



MARZO 2024

ECENERGY SOLAR PARK 1 S.R.L.
IMPIANTO AGRIVOLTAICO COLLEGATO ALLA RTN
POTENZA NOMINALE 51,86 MW

COMUNE DI ZERFALIU (OR)

Macintorno

PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO

Relazione Idrologica e Idraulica

Progettista

Ing. Laura Maria Conti n. ordine Ing. Pavia 1726

Coordinamento

Corrado Pluchino

Paola Scaccabarozzi

Marco Corrà

Codice elaborato

3016_5461_SV_VIA_R06_Rev0_Relazione idrologica e idraulica

Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
3016_5461_SV_VIA_R06_Rev0_Relazione idrologica e idraulica	03/2024	Prima emissione	ER	PSc	L.Conti

Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Maria Conti	Progettista	Ordine Ing. Pavia 1726
Corrado Pluchino	Responsabile Tecnico Operativo	Ord. Ing. Milano A27174
Riccardo Festante	Progettazione Elettrica, Rumore e Comunicazioni	Tecnico acustico/ambientale n. 71
Paola Scaccabarozzi	Project Manager	
Marco Corrà	Coordinamento ambientale -Architetto	
Fabio Lassini	Ingegnere Idraulico	Ordine Ing. Milano A29719
Mauro Aires	Ingegnere strutturista	Ordine Ing. Torino 9583J
Sergio Alifano	Architetto	
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico	
Luca Morelli	Ingegnere Ambientale	
Raffaella Bertolini	Naturalista	
Graziella Cusmano	Architetto	
Matthew Piscedda	Perito Elettrotecnico	
Vincenzo Ferrante	Ingegnere strutturista	
Daniele Moncecchi	Ingegnere Ambientale	Ordine Ing. Sondrio A986

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com





Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Elisa Reposo	Ingegnere Ambientale	
Michele Dessì	Ingegnere Elettrico	
Stefano Corrà	Ingegnere Strutturista	
Giancarlo Carboni	Studio di Geologia Tecnica e Ambientale	
Leonardo Cuscito	Perito Agrario laureato	Periti Agrari della provincia di Bari, n° 1371
Eliana Santoro	Agronomo	
Emanuela Gaia Forni	Dott.ssa Scienze e Tecnologie Agrarie	
Chiara Caltagirone		
Federico Miscali	Tecnico competente in Acustica	iscritto al n. 145 dell'elenco regionale della Sardegna dei tecnici competenti in acustica e al n. 4017 dell'elenco nazionale ENTECA
Michele Barca	Tecnico competente in Acustica	Dott. Ing. Michele Barca iscritto al n. 337 dell'elenco regionale della Sardegna dei tecnici competenti in acustica e al n. 4180 dell'elenco nazionale ENTECA.
Stefano di Stefano	Archeologo di I Fascia	n. 4421 elenco MIC Archeologo I fascia abilitato redazione VPIA
Alessandro de Leo	Archeologo	

INDICE

1. PREMESSA	6
1.1 DATI GENERALI DI PROGETTO	6
2. DATI DI RIFERIMENTO	8
2.1 MODELLO DIGITALE DEL TERRENO (DTM).....	8
2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO	8
3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	9
3.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO	9
3.2 COPERTURA DEL SUOLO	10
3.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	11
3.3.1 Inquadramento geologico e geomorfologico.....	11
3.3.2 Inquadramento idrogeologico	15
3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO.....	15
3.4.1 Idrografia superficiale.....	15
4. STUDIO PRELIMINARE DELLA COMPATIBILITÀ E INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA DELL'AREA DI PROGETTO.....	18
4.1 PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI).....	18
4.2 PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (PSFF).....	19
4.3 PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)	20
4.4 RETICOLO IDROGRAFICO: FASCE DI PRIMA SALVAGUARDIA	21
4.5 INVARIANZA IDRAULICA.....	24
5. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI	26
5.1 CRITERI DI PROGETTAZIONE	26
5.2 DISPONIBILITÀ DI CONNESSIONE	26
5.3 LAYOUT DI IMPIANTO	26
5.4 DESCRIZIONE DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	28
5.4.1 Moduli fotovoltaici e strutture di supporto	29
5.5 CONNESSIONE ALLA RTN	30
6. STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO.....	32
6.1 CONSIDERAZIONI CLIMATICHE	32
6.2 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO.....	33
6.3 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE.....	34
6.4 IDENTIFICAZIONE DEL BACINI SCOLANTI DI PROGETTO	41
6.5 VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA)	42
6.5.1 Valutazione ante-operam.....	42
6.5.2 Valutazione post-operam	43
6.6 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO.....	44
7. OPERE IDRAULICHE	47
7.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO.....	47
8. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E LINEA DI CONNESSIONE	49
8.1 METODOLOGIA DI VERIFICA PROFONDITÀ DI SICUREZZA POSA TOC	51



8.1.1 Analisi qualitativa	51
8.1.2 Analisi quantitativa	51
8.2 IDENTIFICAZIONE E RISOLUZIONE INTERFERENZE – CAVO DI CONNESSIONE	54
8.2.1 I01	54
8.2.2 I02	55
8.2.3 I03	57
8.2.4 I04	58
8.2.5 I05	61
8.2.6 I06	62
8.2.7 I07	64
8.2.8 I08	66
8.2.9 I09	68
8.2.10 I10	69
8.2.11 I11	71
8.2.12 I12	72
8.2.13 I13	74
8.2.14 P01	75
8.3 IDENTIFICAZIONE INTERFERENZE – AREA DI IMPIANTO	76
8.4 IDENTIFICAZIONE INTERFERENZE – VIABILITÀ DI SERVIZIO	77
9. CONCLUSIONI	80

ALLEGATO

ALLEGATO 01 Planimetria regimazione acque meteoriche



1. PREMESSA

Il progetto in questione prevede la realizzazione, attraverso la società di scopo Eenergy Solar Park 1 S.r.l., di un impianto solare agrivoltaico in alcuni terreni a nord-est del territorio comunale di Zerfaliu (OR) di potenza pari a 51,86 MW su un'area catastale di circa 76,37 ettari complessivi di cui circa 65,95 ha recintati. Il presente documento costituisce la **Relazione idrologica e idraulica** del progetto in esame.

Eenergy Solar Park 1 S.r.l è una società italiana con sede legale in Italia nella città di Milano (MI). Le attività principali del gruppo sono lo sviluppo, la progettazione e la realizzazione di impianti di medie e grandi dimensioni per la produzione di energia da fonti rinnovabili.

Il progetto in esame è in linea con quanto previsto dal: "Pacchetto per l'energia pulita (Clean Energy Package)" presentato dalla Commissione europea nel novembre 2016 contenente gli obiettivi al 2030 in materia di emissioni di gas serra, fonti rinnovabili ed efficienza energetica e da quanto previsto dal Decreto 10 novembre 2017 di approvazione della Strategia energetica nazionale emanato dal Ministro dello sviluppo economico, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.

La tecnologia impiantistica prevede l'installazione di moduli fotovoltaici bifacciali che saranno installati su strutture mobili (tracker) di tipo monoassiale mediante palo infisso nel terreno.

Le strutture saranno posizionate in maniera da conferire in modo funzionale un carattere agrivoltaico all'impianto. I pali di sostegno delle strutture tracker sono posizionati distanti tra loro di 10,50 metri, compresa l'interfila in cui è collocata la viabilità di campo, la cui ampiezza è pari a 3,50 metri. Tali distanze sono state applicate per garantire la corretta integrazione fra pratiche agricole ed installazioni fotovoltaiche. Sarà utilizzata una tipologia di strutture, in configurazione 2P (two-in-portrait), composte rispettivamente da 12 (tipo 1) e 24 (tipo 2) moduli.

I terreni non occupati dalle strutture dell'impianto continueranno ad essere adibiti ad uso agricolo ed è previsto un avvicendamento colturale di graminacee e leguminose destinate all'attività zootecnica.

Il progetto rispetta i requisiti riportati all'interno delle "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici" in quanto la superficie minima per l'attività agricola è pari al 78,3% mentre la LAOR (percentuale di superficie ricoperta dai moduli) è pari al 37,2%.

La corrente elettrica prodotta dai moduli fotovoltaici sarà convertita e trasformata tramite l'installazione di inverter di stringa e di 14 Cabine di Campo. Infine, l'impianto fotovoltaico sarà allacciato, con soluzione in cavo interrato di lunghezza pari a circa 7,1 km, con tensione pari a 36 kV alla rete di Distribuzione tramite la realizzazione di una nuova Stazione Elettrica della RTN a 220/36 kV da inserire in entra-esce alla linea 220 kV "Codrongianos-Oristano".



1.1 DATI GENERALI DI PROGETTO

Nella tabella seguente sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto di progetto.

Tabella 1.1: Dati di progetto

ITEM	DESCRIZIONE
Richiedente	ECONERGY SOLAR PARK 1 S.r.l.
Luogo di installazione:	ZERFALIU (OR)
Denominazione impianto:	SANTA VITTORIA
Potenza di picco (MW _p):	51,86 MWp
Informazioni generali del sito:	Sito ben raggiungibile, caratterizzato da viabilità esistente per lo più costituita da strade bianche ben praticabili. La morfologia è piuttosto regolare.
Connessione:	Interfacciamento alla rete mediante soggetto privato nel rispetto delle norme CEI
Tipo strutture di sostegno:	Strutture metalliche in acciaio zincato tipo Tracker fissate a terra su pali.
Moduli per struttura:	n. 12 Tipo 1 (6x2)
	n. 24 Tipo 2 (12x2)
Inclinazione piano dei moduli:	+55°/- 55°
Azimut di installazione:	0°
Sezioni sito:	n. 8 denominate A, B, C, D, E ,F ,G ,H
Cabine di Campo:	n. 14 distribuite all'interno delle sezioni dell'impianto agrivoltaico
Inverter:	n. 145 Sungrow SG350HX-20A-Preliminary
Cabine di Smistamento:	n. 1 interna alla sezione A, posizionata lungo la recinzione
Cabine di Connessione:	n. 1 esterna all'impianto, posizionata in prossimità della nuova SE
Rete di collegamento:	36 kV
Coordinate (Cabina di Smistamento):	Latitudine 39.97387° N;
	Longitudine 8.70885° E



2. DATI DI RIFERIMENTO

2.1 MODELLO DIGITALE DEL TERRENO (DTM)

Attraverso il portale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) è stato ottenuto, dal progetto "Tinitaly", il modello digitale del terreno con una risoluzione spaziale 10x10 metri di tutta l'area di progetto.

È stato inoltre consultato il modello digitale del terreno reso disponibile dalla Regione Sardegna con risoluzione spaziale 10x10 metri.

Nel mese di dicembre 2023 è stata svolta una campagna investigativa topografica e fotogrammetrica, con acquisizione di dati di rilievo e fotografie tramite drone che ha interessato tutta l'area di progetto in modo completo e dettagliato. Sulla base dei dati acquisiti dalla campagna investigativa è stato ottenuto il modello DTM di dettaglio dell'area di progetto con risoluzione 0,25 metri.

2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO

I seguenti documenti sono stato utilizzati come principali riferimenti per lo studio:

- D.Lgs 152/06 e smi;
- Direttiva Comunitaria 2007/60/CE – Valutazione e gestione del rischio di alluvioni/ D.Lgs. 49/2010;
- Autorità di Bacino della Sardegna – Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI) redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998;
- Direzione generale agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna – Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Norme di Attuazione. Allegato 2 alla Delib. G.R. n. 2/8 del 20.1.2022;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) previsto dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D.Lgs. 49/2010;
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183;
- Sistemi di fognatura - Manuale di progettazione - Hoepli, CSDU;
- La sistemazione dei bacini idrografici, Vito Ferro, McGraw – Hill editore;
- Open Channel Hydraulics, Chow – McGraw – Hill editore;
- Spate Irrigation - FAO – HR Wallinford;
- Urban Drainage Design Manual pubblicato da FHWA (Federal highway administration-US Department of transportation).
- Tarquini S., Isola I., Favalli M., Battistini A. (2007) TINITALY, a digital elevation model of Italy with a 10 m-cell size (Version 1.1) [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV);
- Bischetti, Gian Battista. Linee Guida per La Progettazione Della Viabilità Agro-Silvo-Pastorale in Lombardia - Criteri Generali. Parte 1, Istituto di Idraulica Agraria dell'Università Degli Studi Di Milano, 2005.

3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

3.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO

Il progetto in esame è ubicato nel territorio comunale di Zerfaliu, in Provincia di Oristano. L'area di progetto è divisa in 8 sezioni adiacenti per 3 settori e situate a circa 0,8 km a nord ovest del centro abitato di Zerfaliu (OR).

L'intera area di progetto è divisa in tre diversi settori. Le sezioni dell'impianto presenti all'interno di essi risultano fra loro separate da diversi elementi presenti nel territorio, come avvallamenti e canali. L'intera area di progetto è localizzata a nord e ovest del fiume Tirso e circa 1 Km dalla Diga Santa Vittoria, ed è posizionata fra i due centri abitati di Zerfaliu e di Villanova Truschedu. L'area è servita della Strada Provinciale n.9 (SP9) e la maggior parte delle infrastrutture ne sono posizionate a sud; il territorio a nord dell'area è infatti di carattere rurale.

L'area di progetto presenta un'estensione complessiva catastale pari a 76,37 ettari ed un'area recintata pari a 65,95 ha.

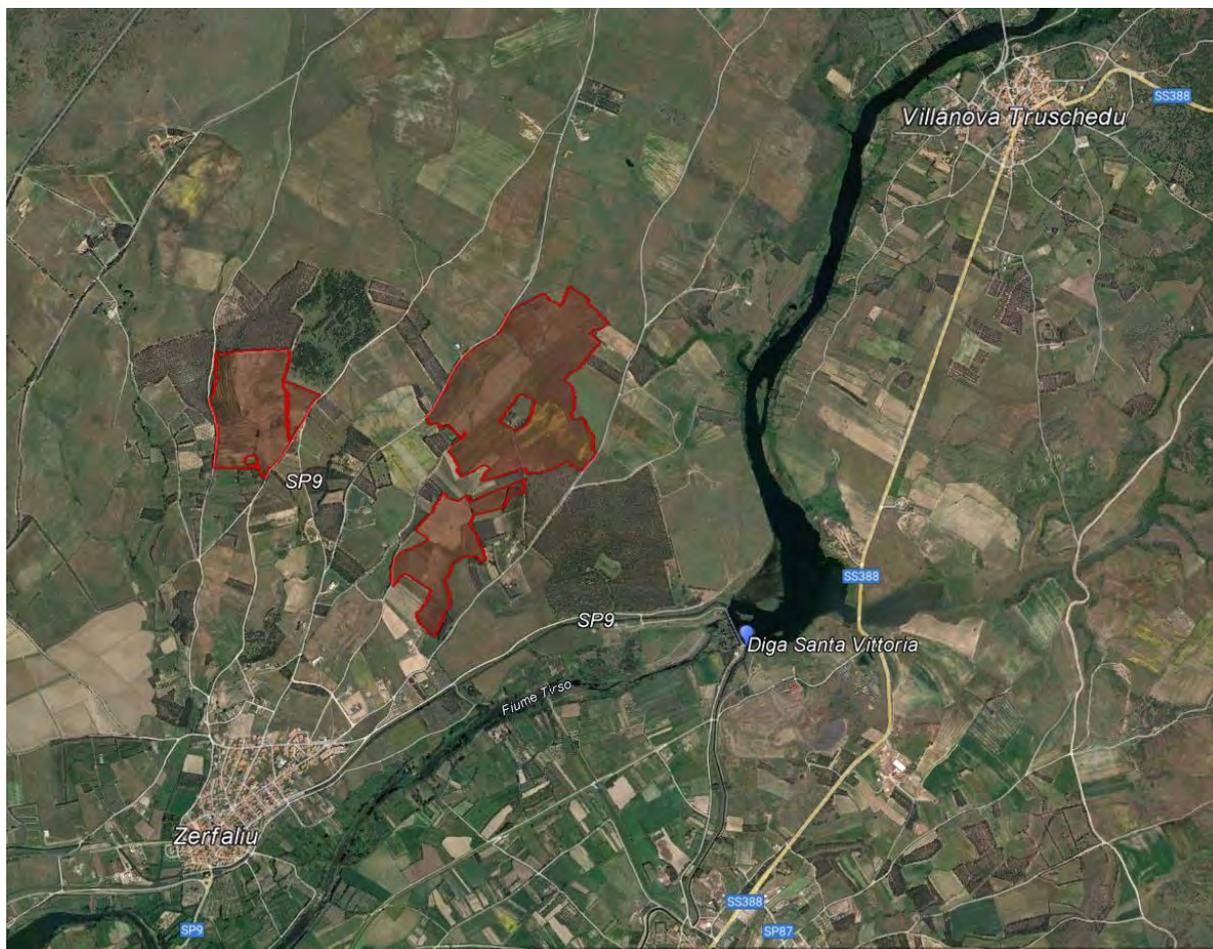
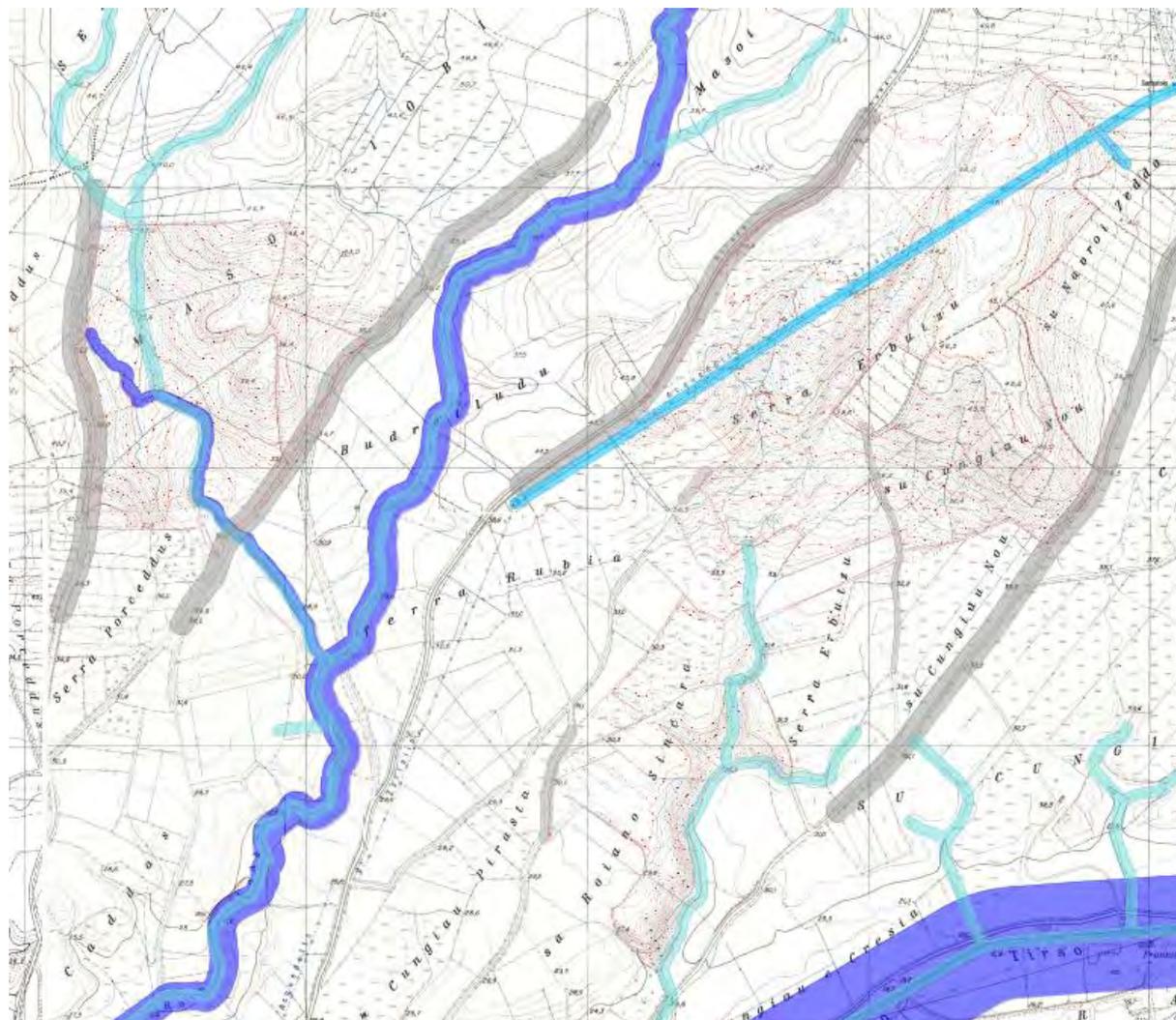


Figura 3.1 - Inquadramento aree impianto, in rosso.

L'area deputata all'installazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto risulta essere adatta allo scopo presentando una buona esposizione ed è raggiungibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

Attraverso la valutazione delle ombre si è cercato di minimizzare e ove possibile eliminare l'effetto di ombreggiamento, così da garantire una perdita pressoché nulla del rendimento annuo in termini di produttività dell'impianto fotovoltaico in oggetto.

Di seguito (Figura 3.2) si riporta uno stralcio della tavola riportante lo stato di fatto "3016_5461_SV_VIA_T01_Rev0_Stato di Fatto".



LEGENDA

-  SITO CATASTALE
-  DTM - CURVE DI LIVELLO - EQUIDISTANZA 0.25 m
-  VIABILITA' ESISTENTE
FASCIA DI RISPETTO 10 m
-  VIABILITA' ESISTENTE
FASCIA DI RISPETTO 10 m
-  RETICOLO IDRICO - FASCIA DI RISPETTO DEFINITA AI
SENSI DELL' ART. 30ter DEL P.A.I
-  TRATTA APPROVVIGIONAMENTO IDRICO
FASCIA DI RISPETTO CAUTELATIVA DI 10 m
-  RETICOLO IDRICO DELLA SARDEGNA
FASCIA DI RISPETTO 10 m

Figura 3.2: Stato di fatto dell'area di progetto

3.2 COPERTURA DEL SUOLO

Nell'ambito dello studio idrologico e del calcolo è stata valutata sia la copertura del terreno sia l'uso del suolo dell'area di ubicazione delle opere dell'impianto fotovoltaico.

Secondo il progetto CORINE Land Cover, l'area di interesse è occupata interamente da colture intensive (2111), come rappresentato in Figura 3.3.

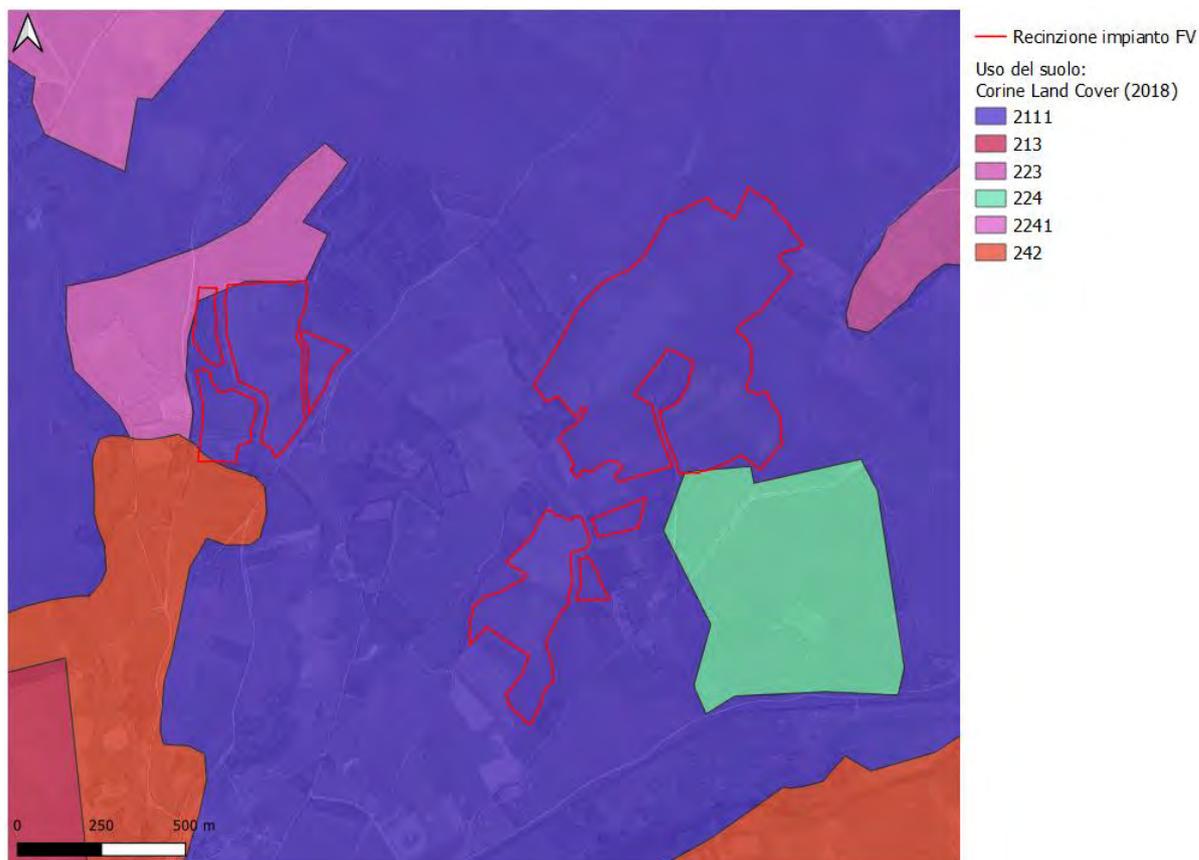


Figura 3.3: Stralcio carta uso e copertura del suolo secondo il Corine Land Cover (2018), in rosso l'area di impianto

3.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Al fine di poter affrontare in modo completo tutti gli argomenti relativi alla presente fase di progettazione, sono stati analizzati in dettaglio gli aspetti geologici-geotecnici e idrologici. Nei seguenti paragrafi sono riportati alcuni estratti, per l'analisi dettagliata si rimanda alle relazioni tecnico-specifiche "3016_5461_SV_VIA_R05_Rev0_Relazione geologica e geotecnica" e "3016_5461_SV_VIA_R06_Rev0_Relazione Idrologica e idraulica".

