

RELAZIONE AGRONOMICA

**Realizzazione di un Parco Agrivoltaico Avanzato
di potenza nominale pari a 30 MWp
denominato "SILIGO" sito nel
Comune di Siligo (SS)**

Località "Lazzareddu"

PROPONENTE:



Energia Pulita Italiana 7 s.r.l.

Rev00		Data ultima elaborazione: 07/12/2022	
Redatto	Formattato	Verificato	Approvato
Dott. Agr. Gaetano Gianino	Dott. Agr. Gaetano Gianino	Dott. Agr. P. Vasta	ENERLAND ITALIA s.r.l.
Codice Elaborato		Oggetto	
SIL- IAR05		STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE	

TEAM ENERLAND:

Dott. Agr. Patrick VASTA
Ing. Annamaria PALMISANO
Dott.ssa Ilaria CASTAGNETTI

Ing. Emanuele CANTERINO
Dott. Claudio BERTOLLO
Dott. Guglielmo QUADRIO

GRUPPO DI LAVORO:

Geol. Nicola PILI
Dott. Rosario PIGNATELLO
Ing. Gianluca VICINO
Dott.ssa Agnese Elena Maria CARDACI
Dott. Agr. Gaetano GIANINO

Ing. Fabio Massimo CALDERARO
Ing. Vincenzo BUTTAFUOCO



INDICE

PREMESSA	1
1.1 Soggetto proponente.....	2
1.2 Area di intervento.....	4
1.3 Agrivoltaico.....	6
2. ANALISI CONTESTO AGRICOLO	7
2.1 Analisi dell'uso del suolo diacronica.....	9
2.2 Attuale uso del suolo.....	12
2.3 Pedologia.....	14
2.4 Capacità d'uso del suolo – Land Capability Classification LCC.....	18
2.5 Clima.....	22
2.6 Bioclima.....	27
3. PROPOSTA PROGETTUALE	31
3.1 Indirizzo produttivo.....	32
3.2 Schede botaniche essenze selezionate.....	36
3.3 Fabbisogno irriguo.....	39
3.4 Stima costi aree a verde e sistema di monitoraggio.....	39
3.5 Cure colturali.....	40
3.5.1 Piano di manutenzione delle aree a verde.....	40
3.5.2 Piano di monitoraggio dell'attività agricola – sistemi agricoltura 4.0.....	42
3.5.3 Macchine ed attrezzature da impiegare.....	46
3.6 Gestione delle colture.....	48
3.7 Valutazione potenzialità economica.....	51
4. CONCLUSIONI	53
5. BIBLIOGRAFIA	54

PREMESSA

La presente relazione agronomica è a supporto dello "Studio di Impatto Ambientale" - (redatto ai sensi dell'art. 22 del d.Lgs. 152/06 e successive modifiche ed integrazioni), inerente al progetto per la realizzazione di un impianto agri-voltaico costituito da tracker a inseguimento monoassiale e relative opere connesse (infrastrutture impiantistiche e civili), ubicato in Sardegna, nel Comune di Siligo, con potenza pari a 30 MWp. L'area di progetto è estesa circa 50,37 ettari.

L'impianto è soggetto al rilascio di Autorizzazione Unica, ai sensi dell'art. 12 comma 3 del d.lgs. n. 387 del 2003; il progetto proposto rientra, ai sensi dall'art. 31 comma 6 della legge n. 108 del 2021, tra quelli previsti nell'allegato II alla parte seconda del d.lgs. 152/2006 (impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica con potenza complessiva superiore a 10 MW), pertanto, l'intervento è soggetto, ai sensi dell'art. 6 comma 7 (comma così sostituito dall'art. 3 del d.lgs. n. 104 del 2017) del d.Lgs. 152/2006 a provvedimento di VIA (Valutazione di Impatto Ambientale).

Un parco fotovoltaico è la sintesi di un numero congruo di pannelli fotovoltaici, comunemente realizzati in materiale monocristallino, interconnessi tra loro al fine di produrre energia elettrica sfruttando l'effetto fotovoltaico. L'insieme dei pannelli viene quindi collegato a una stazione di inverter in cui l'energia elettrica viene trasformata prima di essere trasferita alla rete attraverso un sistema di linee elettriche solitamente interrate.

Il presente progetto si inserisce nell'ottica di una progressiva sostituzione dei combustibili fossili quale fonte energetica e della riduzione di inquinanti atmosferici e gas clima-alteranti, secondo quanto previsto dagli accordi internazionali in materia (es. Protocollo di Kyoto).

1.1 Soggetto proponente

Enerland Group è una società fondata nel 2007 a Saragozza, in Spagna, specializzata in sviluppo, costruzione, gestione e in attività di O. & M. di parchi fotovoltaici su terreni e di impianti industriali su tetti.

L'azienda si occupa dello sviluppo, costruzione, messa in opera e manutenzione degli impianti, seguendone fase per fase lo stato di avanzamento.

Tali attività vengono condotte a livello internazionale, disponendo di un organico multidisciplinare che si compone di circa 200 dipendenti, con più di 10 sedi aziendali in tutto il mondo, presenti quindi in 14 paesi.

I numeri di Enerland sono:

+400 MW installati

+800 GWh prodotti

+50 progetti in portfolio di sviluppi a livello internazionale

+20 parchi fotovoltaici costruiti

+200 impianti di autoconsumo industriale

Enerland persegue gli obiettivi di sostenibilità (Sustainable Development Goals) promossi dalle Nazioni Unite all'interno dell'Agenda 2030. L'azienda si impegna a raggiungere tali obiettivi attraverso la realizzazione di parchi fotovoltaici in diversi paesi europei e, in particolare, nel contesto italiano si sta occupando attualmente di sistemi agrivoltaici, con l'auspicio di conciliare l'attività agricola con il settore delle energie rinnovabili.

L'azienda ambisce al raggiungimento di un futuro a basse emissioni, la salvaguardia del pianeta, lo sviluppo sostenibile e il benessere della società.

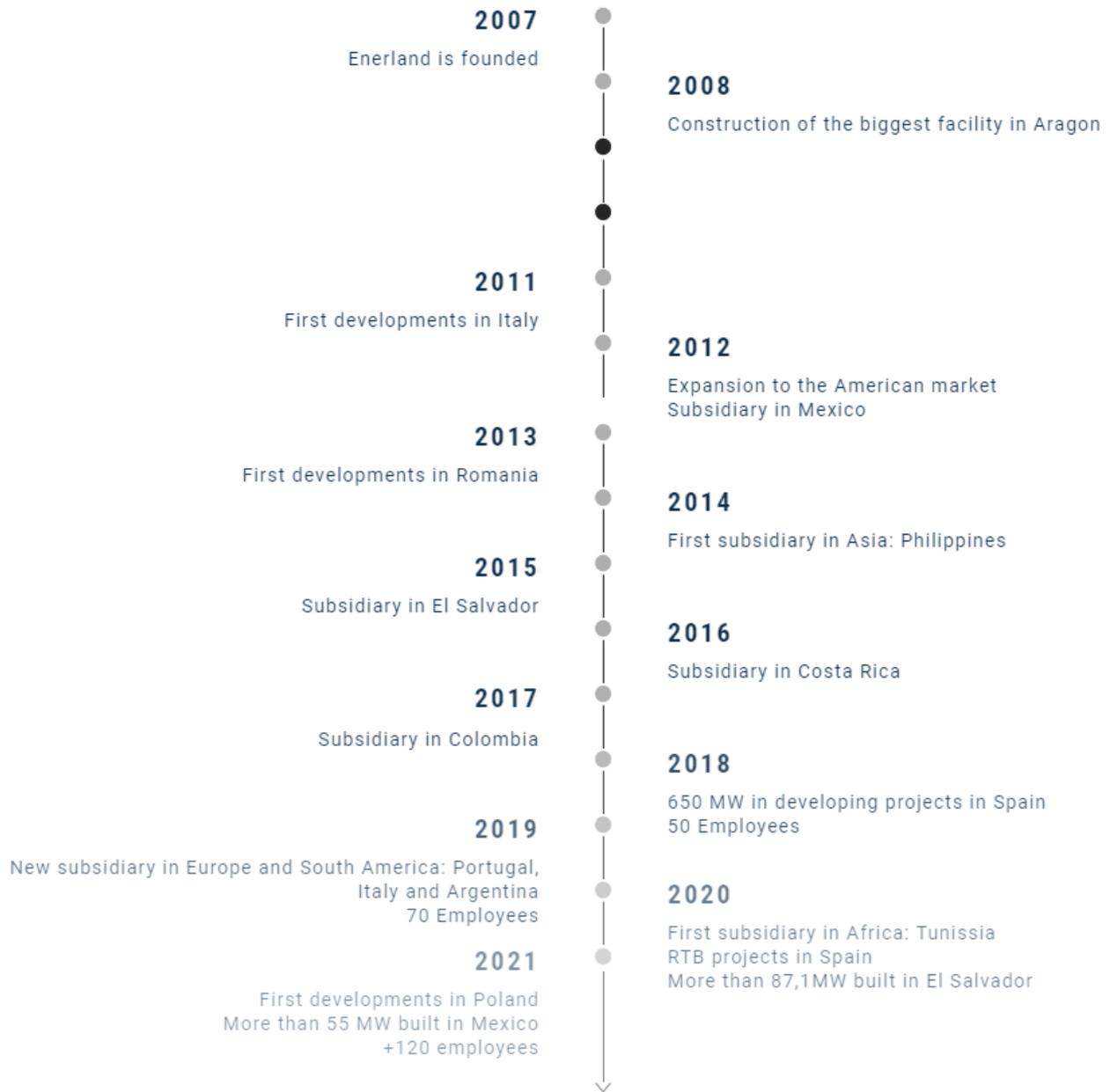


FIGURA 1 – STORYMAP DI ENERLAND

1.2 Area di intervento

Il progetto prevede l'ubicazione del parco agrivoltaico su di un'area agricola in agro del comune di Siligo (SS), nella località denominata "Lazzareddu" (altitudine compresa tra i 295 e i 328 m s.l.m.). A Sud-Est dell'area di impianto è presente il centro abitato del Comune di Siligo, che dista circa 2,5 km, mentre a Sud, ad una distanza di circa 2,0 km, è presente il centro abitato del Comune di Banari (SS).

Rispetto alla viabilità, l'area di progetto è raggiungibile attraverso delle strade poderali collegate alla SS 131 Carlo Felice.

L'areale di progetto (FIG. 2) geograficamente ricade all'interno dei seguenti riferimenti cartografici:

- Foglio IGM scala 1:50000 = 460 "PLOAGHE", 480 "BONORVA";
- Tavoletta IGM 1:25000 = FOGLIO 460 SEZIONE III "PLOAGHE", FOGLIO 480 SEZIONE IV "THIESI";
- Carta Tecnica Regionale scala 1:10000 = n° 460090 "PLOAGHE", n° 460130 "CAMPU LASARI", n° 480010 "BANARI".

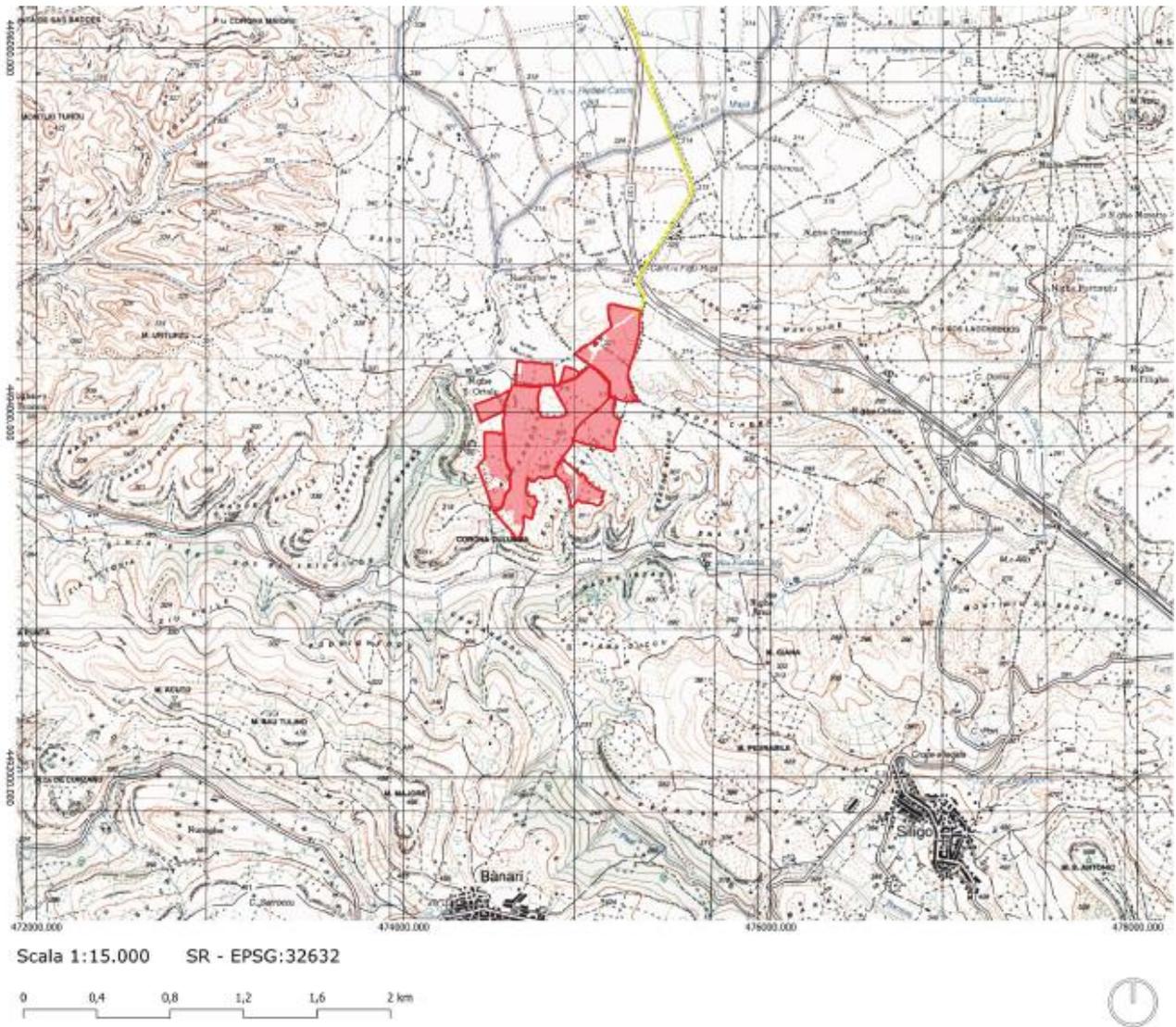


FIGURA 2 - STRALCIO INQUADRAMENTO AREA PROGETTO SU BASE I.G.M. TAVOLA SIL-IAT01

1.3 Agrivoltaico

Con il termine agro-fotovoltaico o agro-voltaico, (in inglese agro-photovoltaic, abbreviato APV) si indica un settore, ancora poco diffuso, caratterizzato da un utilizzo "ibrido" dei terreni agricoli, che si dividono tra produzione agricola e produzione di energia elettrica, attraverso l'installazione, sullo stesso terreno coltivato o adibito ad allevamento, di impianti fotovoltaici.

