



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA
COMUNE DI GUSPINI



**PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO
DENOMINATO "AGRISARDEGNA"**
DI POTENZA DI PICCO PARI A 102,27 MWp E POTENZA
NOMINALE PARI A 97,4 MWac, INTEGRATO CON UN SISTEMA
DI ACCUMULO DA 90 MW, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI
GUSPINI (SU).



Procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale
ai sensi del D Lgs.152/2006 e s.m.i.

Società proponente

 **ICA REN FOR SRL**
Via Giorgio Pitacco, 7
00177 Roma (Italia)
C.F. / P.IVA 16649831001



Codice	Scala	Titolo elaborato			
ICA_175_REL14	-	Relazione agronomica			
Revisione	Data	Descrizione	Eseguito	Verificato	Approvato
0.0	26/02/2024	Prima emissione per procedura di VIA	SC	IA	DLP

Le informazioni incluse in questo documento sono proprietà di Ingenium Capital Alliance, S.L. (Spain). Qualsiasi totale o parziale riproduzione è proibita senza il consenso scritto di Capital Alliance.

Sommario

1. Introduzione.....	4
1.1 Il progetto	5
1.2 Società proponente	5
2. Quadro normativo.....	6
2.1 Requisito A.....	9
2.2 Requisito B.....	9
2.3 Requisito C	10
2.4 Requisito D	10
2.5 Requisito E.....	10
3. Agricoltura in Sardegna	11
4. Inquadramento dell'area di intervento	14
4.1 Catastale	14
4.2 Aspetti pedologici	16
4.3 Inquadramento climatico	18
4.4 Uso del suolo	20
4.5 Carta della natura.....	22
4.6 Carta dei suoli (Land Capability Classification).....	27
4.7 Alberi monumentali.....	30
4.8 Modalità di conduzione ed attività agricola – stato di fatto.....	31
5. Descrizione degli interventi agronomici propedeutici alla realizzazione dell'impianto	40
6. Piano colturale in progetto	45
6.1 Prato pascolo polifita permanente	45
6.2 Operazioni agronomiche e miglioramento dei terreni	50
6.3 Cronoprogramma delle attività agronomiche.....	50
6.4 Sistema di monitoraggio	52
7. Verifica requisiti degli impianti agrivoltaici	53
7.1 Requisito A.....	53
7.2 Requisito B.....	53
7.3 Requisito C	54
7.4 Requisito D	55
7.5 Requisito E.....	57
8. Opere di mitigazione	59
9. Conclusioni.....	63
10. Bibliografia	64
Allegato A: Documentazione fotografica stato di mantenimento terreni.....	65

1. Introduzione

Il sottoscritto Dottore Agrotecnico Laureato Stefano Calamai, specializzato in gestione faunistica, agronomica, ambientale ed in *Geographic Information System*, iscritto al collegio interprovinciale Agrotecnici e Agrotecnici laureati di Pistoia-Livorno-Lucca-Massa-Carrara-Pisa, ha ricevuto incarico da **ICA REN FOR s.r.l.**, con sede legale in Via Giorgio Pitacco n. 7 - Roma, CF/P.IVA 16649831001, al fine di procedere alla stesura della relazione agronomica-vegetazionale inerente la realizzazione di un impianto agrivoltaico da realizzarsi nel comune di Guspini, provincia del Sud-Sardegna.

La presente relazione si riferisce alla proposta progettuale per la realizzazione di un impianto agrivoltaico, denominato **“AgriSardegna”**, della potenza di picco di 102,27 MW e potenza in immissione di 97,4 MW, integrato con sistema di accumul da 90 MW.

La presente relazione agronomica ha come obiettivo quello di fornire un quadro esaustivo dell'uso agronomico della superficie interessata dal progetto all'attualità, dell'impatto che l'investimento proposto avrà dal punto di vista agronomico e vegetazionale in fase di esercizio dell'attività, 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*.

L'intervento è individuato sulla Cartografia IGM in scala 1:25.000, il foglio di riferimento è il 225, quadrante 4 NO Monte Arcuentu e quadrante 4 NE Sa Zeppara, situata nel comune Guspini. La superficie complessivamente coinvolta risulta essere circa **149,04 ha**.

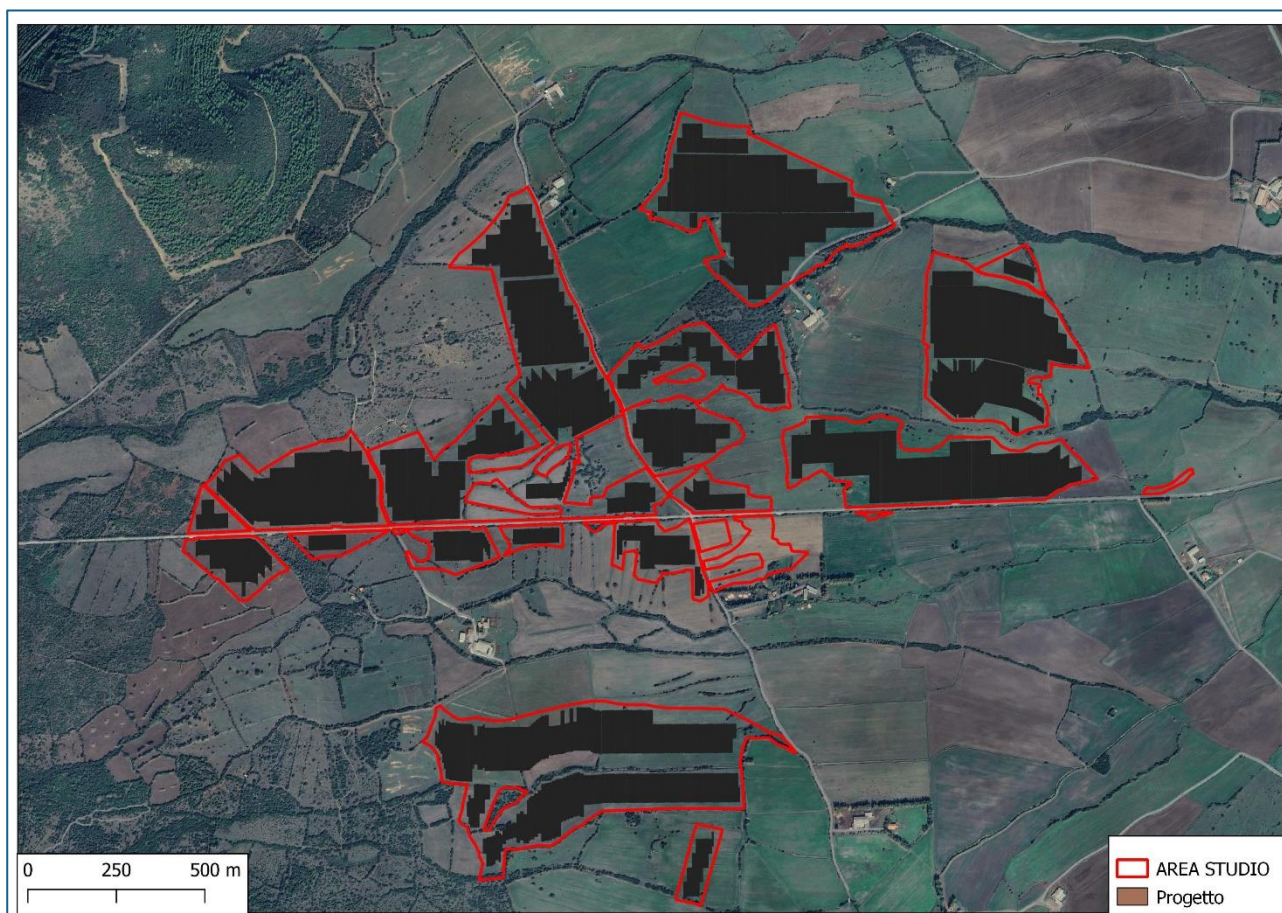


Figura 1: Area interessata dal progetto

1.1 Il progetto

Il presente studio si riferisce al progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare, della potenza di picco di 102,27 MWp e potenza in immissione di 97,4 MW, integrato con un sistema di accumulo da 90MW, da realizzarsi su aree agricole situate nel Comune di Guspini (SU).

I moduli fotovoltaici saranno installati su strutture di supporto in acciaio del tipo tracker ad inseguimento mono assiale (inseguitori solari installati in direzione Nord-Sud, capaci di ruotare in direzione Est-Ovest, consentendo, pertanto, ai moduli di “seguire” il sole lungo il suo moto diurno).

Saranno installati n° 146.100 moduli fotovoltaici bifacciali marcati *Canadian Solar di potenza unitaria di picco pari a 700 Wp*, disposti su tracker mono assiali ad inseguimento solare Est-Ovest.

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) prevede che l'impianto sia collegato in antenna a 150 kV sulla nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 220/150/36 kV di Sulcis – Oristano.

L'elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento alla citata stazione RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella medesima stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

Il lotto è accessibile mediante viabilità comunale facente capo alla viabilità provinciale, rappresentata dalla SP65 ad Est dell'area di progetto.

Il cavidotto, che sarà completamente interrato, si svilupperà per circa 11 km al di sotto di viabilità esistente ed interesserà il Comune di Guspini, fino ad arrivare alla Stazione Elettrica (SE) sita nello stesso Comune.

1.2 Società proponente

La società Proponente è ICA REN FOR S.r.l., con sede legale in Via Giorgio Pitacco n. 7 - Roma, CF/P.IVA 16649831001, che, in virtù dei contratti preliminari, dispone della titolarità all'utilizzo delle aree oggetto di intervento.

2. Quadro normativo

Le Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) e, tra queste, in particolare, il fotovoltaico, rivestono ormai un ruolo chiave nella transizione energetica volta al contenimento del *global warming* e della necessaria progressiva decarbonizzazione del processo di produzione di energia.

A livello internazionale lo sviluppo di impianti agrivoltaici viene presentato per la prima volta tra le linee di azione di Agenda 2030, adottata dall'ONU nel 2015 e recepita immediatamente dall'Unione Europea. L'UE ha finora incentivato notevolmente l'utilizzo dei pannelli fotovoltaici per produrre energia pulita, ma solo recentemente sta lavorando su direttive o regolamenti che disciplinino o diano indicazioni tecniche precise riferite a questa tipologia di impianti ibridi.

La Commissione europea intende attuare iniziative di sostegno all'interno della strategia sulla biodiversità europea al fine di accelerare la transizione verso un nuovo sistema alimentare sostenibile. La commissione ha inoltre già proposto di integrare l'agrivoltaico nella *Climate Change Adaptation Strategy* in via di approvazione, e risultano varie proposte per l'inserimento del connubio agro-energetico nelle Agende europee in materia di transazione energetica (Unitus, 2021).

Per quanto riguarda l'Italia, come sintetizzato dal report di Elettricità Futura e Confagricoltura (2021), “[...] *nell'ipotesi quindi di dover installare 50 GW di nuova potenza fotovoltaica in meno di nove anni (rispetto ai 21,6 GW realizzati in circa quindici anni), è ragionevole supporre che lo sviluppo atteso dovrà essere assicurato soprattutto dagli impianti a terra, mentre le installazioni su coperture continueranno presumibilmente a crescere con lo stesso ritmo riscontrato ad oggi. [...] la crescita attesa del fotovoltaico al 2030 dovrà prevedere un più ampio coinvolgimento degli agricoltori e dovrà valutare l'inserimento a terra, su aree agricole, degli impianti FV soprattutto attraverso soluzioni impiantistiche in grado di integrare la produzione di energia in ambito agricolo e di contribuire, se ne ricorrano le condizioni, a rilanciarne l'attività nei terreni abbandonati non utilizzabili o non utilizzati in ambito rurale*”. Queste asserzioni permettono di chiarire due elementi essenziali, finora spesso ritenuti controversi:

- gli impianti fotovoltaici utility-scale non comportano forme di consumo del suolo: il suolo è infatti, in grado di mantenere e addirittura migliorare la propria fertilità intesa come funzione di abitabilità e nutrizione;
- la filiera agricola e quella energetica non sono in contrapposizione, ma possono divenire fattori sinergici in cui la componente energetica funge da motore di sviluppo rurale e di crescita/stabilità di comparti a maggior fragilità.

Nonostante l'evidente e riconosciuta potenzialità, il quadro normativo è rimasto a lungo frammentario e talvolta discordante, ma finalmente gli sforzi compiuti nel 2022 stanno portando ad una definizione condivisa e condivisibile di **impianto agrivoltaico**. La diffusione di questa tipologia di impianti è stata infatti a lungo limitata dall'assenza di un sistema incentivante, ma il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), inserisce l'agrivoltaico tra le produzioni di energia rinnovabile incentivabili e comincia a dare indicazioni rispetto alle caratteristiche che deve avere un progetto per essere definito Agrivoltaico. Il PNRR, infatti, nella sua versione definitiva trasmessa alla UE, prevede stanziamenti superiori al miliardo di euro per lo **Sviluppo Agrivoltaico** (e relativi monitoraggi) e una capacità produttiva di 2,43 GW. Proprio allo sviluppo dell'agrivoltaico viene dedicato il primo punto della missione Energia Rinnovabile, Idrogeno, Rete e Mobilità Sostenibile (M2C2).

In Italia, il D. Lgs. 28/2011 ha introdotto gli incentivi statali su impianti fotovoltaici in ambito agricolo che:

- utilizzino soluzioni innovative;

- siano sollevati da terra (in modo da non compromettere l'attività agricola);
- abbiano sistemi di monitoraggio per verificarne l'impatto ambientale.

Nel corso degli anni sono state introdotte deroghe (Decreto-Legge n° 1/2012, successivamente convertito in Legge con la L. 27/2012) all'articolo 65, comma 1 del D.Lgs. 28/2011/17, che disponeva il divieto agli impianti solari fotovoltaici con moduli collocati a terra in aree agricole di poter accedere agli incentivi statali per le FER. Nel 2020, l'art. 56, comma 8-bis della Legge n. 120 del 2020 (conversione del D.L. 76/2020) amplia la possibilità di accesso agli incentivi introducendo dopo il comma 1:

- comma 1-bis "Il comma 1 non si applica agli impianti solari fotovoltaici da realizzare su aree dichiarate come siti di interesse nazionale purché siano stati autorizzati ai sensi dell'articolo 4, comma 2, del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 2818, e in ogni caso l'accesso agli incentivi per tali impianti non necessita di ulteriori attestazioni e dichiarazioni";
- comma 1-ter "Il comma 1 non si applica altresì agli impianti solari fotovoltaici da realizzare su discariche e lotti di discarica chiusi e ripristinati, cave o lotti di cave non suscettibili di ulteriore sfruttamento per le quali l'autorità competente al rilascio dell'autorizzazione abbia attestato l'avvenuto completamento delle attività di recupero e ripristino ambientale previste nel titolo autorizzatorio nel rispetto delle norme regionali vigenti (...) e in ogni caso l'accesso agli incentivi per tali impianti non necessita di ulteriori attestazioni e dichiarazioni"; e finalmente nel 2021 con l'art. 31, comma 5, legge n. 108 del 2021 (conversione del D.L. 77/2021) vengono ufficialmente inseriti gli impianti agrivoltaici:
- comma 1-quater "Il comma 1 non si applica agli impianti agrovoltaici che adottino soluzioni integrative innovativa con montaggio dei moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione";
- comma 1-quinquies (poi così modificato dall'art. 11, comma 1, lettera a, Legge n. 34 del 2022): "l'accesso agli incentivi per gli impianti di cui al comma 1-quater è inoltre subordinato alla contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio, da attuare sulla base di linee guida adottate dal Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, in collaborazione con il Gestore dei Servizi Energetici (GSE) (...), 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". Infine, l'art. 9 della Legge n. 34 del 22 aprile 2022 "Semplificazioni per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili" prevede l'estensione della Procedura Abilitativa Semplificata (PAS), in particolare: "[...] Per l'attività di costruzione ed esercizio di impianti fotovoltaici di potenza fino a 20 MW e delle relative opere di connessione alla rete elettrica di alta e media tensione localizzati in aree a destinazione industriale, produttiva o commerciale nonché in discariche o lotti di discarica chiusi e ripristinati ovvero in cave o lotti di cave non suscettibili di ulteriore sfruttamento, e delle relative opere connesse e infrastrutture necessarie, per i quali l'autorità competente al rilascio dell'autorizzazione abbia attestato l'avvenuto completamento delle attività di recupero e di ripristino ambientale previste nel titolo autorizzatorio nel rispetto delle norme regionali vigenti, si applicano le disposizioni di cui al comma 1. Le medesime disposizioni di cui al comma 1 si applicano ai progetti di nuovi impianti fotovoltaici da realizzare nelle aree classificate idonee ai sensi dell'articolo 20 del decreto legislativo 8 novembre 2021, n. 199, ivi comprese le aree di cui al comma 8 dello stesso articolo 20, di potenza fino a 10 MW, nonché agli impianti agro-voltaici di cui all'articolo 65, comma 1-quater, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 27, che distino non più di 3 chilometri da aree a destinazione industriale, artigianale e commerciale".

La nuova formulazione dell'art. 11 della Legge n. 34 del 2022 sopprime inoltre definitivamente il vincolo del 10% di copertura della superficie agricola totale ai fini dell'accesso agli incentivi statali per gli

impianti agrivoltaici con montaggio dei moduli sollevati da terra e possibilità di rotazione e per quelli che adottino altre soluzioni innovative. Il Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria (CREA) ha contribuito con le proprie *“Considerazioni connesse allo sviluppo del sistema agrivoltaico”* all'esame del D.L. 17/2022, prima della conversione in legge.

Dal testo di questo approfondimento emergono numerose informazioni preziose utili ad inquadrare gli impianti agrivoltaici nel contesto degli aiuti economici derivanti dalla Politica Agricola Comune (PAC). L'ente sottolinea che occorre prediligere impianti che non vadano a sottrarre in maniera permanente suolo all'attività agricola - ed anzi favorire con l'installazione di essi il ripristino della piena funzionalità agro-biologica del suolo - ha riflessi anche in quello che è il mantenimento dei titoli PAC.

Dal punto di vista procedurale e regolatorio, infatti, il mantenimento dei suddetti aiuti comunitari è legato principalmente al prosieguo dell'attività primaria, potendo integrare altre attività accessorie, purché esse non vadano ad ostacolare l'attività agricola in sé. Da qui, dunque, il bisogno di uno strutturato iter progettuale della componente agronomica, con uno sguardo alle nuove tecnologie dell'agricoltura di precisione e digitale, integrando anche accorgimenti tecnici che possano permettere un miglioramento quali-quantitativo delle colture in ottica di ottimizzazione dell'uso delle risorse (ad esempio la componente idrica) e limitazione degli sprechi.

Alfine di contribuire alla definizione di agrivoltaico, il Position Paper - Sistemi AGRO-FOTOVOLTAICI 19, sottoscritto da ANIE Rinnovabili, Elettricità Futura e Italia Solare (ANIE, 2022), definisce gli indicatori minimi per qualificare ed etichettare come tale un sistema agrivoltaico, ovvero la coesistenza nel progetto di tutte le tre condizioni di seguito riportate:

- la fattibilità dell'attività agricola del sistema deve essere asseverata da parte di un tecnico competente, sia in fase autorizzativa, sia annualmente;
- l'esecuzione del monitoraggio ed il controllo dei fattori della produzione, le cui modalità devono essere scelte in base alla tipologia di attività esercitata;
- il limitare la superficie non utilizzabile ai fini agricoli (ovvero le porzioni di suolo non più disponibili dopo l'installazione dei moduli, come ad esempio quelle occupate dalle strutture di sostegno) a non più del 30% della superficie totale del progetto.

Lo stesso documento contribuisce anche a definire alcuni criteri incrementali definiti *Plus* - la cui presenza si auspica possa essere presa in considerazione per l'assegnazione di una priorità di ammissione del progetto, nonché di sostegno finanziario, rispetto ad altri dello stesso ambito energetico, che misurano un più elevato livello di integrazione dell'attività di produzione di energia da fonte fotovoltaica sulle superfici vocate alla produzione primaria, quali ad esempio:

- l'utilizzo di strumenti digitali facenti parte della sfera dell'agricoltura di precisione (o agricoltura 4.0);
- il miglioramento dell'utilizzo della risorsa idrica mediante accorgimenti tecnico-agronomici che si traduca in un aumento del valore d'uso del suolo;
- l'utilizzo di misure di mitigazione ambientali atti a favorire un miglior inserimento dell'impianto nel contesto agricolo e rurale;
- la tutela della biodiversità, delle specie di interesse agrario, del suolo dai fenomeni erosivi e l'uso di colture identitarie del territorio o specie zootecniche autoctone.

Infine, è recente (28 giugno 2022) la pubblicazione da parte del MiTE (Ministero della Transizione Ecologica) delle *“Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici”* (MiTE, 2022).

