

FEBBRAIO 2023

**GIUDECCA WIND S.R.L.**



**WIND FARM GIUDECCA – IMPIANTO  
EOLICO DA 72 MW**

**COMUNE DI MANDAS, GERGEI E  
VILLANOVAFRANCA (SUD SARDEGNA)**

**Località “Riu Mortoriu”**

**ELABORATI TENICI DI PROGETTO**

**ELABORATO R08**

**RELAZIONE IDRAULICA**

**Manifattura**

**Progettista**

Ing. Laura Maria Conti – Ordine Ing. Prov. Pavia n. 1726

**Coordinamento**

Eleonora Lamanna

Matteo Lana

**Codice elaborato**

2799-5298-GIUD\_PD\_R08\_Rev0\_RELAZIONEIDRAULICA.docx



## Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2799-5298- GIUD_PD_R08_Rev0_RELAZIONEIDRAU LICA.docx	02/2023	Prima emissione	G.d.L.	EL	L.Conti

## Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Conti	Direttore Tecnico - Progettista	Ord. Ing. Prov. PV n. 1726
Corrado Pluchino	Responsabile Tecnico Operativo	Ord. Ing. Prov. MI n. A27174
Eleonora Lamanna	Coordinamento Progettazione, Studio Ambientale, Studi Specialistici	
Matteo Lana	Coordinamento Progettazione Civile	
Andrea Amantia	Geologo - Progettazione Civile	
Riccardo Festante	Tecnico competente in acustica	ENTECA n. 3965
Carla Marcis	Ingegnere per l'Ambiente ed il Territorio, Tecnico competente in acustica	Ord. Ing. Prov. CA n. 6664 – Sez. A ENTECA n. 4200
Ali Basharзад	Progettazione civile e viabilità	Ord. Ing. Prov. PV n. 2301
Giancarlo Carboni	Geologo	Ord. Geologi Sardegna n. 497
Mauro Aires	Ingegnere Civile – Progettazione Strutture	Ord. Ing. Prov. Torino – n. 9588
Fabio Lassini	Ingegnere Civile idraulico – Progettazione Civile	Ord. Ing. Prov. MI n. A29719
Vincenzo Gionti	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	
Marco Iannotti	Ingegnere Civile Idraulico	

### 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](http://www.montanambiente.com)





Lia Buvoli	Biologa – Esperto GIS – Esperto Ambientale	
Elena Comi	Biologa – Esperto GIS – Esperto Ambientale	Ord. Nazionale Biologi n. 060746 Sez. A
Lorenzo Griso	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	
Sara Zucca	Architetto – Esperto GIS – Esperto Ambientale	
Andrea Mastio	Ingegnere per l’Ambiente e il Territorio – Esperto Ambientale Junior	
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico – Progettazione Elettrica	
Matthew Piscedda	Esperto in Discipline Elettriche	
Francesca Casero	Esperto Ambientale e GIS Junior	

**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](http://www.montanambiente.com)



## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>6</b>
<b>2. DATI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>8</b>
2.1 MODELLO DIGITALE DEL TERRENO (DTM) .....	8
2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO .....	8
<b>3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO</b> .....	<b>9</b>
3.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO .....	9
3.2 COPERTURA DEL SUOLO .....	11
3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	11
3.3.1 Inquadramento geomorfologico.....	11
3.3.2 Inquadramento geologico .....	12
3.3.3 Inquadramento idrogeologico .....	12
3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO.....	14
3.4.1 Idrografia superficiale.....	14
3.5 INQUADRAMENTO QUALITÀ DELLE ACQUE.....	16
3.5.1 Acque superficiali.....	18
3.5.2 Acque sotterranee .....	23
<b>4. STUDIO PRELIMINARE DELLA COMPATIBILITÀ E INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO</b> .....	<b>30</b>
4.1 PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI).....	30
4.2 PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (PSFF) .....	32
4.3 PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA).....	34
4.4 RETICOLO IDROGRAFICO: FASCE DI PRIMA SALVAGUARDIA .....	35
4.5 INVARIANZA IDRAULICA.....	37
4.6 CONCLUSIONI .....	39
<b>5. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI</b> .....	<b>40</b>
5.1 AEROGENERATORI .....	40
5.2 VIABILITÀ.....	40
5.3 PIAZZOLE .....	40
<b>6. STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO</b> .....	<b>42</b>
6.1 CRITERI DI PROGETTO .....	42
6.2 CALCOLI IDROLOGICI .....	43
6.2.1 Considerazioni climatiche.....	43
6.2.2 Scelta del tempo di ritorno.....	44
6.2.3 Analisi probabilistica delle precipitazioni intense .....	44
6.2.4 Valutazione della pioggia efficace (netta) .....	49
6.2.5 Valutazione post operam e fase di cantiere.....	50
6.2.6 Modello di trasformazione afflussi/deflussi – stima delle portate di progetto post-operam .....	51
6.3 CALCOLI E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI .....	51
6.3.1 Fosso di guardia e tubazioni.....	52
6.3.2 Trincea drenante.....	53
6.4 SISTEMA DI GESTIONE ACQUE METEORICHE - VIABILITÀ .....	54





6.4.1 Sistema di gestione acque meteoriche: strade .....	54
6.4.2 Tipologico-Fosso di guardia e tubazioni .....	57
6.4.3 Risoluzione delle potenziali interferenze con eventuali solchi di drenaggio naturali .....	58
<b>6.5 SISTEMA DI GESTIONE ACQUE METEORICHE - PIAZZOLE .....</b>	<b>59</b>
6.5.1 Fase di cantiere/montaggio .....	59
6.5.2 Piazzole definitive .....	61
<b>7. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA .....</b>	<b>62</b>
<b>7.1 IDENTIFICAZIONE DELL'INTERFERENZA .....</b>	<b>62</b>
<b>7.2 INTERFERENZE CON VIABILITÀ DI NUOVA REALIZZAZIONE.....</b>	<b>62</b>
7.2.1 Viabilità di accesso alla WTG GD07 – Interferenza n.14.....	63
7.2.2 Viabilità di accesso alla WTG GD01 – Interferenza n.34.....	64
<b>7.3 INTERFERENZE CON IL TRACCIATO DEL CAVIDOTTO DI CONNESSIONE .....</b>	<b>65</b>
<b>7.4 INTERFERENZE CON PIAZZOLE DI CANTIERE .....</b>	<b>69</b>
<b>8. CONCLUSIONE .....</b>	<b>70</b>

**ELABORATI GRAFICI**

TAVOLA R08\_T01 Planimetria drenaggi

TAVOLA R08\_T02 Attraversamenti idraulici



## 1. PREMESSA

Il progetto in esame riguarda la realizzazione di un nuovo Parco Eolico della potenza complessiva di 72 MW, che prevede l'installazione di n. 12 aerogeneratori da 6,0 MW, da installarsi nei territori comunali di Mandas, Gergei e Villanovafranca, nella Provincia del Sud Sardegna.

Si precisa che l'attribuzione dei Comuni alla Provincia del Sud Sardegna fa riferimento alla situazione amministrativa attuale (L.R. n. 2 del 4 febbraio 2016 - "Riordino del sistema delle autonomie locali della Sardegna").

Con la LR n.7 del 12 aprile 2021 la Regione Sardegna viene riorganizzata in 8 Province: Città Metropolitana di Sassari, Città Metropolitana di Cagliari, Nord-Est Sardegna, Ogliastra, Sulcis Iglesiente, Medio Campidano, Nuoro e Oristano, pertanto i Comuni interessati dalle opere ricadrebbero nella Provincia del Medio Campidano (Villanovafranca) e nella nuova Città Metropolitana di Cagliari (Mandas e Gergei). Tale legge è però stata impugnata dal governo italiano, che ha bloccato l'iter di attuazione in attesa del pronunciamento della Corte costituzionale e il 12 marzo 2022 la Consulta si è pronunciata a favore della Regione Autonoma della Sardegna, dando di fatto il via libera alla re-istituzione delle Province. Pertanto allo stato attuale dovrebbero essere attive le nuove Province, che di fatto non lo sono in quanto sono in attesa dei pronunciamenti referendari dei residenti dei Comuni di confine e il rinvio al 2025 della data per "l'effettiva operatività di Città metropolitane e Province", con un'ulteriore coda di sei mesi, necessaria per l'auspicata elezione diretta dei Consigli comunali e metropolitani<sup>1</sup>.

La Società Proponente è la Giudecca Wind 1 S.R.L., con sede legale in Via Friuli Venezia Giulia 75, 30030 Pianiga (VE).

Tale opera si inserisce nel quadro istituzionale di cui al D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" le cui finalità sono:

- promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario;
- promuovere misure per il perseguimento degli obiettivi indicativi nazionali;
- concorrere alla creazione delle basi per un futuro quadro comunitario in materia;
- favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati da fonti rinnovabili, in particolare per gli impieghi agricoli e per le aree montane.

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) elaborata, prevede che l'impianto eolico venga collegato in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV di una futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV "Ittiri - Selargius". Tale SE è in progetto in un'area posta a circa 20 km in direzione Sud-Ovest dal layout.

La connessione tra la SE Terna e il parco eolico verrà realizzata mediante una linea interrata AT a 150 kV, di circa 20 km, tra lo stallo dedicato in stazione Terna e la sottostazione elettrica utente (SSEU) dove avverrà la trasformazione AT/MT. La cabina generale MT raccoglierà i cavi provenienti dai singoli aerogeneratori.

Nel suo complesso il parco di progetto sarà composto da:

- N° 12 aerogeneratori della potenza nominale di 6.0 MW ciascuno
- Dalla viabilità di servizio interna realizzata in parte ex-novo e in parte adeguando strade comunali e/o agricole esistenti

<sup>1</sup> <https://www.lanuovasardegna.it/regione/2022/11/08/news/le-nuove-province-sarde-saranno-operative-solo-fra-quattro-anni-1.100139202>



- Dalle opere di regimentazione delle acque meteoriche
- Da un cavidotto di tensione pari a 30 kV interrato
- Da una cabina MT SSE utente interna all'area del parco
- Da una stazione utente di trasformazione 30/150 kV
- Da una connessione in antenna a 150 kV ad una costruenda SE
- Dalle reti tecnologiche per il controllo del parco

Il presente documento riporta lo studio di compatibilità idraulica per la realizzazione di un nuovo parco eolico 'on-shore' denominato "Giudecca", analizzando le eventuali interferenze dei diversi componenti con le aree a pericolosità idraulica e identificando, nel caso, la migliore soluzione e tecnologia per la risoluzione delle stesse. Nel caso di interferenze con canali irrigui/corsi d'acqua naturali si è inoltre valutato che il superamento delle interferenze avvenga in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale.

Lo studio Idrologico e idraulico relativo al reticolo idrografico superficiale, ai principali solchi vallivi o aree depresse e alle aree allagabili è riferito alla perimetrazione della pericolosità idraulica riportata negli ultimi aggiornamenti del Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF), del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) e dell'ordinamento gerarchico del reticolo di STRAHLER.

Il progetto affronta lo studio idrologico idraulico delle aree scolanti interessate dalle opere del progetto con valutazioni in merito alle possibili variazioni ante-operam – post-operam, analizzando quindi il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione delle variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista idraulico (valutazione delle variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricevitore finale).

Tale studio è svolto secondo le Norme Tecniche di Attuazione del Piano d'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino della Sardegna, ed è costituito da:

- analisi delle piogge, eseguita utilizzando le indicazioni riportate sul progetto Valutazione Piene (VAPI) del Gruppo Nazionali Difesa Catastrofi Idrogeologiche (GNDCl);
- valutazione della durata dell'evento pluviometrico di progetto di durata pari al tempo critico del bacino idrografico oggetto di studio (tempo di corrivazione e ietogramma di progetto);
- determinazione delle portate di riferimento e dimensionamento del sistema di collettamento delle stesse.

Il Capitolo 6 riporta la descrizione dei sistemi di gestione acque meteoriche delle opere in progetto.



## 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 "Tinality", il modello digitale del terreno con una risoluzione spaziale 10x10 metri di tutta l'area di progetto.

### 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 1.0) [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/TINITALY/1.0>.”;
- 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 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO

Il parco eolico in progetto si estende nei territori comunali di Villanovafranca, Mandas e Gergei, al di fuori dei centri abitati. Il progetto prevede l'installazione di n. 12 aerogeneratori così collocati (Figura 3.1):

- n. 4 aerogeneratori in Comune di Mandas;
- n. 1 aerogeneratore in Comune di Gergei;
- n. 7 aerogeneratori in Comune di Villanovafranca.

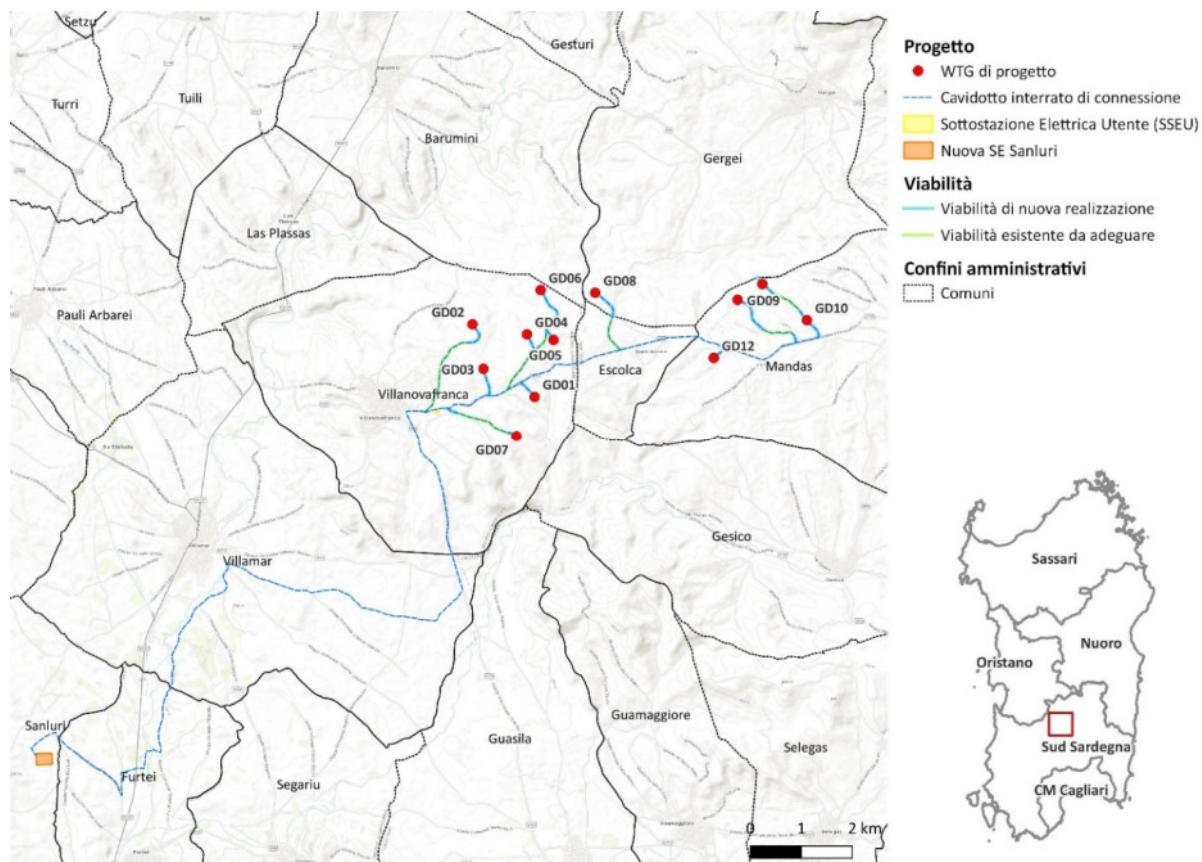


Figura 3.1: Localizzazione a scala regionale, provinciale e comunale dell'impianto proposto.

La sottostazione di trasformazione sarà ubicata nel territorio comunale di Villanovafranca, complessivamente la linea di connessione attraverserà i territori comunali di Mandas, Escolca, Villanovafranca, Villamar, Furtei e Sanluri.

Le coordinate degli aerogeneratori previsti sono riportate in Tabella 3.1.



Tabella 3.1: Coordinate degli aerogeneratori previsti (EPSG 3003).

WTG	X	Y
GD01	1503242,9	4388449,4
GD02	1502022,8	4389874,9
GD03	1502237,6	4389001,8
GD04	1503091,0	4389678,0
GD05	1503614,9	4389569,8
GD06	1503361,1	4390544,8
GD07	1502887,2	4387673,9
GD08	1504431,1	4390492,8
GD09	1507225,4	4390355,4
GD10	1508587,2	4389955,3
GD11	1507710,3	4390664,1
GD12	1506758,2	4389214,5

L'accesso al sito avverrà mediante strade pubbliche esistenti a carattere nazionale e provinciale partendo dal vicino porto industriale Cagliari o in alternativa da quello poco più distale di Portovesme. All'interno dell'area dell'impianto verranno utilizzate come viabilità primaria le strade statali SS128 e SS197; la Strada Provinciale SP36 rappresenta il perno delle viabilità secondaria, permettendo di raggiungere facilmente le aree per la costruzione degli aerogeneratori, mediante strade secondarie (asfaltate e/o sterrate) esistenti e mediante la realizzazione di apposite piste (Figura 3.2).

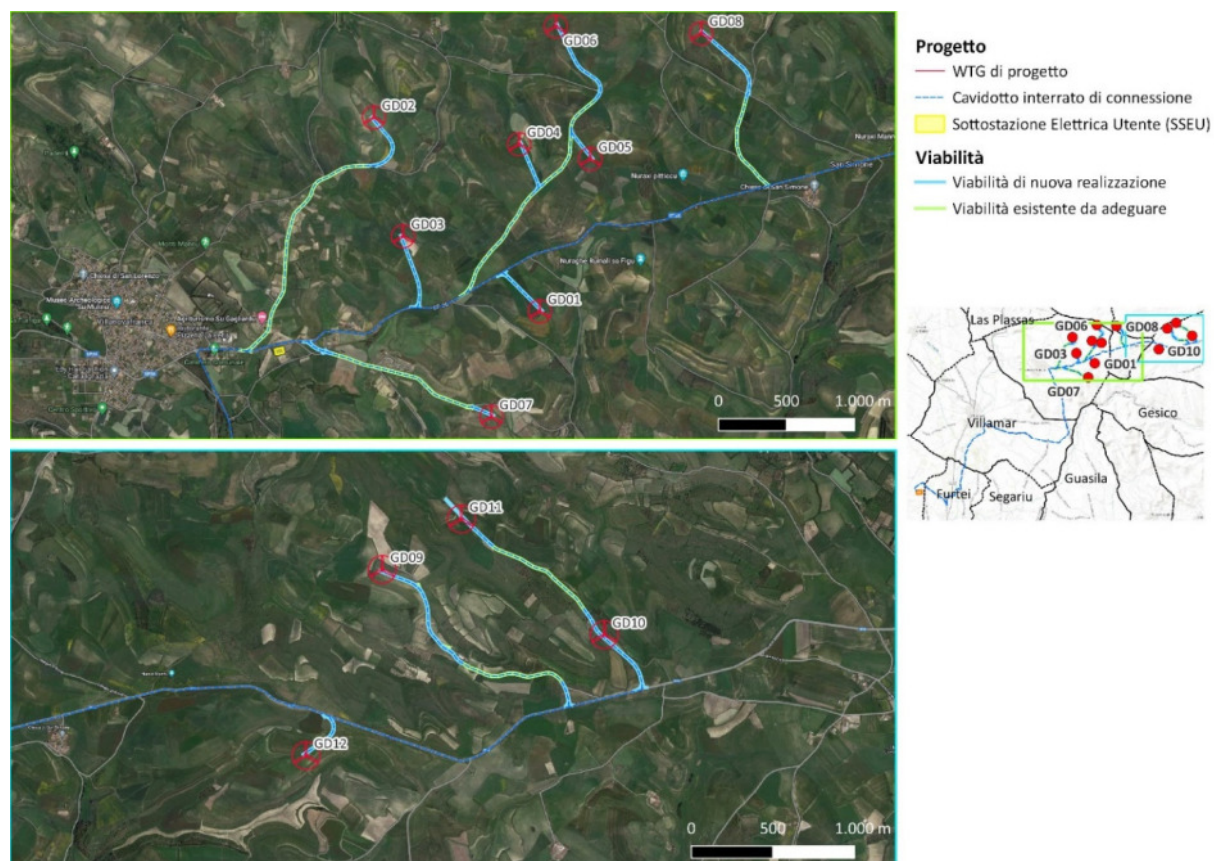


Figura 3.2: Inquadramento della viabilità di progetto.