Attualmente la categoria degli impianti agro-fotovoltaici trova la sua identificazione nelle disposizioni nel D.L. 77/2021, convertito con la L. 108/2021, in cui si fornisce la definizione di impianto agro-fotovoltaico, il quale per le sue caratteristiche peculiari (es. tipologia di strutture a inseguimento e spazi tra di esse) utili a coniugare la produzione agricola con la produzione di energia verde, permettendo agli stessi di beneficiare di incentivi statali.

Nello specifico, gli impianti devono essere dotati di "sistemi di monitoraggio che consentano 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."

I sistemi agro-fotovoltaici costituiscono un approccio strategico e innovativo per combinare il solare fotovoltaico (FV) con la produzione agricola e/o l'allevamento zootecnico e per il recupero delle aree marginali. La sinergia tra modelli di agricoltura 4.0 e l'installazione di pannelli fotovoltaici 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. La Missione 2, Componente 2, del PNRR ha come obiettivo principale 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.

Nella presente proposta progettuale, sarà prevista:

- la continuità dell'attività agricola;
- la realizzazione di un sistema di monitoraggio che permetta di verificare l'impatto sulle colture e sulla produttività agricola.

2. ANALISI CONTESTO AGRICOLO

Storicamente, in questo territorio, per il sostentamento economico delle comunità limitrofe, un ruolo fondamentale è stato svolto dall'agricoltura. Tale attività, nel tempo, ha portato ad una modifica del paesaggio, in cui la copertura vegetale si è trasformata da naturale ad agricola.

L'intervento antropico, che per mezzo dell'agricoltura ha avuto come conseguenza alla riqualificazione dei terreni (si pensi alle opere di miglioramento fondiario, ad esempio, quelli volti alla regimazione delle acque) ed al presidio del territorio, ci pone innanzi un paesaggio in continua evoluzione.

Il carattere del Paesaggio Locale è quello agricolo, in cui dominano le colture seminate e la copertura vegetale di origine naturale interessa aree che per caratteristiche intrinseche ed estrinseche non ne hanno permesso la meccanizzazione (terreni con forti declività, o con presenza di roccia affiorante).

Il contesto territoriale in cui si intende insediare il Parco Agri-fotovoltaico è quello delle aree rurali a sud-ovest di Ploaghe. Nel circondario, le principali coltivazioni praticate sono quelle cerealicole-foraggere, con ampie aree destinate a pascolo.

Il cereale maggiormente coltivato è il frumento, mentre le colture foraggere sono costituite da prati polifiti (leguminose e graminacee) e talvolta da prati monofiti.

Il paesaggio agricolo, in tali contesti, si caratterizza della monotonia tipica delle coltivazioni erbacee estensive. Elementi di alternanza nel paesaggio sono determinati da diversificazioni vegetazionali in aree di ridotta estensione, in cui vi è la presenza di vegetazione naturale. Spesso, questo genere di aree si presenta di forma stretta ed allungata, in corrispondenza di impluvi, o di zone con caratteristiche geo-morfologiche che impediscono l'utilizzo di mezzi agricoli. Sono presenti vecchi casolari, canali di scolo, strade interpoderali.

L'effetto indiretto dei cambiamenti del regime termico e pluviometrico riguarda prevalentemente l'estensione e la localizzazione degli areali di coltivazione di molte specie (IPCC 2007). Di recente le metodologie di Land Evaluation sono state applicate, utilizzando dati del clima attuale e scenari climatici futuri, per determinare l'impatto che le variazioni

climatiche avranno sull'attitudine territoriale all'uso agricolo o altri specifici utilizzi. Le tecniche di Land Evaluation forniscono informazioni qualitative sulle unità del territorio basandosi su dati sia bio-fisici sia socioeconomici. In particolare, le indagini di Land Suitability consentono di valutare la vocazionalità territoriale per la coltivazione di specifiche colture. A questo proposito, la FAO ha proposto nel 1976 (<https://www.fao.org/3/X5310E/X5310E00.htm>) un modello finalizzato alla valutazione della suscettività di un territorio ossia della sua attitudine nei confronti di una specifica coltura, gruppo di colture o usi specifici. La valutazione della suscettività vale pertanto solo per una singola coltura o un uso specifico

In questo lavoro, non è previsto uno studio di Land Suitability, per due ragioni sostanziali:

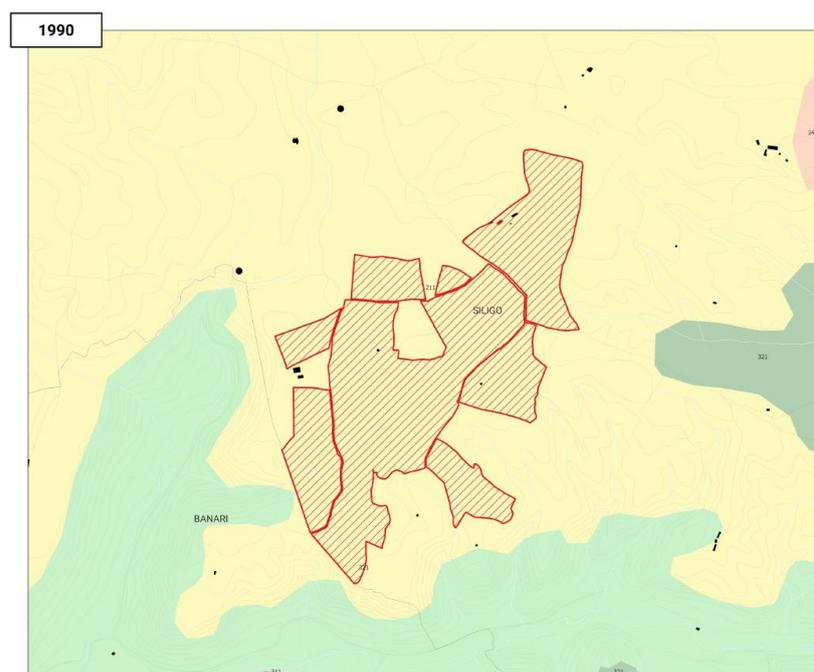
1. tale analisi viene svolta nell'ambito della pianificazione dell'uso del territorio, attraverso la realizzazione di un piano di assetto del territorio PAT, su areali molto vasti (superfici > 10 Km², i cui limiti non coincidono necessariamente con le delimitazioni comunali o provinciali; es. possono riferirsi all'area di un bacino idrografico). Pertanto, esula lo scopo del presente studio: valutare compatibilità agronomica di un impianto agrofotovoltaico, la cui estensione è circoscritta all'area di impianto (superfici < ad 1 Km²), assolutamente non paragonabile all'estensione di porzioni di territorio per le quali ha un senso effettuare una Land Suitability Evaluation (superfici > 10 Km²);
2. come meglio specificato al capitolo 3, non è previsto un cambio degli indirizzi produttivi sulle aree oggetto di studio.

2.1 Analisi dell'uso del suolo diacronica

Di seguito si riporta l'analisi del suolo, effettuata in forma diacronica, in cui verranno messi in evidenza e confrontato quattro momenti significativi, con lo scopo di dare compiutezza alle analisi degli usi passati, presenti e futuri, ed avere un dato verificabile nel tempo.

La metodologia adottata per tale analisi è quella basata su CORINE LAND COVER come adeguata dalla Regione Sardegna, con analisi fino al IV livello di dettaglio, adoperando una scala di rappresentazione di 1:10.000.

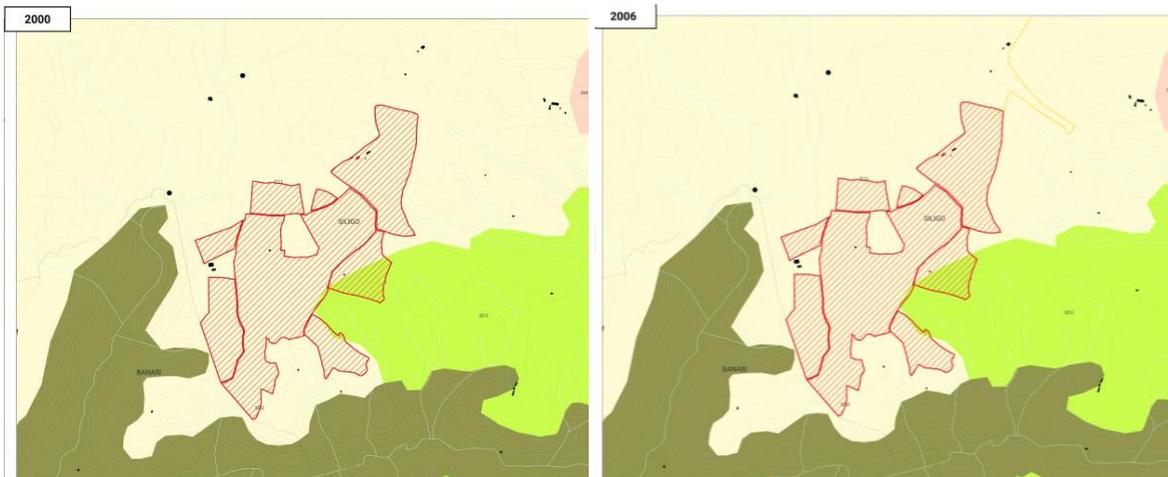
A tal proposito, si riportano gli stralci dell'analisi dell'uso del suolo diacronica riferita agli anni: 1990, 2000, 2006, e 2012, con evidenziata in viola l'area oggetto di studio (tavola "SIL-IAT27_Uso del Suolo diacronico").



Corine Land Cover anno 1990

- 2.1.1. Seminativi in aree non irrigue
- 2.4.4. Aree agroforestali
- 3.1.1. Boschi di latifoglie
- 3.2.1. Boschi di conifere
- 3.2.3. Aree a pascolo naturale e praterie

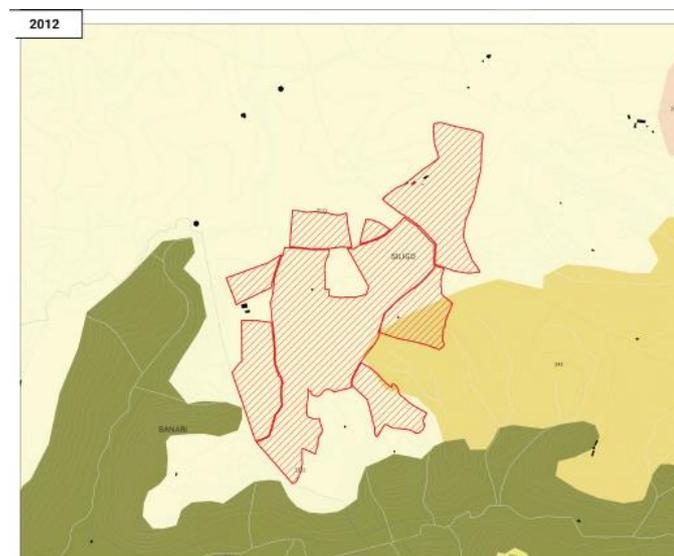
FIGURA 3 – CORINE LAND COVER ANNO 1990



Corine Land Cover anno 2000 e 2006

- 2.1.1.1. Colture Intensive
- 2.4.4. Aree Agroforestali
- 3.1.1.1. Boschi a prevalenza di leccio e/o sughera
- 3.1.2.1. Boschi a prevalenza di pini mediterranei (pino domestico, pino marittimo) e cipressete
- 3.2.1.1. Territori boscati e ambienti seminaturali
- 3.2.3.2 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea

FIGURA 4 – CORINE LAND COVER ANNO 2000 E 2006



Corine Land Cover anno 2012

- 2.1.1.1. Colture Intensive
- 2.3.1. Prati stabili (foraggiere permanenti)
- 2.4.3. Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali
- 2.4.4. Aree Agroforestali
- 3.2.1.1. Boschi di latifoglie
- 3.2.3.2 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea

FIGURA 5 – CORINE LAND COVER ANNO 2012

Per quanto sopra riportato si evince che le aree oggetto di studio:

- Per l'anno 1990 sono interessate da seminativi in aree non irrigue cod. 2.1.1,
- Per l'anno 2000 e 2006 sono interessate da colture intensive cod. 2.1.1.1, e da territori boscati e ambienti seminaturali cod. 3.2.1.1;
- Per l'anno 2012 sono interessate da colture intensive cod. 2.1.1.1, aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali cod. 2.4.3.

Dall'analisi diacronica effettuata a partire dal 1990 al 2012 appare evidente come le aree oggetto di studio siano principalmente interessate da coltivazioni di tipo estensivo, quali prati e pascoli. La costante di questa destinazione è certamente riconducibile alla natura intrinseca dei terreni ed all'assenza di acqua per irrigare, il che ha portato a stabilizzare nel corso dei decenni le scelte colturali.

2.2 Attuale uso del suolo

Per l'attuale uso del suolo è stata analizzata la carta dell'Uso reale del suolo suddiviso in classi di legenda (Corine Land Cover), in scala 1:25.000 messa a disposizione sul geoportale della Regione Sardegna, si è verificato il seguente uso del suolo:

- Prati artificiali cod. 2112;
- Fabbricati rurali cod. 1122;
- Aree a pascolo naturale cod. 321;
- Seminativi in aree non irrigue cod. 2111.