I sistemi agrivoltaici devono rispettare i seguenti requisiti, al fine di rispondere alla finalità generale per cui sono stati realizzati, ivi incluse quelle derivanti dal quadro normativo attuale in materia di incentivi:

2.1 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. Tale risultato si deve intendere raggiunto quando sono identificati i seguenti parametri:

A.1) Superficie minima coltivata: è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione laddove l'area oggetto di intervento è adibita, per tutta la vita tecnica dell'impianto agrivoltaico, alle coltivazioni agricole, alla floricoltura o al pascolo di bestiame.

Si dovrebbe garantire sugli appezzamenti oggetto di intervento (superficie totale del sistema agrivoltaico, Stot) che almeno il 70% della superficie sia destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA):

$$S_{agricola} \geq 0,7 Stot$$

A.2) Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR): è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola:

$$LAOR \leq 40\%$$

2.2 Requisito B

Il sistema agrivoltaico è esercitato, 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. In particolare, dovrebbero essere verificate:

B.1) La continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento, comprovata da:

a) *L'esistenza e la resa della coltivazione:* è importante accertare la destinazione produttiva agricola dei terreni oggetto di intervento. Tale aspetto può essere valutato tramite il valore della produzione agricola prevista sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari successivi all'entrata in esercizio del sistema stesso espressa in €/ha o €/UBA, confrontandolo con il valore medio della produzione agricola registrata sull'area negli anni solari antecedenti, a parità di indirizzo produttivo. In assenza di produzione agricola sull'area negli anni solari precedenti, si potrebbe fare riferimento alla produttività media della medesima produzione agricola nella zona geografica oggetto dell'installazione. In alternativa è possibile monitorare il dato prevedendo la presenza di una zona di controllo che permetterebbe di produrre una stima della produzione sul terreno sotteso all'impianto.

b) *Il mantenimento dell'indirizzo produttivo:* ove sia già presente una coltivazione a livello aziendale, si può mantenere lo stesso indirizzo produttivo o, eventualmente, passare ad un nuovo indirizzo di valore economico più elevato, misurato in termini di valore di produzione standard, calcolato a livello complessivo aziendale.

B.2) Producibilità elettrica minima: la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FVagri in GWh/ha/anno), paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard (FVstandard in GWh/ha/anno), non dovrebbe essere inferiore al 60 % di quest'ultima

$$FVagri \geq 0,6 * FVstandard$$

2.3 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. L'altezza di riferimento dei moduli da terra è:

- 1,3 metri nel caso di attività zootecnica;
- 2,1 metri nel caso di attività colturale

2.4 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 e in particolare:

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.

2.5 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.

3. Agricoltura in Sardegna

Per l'agricoltura, l'adattabilità ai cambiamenti climatici significa la conservazione del carbonio e dell'azoto nel suolo e la razionale gestione della risorsa idrica in modelli a basso *input* di energia da fonti fossili. L'agricoltura industriale è stata tra le maggiori co - responsabili delle emissioni ed è anche la più vulnerabile agli stessi cambiamenti indotti dal clima. Il paesaggio storico agricolo della Sardegna è rappresentato da piccoli appezzamenti delimitati da elementi naturali come margini arborati e pietre. Nella regione si possono individuare quattro zone principali di paesaggi storici agricoli (Rete Rurale Nazionale):

- **Oliveti periurbani di Monte Oro:** L'area olivicola di Monte Oro è situata nel comune di Sassari e si estende per 1526 ha. La significatività dell'area risiede nella persistenza di una coltura dalle lontane origini storiche, che ha plasmato il paesaggio locale, caratterizzato da ampie estensioni olivate, ai confini con un'area cittadina di medie dimensioni. Sin dal 1500 il polo olivicolo sassarese era considerato particolarmente importante, e nel Settecento era già presente un sistema di oliveti di grande omogeneità territoriale. Alla fine degli anni Trenta del XX secolo si distingueva ancora la matrice produttiva tradizionale della corona distinta in tre fasce concentriche: olivi, olivi associati a vite, vite. L'area considerata costituisce solo una piccola parte del sistema olivicolo dell'agro sassarese, che si estende per oltre 4500 ha, e presenta una matrice ambientale frammentata ed un'integrità, quindi non completa, anche se significativa, a causa di un elevato livello di perforazione dovuto all'incremento del tessuto urbano discontinuo. La principale causa di vulnerabilità del paesaggio periurbano sassarese è data dalla tendenza all'espansione dello stesso capoluogo. L'area di frangia che fa da cerniera tra città e campagna dovrebbe comunque essere tutelata per la sua funzione paesaggistica, storica e ambientale.
- **Paesaggi rurali dell'Asinara:** nel comune di Porto Torres, si estendono per 1395 ha, anche se le zone di maggiore interesse storico si trovano concentrate su superfici più ridotte. La significatività dei paesaggi rurali dell'Asinara è dovuta alle particolari forme di utilizzazione del territorio che si sono succedute nel tempo. Pastori sardi e pescatori liguri vi abitarono sino al 1885, quando fu decisa la realizzazione di una colonia penale e l'isola fu interdetta all'accesso. Il paesaggio attuale è quindi il risultato delle attività condotte dalla Colonia penale agricola, operante sino al 2000. La trasformazione ha dissodato le aree di piano e utilizzato quelle collinari per il pascolo attraverso l'uso sistematico del fuoco. L'area di maggiore interesse conserva evidenti segni della trasformazione agraria, con terreni un tempo impiegati come arativi a finalità zootecnica, orti, frutteti, erbai e vigneti. Sono ancora evidenti i segni dei frangiventi che delimitavano gli appezzamenti, con alcuni esemplari relitti di mandorlo, fico e mioporo. Il paesaggio rurale mantiene una bassa integrità in seguito alla dismissione dell'attività agricola e pascoliva, anche se permangono ancora oggi elementi perimetrali di suddivisione. Per quanto riguarda la vulnerabilità, il principale pericolo è oggi quello di una graduale scomparsa dei caratteri costitutivi del paesaggio agrario essenzialmente a causa dell'abbandono. Gli animali domestici, nella loro ricerca di spazio e alimenti, si sono distribuiti nell'intera isola e, in assenza di prelievi, hanno rapidamente incrementato la consistenza delle popolazioni creando danni alla vegetazione. Tra i principali responsabili sono individuati i suini e i caprini.
- **Pascoli arborati di Monte Minerva:** Il paesaggio agro-silvo-pastorale di Monte Minerva si estende per 1746 ha nei comuni di Villanova Monte Leone, Padria, Monte Leone Rocca Doria e Romana. L'area risulta essere significativa in quanto presenta un paesaggio fortemente contrassegnato dall'attività agro-silvo-pastorale che ha retto l'economia locale per molti secoli, fino a qualche decina di anni fa, con vasti pascoli arborati a prevalenza di graminacee contornati da macchie di lentisco e punteggiati da sughere e roverelle. La lunga persistenza del sistema colturale a indirizzo zootecnico è testimoniata, in quest'area, dalla struttura delle roverelle

modellate dal governo a capitozza e dalle pinnettas, caratteristici ricoveri rurali. L'integrità del paesaggio è fortemente legata alla presenza di un'attività zootecnica e pascoliva. Nel fondo della valle l'attività zootecnica è tuttora praticata, in particolare sono presenti allevamenti di cavalli, alimentati anche per pascolamento diretto, mentre nella struttura degli alberi è ancora ben riconoscibile il governo a capitozza, anche se che tale pratica è caduta in disuso da oltre un decennio. La minaccia principale per il paesaggio locale deriva quindi dall'abbandono delle pratiche tradizionali e, in particolar modo, dall'interruzione delle capitozzature: la struttura delle chiome non è infatti stata rinnovata e non sono state avviate nuove capitozze. Fino a quando si manterranno vitali gli alberi capitozzati in passato, la struttura della chioma presenterà elementi caratteristici, ma la fisionomia generale sarà sempre meno riconoscibile con il passare del tempo. Inoltre, con l'abbandono delle pratiche zootecniche, i pascoli vengono invasi dagli arbusti e la fisionomia del territorio perde significatività.

- **Sugherete galluresi:** L'area delle sugherete della Gallura ricade nei comuni di Aglientu, di Luogosanto e Tempio Pausania, e si estende per 1463 ha. La significatività delle sugherete galluresi è dovuta alla persistenza storica di un'attività silvo-pastorale che si manifesta in un paesaggio caratterizzato da boschi pascolati, con la presenza di numerosi manufatti in pietra e di una specie arborea tipica del territorio sardo. Il paesaggio locale presenta una discreta integrità, con le formazioni a sughera in buono stato di conservazione, soprattutto grazie alla ridotta incidenza degli incendi estivi. Parte dell'integrità del paesaggio attuale è dovuta all'attività pascoliva con bovini da carne, che continuano a essere tenuti allo stato semi-brado all'interno di aree forestali. Nonostante tutto sono presenti alcuni elementi di vulnerabilità, che consistono in particolar modo nella crisi generale che ha investito il settore zootecnico. Al momento la coesistenza dell'allevamento con il settore sughericolo ha consentito alle aziende collinari galluresi di mitigare la crisi dell'allevamento bovino.
- **Vigneti tradizionali del Mandrolisai:** questa area vinicola è situata nella parte settentrionale del comune di Atzara e sconfina nel territorio comunale di Sorgono, estendendosi per circa 1324 ha. La significatività dell'area risiede nella persistenza storica di una viticoltura di antichissima tradizione che ha dato luogo a un paesaggio caratterizzato da vigneti di dimensioni ridotte. Il sistema viticolo tradizionale è costituito da piccoli vigneti condotti in asciutto, allevati in larga maggioranza, l'80% circa, ad alberello, mentre la restante parte è costituita da basse spalliere. Il vino prodotto nella zona è compreso nella DOC Mandrolisai. Il mosaico paesistico si presenta integro nell'area considerata e la matrice produttiva conserva tuttora i caratteri tradizionali. Come in tutte le aree collinari la viticoltura locale deve sopportare elevati costi di produzione e trasporto, non remunerati dal prezzo di vendita del prodotto. Il sistema rurale si presenta pressoché statico, nonostante la forte contrazione subita dalla superficie vitata nel suo insieme, ma ciò contribuisce, assieme alla scarsa meccanizzazione, al mantenimento della viticoltura tradizionale ad alberello. Diversi fattori contribuiscono alla vulnerabilità dell'area. Oltre alla riduzione dei vigneti, si deve segnalare la tendenza a vinificare in purezza le uve del vitigno Bovale per ottenere prodotti con maggiore intensità di colore, a scapito del classico uvaggio Mandrolisai. Si segnala, inoltre, la tendenza, ancora fortunatamente limitata, alla diffusione delle controspalliere al posto del tradizionale alberello.

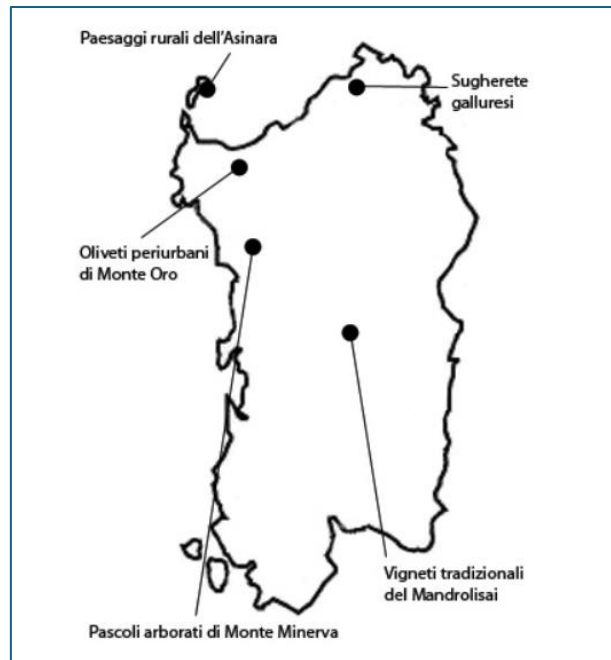


Figura 2: Paesaggi storici agricoli della Sardegna

L'area del Sud Sardegna è rappresentata dalla presenza di pascoli naturali ricchi di diverse specie e varietà di essenze pabulari. L'area è caratterizzata dalla presenza di allevamenti ovini estensivi che favoriscono la gestione dei pascoli. L'area è caratterizzata dalla presenza di numerose aziende che investano sul settore cerealicolo.

4. Inquadramento dell'area di intervento

4.1 Catastale

L'impianto è ubicato in aree agricole e si sviluppa in 17 sottocampi situati nel Comune di Guspini. Le coordinate geografiche riferite al baricentro dei lotti sono le seguenti:

- Latitudine 39.6227°
- Longitudine 8.5899°

In particolare, sulla Carta Tecnica Regionale della Regione Sardegna in scala 1: 10.000, l'area di intervento è localizzabile alle sezioni 538150 Padru Atzei – 538160 Sa Zeppara; sulla Cartografia IGM in scala 1: 25.000, il foglio di riferimento è il 225, quadrante 4 NO Monte Arcuentu e quadrante 4 NE Sa Zeppara.

Catastalmente i lotti sono individuabili nel Comune di Guspini, Fogli 201, 202, 203, 206, 207, 212, la superficie complessivamente coinvolta risulta essere circa **149,04 ha**.

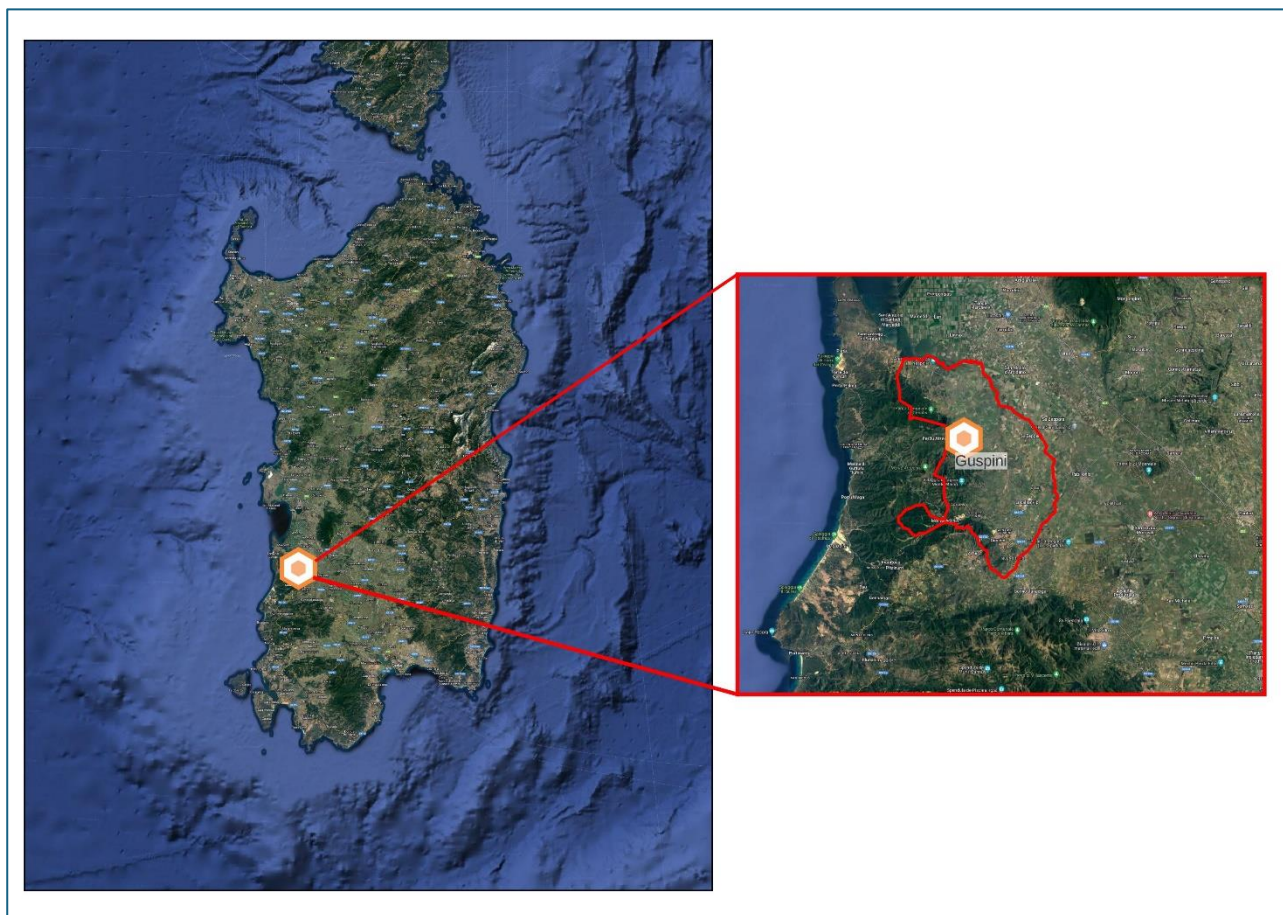


Figura 3: Area di studio

Le particelle oggetto di indagine sono le seguenti:

Foglio	Particella
201	3, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 22, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 45, 46, 47, 52, 53
202	1, 3, 4, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 46, 49, 59, 60, 67, 68, 69, 71, 74, 76, 77, 78, 81, 87
203	4, 5, 10, 13, 16, 17, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 35, 40, 41, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 72, 76, 86, 96, 98, 100, 121
206	1, 2, 3, 6, 8, 9, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 34, 35, 40, 43, 44, 46, 47, 145, 146, 147, 150, 152, 153, 162, 165, 167, 169, 170, 172, 177
207	35
212	17, 22, 23, 43, 47, 50, 51, 52, 53, 59, 60, 96, 97, 103, 115, 123, 124, 125, 127, 141, 142, 143, 144, 145, 148, 170, 173, 174, 177, 178

Tabella 1. Riferimenti catastali

4.2 Aspetti pedologici

I suoli sono il risultato della interazione di sei fattori naturali ovvero substrato, clima, morfologia, vegetazione, organismi viventi e 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 od 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 pleistocenici; ed 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 (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. Nell'area di indagine analizzando la carta geologica sono presenti le seguenti formazioni:

- **Depositi alluvionali (b):** si tratta dei depositi che si rinvergono all'interno dei letti dei maggiori corsi d'acqua (Flumendosa, Flumini Mannu, Riu Murera, Riu Mulargia) attualmente ancora soggetti a processi di erosione, trasporto e rideposizione periodica. Essi sono costituiti da ghiaie poligeniche eterometriche, talvolta in matrice sabbiosa con lenti sabbiose e sabbioso-ghiaiose poco continue. Sono tipici sedimenti di barra, depositi nell'ambito di tracciati a canali intrecciati o irregolari, talvolta caratterizzati da un'elevata variabilità delle portate.
- **Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP (PVM^{2a}):** si tratta di ghiaie eterometriche, costituite da elementi delle successioni più antiche. In genere il grado di arrotondamento è modesto e sono frequenti o quasi esclusivi i livelli a sostegno di matrice a testimoniare che il meccanismo principale di deposizione è da attribuire a fenomeni di trasporto in massa come colate di detrito.

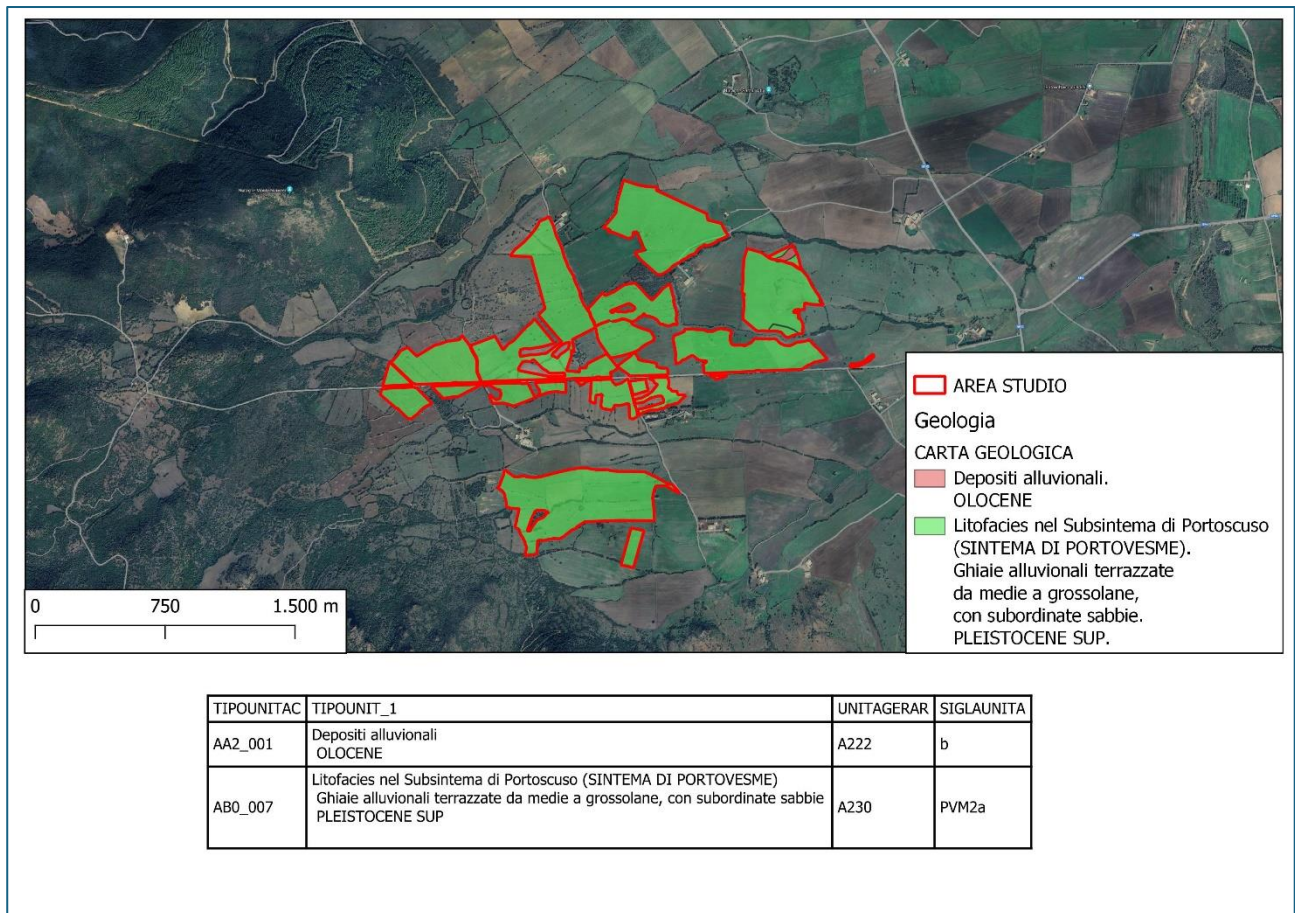


Figura 4: Carta geologica

4.3 Inquadramento climatico

L'area in studio è ubicata nel Campidano, nella provincia regionale del Sud Sardegna, in vicinanza di aree minerarie importanti e di aree agricole specializzate. I dati di seguito riportati, tratti da fitoclimatologia della Sardegna (Arrigoni P.V., 1968 e 2013), hanno l'obiettivo di inquadrare l'area dal punto di vista climatico nei suoi lineamenti generali.