3.3.1 Inquadramento geologico e geomorfologico

Geologia generale dell'area vasta

La conoscenza delle caratteristiche geologiche del territorio è di fondamentale importanza per qualsiasi attività o intervento che si voglia realizzare nello stesso. Questo capitolo si caratterizza con l'inquadramento geologico generale del settore vicinale della grande conoide del Tirso, con riferimento all'area vasta della geologia generale dell'area vasta.

L'assetto geologico-strutturale dell'area in studio deriva dal risultato di quei processi che, a partire dall'Oligocene e per tutto il Miocene ed il Pliocene, a seguito della fase geodinamica di profondo mutamento orogenico e paleogeografico del Mare Mediterraneo, hanno portato all'evoluzione del rift Sardo, al suo vulcanismo e alla trasgressione marina miocenica e pliocenica (Lecca et alii, 1997 e sua bibliografia).

Alla fine dell'Oligocene e inizio Miocene (Rupeliano- Cattiano) inizia a formarsi il rift sardo, conseguente a una tettonica di tipo estensionale – trastensionale che porterà alla separazione del blocco sardo-corso



dalla placca iberica. In questa prima fase vengono riattivate delle faglie già in precedenza formatesi nella fase Ercinica che porteranno a una rototraslazione del blocco sardocorso di circa 35° verso S-SE fino a stabilirsi nella posizione attuale. La rototraslazione dura all'incirca 10 M. A. In questa prima fase inizia a formarsi un sistema di rift che attraversa tutta la Sardegna da Sud a Nord. Tale rift alla base è riempito da una sequenza vulcanica di tipo andesitico di età compresa tra i 33 e i 26 Ma associata a una tettonica estensionale. Alla fine del Burdigaliano e l'inizio del Langhiano superiore il blocco sardo-corso va a collidere con il dominio continentale della placca Apula che porterà a una tettonica di tipo compressionale e transpressiva causando le varie genesi del rift come, il bacino di Chilivani-Berchidda (Oggiano et alii, 1995). Dal Serravalliano si ha fino al Pliocene medio si ha un periodo di stasi in cui le formazioni andranno a riempire il rift. Le principali formazioni che riempiono le varie parti del Rift Sardo non sono uguali per le varie zone della Sardegna e non hanno tutte lo stesso spessore.

Dal Pliocene medio inizia una nuova fase tettonica a seguito dell'apertura del Mar Tirreno in cui si avrà la formazione di una nuova fossa che si formerà da Oristano a Cagliari. Questo periodo porterà alla formazione di due importanti complessi vulcanici, ovvero quello di Monte Arci e del Montiferru. La nuova fossa formatasi nel Pliocene tutt'oggi è ancora in fase di riempimento.

Il settore in studio ricade nel settore centro-settentrionale della piana del Campidano di Oristano, come precedentemente descritto, formata a seguito da differenti eventi tettonici e geodinamici il quale, successivamente è stato riempito da una serie di depositi sedimentari.

Inquadramento geomorfologico

Il settore studiato si trova al limite orientale della grande fascia di pianura del Campidano di Oristano, in posizione limitrofa al Fiume Tirso.

La pianura, che deriva dal colmamento di una fossa tettonica, s'interpone tra i rilievi paleozoici e terziari, riempita successivamente da sedimenti in successione cronologica.

Le alluvioni terrazzate antiche appaiono in posizione sopraelevata rispetto al resto della piana con un andamento più mosso e pendenze accentuate. I processi fluviali hanno influenzato alquanto i caratteri dei sedimenti alluvionali, originando durante i periodi climatici caratterizzati da elevata piovosità (dal Villafranchiano all'interglaciale Riss-Wurm) depositi ciottoloso-sabbiosi molto potenti, con elementi litoidi provenienti da rocce paleozoiche della media e alta valle del Tirso, talora notevolmente cementati; i periodi mediamente piovosi (post Wurm) hanno dato luogo a depositi arealmente abbastanza estesi, legati all'ultima fase del processo di riempimento della fossa Oristanese, costituiti da termini meno cementati e più classati.

Sulla base delle altezze topografiche sono stati riconosciuti tre ordini di terrazzi, situati nel settore orientale del territorio di Oristano, nella zona che funge da fascia di raccordo ai rilievi miocenici e vulcanici, affioranti immediatamente fuori il limite amministrativo di Oristano. I terrazzi sono distinguibili solo per il criterio altimetrico, mancano infatti differenze di natura litologica se si eccettua la presenza di crostoni carbonatici negli orizzonti superficiali dei terrazzi più elevati.

Ai margini delle alluvioni recenti si dispongono terrazzamenti lievemente ondulati, formati da sedimenti quaternari; sopra di questi si succedono coni di deiezione più o meno ampi formati dalle ghiaie e dalle sabbie trascinate a valle dai fiumi e dai torrenti nel settore orientale della piana.

Descrizione lito-stratigrafica

In particolare, una piccola parte del settore settentrionale dell'area oggetto di studio è caratterizzata da litologie vulcaniche del pliocene, le quali rappresentano la base stratigrafica. Tutti gli altri settori invece sono caratterizzati da una fascia territorio costituita da litologie che, durante il Quaternario antico e più recente, in parte hanno riempito il graben del campidano di Oristano e hanno modellato il paesaggio che oggi osserviamo durante l'olocene. Tali litologie sedimentarie si sono originate per la deposizione progressiva di una spessa coltre di detriti alluvionali, di conoide, fluviali e palustri, depositi al variare del livello marino di base, in stretta correlazione con l'andamento climatico del Quaternario. Tali



depositi sono la testimonianza di una evoluzione del reticolo idrografico, in parte differente da quello attuale che, durante il quaternario ha modellato il paesaggio dell'area la quale è caratterizzata da ampi terrazzi di origine fluviale e alluvionale, di età riconducibile al quaternario antico e recente.

Da un'analisi cartografica e dal sopralluogo effettuato le formazioni affioranti sono riconducibili alle seguenti litologie che partendo dall'alto verso il basso stratigrafico, possono essere rappresentate dai seguenti litotipi:

- Depositi sedimentari palustri - Laghi (L)
- Depositi alluvionali (b) - Olocene;
- Depositi alluvionali terrazzati (bn) Olocene;
- Sintema di Portovesme(PVM2a) – Pleistocene sup;
- Subunità di Dualchi - basalti della Palanargia -Campeda (BPL2) Pliocene.

Di seguito viene rappresentata la carta geologica con la relativa legenda delle successioni affioranti nell'area in studio.

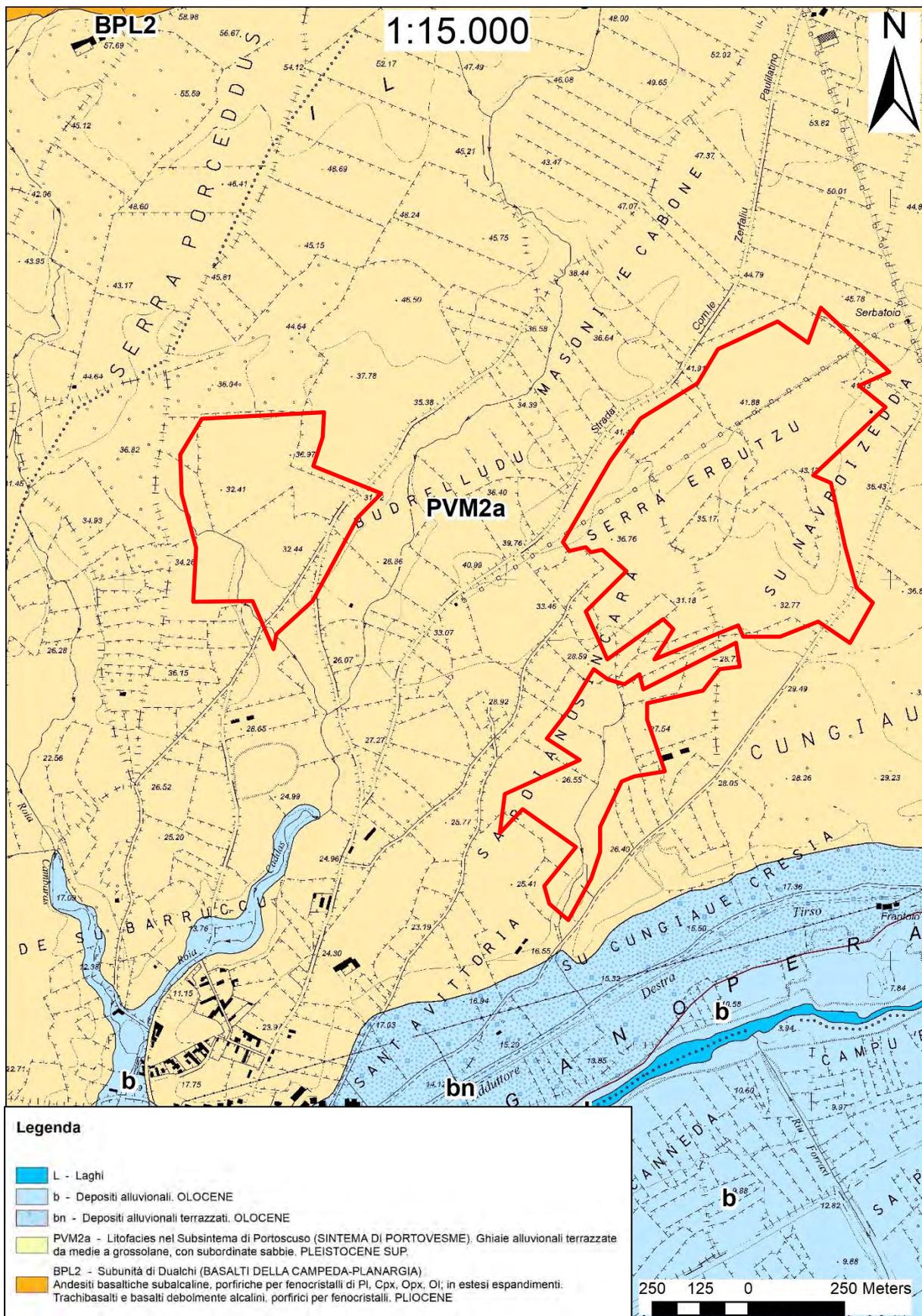


Figura 3.4: Stralcio Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25.000, curata dalla RAS

3.3.2 Inquadramento idrogeologico

Tutte le acque dolci che si trovano in Sardegna sono da collegarsi direttamente con la caduta di piogge il cui quantitativo non è scarso, essendo pari in media a quasi 19 miliardi di m³ all'anno. Una considerevole aliquota di dette acque è però destinata a ritornare rapidamente all'atmosfera per effetto dell'evapotraspirazione che, in Sardegna, è particolarmente elevata, dati gli alti valori raggiunti dalla temperatura, l'elevata percentuale dei giorni sereni e la frequenza con cui soffiano i venti. Un'altra frazione considerevole viene trattenuta direttamente dalla vegetazione.

Ciononostante, l'acqua restante rappresenta almeno la metà di quella originariamente pervenuta, o scorre sulla superficie emersa dell'isola e si infiltra nel sottosuolo alimentando le falde acquifere.

A causa di tale regime di precipitazioni i corsi d'acqua in Sardegna non possono essere considerati dei fiumi veri e propri, in quanto anche i principali hanno un carattere nettamente torrentizio con portate minime o nulle per la maggior parte dell'anno, brevi e violente piene nel periodo piovoso.

Unità idrogeologiche

La permeabilità è una proprietà caratteristica delle rocce che esprime l'attitudine della roccia a lasciarsi attraversare dall'acqua. Essa, quindi, esprime la capacità di assorbire le acque piovane e di far defluire le acque sotterranee.

Poiché la roccia non è un corpo omogeneo, è intuibile che all'interno di una stessa roccia varino sia le caratteristiche chimico-fisiche che le proprietà idrogeologiche. Vista la possibile disomogeneità, la permeabilità per litotipi considerati, non è rappresentata da un unico valore, ma da un intervallo del coefficiente "K".

All'interno dell'area vasta si individua un solo complesso, o unità litologica, caratterizzato da differenti intervalli di permeabilità "K" (in m/s); le unità idrogeologiche sono state divise secondo le seguenti classi di permeabilità:

- Impermeabile ($K < 10^{-7}$ cm/sec);
- Scarsamente permeabile ($10^{-4} > K > 10^{-7}$ cm/sec);
- Mediamente permeabile ($10 > K > 10^{-4}$ cm/sec);
- Altamente permeabile ($K > 10$ cm/sec).

Nel territorio in esame si individua un unico complesso idrogeologico costituito dalle litologie alluvionali pleistoceniche.

Il grado di addensamento delle coperture alluvionali pleistoceniche varia da medio ad alto, fanno sì che gli acquiferi superficiali siano poco diffusi e poco consistenti.

Si tratta di un acquifero multistrato in cui livelli sabbioso-ghiaiosi di elevata permeabilità si intercalano a strati argilloso-limosi (più raramente arenacei) impermeabili o semipermeabili.

Il flusso idrico sotterraneo risulta mediamente permeabile a causa della presenza di materiale prevalentemente sabbioso-ghiaioso con classe di permeabilità compresa $10 > K > 10^{-4}$.

3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO

3.4.1 Idrografia superficiale

Con deliberazione in data 30.10.1990 n. 45/57, la Giunta Regionale suddivide il Bacino Unico Regionale in sette sub-bacini, già individuati nell'ambito del Piano per il Razionale Utilizzo delle Risorse Idriche della Sardegna (Piano Acque) redatto nel 1987. L'intero territorio della Sardegna è suddiviso in sette sub-bacini, ognuno dei quali caratterizzato da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche ma anche da forti differenze di estensione territoriale.

Secondo la classificazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) aggiornato al 2015 della Regione Autonoma Sardegna, l'area di progetto è inclusa nel sub-bacino idrografico 02 Tirso.

L'area di interesse si colloca in prossimità del Fiume Tirso.

Il Tirso è il principale fiume della Sardegna, nasce circa una decina di chilometri ad est di Buddusò a circa 900 m di altitudine. Presenta un corso con andamento prevalente da NE verso SW e ha una lunghezza complessiva di circa 150 km.

Nel complesso il Tirso presenta caratteristiche relativamente omogenee per quanto riguarda la morfologia dell'asta fluviale; si tratta di un alveo unicursale sinuoso che assume una morfologia meandriforme solo negli ultimi chilometri prima della foce.

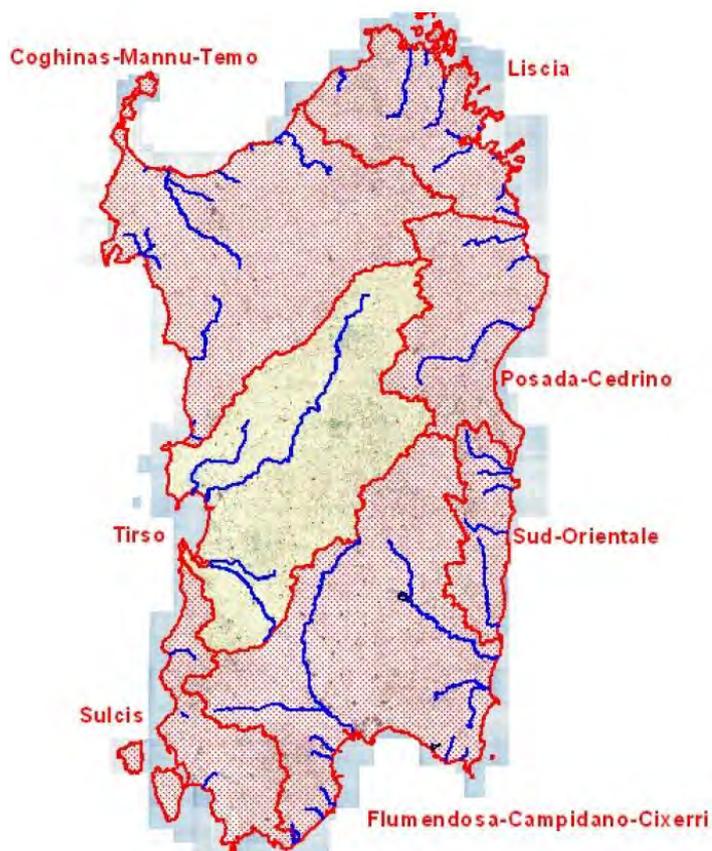


Figura 3.5: Localizzazione bacino idrografico in esame

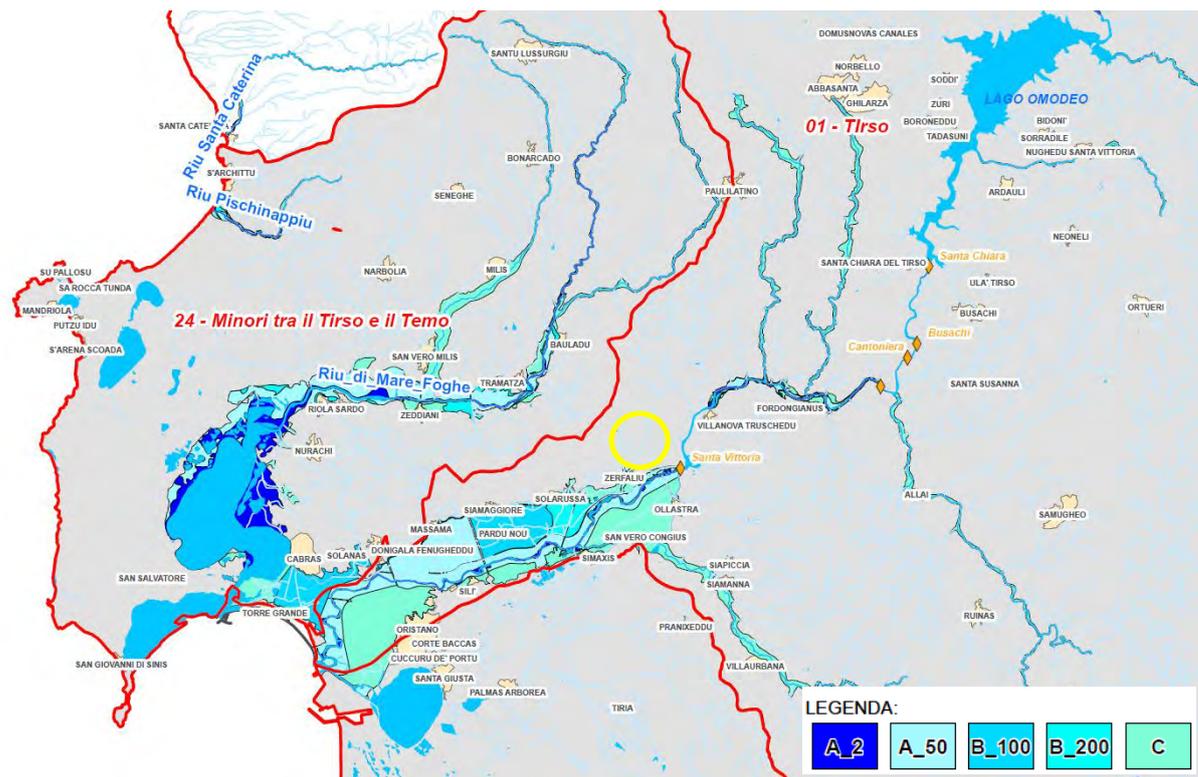


Figura 3.6: Stralcio carta delle fasce fluviali (agg. Giugno 2015) per il sub-bacino 02 Tirso, in giallo l'ubicazione dell'area di impianto

4. STUDIO PRELIMINARE DELLA COMPATIBILITÀ E INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA DELL'AREA DI PROGETTO

Il Piano di bacino è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa, alla valorizzazione e alla corretta utilizzazione del suolo e delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali dei territori interessati. Esso rappresenta il quadro di riferimento a cui devono adeguarsi e riferirsi tutti i provvedimenti autorizzativi e concessori inerenti agli interventi comunque riguardanti il bacino e ha valore di piano territoriale di settore.

Il Piano di bacino ha i contenuti e l'efficacia di cui all'articolo 65 del decreto legislativo n. 152 del 2006.

Il Piano di bacino è redatto, adottato e approvato per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali, interessanti anche più bacini idrografici e costituenti, in ogni caso, fasi sequenziali e interrelate rispetto ai suoi contenuti.

Nei paragrafi viene presentato un inquadramento della pericolosità idraulica dell'area di progetto e vengono individuate le eventuali interferenze tra i piani PAI, PGRA, PSFF e reticolo idrografico di Strahler con il layout di progetto e con il tracciato del cavidotto di connessione.

4.1 PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale PAI, è redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione.

Il PAI è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

Il PAI si applica nel bacino idrografico unico regionale della Regione Sardegna, corrispondente all'intero territorio regionale, comprese le isole minori, che ai sensi della Deliberazione della Giunta regionale n. 45/57 del 30.10.1990 è suddiviso nei seguenti sette sottobacini: sub-bacino n.1 Sulcis, sub-bacino n.2 Tirso, sub-bacino n.3 Coghinas-Mannu-Temo, sub-bacino n.4 Liscia, sub-bacino n.5 Posada-Cedrino, sub-bacino n.6 Sud-Orientale, sub-bacino n.7 Flumendosa-Campidano-Cixerri.

Le mappe PAI disponibili sul geoportale della regione Sardegna sono aggiornate al 2022, anno dell'ultima revisione.

Il territorio regionale è suddiviso nelle seguenti fasce di pericolosità:

- Hi4: pericolosità idraulica molto elevata
- Hi3: pericolosità idraulica elevata
- Hi2: pericolosità idraulica media
- Hi1: pericolosità idraulica moderata
- Hi0: tratto studiato nel quale la piena risulta contenuta all'interno delle sponde per tutti i tempi di ritorno
- Hi*: aree da modellazione 2D con $V_p \leq 0,75$

Come si evince dalla Figura 4.1, le aree a pericolosità idraulica del Piano di Assetto Idrologico della Sardegna non interferiscono con alcuna parte dell'area di impianto fotovoltaico; mentre ci sono delle interferenze con il tracciato del cavidotto di connessione.

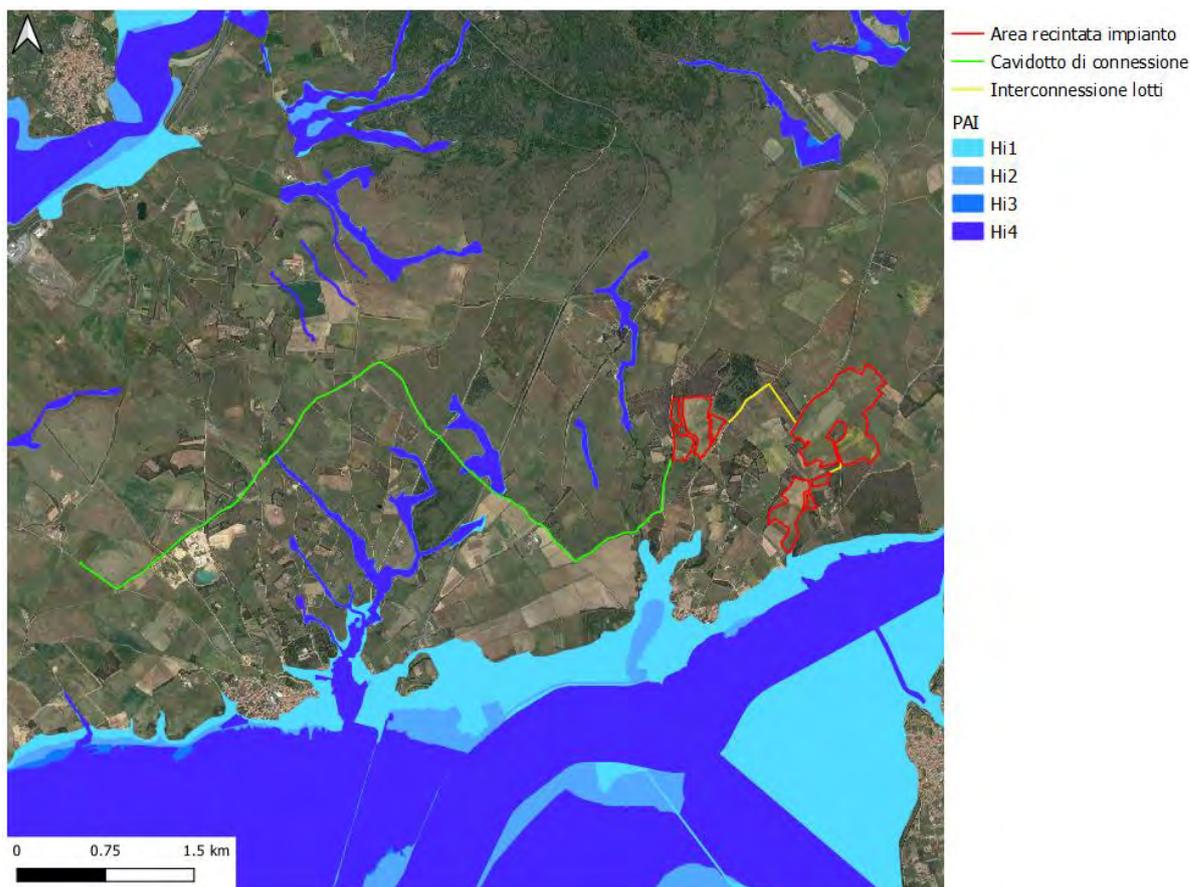


Figura 4.1: Fasce di pericolosità idraulica PAI (rev. 2022)

Si rimanda al capitolo 8 per l'analisi e la risoluzione delle interferenze.