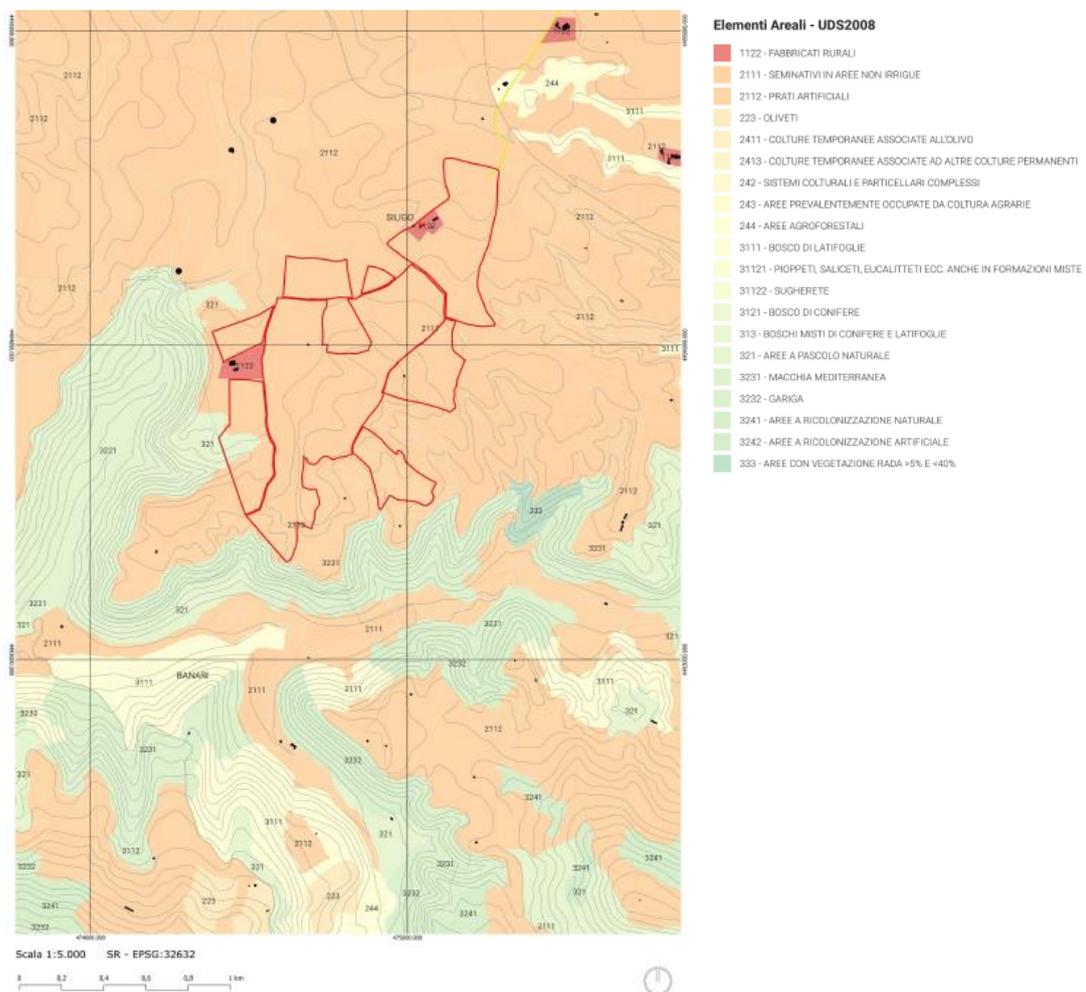


FIGURA 6 - STRALCIO CARTA USO DEL SUOLO USD2008- TAVOLA SIL-IAT04_Uso DEL SUOLO

Le risultanze di tale cartografia sono state messe a confronto con quanto desumibile a seguito di un sopralluogo sui terreni oggetto di intervento.

Durante le attività di sopralluogo, espletate nel mese di dicembre 2022, presso le aree oggetto di studio, si è verificato che le coltivazioni effettuate sui fondi oggetto di studio afferiscono a **Prati artificiali destinati al pascolo**.



FIGURA 7 - AREA OGGETTO DI STUDIO



FIGURA 8 - AREA OGGETTO DI STUDIO

Ulteriori immagini con coni ottici sono disponibili all'elaborato "SIL-IAT16_Inquadramento fotografico".

2.3 Pedologia

L'analisi pedologica è basata sullo studio della Carta dei Suoli della Sardegna di Aru A., Baldaccini P., Vacca A., del 1991. Allo stato attuale, per l'area oggetto di studio (in prossimità del Comune di Siligo-SS) non esiste altro supporto ufficiale su grande scala da poter utilizzare ai fini dell'analisi pedologica.

La Carta è stata realizzata sulla base di grandi Unità di Paesaggio in relazione alla litologia e relative forme. Ciascuna unità è stata suddivisa in sottounità (unità cartografiche) comprendenti associazioni di suoli in funzione del grado di evoluzione o di degradazione, dell'uso attuale e futuro e della necessità di interventi specifici. Sono stati adottati due sistemi di classificazione: la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1988) e lo schema FAO (1989). Nel primo caso il livello di classificazione arriva al Sottogruppo. Per ciascuna unità cartografica pedologica vengono indicati il substrato, il tipo di suolo e paesaggio, i principali processi pedogenetici, le classi di capacità d'uso, i più importanti fenomeni di degradazione e l'uso futuro.

Nella proposta progettuale riportata al capitolo (3) non è prevista alcuna modifica delle coltivazioni già esistenti, bensì il mantenimento dei terreni quali prato pascolo, ragione per cui, non effettuando alcuna riconversione colturale, appare superfluo realizzare dei profili pedologici mediante scavo e/o trivellazione.

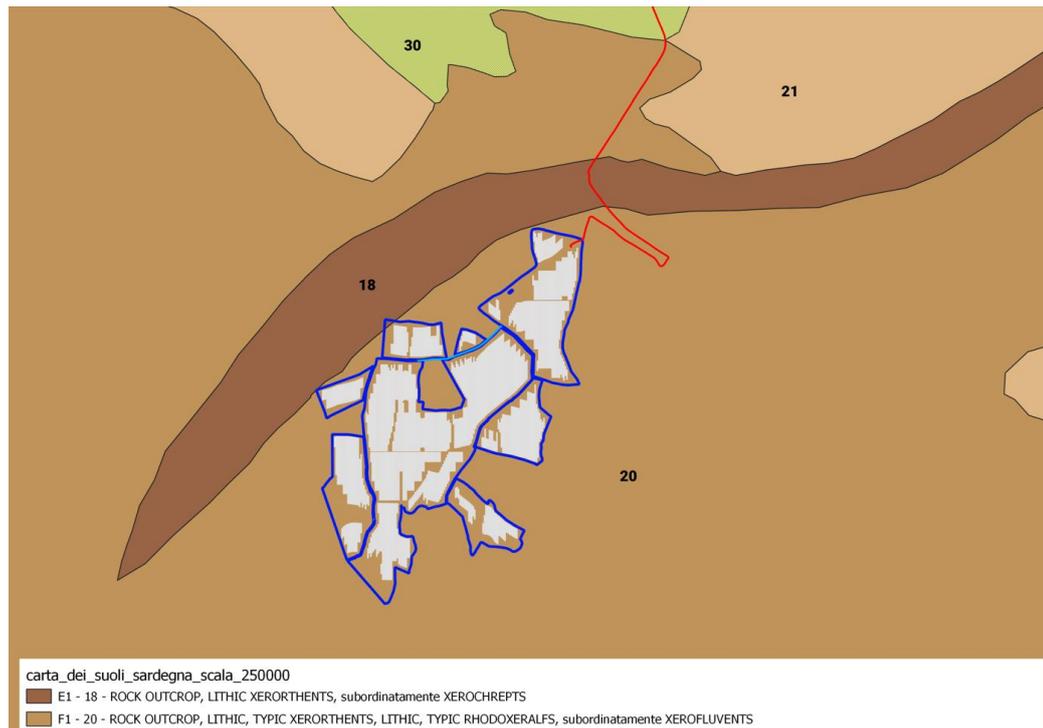


FIGURA 9 - STRALCIO CARTA DEI SUOLI DELLA REGIONE SARDEGNA CON POSIZIONAMENTO AREA DI INTERVENTO

Dall'analisi della carta sopra citata, si evince che la pedologia dei suoli delle aree oggetto di studio secondo la classificazione dell'U.S.D.A. SOIL TAXONOMY – 1988 afferisce per larga parte all'unità 20 e parzialmente all'unità 18, di seguito descritte:

UNITA' 20

Substrato: calcari organogeni, calcareniti, arenarie e conglomerati del Miocene.

Uso attuale: pascolo naturale.

Carattere dei suoli:

- Profondità: *da poco profondi a mediamente*
- Tessitura: *franco-sabbioso-argillosa ed argillosa*
- Struttura: *poliedrica subangolare e angolare*
- Permeabilità: *permeabili*
- Erodibilità: *elevata*
- Reazione: *neutra*

- Carbonati: *elevati*
- Sostanza organica: *media*
- Capacità di scambio *cationico*: *media*
- Saturazione basi: *saturo*
- Classe di capacità VII-VIII

Unità cartografica caratterizzata da suolo a profilo A-O e Atr-Bt – C, diffusa da aspre e pianeggianti dei calcari, calcareniti ecc. del Miocene. In alcuni ambienti la particolare natura del sub-strato, oggetto di processi carsici, fa sì che nelle aree interessate da suoli tipo Lithic e Type Rhodoxeralfs si possa assistere a brusche variazioni della profondità del suolo (tasche). I rischi di erosione variano da modesti a gravi, dove essa ha potuto agire incontrollata l'orizzonte A e parte del B sono stati asportati. (Aru, et al., 1991, Nota illustrativa alla carta dei suoli della Sardegna).

UNITA' 18

Substrato: rocce effusive basiche del Pliocene superiore e del Pleistocene e relativi depositi di versante e colluviali.

Uso attuale: pascolo naturale.

Carattere dei suoli:

- Profondità: *poco profondi*
- Tessitura: *franco argillosa*
- Struttura: *poliedrica subangolare*
- Permeabilità: *permeabili*
- Erodibilità: *bassa*
- Reazione: *neutra*
- Carbonati: *assenti*
- Sostanza organica: *da scarsa a media*
- Capacità di scambio *cationico*: *media*
- Saturazione *basi*: *saturo*
- Classe di capacità VII-VIII

Questa unità è tipica degli altopiani basaltici, con morfologie da ondulate a sub pianeggianti, ove attratti più o meno ampi gli affioramenti rocciosi si alternano a suoli a profilo a- R, a profondità modesta. Esistono comunque piccole superfici ove il suolo è più profondo e con profilo di tipo a meno Bw-C. Poiché l'utilizzazione dei pascoli risale sino al neolitico, questi suoli hanno subito a tratti una degradazione, per erosione, molto intensa. L'interesse per i pascoli è attualmente ancora elevato, data la notevole fertilità e di conseguenza l'alto valore nutritivo delle specie che compongono il cotico. L'uso agropastorale necessita di una profonda razionalizzazione, con carichi proporzionali alla produttività. In alcune aree più sensibili o con presenza di specie di notevole interesse, tale attività dovrà essere eliminata (Aru, et al., 1991, Nota illustrativa alla carta dei suoli della Sardegna).

2.4 Capacità d'uso del suolo – Land Capability Classification LCC

Tra i sistemi di valutazione del territorio, elaborati in molti paesi europei ed extra-europei secondo modalità ed obiettivi differenti, la **Land Capability Classification** (Klingebiel, Montgomery, U.S.D.A. 1961) viene utilizzata per classificare il territorio per ampi sistemi agropastorali e non in base a specifiche pratiche colturali. La valutazione viene effettuata sull'analisi dei parametri contenuti nella carta dei suoli e sulla base delle caratteristiche dei suoli stessi.

Il concetto centrale della Land Capability non si riferisce unicamente alle proprietà fisiche del suolo, che determinano la sua attitudine più o meno ampia nella scelta di particolari colture, quanto alle limitazioni da questo presentate nei confronti di un uso agricolo generico; limitazioni che derivano anche dalla qualità del suolo, ma soprattutto dalle caratteristiche dell'ambiente in cui questo è inserito.

Ciò significa che la limitazione costituita dalla scarsa produttività di un territorio, legata a precisi parametri di fertilità chimica del suolo (pH, C.S.C., sostanza organica, salinità, saturazione in basi) viene messa in relazione ai requisiti del paesaggio fisico (morfologia, clima, vegetazione, etc.), che fanno assumere alla stessa limitazione un grado di intensità differente a seconda che tali requisiti siano permanentemente sfavorevoli o meno (es.: pendenza, rocciosità, aridità, degrado vegetale, etc.).

I criteri fondamentali della capacità d'uso sono:

- di essere in relazione alle limitazioni fisiche permanenti, escludendo quindi le valutazioni dei fattori socio-economici;
- di riferirsi al complesso di colture praticabili nel territorio in questione e non ad una coltura particolare;
- di comprendere nel termine "difficoltà di gestione" tutte quelle pratiche conservative e sistematorie necessarie affinché, in ogni caso, l'uso non determini perdita di fertilità o degradazione del suolo;
- di considerare un livello di conduzione abbastanza elevato, ma allo stesso tempo accessibile alla maggior parte degli operatori agricoli.

La classificazione si realizza applicando tre livelli di definizione in cui suddividere il territorio:

- classi;
- sottoclassi;
- unità.

Le classi sono 8 e vengono distinte in due gruppi in base al numero e alla severità delle limitazioni: le prime 4 comprendono i suoli idonei alle coltivazioni (suoli arabili) mentre le altre 4 raggruppano i suoli non idonei (suoli non arabili), tutte caratterizzate da un grado di limitazione crescente. Ciascuna classe può riunire una o più sottoclassi in funzione del tipo di limitazione d'uso presentata (erosione, eccesso idrico, limitazioni climatiche, limitazioni nella zona di radicamento) e, a loro volta, queste possono essere suddivise in unità non prefissate, ma riferite alle particolari condizioni fisiche del suolo o alle caratteristiche del territorio.

Nella tabella che segue sono riportate le 8 classi della Land Capability utilizzate (Cremaschi e Rodolfi, 1991, Aru, 1993).

CLASSE	DESCRIZIONE	ARABILITA'
I	suoli senza o con modestissime limitazioni o pericoli di erosione, molto profondi, quasi sempre livellati, facilmente lavorabili; sono necessarie pratiche per il mantenimento della fertilità e della struttura; possibile un'ampia scelta delle colture	SI
II	suoli con modeste limitazioni e modesti pericoli di erosione, moderatamente profondi, pendenze leggere, occasionale erosione o sedimentazione; facile lavorabilità; possono essere necessarie pratiche speciali per la conservazione del suolo e delle potenzialità; ampia scelta delle colture	SI
III	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	SI
IV	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	SI
V	non coltivabili o per pietrosità e rocciosità o per altre limitazioni; pendenze moderate o assenti, leggero pericolo di erosione, utilizzabili con foresta o con pascolo razionalmente gestito	NO
VI	non idonei alle coltivazioni, moderate limitazioni per il pascolo e la selvicoltura; il pascolo deve essere regolato per non distruggere la copertura vegetale; moderato pericolo di erosione	NO

VII	limitazioni severe e permanenti, forte pericolo di erosione, pendenze elevate, morfologia accidentata, scarsa profondità idromorfia, possibili il bosco od il pascolo da utilizzare con cautela	NO
VIII	limitazioni molto severe per il pascolo ed il bosco a causa della fortissima pendenza, notevolissimo il pericolo di erosione; eccesso di pietrosità o rocciosità, oppure alta salinità, etc.	NO

TABELLA 1 - LE 8 CLASSI DELLA LAND CAPABILITY

A seguito delle ricognizioni effettuate sui luoghi e della visione dei terreni oggetto di studio, e dalla lettura delle indicazioni classi della Capacità Fondiaria, è possibile ritrarre informazioni importanti sulle attività silvo-pastorali effettuabili in un'area territoriale.



FIGURA 10 - AREA OGGETTO DI STUDIO - TERRENI ADIBITI A PASCOLO



FIGURA 11 - FOTO AREA OGGETTO DI STUDIO.

Da tale analisi si è evinto che le caratteristiche del suolo dell'area di studio risultano appartenere alla **Land Capability Classification classe IV**.

2.5 Clima

Le informazioni relative alla climatologia sono desunte dal Report Climatologia della Sardegna per il trentennio 1981-2010 temperatura (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna – ARPAS, anno 2020), e fanno riferimento un trentennio di osservazioni dei dati di precipitazione e temperature.

Sul territorio durante le osservazioni erano presenti circa 370 stazioni dotate di pluviometro per il periodo 1922 – 2016. In un numero inferiore di stazioni (circa 290) è presente anche il termometro.

