

00	Febbraio 2024	Elaborato per verifica di assoggettabilità alla V.I.A.	BD_FS	AV_SA	AV_SA
Rev.	Data	Descrizione	Eseg.	Contr.	Appr.



**IMPIANTO AGRIVOLTAICO IN AREA AGRICOLA  
COMUNI DI SANLURI E FURTEI  
PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA**

Oggetto **VERIFICA DI ASSOGGETTABILITÀ ALLA V.I.A. REGIONALE**  
ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., e Delib.G.R n.11/75 del 24.03.2021

Elaborato

**Approfondimenti in materia di progettazione e  
valutazione di impatto ambientale per impianti fotovoltaici**

Cod. elab.

**AV.SA\_VA\_ALL.06**

Proponente

**AV SANLURI S.R.L.**  
Via E. Pais 12 - 09128 CAGLIARI  
C.F./P.IVA 03976680920  
Tel./Fax +39 0704521023  
PEC: avsanluri@legalmail.it

Scala

Data

**Febbraio 2024**

Il Tecnico

**Dott. Ing. BRUNO DEMURU**  
Ordine Ingegneri Provincia di Cagliari n. 1923

**Dott. Ing. FABRIZIO SERRENTI**  
Ordine Ingegneri Provincia di Oristano n. 464

A4	AV.SA_VA_ALL.06	AV.SA_VA_ALL.06	2024/1003
formato	file origine	file stampa	codice pratica

Tutte le informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà della Teal Change Srl.  
La stessa diffida chiunque entri in possesso della seguente documentazione di riprodurlo  
in tutto o in parte e rivelarne il contenuto senza esplicita autorizzazione

## INDICE

<b>ACRONIMI FREQUENTI NELLO SVILUPPO DI PROGETTI FOTOVOLTAICI.....</b>	<b>4</b>
<b>PREMESSA.....</b>	<b>5</b>
<b>1. DATI GENERALI DEL PROPONENTE .....</b>	<b>6</b>
<b>2. RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>6</b>
2.1 Normativa Comunitaria .....	6
2.2 Normativa Nazionale .....	6
2.3 Normativa Regionale .....	7
2.4 Normativa tecnica di riferimento per la progettazione e la realizzazione di impianti fotovoltaici .....	8
2.5 Normativa di riferimento per Impianti Agrifotovoltaici .....	10
<b>3. APPROFONDIMENTI IN MATERIA DI IMPIANTI AGRIVOLTAICI.....</b>	<b>12</b>
3.1 Generalità .....	12
3.2 Gli impianti agrivoltaici .....	14
3.3 Linee Guida in materia di Agrivoltaico.....	16
<b>4. APPROFONDIMENTI IN MATERIA PROGETTUALE.....</b>	<b>25</b>
4.1 Componente fotovoltaica .....	25
4.2. Componente agronomica .....	25
4.2.1 Agricoltura di precisione e monitoraggio agronomico .....	25
4.2.2 Finalità del progetto dell’Impianto agrivoltaico avanzato.....	27
4.2.3 Parametri tecnici e requisiti dell’impianto agrivoltaico avanzato .....	28
<b>5. CALCOLO INDICE EROEI E ANALISI DELLA PRODUCIBILITÀ ATTESA .....</b>	<b>32</b>
<b>6. APPROFONDIMENTI IN MATERIA AMBIENTALE-TERRITORIALE .....</b>	<b>34</b>
6.1 Identificazione del Sito.....	34
6.2 Inquadramento urbanistico e geografico .....	39
6.3 Inquadramento geologico e geomorfologico .....	41
6.3.1 Aspetti geologici .....	41
6.3.2 Aspetti geomorfologici .....	44
6.3.3 Sismicità .....	45
6.4 Aspetti geopedologici .....	46
6.5 Suolo e sottosuolo .....	49
6.5.1 Capacità dei suoli .....	51
6.5.2 Uso del suolo .....	54
6.6 Aspetti Idrogeologici .....	58
6.7 Biodiversità .....	58

6.8. Inquadramento climatico.....	60
6.8.1 Il Clima della Sardegna.....	60
6.8.2 Il Clima dell'area in esame .....	67
6.8.3 La Carta Bioclimatica della Sardegna .....	75
6.8.4 Land Capability Classification .....	78
6.9 Inquadramento floristico-vegetazionale .....	83
6.10 Paesaggio .....	86
6.11 Patrimonio culturale e identitario .....	89
6.12 Campi elettromagnetici .....	98
<b>7. PRODUZIONE AGRICOLA ED ELEMENTI AGRONOMICO-FORESTALI .....</b>	<b>99</b>
7.1 Piano colturale delle aziende agricole che operano nel sito scelto .....	105
7.2 Rispondenza del progetto proposto ai requisiti di cui alle linee guida in materia di impianti agrivoltaici del MITE .....	110
7.2.1 Premessa .....	110
7.2.2 Verifica del rispetto dei requisiti (Linee Guida in materia di Agrivoltaici) .....	113
7.3 Piano di monitoraggio agrivoltaico .....	117
7.3.1 Modalità temporale di espletamento delle attività di monitoraggio agrivoltaico .....	117
7.3.2 Identificazione degli impatti da monitorare .....	117
7.3.3 Componenti ambientali da monitorare .....	118

## ACRONIMI FREQUENTI NELLO SVILUPPO DI PROGETTI FOTOVOLTAICI

- **BT:** Bassa Tensione – fino a 1kV in corrente alternata e 1,5kV in corrente continua;
- **Cabina di trasformazione:** cabina elettrica avente come scopo principale quello di elevare il livello di tensione della potenza elettrica in uscita dagli inverter da BT a MT;
- **Campo FV:** porzione dell'impianto FV, recintato, che afferisce a cabine di trasformazione MT;
- **CA:** Corrente Alternata;
- **CC:** Corrente Continua;
- **FV:** Fotovoltaico;
- **Generatore FV:** insieme di stringhe FV collegate al medesimo inverter;
- **Impianto FV:** impianto di produzione di energia elettrica tramite effetto fotovoltaico. Rientra nella categoria degli impianti di generazione alimentati da fonti rinnovabili non programmabili (FRNP). L'impianto è costituito da generatore FV, inverter, sistema di distribuzione e connessione con la rete elettrica;
- **Inverter:** dispositivo elettronico con lo scopo principale di convertire l'energia elettrica generata dai moduli FV da corrente continua a corrente alternata;
- **MT:** Media Tensione (da 1 a 35kV);
- **Modulo FV:** assieme di celle FV collegate elettricamente tra loro, che provvede alla generazione di energia elettrica quando esposto alla radiazione solare. Il modulo FV costituisce l'unità elementare per la progettazione elettrica dell'impianto;
- **Potenza di picco:** o potenza nominale di un dispositivo FV (modulo, stringa, generatore o impianto) misurata in corrente continua ed in condizioni di misura standard (STC – Standard Test Conditions);
- **Punto di consegna:** punto di confine tra la rete del distributore e la rete di utente, dove l'energia scambiata con la rete del distributore viene contabilizzata e dove avviene la separazione funzionale tra la rete del distributore e la rete di utente;
- **Sottocampo FV:** porzione di impianto FV che afferisce ad un'unica cabina di trasformazione MT;
- **STC – Standard Test Conditions:** le condizioni standard nelle quali viene testato un pannello. Includono un irraggiamento sul piano dei moduli di 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura modulo di 25°C, massa dell'aria 1,5; è il valore comunemente riportato nelle schede tecniche dei moduli FV e si misura in [Wp];
- **Stringa FV:** insieme di moduli FV collegati elettricamente tra loro al fine di raggiungere la tensione necessaria per il collegamento con l'inverter;



## PREMESSA

TEAL CHANGE S.r.l. con sede a Cagliari in Via E. Pais n. 12, specializzata nella produzione di energia elettrica a mezzo di impianti di generazione da fonti rinnovabili, ha intenzione di promuovere un progetto di sviluppo che integri la produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica alla produzione agricola, coerentemente con le indicazioni del piano nazionale integrato per l'energia e il clima (PNIEC), tenendo conto del piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR), che consenta, allo stesso tempo, di coniugare l'esigenza di rispetto dell'ambiente e del territorio con quella di raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione. La proposta progettuale è in capo alla società AV SANLURI S.r.l. di cui la TEAL CHANGE S.r.l. è proprietaria al 100%.

Il sistema agrivoltaico proposto costituisce un approccio strategico e innovativo per combinare il solare fotovoltaico (FV) con la produzione agricola e/o l'allevamento zootecnico e per il recupero delle aree marginali. La sinergia tra modelli di agricoltura all'avanguardia (Agricoltura di precisione e Agricoltura 4.0) e l'installazione di pannelli fotovoltaici di ultima generazione garantisce una serie di vantaggi a partire dall'ottimizzazione del raccolto e della produzione zootecnica, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo, con conseguente aumento della redditività e dell'occupazione.

Tale nuovo approccio consente di vedere l'impianto fotovoltaico non più come mero strumento di reddito per la produzione di energia ma come l'integrazione della produzione di energia da fonte rinnovabile con le pratiche agro-zootecniche.

## 1. DATI GENERALI DEL PROPONENTE

La titolarità della proposta progettuale è in capo alla società AV SANLURI srl, con sede a Cagliari in via Ettore Pais n° 12, partita iva n. 03976680920 e numero REA (Repertorio Economico Amministrativo) CA-353504.

La AV SANLURI ha come socio unico la società TEAL CHANGE srl, che persegue lo sviluppo in Sardegna ed in altre parti d'Italia di progetti nel campo delle energie rinnovabili.

La società proponente possiede pertanto le capacità economiche, gestionali e imprenditoriali necessarie per la costruzione e per la gestione dell'impianto proposto in progetto.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

### 2.1 Normativa Comunitaria

I principali riferimenti normativi in ambito comunitario sono:

- Direttiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del settembre 2001, sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.
- Direttiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 5 aprile 2006, concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante l'abrogazione della Direttiva 93/76/CE del Consiglio.
- Direttiva 2009/28/CEE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.
- Direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'11 dicembre 2018 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, rifusione della direttiva 2009/28/CEE.

### 2.2 Normativa Nazionale

In ambito nazionale, i principali provvedimenti che riguardano la realizzazione di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili o che la incentivano sono:

- D.P.R. 12 aprile 1996. Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge n. 146/1994, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale.
- D.lgs. 112/98. Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni ed agli Enti Locali, in attuazione del Capo I della Legge 15 marzo 1997, n. 59.
- D.lgs. 16 marzo 1999 n. 79. Recepisce la direttiva 96/92/CE e riguarda la liberalizzazione del mercato elettrico nella sua intera filiera: produzione, trasmissione, dispacciamento, distribuzione e vendita dell'energia elettrica, allo scopo di migliorarne l'efficienza.
- D.lgs. 29 dicembre 2003 n. 387. Recepisce la direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità. Prevede fra l'altro misure di razionalizzazione e semplificazione delle procedure autorizzative per impianti per la produzione di energia da fonte rinnovabile.
- D. lgs 152/2006 e s.m.i. (D. lgs 104/2007) TU ambientale
- D.lgs. 115/2008 Attuazione della Direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della Direttiva 93/76/CE.

- Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili (direttiva 2009/28/CE) approvato dal Ministero dello Sviluppo Economico in data 11 giugno 2010
- SEN Novembre 2017 Strategia Energetica Nazionale – documento per consultazione. Il documento è stato approvato con Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico e Ministro dell'Ambiente del 10 novembre 2017

## 2.3 Normativa Regionale

I principali riferimenti normativi seguiti nella redazione del progetto e della presente relazione sono:

- DGR Sardegna 23 gennaio 2018, n. 3/25 - Linee guida per l'Autorizzazione unica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili;
- LR Sardegna 3 luglio 2017, n. 11 - Disposizioni urgenti in materia urbanistica ed edilizia - Stralcio - Modifiche alla LR 8/2015, alla LR 28/1998, alla LR 9/ 2006;
- LR Sardegna 4 maggio 2017, n. 9 - Autorizzazione paesaggistica - Interventi esclusi e interventi sottoposti a regime semplificato - Adeguamento delle norme regionali al Dpr 13 febbraio 2017, n. 31 - Modifiche alla Lr 28/1998;
- LR Sardegna 20 ottobre 2016, n. 24 - Semplificazione dei procedimenti amministrativi -Stralcio - Procedimenti in materia ambientale ed edilizia - Autorizzazione unica ambientale, impianti a fonti rinnovabili;
- DGR Sardegna 2 agosto 2016, n. 45/40 - Approvazione del Piano energetico ambientale regionale 2015-2030.

### Normativa Regionale in materia di VIA

La parte II del D.lgs. 152/2006, art.7 comma 9, in relazione alla procedura di valutazione di impatto ambientale, stabilisce che siano le regioni, con leggi e regolamenti, a disciplinare le proprie competenze e quelle degli altri enti locali.

L'articolo stabilisce altresì che le regioni individuino:

- gli enti locali territoriali interessati nella procedura di V.I.A.;
- i piani e programmi o progetti o installazioni da sottoporre a V.I.A. e ad A.I.A.;
- le regole procedurali per il rilascio dei provvedimenti di VIA ed A.I.A.;
- le modalità per l'informazione e la consultazione del pubblico. Il D. Lgs.152/06 con i suoi contenuti subentrava al D.P.R. 12/4/96, già recepito dalla Regione Autonoma della Sardegna con la Legge Regionale n.1 del 18/1/99, con la quale si individuava la Regione, quale autorità competente in materia di Valutazione di Impatto Ambientale e l'Assessorato della Difesa dell'Ambiente quale organo tecnico competente all'istruttoria.

La Regione Sardegna di avvale quindi di:

- D.G.R. n. 36/39 del 02 agosto 1999: circa i contenuti degli Studi di Impatto Ambientale;
- D.G.R. n.5/11 del 15/2/2005 e la D.G.R. 38/32 del 2/8/2005: sulle modifiche delle procedure di VIA e sulla costituzione di un ufficio intersettoriale di VIA;
- L.R. n. 9 del 12 giugno 2006;
- D.G.R. n. 11/27 del 19 febbraio 2008;
- D.G.R. n. 24/23 del 23 aprile 2008: sulla disciplina delle procedure di Valutazione di Impatto Ambientale;
- D.G.R. 34/33 del 07/08/2021 che sostituisce la D.G.R. 24/23 del 2008;

- L.R. n. 2 8/02/2021: che norma il Provvedimento Autorizzativo Unico Regionale (PAUR);
- D.G.R. 11/75 del 24/03/2012: approvazione delle nuove Direttive in materia di valutazione di impatto ambientale (V.I.A.), di provvedimento unico regionale in materia ambientale (PAUR) e i relativi allegati.

## **2.4 Normativa tecnica di riferimento per la progettazione e la realizzazione di impianti fotovoltaici**

Un elenco non esaustivo della normativa tecnica di riferimento per la progettazione e la realizzazione di impianti fotovoltaici.

- CEI 0-16: regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI 11-17: impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo;
- CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- CEI EN 60904-1 (CEI 82-1): Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;
- CEI EN 60904-2 (CEI 82-2): Dispositivi fotovoltaici – Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;
- CEI EN 60904-3 (CEI 82-3): Dispositivi fotovoltaici – Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;
- CEI EN 61727 (CEI 82-9): Sistemi fotovoltaici (FV) – Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;
- CEI EN 61215-1/2 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- CEI EN 61730 (CEI 82-27): qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV)
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici – moduli esclusi (BOS) – Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;
- CEI EN 62446 (CEI 82-38): Sistemi fotovoltaici – Prescrizioni per le prove, la documentazione e la manutenzione
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3: Limiti -Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso  $\leq 16$  A per fase);
- CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – Parte 1: Definizioni;
- CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Serie
- CEI EN 60445 (CEI 16-2): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione – Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);

- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori – Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata
- CEI 20-13: cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV
- CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 81-10-1/2/3/4): Protezione contro i fulmini – serie
- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- CEI 0-3: Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati per la legge n. 46/1990;
- UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;
- CEI EN 61724: Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici – Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- D.Lgs. 81/2008 – Attuazione dell'articolo 1 della legge n°123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

#### **Norme di riferimento per la Bassa tensione:**

- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 11-20 IVa Ed. 2000-08: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI EN 60909-0 IIIa Ed. (IEC 60909-0:2016-12): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- IEC 60909-4 First ed. 2000-7: Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 4: Esempi per il calcolo delle correnti di cortocircuito.
- CEI 11-28 1993 Ia Ed. (IEC 781): Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.
- CEI EN 60947-2 (CEI 17-5) Ed. 2018-04: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
- CEI 20-91 2010: Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.
- CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1 Ia Ed.) 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2) 2007: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua.
- CEI 64-8 VIIa Ed. 2012: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities.
- IEC 60364-5-52 IIIa Ed. 2009: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.
- CEI UNEL 35016 2016: Classe di Reazione al fuoco dei cavi in relazione al Regolamento EU "Prodotti da Costruzione" (305/2011).

- CEI UNEL 35023 2020: Cavi di energia per tensione nominale U uguale ad 1 kV - Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 2020: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35024/2 1997: Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.
- CEI EN 61439 2012: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).
- CEI 17-43 IIa Ed. 2000: Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS).
- CEI 23-51 2016: Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.
- NF C 15-100 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento dei cavi secondo norme francesi.
- UNE 20460 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento (UNE 20460-5-523) dei cavi secondo regolamento spagnolo.
- British Standard BS 7671:2008: Requirements for Electrical Installations;
- ABNT NBR 5410, Segunda edição 2004: Instalações elétricas de baixa tensão;

#### **Norme di riferimento per la Media tensione:**

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1) 2011: Impianti con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 11-17 IIIa Ed. 2006: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI-UNEL 35027 IIa Ed. 2009: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV.
- CEI 99-4 2014: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale.
- CEI 17-1 VIIa Ed. (CEI EN 62271-100) 2013: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 100: Interruttori a corrente alternata.
- CEI 17-130 (CEI EN 62271-103) 2012: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 103: Interruttori di manovra e interruttori di manovra sezionatori per tensioni nominali superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso.
- IEC 60502-2 2014: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV – Part 2.
- IEC 61892-4 IIa Ed. 2019-04: Mobile and fixed offshore units – Electrical installations. Part 4: Cables.

## **2.5 Normativa di riferimento per Impianti Agrifotovoltaici**

- Linee Guida in materia di impianti agrivoltaici del Ministero della Transizione Ecologica (MiTE)<sup>1</sup>, 27 giugno 2022;
- CEI PAS 82-93 Impianti agrivoltaici – Edizione 2023;
- DIN SPEC 91434 Agri-photovoltaic systems – Requirements for primary agricultural use;
- AFNOR Référentiel de labélisation des projets de classe A sur culture (Label Projet Agrivoltaïque), Version 1.1, Décembre 2021;
- Linee guida per la progettazione e la costruzione di impianti di produzione di energia solare agricola - Edizione 2021, New Energy and Industrial Technology Development Organisation (NEDO);
- Linee Guida per lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione in Italia del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali (MIPAAF)<sup>2</sup>, settembre 2017;
- Decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77, Governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure;
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC);
- CEI EN IEC 61724-1 Photovoltaic system performance Part 1: Monitoring;
- CEI EN 62446 Sistemi fotovoltaici (FV) – Prescrizioni per le prove, la documentazione e la manutenzione. Parte 1: Sistemi fotovoltaici collegati alla rete elettrica – Documentazione, prove di accettazione e verifica ispettiva.

### 3. APPROFONDIMENTI IN MATERIA DI IMPIANTI AGRIVOLTAICI

#### 3.1 Generalità

Il termine Agrivoltaico è stato concepito per la prima volta da Adolf Goetzberger e Armin Zastrow al Fraunhofer Institute (organizzazione tedesca che raccoglie sessanta istituti di scienza applicata, ndr) nel 1981. Con questo termine si ipotizza che i collettori di energia solare (pannelli fotovoltaici) e l'agricoltura potevano coesistere sullo stesso terreno con vantaggi per entrambi i sistemi.

Successivamente nel 2004 in Giappone, Akira Nagashima sviluppò dei prototipi in cui i pannelli vennero ottimizzati, migliorandone la resa. Nagashima iniziò a proporre la tecnologia in varie aree del Giappone anche con strutture rimovibili, adatte a scopi sperimentali e dimostrativi. Attualmente è infatti proprio il Giappone il paese leader nel settore agrosolare.

In Europa, sono la Francia e la Germania, i paesi che stanno investendo di più in questa tecnologia.

Progettare un sistema agrivoltaico richiede, infatti, competenze trasversali che spaziano dall'ingegneria all'agronomia con un'escalation di nuove tecnologie.

Per questo motivo è richiesta la presenza di un Team di persone che possa valutare e mettere a punto soluzioni tecnologiche e agronomiche per massimizzare i risultati della coesistenza proficua tra fotovoltaico e agricoltura, riflettendo, ad esempio, sulla struttura, altezza e distanza fra i moduli dei pannelli e sulla percentuale di ombreggiamento attesa in relazione ai cambiamenti climatici nei vari mesi dell'anno.

Per gli agricoltori, l'agrivoltaico risulta essere interessante perché aumenta l'effetto di umidità dei terreni, la quale influisce positivamente sulla crescita delle piante. Il fatto che, generalmente, il tasso di umidità del suolo si stia abbassando rende necessaria un'irrigazione continuativa che può influire sulle condizioni del suolo e sui raccolti.

Grazie all'agrivoltaico, invece, le colture sono protette dagli aumenti delle temperature diurne e dalle repentine riduzioni delle temperature notturne e, grazie al maggior ombreggiamento dovuto ai moduli, si riduce la quantità di acqua necessaria alle coltivazioni oltre che proteggere le piante dagli agenti climatici più estremi (Marrou et al., 2013).

Uno studio pubblicato nel 2019 da parte del National Renewable Energy Laboratory (NREL), il laboratorio del Dipartimento dell'Energia negli Stati Uniti, che si occupa di ricerca sulle energie rinnovabili, conferma questi dati.

I risultati suggeriscono che la combinazione di agricoltura e pannelli fotovoltaici potrebbe avere effetti sinergici che incrementeranno la produzione agricola, la regolazione del clima locale e la riduzione del fabbisogno idrico con benefici che aiuteranno a rendere ecosostenibili e maggiormente competitivi i processi agricoli.

In tal senso, la Politica Agricola Comunitaria (PAC), in parte finanziata dal PNRR, considera la possibilità di un uso combinato della produzione agricola ed energetica. In questo modo, l'agrivoltaico diventa un supporto non solo ad un'agricoltura rispettosa dei limiti ambientali, ma anche e soprattutto al reddito degli imprenditori agricoli e all'implementazione dei programmi sostenuti dalla nuova politica agricola europea.

Gli impianti agrivoltaici prefigurano importanti innovazioni, che possono essere centrali sia nello sviluppo del settore agricolo che in quello energetico, da un lato attraverso un migliore risultato nella coltivazione dei prodotti agricoli, dall'altro nello sfruttamento, sostenibile, di terreni altrimenti sottratti alla sfida della transizione energetica.

Secondo l'ultimo rapporto dell'European Environment Agency (EEA, 2022), l'Unione Europea ha raggiunto l'obiettivo 2020 di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, raggiungendo il 20% in meno rispetto al 1990. Tra i fattori chiave che hanno consentito tale miglioramento rientra *“la diffusione delle energie rinnovabili, l'uso di combustibili fossili a minore intensità di carbonio e il miglioramento dell'efficienza energetica, i cambiamenti*



*strutturali nell'economia, la minore domanda di riscaldamento dovuta agli inverni più caldi in Europa",* così come anche gli effetti del COVID-19.

Tuttavia nell'ambito del Green Deal europeo nel settembre 2020 la Commissione Europea ha infatti proposto di:

- innalzare dal 40% al 55% la riduzione entro il 2030 delle emissioni nette di gas climalteranti rispetto ai livelli del 1990;
- portare la produzione di energia prodotta da fonti rinnovabili ad una quota di almeno il 32%;
- incrementare di almeno il 32,5% l'efficienza energetica.

Gli scenari europei condivisi a dicembre 2020 impongono quindi il rialzo degli obiettivi nazionali del PNIEC<sup>1</sup>, elaborato a fine 2019. Il nuovo traguardo in termini di energia rinnovabile deve attualmente raggiungere quota 65.000 MW invece dei 51.000 MW previsti: un incremento di circa 42.406 MW rispetto ai 22.594 MW installati in Italia a fine 2021 (GSE, 2022).

Tali scenari impongono di triplicare la potenza di fotovoltaico installata in Italia entro il 2030, paese in cui il ritmo di crescita è ancora troppo lento. Se la crescita manterrà l'attuale trend, al 2030 la potenza installata a eolico e fotovoltaico sarà di poco superiore ai 50 GW, rendendo impossibile l'obiettivo (ulteriormente aumentato con il PTE2, il Piano per la transizione ecologica) di un installato totale di rinnovabili tra i 125 e i 130 GW.

Queste cifre saranno raggiungibili solo alimentando il tasso di installazione, raggiungendo per l'eolico circa 1,75 GW/anno contro gli 0,38 GW/anno di oggi e per il fotovoltaico circa 5,6 GW/anno contro gli 0,73 GW/anno.

La nuova realtà geopolitica e del mercato dell'energia impone all'EU di accelerare drasticamente la transizione verso l'energia pulita e di aumentare l'indipendenza energetica dell'Europa da fornitori inaffidabili e da combustibili fossili volatili, aumentando ulteriormente gli obiettivi su efficienza energetica e rinnovabili.

Con il recente piano di Bruxelles, il RepowerEU (revisione della direttiva 2018/2001/Ue), proposto il 18 maggio 2022, l'esecutivo comunitario propone di:

- innalzare al 45% l'obiettivo UE vincolante per le energie rinnovabili;
- aumentare al 66% l'elettricità prodotta da energia rinnovabile – solare ed eolica nel mix complessivo al 2050–raddoppiando la quota attuale;
- rafforzare le misure di efficienza a lungo termine per abbattere quanto possibile i consumi energetici di case e industrie.

Per ottenere tali obiettivi, le azioni previste da REPowerEU consistono in:

- risparmiare energia;
- diversificare l'approvvigionamento;
- sostituire rapidamente i combustibili fossili accelerando la transizione europea all'energia pulita;
- combinare investimenti e riforme in modo intelligente.

L'EU si pone quindi tra gli obiettivi principali: l'aumento della resilienza, della sicurezza e della sostenibilità del sistema energetico dell'Unione attraverso l'opportuna riduzione della dipendenza dai combustibili fossili e la diversificazione dell'approvvigionamento energetico a livello dell'Unione, anche aumentando la diffusione delle energie rinnovabili, l'efficienza energetica e la capacità di stoccaggio dell'energia.

In termini pratici, gli stati membri potranno aggiungere un nuovo capitolo dedicato al piano REPowerEU ai rispettivi piani nazionali di ripresa e resilienza nell'ambito di NextGenerationEU, allo scopo di finanziare investimenti e riforme chiave che contribuiranno al conseguimento degli obiettivi del piano REPowerEU<sup>4</sup>.

Il piano REPowerEU porterebbe la capacità complessiva di produzione di energia rinnovabile a 1236 GW entro il 2030, a fronte dei 1067 GW previsti nel pacchetto "Pronti per il 55%" (Fit for 55) che è stato adottato a fine giugno 2022.

In questo scenario il ruolo dell'energia prodotta dal settore fotovoltaico (FV) è fondamentale dal momento che in larghissima misura il gap potrà essere coperto da nuova capacità collegata alla fonte solare. La tecnologia fotovoltaica ha raggiunto un grado di maturità tecnologica che, unitamente alla diminuzione dei costi, alla crescita di produttività dei moduli e alla quasi integrale possibilità di riciclo dei materiali, la rende un valido sostituto delle fonti fossili nella generazione di energia elettrica.

Uno dei principali fattori limitanti alla diffusione di tali impianti risiede però nella disponibilità di superfici utili.

La tecnologia fotovoltaica richiede, infatti, a differenza ad esempio dell'eolico, un maggiore sviluppo areale. Considerando il progressivo aumento della popolazione mondiale (che secondo l'ultimo report delle Nazioni Unite, si prevede arriverà a 9,7 Miliardi nel 2050), oltre l'incremento di domanda in termini di energia, è in aumento anche la domanda in termini di cibo e quindi di terre coltivabili.

Il raggiungimento degli obiettivi in termini di produzione da FV è quindi in apparente contrasto con gli obiettivi di sviluppo sostenibile e recupero dell'utilizzo del suolo delle Nazioni Unite (Herrick et Abrahamse, 2019), ma la soluzione esiste ed è rappresentata da quelle che vengono definite le **installazioni agrivoltaiche**, progettate in modo da consentire la coltivazione dell'area sottostante l'infrastruttura energetica e di perseguire, quindi, simultaneamente gli obiettivi di riduzione delle emissioni e di recupero dei suoli (Reasoner et al, 2022).

### 3.2 Gli impianti agrivoltaici

Il termine (in inglese agro-photovoltaic, abbreviato APV) indica un settore, anzi per correttezza una tecnologia innovativa, ancora poco diffusa in Italia, caratterizzato da un utilizzo "ibrido" dei terreni agricoli, tra produzione agricola e produzione di energia elettrica, attraverso l'installazione sullo stesso terreno coltivato o adibito ad allevamento di impianti fotovoltaici.

Questo approccio, consente di vedere l'impianto fotovoltaico non più come mero strumento di reddito per la produzione di energia, ma come "anello di congiunzione" tra la produzione di energia da fonte rinnovabile con le pratiche agro-zootecniche.

Attualmente sono state sviluppate due diverse tipologie di utilizzo a livello impiantistico dell'agrivoltaico:

- a) come nuovo impianto a terra con moduli al suolo, le cui fila sono poste ad una distanza maggiore rispetto alle tradizionali tecniche;
- b) utilizzando moduli sopraelevati ad un'altezza che permetta la pratica agricola sull'intera superficie.

Un primo riferimento a livello normativo dell'impianto agro-fotovoltaico è dato dall'art.31, comma 5 del D.L. n.77/2021, che lo definisce come *"impianto che adotta soluzioni integrative innovative con montaggio di 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"*.

Il citato decreto, ossia il *Semplificazioni bis*, approvato il 29 luglio 2021, intervenendo su vari settori, dall'edilizia, passando per la green economy e l'ambiente, ha permesso un iter più veloce per le pratiche burocratiche e amministrative, ad esempio accelerando le pratiche di valutazione ambientale e così facilitando l'ottenimento di finanziamenti a favore di progetti appoggiati dalle strategie europee.

Il comma 5 dell'art.31 del D.L. n.77/2021, sembrerebbe prevedere un divieto di accesso agli interventi statali per gli impianti fotovoltaici con moduli piantati a terra su aree agricole (c.d. *fotovoltaico a terra*).

Infatti, tradizionalmente, gli impianti fotovoltaici si distinguevano, a livello normativo e nella prassi in:

- «impianti a terra», ovvero con moduli al suolo,

- «impianti integrati», montati sui tetti o sulle serre agricole.

Secondo l'art.2 del D.M. 19 febbraio 2007, e l'art. 20 del D.M. 6 agosto 2010, «gli impianti a terra» ossia «con moduli ubicati al suolo» sono individuati e definiti, come quelli «i cui moduli hanno una distanza minima da terra inferiore ai due metri».

Questa definizione, individuata a fini incentivanti nel periodo dei «conti energia», *non è stata superata e modificata da nessuna fonte legislativa successiva, risultando valida e applicabile ogni volta che si parla di «impianti a terra» per qualsiasi scopo.*

Nel D.M. 5 luglio 2012, troviamo invece la definizione di serra fotovoltaica identificata come «struttura di altezza minima di 2 metri, nella quale i moduli fotovoltaici costituiscono gli elementi costruttivi della copertura».

Occorre evidenziare come gli impianti integrati, in particolare le serre, nel contesto agricolo sono stati visti con favore dal legislatore e pertanto incentivati nella loro realizzazione.

Difatti gli impianti a terra, da sempre considerati in un'accezione negativa, a causa del consumo del suolo che comportano, poiché lo sottraggono all'uso agricolo, erano stati esclusi all'accesso agli incentivi statali sulla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile dall'art. 65 del D.L. N.1/2012.

Tuttavia, ora l'art. comma 5 dell'art.31 del D.L. n.77/2021 permette *l'installazione di moduli a terra, ove siano utilizzate soluzioni integrative innovative con montaggio di moduli elevati da terra, in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, consentendo altresì l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione.*

Tale indirizzo è stato poi confermato dal D.Lgs. n.199/2021, che recependo la direttiva RED II, all' art.14 , lett. c) stabilisce che: *“in attuazione della misura Missione 2, Componente 2, Investimento 1.1 "Sviluppo del sistema agrivoltaico", sono definiti criteri modalità per incentivare la realizzazione di impianti agricoli attraverso la concessione di prestiti o contributi a fondo perduto, realizzati in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 27, che, attraverso l'implementazione di sistemi ibridi agricoltura-produzione energetica, non compromettano l'utilizzo dei terreni dedicati all'agricoltura”.*

Sarà compito della Regione o della Provincia, rilasciare attraverso un'unica autorizzazione che approvi, in un'ottica di snellimento dell'iter burocratico, tutti quegli interventi di realizzazione, riammodernamento e potenziamento dell'impianto di energia e delle opere legate ad infrastrutture necessarie.

Mentre per gli interventi richiesti su impianti fotovoltaici già esistenti, che non comportino una variazione della dimensione dello stesso, e pertanto ritenuti come modifiche non sostanziali, è prevista la sola comunicazione al Comune per la loro installazione.

Riassumendo l'accesso agli **incentivi per gli impianti agrivoltaici** è previsto solo se:

- a) vengono adottate soluzioni integrative innovative con montaggio dei moduli a 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-quater*);
- b) siano previste contestualmente la realizzazione di sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate (*comma 1-quinquies*).

Rimane escluso dalla possibilità di accedere agli incentivi statali, soltanto il fotovoltaico al suolo, senza quindi la possibilità di coltivare contemporaneamente il terreno, secondo quanto previsto dalla Legge n.27/2012.

È stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 149 del 28 giugno 2022, il decreto 25 marzo 2022 del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali relativo agli *“interventi per la realizzazione di impianti fotovoltaici da installare su edifici a uso produttivo nei settori agricolo, zootecnico e agroindustriale”*.

Si tratta della misura prevista dal PNRR (c.d. Parco Agrisolare) nella Componente 1 “Economia circolare e agricoltura sostenibile”, Missione 2 “Rivoluzione verde e transizione ecologica”, per la realizzazione di impianti fotovoltaici sulle coperture di stalle e capannoni in aziende agricole, a valere su fondi del Recovery Plan (1,5 miliardi).

La spesa massima ammissibile per il singolo progetto è pari a 750mila euro (contributi a fondo perduto) per la realizzazione di impianti fotovoltaici su edifici a uso produttivo nei settori agricolo, zootecnico e agroindustriale.

Possono beneficiare di tale contributo:

- a) gli imprenditori agricoli, in forma individuale o societaria;
- b) le imprese agroindustriali, in possesso di codice ATECO di cui all’Avviso da emanarsi ai sensi dell’art.13;
- c) indipendentemente dai propri associati, le cooperative agricole che svolgono attività di cui all’art.2135 del c.c. e le cooperative o loro consorzi di cui all’art.1, comma 2 del D.lgs. 18 maggio 2001 n.228

Restano esclusi i soggetti esonerati dalla tenuta della contabilità IVA, aventi un volume di affari annuo inferiore ad euro 7.000,00.

Il fine che ha guidato l’emanazione di questo decreto, è volto a non solo creare, ma soprattutto a migliorare l’infrastruttura connessa allo sviluppo dell’agricoltura, sempre in un’ottica di maggior ammodernamento degli impianti e del risparmio energetico ed idrico.

### 3.3 Linee Guida in materia di Agrivoltaico

In data 27 giugno 2022, sono state pubblicate da parte del MiTE, le Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici. Un sistema agrivoltaico è un sistema complesso, essendo allo stesso tempo un sistema energetico ed agronomico. In generale, la prestazione legata al fotovoltaico e quella legata alle attività agricole risultano in opposizione, poiché le soluzioni ottimizzate per la massima captazione solare da parte del fotovoltaico possono generare condizioni meno favorevoli per l’agricoltura e viceversa.

Risulta pertanto d’ausilio la fissazione di parametri e requisiti volti a conseguire prestazioni ottimizzate sul sistema complessivo, considerando sia la dimensione energetica sia quella agronomica.

Il documento (Linee Guida), elaborato dal Gruppo di lavoro coordinato dal MITE a cui hanno partecipato CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l’analisi dell’economia agraria), ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l’energia e lo sviluppo economico sostenibile) GSE (Gestore dei servizi energetici S.p.A. ed RSE (Ricerca sul sistema energetico S.p.A.), introduce alcune definizioni in materia e fornisce le caratteristiche minime e i requisiti che un impianto fotovoltaico dovrebbe possedere per rientrare nelle suddette definizioni, nonché ai fini dell’eventuale accesso agli incentivi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).

Si ricorda infatti che, nell’ambito del PNRR, la seconda Missione (Rivoluzione Verde e Transizione Ecologica), si occupa dei grandi temi dell’agricoltura sostenibile, dell’economia circolare, della transizione energetica, della mobilità sostenibile, dell’efficienza energetica degli edifici, delle risorse idriche e dell’inquinamento, al fine di migliorare la sostenibilità del sistema economico e assicura una transizione equa e inclusiva verso una società a impatto ambientale pari a zero. L’articolo 1 delle Linee Guida introduce, inter alia, le seguenti definizioni:

1. **Impianto Agrivoltaico:** impianto fotovoltaico che adotta soluzioni volte a preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e zootecnia sul sito di installazione;
2. **Impianto Agrivoltaico Avanzato:** impianto agrivoltaico che, in conformità a quanto stabilito dall’articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, e ss. mm.:

- a) adotta soluzioni integrative innovative 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 zootecnica, anche eventualmente consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione;
- b) prevede la contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto dell'installazione fotovoltaica sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture, la continuità delle attività delle aziende agricole interessate, il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

Inoltre, l'articolo 2 comma 2 delle Linee Guida enuclea 5 categorie di requisiti:

- **Requisito A:** il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi;
- **Requisito B:** il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale;
- **Requisito C:** l'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli;
- **Requisito D:** Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che consenta di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate. I valori dei parametri tipici relativi al sistema agrivoltaico dovrebbero essere garantiti per tutta la vita tecnica dell'impianto. L'attività di monitoraggio è quindi utile sia alla verifica dei parametri fondamentali, quali la continuità dell'attività agricola sull'area sottostante gli impianti, sia di parametri volti a rilevare effetti sui benefici concorrenti.
  - D.1 Monitoraggio del risparmio idrico.
  - D.2 Monitoraggio della continuità dell'attività agricola. Gli elementi da monitorare nel corso della vita dell'impianto sono:
    - D.2.1 l'esistenza e la resa della coltivazione;
    - D.2.2 il mantenimento dell'indirizzo produttivo.
- **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
  - E1 fertilità del suolo.
  - E2 il microclima.
  - E3 la resilienza ai cambiamenti climatici.

Pare opportuno rilevare che il rispetto dei requisiti:

- a) A e B è ritenuto necessario al fine di far rientrare un impianto fotovoltaico realizzato in area agricola nella definizione di "impianto agrivoltaico";
- b) Per gli impianti in questione è inoltre consigliato il rispetto del requisito D.2.;
- c) A, B, C e D è necessario per soddisfare la definizione di "impianto agrivoltaico avanzato" e, in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del Decreto Legge 24 gennaio 2012, n. 1 ("Decreto Liberalizzazioni"), classificare l'impianto come meritevole dell'accesso agli incentivi statali a valere sulle tariffe elettriche. Sul punto, si segnala che, in deroga al generale divieto di percepimento degli incentivi per gli impianti realizzati su aree agricole, l'art. 65 del Decreto Liberalizzazioni è stato riformato dal Decreto Legge 31 maggio 2021, n. 77 ("Decreto Semplificazioni Bis", in vigore dal 1° giugno 2021) il

quale ha introdotto la possibilità per gli impianti agrivoltaici di ricevere gli incentivi previsti dal FER1. In tal senso, l'ultima versione del Regolamento Operativo per l'accesso agli incentivi pubblicato dal GSE in data 31 gennaio 2022, dispone che il divieto di accesso agli incentivi statali per impianti con moduli collocati a terra in aree agricole non si applica, inter alia, "agli impianti agrivoltaici che adottino soluzioni integrative innovative 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 zootecnica, *anche consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione*". Per detti impianti (ai sensi del nuovo comma 1-quinques del Decreto Liberalizzazioni, introdotto dal Decreto Semplificazioni Bis) l'accesso agli incentivi è inoltre subordinato alla contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate;

- d) A, B, C, D ed E è pre-condizione per l'accesso ai Contributi PNRR, fermo restando che, come previsto dall'articolo 12, comma 1, lettera f) del Decreto Legislativo no. 199/2021, potranno essere definiti ulteriori criteri in termini di requisiti soggettivi o tecnici, fattori premiali o criteri di priorità. Con riferimento alle spese di investimento connesse alla realizzazione di un impianto agrivoltaico.

Si riporta di seguito un quadro di approfondimento relativo all'agrivoltaico avanzato e all'agricoltura di precisione.

AGRIVOLTAICO AVANZATO E AGRICOLTURA DI PRECISIONE
<p>L'impianto agrivoltaico proposto è stato pensato come un impianto produttivo avanzato in cui il controllo del sistema fotovoltaico sia funzionale non solo alla massimizzazione della produzione energetica ma alla sinergia ottimale con l'attività agricola, concetto chiave dell'agrivoltaico, il solo capace di massimizzare i benefici tra agricoltura e fotovoltaico.</p> <p>Il rapporto tra colture e pannelli fotovoltaici può essere benefico anche per i secondi, in quanto può portare a incrementi di produzione elettrica in quanto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ l'attività evapotraspirativa delle colture riduce la temperatura dell'aria in prossimità dei pannelli (effetto cooling);</li> <li>▪ la presenza delle colture riduce la presenza di polvere (riduzione del dusting);</li> <li>▪ la copertura vegetale permette di aumentare l'albedo e quindi la produzione di elettricità nel caso di pannelli bifacciali.</li> </ul> <p>La stessa l'agricoltura è in rapida evoluzione (Agricoltura di precisione e Agricoltura 4.0).</p> <p>L'Agricoltura 4.0 si è fatta strada nella gestione delle aziende agricole lungo tutto la filiera tramite varie modalità, tra le quali <b><i>l'Internet of Things</i></b> (IoT), l'ottimizzazione dei Big Data, l'Intelligenza Artificiale (AI) e la robotica, nel tentativo di rendere sempre più efficienti produzione e commercializzazione.</p> <p>L'applicazione della tecnologia IoT è un passaggio fondamentale perché permette alle aziende di abbracciare un cambio tecnologico e di mentalità cruciale per il loro business futuro.</p> <p>Grazie al PNRR (Piano Nazionale Ripresa e Resilienza), che ha previsto lo stanziamento di 1,5 miliardi di euro per incentivare la realizzazione di parchi agrisolare, sono numerose le misure emesse per aiutare le aziende a fornirsi dei migliori strumenti tecnologici utilizzando gli incentivi.</p> <p>L'agrivoltaico <b>IoT con intelligenza artificiale (AI)</b> è oggi una realtà.</p> <p>Abbinare il fotovoltaico e l'agricoltura di precisione, con l'obiettivo di migliorare la produttività, grazie all'uso dell'intelligenza artificiale, di sensori IoT e di altre tecnologie evolute per produrre energia senza ulteriore consumo di suolo, con benefici in termini economici tutelando il paesaggio, può rappresentare la soluzione tecnologica innovativa per migliorare la competitività dell'agrivoltaico in Italia e in Europa.</p> <p>Le Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici, realizzate dal gruppo di lavoro coordinato dal MiTE, prevedono peraltro:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ un continuo monitoraggio degli impatti sulle colture,</li> <li>▪ l'efficientamento nell'uso dell'acqua, la produzione, il microclima, lo stato di fertilità dei suoli.</li> </ul>

L'agrovoltaico IoT, ovvero integrato con sistemi IoT, rende possibile adempiere a questo requisito poiché permette di dedicare una parte dell'energia prodotta dai pannelli solari all'alimentazione di sensori prossimali e sistemi IoT consentendo una tracciabilità continua, remota e digitalizzata delle condizioni ambientali e un aumento della qualità delle produzioni agrarie.

I sistemi di monitoraggio permettono inoltre di raccogliere utili dati sia per il fotovoltaico che per l'agricoltura.

Alcuni sistemi di monitoraggio, ad esempio, grazie ad algoritmi di intelligenza artificiale, sono in grado di controllare l'inclinazione dei pannelli solari e ottimizzare l'ombreggiamento al meglio le colture.

L'agrovoltaico con IoT, in questo modo, migliora la resa delle coltivazioni perché i moduli agrovoltaici sono in grado di agire come barriera contro l'eccessiva radiazione solare, il calore, la siccità o le forti precipitazioni.

Abbinare fotovoltaico di ultima generazione, intelligenza artificiale e attività agricole secondo una agricoltura di precisione (e Agricoltura 4.0) rappresenta la soluzione vincente per la produzione di food e energia elettrica, ottenendo benefici in termini economici e di tutela del paesaggio, senza ulteriore consumo di suolo ed in linea con gli obiettivi europei di neutralità climatica al 2050.

In ambito europeo ci sono già alcuni importanti progetti che testimoniano l'abbinamento di successo dell'AI per migliorare la resa agricola e la produzione da fotovoltaico: tra questi c'è il progetto SYMBIOSYST, finanziato dal programma europeo Horizon e condotto da 18 partner, tra cui per l'Italia ENEA, EURAC Research (coordinatore), EF Solare, Convert, ETA Florence Renewable Energy, Centro di Sperimentazione Laimburg e Südtiroler Bauernbund che mira a sviluppare soluzioni e minimizzare l'impatto su ambiente e paesaggio, promuovendo un agrovoltaico "su misura" in grado di stimolare iniziative e investimenti.

**L'Agricoltura 4.0** è l'evoluzione del concetto di "agricoltura di precisione" che viene utilizzato per definire interventi mirati ed efficienti in campo agricolo a partire da dati come, per esempio, le caratteristiche fisiche e biochimiche del suolo.

Di fatto, è tutto l'insieme di strumenti e strategie che consentono all'azienda agricola di impiegare in maniera sinergica e interconnessa tecnologie avanzate con lo scopo di rendere più efficiente e sostenibile la produzione.

In pratica, adottare soluzioni 4.0 in campo agricolo comprende, ad esempio, il poter calcolare in maniera precisa qual è il fabbisogno idrico di una determinata coltura ed evitare gli sprechi oppure permette di prevedere l'insorgenza di alcune malattie delle piante o individuare in anticipo i parassiti che potrebbero attaccare le coltivazioni, riducendo di fatto gli sprechi.

Un altro ambito di applicazione dell'agricoltura 4.0 è quello della tracciabilità della filiera e, secondo addetti ai lavori, è qui che si intravedono le prospettive più interessanti guardando al futuro.

Durante ogni passaggio, dal campo al confezionamento (qualora sia previsto), è possibile raccogliere dati utili a mantenere sotto controllo ogni step del processo di produzione.

Poco margine d'errore, dunque, consente di poter realizzare una filiera corta capace di produrre prodotti di massima qualità e in maniera sostenibile dal punto di vista ambientale.

È al riguardo **obiettivo della AV SANLURI S.r.l.** (e più in generale della TEAL CHANGE S.r.l.) prendere in esame e portare avanti in tutto il periodo di vita utile dell'impianto agrovoltaico proposto, tutte le strategie riguardanti la messa in atto di tecnologie inerenti il risparmio irriguo, con piani di monitoraggio su larga scala che prevedano e verifichino l'impatto delle opere stesse sulle colture, la produttività in termini di rese per ettaro, in confronto sia alle tecniche di agricoltura tradizionale che, soprattutto, in relazione al connubio "in operam" tra produzione di energia da fonte rinnovabile e rispetto della conduzione originaria tipica delle stesse colture, attraverso l'ausilio e l'impiego di applicativi per un'agricoltura digitale e di precisione.

Il futuro dell'agricoltura è legato alla sostenibilità ambientale, alla razionalizzazione delle risorse e ad una massiccia disponibilità di dati conservati online, dati che ormai devono risultare raggiungibili da qualsiasi dispositivo e da qualsiasi mezzo: dagli smartphone dell'operatore, ai dispositivi montati sui trattori, fino alle centraline in campo o all'impiego di droni per svariati compiti. Questo controllo capillare e la lotta senza quartiere allo spreco di risorse, in definitiva, altro non è che un vantaggio economico per l'agricoltore stesso.

Esistono ancora dei limiti alla diffusione di soluzioni 4.0 in tutta Italia, dai costi di gestione all'effettivo accesso alla tecnologia. Tuttavia, i ricercatori non hanno dubbi nell'evidenziare come i vantaggi abbraccino il risparmio in termini economici e ambientali, ma anche una produzione di maggiore qualità che risponde anche a benefici da un punto di vista salutistico (considerato il minor impiego di sostanze artificiali). Si stima, infatti, che i prodotti inseriti in una filiera ad alto tasso tecnologico mantengano intatte le loro proprietà e risultino, quindi, più salutari. Dal punto di vista quantitativo, inoltre, il risparmio sugli input produttivi risulta essere del 30% con un aumento della produttività pari al 20%.

Tuttavia, nel passaggio ad una agricoltura 4.0, l'investimento è recuperabile in pochi anni grazie ad un costo per ettaro inferiore, all'ottimizzazione delle risorse e, non meno importante, ad un miglioramento delle condizioni di lavoro e delle ore spese sul campo.

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 vengono introdotti negli anni '80, mentre il Gps in agricoltura negli anni '90, mentre il termine "Agricoltura di Precisione (Precision Farming)" è stato utilizzato per la prima volta nel 1990 in un workshop nel Montana. Sono state proposte diverse definizioni negli ultimi decenni, ma una delle più riconosciute è quella di un approccio alla gestione del processo produttivo agricolo che consenta di "fare la cosa giusta, al momento giusto, al punto giusto" (Gebbers e Adamchuk, 2010).

Questa definizione riassume in maniera efficace i principi e gli obiettivi dell'Agricoltura di Precisione: tener conto della variabilità nel tempo e nello spazio dei fattori che influiscono sul processo produttivo agricolo, per migliorare l'efficienza degli input nella gestione dinamica del processo.

Migliorare l'efficienza significa utilizzare meno risorse per ottenere lo stesso risultato, od ottenerne uno migliore a parità di utilizzo di input (es. acqua, fertilizzanti, prodotti fitosanitari, ecc.). Quindi, vi è uno stretto legame tra i fondamentali fattori su cui si basa l'agricoltura di precisione e lo sforzo che viene fatto, sotto diversi aspetti, per aumentare la sostenibilità e ridurre l'impatto ambientale dell'agricoltura.

