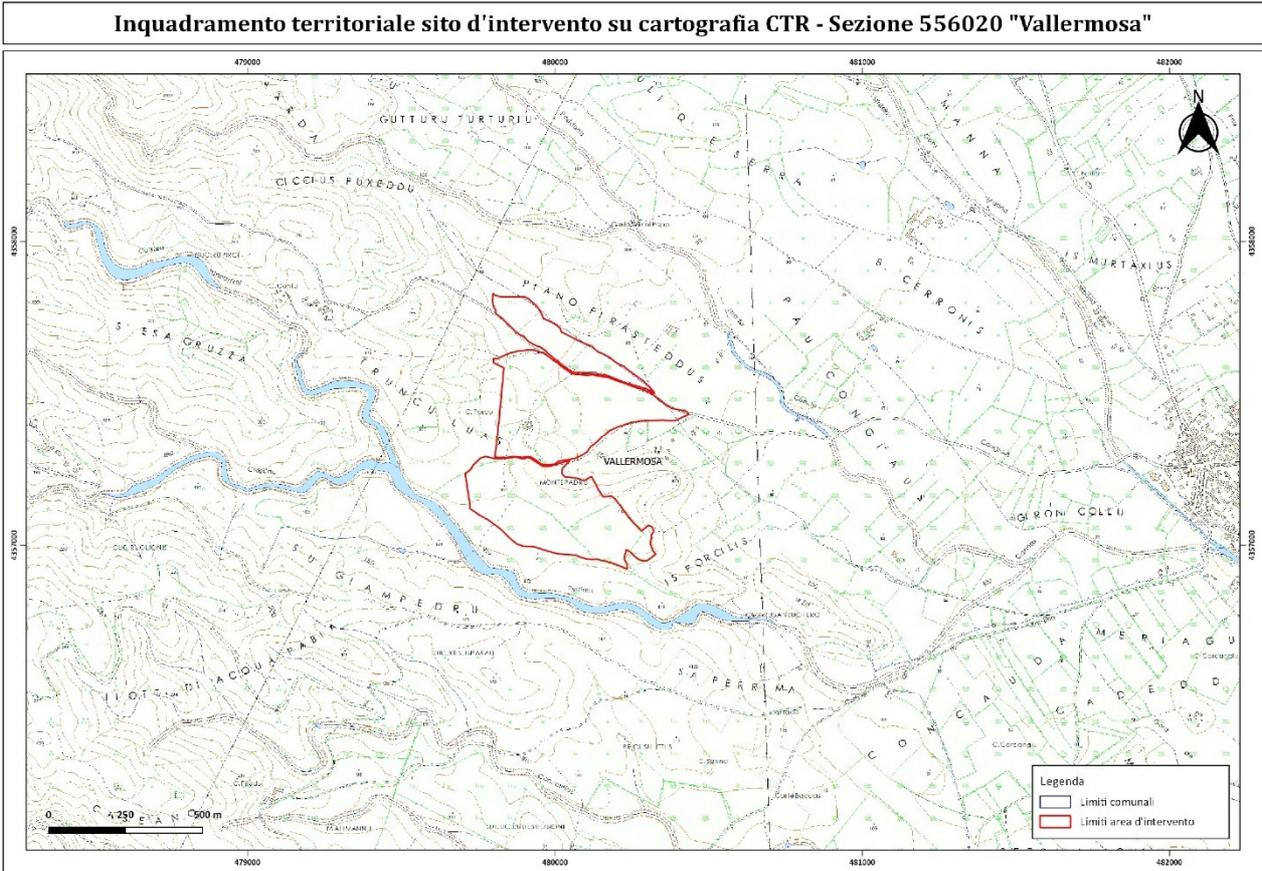
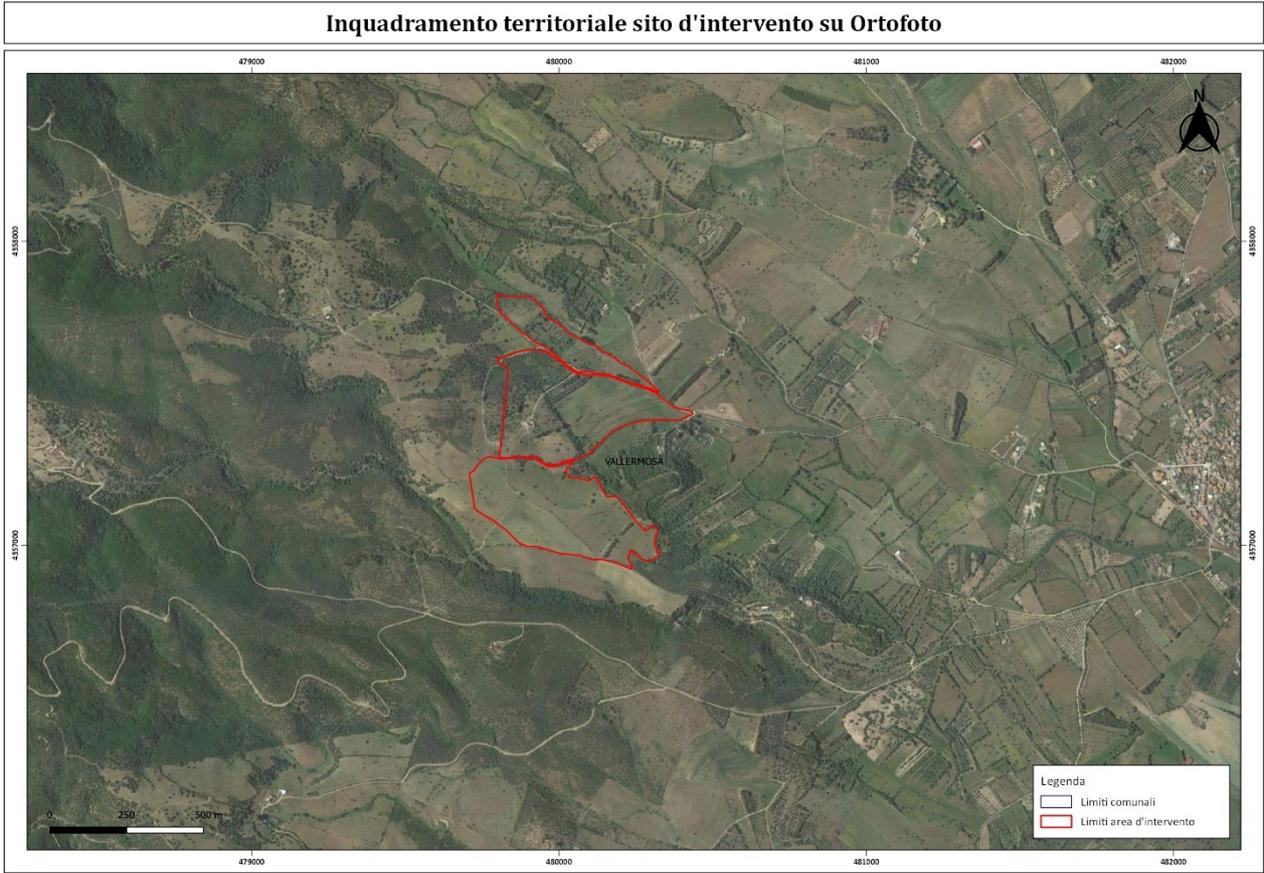


Figura 2 - Inquadramento area su base CTR

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		



Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

3. Inquadramento climatico

La stazione termopluviometrica più vicina è quella situata in agro di Vallermosa RF situata ad una quota di 81 m s.l.m. I dati indicano una quantità di precipitazioni media annua di 600 mm, con piogge concentrate nei mesi autunnali e all'inizio dell'inverno. Il mese che presenta la maggiore quantità di pioggia è dicembre, con precipitazioni medie di 92,8 mm, mentre il mese più siccitoso è luglio con precipitazioni medie di 6,7 mm. Dai dati termometrici rilevati, la temperatura media diurna è di 16,8°C, il mese più caldo è luglio con una temperatura media mensile di 28,2° C; al contrario il mese più freddo è dicembre con una media mensile di 7,9° C. Il valore medio di escursione termica è di 17,4° C.

I dati indicati ci consentono di collocare l'area, sotto il profilo climatico, nella zona meso-mediterranea caratterizzata da un periodo piovoso concentrato in autunno-inverno ed un periodo con precipitazioni scarse in estate.

Nel prospetto della classificazione fitoclimatica del Pavari, l'area è inserita nella fascia del Lauretum, sottozona calda. Nel prospetto della classificazione bioclimatica di Emberger è inserita nel bioclina mediterraneo semi-arido, livello inferiore.

Per determinare le caratteristiche climatiche della zona, sono stati elaborati statisticamente i dati contenuti nel "Nuovo Studio dell'Idrologia Superficiale della Sardegna – R.A.S." relativi ai principali elementi climatici: temperatura e precipitazioni. Da questi sono stati poi costruiti i diagrammi termici, pluviometrici ed i relativi diagrammi di Bagnouls e Gausson delle stazioni considerate per gli anni 1922-1992. Si precisa che per la stazione di Campanasissa sono disponibili solamente dati pluviometrici.

Per tutte le stazioni considerate, risulta che le temperature più basse sono relative ai mesi di Dicembre, Gennaio e Febbraio; a Dicembre si hanno valori compresi tra 10,20 °C (stazione di Terraseu) e 8,8 °C (stazione di Monte Rosas), mentre a Gennaio le medie mostrano valori inferiori a 10,2 °C, e i valori più bassi si registrano nella stazione di Siliqua (7,9 °C). A Febbraio, infine, si hanno valori compresi tra 9,9 °C (stazione di Siliqua) e 8,8 °C (stazione di Terraseu).

I mesi più caldi sono Luglio, con valori compresi tra 24,6 °C (stazione di Terraseu) e 25,7 °C (stazione di Villamassargia), ed Agosto, con valori compresi tra 25,0 °C

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

(stazione di Monte Rosas) e 26,5 °C (stazione di Siliqua). Almeno quattro mesi (Giugno, Luglio, Agosto e Settembre), presentano una temperatura media superiore ai 20 °C. Tale innalzamento termico è dovuto alla presenza di masse d'aria tropicali che insistono in questo periodo in tutto il mediterraneo. La temperatura media annua oscilla tra 15,8 °C (stazione di Monte Rosas) e 16,8 °C (stazione di Siliqua). Ciò determina una rapida trasformazione della sostanza organica, che si riflette in un basso tenore in humus nei suoli. Le temperature assumono i caratteri tipici dell'ambiente mediterraneo. L'insularità della Sardegna e la breve distanza dal mare della zona in esame determinano un clima mite; l'entità dei rilievi e la loro distribuzione, grosso modo in senso meridiano, cioè parallelo alla direzione delle correnti dominanti, fa in modo che il Sulcis-Iglesiente sia fortemente influenzato dalle correnti umide medio-atlantiche. Questo determina una maggiore piovosità del Sulcis-Iglesiente rispetto ad altre zone della Sardegna, come ad esempio quelle del basso Campidano. È da tenere presente che la piovosità è in funzione dell'altitudine, aumenta cioè all'aumentare della quota topografica; infatti, la pioggia che cade nell'arco dell'anno è sempre maggiore nelle zone montuose, dove può superare i 1000 mm annui, mentre nelle pianure, come nella Valle del Cixerri in cui è presente l'abitato di Siliqua, non sempre si superano i 600 mm annui.

È interessante notare anche come il periodo di aridità estiva sia mediamente di tre mesi e come in casi non rari superi anche i quattro mesi.

Gli eventi di tipo alluvionale si verificano solitamente nel periodo tardo estivo e nella prima parte dell'autunno. In maniera improvvisa si passa infatti dalla fase di aridità prolungata ad un periodo di piogge consistenti che si verificano in un arco temporale molto breve. Tutto ciò contribuisce sovente al verificarsi di fenomeni alluvionali anche di dimensioni rilevanti.