4.2 PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (PSFF)

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali è redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Le mappe P.S.F.F. della Sardegna sono aggiornate al 2020, suddividono il territorio in aree alluvionali del tipo:

- Fascia A: aree inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=2$ anni o $T=50$ anni;
- Fascia B: aree esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=100$ anni o $T=200$ anni;

- Fascia C: aree esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=500$ anni e, nel caso siano più estese, comprendenti anche le aree storicamente inondate e quelle individuate mediante analisi geomorfologica.

Nel caso specifico, il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali della Sardegna non interferisce in alcun punto con l'area di impianto Figura 4.2 e nemmeno con il tracciato del cavidotto di connessione.

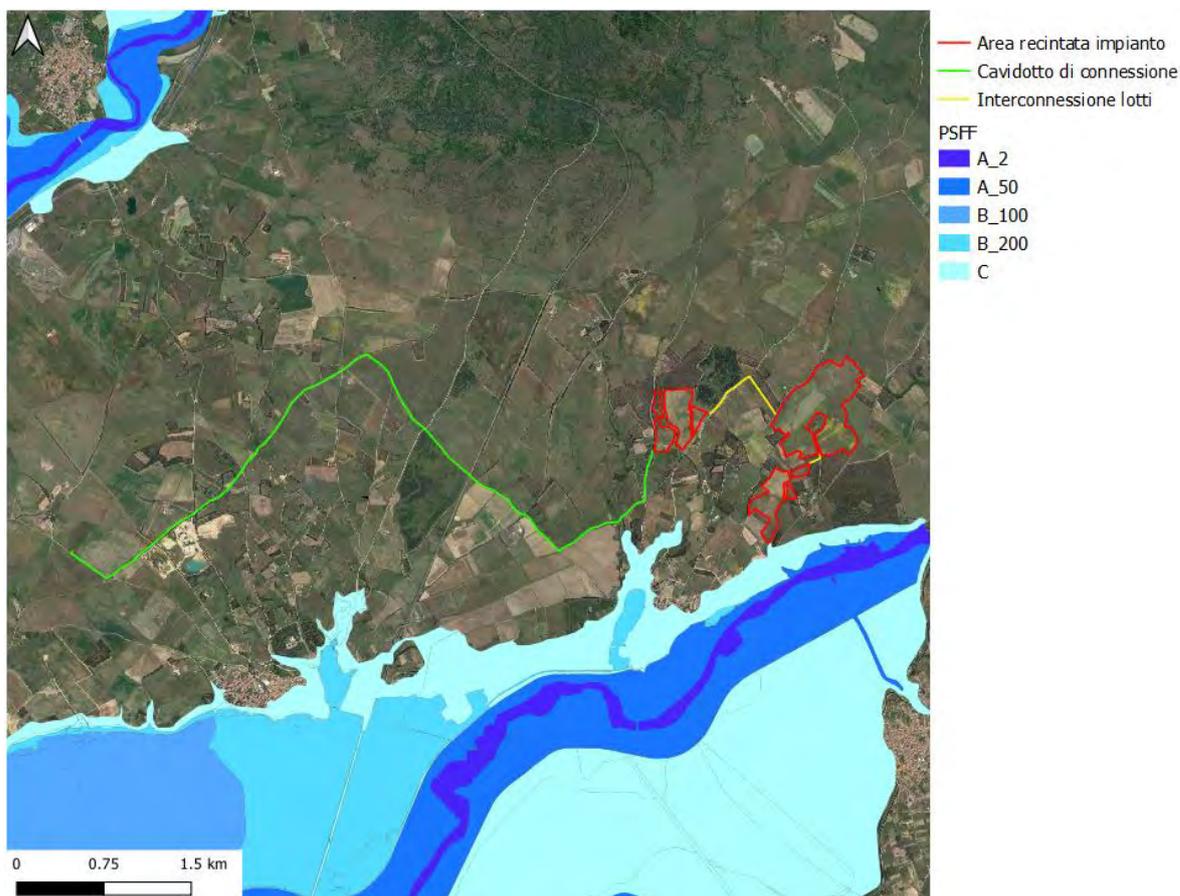


Figura 4.2: Aree inondabili PSFF (rev. 2022)

Si rimanda al capitolo 8 per l'analisi e la risoluzione delle interferenze.

4.3 PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)

Il Piano di gestione del rischio di alluvioni è redatto in ottemperanza alle previsioni del D.Lgs. 23 febbraio 2010, n.49 avente a oggetto "Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione del rischio di alluvioni".

Oltre ai riferimenti normativi, sono stati redatti a livello nazionale e comunitario numerosi documenti tecnici che riportano linee guida e indirizzi applicativi finalizzati a supportare le Autorità di Bacino nella redazione dei Piani di gestione del rischio di alluvione.

A conclusione del processo di partecipazione attiva, avviato nel 2018 con l'approvazione della "Valutazione preliminare del rischio" e del "Calendario, programma di lavoro e dichiarazione delle misure consultive", proseguito poi nel 2019 con l'approvazione della "Valutazione Globale Provvisoria" e nel 2020 con l'adozione del Progetto di Piano, con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 14 del 21/12/2021 è stato approvato il Piano di gestione del rischio di alluvioni della Sardegna per il secondo ciclo di pianificazione.

Il territorio regionale è suddiviso nelle seguenti fasce di pericolosità:

- Hi4: pericolosità idraulica molto elevata
- Hi3: pericolosità idraulica elevata
- Hi2: pericolosità idraulica media
- Hi1: pericolosità idraulica moderata
- Hi0: tratto studiato nel quale la piena risulta contenuta all'interno delle sponde per tutti i tempi di ritorno
- Hi*: aree da modellazione 2D con $V_p \leq 0,75$

La cartografia riportata in seguito è riferita all'ultimo aggiornamento delle perimetrazioni delle aree caratterizzata de fasce di pericolo idraulico del secondo ciclo, datato nell'anno 2020.

Come si evince dalla Figura 4.3, non vi sono interferenze con le fasce di pericolosità secondo il PGRA e le aree di impianto; ci sono delle interferenze con il tracciato del cavidotto di connessione.

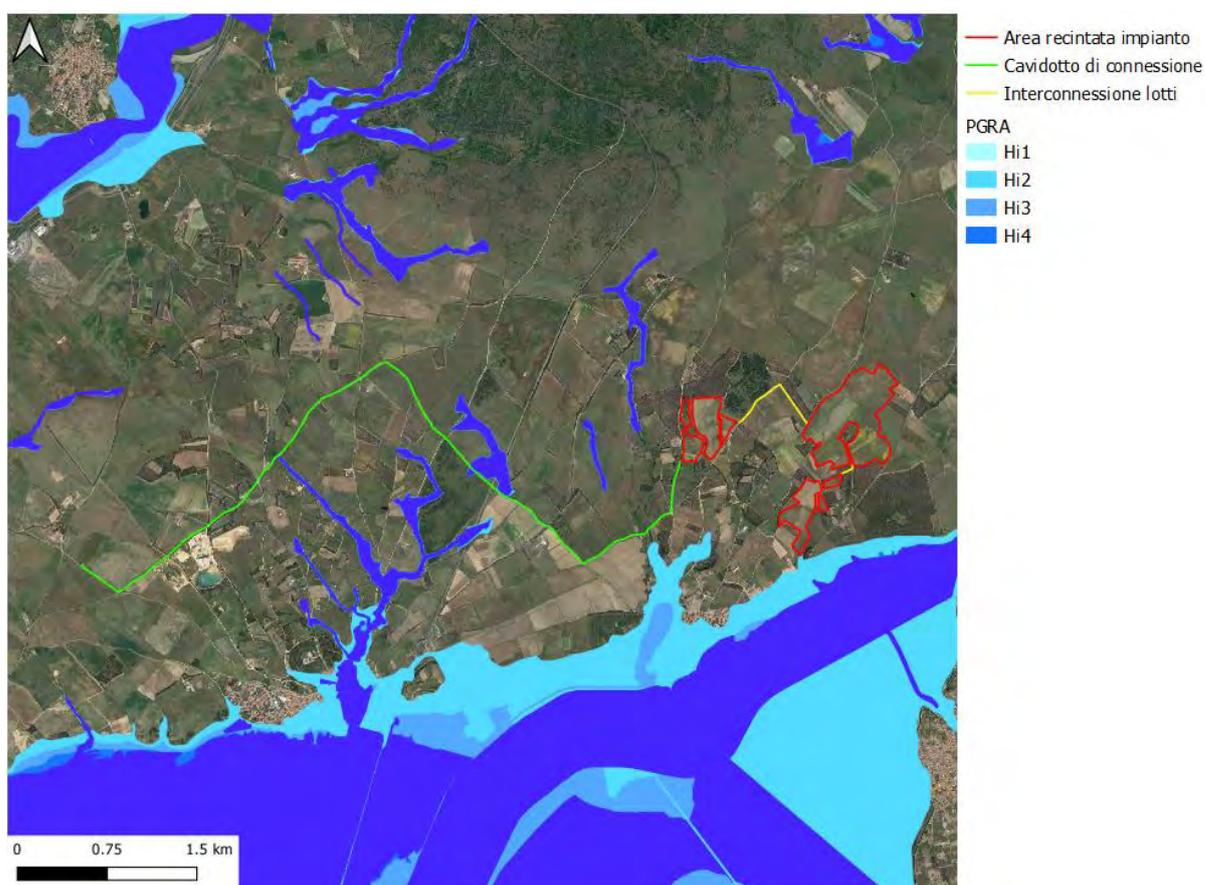


Figura 4.3: Fasce di pericolosità da alluvione PGRA (rev. 2022)

Si rimanda al capitolo 8 per l'analisi e la risoluzione delle interferenze.

4.4 RETICOLO IDROGRAFICO: FASCE DI PRIMA SALVAGUARDIA

Con la deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 1 del 16 giugno 2020 sono state modificate ed integrate le norme di attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della Sardegna ed è stato introdotto l'art. 30 ter, avente per oggetto "Identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia". Al fine di fornire uno strumento per l'applicazione dell'articolo in argomento e la corretta definizione delle fasce di prima salvaguardia si è provveduto ad operare un'analisi del reticolo idrografico ufficiale della Regione Sardegna che lo rendesse funzionale a tale scopo.

L'analisi è stata rivolta a definire l'ordine gerarchico di ciascun tratto di corso d'acqua rappresentato nell'attuale copertura della rete idrografica.

Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino, con Deliberazione n. 3 del 30 luglio 2015, ha adottato quale reticolo idrografico ufficiale della Regione Sardegna, lo strato informativo del DBGT_10k_Versione 0.1 denominato «04_ELEMENTO_IDRICO». Lo strato informativo è composto da una copertura in formato shape che riporta i circa 230.000 tratti di corso d'acqua rilevati sul territorio regionale. Nella Delibera si specifica che il reticolo rappresentato nella copertura rimane da integrare con gli ulteriori elementi idrici eventualmente rappresentati nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM), Carta topografica d'Italia - serie 25V edita per la Sardegna dal 1958 al 1965, laddove non presenti. La Deliberazione puntualizza inoltre che rientrano in ogni caso nel suddetto reticolo idrografico anche gli elementi idrici che allo stato attuale seguono un percorso diverso a causa di evoluzione naturale o a causa di interventi di deviazione o derivazione.

La struttura del reticolo idrografico è un elemento essenziale per definire le modalità di risposta agli eventi meteorici di un generico bacino idrografico. La rete di tratti di corso d'acqua presenti in un bacino si sviluppa secondo un'organizzazione ad albero, dove la sezione di chiusura rappresenta la sezione del tronco mentre, procedendo verso monte, si osserva una struttura di biforcazione verso canali via via più piccoli. Lo sviluppo di tale struttura, più o meno complessa a seconda delle caratteristiche geologiche e climatiche del bacino, si può rappresentare facendo ricorso a varie grandezze, introdotte nell'ambito di una descrizione gerarchica della rete.

La definizione del grado gerarchico dei corsi d'acqua, pertanto, è stata ritenuta di fondamentale importanza per la definizione delle fasce di prima salvaguardia di cui all'art. 30 ter introdotto nell'ultima versione della NA del PAI.

Il criterio utilizzato per la gerarchizzazione dei reticoli idrografici è quello di Horton-Strahler, e in funzione dell'ordine di un tratto fluviale è associata una fascia di rispetto. Nella seguente Tabella 4.1 si associa l'ordine gerarchico con la profondità della fascia di prima salvaguardia.

Tabella 4.1: Fasce di prima salvaguardia relative all'ordine di Horton-Strahler

CLASSIFICAZIONE HORTON-STRAHLER	FASCA DI SALVAGUARDIA [M]
1	10
2	25
3	50
4	75
5	100
6	150
7	250
8	400

Secondo l'articolo 30 ter (Identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia) delle NA del PAI all'ultimo aggiornamento di Gennaio 2022, Commi 2 e 3:

“2. Per le opere e per gli interventi da realizzare all'interno della fasce di prima salvaguardia, i Comuni, anche su istanza dei proponenti, sono tenuti ad effettuare apposito studio idrologico-idraulico volto a determinare le effettive aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e

moderata (Hi1); tale studio, obbligatorio per i tratti di ordine maggiore di due, dovrà contemplare i corsi d'acqua interessati nella loro interezza o almeno i tronchi degli stessi idraulicamente significativi in relazione alle opere e agli interventi da realizzare."

"3. Anche in assenza degli studi di cui al comma 2, nelle aree interne alla fascia di cui al comma 1, sono consentiti gli interventi previsti dall'articolo 27 e 27 bis delle NA."

Tramite il Piano Gestione Rischio Alluvioni della Regione Sardegna, è disponibile in formato shapefile il reticolo idrografico con numero d'ordine di ciascun tratto di corso d'acqua secondo la metodologia di Horton-Strahler.

In Figura 4.4 si riportano le fasce di prima salvaguardia definite per il reticolo idrografico in base all'ordine di Strahler in corrispondenza delle aree di impianto.

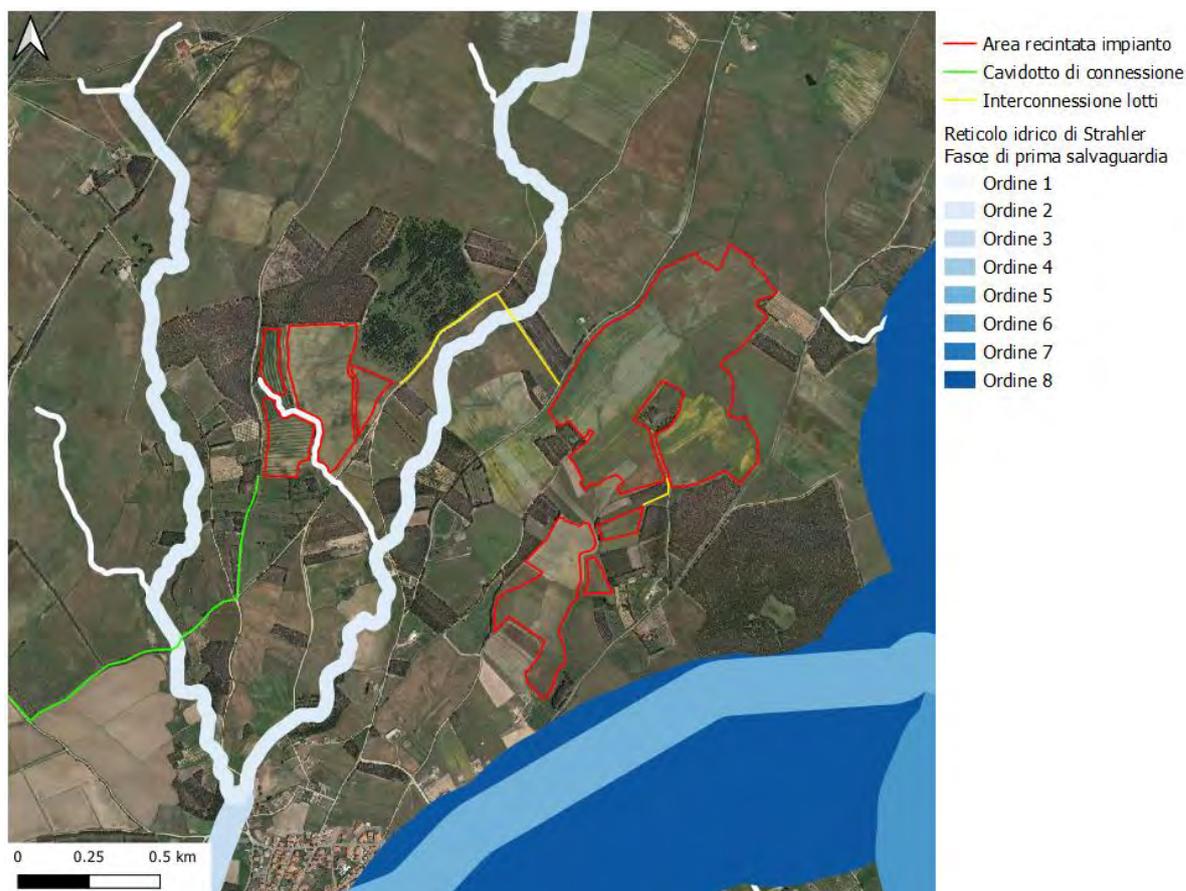


Figura 4.4: Fasce di rispetto del reticolo di Strahler (04_ELEMENTO_IDRICO_Strahler) in corrispondenza dell'area di impianto

All'interno delle aree catastali sono presenti delle fasce di rispetto che sono state recepite ed escluse dall'area di installazione dell'impianto fotovoltaico.

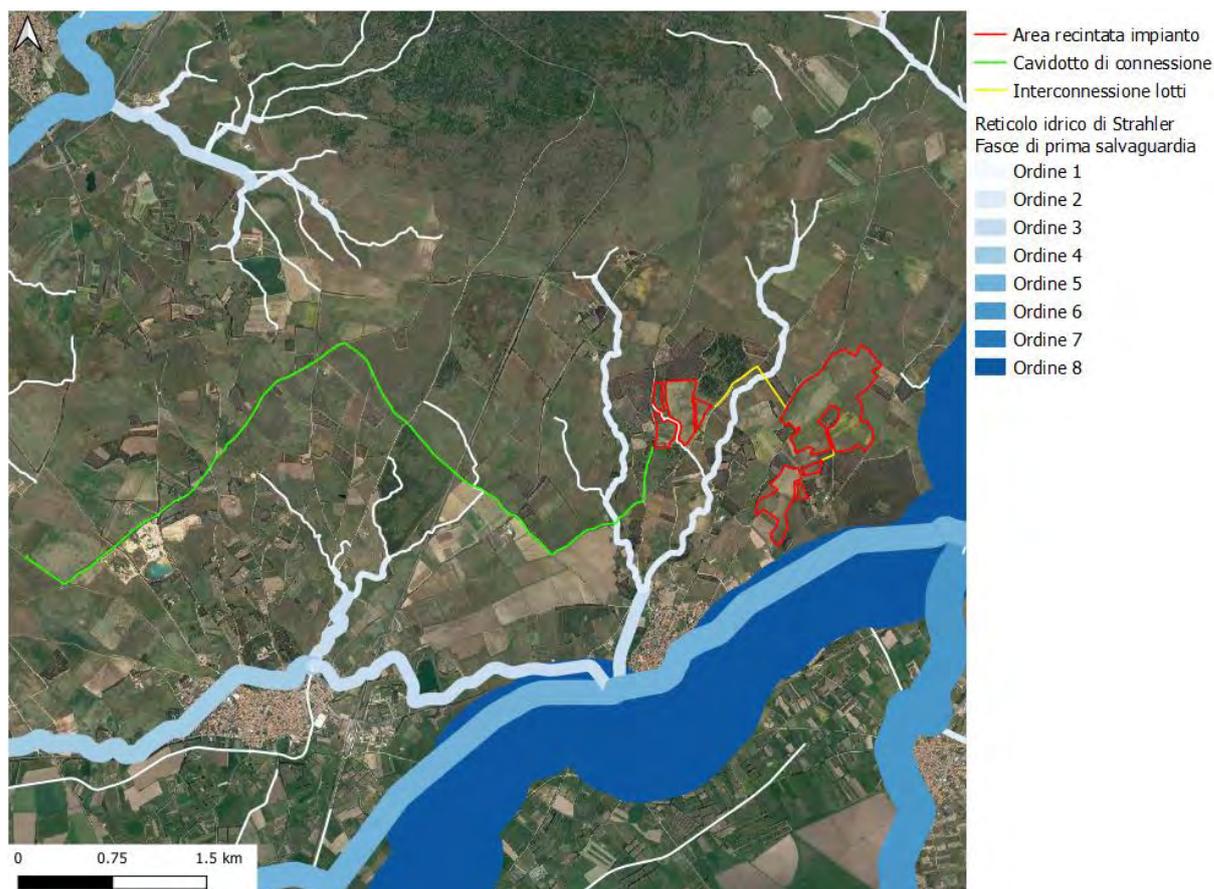


Figura 4.5: Fasce di rispetto del reticolo di Strahler

In Figura 4.5 è riportato l'intero tracciato del cavidotto di connessione con sovrapposte le fasce di rispetto del reticolo di Strahler. Si riscontrano due punti di interferenza tra le fasce di rispetto e il cavidotto di connessione e un'interferenza con la linea di interconnessione tra i lotti.

Si rimanda al capitolo 8 per l'analisi e la risoluzione delle interferenze.

4.5 INVARIANZA IDRAULICA

Per invarianza idraulica si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione; in base a tale principio si richiede a chi propone una trasformazione di uso del suolo di prendersi carico, attraverso opportune azioni compensative, degli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene e quindi mantenere le condizioni di sicurezza nel tempo.

L'invarianza idraulica è regolamentata dall'articolo 47 delle NA del PAI, che è così articolato:

- i. Per invarianza idraulica si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.
- ii. I comuni in sede di redazione degli strumenti urbanistici generali o di loro varianti generali e in sede di redazione degli strumenti urbanistici attuativi, stabiliscono che le trasformazioni dell'uso del suolo rispettino il principio dell'invarianza idraulica.
- iii. Gli strumenti urbanistici generali ed attuativi individuano e definiscono le infrastrutture necessarie per soddisfare il principio dell'invarianza idraulica per gli ambiti di nuova trasformazione e disciplinano le modalità per il suo conseguimento, anche mediante la realizzazione di vasche di laminazione.



- iv. Sono fatte salve eventuali normative già adottate dai comuni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica.
- v. La Regione approva normative specifiche con l'obiettivo di incentivare il perseguimento del principio della invarianza idraulica anche per i contesti edificati esistenti.

Ai sensi della suddetta normativa e alla luce dell'area di trasformazione considerata sono stati analizzati gli interventi di progetto.

Le strutture a supporto dei moduli avranno come fondazione un palo infisso e tali strutture risulteranno mobili al fine di poter seguire il ciclo solare. Le strutture oscilleranno quindi da est a ovest in modo ciclico. Il progetto quindi non apporterà un'impermeabilizzazione del suolo.

Considerando gli eventi frequenti a bassa intensità, in cui rientrano la maggior parte degli eventi piovosi e la quantità di pioggia annuali, la mobilità dei tracker, unitamente alla loro altezza da piano campagna e all'interdistanza tra le strutture, non costituirà un'impermeabilizzazione con modifica idrologica del sito. Anche durante eventi intensi ad alta frequenza saranno trascurabili gli effetti delle strutture.

L'uso del suolo rimarrà per lo più invariato rispetto allo stato di fatto con degli interventi migliorativi, quali le fasce di mitigazione.

La viabilità di progetto sarà in materiale interamente permeabile per l'intero pacchetto stradale, di conseguenza la trasformazione dell'uso del suolo sarà trascurabile. Si precisa, inoltre, che in occasione di eventuali interferenze tra la viabilità di progetto e il reticolo idrografico vengono progettati dei sottopassi in modo tale da garantire la continuità idraulica.

Le uniche aree che risultano essere totalmente impermeabili sono quelle occupate dai cabinati; tali aree non risultano impattare significativamente a livello idraulico sul deflusso meteorico naturale delle acque poiché rappresentano una percentuale trascurabile rispetto all'area di impianto totale.

Il presente studio ha quindi verificato, anche con la realizzazione di opportune misure di mitigazione, che la realizzazione degli interventi di trasformazione territoriale del piano attuativo permettano di mantenere invariate le caratteristiche di risposta idraulica del bacino recettore oggetto dell'intervento.

Si rimanda alla fase progettuale successiva per uno studio di dettaglio per l'implementazione di sistemi di drenaggio sostenibili sulla base di prove di permeabilità in sito.

5. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI

5.1 CRITERI DI PROGETTAZIONE

I criteri con cui è stata realizzata la progettazione definitiva dell'impianto agrivoltaico fanno riferimento sostanzialmente a:

- scelta preliminare della tipologia impiantistica, ovvero impianto fotovoltaico a terra tipo tracker con tecnologia moduli BI-facciali;
- ottimizzazione dell'efficienza di captazione energetica realizzata mediante orientamento dinamico dei pannelli;
- disponibilità delle aree, morfologia ed accessibilità del sito acquisita sia mediante sopralluoghi che rilievo topografico di dettaglio.

Oltre a queste assunzioni preliminari si è proceduto tenendo conto di:

- rispetto delle leggi e delle normative di buona tecnica vigenti;
- soddisfazione dei requisiti di performance di impianto;
- conseguimento delle massime economie di gestione e di manutenzione degli impianti progettati;
- ottimizzazione del rapporto costi/benefici;
- impiego di materiali componenti di elevata qualità, efficienza, lunga durata e facilmente reperibili sul mercato;
- riduzione delle perdite energetiche connesse al funzionamento dell'impianto, al fine di massimizzare la quantità di energia elettrica immessa in rete.

5.2 DISPONIBILITÀ DI CONNESSIONE

La proponente ha richiesto il preventivo di connessione a Terna S.p.a. La soluzione tecnica minima generale (STMG) emessa con Codice Pratica: 202301344 è stata accettata dalla proponente e prevede l'allaccio dell'impianto alla rete di Distribuzione con tensione nominale di 36 kV.