Per quanto riguarda le temperature è possibile fare riferimento alla stazione termometrica di **Guspini-Nuraci**.

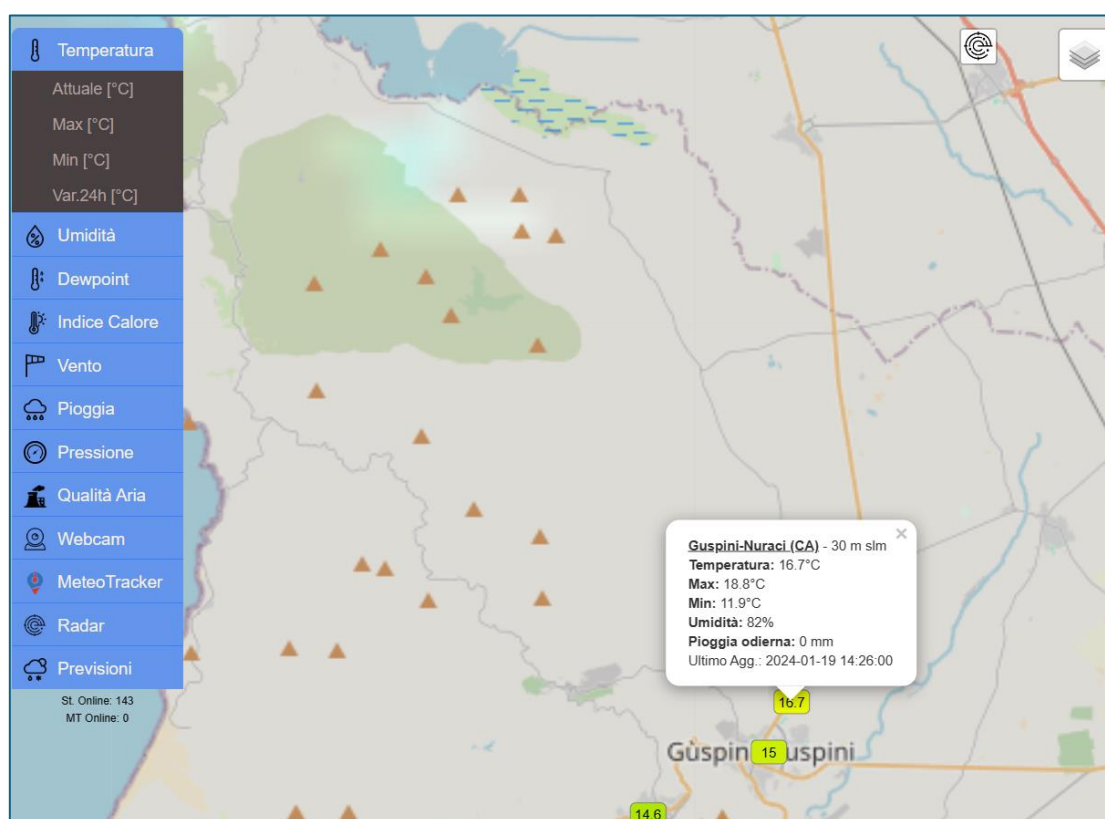


Figura 5: Stazione meteorologica di Guspini-Nuraci

Dall'esame della tabella si rileva che il mese più caldo è quello di luglio, con una temperatura media massima di 32,9°C, ma valori prossimi ai 30 °C sono presenti da giugno a settembre, periodo in cui è possibile avere colpi di calore estremamente dannosi per le colture agrarie, specie quelle irrigue. La temperatura media vede sempre luglio il mese più caldo, ma con valori più bassi (25,7°C).

Utilizzando questo valore possiamo affermare che i mesi più caldi con un valore superiore ai 20°C vanno da maggio a ottobre. Il periodo freddo, invernale, è invece compreso tra novembre e marzo, con temperature medie minime basse nei mesi di gennaio e febbraio. Queste possono rappresentare un limite per alcune colture agrarie, specie se intensive. Gennaio è anche il mese più freddo con una temperatura media di 8,2 °C. Da rilevare la differenza tra temperature medie massime e minime, soprattutto nei mesi estivi, mettendo in evidenza una escursione termica importante.

Per l'analisi delle precipitazioni è stata utilizzata la stazione pluviometrica di **Gonnosfanadiga**, con 40 anni di osservazioni e ubicata ad una quota di 188 m.

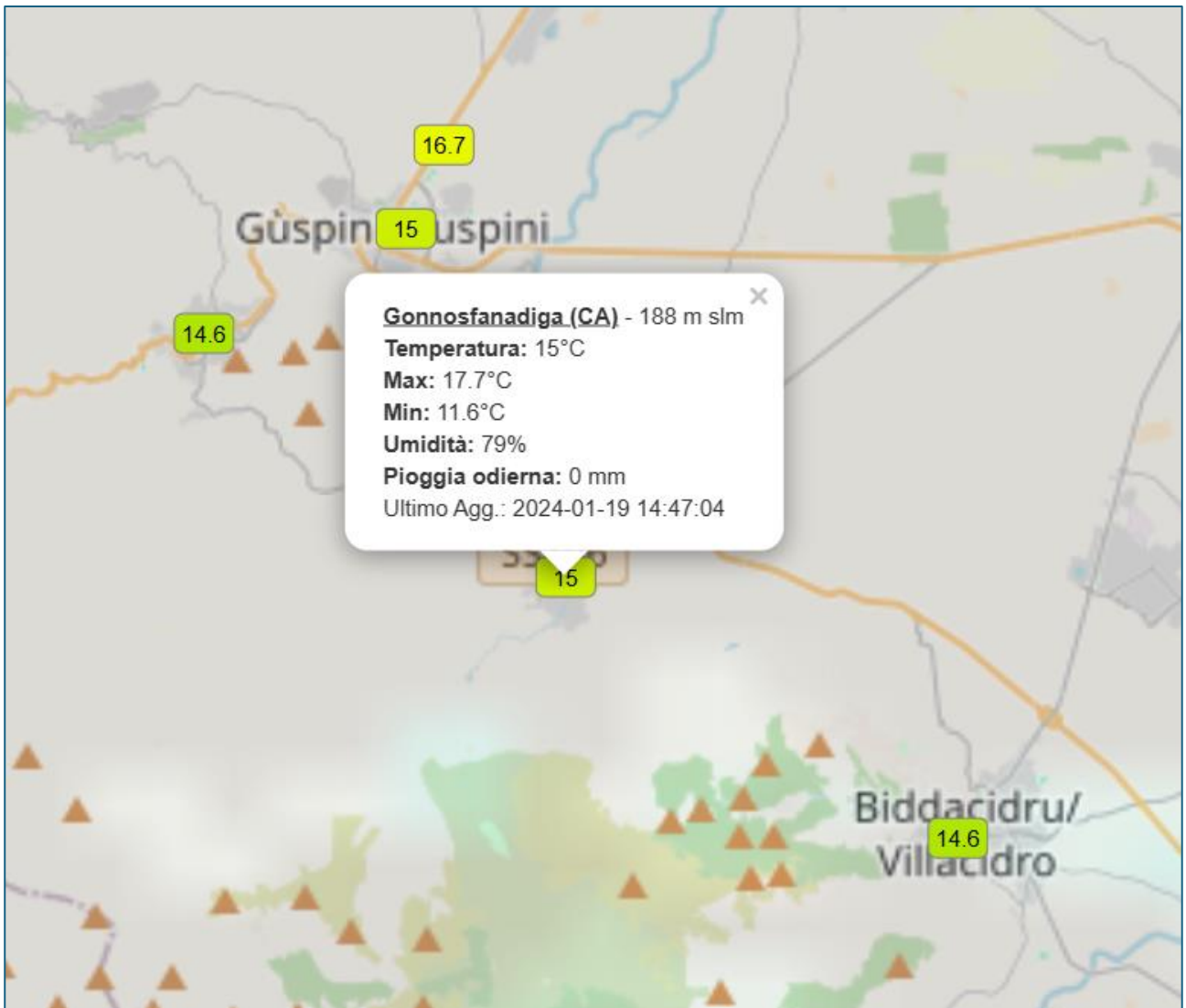


Figura 6: Stazione metereologica di Gonnosfanadiga

Le precipitazioni si concentrano nella stagione fredda. La stagione delle piogge inizia con il mese di ottobre e prosegue con importanti valori sino a marzo, per poi decrescere gradualmente sino ai valori minimi di luglio. Il mese più piovoso è dicembre con 131 mm.

La riserva idrica del suolo viene consumata entro maggio e inizia a ricostituirsi da settembre. Data la variabilità delle precipitazioni è possibile l'inizio delle irrigazioni anche dal mese di aprile, preferibilmente in soccorso alle colture cerealicole, frumento, orzo e avena.

Quindi si deduce nell'area in esame un clima caldo-arido, bi-stagionale, con acquazzoni estivi, alla fine di agosto, e temperature minime invernali che inducono uno stress relativamente importante alle colture agrarie.

4.4 Uso del suolo

La direttiva 2007/2/CE, con il termine copertura del suolo, definisce la copertura fisica e biologica della superficie terrestre, comprese le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali, le zone umide ed i corpi idrici.

L'uso del suolo (*land use*) è, invece, un riflesso delle interazioni tra l'uomo e la copertura del suolo e costituisce quindi una descrizione di come il suolo venga impiegato in attività antropiche. La direttiva 2007/2/CE lo definisce come una classificazione del territorio in base alla dimensione funzionale o alla destinazione socioeconomica. Un cambio di uso del suolo (e ancora meno un cambio di destinazione d'uso del suolo previsto da uno strumento urbanistico) potrebbe non avere alcun effetto sullo stato reale del suolo, mantenendo così intatte le sue funzioni e le sue capacità di fornire servizi ecosistemici.

La classificazione delle diverse classi di copertura del suolo è effettuata attraverso la classificazione *Corine Land Cover*; il progetto *Corine Land Cover (CLC)* è nato a livello europeo specificamente per il rilevamento e il monitoraggio delle caratteristiche di copertura e uso del territorio, con particolare attenzione alle esigenze di tutela ambientale.

La superficie oggetto di intervento, sulla base della classificazione *Corine Land Cover* acquisita dalla cartografia ufficiale della Regione Sardegna (UdS RAS 2008), ricade nelle seguenti tipologie:

- **Aree a ricolonizzazione naturale (COD.3241):** aree in ambito agricolo caratterizzate dall'avanzata revisione di specie arbustive. Formazioni che possono derivare dalla degradazione della foresta o dal rinnovare della stessa per ricolonizzazione di aree non forestali o in adiacenza di aree forestali. Si distinguono da 3.2.2. per le situazioni particolari di localizzazione (ad es. ex terreni agricoli con confini particolari o terrazzamenti) o in relazione a parametri temporali- culturali- ambientali particolari (ed es. aree percorse da incendio o soggette a danni di varia natura e origine).

- **Prati artificiali (COD:2112):** colture foraggere ove si può riconoscere una sorta di avvicendamento con i seminativi e una certa produttività, sono sempre potenzialmente riconvertibili a seminativo, possono essere riconoscibili per la presenza di muretti, manufatti o file di elementi arborei.

- **Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo (COD:2121)**

Per confermare le analisi dell'uso del suolo del 2008, è stata condotta un'indagine di fotointerpretazione basata sull'analisi delle ortofoto disponibili sul geoportale di Regione Sardegna e sull'analisi delle immagini del satellite Sentinel-2; tutti gli usi del suolo sono stati confermati, l'analisi di tessitura, colorimetria delle immagini ha confermato le categorie preseti.

Dalle verifiche condotte in campo, si conferma la classificazione anche allo stato attuale dei fatti. Si propone una cartografia riportate i punti dove è stata realizzata la documentazione fotografica allegata che va a confermare la presenza degli usi del suolo.

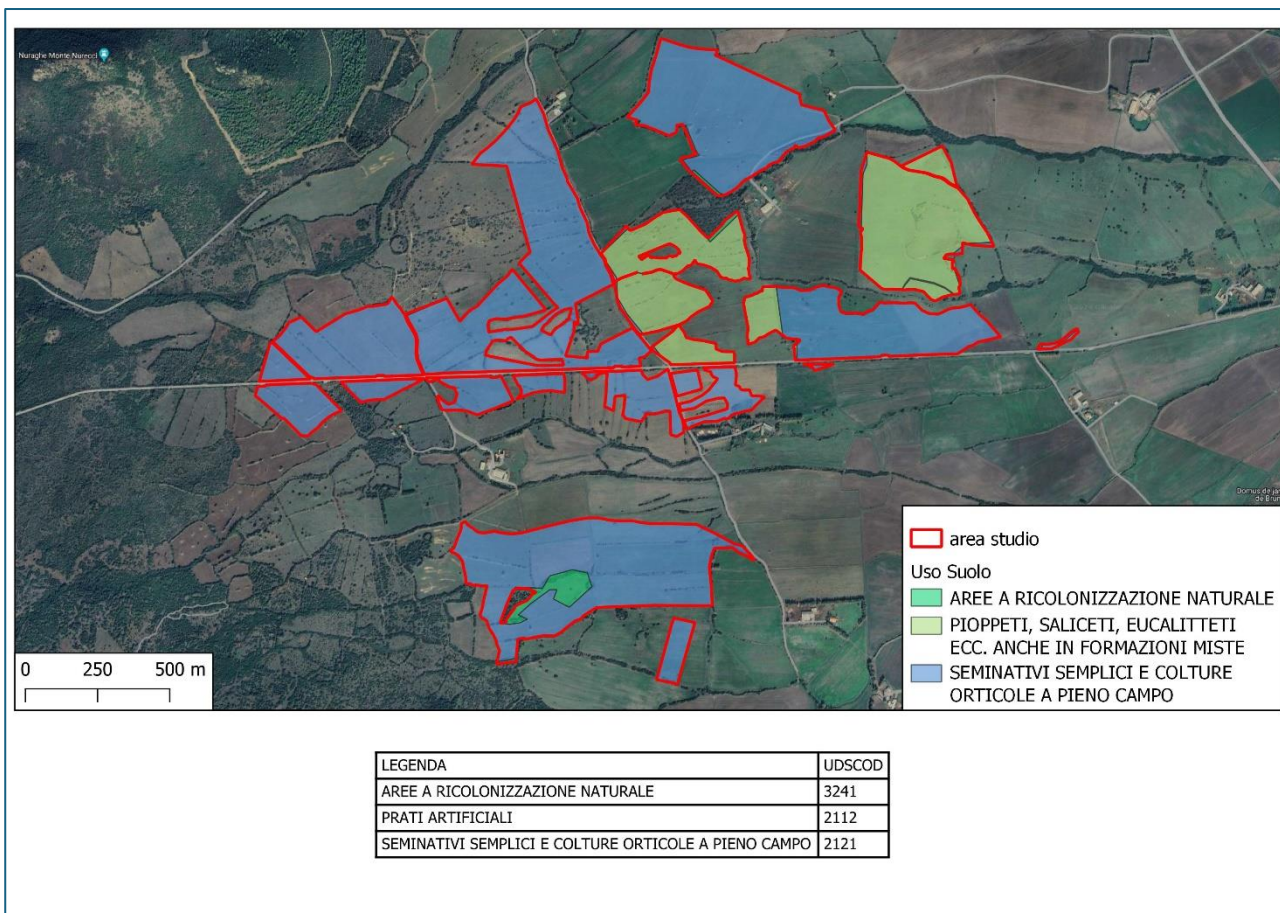


Figura 7: Carta uso del suolo

4.5 Carta della natura

È un progetto nazionale coordinato da ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale e realizzato con la partecipazione di diversi Enti, quali Regioni, Agenzie Regionali per la Protezione dell’Ambiente, Enti Parco ed Università.

La sua realizzazione è prevista dalla Legge 6 dicembre 1991, n. 394 Legge Quadro sulle Aree Protette, che all’Articolo 3 ne definisce la finalità, ovvero quella di individuare lo stato dell’ambiente naturale in Italia, evidenziando i valori naturali e i profili di vulnerabilità territoriale.

L’obiettivo principale di Carta della Natura è quello di fornire strumenti di conoscenza sugli ecosistemi ed habitat terrestri e sulla loro valutazione che vengono messi a disposizione delle Amministrazioni centrali e locali a supporto della pianificazione e programmazione delle politiche di conservazione e gestione delle risorse naturali del territorio italiano.

Di seguito si propone un estratto della cartografia editata sulla base della cartografia ufficiale realizzata da ISPRA (Camarda I. 2011 e 2015):

- **Matorral ad olivastro e lentisco (COD. 32.12)**
- **Culture di tipo estensivo e sistemi agricoli complessi (COD. 82.3)**

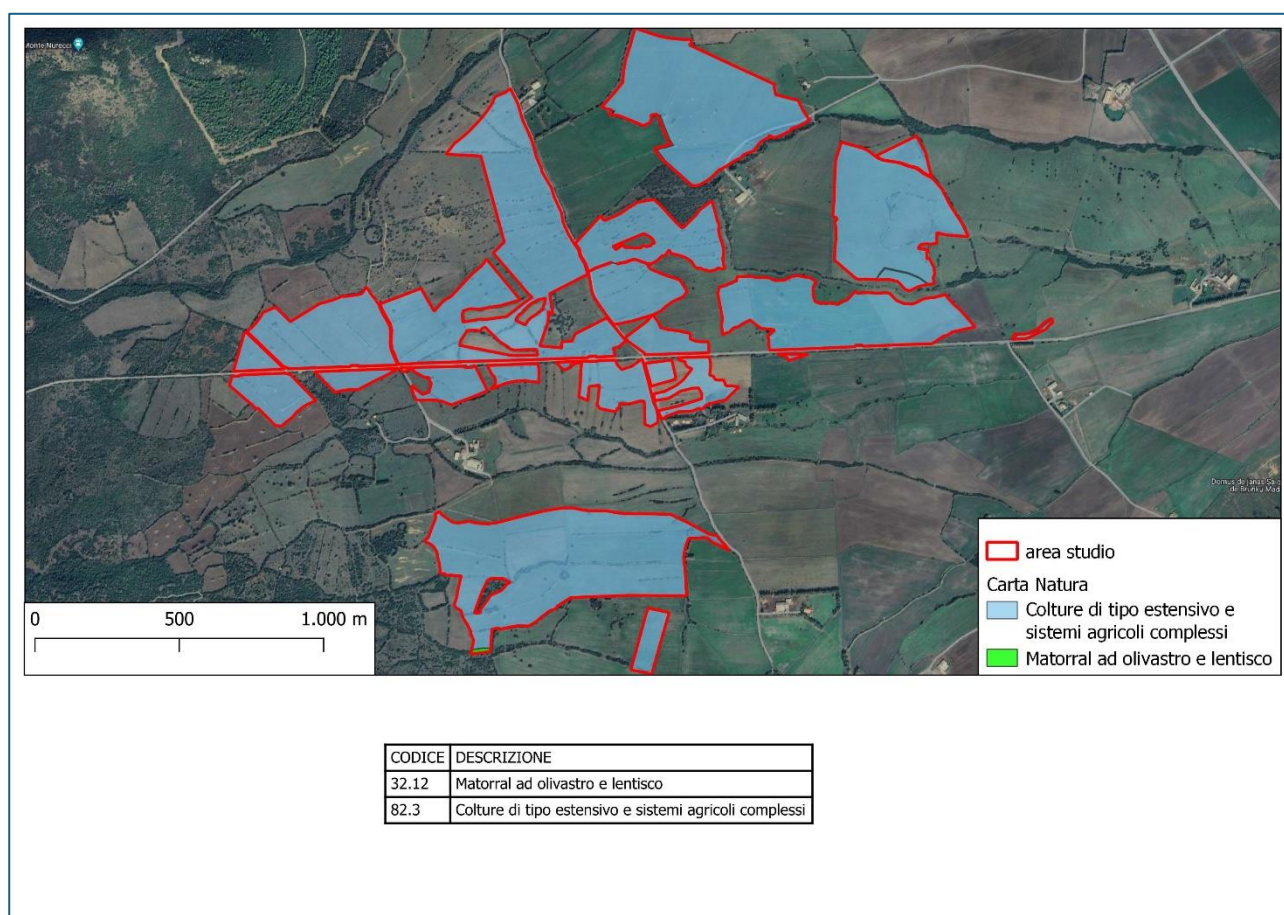


Figura 8: Carta della Natura ISPRA

L’analisi della carta della natura di ISPRA conferma, con un sistema di classificazione diverso, le categorie riscontrate anche con l’analisi dell’uso del suolo. Si tratta di aree agricole tradizionali con sistemi di seminativo occupati specialmente da cereali autunno-vernini a basso impatto e quindi con una flora compagna. Si possono riferire anche a sistemi molto frammentati con piccoli lembi di siepi, boschetti, prati stabili, come nel caso di questa area di studio.