Stazioni Climatiche

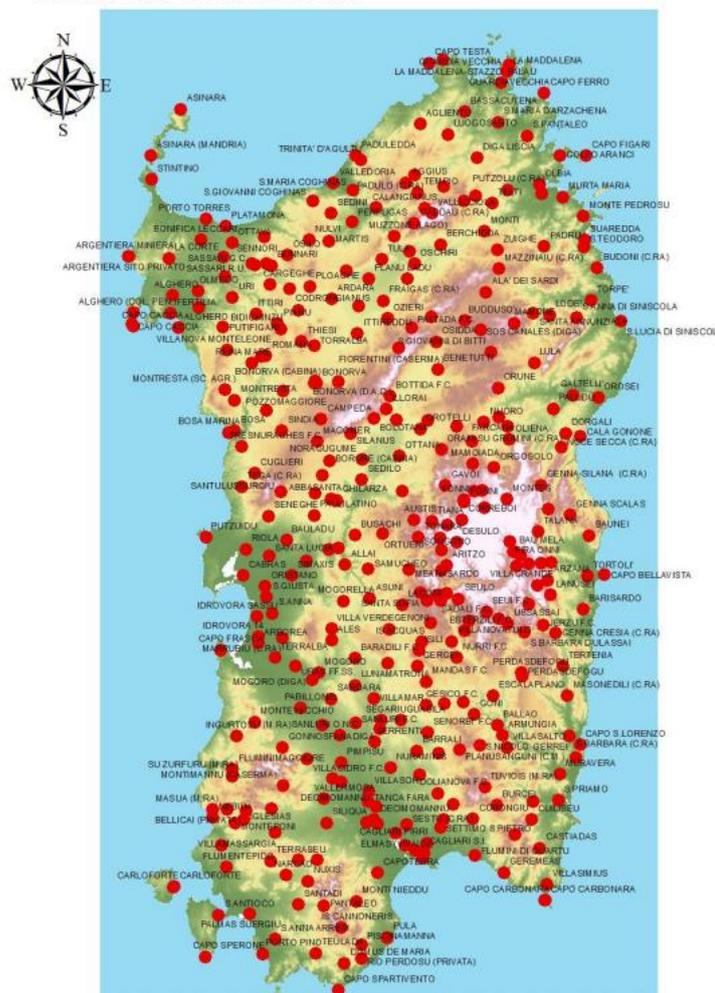


FIGURA 12 - STAZIONI CLIMATICHE DOTATE DI PLUVIOMETRO PER IL PERIODO 1922-2016 IN SARDEGNA

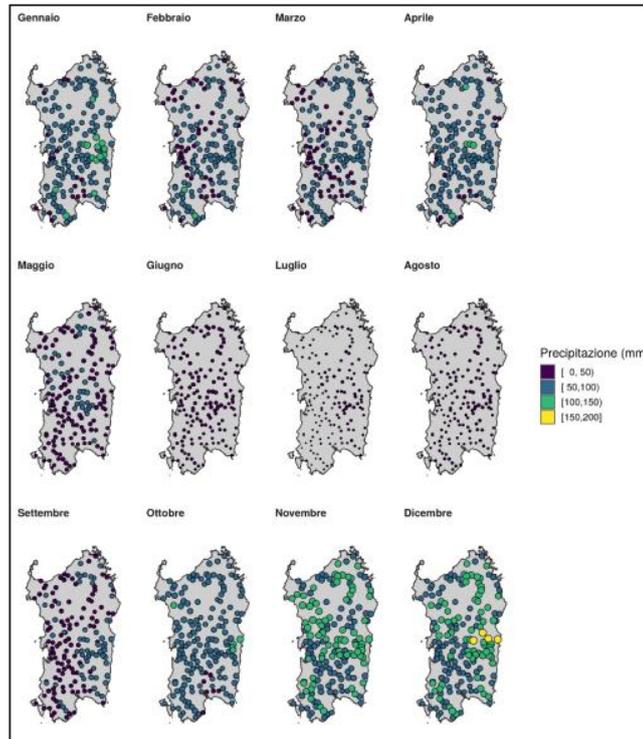


FIGURA 13 - CUMULATI CLIMATOLOGICI MENSILI DI PRECIPITAZIONE PER IL TRENTENNIO 1981-2010

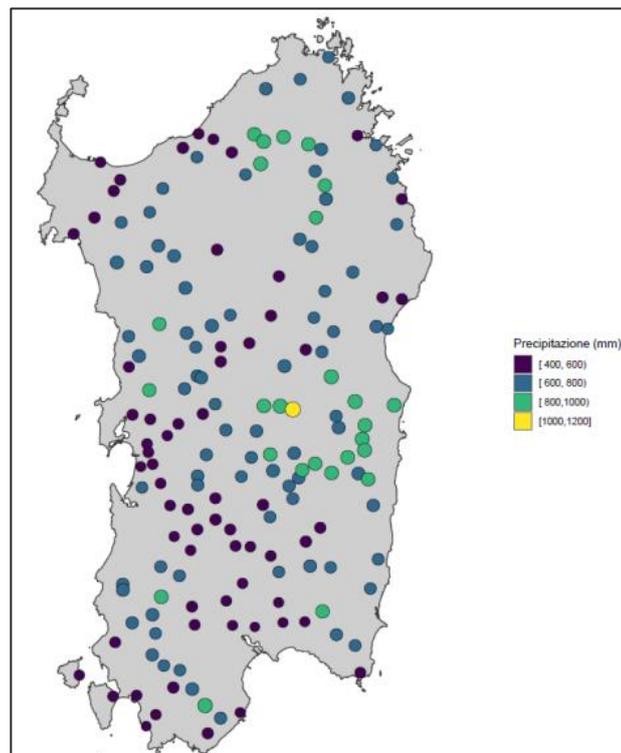


FIGURA 14 - CUMULATI CLIMATOLOGICI ANNUALI DI PRECIPITAZIONE PER IL TRENTENNIO 1981-2010

Nella tabella seguente sono riportati ed evidenziati i cumuli climatici mensili e annuali delle precipitazioni della stazione più prossima all'area oggetto di studio:

Stazione	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	ANNO
CALANGIANUS	99.2	65.7	73.2	89.8	51.9	31.0	12.6	20.0	58.6	79.9	131.9	138.5	852.4
CAMBIONI (CASERMA)	91.5	68.5	58.4	50.3	30.4	13.4	8.1	12.8	53.7	67.8	101.4	101.3	673.6
CARGEGHE	60.2	48.4	47.9	59.7	39.8	22.2	6.3	13.5	41.7	76.3	100.0	89.2	605.1
CARLOFORTE	49.8	47.0	37.5	52.2	24.9	11.7	1.2	10.4	38.6	59.8	81.0	72.4	486.5
CASTIDAS	66.5	61.2	59.3	69.9	34.2	10.9	5.2	10.4	57.3	70.8	93.9	101.4	640.9
COGHINAS (C.RA)	50.1	45.7	50.7	58.2	46.0	21.4	3.7	16.2	41.0	61.8	92.1	84.2	571.0

TABELLA 2 - STRALCIO VALORI CLIMATOLOGICI MENSILI E ANNUALI 1981-2010 DELLE PRECIPITAZIONI

Di seguito è rappresentata la distribuzione sulla mappa dei valori climatologici mensili e annuali per le temperature minime e massime relative alle stazioni selezionate:

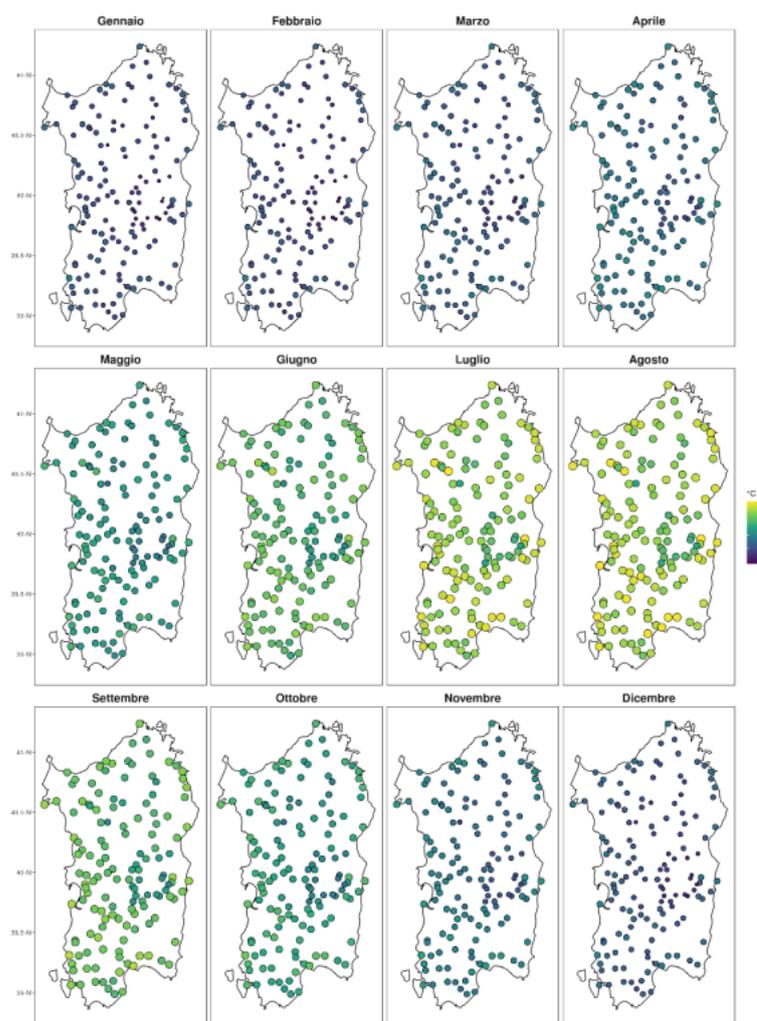


FIGURA 15 - VALORI CLIMATOLOGICI MENSILI DI TEMPERATURA MINIMA PER IL TRENTENNIO 1981-2010

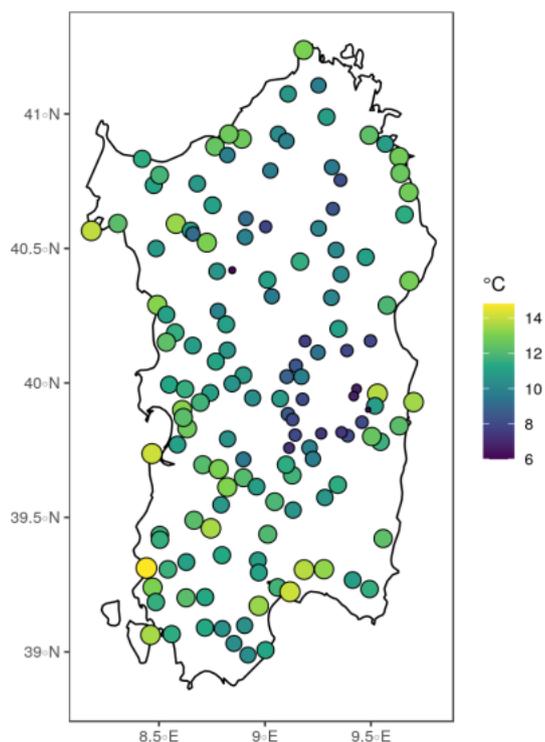


FIGURA 16 - VALORI CLIMATOLOGICI ANNUALI DI TEMPERATURA MINIMA PER IL TRENTENNIO 1981-2010

Nella tabella seguente sono riportati ed evidenziati i cumulati climatologici relativi rispettivamente alle temperature minime e massime della stazione più prossima all'area oggetto di studio:

Stazione	Classe	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	ANNO
PAULLATINO	B	4,8	4,4	8,2	8,2	12,2	15,7	18,7	10,5	18,1	12,0	8,0	5,7	11,1
PIANU	C	5,1	5,1	8,5	7,4	11,7	15,0	17,9	19,1	15,7	12,7	8,7	5,8	10,9
BISCHIMMANNIA	A	4,5	4,7	5,6	7,6	10,9	13,6	15,9	17,6	15,6	10,4	6,6	6,8	10,3
PLOAGHE	B	4,3	4,4	8,3	8,0	12,3	10,0	19,1	19,5	15,7	12,5	8,4	5,5	11,0
PORTO TORRES	B	5,1	5,0	8,7	8,4	12,0	18,0	18,7	19,5	19,5	13,2	8,5	6,7	11,4
PULA	B	4,7	4,3	8,0	8,0	11,8	15,6	18,7	19,5	18,8	13,5	9,1	5,7	11,2

TABELLA 3 - STRALCIO VALORI CLIMATOLOGICI MENSILI E ANNUALI 1981-2010 DELLE T.MIN

Stazione	Classe	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	ANNO
PAULLATINO	B	12,4	13,2	15,0	18,5	24,4	28,9	32,6	32,5	27,2	22,7	16,5	12,8	21,5
PIANU	C	10,6	11,0	13,6	14,7	21,2	26,2	28,9	29,2	24,8	20,3	14,4	10,8	18,8
BISCHIMMANNIA	A	14,3	14,7	16,5	16,2	23,3	25,5	32,3	33,7	27,7	22,5	16,5	12,5	23,9
PLOAGHE	B	10,7	11,5	14,9	17,3	23,2	27,7	31,3	31,1	25,9	21,2	14,9	11,4	20,1
PORTO TORRES	B	13,0	14,0	16,2	18,5	23,1	27,2	30,3	30,8	20,8	22,8	17,7	14,2	21,3
PULA	B	14,9	15,5	18,1	19,9	24,2	29,3	33,0	32,9	28,7	24,4	19,2	15,6	23,0

TABELLA 4 - STRALCIO VALORI CLIMATOLOGICI MENSILI E ANNUALI 1981-2010 DELLE T.MAX

In Sardegna nel 2019 il clima ha mostrato condizioni termiche con valori annuali mediamente in linea con la norma (temperature minime) o di poco superiori (in particolare le massime). I valori mensili hanno evidenziato delle anomalie negative concentrate soprattutto nel primo semestre e positive nel secondo, mentre il regime pluviometrico è stato caratterizzato da cumulati di pioggia in linea o superiori alla media climatica su buona parte del territorio regionale.

Le temperature minime più basse dell'anno si sono verificate a cavallo tra la prima e la seconda decade di gennaio: la minima più bassa, pari a circa -10 °C, è stata registrata nella stazione di Gavoi il 12 gennaio. Tra le massime, i valori più significativi, prossimi a 43 °C, si sono avuti tra giugno e agosto; il picco si è avuto l'11 agosto quando nella stazione di Oschiri si sono sfiorati i 44 °C e nel 12% delle stazioni si sono superati i 40 °C.

Le piogge totali registrate nel 2019 hanno raggiunto cumulati annui variabili a seconda delle località, tra minimi di circa 425 mm e massimi di oltre 1500 mm in alcune aree limitate; sulla maggior parte dell'Isola i valori totali risultano in linea o maggiori delle corrispondenti medie climatiche trentennali (1971-2000), superandole in alcune aree anche del 30%. Considerando i cumulati mensili mediati sul territorio regionale, si evidenzia una marcata carenza nel bimestre febbraio-marzo. L'ultimo trimestre è stato in generale caratterizzato da cumulati elevati, con picchi che hanno sfiorato i 900 mm in alcune aree montuose della fascia centrale. Rispetto alle corrispondenti medie climatiche nell'ultimo trimestre si registra un incremento di oltre il 50% su circa la metà del territorio isolano (Elaborazione della climatologia della Sardegna per il trentennio 1981-2010 ARPAS, 2021).