I mesi più piovosi sono Ottobre, Novembre, Dicembre e Gennaio, al quale fa seguito un periodo asciutto più o meno lungo secondo le annate. I massimi piovosi si hanno, per tutte e cinque le stazioni, nel mese di Dicembre: stazione di Campanasissa con 140,6 mm; stazione di Villamassargia con 98,3 mm; stazione di Monte Rosas con 129,6 mm; stazione di Siliqua con 92,8 mm; stazione di Terraseu con 127,70 mm. Le medie annue delle precipitazioni individuano in Villamassargia (646,8 mm) e Siliqua (622,1 mm) le stazioni meno piovose. Tali valori, essendo registrati nelle stazioni a più bassa quota, possono caratterizzare con buona approssimazione i

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

territori della Valle del Cixerri, ove è compreso il settore più settentrionale subpianeggiante del territorio comunale di Villamassargia. I dati registrati nelle stazioni di Monte Rosas, Terraseu e Campanasissa sono invece sempre superiori a 800 mm. Queste stazioni, essendo prossime al settore più meridionale dell'area Zinnigas ed essendo localizzate a quote superiori rispetto alle precedenti, possono essere quindi utilizzate con buona approssimazione per caratterizzare la piovosità media annua del territorio montano di Siliqua.

Tra l'inizio di Febbraio e l'inizio di Maggio, l'andamento delle precipitazioni è abbastanza costante. I mesi meno piovosi, per tutte e cinque le stazioni, sono invece Luglio e Agosto. Il regime pluviometrico delle stazioni considerate è di tipo A. I. P. E., quindi con valori decrescenti di precipitazioni dall'Autunno-Inverno-Primavera-Estate.

Secondo Le Lannou (1941) e Peguy (1961), la Sardegna è caratterizzata da due regimi massimi raddoppiati: uno autunno-invernale ed uno primaverile. Inoltre, esiste un breve periodo arido invernale, che nell'isola è conosciuto col nome di secche di Gennaio. Infatti, durante i mesi di Gennaio e Febbraio, l'isola cade sotto l'influenza dell'anticiclone freddo continentale, che le assicura un periodo di relativa stabilità climatica, in cui le precipitazioni sono assenti. Il fenomeno, però, può essere piuttosto breve. Per questo le temperature dei mesi di Gennaio, Febbraio e, molto più raramente, Marzo non si discostano troppo dalla media invernale. Le considerazioni fatte per i dati termopluviometrici delle stazioni in esame, concordano con le teorie di Le Lannou (1941) e Peguy (1961).

La quantità delle precipitazioni è variabile da un anno all'altro. Sussiste, quindi, il fenomeno dell'infedeltà pluviometrica (Arrigoni, 1968). In ogni caso, pare che nell'ultimo ventennio le precipitazioni siano diminuite soprattutto nei mesi di Gennaio e Febbraio. Ciò dimostra che nella nostra isola vi è un reale pericolo di andare incontro ad un fenomeno di siccità prolungata.

L'analisi dei venti rappresenta un altro aspetto importante nello studio del clima di un'area. I venti locali appaiono influenzati sia dalla circolazione atmosferica generale che dal rilievo, quest'ultimo è in grado di modificare anche notevolmente la direzione e l'intensità dei venti. Per verificare quali di questi risultano dominanti nell'area si è fatto riferimento ai dati relativi alle stazioni meteorologiche dell'Aeronautica Militare. Da tali tabulati si evidenzia come nel settore sulcitano si

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

ha una circolazione dominante avente direzione nord-ovest ed una subprevalente con direzione sud-est. Questo concorda anche con l'orientamento generale dei sistemi montuosi che assumono prevalentemente una direzione NW-SE.

Il vento di maestrale tende a disporsi più da nord in tutte le aree costiere dell'Iglesiente e della parte occidentale del Sulcis, dove la vicinanza del rilievo alla costa modifica la direzione del vento.

Nella piana del Cixerri, essendo orientata W-E, ruota in senso inverso disponendosi da W e assumendo i connotati di un vento di ponente.

In tutte le restanti zone non si osservano invece particolari variazioni della direzione. Per quanto riguarda la componente da sud-est, va notato come anche in questo caso la vicinanza dei rilievi al mare influisce sulla direzione locale dei venti, specie nella parte più occidentale e meridionale del Sulcis. Lo scirocco tende infatti a ruotare e ad assumere la direzione est lungo tutta la costa del sud e nella piana del Cixerri.

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

4. Pedologia

I suoli sono il risultato della interazione di sei fattori naturali, substrato, clima, morfologia, vegetazione, organismi viventi, tempo. La conoscenza delle caratteristiche fisicochimiche dei suoli rappresenta, pertanto, uno degli strumenti fondamentali nello studio di un territorio, soprattutto se questo studio è finalizzato ad una utilizzazione che non ne comprometta le potenzialità produttive. L'obiettivo della pedologia è pertanto duplice:

- conoscenza dei processi evolutivi dei suoli che si estrinseca con l'attribuzione del suolo, o dei suoli, ad un sistema tassonomico o in una classificazione;
- valutazione della loro attitudine ad un determinato uso o gruppo di usi al fine di ridurre al minimo la perdita di potenzialità che tale uso e l'utilizzazione in genere comporta.

L'area in esame si colloca nella porzione meridionale del Campidano di Cagliari e, dal punto di vista geologico, rappresenta una porzione del margine meridionale della omonima depressione tettonica (Graben del Campidano). Nel Graben del Campidano, affiorano estesamente i sedimenti clastici continentali pleistocenico-olocenici; estrapolando le informazioni geologiche di aree limitrofe all'area di progetto è verosimile ipotizzare la presenza nel sottosuolo anche di questa parte del Campidano dei sottostanti depositi continentali e marini del Pliocene/Pleistocene (Formazione di Samassi che non affiora ma è stata attraversata da sondaggi profondi, Pecorini e Pomesano, Cerchi, 1969). Questi ultimi poggerebbero su di un substrato costituito in larga parte dai depositi marini miocenici e anche dalle vulcaniti calc-alcaline oligo-mioceniche, come testimoniato da alcuni sondaggi esplorativi profondi (es. il pozzo Oristano 1 della SAIS). Infine, nella porzione sud-orientale dell'area, sono presenti affioramenti di leucomonzograniti a biotite facenti parte del Complesso intrusivo e filoniano tardo-paleozoici (VLDb). La morfologia dell'area risente direttamente della strutturazione tettonica più recente, ovvero dell'impostazione della Fossa del Campidano che ha avuto la sua massima attività durante il Pliocene medio-Quaternario.

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

4.1 Classificazione del sito secondo la Land Capability Classification

Per la valutazione della attitudine all'uso agricolo dell'area in esame è stato utilizzato lo schema noto come Agricultural Land Capability Classification (LCC) proposto da Klingebiel e Montgomery (1961) per l'U.S.D.A.; tale metodologia è la più comune ed utilizzata tra le possibili metodologie di valutazione della capacità d'uso oggi note.

La LCC si riferisce al complesso di colture praticabili nel territorio in questione e non ad una coltura in particolare, e la valutazione non tiene conto dei fattori socio-economici. Al concetto di limitazione è legato quello di flessibilità colturale, nel senso che all'aumentare del grado di limitazione corrisponde una diminuzione nella gamma dei possibili usi agro-silvo-pastorali. Le limitazioni prese in considerazione sono quelle permanenti, ovvero che non possono essere risolte attraverso appropriati interventi di miglioramento (drenaggi, concimazioni, ecc.) e nel termine "difficoltà di gestione" vengono comprese tutte le pratiche conservative e sistematorie necessarie affinché l'uso non determini perdita di fertilità o degradazione del suolo.

Come risultato di tale procedura di valutazione si ottiene una gerarchia di territori dove quello con la valutazione più alta rappresenta il territorio per il quale sono possibili il maggior numero di colture e pratiche agricole.

Le limitazioni alle pratiche agricole derivano principalmente dalle qualità: relazioni concettuali tra classi di capacità d'uso, intensità delle limitazioni e rischi per il suolo e intensità d'uso del territorio intrinseche del suolo ma anche dalle caratteristiche dell'ambiente biotico ed abiotico in cui questo è inserito.

La LCC prevede tre livelli di definizione: classe, sottoclasse ed unità. Le classi di capacità d'uso raggruppano sottoclassi che possiedono lo stesso grado di limitazione o rischio. Sono designate con numeri romani dall'I all'VIII in base al numero ed alla severità delle limitazioni e sono definite come segue:

Suoli arabili - Classe I: suoli senza o con poche limitazioni all'utilizzazione agricola. Non richiedono particolari pratiche di conservazione e consentono un'ampia scelta tra le colture diffuse nell'ambiente. - Classe II: suoli con moderate limitazioni, che riducono la scelta colturale o che richiedono alcune pratiche di conservazione, quali un'efficiente rete di affossature e di drenaggi. - Classe III: suoli con notevoli limitazioni, che riducono la scelta colturale o che richiedono un'accurata e continua

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

manutenzione delle sistemazioni idraulico agrarie e forestali. - Classe IV: suoli con limitazioni molto forti all'utilizzazione agricola. Consentono solo una limitata possibilità di scelta. Suoli non arabili - Classe V: suoli che presentano limitazioni ineliminabili non dovute a fenomeni di erosione e che ne riducono il loro uso alla forestazione, alla produzione di foraggi, al pascolo o al mantenimento dell'ambiente naturale (ad esempio, suoli molto pietrosi, suoli delle aree golenali). - Classe VI: suoli con limitazioni permanenti tali da restringere l'uso alla produzione forestale, al pascolo o alla produzione di foraggi. - Classe VII: suoli con limitazioni permanenti tali da richiedere pratiche di conservazione anche per l'utilizzazione forestale o per il pascolo. - Classe VIII: suoli inadatti a qualsiasi tipo di utilizzazione agricola e forestale. Da destinare esclusivamente a riserve naturali o ad usi ricreativi, prevedendo gli interventi necessari a conservare il suolo e a favorire lo sviluppo della vegetazione.

Classi di capacità d'uso	Ambiente naturale	Forestazione	Pascolo			Coltivazioni agricole			
			Limitato	Moderato	Intenso	Limitate	Moderate	Intensive	Molto intensive
I									
II									
III									
IV									
V									
VI									
VII									
VIII									

Struttura concettuale della valutazione dei suoli in base alla loro capacità d'uso (da Giordano, 1999)

CLASSE	
I	I suoli hanno poche limitazioni che ne restringono il loro uso.
II	I suoli hanno limitazioni moderate che riducono la scelta delle colture oppure richiedono moderate pratiche di conservazione.
III	I suoli hanno limitazioni severe che riducono la scelta delle colture oppure richiedono particolari pratiche di conservazione, o ambedue.
IV	I suoli hanno limitazioni molto severe che restringono la scelta delle colture oppure richiedono una gestione particolarmente accurata, o ambedue.
V	I suoli presentano rischio di erosione scarso o nullo (pianeggianti), ma hanno altre limitazioni che non possono essere rimosse (es. inondazioni frequenti), che limitano il loro uso principalmente a pascolo, prato-pascolo, bosco o a nutrimento e ricovero della fauna locale.
VI	I suoli hanno limitazioni severe che li rendono per lo più inadatti alle coltivazioni e ne limitano il loro uso principalmente a pascolo, prato-pascolo, bosco o a nutrimento e ricovero della fauna locale.
VII	I suoli hanno limitazioni molto severe che li rendono inadatti alle coltivazioni e che ne restringono l'uso per lo più al pascolo, al bosco o alla vita della fauna locale.
VIII	I suoli (o aree miste) hanno limitazioni che precludono il loro uso per produzione di piante commerciali; il loro uso è ristretto alla ricreazione, alla vita della fauna locale, a invasi idrici o a scopi estetici.

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

La classe di Land Capability individuata è la III e IV e **il valore agronomico dell'area è basso.**

Le limitazioni d'uso sono: eccesso di scheletro, drenaggio da lento a molto lento, moderato pericolo di erosione.

Le attitudini ed interventi colture erbacee, nelle aree più drenate, colture arboree anche irrigue.

L'unità di Paesaggio B è così caratterizzata: Paesaggi su metamorfiti (scisti, scisti arenacei, argilloscisti, ecc) del paleozoico e relativi depositi di versante.

Il substrato associato è il seguente: aree con forme da aspre a sub-pianeggianti al di sotto di 800-1000 m, con scarsa copertura arbustiva ed arborea.

Le caratteristiche dei suoli e le attitudini all'uso agricolo associate all'unità B4 sono nel dettaglio di seguito individuate.

Profili A-C, Bw-C e subordinatamente A-Bt-C e roccia affiorante, da poco a mediamente profondi, da franco sabbiosi a franco argillosi, da permeabili a mediamente permeabili, subacidi, parzialmente desaturati.

La classe di Land Capability individuata è la VI e VIII e **il valore agronomico dell'area è basso.**

Le limitazioni d'uso sono: a tratti Rocciosità e pietrosità elevata, scarsa profondità, eccesso di scheletro, forte pericolo erosione.