La soluzione tecnica prevede il collegamento, attraverso cavo interrato di lunghezza pari a circa 7,1 km, della centrale in antenna con tensione pari a 36 kV su una nuova stazione elettrica della RTN a 220/36 kV da inserire in entra-esce alla linea 220 kV "Codrongianos-Oristano".

5.3 LAYOUT DI IMPIANTO

Il layout d'impianto è stato sviluppato secondo le seguenti linee guida:

- Analisi vincolistica;
- Scelta della tipologia impiantistica;
- Ottimizzazione dell'efficienza di captazione energetica;
- Disponibilità delle aree, morfologia ed accessibilità del sito acquisita sia mediante sopralluoghi che rilievo topografico di dettaglio.

L'area dedicata all'installazione dei pannelli fotovoltaici è suddivisa in 8 sezioni denominate A, B, C, D, E, F, G, H; i dettagli relativi alla potenza, alla tipologia e al numero di strutture e ai moduli presenti in ciascuna sezione sono riportati nella Tabella 5.1.

Tabella 5.1: Descrizione Layout suddiviso per sezioni di impianto

IMPIANTO	STRUTTURA (PITCH 10.50 M)	N MODULI X STRUTTURA	N STRUTTURE	N MODULI COMPLESSIVI	POTENZA MODULO (WP)	POTENZA COMPLESSIVA (MWP)	NUMERO CABINE
SEZIONE A	TIPO 1: 6x2	12	11	132	630	0,08	1
	TIPO 2: 12x2	24	144	3.456	630	2,18	
TOT. SEZ A						2,26	
SEZIONE B	TIPO 1: 6x2	12	3	36	630	0,02	0
	TIPO 2: 12x2	24	52	1.248	630	0,79	
TOT. SEZ B						0,81	
SEZIONE C	TIPO 1: 6x2	12	19	228	630	0,14	2
	TIPO 2: 12x2	24	461	11.064	630	6,97	
TOT. SEZ C						7,11	
SEZIONE D	TIPO 1: 6x2	12	7	74	630	0,05	0
	TIPO 2: 12x2	24	62	1.488	630	0,94	
TOT. SEZ D						0,99	
SEZIONE E	TIPO 1: 6x2	12	135	1620	630	1,02	9
	TIPO 2: 12x2	24	2086	50.064	630	31,54	
TOT. SEZ E						32,56	
SEZIONE F	TIPO 1: 6x2	12	6	72	630	0,05	0
	TIPO 2: 12x2	24	37	888	630	0,56	
TOT. SEZ F						0,60	
SEZIONE G	TIPO 1: 6x2	12	3	36	630	0,02	0
	TIPO 2: 12x2	24	24	576	630	0,36	
TOT. SEZ G						0,39	
SEZIONE H	TIPO 1: 6x2	12	28	336	630	0,21	2
	TIPO 2: 12x2	24	458	10.992	630	6,92	
TOT. SEZ H						7,14	
TOTALE				82320		51,86	14

Inoltre il layout dell'impianto è stato progettato considerando le seguenti specifiche, per strutture mobili (tracker):

- Larghezza massima struttura in pianta: 4,950 m;
- Altezza massima palo struttura: 2,681 m;
- Altezza massima struttura: 4,708 m;
- Altezza minima struttura: 0,650 m;
- Pitch (distanza palo-palo) tra le strutture: 10,50 m;
- Larghezza viabilità del sito: 3,50 m;
- Disposizione dei moduli fotovoltaici sulle strutture di sostegno in 2 fila (2p);

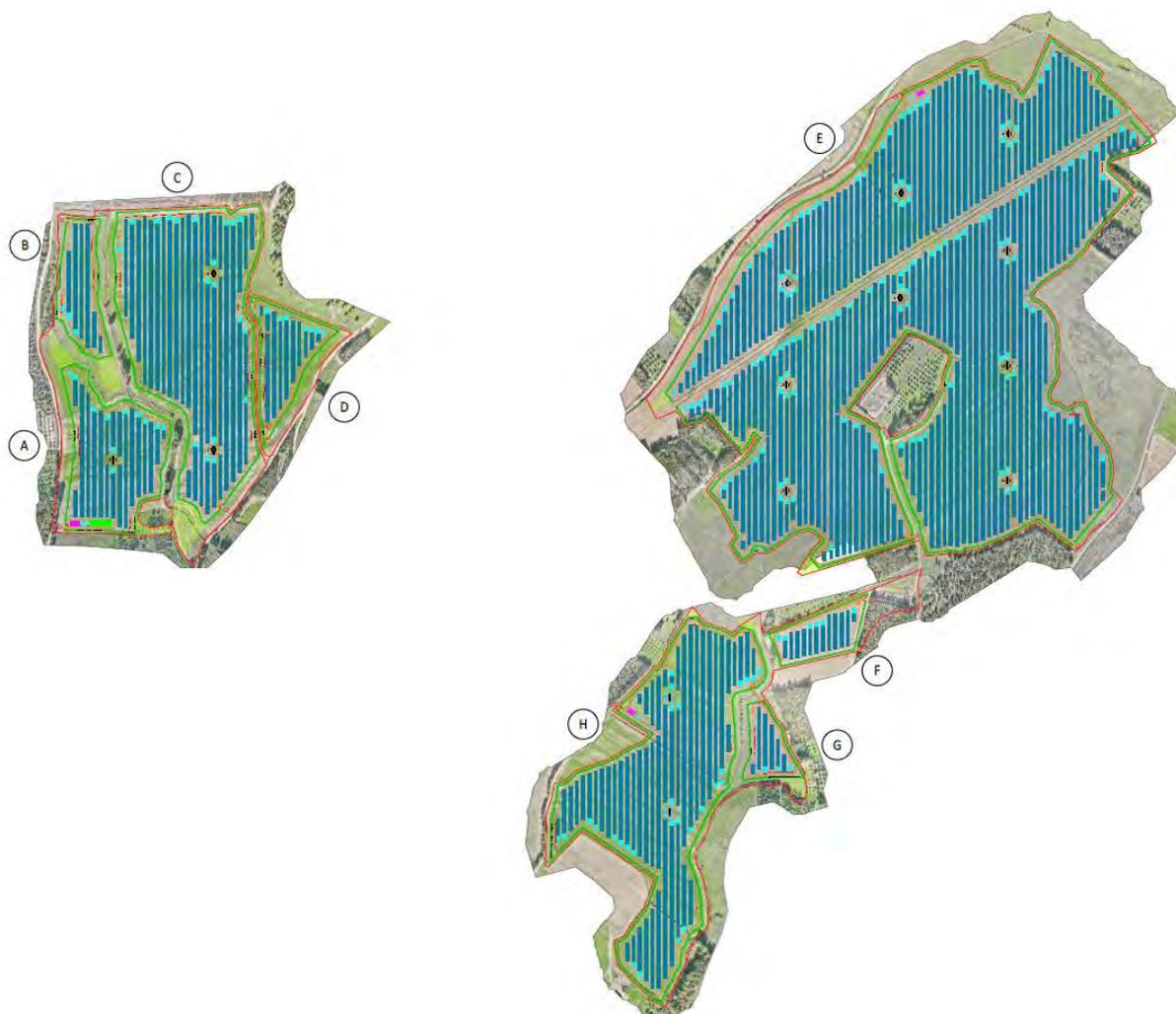


Figura 5.1: Layout dell'area di progetto

5.4 DESCRIZIONE DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'impianto fotovoltaico con potenza nominale di picco pari a 51,86 MW è così costituito da:

- n.1 Cabina di Connessione. La Cabina di Connessione dell'impianto, a livello di tensione pari a 36 kV, sarà posizionata in adiacenza alla nuova SE di Trasformazione di Terna di riferimento;
- n.1 Cabine di Smistamento. Le Cabine di Smistamento hanno la funzione di raccogliere le terre provenienti dalle Cabine di Campo, presenti nei vari sottocampi. Le cabine saranno posizionate in maniera strategica all'interno dell'impianto. Nella stessa area all'interno della cabina sarà presente I quadri contenenti i dispositivi generali DG, di interfaccia DDI e gli apparati SCADA e telecontrollo;
- n. 14 Cabine di Campo. Le Cabine di Campo avranno la funzione di elevare la tensione da bassa ad alta tensione; esse saranno collegate tra di loro in configurazione radiale e in posizione più possibile baricentrica rispetto ai sottocampi fotovoltaici in cui saranno convogliati i cavi provenienti dagli inverter di stringa che a loro volta raccoglieranno i cavi provenienti dai raggruppamenti delle stringhe dei moduli fotovoltaici collegati in serie;
- n.3 Uffici e n.7 Magazzini ad uso del personale, installati in coppie (ufficio + magazzino) in tre sezioni dell'impianto e singolarmente (solo magazzino) nelle altre quattro sezioni;

- i moduli fotovoltaici saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno tipo tracker fondate su pali infissi nel terreno;

L'impianto è completato da:

- tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di distribuzione nazionale;
- opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, monitoraggio, cancelli e recinzioni.

L'impianto dovrà essere in grado di alimentare dalla rete tutti i carichi rilevanti (ad esempio: quadri di alimentazione, illuminazione). Inoltre, in mancanza di alimentazione dalla rete, tutti i carichi di emergenza verranno alimentati da un generatore temporaneo di emergenza, che si ipotizza possa essere rappresentato da un generatore diesel.

Di seguito si riporta la descrizione dei principali componenti d'impianto; per dati di tecnici maggior dettaglio si rimanda alle relazioni e agli elaborati dedicati.

5.4.1 Moduli fotovoltaici e strutture di supporto

I moduli fotovoltaici utilizzati per la progettazione dell'impianto, saranno di prima scelta, del tipo silicio monocristallino a 156 celle, di tipologia bifacciale, indicativamente della potenza di 630 Wp, della marca Astro dotati di scatola di giunzione (Junction Box) installata sul lato posteriore del modulo, con cavetti di connessione muniti di connettori ad innesto rapido, al fine di garantire la massima sicurezza per gli operatori e rapidità in fase di installazione.

I componenti elettrici e meccanici installati saranno conformi alle normative tecniche e tali da garantire le performance complessive d'impianto.

Il progetto prevede l'impiego di una struttura metallica di tipo tracker con fondazione su pali infissi nel terreno ed in grado di esporre il piano ad un angolo di tilt pari a $+55^\circ / -55^\circ$.

Le peculiarità delle strutture di sostegno sono:

- riduzione dei tempi di montaggio alla prima installazione;
- facilità di montaggio e smontaggio dei moduli fotovoltaici in caso di manutenzione;
- meccanizzazione della posa;
- ottimizzazione dei pesi;
- miglioramento della trasportabilità in sito;
- possibilità di utilizzo di bulloni antifurto.

Le caratteristiche generali della struttura sono:

- materiale: acciaio zincato a caldo;
- tipo di struttura: Tracker fissata su pali;
- inclinazione sull'orizzontale $+55^\circ / -55^\circ$;
- Esposizione (azimut): 0° ;
- Altezza min: 0,650 m (rispetto al piano di campagna);
- Altezza max: 4,708 m (rispetto al piano di campagna).

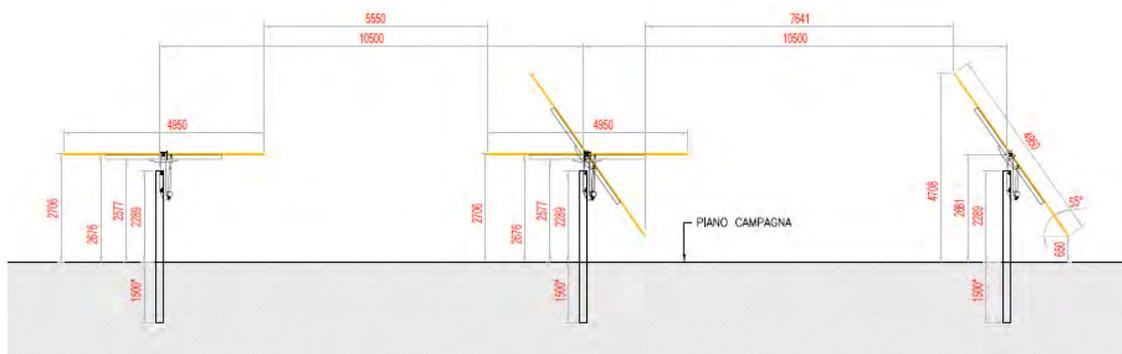


Figura 5.2: Particolare costruttivo strutture mobili (tracker)

In via preliminare, sono state previste due tipologie di portali costituiti da 12 e da 24 moduli, montati con una disposizione su due file in posizione verticale (2P). Tale configurazione potrà variare in conseguenza della scelta definitiva del tipo di modulo fotovoltaico.

Saranno installate in totale:

- n. 212 strutture con configurazione 2x6;
- n. 3.324 strutture con configurazione 2x12.

5.5 CONNESSIONE ALLA RTN

L'impianto sarà connesso in parallelo alla rete di trasmissione nazionale e saranno rispettate le seguenti condizioni (CEI 0-16):

- il parallelo non deve causare perturbazioni alla continuità e qualità del servizio della rete pubblica per preservare il livello del servizio per gli altri utenti connessi;
- l'impianto di produzione non deve connettersi o la connessione in regime di parallelo deve interrompersi immediatamente ed automaticamente in assenza di alimentazione della rete di distribuzione o qualora i valori di tensione e frequenza della rete stessa non siano entro i valori consentiti;
- l'impianto di produzione non deve connettersi o la connessione in regime di parallelo deve interrompersi immediatamente ed automaticamente se il valore di squilibrio della potenza generata da impianti trifase realizzati con generatori monofase non sia compreso entro il valor massimo consentito per gli allacciamenti monofase.

Ciò al fine di evitare che (CEI 0-16):

- in caso di mancanza di tensione in rete, l'utente attivo connesso possa alimentare la rete stessa;
- in caso di guasto sulle linee elettriche, la rete stessa possa essere alimentata dall'impianto fotovoltaico ad essa connesso,
- in caso di richiusura automatica o manuale di interruttori della rete di distribuzione, il generatore fotovoltaico possa trovarsi in discordanza di fase con la tensione di rete, con possibile danneggiamento del generatore stesso.

L'impianto sarà inoltre provvisto dei sistemi di regolazione e controllo necessari per il rispetto dei parametri elettrici secondo quanto previsto nel regolamento di esercizio, da sottoscrivere con il gestore della rete alla messa in esercizio dell'impianto.

È prevista la realizzazione di una Cabina di Connessione posizionata in prossimità della nuova Stazione Elettrica.

Di seguito il percorso di connessione in cavidotto 36 kV, con lunghezza pari a circa 7,1 km, tra l'impianto e la nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 220/36 kV.



Figura 5.3: Tracciato di connessione alla RTN



6. STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO

In questo capitolo si presentano gli step dello studio idrologico e idraulico svolto per le aree di intervento.

Lo studio idrologico-idraulico è stato articolato secondo i seguenti punti:

- Studio dei bacini idrografici minori esistenti basato sulla modellazione del DTM ed estrazione della rete idrografica naturale, con analisi critica rispetto alla morfologia;
- Identificazione delle aree scolanti e del coefficiente di deflusso;
- Determinazione delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) per tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 30, 50 e 100 anni;
- Costruzione dello ietogramma di progetto;
- Stima del processo di infiltrazione e determinazione dello ietogramma netto di progetto;
- Modello di trasformazione afflussi-deflussi – stima delle portate di progetto ante-operam e post-operam;
- Pre-dimensionamento degli elementi caratteristici del drenaggio consistenti in fossi.

6.1 CONSIDERAZIONI CLIMATICHE

Da una analisi dei dati pluviometrici pubblicati dall'Ente Idrografico della Sardegna risulta che le località meno piovose dell'isola sono situate nel settore centro-meridionale; la zona di Cagliari infatti presenta la più bassa piovosità di tutta l'isola, seguita da Oristano.

La maggior parte della precipitazione è concentrata durante la stagione invernale e autunnale (seconda metà di ottobre prima metà di novembre).

Di seguito si riporta l'andamento delle precipitazioni medie nel territorio regionale, dove si può notare che la precipitazione media annuale nell'area di progetto si attesta intorno agli 800 mm.

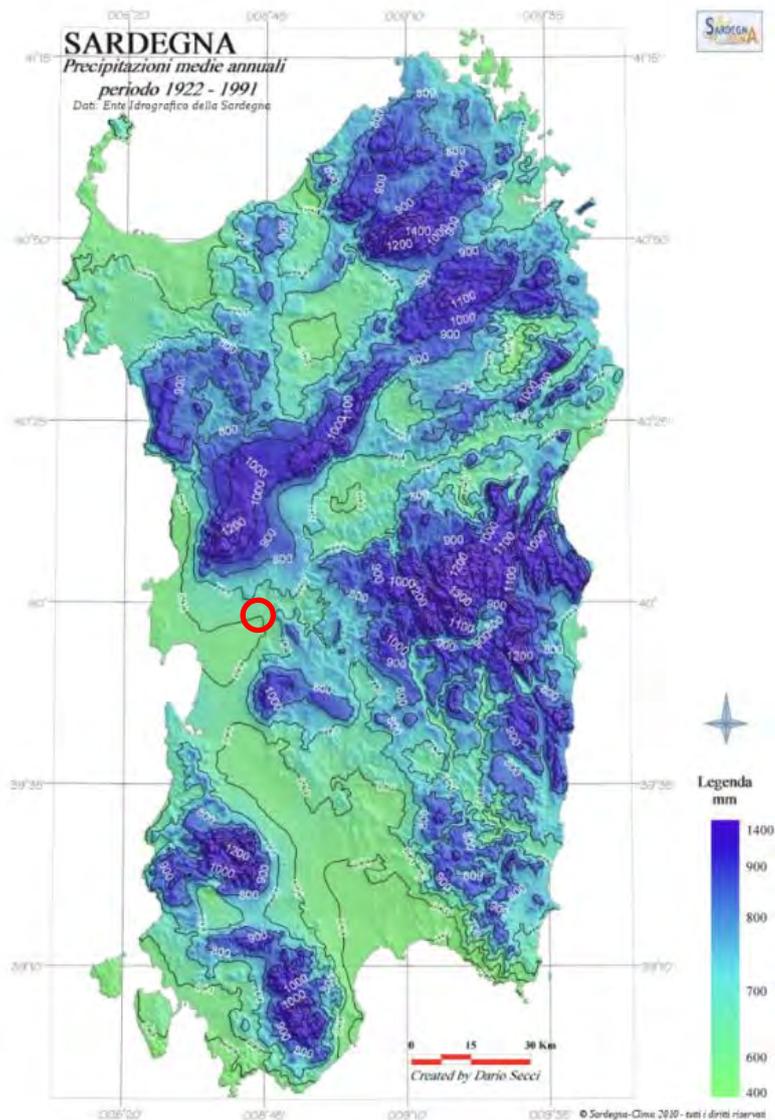


Figura 6.1: Precipitazioni medie annuali, periodo 1922-1991; in rosso l'area di progetto

6.2 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO

L'evento di pioggia di progetto alla base dei calcoli idrologici e della simulazione/dimensionamento idraulico è scelto in base al concetto di tempo di ritorno.

Il periodo di ritorno di un evento, definito anche come "tempo di ritorno", è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità o, analogamente, è il tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta.

Oltre al concetto di tempo di ritorno vi è poi la probabilità che un evento con tempo di ritorno T si realizzi in N anni:

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

Il grafico riportato di seguito esprime il rischio di superare l'evento con tempo di ritorno T durante N anni.

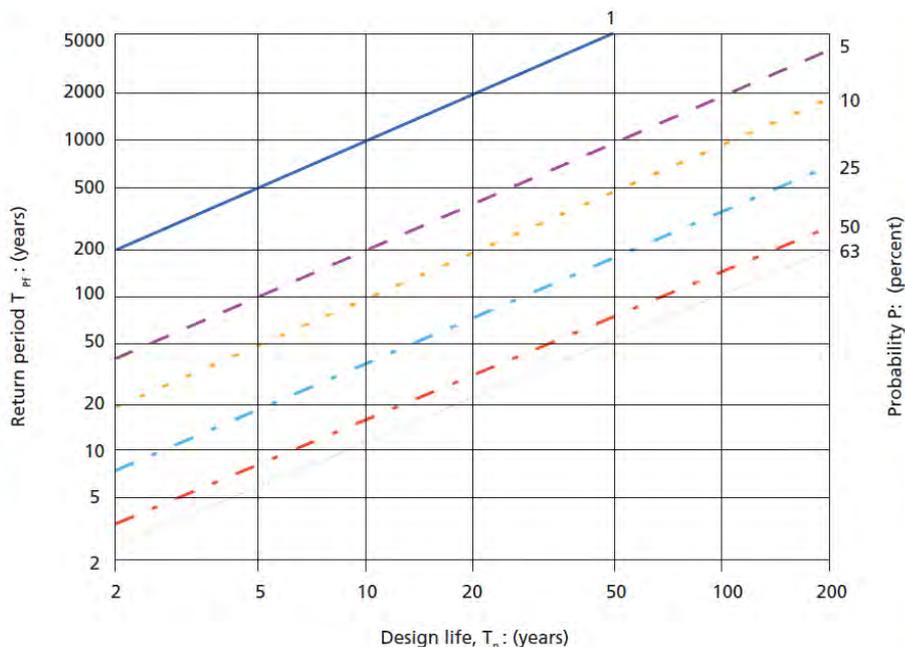


Figura 6.2: Probabilità che un evento con determinati tempi di ritorno si verifichi in N anni

La durata della vita utile dell’impianto fotovoltaico in oggetto è assunta pari a 30 anni.
 Il tempo di ritorno per il calcolo della precipitazione di progetto è stato assunto pari a 30 anni.

6.3 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE

Per l’applicazione del metodo impiegato nella stima delle portate meteoriche superficiali è stato necessario determinare la curva di possibilità climatica caratteristica dell’area oggetto di intervento.

Il tempo di ritorno da assegnare alla curva di possibilità climatica è stato fatto variare da un minimo di 2 anni ad un massimo di 100 anni.

La procedura proposta nell’Atto di Indirizzo e Coordinamento della Regione Sardegna permette di calcolare l’intensità di pioggia ad assegnato periodo di ritorno in ciascun punto del bacino sardo tramite l’analisi regionale (VAPI Sardegna, 1996), condotta sulle precipitazioni intense di breve durata per le circa 200 stazioni con almeno quaranta anni di osservazione a partire dal 1922.

L’intensità di precipitazione che determina la massima portata di piena (intensità critica) è ottenuta dalla curva di possibilità pluviometrica che, com’è noto, esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione, d , ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno T . Tale curva è riportata dalla letteratura tecnica come:

$$h(T) = a \cdot d^n$$

Recenti studi per la Sardegna¹ mostrano che il modello probabilistico TCEV ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche, motivo per il quale è stato adottato nella procedura VAPI per la derivazione delle curve di possibilità pluviometrica.

La metodologia regionale di calcolo si basa sull’inferenza statistica del modello TCEV della variabile aleatoria adimensionale:

$$h' = \frac{h(d)}{h(d)}$$

¹ DEIDDA R., PIGA E., SECHI G.M. - Studio regionale delle massime precipitazioni giornaliere in Sardegna, Quaderni ricerca, 9, 30 pp.c, 1997;



che è il massimo annuale di pioggia per assegnata durata, d , normalizzato rispetto alla media h e successivamente sul calcolo della $h(d)$ per le diverse durate.

L'equazione della curva di possibilità pluviometrica normalizzata è per ciascun tempo di ritorno, T :

$$h'(T) = a \cdot d^n$$

dove i parametri della curva, $a(T)$ ed $n(T)$, vengono definiti per tre Sotto Zone Omogenee della Sardegna (SZO), per durate minori e maggiori di 1 ora e per tempi di ritorno maggiori di 10 anni.

Tabella 6.1: Parametri di calcolo della curva di possibilità pluviometrica (CPP)

SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata >1 ora
Sottozona 1	$a=0.46420+1.0376*\text{Log}(T)$	$a=0.46420+1.0376*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18488+0.22960*\text{Log}(T)-3.3216*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=-1.0469*10^{-2}-7.8505*10^{-3}*\text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a=0.43797+1.0890*\text{Log}(T)$	$a=0.43797+1.0890*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18722+0.24862*\text{Log}(T)-3.36305*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=-6.3887*10^{-3}-4.5420*10^{-3}*\text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$
	$n=-0.19060+0.264438*\text{Log}(T)-3.8969*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=1.4929*10^{-2}+7.1973*10^{-3}*\text{Log}(T)$

Per la zona oggetto di studio SZO1, l'altezza di pioggia giornaliera h_T con assegnato tempo di ritorno T in anni è data da:

$$h(T) = \mu_g K_T$$

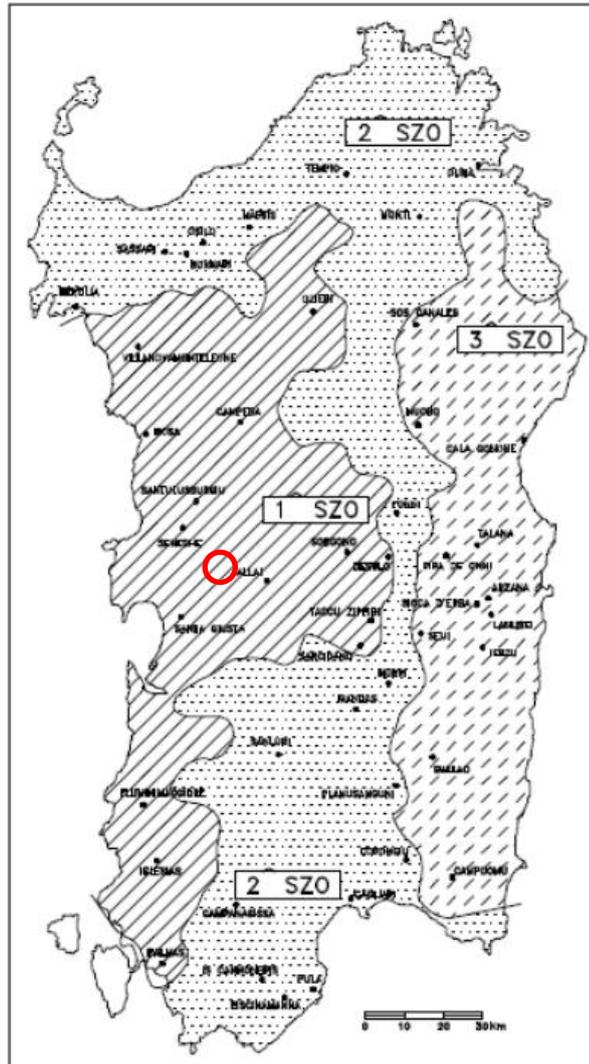


Figura 6.3: Zonizzazione del PAI – Stralcio carta sottozone omogenee per le piogge brevi e intense

La pioggia indice giornaliera μ_g è la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera. K_T è il coefficiente (adimensionale) di crescita espresso in funzione del tempo di ritorno T .