2.6 Bioclima

Le informazioni sul bioclima del territorio della regione Sardegna sono basate su "La carta bioclimatica della Sardegna" (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna – ARPAS, anno 2014). L'analisi è stata effettuata seguendo il modello bioclimatico denominato "Worldwide Bioclimatic Classification System" (WBCS) proposto da Rivas-Martinez, (Rivas-Martinez, 2011). Si tratta di una classificazione numerica che mette in relazione le grandezze numeriche dei fattori climatici (temperatura e precipitazione) con gli areali di distribuzione delle piante e delle comunità vegetali, allo scopo di comprendere le influenze del clima sulla distribuzione delle popolazioni e delle biocenosi. È impostata su un sistema gerarchico che comprende 5 macrocategorie climatiche definite Macrobioclimi: Tropicale, Mediterraneo, Temperato, Boreale e Polare; ciascun Macrobioclima si divide, a sua volta, in unità tassonomiche di rango inferiore, definite Bioclimi, per un totale di 27 unità. I Bioclimi, a loro volta, sono ulteriormente suddivisi sulla base delle variazioni nei ritmi stagionali della temperatura e delle precipitazioni attraverso l'utilizzo di indici termotipici, ombrotipici e di continentalità. Le unità gerarchicamente inferiori sono quindi rappresentate dal Termotipo (esprime la componente termica del clima) e dall'Ombrotipo (esprime la componente di umidità del clima) e dalla Continentalità (esprime il grado di escursione termica annua).

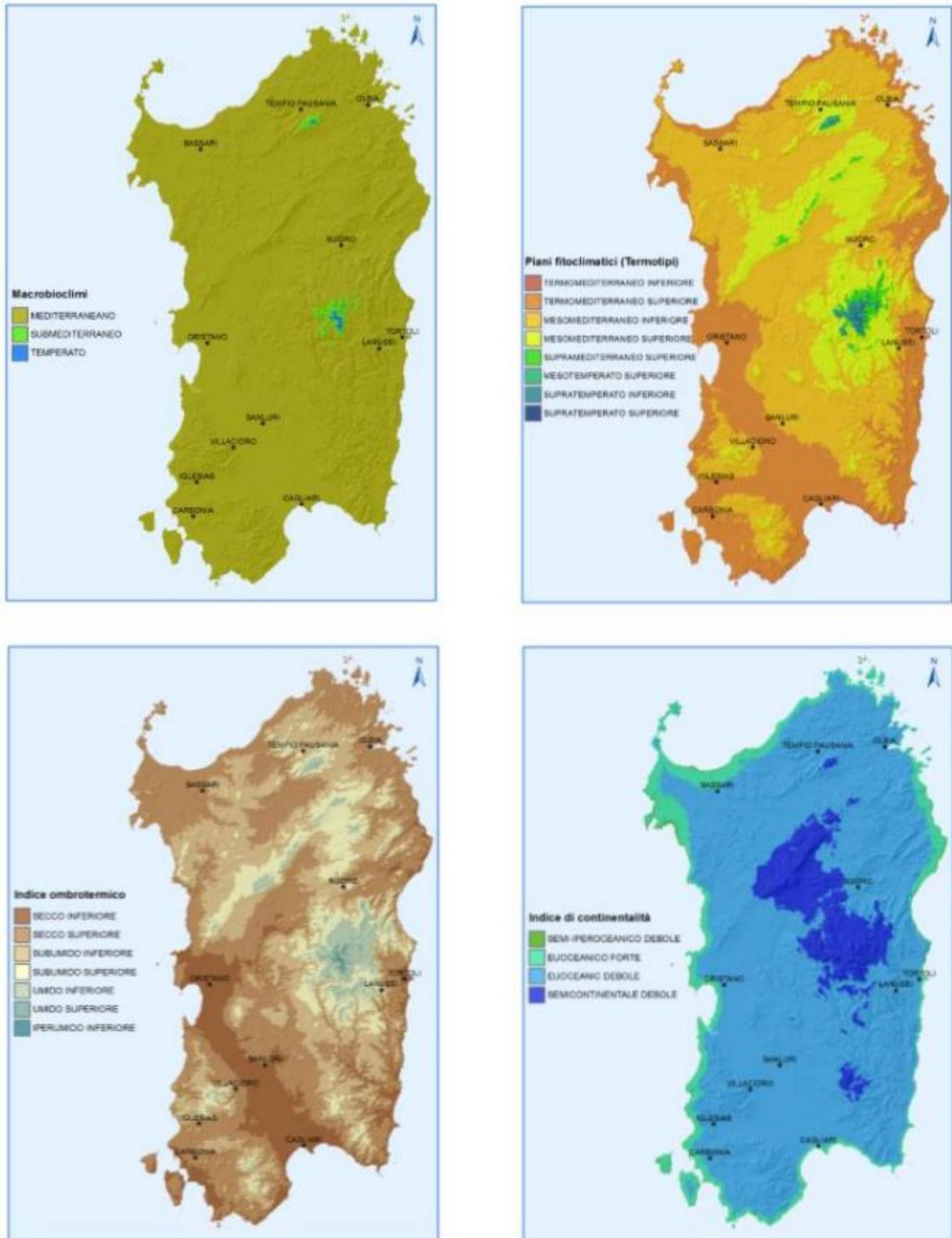


FIGURA 17 - INDICI BIOCLIMATICI

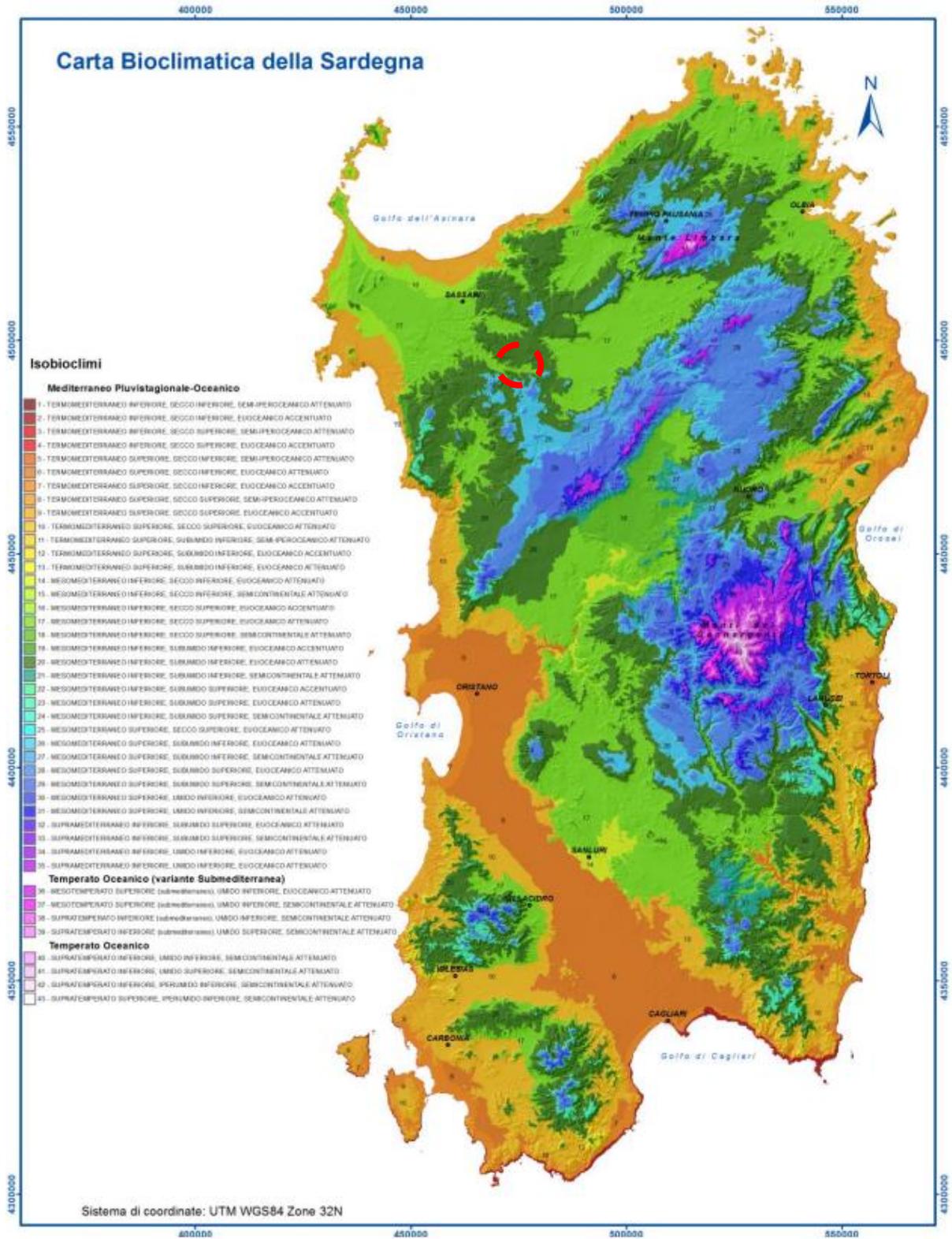
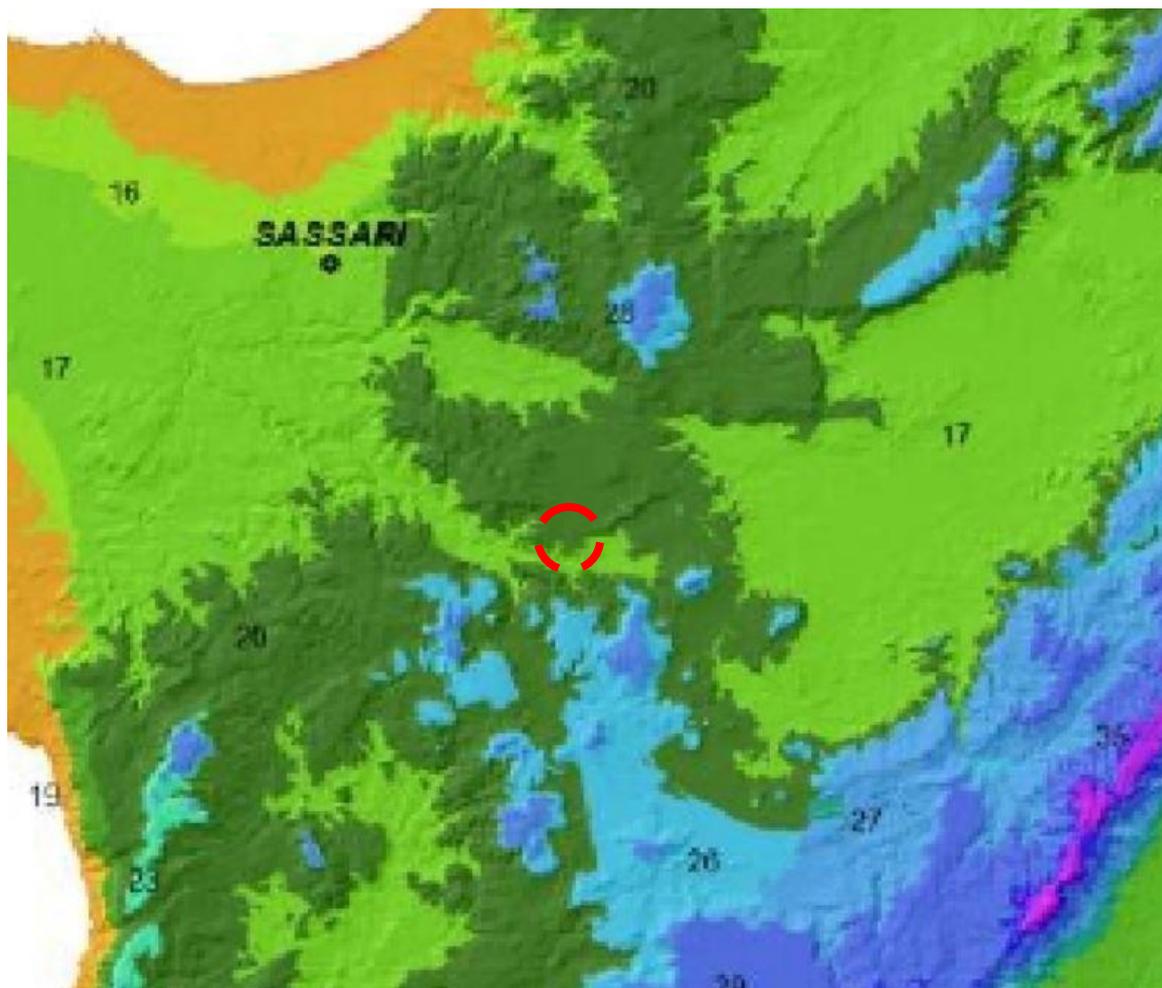


FIGURA 18 - CARTA BIOCLIMATICA DELLA SARDEGNA, CERCHIATA IN ROSSO L'AREA OGGETTO DI STUDIO



Isobioclimi

Mediterraneo Pluvistagionale-Oceanico

15	MESOMEDITERRANEO INFERIORE, SECCO INFERIORE, SEMICONTINENTALE ATTENUATO
16	MESOMEDITERRANEO INFERIORE, SECCO SUPERIORE, EUOCEANICO ACCENTUATO
17	MESOMEDITERRANEO INFERIORE, SECCO SUPERIORE, EUOCEANICO ATTENUATO
18	MESOMEDITERRANEO INFERIORE, SECCO SUPERIORE, SEMICONTINENTALE ATTENUATO
19	MESOMEDITERRANEO INFERIORE, SUBUMIDO INFERIORE, EUOCEANICO ACCENTUATO
20	MESOMEDITERRANEO INFERIORE, SUBUMIDO INFERIORE, EUOCEANICO ATTENUATO
21	MESOMEDITERRANEO INFERIORE, SUBUMIDO INFERIORE, SEMICONTINENTALE ATTENUATO

FIGURA 19 – STRALCIO CARTA BIOCLIMATICA, CERCHIATO IN ROSSO L'AREA OGGETTO DI STUDIO

Come si nota nelle figure 18 e 19 (quest'ultima nel dettaglio), nell'area oggetto di studio il bioclina è mediterraneo Pluvistagionale-Oceanico, individuabile come mesomediterraneo inferiore, subumido inferiore, euoceanico attenuato.

3. PROPOSTA PROGETTUALE

La realizzazione di un parco fotovoltaico in aree agricole è un tema di grande attualità e spesso controverso. La controversia principale riguarderebbe l'impoverimento dell'area agricola ed un conseguente processo di desertificazione.

Configurandosi il progetto in esame come un agri-fotovoltaico, eventuali esternalità negative possono essere scongiurate ed eventuali aspetti negativi possono essere mitigati e resi sostenibili prevedendo un'integrazione compatibile tra uso agricolo con destinazione produttiva e la produzione di energia rinnovabile con l'impianto.