Le attitudini ed interventi: conservazione e ripristino della vegetazione naturale; riduzione graduale del pascolamento; a tratti colture agrarie

5. Uso del Suolo

La superficie aziendale oggetto di intervento sulla base della classificazione verificata nella cartografia ufficiale della Regione Sardegna (UdS RAS 2008) ricade nelle seguenti tipologie:

- ***Seminativi in aree non irrigue;***
- ***Prati artificiali;***
- ***Aree a pascolo naturale;***
- ***Colture temporanee associate all'olivo.***

Dalle verifiche condotte in campo, si conferma la classificazione all'attualità, ad eccezione dell'ultima classificazione indicata "colture temporanee associate

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

all'olivo" che in campo si è riscontrato essere costituito da un pascolo/seminativo associato al perastro (*Pyrus Pyrastrer*). Questo si evince anche dalla toponomastica riscontrabile nella carta IGM che riporta la località *Piano Pirasteddus*.

Di seguito si propone un estratto della cartografia allegata alla presente editata sulla base della cartografia ufficiale della Regione Sardegna.

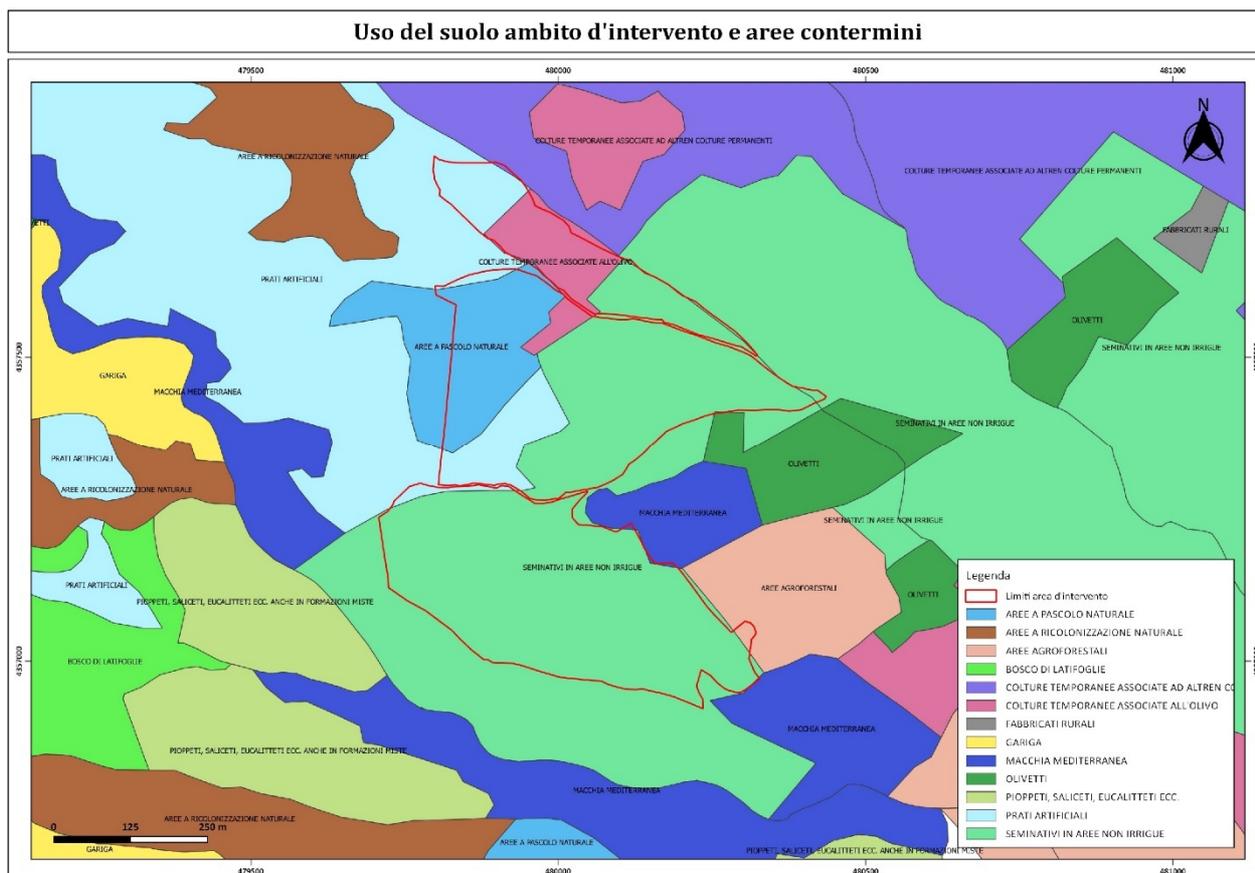


Figura 5 - Carta dell'uso del suolo con evidenziata l'area di intervento

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

6. Utilizzo dell'area di intervento negli ultimi 50 anni

Come menzionato, l'area di intervento è localizzata nel territorio comunale di Vallermosa nella Zona E Agricola, sottozona E2. La morfologia del terreno si presenta in parte pianeggiante, ed in parte il leggero pendio e l'area circostante è caratterizzata dalla presenza di terreni anch'essi coltivati. La quota massima e minima del sito è pari rispettivamente a circa 94 e 144 m s.l.m., mentre la distanza minima dal mare è pari a circa 30 km (Costa di Nebida), la medesima distanza si rileva dal Golfo di Cagliari.

Il paesaggio agrario nell'area di studio è disegnato in maniera netta dalla mano dell'uomo, a partire dai confini dei campi, per proseguire nelle sue forme e nelle sistemazioni idrauliche di pianura. I campi presentano spesso forma piuttosto regolare e i loro confini sono segnati in alcuni casi dalla presenza di frangivento a *Eucalyptus sp.pl.*

Come detto, il paesaggio dell'area d'interesse e dell'area vasta è stato profondamente modificato dall'azione antropica e resta poco o niente del paesaggio planiziale originario. Non sono da riferire all'antico sistema di paesaggi neanche i modesti tratti di formazioni forestali, o tanto meno i singoli alberi presenti nell'area. La formazione forestale potenziale è riconducibile alla Serie Sarda Termo-Mesomediterranea della Sughera, ovvero nel Galio scabri-*Quercetum suberis*. Questi sono mesoboschi a *Quercus suber con Q. ilex, Viburnum tinus, Arbutus unedo, Erica arborea, Phyllirea latifolia, Myrtus communis*.

Questa associazione è divisa in due sub associazioni, la subass. tipica *quercetosum suberis* e la subass. *rhamnetosum alaterni*. La sua articolazione è leggibile nelle rare forme di degradazione della macchia mediterranea presente nell'area.

Stadi di successione della vegetazione forestale, come forme di sostituzione soprattutto nei casi di incendi e decespugliamento, sono le formazioni arbustive riferibili all'associazione *Erico arboreae-Arbutetum unedoni* e da garighe a *Cistus monspeliensis* e *C. salvifolius* (Bacchetta et al., 2007). In misura minore possiamo annoverare tra la vegetazione potenziale del sito di studio anche il geosigmeto mediterraneo, edafoigrofilo e/o planiziale eutrofico, termo-mesomediterraneo (*Populenion albae, Fraxino angustifoliae-Ulmenion minoris, Salicion albae*).

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

Il geosigmeto edafoigrofilo e/o planiziale è caratterizzato da mesoboschi edafoigrofili caducifogli costituiti da *Populus alba*, *P. nigra*, *Ulmus minor* ssp. *minor*, *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* e *Salix* sp. pl. Queste formazioni hanno una struttura generalmente bistratificata, con strato erbaceo variabile in funzione del periodo di allagamento e strato arbustivo spesso assente o costituito da arbusti spinosi. I substrati sono caratterizzati da materiali sedimentari fini, prevalentemente limi e argille parzialmente in sospensione, con acque ricche in carbonati, nitrati e, spesso, in materia organica, con possibili fenomeni di eutrofizzazione. Gli stadi della serie sono disposti in maniera spaziale procedendo in direzione esterna rispetto ai corsi d'acqua. Generalmente si incontrano delle boscaglie costituite da *Salix* sp. pl., *Rubus ulmifolius*, *Tamarix* sp. pl. ed altre fanerofite cespitose quali *Vitex agnus-castus*, *Nerium oleander* o *Sambucus nigra*. Più esternamente sono poi presenti popolamenti elofitici e/o elofito-rizofitici inquadrabili nella classe *Phragmito-Magnocaricetea*. Le formazioni ripariali persistono esclusivamente lungo i corsi d'acqua principali dell'area vasta, mentre risultano completamente assenti nel sito interessato dalle opere in progetto.

L'azione dell'uomo nell'area di studio è riscontrabile anche per la presenza nell'area di infrastrutture viarie, canali, sistemazioni agrarie, aree di cava, argini e quanto altro necessario a soddisfare le esigenze antropiche anche dal punto di vista abitativo.

L'agricoltura ha perso nel tempo molta della sua importanza economica e gli spazi che occupa sono diventati anche aree da attraversare per poter unire i centri abitati per tramite delle infrastrutture stradali. Nell'area d'intervento le attività antropiche, seppur legate ancora all'agricoltura, non sono spesso mirate alla conservazione del bene primario, il suolo.

Opere importanti che definiscono forma e dimensione dei campi coltivati, modificano le condizioni di equilibrio dinamico (non-equilibrio) in cui si trovano i sistemi biologici ed in particolare il suolo.

Qui sono stati modificati o addirittura artificializzati i corsi d'acqua, introdotti canali, colmate le depressioni, eliminate le emergenze, rese più dolci le pendenze e data una baulatura al terreno, questo per poter facilitare le lavorazioni dei suoli. Uno dei problemi è l'assenza di manutenzione per queste superfici. Anche una semplice

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

sistemazione di pianura ha necessità di continui interventi per il mantenimento della sua funzionalità ecologica.

Altre importanti modifiche antropiche riguardano la percezione del paesaggio, come nel caso delle alberature delle aree di bonifica con specie totalmente estranee alla flora locale, quali ad esempio l'*Eucalyptus* sp.pl, necessarie per soddisfare esigenze ecologiche e funzionali contingenti.

A suo tempo, l'utilizzo di questa specie è stato reso necessario dal particolare eccesso di ristagno idrico e il suo rapido accrescimento soddisfa la necessità di creare delle barriere frangivento di notevole efficacia. Del paesaggio vegetale naturale resta pertanto ben poco o, addirittura, niente. L'attuale paesaggio vegetale dell'area in esame consiste in un fitto mosaico di colture erbacee soprattutto non irrigue (cerealicole e foraggere da sfalcio). Frequenti sono inoltre gli impianti di specie arboree (in particolare *Eucalyptus camaldulensis*) con funzione di frangivento. La vegetazione spontanea si conserva lungo i margini dei coltivi e soprattutto all'interno dei fossi e canali di regimazione delle acque. Ulteriori elementi di vegetazione spontanea sono rappresentati dalle comunità post-colturali degli incolti e dei coltivi a riposo, a prevalenza di Asteracee spinose.

La vegetazione erbacea descrive inoltre un paesaggio post-culturale delle graminacee da granella o dei pascoli, mentre la vegetazione arbustiva è parte di una successione secondaria amputata delle sue estremità (partenza ed arrivo) tanto da apparire un po' per caso nei rari luoghi in cui la si ritrova.

Nel sito si riscontra un paesaggio modificato negli aspetti legati alla componente vegetale, dove la presenza di aree agricole è percepita con la presenza di *Eucalyptus* sp.pl., di certo specie non spontanea della flora della Sardegna.

Buona parte dei terreni coinvolti ospitano importanti allevamenti di ovini appartenenti alla razza sarda, allevati con il metodo semi estensivo, che, come si vedrà più avanti, saranno in grado di sviluppare delle importanti sinergie con l'impianto agrivoltaico proposto.

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		



Figura 6 - Vista panoramica di parte dell'area di impianto attualmente destinata a coltivazioni foraggere e pascolo



Figura 7 - Vista panoramica del centro aziendale e delle superfici foraggere all'intorno. Si noti la presenza dell'eucaliptus

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		



Figura 8 - Vista di dettaglio del cotico erboso costituito da un prato pascolo naturale



Figura 9 - Vista panoramica dell'area in località Piano Pirasteddus con la presenza dei Perastri in fiore

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

7. Utilizzo e potenzialità agronomica attuale

L'uso esclusivo del pascolo in alcune aree, in una situazione di fragilità pedologica e agronomica, ha portato come logica conseguenza ad un ulteriore depauperamento del suolo agrario in particolare della frazione legata alla sostanza organica, principale pilastro della fertilità dei terreni agrari.