La pioggia indice $\mu(t)$ di durata t (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata t) può essere espressa in forma monomia:

$$\mu(t) = a_1 t^{n_1}$$

dove i coefficienti a_1 e n_1 si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g :

$$a_1 = \mu_g / (0.886 * 24^{n_1})$$

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \text{ Log}_{10} \mu_g$$

L'altezza di pioggia $h_T(t)$ di durata t con assegnato tempo di ritorno T in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice $\mu(t)$ per un coefficiente di crescita $K_T(T) = a_2 t^{n_2}$:

$$h_T(t) = \mu(t) K_T(T) = (a_1 a_2) t^{(n_1+n_2)}$$

dove i coefficienti a_2 e n_2 si determinano con le relazioni seguenti per differenti T e t

a) per tempi di ritorno $T \leq 10$ anni

$$a_2 = 0,64767 + 0,89360 \text{ Log}_{10} T$$
$$n_2 = -6,0189 \cdot 10^{-3} + 3,2950 \cdot 10^{-4} \text{ Log}_{10} T$$

b) per tempi di ritorno $T > 10$ anni

$$a_2 = 0,44182 + 1,0817 \text{ Log}_{10} T$$
$$n_2 = -0,18676 + 0,24310 \text{ Log}_{10} T - 3,5453 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2 \quad (\text{per } t \leq 1 \text{ ora})$$
$$n_2 = -5,6593 \cdot 10^{-3} - 4,0872 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T \quad (\text{per } t \geq 1 \text{ ora})$$

Assumendo μ_g pari a 50 mm (Figura 6.4), nella tabella sottostante (Tabella 6.2) vengono riportati i parametri di calcolo a e n delle curve di possibilità pluviometrica in relazione al tempo di ritorno.

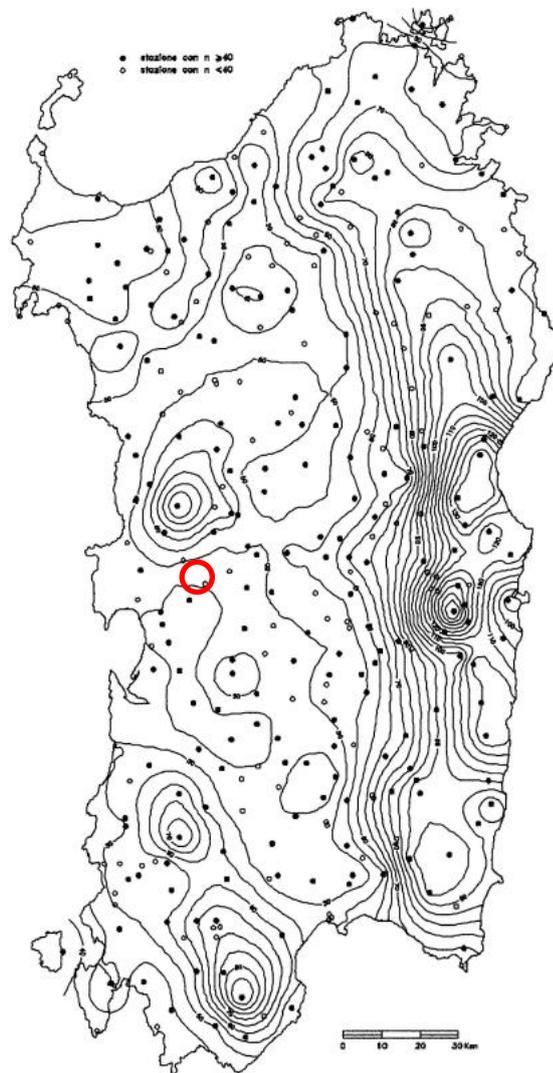


Figura 6.4: Zonizzazione PAI Regione Sardegna – Stralcio carta delle isoiete (pioggia indice giornaliera)



Tabella 6.2: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica

PARAMETRI LSPP ($\mu_G = 45,0$ [MM])						
Tempo di ritorno [anni]	a1 [mm/h]	n1	a2 [mm/h]	n2 (t>1h)	n2 (t<1h)	n2 (T<10 anni)
2	20,69	0,32	0,92			-0,0043
5	20,69	0,32	1,26			-0,0097
10	20,69	0,32	1,52			-0,0138
30	20,69	0,32	2,00	-0,022	0,083	
50	20,69	0,32	2,23	-0,024	0,111	
100	20,69	0,32	2,54	-0,026	0,143	

In Figura 6.5 sono riportati i grafici con le curve di possibilità pluviometrica per eventi di durata inferiore e superiore a un'ora relativi ai diversi tempi di ritorno.

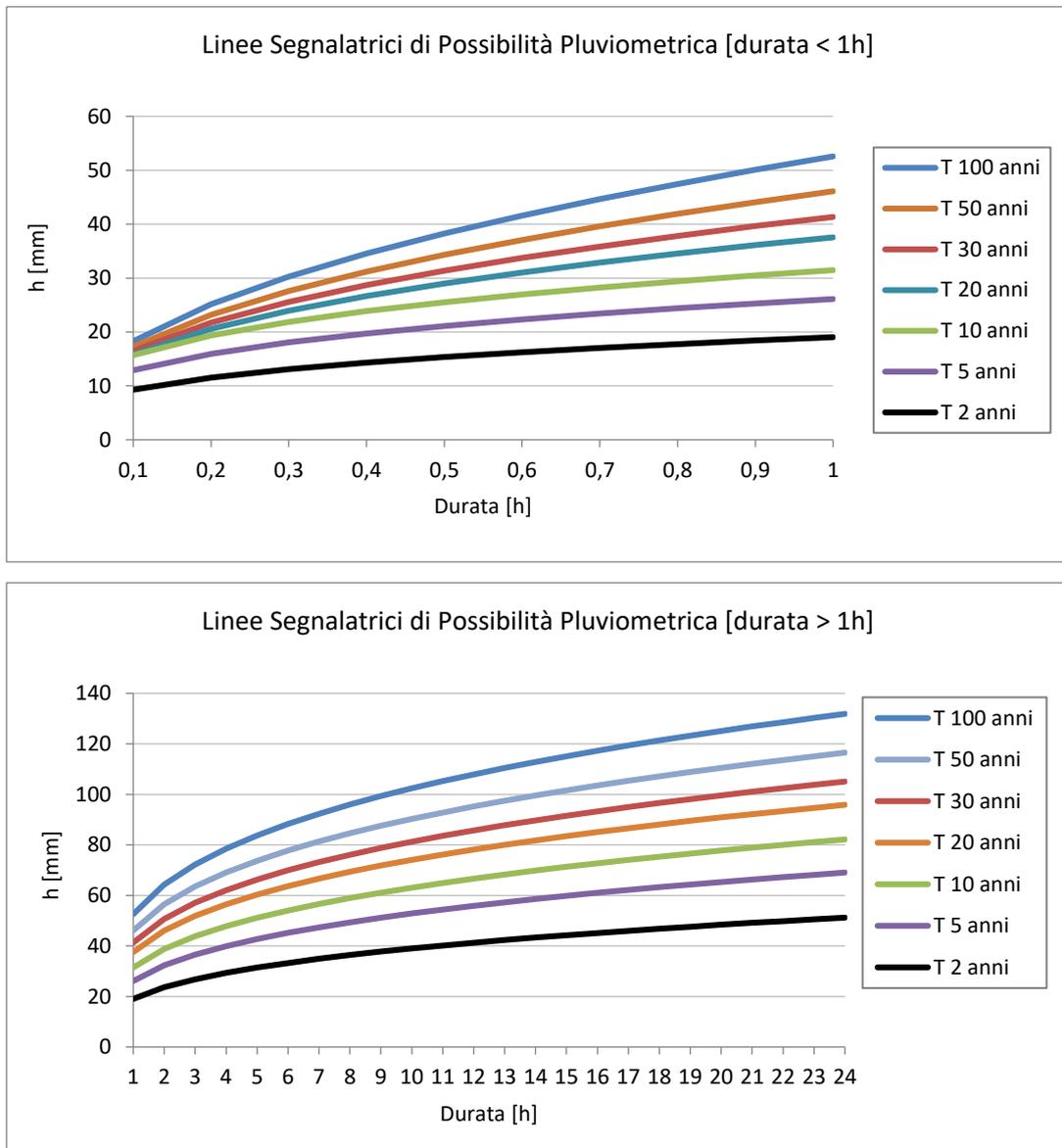


Figura 6.5: Curve di possibilità pluviometrica (LSP) per eventi di durata inferiore e superiore a 1 ora

Nella tabella seguente si riportano, inoltre, per diverse durate t (0,5-24h) e tempi di ritorno T (2, 5, 10, 30, 50 e 100 anni), i valori delle altezze di precipitazione $h_T(t)$ espresse in mm.

Tabella 6.3: Altezze di pioggia per le diverse durate per i diversi tempi di ritorno

ALTEZZA DI PIOGGIA CRITICA AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO E DELLA DURATA H [MM]						
Durata evento critico [ore]	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 30 anni	TR 50 anni	TR 100 anni
0,5	15	21	26	31	34	38
1	19	26	31	41	46	53
2	24	32	39	51	56	64
3	27	37	44	57	64	72
4	29	40	48	62	69	79
5	31	43	51	66	74	84
6	33	45	54	70	78	88
7	35	47	57	73	81	92
8	36	49	59	76	85	96
9	38	51	61	79	88	99
10	39	53	63	81	90	102
11	40	54	65	84	93	105
12	41	56	67	86	95	108
13	42	57	68	88	97	110
14	43	59	70	90	100	113
15	44	60	71	92	102	115
16	45	61	73	93	104	117
17	46	62	74	95	105	119
18	47	63	75	97	107	121
19	48	64	77	98	109	123
20	48	65	78	100	110	125
21	49	66	79	101	112	127
22	50	67	80	102	114	129
23	51	68	81	104	115	130
24	51	69	82	105	117	132

6.4 IDENTIFICAZIONE DEL BACINI SCOLANTI DI PROGETTO

Nel presente paragrafo sono state identificate le singole aree scolanti e le principali caratteristiche sulla base delle quali calcolare le portate idrologiche di riferimento.

Al fine di non modificare la rete naturale allo stato attuale e definire un sistema di drenaggio interno al sito con il minor impatto è stata eseguita una simulazione del modello digitale del terreno disponibile con lo scopo di identificare le principali informazioni morfologiche e idrologiche a scala di bacino nello stato di fatto (pendenze e isoipse, delimitazione del bacino idrografico, rete principale e secondaria).

La simulazione è stata condotta mediante algoritmi TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models) e successivamente rielaborata in ambiente GIS.

I bacini sono stati suddivisi in bacini interni (numerati con Bx) e macro bacini esterni (numerati con Ex). Tale differenziazione viene effettuata al fine di indicare i bacini per cui il dimensionamento delle opere di scolo verrà realizzata sulla base delle aree effettive di alimentazione. La rete estratta attraverso la simulazione sarà quindi sovrapposta con le aree di progetto e sulla base dei risultati sarà definito il sistema interno di gestione delle acque meteoriche e i punti di affluenza. Lo stato di progetto presenterà quindi una rete di drenaggio con percorsi e punti di affluenza ai canali perimetrali compatibili con lo stato di fatto. La rete interna a tali siti sarà principalmente costituita da canalette in terra a cielo aperto.

In Figura 6.6 sono riportati i bacini individuabili nei pressi delle aree di impianto.

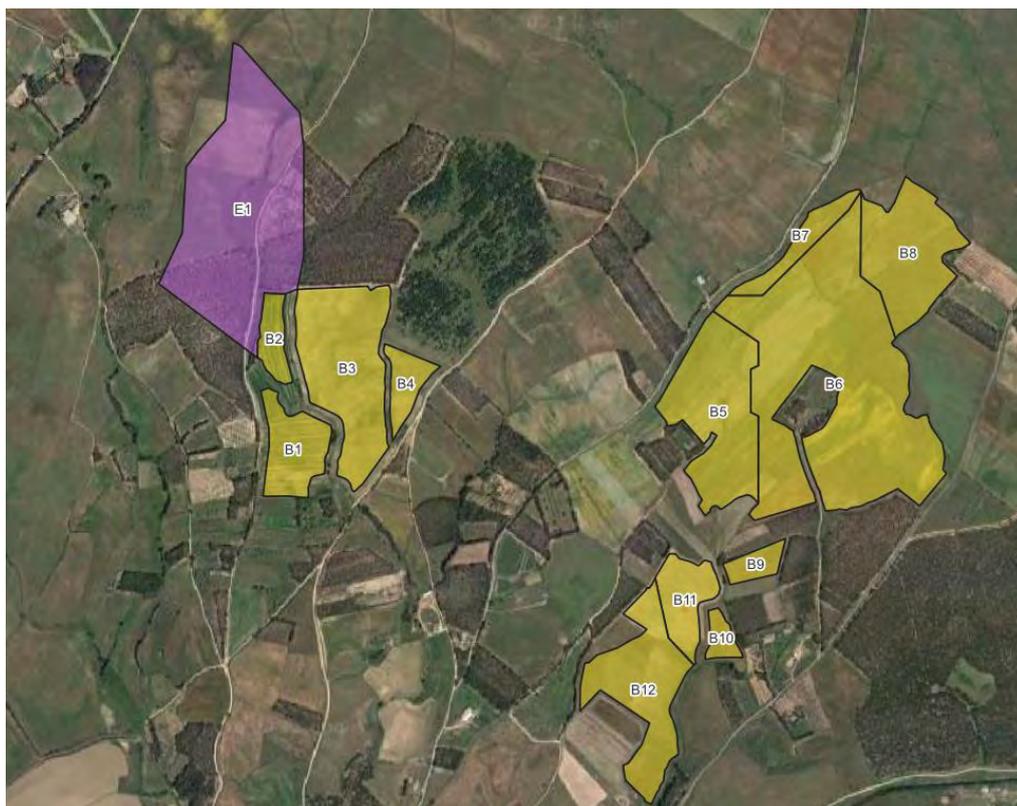


Figura 6.6: Delimitazione bacini scolanti e codifica, in giallo bacini interni alle aree di impianto, in viola bacini esterni

Tabella 6.4: Aree scolanti

ID BACINO	AREA [MQ]
B1	32537
B2	13676
B3	87562
B4	15271
B5	83609
B6	238899
B7	17838
B8	66558
B9	10061
B10	7420
B11	26620
B12	67292
E1	174842

6.5 VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA)

La determinazione della pioggia efficace ovvero della porzione di volume della precipitazione che contribuisce effettivamente alla formazione dell'onda di piena è stata eseguita applicando il "metodo percentuale" ϕ .

Questo metodo ipotizza che le perdite costituiscano una percentuale costante della quantità di pioggia durante l'evento.

Si considera il coefficiente di deflusso ϕ , caratteristico dell'evento nella sua totalità, come rapporto tra il volume di precipitazione netta (P_{netta}) ed il volume di precipitazione totale (P):

$$\phi = \frac{P_{netta}}{P}$$

Al fine di ottenere lo ietogramma di pioggia netta, la pioggia sintetica "di progetto" viene moltiplicata per il parametro ϕ , ammettendosi così che i fenomeni di infiltrazione e perdita idrica siano costanti durante tutta la durata dell'evento piovoso.

6.5.1 Valutazione ante-operam

Le aree allo stato ante-operam non risultano impermeabilizzate e sono prevalentemente coltivate. Come descritto in precedenza, l'area di progetto si sviluppa su aree di colture intensive, seminativi in aree non irrigue.

Secondo il metodo SCS-CN, in base alla perimetrazione del CN ottenuta dal Geoportale della Regione Sardegna, per l'area di progetto è individuato un CN pari a 61, corrispondente al tipo idrologico di suolo A (scarsa potenzialità di deflusso).

Cautelativamente si considera un CN pari a 73, corrispondente al tipo idrologico B (potenzialità di deflusso moderatamente bassa) definito per le aree di impianto.

Si assume che il valore di CN possa variare in relazione alle condizioni iniziali di imbibimento all'atto della piena. Lo stato di imbibimento viene espresso, in modo quali-quantitativo, in base ad un indice di pioggia, ovvero la pioggia totale caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena.

A seconda di tale valore vengono identificate le tre classi AMC I, II e III, che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito.

Nell'ipotesi di AMC III il CN corrispondente risulta pari a 86.

A seguito del calcolo del CN è stato possibile determinare il coefficiente di deflusso della zona, confrontando la precipitazione lorda con la precipitazione netta.

Il coefficiente di deflusso è calcolato come:

$$\Phi = \begin{cases} \frac{3}{4} \left(\frac{I}{I_e} \right)^{1/3}, & \text{per } t_r \leq t_e, \text{ o } I \leq I_e, \text{ o } \Phi \leq \frac{3}{4} \\ 1 - \frac{I_e}{4I}, & \text{per } t_r > t_e, \text{ o } I > I_e, \text{ o } \frac{3}{4} < \Phi \leq 1 \end{cases}$$

Dove la precipitazione lorda I_e è calcolata come segue.

$$I_e = 4 (1 + c) S$$

Dove:

- $S = s_0 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$;
- $I_a = cS$;
- S_0 è un fattore di scala ed è pari a 254mm;
- c è un coefficiente di proporzionalità di valore 0,2;

Il coefficiente di deflusso ante-operam ottenuto è costante per tutti i sottobacini ed è pari a 0,45.

6.5.2 Valutazione post-operam

In merito alle aree prevalentemente permeabili è stato valutato l'impatto dovuto all'installazione di strutture tracker.

L'interasse tra le strutture sarà di circa 5 metri. I tracker non avranno una configurazione fissa ma oscilleranno durante le fasi del giorno. Il tracker si posizionerà stabilmente con un tilt prossimo a zero solo in condizioni di messa in sicurezza in occasione di velocità del vento superiore alla soglia limite.

Si ritiene che durante un evento intenso con tempo di ritorno pari a quello di progetto, la capacità di infiltrazione, così come le caratteristiche di permeabilità del terreno, delle aree di intervento non siano modificate dall'installazione delle strutture tracker.

Analogamente si può affermare delle platee di appoggio delle cabine elettriche che avranno un'area trascurabile rispetto all'intera estensione delle aree.

Ciononostante, volendo cautelativamente ipotizzare una perdita di capacità di infiltrazione delle acque meteoriche, si è valutata arealmente l'incidenza e si sono valutati gli impatti in termini di capacità di infiltrazione delle eventuali acque di ruscellamento che si generano su ogni settore di progetto su aree permeabili.

Tale valutazione è stata condotta sulla base di precedenti studi internazionali (rif. "Hydrologic response of solar farm", Cook, Lauren, Richard - 2013 –American Society of Civil Engineers) improntati su un

modello concettuale di impatto che simula il modulo idrologico tipo di impianto come costituito da un'area di installazione pannelli ed una di interfila.

L'area di interfila presenta una capacità di infiltrazione non influenzata.

Il modello schematizza l'area interessata dalla struttura come composta al 50% da una sezione "wet" con capacità di infiltrazione non influenzata e collegata alla precedente area di interfila e una sezione "dry" che si assume a favore di sicurezza come non soggetta ad infiltrazione diretta e quindi con coefficiente di deflusso pari a 1. Lo schema è visibile nella figura seguente.



Figura 6.7: Modulo tipo, descrivente il modello concettuale idrologico dell'installazione di strutture fotovoltaiche a tracker su pali infissi comprendente l'area pannelli (in rosso) e l'area di interfila (Fonte: Hydrologic response of solar farm Cook 2013 American Society of Civil Engineers)

Come descritto, la proiezione del tracker a terra non risulterà fissa in quanto la struttura varierà il tilt durante le fasi della giornata. Volendo comunque assumere la condizione più sfavorevole di evento intenso di progetto in occasione di tilt della struttura pari a zero si ottiene un'area dry pari al 50% dell'area utile di installazione pannelli.

Nel calcolo della pioggia netta è stato quindi calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale sulla base delle precedenti assunzioni.

Tabella 6.5: Aree scolanti e caratteristiche di infiltrazione negli scenari ante-operam/post-operam

STATO DI FATTO	AREA [ha]	AREA MODULI [ha]	PERCENTUALE MODULI SU AREA NETTA INSTALLAZIONE PANNELLI	AREA DRY STIMATA DURANTE TILT PARI A 0° [ha]	PERCENTUALE AREA AVENTE EFFETTO POTENZIALMENTE DRY	COEFF. DEFLUSSO ANTE-OPERAM ASSUNTO	COEFF. DEFLUSSO POST-OPERAM STIMATO
Permeabile	66,67	23,01	35%	11,51	17,3%	0,45	0,54

Sulla base dei coefficienti di deflusso stimati sono state calcolate le portate al colmo durante l'evento intenso di progetto negli scenari ante- e post-operam. L'impermeabilità del sito, post-operam, aumenta del **21%**.

6.6 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO

Per calcolare le portate di scolo dai bacini imbriferi costituiti dai singoli settori in cui è prevista la posa delle strutture fotovoltaiche, si è determinato per ognuno di essi l'evento critico, cioè l'evento

meteorico che produce la massima portata al colmo (portata critica). A tal fine si è adottato il modello cinematico (o della corrivazione).

Ipotizzando che la precipitazione sia a intensità costante e che la curva tempi aree del bacino sia lineare, la durata critica coincide con il tempo di corrivazione del bacino e la portata critica (portata di progetto) è data dall'espressione:

$$Q_P = \phi \cdot \frac{i(T_0, t_C) \cdot A}{360}$$

Dove:

- Q_P = portata critica (netta) [m³/s];
- ϕ = coefficiente di deflusso, mediante il quale si tiene conto delle perdite per infiltrazione e detenzione superficiale [adimensionale];
- $i(T_0, t_C)$ = intensità media della precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione del bacino (t_C - min) ed avente un tempo di ritorno (T - anni) [mm/h];
- A = superficie del bacino [ha].

Il valore del tempo di corrivazione è stato calcolato come somma del tempo di entrata in rete più il tempo di rete.

Come mostrato nelle seguenti tabelle (Tabella 6.6,

Tabella 6.7), lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso pari a direttamente proporzionale all'incremento del coefficiente di deflusso nello scenario più critico di terreno saturo e posizione dei tracker orizzontale.

Dal confronto ante-operam/post-operam emerge che l'aumento delle portate al colmo sarà compatibile con la rete di drenaggio esistente e con le portate attualmente scolanti.

Tabella 6.6: Determinazione delle portate di progetto nello scenario ante- e post-operam

BACINO	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
S [ha]	1,16	5,58	15,61	2,71	8,45	6,09	2,45
L _{asta} [m]	125	85	520	90	285	530	70
t _c [h]	0,28	0,27	0,36	0,27	0,31	0,36	0,26
h(t) [mm]	24,7	24,4	27,5	24,5	25,9	27,6	24,3
Intensità [mm/h]	89,5	91,2	76,3	91,0	83,4	76,0	91,9
Coeff. deflusso ante-operam	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Coeff. deflusso post-operam	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Portata al colmo ante-operam Q _{cr} [mc/s]	0,13	0,63	1,48	0,31	0,87	0,57	0,28
Portata al colmo post-operam Q _{cr} [mc/s]	0,16	0,77	1,79	0,37	1,06	0,70	0,34

Tabella 6.7: Determinazione delle portate di progetto nello scenario ante- e post-operam

BACINO	B8	B9	B10	B11	B12	E1
S [ha]	14,20	0,64	4,86	2,75	3,89	18,8
L _{asta} [m]	330	80	128	210	165	350
t _c [h]	0,32	0,27	0,28	0,29	0,29	0,32
h(t) [mm]	26,2	24,4	24,8	25,4	25,1	26,4
Intensità [mm/h]	81,9	91,4	89,4	86,1	87,9	81,3
Coeff. deflusso ante-operam	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Coeff. deflusso post-operam	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Portata al colmo ante-operam Q _{cr} [mc/s]	1,44	0,07	0,54	0,28	0,42	1,90
Portata al colmo post-operam Q _{cr} [mc/s]	1,75	0,09	0,65	0,36	0,52	-

7. OPERE IDRAULICHE

L'approccio utilizzato nella progettazione preliminare ha posto grande attenzione non solo alla definizione della rete di drenaggio delle acque meteoriche, ma soprattutto all'integrazione delle opere con lo stato di fatto. Si sono quindi minimizzate le interferenze con l'idrografia esistente, sostituendo l'utilizzo delle tradizionali opere dell'ingegneria civile di raccolta e scarico con opere di drenaggio sostenibile.

In particolare, in contrapposizione al classico approccio di drenaggio delle acque meteoriche, in cui il principale obiettivo è l'allontanamento delle acque dal sito, nel presente progetto si sono utilizzate tecniche di progettazione a basso impatto.

La scelta dei sistemi di drenaggio sostenibili porterà al raggiungimento di più obiettivi:

- Diminuzione del carico di acque meteoriche smaltite nei vari corsi idrici, per lo smaltimento tramite laminazione e infiltrazione;
- Realizzazione di infrastrutture verdi a vantaggio di quelle grigie;
- Rallentamento e riduzione del picco di piena durante piogge intense;
- Realizzazione di interventi che favoriscano i fenomeni di infiltrazione e ritenzione e gli indiretti processi di bioremediation;
- Contrastare i processi di erosione.