A prima vista sembrerebbe dunque l'obiettivo dell'agricoltura di precisione non si discosti dalle normali finalità di una buona gestione agronomica, ad esempio per quanto riguarda le produzioni vegetali. Tuttavia, le buone pratiche agricole comunemente proposte, non tengono adeguatamente in considerazione la dinamicità dei sistemi agricoli, all'origine di una forte variabilità temporale delle risposte ai fattori produttivi. Questa variabilità temporale fa sì che, ad esempio, lo stesso intervento agronomico (ad es. concimazione, trattamenti fitosanitari) sortisca degli effetti differenti nei diversi anni.

Ancora più netta è la scarsa considerazione generalmente data, nella gestione convenzionale, alla variabilità nello spazio dei fattori che influiscono sulle produzioni, in particolare alla variabilità presente all'interno degli appezzamenti coltivati.

L'Agricoltura di Precisione si pone come obiettivo la comprensione di questa variabilità spaziale e temporale e la modulazione degli interventi, in funzione della variabilità, per ottimizzare i risultati del processo produttivo in termini economici e/o ambientali. Per realizzare questo obiettivo, l'Agricoltura di Precisione si avvale di quanto di meglio la tecnologia possa offrire in termini di capacità di monitoraggio della variabilità e di attuazione di una gestione idonea a tener conto di questa variabilità, spesso si chiama gestione sito-specifica.

Le aziende agricole hanno oggi a disposizione svariate tecnologie per migliorare la gestione dei propri appezzamenti.

Da un punto di vista agronomico, quelle più conosciute e utilizzate sono:

- **Strumenti di controllo.** Permettono di rilevare e comprendere cosa sta accadendo in campo attraverso misurazioni (mappe da satellite o drone, rilievi in campo, analisi del suolo, centraline meteo, mappe di raccolta);
- **Strumenti di previsione.** Consentono di stimare cosa sta accadendo in campo senza una misurazione diretta (previsioni meteo, stima dei fabbisogni irrigui o di fertilizzanti, modelli fenologici e di sviluppo delle fitopatie);
- **Strumenti di decisione e prescrizione** per prendere decisioni data driven comparando dati significativi e integrandoli tra loro (mappe di prescrizione, DSS);
- **Sistemi di attuazione.** Permettono di applicare decisioni e prescrizioni a livello di campo (guida parallela, guida automatica, attuatori, tecnologia a rateo variabile);
- **Sistemi per la tracciabilità.** Consentono di tracciare il ciclo di vita del prodotto dal campo al consumatore secondo la strategia "from farm to fork" (blockchain, telemetria).

Tuttavia, l'uso della tecnologia, in particolare della sensoristica, elettronica e meccatronica non è necessariamente sinonimo di Agricoltura di Precisione, anche se spesso non si può prescindere dall'uso di queste tecnologie. Agricoltura di precisione e 4.0 non sono però solo tecnologia, comportano anzi rilevanti aspetti economici, gestionali, giuridici e sociali: proprio grazie al governo e al controllo puntuale e sito-specifico della produzione, consentono di incrementare la sostenibilità, cioè di produrre di più e meglio con meno risorse.

Parlare di sostenibilità ambientale, infatti, significa parlare di minor consumo di risorse, meno fertilizzanti, fitofarmaci, sementi, acqua, energia. Significa parlare di controllo e monitoraggio, calibrato sulla dimensione aziendale (piccola, media o grande), dei fabbisogni delle colture, riduzione di input e incremento delle rese e della qualità anche alla luce delle sfide globali: aumento dei fabbisogni alimentari della popolazione mondiale in crescita (attualmente 7,9 miliardi), limiti delle risorse naturali acqua e suolo, cambiamento climatico e riscaldamento globale.

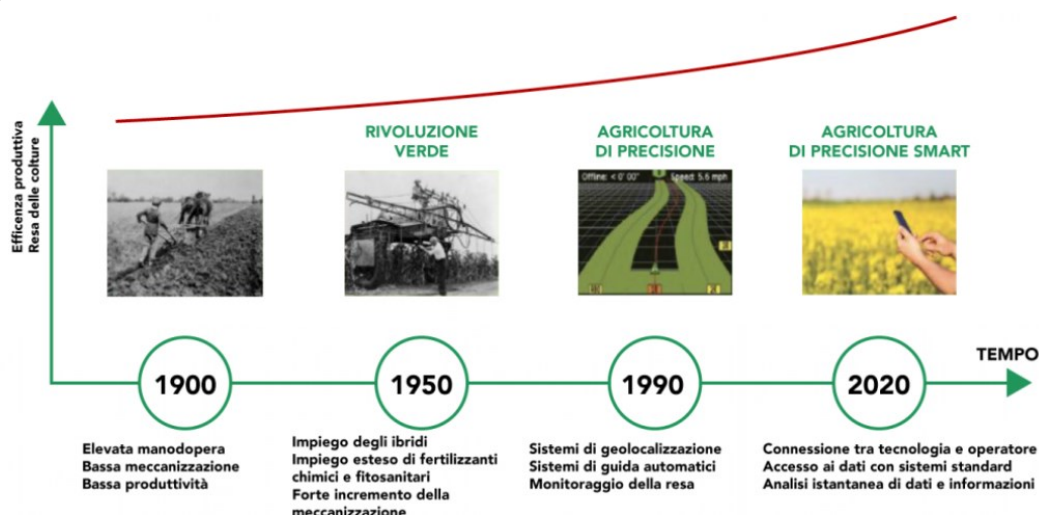


Figura 1: Lo sviluppo delle tecniche agrarie

I due concetti di Agricoltura 4.0 e Agricoltura di Precisione non sono sovrapponibili; infatti, è il concetto di Agricoltura di precisione che si è evoluto nell'espressione "Agricoltura 4.0". Quindi per "Agricoltura 4.0" si intende l'evoluzione dell'agricoltura di precisione ad un livello superiore.





Figura 2: Lo sviluppo dell'agricoltura

Questo si verifica, ad esempio, quando vengono applicati concetti di digital transformation nel settore agroalimentare, come ad esempio *Big Data* e *Internet of things (IoT)*, dando vita al cosiddetto "internet of farming".

L'agricoltura 4.0 rispetto all'agricoltura di precisione permette di gestire più informazioni e raccogliere in maniera più semplice e rapida. I dati possono essere sfruttati in misura più ampia e in maggiori modalità:

## Il ciclo di Agricoltura 4.0

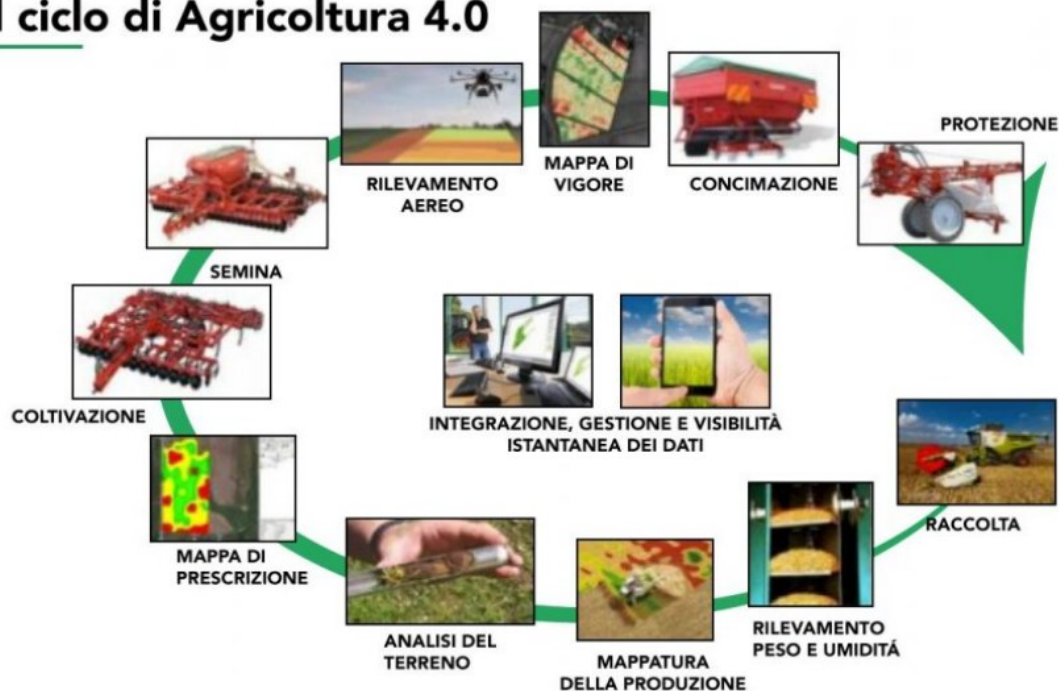


Figura 3: Il ciclo di Agricoltura 4.0

L'analisi dei dati è un argomento che sta trovando sempre più spazio e applicazione in tutti i settori aziendali. L'agricoltura non è esclusa da questa tendenza.

Grazie all'Internet of Things e ai Big Data, le aziende hanno a disposizione una fonte imponente di dati a cui prima non avevano accesso. Queste tecnologie sono in grado di calcolare una quantità di informazioni sempre maggiore in un lasso di tempo sempre minore.

In prima battuta la raccolta e l'analisi permettono la creazione di modelli predittivi in grado di aumentare l'accuratezza e i benefici delle decisioni prese dall'agricoltore e ridurre il rischio connesso all'imprevedibilità degli eventi naturali (meteorologici, epidemici, ecc.).

In secondo luogo, possono essere introdotti sistemi di controllo e distribuzione di risorse (acqua, pesticidi, fertilizzanti, ecc.) per ridurre gli sprechi e al tempo stesso massimizzare la resa del terreno.

L'agricoltura 4.0 consente inoltre una comunicazione più efficace con gli altri componenti della filiera, garantendo quindi benefici su più livelli a favore di diversi attori.

Questo tipo di approccio permette, infine, di automatizzare processi e interconnettere attività che altrimenti non potrebbero interfacciarsi tra loro.

In sintesi, grazie all'Agricoltura 4.0 e all'Agricoltura di precisione è possibile:

- Ottenere un prodotto di maggiore qualità;
- Fornire maggiori benefici per la salute della pianta;
- Ridurre i costi di produzione;
- Diminuire l'impatto ambientale;
- Pianificare le attività di coltura, semina e raccolta;
- Ridurre spese di forniture, macchinari, manutenzione ecc.;
- Limitare i residui di sostanze chimiche nei prodotti;
- Monitorare l'attività da remoto in ogni momento e in tempo reale;
- Effettuare previsioni sull'evoluzione della coltura.

L'Agricoltura 4.0 e l'Agricoltura di precisione hanno permesso e permetteranno la nascita di nuove figure professionali, altamente specializzate:

- Tecnici specializzati in agricoltura di precisione: aiutano a sviluppare e installare tecnologie avanzate, come sensori, GPS, intelligenza artificiale e droni;
- Analisti di dati agrari: analizzano i dati raccolti da vari sistemi tecnologici per ottenere informazioni sulla qualità dei prodotti e sulle condizioni ambientali;
- Consulenti in agricoltura di precisione: aiutano i produttori agricoli a identificare le opportunità per migliorare la loro attività con l'utilizzo di tecnologie avanzate;
- Sviluppatori di software per l'agricoltura di precisione: creano software personalizzati per soddisfare le esigenze specifiche dei produttori agricoli;
- Ingegneri meccanici specializzati in agricoltura: progettano e sviluppano attrezzature agricole avanzate con funzioni di precisione.

Lo sviluppo tecnologico e la digitalizzazione consentono grandi passi avanti nell'efficienza delle risorse e favoriscono un tipo di agricoltura *"green mind"*, che rispetta l'ambiente e riduce l'impatto sull'ecosistema, aumentando la resilienza e la salute del suolo e diminuendo i costi per gli agricoltori.

Per la diffusione sul territorio italiano delle nuove tecnologie nel settore agricolo sono stati utilizzati i dati raccolti dall'Osservatorio Smart Agrifood della School of Management del Politecnico di Milano e del Laboratorio RISE (Research & Innovation for Smart Enterprises) dell'Università degli Studi di Brescia, presentati pochi mesi fa.

Secondo le rilevazioni, l'Agricoltura 4.0 in Italia è cresciuta del 31% nel 2022, confermando la tendenza positiva degli ultimi anni. Già nel 2021, infatti, l'agricoltura 4.0 ha generato un fatturato di circa 1,6 miliardi di euro, il 23% in più rispetto all'anno precedente; nel 2022 il fatturato ha superato i 2 miliardi di euro.

Un incremento dato sicuramente dall'aumento delle superfici coltivate grazie al supporto di innovazioni tecnologiche (nel 2021 erano il 6%, nel 2022 l'8%) ma anche dalle sempre più aziende che fanno uso di soluzioni dell'Agricoltura 4.0.

La quota di agricoltori che utilizzano almeno uno strumento di Agricoltura 4.0 sono infatti cresciuti di 4 punti percentuali dal 2020 al 2021.

Per quanto riguarda gli strumenti e le tecnologie più utilizzati in agricoltura in Italia, al primo posto troviamo i software gestionali (utilizzati dal 40% delle aziende) e, a seguire, i sistemi di monitoraggio e controllo di macchine, attrezzature agricole, terreni e colture (37%) e i sistemi di mappatura che usano tecnologie satellitari (28%).

Oltre alla produzione, alla logistica, al controllo qualità, per le imprese risulta cruciale anche il tema della tracciabilità, importante per le aziende agricole ma anche per i consumatori: l'88% delle aziende agricole hanno deciso di investire in innovazioni proprio in questo senso, per velocizzare la tracciabilità dei prodotti, valorizzandoli verso i consumatori.

Si è ad esempio registrata una crescita nel settore agroalimentare dell'applicazione di tecnologie Blockchain & Distributed Ledger nell'agroalimentare. Si tratta di una tecnologia che viene impiegata soprattutto per sfruttare al meglio opportunità commerciali grazie al marketing ma anche per migliorare l'efficienza nella catena di approvvigionamento o *supply chain*. Quasi la metà dei progetti avviati hanno proprio come obiettivo quello di raccogliere dati lungo la filiera per garantire la tracciabilità dei prodotti e migliorare l'efficienza della *supply chain*.

Altro aspetto su cui si stanno concentrando numerosi investimenti è quello legato all'Intelligenza artificiale e alla realizzazione di macchinari automatizzati per esaminare il suolo e per assistere l'uomo nei lavori più pesanti.

Le maggiori prospettive future riguardano infine quelle inerenti a tematiche di sostenibilità come:

- Lotta allo spreco;

- Riduzione dell'impatto ambientale;
- Gestione delle risorse idriche;
- Tecnologie per la valorizzazione dell'azoto, risorsa importantissima in agricoltura ma inquinante e costosa.

Il concetto centrale dell'agricoltura di precisione è quello di operare soltanto quando e dove è necessario (secondo logiche sito-specifiche) e questa può essere fatta soltanto se è disponibile una grande quantità di dati.

Le fasi sono:

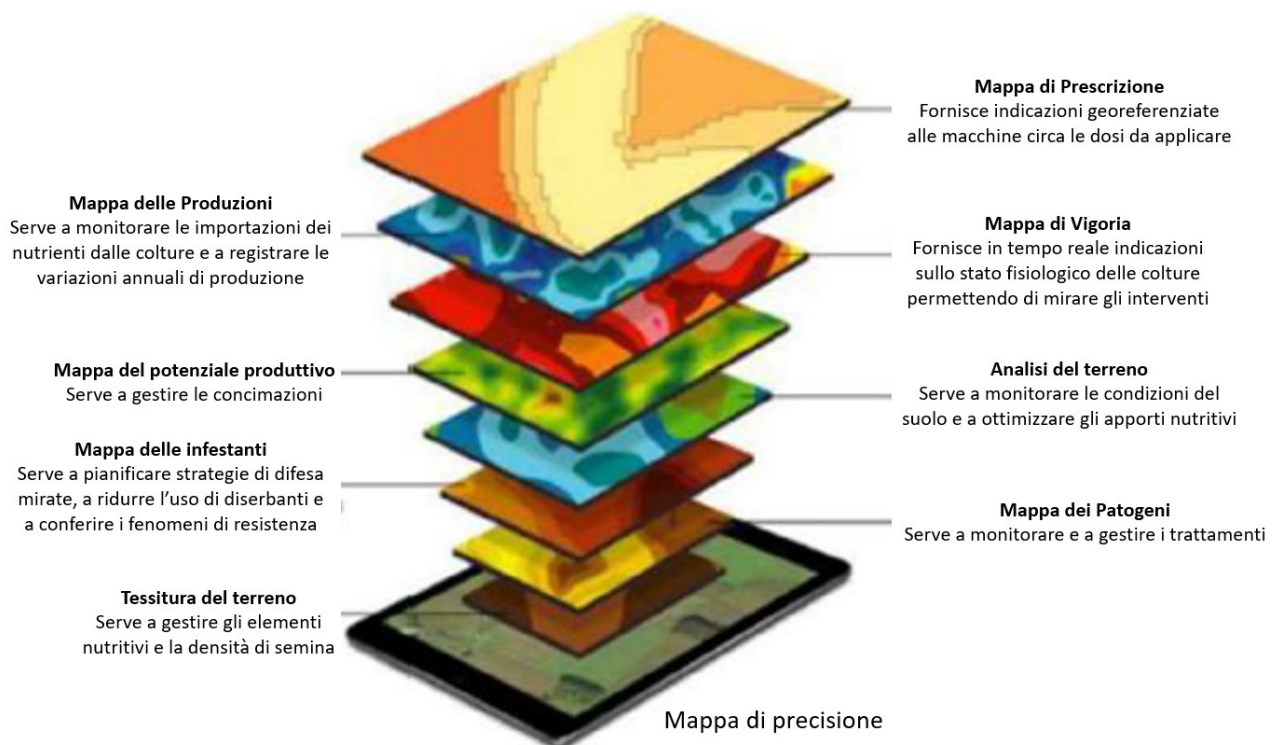
1. raccolta dati (informazioni);
2. mappatura;
3. processo decisionale;
4. gestione culturale.

L'adozione delle tecniche per l'agricoltura di precisione consente una più o meno spinta automazione delle attività di controllo operativo in campo. L'operatore viene in parte liberato dalle sue funzioni di regolazione delle macchine.

Tutte le applicazioni dell'agricoltura di precisione necessitano di un numero elevato di sensori per l'acquisizione dei dati in campo.

Tutte le informazioni raccolte possono essere collegate tra loro realizzando una mappa con le posizioni dei dati tali da poter gestire la semina, le operazioni agricole, la distribuzione degli erbicidi, il monitoraggio delle rese, etc..

Sotto si riporta un esempio di quella che viene definita "mappa di precisione".



**Figura 4: Mappa di precisione**

L'impiego dei sensori meteo-climatici consente di ottenere in modo chiaro e semplice i dati di evapotraspirazione (ETP) relativi alle colture e di ottenere quindi il fabbisogno idrico effettivamente necessario (litri per metro quadro, o millimetri di pioggia equivalenti).

Le sonde di umidità del suolo adatte senza calibrazione ad ogni tipo di terreno e posizionabili nei vari settori irrigui tramite unità wireless IoT a batteria, forniscono una misura immediata sul contenuto di acqua a livello dell'apparato radicale.

In termini pratici un sistema di monitoraggio professionale così concepito è costituito da una stazione meteo centrale in grado di coprire diversi chilometri, che può essere dotata di tradizionali sensori meteo-climatici, come pioggia, vento, radiazione solare, pressione atmosferica e di unità wireless IoT con i sensori microclimatici capaci di calcolare, ad esempio, la temperatura e umidità dell'aria, la bagnatura fogliare e l'umidità del terreno.

I sensori wireless, posizionati tra le colture acquisiscono i dati micro-climatici e li trasmettono ad una app che li archivia, visualizzabili in tempo reale sia dal computer che da uno smartphone.

È inoltre possibile automatizzare l'impianto di irrigazione, utilizzando direttamente i dati acquisiti dai sensori, ed i modelli calcolati automaticamente (es. evapotraspirazione) per regolare i turni irrigui da remoto e ricevere allarmi in caso di malfunzionamenti.

Tutti i dati che i sensori wireless trasmettono, restano memorizzati e archiviati, fornendo nel tempo una importante base di informazioni e di analisi confrontabile tra un anno e l'altro, dimostrando inoltre in modo concreto l'impegno verso una agricoltura sostenibile che rafforza la promozione dell'azienda in azioni di marketing.

La centralina di fatto monitorerà tra le altre cose i dati meteo quali misura di:

- vento;
- piovosità;
- umidità.

e quelli agronomici quali:

- bagnatura delle foglie;
- radiazione solare;
- umidità del suolo;
- vigoria delle piante;

Alla rilevazione dei dati di campo si assocerà il monitoraggio dei dati chimico-fisici con rilievo in campo ante operam e ogni tra anni in fase di esercizio. Inoltre, durante tutta la vita dell'impianto agrivoltaico sarà redatta, con cadenza annuale, una relazione tecnica asseverata da un agronomo. Saranno inoltre raccolti dati di benchmark aderendo eventualmente alla rilevazione con metodologia RICA svolta da Agenzie Specifiche.

#### **Punti di debolezza dell'agricoltura di precisione e della stessa Agricoltura 4.0**

Si riportano di seguito quelle che, oggi, sono le criticità dell'agricoltura di precisione e della stessa Agricoltura 4.0.

##### Disponibilità di tecnologie adeguate

Non tutti possono ancora avere accesso alle tecnologie più innovative, che in certe aree e per certe categorie di lavoratori rimangono ancora troppo dispendiose o inaccessibili. Basti pensare ad alcune aree in Italia che non hanno accesso ad un'adeguata rete internet. In queste zone, per lo più rurali e quindi dedite all'agricoltura, è difficile pensare a una diffusione dell'agricoltura di precisione e dell'agricoltura 4.0. In questo senso iniziative comunitarie e nazionali saranno fondamentali per offrire supporto economico e facilitare la diffusione di queste tecnologie in misura equa.

##### La formazione del personale

La diffusione dell'agricoltura di precisione passa inevitabilmente dalla conoscenza di strumenti tecnologici e informatici. Se quindi l'innovazione digitale non viene assorbita e metabolizzata dalle singole persone che compongono il comparto dell'agricoltura, l'imprenditore si ritroverebbe con strumenti che non riesce a governare. Certe soluzioni anziché supportarlo e favorire la crescita del suo business potrebbero al contrario metterlo in difficoltà.

##### Ostacoli per motivi storici e culturali

L'agricoltura è uno dei settori storicamente più legati all'attività manuale e al contatto diretto con la natura. Molto spesso gli operatori del settore, anche al di fuori dell'ambiente lavorativo, fanno un uso ridotto di dispositivi tecnologici e informatici. Inoltre, molti agricoltori sono ancora scettici nell'utilizzare certe tecnologie che vengono viste come una perdita dei classici valori della vita nei campi. Negli ultimi anni, l'entrata in questo settore di giovani imprenditori, spesso laureati, ha portato un nuovo punto di vista, evidenziando come i sani ideali dell'agricoltura possono comunque coesistere con l'innovazione e la tecnologia.

##### Difficoltà di integrazione con i sistemi esistenti

Un'altra difficoltà rilevante è quella di integrare le nuove tecnologie tra di loro. L'agricoltura di precisione richiede spesso una serie di investimenti correlati tra loro molto onerosi. Ad esempio, un software gestionale all'avanguardia per essere pienamente efficace richiede anche macchinari evoluti per poter trasmettere e ricevere informazioni. Oppure, macchinari automatizzati richiedono spesso anche investimenti sull'intero impianto, che deve essere predisposto in maniera particolare.

In definitiva il passaggio all'agricoltura di precisione e all'agricoltura 4.0 può rappresentare una reale opportunità e proprio per questo motivo AV Sanluri S.r.l. (e quindi Teal Change S.r.l.), tramite il progetto di un impianto solare per la produzione di energia elettrica con tecnologia agrivoltaica, intende investire su queste tecnologie con lo scopo di salvaguardia dell'ambiente e della coltivazione di colture secondo i parametri di un'agricoltura di tipo 4.0.

## 4. APPROFONDIMENTI IN MATERIA PROGETTUALE

### 4.1 Componente fotovoltaica

Il sistema fotovoltaico proposto prevede l'utilizzo di inseguitori solari monoassiali a doppia vela con pannelli bifacciali che ruotano sull'asse est-ovest seguendo l'andamento del sole. Le strutture metalliche di supporto sono disposte lungo l'asse nord-sud su file parallele opportunamente distanziate tra loro di 12,00 m (distanza palo-palo, denominata "Pitch") al fine di ridurre gli effetti degli ombreggiamenti e consentire l'agevole passaggio delle macchine operatrici necessarie all'attività agricola.

L'utilizzo di pannelli su tracker garantirà un irraggiamento delle colture migliori rispetto ai sistemi fissi che comportano la presenza di parti di superficie costantemente ombreggiate.

La scelta dei tracker consente di avere, nel momento di massima apertura "zenith solare" una fascia di larghezza pari a 7,00 m circa completamente libera dalla copertura dei pannelli tra le stringhe (di seguito denominata "Gap").

Le strutture impiegate avranno una altezza massima pari a 4,55 m e l'altezza libera inferiore è pari a 0,40 m circa. L'altezza del nodo di rotazione è pari a m 2,47 dal piano di campagna. I tracker saranno infissi direttamente nel terreno tramite macchinari tipo battipali.

### 4.2. Componente agronomica

Al fine di soddisfare il fabbisogno di energia da fonti rinnovabili e favorire la valorizzazione del territorio e delle sue risorse in linea con la realtà agricola locale, si prevede che gran parte della superficie interessata dall'installazione dei moduli per la produzione di energia da fonte rinnovabile sia destinata alla produzione agricola decisa dal conduttore dell'azienda agricola proprietaria dell'area.

Come meglio illustrato in seguito la conduzione agronomica proposta è considerata sostenibile e coerente con i disciplinari di produzione integrata e vuole portare i conduttori dei fondi verso un'agricoltura di precisione, utile a gestire razionalmente i fattori della produzione e ad attuare corrette strategie, al fine di garantire inoltre una buona qualità e tracciabilità del prodotto e performance competitive, oltre ad una riduzione dei costi, in un'ottica di sostenibilità degli impatti ambientali.

#### 4.2.1 Agricoltura di precisione e monitoraggio agronomico

L'agricoltura di precisione (*precision farming*) è l'agricoltura che impiega strumenti, tecnologie e sistemi informativi allo scopo di supportare il processo di assunzione di decisioni in merito alla produzione dei raccolti (Gebbers e Adamchuk, 2010).

I DSS (Decision Support System) sono sistemi informatici che raccolgono, organizzano, interpretano e integrano in modo automatico le informazioni provenienti in tempo reale dal monitoraggio dell'«ambiente coltura» (attraverso sensori o attività di monitoraggio). I DSS analizzano questi dati per mezzo di avanzate tecniche di modellistica e, sulla base degli output dei modelli, generano una serie di allarmi e supporti alle decisioni.

L'obiettivo del monitoraggio ambientale è quello di illustrare le principali azioni, i criteri e le metodologie proposte (*Ante Operam, Corso d'Opera e Post Operam*) per le attività di monitoraggio delle componenti agro-ambientali ritenute più significative nell'ambito della realizzazione, dell'esercizio e della dismissione dell'impianto proposto.

Si forniscono in questo paragrafo, maggiori dettagli riguardo al il monitoraggio agronomico.

In conformità alle "Linee Guida per l'Applicazione dell'Agro-fotovoltaico in Italia" (Unitus, 2021), verrà valutata la possibilità di installare, in fase ante operam, una stazione agrometeorologica dotata di sensori standard per la

misurazione di temperatura del suolo e dell'aria, apporti pluviometrici, velocità e direzione del vento, umidità del suolo e dell'aria, radiazione solare totale, evapotraspirazione e bagnatura fogliare (vd. figura seguente).

Al fine di garantire una conduzione sempre più orientata verso un'Agricoltura di Precisione (AP), si propone di interfacciare la stazione con un DSS.

Le definizioni di AP riguardano infatti l'adozione di tecniche che consentono di:

- migliorare l'apporto di input attraverso l'analisi di dati raccolti da sensori e la relativa elaborazione con strumenti informatici (DSS), che gestendo la variabilità temporale permettono di dosare al meglio l'impiego di input (acqua, prodotti fitosanitari e concimi);
- garantire la tracciabilità del prodotto utilizzando tecnologie informatiche per la registrazione dei dati di campo.

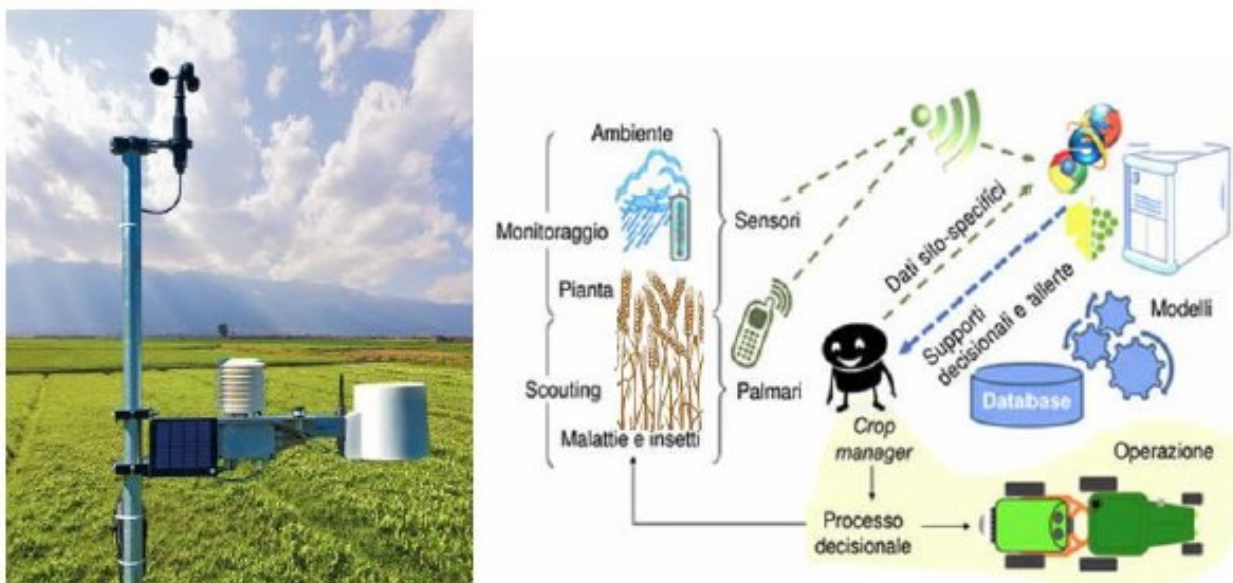


Figura 5: Esempio di stazione agrometeorologica

A livello nazionale esistono delle “Linee Guida per lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione in Italia” redatte a cura del Gruppo di Lavoro nominato con DM n. 8604 dell'1/09/2015 e pubblicate nel settembre 2017 da parte del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, che costituiscono uno specifico approfondimento sull'innovazione tecnologica in campo agricolo, illustrando le metodologie da attuare per la realizzazione dell'Agricoltura di Precisione. Tali Linee Guida sono state utilizzate come modello di riferimento nella predisposizione del modello di gestione di monitoraggio del progetto proposto.

Considerata la realtà aziendale, si esclude al momento la possibilità di introdurre l'impiego di macchine intelligenti con navigazione assistita tramite GPS, situazione a cui si potrebbe tendere negli anni e che consentirebbe di gestire al meglio le lavorazioni.

Tuttavia, si prevede di agire sin da subito introducendo l'impiego di un DSS per la registrazione delle operazioni di campo, la consultazione e l'elaborazione dei dati meteo.

La scelta del DSS tra i diversi disponibili sul mercato verterà su un sistema in grado di fornire anche indici di rischio per le patologie vegetali.

L'utilizzo di tali strumenti modellistici consente di controllare (o prevenire) in modo efficace lo sviluppo di patologie, riducendo il numero di interventi, oltre a fornire uno strumento fondamentale per la registrazione delle operazioni di campo e dimostrare la conformità con specifici protocolli o disciplinari di produzione.

Si prevede inoltre una gestione informatizzata dell'impianto di irrigazione e l'installazione di tensiometri in campo, anche la risorsa idrica sarà quindi gestita con un DSS ad hoc e l'irrigazione verrà programmata sulla base dei dati agrometeorologici registrati in tempo reale.

Attraverso il DSS sarà possibile effettuare:

- la registrazione delle concimazioni effettuate con l'indicazione dei prodotti specifici e delle relative titolazioni; la definizione delle quantità di concime da applicare in funzione del tipo di terreno, dell'andamento meteorologico, della resa attesa e del processo culturale; l'ottimizzazione delle tempistiche;
- la registrazione delle produzioni ottenute, in termini di kg/anno di olive che saranno raccolte e inviate poi a spremitura, utile anche per la creazione di un database relativo alla coltivazione in un sistema agrivoltaico di pieno campo.

L'integrazione, tra i dati meteo registrati in campo e l'elaborazione dei dati da parte dei DSS, consentirà di orientare al meglio le decisioni agronomiche, favorendo quindi:

- l'utilizzo sostenibile dei prodotti (prodotti fitosanitari e concimi);
- l'individuazione del momento migliore di intervento in campo;
- la registrazione delle produzioni e la tracciabilità del prodotto;
- il risparmio idrico attraverso la razionalizzazione degli interventi irrigui;
- il monitoraggio delle produzioni ottenibili in un sistema agrivoltaico.

L'utilizzo congiunto di prodotti innovativi in campo e del monitoraggio agronomico con strumenti digitali consente quindi di ottenere risultati efficaci, con inoltre una possibile ottimizzazione dei costi tra il 10 e il 20% come esperienze in altri impianti hanno dimostrato.

#### **4.2.2 Finalità del progetto dell'Impianto agrivoltaico avanzato**

In ultima analisi, il progetto proposto intende contribuire a raggiungere gli obiettivi di produzione energetica da fonti rinnovabili previste dal PEARS 2015-2030, contribuendo di conseguenza a:

- limitare le emissioni inquinanti (in termini di CO<sub>2</sub> equivalenti) in linea col protocollo di Kyoto e con le decisioni del Consiglio Europeo;
- rafforzare la sicurezza per l'approvvigionamento energetico, in accordo alla Strategia Comunitaria "Europa 2020";
- promuovere le fonti energetiche rinnovabili in accordo con gli obiettivi della Strategia Energetica Nazionale, aggiornata nel novembre 2017.

L'intervento proposto si allinea, inoltre, a quanto auspicato nella recente comunicazione ministeriale sul "Rilancio degli investimenti nelle rinnovabili e ruolo del fotovoltaico", promossa da Greenpeace Italia, Italia Solare, Legambiente e WWF Italia.

Nella comunicazione si reputa necessario prevedere "una quota di impianti a terra, marginale rispetto alla superficie agricola oggi utilizzata (SAU) e che può essere indirizzata verso aree agricole dismesse o situate vicino a infrastrutture, in ogni caso garantendo permeabilità e biodiversità dei suoli".

L'impianto agrivoltaico avanzato così progettato porta senz'altro alla convivenza tra fotovoltaico e produzione agricola e può rivelarsi alleato nei processi di innovazione aziendale volti a cogliere le opportunità delle tecniche



agricole conservative, dell'agricoltura di precisione, della conversione al biologico e dell'adesione a disciplinari di qualità che incontrano crescente interesse da parte del mercato e dei consumatori.

#### 4.2.3 Parametri tecnici e requisiti dell'impianto agrivoltaico avanzato

I sistemi agrivoltaici possono essere caratterizzati da diverse configurazioni spaziali (più o meno dense) e gradi di integrazione ed innovazione differenti, al fine di massimizzare le sinergie produttive tra i due sottosistemi (fotovoltaico e colturale).

Un sistema agrivoltaico è un sistema complesso, essendo allo stesso tempo un sistema energetico ed agronomico. In generale, la prestazione legata al fotovoltaico e quella legata alle attività agricole risultano in opposizione, poiché le soluzioni ottimizzate per la massima captazione solare da parte del fotovoltaico possono generare condizioni meno favorevoli per l'agricoltura e viceversa.

È dunque importante fissare dei parametri e definire requisiti volti a conseguire prestazioni ottimizzate sul sistema complessivo, considerando sia la dimensione energetica sia quella agronomica.

Per l'impianto agrivoltaico avanzato in progetto sono state prese a base della progettazione le condizioni strutturali e i parametri tecnici predefiniti riportati nelle Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici, pubblicate dal MiTE in data 27 giugno 2022 che, come già accennato al paragrafo 3.3, prevedono i seguenti requisiti:

- a) adozione di configurazioni spaziali e strumenti tecnologici che valorizzino il potenziale produttivo sia agricolo che energetico (**Requisito A**);
- b) produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromissione della continuità dell'attività agricola e pastorale (**Requisito B**);
- c) adozione di soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni sia in termini energetici che agricoli (**Requisito C**);
- d) dotazione 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 (**Requisito D**);
- e) dotazione 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 (**Requisito E**).

Per la progettazione di un impianto agrivoltaico che deve tenere a mente l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica, valorizzando il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi, sono state rispettati contemporaneamente tutta una serie di condizioni costruttive e spaziali.

In particolare, sono identificati i seguenti parametri:

##### A. Adottare specifiche configurazioni spaziali e tecnologiche

La progettazione di un impianto deve tenere a mente l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica, valorizzando il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi. Questo requisito si intende rispettato al soddisfacimento contemporaneo di una serie di condizioni costruttive e spaziali. In particolare, sono identificati i seguenti parametri:

**A1. Superficie minima coltivata:** è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione. Secondo le Linee Guida, almeno il 70% della superficie totale dovrebbe essere destinata all'attività agricola, attraverso il seguente calcolo:  $\geq 0,7 \cdot$

**A2 Land Area Occupation Ratio ("LAOR"):** rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico ("Spy"), e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico ("S tot"). Il valore è espresso in percentuale. Secondo le Linee Guida, tale valore non deve superare il limite del 40 %.



## **B. Produrre sinergicamente energia elettrica e prodotti agricoli senza compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale**

Per fare in modo che la finalità sia preservata, le Linee Guida richiedono il rispetto dei seguenti parametri:

### **B1. La continuità dell'attività agricola e pastorale nel terreno oggetto dell'intervallo**

In tal senso occorre valutare:

- il valore della produzione agricola prevista sull'area destinata al sistema agrovoltico negli anni solari successivi all'entrata in esercizio del sistema stesso espressa in €/ha o €/UBA (Unità di Bestiame Adulto), confrontandolo con il valore medio della produzione agricola registrata sull'area destinata al sistema agrovoltico negli anni solari antecedenti, a parità di indirizzo produttivo. In assenza di produzione agricola sull'area negli anni solari precedenti, le Linee Guida suggeriscono di 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.
- Il mantenimento dell'indirizzo produttivo: ove sia già presente una coltivazione a livello aziendale, andrebbe rispettato il mantenimento dell'indirizzo produttivo o, eventualmente, il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato. Resta fermo, in ogni caso, il mantenimento di produzioni DOP o IGP.
- Il valore economico di un indirizzo produttivo è misurato in termini di valore di produzione standard calcolato a livello complessivo aziendale;
- la modalità di calcolo e la definizione di coefficienti di produzione standard sono predisposti nell'ambito della Indagine RICA per tutte le aziende contabilizzate. A titolo di esempio, un eventuale riconversione dell'attività agricola da un indirizzo intensivo (es. ortofioricoltura) ad uno molto più estensivo (es. seminativi o prati pascoli), o l'abbandono di attività caratterizzate da marchi DOP o DOCG, non soddisfano il criterio di mantenimento dell'indirizzo produttivo.

### **B2. La producibilità elettrica minima**

La produzione elettrica specifica di un impianto agrovoltico (FVagri in GWh/ha/anno) correttamente progettato, 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:  $\geq 0,6$ .

## **C. Adottare soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra**

Tali soluzioni sono volte a ottimizzare le prestazioni sia in termini energetici che agricoli.

L'area destinata a coltura oppure ad attività zootecniche può coincidere con l'intera area del sistema agrovoltico oppure essere ridotta ad una parte di essa, per effetto delle scelte di configurazione spaziale dell'impianto agrovoltico.

A tal proposito le Linee Guida riportano tre esempi di soluzioni: solo gli impianti di cui agli esempi 1 e 3 rispettano, secondo quanto previsto dalle Linee Guida, il presente requisito C.

## **D. Adottare 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**

Il requisito è rispettato in presenza dei seguenti parametri:

### **D1. Monitoraggio del risparmio idrico**

Consiste nel prevedere specifiche soluzioni integrative che pongano attenzione all'efficientamento dell'uso dell'acqua (sistemi per il risparmio idrico e gestione acque di ruscellamento).

Le Linee Guida prevedono tre tipologie di sistemi:

- **auto-approvvisionamento:** l'utilizzo di acqua può essere misurato dai volumi di acqua dei serbatoi/autobotti prelevati attraverso pompe in discontinuo o tramite misuratori posti su pozzi aziendali o punti di prelievo da corsi di acqua o bacini idrici, o tramite la conoscenza della portata concessa (l/s) presente sull'atto della concessione a derivare unitamente al tempo di funzionamento della pompa;
- **servizio di irrigazione:** l'utilizzo di acqua può essere misurato attraverso contatori/misuratori fiscali di portata in ingresso all'impianto dell'azienda agricola e sul by-pass dedicato all'irrigazione del sistema agrovoltico, o anche tramite i dati presenti nel Sistema informativo nazionale per la gestione delle risorse idriche in agricoltura ("SIGRIAN");
- **misto:** il cui consumo di acqua può essere misurato attraverso la disposizione di entrambi i sistemi di misurazione suddetti.

Al fine di monitorare l'uso della risorsa idrica a fini irrigui sarebbe, inoltre, necessario conoscere la situazione ex ante relativa ad aree limitrofe coltivate con la medesima coltura, in condizioni ordinarie di coltivazione e nel medesimo periodo, in modo da poter confrontare valori di fabbisogno irriguo di riferimento con quelli attuali e valutarne l'ottimizzazione e la valorizzazione, tramite l'utilizzo congiunto delle banche dati SIGRIAN e del database "Rete di Informazione Contabile Agricola" ("RICA"). Le aziende agricole del campione RICA che ricadono nei distretti irrigui SIGRIAN possono considerarsi potenzialmente irrigate con acque consortile in quanto raggiungibili dalle infrastrutture irrigue consortili, quelle al di fuori irrigate in autoapprovvigionamento. Le miste sono individuate con un ulteriore livello di analisi dei dati RICA-SIGRIAN.

Le Linee Guida raccomandano altresì il rispetto delle indicazioni tecniche contenute nelle *"Linee Guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo"*.

## D.2 – Monitoraggio della continuità dell'attività agricola

Le Linee Guida prevedono in tal senso la redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo *"con una cadenza stabilita"* ai fini di monitorare:

- l'esistenza e la resa della coltivazione;
- il mantenimento dell'indirizzo produttivo.

Alla relazione potranno essere allegati i piani annuali di coltivazione, recanti indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, alla superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, alle condizioni di crescita delle piante, alle tecniche di coltivazione (sesto di impianto, densità di semina, impiego di concimi, trattamenti fitosanitari).

## E. Adottare 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

Infine, ai fini del soddisfacimento del requisito E, le Linee Guida prevedono il necessario rispetto dei seguenti parametri:

### E.1. Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo

Le Linee Guida prevedono in tal senso la redazione della medesima relazione tecnica asseverata richiesta per il requisito D.2.

## E.2. Monitoraggio del microclima

Tale monitoraggio dovrebbe avvenire tramite sensori di temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria unitamente a sensori per la misura della radiazione posizionati al di sotto dei moduli fotovoltaici e, per confronto, nella zona immediatamente limitrofa ma non coperta dall'impianto.

A tal proposito le Linee Guida suggeriscono di monitorare:

- la temperatura ambiente esterno (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ;
- la temperatura retro-modulo (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ;
- l'umidità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con igrometri/psicrometri (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti);
- la velocità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con anemometri.

I risultati di tale monitoraggio possono essere registrati, ad esempio, tramite una relazione triennale redatta da parte del proponente.

## E3. Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici

A tal fine è prescritto che:

- **in fase di progettazione**, è necessaria la redazione di una relazione recante l'analisi dei rischi climatici fisici in funzione del luogo di ubicazione, individuando le eventuali soluzioni di adattamento;
- **in fase di monitoraggio** implica la verifica da parte del soggetto erogatore degli eventuali incentivi dell'attuazione delle soluzioni di adattamento climatico eventualmente individuate nella relazione di cui al punto precedente (ad esempio tramite la richiesta di documentazione, anche fotografica, della fase di cantiere e del manufatto finale).

Alla luce di quanto sopra, come specificato al paragrafo 3.3, si segnala che, secondo quanto previsto dalle Linee Guida:

- per la realizzazione di impianto agrivoltaico semplice è richiesto il rispetto dei requisiti A, B e D.2.
- per la realizzazione di impianto agrivoltaico avanzato è richiesto il rispetto dei requisiti A, B, C e D.
- per l'accesso ai contributi del PNRR è richiesto il rispetto dei requisiti A, B, C, D ed E.

## 5. CALCOLO INDICE EROEI E ANALISI DELLA PRODUCIBILITÀ ATTESA

L'indice di sostenibilità **EROEI** (Energy Return On Energy Investment ossia Ritorno Energetico sull' Investimento Energetico) è il risultato del rapporto tra la somma delle energie, espresso nell'unità di misura del Sistema internazionale, che un impianto produrrà durante il suo esercizio (Energia Ricavata) e la sommatoria delle quantità di energie che sono necessarie per costruire, esercire e poi smantellare l'impianto (Energia Investita o Energia Consumata).

Dal rapporto di queste grandezze energetiche -quindi tra output e input energetico- si ottiene un valore in grado di esprimere il valore, non economico ma in termini di quantità di energia spesa e ricavata, dell'investimento.

Un valore del rapporto superiore all'unità informa che l'investimento in esame genera una quantità di energia superiore a quella che è stata necessaria per realizzarlo e mantenerlo in esercizio, mentre un valore dell'indice inferiore o uguale all'unità.

La formula usata per il suo calcolo è la seguente:

$$\text{EROEI} = \frac{\sum_{1}^n E_{\text{Ricavata}}}{\sum_{1}^n E_{\text{Investita}}}$$

Dove:

- $E_{\text{Ricavata}}$  = sommatoria della quantità di energia generata dall'opera/impianto
- $E_{\text{Investita}}$  = sommatoria della quantità di energia che è necessaria per costruire, esercire e demolire/smantellare l'opera/impianto

Tra le Energie Investite (di seguito anche energia consumata) il metodo tiene conto dell'energia consumata per:

- la costruzione dell'impianto, compresi i trasporti;
- il funzionamento delle apparecchiature connesse all'impianto;
- la rimozione e dismissione dell'impianto.

Tra le Energie Ricavate si dovrà tener conto della sola energia effettivamente prodotta e utilizzata fuori dal "sistema", ossia dell'energia elettrica ceduta alla rete (al netto degli autoconsumi del "sistema").

Le Energie Ricavate dei tre impianti sono state calcolate considerando l'energia effettivamente prodotta dall'impianto fotovoltaico in 25 anni secondo i dati di cui alle successive tabelle.

Da tutto quanto sopra esposto, si riportano, nel seguito, le risultanze dei calcoli eseguiti:

DATI BASE IMPIANTO		
Potenza impianto	16.000	kW
Irraggiamento	10,44	Kwh/kW/anno
Durata impianto	25	Anni
Decremento potenza annuale	0,60	%/anno
Estensione dell'impianto	75.570	ha
CALCOLO ENERGIA PRODOTTA		
Energia prodotta dall'impianto	788,28	<del>gWh</del>
<i>Totale energia prodotta</i>	788,28	<del>gWh</del>
CALCOLO ENERGIA INVESTITA		
Energia per la costruzione dell'impianto, compresi i trasporti	4.000.000	kWh
Energia per il funzionamento delle apparecchiature connesse all'impianto	34.600.000	kWh
Energia per la rimozione dell'impianto	4.400.000	kWh
<i>Totale energia investita</i>	43.000.000	kWh
EROEI (VALUTATO SU 25 ANNI DI FUNZIONAMENTO) = 18,33		

Figura 6: Calcolo indice EROEI

## 6. APPROFONDIMENTI IN MATERIA AMBIENTALE-TERRITORIALE

### 6.1 Identificazione del Sito

L'intervento consiste, nella realizzazione di un impianto fotovoltaico definito "agrivoltaico avanzato" su tracker ad inseguimento monoassiale, combinato con l'attività di coltivazione agricola. Il sistema agrivoltaico sarà costituito da 28.000 moduli con una potenza complessiva di 17,08 MWp.

L'ambito di intervento si colloca nel territorio comunale di Sanluri e di Furttei.

Il sito di installazione, in esame, è distante 4 km ca. dal centro di Sanluri, e 4 km ca. dalla vicina frazione Zona industriale Villasanta e si presenta pianeggiante, con alcune ondulazioni del terreno, di cui si è tenuto conto nella progettazione dell'impianto.

Il sito è facilmente raggiungibile dall'abitato di Sanluri percorrendo la SP5 per circa 3 km in direzione di Furttei.