Analizzando i principali indici della *Carta della Natura*, riscontriamo i seguenti parametri aggiuntivi che ci permettono di caratterizzare l'area in modo più adeguato:

- **Valore ecologico**: questo indice rappresenta la misura della qualità di ciascuna unità fisiografica di paesaggio dal punto di vista ecologico-ambientale, in analogia con quanto definito alla scala 1:50.000 per i biotopi. Gli indicatori che concorrono alla valutazione del valore ecologico sono: naturalità, molteplicità ecologica, rarità ecosistemica, rarità del tipo di paesaggio (a livello nazionale) e presenza di aree protette nel territorio dell'unità. Come si evince dalla cartografia sottostante il valore ecologico dell'area è interamente **basso**.

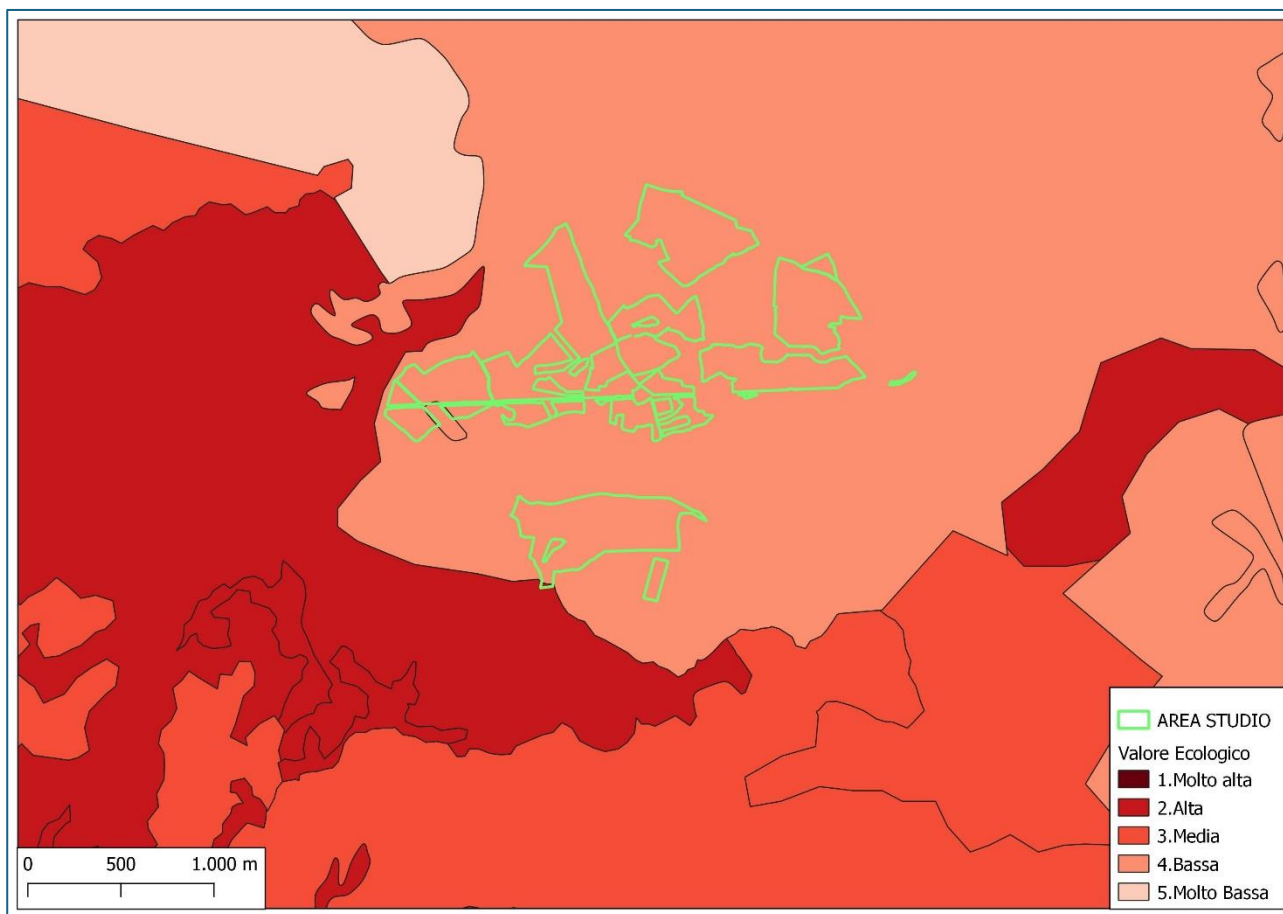


Figura 9: Carta della natura - Valore Ecologico

- **Sensibilità Ecologica**: questo indice fornisce una misura della predisposizione intrinseca dell'unità fisiografica di paesaggio al rischio di degrado ecologico-ambientale, in analogia a quanto definito alla scala 1:50.000 per i biotopi. Si basa sull'analisi della struttura dei sistemi ecologici contenuti nell'unità fisiografica. In particolare, dopo la sperimentazione di vari indicatori, si è ritenuto di utilizzare esclusivamente l'indice di frammentazione di Jaeger (*Landscape Division Index*) calcolato sui sistemi naturali, che da solo risulta essere un buon indicatore sintetico della sensibilità ecologica dell'unità fisiografica. Per il calcolo della sensibilità ecologica si procede in due fasi operative:

- utilizzando la carta dei sistemi ecologici, si accorpano e si fondono i sistemi ecologici in base al loro valore di naturalità;

- si calcola l'indice di frammentazione dei sistemi ecologici ad elevata naturalità

Come si evince dalla cartografia sottostante la sensibilità ecologica dell'area è interamente **bassa**.

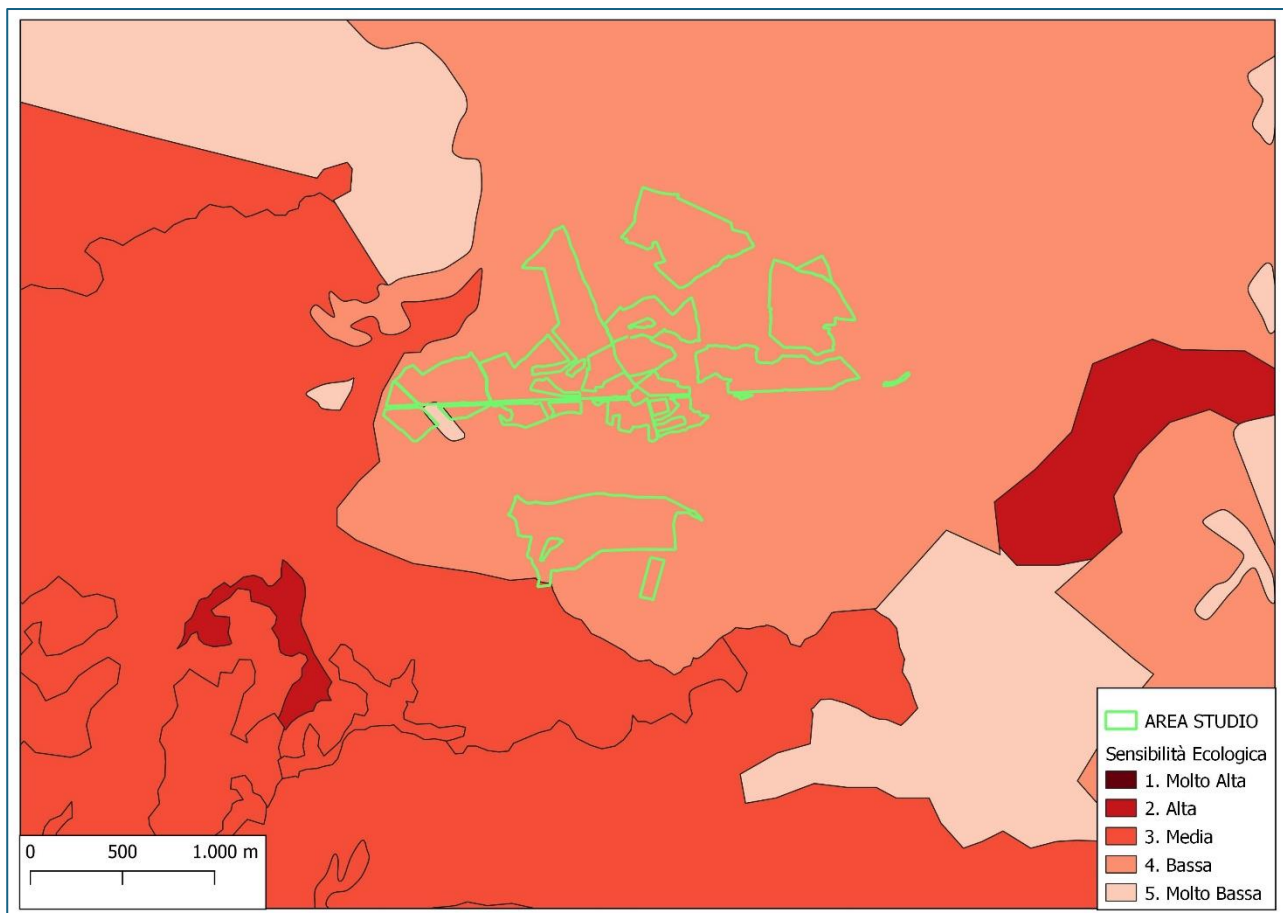


Figura 10: Carta della natura - Sensibilità Ecologica

- **Pressione Antropica:** Questo indice rappresenta il disturbo complessivo di origine antropica che interessa gli ambienti all'interno di una unità fisiografica di paesaggio, analogamente a quanto definito alla scala 1:50.000 per i biotopi. Gli indicatori che concorrono alla valutazione della pressione antropica sono:

- carico inquinante complessivo calcolato mediante il metodo degli abitanti equivalenti
- impatto delle attività agricole
- impatto delle infrastrutture di trasporto (stradale e ferroviario)
- sottrazione di territorio dovuto alla presenza di aree costruite
- presenza di aree protette, inteso come detrattore di pressione antropica

Come si evince dalla cartografia sottostante la pressione antropica dell'area è interamente **media**. Si certifica che l'area non è in uno stato naturale di mantenimento, ma l'impatto della attività agricole e delle infrastrutture ha modificato l'assetto storico del paesaggio.

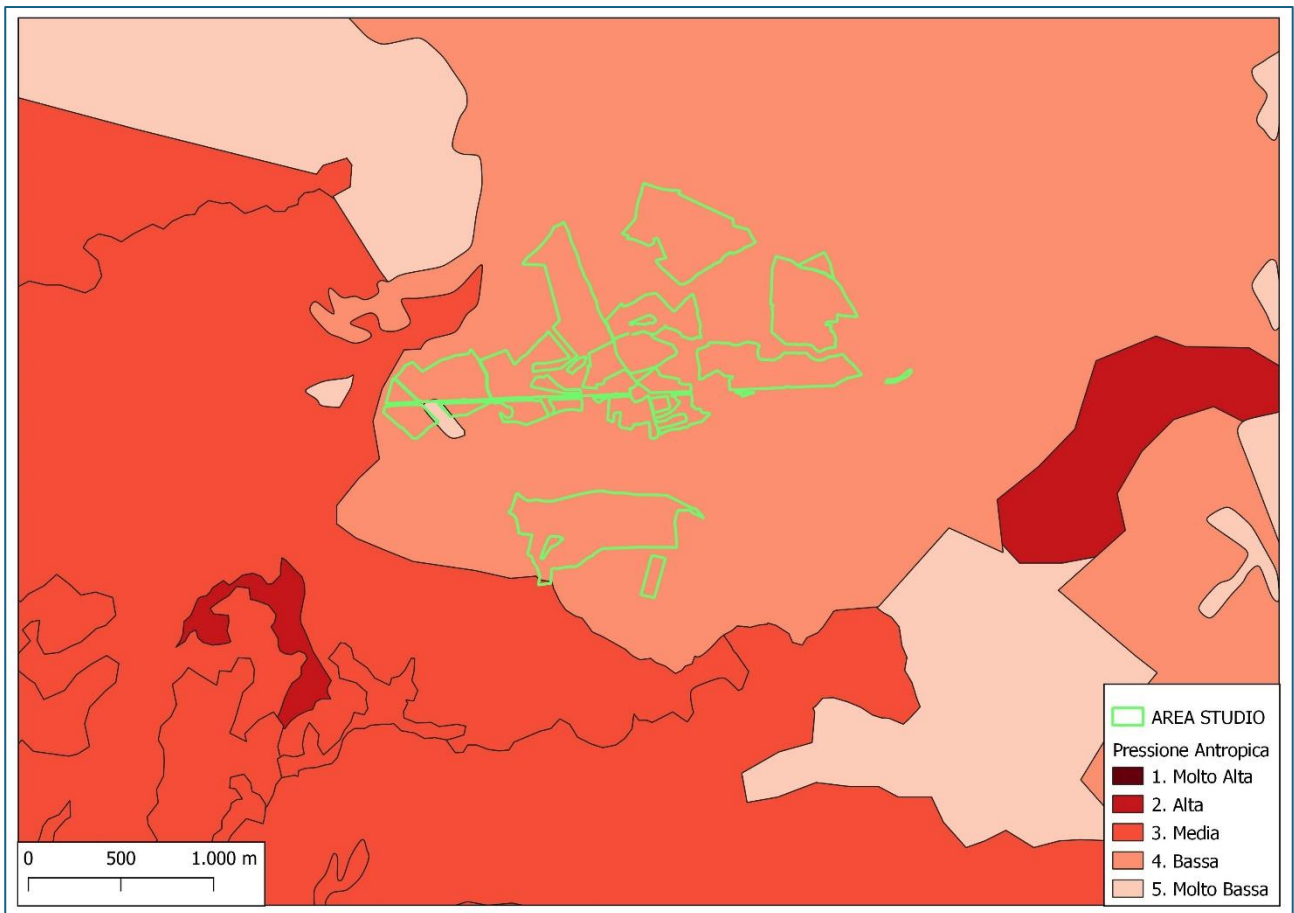


Figura 11: Carta della natura - Pressione Antropica

- **Profilo Ambientale:** Una volta calcolati i singoli indici (valore ecologico, sensibilità ecologica, pressione antropica) è possibile individuare un indice complessivo che evidenzi il livello di rischio di degrado ecologico-ambientale per ciascuna unità fisiografica di paesaggio. Tale indice sintetizza in un unico indice il valore ecologico, la sensibilità ecologica e la pressione antropica. La metodologia di calcolo è simile a quella che consente di individuare gli altri indici, che in questo caso assumono nel modello il ruolo di indicatori, e si articola nei seguenti passaggi:

1) normalizzazione dei singoli indicatori;

2) utilizzando il metodo del punto ideale, calcolo del cosiddetto indice C, che consente di valutare ogni unità fisiografica di paesaggio in base alla sua condizione ecologica, su una scala di valori relativa all'area di studio (regionale o nazionale).

Come si evince dalla cartografia sottostante il profilo ambientale dell'area è interamente **basso**.



Figura 12: Carta della natura – Profilo Ambientale

4.6 Carta dei suoli (Land Capability Classification)

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.

Per la valutazione della attitudine all'uso agricolo dell'area in esame è stato utilizzato lo schema noto come *Land Capability Classification* (LCC).

La *Land Capability Classification* 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 socioeconomici. 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.

Con questo sistema di classificazione 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;
- 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:

- **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 manutenzione delle sistemazioni idraulico agrarie e forestali.
- **Classe IV:** suoli con limitazioni molto forti all'utilizzazione agricola. Consentono solo una limitata possibilità di scelta.
- **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.

Nella superficie oggetto di intervento ricadono le seguenti tipologie:

- **I1: Aree da sub pianeggianti a pianeggianti**

Substrato	Alluvioni e su arenarie eoliche cementate del Pleistocene.
Morfologia	Aree da subpianeggianti a pianeggianti.
Descrizione	Suoli a profilo A-Bt-C, A-Btg-Cg e subordinatamente A-C, profondi, da FS a FSA in superficie, da FSA ad A in profondita', da permeabili a poco permeabili, da subacidi ad acidi, da saturi a desaturati.
Tassonomia	TYPIC, AQUIC, ULTIC PALEXERALFS, subordinatamente XEROFLUVENT, OCHRAQUALFS
Classi Land Capability	III - IV
Copertura suolo	Aree con prevalente utilizzazione agricola.
Limitazioni d'uso	Eccesso di scheletro, drenaggio da lento a molto lento, moderato pericolo di erosione.
Attitudini all'uso	Colture erbacee e, nelle aree piú drenate, colture arboree anche irrigue.

- **I3: Aree pianeggianti**

Substrato	Alluvioni e su arenarie eoliche cementate del Pleistocene.
Morfologia	Aree pianeggianti.
Descrizione	Suoli a profilo A-Bt-C, A-Bt-Ck, A-Btk-Ckm e subordinatamente A-C, profondi, da FS a FA in superficie, da FSA ad AS in profondita', da permeabili a mediamente permeabili, da neutri a subalcalini, saturi.
Tassonomia	TYPIC E CALCIC HAPLOXERALFS, subordinatamente XEROFLUVENTS
Classi Land Capability	II - III
Copertura suolo	Aree con prevalente utilizzazione agricola.
Limitazioni d'uso	A tratti: eccesso di scheletro, eccesso di carbonati, drenaggio lento.
Attitudini all'uso	Colture erbacee ed arboree anche irrigue.

- **L2: Aree pianeggianti o leggermente depresse**

Substrato	Alluvioni e su conglomerati, arenarie eoliche e crostoni calcarei dell'Olocene.
Morfologia	Aree pianeggianti o leggermente depresse.
Descrizione	Profili A-C, profondi, da argillosi a franco argillosi, da poco a mediamente permeabili, da neutri a subalcalini, saturi.
Tassonomia	TYPIC PELLOXERERT, TYPIC CHROMOXERERTS, subordinatamente XEROFLUVENTS
Classi Land Capability	II - III
Copertura suolo	Aree con prevalente utilizzazione agricola.
Limitazioni d'uso	Tessitura fine, drenaggio lento, pericolo di inondazione.
Attitudini all'uso	Colture erbacee anche irrigue.



Figura 13: Dettaglio della carta dei suoli

4.7 Alberi monumentali

In Italia esiste una legge che tutela gli alberi monumentali ed è stata emanata per lo sviluppo degli spazi verdi urbani. Approvata nel 2013, la normativa in questione riconosce e tutela gli alberi monumentali definendoli, prevedendo la possibilità di identificarli e stabilendo delle sanzioni in caso di abbattimento.

Gli alberi monumentali sono:

- alberi ad alto fusto o quello secolare, che per età, dimensioni, pregio naturalistico, rarità botanica, peculiarità della specie, è considerabile come un raro esempio di maestosità e longevità: non importa se si trova o meno nei centri urbani o se è piantato o meno all'interno di una proprietà pubblica;
- I filari o le cosiddette alberate di particolare valore paesaggistico, monumentale, storico e culturale, anche se posti all'interno dei centri urbani;

Nell'area di studio, come riportato nella cartografia di riferimento, non sono presenti alberi monumentali.

Sono presenti due individui nelle zone limitrofe all'impianto, ma la struttura dell'impianto agrivoltaico non interessa in alcuno modo questi due esemplari di alberi monumentali.