Le scelte proposte basano il proprio fondamento sull'analisi oggettiva ex-ante ed ex-post dell'area. Si porrà particolare attenzione alle proprietà del terreno, analizzando i fattori principali quali la topografia del luogo, il tipo di suolo, il clima e l'eventuale disponibilità di acqua per uso irriguo, al fine di valutare l'indirizzo produttivo più idoneo.

Altro aspetto importante da analizzare riguarda le caratteristiche tecniche delle strutture, nello specifico, la loro altezza dal suolo, l'ingombro e distanze tra le singole strutture. È previsto inoltre un sistema di monitoraggio dell'attività agricola, che monitorerà i fattori agro-ambientali.

Soluzione compatibile con il contesto territoriale è, il mantenimento del pascolo con "prato migliorato permanente".

A perimetro dell'intera area di progetto è prevista la realizzazione di una fascia di mitigazione a verde con piante appartenenti a specie autoctone e/o storicizzate, e che possano inserirsi bene nel contesto paesaggistico, ambientale ed agricolo. La scelta dell'essenza da mettere a dimora lungo quest'area è ricaduta su: *Olea europaea*, pianta termofila ed eliofila che ben sopporta il clima caldo-mediterraneo dell'area in cui si intendono insediare.

Data l'eccessiva petrosità di alcune aree saranno necessarie delle opere di miglioramento fondiario che prevedano lo spietramento lungo l'area destinata alla fascia di mitigazione, al fine di poter permettere di mettere a dimora gli alberi di olivo, garantendo così un idoneo franco di coltivazione.

3.1 Indirizzo produttivo

L'indirizzo produttivo proposto è perfettamente rispondente all'attuale legislazione in materia di Politica Agricola Comunitaria (P.A.C.), la quale prevede specifiche premialità per il settore.

È prevista la coltivazione di:

- Prati stabili di leguminose;
- Oliveto.

L'azione di miglioramento diretto 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 per l'ottenimento del prato di leguminose, piante così dette miglioratrici della fertilità del suolo in quanto in grado di fissare l'azoto atmosferico per l'azione della simbiosi radicale con i batteri azotofissatori, a vantaggio diretto delle piante appartenenti alle graminacee; dall'altro lato, invece, le porzioni di cotico erboso che dopo la raccolta del fieno (avvenuta a maggio), sono ricresciute, verranno sottoposte al pascolamento controllato degli ovini durante i mesi di ottobre/novembre e dei successivi mesi invernali.

In particolare, si provvederà all'inserimento tra il miscuglio di leguminose del *Trifolium subterraneum*, capace oltretutto di autoriseminarsi e che, possedendo uno spiccato geocarpismo, contribuisce insieme alla copertura vegetale, diventata "permanente", ad arrestare l'erosione superficiale attualmente molto diffusa nella superficie oggetto di intervento.

Con questo indirizzo produttivo, si garantisce una copertura permanente del suolo, che favorisce la mitigazione dei fenomeni di desertificazione e di erosione per ruscellamento delle acque superficiali. Un prato stabile apporta una copertura perenne, per il quale dopo l'insediamento non sarà necessario effettuare semine ma provvedere al suo mantenimento con l'apporto di concimazione e sfalciature.

Si prevede altresì di introdurre nell'indirizzo produttivo la coltivazione di olive. La coltura di *Olea europaea*, come lasciano intendere, oltre alle fonti storiche, i grandi alberi pluricentenari e talora millenari presenti nelle diverse parti dell'Isola (Alghero, Luras, Cuglieri,

Sarule, Samugheo, Ussaramanna, Villacidro, Villamassargia, Turri) risale ad antica data, ma è soprattutto dopo il 1600 che l'olivicoltura è stata favorita con incentivi per l'innesto dei ceppi selvatici. I rapporti con l'olivastro-oleastro (*Olea europaea var. sylvestris*) è di piena compatibilità dal punto di vista biologico e ciò giustifica il trattamento tassonomico nell'ambito della stessa specie.

La distribuzione e l'ubicazione di coltivazione agricole e aree a verde per fini compensativi è rappresentata sull'elaborato "SIL-PDT11", di cui sotto si riportano alcuni stralci.

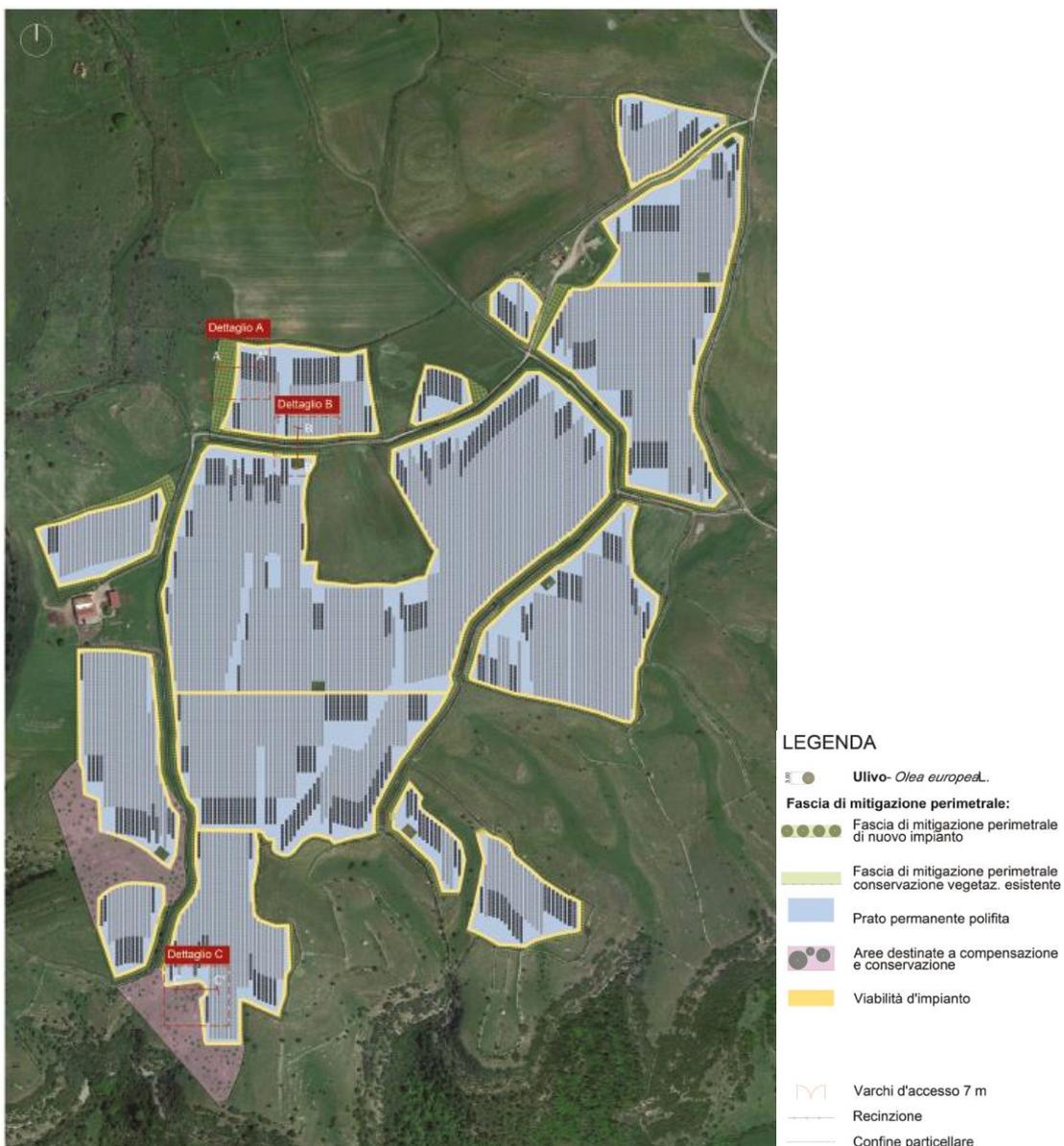
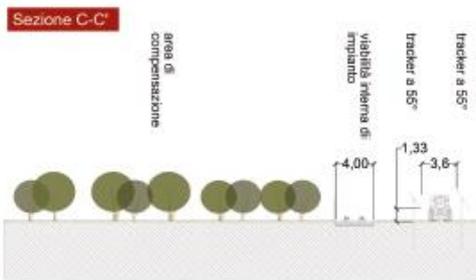
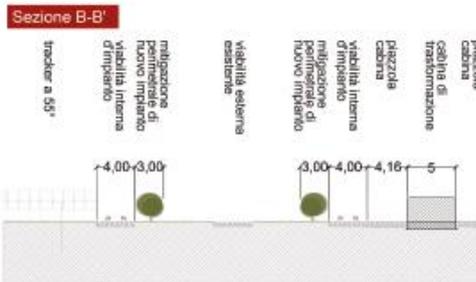
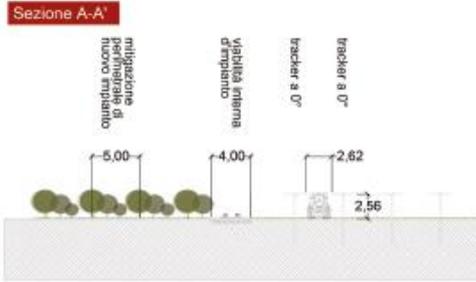


FIGURA 20 - STRALCIO ELABORATO SIL-PDT11

SEZIONI RAPPRESENTATIVE IMPIANTO
 Scala 1:200



SCHEMA D'IMPIANTO
 Scala 1:100

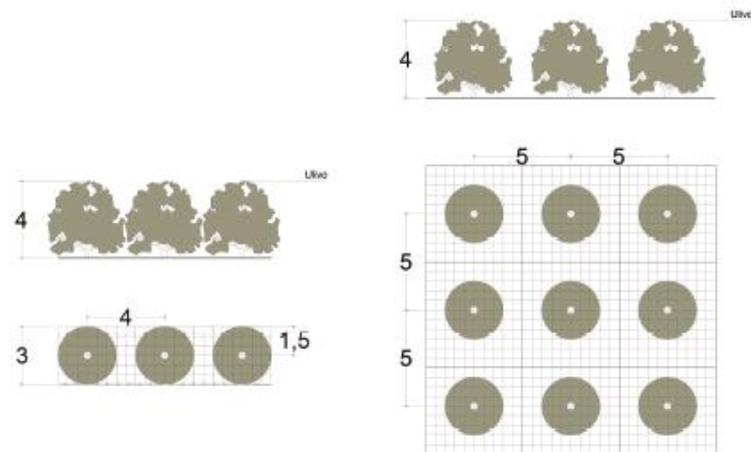


FIGURA 21 - STRALCIO ELABORATO SIL-PDT11

Nella sottostante tabella si riportano i dati relativi all'utilizzo del suolo:

Tipologia	Suolo non consumato [ha]	Consumo di suolo rev. [ha]	Consumo di suolo perm. [ha]
Strutture FV (tracker)	13,95	0,000	0
Pali infissi	0,00	0,009	0
Cabine di trasf./utente/cons./coll./guard.	0,00	0,043	0
Area da sfalciare sotto pannelli	0,00	0,000	0
Piazzole cabine di trasformazione	0,00	0,144	0
Viabilità impianto	0,00	3,776	0
Impluvi interni alla recinzione	0,00	0,000	0
Mitigazione perimetrale	3,39	0,000	0
Compensazione e rinaturalizzazione	2,36	0,000	0
Prato permanente polifita	37,01	0,000	0
Aree libere da intervento	3,64	0,000	0
TOTALE	46,40	3,97	0

TABELLA 5 - DATI RELATIVI ALL'UTILIZZO DEL SUOLO

3.2 Schede botaniche essenze selezionate

Nella presente proposta progettuale è prevista la realizzazione di un prato migliorato di leguminose, e di un'area di mitigazione con ulivo coltivato in asciutto.

Di seguito si riportano le schede botaniche per le soluzioni sopra indicate:

SCHEDA TRIFOGLIO SOTTERANEO	
	
Dominio	Eukaryota (Con cellule dotate di nucleo)
Regno	Plantae
Sottoregno	Tracheobionta (Piante vascolari)
Superdivisione	Spermatophyta (Piante con semi)
Divisione	Angiospermae o Magnoliophyta (Piante con fiori)
Classe	Magnoliopsida (Dicotiledoni)
Sottoclasse	Rosidae
Ordine	Fabales
Famiglia	Fabaceae
Specie	<i>Trifolium subterraneum</i> L.
Descrizione	Pianta annua di piccole dimensioni 3-15 cm, più o meno irsuta, con radici poco profonde. Gli steli si intrecciano tra di loro sul terreno, formando una fitta trama, che origina il portamento prostrato e strisciante della pianta.
Fioritura o antesi	Aprile/giugno
Fabbisogno idrico	in asciutto
Tecnica colturale	PREPARAZIONE DEL TERRENO: La preparazione del terreno avviene mediante aratura non molto profonda a circa 25-35 cm., seguita da lavorazioni complementari (erpatura/fresatura), per poi procedere alla semina. GESTIONE INFESTANTI: non necessaria. GESTIONE FITOSANITARIA: non necessaria. RACCOLTA: dopo lo sfalcio ed eventuale ranghinatura, si procede con la raccolta in balle a forma parallelepipedo del peso medio di 25 Kg, con dimensioni di cm 150 x 0,45, 0,45.
Piano colturale	Semina: novembre-dicembre; Concimazione: febbraio-marzo; Sfalco e raccolta: maggio-giugno.