L'impianto agrivoltaico, interesserà una superficie di circa 40 ha, ed è identificato catastalmente alle seguenti particelle riportate nella tabella seguente:

COMUNE	FOGLIO	MAPPALE	SUPERFICIE		INTESTATARIO
Sanluri	30	16	3340	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	17	6610	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	18	2890	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	19	2655	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	20	985	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	21	660	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	22	170	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	23	13095	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	24	4735	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	25	9455	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	26	5345	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	27	3705	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	28	5915	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	29	3790	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	30	2065	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	31	1040	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	32	1515	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	33	4540	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	35	5185	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	36	3220	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	38	10450	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	39	4195	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	40	3010	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	41	1845	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	42	4655	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	43	3560	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	44	1705	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	45	9570	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	46	3405	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	47	4175	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	66	6995	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	67	7185	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	68	3730	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	69	3477	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	70	1875	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	71	1865	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	72	4070	mq	ONNIS ELIA

COMUNE	FOGLIO	MAPPALE	SUPERFICIE		INTESTATARIO
Sanluri	30	73	780	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	74	3665	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	75	4815	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	76	6895	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	77	13360	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	78	5600	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	79	3545	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	80	1925	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	81	8650	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	82	4835	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	84	2560	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	87	1740	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	90	2800	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	111	4275	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	112	4795	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	123	2475	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	124	2305	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	125	6185	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	126	4765	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	127	2340	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	128	2060	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	129	2095	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	130	4825	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	131	5400	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	139	11485	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	140	1445	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	141	6795	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	142	2445	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	143	12085	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	144	5290	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	146	9595	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	147	5735	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	148	9765	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	149	5125	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	150	460	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	151	1510	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	152	4285	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	153	2915	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	154	2295	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	155	1840	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	158	3245	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	168	4770	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	169	4120	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	171	1320	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	172	2280	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	173	2390	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	174	1240	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	175	1210	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	187	2535	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	188	620	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	198	385	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	215	1715	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	250	4718	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	30	255	1130	mq	ONNIS ELIA

COMUNE	FOGLIO	MAPPALE	SUPERFICIE		INTESTATARIO
Sanluri	30	259	5145	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	39	16	3620	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	39	18	8450	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	39	34	860	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	39	248	870	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	39	249	1905	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	39	264	2440	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	39	265	4970	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	39	276	3580	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	39	294	860	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	39	295	860	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	39	296	855	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	39	297	800	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	39	298	800	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	39	299	940	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	39	300	970	mq	ONNIS ELIA
Sanluri	39	301	825	mq	ONNIS ELIA
<b>SOMMANO AGRO DI SANLURI</b>			<b>412870</b>	<b>mq</b>	-
Furtei	9	279	720	mq	ONNIS ELIA
Furtei	9	329	1760	mq	ONNIS ELIA
<b>SOMMANO AGRO DI FURTEI</b>			<b>2480</b>	<b>mq</b>	-

Figura 7: Particelle utilizzate per l'impianto agrivoltaico

L'accesso all'impianto avviene tramite la SP48, che collega Sanluri con Lunamatrona. Su tale strada saranno interrati anche i cavidotti di connessione alla rete elettrica di E-Distribuzione spa. L'impianto di rete per la connessione di E-Distribuzione spa insiste sul territorio di Sanluri e Furttei, ed è costituito dalle cabine di consegna, una per ciascun lotto, e dai cavidotti interrati MT 20 KV. Le cabine di consegna ricadono al Foglio Catastale n. 3 - Particella 52 del Comune di Sanluri.

Dalle cabine di consegna, i cavidotti di connessione alla rete MT 20 kV sono interrati su strade pubbliche di proprietà del Comune di Sanluri e del Comune di Furttei.

A seguire è riportata la planimetria del terreno su cui verrà costruito l'impianto, corrispondente alle particelle catastali riportate in tabella precedente.



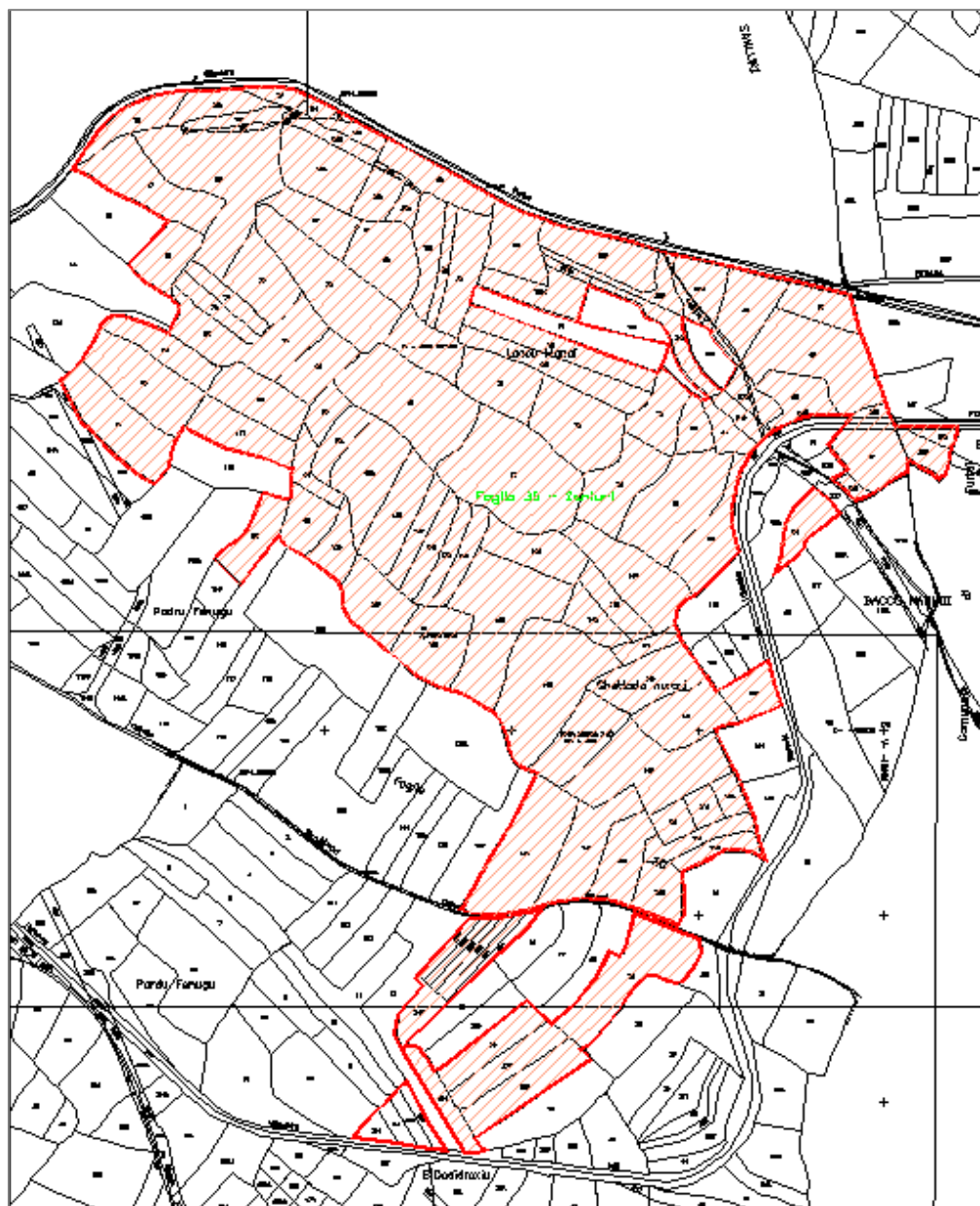
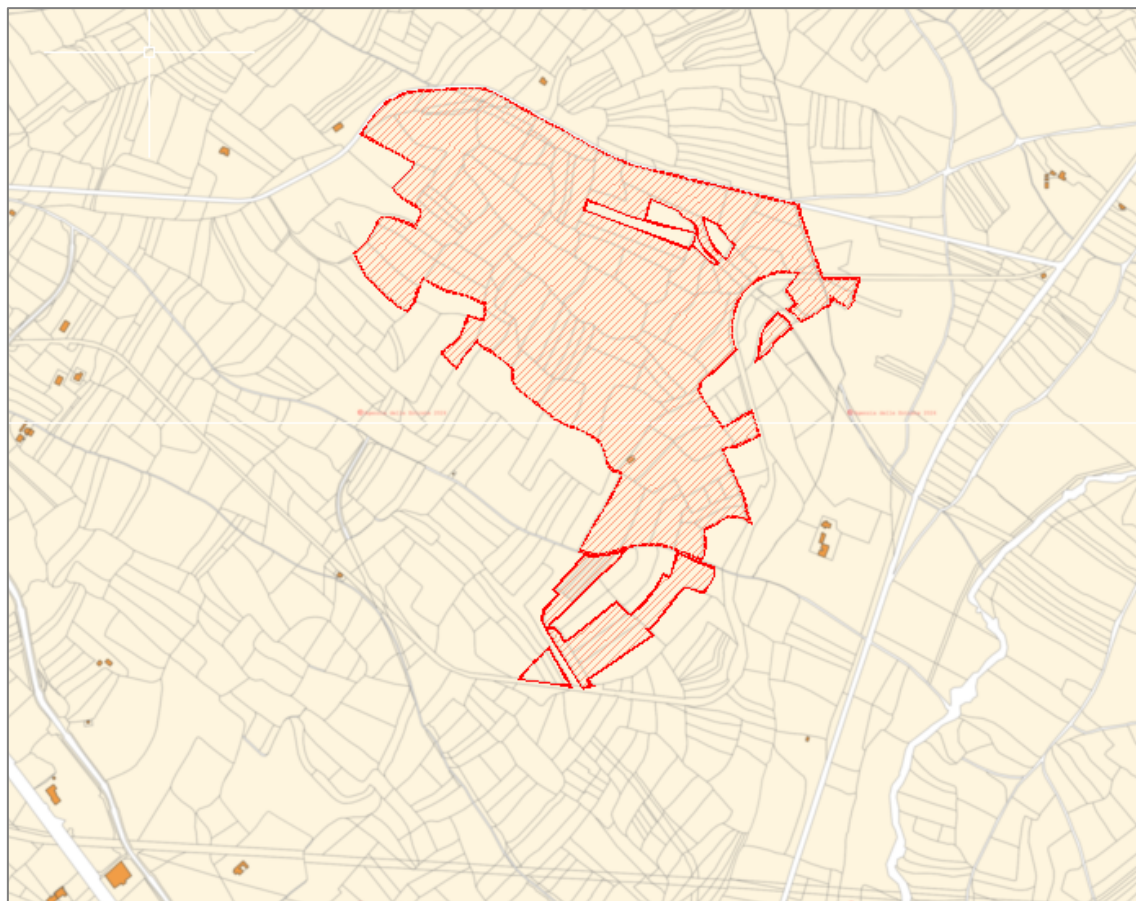


Figura 8: Planimetria del terreno agricolo su cui verrà costruito l'impianto



**Figura 9: Limiti catastali nell'area estesa di analisi, con l'area di progetto evidenziata in rosso**

## 6.2 Inquadramento urbanistico e geografico

Come già citato all'interno dello Studio di Impatto Ambientale il Comune di Sanluri ha approvato definitivamente il Piano Urbanistico Comunale (PUC) con D.C.C. n.77 del 29.09.2000.

Dallo stralcio di tavola 3 di PUC si evince come l'area dell'impianto agrivoltaico in progetto ricada interamente in zona agricola E, sottozona E2 "aree di primaria importanza per la funzione agricolo produttiva, anche in relazione all'estensione, composizione e localizzazione dei terreni (buona suscettività all'uso agricolo)".

Nelle Norme Tecniche di Attuazione del PUC di Sanluri non vi sono prescrizioni ostative alla realizzazione del presente progetto.

A livello geografico, si specifica che il Comune di Sanluri è inserito nel Medio Campidano che presenta una estensione di 84,23 km<sup>2</sup> ad un'altitudine media di 135 metri sul livello del mare.



Figura 10: Medio Campidano e Comune di Sanluri

L'area in cui è situato il centro abitato e tutta l'area a sud di esso è caratterizzata da un territorio quasi esclusivamente pianeggiante di formazione quaternaria, mentre nella parte a nord del centro abitato, andando verso la Marmilla, il paesaggio inizia a diventare collinare e di formazione miocenica.

L'altitudine minima è di 48 m s.l.m., nella frazione di Sanluri Stato, mentre la massima è di 306 m s.l.m. sul Bruncu Melas.

Le strade più importanti che attraversano il Sarcidano e la Marmilla sono la SS 131, che passa per il solo comune di Sanluri, la SS 128 che passa lungo il Sarcidano e la SS 197, che attraversa la Marmilla e prosegue fino a Nurallao.

Quest'ultima è forse la più rilevante per il territorio, in quanto collega i suoi centri urbani e permette una veloce connessione con la SS 131, la principale dell'isola.

Sono presenti, inoltre, diverse Strade Provinciali che collegano trasversalmente i centri urbani e numerose strade secondarie, a basso volume di traffico.

Nel territorio del Sarcidano e della Marmilla sono presenti diversi collegamenti ferroviari. Attualmente la linea Cagliari-Porto Torres gestita da Trenitalia e Cagliari-Isili gestita dall'ARST, permettono di raggiungere da Cagliari e dal nord Sardegna il territorio oggetto di studio, nel primo caso da San Gavino e nel secondo da Isili.



Oltre le due linee attive, sono presenti le linee turistiche: da Isili il trenino verde compie la tratta fino a Sorgono, mentre da Mandas parte la tratta per Arbatax. Importanti anche le linee dismesse in particolare quella Isili-Villacidro, che attraversava la Marmilla connettendola alla linea ferroviaria principale regionale, e la sua diramazione Villamar-Ales.

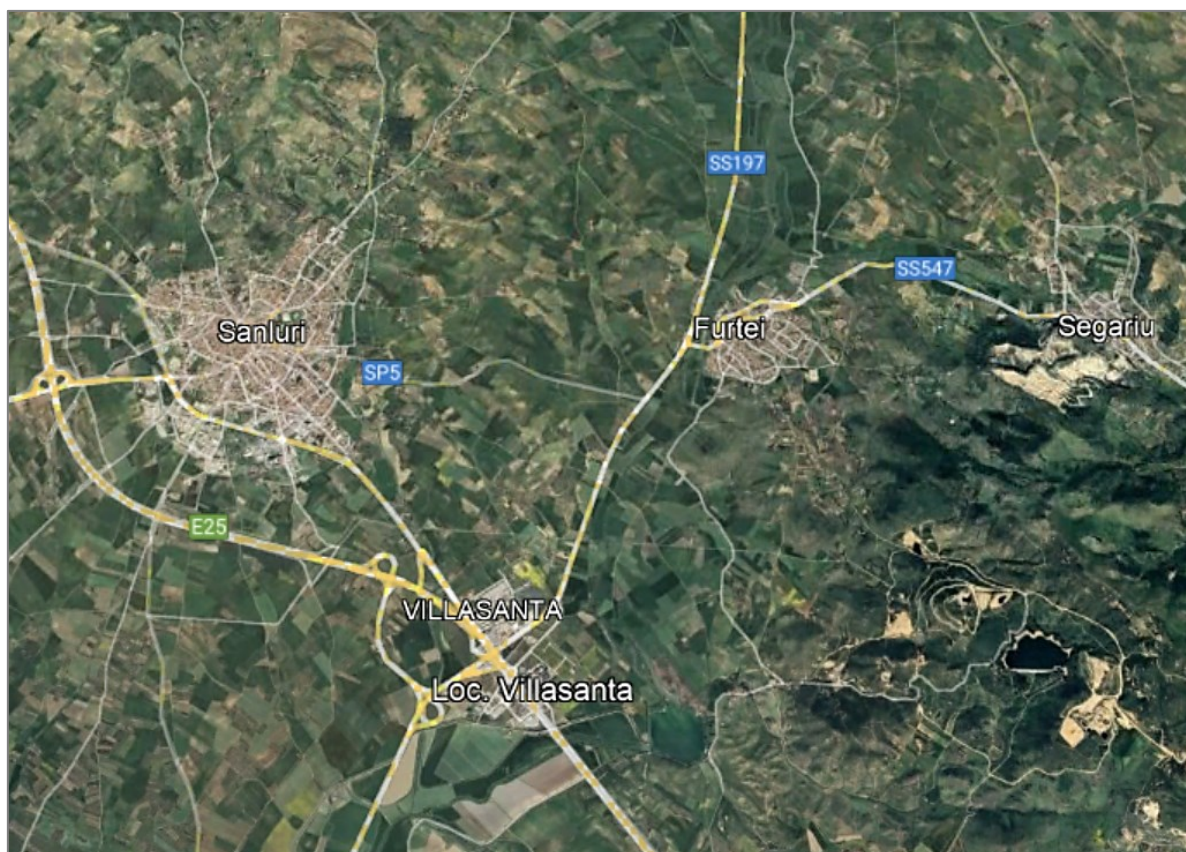


Figura 11: Principali infrastrutture dell'area vasta. Fonte: Google Earth



Figura 12: Principali infrastrutture dell'area di impianto Fonte: Google Earth

## 6.3 Inquadramento geologico e geomorfologico

### 6.3.1 Aspetti geologici

La geologia del territorio in oggetto è legata, ovviamente, alla storia geologica regionale.

Nell'Oligocene sup.-Miocene inf., il blocco sardo-corso subisce un'importante attività tettonica trascorrente e la formazione di importanti sistemi di faglie. In concomitanza si verifica il ciclo vulcanico calco-alcalino oligo-miocenico, con messa in posto di grandi volumi ignei effusivi ed esplosivi.

Queste attività effusive sono all'origine del distretto vulcanico di Serrenti-Furttei.

Nella porzione NE dell'area estesa, infatti, sono presenti rilievi collinari costituiti da litologie legate all'attività vulcanica calco-alcalina oligo-miocenica, che ha originato vari prodotti vulcanici lavici e piroclastici di composizione basico-intermedia e acida, associate ai coevi e successivi depositi sedimentari marini. Faglie dirette presunte e certe, con differente direzione, definiscono la separazione tettonica di vari blocchi.

Spostandoci verso SW si rilevano le formazioni litologiche terrazzate, espressione dei processi deposizionali quaternari continentali di natura colluviale e alluvionale, in funzione dell'andamento del reticolo idrografico.

Le litologie presenti nell'area estesa possono essere accorpate e distinte in differenti successioni descrivibili seguendo l'ordine cronologico della messa in posto.

All'attività effusiva del Terziario si ascrive la Successione vulcano-olocenica di Serrenti-Furttei, nell'ambito della quale si possono distinguere le **Andesiti anfiboliche di Monte Mannu (MMN)**, databili Oligocene superiore. Si tratta di lave massive faneritiche da nerastre a grigio-nerastre, se fresche, verdastre o violacee, se alterate, caratterizzate da una struttura porfirica olo-cristallina per fenocristalli di plagioclasio andesinico e anfibolo del gruppo dell'orneblenda, con subordinati quarzo e biotite, da una tessitura da isotropa a pseudofluidale.

La massa di fondo varia da micro a criptocristallina ed è costituita per lo più da plagioclasti e ossidi di Fe e Ti. Gli affioramenti sono in corrispondenza di corpi lavici quali duomi a pianta subcircolare singoli o coalescenti, picchi di estrusione e brecce autoclastiche monogeniche e poligeniche.

Sempre dell'Oligocene superiore sono le **Piroclastiti di Bruncu de Didus (DIU)**, un deposito di flusso piroclastico saldato, in facies di *block and ash flow*, prevalentemente a blocchi di andesiti solitamente alterate e con clasti da decimetrici a metrici.

La tessitura è a matrice-sostenuta, con limitati fenocristalli di plagioclasio, quarzo, anfibolo e pirosseno. A tratti si rinvengono anche depositi medio-fini e fini, a matrice cinetica, arricchiti da frammenti di basamento paleozoico.

Segue poi la Successione vulcano-sedimentaria oligo-miocenica, nell'ambito della quale rientrano i **Calcari di Villagreca (VLG)**, databili Aquitaniano inferiore. È una formazione costituita da calcari biancastri, cristallini, massivi, disposti in banchi metrici, alternati a calcareniti, costituiti in ambiente recitale in facies bioermale e biostromale, con colonie di coralli, briozoi, alghe calcaree, echinoidi e molluschi. Risulta affiorante lungo una dorsale, variamente smembrata, disposta con andamento NW-SE.

All'Aquitaniano-Burdigaliano inferiore è ascrivibile la **Formazione della Marmilla (RML)**, costituita da depositi sedimentari prevalentemente sottili quali marne arenaceo-argillose, siltiti, siltiti marnose grigie e giallastre, arenarie da medie a fini. Tali sedimenti sono distribuiti in alternanze tra il decimetro e il metro, portando a uno spessore complessivo di qualche centinaio di metri.

Coeve sono le due facies della Formazione della Marmilla riscontrate nell'area. La prima (RMLa) è la facies clastica grossolana, variamente intercalata, costituita da conglomerati finemente bioclastici, talora brecciosi, a matrice arenacea grossolana, ocraceo-scura, finemente bioclastici per abbondanti frammenti di molluschi in livelli e/o lenti

irregolari di spessore da 15 a 60 cm, alternati ad arenarie da grossolane a fini e siltiti gialline passanti verso l'alto a termini siltoso-marnosi. La cospicua componente vulcanoclastica risulta crescente con la profondità.

La seconda (RMLb) e la facies peperitica, generata dall'interazione tra magma e sedimento durante il vulcanismo intramiocenico, costituita da intercalazioni irregolari di depositi bollosi, scoriacei, finemente breccioidi, sovente fortemente arrossati, talora inglobanti frammenti di metamorfici paleozoiche e vulcaniti caolinizzate e silicizzate.

La successione si chiude con i **Filoni basici delle lave di Bruncu su Senu** (BSUa) del Burdigaliano inferiore, prodotti lavici in forma filoniana che attraversano il deposito sedimentario della Formazione della Marmilla, petrograficamente classificabili come basalti e andesiti basaltiche, grigio nerastri.

La tessitura passa da fluidale a isotropa, la struttura è porfiroica per fenocristalli di plagioclasio, pirosseno, olivina, in massa fondamentale plagioclasico-pirossenica. Riscontrabile una silicizzazione da termometamorfismo più o meno marcata nell'area di contatto dei sedimenti che li contengono. Alle successioni continentali del Quaternario, legate ai vari processi morfogenici, afferiscono le ultime due.

La successione dei Depositi quaternari pleistocenici del sintema di Portovesme datata Pleistocene superiore, comprende due unità. La prima è quella dei **Depositi di conoide e piana alluvionale** ("Alluvioni antiche" *Auct.*) afferenti al **subsistema di Portoscuso** (PVM2a) costituita da sedimenti di ghiaie grossolane, talora blocchi, con spigoli da subangolosi a subarrotondati, con subordinate sabbie grossolane intercalate a livelli ghiaiosi. La seconda è quella dei **Depositi di versante afferenti al subsistema di Portoscuso** (PVM2c), data da sedimenti di detriti angolosi di marne siltose della Formazione della Marmilla, di probabile origine crioclastica (*éboulis ordonnés*), disposti in strati decimetrici raccordati al versante con pendenze sino a 40°.

La successione dei Depositi quaternari olocenici comprende, invece, ben sei unità. Tre rientrano tra i **Depositi alluvionali terrazzati**, sedimenti da sistema di conoide e piana alluvionale, con interdigitazione laterale, distinti per granulometria: prevalentemente ghiaiosi con subordinate sabbie (**bna**), prevalentemente sabbiosi con subordinate limi e argille (**bnb**), limi e argille (**bnc**).

Queste possono essere ricoperte da unità di deposizione più recente, distinguibili nell'area di interesse in **Coltri eluvio-colluviali (bb)**, ossia depositi di sabbie e *silt* in percentuali variabili, arricchite da frazione organica di origine pedogenetica e subordinatamente da frazioni più grossolane di detriti medio-fini, e **Coltri alluvionali (b2)**, ossia sedimenti attuali di origine alluvionale, in genere ghiaioso grossolano talora con intercalazioni di lenti sabbiose.

Infine vanno segnalati i **Depositi antropici (h1r)** costituiti da materiali di riporto per bonifica cave dismesse.

Di seguito la carta geologica estratta dalle fonti digitalizzate del SITR-RAS.





Sigla	Eta	Unità regionale	Tipo Unità
h1r	HOL0-HOL0	DEPOSITI OLOCENICI DELL'AREA CONTINENTALE	Depositi antropici. Materiali di riporto e aree bonificate. OLOCENE
b2	HOL0-HOL0	SEDIMENTI ALLUVIONALI	Depositi alluvionali. Sabbie con subordinati limi e argille. OLOCENE
bb	HOL0-HOL0	SEDIMENTI LEGATI A GRAVITA'	Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE
bnc	HOL0-HOL0	SEDIMENTI ALLUVIONALI	Depositi alluvionali terrazzati. Limi ed argille. OLOCENE
bnb	HOL0-HOL0		Depositi alluvionali terrazzati. Sabbie con subordinati limi ed argille. OLOCENE
bnr	HOL0-HOL0		Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie. OLOCENE
PVM2c	PLE3-PLE3	DEPOSITI PLEISTOCENICI DELL'AREA CONTINENTALE	Litofacies nel Subintema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Detriti di versante e breccie con subordinati depositi eolici e alluvionali. PLEISTOCENE SUP.
PVM2a	PLE3-PLE3		Litofacies nel Subintema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.
BSUa	BUR1-BUR1	SUCCESIONE VULCANO-SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA DEL CAMPIDANO-SULCIS	Litofacies nelle LAVE E PIROCLASTITI DI BRUNCU SU SENSU. Andesiti basaltiche e basalti massivi grigio-nerastri con tessitura da fluidale a isotropa, struttura porfirica per fenocristalli di Pl, Px, Ol, in massa fondamentale plagioclasico-piroxenica. BURDIGALIANO INF.
RMLb	AQT0-BUR1		Litofacies nella FORMAZIONE DELLA MARMILLA. Depositi finemente clastici, fortemente arrossati, inglobanti frammenti di metamorfiti paleozoiche e di vulcaniti; facies peperitiche bollose scoriacee. AQUITANIANO - BURDIGALIANO INF.
RMLa	AQT0-BUR1		Litofacies nella FORMAZIONE DELLA MARMILLA. Intercalazioni di tufi biancastri e livelli arenacei con forte componente vulcanoclastica. AQUITANIANO - BURDIGALIANO INF.
RML	AQT0-BUR1		FORMAZIONE DELLA MARMILLA. Mame siltose alternate a livelli arenacei da mediamente grossolani a fini, talvolta con materiale vulcanico rimaneggiato. AQUITANIANO - BURDIGALIANO INF.
VLG	AQT1-AQT1		CALCARI DI VILLAGRECA. Calcarei bioclastici e biocostruiti (bioherme a coralli -Portes- e briozoi, e biostromi ad alghe -Lithothamnium- e molluschi -Ostrea edulis lamellosa-). AQUITANIANO INF.
DIU	OLI2-OLI2	DISTRETTO VULCANICO DI SERRENTI-FURTEI	PIROCLASTITI DI BRUNCU DE DIDUS. Depositi di flusso piroclastico in facies di block and ash flow, saldati, solitamente alterati, con blocchi di andesiti da decimetrici a metrici e subordinati litici del basamento metamorfico paleozoico. OLIGOCENE SUP.
MMN	OLI2-OLI2		ANDESITI ANFIBOLICHE DI MONTE MANNU. Andesiti massive, porfiriche per fenocristalli di Am e Pl, di colore da grigio scuro a verdastro per alterazione; in domi, dicchi ed espandimenti lavici, con facies periferiche autobrecciate. Localmente intensa alterazione. OLIGOCENE SUP.

Figura 14: Legenda carte geologiche precedenti

### 6.3.2 Aspetti geomorfologici

La morfologia di ogni territorio è legata sia ai fattori strutturali-tettonici, a cui si deve la messa in posto dei materiali geologici, sia all'interazione di questi con le condizioni climatiche e i processi di modellamento.

Nello specifico dell'area in esame, i fattori strutturali sono dati dall'attività vulcanica e i suoi prodotti e dall'attività alluvionale dei corsi d'acqua, mentre i processi di modellamento, definiti dal clima locale, sono prevalentemente di erosione fluvio-torrentizia e subordinatamente gravitativi. L'insieme delle formazioni litologiche e la loro giacitura, legata alla evoluzione tettonica del territorio e all'azione degli agenti climatici, determina le sue caratteristiche geomorfologiche.

L'area estesa del territorio di interesse rientra nella fascia di raccordo tra la piana del Campidano e il distretto vulcanico di Sanluri-Furteti. Ci troviamo, quindi, ai margini della fossa distensiva campidanese in cui, durante il Miocene inferiore, con il moto rotatorio del blocco sardo-corso, si determina l'apertura di una serie di fosse, di aree di subsidenza in cui durante il terziario si alterneranno deposizioni di prodotti vulcanici di vari eventi effusivi ed esplosivi e di coltri sedimentarie marine, e successiva impostazione terrazzata delle coltri continentali quaternarie legate ai processi sedimentari e morfogenici continentali di natura alluvionale e colluviale.



L'area estesa, quindi, è caratterizzata dall'essere un raccordo pedemontano tra la parte dolcemente ondulata del settore collinare a oriente, data dai rilievi collinari medio-bassi dei corpi sedimentari e vulcanici del Terziario, e quella sub-pianeggiante a occidente, data dalle estese conoidi alluvionali terrazzate e colluviali del Quaternario. La sua conformazione è prevalentemente sub-pianeggiante e limitatamente ondulata.

Nell'area di progetto la morfologia è più dolce, trattandosi prevalentemente di un pendio alluvio-colluviale in direzione generale S-E, il cui dislivello è di circa 40 m, variando la quota tra i 130 e i 90 m slm.

### 6.3.3 Sismicità

Per evidenziare il risentimento dei terremoti passati avvenuti nell'area di studio, nella Relazione "Geologica, Idrogeologica e Geotecnica" alla quale si rimanda, è stata ricostruita la storia sismica dei comuni interessati dall'opera in progetto.

I dati sono stati tratti dal database disponibile sul web "DBMI04", un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana (a cura di Stucchi M. et al., 2007), che contiene i dati macrosismici provenienti da studi INGV e di altri enti, che sono stati utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. Sulla base del database "DBMI04" non sono emersi eventi sismici significativi in Sardegna.

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

Di seguito è riportata la zona sismica per il territorio di Sanluri, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Sardegna n. 15/31 del 30.03.2004:

<b>Zona sismica</b> <b>4</b>	Zona con pericolosità sismica molto bassa. E' la zona meno pericolosa dove le possibilità di danni sismici sono basse.
---------------------------------	---

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del DPCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ $a_g$ ]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ $a_g$ ]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$0,25 < a_g \leq 0,35$ g	0,35 g	740
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g	2.367
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g	3.014
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g	1.788

Figura 15: Zone sismiche (DPCM n. 3519/2006)

In questa classificazione (Zona sismica 4) si trova tutto il territorio relativo alla Regione Sardegna, come è evidente dalla Mappa delle Zone Sismiche inerente tutto il territorio nazionale sotto riportata.

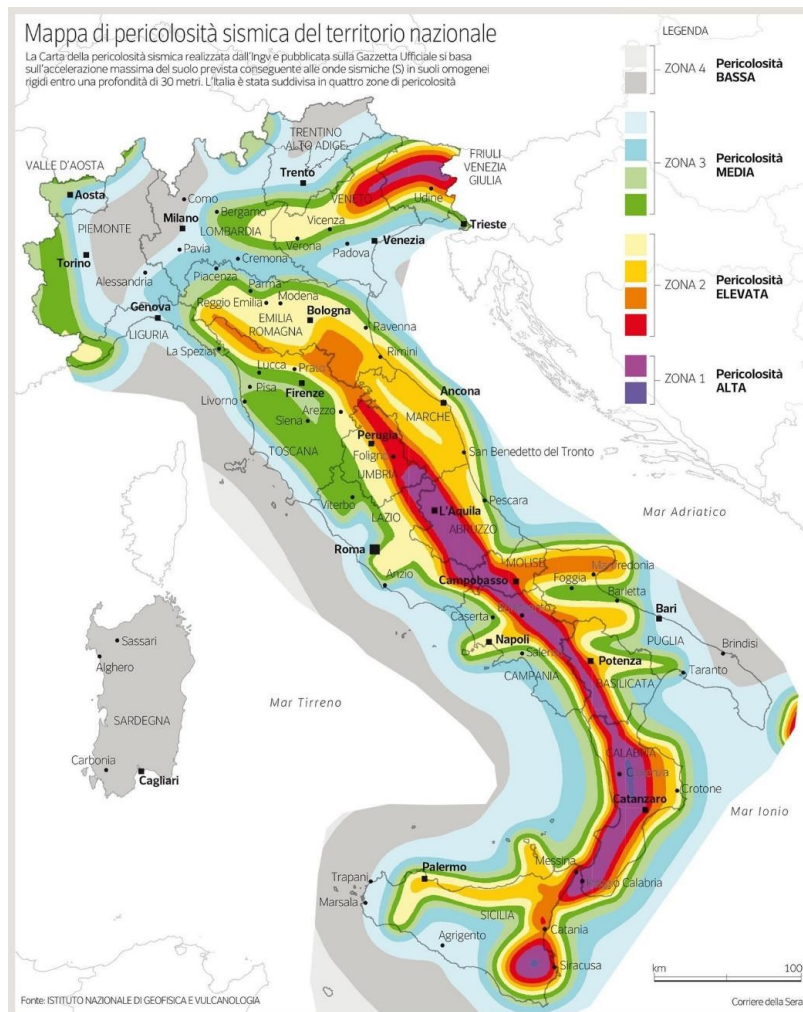


Figura 16: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

## 6.4 Aspetti geopedologici

I suoli sono il risultato di un insieme di processi pedogenetici determinato da vari fattori interagenti, tra i quali tipologia e caratteristiche del substrato litologico. Infatti la composizione litologica influenza l'evoluzione del suolo, le sue caratteristiche fisiche, chimiche mineralogiche e nello stesso tempo assume un ruolo nella determinazione della biodiversità floristica e vegetazionale.

Una distinzione e accorpamento dei vari suoli presenti in un territorio può quindi partire da una suddivisione in funzione di questo fattore, consentendo di definire delle Unità di Pedopaesaggio (UdP) all'interno delle quali definire ulteriori distinzioni in base agli altri fattori pedogenetici.

Per quanto riguarda l'area estesa in osservazione, sono presenti le seguenti situazioni geopedologiche:

- sulle vulcaniti oligo-mioceniche, differenziate per il minor o maggior grado di acidità, ove si hanno forme aspre e pendenze elevate si rinvencono prevalentemente suoli a ridotto grado evolutivo e suoli troncati (*Typic* e *Lithic Xerorthents*) accompagnati da roccia affiorante. Con la riduzione di acclività è possibile la presenza di suoli con orizzonti cambici (*Typic* e *Lithic Haploxerepts*), sempre limitati dalla ridotta alterabilità del litotipo. Nelle aree di accumulo possono esprimersi caratteri vertici;

- sulle formazioni mioceniche sedimentarie marine, calcaree, marnoso siltose, arenacee e conglomeratiche, nelle aree con morfologia ondulata, nelle aree sommitali e sulle porzioni alte dei pendii collinari si rinvencono suoli a ridotto grado evolutivo e suoli troncati (*Lithic* e *Typic Xerorthents*) accompagnati da roccia affiorante. Con la riduzione di acclività e nella porzione inferiore dei pendii prevalgono i suoli tipici (*Typic Xerorthents*) sempre limitati dalla ridotta alterabilità del litotipo. Nelle aree con morfologia sub-pianeggiante la prevalenza è di suoli mediamente evoluti con orizzonte cambico (*Typic Haploxerepts*) ed anche argillico, talora con concentrazione di depositi di carbonati, e negli areali di accumulo e affossati è possibile riscontrare caratteri vertici (*Vertic Haploxerepts*);
- sulle litologie alluvionali quaternarie antiche i suoli hanno un grado evolutivo elevato, indicato da orizzonti di arricchimento in argilla (Alfisuoli) e qualche problema di drenaggio ed eccesso di scheletro che ne riduce la capacità d'uso;
- sui depositi alluvionali e colluviali olocenici più recenti il grado evolutivo dei suoli è inferiore, restando nell'ambito degli Entisuoli e subordinatamente degli Inceptisuoli, a tratti con drenaggio lento e segni di idromorfia ma la generale capacità d'uso per gli usi agricoli è elevata.

Nello specifico dell'area di progetto, il substrato risultante in cartografia si riduce a quattro formazioni, tutte con una morfologia dolce e sub-pianeggiante per le quali si può dare una indicazione dei suoli rinvenibili:

- UdP1:
  - substrato di marne arenaceo-argillose, siltiti e arenarie in alternanze intercalate, ascrivibile alla "Formazione della Marmilla" (RML);
  - aree con forme sub-pianeggianti e pendenze modeste, erosione idrica diffusa, pietrosità superficiale ridotta, prevalente uso agricolo e pascolivo;
  - suoli a profilo A-Bw-C, A-Bk-C ed A-C, da mediamente a poco profondi, tessitura da FS a FSA, aggregazione poliedrica subangolare ed angolare, drenaggio da normale a ridotto, reazione subalcalina, saturi;
  - tipologie prevalenti: *Typic Haploxerepts*, *Vertic Haploxerepts*, *Calcixerollic Haploxerepts*, *Typic Xerorthents*;
  - classe di capacità d'uso: I-III.
- UdP2:
  - substrato di ghiaie grossolane, con spigoli da subangolosi a subarrotondati, con subordinate sabbie grossolane intercalate a livelli ghiaiosi, in formazioni alluvionali terrazzate, ascrivibile alla litofacies dei "Depositi di conoide e piana alluvionale afferenti al subsistema di Portoscuso" (PVM2a);
  - aree con forme da subpianeggianti a pianeggianti, uso pascolivo e agricolo;
  - suoli a profilo A-Bt-C, A-Btg-Cg e subordinatamente A-C, profondi, tessitura da SF a F in superficie, da FSA a FS in profondità, aggregazione poliedrica subangolare e angolare, drenaggio da normale a ridotto, da subalcalini a subacidi, da saturi a desaturati, fertilità medio-alta;
  - prevalenti: *Typic Haploxeralfs*, *Typic Palexeralfs*, *Aquic Palexeralfs* - subordinati: *Xerofluvents*;
  - classe di capacità d'uso III-IV.
- Udp3:
  - substrato di sedimenti prevalentemente sabbiosi, con subordinate limi e argille, da sistema di conoide e piana alluvionale, ascrivibile ai "Depositi alluvionali terrazzati" olocenici (bnb);

- aree sub-pianeggianti a ridotta pendenza talora soggette a inondazione e limitate aree lievemente depresse, uso pascolivo e agricolo;
  - suoli a profilo A-C e A-Bw-C, aggregazione poliedrica sub-angolare e angolare, da molto a mediamente profondi, tessitura da SF a FA, scheletro da ridotto ad abbondante, drenaggio io danormale a ridotto, reazione neutra, saturi, fertilità medio-alta;
  - prevalenti: Typic Xerofluvents, Vertic Xerofluvents, Fluventic Haploxerepts;
  - subordinati: Typic Pelloxererts, Chromoxererts;
  - classe di capacità d'uso I-II.
- UdP4:
    - substrato di materiali di riporto per bonifica cave dismesse, ascrivibile ai "Deposti antropici" (h1r)
    - aree soggette a movimentazione terre e attività edili, con rimaneggiamento dei suoli originali o copertura con altri materiali;
    - suoli antropizzati con caratteri variabili;
    - tipologie: *Anthrosols*;
    - classe di capacità d'uso: VIII.

A seguire alcune descrizioni pedologiche riassuntive.

Gli *Xerorthents* sono Entisuoli – suoli a ridotto grado evolutivo con un profilo semplificato, dato da una sequenza di orizzonti A-C o A-R - che hanno un regime di umidità xerico e un orizzonte superficiale ochrico.

La loro granulometria è varia come pure il loro contenuto in scheletro. Si passa così da suoli a tessitura sabbioso-franca e franco-sabbiosa. Anche la percentuale in scheletro è diversa da zona a zona.

Dall'assenza completa si passa infatti a contenuti superiori al 30/40% in volume con variazioni notevoli anche nell'ambito dello stesso profilo. Il drenaggio varia da buono a moderatamente buono nei terreni a tessitura fine; in genere però non sono saturi di acqua durante la maggior parte dell'anno entro m. 1.50 dalla superficie. Anche i caratteri chimico-nutrizionali presentano una variabilità piuttosto spinta. La reazione si mantiene comunque nel campo della neutralità. Si passa al sottogruppo litico quando lo spessore è inferiore a 50 cm, e frequentemente entro i 20/40 cm.

Questi Entisuoli poco profondi sono, in linea di massima, concentrati nelle zone di maggior pendenza ma possono ritrovarsi anche su morfologie pianeggianti quando la roccia madre ha una stratificazione orizzontale o suborizzontale e dove è più attiva l'erosione.

Gli *Xerofluvents* sono gli Entisuoli che hanno un regime di umidità xerico e si trovano principalmente lungo le piccole pianure limitrofe ai torrenti e alle conoidi recenti. La loro granulometria è varia come pure il loro contenuto in scheletro. Si passa così da suoli a tessitura sabbioso-franca e franco-sabbiosa. Anche la percentuale in scheletro è diversa da zona a zona. Dall'assenza completa si passa infatti a contenuti superiori al 30/40% in volume con variazioni notevoli anche nell'ambito dello stesso profilo. Il drenaggio varia da buono a moderatamente buono nei terreni a tessitura fine; in genere però non sono saturi di acqua durante la maggior parte dell'anno entro m. 1.50 dalla superficie. Anche i caratteri chimico-nutrizionali presentano una variabilità piuttosto spinta.

La reazione si mantiene comunque nel campo della neutralità. La fertilità chimica generale e la capacità di scambio cationico sono relativamente buone negli *Xerofluvents* a tessitura franca o fine, privi o poveri in scheletro mentre le dotazioni in sostanza organica ed in elementi nutritivi totali diminuiscono quando prevalgono le frazioni sabbiose ed aumenta il contenuto e le dimensioni dello scheletro. Anche i caratteri idrologici sono diversi. Abbiamo già detto della permeabilità. La capacità di ritenzione idrica e l'umidità utile (ottenuta dalla differenza tra la capacità di campo e il punto di appassimento) sono relativamente elevate, nei termini a tessitura fine e franca, privi di scheletro,

mentre si fanno sempre più basse via via che la granulometria diviene più grossolana, per cui si riscontra una permeabilità variabile da media elevata.

Gli *Haploxerepts* tipici sono caratterizzati da una successione di orizzonti A-Bw-C e una profondità sempre superiore a 50 cm e, talora, oltre 100 cm; la tessitura è molto varia e generalmente correlata con il tipo di substrato che influenza anche molti altri caratteri del suolo. A tratti si può avere anche una rocciosità abbastanza elevata. L'aggregazione è di tipo poliedrico subangolare in superficie ed angolare in profondità e la sua stabilità è generalmente modesta. La permeabilità è buona e raramente si hanno segni di ristagni idrici anzi, in qualche caso ed in corrispondenza di substrati colluviali, il drenaggio può essere rapido.

Reazione neutra o leggermente subacida, presenza di concrezioni carbonatiche nei substrati di questa natura e modesto contenuto nei principali elementi della fertilità, rappresentano i principali caratteri chimici di questi Inceptisuoli derivati da rocce acide. La loro potenzialità produttiva è pertanto relativamente modesta.

In punti di basso morfologico, dove il sistema è chiuso, si possono rinvenire caratteristiche vertiche con classificazione nel relativo sottogruppo. Quando lo spessore è inferiore ai 50 cm si passa al sottogruppo dei litici. Gli altri caratteri generali sono simili a quelli descritti per i sottogruppi tipici ma, tenendo sempre presenti le differenze esistenti fra i suoli originatisi dai diversi substrati, il sottogruppo litico mostra un contenuto in scheletro, una pietrosità superficiale e una rocciosità talvolta decisamente superiori.

All'ordine degli Alfisuoli appartengono suoli che si formano su superfici stabili e sono caratterizzati dalla presenza di un orizzonte con accumulo illuviale di argilla (orizzonte argillico) e da saturazione in basi, da alta a moderata. La diversa intensità di alterazione e di illuviazione corrisponde spesso a processi avvenuti in diversi periodi del Quaternario. Presentano una notevole varietà nella mineralogia delle argille, in funzione delle rocce da cui hanno avuto origine, ma anche perché l'intensità di alterazione è stata relativamente alta, con produzione di un'ampia serie di minerali secondari. Il profilo è normalmente formato da un epipedon albico oppure ocrico che sovrasta un orizzonte argillico (profili A-B2t-C). La struttura dell'orizzonte argillico può essere prismatica o poliedrica angolare; l'eccesso di illuviazione e di alterazione porta, in generale, a una diminuzione del drenaggio sino a renderlo lento o molto lento. Al sottordine degli *Xeraľfs* che, oltre ai principali caratteri dell'ordine sopracennati, presentano un regime di umidità xerico, appartengono i grandi gruppi degli *Haploxeraľfs* e *Palexeraľfs*.

Gli *Haploxeraľfs*, nel concetto del sottogruppo Tipico, sono suoli profondi o moderatamente profondi, ben drenati, con debole contenuto in sostanza organica, hanno un'alta percentuale di saturazione in basi con scarso contenuto di sodio di scambio, regime di umidità xerico.

I *Palexeraľfs* si riscontrano soprattutto sui depositi di versante più antichi. La pedogenesi è iniziata nel Pleistocene medio e inferiore ove, nei periodi interglaciali, la maggior piovosità ha determinato il processo di illuviazione e talvolta perdita di basi. Il sottogruppo Tipico è costituito da suoli moderatamente profondi, di colore bruno rossastro, a reazione neutra o subacida, con contenuto variabile di scheletro. L'orizzonte argillico è evidente, con una saturazione in basi maggiore del 50%. La tessitura varia in funzione della composizione del substrato. Questi caratteri influenzano la permeabilità e la porosità, che a loro volta influiscono sul drenaggio interno e su quello superficiale. La potenzialità di questi suoli è quasi sempre bassa e le limitazioni principali sono dovute al rischio di erosione, alla bassa capacità di trattenuta, alla mediocre fertilità, spesso alla lunghezza del periodo arido e talvolta alle gelate invernali e primaverili. Sono spesso troncati per l'erosione, sino all'affioramento della roccia-madre, a seguito di arature, incendi e eccessiva compattazione per il carico di bestiame.

## 6.5 Suolo e sottosuolo

Il sito rientra nella zona di affioramento del complesso argilloso-arenaceo miocenico definito come "Argille sabbiose e marne grigie con intercalazioni arenacee (Tortoniano) ed argille sabbiose grigie e marne grigie compatte alternate con arenarie più o meno cementate che verso l'alto diventano gradatamente argillose; in superficie sono in

prevalenza terreni di riporto che ricoprono le argille con spessori molto variabili. La stratigrafia di dettaglio dalle prove penetrometriche può essere così schematizzata (così come indicativamente è visualizzato nella sezione geologica di dettaglio all'intero della presente relazione:

- Quota da piano campagna a -1,50 metri: Terreno vegetale ed agrario degradato ed umificato;
- Da -1,50 metri a -10,00 metri dal piano campagna: Argille sabbiose grigie, scarsamente addensate;
- Da -10,00 metri a -14,00 metri dal piano campagna: Argille marnose e marne argillose ben addensate e consistenti con rare intercalazioni arenacee e/o marne calcaree;
- Da -14,00 a -30,00 metri dal piano campagna: Argille marnose e marne argillose molto addensate e consistenti con rare intercalazioni arenacee e/o marne calcaree.

La successione stratigrafia indicata è certamente riferibile ad una tipica successione della formazione argilloso-arenacea di area collinare con copertura di terreno vegetale, proveniente dalla degradazione delle argille stesse.

Uno dei fattori di cui tener conto nell'analisi del potenziale impatto dell'opera è il consumo di suolo che questa genererà in relazione al suo stato prima dell'impianto. I siti interessati dall'installazione dell'impianto fotovoltaico denominato "STINTINO" ricade in zona E2 "Aree Agricola" per il comune di Sassari ed E2.b "Aree di primaria importanza per la funzione agricolo produttiva in terreni non irrigui" per quello di Stintino e risultano attualmente destinati prevalentemente a seminativo.

Per la valutazione degli impatti sulla componente suolo, sono stati identificati i seguenti fattori:

- occupazione di suolo;
- asportazione di suolo superficiale;
- rilascio inquinanti al suolo;
- modifiche morfologiche del terreno;
- produzione di terre e rocce da scavo.

Non molto rilevante risulterà il contributo legato alla realizzazione della viabilità di servizio in quanto in parte verrà utilizzata quella esistente ma verranno anche realizzate alcune piste di accesso all'interno dei lotti.

Per quanto riguarda l'asportazione di suolo, questa sarà legata alla regolarizzazione delle superfici del piano di posa delle strutture e della viabilità interna necessaria al passaggio di mezzi per la manutenzione. Il progetto non prevede l'esecuzione di interventi tali da comportare sostanziali modifiche del terreno, in quanto le operazioni di scavo e riporto sono minimizzate. Rimane esclusa qualsiasi interferenza con il sottosuolo in quanto gli scavi maggiori saranno inferiori ai 1,5 mt. La produzione di terre e rocce sarà limitata a piccoli quantitativi in funzione della tipologia di opere e saranno legati alla posa in opera del cavidotto; il materiale movimentato verrà reimpiegato totalmente all'interno del sito. In fase di costruzione, le attività connesse alla regolarizzazione del piano di campagna saranno di breve durata così come lo scavo della trincea per la posa in opera del cavidotto.

Nel computo del consumo di suolo è stata effettuata una distinzione tra:

- consumo di suolo permanente, rientrano in questa categoria edifici, fabbricati, strade pavimentate, sede ferroviaria, piste aeroportuali, banchine, piazzali e altre aree impermeabilizzate o pavimentate, serre permanenti pavimentate, discariche;
- consumo di suolo reversibile, comprende aree non pavimentate con rimozione della vegetazione e asportazione o compattazione del terreno dovuta alla presenza di infrastrutture, cantieri, piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi o depositi permanenti di materiale; impianti fotovoltaici a terra; aree estrattive non rinaturalizzate; altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole in cui la rimozione della copertura ripristina le condizioni naturali del suolo.

Si riporta di seguito la classificazione del consumo di suolo dei componenti e delle relative opere che globalmente costituiscono l'impianto, specificando quando queste lasciano il suolo non consumato, o quando generano un consumo di suolo reversibile o irreversibile. Le componenti dell'impianto fotovoltaico sono:

- Strutture FV: suolo sottostante la proiezione a terra dei moduli FV inclinati a 15°, associato alla classificazione consumo di suolo reversibile;
- Cabine: suolo sottostante le cabine, comprese le piazzole di accesso, associato alla classificazione consumo di suolo reversibile;
- Strade: suolo occupato dalle strade costituenti la viabilità d'impianto (realizzate in terra battuta), appartenenti alla classificazione consumo di suolo reversibile;
- Prati: superfici occupate dai prati polifita permanenti tra le file delle strutture fisse, appartenenti alla categoria suolo non consumato;
- Mitigazione perimetrale: aree impiantate con specie vegetali arboree e arbustive (Olea Europea) destinate a mitigare visivamente e paesaggisticamente l'area aumentandone il grado di naturalità. Tali aree sono associate alla classificazione suolo non consumato;
- Aree di compensazione: aree non interessate dal posizionamento delle strutture, corrispondenti alle fasce di rispetto della linea AT e degli impluvi, destinate a compensare paesaggisticamente l'area aumentandone il grado di naturalità e pertanto associate alla categoria di suolo non consumato;
- Aree libere da interventi: aree nella disponibilità della Società proponente che non saranno interessate da alcun intervento, associate alla classificazione suolo non consumato (impluvi e cumuli di roccia, ecc..).

### 6.5.1 Capacità dei suoli

#### Classe terreno agricolo

Esprime la produttività della relativa coltura di un terreno. Le classi sono al massimo 5. La prima esprime la migliore produttività colturale mentre la quinta indica la peggiore. La classe catastale viene riportata nella visura rilasciata dal Catasto. Quella con maggior reddito è contrassegnata con il numero 1.

La classe catastale viene determinata anche in base alla quantità di produzione del prodotto agricolo a cui è destinata la particella catastale di riferimento, l'accessibilità al terreno e la struttura fisica dello stesso.