## 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 eolico.

Le WTGs hanno un'elevazione compresa circa tra i 300 e i 424 metri s.l.m. Secondo il progetto CORINE Land Cover, l'area di interesse è occupata da colture intensive, colture annuali associate a colture permanenti, tessuto urbano discontinuo e oliveti (Figura 3.3).

Nelle figure seguenti si illustrano l'uso del suolo aggiornato al 2018 CORINE Land Cover (Figura 3.3).

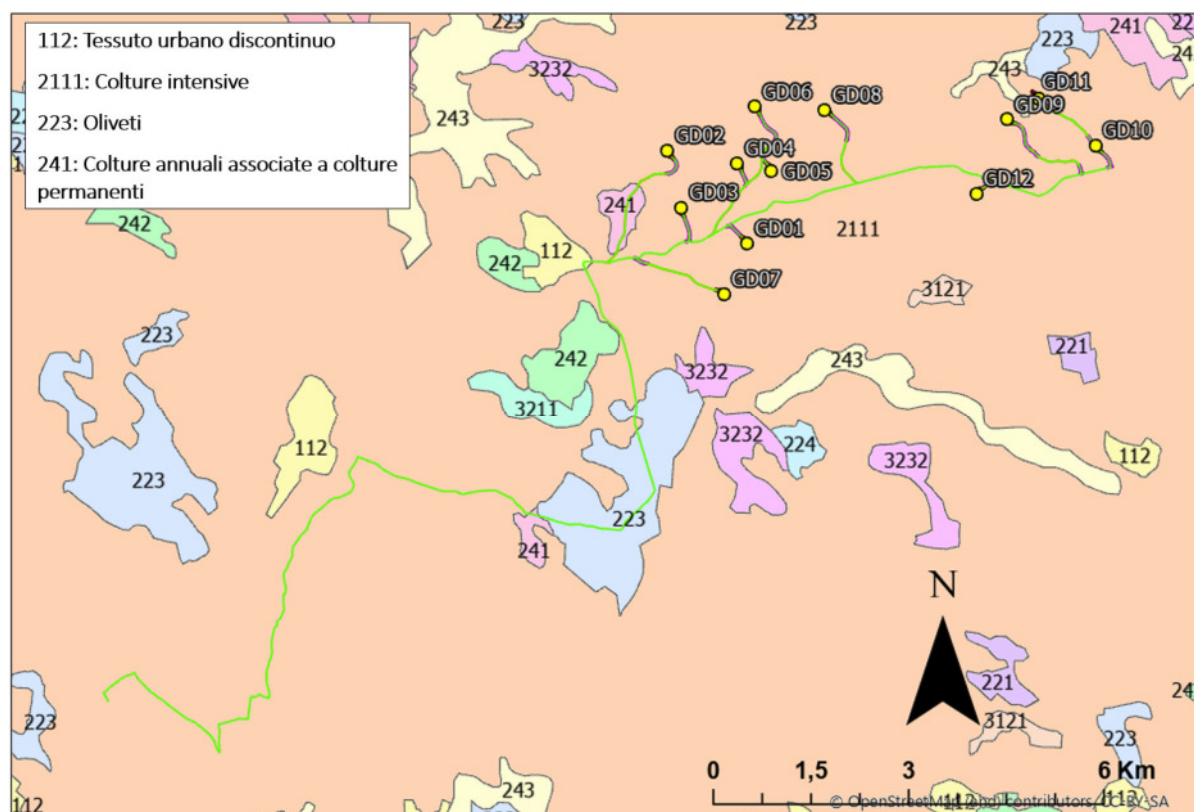


Figura 3.3: Stralcio carta uso del suolo, CORINE Land Cover (2018). In giallo le posizioni delle WTGs ed in verde il tracciato del cavidotto di connessione.

## 3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

### 3.3.1 Inquadramento geomorfologico

La geomorfologia e l'evoluzione delle forme del territorio in studio sono direttamente influenzate dall'assetto geologico-strutturale e dagli eventi geodinamici occorsi durante il Terziario e quelli climatici del Quaternario antico e recente.

In particolare, si osserva che il paesaggio è per lo più collinare, con quote massime di circa 450 m s.l.m., a conseguenza diretta del sollevamento plio-pleistocenico, alternato a valli più o meno incise derivanti dal risultato di processi alluvionali e fluviali che, attivi durante tutto il Quaternario, in condizioni climatiche differenti dalle attuali, hanno dato luogo a ripe di erosione fluviale, meandri, terrazzi fluviali e coni di deiezione. L'acclività dei versanti è fortemente influenzata dal diverso comportamento litotecnico delle facies siltoso-marnose, marnoso-arenacee, intercalate con calcari organogeni e da depositi vulcanici facenti parte delle formazioni mioceniche come quella di Nurallu, della Marmilla, di Gesturi etc... che, per effetto della diversa predisposizione all'erosione, portano all'evoluzione di

versanti regolari o interrotti da rotture di pendio più o meno accentuate. Il reticolo idrografico dell'area, costituito da corsi d'acqua, che scorrono prevalentemente su litologie mioceniche, è a carattere prevalentemente torrentizio stagionale e presenta un pattern sub-dendritico, indicativo di un controllo tettonico derivante da un sistema di fratture più o meno parallele secondo le principali faglie direttrici del campidano.

### 3.3.2 Inquadramento geologico

L'area in studio ricade nel Foglio della Carta Geologica d'Italia 226 "Mandas" (scala 1:100.000) e nel Foglio CARG della Carta Geologica d'Italia 540 "Mandas" (scala 1:50.000), si estende nella regione della Marmilla che rappresenta il margine nord-orientale del graben del Campidano, generatosi durante la fase distensiva che interessa buona parte dell'isola a partire dal Miocene superiore fino al Plio-Pleistocene. In questa regione affiorano prevalentemente terreni sedimentari della successione oligo-miocenica del Campidano-Sulcis (Formazione di Nurallao, Formazione della Marmilla, Marne di Gesturi) legata al rift oligo-miocenico sardo noto come "Fossa sarda", le quali poggiano in discordanza sul basamento paleozoico rappresentato dalla Formazione di Pala Manna.

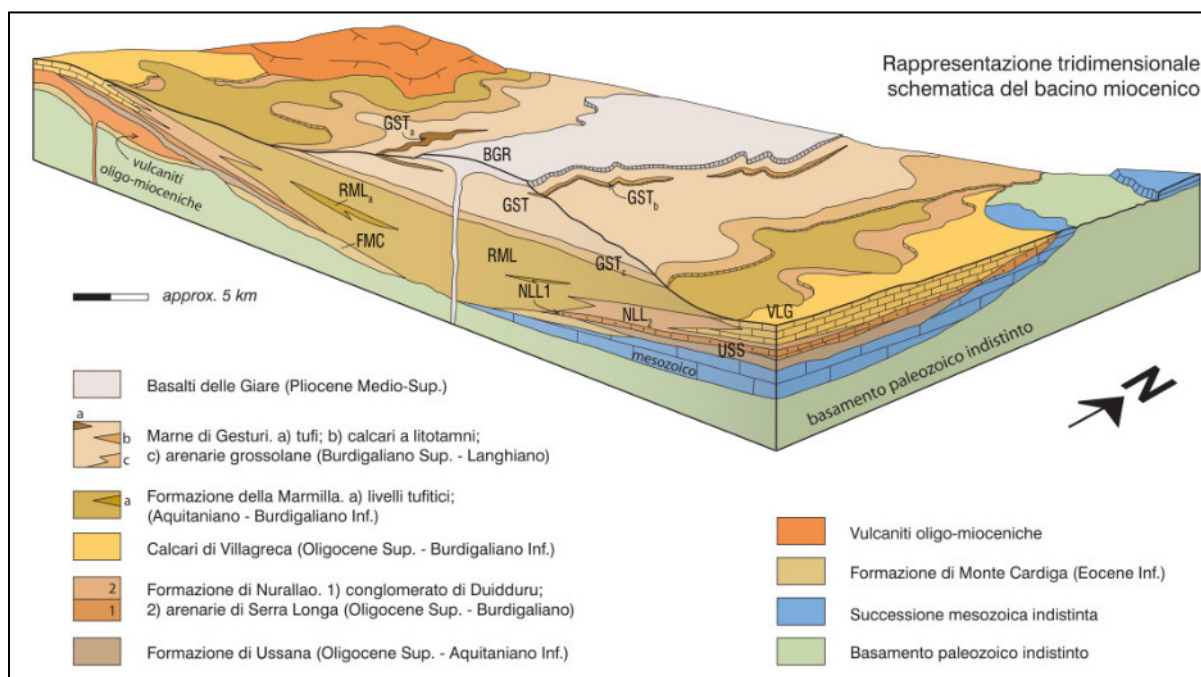


Figura 3.4: schema dei rapporti stratigrafici (Estratto da Foglio CARG 540 "Mandas").

### 3.3.3 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 m<sup>3</sup> 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 infila 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.





A causa delle caratteristiche geologiche, ma soprattutto morfologiche e strutturali, l'assetto idrogeologico dell'area si presenta alquanto complesso. Gli acquiferi, prevalentemente fessurati, pur essendo dotati in qualche caso di buona potenzialità, non hanno in genere continuità areale, in quanto frazionati da limiti tettonici e morfologici.

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 del coefficiente "K" ma da un intervallo di questo.

All'interno dell'area cartografata sono stati individuati cinque complessi, o unità litologiche, distinti caratterizzati 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 ( $10 > K > 0^{-4}$  cm/sec)
- Altamente permeabile ( $K > 10$  cm/sec)

Accorpando le unità geologiche aventi in comune caratteri di permeabilità omogenei, sui cui insistono le opere in progetto è possibile distinguere 2 "Unità Idrogeologiche" principali:

1. Unità delle alluvioni oloceniche
2. Unità sabbiosa conglomeratica miocenica

Per brevità le singole Unità Idrogeologiche verranno successivamente descritte con il nome di Unità 1 fino alla 2.

### Unità 1

Molto poco diffuse nell'area in studio. È composta prevalentemente da termini litologici granulari, sciolti o scarsamente cementati, generalmente eterometrici e talvolta monogenici, formanti la copertura detritica e alluvionale olocenica dei principali corsi d'acqua.

Il flusso idrico sotterraneo è favorito dalla porosità dei sedimenti e generalmente, in funzione della presenza o meno di materiali clastici fini (argille, limi) il grado di permeabilità varia da medio ad alto. I principali acquiferi, di tipo freatico, sono localizzati nelle aree prossimali ai principali corsi d'acqua nei quali lo spessore dello strato detritico-alluvionale può risultare di qualche metro.

**La permeabilità varia da mediamente a molto permeabile.**

### Unità 2

Sequenza deposizionale sedimentaria terrigena, costituita da marne, argille ed arenarie del Miocene inf-med. Permeabilità bassa nei livelli marnosi ed argillosi, alta nei livelli arenaceo-sabbiosi. Prevalentemente costituita dal complesso sabbioso conglomeratico della Formazione di Nurallao: sabbie da fini a molto fini debolmente cementate e conglomerati in matrice arenacea con cementazione da debole a elevata. La permeabilità, media per porosità interstiziale, nelle facies conglomeratiche può ridursi fino a scarsa per l'aumento del grado di cementazione.

**La permeabilità varia da poco permeabile a impermeabile.**

Per ulteriori dettagli sulla geologia, la geomorfologia e l'idrogeologia si rimanda all'elaborato tecnico 2799\_5298\_GIUD\_PD\_R07\_Rev0\_RELGEO.



## 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 in grande 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 num. 07 Flumendosa – Campidano – Cixerri. Il Sub\_Bacino si estende per 5960 Km<sup>2</sup>, pari al 24.8 % del territorio regionale; è l'area più antropizzata della Sardegna ed il sistema idrografico è interessato da diciassette opere di regolazione in esercizio e otto opere di derivazione. I bacini idrografici di maggior estensione sono costituiti dal Flumendosa, dal Flumini Mannu, dal Cixerri, dal Picocca e dal Corr'e Pruna; numerosi bacini minori risultano compresi tra questi e la costa.

Nell'ambito del seguente studio si considera Flumini Mannu 041 (tratto del fiume Mannu a monte dell'abitato di Villasor).

Il riu Flumini Mannu 041 è esteso tra la località Bruncu S'Ollastu presso Nurallao e l'abitato di Serramanna e viene caratterizzato sotto l'aspetto geomorfologico con riferimento a 4 tratti omogenei.

Nel primo tratto, a monte del lago di San Sebastiano, la morfologia è quella di un corso d'acqua montano, in un fondovalle a forte pendenza, caratterizzato nel settore più a monte da salti naturali in roccia calcarea.

Nel secondo tratto, a valle della diga di Is Barroccus, l'alveo attivo scorre per qualche chilometro sul substrato roccioso, costituito in massima parte da scisti, sul fondo di una stretta valle a "V" che si sviluppa secondo un tracciato a meandri in roccia con elevata pendenza media. Lo stretto fondovalle si presenta disabitato e incolto; solo nel basso tronco la valle si amplia leggermente e riduce l'acclività, tanto da permettere la coltivazione di alcune zone del fondovalle e dei versanti.

Il terzo tratto raggiunge l'abitato di Villanovafranca, in una piana alluvionale che si allarga progressivamente, vincolata da rilievi miocenici e colate basaltiche. Sono presenti fenomeni di erosione spondale unitamente a una consistente presenza di depositi alluvionali grossolani legati alla tendenza al sovralluvionamento.

Il quarto tratto si estende dall'abitato di Villamar a quello di Serramanna, a valle del quale l'asta prende il nome di Flumini Mannu; l'alveo si differenzia notevolmente dai precedenti per i caratteri morfologici tipicamente fluviali. pendenza di fondo modesta e tipologia monocursale. Presso loc. Casa Fiume è posizionata una traversa di derivazione idrica. Le analisi condotte hanno permesso di evidenziare un fenomeno di generale abbassamento del profilo di fondo, da correlare presumibilmente all'alterazione dell'equilibrio del trasporto solido e, eventualmente anche alle opere di sistemazione idraulica; il fenomeno è testimoniato sia dalle trasformazioni morfologiche che dalle condizioni di scaldamento delle fondazioni delle pile dei ponti in alveo.

Nonostante i fenomeni erosivi attivi sulle sponde, l'alveo non presenta evidenze di un'evoluzione planimetrica significativa in atto, in relazione anche all'efficienza delle opere di difesa, come documentato dal confronto con la cartografia IGM riferita agli anni '40 del secolo scorso.

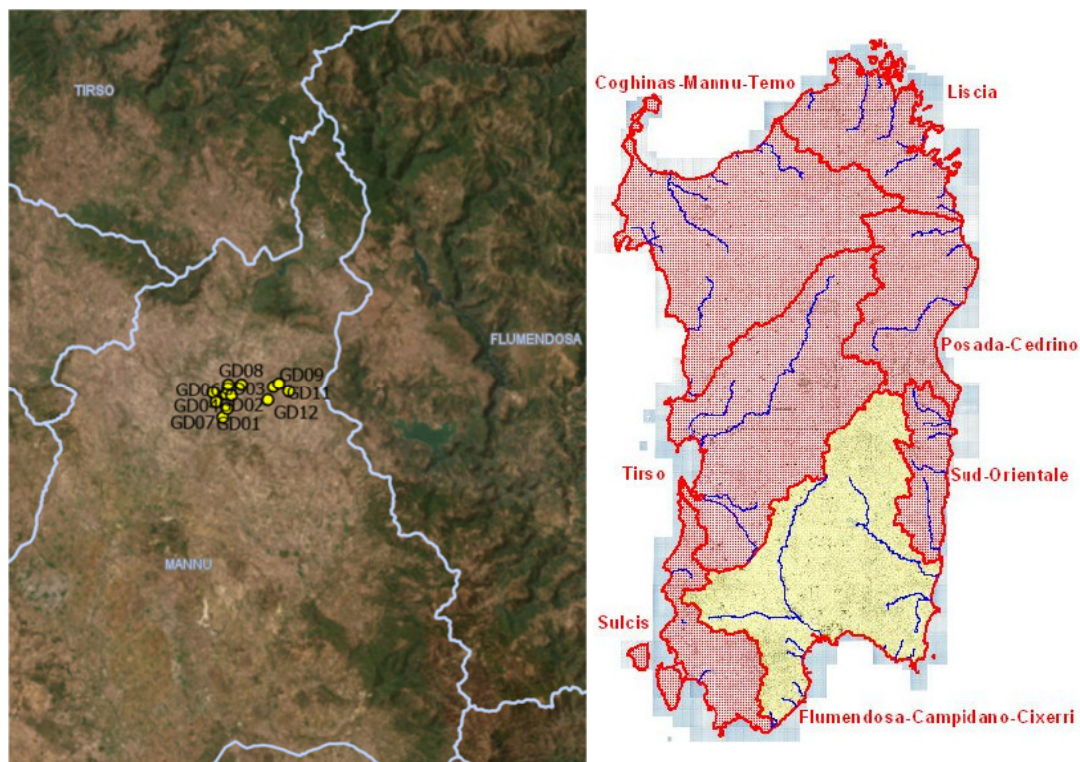


Figura 3.5: Bacini (a destra) e sub-bacini (a sinistra) idrografici della regione Sardegna.

Lo studio ha inoltre considerato il reticolo idrografico ufficiale della Regione Sardegna, adottato con deliberazione n.3 del 30/07/2015 dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino, basato sul Geodatabase Topografico alla scala 1: 10.000 (DGBT\_10k).

Inoltre, è stata eseguita una simulazione del modello digitale del terreno o, ottenuto dal portale dell’INGV dal progetto Tinality. Lo studio del DEM ha permesso di identificare le principali informazioni idrologiche a scala di bacino nello stato di fatto. La simulazione è stata condotta mediante algoritmi TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models – Utah State University) e successivamente rielaborata in ambiente GIS.