SCHEDA OLIVO



Dominio	Eukaryota (Con cellule dotate di nucleo)
Regno	Plantae
Sottoregno	Tracheobionta (Piante vascolari)
Superdivisione	Spermatophyta (Piante con semi)
Divisione	Angiospermae o Magnoliophyta (Piante con fiori)
Classe	Magnoliopsida (Dicotiledoni)
Sottoclasse	Asteridae
Ordine	Scrophulariales
Famiglia	Oleaceae
Specie	<i>Olea europaea</i> L. 1753
Habitat	Area mediterranea
Fioritura o antesi	Aprile/giugno
Radici	Le radici della pianta giovane sono a fittone, poi striscianti e infine superficiali con rigonfiamenti
Fiori	I fiori sono piccoli e insignificanti, con quattro petali bianchi, sono riuniti in grappoli e sbocciano da maggio a giugno. Le infiorescenze dette mignola hanno forma a grappolo
Frutti	Il frutto è una drupa (cioè frutto carnoso che non si apre spontaneamente per far uscire il seme) di peso variabile tra 0,5 e 1,5 gr.
Età e dimensione materiale vegetale	Materiale vegetale già fornito da azienda vivaistica in possesso di autorizzazione forestale
Cure colturali	<ul style="list-style-type: none"> • concimazioni (da effettuare assecondando la fisiologia della pianta sottoposta a trapianto); • potature di formazione; • spollonature; • eliminazione e sostituzione delle piante morte; • difesa dalla vegetazione infestanti con lavorazione meccanica (trattrice e trinciaerba/erpice); • ripristino della verticalità delle piante, a seguito di cedimenti del suolo o eventi atmosferici; • controllo legature e tutoraggi; • controllo dei parassiti e delle fitopatie • Irrigazione di soccorso
Fabbisogno idrico	100 l/pianta per anno
Fonte approvvigionamento idrico	Fornitura irrigazioni di emergenza con autobotte per garantire l'attecchimento

SCHEDA LENTISCO



Dominio	Eukaryota (Con cellule dotate di nucleo)
Regno	Plantae
Sottoregno	Tracheobionta (Piante vascolari)
Superdivisione	Spermatophyta (Piante con semi)
Divisione	Angiospermae o Magnoliophyta (Piante con fiori)
Classe	Magnoliopsida (Dicotiledoni)
Sottoclasse	Rosidae
Ordine	Sapindales
Famiglia	Anacardiaceae
Specie	<i>Pistacia lentiscus</i> L. 1753
Habitat	Area mediterranea
Fioritura o antesi	marzo-aprile
Radici	Le radici della pianta giovane sono a fittone, poi striscianti e infine superficiali con rigonfiamenti
Fiori	I fiori sono piccoli e insignificanti, con quattro petali bianchi, sono riuniti in grappoli e sbocciano da maggio a giugno. Le infiorescenze dette mignola hanno forma a grappolo
Frutti	I frutti sono nuculani globosi, del diametro di 4-5 mm, apicolati, poco carnosì, rossastri poi tendenti al nero a maturità, che contengono un solo seme poco compresso
Età e dimensione materiale vegetale	Materiale vivaistico con max 3 anni età, in contenitore di materiale plastico diametro con altezza di circa 1,5 metri
Cure colturali	concimazioni (da effettuare assecondando la fisiologia della pianta sottoposta a trapianto); eliminazione e sostituzione delle piante morte; difesa dalla vegetazione infestanti con lavorazione meccanica (trattrice e trinciaerba/erpice); ripristino della verticalità delle piante, a seguito di cedimenti del suolo o eventi atmosferici; controllo legature e tutoraggi; controllo dei parassiti e delle fitopatie Irrigazione
Fabbisogno idrico	100 l/pianta
Fonte approvvigionamento idrico	Fornitura irrigazioni di emergenza con autobotte per garantire l'attecchimento

3.3 Fabbisogno irriguo

Il fabbisogno irriguo per le aree a verde inserite nel progetto, è il seguente:

ESSENZA	FABBISOGNO IRRIGUO ANNO [m ³ /pianta]	TOT piante	SUB-TOT [m ³]
Aree di mitigazione	0,1	2.259	225,9
Prato pascolo	0	0	0
TOTALE			225,9

TABELLA 6 - FABBISOGNO IRRIGUO

Successivamente al II anno, verificato il corretto attecchimento delle piante arboree ed arbustive, considerato l'elevato grado di rusticità e tolleranza alla siccità delle essenze selezionate, sarà valutata l'opportunità di gestire in asciutto le aree di mitigazione.

3.4 Stima costi aree a verde e sistema di monitoraggio

I costi per la realizzazione delle aree a verde (aree coltivate a pascolo, e fascia di mitigazione) sono desunti dal Prezzario regionale dell'agricoltura della Regione Sardegna (Allegato alla Determinazione n. 10543/368 del 14/07/2016 – Prezzi per la vendita del materiale di propagazione festale Del. A.U. 13/2017 allegato A).

Il costo sistema di monitoraggio dell'attività agricola è desunto da una media di preventivi di aziende private operante nel settore. Tutti i costi si intendono non comprensivi dell'I.V.A..

Segue una tabella riepilogativa dei costi complessivi di impianto distinti per aree.

Codice	Descrizione	Unità di misura	Prezzo euro	Q.ta	Sub.tot
U.009	Semina e concimazione eseguita con trattrice di adeguata potenza e seminatrice o spandiconcime:	-	-	-	-
U.009.001	a - per trasporto, miscelazione e distribuzione	Ha	137,90	37,01	5.103,68 €
U.009.002	b - per acquisto di seme e concimi, misura massima accessibile (la scelta del seme deve essere indirizzata verso specie e/o cultivar di origine locale o, quanto meno, di ambienti simili sotto l'aspetto pedologico e climatico)	Ha	461,20	37,01	17.069,01 €
S.001	Messa a dimora di piante di olivo, per la realizzazione di frutteti in forme libere, fornite in contenitore fitocella o vaso, innestate o autoradicate, varietà da olio o da mensa, compresa squadratura del terreno, distribuzione in campo, scavo buca, messa a dimora della pianta, rinterro, la sostituzione delle fallanze nella misura massima del 5%, ed ogni altro onere. Escluso il costo di fornitura delle piante.	cad.	7,30	2259	16.490,70 €
Del. A.U. 13-2017	Piantina in fito-contenitore da 5 litri	cad.	4,00	2259	9.036,00 €
0	Sistema di monitoraggio agricoltura 4,0 (prezzo da preventivi di aziende private)	cad.	20.000,00	1	20.000,00 €
COSTO TOTALE AREE A VERDE					67.699,39 €

TABELLA 7 – COSTI COMPLESSIVI DI IMPIANTO DISTINTI PER AREE

3.5 Cure colturali

3.5.1 Piano di manutenzione delle aree a verde

Il piano di manutenzione si rende necessario per il completamento delle opere e risulta strumento essenziale per garantire il mantenimento dei risultati raggiunti con la realizzazione dell'intervento di riqualificazione.

In generale la prima fase di gestione, relativa ai due anni successivi alla realizzazione, è da considerarsi di assestamento dell'area a verde nel suo complesso. Successivamente ai primi due anni, la manutenzione può considerarsi ordinaria.

La manutenzione del materiale vegetale per i primi due cicli vegetativi segue l'intento di garantire l'attecchimento; pertanto, si porrà attenzione a provvedere all'eliminazione e sostituzione di eventuali piante morte e ad assicurare il corretto approvvigionamento idrico alle piante.

MANUTENZIONE IMPIANTO ARBOREO-ARBUSTIVO FASCIA DI MITIGAZIONE

La manutenzione della vegetazione prevede le seguenti operazioni:

- irrigazioni di soccorso;
- concimazioni (da effettuare assecondando la fisiologia della pianta sottoposta a trapianto);
- potature di formazione;
- spollonature;
- eliminazione e sostituzione delle piante morte;
- difesa dalla vegetazione infestante con lavorazione meccanica (trattrice e trinciaerba/erpice oppure decespugliatore);
- ripristino della verticalità delle piante a seguito di cedimenti del suolo o eventi atmosferici;
- controllo legature e tutoraggi;
- controllo dei parassiti e delle fitopatie in genere.

INTERVENTI DI MANUTENZIONE PRIMO E SECONDO ANNO

Gli interventi da eseguire annualmente e ove necessario più volte nel corso dell'anno consistono:

- N° 1 intervento di reintegrazione delle fallanze;
- N° 1 intervento annuo di potatura di formazione e di rimozione del secco di tutti gli alberi di nuovo impianto;
- N° 2 verifiche dei pali tutori e dei legacci con consolidamento al fusto;
- N° 1 intervento di controllo fitosanitario ed eventuale intervento antiparassitario sulle alberature;
- N° 3 interventi di rimozione dalla vegetazione infestante con lavorazione meccanica (trattrice e trinciaerba/erpice oppure decespugliatore);

INTERVENTI DI MANUTENZIONE SUCCESSIVI: DAL SECONDO ANNO AL QUINTO ANNO

Gli interventi da eseguire annualmente e ove necessario più volte nel corso dell'anno consistono:

- N° 3 (indicativamente) sarchiature lungo i filari della fascia perimetrale;
- N° 1 intervento di reintegrazione delle fallanze;
- N° 1 interventi di concimazione della fascia arborea perimetrale con concimi organici a lenta cessione;
- N° 1 intervento di potatura ogni due anni sulle alberature di olivo della fascia di mitigazione;
- N° 1 intervento annuo di spollonatura sugli olivi della fascia di mitigazione;
- N° 3 interventi di rimozione dalla vegetazione infestante con lavorazione meccanica (trattrice e trinciaerba/erpice);
- N° 1 verifica dei pali tutori e dei legacci con consolidamento al fusto;
- N° 1 intervento di controllo fitosanitario ed eventuale intervento antiparassitario;
- N° 3 interventi di monitoraggio impianto di irrigazione;

Alla fine del terzo anno dovranno essere rimossi i pali tutori.

3.5.2 Piano di monitoraggio dell'attività agricola – sistemi agricoltura 4.0

Per il monitoraggio delle colture da mettere a dimora è necessario dotare l'area di mezzi tecnologici in grado di recepire, elaborare e fornire dati d'ausilio alla coltivazione. I dati, quali ad esempio le temperature minime e massime, l'umidità del suolo, della coltura o dell'atmosfera, la direzione del vento, l'intensità della radiazione solare ed eventi meteorici, stoccati da remoto, permettono di elaborare un sistema di supporto decisionale per lo studio della migliore strategia colturale. Individuare il "giusto" momento per l'intervento irriguo consente di perseguire l'efficienza irrigua, cioè ridurre al minimo gli sprechi.

Prevenzione è sinonimo di previsione e, così, non solo efficienza, ma anche efficacia si è in grado di perseguire: la pianta riceve, utilizza ed assimila acqua e nutrienti in momenti in cui ne necessita realmente, evitando perdite. Con la raccolta dati è possibile seguire il "trend" di produzione nel medio-lungo termine, risparmiare acqua, ed individuare, in anticipo, i parassiti (es. insetti, funghi ecc.) che potrebbero attaccare le coltivazioni con vantaggi anche, e soprattutto, sull'abbattimento dei costi di gestione e sull'ambiente. Anticipare vuol dire ottimizzare, pertanto la raccolta dei dati rilevati consente all'azienda agricola, in maniera sinergica ed interconnessa, di avere disponibile, con un "click", i dati raccolti e registrati.

GESTIONE DELLA VARIABILITA' SPAZIO-TEMPORALE



OTTIMIZZAZIONE DEL RENDIMENTO GLOBALE

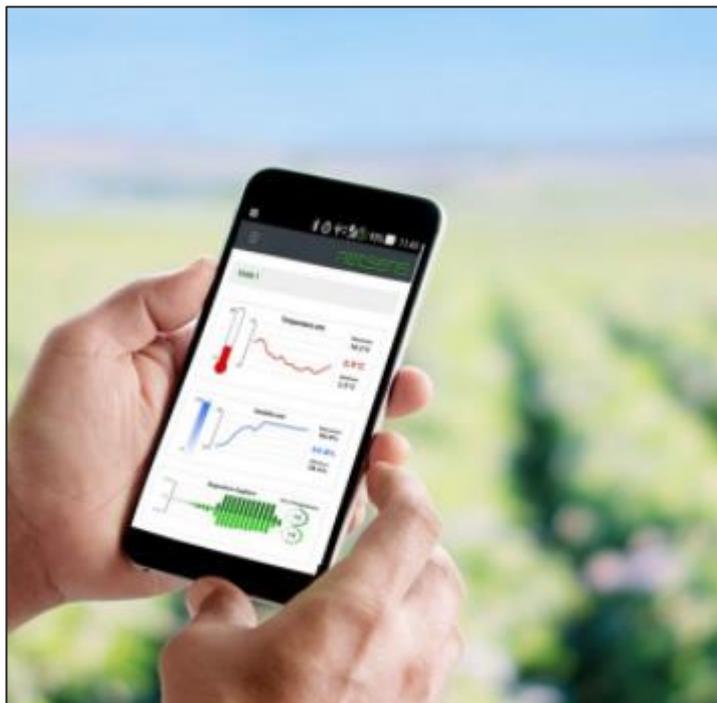


FIGURA 22 - MONITORAGGIO VARIABILI FATTORI CLIMATICI NEL CAMPO TRAMITE SMARTPHONE

Monitorare a fini produttivi vuol dire rilevare ed avere a portata di un “click” l’andamento delle variabili quanti-qualitative inter ed infra-campo che intervengono nell’ordinamento produttivo: in specie si vuole, con diverse stazioni meteorologiche dislocate in vaste aree delle zone di impianto, tenere sotto controllo le diverse variabili che intervengono nel processo produttivo (pioggia- direzione ed intensità del vento- umidità- radiazione solare- pressione atmosferica- bagnatura fogliare). L’obiettivo è quello di avere dei modelli previsionali da consultare prima di intervenire, per esempio, con l’irrigazione o col trattamento fitosanitario.

Il sistema di monitoraggio prevede le seguenti attrezzature/strumentazioni:

- a) Unità centrale con **stazione meteo** dotata di: **pluviometro, anemometro, barometro, misuratore di radiazione solare, termo-igrometro;**
- b) **3 Unità periferiche** (connesse in modalità wireless) con sensori meteo-climatici per rilevare **pluviometria, radiazione solare, temperatura e umidità dell’aria.**

Il sistema di gestione e le apparecchiature adottate, saranno inoltre utilizzate anche per la realizzazione e successiva gestione e manutenzione delle fasce verdi perimetrali e per le operazioni di espianto e reimpianto nel medesimo sito di esemplari arborei inclusa la manutenzione

Tale dato consente di:

- analizzare grandi superfici in poco tempo;
- avere un dato puntuale e preciso, basato su un'analisi sui big data, e non empirico, basato sull'esperienza o sul "sentito dire";
- ridurre la quantità di sensori di campo che, dislocati in vari punti e profondità del terreno, non riuscirebbero a restituire un dato omogeneo.

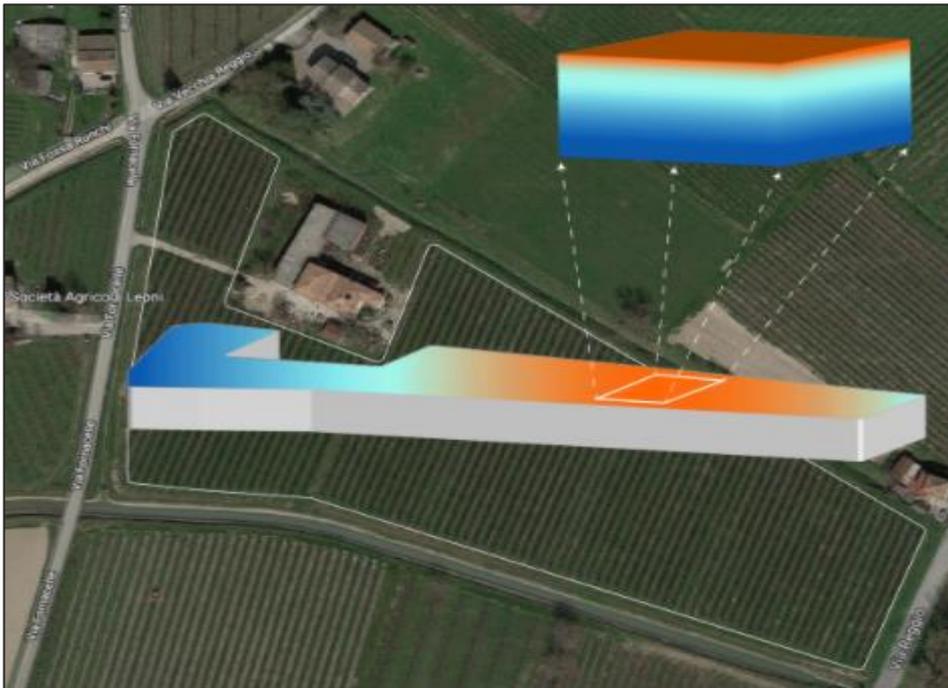


FIGURA 23 – ZONIZZAZIONE AREE IN BASE A VIGORE E/O STRESS IDRICO

Sopra è riportato un esempio di mappa 3D con l'individuazione di aree omogenee (zonizzazione) distinte per vigore vegetativo e/o stress idrico.