Il presente progetto ha mirato all'utilizzo di:

- Fossi di scolo in terra;
- Protezione scarichi verso solchi di drenaggio naturali mediante implementazione di opere di dissipazione e protezione del versante.

Il sistema di drenaggio è stato dimensionato sulla base dei tempi di ritorno in linea con la vita utile di progetto.

7.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO

Attraverso l'analisi TauDEM rielaborata in ambiente GIS è stato indentificato un reticolo idrografico principale caratterizzato da corsi preferenziali che non presentano un alveo ben definito, ma possono raggiungere portate significative in seguito ad eventi di pioggia intensi non ordinari.

Il progetto ha previsto una sistemazione e integrazione del drenaggio al fine di indirizzare e distribuire le portate, costituita da canalette di forma trapezia scavate nel terreno naturale e rinverdite.

Tra i vantaggi idraulici esse immagazzinano e convogliano le acque scolanti meteoriche favorendo la riduzione dei picchi di deflusso, l'infiltrazione e il rallentamento dei flussi, a seconda della pendenza. Tali opere sono state e sono tuttora largamente in uso nelle aree rurali.

Durante l'avvento dei sistemi di gestione sostenibile questa categoria è stata rielaborata progettualmente creando nuove funzioni quali detenzione, infiltrazione, bioremediation ed ecologica.

Di seguito alcuni esempi:

- Può essere promossa la sedimentazione mediante l'uso di una fitta vegetazione, solitamente piante erbacee, che garantisce basse velocità di flusso per intrappolare gli inquinanti particellari e indiretti effetti fitodepurativi;
- È possibile installare dighe o berme lungo il fosso per favorire ulteriormente lo stoccaggio, il rallentamento, la sedimentazione e l'infiltrazione;
- Mediante la formazione di sottofondo in materiale drenante è possibile incrementare l'infiltrazione creando opere miste con trincee drenanti;

- Utilizzo in commistione con bacini di detenzione come ingresso o uscita.

Nel presente paragrafo sono presentate le verifiche idrauliche di moto uniforme per il dimensionamento dei canali e delle canalette di drenaggio dei diversi settori dell'impianto.

La capacità di convogliamento della sezione idraulica è stata calcolata attraverso una verifica idraulica in regime di moto uniforme, secondo la normale prassi progettuale, utilizzando la nota formula di Chezy con il coefficiente di scabrezza di Manning (parametro che si usa nello studio dei flussi dei canali e che varia rispetto alla natura della superficie di riferimento):

$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} i^{1/2}}{n} \quad (8)$$

Dove:

- Q : portata di riferimento [m^3/s];
- A : area della sezione bagnata [m^2];
- R : raggio idraulico [m] (rapporto tra A e il corrispondente perimetro bagnato della sezione);
- i : pendenza dell'alveo [m/m];
- n : coefficiente di conduttanza idraulica di Manning.

Le canalette saranno realizzate in scavo con una sezione trapezia di larghezza e profondità variabile in funzione della portata di progetto e sponde inclinate di 26° .

In corrispondenza delle intersezioni con la viabilità si sono previsti dei tratti interrati composti da scatolari in c.a. carrabili o da tubazioni in HDPE carrabili.

Lo scopo delle canalette e dei condotti interrati è quello di permettere il deflusso dell'intera portata di progetto, relativa a un tempo di ritorno di 30 anni.

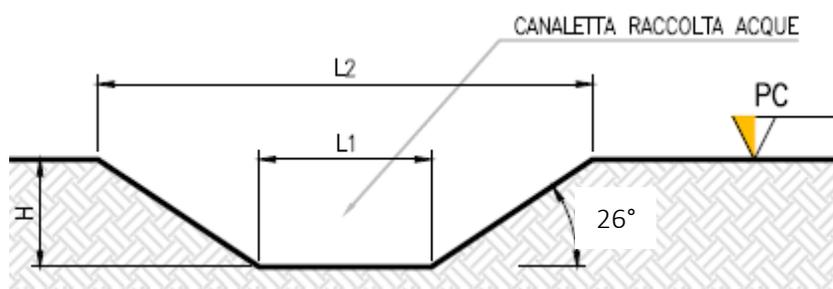


Figura 7.1: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo

Le canalette sono posizionate in maniera prioritaria a protezione di strade e cabinati, parallelamente alle strade interne con i cabinati e lungo le strade perimetrali sul lato più critico di intercettazione delle acque di deflusso, ove necessario.

Le canalette scaricheranno internamente alle aree catastali, in corrispondenza di percorsi naturali di drenaggio, ovvero nei punti in cui naturalmente si ricreano vie preferenziali di deflusso. Allo scarico sarà presente un elemento di tipo riprap al fine di dissipare l'energia e ridurre problemi legati all'erosione.

Gli scarichi della rete di drenaggio senza modifiche tra ante-operam e post-operam convergeranno ai ricettori esistenti. In fase esecutiva verranno realizzati in conformità con le pratiche agricole del sito.

L'ubicazione planimetrica delle canalizzazioni è illustrata nell'Allegato 01.

8. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO E LINEA DI CONNESSIONE

Nel capitolo 4 sono stati individuati i possibili punti/tratti di potenziale interferenza tra le opere in progetto ed il reticolo idrografico esistente. Per la classificazione delle aree si è fatto riferimento principalmente al PSFF, al PGRA, al PAI e alla gerarchizzazione di Horton-Strahler con relative fasce di rispetto.

Al fine di valutare la compatibilità idraulica sono state analizzate le interferenze del layout di progetto, del tracciato del cavidotto di connessione e della linea di interconnessione tra i lotti con il reticolo idrografico.

Come riportato al capitolo 4, le aree recintate dell'impianto non interferiscono con aree a pericolosità idraulica secondo i piani consultati e le fasce di prima salvaguardia del reticolo di Strahler sono state recepite nella definizione del layout.

Il cavidotto della linea di connessione interferisce con aree a pericolosità idraulica e presenta due interferenze con il reticolo di Strahler, così come la linea di interconnessione tra i lotti presenta un'interferenza con il reticolo di Strahler.

Ulteriori eventuali interferenze con l'idrografia sono state valutate sulla base di layer resi disponibili dalla Regione Sardegna, del sopralluogo in sito e della consultazione della cartografia di base IGM (scala 1:25000).

Le soluzioni adottate per le interferenze con la linea di connessione sono di tipo 'trenchless', ovvero una tipologia di interrimento del cavo che non prevede il tradizionale scavo a cielo aperto. Esempi di tecnologie trenchless sono TOC, microtunnel e spingitubo. Nella maggior parte delle interferenze analizzate si prevede l'adozione della TOC, ma, in accordo col gestore, possono essere prese in considerazione altre tecnologie trenchless meno invasive.

Per i corsi d'acqua minori, effimeri o episodici, in cui l'alveo sia molto superficiale e con una sponda molto ridotta non è sempre necessario interrare i cavi con un metodo *trenchless*. Nei lunghi periodi di secca, tipici delle stagioni estive, è possibile valutare scavi tradizionali purché il cavo venga interrato almeno di 1,5 metri dal punto di impluvio, mentre nelle stagioni critiche più piovose o irrigue, è opportuno affidarsi ai *trenchless*. Inoltre, ulteriore elemento di decisione tra le due soluzioni tecniche è che nel caso di scavo tradizionale questo non debba compromettere la stabilità spondale o creare punti critici che inneschino nel tempo erosioni. In ogni caso la modalità di superamento dell'interferenza dovrà essere approvata dal gestore della rete attraversata.

Dove è specificato l'impiego di una TOC, è sempre necessario adoperare questa tecnica e si prevede una profondità minima di posa del cielo tubo di 2 metri dal punto più depresso dell'alveo, mentre nelle altre interferenze minori, in piccoli alvei spesso asciutti è sufficiente un cavo interrato alla profondità specificata per le stagioni non piovose. Si tratta dei casi eventualmente identificati con risoluzione "trenchless/cavo interrato".

In particolare, quando si riscontrano interferenze con corsi d'acqua significativi (ordine Strahler > 2) la risoluzione utilizzata è la TOC e la profondità minima è definita con maggior dettaglio.

Nel caso in cui non sia necessaria la tecnologia *trenchless* e la profondità di interro da normativa risulti più restrittiva rispetto a quella dei calcoli idraulici, si potrà adottare la soluzione di interrimento.

Nelle aree alluvionate diffuse (senza attraversamento di alvei), il cavo di connessione sarà interrato sotto il manto stradale della viabilità ad una profondità minima in funzione del numero di terne presenti nello scavo. Pertanto, nell'eventualità di allagamento, il cavo sarà protetto dall'erosione. Si sottolinea che nella fase post operam della posa del cavo, non vi sarà ostacolo al deflusso naturale delle acque meteoriche e non si riscontrerà una riduzione delle capacità di invaso delle aree interessate.

In Figura 8.1 sono riportati i punti di interferenza del tracciato di connessione con l'idrografia e con manufatti idraulici. In Tabella 8.1 sono riepilogate le interferenze rilevate con il tracciato del cavidotto di connessione e con il tracciato della linea di interconnessione tra i lotti.



Figura 8.1: Interferenze con l'idrografia lungo il tracciato della linea di connessione (in verde) e lungo la linea di interconnessione tra i lotti (in giallo)

Tabella 8.1: Riepilogo interferenze con il tracciato del cavidotto di connessione e con il tracciato della linea di interconnessione tra i lotti

ID	PERICOLOSITÀ	INTERFERENZA	RISOLUZIONE
I01	-	Griglia	-
I02	-	Manufatto idraulico	-
I03	-	Manufatto idraulico	Cavo interrato/ <i>trenchless</i>
I04	Elemento idrico Strahler – ordine 2	Riu Cambaras	<i>Trenchless</i> /TOC
I05	-	Manufatto idraulico	Cavo interrato/ <i>trenchless</i>
I06	-	Manufatto idraulico	Cavo interrato/ <i>trenchless</i>
I07	Elemento idrico Strahler – ordine 1	FIUME_343735	Cavo interrato/ <i>trenchless</i>
I08	-	Manufatto idraulico	Cavo interrato/ <i>trenchless</i>
I09	-	Fosso interrato lato strada	Cavo interrato
I10	-	Manufatto idraulico	Cavo interrato/ <i>trenchless</i>
I11	-	Manufatto idraulico	Cavo interrato/ <i>trenchless</i>

ID	PERICOLOSITÀ	INTERFERENZA	RISOLUZIONE
I12	-	Manufatto idraulico	Cavo interrato/ <i>trenchless</i>
I13	-	Manufatto idraulico	Cavo interrato/ <i>trenchless</i>
P01	Interferenza elemento idrico Strahler – ordine 2	Roia Caddus	Trenchless/TOC

8.1 METODOLOGIA DI VERIFICA PROFONDITÀ DI SICUREZZA POSA TOC

8.1.1 *Analisi qualitativa*

In seguito all'identificazione dei punti di interferenza, per gli attraversamenti di corsi d'acqua naturali/antropici è stata effettuata un'analisi qualitativa di stabilità dei tratti di interesse. L'analisi è stata condotta sulla base delle indicazioni HEC-20 - Stream Stability at Highway Structures – FHWA.

Per ognuno è stato assegnato un valore numerico totale derivante dall'analisi qualitativa multicriteriale al quale corrisponde una categoria di stabilità dell'alveo: eccellente, buono, moderato, cattivo stato.

Gli indicatori di stabilità considerati sono stati:

- Caratteristiche e attività del bacino e delle golene: è stato valutato il grado di interferenze dovuto all'esercizio di attività come pascoli, allevamenti, costruzioni, infrastrutture, ecc.
- Periodicità caratteristica: periodicità e frequenza del flusso (effimero, regolare, flash flood, ecc.) e clima (umido, semiarido, arido);
- Classificazione geomorfologica del canale;
- Presenza e tipologia di aree golenali. Grado di confinamento, quindi se il canale è delimitato da argini, infrastrutture;
- Materiale di fondo e granulometria tipologica;
- Presenza delle barre e caratteristiche dell'asta (pendenza longitudinale, il rapporto tra larghezza/altezza della sezione di interesse);
- Potenziali ostruzioni;
- Caratteristiche dello stato delle golene e delle sponde;
- Pendenza media delle sponde;
- Grado di protezione delle sponde sulla base della copertura vegetale o di opere di ingegneria;
- Valutazione del livello di frastagliamento della sponda;
- Segni di cedimenti delle golene ed eventuali evidenze di trasporto di materiale;
- Allineamento di eventuali ponti e pile rispetto al flusso.

8.1.2 *Analisi quantitativa*

L'analisi quantitativa potrà essere effettuata in corrispondenza delle interferenze a valle della presente fase progettuale al fine di verificare e confermare le profondità di posa preliminarmente identificate in questa fase.

L'analisi quantitativa ha seguito la metodologia HEC18 "Evaluating Scour at Bridges" FHWA-HIF-12-003 basata sulle portate caratteristiche idrologiche/idrauliche, le caratteristiche geometriche e granulometriche del corso d'acqua.

La granulometria assunta è quella caratteristica dello strato risultante dal modello geotecnico consistente al di sotto dei 3 metri da piano campagna in ciottoli di matrice sabbiosa-limosa.

Considerata la stabilità geomorfologica complessiva non è stata considerata la migrazione dell'alveo. A favore di sicurezza non sono stati considerati fenomeni di deposizione ma solo di erosione.

L'erosione totale potenziale è stata valutata come somma:

- Erosione a lungo termine;
- Erosione in corrispondenza di contrazioni;
- Erosioni locali in corrispondenza di pile di ponti.

Erosione a lungo termine

Il calcolo dell'erosione a lungo termine è stato condotto nell'ipotesi di formazione di uno strato di corazzamento "armoring". L'erosione graduale dello strato attivo di fondo con il dilavamento dei sedimenti crea uno strato di corazzamento assunto quale condizione di stabilità.

Tale stabilità è mantenuta sino a nuovo evento che supera quello alla base del calcolo.

Non essendo possibile stabilire allo stato attuale se tale corazzamento sia avvenuto o in divenire, a favore di sicurezza il valore di escavazione calcolato è stato sommato interamente con le altre erosioni.

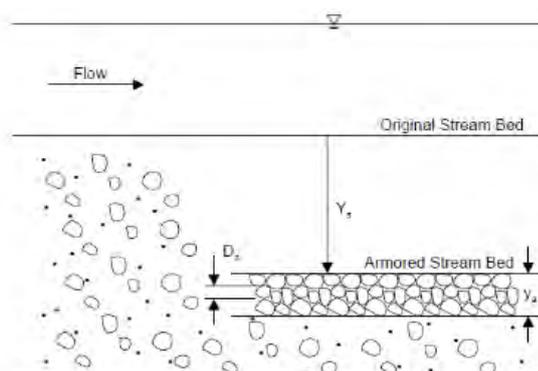


Figura 8.2: Dinamica erosione a lungo termine per corazzamento (fonte FHWA)

La portata utilizzata per il calcolo dell'erosione a lungo termine è stata la portata formativa/dominante definita come quel valore teorico di portata che ha maggiori effetti sulla forma e sulle dimensioni dell'alveo.

Esistono tre possibili approcci per determinare tale portata "teorica" (Biedenharn et al., 2001):

- Portata ad alveo pieno (bankfull discharge);
- Portata con tempo di ritorno compreso tra 1 e 3 anni (il valore della portata con tempo di ritorno di 1.5 anni è quello più comunemente usato);
- Portata efficace (effective discharge), intesa come portata che trasporta più sedimenti in un intervallo temporale sufficientemente ampio.

Nel presente calcolo è stata assunta la portata con metodo b.

Erosione da contrazione e da pile in corrispondenza di ponti stradali

L'erosione dovuta alla presenza di un ponte di attraversamento stradale è calcolata come somma dell'erosione dovuta alla contrazione della vena più quella dovuta alla presenza di pile in alveo.

La portata alla base del calcolo a favore di sicurezza è quella con tempo di ritorno 200 anni riportata dallo "Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico

pugliese, con particolare riferimento alle aree del Gargano, delle coste joniche e salentine della Regione Puglia” nelle sezioni.

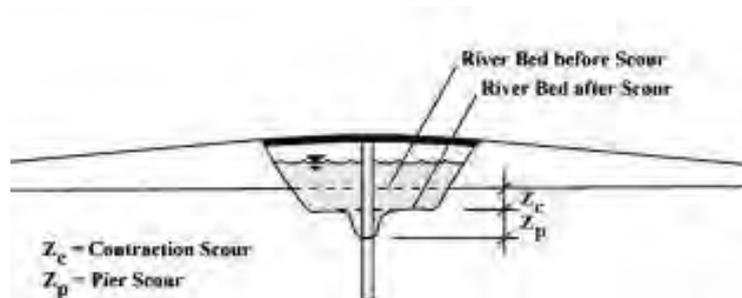


Figura 8.3: Erosioni assunte in corrispondenza di un ponte di attraversamento stradale (fonte FHWA).

Contrazione

L'erosione da contrazione e da pile è diversa dal degrado a lungo termine, in quanto la contrazione si verifica in prossimità di restringimenti naturali o antropici quali ponti. Questa può essere ciclica e/o correlata al passaggio di una piena.

L'erosione dello strato attivo è tipicamente ciclica; ad esempio, durante la fase ascendente di evento di piena può creare erosioni che si riempiono poi nella fase discendente.

La natura ciclica incrementa la difficoltà nel determinare la profondità di escavazione dopo un'alluvione. A favore di sicurezza nel calcolo è assunta l'erosione totale calcolata quindi nel punto più critico della piena.

La contrazione del flusso può mediamente essere causata sia da una diminuzione naturale dell'area di flusso del torrente sia da restringimenti antropici.

Assumendo la possibilità di rimozione dello strato di corazzamento in occasione di eventi di piena la formulazione adottata per il calcolo ha previsto la condizione di Live Bed cioè di trasporto solido in atto e non di acqua limpida come indicato da linea guida FHWA.

Pile e spalle

Il meccanismo di base che causa l'erosione localizzata delle pile è rappresentato dalle correnti non lineari create dall'interazione tra flusso di monte e pila.

Il vortice a ferro di cavallo creato è il risultato dell'accumulo di acqua sulla superficie a monte dell'ostruzione con prima importante escavazione e della successiva accelerazione del flusso con creazioni di vortici a frequenza oscillatoria. L'azione di tali vortici rimuove il materiale del letto intorno alla base della pila.

Il tasso di trasporto dei sedimenti a valle del ponte è superiore al tasso di trasporto alla pila e, di conseguenza, si sviluppa un'erosione. Con l'aumento della profondità dell'escavazione, la forza del vortice a ferro di cavallo si riduce, riducendo così il tasso di trasporto dalla regione di base.

Ristabilito l'equilibrio tra l'afflusso e il deflusso del materiale del letto si crea una stabilità di fondo.

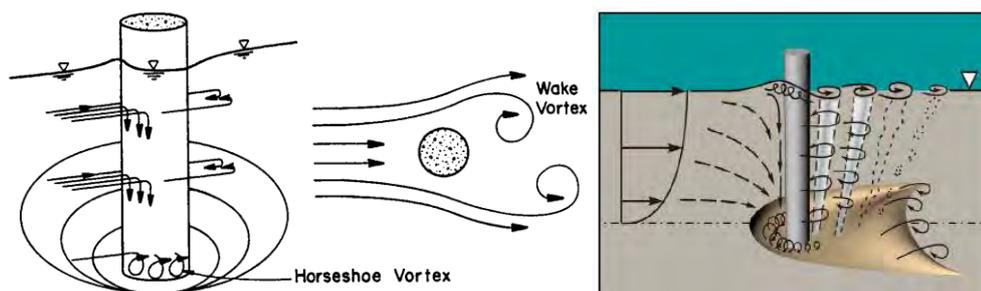


Figura 8.4: Dinamica di erosione in corrispondenza di pile strette (fonte FWHA)

8.2 IDENTIFICAZIONE E RISOLUZIONE INTERFERENZE – CAVO DI CONNESSIONE

8.2.1 I01

Identificazione

Da sopralluogo si è rilevata la presenza di una griglia di drenaggio nei pressi del tracciato del cavidotto di connessione.

Tabella 8.2: Riepilogo interferenza I01

ID	PERICOLOSITÀ	INTERFERENZA	RISOLUZIONE
I01	-	Griglia di drenaggio	-

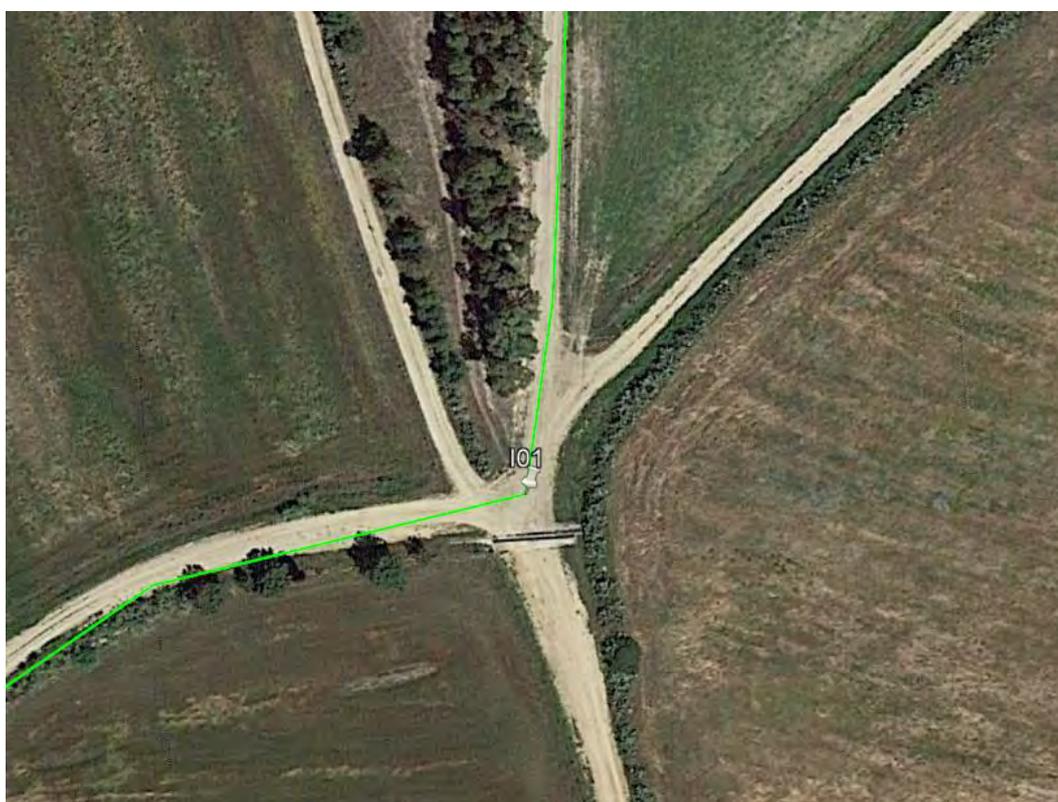


Figura 8.5: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I01, in verde il tracciato del cavidotto di connessione



Figura 8.6: Interferenza I01

Verifica di compatibilità idraulica e risoluzione

La griglia di drenaggio è evitata dal percorso di connessione. Si dovrà verificare l'eventuale interferenza durante la fase costruttiva.

8.2.2 I02

Identificazione

L'interferenza è dovuta alla presenza di un pozzetto in sede stradale, rilevato in sito durante sopralluogo.

Tabella 8.3: Riepilogo interferenza I02

ID	PERICOLOSITÀ	INTERFERENZA	RISOLUZIONE
I02	-	Manufatto idraulico (pozzetto)	-



Figura 8.7: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza O2, in verde il tracciato del cavidotto di connessione



Figura 8.8: Interferenza I02

Verifica di compatibilità idraulica e risoluzione

Si tratta di un'interferenza di tipo puntuale, risolvibile in fase costruttiva con un'accurata progettazione locale che miri a evitare l'interferenza localmente tra il tracciato del cavidotto e il manufatto esistente.

8.2.3 I03

Identificazione

L'interferenza è situata lungo un tratto di viabilità rurale ed è dovuta alla presenza di un manufatto idraulico consistente in una tubazione in cls di attraversamento della viabilità.

Tabella 8.4: Riepilogo interferenza I03

ID	PERICOLOSITÀ	INTERFERENZA	RISOLUZIONE
I03	-	Manufatto idraulico	Cavo interrato/trenchless



Figura 8.9: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I03, in verde il tracciato del cavidotto di connessione



Figura 8.10: Interferenza I03

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a una tubazione in corrispondenza della viabilità che ha lo scopo di mantenere la continuità idraulica.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 8.1.1, il tratto risulta caratterizzato da una **buona qualità**.

Verifica di compatibilità idraulica e risoluzione

A seguito di un rilievo di dettaglio e di una valutazione delle condizioni in sito si potrà valutare se il cavo potrà essere interrato con scavo in trincea (ai sensi della normativa vigente in materia di posa cavi di altra tensione) o se sarà necessario ricorrere a tecnologie *trenchless*.