In presenza di una redditività omogenea all'interno del Comune o della zona censuaria e, quindi, in assenza di una ripartizione in classi della categoria, la classe catastale viene indicata con la lettera "U" che sta per unica. Viene indicata, invece, con i numeri da "1" a "n" al crescere della redditività.

La particolare caratteristica pianeggiante del terreno e del territorio circostante aiuterà notevolmente l'inserimento paesaggistico dell'impianto, limitandone la visibilità. Pur tuttavia si sono eseguite tutte le verifiche necessarie al fine di procedere con la progettazione di un impianto che non arrechi alcun danno a livello ambientale e naturalistico al territorio in cui si colloca.

Il sito è raggiungibile, da strada idonea al trasporto pesante.

#### La Classificazione agronomica dei suoli dei suoli

La classificazione agronomica dei suoli del comune di Sanluri viene definita dalla "Carta della capacità d'uso dei suoli".

A ciascuna unità cartografica, così come individuata e descritta nella carta dei suoli, è assegnata una classe di capacità d'uso dei suoli a fini agro-forestali (Land Capability Classification - LCC).

La capacità d'uso del suolo viene definita come "la potenzialità del suolo ad ospitare e favorire l'accrescimento di piante coltivate e spontanee" (Giordano, 1999), valutata in base a:

- capacità di produrre biomassa;
- possibilità di riferirsi ad un largo spettro colturale;
- la sicurezza che non intervenga la degradazione del suolo.

In sintesi la Capacità d'uso dei suoli individua 8 classi di potenzialità di utilizzo che di seguito vengono brevemente descritte.

Al fine di rendere note le informazioni più dettagliate in merito all'argomento, in allegato viene riportata la traduzione integrale e/o sintesi da "Agriculture Handbook N° 210–SCS-USDA, 1973" a cura di A. Bertacchini (I.TER p.s.c.a.r.l.).

Classe	Descrizione
<b>I</b>	Suoli privi o con lievi limitazioni all'utilizzazione agricola
<b>II</b>	Suoli con moderate limitazioni che riducono la scelta delle colture e/o richiedono moderate pratiche di conservazione
<b>III</b>	Suoli con severe limitazioni che riducono la scelta delle colture e/o richiedono speciali pratiche di conservazione
<b>IV</b>	Suoli con severe limitazioni che riducono la scelta delle colture e/o richiedono una gestione molto accurata
<b>V</b>	Suoli con rischi di erosione assenti o lievi ma che hanno altre limitazioni (rischio di inondazione) impossibili da rimuovere che restringono severamente l'uso del suolo
<b>VI</b>	Suoli con severe limitazioni che generalmente restringono il loro uso al pascolo, alla produzione di foraggi, alla forestazione e al mantenimento ambientale e naturale
<b>VII</b>	Suoli con limitazioni molto severe che restringono il loro uso al pascolo brado alla forestazione e al mantenimento dell'ambiente naturale
<b>VIII</b>	Suoli con limitazioni tali da precludere l'uso produttivo

**Figura 17: Definizione delle classi di capacità d'uso dei suoli**

La definizione di Capacità d'uso dei suoli viene elaborata in funzione dei caratteri dei suoli che possono influire sulla gestione agro-ambientale per la quale si prendono in considerazione i seguenti parametri:

Sigla	Limitazione del suolo
u	profondità utile per le radici
l	lavorabilità
y	pietrosità
r	rocciosità
n	fertilità chimica
s	salinità
d	disponibilità ossigeno
i	inondabilità
p	pendenza
z	franosità
e	erosione
x	deficit idrico

**Figura 18: Parametri per la capacità d'uso dei suoli**

Nella carta di Capacità d'uso del suolo sono stati attribuiti colori distinti per le diverse classi mentre la sigla del/o dei parametri, che determinano le limitazioni ai fini della attribuzione della classe di capacità d'uso, viene riportata all'interno della delineazione.



Nei casi di unità cartografiche di Capacità d'uso del suolo caratterizzate dalla co-presenza di suoli che hanno caratteristiche diversificate si è optato alle seguenti modalità di colorazione e siglatura:

- colori rigati in cui il colore predominante è relativo alla classe di capacità d'uso del suolo principale e il colore subordinato è relativo alla classe di capacità d'uso del suolo secondario;
- sigle composte come ad es. d/I equivalente a: disponibilità ossigeno che limita il suolo principale e lavorabilità che limita il suolo secondario.

La valutazione della Capacità d'uso dei suoli ha fatto riferimento al seguente schema realizzato dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli per il progetto SINA (2000). La logica di attribuzione della classe di capacità d'uso al suolo si basa sul carattere del suolo maggiormente limitante.

Classe	Profondità utile per le radici (cm)	Lavorabilità	Pietrosità superficiale e/o rocciosità	Fertilità	Salinità	Disponibilità di ossigeno	Rischio di inondazione	Pendenza	Rischio di franosità	Rischio di erosione	Rischio di deficit idrico	Interferenza climatica
<b>I</b>	>100	Facile (resis: scarsa; temp:breve)	<0,1% e assente	buona	<=2 primi 100 cm	buona	nessuno	<10%	assente	assente	assente	nessuna o molto lieve
<b>II</b>	>50	Moderata (resis: moderata; temp:medio)	0,1-3% e assente	parz. buona	2-4 (primi 50 cm) e/o 4-8 (tra 50 e 100 cm)	moderata	raro e <=2gg	<10%	basso	basso	assente	lieve
<b>III</b>	>50	Difficile (resis: elevata; temp:lungo)	4-15% e <2%	moderata	4-8 (primi 50 cm) e/o >8 (tra 50 e 100 cm)	imperfetta	raro e da 2 a 7 gg od occasional e <=2gg	<35%	basso	moderato	lieve	Moderata (200-700m)
<b>IV</b>	>25	m. difficile (resis: molto elev.; temp:lungo)	4-15% e/o 2-10%	bassa	>8 primi 100 cm	scarsa	occasional e >2gg	<35%	moderato	alto	moderato	da nessuna a moderata
<b>V</b>	>25	qualsiasi	<16% e/o <11%	da buona a bassa	qualsiasi	da buona a scarsa	frequente	<10%	assente	assente	da assente a moderato	da nessuna a moderata
<b>VI</b>	>25	qualsiasi	16-50% e/o <25%	da buona a bassa	qualsiasi	da buona a scarsa	qualsiasi	<70%	elevato	molto alto	forte	Forte (700-1800 m)
<b>VII</b>	>25	qualsiasi	16-50% e/o 25-50%	m. bassa	qualsiasi	da buona a scarsa	qualsiasi	≥ 70%	molto elevato	qualsiasi	molto forte	Molto forte (>1800m)
<b>VIII</b>	<=25	qualsiasi	>50% e/o >50%	qualsiasi	qualsiasi	Molto scarsa	qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi

Figura 19: Schema di valutazione della capacità d'uso dei suoli (RER 2000)

Per l'attribuzione alla classe di capacità d'uso, si considerano 13 caratteri limitanti:

- relativi al suolo: profondità utile alle radici, lavorabilità, rocciosità, pietrosità superficiale, fertilità chimica, salinità;
- relativi alle condizioni idriche: drenaggio e rischio di inondazione;
- relativi al rischio di erosione: pendenza, franosità, stima dell'erosione attuale;
- relativi al clima: rischio di deficit idrico e interferenza climatica.

In base alla Carta dei suoli di pianura in scala 1:50.000 del Servizio Geologico, sismico e dei suoli della Regione Sardegna sono stati individuati i suoli presenti nel territorio dell'Associazione Intercomunale; per ciascuno di questi suoli è stato applicato lo schema sopra descritto e quindi è stata individuata la Capacità d'Uso.

Nella tabella seguente vengono riportati i caratteri pedologici che caratterizzano i suoli del territorio dell'Associazione Intercomunale, ed in particolare sono stati evidenziati quelli limitanti che portano all'attribuzione della classe di Capacità d'uso del suolo. La classe di capacità d'uso del suolo viene individuata in base al fattore più limitante.

SUOLO	Profondità utile per le radici	Lavorabilità	Pietrosità	Rocciosità	Fertilità chimica	SALINI TA entro 120	Disp. ossigeno	Inondabilità	Pendenza	Franosità	Erosione	deficit idrico	Interferenza climatica	Capacità d'uso con pratiche irrigue	Capacità d'uso senza pratiche irrigue
BEL1	>100	da facile a moderata	<0,1%	assente	buona	<=2	buona	nessuna o rara	< 10%	assente	assente	lieve	nessuna o molto lieve	I	III x
CTL3	>100	moderata	<0,1%	assente	buona	<=2	buona	nessuna o rara	< 10%	assente	assente	lieve o moderata	nessuna o molto lieve	II I	III x
GAR1	>100	facile	<0,1%	assente	buona	<=2	moderata	nessuna o rara	< 10%	assente	assente	moderata o forte	nessuna o molto lieve	II dn	IV x
GLS2	>50	difficile	<0,1%	assente	buona	<=2	insufficiente	nessuna o rara	< 10%	assente	assente	assente	nessuna o molto lieve	III d I	III d I
MDC1	>100	difficile	<0,1%	assente	buona	<=2	moderata	nessuna o rara	< 10%	assente	assente	assente	nessuna o molto lieve	III I	III I
PIS1	>100	moderata	<0,1%	assente	buona	<=2	moderata	nessuna o rara	< 10%	assente	assente	assente	nessuna o molto lieve	II d I	II d I
RSD1	>50	difficile	<0,1%	assente	buona	<=2	moderata	nessuna o rara	< 10%	assente	assente	assente	nessuna o molto lieve	III I	III I
SCN1	>100	facile	<0,1%	assente	buona	<=2	buona	nessuna o rara	< 10%	assente	assente	moderata	nessuna o molto lieve	I	IV x
SCN5	>100	moderata	<0,1%	assente	buona	<=2	buona	occasionale (5-50 volte/100 ann)	< 10%	assente	assente	lieve	nessuna o molto lieve	IV i	IV i
SCN6	>100	moderata	<0,1%	assente	buona	<=2	buona	occasionale (5-50 volte/100 ann)	< 10%	assente	assente	lieve	nessuna o molto lieve	IV i	IV i
SEC1	>100	facile	<0,1%	assente	buona	<=2	buona	nessuna o rara	< 10%	assente	assente	lieve o moderata	nessuna o molto lieve	I	III x
VIL2	>100	facile	<0,1%	assente	buona	<=2	buona	nessuna o rara	< 10%	assente	assente	moderata o forte	nessuna o molto lieve	I	IV x
/SMB1	>100	facile	<0,1%	assente	buona	<=2	buona	nessuna o rara	< 10%	assente	assente	lieve o moderata	nessuna o molto lieve	I	III x
SMB2	>100	moderata	<0,1%	assente	buona	<=2	buona	nessuna o rara	< 10%	assente	assente	lieve	nessuna o molto lieve	II I	III x

Figura 20

Come si può vedere il carattere più penalizzante risulta essere il rischio di deficit idrico, valutato in base ai seguenti parametri:

Rischio di deficit idrico		Tipo climatico	Profondità della falda (cm)	Famiglia tessiturale	Tipo di scolo
Codice	Descrizione				
X1	Molto forte	C <sub>1d</sub>	>150	Sandy e sandy skeletal	1,2,3,4,5,6,7,8
X2	Forte	C <sub>1d</sub>	>150	Tutte tranne sandy e sandy skeletal	
		C <sub>1s</sub>	>150	Sandy e sandy skeletal	
X3	Moderato	C <sub>1d</sub>	50-100	tutte	
		C <sub>1s</sub>	>150	Tutte tranne sandy e sandy skeletal	
		C <sub>2</sub>	>150	Sandy e sandy skeletal	
X4	Lieve	C <sub>1s</sub>	50-100	tutte	
		C <sub>2</sub>	>150	Tutte tranne sandy e sandy skeletal	
N1	Assente	C <sub>1d</sub>	<50	tutte	
		C <sub>1s</sub>	<50	tutte	
		C <sub>2</sub>	0-100	tutte	
S	Indefinibile	Qualsiasi		Tutte	9

Figura 21

## 6.5.2 Uso del suolo

Dalle foto a disposizione e da sopralluoghi effettuati dal personale del luogo allo scopo incaricato le coltivazioni presenti nei terreni e nell'intorno dell'area oggetto di studio sono rappresentate principalmente da coltivazioni a mais alternate a soia e appezzamenti a grano tenero ed erbai annuali.

Gli appezzamenti, dalle foto, appaiono in condizioni ordinarie di coltivazione. La vegetazione "spontanea" presente e rappresentata da uno strato arboreo di origine non naturale se non per qualche limitato esemplare di farnia o leccio; lungo alcuni appezzamenti vi sono lunghe alberate di pioppi con esemplari di sia di pioppo nero sia di pioppo bianco.





**Figura 22: Vegetazione nell'area di studio**





**Figura 23: Punti di vista****Figura 50: Vista dei terreni dove sarà realizzato l'impianto di produzione con visuale da Nord-punto 1****Figura 50: Vista dei terreni dove sarà realizzato l'impianto di produzione con visuale da Nord Est-punto 2**



**Figura 50: Vista dei terreni dove sarà realizzato l'impianto di produzione con visuale da Nord Ovest -punto 3**



**Figura 50: Vista dei terreni dove sarà realizzato l'impianto di produzione con visuale da Ovest -punto 4**



**Figura 50: SP.48, sulla quale passerà il cavidotto interrato**

Il paesaggio agrario non verrebbe modificato dalla realizzazione dell'impianto; la piantumazione di essenze vegetali arbustivo-arboree lungo il perimetro contribuirà piuttosto ad un miglioramento del contesto aumentando la biodiversità.

Inoltre, verrà realizzata una fascia tampone con essenze autoctone lungo la zona perimetrale prospiciente l'area di progetto dell'impianto fotovoltaico.

Considerando l'occupazione del suolo, la superficie occupata dall'impianto, compresa la fascia per la piantumazione delle essenze schermanti e la viabilità perimetrale di servizio di circa 6-10 m, la superficie impermeabilizzata, per l'installazione delle cabine di trasformazione e consegna in rete dell'energia, dei locali tecnici e dei moduli di accumulo misura più o meno circa 200 mq circa.

In ultimo occorre valutare i benefici che possono aversi su un terreno occupato da un impianto fotovoltaico, che, come detto, occupa una percentuale di terreno inferiore al 30%.

## 6.6 Aspetti Idrogeologici

Confrontando il limite del sito di interesse con la cartografia di PAI Sardegna - Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, che individua e delimita le aree a rischio idraulico e geomorfologico, si osservano alcune sovrapposizioni in limitate porzioni marginali dell'area vasta per quanto riguarda rischio e pericolosità idraulica, mentre non vi è alcuna sovrapposizione riguardo al rischio e pericolo di frana.

Scendendo nel dettaglio dell'area di Progetto essa è totalmente esente da ogni tipo di rischio.

Anche dalla comparazione con la cartografia del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, approvato dal Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna con deliberazione n. 1 del 20 giugno 2013, risulta che solo parti marginali dell'area estesa ricadono in Fasce di Deflusso, ma andando nel dettaglio nessuna porzione dell'area di progetto ne è interessata.

## 6.7 Biodiversità

### Flora

Dalle analisi della bibliografia e dai sopralluoghi effettuati, si evince che il progetto previsto, data l'assenza di componenti ed aspetti vegetazionali di rilevanza nell'area interessata, come evidenziato nello Studio di Incidenza

non andrà a deturpare e/o minacciare specie protette o componenti botanico vegetative di rilevanza non essendo presenti.

Pertanto è possibile affermare che il sito scelto per il Campo FV non presenta particolari valenze ecologiche e che la realizzazione dell'opera non causerà perdite di naturalità dell'ecosistema terrestre nel sito interessato, dato che la composizione botanica è costituita prevalentemente da coltivazioni annuali e poliennali di tipo produttivo.

### Fauna

Il sito analizzato fa parte di una complessa area agricola utilizzata per la coltivazione a seminativo intensivo (cereali) e in parte come pascolo arborato, è fondamentale considerare che l'ambiente agricolo e i residui di ambienti naturali possano ospitare una componente faunistica.

Dalle caratteristiche dell'area la fauna presente è quella tipica delle aree agricole, limitata in numero a causa della presenza di un grado di antropizzazione abbastanza elevato, dovuto ad esempio alla presenza di strade comunali e interpoderali e attività agricole. L'omogeneità delle coltivazioni e la conseguente semplificazione dell'ambiente, l'uso abbondante di agro-farmaci, oltre alla presenza capillare da parte dell'uomo, rappresenta un fattore limitante allo sviluppo di una fauna complessa ed articolata; infatti, la presenza di fauna all'interno degli ambienti agricoli con una scarsa copertura vegetazionale è legata fondamentalmente ad esigenze di tipo alimentare.

La conoscenza dei movimenti delle specie migranti è fondamentale sia per lo studio della biologia ed ecologia delle specie che nella gestione dell'ambiente naturale. Determinare ed analizzare le rotte migratorie consente la valutazione dell'impatto antropico di determinate strutture sull'ambiente e l'individuazione di aree meritevoli di conservazione. L'intero territorio della regione Abruzzo è interessato da flussi migratori, per la presenza delle aree naturali, delle zone costiere, ma tali flussi sembrerebbero non interessare in maniera diretta il sito di realizzazione del Campo FV.

Non si osservano specifiche specie migratorie che transitano sul sito interessato.

L'area è caratterizzata da una notevole attività antropica dovuta all'intensa attività agricola che va ridurre la presenza di specie di interesse e valenza ecologica nell'area.

Pertanto la realizzazione dell'opera non inciderà significativamente sull'area e sull'ecosistema delle specie migranti e non. Il Campo FV, in ogni caso non rappresenta un fattore di disturbo in quanto le tecnologie utilizzate per la realizzazione dei pannelli e le misure di mitigazione previste riducono fortemente l'effetto lago e il fenomeno di abbagliamento per l'avifauna che dovesse transitare sul sito.

Azione	Bersaglio	Impatto senza mitigazione	Tipologia di impatto	Reazione
Operazione di realizzazione	invertebrati	Basso e Temporaneo	Disturbo	Allontanamento temporaneo
	rettili	Basso e Temporaneo	Disturbo	Allontanamento temporaneo
	uccelli	Basso e Temporaneo	Disturbo	Allontanamento temporaneo
	mammiferi	Basso e Temporaneo	Disturbo	Allontanamento temporaneo
	anfibi	Basso e Temporaneo	Disturbo	Allontanamento temporaneo
Messa in opera	invertebrati	Nessuna interazione	Nessuna interazione	Nessuna
	rettili	Nessuna interazione	Nessuna interazione	Nessuna
	uccelli	Nessuna interazione	Nessuna interazione	Nessuna
	mammiferi	Nessuna interazione	Nessuna interazione	Nessuna
	anfibi	Nessuna interazione	Nessuna interazione	Nessuna

**Figura 24: Impatto sulla fauna**

A partire dalle informazioni riportate in precedenza, si è potuto analizzare l'area di progetto e riscontrare in generale una bassa sensitività della componente floro-faunistica.



La presenza di un ecosistema naturale è circoscritta nelle vicinanze del Fiume Trenta, mentre l'area oggetto d'intervento è caratterizzata da un ecosistema di tipo prevalentemente agrario.

In tale contesto non si rileva la presenza di specie faunistiche o vegetazionali di particolare valore conservazionistico, ad eccezione dei casi individuati nello Studio di Incidenza.

Lo sfruttamento agricolo ha comportato tuttavia una notevole riduzione della complessità ecosistemica. All'interno dell'area in esame, come detto in precedenza, l'ecosistema prevalente è di tipo agrario, caratterizzato da monoculture seguite da cicliche rotazioni colturali e da scarsi elementi naturalistici di pregio.

La natura stessa dell'impianto non andrà ad impattare sull'ecosistema di aree naturali data la loro assenza. Inoltre non causerà una riduzione di aree naturali o effetti sulle aree naturali limitrofe.

## **6.8. Inquadramento climatico**

### **6.8.1 Il Clima della Sardegna**

Il Clima della Sardegna viene generalmente classificato come Mediterraneo Interno, caratterizzato da inverni miti e relativamente piovosi ed estati secche e calde.

Dal punto di vista più generale, il Mediterraneo può essere considerato come una fascia di transizione tra le zone tropicali, dove le stagioni sono definite in accordo alla quantità di pioggia, e le zone temperate dove le stagioni sono caratterizzate dalle variazioni di temperatura. L'analisi di dettaglio della situazione climatica della Regione Sardegna, periodo climatico di riferimento 1981-2010, ha permesso di caratterizzare la variabilità climatica osservata a livello locale e di valutare, ad elevata risoluzione, le anomalie climatiche attese in futuro per effetto dei cambiamenti climatici.

Per quanto riguarda l'analisi delle temperature, la media annuale dei valori massimi di temperatura per la Sardegna è di 20.4°C; il mese più caldo è solitamente luglio (media delle massime 30.5°C).

Le temperature minime annue sono mediamente 10.5°C, il mese più freddo gennaio (temperatura minima media del mese 4.9°C).

Differenze rilevanti si possono registrare in regioni microclimatiche dell'isola: le aree del Campidano e del Sulcis raggiungono valori di temperatura mediamente più alti rispetto al resto della Sardegna, con temperature massime in agosto quasi mai al di sotto dei 34°C.

La regione è caratterizzata da un numero medio di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 30,1 °C (SU95p) che varia tra 5 e 55, con picchi di circa 55 giorni/anno a sud, mentre il numero medio di giorni all'anno con temperatura minima giornaliera al di sotto di 0 °C (FD) varia tra 0 e 12, con picchi di circa 12 giorni/anno sull'area montuosa centrale.

L'andamento delle precipitazioni varia considerevolmente in differenti microregioni della Sardegna: le zone più piovose sono il Limbara, l'altopiano di Campeda, il massiccio del Gennargentu e l'Ogliastra. Le aree più aride sono le regioni del sud-ovest dell'isola, la Nurra e il Campidano, nonché altre aree spot lungo la fascia costiera.

I valori più bassi si registrano solitamente nella parte sud-occidentale dell'isola, dove i cumulati annuali non superano i 380-400 mm; la regione più piovosa è quella del Gennargentu dove quasi sempre si superano i 1200 mm annui. La media climatica per la Sardegna si attesta quindi intorno ai 650/700 mm.

Il territorio regionale presenta condizioni siccitose durante il periodo estivo, caratterizzato da un numero massimo di giorni annui consecutivi senza precipitazione (CDD) che varia da circa 60 a 80.

Con riferimento ai dati più recenti, in merito ai dati 2018-2019 delle reti meteorologiche dell'ARPAS, integrati con quelli della rete del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare e dell'Ente Nazionale Assistenza al Volo, si



riportano le analisi agrometeorologiche di tale periodo, realizzate anche grazie alle informazioni fornite dalla Agenzia Regionale AGRIS.

L'annata ottobre 2018-settembre 2019 ha registrato cumulati di pioggia in linea con la media climatica e solo in alcune aree del Sud si sono avuti incrementi più significativi. Le piogge totali hanno superato i 900 mm e in alcuni casi i 1000 mm soltanto in corrispondenza delle aree montuose.

Anche i giorni piovosi nei 12 mesi sono risultati prossimi alla climatologia.

Nella stagione piovosa (ottobre-aprile) complessivamente i cumulati hanno raggiunto i valori medi climatici, ma con un contributo non uniforme tra i diversi sottoperiodi: nel trimestre autunnale, infatti, le piogge sono state relativamente abbondanti (particolarmente al Sud), mentre nel successivo quadrimestre sono state inferiori alla media climatica, soprattutto in alcune aree della parte orientale, dove non si è raggiunta la metà della corrispondente media trentennale.

L'analisi dello SPI trimestrale, rappresentativo delle condizioni di umidità dei suoli, evidenzia nel corso della stagione piovosa una marcata variazione dalle classi Molto umido ed Estremamente umido nel primo bimestre dell'autunno (soprattutto al Sud), fino alla classe Molto siccitoso presente in alcune aree nei mesi di febbraio e aprile. Per quanto riguarda le temperature, sia le medie annuali delle minime, sia quelle delle massime hanno mostrato un'anomalia positiva seppur contenuta rispetto al recente ventennio 1995-2014. Gennaio è stato anche il mese più freddo dell'annata con anomalie climatiche fino a  $-2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , per effetto dell'intenso raffreddamento notturno (soprattutto nella prima decade) favorito dal persistente dominio dell'anticiclone delle Azzorre. Il mese più caldo in termini assoluti è stato agosto, con anomalie in alcune aree superiori a  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Le condizioni meteorologiche dell'annata hanno avuto ripercussioni più o meno marcate nel ciclo colturale delle diverse specie di interesse agricolo, nelle attività zootecniche, nella diffusione di insetti e patogeni vegetali nonché nel ciclo vegetativo delle specie forestali, ornamentali e di interesse allergologico e apistico.

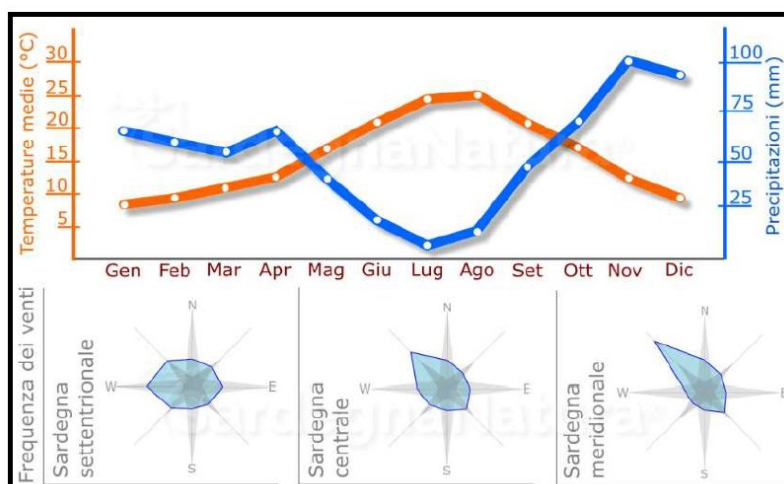


Figura 25: Andamento medio temperature e piovosità Regione Sardegna

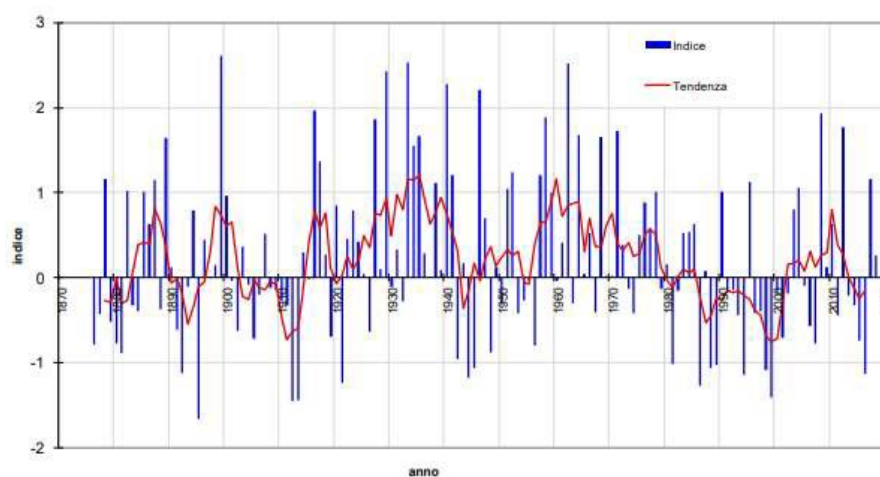


Figura 26: Andamento ultrasecolare del cumulo di precipitazione in Sardegna nel periodo ottobre-settembre

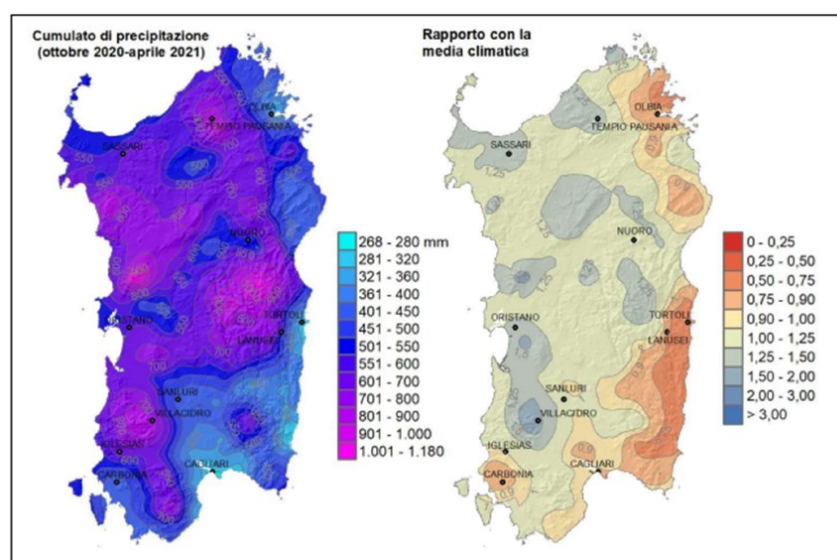


Figura 27: Cumulato di precipitazione in Sardegna da ottobre 2020 ad aprile 2021 e rapporto tra il cumulo e la media climatologica

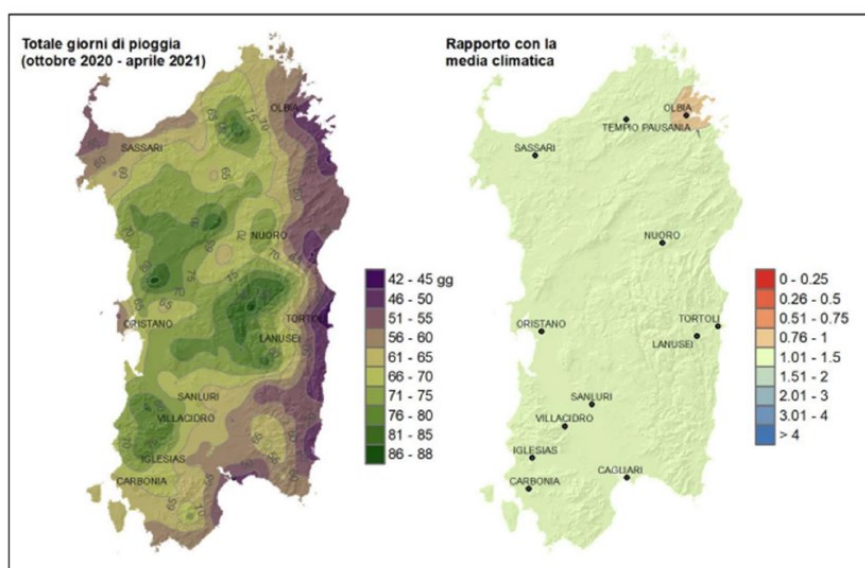


Figura 28: Numero di giorni piovosi da ottobre 2020 ad aprile 2021 e rapporto tra il cumulo e la media climatologica

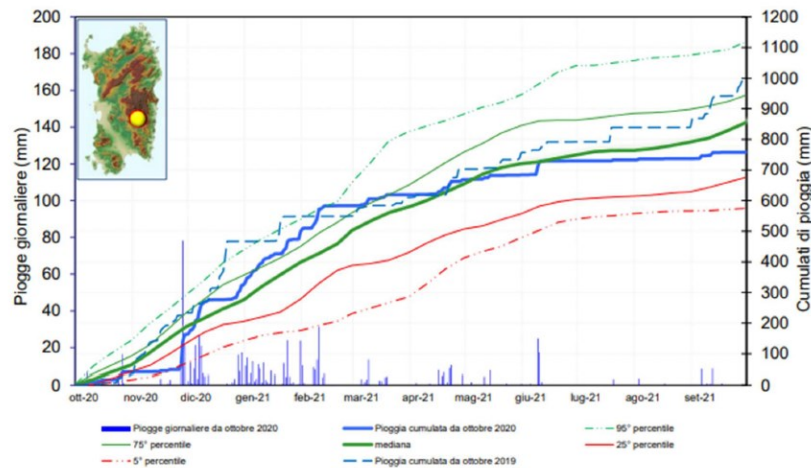


Figura 29: Precipitazioni giornaliere e cumulate nella stagione piovosa - Stazione di Sardara

In relazione alla temperatura, considerando le stagioni 2020-2021, la media annuale delle temperature minime giornaliere ha mostrato valori tipici compresi tra i 5-9°C nelle principali zone montane (massiccio del Gennargentu, catena del Marghine e monti di Alà) e 12-13°C nella fascia costiera, con il grosso della parte interna dell'Isola che si attesta tra i 10°C e gli 11°C. La differenza tra questi valori e la climatologia di riferimento indica un'annata con temperature minime in linea, entro mezzo grado in più o in meno, rispetto ai valori tipici. La fascia settentrionale sarda risulta leggermente più fredda della media, mentre i due terzi meridionali dell'Isola risultano leggermente più caldi, a causa dell'effetto combinato delle gelide albe primaverili che hanno abbassato le temperature minime in modo relativamente uniforme su tutto il territorio e delle ondate di calore estive che hanno alzato le minime principalmente nei settori meridionale e centrale, anche nelle zone montuose.

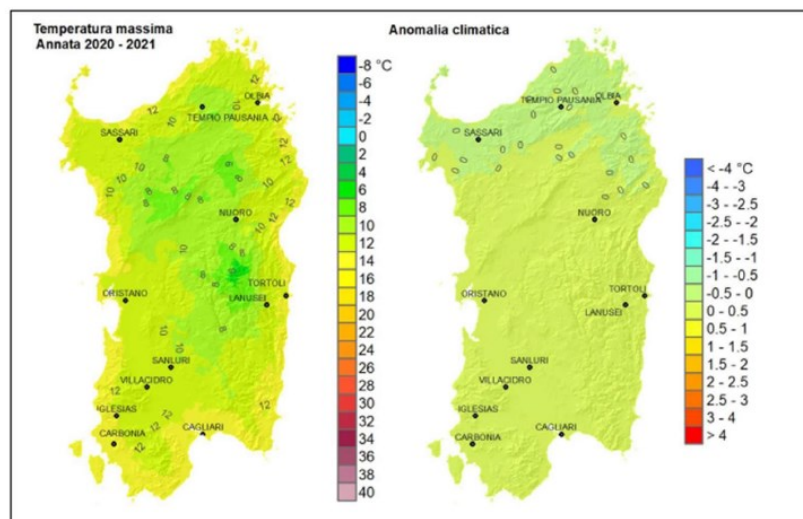
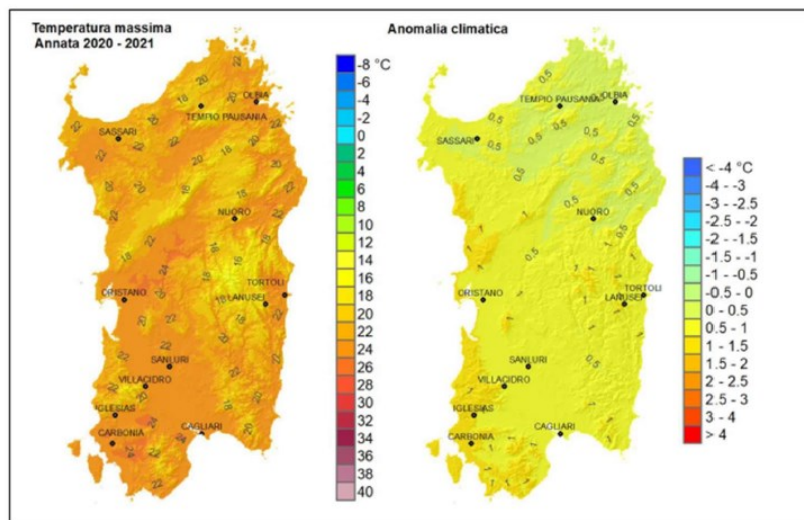


Figura 30: Media annuale delle temperature minime 2020-2021 e anomalia rispetto alla media 1995-2014

Per quanto riguarda invece le temperature massime, la media annuale dei valori giornalieri mostra valori tipici che vanno dai 17-19°C delle principali zone montuose fino ai 22- 23°C diffusi sulla fascia costiera, con isolati picchi oltre i 24°C nel Sulcis. L'anomalia rispetto alla media climatica è in questo caso ovunque positiva, fino a +1.5°C su alcune aree occidentali e, seppur isolatamente, su varie aree montane. L'annata ha avuto, quindi, massime decisamente sopra la media; ciò è dovuto principalmente al contributo delle onde di calore estive, particolarmente intense, frequenti e capaci di innalzare efficacemente i valori termici massimi anche e specialmente nelle zone montuose,

grazie all'intensa avvezione di aria calda ai bassi strati (i primi due chilometri di atmosfera) che le hanno caratterizzate.



**Figura 31: Media annuale delle temperature massime 2020-2021 e anomalia rispetto alla media 1995-2014**

Per l'analisi delle condizioni di siccità e degli impatti sulle diverse componenti del Sistema idrologico (suolo, corsi d'acqua, falde, ecc..) è stato calcolato l'indice di precipitazione standardizzata (Standardized Precipitation Index, SPI) su scala temporale di 3, 6, 12 e 24 mesi.

Lo SPI considera lo scostamento della pioggia di un dato periodo dal valore medio climatico, rispetto alla deviazione standard della serie storica di riferimento (trentennio 1971-2000).

L'indice, pertanto, evidenzia quanto le condizioni osservate si discostano dalla norma ( $SPI = 0$ ) e attribuisce all'anomalia una severità negativa (siccità estrema, severa, moderata) o positive (piovosità moderata, severa, estrema), strettamente legata alla probabilità di accadimento. Si consideri che circa il 15% dei dati di una serie storica teorica si colloca al di sotto di -1, circa il 6.7% sta al di sotto di -1.5, mentre solo il 2.3% si colloca al di sotto di -2. Nella tabella sono riportate le classi di siccità o surplus corrispondenti a diversi intervalli di valori dell'indice SPI. L'analisi su periodi di diversa durata si basa sul presupposto che le componenti del Sistema idrologico rispondono in maniera differente alla durata di un deficit di precipitazione.

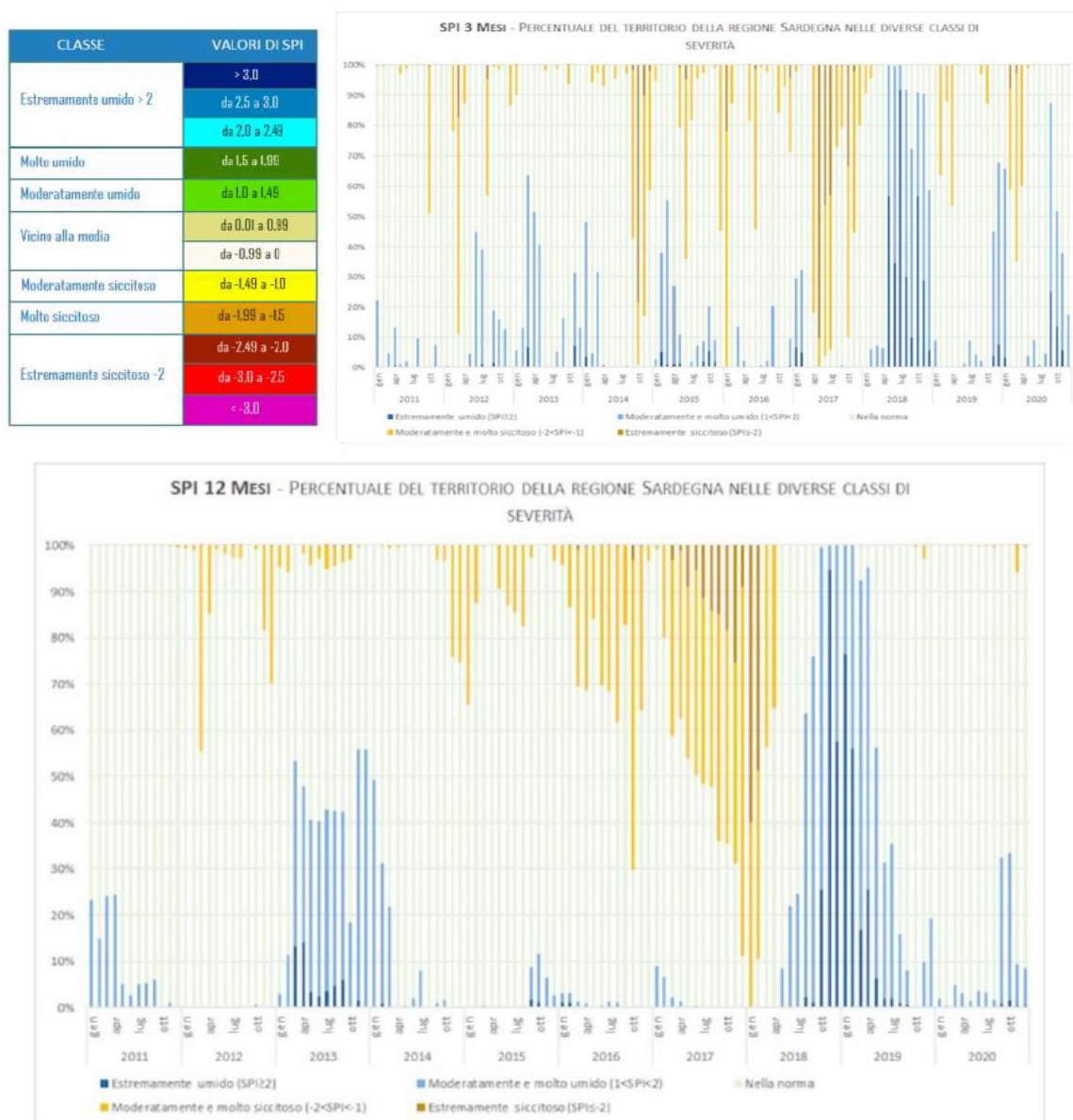


Figura 32: Territorio della Sardegna con valutazioni percentuali dello SPI a 3 e a 12 mesi



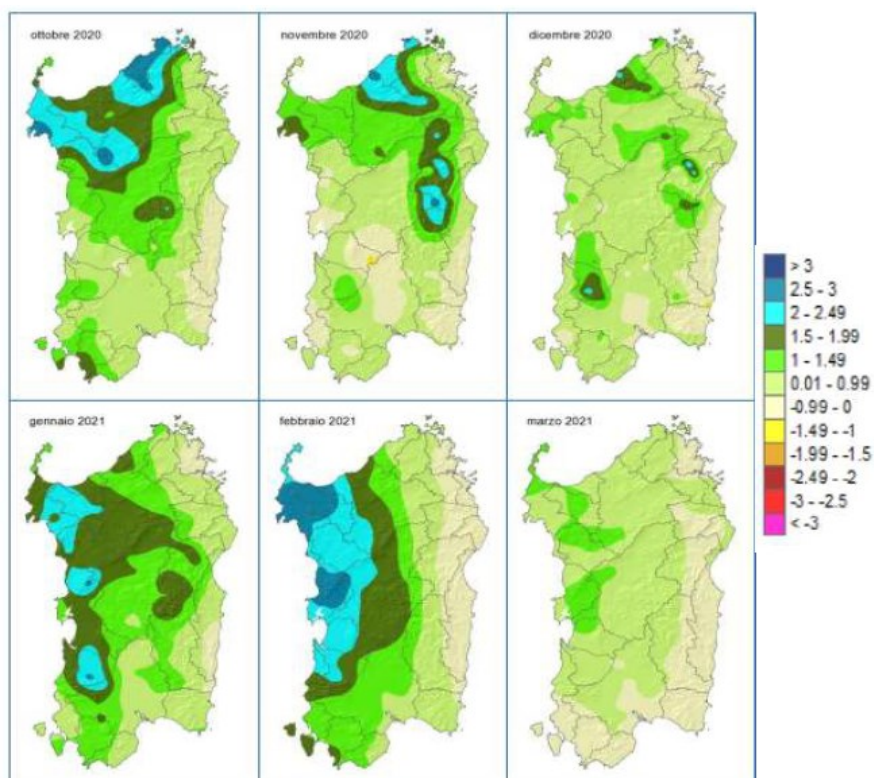


Figura 33: Mappe dell'indice SPI da ottobre 2020 a marzo 2021, calcolato con finestre temporali di 3 mesi

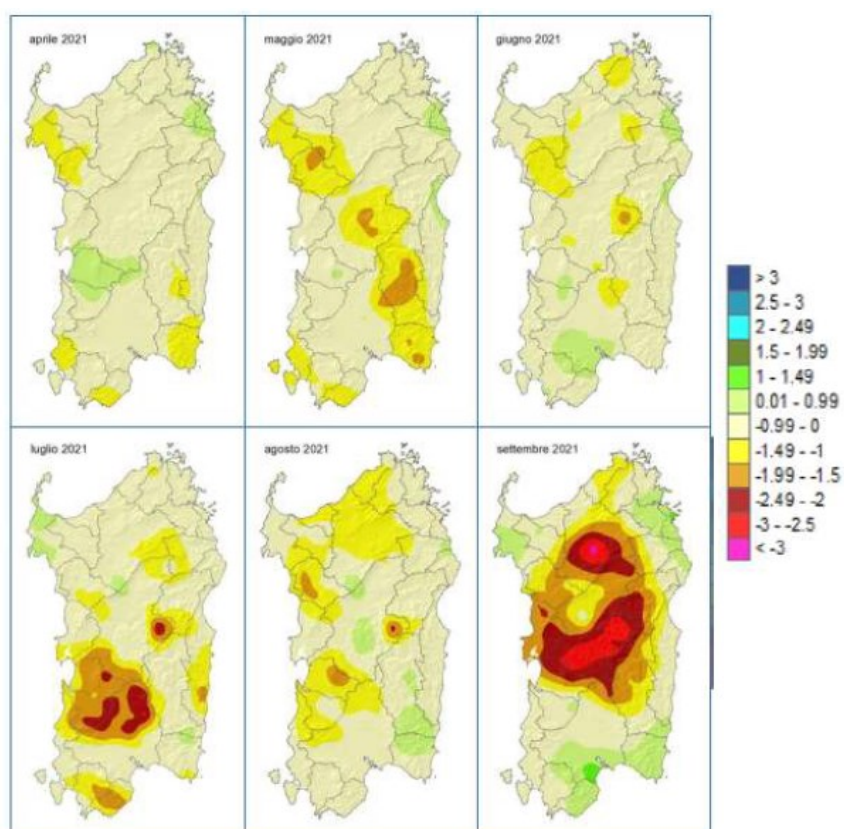


Figura 34: Mappe dell'indice SPI da aprile a settembre 2021, calcolato con finestre temporali di 3 mesi

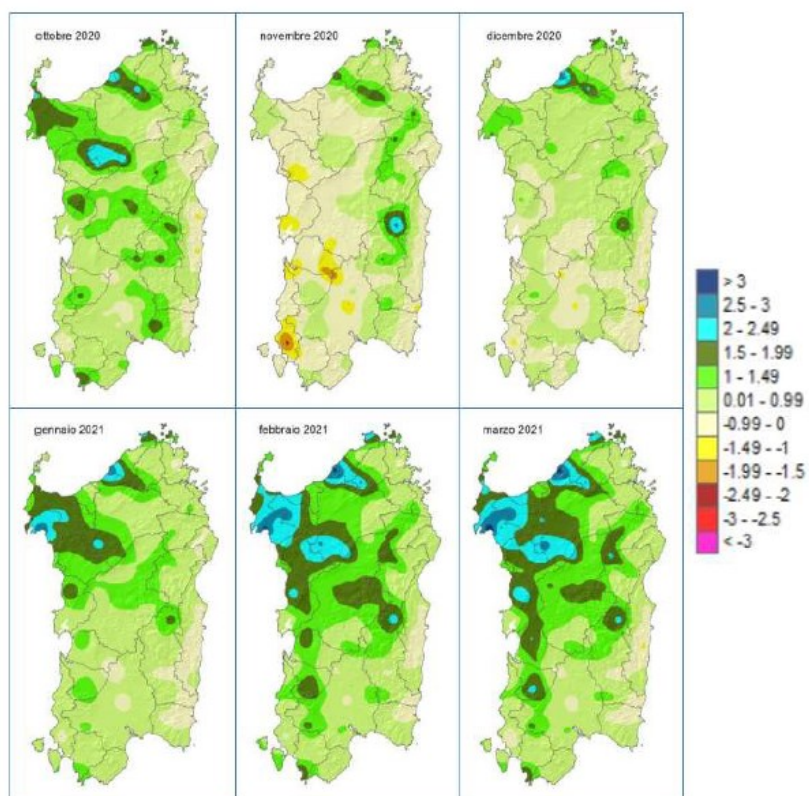


Figura 35: Mappe dell'indice SPI da ottobre 2019 a marzo 2020, calcolato con finestre temporali di 12 mesi

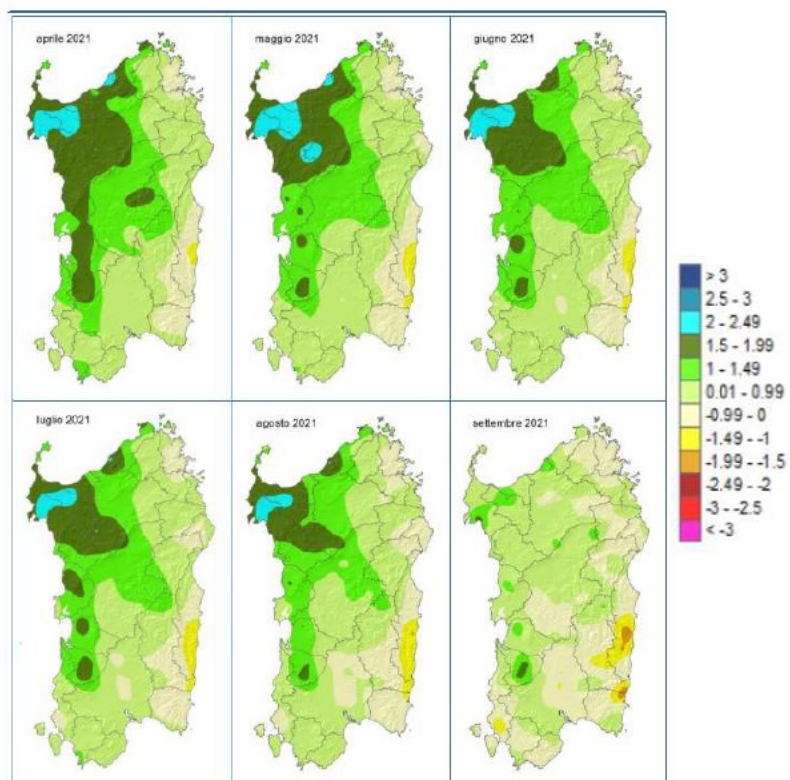


Figura 36: Mappe dell'indice SPI da aprile a settembre 2020, calcolato con finestre temporali di 12 mesi

## 6.8.2 Il Clima dell'area in esame

Il clima dell'intera area in esame non si discosta da quello dominante nell'intero settore del medio Campidano di Cagliari, di tipo mediterraneo sub-arido. Precipitazioni nevose e grandinate, sulle quali mancano serie di dati completi, sono da considerare del tutto eccezionali.