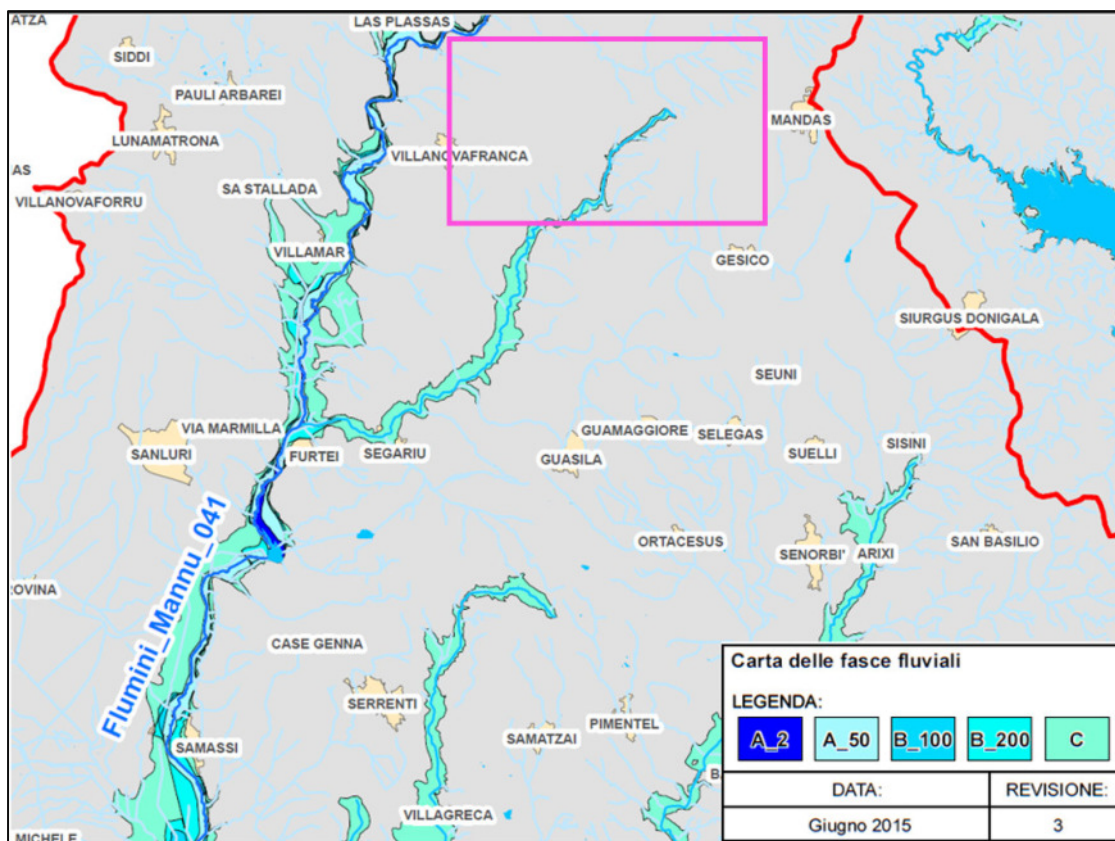


Figura 3.6: Carta Fasce Fluviali Regione Autonoma Sardegna – Stralcio Relazione Monografica P.S.F.F. aggiornamento 2015 ed area di progetto in fucsia.

### 3.5 INQUADRAMENTO QUALITÀ DELLE ACQUE

Il tema della qualità delle acque superficiali e sotterranee è trattato nel Piano regionale denominato Piano di Tutela delle Acque (PTA) e nel Piano di Gestione del Distretto Idrografico (PdG DIS) .

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA), approvato dalla Regione Autonoma della Sardegna con Deliberazione della Giunta Regionale n. 14/16 del 4 aprile 2006, è stato elaborato in attuazione dell'art. 44 del D.L.gs 11 maggio 1999 n. 152 e s.m.i. e dell'art. 2 della L.R. luglio 2000, n. 14.

Il Piano di Tutela delle Acque ha lo scopo principale di costituire uno strumento conoscitivo, programmatico, dinamico attraverso azioni di monitoraggio, programmazione, individuazione di interventi, misure, vincoli, finalizzati alla tutela integrata degli aspetti quantitativi e qualitativi della risorsa idrica. Esso contiene gli interventi volti alla tutela qualitativa e quantitativa del sistema idrico e a garantire:

- A. il raggiungimento o mantenimento degli obiettivi di qualità fissati dal D.Lgs. 152/99 e suoi collegati per i diversi corpi idrici e raggiungimento dei livelli di quantità e di qualità delle risorse idriche compatibili con le differenti destinazioni d'uso;
- B. il recupero e salvaguardia delle risorse naturali e dell'ambiente per lo sviluppo delle attività produttive e, in particolare, di quelle turistiche;
- C. il raggiungimento dell'equilibrio tra fabbisogni idrici e disponibilità, per garantire un uso sostenibile della risorsa idrica, anche con accrescimento delle disponibilità idriche, attraverso



la promozione di misure tese alla conservazione, al risparmio, al riutilizzo ed al riciclo delle risorse idriche;

D. la lotta alla desertificazione.

Contiene, inoltre:

A. i risultati dell'attività conoscitiva;

B. l'individuazione degli obiettivi ambientali e per specifica destinazione;

C. l'elenco dei corpi idrici a specifica destinazione e delle aree richiedenti specifiche misure di prevenzione dall'inquinamento e di risanamento;

D. le misure di tutela qualitative e quantitative tra loro integrate e coordinate per bacino idrografico;

E. il programma di attuazione e verifica dell'efficacia degli interventi previsti.

Il PTA suddivide l'intero territorio Regionale in Unità Idrografiche Omogenee (U.I.O.), ognuna costituita da uno o più bacini idrografici limitrofi, la cui denominazione è quella del bacino principale, nell'esigenza di individuare un comparto territoriale su scala sufficientemente ampia da:

- tener conto delle complesse relazioni tra le varie pressioni insistenti sul territorio e i rispettivi corpi idrici (superficiali e sotterranei);
- tener conto delle complesse relazioni eventualmente esistenti tra i vari corpi idrici (interconnessioni, pozzi, sorgenti, ingressione marina, affluenze etc.);
- tener conto dell'ampio campo di influenza di ogni specifica misura che può avere ricadute su molteplici obiettivi pur essendo determinata, in prima battuta, da un'unica specifica esigenza ambientale;
- estendere la descrizione territoriale e la relativa analisi delle pressioni da attività antropica oltre i confini del singolo bacino idrografico, comprendendo, quindi, più bacini idrografici ed i rispettivi tratti marino-costieri, andando così a costituire sistemi territoriali omogenei per caratteristiche geomorfologiche o idrografiche/idrologiche o per tipologia delle pressioni da attività antropica, interrelati naturalmente (acquiferi significativamente afferenti su più bacini) e artificialmente (interconnessioni tra invasi artificiali, schemi acquedottistici e/o irrigui e/o schemi fognario depurativi a cavallo degli spartiacque, etc.).

Le WTGs di progetto e il tracciato della connessione ricadono all'interno all'U.I.O. n. 1 "Flumini Mannu-Cixerri", che si estende per 3.566 km<sup>2</sup>.

Il 21 dicembre 2021, con Delibera n. 16, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino ha adottato il secondo riesame e aggiornamento del Piano di Gestione del distretto idrografico della Sardegna (terzo ciclo di pianificazione 2021-2027), ai fini delle successive procedure di approvazione, previste dalla L.R. 19/2006 e dall'articolo 66 del DLgs 152/2006.

In particolare l'11 febbraio 2022, a conclusione dell'iter di richiesta del parere della competente Commissione del Consiglio regionale della Sardegna previsto dall'art. 9 della L.R. 19/2006, con Delibera n. 2 il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale della Sardegna ha adottato il Riesame e aggiornamento del Piano di Gestione del distretto idrografico della Sardegna – Terzo ciclo di pianificazione 2021-2027, ai fini del successivo iter di approvazione finale in sede statale ai sensi dell'articolo 66 del D.Lgs. 152/2006.

Il Piano fornisce un quadro dei cosiddetti centri di pericolo (CDP), reali e/o potenziali più importanti a livello regionale, che possono incidere sul livello qualitativo della risorsa idrica, ordinandoli secondo le seguenti classi:

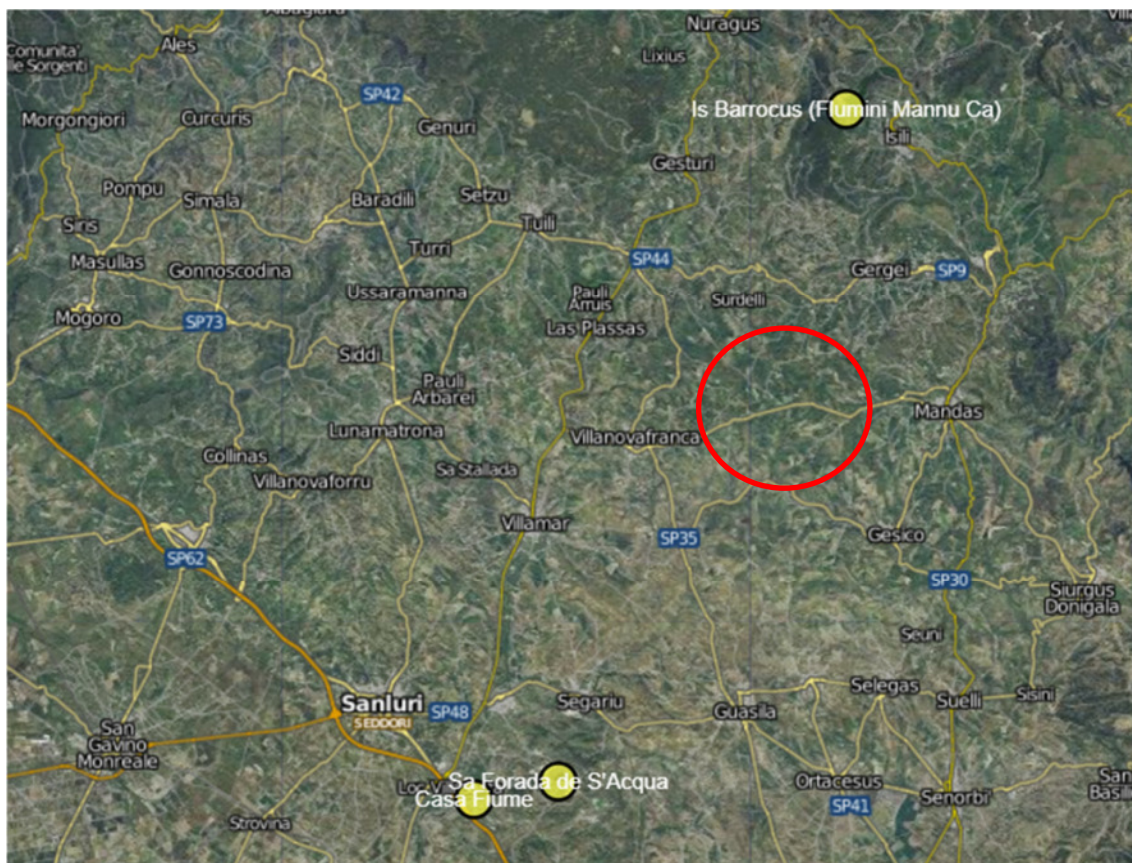
- insediamenti industriali;
- discariche di rifiuti e assimilabili;

- attività minerarie ed estrattive;
- insediamenti urbani;
- vie di comunicazione e infrastrutture di collegamento;
- attività agricole;
- attività zootecniche;
- attività antropiche diverse che possono inquinare i corpi idrici.

### 3.5.1 Acque superficiali

#### *Caratteristiche qualitative delle acque superficiali*

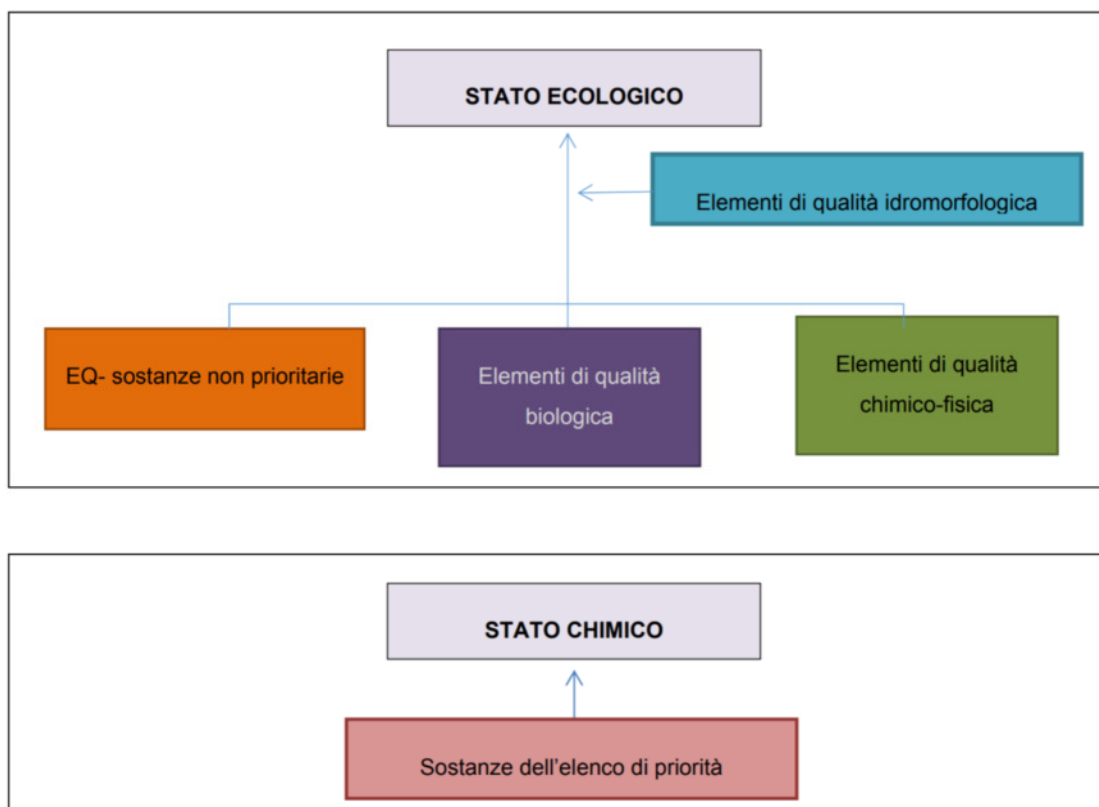
Attraverso il sistema informativo monitoraggio e preallarme siccità raggiungibile all'indirizzo <http://www.sardegnaedoc.it/invasi/> è possibile visionare la situazione dei serbatoi artificiali del sistema idrico multisetoriale della Sardegna e i relativi indicatori di stato per il monitoraggio e il preallarme della siccità. Lo stato attuale (dicembre 2022) rappresentato in Figura 3.7 è classificato come “livello di vigilanza” per gli invasi di Is Barrocos (Flumini Mannu Ca), Casa Fiume e Sa Forada de S'Acqua.



<b>REGIME ORDINARIO</b> (normalità) I = 0,5 - 1	Gestione secondo gli indirizzi di pianificazione generale.
<b>LIVELLO DI VIGILANZA</b> (preallerta) I = 0,3 - 0,5	E' necessario monitorare i parametri climatici per stimare con prontezza l'innescio di eventuali fluttuazioni; nel contempo è opportuno controllare i consumi portandoli ad un primo livello di riduzione che non determina svantaggi agli utenti.
<b>LIVELLO DI PERICOLO</b> (allerta) I = 0,15 - 0,3	Il livello di erogazione deve essere ridotto in media, secondo le categorie di priorità degli usi, al fine di gestire in modo proattivo l'eventuale persistenza del periodo secco; contestualmente devono essere attivate le previste misure di mitigazione.
<b>LIVELLO DI EMERGENZA</b> I = 0 - 0,15	In questo campo non si dovrebbe entrare, a seguito degli interventi di riduzione delle erogazioni di cui ai punti precedenti, è necessario, comunque, attivare ulteriori restrizioni nelle erogazioni; se si verificano livelli di emergenza e, in precedenza, le misure previste sono state puntualmente osservate, tale evento potrebbe significare che i parametri statistici delle serie si sono ulteriormente modificati e che quindi deve essere rivalutata l'erogazione media ammissibile in regime ordinario.

Figura 3.7: Situazione dei serbatoi artificiali del sistema idrico multisettoriale della Sardegna e i relativi indicatori di stato per il monitoraggio e il preallarme della siccità (dettaglio dell'area di studio, corrispondente indicativamente al cerchio rosso – fonte: <http://www.sardegnaedoc.it/invasi/>).

Relativamente allo Stato Ecologico e Chimico delle acque superficiali si considereranno i parametri riassunti nel seguente schema:



La classificazione dello Stato Ecologico dei corpi idrici (CI) fluviali della Sardegna è stata effettuata tenendo conto di quanto previsto dal DM 260/10 e riporta il giudizio relativo agli elementi di qualità dei corsi d'acqua rappresentato da un colore specifico per classe di qualità.

Il monitoraggio per lo stato chimico non è stato condotto su tutti i corpi idrici in cui è stato effettuato quello per lo stato ecologico, in quanto per il monitoraggio dello stato chimico si è tenuto conto della presenza o assenza di pressioni, della evidenza di scarichi, rilasci o immissioni nonché dei rilevamenti pregressi relativi alle sostanze di cui alla tabella 1/A del D.M. n. 260/2010 e s.m.i.

Lo Stato Ecologico delle acque superficiali nell'intorno dell'area di progetto relativo all'intervallo temporale più aggiornato (terzo ciclo di pianificazione 2021-2027<sup>2</sup>) è mostrato nella Figura 3.8 ed evidenzia come il Riu Mannu e i suoi affluenti siano classificati con **Stato Ecologico buono**.

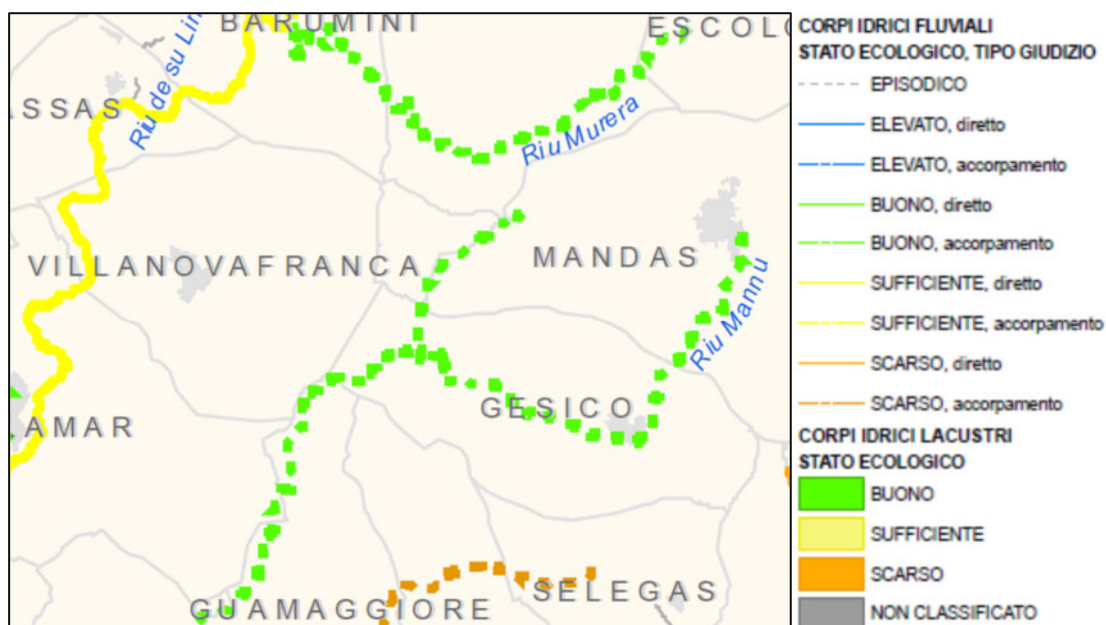


Figura 3.8: Stato Ecologico delle acque superficiali nell'intorno dell'area di progetto (ciclo di pianificazione 2021-2027).

Per quanto riguarda la classificazione dello Stato Chimico, nel nuovo ciclo di pianificazione 2021-2027, è stato considerato il giudizio derivante dalla valutazione del superamento della concentrazione media annuale (SQA-MA)<sup>13</sup>, per ogni parametro monitorato. Come si evince dalla Figura 3.9, lo **Stato Chimico** del Riu Mannu e dei suoi affluenti risulta essere **Buono**.

<sup>2</sup> Riesame e aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna – Terzo ciclo di pianificazione (2021 – 2027).