Difatti, tutta l'area oggetto di intervento all'attualità è utilizzata in determinati periodi anche per il pascolamento turnato da parte del bestiame ovino.

Pertanto, allo stato attuale l'area si presenta in uno stato di impoverimento della fertilità potenziale, con un riflesso diretto ed immediato sulla potenzialità produttiva. Inoltre, l'azione del pascolamento monospecifico (ovini), protratto negli anni ha portato ad un impoverimento floristico del cotico naturale per l'azione di selezione sulle essenze pabulari svolta in particolare dagli ovini. Le superfici sono all'attualità così coltivate:

- **Ha 20 circa coltivazioni foraggere e graminacee in asciutto alternate al pascolamento;**
- **Ha 10 circa superfici a pascolo naturale.**

Al fine di dare una scala di valutazione uniforme e confrontabile nelle diverse situazioni, si propone la stima del valore agronomico dei terreni costituenti l'area di intervento calcolando le Unità Foraggere (U.F) prodotte.

Allo stato attuale ex ante la produzione foraggera è quella indicata nella seguente tabella dal calcolo:

TIPOLOGIA	Ettari	U.F./Ettaro	U.F. totali
Coltivazioni foraggere e graminacee in asciutto alternate (media)	20,00	1.900	38.000
Pascolo naturale	10,00	1.080	10.800
Totale U.F.			48.800

Tabella 2 – produzione in Unità Foraggere ex ante

Attualmente, pertanto, il valore agronomico dei terreni, espressi secondo il calcolo proposto, è pari a 48.800 Unità Foraggere.

A titolo esemplificativo, considerata l'esigenza nutritiva di un capo ovino adulto pari a 320 U.F/anno, potenzialmente nel terreno potrebbero essere allevati 152 capi ovini, pari a circa 23 UBA (Unità bovine adulte).

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

8. Utilizzo e potenzialità agronomica in fase di esercizio dell'impianto

Dal punto di vista agronomico, il progetto proposto intende implementare una migliore gestione agronomica dei terreni al fine di contribuire nel tempo al miglioramento decisivo della fertilità del suolo agrario, con lo scopo di consentire la prosecuzione delle attività agro-zootecniche attualmente svolte e di restituire alla fine della vita utile dell'impianto agrivoltaico un terreno migliorato e pronto ad essere reimmesso nel ciclo produttivo agro-zootecnico.

A tal fine si sostituiranno le attuali coltivazioni in asciutto di cereali e leguminose da granella alternate a coltivazioni foraggere, in superfici a **“prato pascolo polifita permanente”**.

La conversione delle superfici presuppone l'attuazione di una serie di operazioni di miglioramento agrario dei terreni al fine da renderli idonei ad ospitare la coltivazione del prato pascolo polifita permanente.

Il prato pascolo polifita permanente rappresenta una coltura agraria di tipo foraggero e pascolivo che presuppone una serie di operazioni colturali nel corso dell'anno, finalizzate all'aumento produttivo dei terreni, migliorando allo stesso tempo la fertilità del suolo, come logica conseguenza della migliore tecnica agronomica.

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

9. Operazioni agronomiche e di miglioramento terreni per impianto di prato migliorato

Al fine di consentire il raggiungimento degli obiettivi di miglioramento della qualità del suolo e conseguente incremento del valore agronomico dei terreni, attraverso la coltivazione delle superficie a prato pascolo migliorato, prima della semina dovranno essere attuate **una tantum** le seguenti operazioni di miglioramento dei terreni:

1. Spietramento dei terreni mediante andanatore di sassi e macchina raccogli sassi;
2. Realizzazione di scoline superficiali per la raccolta ed il deflusso delle acque meteoriche;
3. Realizzazione di livellamento superficiale;
4. Concimazione di fondo con concimi organo minerali + microelementi a lenta cessione del tipo protetto (es. Tecnologia Timac Agro);
5. Aratura superficiale;
6. Semina, erpicatura e rullatura.

Le operazioni descritte consentiranno di avere una superficie perfettamente idonea alle successive fasi di posa dei moduli fotovoltaici che verranno installati mediante fissaggio al terreno con sistema a battipalo senza la necessità di opere di fondazione, rendendo il sistema facilmente amovibile che a seguito della rimozione, ripristina lo *status quo ante* del terreno agrario.

Preliminarmente, al fine di caratterizzare il suolo e finalizzare in modo puntuale l'apporto mirato di sostanze nutritive, è auspicabile effettuare una analisi chimico fisica del terreno. In questo modo si potrà formulare ed adottare un piano di concimazione specifico che definisca in particolare gli apporti delle unità fertilizzanti di Azoto (N) Fosforo (P) e Potassio (K) + microelementi e necessari.

Le superfici a prato-pascolo sono ordinariamente sottoposte a sfalcio per l'ottenimento di fieno, da utilizzare nell'alimentazione del bestiame (ovi-caprino o bovino).

Questa forma gestionale è assolutamente compatibile con il progetto agrivoltaico proposto e di fatti: tutte le porzioni libere comprese all'interno dell'area di progetto potranno essere investite a prato-pascolo permanente, incluse le **aree sotto la proiezione al suolo dei pannelli**. Queste ultime saranno le uniche escluse dalla

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

raccolta del fieno, la presenza del prato pascolo sotto i pannelli sarà finalizzata oltre che al pascolamento anche alla produzione di sostanza organica per tramite della tecnica del “Mulching” come meglio specificato in seguito. Le restanti saranno invece oggetto delle pratiche agricole illustrate nel paragrafo 11.

Al fine di rendere più immediata la logica gestionale sotto il profilo agronomico proposta, si cita per analogia quanto normalmente avviene nelle piste dedicate agli sport invernali nel Trentino Alto Adige, comunque infrastrutturate, ove regolarmente le superfici a prato sono sottoposte ad operazioni di fienagione.

L'azione di miglioramento diretta della fertilità del suolo, in un orizzonte temporale di medio periodo, si raggiungerà attuando due tecniche agronomiche fondamentali. Da un lato, nella composizione delle essenze costituenti il miscuglio da seminare (insieme dei semi costituenti la composizione specie specifica delle piante) per l'ottenimento del prato permanente polifita si privilegeranno le leguminose, piante così dette miglioratrici della fertilità del suolo in quanto in grado di fissare per l'azione della simbiosi radicale con i batteri azotofissatrici, le stesse in grado di immobilizzare l'azoto atmosferico nel suolo a vantaggio diretto delle piante appartenenti alle graminacee.

In particolare, si provvederà all'inserimento tra le piante leguminose componenti il miscuglio di semina la specie spontanea sarda *trifolium subterraneum* capace oltretutto di autoriseminarsi e che, possedendo uno spiccato geocarpismo, contribuisce insieme alla copertura vegetale diventata “permanente” ad arrestare l'erosione superficiale sia eolica che idrica, allo stato piuttosto diffusa nelle superfici oggetto di intervento.

Dall'altro lato, durante il mese di ottobre/novembre e degli altri mesi invernali, le porzioni di cotico erboso che, dopo la raccolta del fieno avvenuta a maggio saranno ricresciute, verranno sottoposte al **pascolamento controllato degli ovini**.

Quanto in programma di attuare nella gestione agronomica, ci fa capire che nel corso del tempo si avrà un graduale miglioramento della fertilità del suolo che progressivamente incrementerà consentendo come è comprensibile un miglioramento agronomico della superficie agricola.

Attraverso l'installazione dell'impianto agrivoltaico, combinato con la tecnica agronomica individuata al fine di favorire la prosecuzione delle attività attualmente

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

in essere, si otterrà una sinergia tra le due, misurabile in termini di miglioramento qualitativo delle Unità Foraggere.

Infatti, il valore nutrizionale di un fieno di prato migliorato e bilanciato nella composizione floristica, ricco di essenze leguminose che apportano un notevole miglioramento al contenuto proteico del fieno, ne fanno aumentare notevolmente il valore nutrizionale.

Pertanto, al netto delle superfici che non sono direttamente utilizzabili come prato migliorato, in quanto occupate dalle infrastrutture, considerata la produzione unitaria espressa in U.F del prato permanente migliorato, si ottiene il seguente valore agronomico del terreno oggetto di intervento **in fase di esercizio**:

TIPOLOGIA	Ettari	U.F./Ettaro	U.F. totali
Prato pascolo migliorato	19,00	2.240	42.560
Pascolo naturale	10,00	1.080	10.800
Totale U.F.			53.360

Tabella 3 – Produzione in Unità Foraggere fase di esercizio

Il valore agronomico del terreno, secondo l'indice proposto viene incrementato di circa il 9,30%.

A titolo esemplificativo, considerata l'esigenza nutritiva di una capo ovino adulto pari a 320 U.F/anno, potenzialmente nel terreno potrebbero essere allevati 166 capi ovini, pari a circa 25 UBA (Unità bovine adulte).

Si evidenzia, infine, ma non certo per ordine di importanza, che la presenza di un cotico erboso continuativo durante tutto l'anno consente di garantire la carrabilità della superficie senza che la struttura del terreno possa essere danneggiata.

Sarà necessario, al fine di ridurre il fenomeno del costipamento del terreno per l'azione di calpestio dei mezzi che passano per effettuare le operazioni di coltivazione, ma soprattutto di quelli utilizzati per le operazioni di manutenzione dell'impianto, utilizzare mezzi d'opera dotati di pneumatici con profilo allargato, al fine di aumentare l'impronta a terra, riducendo il peso per unità di superficie.

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

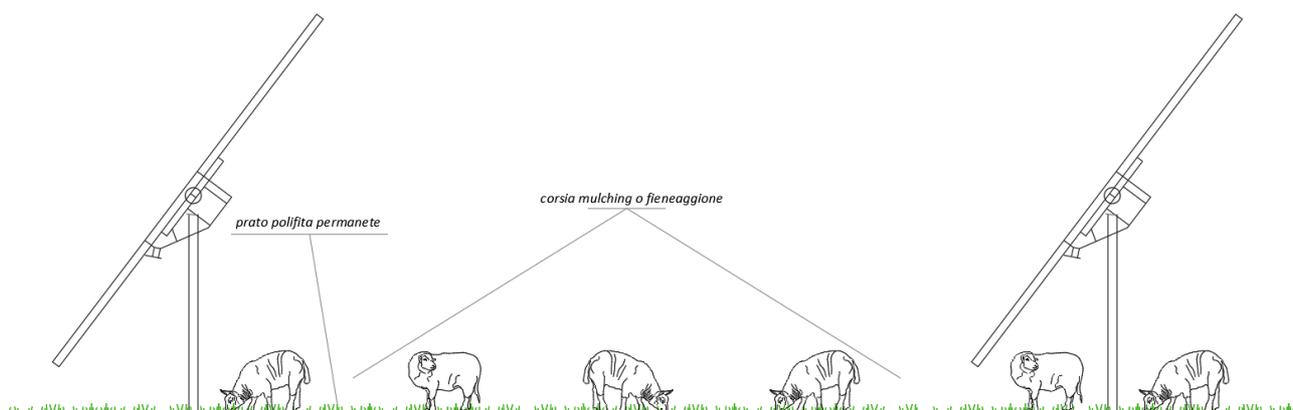


Figura 10 - Particolare esemplificativo del pascolamento

L'importanza del prato pascolo permanente migliorato è legata a due principali fattori: **biodiversità e cambiamento climatico**. Il prato polifita come quello proposto rappresenta uno tra gli agroecosistemi a più alta biodiversità, per la presenza di numerose specie vegetali e soprattutto animali in cui, a partire dagli artropodi, trovano rifugio e risorse alimentari. Allo stesso tempo, il mantenimento di un prato stabile contribuisce al **sequestro del carbonio** e di conseguenza a contrastare il cambiamento climatico. Infatti, molti studi dimostrano che superfici di suolo non coltivate in maniera tradizionale e mantenute a prato stabile consentono un **sequestro del carbonio pari a 1.740 g/m²**.