Da un punto di vista generale, quindi, il clima di questa zona, non si discosta, dal tipo predominante in Sardegna con modeste escursioni termiche stagionali e con piovosità concentrata nei mesi invernali. In particolare, la posizione geografica e la vicinanza dal mare, consente un clima eccezionalmente mite accompagnato da una notevole serenità del cielo.

Sulla piana del Medio Campidano le precipitazioni sono alquanto scarse, le masse di aria umida occidentali, in genere superano l'area pianeggiante e scaricano il loro contenuto di acqua sui rilievi delle zone interne. I mesi più piovosi sono novembre e dicembre, con valori medi che vanno dai 71 mm ai 141 mm.

Il periodo estivo, può presentarsi, a seconda dell'annata, completamente privo di precipitazioni, specialmente per i mesi di luglio e agosto, con il primo che risulta quello con un valore medio, per gli anni di osservazione, più basso in assoluto. In questi mesi, in presenza di irrilevanti precipitazioni, si instaura un periodo di elevata aridità.

Per quanto concerne le temperature nella zona del Medio Campidano, nella quale ricade l'area oggetto di studio, queste non si discostano significativamente dal resto del territorio isolano, anche se si può osservare come la relativa vicinanza del mare e l'assenza di rilievi importanti, attenua sia gli eccessi di caldo che quelli di freddo.

I mesi più freddi risultano essere gennaio e febbraio con medie mensili comprese tra 9,7°C e 10,3°C. In genere la primavera presenta medie intorno a 18°C, sempre però più basse di quelle registrabili per il periodo autunnale, che grazie al riscaldamento delle acque del mare, riesce a ottenere temperature più miti. A giugno inizia la stagione calda con temperature medie superiori a 21°C e il mese più caldo risulta essere agosto, durante il quale le medie mensili superano generalmente i 25°C.

Secondo la Carta Bioclimatica della Sardegna redatta dal Servizio Meteorologico Agrometeorologico ed Ecosistemi del Dipartimento Meteoclimatico dell'Agenzia Regionale per la protezione dell'ambiente della Sardegna (ARPAS) in collaborazione con l'Università degli Studi di Sassari, Dipartimento di Scienze della Natura e del Territorio, e l'Università degli Studi della Basilicata, Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari e Ambientali, l'area nel quale ricade il sito oggetto di intervento si trova nell'isobioclima Mediterraneo Pluvistagionale-Oceanico e più precisamente nel "Termo-mediterraneo superiore, secco inferiore, euoceanico attenuato".

Sanluri : Clima e Dati Geografici	
Altitudine	Misure
Altezza (s.l.m.m.) m	Superficie 84,16 km <sup>2</sup>
Casa Comunale 135	Classificazione Sismica
Minima 48	Sismicità molto bassa
Massima 306	Clima
Escursione altimetrica 258	Gradi Giorno 1.267
Zona Altimetrica pianura	Zona Climatica (a) C
Coordinate	Accensione Impianti Termici
Latitudine 39° 33' 49" 32 N	Da 15 nov. A 31 mar. per 10 h (b)
Longitudine 08° 53' 58" 56 E	
Gradi Decimali 39,5637; 8, 8996	
Confini Comune di Sanluri	
Comuni di prima corona (immediatamente confinanti): Furteti, Lunamatrona, Samassi; San Gavino Monreale, Sardara, Serramanna, Serrenti, Villacidro, Villamar, Villanovaforru	

**Figura 37: Elenco dei comuni limitrofi a Sanluri ordinati per distanza crescente, calcolata in linea d'aria dal centro urbano**

Per un rapido quadro climatico della zona si fa riferimento ai dati termo-pluviometrici registrati nella stazione "aggregata" di Sanluri, e messi a disposizione dal Settore Idrografico del Servizio Difesa del Suolo, Assessorato dei Lavori Pubblici della Regione Autonoma della Sardegna.

I dati disponibili sono riportati nelle seguenti tabelle.



L'intervallo di tempo per le temperature copre quaranta anni circa, in quanto sono state registrate a partire dal 1951 sino al 1991.

Per la pluviometria i dati disponibili partono dal 1922 e arrivano al 1986, pur con l'interruzione negli anni 40 legata al secondo conflitto mondiale, coprendo quindi un arco temporale di circa sessanta anni.

L'elaborazione dei dati ha consentito di realizzare diversi diagrammi termopluviometrici con cui è possibile approfondire il discorso della variabilità temporale e la sua importanza in attività di pianificazione territoriale incluse le colture agrarie e la difesa del suolo.

Di seguito un diagramma di Bagnouls e Gaussen con i valori medi mensili di pioggia e temperatura di ciascuna stazione. Il metodo d'inquadramento bioclimatico proposto da Bagnouls e Gaussen e successivamente rielaborato da Walther & Lieth, si basa sull'identificazione del periodo di aridità della località in esame.

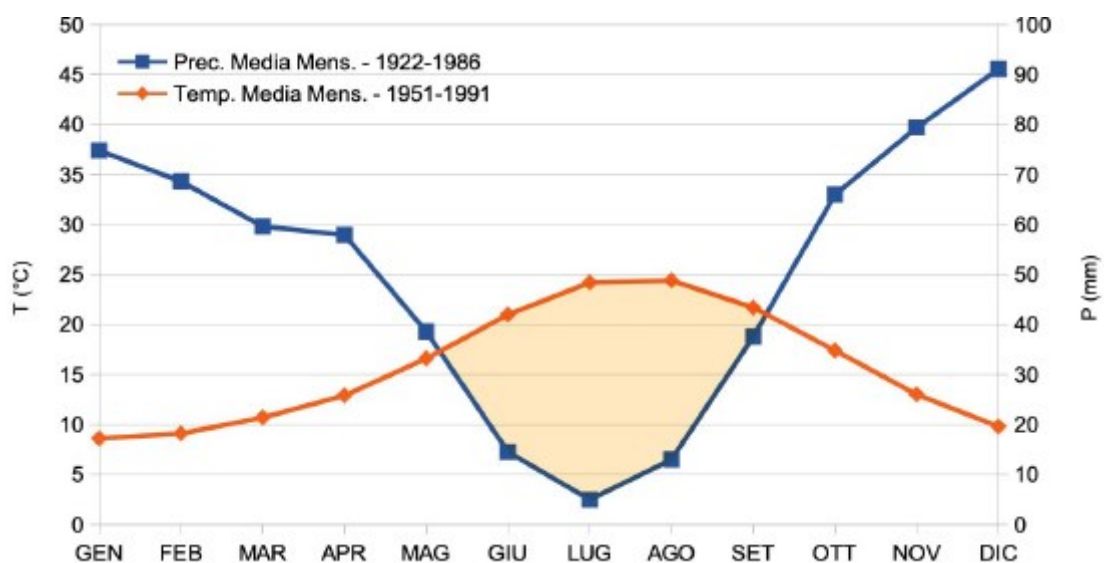


Figura 38: Diagramma termopluviometrico di Sanluri

Si considerano “aridi” i mesi con il valore medio della precipitazione piovosa totale (P) espressa in mm minore rispetto al doppio del valore medio della temperatura (T) espressa in °C. Il periodo d’aridità viene dunque definito come il numero dei mesi in cui  $P \leq 2T$ . Per determinare la durata del periodo d’aridità si realizza un diagramma con doppia ordinata, denominato diagramma termo-pluviometrico o ombrotermico la cui struttura permette una visione sintetica e contemporanea di tutti i dati climatici salienti della località in esame.

Questi diagrammi vengono costruiti riportando le precipitazioni in mm e le temperature in °C, valori medi mensili, su due ordinate, mentre in ascissa vengono elencati i mesi dell’anno iniziando da gennaio nel nostro emisfero, da luglio nell’Australe; in tal modo il periodo estivo risulta sempre al centro del diagramma.

I valori delle precipitazioni sono riportati in ordinata in scala doppia rispetto a quelli delle temperature, quindi  $1^\circ\text{C} = 2\text{ mm}$ .

Questi diagrammi, così elaborati, permettono un immediato paragone tra il regime pluviometrico e quello termico annuale, se i dati riguardano medie annuali, oppure decennali, ventennali etc.

Dall’osservazione dell’andamento della curva delle precipitazioni, si possono dedurre i periodi di aridità.

Infatti Gaussen (1954) afferma che, quando questa curva scende sotto i valori di T cioè  $P < 2T$  il periodo deve considerarsi secco. In questo tipo di diagramma sono riportati in ordinata di sinistra le temperature, ed in quella di destra le precipitazioni in scala doppia rispetto alle temperature; nella ascissa vengono indicati i mesi dell'anno.

Il periodo arido, ossia quei mesi in cui, per la scarsità delle precipitazioni e per il livello termico raggiunto, i processi naturali di animali e vegetali sono rallentati. Questo periodo deve quindi essere considerato inattivo sia dal punto di vista biologico che pedogenetico, ossia di formazione dei suoli.

Nel diagramma ottenuto si vede che il “periodo arido” si estende all'incirca da Maggio a Settembre, quindi con una durata di circa cinque mesi.

Nel diagramma a seguire vengono presi in considerazione tutti i valori totali di precipitazione annua nell'intero periodo di rilevamento, con una linea che mostra l'andamento delle entità in confronto con una retta che rappresenta il valore medio annuo di P.

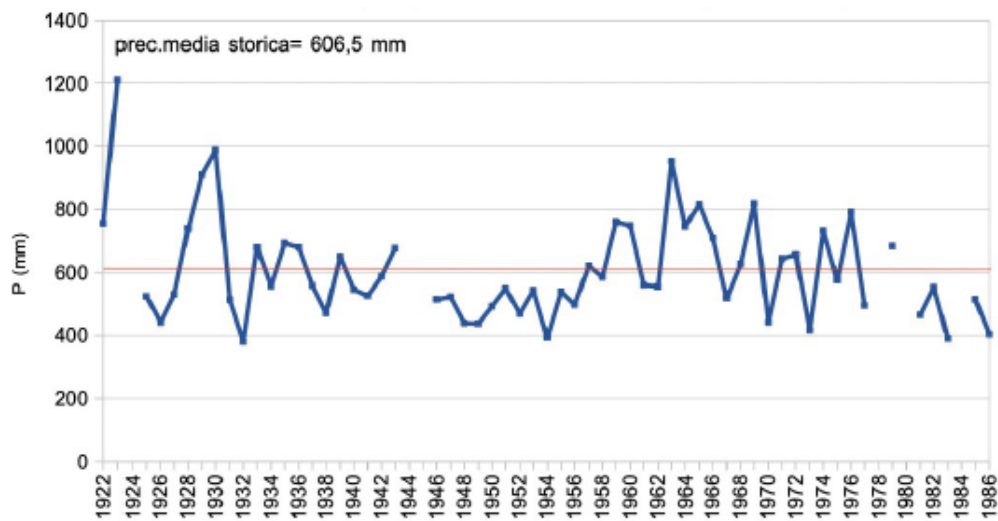
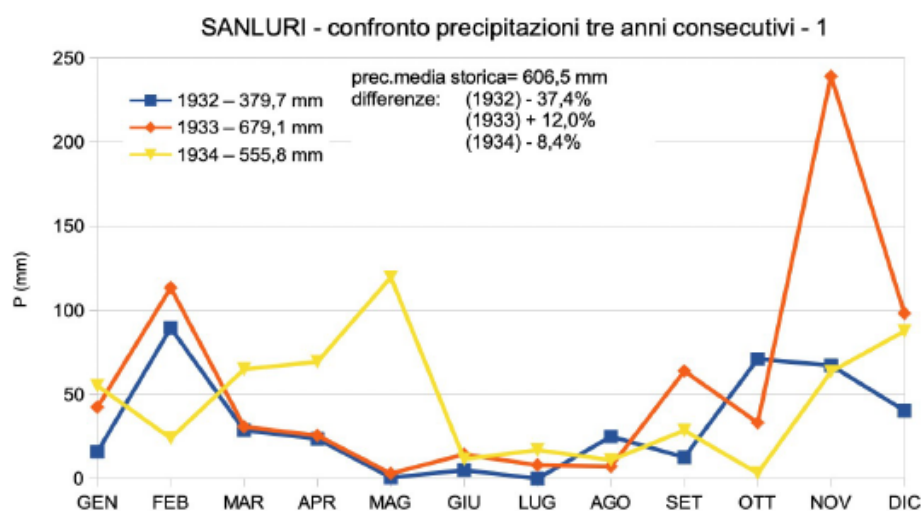


Figura 39: Diagramma precipitazioni annuali storiche (1922-1986) di Sanluri

Risulta evidente la forte irregolarità del tracciato rispetto alla media, con un andamento da linea spezzata dovuta alle notevoli differenze nelle entità di precipitazione annua in anni consecutivi. Questa estrema variabilità climatica è una caratteristica delle precipitazioni in ambiente mediterraneo, tipica di tutte le località della Sardegna, ma che viene particolarmente esacerbata negli ultimi anni a causa dei cambiamenti climatici in atto.

Per mettere in evidenza questo carattere di forte variabilità sono stati costruiti dei diagrammi pluviometrici, sotto riportati, in cui vengono confrontati gli andamenti dei valori mensili e i totali annui delle precipitazioni di due trienni differenti, quelli dei periodi 1932-34 e 1972-74.



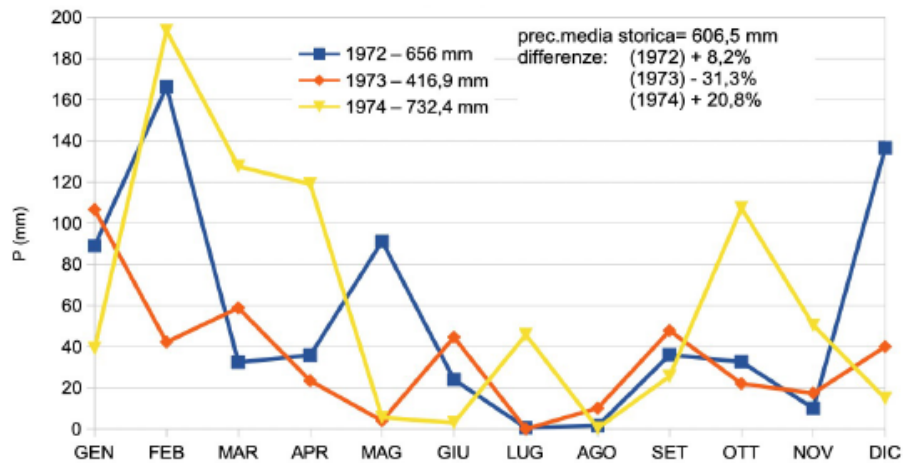


Figura 40: Diagrammi confronto precipitazioni di Sanluri nei trienni 1932-1934 e 1972-1974

Le variazioni annue mostrate sono considerevoli e possono arrivare, guardando alla tabella dei dati a fine capitolo, sino quasi al dimezzamento o al raddoppio dell'entità di pioggia rispetto all'anno precedente (per esempio 1930= 988,5 mm e 1931= 513 mm; 1932= 379,7 mm e 1933= 679,1 mm; 1954= 393,8 mm e 1955= 538,6 mm; 1969= 818,4 mm e 1970= 441,4 mm) e con variazioni rispetto al valore medio sino a -37% (1932) e +99% (1923).

La irregolarità nelle precipitazioni si rinviene anche nei singoli eventi, che possono essere blandi o di elevata entità e intensità. Questi ultimi si verificano soprattutto all'inizio della stagione autunnale, e in alcuni anni proprio a questi eventi sono legati gli elevati valori pluviometrici dei mesi di Settembre e Ottobre. Questi eventi risultano di estrema dannosità nelle aree con scarsa copertura vegetale, generando intensi processi erosivi.

La variabilità del regime termo-pluviometrico si riflette, ovviamente, sulla estensione del periodo arido, e ciò viene mostrato a seguire nel confronto fra tre diagrammi di Bagnouls e Gausson costruiti per il triennio di cui sopra (1972-74).

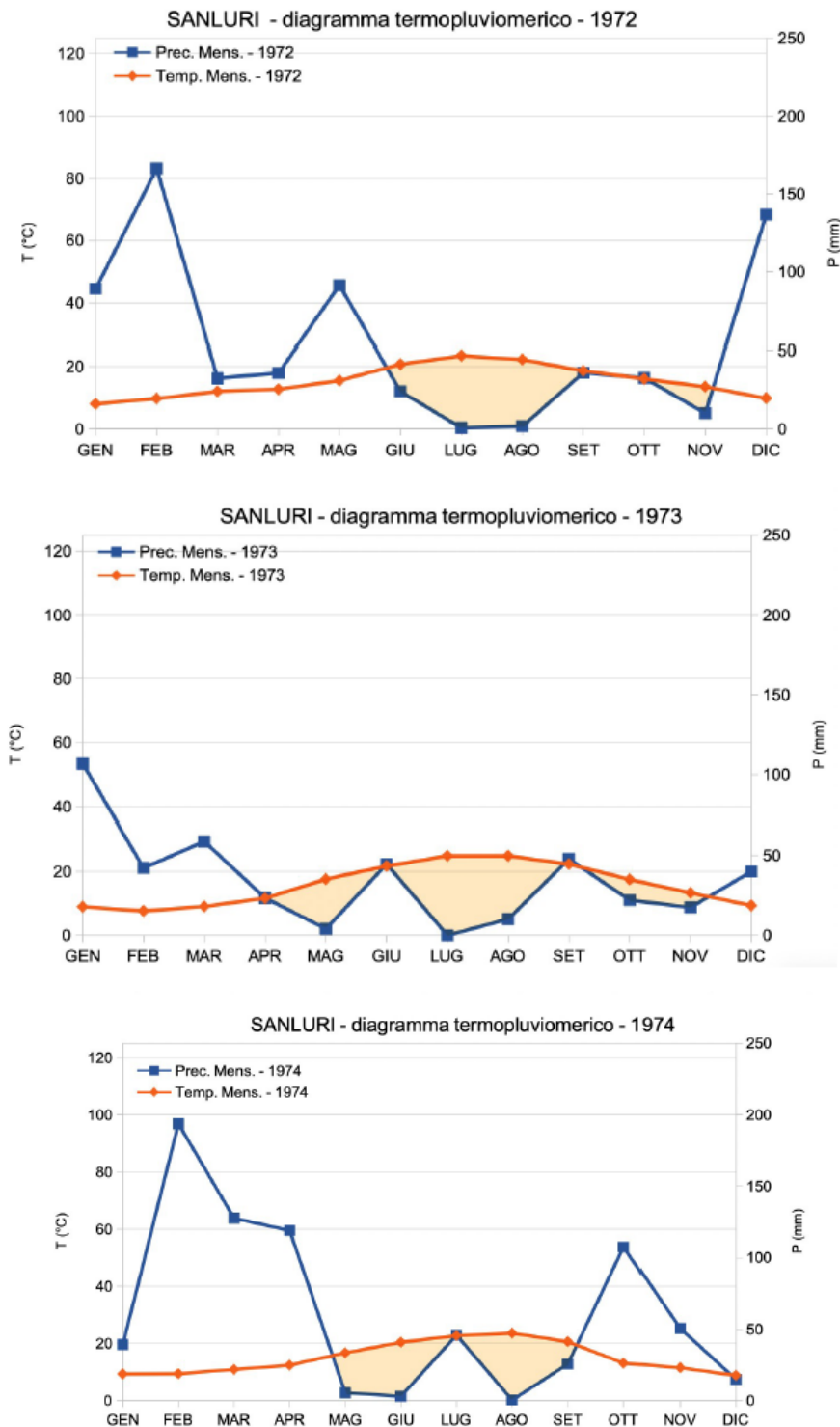


Figura 41: Confronto fra tre diagrammi di Bagnouls e Gaussen

Come si vede chiaramente il periodo di aridità definito con i dati medi, mostrato a inizio capitolo, non ha alcuna corrispondenza con la realtà.

Quello effettivo dell'anno considerato, definito dai dati registrati e non da dati medi, presenta tutt'altra estensione e si differenzia da quello degli altri anni. Di fatto, per un corretto inquadramento ai fini agroclimatici si dovrebbero considerare i dati spuri e non le diluizioni ottenute dalle medie, trattandosi nel caso esaminato di colture annuali, o nel caso delle pluriennali poter prevedere appropriati interventi irrigui.

Il periodo di aridità, con l'analisi dei dati dei tre anni consecutivi 1972-74, varia da un periodo minimo di circa 4-5 mesi a un massimo di circa 7-8 mesi.

L'irregolarità delle precipitazioni, determina il verificarsi di più periodi di aridità, anche nelle stagioni meno calde e ciò può condurre a stati di sofferenza sia per le colture erbacee che arboree con conseguente riduzione delle produzioni o nel caso di alcune specie la comparsa (congiuntamente ad altre cause) di fenomeni di alternanza nella fruttificazione, pianificazioni territoriali che debbano considerare gli apporti idrici fondamentali, come le colture agricole, le opere di difesa del suolo, la prevenzione dei processi erosivi, i processi di desertificazione. Tali piani debbono infatti essere basati su valori effettivi, registrati con continuità e localmente, e sulla conoscenza delle dinamiche caratterizzate dalla variabilità e sulla definizione di situazioni estreme di minimo e massimo apporto idrico da precipitazione, per evitare di privarsi della risorsa acqua o di non sapere come gestire gli eventuali eccessi.

Di seguito riportiamo i dati inerenti alle temperature massime, rilevate nella stazione di Sanluri, tenendo in considerazione solo quelli sopra i 45°C, per il periodo 1951 al 1980 rilevati dal SAR (ora ARPAS) e integrati con quelli delle stazioni amatoriali di Sardegna Clima per il periodo tra il 1999 – 2023.

Sanluri (id)	68 m	12 agosto 1957	45,2 °C
Sanluri (id)	68 m	22 luglio 1983	47,0 °C
Sanluri (id)	68 m	24 luglio 1983	46,0 °C
Sanluri (id)	68 m	25 luglio 1983	46,6 °C
Sanluri (id)	68 m	24 Luglio 2023	45,3 °C

Figura 42: Temperature massime Sanluri

In Sardegna il superamento dei +40/41°C per 5-7 giorni all'anno, nelle località interne, è un evento ricorrente. Tuttavia il superamento dei +45°C è piuttosto raro, sebbene negli ultimi 10 anni stia diventando più ricorrente.

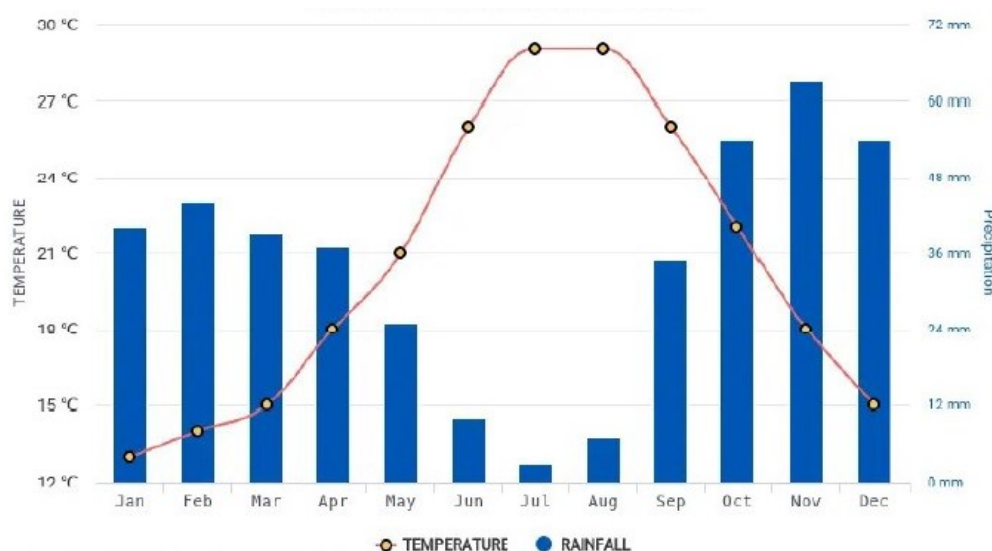


Figura 43: Medie mensili delle precipitazioni e delle temperature in Sardegna tra il 1951 e 2018

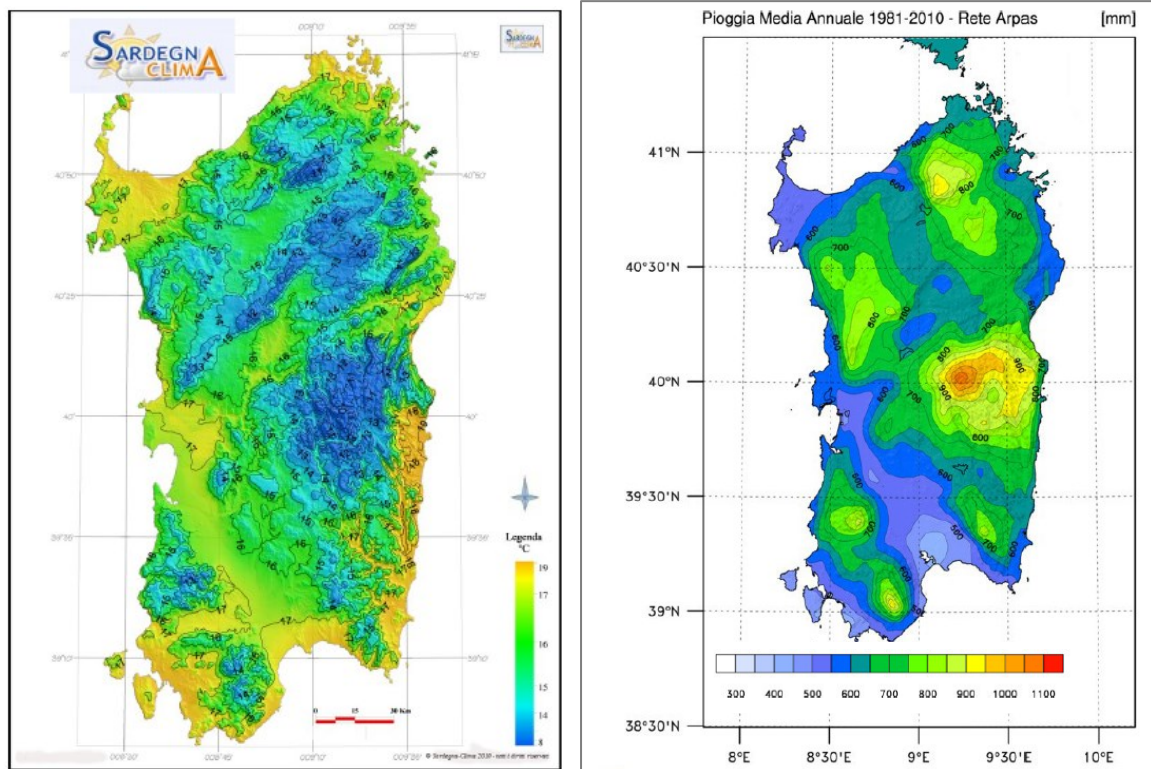


Figura 44: A sx: mappa delle temperature medie della Sardegna su base climatologica 1981-2000, a dx: precipitazioni medie nelle aree territoriali sarde, rilevamenti dal 1981 al 2010 (fonte ARPAS)

### 6.8.3 La Carta Bioclimatica della Sardegna

Il bioclimate rappresenta le condizioni climatiche in rapporto alle esigenze degli esseri viventi. Esso dà informazioni su come gli esseri viventi si distribuiscono sulla superficie terrestre in base alle condizioni climatiche. In genere, gli studi bioclimatologici sono associati alla distribuzione degli organismi vegetali. Temperature e precipitazioni, infatti, influiscono fortemente sulla composizione della vegetazione e sul modo in cui i vari tipi di vegetazione si distribuiscono sul territorio.

La carta bioclimatica della Sardegna è stata realizzata dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna (ARPAS) in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Natura e del Territorio (DIPNET) dell'Università di Sassari e con la Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari e Ambientali di Potenza (SAFE), Università degli Studi della Basilicata.

La Carta rappresenta una classificazione del bioclimate sardo in 43 isobioclimi (o tipi bioclimatici). L'analisi adottata per il calcolo degli indici bioclimatici è stata effettuata in accordo con la classificazione denominata "Worldwide Bioclimatic Classification System" proposta da Rivas-Martínez.

L'analisi bioclimatica del territorio regionale è stata effettuata elaborando i dati climatici del trentennio recente 1971-2000. Si è utilizzato il modello bioclimatico denominato "*Worldwide Bioclimatic Classification System*" (WBCS) proposto da Rivas-Martínez, che mette in relazione le grandezze del clima quali temperatura e precipitazioni con la distribuzione di specie e comunità vegetali sulla superficie terrestre. Tale classificazione, grazie alla elevata reciprocità dei modelli biofisici che stanno alla base delle interazioni clima-vegetazione, permette di realizzare mappe bioclimatiche sufficientemente corrette e aggiornate.

Una conseguenza pratica di questi studi è "*conseguire un valore predittivo reciproco per qualunque zona del pianeta, conoscendo solo una delle due variabili tra clima e vegetazione*" (Rivas-Martínez 2004).

La Base di dati è costituita da:

- dati medi mensili di temperatura minima, massima e media relativi a 68 stazioni termopluviometriche;
- dati medi mensili di precipitazione relativi a 203 stazioni pluviometriche.

Le Tecnologie utilizzate sono:

- Analisi GIS;
- Geostatistica.

#### Elaborazione degli Indici bioclimatici

Sulle mappe di temperatura e precipitazione precedentemente spazializzate si sono applicate le formule di calcolo relative ad ogni indice, per ottenere le mappe corrispondenti agli indici bioclimatici WBCS:

- Macrobioclimi;
- Bioclimi;
- Piani fitoclimatici (Termotipi);
- Indice Ombrotermico;
- Indice di Continentalità;

#### Elaborazione della Carta Bioclimatica finale



Dall'overlay spaziale degli indici bioclimatici è stato possibile ottenere un nuovo layer con la classificazione degli Isobioclimi, che costituiscono un'unità territoriale bioclimatica formata da un Bioclima, un Termotipo e un Ombrotipo e una classe di Continentalità.

A ciascun Isobioclima corrisponde uno spazio bioclimatico proprio, identificabile dai valori climatici di ognuna delle unità bioclimatiche che lo costituiscono.

Tale output costituisce la Carta Bioclimatica finale che presenta 43 classi di Isobioclimi con risoluzione spaziale di 40 metri.

ID	Isobioclimi	ha	%
6	TERMOMEDITERRANEO SUPERIORE, SECCO INFERIORE, EUOCEANICO DEBOLE	218	9.02
10	TERMOMEDITERRANEO SUPERIORE, SECCO SUPERIORE, EUOCEANICO DEBOLE	299	12.40
17	MESOMEDITERRANEO INFERIORE, SECCO SUPERIORE, EUOCEANICO DEBOLE	494	20.47
20	MESOMEDITERRANEO INFERIORE, SUBUMIDO INFERIORE, EUOCEANICO DEBOLE	531	22.02
28	MESOMEDITERRANEO SUPERIORE, SUBUMIDO SUPERIORE, EUOCEANICO DEBOLE	160	6.63

Figura 45: Isobioclimi più rappresentati in Sardegna

### Applicazioni

È stata realizzata un'analisi territoriale della distribuzione delle principali serie di vegetazione presenti in Sardegna, in sovrapposizione agli Isobioclimi, per poter definire la nicchia bioclimatica delle serie di vegetazione e delle specie che le caratterizzano, e per poter comprendere l'evoluzione nella loro distribuzione, sia in termini di scomparsa degli areali che di adattamento, se le condizioni climatiche dovessero cambiare.



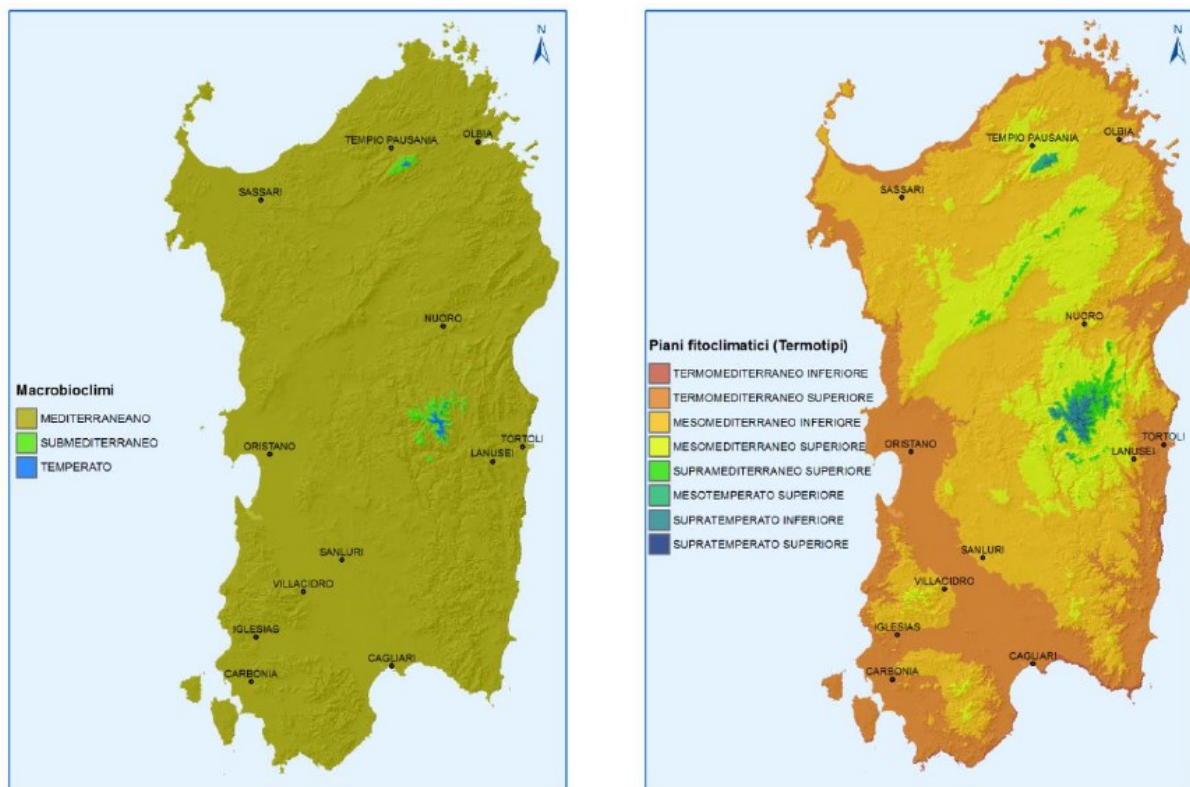


Figura 46: Mappa dei Macrobioclimi (a sx) e Mappa dei Piani Fitoclimatici (a dx)

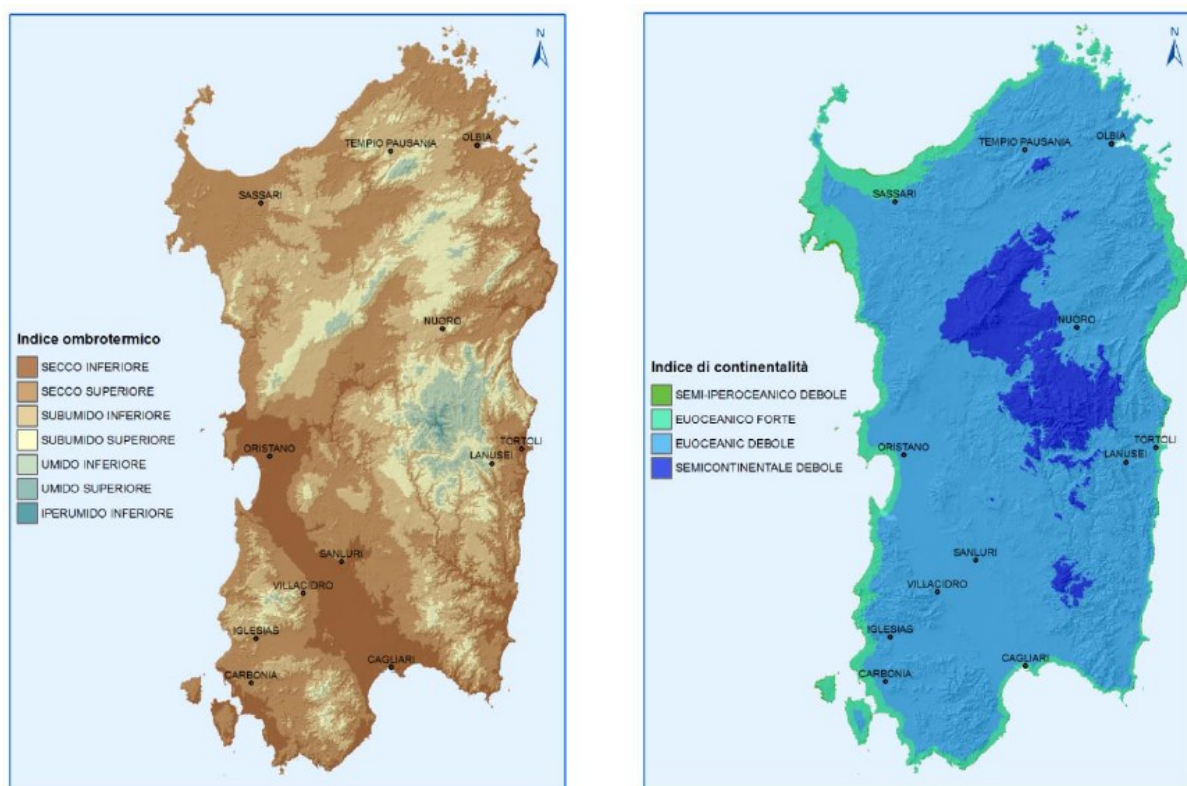


Figura 47: Mappa dell'Indice Ombrotermico (a sx) e Mappa dell'Indice di Continentalità (a dx)

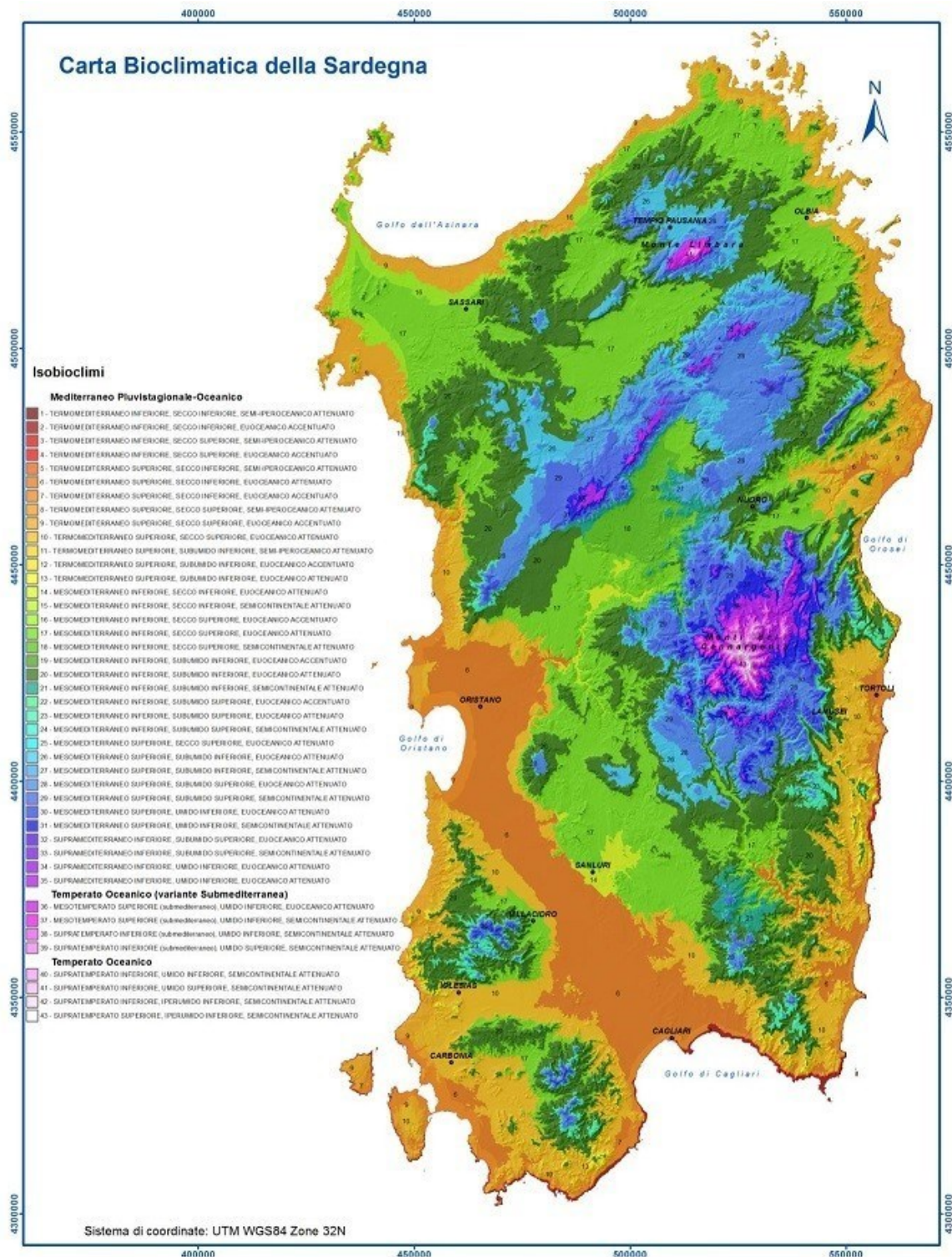


Figura 48: Carta Bioclimatica della Sardegna (periodo di riferimento 1971-2000 – risoluzione spaziale: 40 metri)

In relazione alle aree di progetto, i terreni in esame, secondo la carta del bioclima della Regione Sardegna, rientrano nel Meso-mediterraneo inferiore, secco superiore, euoceanico attenuato.

#### 6.8.4 Land Capability Classification



Per la valutazione della attitudine all'uso agricolo dell'area in esame è stato utilizzato lo schema noto come "Agricultural Land Capability Classification" (LCC) proposto da Klingebiel e Montgomery (1961) per l'U.S.D.A.; tale metodologia è la più comune ed utilizzata tra le possibili metodologie di valutazione della capacità d'uso oggi note. La LCC si riferisce al complesso di colture praticabili nel territorio in questione e non ad una coltura in particolare, e la valutazione non tiene conto dei fattori socio-economici.

Al concetto di limitazione è legato quello di flessibilità colturale, nel senso che all'aumentare del grado di limitazione corrisponde una diminuzione nella gamma dei possibili usi agro-silvo-pastorali.

Le limitazioni prese in considerazione sono quelle permanenti, ovvero che non possono essere risolte attraverso appropriati interventi di miglioramento (drenaggi, concimazioni, ecc.) e nel termine "difficoltà di gestione" vengono comprese tutte le pratiche conservative e sistematorie necessarie affinché l'uso non determini perdita di fertilità o degradazione del suolo.

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

Le limitazioni alle pratiche agricole derivano principalmente dalle qualità 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:

	Classi di capacità d'uso	Aumento dell'intensità d'uso del territorio →							
		Ambiente naturale	Forestazione	Pascolo			Cottivazione		
				Limitato	Moderato	Intensivo	Limitato	Moderato	Molto intensiva
Aumento delle limitazioni e dei rischi ↓ Diminuzione dell'adattamento e della libertà di scelta negli usi	I								
	II								
	III								
	IV								
	V								
	VI								
	VII								
	VIII								

Le aree campite mostrano gli usi adatti a ciascuna classe

Figura 49: Relazioni concettuali tra classi di capacità d'uso, intensità delle limitazioni e rischi per il suolo e intensità d'uso del territorio

#### Suoli arabili

- Classe I: suoli senza o con poche limitazioni all'utilizzazione agricola. Non richiedono particolari pratiche di conservazione e consentono un'ampia scelta tra le colture diffuse nell'ambiente.

- Classe II: suoli con moderate limitazioni, che riducono la scelta colturale o che richiedono alcune pratiche di conservazione, quali un'efficiente rete di affossature e di drenaggi.
- Classe III: suoli con notevoli limitazioni, che riducono la scelta colturale o che richiedono un'accurata e continua manutenzione delle sistemazioni idraulico agrarie e forestali.
- Classe IV: suoli con limitazioni molto forti all'utilizzazione agricola. Consentono solo una limitata possibilità di scelta.

### **Suoli non arabili**

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

### **Risultati della valutazione dell'attitudine all'uso agricolo del sito in esame**

I suoli appartenenti all'unità di terre interessate direttamente dall'impianto agrivoltaico, si sviluppano su morfologie con forme da ondulate a sub-pianeggianti e con pendenze elevate sull'orlo delle colate.

Nell'area in esame, secondo la Land Capability Classification, tali suoli sono generalmente ascritti alla Classe II e III di capacità d'uso.

Sono aree con prevalente utilizzazione agricola estensiva che intensiva. Le limitazioni principali sono, a tratti, tessitura fine ed eccesso di carbonati. Presentano pericolo di erosione nelle zone più acclivi, in particolare dovute a lavorazioni non razionali.

Le aree direttamente interessate dalla installazione dell'impianto agrivoltaico sono prevalentemente quelli ricadenti nei tratti di versante di raccordo al fondovalle, in particolare in corrispondenza dei depositi alluvionali. Tali aree sono contraddistinte da suoli qualitativamente buoni per via del maggiore sviluppo pedogenetico.

Alla luce dei rilievi effettuati e delle considerazioni esposte, l'attitudine all'uso agricolo dell'area destinata all'impianto e di quella destinata dell'impianto agrivoltaico è moderatamente buona.

### **Radiazione solare**

La radiazione solare è un fattore essenziale per le piante, garantendo lo svolgimento della fotosintesi clorofilliana, l'accrescimento e la produzione dei prodotti agricoli.

Le piante, tuttavia, utilizzano solo una minima parte della radiazione solare, dal 2 al 5%, ed in particolare possono impiegare per la fotosintesi solo la frazione visibile, definita PAR (radiazione fotosinteticamente attiva), compresa tra 400 e 700 nm di lunghezza d'onda, che è pari a circa il 40% della radiazione globale. Le piante peraltro riflettono alla superficie delle foglie il 25% della radiazione globale, pari al 10% della radiazione visibile PAR.

Va sottolineato che, in condizioni normali di pieno sole, la radiazione globale che raggiunge la superficie del terreno si compone per metà di radiazione diretta, e per metà di radiazione diffusa priva di direzione prevalente.

La presenza del pannello fotovoltaico riduce la percentuale di radiazione diretta, ovvero quella che raggiunge direttamente il suolo, con intensità variabile in funzione della distanza dal filare fotovoltaico, del momento del giorno e del periodo dell'anno, mentre si prevede un aumento della quantità di radiazione diffusa. Nel presente impianto si stima che la riduzione media annua della radiazione diretta sia dell'80% nelle zone immediatamente adiacenti al filare (fino a circa 1 m di distanza), mentre nella zona centrale sia solamente del 35-40%.

In realtà, queste riduzioni devono considerarsi meno marcate nel periodo primaverile- estivo durante il quale si realizza lo sviluppo delle maggior parte delle piante coltivate essendone soddisfatte le esigenze termiche, per effetto del maggior angolo di elevazione solare.

Inoltre, la tipologia mobile del pannello fotovoltaico adottata in progetto, per effetto di riflessione consente alle piante coltivate di sfruttare la radiazione sia riflessa che diffusa dai pannelli stessi.

Per quanto riguarda il livello di saturazione per l'intensità luminosa, le piante vengono classificate in eliofile e sciafile.

Le prime richiedono una elevata quantità di radiazione, mentre le sciafile soffrono per un eccesso di illuminazione, anche se la maggior parte delle piante coltivate devono essere considerate sciafile facoltative in quanto nelle normali condizioni di coltivazione l'elevata fittezza di semina comporta sempre l'instaurarsi di un ambiente sub-ottimale per l'illuminazione.

In generale, si considerano piante con elevate esigenze di intensità di radiazione i cereali, le piante da zucchero, le specie oleaginose, da fiore e da frutto.

Sono invece considerate sciafile, con basse esigenze luminose, le specie da fibra, le piante foraggere e alcune piante orticole, nelle quali l'elevata fittezza di semina e l'ombreggiamento sono realizzati agronomicamente per accentuare l'allungamento dei fusti e quindi la produzione di fibra, foraggio e foglie, per effetto della maggiore presenza dell'ormone della crescita (auxina) che è foto-labile.

In riferimento alla temperatura dell'aria, questa rappresenta la diretta conseguenza della radiazione solare.

Sebbene sia lecito attendersi una riduzione dei valori termici dell'atmosfera in zone ombreggiate rispetto alle zone in pieno sole, anche di 3-4 °C, l'ombreggiamento determina generalmente uno sfasamento termico, con un ritardo termico al mattino in fase di riscaldamento dell'atmosfera, e un rallentamento del raffreddamento pomeridiano-serale (Panozzo et al., 2019).

Al di sotto dell'impianto fotovoltaico, inoltre, è lecito attendersi una maggiore umidità relativa dell'aria al mattino, e minore nel tardo pomeriggio-sera rispetto a zone in pieno sole. L'ombreggiamento delle colture è una pratica agricola molto utilizzata, ad esempio nelle serre per ridurre le temperature nel periodo estivo tramite reti ombreggianti (dal 30 al 50% di ombreggiamento) o pannelli fotovoltaici.

L'ombreggiamento riduce la percentuale di nicotina nel tabacco e, nelle serre serve per favorire la colorazione rossa del pomodoro che sarebbe ostacolata da temperature troppo elevate.

Ogni specie vegetale necessita di una specifica temperatura minima per accrescersi, il cosiddetto zero di vegetazione.

Oltre questa base termica, l'accrescimento accelera all'aumentare della temperatura fino ad una temperatura ottimale, specifica per ciascun stadio di sviluppo, oltre la quale l'accrescimento rallenta fino ad arrestarsi (temperatura massima).

Le elevate temperature estive, oltre la temperatura massima, possono quindi danneggiare l'accrescimento delle piante, condizione che si sta progressivamente accentuando in pieno sole a causa del cambiamento climatico.

Per mitigare questi effetti, numerosi studi scientifici oggi sono concordi nel suggerire l'introduzione nei sistemi agricoli di filari alberati e siepi a distanza regolare, proprio per attenuare l'impatto negativo delle elevate temperature e della carenza idrica estive.

Un servizio analogo potrebbe essere offerto dall'impianto agri-voltaico. In funzione delle esigenze termiche, le piante vengono raggruppate in microterme, generalmente a ciclo autunno-primaverile, aventi modeste esigenze termiche, e macroterme, piante estive che necessitano di temperature mediamente più elevate.