Dallo studio della mappa, interfacciabile via app tramite smart phone, è facile distinguere sia le zone di terreno in funzione dello stato idrico rilevato, sia il momento dell'intervento irriguo.

3.5.3 Macchine ed attrezzature da impiegare

Le macchine e le attrezzature da utilizzare, per conto terzi o di proprietà, sono condizionate fortemente dall'ampiezza dei corridoi di terreno tra le strutture e la loro altezza da terra.

A titolo esemplificativo e non esaustivo, si ritengono necessarie le seguenti macchine ed attrezzature:

1. Trattore di media potenza (100-130 hp), per le lavorazioni pre-impianto ed impianto (aratura, erpicatura, semina);
2. Fresatrice e/o Erpice (larghezza massima 3 metri);
3. Seminatrice (larghezza massima 3 metri);
4. Rullo (larghezza max 2,50 m) da utilizzare nel periodo invernale per favorire il ricaccio del cotico erboso;
5. Falciatrice con barra falciante di larghezza utile compresa max 2,50 m (opzionale – solo in caso di sfalcio prati).

Tra le macchine operatrici per la gestione delle aree oggetto di studio si propone:

- Landini Rex 4



ITALIANO		REX 4-080 F-S-V-GT	REX 4-090 F-S-V-GT	REX 4-100 F-S-V-GT	REX 4-110 F-S-V-GT	REX 4-120 F-S-V-GT
MOTORE						
Produttore		Deutz AG				
Tipo motore		TCD 2.9 L4 HT				
Potenza nominale (ISO)	CV/kW	75 / 56	78 / 58	85 / 63	95 / 70	104 / 77
Potenza massima (ISO)	CV/kW	75 / 56	90 / 66	95 / 70	102 / 75	112 / 82
Regime nominale	gir/min	2200				
Regime di potenza massima	gir/min	1500	1700	1700	1800	2000
Coppia massima	Nm	375	378	400	410	420
Regime di coppia massima	gir/min	1600				
Riserva di coppia	%	56	50	46,3	34,9	25,7
Cilindrata	cm ³	2900				
Cilindri / Valvole		4 TA / 8				
Classe di emissione		Stage V / Tier-4 Final				
Sistema di post-trattamento		DOC+DPF		DOC+DPF+SCR		
Intervallo di manutenzione		1000 ore				
DIMENSIONI E PESI						
Passo	mm	2140 (F-S-GT) / 2190 (V)				
Altezza dal centro dell'asse posteriore al tetto cabina	mm	1930				
Altezza dal centro dell'asse posteriore al cofano	mm	825				
Larghezza fuori tutto - min - max	mm	1330-1685 (F) / 1100-1775 (S) / 1000-1680 (V) / 1500-1945 (GT)				
Dimensione minima pneumatici posteriori - Raggio indice	mm	380/70R24 - 575 (F-S) / 360/70R20 - 500 (V) / 420/70R24 - 600 (GT)				
Dimensione massima pneumatici posteriori - Raggio indice	mm	420/70R28 - 650 (F-S) / 360/70R28 - 600 (V) / 420/70R30-480/70R28 - 675 (GT)				
Peso di spedizione	kg	2900				
Peso massimo ammissibile	kg	5250				
Predisposizione per attrezzi anteriori e posteriori		O montata di fabbrica				
Zavorre anteriori	kg	O 6x28 / 8x28 / 4x42 / 8x42 (F-S)		O 6x36 / 8x36 (GT)		O 6x28 (V)
Zavorre posteriori	kg	O 2x45 (1 x ruota) / 4x45 (2 x ruota)				

FIGURA 24 – SPECIFICHE TECNICHE LANDINI REX 4

Landini Rex 4 è una macchina trattrice di tipo specializzato, adoperata tra le colture con spazi ristretti (es. vigneti), con file di larghezza tra i 200 cm e 270 cm. Le dimensioni rispetto alla soluzione 1 sono inferiori sia in termini di larghezza (min. 1330 mm max 1945 mm) che in termini di altezza (inferiore ai 3000 mm) sufficienti per transitare tra le file di tracker sia quando sono in posizione di esercizio, che durante il posizionamento di manutenzione.

Nell'ambito degli attrezzi agricoli si riportano a seguire alcune soluzioni (erpici, seminatrici) che potrebbero trovare applicazione sui terreni oggetto di studio. Tra queste si citano la Seminatrice Maschio Gasparo mod. Compagna (Fig. 25) e uno spandiconcime (Fig. 26) adattato per la semina a spaglio, trattasi quest'ultimo di una opzione alternativa in caso di terreni rocciosi che non sono stati perfettamente spietrati.



VERSIONE	LARGHEZZA DI LAVORO CM	INGOMBRO CM	PROFONDITÀ DI LAVORO CM	NUMERO DI UTENSILI NR.	ELEMENTI DI SEMINA	CAPACITA' TRAMOGGIA (LT)	POTENZA RICHIESTA (HP)
1800	180	185	28	14	14	215	45-100
1300	130	135	28	10	9	140	30-100
2000	200	205	28	16	16	215	60-100
1500	150	155	28	12	11	140	35-100
2300	230	235	28	18	18	285	65-120
2500	250	255	28	20	20	285	70-120
3000	300	305	28	24	24	355	80-130

FIGURA 25 – SPECIFICHE TECNICHE SEMINATRICE MASCHIO GASPARO MOD. COMPAGNA



VERSIONE	CAPACITA' TRAMOGGIA (LT)	PESO (KG)	LARGHEZZA TRASPORTO	RAGGIO SPANDIMENTO (M)
FURBO 150	150	60	0,9	12
FURBO 200	220	65	0,9	12
FURBO 300	260	74	1	12
FURBO 400	280	90	1,1	12
FURBO 500	345	96	1,2	12

FIGURA 26 – SPECIFICHE TECNICHE SPANDICONCIME

3.6 Gestione delle colture

Pascolamento TRIFOGLIO: In generale l'erbaio può essere pascolato dopo circa 80-90 giorni (con semina autunnale) e dopo 40-50 giorni (con semina primaverile) in funzione della data di semina e dell'andamento meteorologico. L'altezza ottimale della cotica all'ingresso degli animali è di 15-20 cm. Il pascolamento (esempio in FIG. 27) dovrebbe essere effettuato a rotazione, con altre colture o suddividendo il campo in settori da utilizzare in successione. I carichi medi stagionali devono essere moderati in inverno (6-8 capi per ha) e più elevati in primavera-estate (15-18 capi/ha, 20-25 capi/ha in coltura irrigua) in funzione della disponibilità di erba. La fine di ogni periodo di pascolamento va determinata dall'altezza dell'erba residua che non dovrebbe essere più bassa di 5-7 cm per non compromettere o ritardare eccessivamente il ricaccio.



FIGURA 27 - PASCOLAMENTO OVINO SOTTO STRUTTURE FOTOVOLTAICHE

OLIVETO: FORMA DI ALLEVAMENTO: il sistema di allevamento ha lo scopo di dare alla pianta una struttura scheletrica funzionale, al fine di assecondare la fisiologia della specie e consentire la meccanizzazione delle operazioni colturali. La forma di allevamento è il vaso policonico, costituita da un tronco alto 100-120 cm da cui dipartono tre o più branche rivestite di branche secondarie con lunghezza crescente dall'alto verso il basso. Ogni branca principale presenta una lunghezza massima di 4-5 m. Questo sistema di allevamento risulta adatto alla raccolta meccanica tenendo adeguatamente raccorciate le branche secondarie e terziarie.

GESTIONE INFESTANTI: sfalcio o erpicatura trimestrale.

GESTIONE FITOSANITARIA: in caso di malattie batteriche l'eliminazione delle parti malate. Per il controllo della Lebbra delle olive (*Gloeosporium olivarum*) trattamenti rameici durante il periodo autunnale. Per il controllo delle cocciniglie trattamenti con oli bianchi da effettuare durante il periodo primaverile/estivo. Per il controllo dell'occhio di pavone (*Spilocea oleaginea*) trattamento rameico in caso di raggiungimento della soglia di 30/40 foglie infette a pianta. Per il controllo della mosca (*Bactrocera = Dacus oleae*) trappole cromotropiche o bottiglie trappola per il monitoraggio degli adulti, in caso di raggiungimento soglia di intervento trattamenti a file alterne con prodotto a base di Spinosad (prodotto consentito in agricoltura biologica).

POTATURA: in fase di reimpianto attuare un intervento di potatura di ringiovanimento per definire la forma di allevamento. Successivamente, potatura di produzione annuale da

eseguirsi durante l'inverno, o ad inizio primavera. Le principali pratiche di potatura sono le seguenti:

- eliminazione succhioni;
- alleggerimento delle cime e delle branche e regolazione dell'altezza con eventuali tagli di ritorno;
- diradamento dei rami di un anno che porteranno le gemme a fiore.

IRRIGAZIONE: è prevista la gestione dell'oliveto in asciutto

CONCIMAZIONE: L'olivo per produrre 100 kg di drupe asporta mediamente 900 g di N, 200 g di P_2O_5 e 1000 g di K_2O . Pertanto un oliveto in condizioni ordinarie asporta indicativamente 50-70 Kg/ha di Azoto, 15-25 Kg di P_2O_5 e 60-90 Kg/ha di K_2O .

RACCOLTA: epoca tra ottobre e dicembre, può avvenire sia manualmente che con l'ausilio di macchine agevolatrici. Una pianta di olivo produce dai 15 ai 30 kg. È possibile raccogliere circa 10-12 Kg/ora di drupe per operaio. Un oliveto specializzato è in grado di produrre circa 5-6 t/ha di drupe, con una resa al frantoio tra il 15% ed il 20%.

3.7 Valutazione potenzialità economica

Lo scopo della tipologia comunitaria consiste nel fornire uno schema di classificazione che consenta un'analisi della situazione delle aziende agricole a livello comunitario fondata su criteri di natura economica, nonché permetta raffronti tra aziende appartenenti a varie classi e tra i risultati economici ottenuti nel tempo e nei diversi Stati membri e loro regioni.

Gli ambiti di applicazione della tipologia comunitaria riguardano, in particolare, i dati rilevati nell'indagine sulla struttura e le produzioni delle aziende agricole (SPA) e dalla Rete di informazione contabile agricola (RICA). Fino all'anno 2009 questo criterio è stato identificato nel Reddito Lordo Standard (RLS), mentre a partire dal 2010 è coinciso con la Produzione Standard (PS). L'attuale versione della tipologia comunitaria è stata istituita con il Reg. CE n. 1242/2008 e s.m.i.

Nel presente studio si è tenuto conto del dettaglio informativo sulla **Produzione Standard Totale PST della Sardegna** (FONTE: <https://rica.crea.gov.it/produzioni-standard-ps-210.php>).

Si riportano i dati relativi a due epoche:

- Anno 2022 per lo stato ante;
- Anno 2027 per lo stato post-intervento (con la previsione delle nuove coltivazioni e la conversione del pascolo magro in prato di leguminose).

A seguire i risultati scaturenti dall'analisi delle **PS**:

Regione_P.A.	COD_PRODUCT	Rubrica_RICA	Descrizione_Rubrica	SOC_EUR	UM	Sup. coltivata [ha]	Prod. Parziale
Sardegna	J2000T	F02	Pascoli magri	132,44 €	EUR_per_ha	50,37	6.671,00 €
Produzione Standard pre intervento							6.671,00 €

TABELLA 8 - STATO ATTUALE "PASCOLO MAGRO"

Regione_P.A.	COD_PRODUCT	Rubrica_RICA	Descrizione_Rubrica	SOC_EUR	UM	Sup. coltivata [ha]	Prod. Parziale
Sardegna	J1000T	F01	Prati permanenti e pascoli	360,00 €	EUR_per_ha	37,01	13.323,60 €
Sardegna	O1910T	G03B	Oliveti - per olive da olio (olio)	1.548,36 €	EUR_per_ha	3,39	5.248,94 €
Produzione Standard post Intervento							18.572,54 €

TABELLA 9 - STATO POST INTERVENTO: PRATO PERMANENTE E PASCOLO - OLIVETO

Dai valori sopra riportati è possibile evincere un incremento percentuale dell'indice relativo alla Produzione Standard **PS** del 178% circa.

4. CONCLUSIONI

In ragione del contesto territoriale, delle condizioni morfologiche e pedologiche del terreno oggetto di intervento, si ritiene che il sito sia idoneo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico, e che le soluzioni agronomiche ipotizzate sono compatibili con il progetto proposto. Con il congruo dimensionamento del parco macchine, e la corretta pianificazione delle operazioni colturali, l'impiego delle giornate lavorative ad ettaro non risulterebbe eccessivamente oneroso per il conduttore, specialmente se paragonato a coltivazioni ortive in pieno campo.

La corretta gestione del pascolo permette di ottenere un prodotto utile all'allevamento zootecnico. Questo gioca un ruolo chiave nella dinamica di commercializzazione di prodotti agricoli, perché oltre ad azzerare eventuale scarto per deperimento, permette di ridurre la filiera dell'approvvigionamento della materia prima, garantendo inoltre che la stessa, sia di elevata qualità.

Per quanto concerne le esternalità positive, si può affermare che:

1. È garantita una copertura vegetale arborea nelle fasce di mitigazione e nelle aree di impianto ad opera del prato polifita;
2. Si preserva la fertilità del terreno ed il relativo quantitativo di sostanza organica;
3. Si crea un habitat quasi naturale grazie allo sviluppo di specie a fiore che contribuiscono positivamente alla proliferazione di insetti utili;
4. Si riducono i fenomeni di erosione del suolo per via della copertura vegetale e delle corrette pratiche agronomiche applicate.

Con tale intervento, pertanto, si potrà creare un micro-ecosistema di natura agricola, sostenibile sul piano ambientale ed economico, compatibile con il contesto rurale del circondario.

Avendo portato a compimento l'incarico, si rassegna la presente relazione.

Augusta (SR)

07 dicembre 2022

Il Tecnico

Dott. Agronomo Gaetano Gianino

5. BIBLIOGRAFIA

Aru, A., Baldaccini, P., & Vacca, A. (1991). Carta dei suoli della Sardegna alla scala 1:250000. Dipartimento Scienze della Terra-Assessorato Programmazione, Bilancio e Assetto del Territorio, Regione Autonoma Sardegna, Cagliari;

Klingebiel, A. A., & Montgomery, P. H. (1961). Land-capability classification (No. 210). Soil Conservation Service, US Department of Agriculture;

Rodolfi, G., & Cremaschi, M. (1991). Il Suolo. Pedologia delle scienze della terra e nella valutazione del territorio.