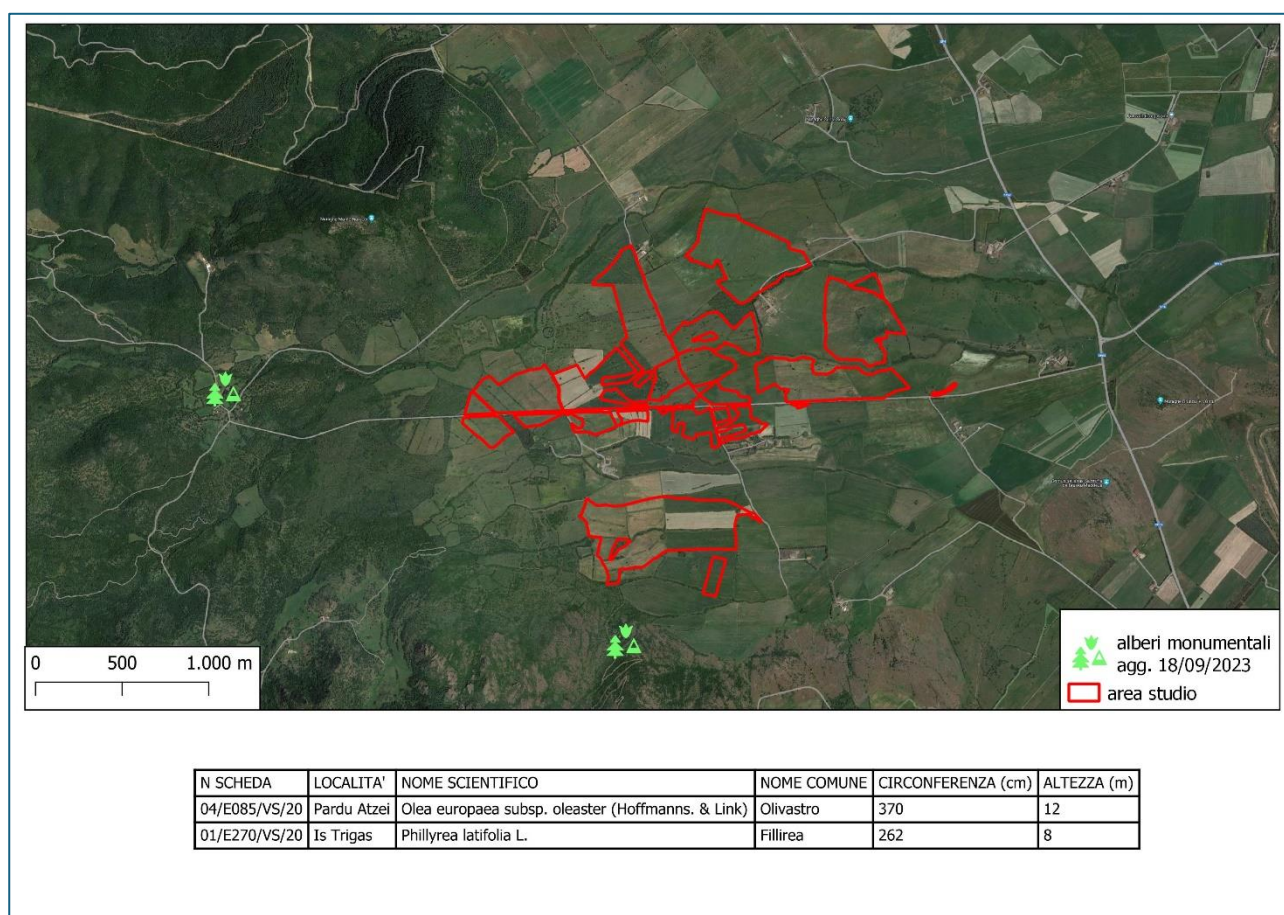


Figura 14: Alberi monumentali aggiornamento 18 settembre 2023

4.8 Modalità di conduzione ed attività agricola – stato di fatto

Come menzionato, l'area di intervento è localizzata nel territorio comunale di Guspini nella zona E agricola.

La morfologia del terreno si presenta prevalentemente pianeggiante 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 **105 e 40 m s.l.m.**

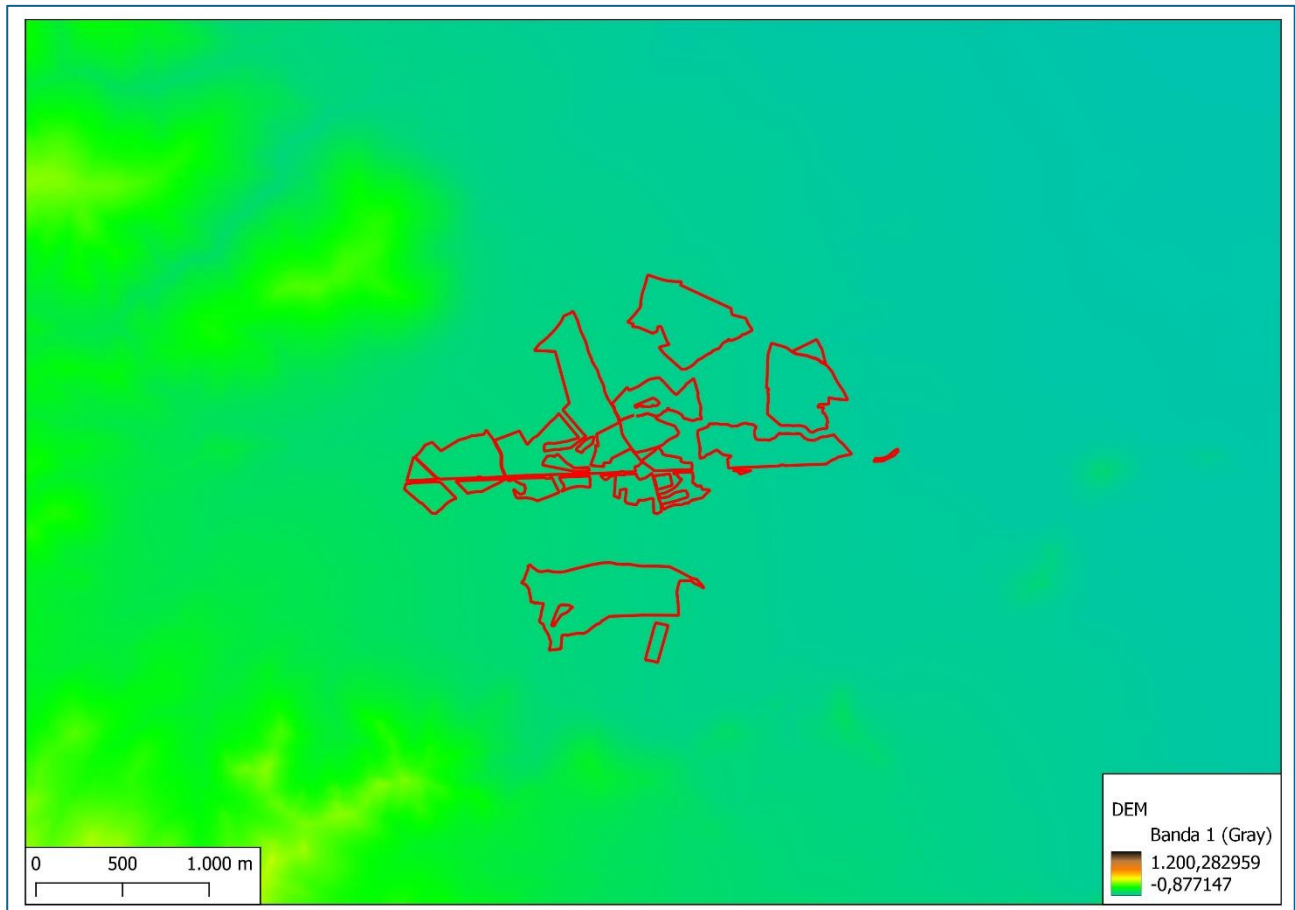


Figura 15: Digital Elevation Model (DEM)

Il paesaggio agrario nell'area di studio è disegnato in maniera netta dalla mano dell'uomo, questo viene confermato anche dall'analisi dei dati provenienti dal progetto della carta della natura di ISPRA, 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 spp*, specie alloctona introdotto con grande diffusione in Italia, o altre specie con comportamento arbustivo come *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, *Phyllirea latifolia*, *Myrtus communis*. Tutte le formazioni ad eucalipto presenti nell'area non ricadono nella area soggetta ad interventi.



Figura 16: Formazione boschiva ad eucalipto

Il paesaggio dell'area d'interesse e dell'area vasta è stato profondamente modificato dall'azione antropica e resta poco o niente del paesaggio pianiziale originario. Non sono da riferire all'antico sistema di paesaggi neanche i modesti tratti di formazioni forestali che sono presenti nelle zone limitrofe all'impianto, o tanto meno i singoli alberi presenti nell'area.

La formazione forestale potenziale è riconducibile alla serie Sarda termo-meso-mediterranea della sughera, ovvero nel galio scabri-*Quercetum suberis* (Bacchetta G, 2009). Dal sopralluogo condotto in loco **non** si rileva nell'area di studio la presenza di alberature appartenenti alla specie *Quercus suber*.

Questi sono meso-boschi a *Quercus suber* con *Quercus 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 rhamnatosum alaterni* (Bacchetta G, 2009).

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 erica arborea-*Arbutetum unedoni* e da garighe a *Cistus monspeliensis* e *C. salvifolius* (Bacchetta et al., 2007).



Figura 17: Gruppi arbustivi composti da cisto e mirto



Figura 18: Gruppi arbustivi composti da cisto e mirto

Questi elementi sono stati valutati sia mediante fotointerpretazione, che con documentazione fotografica durante i rilievi di campo. Questi elementi sono stati classificati secondo le specifiche del

progetto *refresh* è al loro interno contengo elementi come bordi vegetati dei fossi e dei canali, capezzagne, elementi lineari arborei ed arbustivi che abbiano una dimensione superiore ai 50 m e inferiore ai 2.000 m (**Allegato B**).

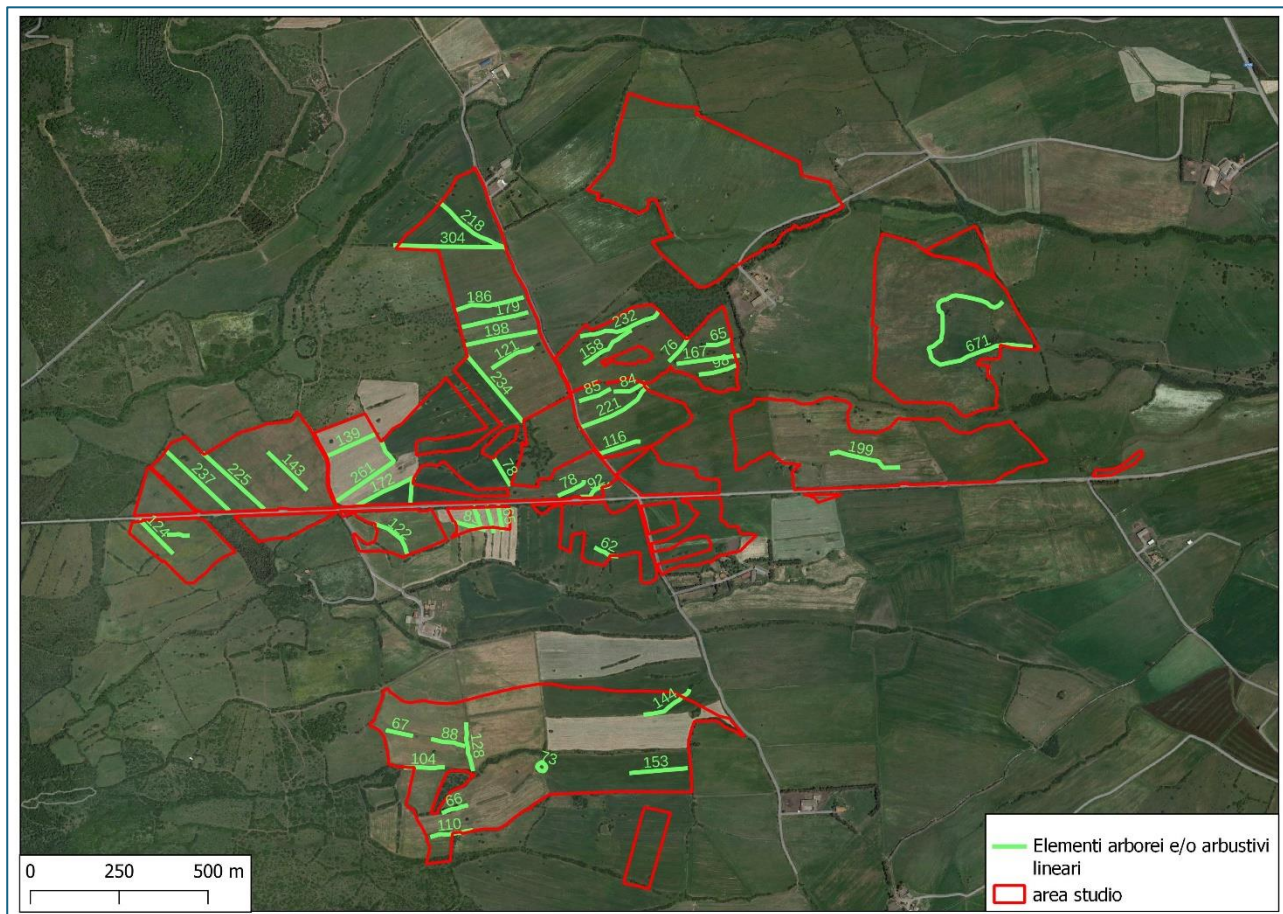


Figura 19: Cartografia degli elementi arborei e/o arbustivi sovrapposti all'impianto

In misura minore possiamo annoverare tra la vegetazione potenziale del sito di studio anche il geosigmeto mediterraneo, edafoigrofilo e/o planiziale eutrofico, termo-mesomediterraneo come *Populenion albae*, *Fraxino angustifoliae*, *Ulmunion minoris*, *Salicion albae*. Il geosigmeto edafoigrofilo e/o planiziale è caratterizzato da meso-boschi edafoigrofili caducifogli costituiti da *Populus alba*, *Populus nigra*, *Ulmus minor*, *Fraxinus angustifolia* e *Salix spp.* (Bacchetta G, 2013).

Queste formazioni hanno una struttura generalmente bi-stratificata, con strato erbaceo variabile in funzione del periodo e strato arbustivo spesso assente o costituito da arbusti spinosi.



Figura 20: Elementi lineari arbustivi



Figura 21: Elementi lineari arbustivi

Ampliando l'analisi vegetazionale alle zone circostanti l'area di studio sono presenti delle boscaglie costituite da *Salix spp.*, *Rubus ulmifolius*, *Tamarix spp.* ed altre fanerofite cespitose quali *Vitex agnus-castus*, *Nerium oleander* o *Sambucus nigra*.

In una prima fase di fotointerpretazione sono stati valutati e quantificati tutti gli alberi ed arbusti di grandi dimensioni in forma singola. Da fotointerpretazione e da verifica in campo sono stati quantificati **70 gruppi arborei isolati**, *per isolato si intende un gruppo situato, rispetto ad ogni un altro elemento ad una distanza superiore a 20 metri*. Questi gruppi arborei si sviluppano in presenza di grandi ammassi pietrosi. Questi ammassi pietrosi sono stati realizzati nel tempo dall'azione antropica e quindi non da considerarsi strutture storiche del paesaggio. Le operazioni di aratura, seguite da operazioni di frangizzolatura, hanno determinato l'emersione di grandi elementi rocciosi. Questi elementi hanno enormi impatti negativi sulle operazioni di falciatura e trebbiatura, in quanto possono danneggiare i macchinari. Quindi nel tempo gli agricoltori gli hanno ammassati creando questi cumuli dove si sono sviluppati elementi arbustivi. Inoltre, questi cumuli hanno origine dal disfacimento di elementi storici del paesaggio, muretti a secco che rappresentavano delle zone definite dove confinare gli ovini. Questi cumuli prendono origine anche dalle rocce emerse durante le fasi di spietramento dei campi, tali elementi sono stati declassati a livello di interesse storico, perché riconosciuto che sono stati realizzati dall'azione antropica in tempi recenti.

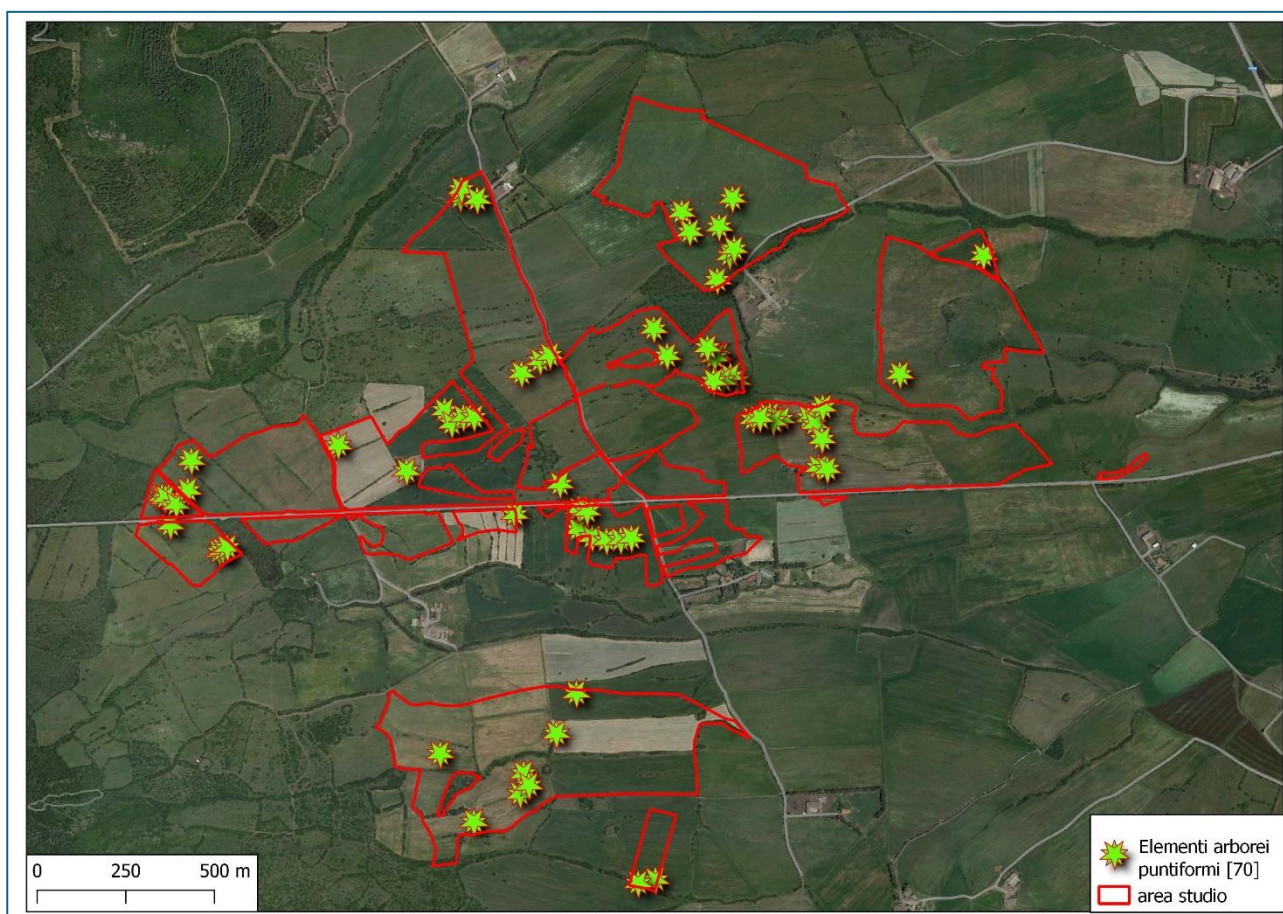


Figura 22: Cartografia alberi in forma singola sovrapposti all'impianto



Figura 23: Elementi arborei e arbustivi presenti a pieno campo

Per quanto concerne elementi arborei di grandi dimensioni, questi sono pochissimi e sono tutti appartenenti alla specie *olivastro* (*Olea europaea* var. *sylvestris*). Essendo questi elementi un numero molto ridotto, su questi possono essere condotte operazioni di trapianto per spostare gli elementi sulla nuova fascia tampone di mitigazione che verrà realizzata sul perimetro dell'impianto.

Nei pressi dell'area di studio, ma esterni ad essa, sono presenti due corsi d'acqua tipizzati:

- **Riu Nuraxi**
- **Riu Su Sessini**

In presenza di queste due corsi d'acqua sono 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, in quanto questi corsi d'acqua sono a carattere temporaneo ed in particolari periodi dell'anno come quello estivo l'acqua è completamente assente.