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

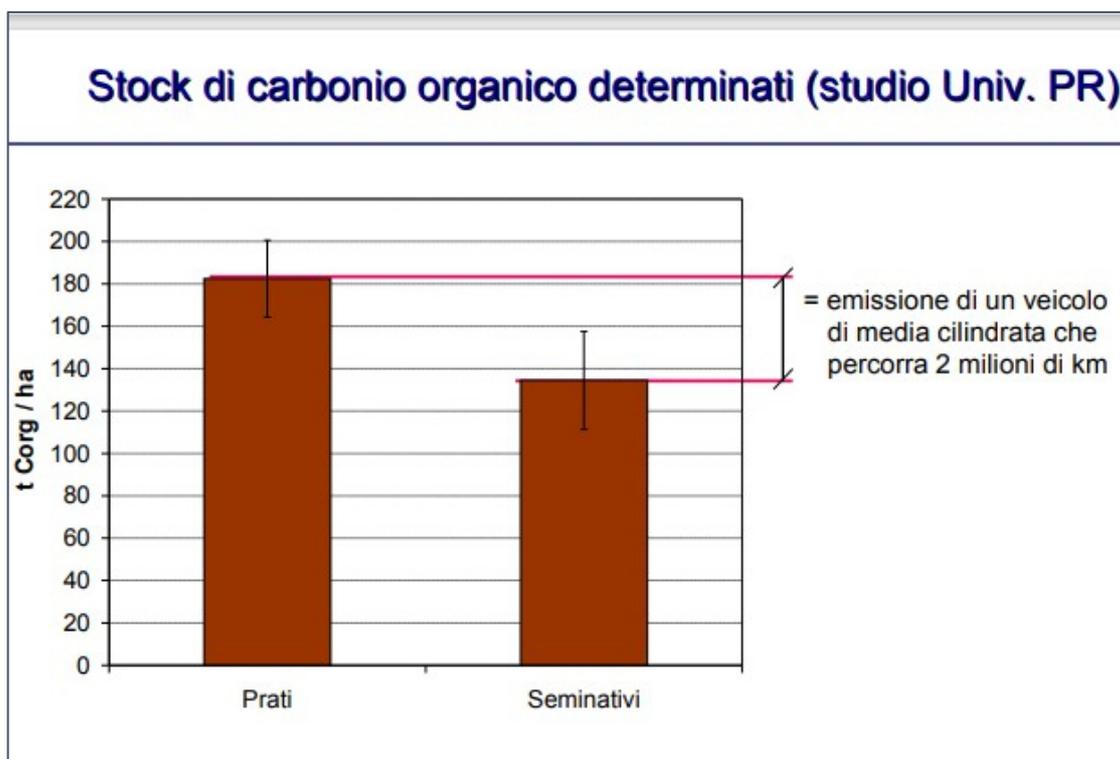


Figura 11- Stock di carbonio organico determinati (fonte studio Univ. PR)

Tale pratica viene definita *Carbon Farming* e l'Unione Europea sta già pensando a sistemi di incentivazione attraverso un quadro normativo per la certificazione degli assorbimenti di carbonio basato su una contabilizzazione del carbonio solida e trasparente al fine di monitorare e verificare l'autenticità degli assorbimenti.

Due volte l'anno, la vegetazione erbacea che cresce sotto i pannelli sarà sfalciata e sminuzzata avendo cura di non lasciare nudo il suolo, con mezzi meccanici senza l'utilizzo di **diserbanti chimici**, i residui vegetali triturati saranno lasciati sul terreno con l'utilizzo della tecnica del "**Mulching**" in modo da mantenere uno strato di materia organica sulla superficie pedologica, tale da conferire nutrienti e mantenere un buon grado di umidità, **senza utilizzo di risorsa idrica aggiuntiva ad esclusione di quella utilizzata per la periodica pulizia dei pannelli fotovoltaici**, che sarà approvvigionata per il tramite di autobotti (provenienza extraziendale), contribuendo in tal modo ad attenuare i processi di desertificazione in atto. Si deve inoltre considerare che: sebbene i pannelli creino ombra per le colture, le piante richiedono solo una frazione della luce solare incidente per raggiungere il loro tasso massimo di fotosintesi. Troppa luce solare ostacola la crescita del raccolto e può causare danni. La copertura fornita dai pannelli protegge anche da eventi

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

meteorologici estremi, che rischiano di diventare più frequenti con i cambiamenti climatici, inoltre l'ombra fornita dai pannelli solari riduce **l'evaporazione dell'acqua e aumenta l'umidità del suolo**, particolarmente vantaggiosa in ambienti caldi e secchi, privi, come nel caso di specie, della possibilità di utilizzare per tutte le superfici coinvolte irrigazioni artificiali.

A seconda del livello di ombreggiamento, è stato osservato un risparmio idrico del 14-29%. Lo dimostrano i primi test fatti in una prova sperimentale da Enel Green Power (Egp), in team con l'**Università degli Studi di Napoli Federico II** e con Novamont.

L'esperimento è in corso, iniziato a gennaio 2022, in Grecia, a Kourtesi, un paesino rurale nel Sud del Paese. I primi risultati sono stati presentati di recente alla **Conferenza Mondiale per la Conversione dell'Energia Fotovoltaica (Wcpec-8)** che si è tenuta a Milano, coordinata da Alessandra Scognamiglio, ricercatrice di Enea. Riducendo l'evaporazione dell'umidità, i pannelli solari alleviano anche l'erosione del suolo. Anche la temperatura del suolo si abbassa nelle giornate afose. L'installazione fotovoltaica si integrerà quindi in modo sinergico al contesto rurale sopra descritto consentendo la continuazione dell'utilizzo agro-zootecnico dell'intera area sottesa ai pannelli, garantendo riparo ai capi (dalle alte temperature estive e dalle più basse della stagione invernale) che pascoleranno l'area e migliorando la qualità e la quantità del foraggio fresco nella disponibilità degli stessi.

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

10. Attività di coltivazione del prato pascolo polifita migliorato

Le operazioni di coltivazione del prato sono riconducibili all'insieme dei lavori agricoli necessari per il corretto ottenimento del prodotto agricolo costituito dal fieno di prato migliorato.

Le operazioni colturali previste distribuite nel corso dell'anno, verranno svolte attraverso mezzi e attrezzature adeguati agli spazi disponibili e sono le seguenti:

Mese	Operazione colturale	Descrizione
Maggio/Giugno	Fienagione	Trattore con falciatrice, falciatrice semovente; pressatura fieno, raccolta fieno
Maggio	Trinciatura	Pulizia sotto la proiezione a terra dei pannelli, ove non è possibile operare la fienagione con trincia meccaniche o decespugliatore manuale;
Ottobre	Trinciatura	Trinciatura meccanica e/o manuale della superficie a prato migliorato
Novembre	Concimazione	Distribuzione di copertura di concimi organo-minerali con ausilio di trattore e spandiconcime
Dicembre	Pascolamento controllato ovini	Concimazione naturale tramite le deiezioni degli animali pascolanti
Gennaio	Pascolamento controllato ovini	Concimazione naturale tramite le deiezioni degli animali pascolanti
Febbraio	Pascolamento controllato ovini	Concimazione naturale tramite le deiezioni degli animali pascolanti
Marzo	Pascolamento controllato ovini	Concimazione naturale tramite le deiezioni degli animali pascolanti
Aprile	Pascolamento controllato ovini	Concimazione naturale tramite le deiezioni degli animali pascolanti

Tabella 4 – Cronoprogramma di gestione agronomica

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

Con cadenza pluriennale si faranno delle operazioni di trasemina e/o semina su sodo (sod seeding), degli arieggamenti ove necessari.

11 Opere di mitigazione visiva e realizzazione di recinzione perimetrale con corridoi ecologici

Con finalità di mitigazione visiva dell'impianto ai fini paesaggistici e contestuale attenzione alla naturalità del sito di intervento, così come riscontrata anche nelle relazioni dedicate alla componente flora e fauna, e allo scopo di implementare la biodiversità vegetale e animale dell'area, si prevede di realizzare una **fascia tampone di mitigazione visiva** costituita da specie arboree e arbustive esclusivamente autoctone e facenti parte della vegetazione potenziale dell'area vasta e storicamente presenti nel sito di intervento. Le specie arboree proposte sono le seguenti: sughera (*Quercus suber*), leccio (*Quercus ilex*); le specie arbustive proposte sono invece le seguenti: lentischio (*Pistacia lentiscus*), corbezzolo (*Arbutus unedo*), e, per concludere, fillirea a foglie larghe (*Phillyrea latifolia*). La distribuzione lungo la fascia perimetrale è rappresentata nell'immagine seguente e prevede che le querce presenti a bordo lotto vengano integrate.

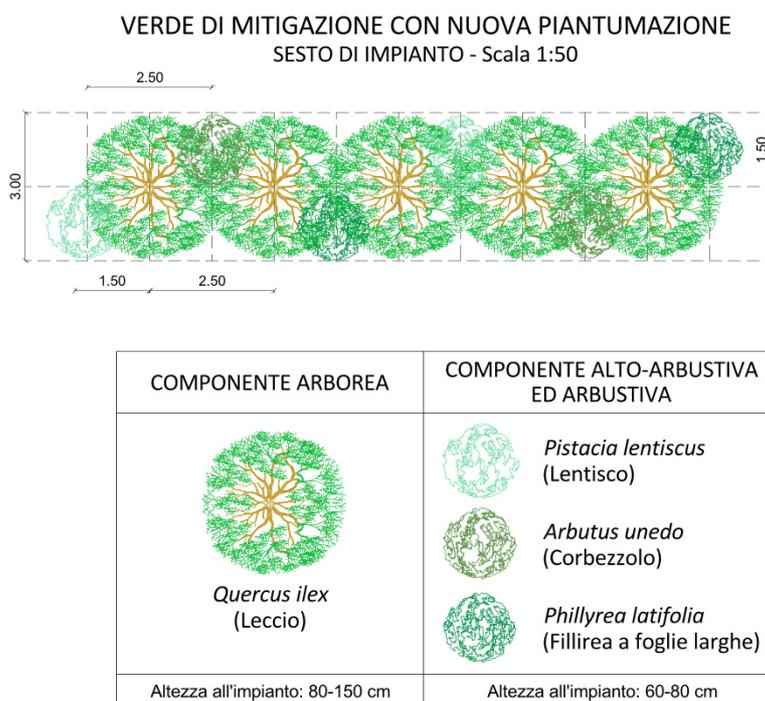


Figura 12 – dettaglio di impianto fascia tampone e di mitigazione visiva

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

Tutte le specie arboree e arbustive proposte non richiedono particolari cure colturali, sono facilmente reperibili nei vivai dell’Agenzia Regionale Forestas e saranno in grado in pochi anni dall’impianto di fornire rifugio e risorse trofiche per la fauna selvatica che contribuisce anche alla loro rinnovazione naturale per via gamica tramite la trasposizione zoocora.

Per garantire l’affrancamento delle piante costituenti la fascia di mitigazione nei primi 3 anni verranno irrigate con interventi irrigui di soccorso mediante un adacquamento localizzato che verrà modulato in funzione dell’andamento stagionale. Si ipotizza un consumo di acqua durante il periodo 15 giugno-15 settembre di 45 litri/pianta (1adacquamento da 5 lt/10gg/90gg). L’irrigazione verrà effettuata con l’ausilio di un serbatoio d’acqua trasportato su rimorchio trainato da una trattrice agricola. L’operatore interviene con una manichetta dosando la quantità prestabilita di acqua direttamente al piede della piantina su apposita conca preventivamente realizzata. Sulla base della densità di impianto prevista, si stima un fabbisogno irriguo annuo di 3.600 lt/100 mt di fascia di mitigazione (80 piante/100 mt di fascia x 45 litri/pianta).

La fascia tampone e di mitigazione visiva sarà impiantata lungo i confini perimetrali dei singoli lotti dell’impianto agrivoltaico e avrà la funzione, come prima accennato, oltre che di mitigare e minimizzare l’impatto visivo dell’impianto stesso anche di ospitare, costituire rifugio e fornire risorse trofiche per la fauna selvatica eventualmente presente nel territorio.

I confini perimetrali dell’impianto verranno inoltre delimitati da una recinzione metallica, recinzione studiata per impedire l’accesso all’interno dell’impianto dei cinghiali selvatici (*Sus scrofa meridionalis*) e dotata, in ogni caso, di un numero adeguato di ponti ecologici, di dimensioni e conformazione adeguata, proprio per consentire alla piccola fauna omeoterma, ai rettili, agli anfibi di potersi spostare tranquillamente anche all’interno dell’impianto.