I cereali microtermi (frumento, orzo, avena, segale) e molte specie foraggere graminacee (erba mazzolina in particolare, ma anche loiessa, loietto inglese, poa, festuca arundinacea, coda di topo, etc.), che hanno zero di vegetazione molto bassi, vicini a 1-2 °C, trarrebbero vantaggio dalla condizione di parziale ombreggiamento che si realizza in un impianto agri-voltaico (Mercier et al., 2020).

Ne sarebbero comunque avvantaggiate anche le specie macroterme per la riduzione dei picchi di temperatura estivi e per la riduzione dell'evapotraspirazione, consentendo peraltro una riduzione dell'apporto irriguo artificiale.

Il parziale ombreggiamento del suolo riduce il riscaldamento estivo del suolo stesso con effetti positivi sull'accrescimento delle radici, che possiedono un ottimo di temperatura per l'accrescimento inferiore rispetto alla parte aerea della pianta (16°C in molti cereali autunno- primaverili); in tali condizioni le radici possono accrescersi maggiormente anche grazie alla maggiore umidità e minore tenacità del terreno. Nel periodo invernale, invece, ci si attende che la presenza del fotovoltaico, mantenga la temperatura del suolo leggermente più elevata rispetto al pieno sole poiché le ali fotovoltaiche riflettono le radiazioni infrarosse (raggi caloriferi) emesse dalla terra durante il raffreddamento notturno, e questo permette un sensibile accrescimento delle piante microterme anche nei periodi più freddi dell'anno. Ne trarrebbero vantaggio in particolare le piante foraggere microterme.

### **Evapotraspirazione**

L'evapotraspirazione è definita dalla somma delle perdite di acqua per evaporazione dal terreno e di traspirazione fogliare. Delle due, solo la perdita dalla pianta è utile all'accrescimento delle piante poiché mantiene gli stomi aperti, e quindi consente gli scambi gassosi utili alla fotosintesi (ingresso di anidride carbonica nella foglia). In condizioni di ombreggiamento è lecito attendersi una riduzione della traspirazione fogliare, e in modo più marcato, una riduzione dell'evaporazione dal terreno, determinando un aumento dell'efficienza d'uso delle riserve idriche del suolo.

In frumento è stato stimato che al 50% di ombreggiamento si verifichi una riduzione del 30-35% dell'evapotraspirazione (Marrou et al., 2013a), con un risparmio di circa 200 mm di acqua rispetto ai 600 mm normalmente richiesti dalla coltura in pieno sole nei territori della Pianura Padana. Poiché in Italia, la carenza idrica in fase di riempimento della granella ha conseguenze negative marcate sulla resa e sulla qualità ("stretta del grano"), il parziale ombreggiamento che si realizza nel sistema agri-voltaico deve essere considerato positivamente per questa coltura e le altre colture simili, mais, orzo e avena.

### **Effetti microclimatici dovuti ai pannelli fotovoltaici**

La presenza dei pannelli fotovoltaici determina alcune modificazioni microclimatiche riferibili alla disponibilità di radiazione, alla temperatura e all'umidità del suolo che avranno effetti positivi sulle esigenze della specie coltivate.

Lo studio pubblicato nel Journal Environmental Research Letters, riporta come i pannelli solari causino variazioni stagionali e diurne nel microclima di aria e suolo.

"In particolare, durante l'estate abbiamo osservato un raffreddamento, fino a 5,2 °C, ed un essiccamento nelle aree coperte maggiore rispetto a quelle tra i moduli o nelle zone di controllo.

Al contrario, durante l'inverno, gli spazi fra i pannelli risultavano fino a 1,7 °C più freddi rispetto al suolo coperto dal fotovoltaico".

A cambiare non è solo la temperatura, ma anche l'umidità, i processi fotosintetici, il tasso di crescita delle piante e quello di respirazione dell'ecosistema.

La comprensione degli effetti climatici dei parchi solari potrebbe secondo gli scienziati dare agli agricoltori e ai proprietari del terreno la conoscenza di cui hanno bisogno per scegliere quali colture farvi crescere e il modo migliore per gestire il territorio, massimizzando biodiversità e migliorando le rese. “Questa comprensione diventa ancora più interessante se applicata a zone molto soleggiate che possono anche soffrire di siccità”. L’ombra sotto i pannelli, infatti, non solo raffredda ma aumenta il grado di umidità trattenendo parte dell’evaporazione del terreno. In questo modo aggiunge Armstrong “può consentire di coltivare piante che non sopravviverebbero sotto il sole diretto”.

### **Esperienze di coltivazione in condizione di ombreggiamento**

Allo stato attuale esistono limitate informazioni in merito agli effetti dell’ombreggiamento per la maggior parte delle piante erbacee coltivate, ed i dati disponibili derivano da studi di consociazione di specie erbacee con piante arboree organizzate in filari, e da pochi e giovani impianti agri-voltaici.

Le colture meno penalizzate dalla presenza del fotovoltaico sono quelle microterme e sciafile. Il frumento può fornire rese simili o leggermente inferiori (-20% circa; Dupraz et al., 2011) a quelle ottenibili in pieno sole, subendo un ritardo dell’epoca di maturazione (Marrou et al., 2013b); mentre il mais alle normali densità di semina riduce notevolmente lo sviluppo della pianta sia in diametro che in altezza, a discapito della resa (Dupraz et al., 2011).

Con una percentuale di riduzione della radiazione del 50%, comparabile a quella che si realizzerà nell’impianto agri-voltaico in oggetto, sono state rilevate produttività uguali o addirittura superiori al pieno sole in specie graminacee foraggiere microterme, ed una moderata riduzione, dell’ordine del 20-30%, in specie macroterme foraggiere sia graminacee (es. mais, sorgo, panico, setaria, etc.) che leguminose (es. trifoglio bianco, trifoglio violetto, erba medica, etc.), e in lattuga (Lin et al., 1998; Mercier et al., 2020).

Questi risultati sono in linea con gli studi italiani (Amaducci et al., 2018) che hanno simulato in un analogo impianto agri-voltaico a Piacenza, sulla base dei dati climatici storici degli ultimi 40 anni, rese di granella di frumento analoghe o superiori al pieno sole.

Tali risultati vanno ascritti alle migliori condizioni microclimatiche nel periodo di maturazione del frumento, tra cui una maggiore umidità del terreno, una minore evapotraspirazione e l’effetto frangivento che riduce l’allettamento della coltura.

Va ritenuto interessante anche il parziale effetto antigrandine dovuto alla copertura fotovoltaica.

Risultati produttivi interessanti in condizioni di ombreggiamento elevato sono stati ottenuti in pomodoro, che sembrerebbe non risentire di riduzione della radiazione anche del 60% (Callejón- Ferre et al., 2009).

## **6.9 Inquadramento floristico-vegetazionale**

Per individuare le specie botaniche e determinare il tipo di associazione presente nell’area si sono effettuati alcuni sopralluoghi di campo mirati all’analisi del sito e alla definizione delle caratteristiche vegetazionali e floristiche.

I dati floristici e vegetazionali, acquisiti, sono stati esaminati criticamente oltre che dal punto di vista del loro intrinseco valore fitogeografico, anche alla luce della loro eventuale inclusione in direttive e convenzioni internazionali, comunitarie e nazionali, al fine di una corretta valutazione di tutti gli elementi riscontrati sotto il profilo conservazionistico.

In particolare, si è fatto costante riferimento alla Direttiva 92/43/CEE (Direttiva Habitat) e relativi allegati inerenti la flora e gli habitat (Appendice B, Appendice C). Tale Direttiva rappresenta un importante punto di riferimento riguardo agli obiettivi della conservazione della natura in Europa denominata Rete Natura 2000.

Infatti, in essa viene ribadito esplicitamente il concetto fondamentale della necessità di salvaguardare la biodiversità ambientale attraverso un approccio di tipo “ecosistemico”, in maniera da tutelare gli habitat nella loro interezza come condizione essenziale per garantire al suo interno la conservazione delle singole componenti biotiche, cioè delle specie vegetali e animali presenti.

Tale Direttiva indica negli allegati sia le specie vegetali, sia le specie animali che gli habitat che devono essere oggetto di specifica salvaguardia da parte delle Nazioni Europee.

Il criterio di individuazione del tipo di habitat e le associazioni fitosociologiche incluse, mentre il valore conservazionistico è definito su base biogeografica (tutela di tipi di vegetazione rari, esclusivi del territorio comunitario).

Durante i vari sopralluoghi, sono state individuate esclusivamente specie erbacee nitrofile e ruderali, quale conseguenza delle continue e ripetute lavorazioni meccaniche per la coltivazione dell'area.

Tra le piante erbacee per particolare abbondanza spiccano:

- *Ecballium elaterium* (L.) A.Rich., *Echium vulgare* L., *Echium plantagineum* L., *Sonchus oleraceus* L., *Plantago lanceolata* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Bellis annua* L., *Urtica dioica* L., *Amaranthus hybridus* L., *Verbascum pulverulentum* Vill., *Solanum nigrum* L., *Borago officinalis* L., *Chenopodium album*, *Brassica napus* L., *Lupinus albus* L.,

Tra le specie arbustive spiccano:

- *Lycium ferocissimum* Miers., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Pistacia lentiscus* L., *Olea europaea* L. var. *sylvestris* (Mill.) Hegi., *Tamarix* sp.

La vegetazione spontanea attualmente presente in Sardegna è caratterizzata da un mosaico di comunità vegetali di origine più o meno recente, che si intersecano con altre di antica data.

Presumibilmente nel passato l'Isola era caratterizzata da estese formazioni forestali con caratteristiche climatiche, osservabili attualmente solo in limitate zone dell'Isola, ma desumibili dalle descrizioni di Della Marmora, Terracciano, Herzog, Beguinot e dalle analisi della vegetazione forestale.

Tuttavia l'Isola, già oltre 3.000 anni fa, era densamente abitata con nuraghi e villaggi diffusi in tutto il territorio e che l'economia, prevalentemente pastorale, richiedeva ampi spazi e quindi l'uso del fuoco per favorire condizioni di vegetazione più favorevoli al pascolo brado rispetto alle foreste.

Le utilizzazioni millenarie del territorio hanno sicuramente influenzato anche la diffusione di alcune specie e la selezione di biotipi maggiormente resistenti o adattati al fuoco e al pascolo.

La Sardegna, per la sua posizione geografica, per la storia geologica, per l'insularità e per la variabilità climatica, ha una vegetazione quasi esclusivamente di tipo mediterraneo, costituita da formazioni vegetali che vivono in equilibrio più o meno stabile in un clima che, a causa dell'aridità estiva, se intervengono cause di degrado, non sempre permette una rapida ricostituzione dell'equilibrio biologico preesistente.

Allo stato attuale, per quanto concerne l'area di studio, in riferimento alla vegetazione naturale, possiamo fare riferimento solo ed esclusivamente alla vegetazione potenziale, cioè quella che si attesterebbe spontaneamente nelle condizioni climatiche attuali in quel territorio se venissero interrotte le azioni di disturbo antropiche presenti.

Secondo Arrigoni (2006), in senso fitoclimatico si possono riconoscere, in Sardegna, cinque piani/aree di vegetazione potenziale e, il territorio tra Sanluri e Furttei viene inquadrato in un piano relativamente termofilo, corrispondente all'associazione *Viburno tini-Quercetum ilicis* frequente nelle zone collinari e medio-montane, con diverse sotto-associazioni e varianti ecologiche caratterizzate da una consistente partecipazione di una o l'altra specie sclerofillica (Fitoclima delle leccete termofile).

L'area interessata dal progetto ricade nella Bassa Marmilla all'interno dei territori comunali di Sanluri e Furttei, di cui il comune di Sanluri interessato dall'impianto Agrivoltaico e Furttei dalla sola condotta di adduzione e relative opere di linea.

La Marmilla è una sub regione situata nella parte meridionale della Sardegna. Si estende tra il Sarcidano, la Trexenta, la Parte Usellus e il Campidano di Cagliari. I suoi limiti geografici sono individuabili a nord-ovest dal Monte Arci, a nord dalla Giara di Gesturi e dalla Giara di Serri, ad est dal Flumini Mannu e dalla vicina Trexenta, a sud e sud-est dalle colline vulcaniche di Furttei e dalla piana del Campidano.



In sintesi l'analisi delle singole componenti ambientali non ha rilevato caratteri di criticità in termini di naturalità, elementi di carattere abiotici e biotico da tutelare.

Le opere da realizzare insistono in aree antropizzate con limitate caratteristiche di naturalità prive di elementi di particolare pregio naturalistico, paesaggistico e storico culturale.

Dall'esame della Qualità Ecologica, emerge la notevole estensione delle aree di qualità media in corrispondenza dell'area di trasformazione colturale e del sito di inserimento della condotta di adduzione.

Tali aree sono caratterizzate da presenza di coltivi e aree a pascolo che degradano in lembi di macchia mediterranea al confine con le aree di qualità media e alta.

Si tratta di un sistema a scarsa fragilità, con notevoli capacità di ripresa sugli interventi antropici. Elemento importante del paesaggio risulta la componente storico testimoniale.

Infatti la zona in esame fa parte della regione storica della Marmilla, territorio particolarmente ricco di monumenti ed aree archeologiche di estremo interesse a causa della forte antropizzazione sin da tempi antichissimi.

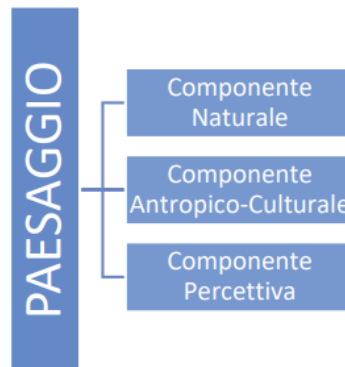
Una grande quantità di siti archeologici caratterizza il territorio, in quanto le antiche popolazioni che l'abitarono trovarono la zona particolarmente adatta all'insediamento umano, grazie alla fecondità del terreno e quindi alla possibilità di uno sfruttamento agricolo intenso e produttivo. Nell'ambito della redazione del rapporto archeologico preliminare, a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti, nell'area interessata dalle opere in progetto sono stati individuati 27 siti archeologici di cui sette molto distanti dalle opere in progetto mentre 20 a distanza più ravvicinata ma tale da non creare rischi archeologici che impongano l'assistenza di un archeologo per il controllo delle fasi di scavo in cantiere come risulta evidente dalla Relazione Archeologica.

Il paesaggio non presenta altresì criticità in relazione ad elementi caratterizzanti, punti di vista panoramici e scorci caratteristici; ciò anche a riguardo della modestissima influenza delle opere in progetto, in termini di intrusione nella visuale come è descritto nel dettaglio all'interno della Relazione Paesaggistica.

## 6.10 Paesaggio

Secondo la Convenzione europea del paesaggio (Firenze 2000), con il termine "Paesaggio" si designa una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni.

Il Paesaggio può essere descritto attraverso l'analisi delle sue componenti fondamentali che ne permette di comprendere in maniera più completa le necessità di tutela e salvaguardia:



- La componente NATURALE si divide in:
  - Geologia;
  - Morfologia e geomorfologia;
  - Idrografia superficiale;
  - Idrogeologia;
  - Geotecnica;
  - Geofisica;
  - Condizioni climatiche;
  - Flora e Fauna;
  - Sismicità del territorio
- La componente ANTROPICO - CULTURALE si divide in:
  - Componente socioculturale – testimoniale;
  - Componente storico – architettonica.
- La componente PERCETTIVA si divide in:
  - Componente visuale;
  - Componente formale – semiologica;
  - Componente estetica.

Per definizione, il paesaggio è dato dalla continua interazione tra l'uomo e il territorio che lo circonda e dalla percezione che il primo ha del secondo. La qualità di un paesaggio è sottesa da diversi fattori come l'integrità dell'ambiente fisico e biologico, la leggibilità e conservazione dei valori storici e figurativi, l'armonia dell'uso con la forma del suolo e soprattutto da come l'uomo agisce in funzione di ciò.

La percezione di un paesaggio, quindi, è totalmente dipendente da un suo eventuale osservatore e fattori come la profondità, l'ampiezza della veduta, l'illuminazione, l'esposizione, la posizione dell'osservatore stesso, sono caratteri che contribuiscono in maniera decisiva alla comprensione degli elementi che lo costituiscono.

La componente NATURALE riguarda i diversi elementi in cui può essere scomposto l'ambiente.

La componente ANTROPICO CULTURALE si divide in una componente socioculturale -testimoniale ed una storico - architettonica.

- Componente socioculturale – testimoniale Intesa come percezione sociale del paesaggio, un senso di appartenenza e radicamento, identificabilità e riconoscibilità dei luoghi; il paesaggio come testimonianza di una cultura, di un modo di vita; memoria collettiva, tradizioni, usi e costumi. Ai fini della tutela della suddetta componente si necessita di una caratterizzazione dei valori sociali tradizionali, del senso di appartenenza ai luoghi e alla comunità.
- Componente storico – architettonica. Il territorio italiano si presenta nel suo complesso fortemente antropizzato: viene trasformato attraverso l'attività dell'uomo, che genericamente possiamo definire "architettura", intendendo con questo termine ogni attività di umanizzazione della natura.

Il paesaggio può pertanto essere visto come prodotto delle trasformazioni umane, come "processo di una viva e perenne elaborazione storica"; pertanto è importante tutelare le trame infrastrutturali storiche, così come il sistema insediativo urbano e rurale ed il sistema dei percorsi; si "tratta di segni, strutture, configurazioni artificiali, sovrapposti in vario modo a quelli naturali che, se correttamente letti ed interpretati, aiutano a stabilire l'origine storica delle forme assunte nel tempo dal paesaggio, e permettono di cogliere il tessuto di relazioni che lega i vari elementi del paesaggio tra loro e di programmare trasformazioni ed assetti futuri".

L'intervento oggetto di studio provvede a:

- conservare e tutelare le testimonianze storiche del paesaggio naturale, agrario ed urbano, che rendono possibile il riconoscimento e l'interpretazione delle trasformazioni e dell'evoluzione storica del territorio;
- tutelarne l'assetto agrario storicizzato, caratterizzato dall'insieme dell'organizzazione poderale, della rete di percorsi, della rete irrigua, da filari e siepi di confine interpoderale, ecc., che, pur costituendo il frutto di una secolare opera di trasformazione antropica dell'ecosistema originario, si è consolidato nella memoria collettiva tanto da essere considerato quasi naturale; esso deve essere pertanto inteso come un elemento da valorizzare e proteggere da trasformazioni che ne facciano scomparire i tratti costitutivi.

La componente PERCETTIVA si può dividere in:

- **Componente visuale**

Il paesaggio è connesso con il dato visuale e con l'aspetto del territorio. Viene posto l'accento sul processo visivo, su come il paesaggio si manifesta all'osservatore: viene definito come ciò che l'occhio umano può abbracciare, come l'insieme degli aspetti esteriori e visibili, delle fattezze sensibili di un territorio.

La percezione del paesaggio dipende da molteplici fattori, che vanno presi in considerazione: profondità, ampiezza della veduta, illuminazione, esposizione, posizione dell'osservatore; a seconda della profondità della visione possiamo distinguere tra primo, secondo piano e piano di sfondo, l'osservazione dei quali contribuisce in maniera differente alla comprensione degli elementi del paesaggio.

La qualità visiva di un paesaggio dipende dall'integrità, rarità dell'ambiente fisico e biologico, dall'espressività e leggibilità dei valori storici e figurativi, e dall'armonia che lega l'uso alla forma del suolo.

- **Componente formale-semiologica**

Non si considera solo la pregevolezza intrinseca degli elementi costitutivi del paesaggio, ma anche il loro comporsi in una "forma" che rende riconoscibili e caratterizza i diversi paesaggi. Il paesaggio può essere

visto anche come “insieme strutturato di segni”; vengono sottolineati i valori di leggibilità del paesaggio, la sua identità e la sua capacità a favorire nel fruitore chiarezza e senso di orientamento.

#### ▪ **Componente estetica**

In questo approccio sono comprese sia la concezione del paesaggio inteso come “bellezza panoramica, quadro naturale”, sia l’interpretazione che lo identifica come “espressione visibile, aspetto esteriore, fattezze sensibile della natura”: il paesaggio provoca sensazioni legate al “giudizio sul bello”.

Tali aspetti fanno riferimento all’apprezzamento del bello nella natura, alla capacità di distinguere il bello come patrimonio di tutti, sentimento immediato e inconscio del singolo e della collettività.

La valutazione del grado di percezione visiva passa attraverso l’individuazione dei principali punti di vista, notevoli per panoramicità e frequentazione, i principali bacini visivi (ovvero le zone da

cui l’intervento è visibile) e i corridoi visivi (visioni che si hanno percorrendo gli assi stradali), nonché gli elementi di particolare significato visivo per integrità; rappresentatività e rarità.

I luoghi privilegiati di fruizione del paesaggio vengono di seguito esplicitati:

- punti panoramici potenziali: si è tenuto conto di punti panoramici posti in posizioni orografiche dominanti dai quali godere di visuali panoramiche, della presenza di paesaggi, luoghi o elementi di pregio naturalistico e paesaggistico presenti nella ZVT;
- strade panoramiche e d’interesse paesaggistico: le strade che attraversano paesaggi naturali o antropici di alta rilevanza paesaggistica da cui è possibile cogliere la diversità, peculiarità e complessità dei paesaggi dell’ambito o è possibile percepire panorami e scorci ravvicinati.

La presenza della struttura tecnologica potrebbe creare alterazioni visive che potrebbero influenzare il benessere psicologico della comunità. Tuttavia, tale possibilità è remota, dal momento che le strutture avranno altezze limitate e saranno difficilmente percepibili anche da ricettori lineari (strade), poiché la loro percezione verrà ampiamente contenuta grazie all’inserimento delle barriere verdi perimetrali piantumate come fasce di mitigazione.

Al fine di rendere minimo l’impatto paesaggistico delle varie strutture del progetto e contribuire, per quanto possibile, alla loro integrazione paesaggistica è stato effettuato uno studio di inserimento paesaggistico, riportato in allegato allo Studio di Impatto Ambientale.

## 6.11 Patrimonio culturale e identitario

### Storia

La bonifica dello stagno Sabazus, come veniva chiamato lo specchio d'acqua del Medio Campidano, iniziò nel 1831.[61] In principio fu l'Ing. Giovanni Antonio Carbonazzi, ispettore e direttore del Genio Civile di Cagliari, a presentare un piano per il prosciugamento dello stagno di Sanluri, a cui seguì qualche anno più tardi il tentativo di tre imprenditori francesi di creare una società per dare vita al progetto. Il re Carlo Alberto di Savoia chiese che il futuro stabilimento fosse intitolato al principe ereditario Vittorio Emanuele II. La società riuscì a prendere la regia patente il 14 aprile 1838, tutto però successivamente si concluse miseramente ed essa fallì nel 1847, lasciando in abbandono i pochi caseggiati costruiti. La società venne messa all'asta il 6 aprile 1857 e subentrò così il maggiore creditore, il marchese Ludovico Andrea Pallavicini di Genova, il quale però non modificò nulla e compromise quanto era già stato fatto fino ad allora. Solo nel 1902 ci sarà l'intervento dello Stato che esproprierà lo Stabilimento appaltando nuovi lavori di bonifica, che, anche se non saranno risolutivi, porranno comunque le basi per i successivi interventi. Lo stabilimento passò allora all'Ente Autonomo di Bonificazione della Sardegna che porterà avanti l'ordinario cedendo finalmente la gestione all'Opera Nazionale Combattenti il 1º ottobre 1919. I lavori di bonifica risolutivi ebbero così inizio prima della salita al potere del fascismo. Qualche anno più tardi, sotto il fascismo, venne completata l'ampia bonifica delle aree paludose di Sanluri, che coprivano prima di allora un totale di circa 25 km<sup>2</sup>. La popolazione dell'area ebbe inizio nel dicembre del 1928, quando furono edificate 5 case coloniche: Podere Grappa, Podere Montello, Podere Italia, Podere Piave e Podere Pasubio. 10 anni dopo, nel 1938, si contavano 33 poderi e 370 abitanti, nel 1950 i poderi erano 63 e gli abitanti 865. I primi nuclei di coloni provenivano quasi esclusivamente dall'Italia nord-orientale, specialmente dal Veneto e dal Friuli-Venezia Giulia.

Il centro abitato di Sanluri, adagiato su un dolce pianoro a ridosso della collina dei Cappuccini, è posto all'estremità Nord Est dell'area geografica che comprende la parte centrale della valle del Flumini Mannu. Il territorio del Comune di Sanluri ha una superficie di 84,16 Km<sup>2</sup>, dei quali il 90% formano il complesso a vocazione agraria, particolarmente adatta alla coltivazione dei cereali; la rimanente estensione comprende quella improduttiva. Fa parte di una più vasta regione denominata Campidano di Nuraminis, a sua volta delimitata a Nord dalle colline del castello di Monreale, a Est e Sud Est dal sistema collinare della Trexenta e del Parteolla, da Sud a Ovest dal Rio Masoni Nostu, l'ex stagno di Sanluri e il Rio Flumini Mannu. La regione siede ad una altitudine variabile dai 250 ai 350 metri sul livello del mare, ed è distinto in due aree geo-morfologiche diverse: la parte nord-orientale è collinare, di formazione miocenica, costituita da calcari e marne arenarie, appartenenti propriamente alla Marmilla; il resto dell'agro si presenta con le tipiche terrazze alluvionali del Campidano, di formazione quaternaria. Assenti gli indizi di insediamenti di età neolitica, le prime tracce umane nel territorio di Sanluri risalgono all'età del Rame, distinto nelle tre fasi culturali sarde di Abealzu, Monte Claro, Campaniforme. La cultura di Abealzu è documentata nelle località Giliadiri, a Sud di Sanluri, e Bia 'e Collanas, scoperte durante lo scavo per la posa di condotte per irrigazione. Alla fase di Monte Claro appartenevano i villaggi di Corti Beccia, Corti de Crà, Cuccuru 'e Poddinis, Padru Jossu, Porcilis; inoltre sono da segnalare le aree limitrofe ai nuraghi Faurras (Villamar) e Argiddas (Samassi). Infine, la fase Campaniforme è documentata in due località: Bidd'e Cresia e Padru Jossu. Le testimonianze di età nuragica sono sparse ovunque nel territorio, ma con particolare intensità nella zona nord-orientale, caratterizzata da leggere colline di formazione miocenica, predisposta ad accogliere comunità a vocazione agro-pastorale. Tutta la regione era scarsamente popolata in epoca nuragica (densità 0,18 nuraghi a Km<sup>2</sup>).

Nel territorio di Sanluri sono i resti di ben 15 nuraghi, di cui tre del tipo complesso a più torri: Corti Sa Perda, Geni, Nuraxi Candelas, e gli altri monotorre: Bruncu Cresia, Bruncu Melas, Bruncu Predi Ara, Cora 'e su Zippiri, Corti Beccia (o, Su Mori 'e sa Cotti), Cuccuru Casu Moiau, Masoni Baccas, Nuraxi 'e Fenu, Nuraxi Gattus, Nuraxi Puxeddu, Perda Bogada, Predi Ara, S'Uraxi Mannu. Molti di essi venivano già segnalati nel 1948 dall'archeologo Giovanni Lilliu.

I villaggi nuragici sicuramente accertati stavano attorno ai nuraghi Corti Beccia, Corti Sa Perda, Geni, S'Uraxi Mannu, tutti e quattro riferibili al Tardo Bronzo (XIII-XI sec.a.C.). Altri tre agglomerati stavano a Sant'Antiogu, Sa Mitzixedda,

e dentro Sanluri, a Sa Muralla. Nel nuraghe Corti Beccia sono stati rinvenuti scorie di fusione. Tra il IV ed il III secolo a.C. il territorio attorno a Sanluri era densamente popolato da genti cartaginesi o, almeno, profondamente punicizzate. Si contano infatti, ben venti località con tracce di frequentazione punica. La maggior parte interessano aree popolate, ma di cui non sono visibili in superficie tracce di costruzioni: Bia Collanas, Bruncu Predi Poddi, Brunk'e Cresia, Corti Beccia, Corti Sa Perda, Fundabi de Andria Peis, Padru Jossu, Pauli Murtas, Sa Mitzixedda (o, Masu Serici), Sa Ruina Stuppoi, Uraxi Mannu. A queste va aggiunta quella di Is Argiddas, in territorio di Samassi. Questi centri abitati, ad eccezione di quelli di Corti Beccia, Fundabi de Andria Peis, Padru Jossu, non erano in genere estesi, si sovrapponevano tutti a centri di età nuragica, e continuavano ad esistere anche in età romana. Sono state individuate anche sette necropoli, tutte a inumazione: Bidd'e Cresia (34 sepolture), Bruncu Sa Batalla (150 tombe "a enchytrismos"), Brunk'e Mesu, Corti Beccia, Giliadiri, Mar'e Idda, S.Caterina, Su Pauli. I Campidani erano intensamente coltivati dai romani, e nei dintorni di Sanluri erano numerosi i vici, o le mansiones. È probabile che vi fosse uno dei fundi patrimoniales vel enphyteuticarii in Sardinia per diversos nunc dominos distribuiti con la villa del latifondista e le abitazioni di tutta una popolazione di coloni, schiavi, liberti. Ciò è provato da una pietra terminale rinvenuta nel territorio di Sanluri, in località S.Maria a Km 6 Sud Est dall'abitato, che ricorda un certo Secondino di rango senatorio e una certa Quarta operanti nell'ager posto fra le popolazioni Maltamonenses e quelle Semelitenses. E i clarissimi si assumevano spesso il dovere di difendere le popolazioni angariate, sostituendosi ai funzionari. In località Geni sta l'unico tratto di strada romana ancora visibile.

Sono stati individuati 18 insediamenti romani, che per la maggior parte si sovrappongono ad abitati più antichi: Bia Collanas, Bruncu Cresia, Bruncu Predi Poddi, Corti Beccia (o, Su Mori 'e sa Cotti), Corti Sa Perda, Cuccuru Casu Moiau, Fundabi de Andria Peis, Geni, Masoni Baccas, Padru Jossu, Pauli Murtas, Predi Ara, S'Uraxi Mannu, Sa Mitzixedda (o, Masu Serici), Sa Ruina, Stuppoi. Presso gli abitati erano situate le necropoli che ricalcavano quelle cartaginesi Bidd'e Cresia (76 sepolture), Bruncu Sa Batalla, Brunk'e Mesu, Corti Beccia, Giliadiri, Mar'e Idda, S.Caterina, Su Pauli; ma altre ne sorsero presso i nuovi abitati in Geni, Sassuni, Struvina. Un centro abitato sorse sul luogo dell'attuale Sanluri, come comprova l'iscrizione dedicatoria al dio Viduo, epigrafe di difficile lettura rinvenuta nell'area dell'attuale parrocchiale. Nei vari abitati romani del territorio di Sanluri la vita continuò anche in epoca bizantina ed altomedioevale. I toponimi S.Andria, S.Michele, S.Gemiliano, S.Caterina, S.Antioco, derivano dalle cappelle rurali, dedicate a santi del menologio greco, che sorsero nell'altomedioevo in zone già popolate nei secoli precedenti. La chiesa di S.Andrea sorgeva in località Bidd'e Cresia, detta anche Bia Iglesias, nei pressi dell'abitato di Gibollanas - Bia Collanas, a Km 4 Sud Ovest dall'attuale Sanluri. Si possono contare sino a 28 insediamenti di questo periodo. Resti altomedioevali anche in Giliadiri.

### **Il territorio di Sanluri in età prenuragica**

La ripartizione morfologica del territorio di Sanluri in due distinte aree : una pianeggiante, di formazione quaternaria, ad Ovest dell'abitato; l'altra, collinare, di formazione miocenica, ad Est trova una ideale rispondenza nell'analoga limitazione areale degli insediamenti prenuragici e nuragici, come emerge dallo stato attuale delle ricerche archeologiche.

Le testimonianze dell'età prenuragica sono limitate esclusivamente alla fascia pianeggiante occidentale assai fertile e predisposta ad accogliere i vari gruppi di popolazioni a vocazione agro pastorale che potevano avvalersi anche dei saltuari proventi della caccia e della pesca, quest'ultima effettuata nel grande stagno di Sabazzus "su staini" (oggi bonificato) un tempo assai molto ricco di pesca. Diversamente i resti nuragici sono sparsi ovunque nel territorio ma con particolare intensità nella zona nord-orientale, caratterizzata dal paesaggio a basse colline della Marmilla, habitat adatto alle comunità pastorali e alle popolazioni pressate da esigenze difensive, quando i borghi cominciarono ad organizzarsi attorno ad un sistema

difensivo imperniato sul castello. Sino ad oggi nel territorio di Sanluri non sono emerse tracce antropiche risalenti al Neolitico. La ragione di tutto ciò va cercata nello stato ancora carente della ricerca archeologica. Vari documenti risalenti al Neolitico Medio e soprattutto recente (3500-3000 a.C.), provengono, infatti dai siti dei comuni vicini,

spesso con condizioni ambientali simili ( Puisteris Mogoro, sa Mandara Samassi, Cukkuru Ambudu Serramanna, M. Olladiri e Cresia is Cukkurus- Monastir), per cui è presumibile che, anche all'interno del perimetro territoriale sanlurese, possano reperirsi in futuro testimonianze di queste antiche tappe culturali. Le prime tracce umane sinora accertate nel territorio di Sanluri, risalgono ai tempi del Calcolitico a momenti avanzati dall'uso dei primi metalli. Nell'agro di Sanluri il Calcolitico è rappresentato da tre distinte fasi culturali ben conosciute nella paletnologia sarda : Abealzu, Monte Claro, Campaniforme.(cfr.fra gli altri G.Lillu, La civiltà de Sardi).

Fase Abealzu, Calcolitico medio ( Calcolitico Medio:2° e 3° quarto del III Millennio a.C.). Quest'aspetto culturale protosardo è documentato, sia pure sporadicamente in due località: Giliadiri , a sud di Sanluri, e Bia 'e Collanas a sud ovest. In entrambi i siti è stata messa allo scoperto una sacca scavata profondamente nel suolo e ricolma di rifiuti tipici della frequentazione umana: ceneri, frammenti di vasellame e vari resti di pasto. In ambedue le sacche sono stati recuperati pochi cocci inornati, a impasti bruni e grigi e alcune schegge di ossidiana.

La fase Monte Claro (Calcolitico Tardo; ultimo del III – inizio II Millennio a.C. è documentata nelle località di: Corti Beccia, Corti de Crà, Cukkuru Poddinis, Padru Jossu e Porcilis. Nei primi due siti esistono i resti di altrettanti villaggi; nei restanti siti sono state individuate due aree funerarie che non devono essere lontane dai rispettivi agglomerati urbani. Pertanto nel territorio di Sanluri esistevano almeno quattro agglomerati capannicoli della fase Monte Claro.

Altri due villaggi dello stesso momento erano situati ai margini del territorio sanlurese. Il primo in agro del comune di Villamar, era ubicato nei pressi del nuraghe Faurras ( già segnalato dal Lilliu) nelle vicinanze del nuraghe sono stati rinvenuti dei fittili ornati con motivi plastici a cordoni, tipici del Bronzo Medio, (1400.1300 a.C.circa). Le tracce del secondo agglomerato si notano nei pressi di su Staini (stagnetto) nella località Argiddas – su Nuraxi di Samassi. Nella stessa località esistono i resti di una torre nuragica (profondamente interrata nel banco argilloso secondo una tecnica di costruzione arcaica) e di un villaggio protrattosi dal Bronzo Medio All'età del ferro persistito poi sino al periodo punico e romano.

Fase Campaniforme: La fase Campaniforme è documentata in due località: Bidd'e Cresia e Padru Jossu. Nel primo sito, qualche decina di metri a nord della necropoli punica e romana, sono stati rinvenuti evidenti indizi di una sepoltura collettiva. Queste tracce consistono in ossa appartenenti a diversi individui e in una placchetta frammentaria in basalto, di forma rettangolare a lati lunghi concavi provvista di due fori prossimali al lato corto. La placchetta è identificabile come un "Brassard" (salvapolso per arciere) riferibile al Campaniforme B (o finale)oppure alla fase successiva di Bonnannaro del Bronzo Antico.

A Padru Jossu le genti contraddistinte dall'uso del "bicchiere a campana" (beacher) hanno riadoperato l'ipogeo scavato e utilizzato durante la fase M.Claro, lasciando le testimonianze più numerose e scientificamente tra le più rilevanti nell'ambito dei contesti Campaniformi della Sardegna ed extrainsulari. Queste indagini sugli elementi antropologici e sulla paleofauna offrono nuovi apporti per la conoscenza dei tipi umani e dell'economia delle genti che facevano uso di strumenti quali il "beaker" "il brassard" e le collane in vaghi e pendenti di conchiglie, non solo in Sardegna ma in gran dell'Europa Centro-Occidentale.

### **Il territorio di Sanluri in età nuragica**

Nel territorio di Sanluri sono numerose le testimonianze monumentali conosciute attraverso la letteratura archeologica. Sinora però sono mancati gli studi monografici sulle testimonianze nuragiche, oltre ad un lavoro di rilevamento completo.

Le prospezioni condotte "in situ" dal Gruppo Archeologico Giovanile di Sanluri e dal proff. Giovanni Ugas, i saggi di scavo effettuati in questi ultimi anni dalla Soprintendenza Archeologica per le provincie di Cagliari e Oristano hanno consentito di acquisire nuovi dati, oltre a quelli già conosciuti, che arricchiscono i contributi precedenti. Tuttavia non in tutte le località interessate ai resti sono stati rinvenuti dei manufatti che permettano di definire la pertinenza culturale e cronologica dei siti nuragici.

I nuraghi sicuramente accertati in territorio di Sanluri, \_\_ quasi tutti citati dal Proff. Lilliu nel notiziario di "Studi Sardi" \_\_ sono i seguenti: Corti sa Perda, Geni e Nuraxi de Candelas, di tipo complesso a più torri; Perda Bogada, Nuraxi Puxeddu, Mason'e Baccas, Nuraxi e Fenu, Brunch'e Cresia, Brunch'e Melas, Predi Ara, Cukkuru Casu Moiau, Nuraxi e Gattus, Corti Beccia, Su Moru de sa Cotti, S'Uraxi Mannu, Sa Cora de su Zippiri. Questi dodici NURAGHI si mostrano a una sola torre o con sviluppo planimetrico non ancora individuato. Tra i Nuraghi citati dal Proff. Lilliu non sono stati menzionati quello complesso di sa Conca Manna e quelli di Santu Antiogu, Sa Mitzixedda e Carroppu Casa Beccia. Il primo è ubicato in territorio di Furtei, anche se non lontano dall'agro di Sanluri; Sant'Antiogu e Sa Mitzixedda, non si evidenziano sicure tracce di Nuraghe, mentre emergono in superficie con chiarezza, segni di strutture pertinenti a capanne in muratura o a sacche scavate in profondità, riferibili ad età nuragica sulla base dei reperti fitili raccolti nei pressi. Non si hanno notizie invece di un toponimo Carropu Casa Beccia sito in agro di Sanluri.

A Corti Beccia è sicuramente attestata anche la fase nuragica finale con ceramica dipinta del IV secolo a.C. Almeno 4 nuraghi da considerare veri e propri "castelli " per la loro complessità, erano circondati dai resti degli edifici del villaggio: Corti sa Perda, Geni, S'Uraxi Mannu, Corti Beccia. Altri tre borghi nuragici erano ubicati a Sant'Antiogu, di cui si è già parlato, a Sa Mitzixedda e a Sa Muralla, facendo così salire a sette il numero degli agglomerati di età Nuragica. Il villaggio di sa Muralla, di cui il nome deriva dalle mura tardo medievale costruite attorno al villaggio ed il Castello nel 1365, è da porre forse in relazione con l'antico toponimo di "NURAGONNOS" sito alla periferia a Nord dell'abitato di Sanluri; questt,ultimo indicava verosimilmente, le colline su cui poggia il PAESE ATTUALE, forse già abitate durante la fase prenuragica di Monte Claro, come indica l'Ipogeo di Cukkuru Poddinis.

Fra i resti più significativi della fase nuragica trovati in agro di Sanluri vanno citati alcuni pozzi per l'acqua, circolari a sezione cilindro conica, con camicia in pietre piccole e ciottoli fluviali, simili ad altri due rinvenuti a Sa Muralla. La frequente escavazione di pozzi comuni è una caratteristica dell'area Campidanese, come si deduce anche dal numero considerevole di pozzi (circa 25) di età nuragica, Punica e Romana, venuti alla luce nel 1975 all'interno dell'abitato di S.Sperate.

### **Il territorio di Sanluri in età punica**

I risultati dell'intensa attività di ricerca, attuata dal Gruppo Archeologico Giovanile di Sanluri nel territorio di Sanluri, sono senz'altro da ritenersi utilissimi, sia per poter documentare ulteriormente la penetrazione Punica in Sardegna, sia per verificare ed ampliare le nostre conoscenze circa l'assetto territoriale punico nell'isola, con particolare riferimento al Campidano di Cagliari.

Ecco come di quei risultati ha dato notizia l'archeologa Sanlurese M.Cristina Paderi nella sua relazione presentata alla Soprintendenza Archeologica di Cagliari.

" Le Prospezioni archeologiche condotte dal Gruppo Archeologico Giovanile di Sanluri, anche se estese per ora solo ad una parte del territorio del Comune Hanno portato All'individuazione di numerose località in cui sono riconoscibili le tracce di abitati e di necropoli di età Punica.

In nessun caso sono stati rinvenuti materiali anteriori al IV sec. A.C., ma questo dato è relativo in quanto l'indagine sistematica del territorio è ancora da portare a termine. Fondamentali per una migliore conoscenza degli insediamenti punici nel territorio di Sanluri, sono stati gli scavi compiuti dalla soprintendenza archeologica di Cagliari. Si tratta di interventi straordinari effettuati tra l'ottobre del 1979 e il dicembre 1981 con la direzione scientifica del dott. G. Ugas e con la collaborazione del Gruppo Archeologico di Sanluri.

Le località in cui sono state individuate tracce di frequentazione punica sono 20, distribuite il tutto il territorio Comunale. Gli abitati individuati con la semplice indagine di superficie sono i seguenti: Bia Collanas, Brunk'e Cresia, Brunku Predi Poddi, Corti Beccia, Corti sa Perda, Masu Serci (o sa Mitzixedda), Pauli Murtas, Sa Ruina e Stuppoi. In nessun caso sono stati individuati in superficie tracce di costruzioni. La raccolta dei frammenti situa questi insediamenti tra il IV e il III sec. a.C. In alcuni casi l'indagine di superficie è stata arricchita di elementi ricavati dagli interventi di recupero operati dalla Soprintendenza. E' il caso della località Fundabi de Andria Peis, Padru Jossu e



Uraxi Mannu, da cui proviene materiale esclusivamente frammentario del IV e III sec. a.C., associato a materiali d'importazione a vernice nera. Gli abitati sono in genere molto estesi ( fanno eccezione quelli di Corti Beccia, Fundabi de Andria Peis e Padru Jossu) si sovrappongono a centri di età nuragica e continuano ad esistere anche in età romana.

In quasi tutti i casi è stato possibile individuare oltre ai siti degli abitati, anche quelli delle relative necropoli, tutte a inumazione. Purtroppo in tutte queste località hanno agito scavatori clandestini che hanno causato danni abbastanza gravi. Le Necropoli individuate con l'indagine di superficie sono cinque:

(1) Brunku de sa Battalla; completamente devastata da scavi clandestini compiuti non di recente. Le tombe violate sono almeno 150. Si tratta per lo più di sepolture a " Enchitrymos", ma esistevano anche quelle a fossa profonda con copertura a lastroni. La necropoli fu poi utilizzata nell'età repubblicana. I frammenti raccolti sono collocabili tra il IV e il II sec. a.C. sono presenti anche frammenti di ceramiche d'importazione.

### **Il territorio di Sanluri in età romana**

Le stesse ragioni che contribuirono alla frequentazione umana del territorio di Sanluri nei tempi precedenti favorirono anche il popolamento in età romana. Il territorio, infatti, quasi tutto pianeggiante e particolarmente adatto alla coltivazione di cereali, rappresentava una fonte di approvvigionamento di grano non indifferente per lo sfruttamento economico della Sardegna in epoca ROMANA. I numerosi insediamenti nelle campagne intorno a Sanluri ( e probabilmente anche dell'odierno centro abitato) dovevano essere messi in comunicazione tra loro da un complesso sistema viario sino all'età Punica. A tutto questo si aggiunge in età romana la grande arteria A Kalaribus Turrem, che collegava l'antica Kalaris (Cagliari) con Turris Libisonis (Porto Torres). Il tracciato, infatti, ricalcato grosso modo dall'odierna Carlo Felice (131) e che a sua volta utilizzava forse un tracciato più antico, toccava sicuramente Acquae Neapolitanae (Sardara) e poi Monastir, (come è testimoniato da un miliario CIL.X.8010; è molto improbabile che la strada collegasse le due località senza attraversa in qualche punto il vastissimo territori di Sanluri.

L'indagine di prospezione, benché non ancora estesa a tutto il territorio, ma confortata in tre casi dai dati di scavo, ha reso possibile l'individuazione di 18 abitati del periodo romano. Questi centri per la maggior parte si sovrappongono ad insediamenti più antichi ( al Punico. al Romano e in alcuni casi anche al preromano. (Bia Collanas, Brunk'e Cresia, Brunku Predi Podda, Corti Beccia, Corti sa Perda, Cuccuru de Casu Moiau, Fundabi de Andria Peis, Padru Jossu, Geni, Masoni de Baccas, Masu Serci o sa Mitzixedda, Pauli Murtas, Prediara, Sa Ruina, Stuppoi, Uraxi Mannu. A questi si aggiunge l'abitato di Argiddas oggi in territorio di Samassi, ma al confine di Sanluri. In alcuni casi i luoghi utilizzati nelle età precedenti vengono abbandonati in età repubblicana ( Brunk'e Cresia, pauli Murtas) favorendo così la nascita di altri siti (Riu sa Figu, S.Maria). Gli abitati sono caratterizzati in superficie dalla presenza di frammenti di vasellame di uso comune e sono generalmente poco estesi.

Quasi sempre si tratta delle stesse necropoli utilizzate in età Punica (Bidd'e Cresia, Corti Beccia, Brunk'e Mesu, Brunk'e sa Battalla, Mar'e Idda, S.Catarina,) che in alcuni casi vengono abbandonate, come i relativi abitati in età repubblicana, (Brunk'e Mesu, Brunk'e sa Battalla). Altre sorgono presso i nuovi abitati ( Geni, Sassuni, Strovina) ; altre infine occupano una zona separata dalla necropoli Punica (Cukkuru de S. Rita, sa funtana de su Conti).

Tre necropoli sono state oggetto di scavo straordinario: Corti Beccia, dove sono state messe in luce tre tombe a inumazione in fossa di età repubblicana, Giliadiri, dove si trovava una sepoltura ad inumazione con copertura di frammenti di anfora, Bidd'e Cresia, in cui nel corso di uno scavo regolare sono state scavate 76 tombe di età romana.

IL quadro generale che emerge da queste ricerche, mostra numerosi centri, distribuiti in tutto il territorio, senza che per il momento possa essere individuato un centro più grande a cui gli altri facessero capo. L'unico tratto di strada romana ancora visibile è nella località Geni.

Almeno un centro abitato doveva esistere dove oggi sorge l'attuale paese, lo prova una delle due epigrafi che provengono dal territorio di Sanluri. La prima è un'iscrizione dedicatoria rinvenuta per caso nel 1868 nell'antico cimitero presso l'attuale parrocchiale

IL testo dice: C(aius) IULIUS MUNICIPI L(ibertus) FELICIO VIDUO LOC (um) AMPLIAVIT V(oti)C(ompos) L(ibens) M(erito).

Fondamentale per l'esatta interpretazione dell'iscrizione, è l'identificazione di VIDUS con un dio conosciuto, solo per la menzione che ne fa Terulliano (ad nationes 2'15 ) ripresa poi da Cipriano (quod idola dii non sit c 4). È certo che all'interno del territorio del Comune attuale dovettero esistere in età tardo imperiale almeno due grossi latifondi, come è testimoniato dall'altra epigrafe. Si tratta di un cippo terminale rinvenuto nel 1888 nella località S.Maria, a sei Km a Sud Est di Sanluri, dove sono state rinvenute tracce di frequentazione in età romana tarda e, a poca distanza una necropoli romana di età basso imperiale.

Oggi il cippo si trova al Museo Nazionale di Cagliari ed è pressoché illeggibile. Si tratta comunque di un cippo che allude ai confini tra due popolazioni, i MALTAMONENS e i SEMELITENSES, legati ai latifondi di personaggi altolocati. In questo e in altri abitati romani la vita continuò anche in epoca BIZANTINA e alto MEDIOEVO. I toponimi S:Andria, S.Maria, S.Michele = (MIALI, in Bizantino) S.Elena, richiamano santi del menologio greco. Le prime tre località prendono il nome dalle cappelle rurali sorte probabilmente in epoca Bizantina in zone già popolate nei periodi precedenti; la quarta distrutta \_\_ sorgeva nell'area del centro abitato e (a pochi anni fa risale la distruzione del BACILE " SU LACCU DE SANT'ALENI, un'enorme masso cavo a forma di Lucerna) Gli stessi culti ancora vivi della Madonna delle Grazie cui è titolata la Parrocchiale, e della Madonna d'Itria la cui confraternita risale al 1342 sono di origine Bizantina. In epoca MEDIOEVALE le ville disseminate nelle campagne di Sanluri erano 28, alcune delle quali già citate come località archeologica. Ma a queste va aggiunta la villa di SIARU nei pressi della località S. Michele nella frazione di Sanluri Stato, che scomparve nel XIV secolo.

### **SANLURI – Nuraghe Predi Ara (o Preidara o Bruncu Predi Ara)**

Il territorio di Sanluri si trova a cavallo di due diversi sistemi geografici: rappresenta l'ultima propaggine del Medio Campidano nel punto in cui la pianura lascia il posto alle dolci colline della Marmilla. Il passaggio è segnato dal Castello di Monreale. Le testimonianze dell'occupazione protostorica del territorio si fanno sempre più intense con il crescere dell'altimetria. Nella parte a nord dell'abitato moderno un ricco sistema è rappresentato dal Nuraghe Candela, Nuraghe Guttus, Nuraghe Cuccuru de su Casu Moiau, Nuraghe Bruncu 'e Melas, Nuraghe Predi Ara, Nuraghe Puxeddu, Nuraghe Brunk'e Cresia, Nuraghe Corti sa Perda, Nuraghe Fenu, Nuraghe Geni.

L'intenso sfruttamento agricolo di tutta l'area ha portato all'abbattimento di molti di questi nuraghi, che oggi si presentano di poca altezza al di fuori della terra, pur rimanendo testimonianze importanti delle scelte insediative della zona.