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

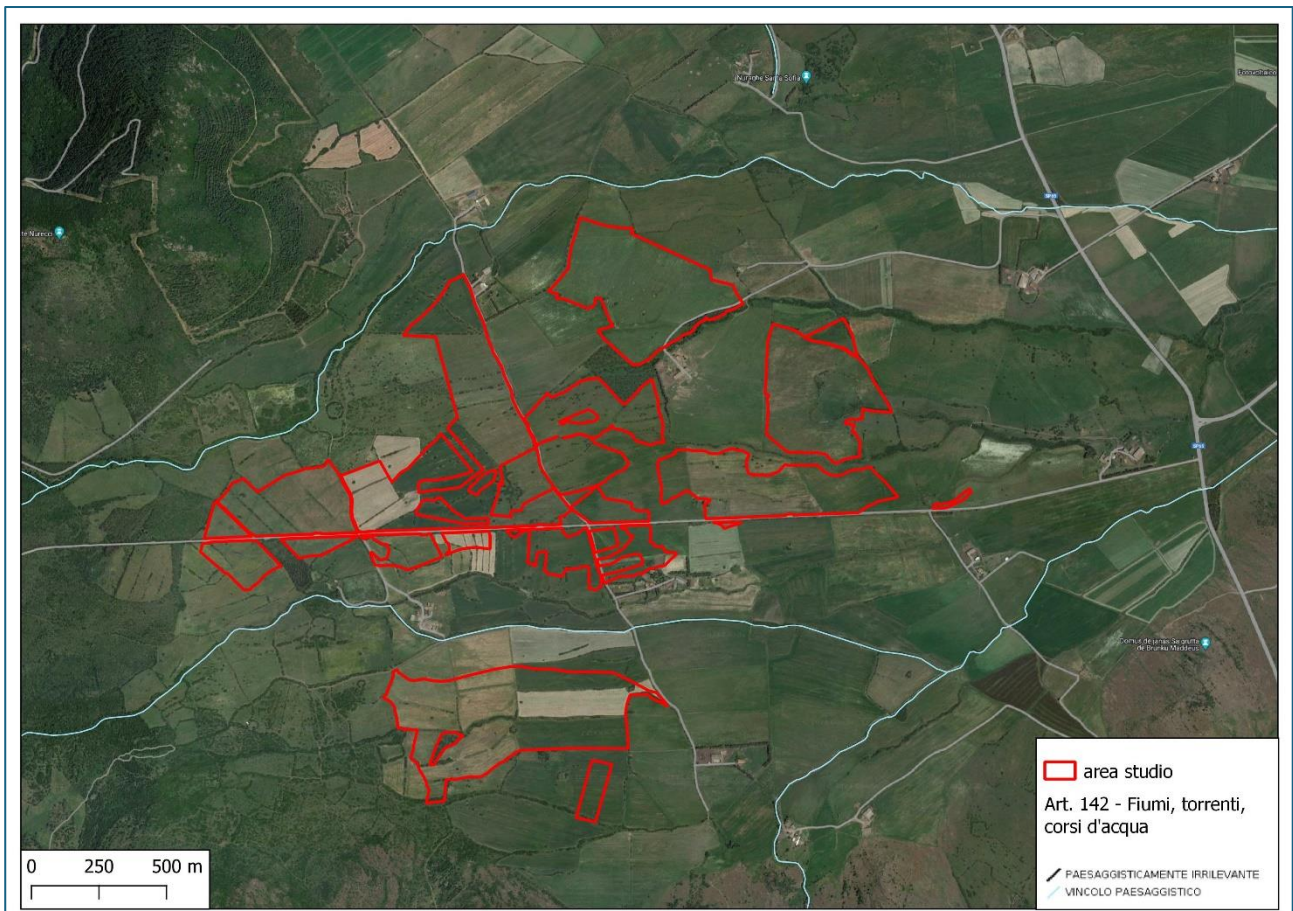


Figura 24: Corsi d'acqua tipizzati

L'agricoltura ha perso nel tempo molta della sua importanza economica e gli spazi che occupa sono diventati aree da attraversare per poter unire i centri abitati 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, 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 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, come nel caso dell'*Eucalyptus spp.*, 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 irrigue e non irrigue (cerealicole e foraggere da sfalcio).

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.

Attualmente il paesaggio vegetale del sito di intervento consiste in un mosaico di colture erbacee irrigue (l'area non è servita da infrastrutture irrigue consortili) e non irrigue (cerealicole e foraggiere da sfalcio).

La vegetazione spontanea si conserva lungo i margini dei coltivi e soprattutto, ove presenti, 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 specie spinose e non pabulari.

Buona parte dei terreni coinvolti ospitano importanti allevamenti di ovini appartenenti alla razza sarda, allevati con il metodo semi estensivo, in grado di sviluppare delle importanti sinergie con l'impianto agrivoltaico proposto

5.Descrizione degli interventi agronomici propedeutici alla realizzazione dell'impianto

La maggior parte dell'area oggetto di intervento, attualmente è utilizzata 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.



Figura 25: Stato di coltivazione degli appezzamenti

Inoltre, l'azione del pascolamento monospecifico, 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.

L'analisi dell'ortofoto della Sardegna realizzata nei mesi primaverili ed estivi del 2019, quando la copertura nuvolosa è minore, dimostrano che nell'area di studio i seminativi, a frumento presentano un'estensione molto ridotta, confermando che l'area è caratterizzata principalmente da pascoli magri. Possiamo affermare ciò grazie all'analisi dell'ortofoto, con risoluzione 20 cm a terra, come riportato sul geoportale di Regione Sardegna, che dimostrano l'assenza di segni delle principali operazioni colturali, con eccezione si segni di sfalcio evidenti dei campi.

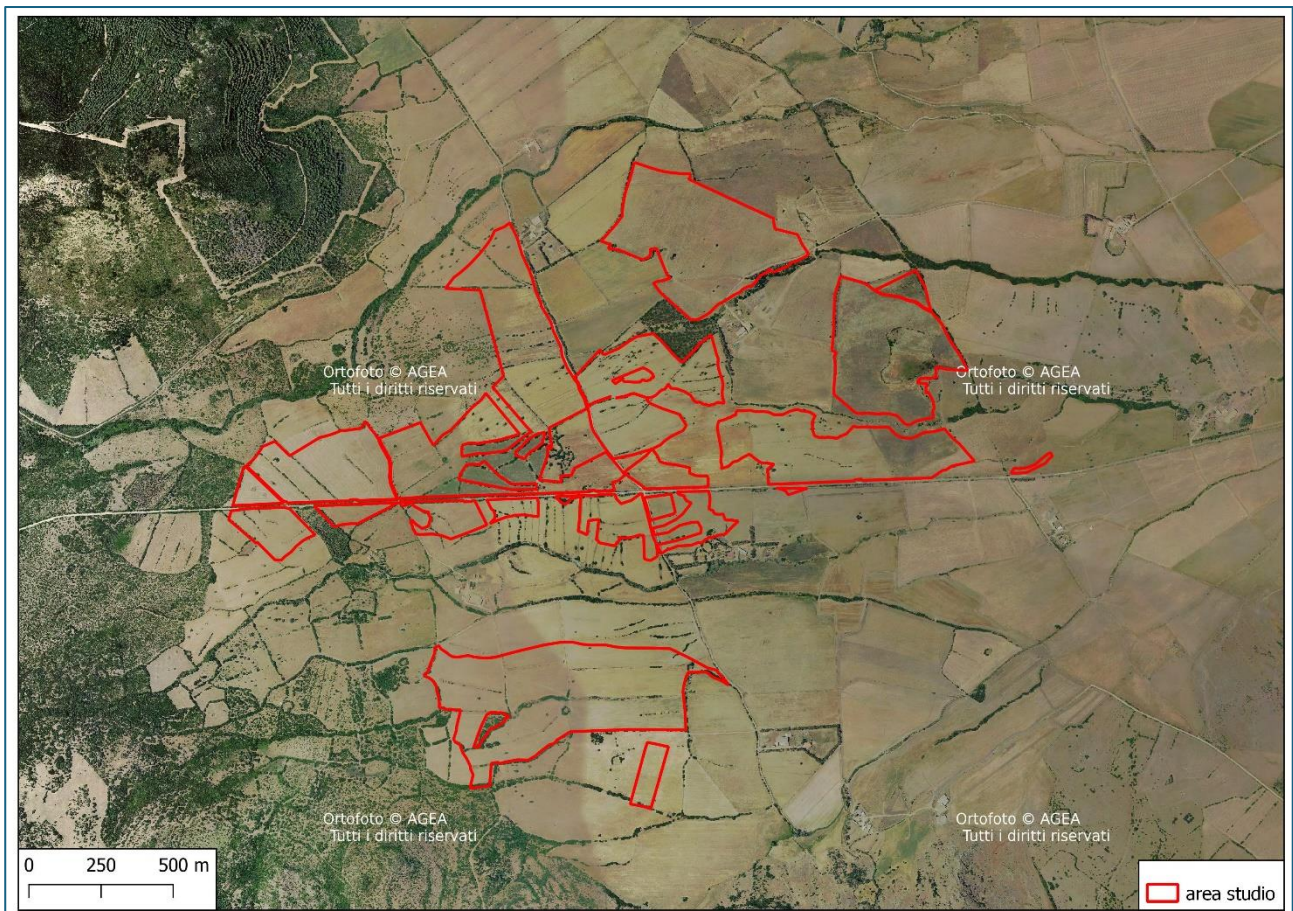


Figura 26: Ortofoto Sardegna anno 2019

Le ortofoto sono un dato che presenta una ricorrenza temporale di 3 anni. Per avere un dato con una ricorrenza temporale più breve si fa riferimento alle immagini del progetto Sentinel, nel dettaglio al satellite Sentinel-2. Queste immagini presentano una risoluzione minore rispetto alle ortofoto, ma hanno una risoluzione temporale molto più corta e quindi migliore. Il frumento in generale in Italia si semina per la maggior parte da metà ottobre a metà novembre, a seconda delle aree geografiche. Poi si raccoglie per lo più tra fine giugno e inizio luglio. Quindi nell'analisi delle immagini satellitari nel mese di giugno ci si aspetta di avere una risposta colorimetrica rossa, con tessitura omogenea. Le analisi delle immagini satellitari ci confermano che i seminativi presenti nell'area di studio **sono del tutto assenti**.

Le analisi condotte in campo dimostrano l'assenza di aree seminate a frumento. Nelle zone limitrofe all'impianto, ma non ricadenti al suo interno sono presenti appezzamenti coltivati a frumento. Le analisi bibliografiche condotte dimostrano che le rese degli appezzamenti sono in generale basse.

Tutti gli appezzamenti visionati sono seminati con miscugli di avena e leguminose (favino) che permettono di svolgere il pascolo dai mesi autunnali a quelli primaverili. Nel mese di maggio vengono svolte delle operazioni di sfalciatura per raccogliere il prodotto e farne foraggi per gli animali da utilizzare nei mesi estivi.

Le analisi condotte ci hanno permesso di verificare che altri tipi di coltivazioni in questa area non sono realizzabili. La principale problematica è dovuta alla presenza di innumerevoli rocce nel terreno. Frequenti operazioni di aratura e frangizzolatura, ripetute negli anni, per preparare il terreno alla semina non sono realizzabili perché determinerebbero affioramento costante di rocce e obbligherebbe i conduttori dei terreni ad onerose operazioni di spietramento. Inoltre, durante la fase di trebbiatura del prodotto queste rocce affioranti porterebbe al danneggiamento dei macchinari con ingenti danni

economici a carico degli agricoltori, nel tempo poi non più sostenibili. Infine, continue operazioni di spietramento modificherebbero anche il profilo del terreno compromettendo le sue caratteristiche originarie e innescando fenomeni di erosione e dilavamento.

La conformazione del terreno obbliga quindi i conduttori dei terreni ad operazioni di semina su sodo. Questo tipo di lavorazione virtuosa però espone i campi allo sviluppo di erbe infestanti che ne riducono l'effettiva resa agronomica. Questo è un altro elemento importante da tenere in considerazione, perché le erbe infestanti vengono contenute con operazioni di tipo meccanico, come la trinciatura, ed utilizzate per il pascolo degli animali. Una minore esposizione ai raggi luminosi, determinata dall'impianto, influenzerebbe negativamente lo sviluppo di queste erbe infestanti e permetterebbe di ottenere rese agronomiche migliori.



Figura 27: Stato di gestione degli appezzamenti

L'analisi dell'immagine ed i sopralluoghi condotti mostrano chiaramente che la zona è caratterizzata da prati/pascolo artificiali seminati con miscugli poveri di avena e leguminose (favino e trifoglio ginestrino); un pascolo di questo tipo, mediamente, fornisce circa 700 kg ha⁻¹ anno di fieno normale, pari a **1.295 U.F. ha⁻¹ anno.**



Figura 28: Immagini satellite Sentinel anno 2023

Le superfici sono attualmente così coltivate:

- Prati pascoli magri 149,04 ha

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 Foraggiere (U.F.) prodotte.

Allo stato attuale la produzione foraggera è indicata dal calcolo espresso in U.F.:

Tipologia	Ettari (ha)	UF/ ha	UF TOTALI
Prati pascoli magri	149,04	1.295	193.006,80
TOTALE			193.006,80

Tabella 2: Calcolo Unità Foraggiere totali

Attualmente, pertanto, il valore agronomico dei terreni, espressi secondo il calcolo proposto è pari a **193.006,80** Unità Foraggiere.

A titolo esemplificativo, considerata l'esigenza nutritiva di una capo ovino adulto pari a 320 U.F./anno, potenzialmente nel terreno potrebbero essere allevati **603 capi ovini**, pari a circa **90,47 UBA** (Unità bovine adulte).

PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2007-2013 REG (CE) N. 1699/2005	
ALLEGATO 4 INDICE DI CONVERSIONE DEGLI ANIMALI IN UNITÀ DI BOVINI ADULTI (UBA)	
 UNIONE EUROPEA	 REPUBBLICA ITALIANA
Categoria di animali	Indice di conversione in UBA
Tori, vacche e altri bovini di oltre due anni di età	1,0
Bovini da sei mesi a due anni di età	0,6
Bovini di meno di sei mesi	0,4
Equini di oltre 6 mesi	1,0
Ovini di età superiore a 10 mesi	0,15
Caprini di età superiore a 10 mesi	0,15
Scrofe riproduttrici di oltre 50 Kg	0,5
Altri suini di età superiore a 6 mesi	0,3
Galline ovaiole	0,014
Altro pollame	0,003

Figura 29: Tabella di conversione numero di campi in UBA

I valori della produzione standard secondo le **tabelle RICA per la Regione Sardegna** saranno pari a:

Tipologia	Ettari (ha)	Euro/ha	Produzione standard
Prati pascoli magri	149,04	246,0	36.663,84
TOTALE			36.663,84

Tabella 3: Calcolo della Produzione Standard

Per quanto riguarda, la voce euro ad ettaro è stato applicato il valore medio tra i prati magri e i prati permanenti, questo comporta una leggera sovrastima della produzione standard attuale.

6. Piano colturale in progetto

6.1 Prato pascolo polifita permanente

Gli attuali cambiamenti climatici, con periodi di siccità molto prolungati e piogge molte volte connesse in particolari momenti dell'anno, come accade in alcune zone dell'Italia ad esempio la Sardegna, comportano una revisione delle classiche pratiche colturali e delle tipiche coltivazioni che venivano realizzate nel tempo.

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 restituire alla fine della vita utile dell'impianto agrovoltaico un terreno migliorato e pronto ad essere reimmesso nel ciclo produttivo agro-zootecnico. Si intende migliorare l'intera superficie attualmente destinata a coltivazioni foraggere avvicendate in asciutto alternate a pascolo, in superfici a **prato pascolo polifita permanente**.

La conversione ed il mantenimento delle superfici presuppone l'attuazione di una serie di operazioni di miglioramento agrario dei terreni al fine di 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.

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). In base alla stagione possono essere previsti più sfalci.

Questo piano colturale proposto è compatibile con il progetto in quanto il terreno effettivamente non utilizzabile per le coltivazioni diverse.

La superficie occupata dalle opere infrastrutturali inerenti all'impianto agrovoltaico, risulterà pari a circa **il 30,86%** dell'intera superficie e pertanto risulterà utilizzabile per la coltivazione a prato pascolo permanente migliorato una superficie pari a **149,04** ettari.

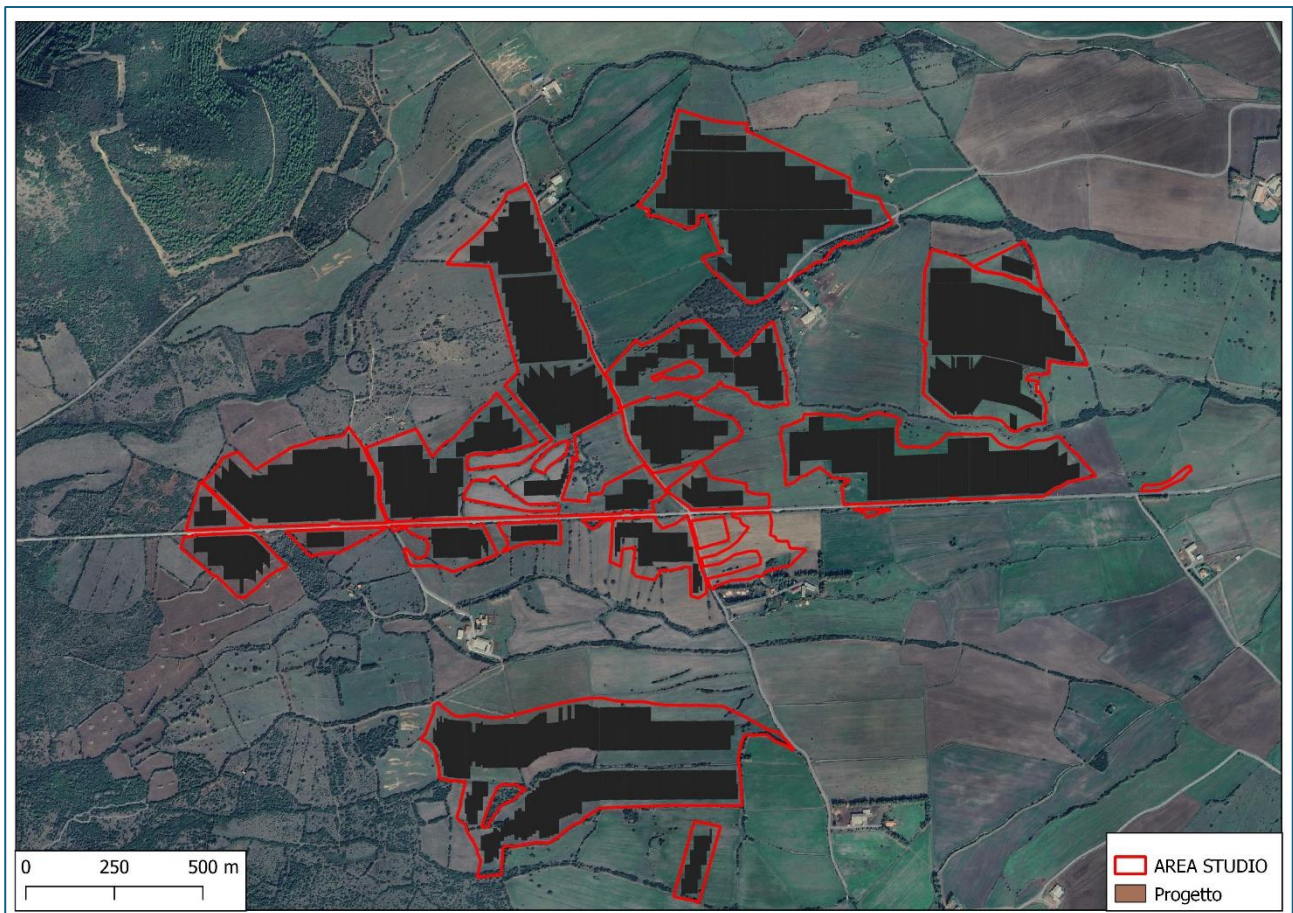


Figura 30: Cartografica di occupazione del suolo

Le porzioni libere comprese all'interno dell'area di progetto potranno essere mantenute/convertite a prato-pascolo permanente. Non ultimo anche le aree sotto la proiezione al suolo dei pannelli potranno essere comunque destinate alla coltivazione e al pascolo ovino, senza riscontrare nessuna riduzione di produzione. Di conseguenza gli appezzamenti rimarranno utilizzabili nella loro integrità.

L'azione di miglioramento diretta della fertilità del suolo, in un orizzonte temporale di medio/lungo periodo, si raggiungerà attuando due tecniche agronomiche fondamentali.

- Nella composizione delle essenze costituenti il miscuglio da seminare per l'ottenimento del prato permanente polifita privilegiando le **leguminose**, piante così dette miglioratrici, o azofissatrici, della fertilità del suolo in quanto in grado di fissare con l'azione della simbiosi radicale di batteri azotofissatrici, l'azoto atmosferico nel suolo a vantaggio diretto delle piante appartenenti alle graminacee. Si provvederà all'inserimento della specie spontanea sarda *Trifolium subterraneum* capace di auto riseminarsi e che, possedendo uno spiccato geocarpismo, contribuisce ad arrestare l'erosione superficiale sia eolica che idrica.