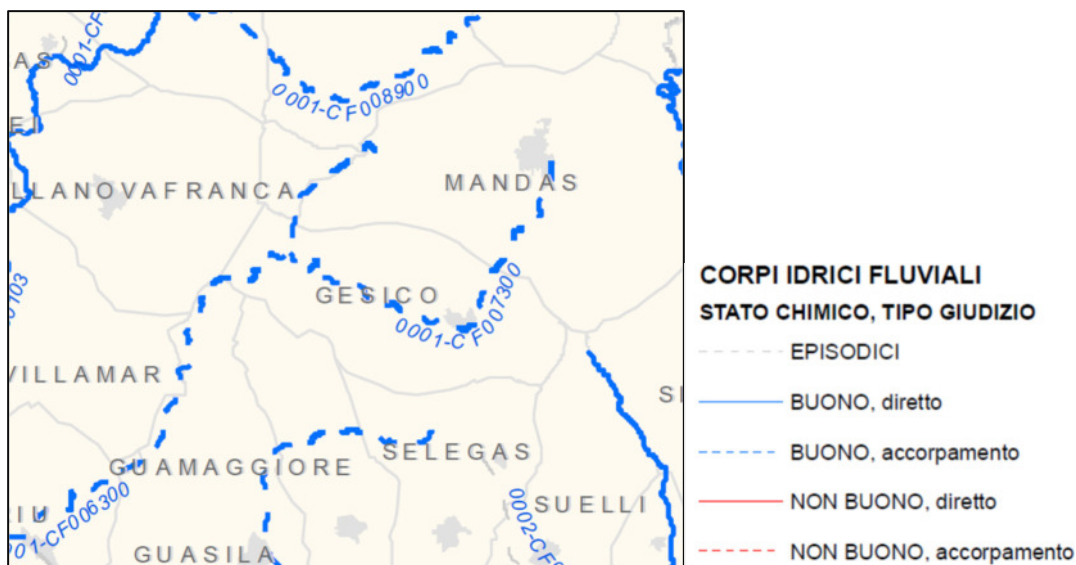


Figura 3.9: Stato Chimico delle acque superficiali nell'intorno dell'area di progetto (ciclo di pianificazione 2021-2027).

### Stima degli impatti potenziali

La realizzazione dell'impianto non prevede scarichi di nessun tipo, né di natura civile, né industriale, pertanto gli aspetti da valutare relativamente alla componente acque superficiali sono quelli dovuti a:

- Possibile presenza di circolazione idrica sotterranea e/o stagnazione acque di pioggia in fase di scavo delle fondazioni: vanno considerati gli effetti dell'eventuale presenza d'acqua alla quota di imposta delle fondazioni in relazione ad una possibile circolazione idrica indotta dai fenomeni di detensionamento dovuti agli scavi;
- Utilizzo di acqua per le necessità di cantiere, strettamente legato alle operazioni di bagnatura delle superfici, al fine di limitare il sollevamento delle polveri prodotte dalle operazioni di scavo e dal passaggio degli automezzi sulle strade sterrate;
- Contaminazione in caso di sversamento accidentale degli idrocarburi contenuti nei serbatoi di alimentazione dei mezzi di cantiere in seguito ad incidenti o determinati da incidenti o guasti agli aerogeneratori.

Lo studio specialistico non ha individuato interferenze degli elementi idrografici superficiali con le WTGs, ma si individuano interferenze con la linea di connessione e con la viabilità di nuova realizzazione.

Attraverso l'analisi TauDEM rielaborata in ambiente GIS è stato identificato 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. Si è inoltre proceduto con l'analisi del reticolo idrografico categorizzato secondo l'ordine di Horton-Strahler disponibile nel geoportale regionale.

Come indicato nel capitolo 7, non vi è alcuna interferenza con le piazzole permanenti degli aerogeneratori mentre lungo il tracciato del cavidotto di connessione sono state identificate n. 34 interferenze con elementi idrografici e fasce di pericolosità idraulica. Il capitolo 7 riporta una tabella recettori degli impatti ed una planimetria su ortofoto degli stessi.

Per ulteriori dettagli sulla stima degli impatti potenziali delle acque superficiali si fa riferimento allo studio di impatto ambientale (Rif. 2799\_5298\_GIUD\_SIA\_R01\_Rev0\_SIA).



### *Azioni di mitigazione*

L'approccio utilizzato nella progettazione 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 di raccolta e scarico con opere che implementassero la mitigazione.

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 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.

Ai sensi delle migliori pratiche progettuali sono state previste opere di laminazione e infiltrazione (trincee drenanti) nei sistemi di gestione acque meteoriche delle piazzole in progetto.

Nel confronto tra la rete di drenaggio naturale dello stato di fatto e di progetto si segnala che si è prevista una rete costituita da fossi in terra non rivestiti, che presentano scarichi 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 consentono di evitare di modificare la rete naturale, senza interferenze nella costruzione della viabilità e nella disposizione delle piazzole.

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

Per quanto concerne la fase di cantiere le principali azioni di mitigazione sono:

- L'installazione di pompe adeguatamente dimensionate per la portata da emungere, al fine di mantenere asciutti gli scavi per la realizzazione della fondazione;
- L'adozione di tutte le misure di sicurezza dei cantieri per evitare sversamenti accidentali;
- La pronta rimozione del terreno incidentato in caso di sversamento di idrocarburi;
- La manutenzione, la pulizia e il ricovero dei mezzi meccanici dovranno avvenire in apposite aree ben identificate ed impermeabilizzate, possibilmente coperte, al fine di impedire che le acque utilizzate per la pulizia dei mezzi, i carburanti, gli oli o altre sostanze inquinanti vengano a contatto con terreno;
- Le acque utilizzate in queste attività dovranno essere convogliate in apposite vasche a perfetta tenuta stagna e trattati come rifiuti speciali pericolosi e gestiti secondo la normativa del settore o, in alternativa, l'installazione di idoneo impianto di depurazione dimensionato per il trattamento di acque reflue contenenti tali sostanze;
- L'acqua utilizzata in cantiere dovrà provenire da fonti di approvvigionamento con caratteristiche qualitative e quantitative tali da rispettare i massimi livelli di compatibilità ambientale per il sito, onde evitare l'alterazione chimico-fisica e idraulica della componente acqua superficiale e sotterranea;

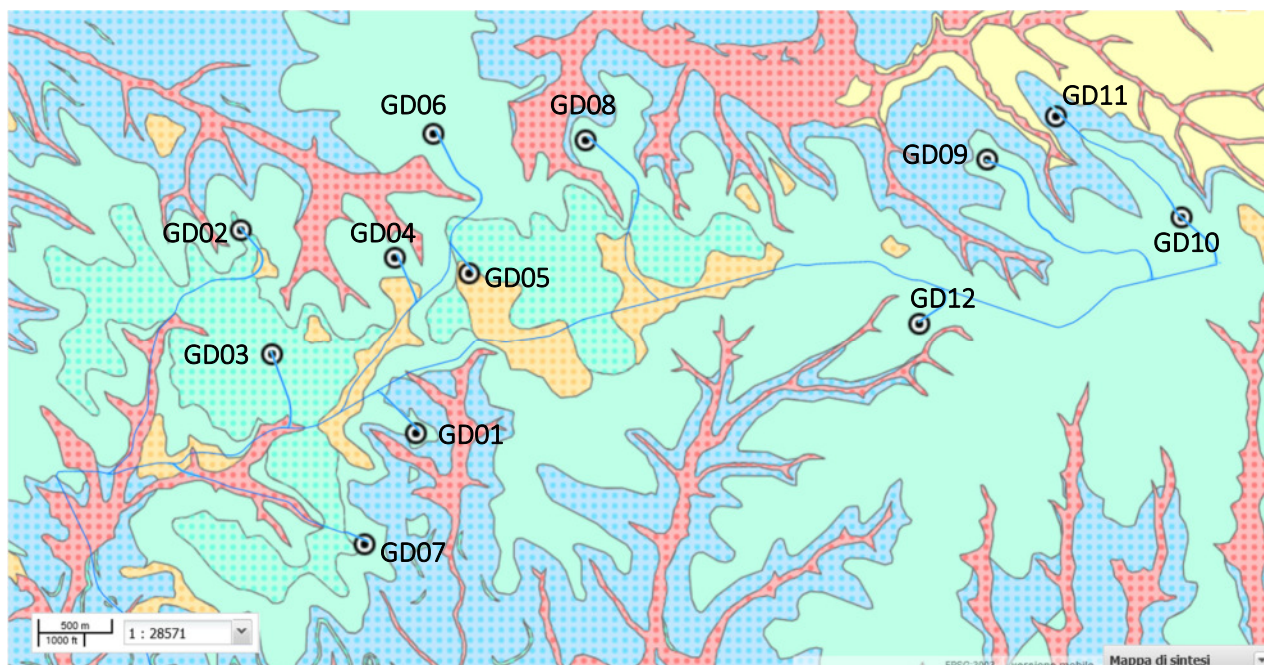
- Lo sfalcio dell'erba e la manutenzione generale delle aree libere e in prossimità delle strutture e della viabilità saranno eseguiti attraverso mezzi meccanici, dove possibile e manualmente nelle aree con limitata possibilità di spazi;
- Durante le attività dovranno essere evitati i versamenti d'idrocarburi, oli e qualsiasi sostanza inquinante contenuta negli automezzi necessari per il funzionamento degli stessi. Nell'eventualità di uno sversamento accidentale dovranno essere messe in atto tutte le misure necessarie per limitare la diffusione nel suolo e nel sottosuolo e contemporaneamente al ripristino dell'area contaminata;
- Non sono previsti e non dovranno essere utilizzati diserbanti;
- La viabilità interna dovrà essere tenuta in perfetto stato, con il ripristino del manto drenante per evitare l'istaurarsi di superfici impermeabili, che possono influenzare il regime idraulico superficiale dando origine a fenomeni di ristagno ed erosione differenziale.

L'adozione di tutte le misure di sicurezza dei cantieri per evitare sversamenti accidentali e la pronta rimozione del terreno incidentato in caso di sversamento di idrocarburi sono misure da adottare anche in fase di esercizio e di dismissione.

### 3.5.2 Acque sotterranee

#### *Caratteristiche qualitative delle acque sotterranee*

Dalla carta della permeabilità dei suoli, resa disponibile Geoportale della Regione Autonoma della Sardegna (Figura 3.10), si evince che l'area interessata dalle WTG di progetto presenta, nel complesso, una permeabilità bassa o medio-bassa per fratturazione e per porosità. Unica eccezione è la WTG GD05, che ricade sul margine di una zona a permeabilità medio-alta per porosità.



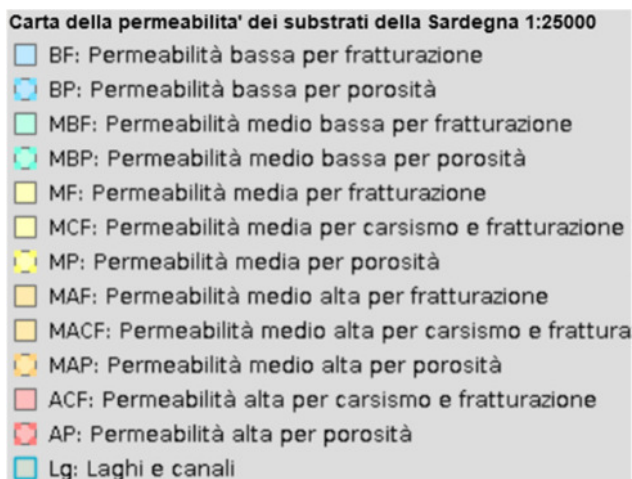


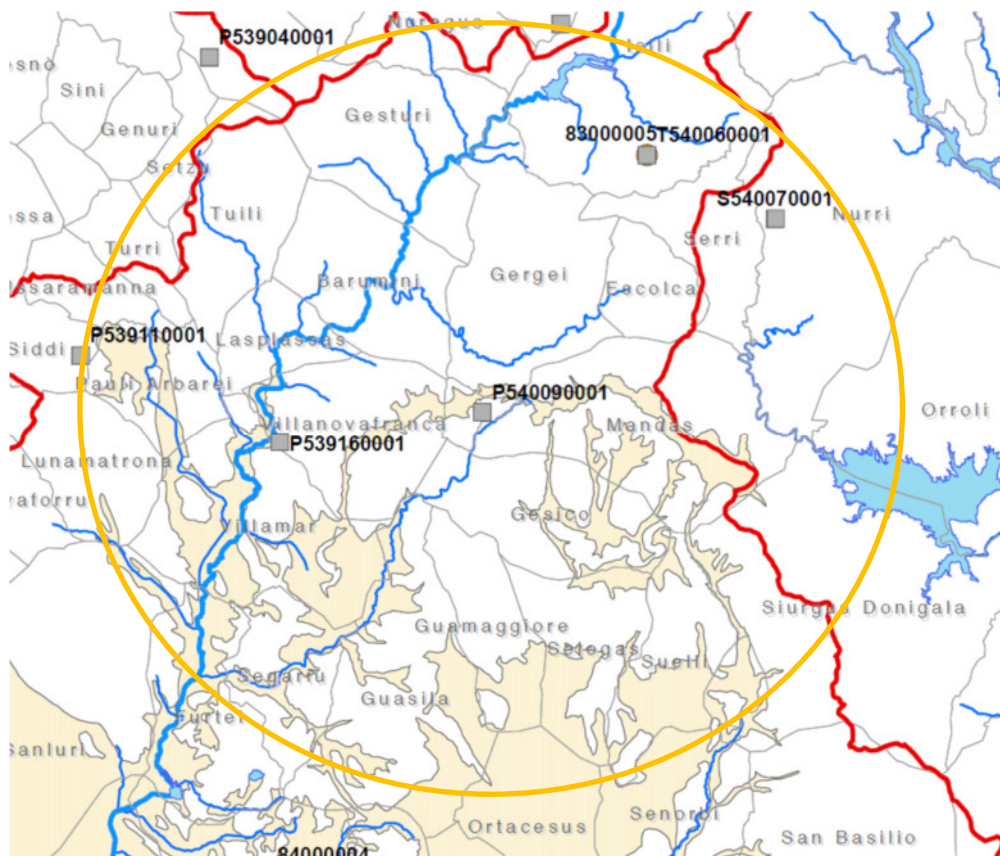
Figura 3.10: Carta della permeabilità dei substrati della Regione Sardegna 1:25.000 (fonte: ). I puntini indicano le WTG e in azzurro è mostrato il tracciato della connessione.

Per la valutazione dello stato chimico e quantitativo della componente acque sotterranee nell'area di intervento sono state visionate le informazioni delle analisi elaborate dalla Regione Sardegna nel Piano di Tutela delle Acque (PTA) e nel Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna (PGDI). Come emerge dal PGDI, il sistema di approvvigionamento idrico della Sardegna per il comparto civile, irriguo ed industriale utilizza, per la maggior parte, acque superficiali immagazzinate e regolate da invasi artificiali. Le stesse acque sono utilizzate in alcuni casi anche per la produzione di energia idroelettrica. Le acque sotterranee sono utilizzate soprattutto per fabbisogni locali.

Nell'area vasta (Figura 3.11 e Figura 3.12) sono presenti corpi idrici sedimentari terziari (Acquifero Detritico-Carbonatico Oligo-Miocenico del Campidano Orientale) e corpi idrici sedimentari plio-quadernari (Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario del Campidano).

I complessi acquiferi significativi sono stati individuati sulla base della loro potenzialità e, secondariamente, della loro vulnerabilità intrinseca, ovvero la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido od idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo. Per quanto riguarda questo secondo aspetto è disponibile solo la tavola relativa agli acquiferi sedimentari terziari, di cui si riporta uno stralcio centrato sull'area vasta (Figura 3.13), dove è valutata una vulnerabilità medio-bassa.





### Acquiferi Sedimentari Plio Quaternari

Nome

 Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario del Campidano

Figura 3.11: Stralcio Tavola 4a del PTA della Sardegna. In arancione la localizzazione indicativa dell'area vasta.



Figura 3.12: Stralcio Tavola 4c del PTA della Sardegna. In arancione la localizzazione indicativa dell'area vasta.

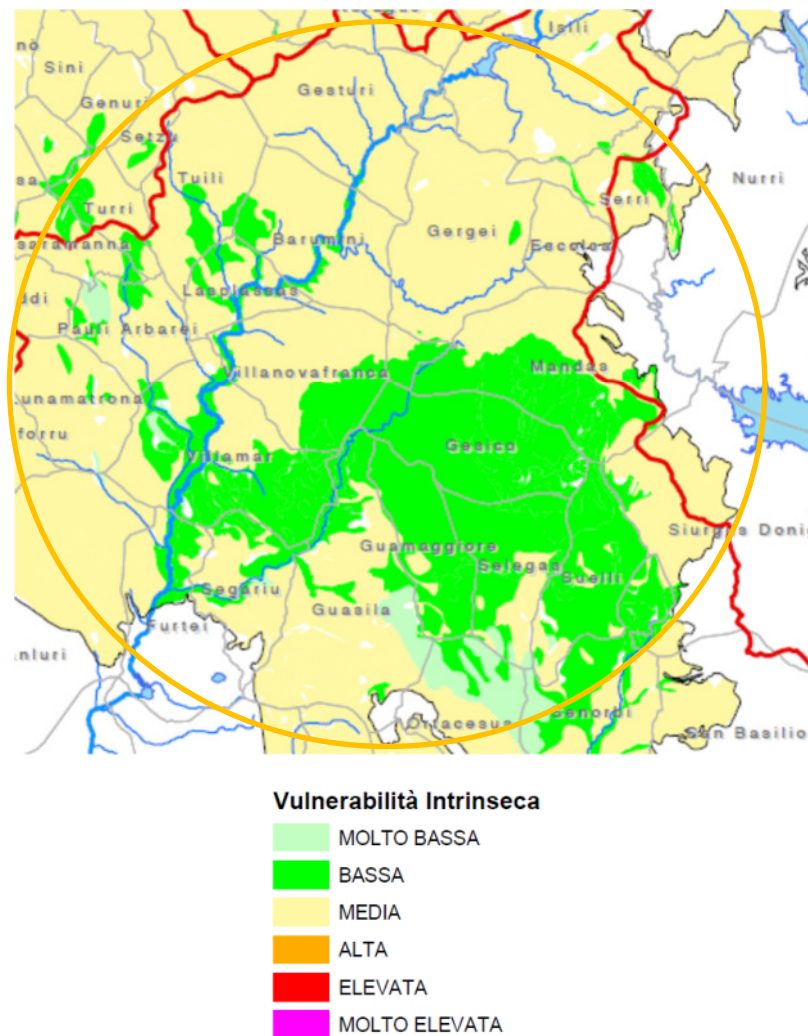


Figura 3.13: Stralcio carta della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi (Tavola 8c del PTA della Sardegna). In arancione la localizzazione indicativa dell'area vasta.

L'ARPAS effettua per conto della Regione Sardegna il monitoraggio delle acque sotterranee ai sensi del D.Lgs 152/2006. Il monitoraggio ha cadenza semestrale e comprende analisi quantitative (misure di portata di sorgenti e di livello piezometrico di pozzi) e qualitative (analisi chimiche di laboratorio e sul campo). Il monitoraggio è effettuato nelle circa 100 postazioni, dislocate nei 37 acquiferi significativi, della rete prevista nell'ambito delle attività del Piano di Tutela delle Acque. La procedura di classificazione dello stato chimico e quantitativo dei corpi d'acqua sotterranei utilizzata è illustrata in Tabella 3.2.

Tabella 3.2: Schema dei test utilizzati nella classificazione dello stato chimico e quantitativo delle acque sotterranee in Regione Sardegna (ARPAS).

Giudizio singoli test STATO CHIMICO		Test	Giudizio singoli test STATO QUANTITATIVO	
Buono	Scarso	Presenza di intrusione salina o altre intrusioni	Buono	Scarso
Buono	Scarso	Interazione con corpi idrici superficiali	Buono	Scarso
Buono	Scarso	Consumo umano delle acque sotterranee		
Buono	Scarso	Stato chimico generale		
		Bilancio idrico	Buono	Scarso
<b>Stato Chimico</b>			<b>Stato Quantitativo</b>	
<i>Se anche un solo test chimico dà come risultato scarso allora al corpo idrico sotterraneo verrà attribuito uno stato chimico scarso.</i>			<i>Se anche un solo test quantitativo dà come risultato scarso allora al corpo idrico sotterraneo verrà attribuito uno stato quantitativo scarso scarso.</i>	
Buono	Scarso		Buono	Scarso

Per quanto riguarda invece lo stato chimico, il PGDI (Terzo ciclo di pianificazione 2021-2027) valuta lo stato chimico degli acquiferi, di cui si riporta uno stralcio centrato sull'area vasta (Tavola 3 dell'Allegato 6, Figura 3.14). Come si può osservare, lo stato chimico degli acquiferi terziari è giudicato buono, mentre quello degli acquiferi plio-quadernari scarso.