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

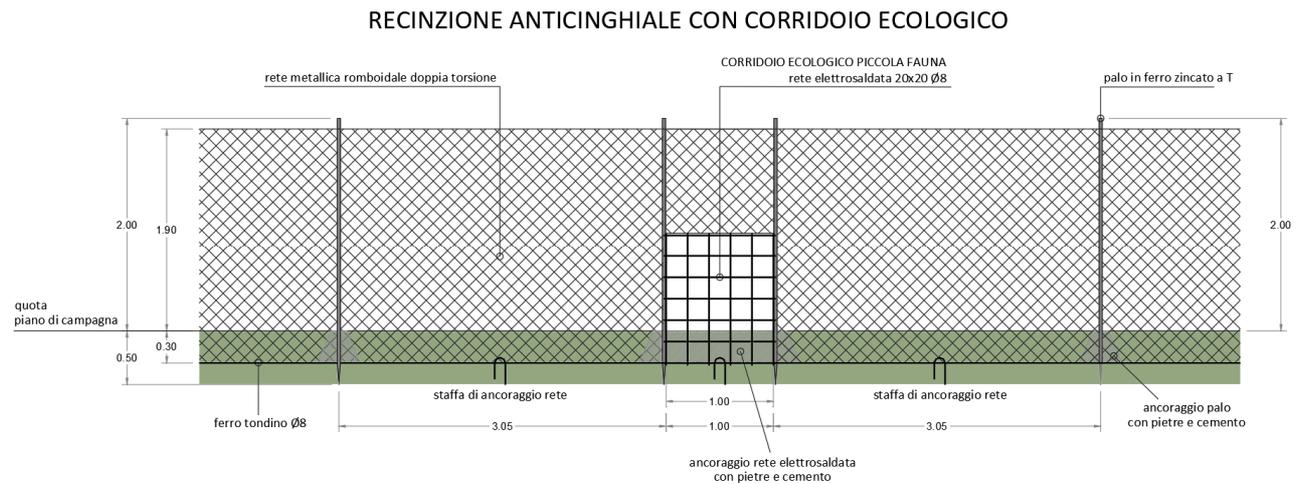


Figura 13 - dettaglio della recinzione anti-cinghiale dotata di corridoio ecologico

Si vogliono ora illustrare con l'ausilio di alcune immagini le specifiche tecniche dei macchinari agricoli utilizzati per la gestione delle superfici all'interno dell'impianto Agrivoltaico.

TRATTORI 6M A TELAIO CORTO



* Con pneumatici anteriori 320/85R24 e pneumatici posteriori 420/85 R30
 ** Dimensione degli pneumatici posteriori: 420/85 R30.
 Con sospensione della cabina (altezza senza sospensione della cabina: 2713 mm)

5750 KG***

Figura 14 - Specifiche tecniche del trattore 6M a telaio corto

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

Mini-rotoimballatrici MOTORIZZATE

MOUNTAINPRESS 550 TML

È un'imballatrice che può essere **collegata posteriormente a qualsiasi trattore, anche non fornita di PTO (presa di potenza)**.

MOUNTAINPRESS 550 TML è dotata di un motore termico da 10,0 kW (13,5 HP) ad avviamento elettrico, che permette di raccogliere, imballare, legare e scaricare le balle prodotte senza richiedere alla trattore alcuna potenza termica o idraulica supplementare. Tutti i comandi sono azionabili dal posto di guida. Un segnale acustico avverte l'operatore dell'avvenuta formazione della palla.

Accensione, legatura, apertura e chiusura della camera di pressione vengono azionate con una pulsantiera elettrica.

MOUNTAINPRESS 550 TML, grazie a una massa estremamente ridotta e ad un ottimo bilanciamento, può essere collegata posteriormente a mezzi quali ATV, QUAD, ESCAVATORI, CINGOLATI, GOLF CAR, ecc.

MOUNTAINPRESS 550 TML

DATI TECNICI

Lunghezza	1.950 - 2.250 mm
Larghezza	1.450 - 1.700 mm
Altezza	1.150 mm
Peso	430 kg
Produzione oraria balle	50 - 80
Raccoglitore	700 mm
Pneumatici	18,5 x 8,50/8" PR 6
Potenza motore termico	10,0 kW

EQUIPAGGIAMENTI DI SERIE

Fari • Legatura a rete • Contatore balle • Segnale acustico di formazione palla • Tenditori automatici per catene • Frizione salva catene • Timone regolabile in altezza e lunghezza • Pulsantiera elettrica per legatura, sollevamento del pick-up, apertura della camera, accensione e spegnimento del motore.

OPTIONAL

- Ruote rastrematrici
- Lubrificazione automatica delle catene.



Figura 15 - Specifiche tecniche della Mini-rotoimballatrice 550TML

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

12 Impatti e misure di mitigazione

Gli impatti sulle componenti suolo e sottosuolo sono legati a potenziali alterazioni delle caratteristiche pedologiche nel corso del tempo dovute alle attività di installazione dell'impianto (scavi per realizzare cavidotti e viabilità e dagli scotichi e livellamenti del terreno) e alla potenziale contaminazione dovuta ad incidenti. Al fine di salvaguardare la componente suolo e di conoscere le principali proprietà pedologiche delle aree prima dell'installazione dei moduli, sarà predisposto uno specifico studio, mirato alla classificazione della capacità d'uso dei suoli interessati dall'impianto, anche attraverso analisi di laboratorio su un numero congruo di campioni, sulla base del quale prevedere un piano di monitoraggio che consenta di verificare l'andamento delle proprietà pedologiche più significative nei confronti di eventuali impatti dell'opera durante gli anni attesi di esercizio. Per ulteriori dettagli si rimanda al § 11.1. Inoltre, in fase di esecuzione degli scavi si dovranno attuare le seguenti misure:

- porre cautela nell'esecuzione degli scavi
- eliminare i materiali aventi caratteristiche geotecniche scadenti quali ad esempio materiali limosi o torbosi ed adottare opportuni accorgimenti costruttivi;
- evitare l'accumulo anche temporaneo di inerti al di fuori delle aree interessate dai lavori;
- curare che lo strato del suolo superficiale più fertile venga accantonato per essere reimpiegato nelle operazioni di ripristino dell'area e protetto tramite teli dalla erosione eolica;
- curare la regimazione delle acque superficiali in modo da evitare il ruscellamento, questo al fine di evitare fenomeni di erosione incanalata. L'impatto in fase di esercizio sarà positivo in quanto le superfici coltivate a prato polifita permanente apporteranno un miglioramento nella fertilità del suolo, a vantaggio delle caratteristiche agronomiche e della produttività, che allo stato attuale è scarsa (cfr. capitolo 7). Gli impatti in fase di rimozione sono analoghi a quelli della fase di costruzione, con il vantaggio finale della restituzione di suoli migliorati dal punto di vista della caratterizzazione pedologica. Alla dismissione dell'impianto i terreni avranno infatti ottenuto un incremento della fertilità rispetto allo stato attuale. Inoltre, con il fine di ricreare la massima naturalità del sito di intervento e di incrementare

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

la biodiversità dell'area, sarà realizzata una fascia tampone di mitigazione visiva costituita da specie arboree e arbustive esclusivamente autoctone e facenti parte della vegetazione potenziale dell'area vasta e storicamente presenti nel sito di intervento (cfr. capitolo 9).

13 Agricoltura 4.0 e sistemi di monitoraggio

L'agricoltura 4.0 è il risultato dell'applicazione di una serie di tecnologie innovative nel campo dell'agrifood, e può essere considerata come un "upgrade" dell'agricoltura di precisione. Questo grazie all'automatizzazione della raccolta, dell'integrazione e dell'analisi dei dati che provengono direttamente dai campi grazie a sensori e altre fonti.

Le tecnologie digitali 4.0 in questo contesto sono utili per supportare, grazie all'analisi dei dati, l'agricoltore nella sua attività quotidiana e nella pianificazione delle strategie per la propria attività, compresi i rapporti con tutti gli anelli della filiera, generando un circolo virtuoso in grado di creare valore, non solo per la singola azienda ma anche a cascata per i suoi partner.

Grazie a queste nuove soluzioni e all'applicazione delle tecnologie digitali, dall'IoT all'intelligenza artificiale, dall'analisi di grandi quantità di dati ai trattori a guida autonoma, fino all'utilizzo dei droni, le aziende agricole possono aumentare la profittabilità e la sostenibilità economica, ambientale e sociale della propria attività. L'inizio dell'applicazione di tecnologie per l'agricoltura di precisione in Italia risale agli anni '90: si tratta in pratica di utilizzare soluzioni digitali per interventi specifici, che tengano conto in particolare delle esigenze del suolo e delle piante. Il fine di questi interventi è quello di migliorare quanto più possibile la resa produttiva delle piantagioni e contenere sia i costi, che l'impatto ambientale.

Di questa categoria fanno parte, ad esempio, tutti gli interventi per rendere più efficiente l'irrigazione senza sprecare risorse idriche né far soffrire le piante, le tecnologie per il planting adattate alle caratteristiche biochimiche e fisiche del suolo su cui si interviene, la somministrazione di antiparassitari commisurate alle esigenze specifiche di ogni singola area e pianta, o di fertilizzanti soltanto nella quantità necessaria e nei tempi più utili.

Per queste ragioni l'agricoltura di precisione, oltre a essere il predecessore più prossimo dell'agricoltura 4.0, è anche uno dei cardini di quest'ultima, perché mette

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

le basi per adattare i processi produttivi alle singole necessità grazie a interventi mirati e tempestivi in grado di adattarsi alle esigenze del momento. La base per rendere più efficaci queste tecnologie è l'utilizzo in tempo reale dei dati che provengono dai campi. Grazie ai sensori che possono trasmettere informazioni, installati sui campi o sulle macchine agricole, sarà infatti possibile prendere decisioni tempestive ed efficaci, che potranno essere affidate anche a sistemi automatizzati. In linea generale, i principali vantaggi dell'agricoltura 4.0 sono quelli, come dicevamo, di una razionalizzazione dell'uso delle risorse, e quindi principalmente economici per le aziende della filiera.

Ma un percorso dei prodotti, dal campo alla tavola, improntato a massimizzare la sostenibilità, ha un impatto positivo anche sulla salute, dal momento che sarà possibile portare fino ai consumatori finali prodotti più controllati e più freschi rispetto a quanto avviene con le tecniche tradizionali. Per quantificare questi vantaggi, si parla di un risparmio attorno al 30% per gli input produttivi e di un aumento del 20% della produttività, con un utilizzo molto limitato di sostanze chimiche.

Puntando poi l'attenzione sull'utilizzo dei dati, c'è da aggiungere che poter contare sull'analisi in tempo reale delle informazioni che provengono dai campi è estremamente utile per gestire ogni attività legata all'agricoltura in modo più veloce e quindi anche efficiente.

Grazie all'analisi dei dati, infatti, sarà possibile improntare al massimo dell'efficienza l'utilizzo delle macchine agricole, o utilizzare soltanto la quantità di acqua necessaria, senza sprechi.

Grazie allo stesso set di informazioni, inoltre, sarà possibile prevenire le patologie delle piante o contrastarne i parassiti, limitando i danni nel momento in cui si dovessero verificare problemi grazie al monitoraggio costante e simultaneo delle coltivazioni. Ed è bene sottolineare che si tratta di vantaggi che si possono ottenere indipendentemente dal tipo di coltura.

Di seguito sono illustrate alcune delle tecnologie utili nella digital transformation delle aziende agricole.

Agrometeorologia

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

Parliamo in questo caso delle applicazioni che possono essere utilizzate per integrare nelle strategie di coltivazione le informazioni che provengono dalle previsioni meteo, grazie anche ad automatismi che possono trovare applicazione grazie alla raccolta e all'analisi in tempo reale dei dati provenienti dalle diverse fonti, come sensori o transazioni computer based, ed essere strutturati o destrutturati.

Big Data

Si tratta dell'insieme delle informazioni che possono essere generate da strumenti diversi e che possono essere utili per efficientare la produzione. Questi dati possono provenire da fonti eterogenee, come sensori o transazioni computer based, ed essere strutturati o destrutturati. La chiave è sempre la capacità di integrarli e analizzarli in real time, in modo da dare risultati affidabili da cui possa essere estratto o generato valore.