- Durante il mese di ottobre/novembre, ma anche negli 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**. Il letame ovino contiene il 70% di acqua ed il 32 di sostanza secca/organica; di questa sostanza secca 0,8 è di azoto. Il letame ha il suo principale valore nella sostanza organica; i contenuti di elementi nutritivi (azoto, fosforo, potassio) vanno conosciuti in termini quantitativi. 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. Il pascolamento controllato permetterà di eseguire operazioni di concimazioni

controllate in particolari periodi dell'anno sfruttando tutto il terreno, determinando un incremento del contenuto di azoto nel terreno a costo zero.

Con queste due semplici considerazioni tecniche si ottiene il seguente valore agronomico del terreno oggetto di intervento in fase di esercizio, secondo il principio delle unità foraggere (l'energia contenuta in un kg d'orzo standard o in 2,5 kg di fieno di un prato):

prato pascolo polifita permanente =

$$\underline{\text{Ettari}} (149,04 \text{ ha}) * \underline{\text{U.F./Ettaro}} (2.240) = \underline{\text{U.F. totali}} (333.849,60 \text{ UF})$$

Il confronto tra le unità foraggere prima e dopo l'intervento è il seguente:

- Prima dell'intervento **193.006,08 UF**

- Dopo l'intervento **333.849,60 UF**

Considerando la possibilità di pascolamento di capi ovini possiamo supporre che un'area di 149,04 ha gestita secondo queste modalità e considerata l'esigenza nutritiva di una capo ovino adulto, pari a 320 U.F./anno, potenzialmente nel terreno potrebbero essere allevati **1.043 capi ovini**, pari a circa **156,49 UBA** (unità ovine adulte).

Per quanto concerne la gestione corretta del pascolo e degli animali al pascolo, saranno allestiti dei punti di abbeveraggio nel pascolo in rapporto di almeno **1 ogni 8 UBA**. Supponendo il numero massimo di UBA pari a **156,49** saranno necessari **20 abbeveratoi**, ma per una migliore gestione della risorsa idrica si è deciso di puntare su **24 punti** di abbeveraggio per gli animali. Essendo di fronte ad un'estensione molto vasta dell'area di indagine si può presumere di realizzare **48 punti di abbeveraggio**, 24 a nord della strada centrale e 24 a sud. Il consumo medio di acqua da parte di un ovino cambia in base alla stagione. Nei mesi autunnali, invernali e primaverili dove il contenuto di acqua negli elementi vegetali è maggiore il consumo medio di acqua può andare tra i 5 ed i 10 l di acqua. Mentre nei mesi estivi questo consumo, causa il clima, cresce ad un quantitativo medio di 15 l al giorno. La presenza dei pannelli fotovoltaici creerà delle zone di ombre, che attualmente sono del tutto assenti visto la bassa vegetazione che caratterizza la zona. La presenza di ombra influirà positivamente sul pascolamento e al di sotto il pascolo tenderà a rimanere più rigoglioso e meno siccitoso e questo influenza positivamente la gestione degli ovini.

I punti di abbeveraggio possono essere elementi del territorio naturali, come degli incavi nel terreno o artificiali come dei contenitori dove possa essere convogliata l'acqua.

Si presume di utilizzare due sistemi per convogliare l'acqua:

- **Acqua piovana recuperata dai pannelli fotovoltaici**, l'acqua verrà convogliata in un percorso che permetterà di accumularla in vasche temporanee, poste sotto i pannelli fotovoltaici, che permetteranno l'abbeveramento degli animali.

- **Acqua piovana recuperata per caduta**, i terreni oggetto di indagine presentano una lieve pendenza, si va da quote minime di 40 m a quote massimo di 105 m sul livello del mare, questa conformazione orografica del terreno permetterà di coinvolgere le acque in punti di abbeveraggio nel terreno. Questa operazione sarà possibile in quanto verrà migliorata e ripristinata la rete idraulica agraria (scoline e fossi).

Essendo il periodo di pascolamento previsto nei mesi di maggiore apporto idrico per fenomeni piovosi, (da dicembre ad aprile) non è necessario prevedere delle infrastrutture di captazione dell'acqua come pozzi. Per una migliore gestione della risorsa idrica saranno captate le acque meteoriche e convogliate in appositi contenitori.

In seguito alle migliorie derivanti dalle azioni proposte, il valore medio complessivo della produzione agricola registrata sull'area ovvero i valori della produzione standard secondo le **tabelle RICA per la Regione Sardegna** sarà pari a:

$$\text{prato pascolo polifita permanente} = \text{Ettari}(149,04 \text{ ha}) * \text{PS}(360 \text{ €}) = 53.654,40 \text{ €}$$

La Produzione Standard Totale (PST) viene incrementata del **32%**:

- Prima dell'intervento 36.663,84 €

- Dopo l'intervento 53.654,40 €

Al fine di ridurre il fenomeno del costipamento del terreno per l'azione di calpestio dei mezzi pesati 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.

L'importanza del prato pascolo migliorato permanente è legata a due principali fattori: biodiversità e conservazione del paesaggio storico agricolo che con i cambiamenti climatici si sta deturpando sempre più velocemente. Il prato polifita permanente come quello proposto rappresenta uno tra gli agroecosistemi a più alta biodiversità sia per la conservazione della flora che della fauna, 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 permanente 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 oltre 1.740 g/m². Questo comporta che una superficie complessiva di 149,04 ha, può determinare un sequestro di **2.592 tonnellate di carbonio per anno**.

Si può stimare che con un clima come della Sardegna, saranno realizzate due volte l'anno operazioni di sfalcio sotto i pannelli fotovoltaici. 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 emunta, dai pozzi artesiani e freatici esistenti, contribuendo in tal modo ad attenuare i processi di desertificazione in atto.

Si deve inoltre considerare che l'ombreggiatura porta importanti benefici ad una coltura come quella scelta per questo progetto. 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.

Il cambiamento climatico connesso ad un'eccessiva luce solare ostacola la crescita del raccolto e può causare danni. La copertura fornita dai pannelli protegge anche da eventi meteorologici estremi, che rischiano di diventare più frequenti con i cambiamenti climatici, non solo la coltura può essere protetta ma anche gli ovini nella fase di pascolamento.

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 come quello della Sardegna, privi, della possibilità di utilizzare per tutte le superfici coinvolte metodi di irrigazione artificiale. A seconda del livello di ombreggiamento, è stato osservato un **risparmio idrico del 15-30%**, fattore di fondamentale importanza nella gestione delle attuali coltivazioni in funzione del cambiamento climatico in atto.

Riducendo l'evaporazione dell'umidità, i pannelli solari alleviano anche l'erosione del suolo. Anche la temperatura del suolo si abbassa nelle giornate afose.

6.2 Operazioni agronomiche e miglioramento dei terreni

Per il raggiungimento degli obiettivi di incremento del valore agronomico dei terreni, attraverso la coltivazione delle superficie a prato pascolo permanente, prima della semina dovranno essere attuate occasionalmente le seguenti operazioni di miglioramento dei terreni:

- Realizzazione/Miglioramento/Manutenzione ordinari di scoline superficiali per la raccolta ed il deflusso delle acque meteoriche;
- Realizzazione di livellamento superficiale
- Concimazione di fondo con concimi organo minerali a lenta cessione;
- Aratura superficiale, erpicatura e rullatura
- Semina su sodo (*Minimum Tillage*)

Al fine di caratterizzare il suolo e finalizzare in modo puntuale l'apporto adeguato e opportuno 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, fosforo e potassio.

6.3 Cronoprogramma delle attività agronomiche

Le operazioni colturali previste distribuite nel corso dell'anno sono le seguenti, per ottenere il prodotto agricolo fieno, tali operazioni dovranno essere ripetute a cadenza annuale per avere un'opportuna gestione degli appezzamenti:

Operazione	Descrizione	Mesi
<i>Concimazione</i>	Distribuzione di copertura di concimi organo-minerali con ausilio di trattore e spandiconcime; Questa operazione sarà da valutare di anno in anno in base al contenuto di unità fertilizzanti di Azoto, Fosforo, e Potassio, perché anche eccessi di nutrienti nel terreno possono comportare problematiche	novembre
<i>Pascolamento ovini</i>	Concimazione naturale tramite le deiezioni degli ovini	da dicembre ad aprile
<i>Fienagione</i>	Trattore con falciatrice, falciatrice semovente; pressatura fieno, raccolta fieno	maggio/giugno
<i>Trinciatura</i>	Trinciatura meccanica della superficie a prato migliorato	ottobre

Figura 31: Cronoprogramma delle attività, la tabella inizia con il mese di novembre perché convenzionalmente l'annata agraria va da novembre (11 novembre) a novembre (10 novembre anno successivo)

Le operazioni di trinciatura verranno realizzate nei mesi di giugno e ottobre, successivamente alle operazioni di fienagione e in contemporanea delle operazioni di trinciatura di ottobre. Tali operazioni non sono state riportate nella tabella cronoprogramma delle attività perché non sono state definite come delle operazioni colturali ordinarie.

Si prevede, con l'obiettivo di non alterare il paesaggio storico agricolo, ma di mantenerlo, di ricreare la massima naturalità del sito di intervento e contemporaneamente di implementare la biodiversità vegetale e animale dell'area, di realizzare o mantenere, ove possibili, **fasce 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)*, *olivastro (Olea europaea var. sylvestris)*, *olivo gentile (Olea europaea)*; le specie arbustive proposte sono invece le seguenti: *lentischio (Pistacia lentiscus)*, *corbezzolo (Arbutus unedo)*, *mirto (Mirtus communis)*, *fillirea a foglie larghe (Phillyrea latifolia)*.

Questa tipologia di intervento è importante al fine di poter sostituire anche eventuali filari o gruppi arborei per lo scopo di riportare essenze tipiche della macchia mediterranea. Tutte le specie arboree e arbustive proposte non richiedono particolari cure colturali e neppure grandi quantità di risorsa idrica, 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.

I confini perimetrali dell'impianto verranno inoltre delimitati da una recinzione metallica, recinzione che sarà posizionata ad una altezza da terra di circa 20/30 cm, 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, ed agli anfibi di potersi spostare tranquillamente anche all'interno dell'impianto. La presenza di queste strutture è di fondamentale importanza per permettere all'ecosistema di continuare a mantenersi e/o svilupparsi in sinergia con l'impianto fotovoltaico. La recinzione si estenderà per una lunghezza di circa **29 km**.

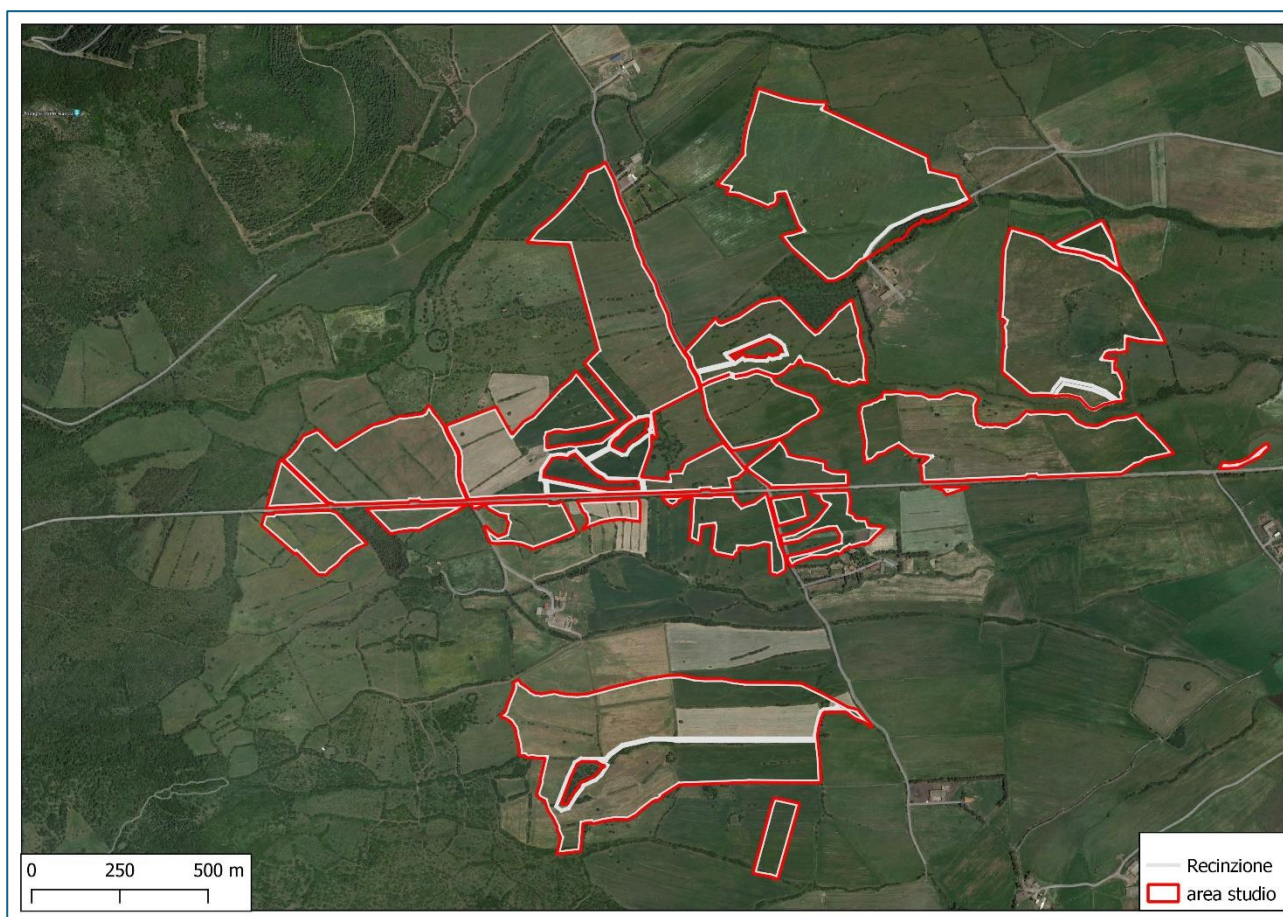


Figura 32: Cartografia dei terreni che verranno recintati

6.4 Sistema di monitoraggio

Il sistema agrivoltaico sarà dotato di un sistema di monitoraggio che permetta di rispettare i requisiti D ed E. Questi sistemi di monitoraggio saranno trattati in modo più ampio ed esaustivo nel corso del capitolo 7. Verifica requisiti degli impianti agrivoltaici, nei paragrafi 7.4 Requisito D e 7.5 Requisito E. Si sintetizza come segue una breve illustrazione sui sistemi di monitoraggio.

È stata condotta un'analisi preliminare dei sistemi di monitoraggio presenti sul mercato, per il tipo di coltura prescelto non è essenziale scegliere un sistema di monitoraggio specifico, come avviene per la vigna. L'indagine di mercato ha portato a scegliere **AgriSense** di Netsens come sistema di monitoraggio di riferimento, questo perché molti altri sistemi presenti sul mercato utilizzano le stesse componentistiche ed hanno le stesse funzionalità

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 dati ad un centro servizi con il quale si attiverà una convenzione.

Per ciascun punto di rilevazione il sistema valuta le condizioni microclimatiche 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.

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, 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, 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, nelle diverse fasi d'opera:

- *Ante-Operam*
- Corso d'opera
- *Post-Operam*

All'interno dell'Allegato 7a - Manuale di Rilevamento (Relazione metodologica 5 edizione marzo 2014) 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.

7. Verifica requisiti degli impianti agrivoltaici

Al fine di valutare il possesso dei requisiti minimi previsti, così come descritti in precedenza al capitolo 2, verranno di seguito puntualmente analizzati tutti i punti previsti dalla vigente normativa in materia.

7.1 Requisito A

Il requisito A consiste nel rispetto di due condizioni

A.1) Una Superficie minima coltivata pari ad almeno il 70% della superficie totale:

$$S_{agricola} \geq 0,7 S_{to}$$

- La superficie agricola complessiva è di **149,04 ha**
- La superficie agricola coperta dall'impianto agrivoltaico è di **46 ha**
- La superficie coltivata **103,04 ha** rappresenta in **69,13 %**

A.2) Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR): è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola:

$$LAOR \leq 40\%$$

- - La superficie agricola complessiva è di **149,04 ha**
- La superficie agricola coperta dall'impianto agrivoltaico è di **46 ha**
- Il rapporto tra la superficie coperta dai pannelli e quella totale è di **30,86%**

7.2 Requisito B

B.1) La continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento, comprovata da:

1 - Esistenza e la resa della coltivazione: In seguito alle migliorie derivanti dalle azioni proposte, il valore medio complessivo della produzione agricola registrata sull'area ovvero i valori della produzione standard secondo le tabelle RICA per la Regione Sardegna sarà pari a:

$$\text{prato pascolo polifita permanente} = \text{Ettari (149,04 ha)} * \text{PS (360 €)} = 53.654,40 \text{ €}.$$

La Produzione Standard Totale (PST) dopo l'intervento **53.654,40 €**.

2 - Mantenimento dell'indirizzo produttivo: in seguito alle migliorie derivanti dalle azioni proposte dall'intervento, l'indirizzo produttivo dell'area oggetto di indagine sarà mantenuto:

Indirizzo produttivo prima intervento	Indirizzo produttivo prima intervento
Zootecnica incentrata su ovini	Zootecnica incentrata su ovini
Prato pascoli magri	Prato pascolo polifita permanente

Tabella 4: Indirizzo produttivo pre e post-intervento

Attualmente il paesaggio agricolo del sito di intervento consiste in un mosaico di colture erbacee non irrigue (foraggiere miste da sfalcio).

Dopo l'intervento l'indirizzo produttivo dell'area **rimarrà invariato** e sarà incentrato su colture foraggiere da sfalcio, come avveniva anche in passato. Verrà mantenuta l'attività zootecnica, con pascolo semi-brado, incentrata sull'allevamento degli ovini.

B.2) Producibilità elettrica minima: la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FVagri in GWh/ha/anno), paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard (FVstandard in GWh/ha/anno), non dovrebbe essere inferiore al 60 % di quest'ultima:

$$FV_{agri} \geq 0,6 * FV_{standard}$$

La simulazione eseguita con PVSyst per la producibilità annua di un impianto FV standard con tecnologia bifacciale e struttura di tipo tracker mono assiale con pitch di 6m ha dato come risultato una producibilità annua di 201095MWh.

La simulazione di producibilità annua eseguita sull'impianto agrivoltaico risulta essere pari a 200625MWh, la differenza contenuta tra le due simulazioni è stata ottenuta grazie al beneficio di alcuni fattori presenti nell'AgriPv: è stato tenuto in considerazione di maggior albedo dovuto all'inerbimento del terreno, aumentando quindi la componente di irraggiamento riflesso al suolo. L'altezza minima (Hmin) dal suolo di 1,3m, questo comporta un aumento della superficie di suolo riflettente che congiuntamente alla logica di backtracking comporta una maggiore performance della parte posteriore del modulo bifacciale.

Il rapporto risulta quindi pari a

$$FV_{agri} 1,3401GWh/Ha/Y \geq 0,80599GWh/Ha/Y (0,6 * FV_{standard} 1,3433GWh/Ha/Y)$$

- FV Agri risulta : 1,3401GWh/Ha/Y= 200,625GWh/Y / 149.7Ha
- FVStandard: 1,3433GWh/Ha/Y = 201,095GWh/Y / 149.7Ha

7.3 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.

L'altezza di riferimento dei moduli da terra è:

- 1,3 metri nel caso di attività zootecnica;
- 2,1 metri nel caso di attività colturale.

I moduli, come da indicazione progettuale, verranno installati ad un'altezza di 1,5 m compatibile con quanto previsto dalle specifiche tecniche, che prevedono un'altezza per l'attività zootecnica di 1,3 m.