Lo stato quantitativo, invece (Tavola 3 dell'Allegato 6, Figura 3.15) è valutato come buono per tutti gli acquiferi dell'area.



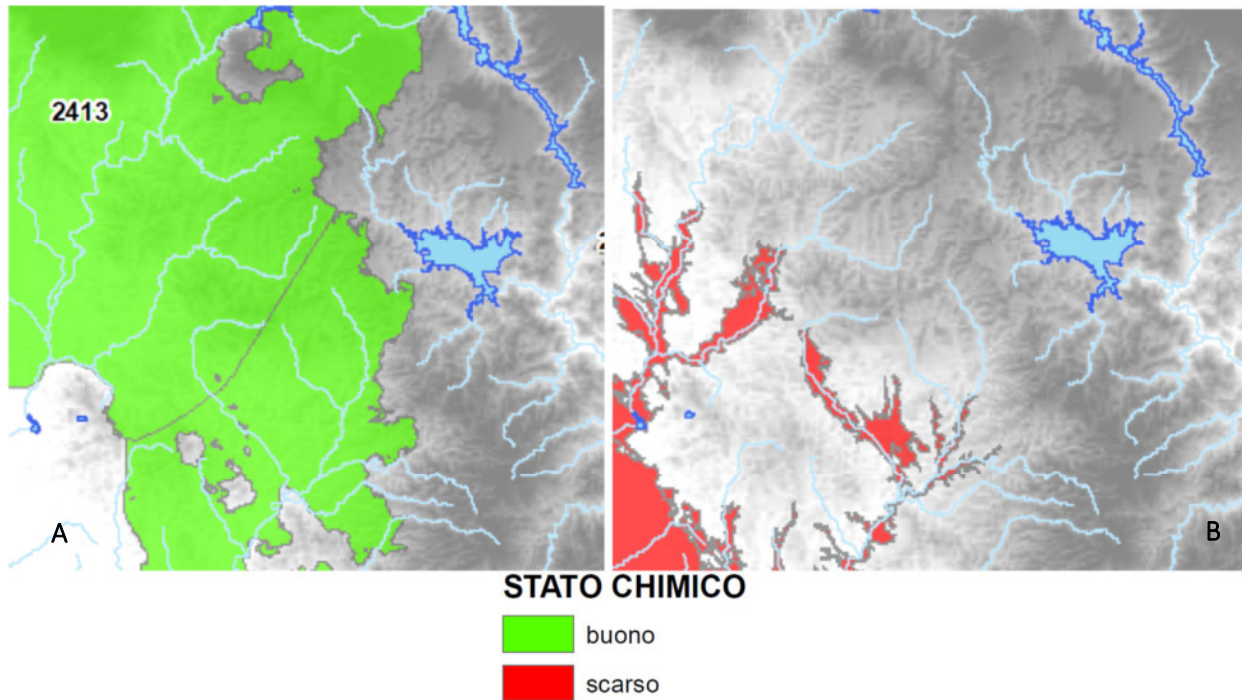


Figura 3.14: Stralcio della Tavola 3 dell'Allegato 6 del PGDI della Sardegna sull'area vasta, stato chimico delle acque sotterranee. A: Corpi idrici sedimentari terziari, B: Corpi idrici sedimentari plio-quadernari.

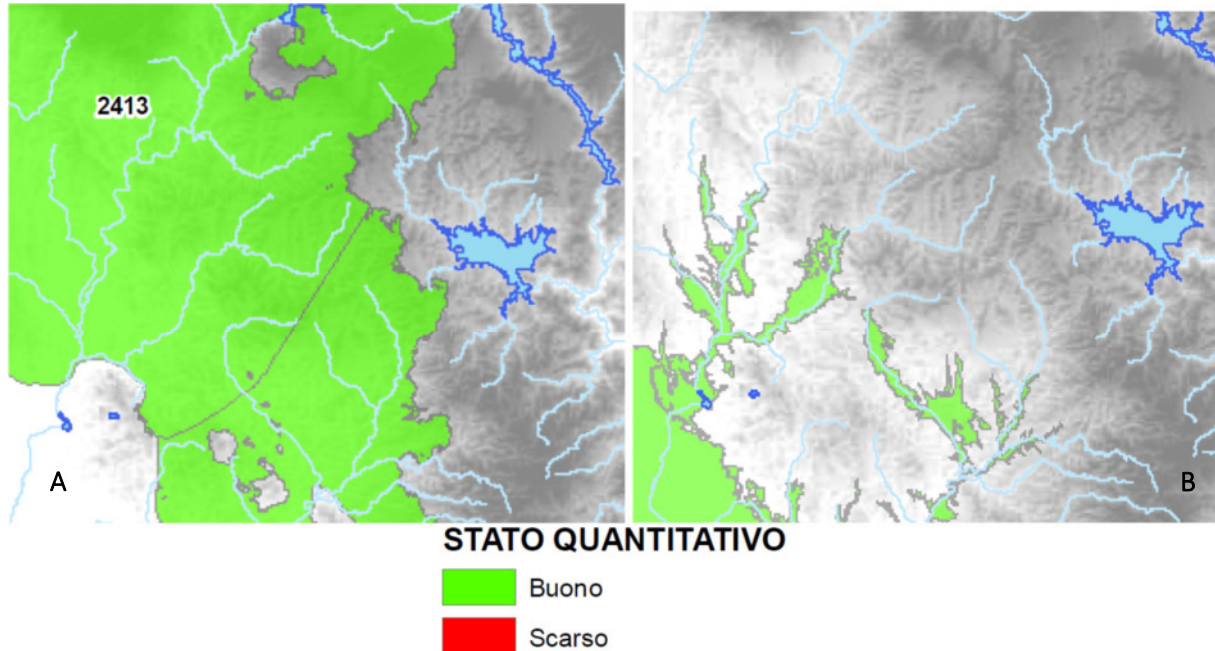


Figura 3.15: Stralcio della Tavola 5 dell'Allegato 6 del PGDI della Sardegna sull'area vasta, stato quantitativo delle acque sotterranee. A: Corpi idrici sedimentari terziari, B: Corpi idrici sedimentari plio-quadernari.



## **4. STUDIO PRELIMINARE DELLA COMPATIBILITÀ E INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO 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 seguenti verranno individuate le interferenze tra i piani: PAI, PGRA, PSFF e Reticolo idrografico Strahler con il layout di progetto ed il tracciato del cavo 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 2020.

Come si evince dalla Figura 4.1, il Piano di Assetto Idrologico della Sardegna interferisce in tre punti con l'area di progetto, in particolare con una pista di nuova realizzazione relativa alla torre GD12, con la viabilità di nuova realizzazione relativa alla torre GD07 e con la viabilità da adeguare relativa alla torre GD02.

Inoltre, il tracciato del cavidotto di connessione interferisce in diversi punti con aree a pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1), mappate dal PAI (Figura 4.2).



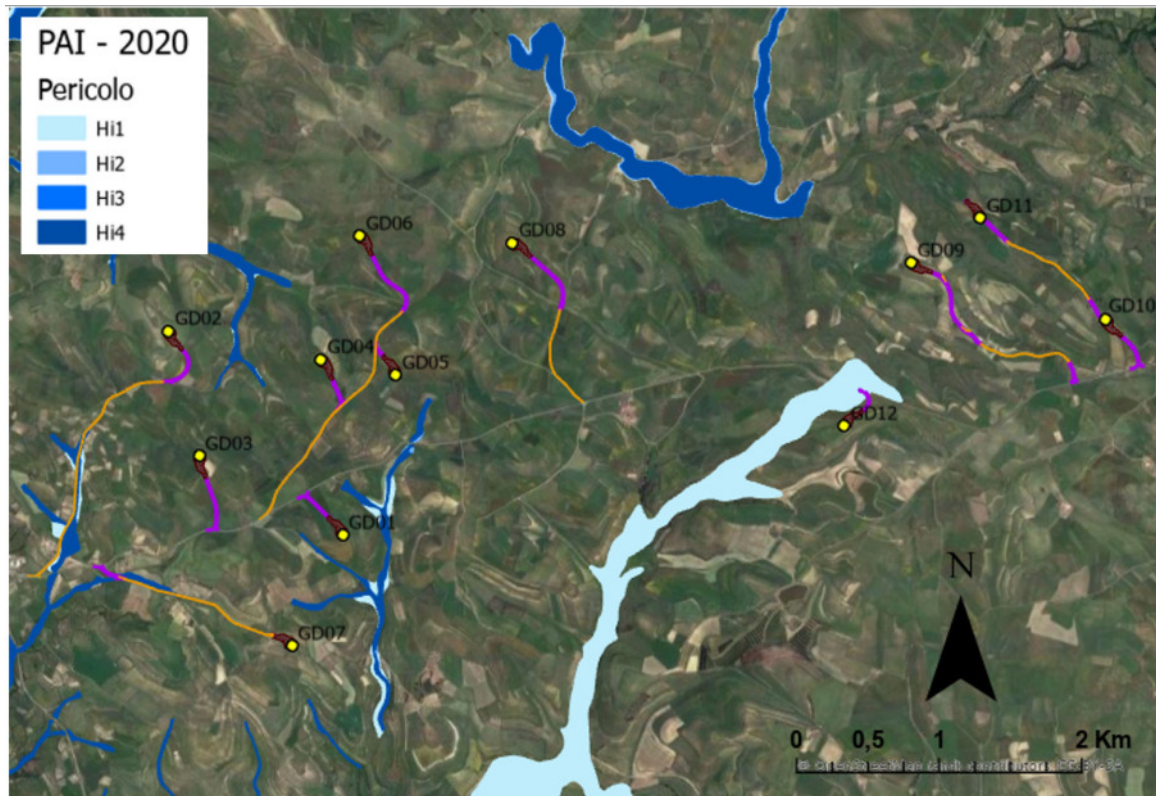


Figura 4.1: PAI, fasce di pericolosità idraulica, agg. 2020. In giallo le WTGs, in arancione la viabilità esistente da adeguare e in viola la viabilità di nuova realizzazione.

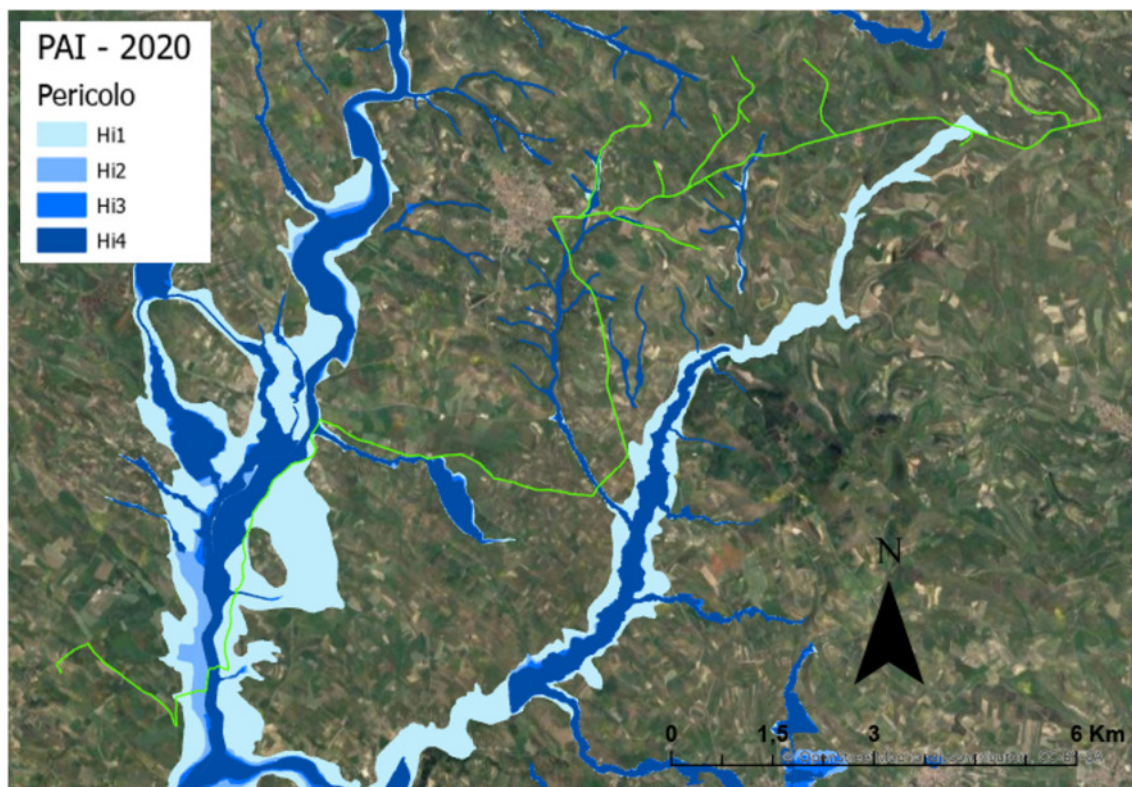


Figura 4.2: PAI, fasce di pericolosità idraulica, agg. 2020. In verde il tracciato del cavidotto di connessione.



## **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.

Tuttavia, in questo caso Piano Stralcio delle Fasce Fluviali della Sardegna interferisce in un punto, in particolare con la viabilità di nuova realizzazione della torre GD12 (Figura 4.3), e inoltre interferisce con il tracciato del cavidotto di connessione in molteplici tratti (Figura 4.4).



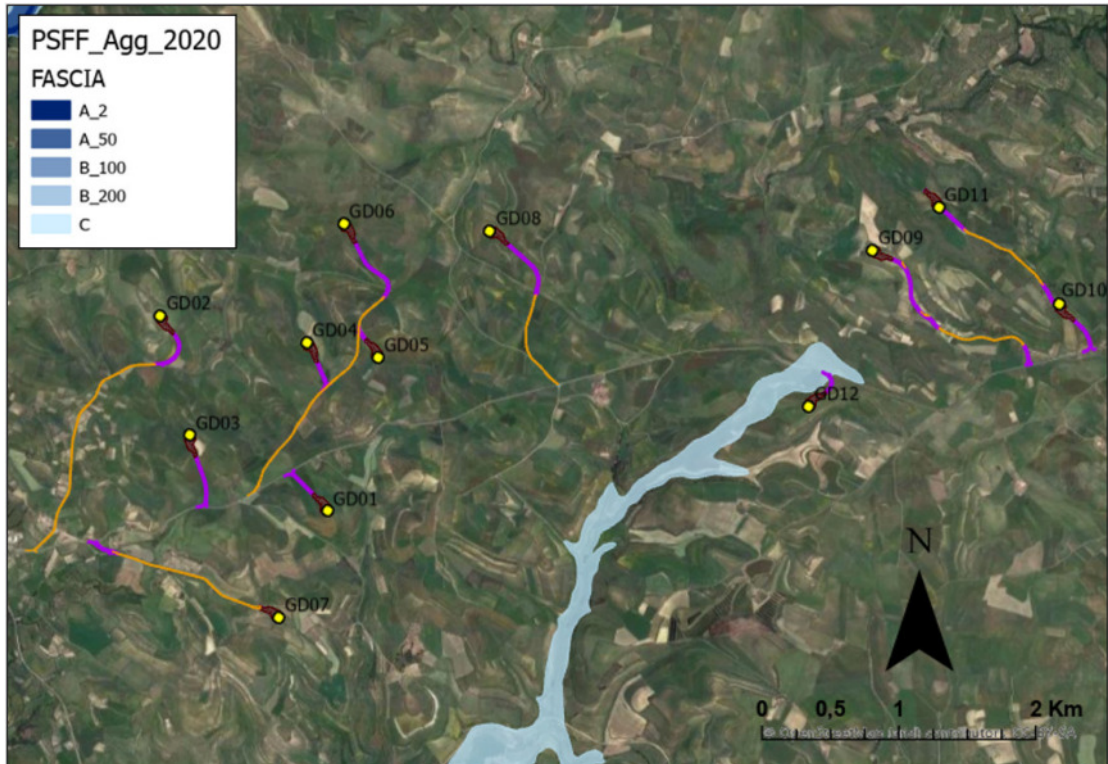


Figura 4.3: PSFF, fasce di inondabilità, aggiornamento 2020. In giallo le WTG, in arancione la viabilità esistente da adeguare e in viola la viabilità di nuova realizzazione.

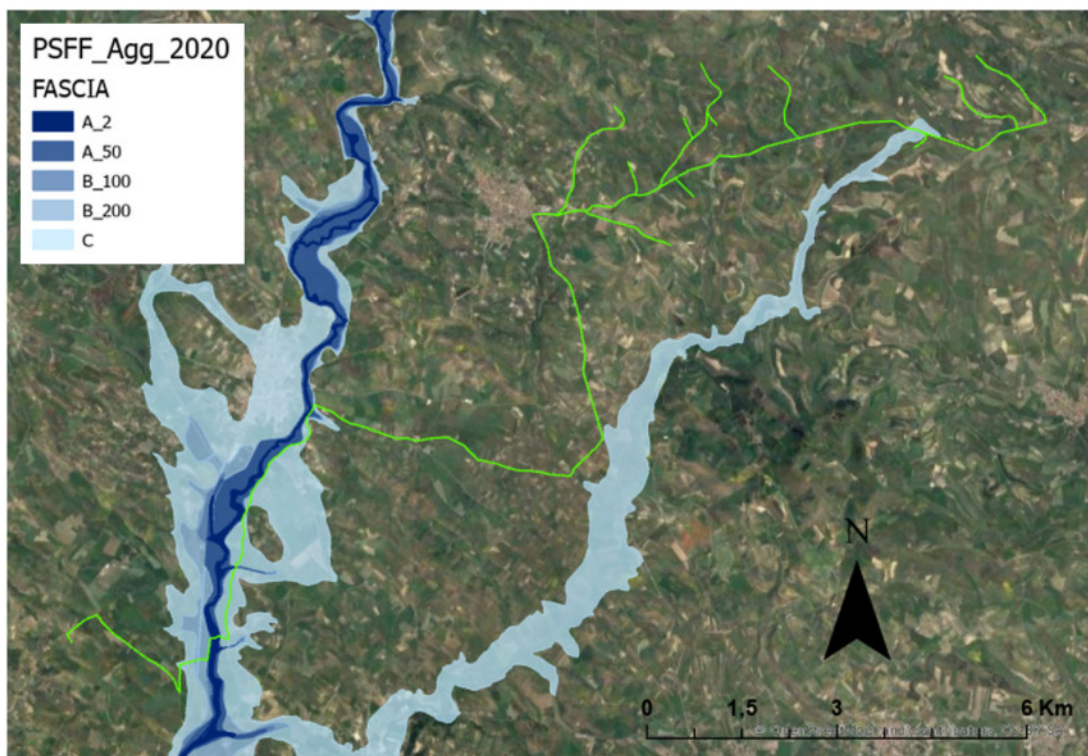


Figura 4.4: PSFF, fasce di inondabilità, aggiornamento 2020. In verde il tracciato del cavidotto di connessione.

### 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.

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 4.5, non vi sono interferenze con le fasce del PGRA.