Blockchain

Parliamo in questo caso delle tecnologie della famiglia della Distributed Ledger Technology: sistemi che permettono ai nodi di una rete di raggiungere il consenso sulle modifiche di un registro distribuito in assenza di un ente centrale, in cui il registro distribuito è strutturato come una catena di blocchi contenenti transazioni. Si tratta di soluzioni particolarmente utili per la tracciabilità della produzione, dal campo alla tavola, certificando i requisiti dei prodotti in termini di sostenibilità.

Nello specifico, trattandosi, per l'impianto agrovoltico proposto, di superfici che saranno rese idonee ad ospitare la coltivazione del prato migliorato permanente, si intende porre in essere le attività di seguito descritte.

L'impianto sarà dotato di un sistema di monitoraggio, costituito da una stazione principale, dotata dei tradizionali sensori meteo-climatici (pioggia, vento, radiazione solare, pressione atmosferica), e di più unità wireless dotate di sensori micro-climatici (temperatura, umidità dell'aria, bagnatura fogliare, umidità del terreno); le unità wireless, posizionate all'interno degli appezzamenti, acquisiscono i dati micro-climatici e li trasmettono via radio alla stazione principale; questa, disponendo di un sistema GSM-GPRS e della relativa SIM, trasmette tutti i dati ad un centro servizi con il quale si attiverà una convenzione.

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

Gli utenti convenzionati possono quindi visualizzare tutti i dati (sia in tempo reale che storici) ed utilizzare i modelli che elaborano tali dati e che sono necessari per fare fronte alle diverse esigenze agronomiche.

14 Indicazioni di monitoraggio

Come indicato nel documento “Linee guida in materia di impianti agrivoltaici” pubblicato a giugno del 2022, a cura del gruppo di lavoro coordinato dall’ex Ministero della Transizione Ecologica – Dipartimento per l’energia, i valori dei parametri tipici relativi al sistema agrivoltaico dovrebbero essere garantiti per tutta la vita tecnica dell’impianto. Pertanto, risulta necessaria una attività di monitoraggio sia per la verifica dei parametri fondamentali, quali la continuità dell’attività agricola sull’area sottostante gli impianti, sia di parametri volti a rilevare effetti sui benefici concorrenti. Il DL 77/2021 ha previsto che sia installato un adeguato sistema di monitoraggio che permetta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico con particolare riferimento alle seguenti condizioni di esercizio (REQUISITO D):

D.1) il risparmio idrico;

D.2) la continuità dell’attività agricola, ovvero: l’impatto sulle colture, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture o allevamenti e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate. Inoltre, al fine di valutare gli effetti delle realizzazioni agrivoltaiche, il PNRR prevede il monitoraggio dei seguenti ulteriori parametri (REQUISITO E):

E.1) il recupero della fertilità del suolo;

E.2) il microclima;

E.3) la resilienza ai cambiamenti climatici.

L’impianto in esame sarà, quindi, dotato di un sistema di monitoraggio, costituito da una stazione principale, dotata dei tradizionali sensori meteo-climatici (pioggia, vento, radiazione solare, pressione atmosferica), e di più unità wireless dotate di sensori micro climatici (temperatura, umidità dell’aria, bagnatura fogliare, umidità del terreno); le unità wireless, posizionate all’interno degli appezzamenti, acquisiscono i dati micro-climatici e li trasmettono via radio alla stazione principale; questa, disponendo di un sistema GSM GPRS e della relativa SIM, trasmette tutti i

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

dati ad un centro servizi con il quale si attiverà una convenzione. Gli utenti convenzionati possono quindi visualizzare tutti i dati (sia in tempo reale che storici) ed utilizzare i modelli che elaborano tali dati e che sono necessari per fare fronte alle diverse esigenze agronomiche.



Figura 16 - Stazione principale e sensori meteo climatici

Il sistema offrirà, oltre all'analisi dei dati raccolti, anche modelli per l'analisi dello sviluppo e/o del rischio di infezione delle principali avversità fitosanitarie (in base alla coltura). Per ciascun punto di rilevazione il sistema valuta le condizioni micro-climatiche in relazione ai diversi cicli di sviluppo dei patogeni, con particolare riferimento alle temperature ed alle ore di bagnatura fogliare (distinguendo tra pagina superiore e inferiore delle foglie) rilevate all'interno della chioma e/o al livello della vegetazione, caratteristica essenziale per ottenere una maggiore affidabilità dei modelli agronomici. Con l'ausilio di questi modelli, gli agronomi possono avere

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

dati oggettivi e misurabili per decidere le migliori strategie fitosanitarie e verificare l'efficacia dei trattamenti effettuati.

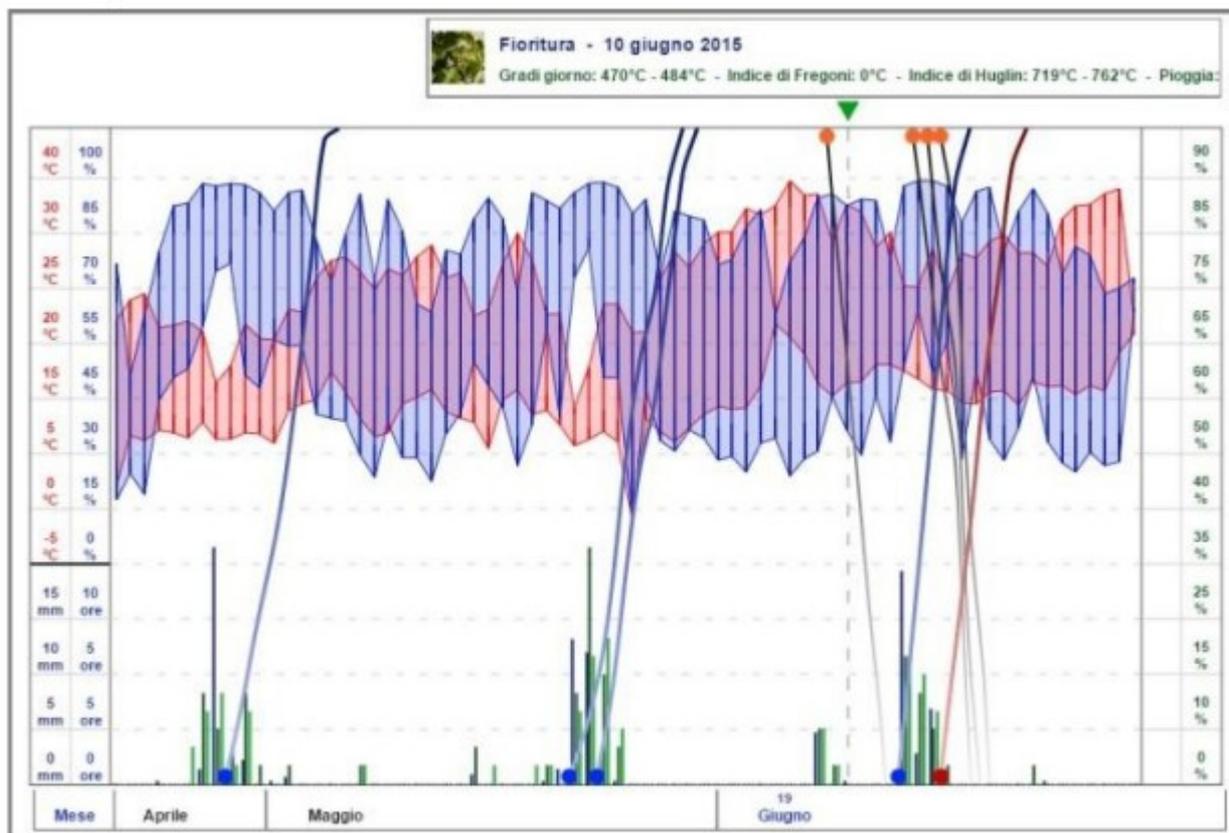


Figura 17 - Esempio di un grafico riguardante il rischio di infezione delle principali fitopatologie

Il sistema proposto prevede anche un modello di calcolo del fabbisogno idrico della pianta, in relazione alle condizioni meteo-climatiche ed allo stadio di sviluppo della coltura. Tramite tale modello, il sistema restituisce, giorno per giorno ed in ciascun punto di misura, il quantitativo di acqua persa per evaporazione dal suolo e traspirazione della pianta, traducendo le quantità in litri per metro quadrato. In aggiunta, i sensori volumetrici di misura dell'umidità del suolo consentono di misurare in modo accurato la percentuale di acqua nel terreno, a più profondità. Anche in assenza di impianto di irrigazione, queste informazioni sono di grande utilità per decidere le lavorazioni del terreno e la gestione dell'apparato fogliare. Tutti i dati raccolti saranno archiviati permanentemente in apposito database. Sarà quindi possibile realizzare e stampare report annuali, con l'indicazione dei dati medi

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

Descrizione		
<p>Unità centrale AgriSense IoT:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unità centrale con Pluviometro (pioggia in mm), Anemometro (intensità e direzione del vento), barometro, radiazione solare, termo-igrometro (temperatura ed umidità dell'aria) • Trasmissione dati 2G (opz. LTE-NBIOT) • 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 		
<p>N. 3 Unità wireless IoT con sensori meteo-climatici:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unità wireless IoT con pluviometro, radiazione solare, termo-igrometro (temperatura ed 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 		
<p>Accesso ai dati su cloud LiveData Accesso ai dati via web da PC, smartphone e tablet con piattaforma Netsens LiveData ®</p>		
<p>Installazione in campo Installazione e configurazione della stazione eseguita dai nostri tecnici specializzati. Breve formazione sull'impiego della stazione e del software Netsens LiveData ®</p>		
<p>Accesso ai dati su cloud LiveData Accesso ai dati via web da PC, smartphone e tablet con piattaforma Netsens LiveData ®</p>		
<p>Installazione in campo Installazione e configurazione della stazione eseguita dai nostri tecnici specializzati. Breve formazione sull'impiego della stazione e del software Netsens LiveData ®</p>		

Il sistema di gestione e le apparecchiature adottate, saranno inoltre utilizzati anche per la realizzazione e successiva gestione e manutenzione delle fasce verdi perimetrali.

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

14.1 Monitoraggio pedologico

Al fine di salvaguardare la componente suolo e di conoscere le principali proprietà pedologiche e di fertilità del suolo delle aree prima dell'installazione dei pannelli FTV, sarà predisposto uno specifico studio mirato alla classificazione sito specifica della capacità d'uso attraverso un piano di monitoraggio pedologico.

Il Piano di monitoraggio di seguito proposto è rivolto all'individuazione, nelle diverse fasi d'opera (Ante-Operam, Corso d'Opera e Post-Operam), della risorsa suolo con riferimento alla fertilità chimico fisica e biologica in relazione all'opera in progetto, secondo le proprietà chimiche, fisiche e biologiche sito-specifiche.

A livello regionale, la Sardegna per la realizzazione della "Carta delle unità delle terre e della capacità d'uso dei suoli" ha individuato una specifica metodologia di campionamento e analisi del suolo, descritta in maniera dettagliata all'interno della "Relazione metodologica"⁵ (edizione marzo 2014) redatta dall'Agenzia regionale per la ricerca e l'innovazione in agricoltura (AGRIS Sardegna), dall'Agenzia regionale per l'attuazione dei programmi in campo agricolo e lo sviluppo rurale (LAORE Sardegna), dal Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche dell'Università degli Studi di Cagliari e dal Dipartimento di Agraria – sezione Ingegneria del Territorio – dell'Università degli Studi di Sassari.

Nello specifico, all'interno dell'"Allegato 7a - Manuale di Rilevamento" della relazione sono contenute le tecniche di rilevamento e campionamento dei suoli, mentre all'interno della Relazione sono contenute le informazioni relative alle analisi di laboratorio da effettuare sui campioni.

Partendo dalla metodologia proposta, il protocollo di campionamento è stato integrato con quanto riportato all'interno delle "Linee Guida per il monitoraggio del suolo su superfici agricole destinate ad impianti fotovoltaici a terra" – in quanto specifiche per la casistica in oggetto – redatte dalla Regione Piemonte, in collaborazione con IPLA, per indagare nel tempo "le relazioni fra il campo agrivoltaico e il suolo agrario". Le stesse linee guida definiscono:

- il protocollo di monitoraggio/campionamento dei principali parametri chimico-fisico-biologici dei suoli
- le fasi di monitoraggio (Fase I Ante-Operam e Fase II Corso d'Opera)
- gli intervalli temporali (prestabiliti) di campionamento (1-3-5-10-15-20-25 anni).