Il Nuraghe Predi Ara è un monotorre, ubicato a circa 290 m s.l.m. su uno dei rilievi prospicienti la Marmilla, è inserito nel sistema sopra descritto. Benché sia ancora da scavare e il crollo e le successive asportazioni abbiano interessato il luogo in modo massiccio, sono ancora visibili alcuni dei blocchi della muratura ed è identificabile il suo andamento circolare di quasi 9 metri di diametro. Nella parte meridionale sono visibili alcuni muretti a secco di origine moderna che in parte obliterano strutture più antiche non meglio definibili senza un intervento di scavo.

Per quanto sopra esposto, per il suo inserimento all'interno del sistema descritto, si ritiene opportuno proporre la dichiarazione di importante interesse archeologico del Nuraghe Predi Ara di Sanluri in base a quanto previsto dal D.Lgs. 42/2004 ss.mm.ii.

#### Bibliografia:

C. Porru, *Saggio di Catalogo Archeologico sul Foglio 225 della Carta d'Italia, quadrante I SE-NE*, Tesi di Laurea, Anno Accademico 1946-47, relatore prof. Giovanni Lilliu.

G. Lilliu, *Notiziario archeologico (1947)*, in *Studi Sardi* 1948, vol. VIII, p. 418.

G. Ugas, *Documenti dell'età nuragica*, in *Ricerche archeologiche nel territorio di Sanluri: mostra grafica e fotografica*, 1982, pp. 37-38.

G. Ugas, *L'antico quadro insediativo del Campidano alto-meridionale e la questione di Valeria*, in *Per una riscoperta della storia locale: la comunità di Decimomannu nella storia* (a cura di C. Decampus – B. Manca – G. Serreli), Decimomannu 2008, p. 146.

Il presente report illustra e approfondisce le caratteristiche e i requisiti territoriali (paesistico/ambientali, economici, turistici), trasportistici e tecnici dell'itinerario cicloturistico Isili-Sanluri/Sanluri Stato appartenente alla rete ciclabile del sistema di mobilità ciclistica della Regione Sardegna.

L'attività di pianificazione del sistema ha definito un insieme coordinato di misure, interventi ed attività complementari ed integrate finalizzate a promuovere e rendere disponibile un nuovo ed inconsueto modo di conoscere e vivere il territorio, con una forte connotazione ecologica ed ambientale. In particolare, i territori interessati dall'itinerario cicloturistico in oggetto, come si vedrà successivamente, risultano di margine e ancora non interessati da processi di urbanizzazione diffusa e possono quindi trovare occasioni ed opportunità di crescita attraverso la promozione della mobilità cicloturistica. In sintesi, si tratta di pianificare ed organizzare una rete multiuso, non solo di percorsi, ma in grado di rendere possibile differenti modi di fruizione del territorio e di strutturare l'intero e multiforme scenario territoriale.

L'itinerario approfondito in questa relazione è quello che collega i centri urbani di Isili e Sanluri Stato (il Sarcidano e il Campidano Centrale attraverso la Marmilla). Il percorso ha origine nella Stazione Ferroviaria di Isili e si sviluppa in direzione nord-ovest verso Nuragus, dopo aver superato il lago de Is Barroccus. Proseguendo verso il centro urbano di Nuragus e superato anche questo, il percorso continua verso sud, passando accanto all'abitato di Gesturi sino a giungere a Barumini, in prossimità del sito UNESCO di Su Nuraxi. Prosegue poi sempre in direzione sud, attraversando i centri urbani di Las Plassas, Villamar e Sanluri, proseguendo fino alla Stazione Ferroviaria di Sanluri Stato, ora in disuso, dalla quale è possibile raggiungere successivamente la Stazione Ferroviaria di San Gavino, nodo intermodale. L'itinerario attraversa quindi i territori del Sarcidano e della Marmilla, ricalcando in gran parte il sedime della ferrovia dismessa Isili-Villacidro.

Durante la fase di analisi, si è cercato di individuare dei temi da approfondire per ottenere un quadro completo di quelle che sono le caratteristiche e le potenzialità che il territorio offre a chi intende trascorrervi una ciclo-vacanza (attrattività dell'itinerario). Questo tipo di analisi prevede soprattutto l'elaborazione di mappe tematiche, di schede di approfondimento e proposte integrative all'esistente. Si sono analizzati: - il paesaggio, che prevede una descrizione dei vari scenari paesaggistici individuati nei territori attraversati dall'itinerario. In particolare, nel territorio del Sarcidano e della Marmilla si sono individuati come elementi caratteristici le colline, gli altopiani, le pianure, i laghi e i fiumi. A tal proposito, saranno quindi individuati quelli che sono i vincoli ambientali presenti nel territorio; - i centri urbani, che prevede una breve descrizione dei centri attraversati e interessati maggiormente dall'itinerario ciclabile; - le infrastrutture, che comprende la rete stradale principale, la rete ferroviaria (sia la rete attualmente attiva e sia quella dismessa), i nodi di integrazione intermodale, utili al fine di individuare dei punti di forte attrattività trasportistica ed infine i parchi ciclistici, ossia tutta la rete secondaria di percorsi ciclistici

attualmente presenti e integrabili all'itinerario principale individuato nella fase di pianificazione a livello regionale;

- il turismo, che prevede l'individuazione e la schedatura delle principali attrazioni turistiche visitabili lungo l'itinerario. In particolare sono individuati i siti archeologici, i musei, gli edifici storici, i castelli, le chiese, i parchi e i punti panoramici. Sono inoltre individuate ulteriori attrazioni facilmente raggiungibili dall'itinerario principale a forte rilevanza turistica;
- gli eventi e le sagre, che prevede l'individuazione dei principali eventi che si svolgono durante tutto l'anno nei centri urbani attraversati dall'itinerario ciclabile, in modo da poter integrare ulteriormente l'offerta turistica, considerando quindi eventi religiosi ed enogastronomici oltre alle attrazioni turistiche presenti. Sono individuati, inoltre, tutti gli eventi ciclistici che si svolgono attualmente nel territorio;
- i servizi per il cicloturismo, che prevede l'individuazione di tutti i servizi utili al cicloturista. In particolare sono individuate le strutture alberghiere, i ristoranti, i bar e i punti di noleggio biciclette attualmente presenti lungo l'itinerario. Inoltre, sono stati individuati ed indicati sul territorio ulteriori servizi necessari al ciclista da integrare a quelli già presenti.

I territori del Sarcidano e della Marmilla, nonostante la ricchezza e la qualità delle forme naturali che hanno portato allo sviluppo di un disegno chiaro del paesaggio dalla forte valenza storico-culturale, soffrono, come le altre regioni interne della Sardegna, di una debole attrattività, specie se confrontata con quelli costieri. In questo quadro, ad oggi, le economie rurali, fortemente legate a caratteri locali, devono affrontare sfide impegnative per mantenere o guadagnare un ruolo attivo all'interno delle nuove dinamiche di mercato e sviluppo. Il paesaggio delle colline e degli altopiani Il disegno degli insediamenti aderisce fortemente alla morfologia e alla geologia di un contesto fortemente segnato dai massicci vulcanici delle giare e del monte Arci. Pressoché totalmente costituita da marne di colore giallastro, arenarie e vulcaniti oligomioceniche, essa può suddividersi in almeno due settori, con rocce più recenti da ovest a est, dal Campidano alla Giara di Gesturi. Ad occidente, fra Ales e Mogoro, Sanluri, Gonnostramatz, Simala e Collinas, le litologie sono frammentate e caotiche. All'opposto sono regolari e morbide nel susseguirsi di piccole dorsali parallele, allungate da nord a sud, fra Gonnosnò e Barumini, Baressa e Villamar, dove morfologie tondeggianti, tra cui il colle di Las Plassas con i ruderi del castello e quello di Pauli Arbarei, e ampie aree pianeggianti, fanno da chiostro alla Giara di Gesturi. Quest'ultima e gli altri rilievi lavici minori disegnano vasti plateaux, le cui ripide cornici erosive segnano il limite morfologico fra gli spazi storici del bosco e del pascolo e quelli dell'agricoltura cerealicola. Proprio gli altopiani sono tipici sia del Sarcidano che della Marmilla. La Giara di Gesturi, chiamata Sa Jara Manna, è la più grande delle giare. Presenta un suolo particolarmente sassoso ricoperto da sugherete e macchia mediterranea. Disseminata di piccoli specchi d'acqua, chiamati paulis, offre scenari molto suggestivi specialmente in primavera. Inoltre, questi consentono l'abbeveramento dei cavallini selvatici, che rappresentano il simbolo del territorio. Sui suoi versanti, inoltre, sono presenti numerosi nuraghi, segno della presenza dell'uomo in età antica. Il paesaggio delle pianure Seguono il percorso segnato dai corsi d'acqua e si alternano, come nel caso di Pauli Arbarei e Turri, ai rilievi collinari. Rappresentano il paesaggio agricolo per eccellenza, coltivato principalmente a seminativi e orticole. Molte aree pianeggianti in passato presentavano fenomeni di ristagno delle acque che formavano zone palustri, come ad esempio Villamar (la radice "mar" deriva dallo spagnolo mar o dal francese Marais che significa palude, acquitrino). Questi territori hanno poi subito delle operazioni di bonifica con conseguente suddivisione del territorio in tracciati regolari, che hanno trasformato radicalmente il paesaggio originario. Le aree di bonifica più importanti sono quelle a nord dell'abitato di Pauli Arbarei e quella di Sanluri, conclusa attorno al 1840.

I territori del Sarcidano e della Marmilla, nonostante la ricchezza e la qualità delle forme naturali che hanno portato allo sviluppo di un disegno chiaro del paesaggio dalla forte valenza storico-culturale, soffrono, come le altre regioni interne della Sardegna, di una debole attrattività, specie se confrontata con quelli costieri. In questo quadro, ad oggi, le economie rurali, fortemente legate a caratteri locali, devono affrontare sfide impegnative per mantenere o guadagnare un ruolo attivo all'interno delle nuove dinamiche di mercato e sviluppo. Il paesaggio delle colline e degli altopiani Il disegno degli insediamenti aderisce fortemente alla morfologia e alla geologia di un contesto fortemente segnato dai massicci vulcanici delle giare e del monte Arci. Pressoché totalmente costituita da marne di colore giallastro, arenarie e vulcaniti oligomioceniche, essa può suddividersi in almeno due settori, con rocce più recenti da ovest a est, dal Campidano alla Giara di Gesturi. Ad occidente, fra Ales e Mogoro, Sanluri, Gonnostramatz,

Simala e Collinas, le litologie sono frammentate e caotiche. All'opposto sono regolari e morbide nel susseguirsi di piccole dorsali parallele, allungate da nord a sud, fra Gonnosnò e Barumini, Baressa e Villamar, dove morfologie tondeggianti, tra cui il colle di Las Plassas con i ruderi del castello e quello di Pauli Arbarei, e ampie aree pianeggianti, fanno da chiostro alla Giara di Gesturi. Quest'ultima e gli altri rilievi lavici minori disegnano vasti plateaux, le cui ripide cornici erosive segnano il limite morfologico fra gli spazi storici del bosco e del pascolo e quelli dell'agricoltura cerealicola. Proprio gli altopiani sono tipici sia del Sarcidano che della Marmilla. La Giara di Gesturi, chiamata Sa Jara Manna, è la più grande delle giare. Presenta un suolo particolarmente sassoso ricoperto da sugherete e macchia mediterranea. Disseminata di piccoli specchi d'acqua, chiamati paulis, offre scenari molto suggestivi specialmente in primavera. Inoltre, questi consentono l'abbeveramento dei cavallini selvatici, che rappresentano il simbolo del territorio. Sui suoi versanti, inoltre, sono presenti numerosi nuraghi, segno della presenza dell'uomo in età antica. Il paesaggio delle pianure Seguono il percorso segnato dai corsi d'acqua e si alternano, come nel caso di Pauli Arbarei e Turri, ai rilievi collinari. Rappresentano il paesaggio agricolo per eccellenza, coltivato principalmente a seminativi e orticole. Molte aree pianeggianti in passato presentavano fenomeni di ristagno delle acque che formavano zone palustri, come ad esempio Villamar (la radice "mar" deriva dallo spagnolo mar o dal francese marais che significa palude, acquitrino). Questi territori hanno poi subito delle operazioni di bonifica con conseguente suddivisione del territorio in tracciati regolari, che hanno trasformato radicalmente il paesaggio originario. Le aree di bonifica più importanti sono quelle a nord dell'abitato di Pauli Arbarei e quella di Sanluri, conclusa attorno al 1840. 2 Analisi 2.1 I

Il paesaggio dei laghi e fiumi Nel territorio di Isili, all'imboccatura del canalone de Is Borroccus, è stata innalzata una diga che forma un vaso artificiale: il lago di San Sebastiano, alimentato dal Flumini Mannu. Quest'ultimo, lungo circa 95 km, attraversa parte del Sarcidano e la Marmilla. Nasce nell'agro di Laconi, prosegue per Nurallao, Barumini, Las Plassas e Villamar, procedendo per tutto il basso campidano fino allo Stagno di Santa Gilla a Cagliari, nel quale sfocia. Il territorio è in alcuni tratti fortemente inciso dal suo passaggio, in particolare si reputa interessante il rapporto con i centri urbani, che sono ubicati in posizione riparata rispetto ai corsi d'acqua principali, ma in alcuni casi sono attraversati da quelli secondari che talvolta hanno subito deviazioni e tombamenti, come nel caso del Rio Cani a Villamar. I vincoli ambientali Nella fase di analisi paesaggistica, si sono individuate alcune aree sottoposte a vincoli ambientali, in particolare zone ZPS, SIC e EFS. Le aree ZPS e SIC fanno riferimento ad un'unica direttiva a livello europeo: la direttiva Natura 2000. Natura 2000 è il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità. Si tratta di una rete ecologica diffusa su tutto il territorio dell'Unione, istituita ai sensi della Direttiva 92/43/ CEE "Habitat" per garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario. La rete Natura 2000 è costituita dai Siti di Interesse Comunitario (SIC), identificati dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla Direttiva Habitat, che vengono successivamente designati quali Zone Speciali di Conservazione (ZSC), e comprende anche le Zone di Protezione Speciale (ZPS) istituite ai sensi della Direttiva 2009/147/CE "Uccelli" concernente la conservazione degli uccelli selvatici. Le aree che compongono la rete Natura 2000 non sono riserve rigidamente protette dove le attività umane sono escluse; la Direttiva Habitat intende garantire la protezione della natura tenendo anche "conto delle esigenze economiche, sociali e culturali, nonché delle particolarità regionali e locali" (Art. 2). Soggetti privati possono essere proprietari dei siti Natura 2000, assicurandone una gestione sostenibile sia dal punto di vista ecologico che economico. La Direttiva riconosce il valore di tutte quelle aree nelle quali la secolare presenza dell'uomo e delle sue attività tradizionali ha permesso il mantenimento di un equilibrio tra attività antropiche e natura. Alle aree agricole, per esempio, sono legate numerose specie animali e vegetali ormai rare e minacciate per la cui sopravvivenza è necessaria la prosecuzione e la valorizzazione delle attività tradizionali, come il pascolo o l'agricoltura non intensiva. Nello stesso titolo della Direttiva viene specificato l'obiettivo di conservare non solo gli habitat naturali ma anche quelli seminaturali (come le aree ad agricoltura tradizionale, i boschi utilizzati, i pascoli, etc.)

Un altro elemento innovativo è il riconoscimento dell'importanza di alcuni elementi del paesaggio che svolgono un ruolo di connessione per la flora e la fauna selvatiche (Art. 10). Gli Stati membri sono invitati a mantenere o

all'occorrenza sviluppare tali elementi per migliorare la coerenza ecologica della rete Natura 2000. Le aree gestite dall'Ente Foreste della Sardegna (EFS), rappresentano un soggetto strategico per la gestione, tutela e valorizzazione del patrimonio ambientale della Sardegna ed in particolare delle foreste. Nel caso specifico si sono individuate: - zone ZPS: Giara di Siddi; - zone SIC: Giara di Gesturi, Monte San Mauro, Monte Mannu-Monte Ladu; - zone EFS: Monte Arci, Masullas, Villanovatulo.

## 6.12 Campi elettromagnetici

L'intensità del campo elettrico in un punto dello spazio circostante un singolo conduttore è correlata alla tensione ed inversamente proporzionale al quadrato della distanza del punto dal conduttore. L'intensità del campo induzione magnetica è invece proporzionale alla corrente che circola nel conduttore ed inversamente proporzionale alla distanza. Nel caso di terne elettriche, il campo elettrico e di induzione magnetica sono dati dalla somma vettoriale dei campi di ogni singolo conduttore.

Nel caso di macchine elettriche i campi generati variano in funzione della tipologia di macchina (es. trasformatore) ed anche del singolo modello di macchina. In generale si può affermare che il campo generato dalle macchine elettriche decade nello spazio più velocemente che con il quadrato della distanza.

Il rapido decadimento consente un modesto valore dell'esposizione media anche dei soggetti più esposti, ovvero dei lavoratori addetti alla manutenzione delle linee e delle macchine elettriche dell'impianto.

I valori di campo indotti dalle linee e dalle macchine possono confrontarsi con le disposizioni legislative italiane.

In particolare, la protezione dalle radiazioni è garantita in Italia dalla "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" n. 36 del 22 Febbraio 2001, GU 7 marzo 2001 n.55, che definisce:

- esposizione: la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici o a correnti di contatto di origine artificiale;
- limite di esposizione: il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori [...omissis...];
- valore di attenzione: il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate [...omissis...];
- obiettivi di qualità: i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo stato [...omissis...] ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

Il Decreto attuativo della Legge quadro è rappresentato dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".

Esso fissa i seguenti valori limite:

- 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico come limite di esposizione, da intendersi applicato ai fini della tutela da effetti acuti;
- 10  $\mu$ T come valore di attenzione, da intendersi applicato ai fini della protezione da effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere;
- 3  $\mu$ T come obiettivo di qualità, da intendersi applicato ai fini della protezione da effetti a lungo termine nel "caso di progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti

abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio”.

Come indicato dalla Legge Quadro del 22 febbraio 2001 il limite di esposizione non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione, mentre il valore di attenzione e l’obiettivo di qualità si intendono riferiti alla mediana giornaliera dei valori in condizioni di normale esercizio.

Si segnala come i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità stabiliti dal Legislatore italiano siano rispettivamente 10 e 33 volte più bassi di quelli internazionali.

Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata – nell’intero territorio nazionale – esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. 8.7.2003, al quale soltanto può farsi utile riferimento.

Non sono presenti recettori sensibili (aree di gioco per l’infanzia, ambienti abitativi, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di 4 ore giornaliere) permanenti in prossimità del sito.

## 7. PRODUZIONE AGRICOLA ED ELEMENTI AGRONOMO-FORESTALI

Nel prospetto a seguire si riporta una breve panoramica dell’agricoltura dell’intero territorio regionale.

L’agricoltura in Sardegna
<p>La regione Sardegna si caratterizza per un territorio prevalentemente collinare (68%) con un’altimetria media di 334 m s.l.m. e una superficie complessiva di 24.100 kmq che la collocano al terzo posto tra le regioni italiane per dimensione, dopo Sicilia e Piemonte. La sua conformazione orografica, ma anche le caratteristiche pedologiche e climatiche, pongono numerosi comuni della Regione in una condizione di particolare svantaggio, soprattutto per quanto riguarda lo sviluppo dell’attività agricola. Il territorio, talvolta impervio, non favorisce il proliferare di attività produttive, acuendo in alcune aree il fenomeno di spopolamento e di “deflusso” della popolazione verso le zone costiere dell’Isola.</p> <p>I dati dell’indagine sulle produzioni agricole, condotta dall’ISTAT nel 2013, tracciano un profondo cambiamento strutturale delle aziende agricole sarde. La trasformazione riguarda soprattutto la diminuzione del numero delle aziende e un conseguente aumento della dotazione fisica di terra per azienda, al netto della superficie agricola destinata agli usi edilizi che negli ultimi anni appare sempre più in crescita.</p> <p>Nel decennio 2013-2003 si evidenzia che il numero di aziende agricole operanti sul territorio sardo si è ridotto del 43,5%, mentre a livello nazionale la diminuzione è inferiore e si attesta al 33,4%.</p> <p>Questa evoluzione è legata al fenomeno di abbandono delle piccole realtà agricole, soprattutto quelle a conduzione strettamente familiare che, a loro volta sono state inglobate dalle medie/grandi imprese agroindustriali.</p> <p>Nel confronto con il dato nazionale la contrazione della SAU totale nell’isola è pari allo 0,8%, decisamente inferiore con quanto registrato sul territorio nazionale (-5,6%).</p> <p>Nel traslare l’analisi sulla distribuzione della numerosità delle aziende per classe di superficie totale, si nota che 11.176 aziende appartengono alla classe con superficie con meno di 1 ettaro.</p> <p>Queste, tuttavia, da sole rappresentano lo 0,7% della SAU totale, mentre le 6.297 aziende, appartenenti alla classe di superficie con 50 ettari e oltre, occupano più della metà della SAU totale (60,3%). Infine, le aziende senza terra sono 150, riconducibili la maggior parte ad aziende specializzate nell’allevamento di suini, polli e api.</p>



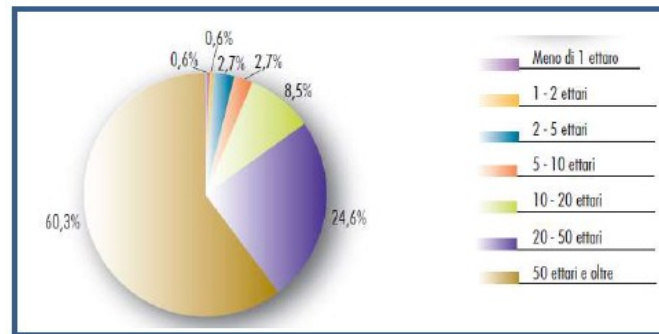


Figura 50: SAU per classe di superficie totale, Sardegna, 2013 (fonte ISTAT)

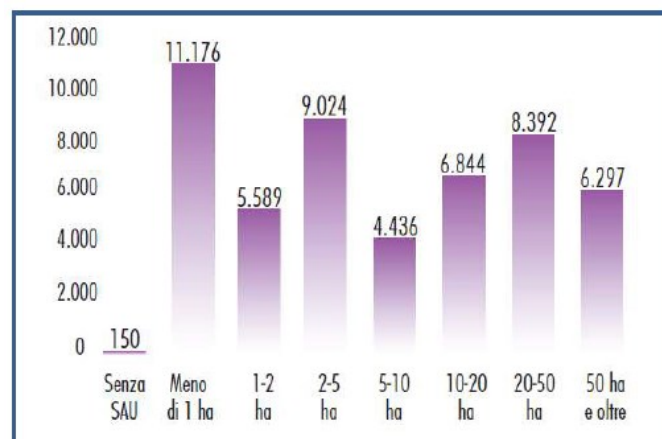


Figura 51: Numero delle aziende agricole per classe di superficie totale, Sardegna, 2013 (fonte ISTAT)

#### Le coltivazioni in Sardegna

L'osservazione dei dati 2016/2015 mostra una situazione diversificata per singola coltura praticata. Tra i cereali si nota una diminuzione di superficie per il mais e il frumento duro,

rispettivamente del 37,3 e del 5,7%. Per le restanti tipologie di cereali la variazione è nulla e l'andamento rimane pressoché costante.

Le colture foraggere mostrano una contrazione della superficie solo per gli erbai dello 0,8%, mentre aumenta la superficie per i prati (+0,1%) tra le foraggere permanenti, e i prati avvicendati (+5,9%) tra le foraggere temporanee.

Le colture oleaginose rivelano una situazione stabile rispetto all'anno precedente; tra i legumi secchi, la fava da granella mostra un trend positivo del 15,6%, mentre, per gli altri legumi l'andamento è stabile rispetto all'anno precedente.

La superficie investita ad olivo aumenta del 30% nonostante il calo delle produzioni olivicole riscontrato negli ultimi anni, attribuibile ragionevolmente, alla contrazione della domanda per il perdurare della crisi economica.

Prosegue la contrazione degli ettari coltivati a uva da tavola e da vino, rispettivamente del 2,2% e del 2%. Mentre per i primi il calo è dovuto alla complessità riscontrata nella coltivazione e all'eccessiva offerta del prodotto proveniente da mercati extra regionali; per i secondi il calo è dovuto principalmente all'abolizione delle quote vigneto con l'introduzione delle nuove autorizzazioni, determinando di fatto una riorganizzazione del settore.

Infatti, l'orientamento riscontrato negli ultimi anni ha come obiettivo elevare la produzione di qualità incoraggiando investimenti in nuovi impianti o reimpianti per il rinnovo di vigneti già esistenti.

Tra le colture arboree per frutta fresca e frutta secca, il pero e il melo, sono le colture che nel 2016 hanno segnato un trend positivo in termini di superficie investita, rispettivamente del 18,2% e del 6,7%. Mentre, si segnalano valori negativi per l'albicocco che ha ridotto la superficie del 27,8%, resta stabile il mandorlo. Tra gli ortaggi in pieno campo e in serra, le colture con un aumento consistente di superficie coltivata nell'ultimo anno sono il cocomero e il carciofo in pieno campo, il pomodoro in serra. Si riducono notevolmente le superfici della fragola e del cavolfiore e cavolo broccolo in campo, del finocchio e del cocomero in serra.

Infine, per il comparto agrumicolo la situazione resta stabile, rispetto all'anno precedente, per tutte le tipologie produttive (arancio, mandarino, clementino e limone).

Culture	2016	2015	Variazione % 2016/2015	Culture	2016	2015	Variazione % 2016/2015
carciofo	12.899	9.499	35,8	lattuga	50	50	0,0
lattuga	670	610	9,8	finocchio	20	34	-41,2
melanzana	143	143	0,0	melanzana	10	10	0,0
finocchio	827	827	0,0	peperone	15	15	0,0
peperone	310	310	0,0	pomodoro	310	300	3,3
patata	1.501	1.501	0,0	cocomero	16	20	-20,0
pomodoro	151	151	0,0	melone	61	60	1,7
pomodoro da industria	408	408	0,0	zuccina	18	20	-10,0
cavolfiore e cavolo broccolo	550	758	-27,4	<b>AGRUMI</b>			
cavolo cappuccio	247	247	0,0	arancio	3.598	3.598	0,0
cavolo verza	34	34	0,0	limone	360	360	0,0
<b>ORTAGGI E FRUTTA IN SERRA</b>				clementina	651	651	0,0
fragola	25	25	0,0	mandarino	627	627	0,0

Culture	2016	2015	Variazione % 2016/2015	Culture	2016	2015	Variazione % 2016/2015
<b>CEREALI</b>				pisello da granella	420	420	0,0
frumento duro	36.399	38.581	-5,7	cece	336	336	0,0
orzo	13.489	13.489	0,0	lenticchia	265	265	0,0
avena	15.676	15.676	0,0	<b>OLIVE</b>	38.554	29.907	28,9
riso	3.480	n.d.	-	<b>UVA</b>			
mais	536	855	-37,3	uva da tavola	441	451	-2,2
sorgo	74	74	0,0	uva da vino	26.615	27.148	-2,0
<b>FORAGGERE PERMANENTI</b>				<b>FRUTTA</b>			
prati	53.466	53.436	0,1	albicocca	140	194	-27,8
pascoli	670.488	670.488	0,0	ciliegio	299	289	3,5
<b>FORAGGERE TEMPORANEE</b>				mandorle	6.489	6.489	0,0
erbai	178.757	180.289	-0,8	susino	235	226	4,0
prati avvicendati	54.321	51.312	5,9	melo	191	179	6,7
<b>CULTURE INDUSTRIALI</b>				nocciolo	154	152	1,3
colza	13	13	0,0	pero	78	66	18,2
girasole	32	32	0,0	pesco	2.433	2.363	3,0
<b>LEGUMI SECCHI</b>				<b>ORTAGGI IN PIENA ARIA</b>			
fava da granella	3.859	3.339	15,6	fragola	7	76	-90,8
fagiolo	435	435	0,0	melone	779	801	-2,7
pisello proteico	244	244	0,0	cocomero	500	351	42,5

Figura 52: Superficie investita delle principali colture in Sardegna (fonte ISTAT)

## Prodotti a denominazione

I prodotti sardi iscritti nel registro delle Denominazioni di Origine Protette (DOP) e delle Indicazioni Geografiche Protette (IGP) sono 8: oltre al Fiore Sardo (DOP dal 1996), al Pecorino Romano (DOP dal 1996), al Pecorino Sardo (DOP dal 1996), all'Agnello di Sardegna (IGP dal 2001), all'Olio extravergine di oliva di Sardegna (DOP dal 2007), allo Zafferano di Sardegna (DOP dal 2009) e al Carciofo spinoso di Sardegna (DOP dal 2011), nel 2015 si sono aggiunti i Culurgioni d'Ogliastra (IGP).

Secondo la legislazione comunitaria e nazionale l'areale di ciascun prodotto può comprendere uno o più comuni, le province o la regione nel complesso.

Tra i prodotti sardi con denominazione gli unici il cui areale non si estende su tutto il territorio regionale sono lo Zafferano, il Pecorino Romano e i Culurgioni d'Ogliastra.

Per la coltivazione dello Zafferano è stata riconosciuta la sola provincia del Medio Campidano, nello specifico in un'areale che comprende i Comuni di San Gavino Monreale, Turri e Villanovafranca; per il Pecorino Romano invece, oltre alle Province di Cagliari, Nuoro e Sassari, la sua produzione si estende anche ad alcune zone della Penisola nelle province di Frosinone, Latina e Roma per la Regione Lazio e la provincia di Grosseto per la Toscana, infine per i Culurgioni d'Ogliastra l'areale di produzione è appunto il territorio della dell'Ogliastra, che comprende i seguenti comuni: Arzana, Bari Sardo, Baunei, Cardedu, Elini, Gairo, Girasole, Ilbono, Jerzu, Lanusei, Loceri, Lotzorai, Osini, Perdasdefogu, Seui, Talana, Tertenia, Tortoli, Triei, Ulassai, Urzulei, Ussassai, Villagrande Strisaili.

Sono inclusi anche alcuni comuni limitrofi della provincia di Cagliari: Esterzili, Sadali ed Escalaplano. In ambito nazionale al 31 Dicembre 2017 si contano 295 denominazioni di cui: 167 DOP, 126 IGP, 2 STG. La Sardegna incide sul paniere nazionale per il 2,7% In rapporto al numero di produttori nazionali l'Isola vanta il primo posto con il 19,7% nel 2016.

Nello specifico il 52,9% si occupa principalmente di carni, il 42% di formaggi e lo 0,2%, di ortofrutta e di oli extravergine di oliva.

Nel confronto con il Mezzogiorno l'89,1% dei produttori sardi primeggia per quanto concerne i formaggi DOP e l'84,7% eccelle nel settore delle carni. La superficie nazionale destinata alle produzioni DOP e IGP nel 2016 è di 197.524,72 ettari, di questa il 36,1% si trova nel Mezzogiorno, il 40,4% al centro e il 23,5% al Nord.

In Sardegna la superficie agricola destinata a questo tipo di produzione interessa 1.093,34 ettari, registrando un aumento dell'11% rispetto al 2015 e incidendo per lo 0,6% a livello nazionale. Nel comparto dei vini di qualità, a livello nazionale, nel 2018 si contano 542 riconoscimenti tra Denominazioni di Origine e Indicazioni Geografiche (344 DOC; 123 IGT; 75 DOCG).

In Sardegna non si sono registrate variazioni e si confermano perciò le 33 denominazioni di cui: 17 DOC, 1 DOCG e 15 IGT.

L'incidenza dei vini di qualità sardi sul territorio nazionale è dell'12,2% per gli IGT, del 4,9% per i DOC e dell'1,3% per i DOCG.

Dal 2010 le menzioni tradizionali DOCG e DOC sono convogliate nell'espressione comunitaria DOP, mentre la menzione IGT nell'espressione IGP.

	Superficie ha				
	2015	2016	Comp. %	Variazioni	
				assolute	%
<b>Sardegna</b>	<b>984,63</b>	<b>1.093,34</b>	<b>0,6</b>	<b>108,71</b>	<b>11,0</b>
Nord	39.904,78	46.498,28	23,5	6.593,50	16,5
Centro	76.648,68	79.728,00	40,4	3.079,32	4,0
Mezzogiorno	53.712,31	71.298,44	36,1	17.586,13	32,7
<b>ITALIA</b>	<b>170.265,77</b>	<b>197.524,72</b>	<b>100,0</b>	<b>27.258,95</b>	<b>16,0</b>

Figura 53: Superficie dei prodotti agroalimentari di qualità Dop, Igp (fonte ISTAT)

	Carni				Formaggi				Ortofrutta				Olii extravergine d'oliva			
	Produttori		Trasformatori		Produttori		Trasformatori		Produttori		Trasformatori		Produttori		Trasformatori	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Sassari	1145	1191	9	8	2823	3113	24	33	15	15	5	8	14	17	10	13
Nuoro	1208	1173	10	9	2262	2677	33	32	-	-	-	-	4	6	1	2
Cagliari	632	600	9	8	1356	1504	12	17	4	3	2	2	7	8	7	7
Oristano	799	811	2	2	1839	2050	14	13	13	10	4	4	2	2	2	2
Olbia-Tempio	203	208	3	3	530	579	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-
Ogliastra	97	98	1	1	264	266	2	2	-	-	-	-	3	4	1	2
Medio Campidano	357	332	4	3	662	741	6	7	9	6	3	3	1	1	1	1
Carbonia-Iglesias	168	166	2	2	498	551	1	2	3	3	-	-	-	1	-	1
<b>Sardegna</b>	<b>4.609</b>	<b>4.579</b>	<b>40</b>	<b>36</b>	<b>10.234</b>	<b>11.481</b>	<b>95</b>	<b>109</b>	<b>47</b>	<b>40</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>31</b>	<b>39</b>	<b>22</b>	<b>28</b>
Var. % 2016/15	-0,7		-10,0		12,2		14,7		-14,9		21,4		25,8		27,3	

Figura 54: Numero di produttori e trasformatori DOP e IGP, ripartiti per provincia, 2016/15 (fonte ISTAT)

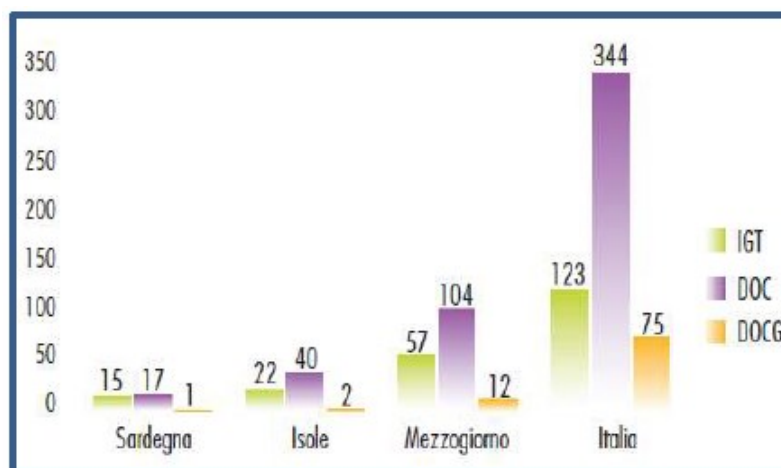
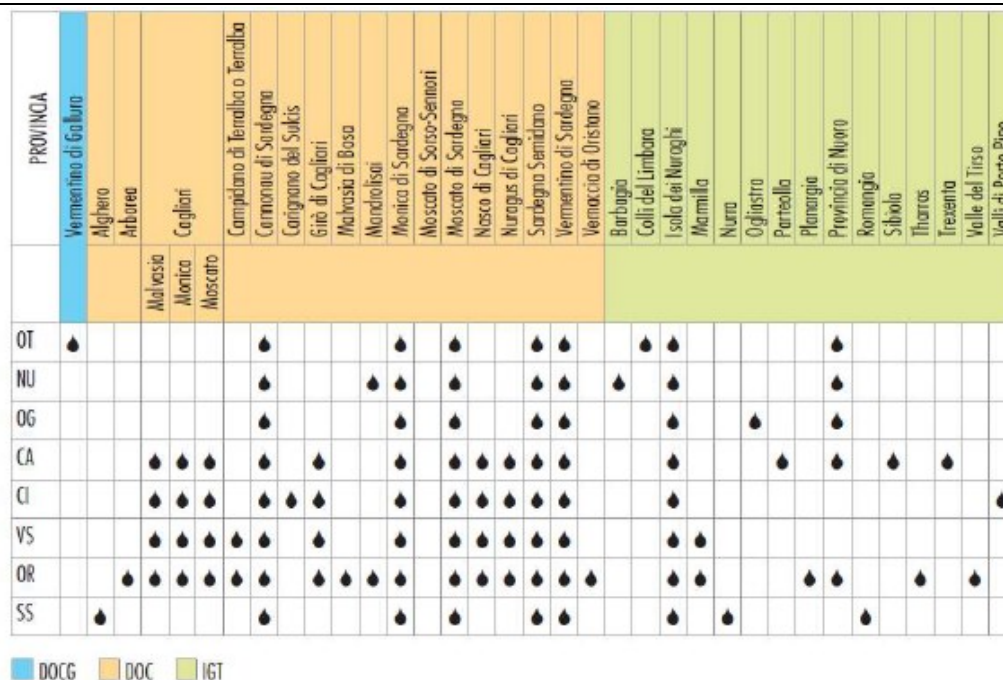


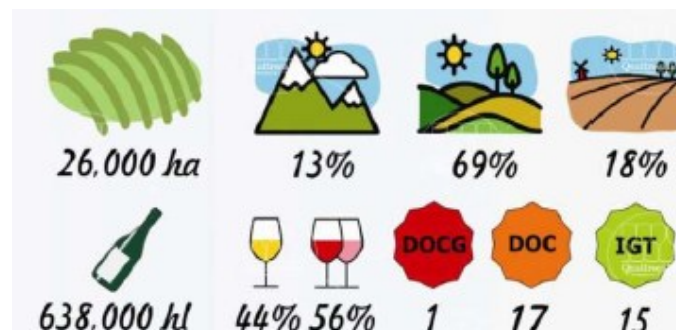
Figura 55: Numero di vini DOCG, DOC e IGT – 2018 (fonte Assovini)



**Figura 56: Zona di produzione ed elenco dei vini (fonte Sardegna Agricoltura)**

## Vitivinicoltura della Sardegna

La Sardegna conta su circa 26.000 ettari vitati (2010), dei quali il 13% si trova in territori montani, il 69% collinari e il 18% in pianura. A questi corrisponde una produzione di 638.000 Hl/anno, dei quali il 56% costituito da vini rossi e rosati e il 44% di vini bianchi.



**Figura 57: La Sardegna e il vino**

Secondo studi e ricerche archeologiche, la vite e il vino sono presenti in Sardegna da circa 5.000 anni, anche se i reperti ritrovati farebbero ritenere che la vite sia stata introdotta in Sardegna dai Fenici, durante il periodo nel quale occuparono l'isola.

Secondo lo storiografo romano Lucio Giunio Moderato Columella esistono infatti riscontri storici sull'esistenza del vino già nella città Tharros, l'antico centro punico-romano di cui oggi restano le vestigia. A causa della sua strategica posizione geografica la Sardegna è stata nel corso dei secoli oggetto di conquiste da parte anche dei Cartaginesi, Romani, Arabi, Aragonesi, Genovesi, Pisani e infine dei Piemontesi.

La viticoltura e la produzione del vino ha fortemente risentito delle tradizioni e delle culture di questi diversi popoli, tra periodi di declino e altri di autentico splendore. Agli Aragonesi si debbono l'introduzione di nuove e fondamentali tecniche viticole ed enologiche e di nuove varietà di uva, ancora oggi presenti in Sardegna dove svolgono ancora un importante ruolo.

Alcune delle più note uve della Sardegna come il Cannonau e il Carignano sono state introdotte dagli Spagnoli.

Nel tardo 1700 i vini della Sardegna, quali il Cannonau di Nuoro, il Vermentino di Gallura, la Vernaccia di Oristano, la Malvasia di Bosa, il Monica passito, il Girò, il Moscato e il Nasco cominciarono a divenire conosciuti fuori dai confini della regione.

Lo sviluppo dell'enologia di Sardegna si arrestò con l'arrivo della fillossera, alla fine del 1800, dalla quale si salvarono solamente le vigne piantate in terreni sabbiosi.



Solo all'inizio degli anni 1950, grazie alla nascita di innumerevoli cantine sociali, la viticoltura riprese piede in regione, anche se in questo periodo la produzione era concentrata sulla quantità, in particolare per i vini rossi colorati e concentrati, con altra gradazione alcolica e spesso usati per il taglio di altri vini.

L'arrivo della produzione di qualità, qui come in altre regioni d'Italia, ha permesso ai vini della Sardegna di raggiungere i grandi livelli di eccellenza dei giorni d'oggi.

La Sardegna ha un patrimonio di vitigni autoctoni piuttosto ricco. In Sardegna vengono anche coltivati numerosi vitigni internazionali, solitamente utilizzati nella produzione di vini in assemblaggio a quelli locali. Nonostante in tutta la regione si producano molteplici tipologie di vini, nella parte centrale e settentrionale della Sardegna vi è una maggiore produzione di vini bianchi, mentre la produzione di vini rossi è maggiormente concentrata nella parte meridionale dell'isola.

I principali vitigni a bacca bianca della Sardegna sono la Malvasia Bianca, la Malvasia di Sardegna, il Nasco, il Nuragus, il Semidano, il Torbato, il Vermentino e la Vernaccia di Oristano, mentre fra i vitigni a bacca nera si ricordano il Bovale, il Caddiu, il Cagnulari, il Cannonau, il Carignano, il Girò, il Monica e la Nieddera.

In Sardegna sono attualmente definite 19 Denominazioni di Origine DOC (Denominazione d'Origine Controllata) e una DOCG (Denominazione d'Origine Controllata e Garantita), riconosciuta al Vermentino di Gallura. Le 19 DOC della Sardegna sono quindi: Alghero, Arborea, Campidano di Terralba, Cannonau di Sardegna, Carignano del Sulcis, Girò di Cagliari, Malvasia di Bosa, Malvasia di Cagliari, Mandrolisai, Monica di Cagliari, Monica di Sardegna, Moscato di Cagliari, Moscato di Sardegna, Moscato di Sorso-Sennori, Nasco di Cagliari, Nuragus di Cagliari, Semidano di Sardegna, Vermentino di Sardegna e Vernaccia di Oristano. L'unica DOCG e le 19 DOC contano il 66% del vino prodotto in Sardegna, mentre le IGP, nelle quali le uve autoctone sono spesso unite alle cosiddette uve internazionali, contano per il 15% della produzione. In Sardegna, inoltre, sono presenti 15 denominazioni per vini IGT.

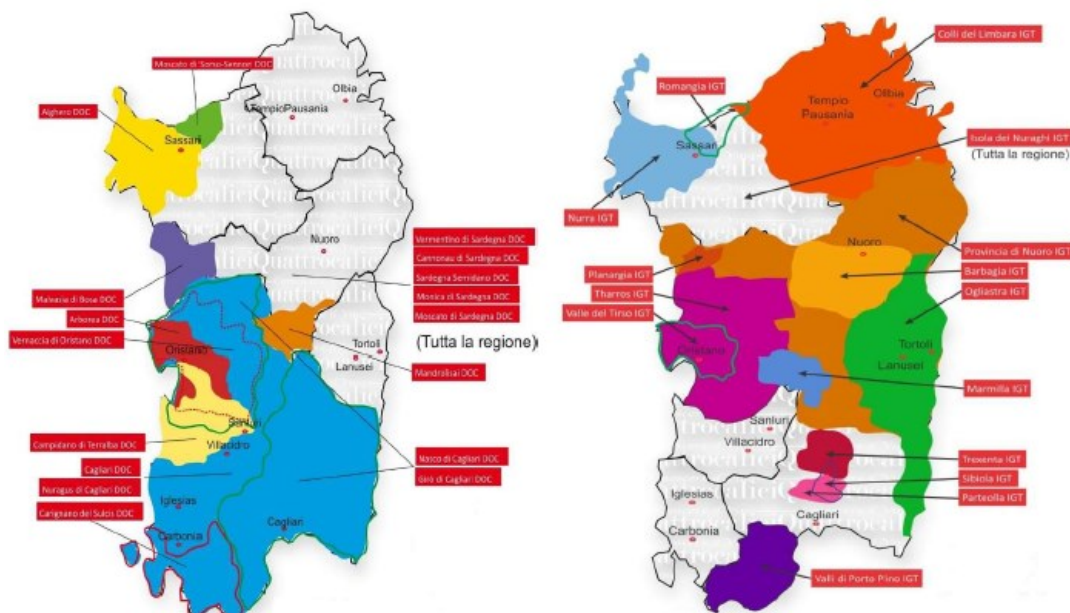


Figura 58: Distribuzione territoriale delle zone DOC e IGT in Sardegna

### PAT, STG e Presidi

I PAT, acronimo di prodotti agroalimentari tradizionali, sono prodotti inclusi in un apposito elenco, istituito dal Ministero delle politiche agricole alimentari, forestali e del turismo (Mipaaf) con la collaborazione delle Regioni.

Per poter essere inserite nell'elenco, ci dobbiamo trovare in presenza di produzioni tipiche lavorate tradizionalmente da almeno 25 anni e testimoniate da documenti storici e interviste.

L'aggiornamento e la pubblicazione annuale dell'elenco sono a cura del Ministero che ha anche il compito di promuoverne la conoscenza a livello nazionale e all'estero.

Ad oggi, in Italia sono presenti 5.128 prodotti PAT, mentre in Sardegna ne abbiamo più di 200. Spesso rappresentano il primo step per il successivo riconoscimento di una IGP o DOP.

Esempi di PAT della Sardegna sono l'Abbamele, il caglio di capretto, il miele di asfodelo e sa casada. L'elenco aggiornato delle PAT in Sardegna è presente in una speciale area del sito della regione.

Il termine STG o specialità tradizionale garantita, è un marchio di origine introdotto dalla Unione Europea volto a tutelare produzioni specifiche che siano caratterizzate da composizioni o metodi di produzione tradizionali.

Questo tipo di tutela si rivolge a prodotti agricoli e alimentari che abbiano una produzione o composizione "specificata" (cioè, differente da altri prodotti simili) e "tradizionale" (cioè, esistente da almeno vent'anni), anche se non vengono prodotti necessariamente solo in

tale zona. Il prodotto STG può essere preparato in un qualsiasi paese dell'Unione Europea, a patto che la produzione rispetti il relativo disciplinare e sia certificata da un organismo di controllo accreditato. In Italia i prodotti STG attualmente riconosciuti sono soltanto 2 (aggiornamento del 26 agosto 2019) ovvero la Mozzarella e la Pizza napoletana.

I Presidi Slow Food sostengono le piccole produzioni tradizionali che rischiano di scomparire, valorizzano territori, recuperano antichi mestieri e tecniche di lavorazione, salvano dall'estinzione razze autoctone e varietà di ortaggi e frutta.

Oggi, oltre 500 Presidi Slow Food (di cui 250 sono italiani) coinvolgono più di 13.000 produttori.

Un presidio tutela un prodotto tradizionale a rischio di estinzione; una tecnica tradizionale a rischio di estinzione (di pesca, allevamento, trasformazione, coltivazione); un paesaggio rurale o un ecosistema a rischio di estinzione.

In Sardegna sono stati riconosciuti come presidi Slow Food 21 tipologie di formaggi, 4 tipologie di salumi, 5 tipologie di pasta, 11 tipologie di pane, 22 tipologie di dolci.

## 7.1 Piano colturale delle aziende agricole che operano nel sito scelto

Attualmente la superficie aziendale ammonta a circa 41.53.50 ha. Vengono praticate varie coltivazioni: arboree, ortive, foraggere e grano.

L'avvicinarsi e la scelta delle colture erbacee viene regolata dall'andamento climatico stagionale e da una sommaria ricerca di mercato. attuata sulle realtà locali.

Il piano colturale attualmente in atto è così organizzato:

1. Coltivazioni foraggere (composte da: sulla, vecchia, avena)	21.91.48 ha
2. Erbai irrigui di erba medica ( <i>medicago sativa</i> l)	05.00.91 ha
3. Grano duro da granella	03.13.07 ha
4. Vite da vino	03.81.04 ha
5. Olivo da olio	02.61.85 ha
6. Asparago	04.87.20 ha
7. Tare	00.23.39 ha

Per l'organizzazione del piano colturale, successivo all'installazione dei pannelli fotovoltaici, sono state valutate diversi tipi di colture, tenendo nella dovuta considerazione il fatto che le attività si dovranno svolgere nelle aree coltivabili tra le strutture di sostegno "tracker". Non scordando la vocazionalità del territorio per specifiche colture, la professionalità delle maestranze presenti, il tipo di meccanizzazione già presente in azienda, la conservazione della fertilità dei suoli e l'incremento del reddito.

Al termine di questa analisi, sono state identificate delle colture che saranno immediatamente praticate tra le file, nonché la tipologia di essenze da impiantare nelle aree adibite a corridoi ecologici e lungo la fascia arborea di mitigazione dell'impatto visivo.

Per ridurre al massimo l'impiego di manodopera, ottimizzare i tempi di lavorazione e utilizzare al massimo le attrezzature già presenti in azienda, ci si è orientati verso colture ad elevato grado di meccanizzazione o del tutto meccanizzabili, anche in considerazione della superficie aziendale, quali:

1. Colture foraggere, con incremento delle superfici a sulla ed erba medica (in previsione apicoltura);
2. Leguminose da granella (in previsione avvio attività apicola);
3. Cerealicole (grano duro senatore Capelli, orzo, avena)
4. Mantenimento delle attuali superfici arboree a olivo e vite.

Il piano colturale prevede l'utilizzo di essenze foraggere, in particolare verrà utilizzata l'erba medica (*Medicago Sativa*) che ben si adatta ai climi della Sardegna in alternanza alla medica verranno coltivate delle graminacee quali grano duro (*Triticum durum*), orzo (*Hordeum vulgare*) e/o avena (*Avena Sativa*). Il ciclo di produzione della medica sarà di cinque anni che verranno alternati ad un anno di cereali per poi riseminare la medica.

L'erba medica è una forte consumatrice d'acqua: ne consuma 700-800 litri per formare un chilogrammo di sostanza secca; nonostante ciò, è la foraggera più resistente alla siccità grazie al suo apparato radicale capace di scendere a grande profondità, purché non trovi ostacoli.

Nell'anno di semina la produzione è scarsa: la piena produttività si raggiunge nell'anno successivo alla semina, al 3° anno la produzione comincia a declinare per progressivo diradamento. Al momento in cui si scende sotto le 100 piante a metro quadro il medicaio deve essere rotto perché la sua resa è compromessa.