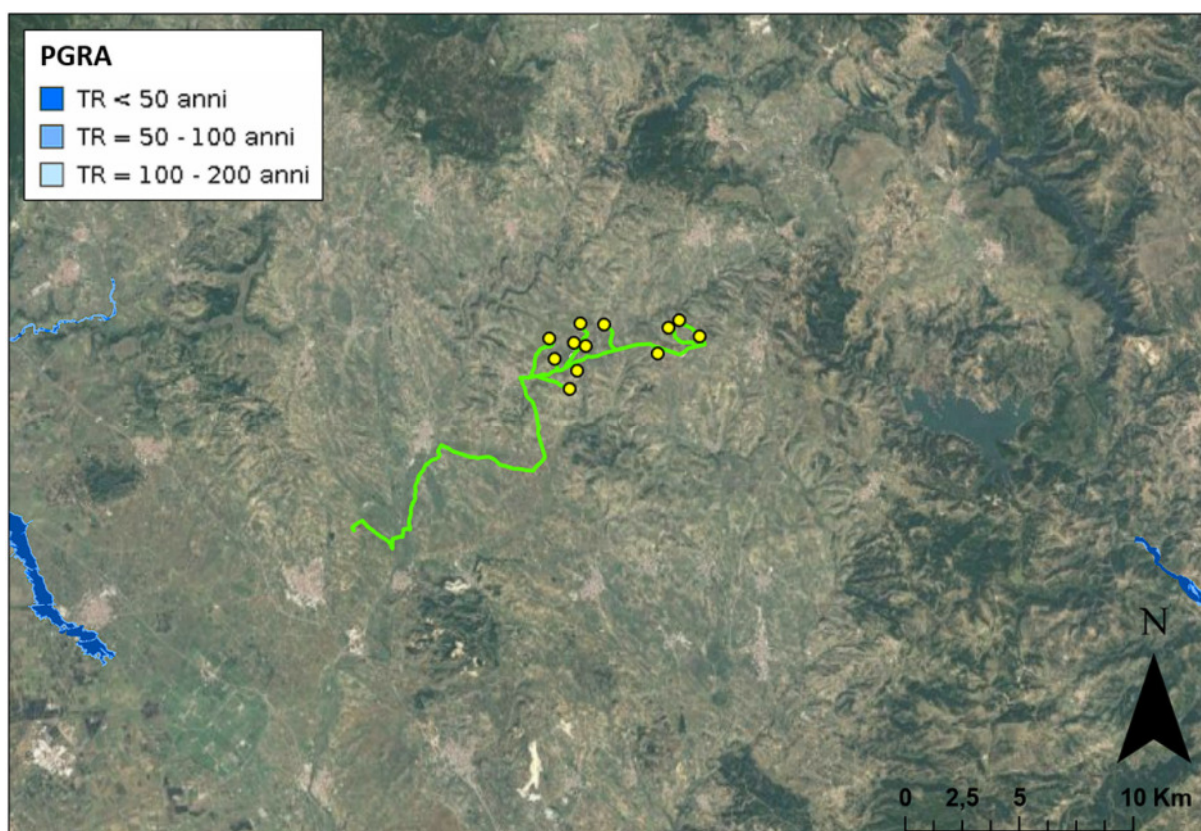


Figura 4.5: PGRA, fasce di pericolosità idraulica, agg.2020. In giallo le WTGs, in verde il tracciato del cavidotto di connessione.



#### 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 DI HORTON-STRAHLER	FASCIA 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.”*

Non vi sono dirette interferenze del reticolo di Strahler con le aree di progetto, ma sono presenti interferenze tra reticolo di Strahler e tracciato della linea di connessione. La Figura 4.6 - Figura 4.7 mostrano il tracciato della linea di connessione e il layout di progetto rispetto al reticolo di Strahler, e le corrispettive fasce di prima salvaguardia.

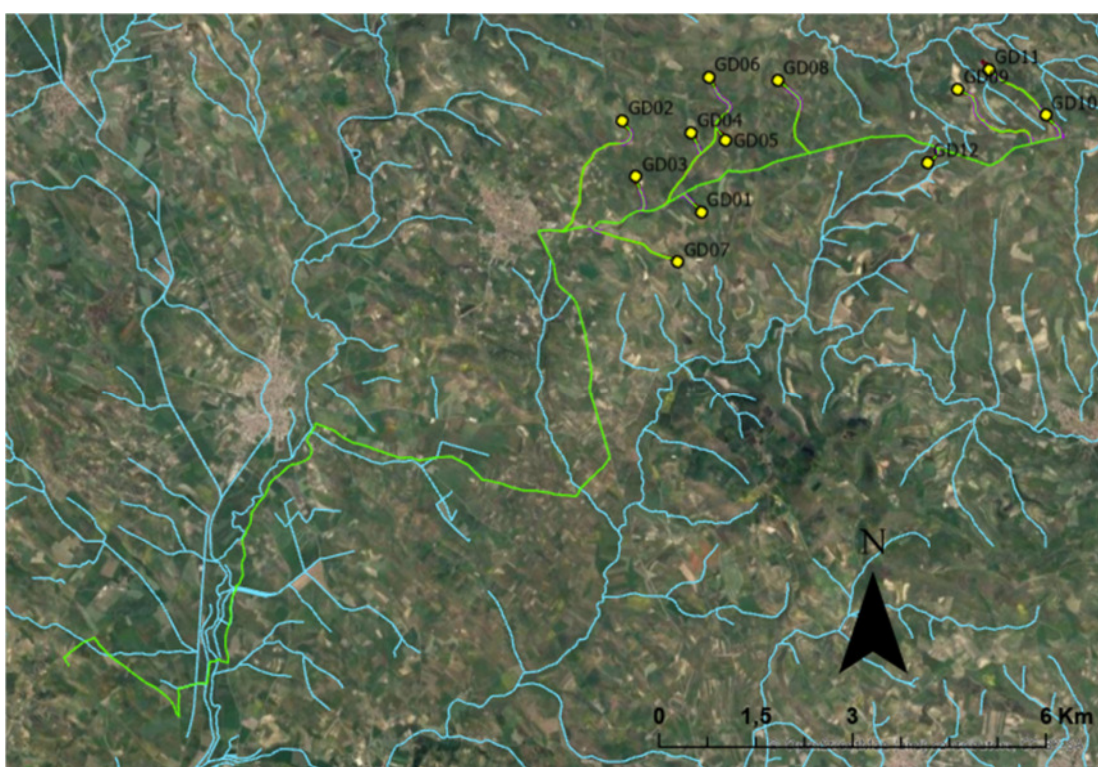


Figura 4.6: Reticolo idrografico, in giallo le WTGs ed in verde il tracciato del cavidotto di connessione.



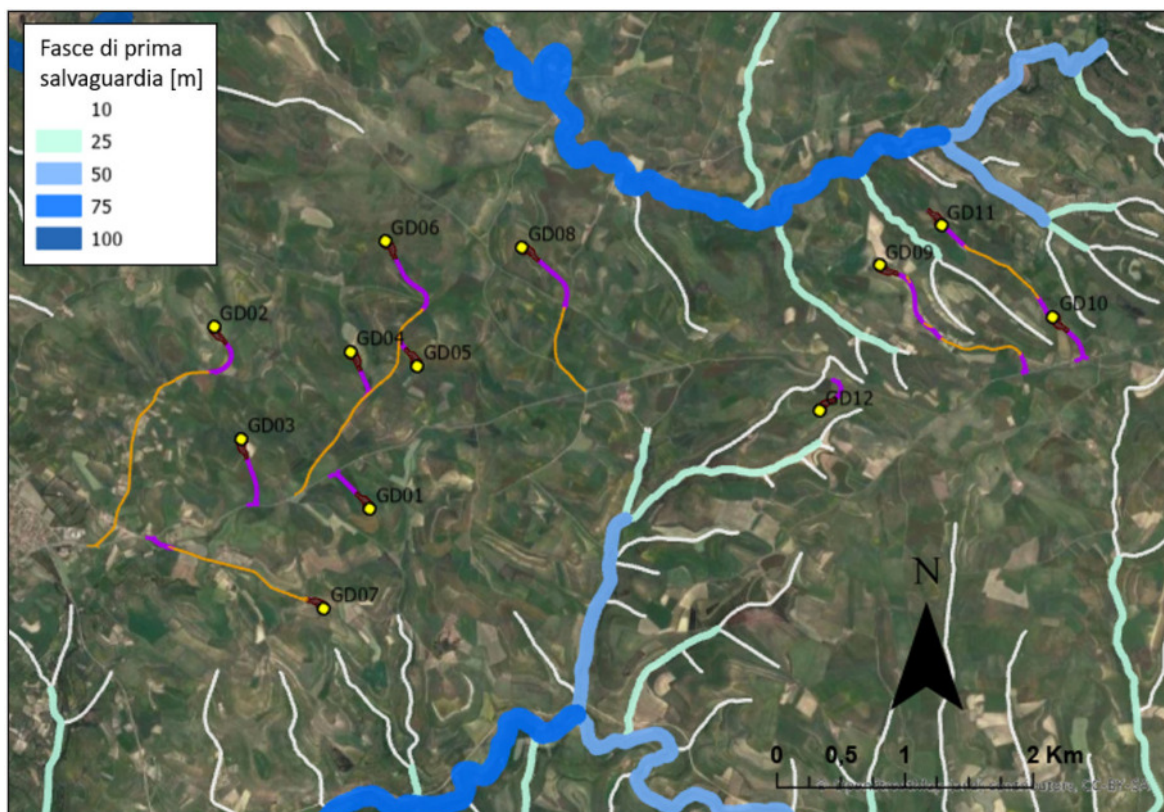


Figura 4.7: Fasce di prima salvaguardia nei pressi dell'area di progetto. Il giallo le WTGs, in magenta la viabilità di nuova realizzazione, in arancione la viabilità da adeguare ed in bordeaux le piazzole di cantiere.

#### 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:

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Sono fatte salve eventuali normative già adottate dai comuni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica.
5. 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.

La viabilità di progetto sarà in materiale interamente permeabile per l'intero pacchetto stradale, di conseguenza la trasformazione dell'uso del suolo sarà trascurabile.

Per quanto riguarda le piazzole di cantiere queste avranno una durata temporanea limitata e saranno poi soggette a opere a verde di creazione di prato e costituite in materiale permeabile.

Relativamente alla piazzola definitiva, il plinto di fondazione, con base circolare di 22 metri, con altezza massima di circa 3,86 m (3,50 m + 0,36 m nella parte centrale), è posato ad una profondità massima di circa 3,76 m dal piano campagna e sarà interamente ricoperto di terreno arido drenante e quindi confrontabile con lo stato ante-operam.

Per quanto riguarda la descrizione dell'impermeabilizzazione potenziale dell'intervento, le piazzole saranno realizzate con una finitura in ghiaia/pietrisco stabilizzato o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente vagliato sp. medio 10 cm e da uno strato di fondazione in tout venant compattato o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente costipato sp. totale 40 cm, unito ad una compattazione del piano di posa.

Ai fini della definizione della classe di intervento è stata considerata unicamente la superficie coperta da piazzole permanenti, in quanto per quelle di cantiere/montaggio è previsto un rinverdimento, corrispondente ad un ripristino della situazione ante operam del sito.

Pertanto, le aree di piazzola si possono considerare permeabili, ad eccezione della frazione areale interessata dalla torre della turbina eolica, pari a 28,3 m<sup>2</sup>: tale frazione rappresenta meno del 2% della superficie totale della piazzola permanente, pari a 1.500 m<sup>2</sup>, come meglio descritto in seguito nel paragrafo 6.5.2. Di conseguenza, l'aumento del coefficiente di deflusso medio pesato risulta meno del 2% rispetto alla condizione ante-operam e quindi trascurabile.

Di conseguenza, le piazzole permanenti e l'invaso di laminazione disponibile, dato dal fosso perimetrale alla piazzola, rispettano i vincoli imposti; tuttavia, è stata progettata una trincea drenante, a favore di sicurezza e sulla base di assunzioni più cautelative riguardanti la permeabilità del materiale costituente la piazzola e della compattazione del piano di posa.

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.



## 4.6 CONCLUSIONI

Si è valutata la possibile interferenza delle opere di progetto con aree soggette a pericolosità idraulica perimetrate nei Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI, aggiornato al 2020), nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF, aggiornato al 2020) e nel Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA, aggiornato al 2020).

**Lo studio dei sopracitati Piani, non ha individuato interferenze con le WTGs e le piazzole, ma si individuano interferenze con:**

- **la linea di connessione secondo il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, il Piano Stralcio Fasce Fluviali PSFF e il reticolo di Strahler;**
- **la viabilità esistente da adeguare secondo il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico;**
- **la viabilità di nuova realizzazione secondo il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico e il Piano Stralcio Fasce Fluviali PSFF.**

Per lo studio di compatibilità idraulica, si faccia riferimento al capitolo 7.

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.

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 oggetto dell'intervento.



## 5. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI

### 5.1 AEROGENERATORI

In questa fase progettuale l'aerogeneratore scelto è un Siemens-Gamesa della potenza nominale di 6.0 MW ad asse orizzontale. In fase esecutiva, in funzione anche della probabile evoluzione dei macchinari, la scelta dell'aerogeneratore potrà variare mantenendo inalterate le caratteristiche geometriche massime.

L'aerogeneratore andrà a scaricare gli sforzi su una struttura di fondazione in cemento armato del tipo indiretto su pali. Le strutture di fondazione saranno realizzate con una platea a sezione circolare.

L'altezza del mozzo sarà di 115 metri e il diametro del rotore pari a 170 metri.

### 5.2 VIABILITÀ

Al campo eolico si accede attraverso la viabilità esistente (strade Provinciali, Comunali e poderali), mentre l'accesso alle singole pale avviene mediante strade di nuova realizzazione e/o su strade interpoderali esistenti, che saranno adeguate al trasporto di mezzi eccezionali.

In particolare, il collegamento tra le diverse piazzole sarà principalmente realizzato mediante la strada SP36, che si presenta asfaltata e mediamente con una larghezza superiore ai 5m. Da questa arteria principale si dirameranno sia le piste di accesso alle torri (GD01, GD03 e GD12) sia strade secondarie locali da cui a loro volta partiranno le piste di accesso alle rimanenti piazzole (GD02, GD04, GD05, GD06, GD07, GD08, GD09, GD10 e GD11). In alcuni casi, per esigenze di ingombro dei trasporti speciali, le intersezioni tra le strade esistenti principali e secondarie sono state ridisegnate ex-novo (rampe di accesso). La realizzazione delle strade di accesso prevede opere di regimazione idraulica tali da garantire il deflusso regolare delle acque e il convogliamento delle stesse nei compluvi naturali esistenti, prevenendo dannosi fenomeni di dilavamento del terreno.

Per tali opere si fa riferimento al paragrafo 6.1 per i criteri di progetto, e al paragrafo 6.3 per i dimensionamenti idraulici.

### 5.3 PIAZZOLE

Ogni aerogeneratore è collocato su una piazzola contenente la struttura di fondazione delle turbine e gli spazi necessari alla movimentazione dei mezzi e delle gru di montaggio.

In corrispondenza di ciascun aerogeneratore verrà realizzata una piazzola di montaggio al fine di consentire le manovre di scarico dei vari elementi delle torri, il loro stoccaggio in attesa della posa in opera, il posizionamento della gru principale di sollevamento e montaggio e il posizionamento della gru ausiliaria. Tenuto conto delle dimensioni del generatore, la viabilità di servizio all'impianto e le piazzole costituiscono le opere di maggiore rilevanza per l'allestimento del cantiere. Oltre all'area suddetta saranno realizzate 4 aree di servizio per il posizionamento delle gru ausiliarie al montaggio del braccio della gru principale.

Le piazzole di montaggio dovranno avere una superficie piana o con pendenza minima (1÷2%) di dimensioni tali da contenere tutti i mezzi e le apparecchiature garantendo ai mezzi all'interno di essa buona libertà di movimento. Per il progetto in esame, al fine di minimizzare i movimenti terra e quindi gli impatti sul territorio, si è scelto di utilizzare:

- Una piazzola per un montaggio in due fasi, denominata "Partial storage" dove verranno utilizzate due tipologie di gru e verranno stoccati i diversi componenti due tempi.



Infine, la realizzazione delle piazzole prevede opere di regimazione idraulica di acque meteoriche tali da garantire il deflusso regolare delle acque e il convogliamento delle stesse nei compluvi naturali esistenti, mitigando gli impatti attraverso l'implementazione di una trincea drenante.

Per tali opere si fa riferimento al paragrafo 6.1 ed al capitolo 6.5 per i criteri di progetto, e al paragrafo 6.3 per i dimensionamenti idraulici.



## 6. STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO

In questo paragrafo si riportano le basi per il dimensionamento del sistema di drenaggio superficiale delle 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 ottenuto mediante una media ponderata;
- Determinazione delle Linee Segnaletiche di Possibilità Pluviometriche (LSPP) per tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 30, e 50 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 post operam.
- dimensionamento degli elementi caratteristici del drenaggio consistenti in fossi e trincee drenanti.

### 6.1 CRITERI DI PROGETTO

L'approccio utilizzato nella progettazione 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 di raccolta e scarico con opere che implementassero la mitigazione.

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 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;
- Trincee drenanti;
- 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.

Il dimensionamento di tubazioni e fossi ha tenuto conto di un grado di riempimento massimo del 75%.

## 6.2 CALCOLI IDROLOGICI

### 6.2.1 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 nel comune di Villamassargia si attesta intorno tra gli 600 – 700 mm.

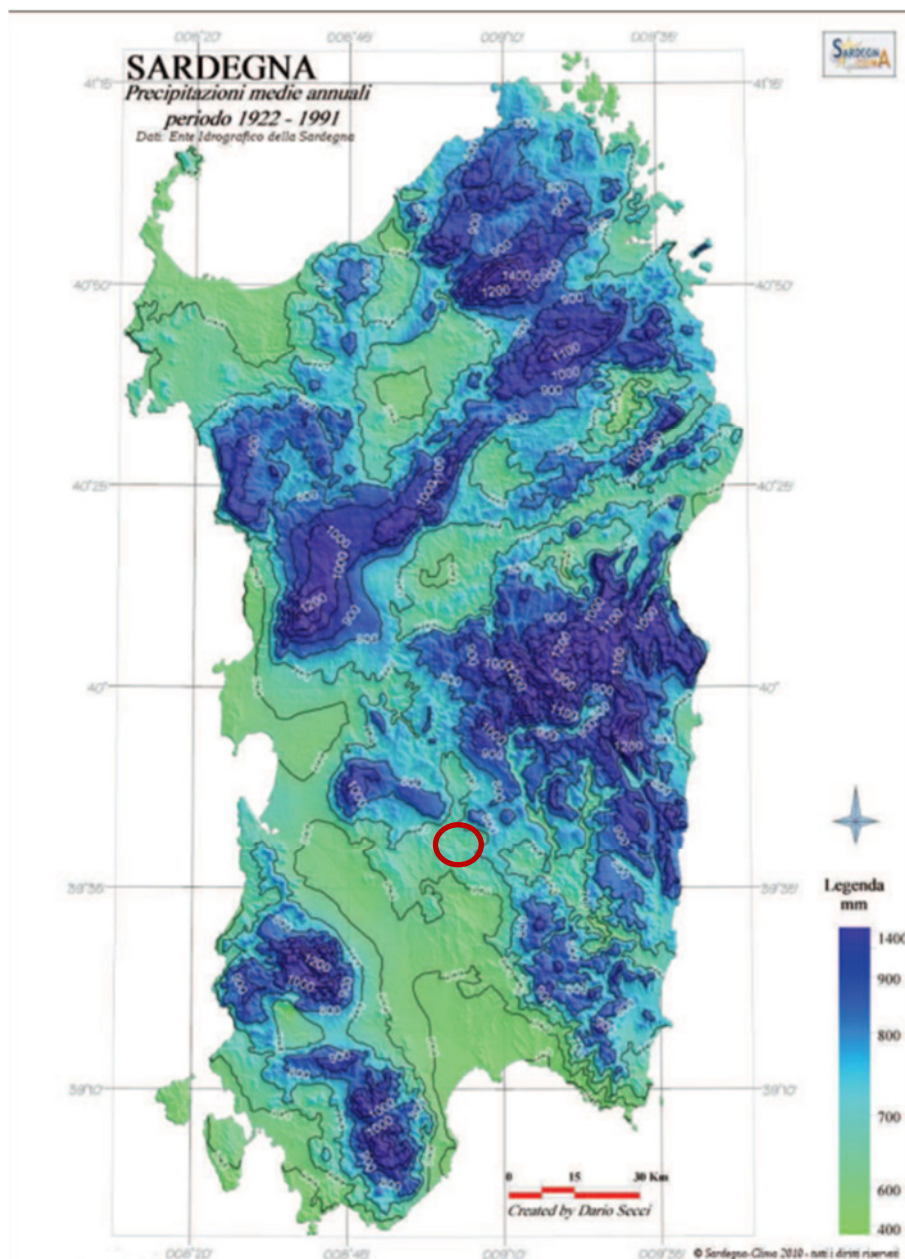


Figura 6.1: Precipitazioni medie annuali, periodo 1922-1991.