8.2.4 I04

Identificazione

L'interferenza è situata lungo un tratto di viabilità rurale ed è dovuta a un elemento idrico di Strahler di ordine 2, denominato Riu Cambaras.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 8.5: Riepilogo interferenza I04

ID	PERICOLOSITÀ	INTERFERENZA	RISOLUZIONE
I04	Interferenza elemento idrico Strahler – ordine 2	Riu Cambaras	<i>Trenchless/TOC</i>

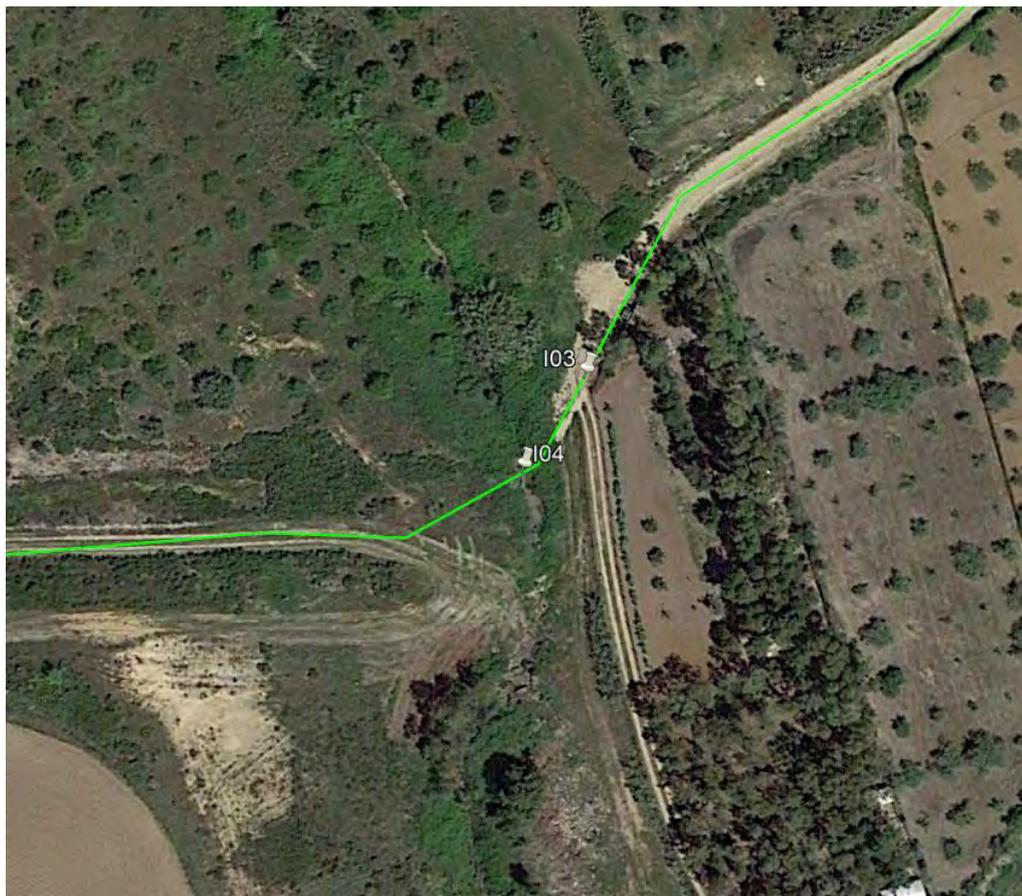


Figura 8.11: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I04, in verde il tracciato del cavidotto di connessione





Figura 8.12: Foto da sopralluogo in corrispondenza dell'interferenza I04

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a un fiume naturale non in sede pensile che attraversa il tratto stradale senza sottopasso.

Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2022, non si riscontrano particolari segni di erosione.

Il tratto in corrispondenza dell'interferenza appare vegetato con specie erbacee e arbustive. L'alveo inciso del canale è caratterizzato dalla presenza di rocce e ciottoli.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 8.1.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **66** rientrando così nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

Verifica di compatibilità idraulica e risoluzione

L'elemento idrico con il quale interferisce la posa del cavo di connessione è di ordine 2 secondo la classificazione di Horton-Strahler. Data l'entità del canale e le sue condizioni verificate anche durante sopralluogo in sito, si prevede di eseguire la posa del cavo secondo tecnologie *trenchless*, con ad esempio l'impiego della tecnica TOC. Per la posa del cavo si dovrà garantire un passaggio a profondità di almeno 2,5 m sull'alveo attivo.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

8.2.5 I05

Identificazione

L'interferenza è situata lungo un tratto di viabilità rurale sterrata ed è dovuta alla presenza di un manufatto idraulico in cls per l'attraversamento del tratto di viabilità.

Tabella 8.6: Riepilogo interferenza I05

ID	PERICOLOSITÀ	INTERFERENZA	RISOLUZIONE
I05	-	Manufatto idraulico	Cavo interrato/trenchless

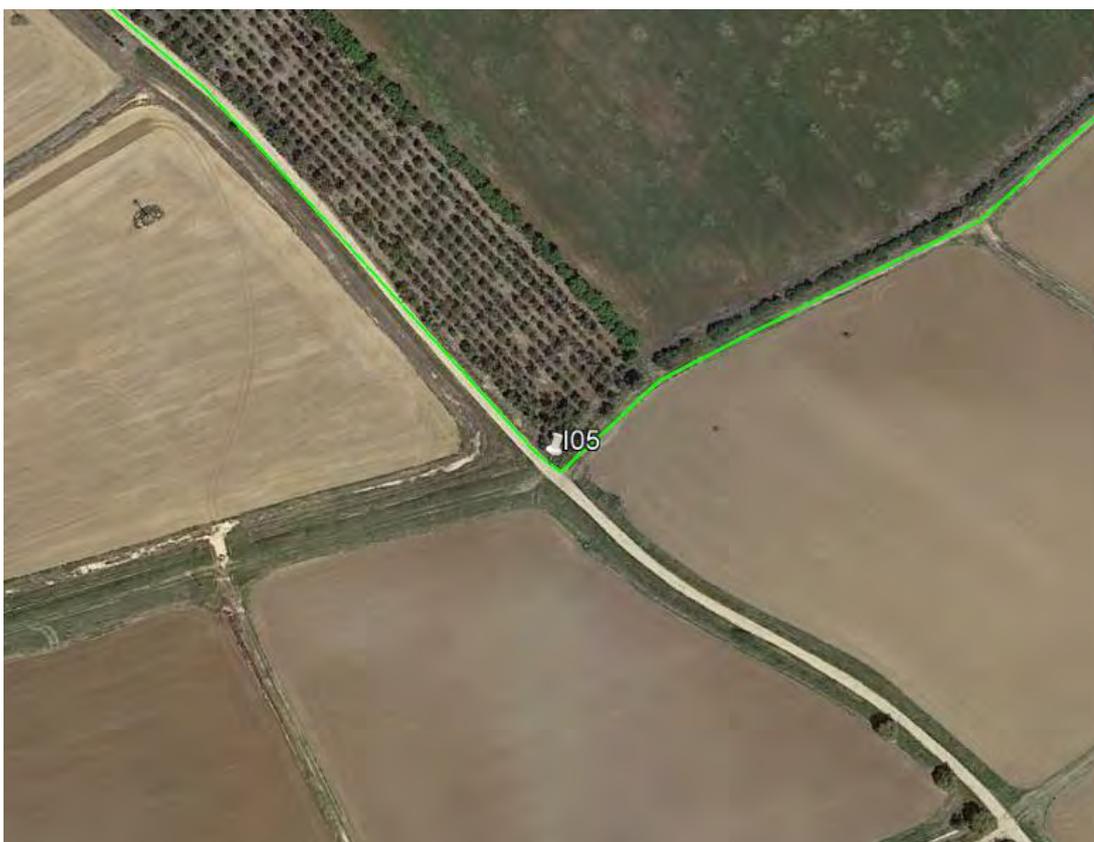


Figura 8.13: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I05, in verde il tracciato del cavidotto di connessione



Figura 8.14: Foto da sopralluogo in corrispondenza dell'interferenza I05

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a un manufatto idraulico in cls in corrispondenza della viabilità che ha lo scopo di mantenere la continuità idraulica.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 8.1.1, il tratto risulta caratterizzato da una **buona qualità**.

Verifica di compatibilità idraulica e risoluzione

A seguito di un rilievo di dettaglio e di una valutazione delle condizioni in sito si potrà valutare se il cavo potrà essere interrato con scavo in trincea (ai sensi della normativa vigente in materia di posa cavi di altra tensione) o se sarà necessario ricorrere a tecnologie *trenchless*.

8.2.6 I06

Identificazione

L'interferenza è situata lungo un tratto di viabilità rurale sterrata ed è dovuta alla presenza di un manufatto idraulico in cls per l'attraversamento del tratto di viabilità.

Tabella 8.7: Riepilogo interferenza I06

ID	PERICOLOSITÀ	INTERFERENZA	RISOLUZIONE
I06	-	Manufatto idraulico	Cavo interrato/ <i>trenchless</i>



Figura 8.15: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I06, in verde il tracciato del cavidotto di connessione



Figura 8.16: Foto da sopralluogo in corrispondenza dell'interferenza I06



Osservazioni

L'interferenza è dovuta a un manufatto idraulico in cls in corrispondenza della viabilità che ha lo scopo di mantenere la continuità idraulica.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 8.1.1, il tratto risulta caratterizzato da una **buona qualità**.

Verifica di compatibilità idraulica e risoluzione

A seguito di un rilievo di dettaglio e di una valutazione delle condizioni in sito si potrà valutare se il cavo potrà essere interrato con scavo in trincea (ai sensi della normativa vigente in materia di posa cavi di altra tensione) o se sarà necessario ricorrere a tecnologie *trenchless*.

8.2.7 I07

Identificazione

L'interferenza è situata lungo un tratto di viabilità rurale ed è dovuta a un elemento idrico di Strahler di ordine 1.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 8.8: Riepilogo interferenza I07

ID	PERICOLOSITÀ	INTERFERENZA	RISOLUZIONE
I07	Interferenza elemento idrico Strahler – ordine 1	FIUME_343735	Cavo interrato/ <i>trenchless</i>

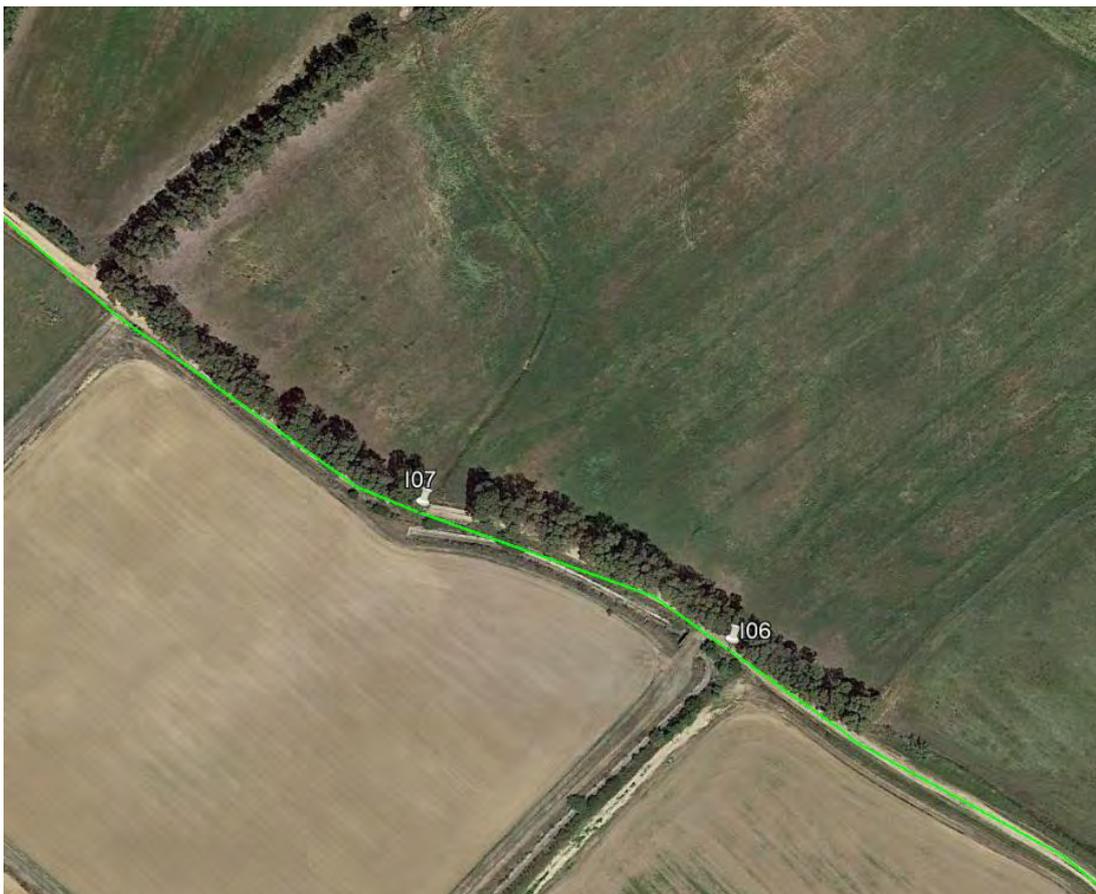


Figura 8.17: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I07, in verde il tracciato del cavidotto di connessione



Figura 8.18: Foto da sopralluogo in corrispondenza dell'interferenza I07



Osservazioni

L'interferenza è dovuta a un fiume naturale non in sede pensile che attraversa il tratto stradale tramite sottopasso.

In corrispondenza dell'attraversamento è presente un manufatto in cemento ambo i lati per l'attraversamento della strada.

Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2022, non si riscontrano segni di erosione.

Il tratto di canale a nord risulta regolare e dopo l'attraversamento della strada esso viene incanalato lungo la strada in un canale in calcestruzzo per una lunghezza di circa 100 metri.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 8.1.1, dato che il tratto in oggetto regolare e incanalato in un manufatto artificiale in corrispondenza dell'interferenza, l'analisi qualitativa di stabilità risulta ottima.

Verifica di compatibilità idraulica

L'elemento idrico con il quale interferisce la posa del cavo di connessione è di ordine 1 secondo la classificazione di Horton-Strahler.

A seguito di un rilievo di dettaglio e di una valutazione delle condizioni in sito si potrà valutare se il cavo potrà essere interrato con scavo in trincea (ai sensi della normativa vigente in materia di posa cavi di alta tensione) o se sarà necessario ricorrere a tecnologie *trenchless*.

8.2.8 I08

Identificazione

L'interferenza è situata lungo un tratto di viabilità rurale ed è dovuta alla presenza di un manufatto idraulico consistente in una tubazione in cls di attraversamento della viabilità.

Tabella 8.9: Riepilogo interferenza I08

ID	PERICOLOSITÀ	INTERFERENZA	RISOLUZIONE
I08	-	Manufatto idraulico	Cavo interrato/ <i>trenchless</i>



Figura 8.19: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza 108, in verde il tracciato del cavidotto di connessione



Figura 8.20: Foto da sopralluogo in corrispondenza dell'interferenza 108

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a una tubazione manufatto idraulico in cls in corrispondenza della viabilità che ha lo scopo di mantenere la continuità idraulica.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 8.1.1, il tratto risulta caratterizzato da una **buona qualità**.

Verifica di compatibilità idraulica e risoluzione

A seguito di un rilievo di dettaglio e di una valutazione delle condizioni in sito si potrà valutare se il cavo potrà essere interrato con scavo in trincea (ai sensi della normativa vigente in materia di posa cavi di alta tensione) o se sarà necessario ricorrere a tecnologie *trenchless*.

8.2.9 I09

Identificazione

In corrispondenza dell'interferenza I09, da sopralluogo si è rilevata la presenza di un tratto di fosso interrato a lato della strada

Tabella 8.10: Riepilogo interferenza I09

ID	PERICOLOSITÀ	INTERFERENZA	RISOLUZIONE
I09	-	Fosso interrato lato strada	Cavo interrato

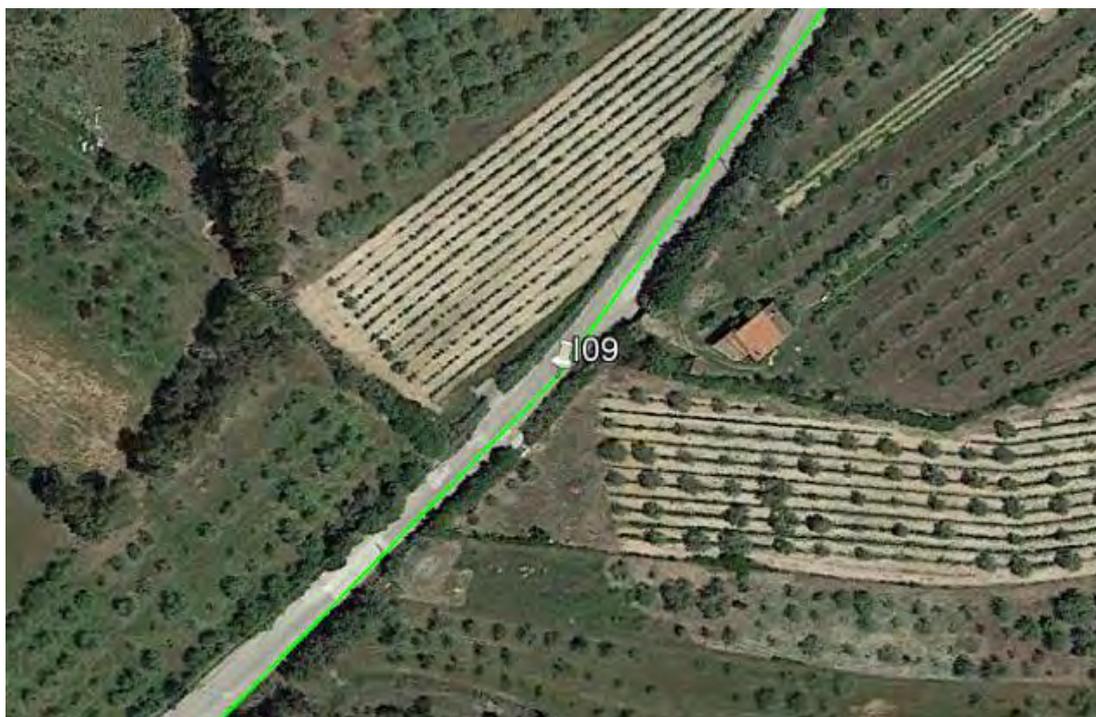


Figura 8.21: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I09, in verde il tracciato del cavidotto di connessione



Figura 8.22: Foto da sopralluogo in corrispondenza dell'interferenza I09

Verifica di compatibilità e risoluzione

In fase costruttiva, a seguito di un rilievo di dettaglio e di una valutazione delle condizioni in sito si potranno valutare eventuali problematiche al parallelismo dell'interramento del cavo con la condotta esistente.

8.2.10/10

Identificazione

L'interferenza è situata lungo un tratto di viabilità secondaria ed è dovuta alla presenza di uno scatolare in cls posizionato trasversalmente sotto la sede stradale.

Tabella 8.11: Riepilogo interferenza I10

ID	PERICOLOSITÀ	INTERFERENZA	RISOLUZIONE
I10	-	Manufatto idraulico	Cavo interrato/trenchless

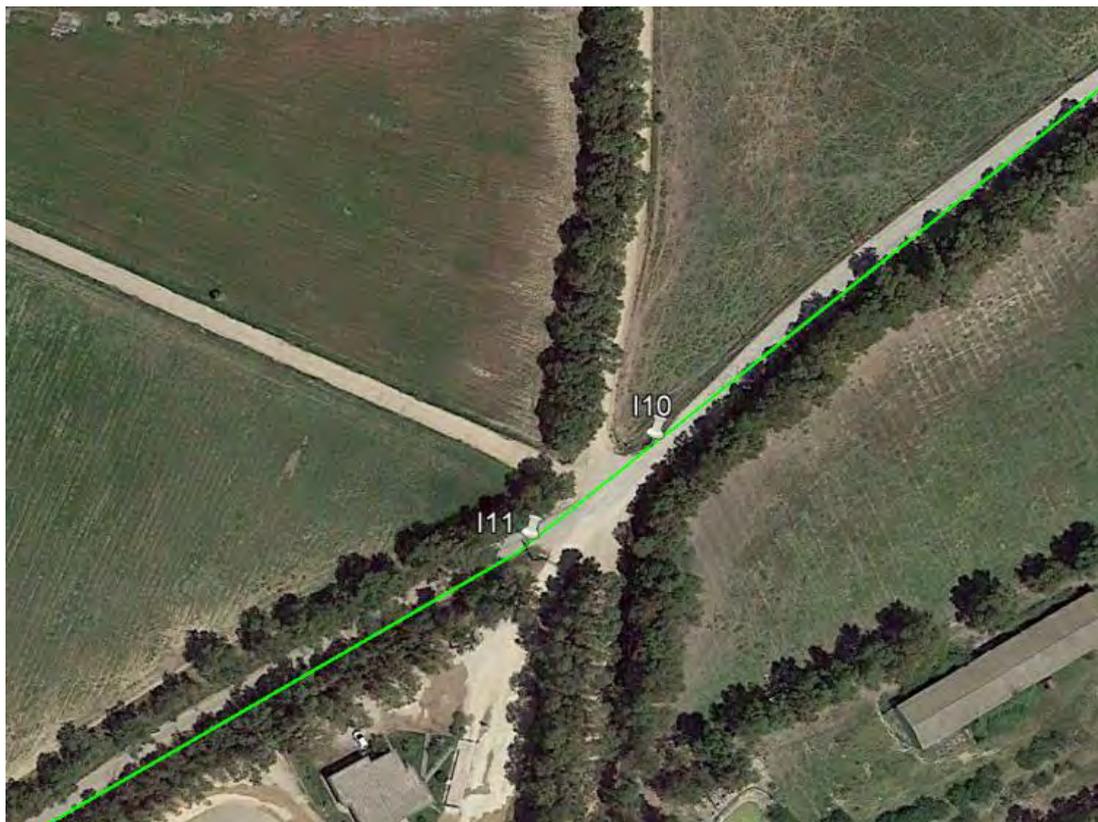


Figura 8.23: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I10, in verde il tracciato del cavidotto di connessione



Figura 8.24: Foto da sopralluogo in corrispondenza dell'interferenza I10

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a uno scatolare in cls in corrispondenza della viabilità che ha lo scopo di mantenere la continuità idraulica.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 8.1.1, il tratto risulta caratterizzato da una **buona qualità**.

Verifica di compatibilità idraulica e risoluzione

A seguito di un rilievo di dettaglio e di una valutazione delle condizioni in sito si potrà valutare se il cavo potrà essere interrato con scavo in trincea (ai sensi della normativa vigente in materia di posa cavi di alta tensione) o se sarà necessario ricorrere a tecnologie *trenchless*.

8.2.11/11

Identificazione

L'interferenza è situata lungo un tratto di viabilità secondaria ed è dovuta alla presenza di uno scatolare in cls posizionato trasversalmente sotto la sede stradale.

Tabella 8.12: Riepilogo interferenza I11

ID	PERICOLOSITÀ	INTERFERENZA	RISOLUZIONE
I11	-	Manufatto idraulico	Cavo interrato/ <i>trenchless</i>

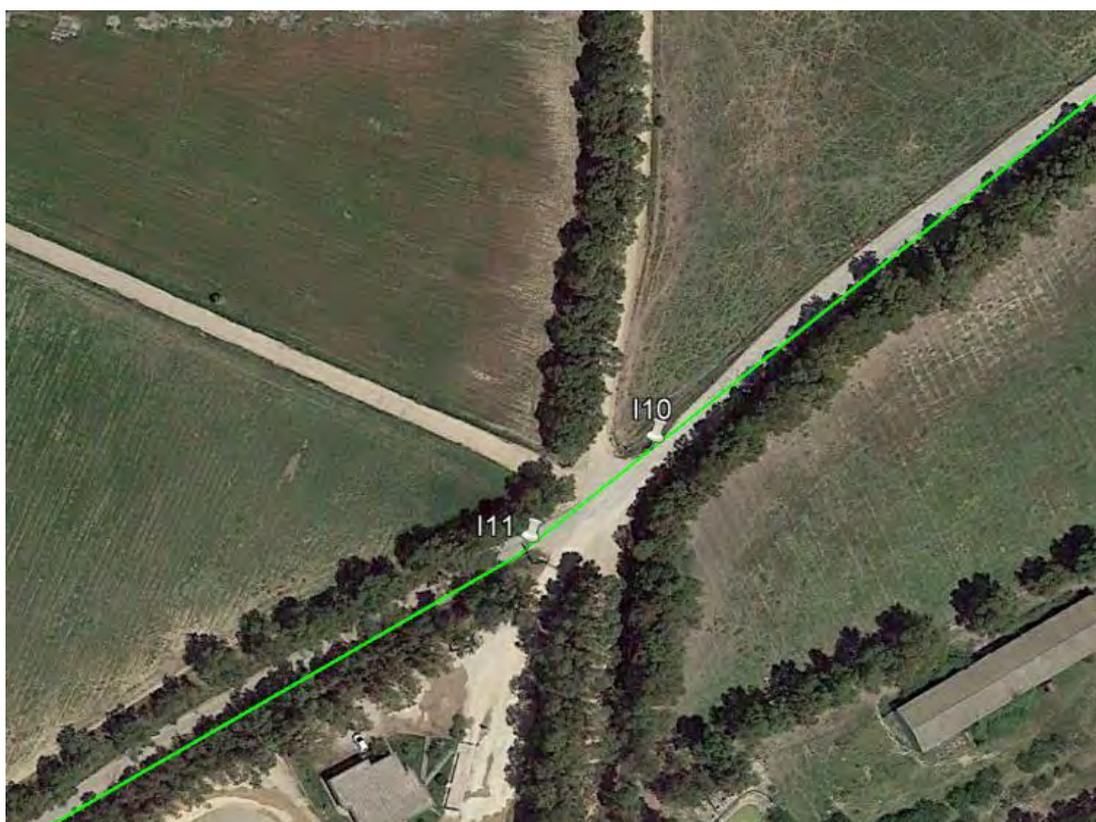


Figura 8.25: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I11, in verde il tracciato del cavidotto di connessione



Figura 8.26: Foto da sopralluogo in corrispondenza dell'interferenza I11

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a uno scatolare in cls in corrispondenza della viabilità che ha lo scopo di mantenere la continuità idraulica tramite sottopasso.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 8.1.1, il tratto risulta caratterizzato da una **buona qualità**.

Verifica di compatibilità idraulica e risoluzione

A seguito di un rilievo di dettaglio e di una valutazione delle condizioni in sito si potrà valutare se il cavo potrà essere interrato con scavo in trincea (ai sensi della normativa vigente in materia di posa cavi di altra tensione) o se sarà necessario ricorrere a tecnologie *trenchless*.