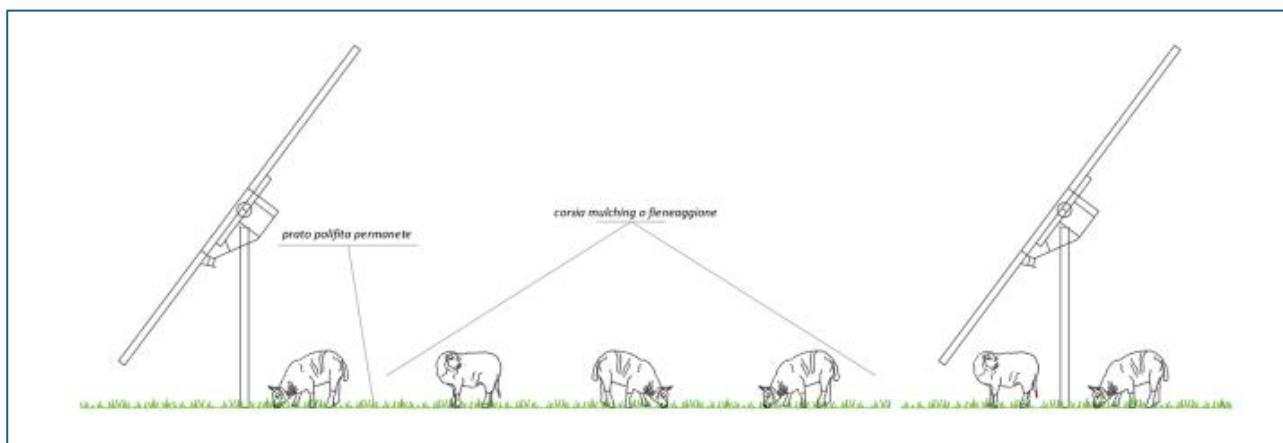


Figura 33: Rappresentazione dell'impianto integrato al pascolo degli ovini

7.4 Requisito D

Il sistema agrivoltaico è dotato di **un sistema di monitoraggio che consente 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.**

La diffusione di nuove tecnologie ha portato il settore agricolo a profonde trasformazioni. Queste tecnologie come *l'internet of things* (IoT) e l'intelligenza artificiale (AI) possono fare la differenza e contribuire a un'ulteriore evoluzione di questo settore, trainandolo verso una agricoltura 4.0. L'agricoltura si sta evolvendo e le nuove tecnologie diventano abilitatori di nuove sinergie nell'Agrifood. Le opportunità per le imprese sono molte: la possibilità di raccogliere informazioni e dati aggiornati, un controllo delle merci in tempo reale, la sincronizzazione temporale tra la produzione e la vendita, oltre a rendere più efficiente la gestione della *supply chain* in un ecosistema più sostenibile e consapevole. In un mondo caratterizzato da risorse limitate e da una domanda di cibo in costante aumento, i coltivatori sono sottoposti a un'immensa pressione per produrre maggiori quantità con minori risorse.

Minacce reali come il degrado del suolo, il cambiamento climatico e la scarsità d'acqua impongono agli attori principali dell'industria agricola di trovare modi innovativi per garantire che la produzione soddisfi la domanda, proteggendo al contempo le risorse. Il settore primario si trova di fronte ad una nuova e profonda rivoluzione.

Le nuove tecnologie promettono di modificare sempre più il modo di fare agricoltura, con l'obiettivo di ottimizzare l'uso dei fattori produttivi a vantaggio del reddito degli agricoltori e dell'ambiente. L'agricoltura di precisione è una strategia di gestione aziendale che usa le tecnologie dell'informazione per acquisire dati che portino a decisioni finalizzate alla produzione agricola. Lo scopo è quello di mettere in sintonia la gestione del terreno e delle colture con le specifiche esigenze di un campo eterogeneo al fine di migliorare la produzione, minimizzare i danni ambientali ed elevare gli standard qualitativi dei prodotti agricoli. Il concetto di agricoltura di precisione si è sviluppato sin dagli inizi della moderna agricoltura, con la divisione della terra in parcelle (campi) al fine di gestire le colture in relazione alle condizioni del terreno, valutando di volta in volta gli effetti positivi dei fattori produttivi in funzione delle varietà in campo, con l'obiettivo di incrementare le rese.

L'agricoltura di precisione, si origina intorno agli anni '70 con le tecnologie derivate dai centri di controllo negli Usa. Il monitoraggio del campo e i microprocessori sono introdotti negli anni '80 e il GPS negli anni '90.

Per la prima volta nel 1990 in un workshop nel Montana viene utilizzato il termine *Precisione Farming* (Agricoltura di precisione). L'impiego delle nuove tecnologie contribuisce ad ottenere una serie di benefici economici risultanti dall'ottimizzazione degli input, nonché dalla riduzione della pressione esercitata dai sistemi agricoli sull'ambiente.

Il DL 77/2021 ha previsto che, ai fini della fruizione di incentivi statali, sia installato un adeguato sistema di monitoraggio che permetta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico con particolare riferimento alle seguenti condizioni di esercizio:

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

Il sistema di monitoraggio, la base per questo elemento, 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. 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.

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.

È stata condotta un'analisi preliminare dei sistemi di monitoraggio presenti sul mercato, per il tipo di coltura scelto non è essenziale scegliere un sistema di monitoraggio specifico, come avviene per la vigna. L'indagine di mercato ha portato a scegliere **AgriSense** di Netsens come sistema di monitoraggio di riferimento, questo perché molti altri sistemi presenti sul mercato utilizzano le stesse componentistiche ed hanno le stesse funzionalità

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 dati ad un centro servizi con il quale si attiverà una convenzione.

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

Il sistema proposto prevede 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.

Come per le colture prato pascolo polifita dove il sistema di irrigazione non è necessario, queste informazioni sono di grande utilità per decidere le lavorazioni del terreno e la gestione dell'apparato fogliare.

Caratteristiche tecniche principali:

- Interfaccia di comunicazione: 2G/4G/LAN
- Alimentazione elettrica: kit solare 20W con caricabatteria elettronico integrato, oppure da rete elettrica 220V, se disponibile.

- Interfaccia locale di configurazione: USB
- Display: LCD 16×2 caratteri
- Principali sensori meteo e ambientali compatibili:
 - Pluviometro (intensità e cumulo di pioggia)
 - Anemometro (intensità e direzione del vento)
 - Temperatura ed umidità relativa dell'aria, punto di rugiada, rischio gelata
 - Radiazione solare (visibile, PAR, UV)
 - Pressione atmosferica
- Accessori di installazione inclusi:
 - Palo di installazione: paleria modulare da 3 a 10 metri, con accessori di installazione. Inclusi accessori per installazione sensori, in alluminio anodizzato e acciaio.
 - Kit fotovoltaico: pannello fotovoltaico completo di staffe di montaggio, batteria ricaricabile e contenitore in acciaio;
 - Alimentatore: per collegamento a rete elettrica (opzionale, in alternativa al kit fotovoltaico)

7.5 Requisito E

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

E.1) il recupero della fertilità del suolo;

E.2) il microclima;

E.3) la resilienza ai cambiamenti climatici.

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, 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*
- *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.

All'interno dell'“Allegato 7a - Manuale di Rilevamento” (Relazione metodologica 5 edizione marzo 2014) 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.

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 fotovoltaico 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).

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:

- **Ante-Operam:** 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. 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.

- **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
- uno nelle posizioni di interfila tra i pannelli.

Ciascun campionamento sarà effettuato secondo la metodologia descritta al fine di avere risultati confrontabili nel tempo. A seguito della conclusione della fase di dismissione verrà ripetuto il set analitico negli stessi punti di campionamento individuati in fase di *Ante-Operam*.

8. Opere di mitigazione

L'impatto in fase di esercizio dell'impianto 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 dei fatti è scarsa, come descritto nei capitoli precedenti. In fase di esecuzione degli scavi si dovrà porre attenzione alle seguenti misure di esecuzione:

- 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.
- Per quanto concerne la gestione corretta del pascolo e degli animali saranno allestiti dei punti di abbeveraggio in ragione di un rapporto di almeno **1 ogni 8 UBA**. Supponendo il numero massimo di UBA pari a **156,49** saranno necessari 20 abbeveratoi, ma per una migliore gestione della risorsa idrica si è deciso di puntare su **24 punti** di abbeveraggio. Essendo di fronte ad un'estensione molto vasta dell'area di indagine si può presumere di realizzare **48 punti di abbeveraggio**, 24 a nord della strada centrale e 24 a sud. Questo consentirà una migliore ed oculata gestione della risorsa idrica e degli animali al pascolo.
- Spostamento sul perimetro degli elementi arborei di *olivastro* (*Olea europaea var. sylvestris*). Il periodo compreso fra novembre e marzo è ideale per il trapianto a dimora specie caducifoglie in riposo vegetativo, mentre per le specie sempreverdi è importante scegliere periodi senza gelo, esempio ottobre novembre o marzo aprile. Per la fase di trapianto è di fondamentale importanza la preparazione del terreno, in questo particolare caso, la preparazione del terreno delle fasce arborate esterne che devono essere predisposte per accogliere gli esemplari che verranno spostati. Gli esemplari di grandi dimensioni possono essere soggetti a stress da trapianto, ma di contro sono più robusti e capaci di superare delle avversità momentanee. Attualmente oggi sono disponibili sul mercato meccanismi che permettono di spostare e trapiantare anche alberi di grandi dimensioni. I grandi trapianti di alberi consistono nell'asportare **completamente** la zona radicale dell'albero, che in parte viene alleggerita del terreno, così da garantire il **massimo** della probabilità di **attecchimento**. Le dimensioni della zolla consentono di non intaccare le radici e di poter quindi operare in **qualsiasi periodo dell'anno** senza rischi eccessivi per la pianta. Le fasi di lavoro sono le seguenti: Studio logistico della lavorazione della zolla in base alla pianta e del percorso automobilistico per il trasporto; Modellazione iniziale della zolla; Immissione nel sottosuolo di una struttura metallica di sostegno; Movimentazione della pianta con *autogrù* telescopiche e messa a dimora; Chiusura dello scavo; Cure colturali specifiche post-trapianto.

Dendrotec utilizza questo metodo brevettato, denominato Tree platform per riuscire a salvare delle piante che in altri contesti andrebbero abbattute. Effettuare queste tipologie di trapianti permette di conservare il valore economico, sociale, ambientale, ecologico e la biodiversità. I principali vantaggi di questa tecnica sono: non si opera mai sul fusto; non viene compressa la zolla; l'apparato radicale resta intatto; non sono necessarie potature; massima probabilità di attecchimento.

- ricreare la massima naturalità del sito di intervento e implementare la biodiversità vegetale e animale dell'area, realizzando ed incrementando fasce tampone di mitigazione visiva costituita da specie arboree ed arbustive esclusivamente autoctone e facenti parte della vegetazione potenziale dell'area vasta e storicamente presenti nel sito di intervento. Le specie arboree ed arbustive proposte sono le seguenti: sughera (*Quercus suber*), olivastro (*Olea europaea var. sylvestris*), olivo gentile (*Olea europaea*, lentischio (*Pistacia lentiscus*), corbezzolo (*Arbutus unedo*), e mirto (*Mirtus communis*). Tutte queste specie sono acquistabili presso i vivai gestiti dall'Agenzia Regionale Forestas.

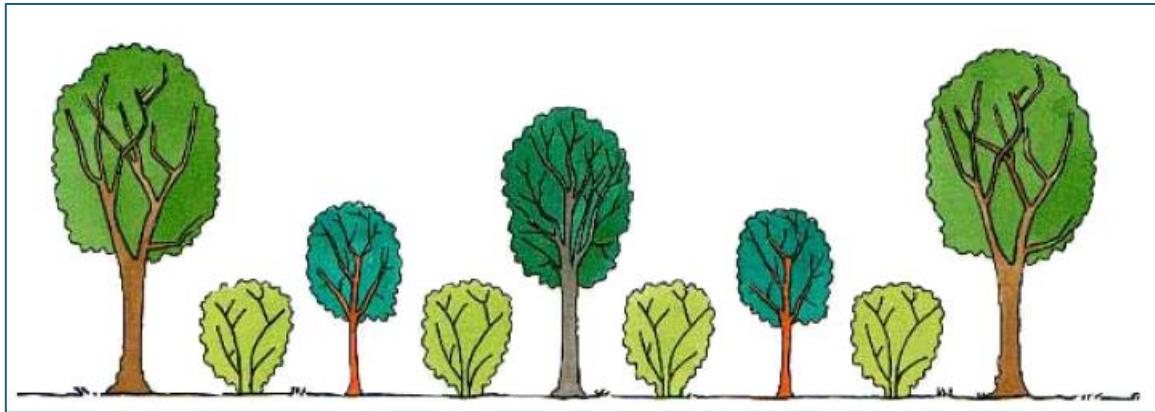


Figura 34: Esempio di distribuzione della fascia arborea arbustiva esterna

- 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.

- per la mitigazione visiva si prevede di realizzare una fascia arborea pluristratificata. Verranno realizzate più fasce arbustive ed arboree parallele tra di loro con una disposizione a scacchiera. Questo permetterà di avere alternanza di arbusti e alberi così da migliorare la mitigazione visiva ed incrementare la biodiversità della zona, investendo sull'incremento di specie autoctone arbustive e arboree.

- fornire rifugio e risorse trofiche per la fauna selvatica stanziale e migratrice; l'incremento e la costituzione di fasce tampone saranno elementi importanti per la gestione faunistica;

- utilizzo di macchinari agricoli per la gestione delle superfici, utilizzo di trattori a telaio corto con pneumatici. Questi trattori sono attualmente utilizzati quotidianamente nella frutticoltura e la loro conformazione permette di effettuare tutte le operazioni colturali;



Figura 35: Esempio di trattore a pneumatici utilizzato nei frutteti

- Per le operazioni di sfalcio saranno utilizzati trincia con il traslatore questo permetterà di effettuare le operazioni di trinciatura non solo nelle fasce non coperte dal fotovoltaico, ma anche sotto la zona coperta dal fotovoltaico;



Figura 36: Esempio di trincia con il traslatore destra/sinistra

- Per la raccolta si propone di utilizzare le mini-rotoimbaltatrici, attualmente molto diffuse sul mercato dei mezzi tecnici; Questo strumento può essere collegato posteriormente a qualsiasi trattore, anche non fornita di PTO (presa di potenza). I modelli presenti sul mercato sono dotati di motore termico da 10 kW ad avviamento elettrico che permette di raccogliere, imballare, legare e scaricare le balle prodotte senza richiedere alla trattore alcuna potenza termica o idraulica supplementare. Questi strumenti sono azionabili dal posto di guida. Un segnale acustico avverte l'operatore dell'avvenuta formazione della palla;



Figura 37: Esempio di mini-rottoimballatrice

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, con il fine di ricreare la massima naturalità del sito di intervento e di incrementare la biodiversità dell'area.

9. Conclusioni

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 tempo (circa cinque – dieci anni) un miglioramento consistente dei terreni.

A partire dal sesto 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; quindi, ci sarà un costante miglioramento dei terreni.

La composizione floristica delle specie erbacee costituenti il prato permanente andrà a vantaggio del ripristino e successivo mantenimento di un agro-ecosistema naturale, importante per garantire habitat idonei per lo sviluppo ed il mantenimento della fauna selvatica e per l'entomofauna e la microfauna.

Lo studio progettuale è stato elaborato in totale ottemperanza alle linee guida in materia di impianti agrivoltaici. Si vuole sottolineare che si ritiene di aver soddisfatto tutti i requisiti richiesti dalle linee guida, con particolare riferimento alla tipologia di impianto agrivoltaico del **tipo agro-zootecnico**.

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 fotovoltaica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi;

- **REQUISITO B:** Il sistema è predisposto, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e zootecnica;

- **REQUISITO C:** L'impianto 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 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;

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

Possiamo concludere che l'investimento proposto non prevede interventi che possano compromettere il suolo e in ragione delle operazioni di miglioramento unite alle tecnologie innovative proposte, avrà ricadute positive per il territorio in termini di miglioramento agronomico, faunistico ed ambientale.

Dott. Agrotecnico Laureato

Stefano Calami



10. Bibliografia

Annie – 2022 - Position Paper - Sistemi AGRO-FOTOVOLTAICI 19 , sottoscritto da ANIE Rinnovabili, Elettricità Futura e Italia Solare; Marzo 2022.

Arrigoni Pier Virgilio -Fitoclimatologia della Sardegna. Pages 1-100 | Published online: 14 Apr 2013. Journal of Plant Taxonomy and Geography Volume 23, 1968.

Bacchetta G., Fenu G., Mattana E., Mulè P.- Atti Simposio su, 2007. Monitoraggio e conservazione della flora e della vegetazione costiera nell'Area Marina Protetta di Capo Carbonara (Sardegna sud-orientale)

Bacchetta G., Bagella S., Biondi E., Farri S E. – 2009 - Vegetazione forestale e serie di vegetazione della Sardegna (con rappresentazione cartografica alla scala 1: 350.000)

Camarda I., Carta L., Laureti L., Angelini P., Brunu A., Brundu G., 2011. *Carta della Natura della Regione Sardegna: Carta degli habitat alla scala 1:50.000*. ISPRA.

Camarda I., Laureti L., Angelini P., Capogrossi R., Carta L., Brunu A., 2015. *Il Sistema Carta della Natura della Sardegna*. ISPRA, Serie Rapporti, 222/2015

Capogrossi R., Laureti L., Angelini P., 2013. *Carta della Natura della Regione Sardegna: Carte di Valore Ecologico, Sensibilità Ecologica, Pressione Antropica e Fragilità Ambientale scala 1:50.000*. ISPRA

MITE (Ministero della Transizione Ecologica) - 2022 - Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici.

Pecorini G. Pomesano A. Cherci - 1969 – Ricerche geologiche e biostratigrafiche sul Campiadano Meridionale (Sardegna)

Tandeddu Pietro, 2013 - STUDIO SULLA CEREALICOLTURA (GRANO DURO IN PARTICOLARE) IN SARDEGNA

UNITUS - PIANO INTEGRATO 2021-2023 Edizione II - marzo 2021 Sezioni 1-4 e 7 Approvate dal Consiglio di amministrazione nella seduta del 29 gennaio 2021 Sezioni 5 e 6 in consultazione

Allegato A: Documentazione fotografica stato di mantenimento terreni

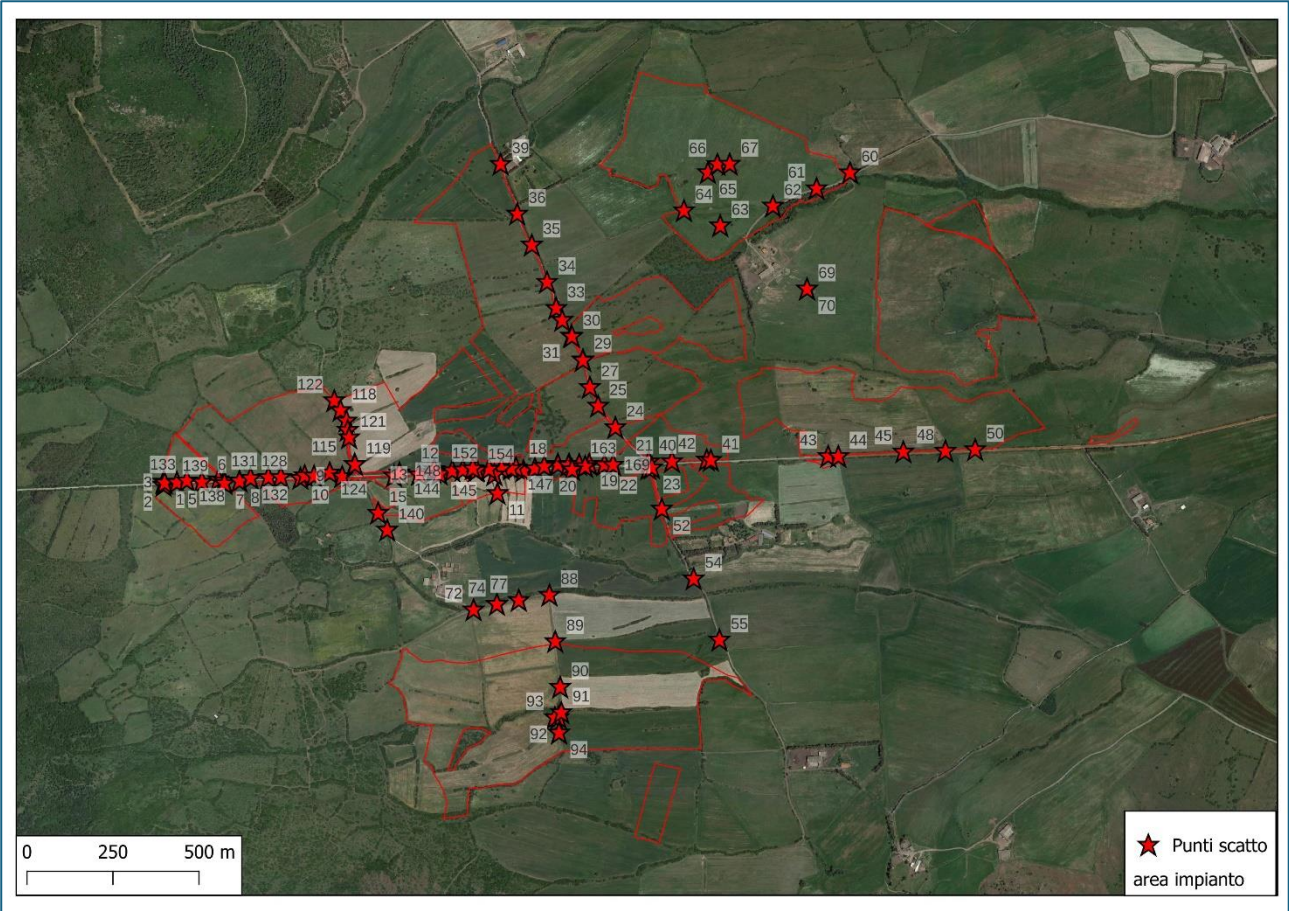


Tabella 5: Cartografia generale riportante tutti i punti scatto della documentazione fotografica