### 6.2.2 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.

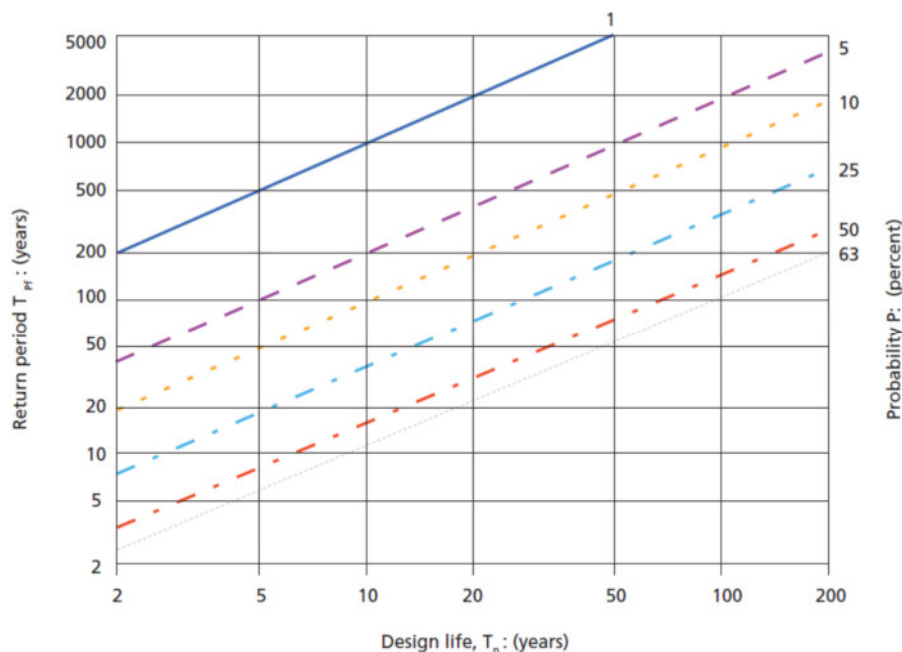


Figura 6.2: Probabilità che un evento con determinate Tempo di ritorno si verifichi in  $N$  anni.

La durata della vita utile dell'impianto eolico 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** per le opere permanenti, mentre un tempo di **2 anni** per le opere di cantiere.

Nelle successive fasi di progetto, in seguito a sopralluogo in sito e rilievo aggiornato, nell'eventualità dell'identificazione di corsi preferenziali che non presentano un alveo ben definito, ma possono raggiungere portate significative in seguito ad eventi di pioggia intensi non ordinari, il tempo di ritorno per il calcolo della precipitazione di progetto sarà assunto pari a **100 anni**.

### 6.2.3 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 50 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 Sardegna<sup>3</sup> 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:

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

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 (SZO2), l'altezza di pioggia giornaliera  $h_T$  con assegnato tempo di ritorno  $T$  in anni è data da:

<sup>3</sup> DEIDDA R., PIGA E., SECHI G.M. - Studio regionale delle massime precipitazioni giornaliere in Sardegna, Quaderni ricerca, 9, 30 pp.c, 1997;



$$h(T) = \mu_g K_T = \mu_g [0.60937 + 0.91699 * \log_{10} T + 3.9932 * 10^{-2} (\log_{10} T)^2]$$

La pioggia indice giornaliera  $\mu_g$  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.

Assumendo  $\mu_g$  pari a 50 mm (Figura 6.3), nella tabella sottostante sono riportati i valori di  $h(T)$  e  $K_T$  relativi al tempo di ritorno stabilito.

Tabella 6.2: Altezza di pioggia giornaliera.

	ALTEZZA DI PIOGGIA GIORNALIERA				
	Tr 2 [anni]	Tr 5 [anni]	Tr 10 [anni]	Tr 30 [anni]	Tr 50 [anni]
$K_T$ [-]	0,89	1,27	1,57	2,05	2,28
$h(T)$ [mm]	44	63	78	103	114

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  $\mu_g$ :

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

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \log_{10} \mu_g$$

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 <= 10 anni

$$a_2 = 0,64767 + 0,89360 \log_{10} T$$

$$n_2 = -6,0189 \cdot 10^{-3} + 3,2950 \cdot 10^{-4} \log_{10} T$$

b) per tempi di ritorno T > 10 anni

$$a_2 = 0,44182 + 1,0817 \log_{10} T$$

$$n_2 = -0,18676 + 0,24310 \log_{10} T - 3,5453 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 \quad (\text{per } t \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = -5,6593 \cdot 10^{-3} - 4,0872 \cdot 10^{-3} \log_{10} T \quad (\text{per } t \geq 1 \text{ ora})$$

Nella sottostante tabella vengono riportati i parametri di calcolo a e n delle curve di possibilità in relazione al tempo di ritorno di progetto.



Tabella 6.3: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica.

PARAMETRI CPP						
$\mu_g = 50,0$ [mm]						
Tempo di ritorno [anni]	$a_1$	$n_1$	$a_2$	$n_2(t > 1h)$	$n_2(t \leq 1h)$	$n_2(T \leq 10 \text{ anni})$
2	20,69	0,32	0,92	-0,007	-0,117	-0,00592
5	20,69	0,32	1,27	-0,009	-0,034	-0,00579
10	20,69	0,32	1,54	-0,010	0,021	-0,00569
30	20,69	0,32	2,04	-0,012	0,095	-
50	20,69	0,32	2,28	-0,013	0,124	-

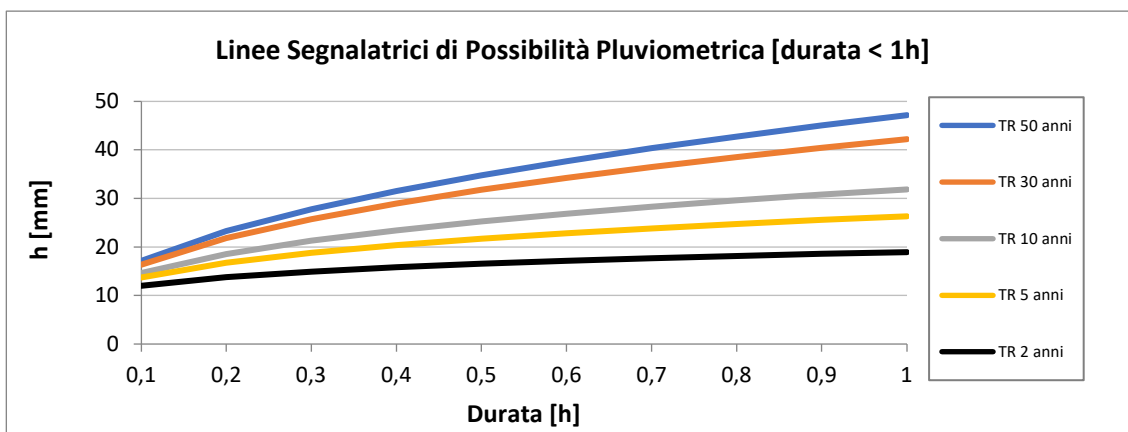
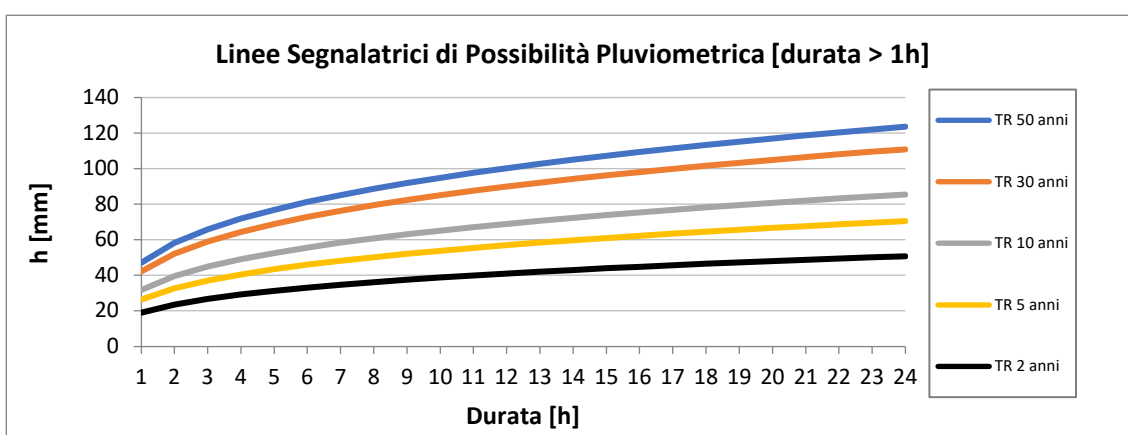


Figure 6.1: Curve di possibilità pluviometrica legate a diversi tempi di ritorno per diverse durate di pioggia.

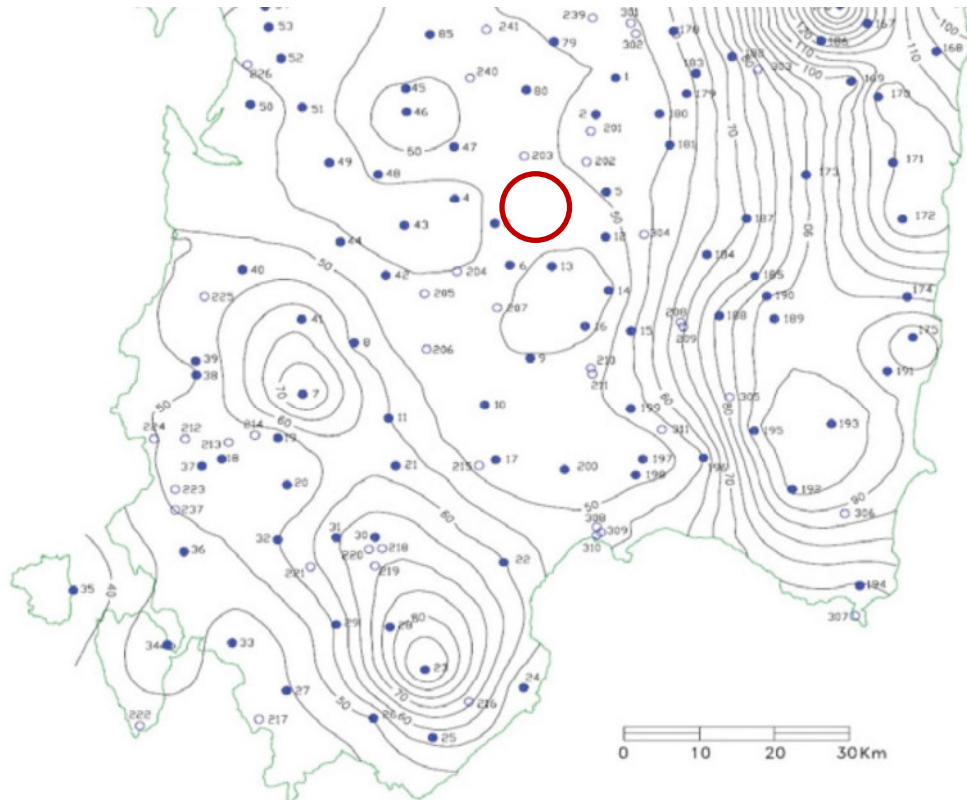


Figura 6.3: Zonizzazione PAI Regione Sardegna – Stralcio carta delle isoiete (pioggia indice giornaliera).



Figura 6.4: Zonizzazione del PAI – Stralcio carta Sotto Zone Omogenee per le piogge brevi e intense.

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

Tabella 6.4: Altezza di pioggia per le diverse durate per i diversi tempi di ritorno.

Durata evento critico [h]	ALTEZZA PIOGGIA CRITICA AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO E DELLA DURATA H [mm]				
	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 30 anni	TR 50 anni
0,5	17	22	25	32	35
1	19	26	32	42	47
2	24	33	40	52	58
3	27	37	45	59	66
4	29	40	49	64	72
5	31	43	53	69	77
6	33	46	56	73	81
7	35	48	58	76	85
8	36	50	61	79	89
9	37	52	63	82	92
10	39	54	65	85	95
11	40	55	67	87	98
12	41	57	69	90	100
13	42	58	71	92	103
14	43	60	72	94	105
15	44	61	74	96	107
16	45	62	75	98	109
17	46	63	77	100	111
18	46	64	78	102	113
19	47	66	79	103	115
20	48	67	81	105	117
21	49	68	82	106	119
22	49	69	83	108	120
23	50	70	84	109	122
24	51	70	85	111	124

#### 6.2.4 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"  $\phi$ .

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

Si considera il coefficiente di deflusso  $\phi$ , 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  $\phi$ , ammettendosi così che i fenomeni di infiltrazione e perdita idrica siano costanti durante tutta la durata dell’evento piovoso.

Le aree allo stato ante-operam non risultano impermeabilizzate e sono prevalentemente coltivate. Come descritto in precedenza, l’area di progetto e il cavidotto si sviluppa su aree di colture intensive, colture annuali associate a colture permanenti, tessuto urbano discontinuo e oliveti.

Secondo il metodo SCS-NC, in base alla perimetrazione del CN ottenuta del geoportale della regione Sardegna, sono state individuati diversi valori nell’area di progetto, che hanno portato ad un valore medio ponderale del CN pari a **81**.

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 ACM III il CN corrispondente risulta pari a **91**.

Nella figura di seguito si riporta il grafico di correlazione CN-SCS/coefficiente di deflusso.

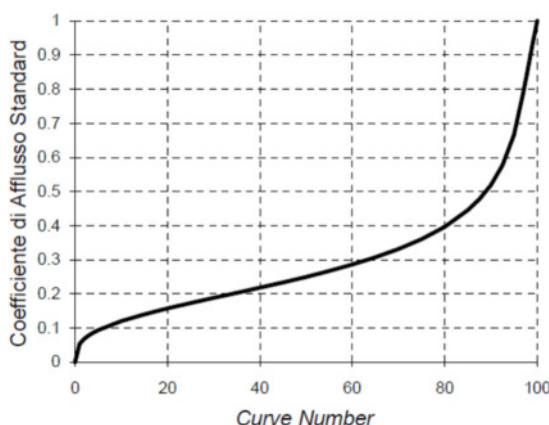


Figura 6.5: Correlazione da letteratura SCS-CN vs. coeff. afflusso/deflusso.

In virtù delle proprietà del terreno esistente, il parametro  $\phi$  è stato quindi assunto pari a **0,50**.

### 6.2.5 Valutazione post operam e fase di cantiere

In merito alle aree prevalentemente permeabili è stato valutato l’impatto delle opere permanenti e temporanee, ovvero la piazzola intorno alla torre, la strada di accesso e la piazzola di cantiere.

Si è valutata arealmente l’incidenza delle acque meteoriche e si sono valutati gli impatti in termini di capacità di infiltrazione delle acque di ruscellamento che si generano su ogni settore di progetto su aree permeabili.

Le strade di accesso e le piazzole di cantiere saranno pavimentate con misto granulare stabilizzato, a tal proposito si è reso necessario un aumento cautelativo del coefficiente di deflusso per tali aree, pari a **0,7**.

Per quanto riguarda le piazzole permanenti intorno alla WTG, l’impermeabilizzazione consiste nel basamento della torre avente diametro 6 metri e un’area rettangolare intorno al basamento in misto granulare stabilizzato. Nel calcolo della pioggia netta è stato quindi calcolato il coefficiente di deflusso

medio ponderale sulla base delle precedenti assunzioni portando ad un aumento cautelativo del coefficiente di deflusso per l'intera piazzola permanente pari a **0,77**.

Sulla base dei coefficienti di deflusso stimati sono state calcolate le portate al colmo durante l'evento intenso di progetto nello scenario post-operam, valutando inoltre la capacità idraulica dei canali esistenti e in progetto.

### 6.2.6 Modello di trasformazione afflussi/deflussi – stima delle portate di progetto post-operam

Per calcolare le portate di scolo dai bacini imbriferi costituiti dai singoli settori in cui è prevista l'area di progetto, 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:

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

Dove:

$Q_P$  = portata critica (netta) [m<sup>3</sup>/s];

$\varphi$  = 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.

## 6.3 CALCOLI E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI

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 del drenaggio oggi assente al fine di indirizzare e distribuire le portate, costituita da canalette di forma trapezia scavate nel terreno naturale.

Tra i vantaggi idraulici essi 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.

Per le piazzole di cantiere e permanenti si prevede un fosso di guardia perimetrale in terra. Per le piazzole permanenti si prevede inoltre l'installazione di trincee drenanti, con l'obiettivo di ridurre i picchi di deflusso che gravano sullo scarico finale con conseguente erosione potenziale. Inoltre, le trincee drenanti riducono il carico inquinante, sfruttando i processi naturali di abbattimento degli stessi, andando a contribuire alla riduzione dell'impatto ambientale delle opere di progetto. Le trincee drenanti saranno costituite da scavi riempiti con materiale con ottima capacità drenante del tipo ghiaia/ciottolato.

La viabilità di accesso sarà corredata da un fosso di guardia lato monte, con tubazioni sotto il piano stradale nel caso di versanti ripidi e bacini di scolo significativi gravanti sul piano stradale.



### 6.3.1 Fosso di guardia e tubazioni

Il presente paragrafo presenta lo studio preliminare dei fossi di guardia delle piazzole e delle strade. Nelle fasi di progettazione successiva, sulla base del sopralluogo in sito e rilievo aggiornato, sarà possibile definire la sezione idraulica più adatta alla regimazione del deflusso meteorico per ogni strada e piazzola.

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):

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

Dove:

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

I fossi saranno realizzati in scavo con una sezione trapezia di larghezza e profondità variabile in funzione della portata di progetto e sponde inclinate di  $45^\circ$ .

In corrispondenza di interferenze tra corsi d'acqua esistenti e viabilità di progetto si sono previsti dei tratti interrati composti da scatolati in c.a. carrabili o da tubazioni in CLS/HDPE carrabili.

Nei rami di significativa lunghezza, al fine di ridurre la velocità di scorrimento in occasione di eventi di 2-5 anni, saranno inseriti dei salti di fondo.

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** per le piazzole permanenti e per le strade, ed un tempo di ritorno di **2 anni** per le piazzole di cantiere.

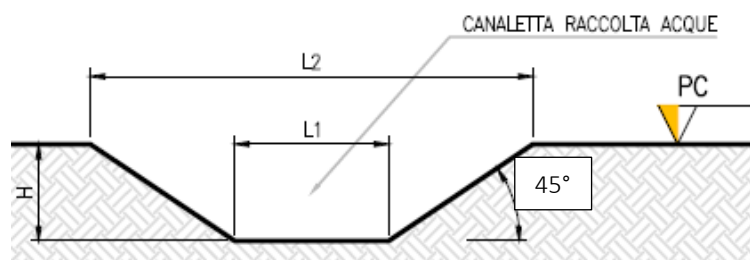


Figura 6.6: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo.