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

In base a quanto sopra esposto è stato quindi definito un set standard di parametri oggetto di analisi chimico-fisiche che di seguito si riportano:

Analisi Chimico-Fisica					
Descrizione	Valore	Giudizio	Descrizione	Valore	Giudizio
Scheletro	TRS	trascurabile	Reazione:(1:2,5) pH	7,7	sub alcalina
Sabbia	% 36		Cond.Elet.(1:2,5) mS	0,323	normale
Limo	% 24		Calcare totale:	% 6,3	leg. calcareo
Argilla	% 40		Calcare attivo:	% 2,5	basso
Tessitura	FA	franco argillosa	Carbonio organico	% 0,82	
Sostanza organica	% 1,42	bassa			

Analisi Nutrienti					
Descrizione	Valore	Giudizio	Descrizione	Valore	Giudizio
Azoto totale (N) %	0,090	basso	Fosforo ass. (P) ppm	6	m. basso
Calcio di scambio (Ca) ppm	3900	m. alto	Ferro ass. (Fe) ppm	13,6	medio
Magnesio di scambio (Mg) ppm	517	m. alto	Manganese ass. (Mn) ppm	3,0	basso
Potassio di scambio (K) ppm	234	m. alto	Rame ass. (Cu) ppm	1,1	medio
Sodio di scambio (Na) ppm	142	normale	Zinco ass. (Zn) ppm	2,5	medio
Boro solubile (B) ppm	0,40	basso			

Analisi C.S.C.				
Descrizione		Per 100 g.	Saturazione %	Giudizio
C.S.C.	meq	25,04		alta
Calcio (Ca)	meq	19,50	77,8	alta
Magnesio (Mg)	meq	4,32	17,3	m. alta
Potassio (K)	meq	0,60	2,4	media
Sodio (Na)	meq	0,62	2,5	normale
Saturazione basica	%		100,0	alta
Rapporto Mg/K	meq/meq	7,2		alto

Figura 19 – Esempio di report di analisi del terreno

Il set analitico sopra riportato è finalizzato ad ottenere una caratterizzazione accurata dei suoli di interesse. Per le operazioni di rilevamento verrà fatto riferimento alla scheda di campagna, al manuale di rilevamento e alle linee guida all'interpretazione delle analisi del suolo edite dall'Agenzia Regionale per la ricerca scientifica e l'innovazione in agricoltura.

Per la definizione del protocollo di campionamento, sono state invece considerate le tre fasi di monitoraggio, descritte in precedenza (Ante-Operam, Corso d'Opera e Post-Operam), andando a diversificare, per ognuna, la tipologia di campionamenti da realizzare:

- Ante-Operam

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

Al fine di definire compiutamente lo stato di fatto, verranno effettuate 4 osservazioni pedologiche sito specifiche, ritenute sufficienti vista l'estensione e considerato che l'area di intervento ricade in una sola unità cartografica individuata sulla base della Carta dei Suoli della Sardegna.

Inoltre in fase Ante-Operam, verrà definito l'indice QBS-ar tramite prelievo e analisi di una zolla superficiale di suolo della dimensione di 10x10x10 cm (dopo rimozione degli eventuali residui colturali), da campionarsi in due siti di prelievo dell'area interessata dall'installazione dei moduli.

- Corso d'Opera (fase di cantiere)

Tenuto conto delle tempistiche ristrette di cantiere, durante le attività di costruzione non sono state previste attività di monitoraggio (in quanto poco efficaci data la natura delle opere da realizzare) che, viceversa, verrebbero sostituite da azioni volte a prevenire incidenti e/o escludere possibili danni (verranno assicurate buone pratiche di cantiere, formazione specifica degli addetti ai lavori, presenza in cantiere di un "Emergency Spill kit" per far fronte a eventuali sversamenti puntuali accidentali di sostanze potenzialmente inquinanti quali, per esempio, limitati quantitativi di carburanti e lubrificanti connessi all'operatività dei mezzi di cantiere etc.).

- Post-Operam (fase di esercizio e fase di dismissione)

In fase di esercizio si prevede l'esecuzione di campionamenti, ad intervalli temporali prestabili, ossia dopo 1-3-5-10-15-20-25 anni dalla realizzazione dell'impianto, su 4 siti di monitoraggio ubicati nell'area interessata dalle installazioni dei moduli, rappresentative delle aree in esame e dell'estensione dell'impianto.

Ciascun sito si caratterizzerà da un doppio campionamento: uno localizzato in posizione ombreggiata dalla presenza dei pannelli fotovoltaici e uno nelle posizioni di interfila tra i pannelli. Ciascun campionamento sarà effettuato secondo la metodologia descritta al fine di avere risultati confrontabili nel tempo.

Contestualmente, infine, saranno anche prelevati i campioni per la determinazione dell'indice QBS-ar.

A seguito della conclusione della fase di dismissione verrà ripetuto il set analitico negli stessi punti di campionamento individuati in fase di Ante-Operam.

Di seguito si riporta un report analitico dell'indice QBS-ar che si intende realizzare.

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

CALCOLO INDICE QBS-ar MASSIMALE DALLE TRE REPLICHE CAMPIONE 9527/2022:

	r 1	r 2	r 3	QBS-ar massimale
Pseudoscorpioni	10	10	20	20
Palpigradi				
Opilioni				
Araneidi	5	5	5	5
Acari	20	10	20	20
Isopodi				
Diplopodi	10			10
Paupodi	20		20	20
Sinfili	10	20	20	20
Chilopoda	10	20	20	20
Proturi	20		10	20
Dipluri	20	20	20	20
Collemboli	10	20	8	20
Psocotteri	1		1	1
Emitteri	1	1		1
Tisanotteri		1	1	1
Coleotteri	10	10	20	20
Imenotteri			5	5
Ditteri (larve)	5	10	10	10
Coleotteri (larve)	10	5	10	10
Lapidotteri (larve)				
QBS-ar	162	132	190	223

CONFRONTO TRA LE TRE I DIFFERENTI CAMPIONAMENTI

Parametro	1Replica	2Replica	3Replica	Media
Umidità (%)	17.76	17.75	17.60	17.70
Densità apparente (gr/cm3)	1.42	1.42	1.41	1.42
QBS-ar max (EMI)	162	132	190	161

Figura 18 – Esempio di report dell'indice QBS-ar

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

15 Conclusioni

A seguito di quanto esposto, in ragione delle condizioni agronomiche attuali dei terreni interessati dal progetto e delle operazioni di miglioramento agronomico, produttivo e ambientale dei terreni, si può affermare che sotto il profilo agronomico i terreni avranno nel breve volgere di 3 anni un miglioramento consistente. A partire dal 4° anno, l'incremento della fertilità del suolo per l'apporto della sostanza organica lasciata sul terreno dal prato permanente migliorato, unita a quella rilasciata dal pascolamento controllato degli ovini, sarà ogni anno incrementata. Questa condizione virtuosa contribuirà anche all'aumento della composizione floristica delle specie erbacee costituenti il prato permanente (che inevitabilmente ospiterà nel tempo specie pabulari anche spontanee) a vantaggio del ripristino e successivo mantenimento di un agro-ecosistema naturale, importante anche per garantire habitat privilegiati per la fauna selvatica e per l'entomofauna e la microfauna utile (inclusi gli insetti pronubi). Inoltre, si vuole sottolineare che lo studio progettuale dell'impianto agrivoltaico proposto è stato elaborato in totale ottemperanza alle "Linee guida in materia di impianti agrivoltaici" prodotte nell'ambito di un gruppo di lavoro coordinato dall'ex Ministero della Transizione Ecologica - Dipartimento per l'energia. In particolare, si vuole evidenziare che si ritiene di aver soddisfatto tutti i requisiti richiesti dalle prima citate linee guida, con particolare riferimento alla tipologia di impianto agrivoltaico del tipo agro-zootecnico o "pastorale". Nello specifico, sono stati rispettati tutti i requisiti di seguito elencati:

- REQUISITO A: *Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi;*

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

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

- REQUISITO D: *Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che consenta di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate;*

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

- REQUISITO E: *Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che, oltre a rispettare il requisito D, consenta di verificare il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.*

In virtù di una gestione agronomica attenta, razionale e sinergica con le opere in progetto, implementata con l'utilizzo delle tecnologie di monitoraggio continuo altamente innovative dell'agricoltura 4.0, si può pertanto concludere che l'investimento proposto non prevede interventi che possano compromettere in alcun modo il suolo agrario e in ragione delle operazioni di miglioramento unite alle tecnologie innovative sopra descritte, avrà ricadute oltremodo positive per il territorio in termini di miglioramento agronomico, faunistico ed ambientale.

Il tecnico
Dott. Agronomo Vincenzo Sechi

Codice elaborato	RELAZIONE AGRONOMICA	
Revisione 00 del		

16 Bibliografia consultata

1. Aroca-Delgado, R., Pérez-Alonso, J., Callejón-Ferre, Á. J., & Velázquez-Martí, B. (2018). Compatibility between crops and solar panels: An overview from shading systems. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 3). MDPI AG.
2. Dinesh, H., & Pearce, J. M. (2016). The potential of agrivoltaic systems. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 54, pp. 299–308). Elsevier Ltd
3. Horváth, G., Blahó, M., Egri, Á., Kriska, G., Seres, I., & Robertson, B. (2010). Reducing the maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. *Conservation Biology*, 24(6), 1644–1653.
4. Horváth, Gábor, Miklós Blahó, Ádám Egri, György Kriska, István Seres, and Bruce Robertson. 2010. "Reducing the Maladaptive Attractiveness of Solar Panels to Polarotactic Insects." *Conservation Biology* 24(6):1644–53. doi: 10.1111/j.1523-1739.2010.01518.x.
5. Lovich J.E., Ennen J.R., 2013. Wildlife conservation and solar energy development in the desert Southwest, United States *BioScience*, 61 (12), pp. 982-992.
6. Marrou, H., Wery, J., Dufour, L., & Dupraz, C. (2013). Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy*, 44, 54–66.
7. Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Oberfell, T., Bopp, G., Reise, C., Braun, C., Weselek, A., Bauerle, A., Högy, P., Goetzberger, A., & Weber, E. (2020). Implementation of agrophotovoltaics: Technoeconomic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy*, 265.
8. Oberfell T., 2013. Agrovoltaiik: LandwirtschaftunterPhotovoltaik an lagen (German). Master thesis. University of Kassel
9. Proctor, K. W., Murthy, G. S., & Higgins, C. W. (2021). Agrivoltaics align with green new deal goals while supporting investment in the us' rural economy. *Sustainability (Switzerland)*, 13(1), 1–11.
10. Andrea Colantoni^{1*}, Massimo Cecchini¹, Danilo Monarca¹, Roberto Ruggeri¹, Francesco Rossini¹, Umberto Bernabucci¹, Raffaele Cortignani¹, Riccardo Primi¹, Valerio Di Stefano¹, Leonardo Bianchini¹, Riccardo Alemanno¹, Stefano Speranza¹, Pier Paolo Danieli¹, Enrico M. Mosconi¹, Antonio Parenti², Ettore Guerriero⁶, Marco Berardo Di Stefano², Roberta Papili², Donato Rotundo², Miriam Di Blasi³, Lanfranco Di Campello³, Pierpaolo Ventura³, Andrea Riberti³, Francesco Gallucci⁴, Maurizio Manenti⁵, Michela Demofonti⁷, Laura Onnis⁷, Mariangela Lancellotta⁸, Gianluca Egidi⁹, Mauro Uniformi¹⁰, Corrado Falcetta¹¹; ¹ UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA - DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE E FORESTALI ² CONFAGRICOLTURA ³ ENEL GREEN POWER ⁴ CONSIGLIO PER LA RICERCA IN AGRICOLTURA E L'ANALISI DELL'ECONOMIA AGRARIA ⁵ SOLARFIELDS ⁶ CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE ⁷ EF SOLARE ITALIA ⁸ LE GREENHOUSE ⁹ S.E.A TUSCIA S.R.L. ¹⁰ CONSIGLIO ORDINE NAZIONALE DEI DOTTORI AGRONOMI E DOTTORI FORESTALI ¹¹ FEDERAZIONE DOTTORI AGRONOMI E FORESTALI DEL LAZIO. Linee guida per l'applicazione dell'agro-fotovoltaico in Italia (2021).
11. Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici (Giugno, 2022)

Siti Internet consultati

ENEA www.enea.it

Piattaforma Nazionale per l'agrivoltaico sostenibile

<https://www.agrivoltaicosostenibile.com/>