8.2.12/12

Identificazione

L'interferenza è situata lungo un tratto di viabilità secondaria ed è dovuta alla presenza di uno scatolare in cls posizionato trasversalmente sotto la sede stradale.

Tabella 8.13: Riepilogo interferenza I12

ID	PERICOLOSITÀ	INTERFERENZA	RISOLUZIONE
I12	-	Manufatto idraulico	Cavo interrato/ <i>trenchless</i>



Figura 8.27: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I12, in verde il tracciato del cavidotto di connessione



Figura 8.28: Interferenza I12

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a uno scatolare in cls in corrispondenza della viabilità che ha lo scopo di mantenere la continuità idraulica tramite sottopasso.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 8.1.1, il tratto risulta caratterizzato da una **buona qualità**.

Verifica di compatibilità idraulica e risoluzione

A seguito di un rilievo di dettaglio e di una valutazione delle condizioni in sito si potrà valutare se il cavo potrà essere interrato con scavo in trincea (ai sensi della normativa vigente in materia di posa cavi di alta tensione) o se sarà necessario ricorrere a tecnologie *trenchless*.

8.2.13/13

Identificazione

L'interferenza è situata lungo un tratto di viabilità secondaria ed è dovuta alla presenza di uno scatolare in cls posizionato trasversalmente sotto la sede stradale.

Tabella 8.14: Riepilogo interferenza I13

ID	PERICOLOSITÀ	INTERFERENZA	RISOLUZIONE
I13	-	Manufatto idraulico	Cavo interrato/ <i>trenchless</i>

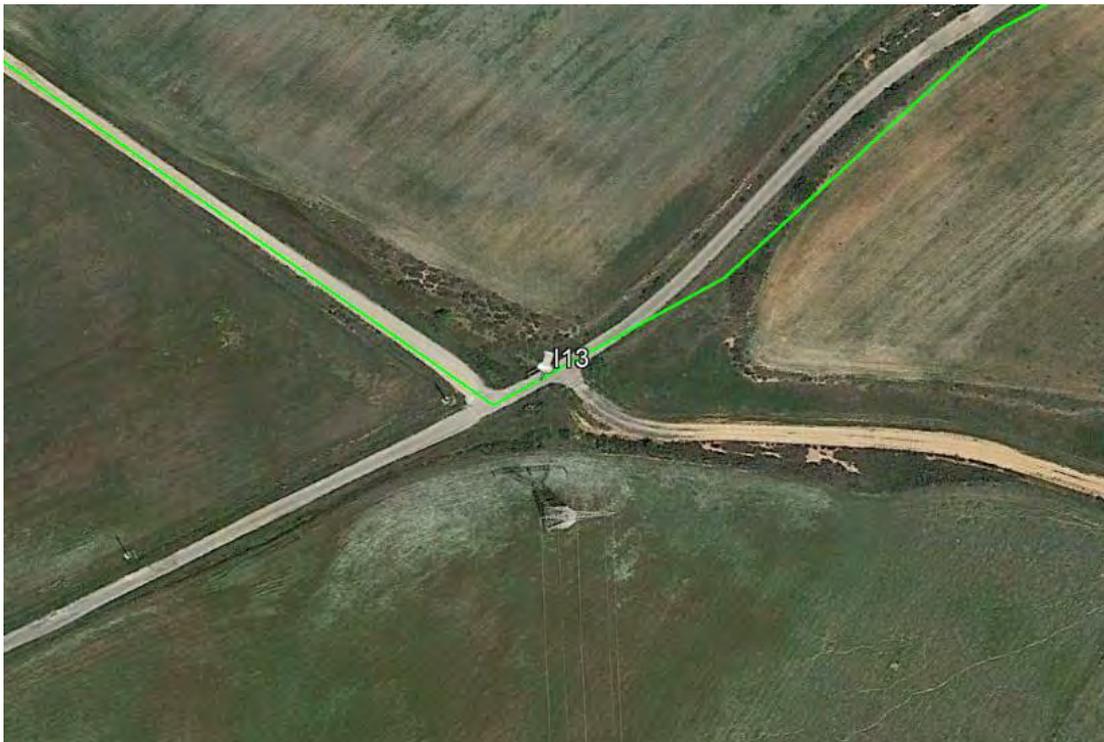


Figura 8.29: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza I13, in verde il tracciato del cavidotto di connessione



Figura 8.30: Interferenza I13

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a uno scatolare in cls in corrispondenza della viabilità che ha lo scopo di mantenere la continuità idraulica tramite sottopasso.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 8.1.1, il tratto risulta caratterizzato da una **buona qualità**.

Verifica di compatibilità idraulica e risoluzione

A seguito di un rilievo di dettaglio e di una valutazione delle condizioni in sito si potrà valutare se il cavo potrà essere interrato con scavo in trincea (ai sensi della normativa vigente in materia di posa cavi di altra tensione) o se sarà necessario ricorrere a tecnologie *trenchless*.

8.2.14P01

Identificazione

L'interferenza riguarda il tracciato della linea di interconnessione tra i lotti. L'interferenza è situata in un'area agricola ed è dovuta a un elemento idrico di Strahler di ordine 1.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione.

Tabella 8.15: Riepilogo interferenza P01

ID	PERICOLOSITÀ	INTERFERENZA	RISOLUZIONE
P01	Interferenza elemento idrico Strahler – ordine 2	Roia Caddus	<i>Trenchless/TOC</i>



Figura 8.31: Ubicazione su ortofoto dell'interferenza P01, in giallo il tracciato del cavo di interconnessione tra i lotti

Osservazioni

L'interferenza è dovuta a un fiume naturale non in sede pensile che scorre in direzione NE-SW nell'area di impianto tra le sezioni identificate a ovest e le sezioni a nord e sud.

Dalla visione di ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2004 e il 2022, si riscontrano lievi segni di erosione. Tuttavia, le sezioni appaiono regolari e per lo più rinverdite.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 8.1.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **65** rientrando così nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

Verifica di compatibilità idraulica

L'elemento idrico con il quale interferisce la posa del cavo di connessione è di ordine 2 secondo la classificazione di Horton-Strahler. Data l'entità del canale e le sue condizioni, si prevede di eseguire la posa del cavo secondo tecnologie *trenchless*, con ad esempio l'impiego della tecnica TOC. Per la posa del cavo si dovrà garantire un passaggio a profondità di almeno 2 m sull'alveo attivo.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

8.3 IDENTIFICAZIONE INTERFERENZE – AREA DI IMPIANTO

Come anticipato al paragrafo 4.4, l'area di progetto risulta essere interessata dalla presenza di elementi del reticolo idrico regionale. Inoltre, la macroarea nord risulta interessata dalla presenza di una tratta di approvvigionamento idrico.

Il layout di progetto è stato definito in modo che le strutture dei pannelli risultassero non interferenti con:

- la fascia di rispetto di 10 metri dal reticolo idrico regionale e la fascia di rispetto del reticolo idrico definita dall'art. 30 delle NTA del PAI;
- la fascia di rispetto di 150 metri da fiumi e corsi d'acqua;
- la fascia di rispetto cautelativa di 10 metri attorno alla tratta di elementi per l'approvvigionamento idrico.



Figura 8.32: Inquadramento reticolo idrico mappato per la Regione Sardegna nell'area di impianto

8.4 IDENTIFICAZIONE INTERFERENZE – VIABILITÀ DI SERVIZIO

Si riscontra un'interferenza tra la viabilità di servizio di collegamento tra i campi G e H e un corso d'acqua (FIUME_06007992) appartenente al reticolo idrografico mappato dalla Regione Sardegna (nello shapefile di riferimento DGBT_10K_22_V02_04_ELEMENTO IDRICO).

Per rendere la fase post operam il più possibile simile allo stato di fatto, si è previsto di superare l'interferenza dimensionando uno scatolare in c.a. per garantire un corretto funzionamento con eventi meteorici con tempo di ritorno pari a 200 anni.



Figura 8.33: Stralcio layout di impianto in corrispondenza dell'interferenza tra viabilità di servizio e reticolo idrografico

Con lo scopo di stabilire la portata critica transitante per un evento di pioggia avente tempo di ritorno pari a 200 anni, è stato utilizzato il modello afflussi/deflussi presentato al paragrafo 6.6, con le medesime ipotesi.

Sulla base di analisi satellitare, sopralluogo e simulazione del modello digitale del terreno, condotta mediante algoritmi TauDEM, è stato stabilito il bacino scolante alla sezione di chiusura individuata in corrispondenza dell'interferenza.

Il coefficiente di deflusso è stato ottenuto come descritto al paragrafo 6.5.1., ricavato sulla base dell'uso del suolo e dello studio della geologia.

Per la definizione del tempo di corrivazione è stata adottata la formulazione di Kirpich, dove la lunghezza dell'asta principale e pendenza media del bacino sono stati ricavati sulla base del modello digitale del terreno da rilievo topografico.

La Tabella 8.16 riporta i parametri idrologici principali assunti in via semplificativa in questa fase progettuale per la valutazione della portata critica in corrispondenza dell'attraversamento della viabilità.

Tabella 8.16: Coefficienti principali per il calcolo della portata critica in corrispondenza delle interferenze della viabilità di servizio

PARAMETRI IDROLOGICI	T01
Area di bacino alla sezione di chiusura dell'interferenza [ha]	21,8
Tempo di ritorno [anni]	200
Tempo di corrivazione [ore]	0,45
Coeff. deflusso [-]	0,65
Lunghezza asta principale [m]	540
Pendenza dell'asta principale [m/m]	0,02

Il tempo di corrivazione è stato calcolato tramite la formula di Kirpich e confrontato con il valore del tempo di corrivazione calcolato come somma del tempo di entrata in rete più il tempo di rete.

Il risultato dell'analisi idrologica mostra una portata critica di calcolo preliminare pari a **3,5 m³/s** per tempo di ritorno pari a 200 anni.

I parametri alla base del calcolo sono di studio preliminare e saranno verificati nella successiva fase progettuale.

La capacità di convogliamento della sezione idraulica di progetto ipotizzata è stata calcolata attraverso una verifica idraulica in regime di moto uniforme, utilizzando la formula di Chézy con il coefficiente di scabrezza di Strickler pari a 60, assumendo una pendenza di 0,2% e considerando un grado di riempimento della sezione pari al 75%.

Al fine di garantire la verifica di compatibilità idraulica, si prevede di superare l'interferenza adottando uno scatolare in c.a. carrabile, con sezione avente dimensioni alla base di 2 metri e altezza pari a 1 metro.

Inoltre, si specifica che, in corrispondenza dell'attraversamento, sarà prevista una riprofilatura dell'alveo e la posa di pietrame e/o riprap come opera di rinforzo strutturale delle sponde, al fine di prevenire fenomeni erosivi contrastando l'azione idrodinamica della corrente e andando a ridurre eventuali fenomeni di instabilità gravitativa. Si rimanda alla fase esecutiva di progetto per il dimensionamento della pezzatura necessaria e la verifica del tombotto.

Alla luce degli elementi sopra riportati, l'interferenza si ritiene idraulicamente compatibile e superata con l'utilizzo di tombotto.



9. CONCLUSIONI

Lo studio di compatibilità idraulica del progetto ha analizzato le possibili interferenze con le aree a pericolosità idraulica presenti nel Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) e nel Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA).

Si è valutato inoltre il rispetto dell'invarianza idraulica, secondo l'art.47 delle NA del PAI, verificando che la realizzazione degli interventi di trasformazione territoriale del piano attuativo permettano di mantenere invariate le caratteristiche di risposta idraulica del bacino oggetto dell'intervento.

Si evidenzia che l'approccio utilizzato nello studio ha posto grande attenzione non solo alla progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche, ma soprattutto all'integrazione delle opere con lo stato di fatto. Si sono quindi minimizzate le interferenze con l'idrografia esistente, sostituendo l'utilizzo delle tradizionali opere dell'ingegneria civile (infrastrutture grigie) con le infrastrutture verdi, che mitigano gli impatti biofisici delle opere in progetto, riducendo il potenziale rischio idrogeologico, creando benefici ecosistemici e promuovendo gli obiettivi della politica comunitaria.

Lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto agrivoltaico e della linea di connessione ha analizzato le interferenze con aree a pericolosità idraulica, con il reticolo idrico e con manufatti esistenti.

Il presente studio, inoltre, ha messo a confronto lo scenario ante-operam e quello post-operam, ossia a seguito dell'installazione delle strutture (fisse e mobili), analizzando il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista idraulico (valutazione variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricettore finale).

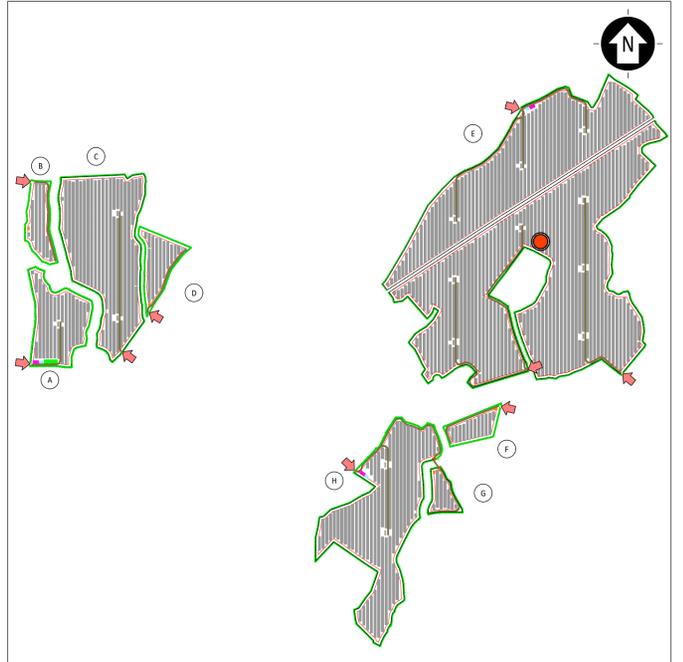
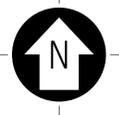
Vista l'interdistanza esistente tra le strutture, l'altezza da piano campagna e la mobilità che varierà la copertura su suolo (rendendo quindi non permanente la schermatura), durante eventi di precipitazione frequenti e durante un evento intenso con tempo di ritorno pari a quello di progetto non sono previste variazioni critiche della capacità di infiltrazione, così come delle caratteristiche di permeabilità del terreno nelle aree interessate dall'installazione di tracker. Analogamente le platee di appoggio delle cabine avranno un'area trascurabile rispetto all'intera estensione delle aree.

Ciononostante, volendo cautelativamente ipotizzare una perdita di capacità di infiltrazione delle acque meteoriche, si è valutata arealmente l'incidenza nell'ipotesi di fissità orizzontale dei tracker e si sono valutati gli impatti in termini di capacità di infiltrazione delle eventuali acque di ruscellamento che si generano su ogni settore di progetto su aree permeabili. Tale valutazione è stata condotta sulla base di precedenti studi internazionali (rif. "Hydrologic response of solar farm", Cook, Lauren, Richard - 2013 – American Society of Civil Engineers) improntati su un modello concettuale di impatto che simula il modulo idrologico tipo di impianto come costituito da un'area di installazione pannelli ed una di interfila.

Nelle aree interessate dal progetto, durante la fase post-operam, nello scenario più cautelativo, si registrerebbe un incremento dei deflussi totali di circa il 21% .

Si segnala come sia prevista una rete costituita da fossi in terra non rivestiti che verranno realizzati in corrispondenza degli impluvi naturali esistenti; questi ultimi sono stati identificati sulla base di una simulazione del modello digitale del terreno con estrazione dei sottobacini idrografici e della rete idrografica primaria e secondaria esistente. Tali scelte consentiranno di evitare di modificare la rete naturale, senza interferenze nella costruzione della viabilità, nella disposizione dei tracker e delle altre opere di progetto. L'interasse tra due file di canali di drenaggio rispetterà i vincoli della normativa vigente

Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'ingegneria naturalistica.



KPLAN
 SCALA 1:10000 - 1 cm = 100 m

- LEGENDA**
- SITO CATASTALE
 - FASCE DI RISPETTO
 - FASCE DI RISPETTO INSTALLAZIONE IMPIANTO
 - RECINZIONE IN PROGETTO
 - SITO
 - CURVE DI LIVELLO - 1m
 - CANALETTE
 - SOLCHI DI DRENAGGIO CON ALVEO NON IDENTIFICATO ESISTENTI DA MANTENERE
 - PUNTI DI SCARICO
 - SCATOLARE/TUBO PER ATTRAVERSAMENTO VIABILITA'
 - ACCESSO AREA IMPIANTO
 - STRUTTURA TRACKER TIPO 1 24x1 MODULI
 - STRUTTURA TRACKER TIPO 2 12x1 MODULI
 - VIABILITÀ DI PROGETTO (LARGHEZZA 3.5 m)
 - FASCIA DI MITIGAZIONE/COMPENSAZIONE ESTERNO RECINZIONE (LARGHEZZA 3 m)
- CABINATI**
- LOCALE GUARDIANIA E CONTROLLO ACCESSI
 - MAGAZZINO
 - MAGAZZINO-6 metri
 - CABINA DI CAMPO 3200 Kva
 - CABINA DI CAMPO 4480 Kva
 - Cabina di Smistamento

SCALA 1:2000 - 1 cm = 20 m

0		ER	PS	LC	02/2024
REV.	DESCRIZIONE	DISEGN.	CONTROL.	APPROV.	DATA

Montana
 MontanaSpA
 Via Carlo Farini, 15
 20145 Milano
 Tel +39 02 54118173
 Fax +39 02 54129810
 www.montana.com
 PIA 0261070156
 Cap.Soc. 0200000000
 Milano (sede e uffici) Brescia Palermo Cagliari Roma

Committente
ECONERGY SOLAR PARK 1 S.R.L.

Progettisti
 ING. LAURA CONTI
 iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pavia al n. 1726

Oggetto
**IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO
 DI POTENZA NOMINALE 51,86 MWp
 COMUNE DI ZERFALIU (OR)**

Tavola
 PLANIMETRIA REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE

N. Tav. -

N. RI. ALLEGATO 01_REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE

Scala 1:2000

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE DI QUESTO DOCUMENTO SENZA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA MONTANA SPA

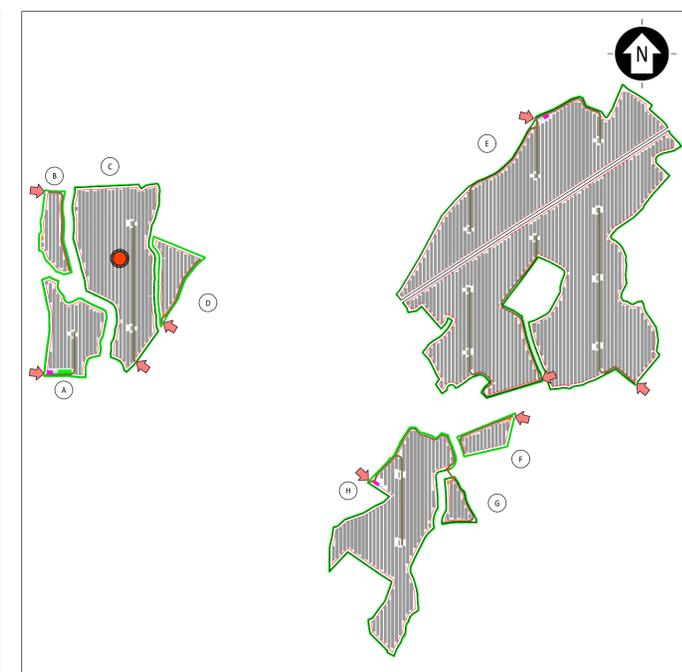


B

C

D

A



KPLAN
 SCALA 1:10000 - 1 cm = 100 m
 0 100 200 500 m
 0 1 2 5 cm

- LEGENDA**
- SITO CATASTALE
 - FASCE DI RISPETTO
 - FASCIA DI RISPETTO INSTALLAZIONE IMPIANTO
 - RECINZIONE IN PROGETTO
 - SITO
 - CURVE DI LIVELLO - 1m
 - CANALETTE
 - SOLCHI DI DRENAGGIO CON ALVEO NON IDENTIFICATO ESISTENTI DA MANTENERE
 - PUNTI DI SCARICO
 - SCATOLARE/TUBO PER ATTRAVERSAMENTO VIABILITA'
 - ACCESSO AREA IMPIANTO
 - STRUTTURA TRACKER TIPO 1 24x1 MODULI
 - STRUTTURA TRACKER TIPO 2 12x1 MODULI
 - VIABILITÀ DI PROGETTO (LARGHEZZA 3.5 m)
 - FASCIA DI MITIGAZIONE/COMPENSAZIONE ESTERNO RECINZIONE (LARGHEZZA 3 m)
- CABINATI**
- LOCALE GUARDIANA E CONTROLLO ACCESSI
 - MAGAZZINO
 - MAGAZZINO-6 metri
 - CABINA DI CAMPO 3200 Kva
 - CABINA DI CAMPO 4480 Kva
 - Cabina di Smistamento

SCALA 1:1500 - 1 cm = 15 m
 0 15 30 75 m
 0 1 2 5 cm

0		ER	PS	LC	02/2024
REV.	DESCRIZIONE	DISEGN.	CONTROL.	APPROV.	DATA

Montana
 MontanaSpA Tel +390254118173 Fax +390254129800 PIA 026207016
 Via Carlo Farini 6, 20145 Milano www.montana.com Cas. Soc. 020000046
 Milano (sede e uffici) Brescia Palermo Cagliari Roma

Committente
ECONERGY SOLAR PARK 1 S.R.L.

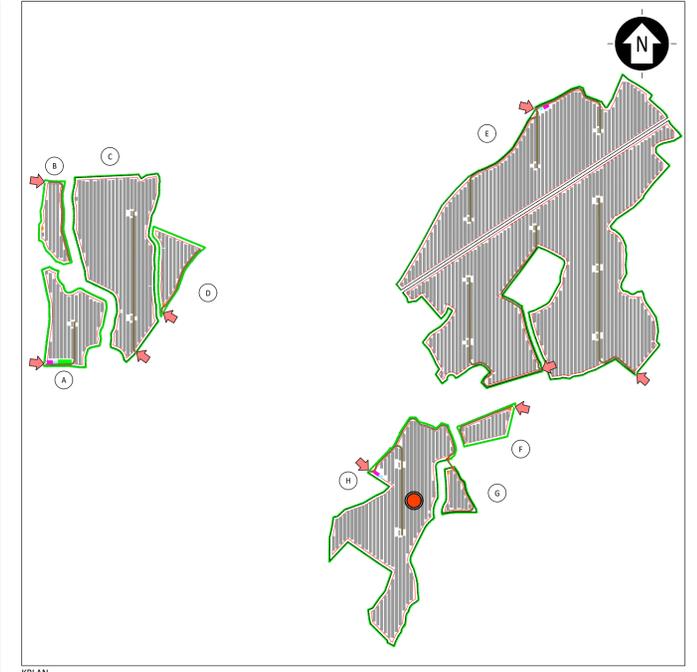
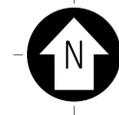
Progettisti
 ING. LAURA CONTI
 iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pavia al n. 1726

Oggetto
 IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO
 DI POTENZA NOMINALE 51,86 MWp
 COMUNE DI ZERFALIU (OR)

Tavola
 PLANIMETRIA REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE N. Tav. -

N. RI ALLEGATO 01_REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE Scala 1:1500

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE DI QUESTO DOCUMENTO SENZA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA MONTANA SPA



KPLAN
 SCALA 1:10000 - 1 cm = 100 m

0 100 200 500 m
 0 1 2 5 cm

LEGENDA

- SITO CATASTALE
 - FASCE DI RISPETTO
 - FASCIA DI RISPETTO INSTALLAZIONE IMPIANTO
 - RECINZIONE IN PROGETTO
 - SITO
 - CURVE DI LIVELLO - 1m
 - CANALETTE
 - SOLCHI DI DRENAGGIO CON ALVEO NON IDENTIFICATO ESISTENTI DA MANTENERE
 - PUNTI DI SCARICO
 - SCATOLARE/TUBO PER ATTRAVERSAMENTO VIABILITA'
 - ACCESSO AREA IMPIANTO
 - STRUTTURA TRACKER TIPO 1 24x1 MODULI
 - STRUTTURA TRACKER TIPO 2 12x1 MODULI
 - VIABILITÀ DI PROGETTO (LARGHEZZA 3.5 m)
 - FASCIA DI MITIGAZIONE/COMPENSAZIONE ESTERNO RECINZIONE (LARGHEZZA 3 m)
- CABINATI**
- LOCALE GUARDIANA E CONTROLLO ACCESSI
 - MAGAZZINO
 - MAGAZZINO-6 metri
 - CABINA DI CAMPO 3200 Kva
 - CABINA DI CAMPO 4480 Kva
 - Cabina di Smistamento

SCALA 1:2000 - 1 cm = 20 m

0 20 40 100 m
 0 1 2 5 cm

REV.	DESCRIZIONE	DISSEG.	CONTROL.	APPROV.	DATA
0		ER	PS	LC	02/2024

Montana
 MontanaSpA
 Via Carlo Farini, 15
 20133 Milano
 Tel +39 02 54118173
 Fax +39 02 54129810
 www.montanaenergy.com
 Milano (sede e uffici) Brescia Palermo Cagliari Roma
 P.lea 12042070106
 Cas. Soc. 0303000404

Committente
ECONERGY SOLAR PARK 1 S.R.L.

Progettisti
 ING. LAURA CONTI
 iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pavia al n. 1726

Oggetto
**IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO
 DI POTENZA NOMINALE 51,86 MWp
 COMUNE DI ZERFALIU (OR)**

Tavola
 PLANIMETRIA REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE
 N. Tav. -

N. RI. ALLEGATO 01_REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE
 E' VIETATA LA RIPRODUZIONE DI QUESTO DOCUMENTO SENZA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA MONTANA SPA
 Scala 1:2000