Nel corso dell'anno il medicaio fornisce il suo prodotto, l'erba, in parecchi tagli: da un minimo di 2, nel caso di clima e terreno aridi, a 4-5 in condizione irrigua o di notevole freschezza. Lo stadio vegetativo ottimale per il taglio è a fioritura iniziata da qualche giorno. La resa media annua di fieno del prato di erba medica può giungere fino a 13 t/ha, in condizioni più normali le rese si aggirano su 8-10 t/ha.

I vantaggi della soluzione di tracker adottata sono:

- Fissaggio al suolo con pali infissi (quindi senza calcestruzzo) come un tracker standard;
- Rispetto integrale della soluzione agricola e di quella energetica. L'impianto non perde produttività, si può coltivare tutto il terreno agricolo;
- Altezza minima da terra con il modulo alla massima inclinazione superiore a 2 metri. Ciò non comporta problemi di sicurezza per gli operatori agricoli che debbono occuparsi della coltivazione dei terreni e senza necessità di mettere l'impianto in posizione orizzontale ogni volta che qualcuno entra nel campo.



Figura 59: Schema della coltivazione con mezzi agricoli



Le dimensioni di lavoro di ogni singolo erpice variano dai 1400 ai 4500 mm, con una profondità di lavorazione del terreno che va dai 28 fino ai 30 cm.

Quindi il profilo del tracker consente il transito nei corridoi di macchine agricole anche con un interasse di 6 metri, che consente un corridoio fino a 4 metri. L'interasse di 5,5 o 6 metri consente infatti la lavorazione del terreno anche con erpici della massima dimensione.



Figura 60: Tipologia di erpice che può essere utilizzato per la coltivazione tra i tracker

Tipologia lavoro	q/ha	Superficie ha	Costo unitario €	Tot. spese €	q. totali
aratura		11.12.86	120,00	1.335,43	
estirpatura		11.12.86	50,00	556,43	
Concimazione e semina		11.12.86	50,00	556,43	
rullatura		11.12.86	30,00	333,86	
sfalcio/andanatura		11.12.86	40,00	445,14	
imballaggio		11.12.86	8,00/q	8.902,88	
Sementi	1,5	11.12.86	70,00	1.168,50	
Concimi	2	11.12.86	90,00	2.003,15	
<b>Totale spese</b>				<b>15.301,82</b>	
Costo medio foraggio q			22,00		
PLV foraggio q	100	11.12.86			1.112,86
<b>Ricavi EURO 24.482,92</b>					

Figura 61: Costi di produzione e ricavi foraggere annuali o cereali

La tabella evidenzia la PLV della componente foraggera annuale, i costi di produzione e i ricavi. Le spese di lavorazione possono essere ridotte ottimizzando le lavorazioni e/o eseguendo alcune operazioni colturali in un singolo passaggio con attrezzi combinati.

L'ammortamento del costo d'impianto dovrà essere suddiviso per i 5 anni.

<b>COSTI IMPIANTO MEDICAIO</b>					
Tipologia lavoro	q/ha	Superficie ha	Costo unitario €	Tot. spese €	q. totali
Aratura		11.12.86	120,00	1.335,43	
Estirpatura/frangizollatura		11.12.86	50,00	556,43	
Concimazione e semina		11.12.86	50,00	556,43	
Rullatura		11.12.86	30,00	333,86	
Sementi	0,20	11.12.86	225,00/q	506,25	2,25
Concime perfosfato triplo	2	11.12.86	90,00	2.003,15	
Concime solfato K	2	11.12.86	90,00	2.003,15	
Concime N entec	2	11.12.86	90,00	2.003,15	
<b>Totale spesa</b>				<b>9.300,00</b>	

Figura 62: Costi di impianto erba medica

<b>COSTI DI GESTIONE POST IMPIANTO MEDICAIO</b>					
Tipologia lavoro	q/ha	Superficie ha	Costo unitario €	Tot. spese €	q. totali
			€11.12.86		
Irrigazione		11.12.86	300,00	3.338,58	
Concimazione N	2	11.12.86	90,00	2.003,148	
Sfalcio/andatura		11.12.86	40,00	445,14	
Imballaggio	150	11.12.86	8,00/q	13.354,32	
Carico e trasporto	150	11.12.86	2,00	3.338,58	
<b>Totale spesa</b>				<b>22.481,00</b>	
Prod. erba medica anno	150	11.12.86			1.669,29
<b>PLV erba medica q</b>	150	11.12.86			<b>1.669,29</b>
<b>Prezzo medio vendita erba medica</b>			25,00 €/q		
<b>Ricavi vendita Erba Medica EURO</b>			<b>41.732,25</b>		

Figura 63: Costi di gestione impianto erba medica

<b>COSTI DI IMPIANTO APIARIO E PRODUZIONE MIELE</b>					
Tipologia lavoro	N	Costo unitario	Costo totale	Prod. Miele kg	kg totali
Arnia IDB completa	50	180,00	9.000,00	30	1500
FAMIGLIE API	50	80,00	4.000,00		
Affumicatore	2	25,00	50,00		
Maschera apicoltura	2	25,00	50,00		
Tutta e guanti	2	75,00	150,00		
Attrezzi vari	x	150,00	150,00		
Smelatore, tavolo, leggio, maturatore, ecc.			3.000,00		
<b>Totale spesa</b>			<b>16.400,00</b>		
<b>PLV MIELE q</b>			<b>15,00</b>		
<b>Prezzo medio vendita miele</b>			<b>8,00 €/kg</b>		
<b>Ricavi vendita miele EURO</b>			<b>12.000,00</b>		

Figura 64: Costi impianto apiario

Per uniformare al medicaio i calcoli, proietteremo il costo di ammortamento dell'apiario in 5 anni, tenendo in considerazione che, comunque, la vita media di un'arnia in legno è di 10 anni e quella delle attrezzature in acciaio inox teoricamente infinita. Si deve inoltre considerare che il costo medio annuo inclusa la manodopera per la gestione di un'arnia, utilizzando il metodo dell'apicoltura stanziale, incluse le attività di smielatura, è di euro 2.500.

In definitiva si riassume nel seguente prospetto quanto sopra menzionato:

**UTILI AZIENDALI TOTALI ANNUI :**

foraggiere annuali: 9.181,00 €

erba medica : 17.392,00 €

apicoltura : 6.220,00 €

**TOTALE UTILI AZIENDALI ANNUI DA ATTIVITA' AGRICOLA: 32.793,00 €**

Nel calcolo non sono stati inseriti gli incentivi alle attività agricole previsti dalla PAC

Dalla disamina delle superfici interessate dalla trasformazione, riportate in tabella, risulta che la superficie libera dedicata alle colture erbacee e cerealicole è di 22.51.19 ha. A questa superficie si dovranno aggiungere le superfici dedicate alle colture arboree: olivo da olio 02.61.85 ha, vite da vino 03.81.04 ha, asparagi 00.48.72 ha.

DESCRIZIONE	Superficie (mq)
Area impianto	415.350
Area pannelli a mezzogiorno	75.570
Altri component FV	500
Area verde (Corridoi ecologici)	40.000
Camminamenti	5.000
Superficie coltivata foreggere + erba medica	225.119

**Tabella 1: Superfici agrarie e requisiti dei sistemi agrivoltaici**

## 7.2 Rispondenza del progetto proposto ai requisiti di cui alle linee guida in materia di impianti agrivoltaici del MITE

### 7.2.1 Premessa

L'impianto agrivoltaico proposto dalla AV Sanluri Srl può, a ragione, è "un impianto fotovoltaico, che nel rispetto dell'uso agricolo e/o zootecnico del suolo su cui insiste, ne mantiene la continuità degli usi integrandoli e supportandoli, contribuendo così ad ottimizzare l'uso del suolo stesso con ricadute positive sul territorio in termini occupazionali, sociali ed ambientali."

In questa ottimizzazione di uso del suolo (produzione congiunta di food e di energia elettrica solare), Il ruolo prioritario dell'attività agricola è stato opportunamente definito, garantendone la continuità con quantitativi definiti e non generici, per evitare che in una ricerca di ottimo, senza vincoli, il risultato finale subordinasse la coltivazione alla produzione energetica.

Però, pur nella priorità della produzione di cibo (agricoltura), la soluzione progettuale scelta non ha marginalizzato l'utilizzo di suolo per una produzione elettrica, ma ha permesso di arrivare ad una soluzione che unisce la produzione di cibo (agricoltura) e di energia rinnovabile (fotovoltaico), in una sinergia collaborativa da cui entrambi ne traggono beneficio, evitando il "consumo di suolo", ovvero il depauperamento di quella risorsa non rinnovabile che è il suolo agricolo-

In definitiva il progetto Agrivoltaico qui proposto ha:

- mantenuto la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale;
- adottato soluzioni tecnologiche innovative per coniugare nel modo migliore le istanze agronomiche e quelle di produzione energetica;
- realizzato sistemi di monitoraggio che verifichino i risultati agronomici su colture, gestione idrica e produzione di food e energia elettrica.

In questa concezione di agrivoltaico l'attività dell'azienda agricola risulta essenziale.

L'azienda, che già conduceva precedentemente i terreni agricoli interessati al nuovo progetto, dovrebbe non solo continuare a gestire la parte colturale del progetto, ma dovrebbe indirizzarsi ad una agricoltura di precisione con lo scopo 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 gli eventuali danni ambientali ed elevare gli *standard* qualitativi dei prodotti agricoli.

Si tratta in realtà, di una soluzione di "solar sharing", in quanto la risorsa radiativa proveniente dal sole viene ripartita fra il processo di coltivazione e quello di generazione energetica.

L'associazione tra impianto fotovoltaico di nuova generazione (avanzato) e l'attività agricola (Agricoltura di precisione) rappresenta la soluzione innovativa dell'impiego del suolo che trova giustificazione nel maggiore output energetico (LER, Land Equivalent Ratio) complessivamente ottenuto dai due sistemi combinati rispetto alla loro realizzazione individuale.

Si ricorda che il LER è un concetto di derivazione agronomica che descrive la frazione relativa della superficie agricola richiesta dalle coltivazioni in monocoltura affinché forniscano la stessa produzione delle medesime colture, ma realizzate in consociazione fra loro.

La proposta agrivoltaica presentata, si basa sull'assunto che l'utilizzo simultaneo di una stessa superficie, per fini diversi, consente di aumentare il Rapporto di Suolo Equivalente (Land Equivalent Ratio rispetto all'impiego della stessa superficie per un'unica produzione (Fraunhofer, 2020; Valle et al., 2017) come riportato in figura seguente.

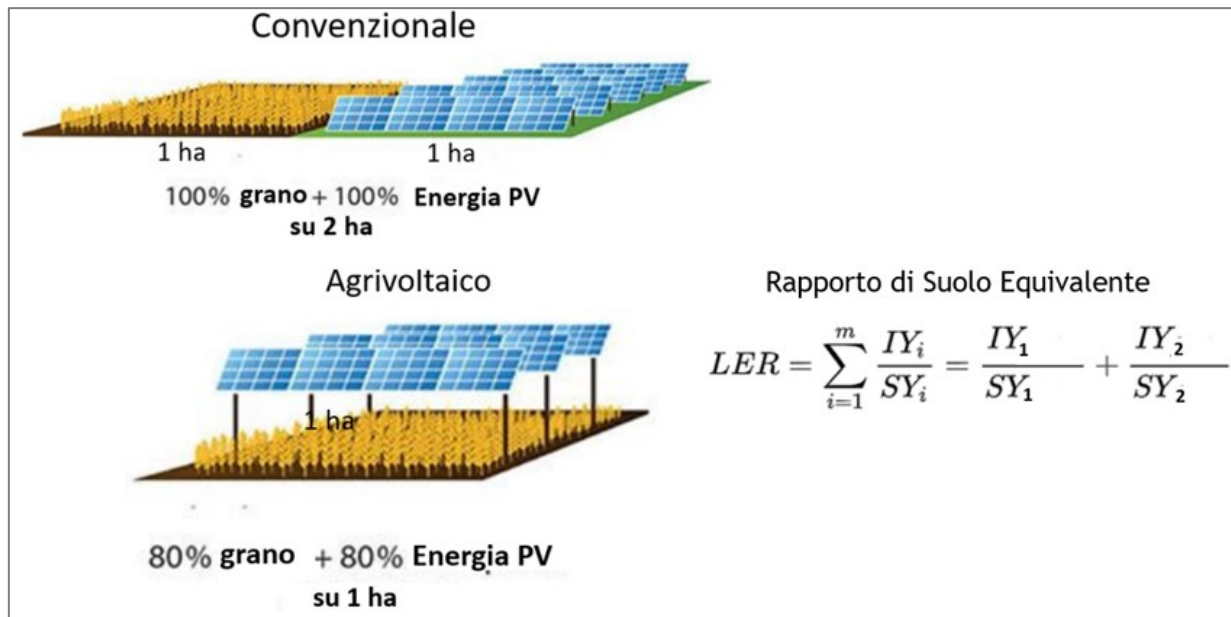


Figura 65

La tabella che segue rappresenta il LER rapportato in termini economici, in quanto, l'impianto APV viene considerato come un'attività agricola effettuata in consociazione, in grado di fornire un reddito.

La tabella fornisce i valori di resa per uno scenario ipotetico di consociazione di una coltura di grano con un impianto fotovoltaico, come è deducibile dalle banche dati esistenti.

Prodotto		Singolo		Consociato	Area equivalente LER
		SY	ha	IY	LER
1	Grano	3 q/ha	1	2,4 q/ha	0,8
2	Energia PV	0,6 Gwh	1	0,48 Gwh	0,8
<b>Rapporto di Suolo Equivalente</b>					<b>1.6</b>

Tabella 2

La colonna 2 e la colonna 3 riportano rispettivamente le rese per singolo (SY) e le rese per consociazione (IY), mentre la terza colonna riporta il Rapporto di Suolo Equivalente che calcola l'area di terreno coltivato esclusivamente necessaria per ottenere la stessa resa di 1 ettaro di consociazione, allo stesso livello di gestione.

il Rapporto di Suolo Equivalente (LER) è calcolato mediante:

$$LER = \sum_{i=1}^m \frac{IY_i}{SY_i} = \frac{IY_1}{SY_1} + \frac{IY_2}{SY_2}$$

$$= 0,8 + 0,8 = 1,6$$

Quindi 1 ha di consociazione, considerando l'impianto APV, equivale in termini produttivi a 1.6 ha di attività singole (il LER risulta essere positivo quando è maggiore ad 1).

Dupraz (2011) ha dimostrato come l'agrivoltaico rappresenti una soluzione valida e innovativa per superare la competizione rispetto all'uso del suolo.

Diversi studi, mirati alla valutazione tecnica economica di questo sistema (Schindele et al., 2020) e all'analisi della compatibilità tra la coltivazione agraria e l'installazione di pannelli in molteplici casi reali (Aroca-Delgado et al., 2018), dimostrano come l'agrivoltaico aumenti l'efficienza d'uso del suolo, consentendo la coltivazione e la produzione di energia in simultanea, sfruttando la sinergia tecno-ecologica-economica dei due sistemi.

Secondo uno studio dell'*Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile* (ENEA), infatti, gran parte del terreno al di sotto dei pannelli solari (fino al 80-90% nei casi più virtuosi) può essere lavorato con le comuni macchine agricole. I vantaggi in termini di consumo di suolo sono perciò evidenti e promettenti.

In questi termini, l'agrivoltaico rappresenta una *“nuova opportunità in ambito agricolo laddove, tramite modelli “win-win”, si esaltino le sinergie tra produzione agricola e generazione di energia”*

Si riportano, in sintesi, i risultati ottenibili con questo tipo di approccio progettuale (Marrou H. et al., 2013; Weselek A. et al., 2019):

- 1) **sinergia dei risultati:** è possibile conseguire esiti produttivi ed economici che sono superiori alla semplice somma dei risultati che potrebbero essere ascritti alle soluzioni semplici, ossia singolarmente od isolatamente applicate (indice LER, Land Equivalent Ratio) superiore all'unità;
- 2) **ottimizzazione della scelta culturale:** attraverso una razionale ed efficace individuazione delle colture agrarie e/o attività zootecniche che possano manifestare la piena espressione del risultato produttivo atteso;
- 3) **diversificazione del sistema agro-ecologico:** coltivazione in regimi non convenzionali (quali biologico, agricoltura conservativa, agricoltura sostenibile) finalizzata al raggiungimento di obiettivi di compatibilità ambientale e sostenibilità ecologica sommati a indirizzi di diversificazione ecologica (“greening”) mediante la realizzazione di plurimi elementi d'interesse ecologico (“ecological focus area”) ed elementi caratteristici del paesaggio, per costituire una sorta di “rete ecologica” aziendale capace di connettersi a quella territoriale mediante la realizzazione di fasce tampone, margini inerbiti, siepi arboreo-arbustive ed altre infrastrutture ecologiche;
- 4) **coerenza con gli orientamenti normativi nazionali e comunitari:** leggi n.34,51 e 91 del 2022, L. 108 del 2021, Green Deal, PNIEC, PTE, Repower EU;
- 5) **creazione di un nuovo modello paesaggistico:** grazie alla gamma di miglioramenti ambientali, alla rifunzionalizzazione di tipo agro-ecologico, nonché all'adozione di un design impiantistico che permette di coniugare con successo la disponibilità delle risorse con le esigenze della società attuale.

### 7.2.2 Verifica del rispetto dei requisiti (Linee Guida in materia di Agrivoltaici)

Per dimostrare il rispetto dei requisiti di cui al paragrafo 3.3, si riportano di seguito le misure delle superfici ricavate dagli elaborati di progetto calcolate in base ai criteri indicati nelle Linee Guida.

#### VERIFICA DEL RISPETTO DEI REQUISITI A1 E A2

Per dimostrare il rispetto dei suddetti parametri, si riportano di seguito le misure delle superfici ricavate dagli elaborati di progetto calcolate in base ai criteri indicati nelle Linee Guida:

- La superficie totale (Stot) è pari a 415.350 ha;
- La superficie per l'attività agricola (Sagricola) è pari a 294.280 ha;
- La superficie occupata dai moduli (Spv) è pari a 75.570 ha.

Ne consegue che entrambi i criteri sono soddisfatti, come si evince dalla seguente tabella.

N. Requisito	Requisito	Impianto in progetto
A.1	Sagricola/Stot > 70%	70,9%
A.2	LAOR (Spv/Stot) < 40%	18,19%

Tabella 3: Rispetto Requisito A

#### VERIFICA DEL RISPETTO DEI REQUISITI B1 E B2

Il rispetto del Requisito B.1 (Continuità dell'attività agricola) e del Requisito B.2 (Producibilità elettrica minima) è riportato in tabella seguente:

N. Requisito	Requisito	Impianto in progetto
B.1	Continuità dell'attività agricola	<p><u>L'esistenza e la resa della coltivazione</u>: nei terreni oggetto di intervento attualmente vengono praticate varie coltivazioni arboree, ortive, foraggere e grane. L'avvicendamento e la scelta delle colture erbacee viene regolata dall'andamento climatico stagionale e da una sommaria ricerca di mercato attuata sulle realtà locali. Per l'analisi delle colture attualmente praticate si rimanda a quanto approfondito nella Relazione Agronomica, a corredo dell'istanza di VIA.</p> <p><u>Il mantenimento dell'indirizzo produttivo</u>: Il piano colturale previsto nel progetto agrivoltaico prevede il passaggio dall'attuale indirizzo produttivo praticato sull'area, caratterizzato dalle coltivazioni ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato. La coltivazione verrà praticata nell'interfila tra i tracker e nelle aree perimetrali non occupate. Verrà elaborato un adeguato Piano di Monitoraggio che permetterà la verifica del requisito dell'attività agricola, come sarà illustrato successivamente. Si rimanda a quanto approfondito nella Relazione Agronomica, a corredo dell'istanza di VIA.</p>
B.2	$(FV_{agri} \geq 0,6 \times FV_{standard})$	<p><math>FV_{standard} = 0,846 \text{ GWh/ha/anno}</math>  <math>FV_{agri} = 0,815 \text{ GWh/ha/anno}</math>  <math>FV_{agri} / FV_{standard} = 96 \% &gt; 60\%</math></p>

Tabella 4: Rispetto Requisiti B1 e B2

#### VERIFICA DEL RISPETTO DEL REQUISITO C



Gli impianti possono essere classificati secondo di seguenti 3 tipi:

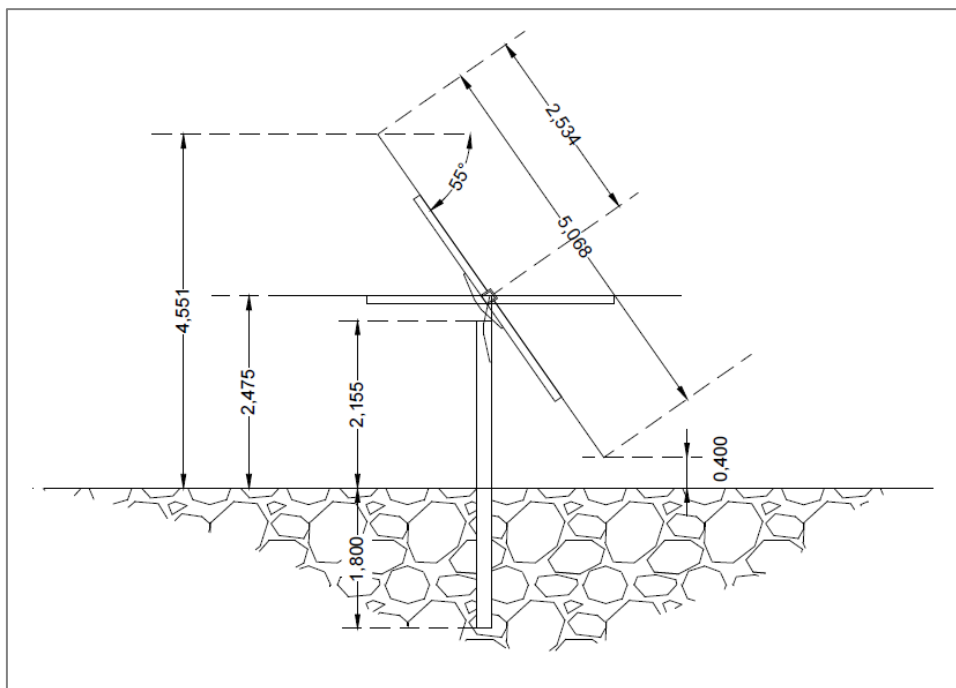
- TIPO 1): l'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole (o zootecniche) anche sotto ai moduli fotovoltaici;
- TIPO 2): l'altezza dei moduli da terra non è progettata in modo da consentire lo svolgimento delle attività agricole al di sotto dei moduli fotovoltaici;
- TIPO 3): i moduli sono disposti in posizione verticale, pertanto, non influenzano in nessun modo l'attività agricola ma influenza quella zootecnica per il passaggio degli animali sotto le fila;

Le soglie minime di altezza dei moduli da terra (l'altezza minima per le strutture fisse e la media per quelle in movimento) sono le seguenti:

- 1,3 metri nel caso di attività zootecnica (altezza minima per consentire il passaggio con continuità dei capi di bestiame);
- 2,1 metri nel caso di attività colturale (altezza minima per consentire l'utilizzo di macchinari funzionali alla coltivazione).

Affinché un impianto sia conforme al Requisito C deve ricadere nella tipologia 1 o 3.

L'impianto in progetto risponde alla tipologia 1 in quanto è prevista la coltivazione a prato per pascolo sotto i moduli che hanno una altezza media dei tracker pari a 2,47 m, pertanto, compatibile sia con l'attività agricola che quella zootecnica.



**Figura 66: Sezione struttura tracker**

Il requisito C appare quindi RISPETTATO.

**VERIFICA DEL RISPETTO DEL REQUISITO D**

Per il rispetto del requisito D si rimanda al Piano di monitoraggio agrivoltaico al paragrafo 7.3.

**VERIFICA DEL RISPETTO DEL REQUISITO E**

Al fine di rispettare il requisito E, per il monitoraggio dell'attività agricola si provvederà alla redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo, all'interno della quale verranno riportati i piani annuali di coltivazione, recanti indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, alla superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, alle condizioni di crescita delle piante, alle tecniche di coltivazione (sesto di impianto, densità di semina, impiego di concimi, trattamenti fitosanitari). Tali relazioni saranno a disposizione degli organismi di controllo e di chiunque dovesse farne richiesta.

Gli elementi da monitorare nel corso della vita dell'impianto sono:

- l'esistenza e la resa della coltivazione;
- il mantenimento dell'indirizzo produttivo;
- il recupero della fertilità del suolo;
- il risparmio idrico;
- il microclima e la resilienza ai cambiamenti climatici.

Il rispetto dei requisiti di tipo E viene riassunta nella seguente tabella:

N. Requisito	Requisito	Impianto in esame
E.1	Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo	Verranno svolte delle analisi chimico-fisiche del terreno ante operam e successivamente ogni 5 anni circa, per verificare l'andamento dei parametri chimici del suolo, compresi gli elementi nutritivi: carbonio organico, pH del suolo, calcare totale e calcare attivo, azoto totale, fosforo assimilabile e potassio assimilabile, capacità di scambio cationico (CSC), Rapporto C/N.
E.2	Monitoraggio del microclima	Verranno installate delle sonde e/o sensori che consentiranno di monitorare i principali elementi del microclima locale quali: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura;</li> <li>- Umidità relativa;</li> <li>- Irradiazione solare;</li> <li>- Velocità dell'aria.</li> </ul> Questi saranno posizionati al di sotto dei moduli e per confronto in aria limitrofa non coperta. Sarà inoltre valutata la possibilità di monitorare anche i seguenti elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>- bagnatura delle foglie;</li> <li>- radiazione solare;</li> <li>- monitoraggio insetti;</li> <li>- sensori di umidità del suolo;</li> <li>- modelli delle malattie ed alert;</li> <li>- sensori per la valutazione della vigoria delle piante.</li> </ul>
E.3	Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici	L'impronta di carbonio, cosiddetta carbon footprint, è una misura che esprime in termini di CO2 equivalente il totale delle emissioni di gas a effetto serra associate direttamente o indirettamente a un prodotto, un'organizzazione o un servizio. Il Protocollo di Kyoto indica quali gas a effetto serra l'anidride carbonica (CO2), il metano (CH4), protossido d'azoto (N2O), idrofluorocarburi (HFCs), esafluoruro di zolfo (SF6) e perfluorocarburi (PFCs). I suoli possono rappresentare una preziosa risorsa per mitigare il cambiamento climatico, nella misura in cui essi costituiscano riserva di carbonio organico, sono infatti in grado di sequestrare i gas serra presenti in atmosfera. Agire con determinazione sulle tecniche agronomiche in questo comparto agricolo può dunque costituire un valido strumento per lenire gli effetti negativi dei cambiamenti climatici. Il monitoraggio previsto consentirà di valutare i benefici conseguiti dal piano culturale previsto, in termini di CO2 equivalente, rispetto al precedente piano culturale.

N. Requisito	Requisito	Impianto in esame
		Inoltre la presenza delle sonde/sensori meteorologici consentiranno di valutare localmente gli eventuali incrementi di temperatura e il regime delle precipitazioni.

Tabella 5: Verifica del rispetto dei requisiti E

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'impianto fotovoltaico realizzato su terreno agricolo, proposto nel presente progetto, rispetta i requisiti minimi A, B, C, D come innanzi dimostrato, e pertanto può essere definito "impianto agrivoltaico avanzato" ai sensi delle Linee guida in materia di impianti agrivoltaici – giugno 2022- redatte dal MITE.

L'esigenza di produrre energia rinnovabile è oggi quanto mai sentita per ridurre gli effetti negativi dell'inquinamento e del cambiamento climatico legati all'utilizzo di energie fossili.

L'associazione tra impianto fotovoltaico di nuova generazione (ad inseguimento solare) e l'attività agricola rappresenta una soluzione innovativa dell'impiego del territorio che trova giustificazione nel maggiore output energetico (LER, Land Equivalent Ratio) complessivamente ottenuto dai due sistemi combinati rispetto alla loro realizzazione individuale.

Attraverso la scelta di una idonea coltura, tollerante al parziale ombreggiamento generato dai pannelli fotovoltaici, è possibile migliorare la produttività agricola e la conseguente marginalità valorizzando tutta la superficie del suolo sotto ai pannelli solari per scopi agricoli.

La differenza delle coltivazioni presenti in fase ante miglioramento fondiario, la scelta di coltivare una unica coltura come il mais consente di valorizzare l'intera superficie agricola generando maggiori e migliori raccolti maggiormente remunerabili perché derivanti da una azienda che si specializza associata poi all'impianto agrivoltaico permette di aumentare la biodiversità preservando la sostanza organica e la struttura dei suoli.

Sebbene siano diverse le colture realizzabili all'interno di un impianto agri-voltaico e con marginalità spesso comparabile, la scelta del mais consente di raggiungere contemporaneamente più obiettivi, oltre alla convenienza economica, già evidenziata:

- conservazione della qualità dei corpi idrici;
- aumento della sostanza organica dei terreni;
- minor inquinamento ambientale da utilizzo di fitofarmaci;
- minor consumo di carburanti fossili;
- aumento della biodiversità vegetale e animale;
- creazione di un ambiente idoneo alla protezione delle api,
- raggiungendo così il massimo dei benefici, come indicato dall'analisi costi- benefici multicriterio.

Durante il periodo estivo l'impianto fotovoltaico offre protezione dal vento, contro l'allettamento delle colture, riduce il consumo di acqua e riduce gli eccessi di calore sempre più frequenti in un contesto di cambiamento climatico, agendo da moderno sistema di ombreggiamento, analogamente a quanto svolto dalle siepi e dalle alberature.

La realizzazione aggiuntiva delle siepi perimetrali con specie arbustive ed arboree costituisce un ulteriore importante elemento di arricchimento paesaggistico e un corridoio ecologico per la fauna selvatica, nonché dei validi sistemi di intercettazione di nutrienti e fitofarmaci provenienti dai campi coltivati.

### 7.3 Piano di monitoraggio agrivoltaico

Gli obiettivi del presente piano e delle conseguenti attività che lo caratterizzano sono rappresentati da:

- verifica dello scenario ambientale e caratterizzazione delle condizioni ambientali (scenario di base) da confrontare con le successive fasi di monitoraggio mediante la rilevazione dei parametri caratterizzanti lo stato delle componenti ambientali e le relative tendenze in atto prima dell'avvio dei lavori per la realizzazione dell'opera (monitoraggio *ante operam* o monitoraggio dello scenario di base);
- verifica delle previsioni degli impatti ambientali e delle variazioni dello scenario di base mediante la rilevazione dei parametri presi a riferimento per le diverse componenti ambientali soggette ad un impatto significativo a seguito dell'attuazione dell'opera nelle sue diverse fasi (monitoraggio degli effetti ambientali in corso d'opera e *post operam* o monitoraggio degli impatti ambientali); tali attività consentiranno di:
  - verificare l'efficacia delle misure di mitigazione previste nello SIA per ridurre la significatività degli impatti ambientali individuati in fase di cantiere e di esercizio;
  - individuare eventuali impatti ambientali non previsti o di entità superiore rispetto alle previsioni contenute nello SIA e programmare le opportune misure correttive per la loro gestione/risoluzione;
- comunicazione degli esiti delle attività di cui ai punti precedenti (alle autorità preposte ad eventuali controlli, al pubblico).

#### 7.3.1 Modalità temporale di espletamento delle attività di monitoraggio agrivoltaico

Il Progetto di Monitoraggio agrivoltaico si articola in tre fasi temporali di seguito illustrate:

- Fase 1: monitoraggio ante operam  
Si procederà a: analisi delle caratteristiche climatiche e fisiche dei terreni dell'area di studio tramite la raccolta e organizzazione dei dati meteorologici e fisici rilevati.
- Fase 2: monitoraggio in corso d'opera  
Tale momento riguarda il periodo di coltivazione dell'annata agraria ed inizia dalle prime lavorazioni del terreno fino alla raccolta. È la fase che presenta la maggiore variabilità in quanto strettamente legata all'avanzamento della coltura. Le indagini saranno condotte per tutta la durata del ciclo produttivo.
- Fase 3: monitoraggio post operam  
Comprende le fasi che vanno dal post raccolta fino alle lavorazioni preliminari per la nuova annata agraria; prevede uno studio del terreno post coltivazione ed una fase di bioattivazione, utile per ripristinare le caratteristiche idonee al terreno per accogliere la nuova coltura.

#### 7.3.2 Identificazione degli impatti da monitorare

Il presente piano prevede attività *ante operam* e *post operam* e soprattutto attività di monitoraggio espletate durante la vita dell'impianto e della produzione agricola attraverso:

- monitoraggio della componente biologica: con l'utilizzo di tecniche di monitoraggio e analisi avanzate sarà possibile studiare le variazioni della fertilità del suolo;
- monitoraggio parametri microclimatici;
- monitoraggio suolo;
- monitoraggio della coltura.

### 7.3.3 Componenti ambientali da monitorare

Lo scopo del monitoraggio delle componenti ambientali è quello di consentire una parametrizzazione continua degli elementi microclimatici e chimico-fisici che possono essere influenzati o che possono influenzare le attività di produzione elettrica e agricola.

#### MICROCLIMA

I valori rilevati saranno archiviati e organizzati in report mensili e saranno inviati trimestralmente all'ARPA e ai Comuni interessati, nonché alle associazioni di categoria che manifestano interesse.

Saranno quindi parametrati i seguenti elementi:

- Temperatura;
- Umidità relativa;
- Irradiazione solare;
- Velocità dell'aria.

Sarà inoltre valutata la possibilità di monitorare anche i seguenti elementi:

- bagnatura delle foglie;
- radiazione solare;
- monitoraggio insetti;
- sensori di umidità del suolo;
- modelli delle malattie ed alert;

Alla parametrizzazione dei valori microclimatici si affianca contemporaneamente la parametrizzazione dei valori chimico-fisici del terreno.

#### Scopo e modalità di osservazione e campionamento

Il monitoraggio ambientale è un complesso processo che comprende osservazione, misurazione e raccolta di dati relativi ad un determinato ambiente per rilevarne i cambiamenti.

L'obiettivo, sulla base dei dati dello SIA, è di verificare l'effettivo impatto di un'opera in costruzione e garantire la corretta gestione di eventuali problematiche in relazione all'ambiente che possono manifestarsi durante le varie fasi di costruzione, esercizio e dismissione.

Il monitoraggio ambientale è definito dalla *European Environment Agency* (EEA) come *"la misurazione, valutazione e determinazione di parametri ambientali e/o di livelli di inquinamento, periodiche e/o continue allo scopo di prevenire effetti negativi e dannosi verso l'ambiente"*.

I punti di campionamento e controllo saranno univocamente individuati in una planimetria di monitoraggi e controlli da redigere e rendere disponibile prima dell'organizzazione del cantiere. Il rilevamento sarà eseguito con osservazioni dirette o con l'impiego delle centraline.

Oltre che alle funzioni cui è vocato ai sensi del disposto del D.Lgs.152/2006 e s.m.i., il piano di monitoraggio ha anche l'obiettivo di monitorare i dati produttivi della produzione elettrica e agricola e di minimizzare l'uso delle risorse ambientali.

La raccolta dei dati meteo consente anche di analizzare la produzione elettrica e agricola in funzione delle variabili climatiche. L'impiego dei sensori meteo-climatici consente di ottenere i dati di evapotraspirazione (ETP) relativi alle colture e di ottenere quindi il fabbisogno idrico effettivamente necessario (litri per metro quadro, o millimetri di pioggia equivalenti).

Le sonde di umidità del suolo, adatte ad ogni tipo di terreno e posizionabili nei vari settori irrigui tramite unità wireless IoT a batteria, forniscono una misura immediata sul contenuto di acqua a livello dell'apparato radicale.

I sensori, unitamente alla analisi chimico-fisiche del terreno, forniscono informazioni previsionali sulle fasi di sviluppo e di rischio di infezione per alcune delle principali colture.

Le rilevazioni in campo, associati a software specializzati, costituiscono un sistema semplice di supporto alle decisioni per la difesa fitosanitaria ed i modelli forniscono informazioni chiare ed immediate sul rischio di infezione e sulla fase di sviluppo dei principali patogeni.

La localizzazione dei punti d'indagine è definita in maniera specifica per singola componente da osservare, in relazione ai contenuti della SIA e in generale in relazione a:

- ordine di grandezza quali-quantitativo,
- probabilità di avveramento dell'evento da monitorare;
- stima della durata e della frequenza dell'evento;
- reversibilità e complessità dell'evento;
- estensione territoriale delle aree di indagine;
- criticità del contesto ambientale e territoriale.

I dati così rilevati e archiviati saranno disponibili su dispositivi digitali e quindi facilmente reperibili e consultabili e verranno archiviati e organizzati in report mensili, inviati annualmente all'ARPA, ai Comuni interessati, nonché alle associazioni di categoria e a chiunque ne faccia richiesta.

#### Parametri microclimatici

Tenendo in considerazione la morfologia dell'impianto, per il monitoraggio dei parametri microclimatici si ritiene sufficiente collocare due stazioni di rilevamento climatico per ogni lotto di impianto, con integrati:

- pluviometro;
- termoigrometro;
- anemometro;

saranno allo scopo posizionati uno a monte e l'altro a valle in funzione del vento dominante che per il sito in questione sono quello di Scirocco e di Grecale. Le stazioni di rilevamento mediante:

- sensore rilevamento radiazione solare globale
- sensore rilevamento raggi ultravioletti

consentono di rilevare la temperatura al di sopra della superficie dei pannelli nonché la temperatura dell'aria.

Inoltre, si provvederà a rilevare l'umidità relativa a livello del suolo. Il rilevamento sarà effettuato a livello del suolo, a valle dell'impianto (secondo i venti dominanti) ad una distanza dal perimetro dell'impianto pari al doppio dell'altezza dei pannelli fotovoltaici.

Le stazioni saranno dotate di sistema di acquisizione dati e in particolare saranno dotate di: unità di controllo principale, per visualizzare numerose variabili; data logger per l'acquisizione in continuo e su tempi prolungati dei dati da monitorare; software che gestisce e coordina l'acquisizione dati e loro successiva elaborazione stampante, cui viene direttamente collegata la centralina sonde.

#### **SUOLO E SOTTOSUOLO**

L'agricoltura 4.0 ha l'obiettivo di massimizzare le produzioni agricole, riducendo i costi ambientali e di produzione, attraverso un processo di controllo "pieno" delle variabili del sistema, atto ad ottimizzare l'utilizzo delle risorse aziendali e naturali.

Tale approccio si realizza mediante l'utilizzo integrato, su piattaforme digitali, delle più recenti tecnologie di monitoraggio basate sull'utilizzo di sensori (puntuali, misure continue), o approcci di proximal e remote sensing (informazioni spazializzate discontinue). Queste informazioni, una volta raccolte ed analizzate, consentono di dare indicazioni sullo stato della coltura e sui possibili interventi da realizzare.

A prescindere dalle tecnologie applicate, le risposte colturali dei sistemi agricoli monitorati sono frutto delle relazioni che intercorrono tra le componenti suolo, pianta ed atmosfera di tali sistemi. Relazioni che variano nello spazio e nel tempo, e che, alla scala locale a parità di colture e gestione, sono fortemente dipendenti dalla variabilità spaziale della componente suolo.

Tale componente, attraverso la variabilità verticale ed orizzontale (es. sequenza e tipologia di orizzonti pedogenetici, spessore, proprietà fisiche e chimiche etc..), rappresenta un fattore estremamente determinante nella variabilità spaziale della risposta colturale influenzando di fatto le scelte sia in termini di set-up dei sistemi di monitoraggio che di gestione del campo.

In questa presentazione l'importanza e l'impatto della conoscenza del suolo nella sua variabilità verticale ed orizzontale sarà discussa come elemento di conoscenza fondamentale per migliorare le performances dell'uso di sistemi digitali dedicati all'Agricoltura 4.0.

Nell'elaborazione del progetto preliminare, il suolo è stato analizzato in fase di preimpianto e verrà nuovamente analizzato a cadenza annuale per i primi 5 anni per monitorare l'evoluzione strutturale, la bioattivazione e la capacità di scambio cationico.

In fase di esercizio la temperatura ed il pH verranno costantemente monitorati tramite l'ausilio di stazioni meteo e sonde di temperature e di umidità, installate ad una profondità di 15 cm, 30 cm e 45 cm nel suolo.

Successivamente ogni 5 anni verrà analizzato un campione di terra proveniente da ogni singolo lotto, utilizzando il metodo di campionamento non sistematico ad X: saranno scelti i punti di prelievo lungo un percorso tracciato sulla superficie, formando delle immaginarie lettere X, e saranno prelevati diversi campioni elementari (quantità di suolo prelevata in una sola volta in una unità di campionamento) ad una profondità di circa 40 cm, tale da raggiungere lo strato attivo del suolo, ovvero quello che andrà ad ospitare la maggioranza delle radici.

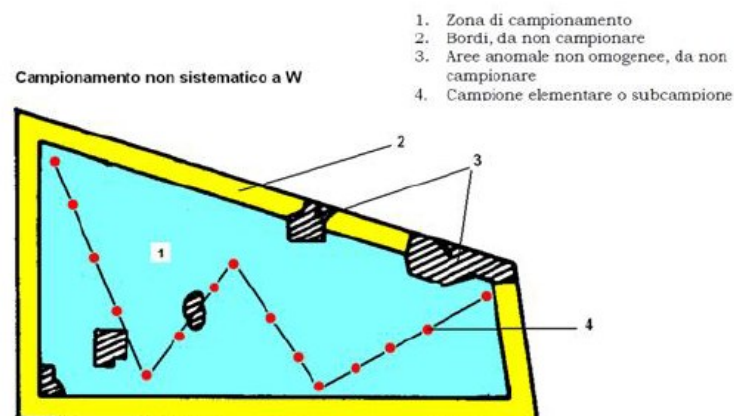


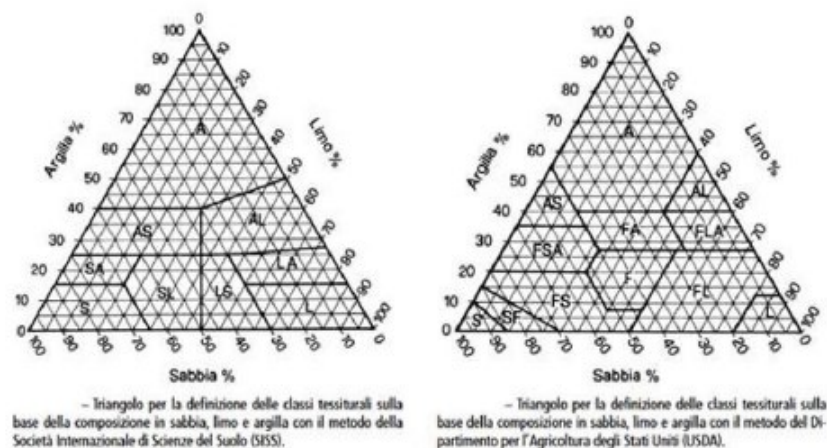
Figura 67: Modalità di campionamento

### Parametri chimico-fisici del terreno

Le analisi chimico-fisiche forniranno informazioni relative alla tessitura che viene definita in base al rapporto tra le varie frazioni granulometriche del terreno quali sabbia, limo e argilla. Considerato che le diverse frazioni granulometriche sono presenti in varia percentuale nei diversi terreni, essi prenderanno denominazioni differenti: terreno sabbioso, sabbioso- limoso, franco sabbioso, franco sabbioso argilloso ecc.



Tale valore è responsabile e determina la permeabilità e la capacità di scambio cationico del suolo.



**Figura 68: Classificazione dei suoli in base alla tessitura**

Si valuterà la possibilità di eseguire anche delle analisi chimico-fisiche per ricercare anche la presenza di metalli pesanti e metalloidi nel suol, nel dettaglio:

- |                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| <b>1. ANTIMONIO</b> | <b>8. NICHEL</b>   |
| <b>2. ARSENICO</b>  | <b>9. PIOMBO</b>   |
| <b>3. BERILLIO</b>  | <b>10. RAME</b>    |
| <b>4. CADMIO</b>    | <b>11. SELENIO</b> |
| <b>5. COBALTO</b>   | <b>12. STAGNO</b>  |
| <b>6. CROMO</b>     | <b>13. VANADIO</b> |
| <b>7. MERCURIO</b>  | <b>14. ZINCO</b>   |

La campionatura dovrà essere effettuata in conformità con quanto previsto nell'allegato 1 del Decreto Ministeriale 13/09/1999, pubblicato in Gazzetta Ufficiale Suppl. Ordin. N° 248 del 21/10/1999.

La frazione superficiale (*top-soil*) deve essere prelevata a una profondità compresa tra 0 e 20 cm e la frazione sotto superficiale (*sub-soil*) a una profondità compresa tra 20 e 60 cm.

Ogni campione dovrà essere eseguito con 3 punti di prelievo o aliquote, distanti planimetricamente tra loro, minimo 2,5 mt e massimo 5 mt, ottenuti scavando dei mini profili con trivella pedologica manuale, miscelati in un'unica aliquota. Il campione *top-soil* sarà quindi l'unione di 3 aliquote *top-soil* e il campione *sub-soil* sarà l'unione di 3 aliquote *sub-soil*, tutte esattamente georeferenziate.

A loro volta le analisi dei campioni devono essere condotte in conformità con il Decreto Ministeriale 13/09/1999. Secondo tale decreto, oltre ai parametri chimico fisici, il rapporto di analisi deve contenere una stima dell'incertezza associata alla misura, il valore dell'umidità relativa, l'analisi della granulometria e la georeferenziazione dei tre punti di prelievo che costituiscono il singolo campione.

Il prelievo e l'analisi devono essere eseguiti da laboratori accreditati secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC17025. Per la parametrizzazione dei valori chimico-fisici del terreno si prenderanno in considerazione gli elementi della seguente tabella:

Parametro	Metodo analitico	Unità di misura
tessitura	Classificazione secondo il triangolo della tessitura USDA	/
pH	Metodo potenziometrico, D.M. 13/09/99	unità pH
calcare totale	Determinazione gas volumetrica	g/kg S.S. CaCO <sub>3</sub>
calcare attivo	Permanganometria (metodo Drouineau)	g/kg S.S. CaCO <sub>3</sub>
Sostanza organica	Metodo Springler-Klee	g/kg S.S. C
CSC	Determinazione con ammonio acetato	meq/100 g S.S.
N totale	Metodi Kjeldhal	g/kg S.S. N
P assimilabile	Metodo Olsen	mg/kg S.S. P
Conducibilità elettrica	Conducibilità elettrica dell'estratto acquoso	µS/cm
K scambiabile	Determinazione con ammonio acetato	meq/100 g S.S.
Mg scambiabile	Determinazione con ammonio acetato	meq/100 g S.S.
rapporto Mg/K	Determinazione con ammonio acetato	/
Ca scambiabile	Determinazione con ammonio acetato	meq/100 g S.S.

Interpretazione della dotazione del potassio scambiabile in base alla tessitura (valori in mg/kg)

Giudizio	Terreni sabbiosi (S-SF-FS)	Terreni medio impasto (F-FL-FA-FSA)	Terreni argillosi e limosi (A-AL-FLA-AS-L)
molto basso	<50	<75	<100
basso	50-80	75-100	100-150
medio	80-150	100-250	150-300
elevato	150-250	250-350	300-450
molto elevato	>250	>350	>450

Interpretazione della dotazione delle basi di scambio in relazione alla CSC (valori espressi in %equivalenti sulla CSC)

Base di Scambio	Giudizio agronomico				
	molto basso	basso	medio	alto	molto alto
Potassio	<1	1-2	2-4	4-6	>6
Magnesio	<3	3-6	6-12	12-20	>20
Calcio	<35	35-55	55-70	>70	

Per i calcoli si ricorda che:

- 1 meq/100g di potassio equivale a 391 ppm (mg/kg) di K
- 1 meq/100g di magnesio equivale a 120 ppm (mg/kg) di Mg
- 1 meq/100g di calcio equivale a 200 ppm (mg/kg) di Ca

Si valuterà di campionare il terreno periodicamente (una volta all'anno, un campione per lotto) per la verifica del rilascio dei metalli pesanti da parte dei pannelli fotovoltaici o da parte di altri componenti dell'impianto che potrebbero contaminare il suolo agricolo. A tal scopo, ai sensi del D.P.R. n. 120/2017 Allegato 4, si valuterà di parametrare la presenza di: Arsenico, Cadmio, Cobalto, Nichel, Piombo, Rame, Zinco, Mercurio, Cromo totale, Cromo VI, Amianto, Idrocarburi C>12, BTEX, IPA.

## ACQUE E RISPARMIO IDRICO

Il monitoraggio delle acque riguarda l'ambiente idrico e in particolare il deflusso superficiale. Tre mesi prima dell'inizio del cantiere, all'interno dei singoli lotti di impianto verranno posizionati dei sensori capaci di leggere la presenza d'acqua, in postazioni georeferenziate, e verranno posizionati in maniera tale da leggere l'altezza d'acqua. In questa maniera sarà possibile determinare la stabilità del deflusso superficiale a parità di piovosità, mettendo in relazione i dati delle sonde con i pluviometri. Come indicato dalle linee guida, si procederà a monitorare l'uso della risorsa idrica a fini irrigui. In questo caso è necessario conoscere la situazione ex ante relativa ad aree limitrofe coltivate con la medesima coltura, in condizioni ordinarie di coltivazione e nel medesimo periodo, in modo da poter

confrontare valori di fabbisogno irriguo di riferimento con quelli attuali e valutarne l'ottimizzazione e la valorizzazione, tramite l'utilizzo congiunto delle banche dati SIGRIAN e del database RICA. Le aziende agricole del campione RICA che ricadono nei distretti irrigui SIGRIAN possono considerarsi potenzialmente irrigate con acque consortile in quanto raggiungibili dalle infrastrutture irrigue consortili, quelle al di fuori irrigate in autoapprovvigionamento. Le miste sono individuate con un ulteriore livello di analisi dei dati RICA-SIGRIAN.

Nel caso in cui questi dati non fossero disponibili, si potrebbe effettuare nelle aziende irrigue (in presenza di impianto irriguo funzionante, in cui si ha un utilizzo di acqua potenzialmente misurabile tramite l'inserimento di contatori lungo la linea di adduzione) un confronto con gli utilizzi ottenuti in un'area adiacente priva del sistema agrivoltaico nel tempo, a parità di coltura, considerando però le difficoltà di valutazione relative alla variabile climatica (esposizione solare).

In conclusione, dopo attenta analisi degli strumenti di pianificazione territoriale e ambientale vigente, si attesta la compatibilità con le norme e i vincoli sussistenti sul territorio. L'intervento in oggetto prevede l'uso attento delle risorse disponibili, senza alterarne i caratteri di pregio morfologici e territoriali, in vista anche della durata temporanea dell'impianto, in modo che, dopo l'esaurimento del suo ciclo vitale, l'ambiente sarà in grado di tornare alla propria situazione pregressa.