Per quanto riguarda le tubazioni sotto il piano stradale, avranno una spaziatura tale da assicurare il corretto deflusso delle acque di pioggia provenienti da parte del manto stradale e dal versante (ove presente), e assicurare un'interferenza con l'idrografia esistente quanto più minima tra ante- e post-operam. Per il dimensionamento delle tubazioni e la spaziatura si rimanda al paragrafo 6.4.

Gli scarichi della rete di drenaggio post-operam, sia per le strade sia per le piazzole, convergeranno ai ricettori esistenti ante-operam.

### 6.3.2 Trincea drenante

Una trincea drenante è un sistema lineare di gestione dell'acqua piovana costituita da una trincea sotterranea riempita di ghiaia ricoperta di geotessile, in grado di smaltire acqua nei terreni circostanti attraverso i lati e il fondo della trincea, e di abbattere i picchi di deflusso.

Questa tipologia di sistemi di drenaggio sostenibile (SuDS) sono generalmente realizzati con forme differenti in funzione del volume necessario e degli aspetti paesaggistico/architettonici.

Oltre ai vantaggi in materia idraulica già descritti precedentemente, la scelta di inserimento di queste vasche consentirà di ridurre carico inquinante, sfruttando i processi naturali di abbattimento degli stessi, andando a contribuire alla riduzione dell'impatto ambientale delle opere di progetto.

Gli scavi sono in genere di sezione rettangolare, riempiti con materiale inerte naturale ghiaioso e sabbioso, ad elevata permeabilità.

L'acqua infiltrata viene trasportata lungo la trincea attraverso il materiale di riempimento o utilizzando una tubazione drenante collocata alla base della trincea. Per evitare l'intasamento del corpo drenante da parti fini, lo scavo sarà completamente rivestito da strati di tessuto non tessuto.

Sono previsti pozzetti di ispezione e manutenzione.

Di seguito si riporta un'immagine esemplificativa dell'opera in oggetto.

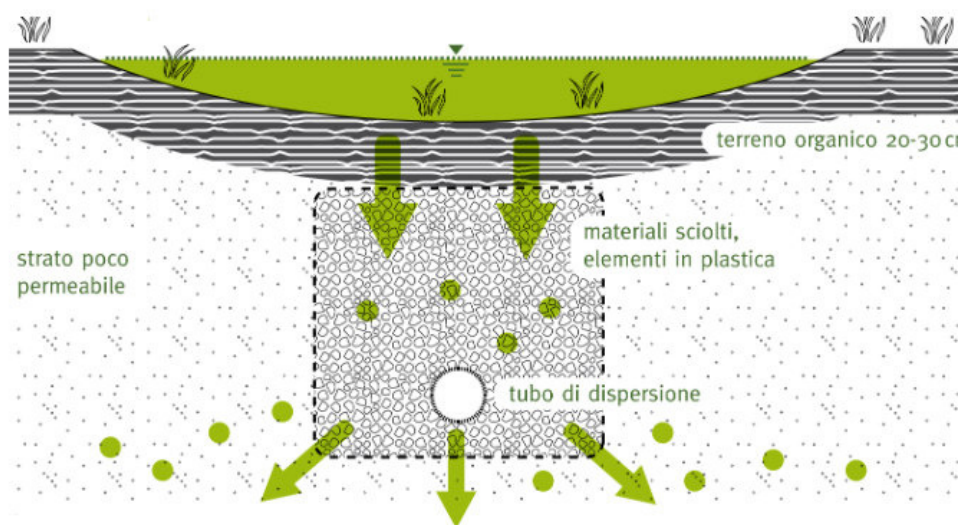


Figura 6.7: Schema esemplificativa di trincea di infiltrazione.

Il dimensionamento è stato condotto secondo le linee progettuali de "Sistemi di Fognatura Manuale di Progettazione – HOEPLI" sulla base della legge di Darcy.

$$Q_f = k \cdot J \cdot A$$

Dove:

- $Q_f$ : portata di infiltrazione [ $m^3/s$ ];
- $k$ : coefficiente di permeabilità [ $m/s$ ];
- $J$ : cadente piezometrica [ $m/m$ ];
- $A$ : superficie netta d'infiltrazione [ $m^2$ ].

Al fine di tener conto che gli strati di terreno in questione si trovano spesso in condizioni insature, è opportuno ridurre del 50% il valore della permeabilità che compare nella legge di Darcy [Sieker, 1984].

Per il dimensionamento della trincea si rimanda al paragrafo 6.5.2.

## 6.4 SISTEMA DI GESTIONE ACQUE METEORICHE - VIABILITÀ

Il presente paragrafo identifica gli interventi necessari per garantire il corretto deflusso delle piste di accesso, il minimo impatto delle stesse sull'idrografia esistente e l'eventuale attraversamento in sicurezza di corsi d'acqua minori.

### 6.4.1 Sistema di gestione acque meteoriche: strade

Sulla base della pratica e di fonti di letteratura, la deviazione del deflusso inalveato al di fuori del suo naturale percorso ha conseguenze considerevoli sull'assetto esistente dei solchi di drenaggio e, nel caso di pendenze elevate, del versante.

Una volta arrivato sulla sede stradale, infatti, il deflusso che eccede la capacità di smaltimento del manufatto, in genere non prosegue nel suo percorso rientrando in alveo, ma segue la strada fino a sfociare sul versante in una porzione non protetta, saturandolo, ed in generale predisponendolo al dissesto. Questo tipo di fenomeno è molto spesso la fonte primaria di detrito e la causa principale di cedimento delle strade.

Le opere di regimazione delle acque superficiali si rendono quindi necessarie e determinanti nell'ottica di una riduzione dell'impatto ambientale e nel limitare gli interventi di manutenzione e, quindi, i costi di gestione.

La viabilità seguirà percorsi esistenti eventualmente con solchi di drenaggio già esistenti o in altri casi da eseguire o ripristinare.

Al fine di gestire correttamente il deflusso superficiale devono essere realizzati dei manufatti che consentano di intercettare l'acqua ed indirizzarla opportunamente sui versanti, o verso la rete idrografica. Tutte le strade di accesso saranno di tipo permeabile con cassonetto in tout venant dallo spessore di 40 cm e uno strato di finitura in ghiaia o pietrisco dallo spessore di 10 cm.

A seconda della morfologia del terreno, sarà introdotto un sistema diverso di gestione del deflusso secondo quattro casistiche:

1. Strada in piano: Strade realizzate in piano con manto a schiena d'asino con pendenza minima pari a circa il 2%; posto che non vi siano bacini scolanti gravanti sulle strade non sarebbe necessaria la realizzazione di fossi laterali, tuttavia, questa tipologia di strada è stata comunque dotata di due canalette a sezione trapezia a lato. (Figura 6.8)
2. Strada a mezza costa: casistica dove sulla strada grava non solo il deflusso della stessa, ma anche quello derivante dal lato di monte. In questo caso si gestiscono le acque con due fossi, uno sul lato di monte e uno sul lato di valle. Gli scarichi per questa tipologia costruttiva sono situati al di sotto del manto stradale. La pendenza del manto stradale è variabile a seconda della morfologia del terreno. (Figura 6.9)
3. Strada in rilevato: strada realizzata mediante un riporto di altezza variabile, le cui scarpate hanno pendenza variabile; anche in questo caso è prevista la realizzazione di due canalette a

lato della strada, in corrispondenza del piede della sponda. In questo caso lo scarico avviene a lato seguendo la pendenza del versante, secondo l'idrografia del terreno. (Figura 6.10)

4. Strada in trincea: costruite previa realizzazione di una trincea le cui scarpate hanno pendenza variabile; sono previste due canalette a lato della strada posizionate all'interno della trincea. Essendo le canalette posizionate ad una quota inferiore al piano campagna, esse scaricheranno le acque raccolte non appena la morfologia e la pendenza del terreno consentono lo scarico a gravità. (Figura 6.11)

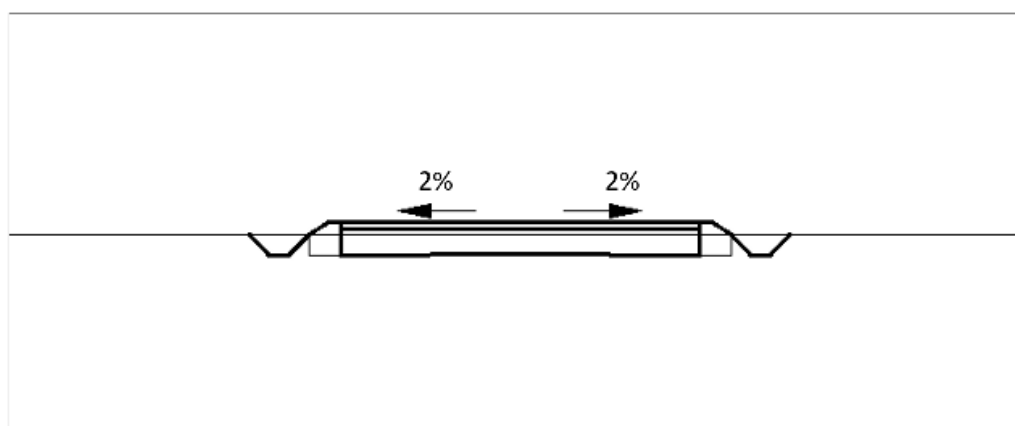


Figura 6.8: Sezione trasversale per strada in piano.

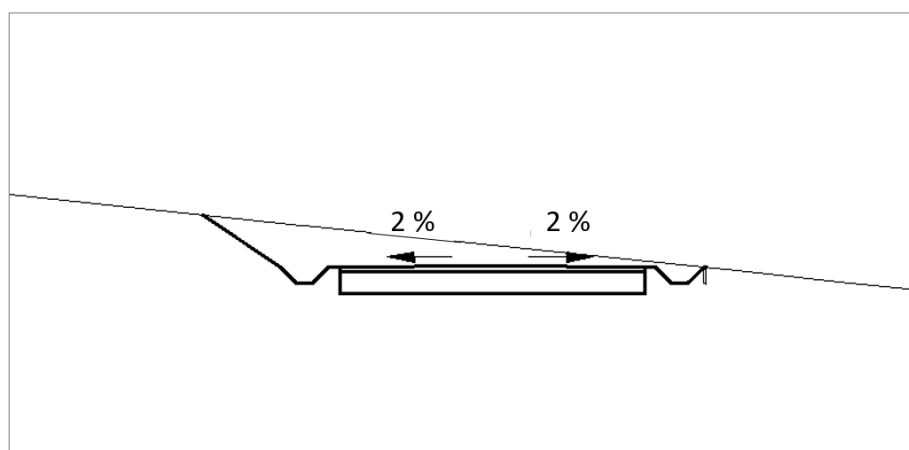


Figura 6.9: Sezione trasversale per strada a mezza costa



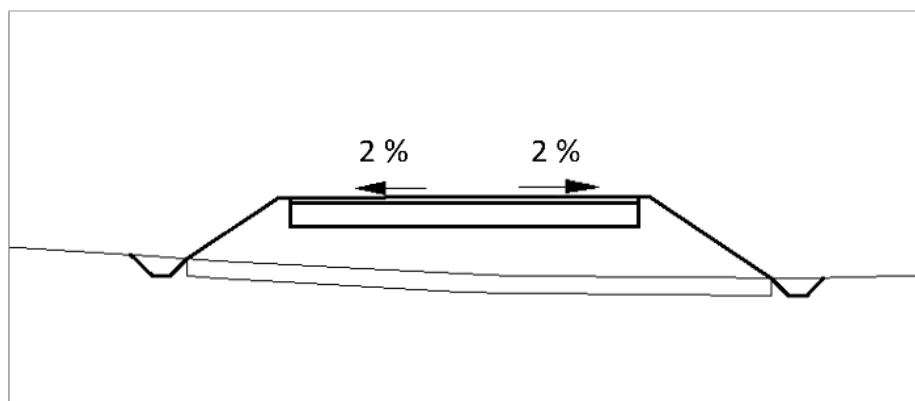


Figura 6.10: Sezione trasversale per strada in rilevato.

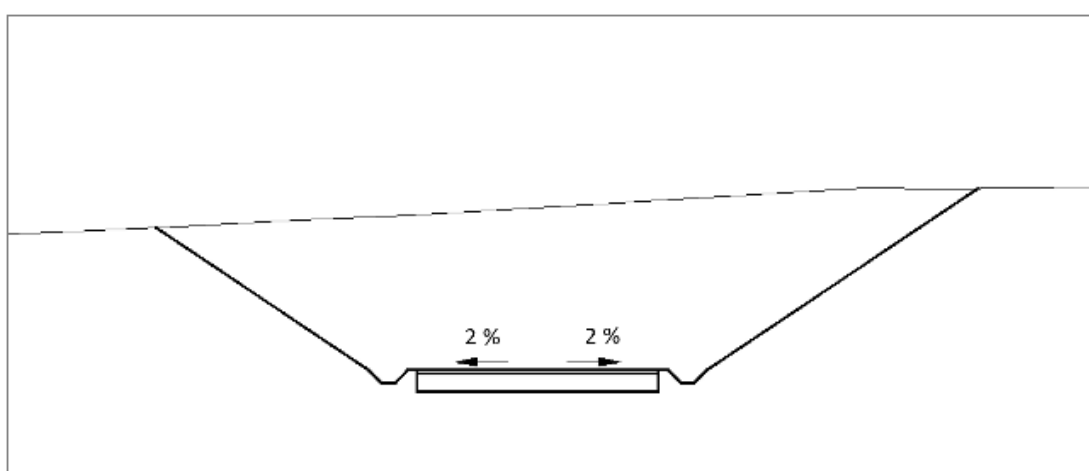


Figura 6.11: Sezione trasversale per strada in trincea.

A causa della morfologia del terreno e delle esigenze pratiche del progetto in questione, le strade di accesso alle piazzole non saranno realizzate secondo un'unica tipologia ma possono contenere molteplici casistiche.

Sono previsti inoltre miglioramenti della viabilità esistente ove necessari come riportato dagli elaborati grafici di progetto (ad esempio, 2799\_5298\_GIUD\_PD\_T09.01\_Rev0\_VIABILITA' ESISTENTE - PLANIMETRIE TRATTI DA ADEGUARE).

Tali ampliamenti garantiranno la continuità di eventuali drenaggi della viabilità esistenti e dove necessari incrementi con aggiunta di ulteriori fossi di guardia.

Sulla base della simulazione del modello digitale del terreno condotta mediante algoritmi TauDEM, delle immagini satellitari e dell'idrografia del Geoportale della Regione, dei Piani PGRA, PSFF e PAI, con relative fasce di prima salvaguardia, sono emerse interferenze con corsi d'acqua.

Nel paragrafo 6.4.3 si studia la risoluzione delle potenziali interferenze con eventuali solchi di drenaggio naturali, che possono essere individuati nelle successive fasi di progetto, in seguito a sopralluogo in sito e rilievo aggiornato. Tali percorsi preferenziali, che non presentano un alveo ben definito, saranno in ogni caso tutelati in fase costruttiva al fine di mantenerne la continuità idraulica.

#### 6.4.2 Tipologico-Fosso di guardia e tubazioni

In combinazione con la sagomatura del piano stradale, saranno realizzati una serie di manufatti che consentano di intercettare l'acqua ed indirizzarla opportunamente verso la rete idrografica esistente.

Si prevede un fosso di guardia lungo le strade di accesso lato monte, così da prevenire fenomeni di dissesto idrogeologico innescati dall'alterazione della naturale circolazione idrica dei versanti interessati dalla viabilità e della rete idrografica che vi sottende.

Nel caso delle strade a mezza costa il fosso permetterà di intercettare il deflusso dal versante di monte e il deflusso prodotto su parte del piano stradale, essendo quest'ultimo con baulatura.

Tali fossi, che confluiscono in tombini, si raccorderanno a tubazioni che sottopassano la sede stradale e smaltiscono il deflusso verso i punti di scarico.

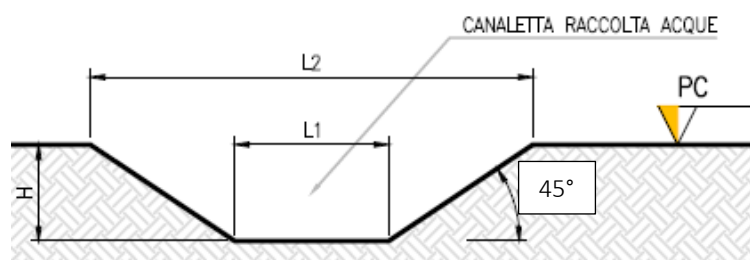


Figura 6.12: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo, le dimensioni saranno ricalcolate nel corso delle successive fasi progettuali per ogni accesso alle WTG.

Tabella 6.5: Dimensioni sezione tipo canaletta.

TABELLA DIMENSIONI SCHEMA TIPO CANALETTA		
L1 [m]	L2 [m]	H [m]
0,3	0,9	0,3

Il raccordo tra fosso di drenaggio e tombino che sottopassa la strada, avviene per mezzo di un pozzetto d'ispezione e raccordo, così anche da ridurre la quantità di sedimento a valle. Al fine di garantire una maggiore efficienza del deflusso, è opportuno operare con protezione dei punti di ingresso e di uscita dei tombini, così da ridurre o evitare intasamenti ed erosione sulla scarpata di valle o sul versante. Tali protezioni si possono realizzare in modo semplice ed efficace, con pietre di grosse dimensioni e tondame, come mostrato in Figura 6.13.



Figura 6.13: Pozzetti in legname e in massi (fonte: “Viabilità forestale regionale” Bortoli, P.L. 2001).

In corrispondenza dei punti di scarico saranno realizzati locali protezione antiersive e dissipazioni in pietrame.

In questa fase preliminare è stato valutato il caso di strada a mezza costa, avendo quale area scolante non solo la strada di progetto, ma anche il versante.

Sulla base dell’analisi idrologica e del modello digitale del terreno del progetto “Tinality” e in relazione alle considerazioni idrauliche al paragrafo 6.3, considerando un’area scolante media di versante variabile tra **60.000 mq** e **4.000 mq** (area basata su una casistica delle aree scolanti nell’area di progetto desunte dal DEM nei tratti di mezzacosta), un tempo di ritorno di **30 anni** ed una lunghezza dei tratti di nuova viabilità tra **600 m** e **90 m**, è prevista una spaziatura delle tubazioni di **50 metri**, con un diametro dei tubi di **300 mm**.

Il posizionamento degli scarichi lungo la viabilità di accesso e per le piazzole è visibile nell’elaborato grafico 2799\_5298\_GIUD\_PD\_R08\_T01\_Rev0\_PLANIMETRIADRENAGGI.

Tali dimensioni saranno ricalcolate nel corso delle successive fasi progettuali, in seguito a rilevamento topografico di dettaglio, sopralluogo e studio idraulico di dettaglio per ogni strada di accesso.

#### 6.4.3 Risoluzione delle potenziali interferenze con eventuali solchi di drenaggio naturali

Sulla base della simulazione del modello digitale del terreno condotta mediante algoritmi TauDEM, delle immagini satellitari, dalle indagini di sopralluogo si sono riscontrate n. 2 interferenze con l’idrografia, lungo l’intersezione tra la viabilità di accesso alla torre GD07 e GD01. Inoltre, l’interferenza tra la viabilità di accesso alla torre GD07 ricade all’interno della perimetrazione delle fasce di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4) del PAI.

Nella necessità di superare un’eventuale interferenza tra la strada di accesso e l’idrografia esistente (solchi di drenaggio senza alveo definito e non soggetti a pianificazione di rischio), non al momento rilevata, al fine di garantire la continuità idraulica del reticolo naturale, si rende utile l’utilizzo di tombotti, per piccoli corsi d’acqua ed impluvi.

Si è considerato di evitare la soluzione del guado poiché costituirebbe un ostacolo per il transito dei mezzi logistici durante la fase di cantiere.

Al fine di evitare che all’ingresso del tombotto si possano formare rallentamenti del deflusso e ristagni che causano la deposizione di materiale e quindi ne riducono l’efficienza fino ad intasarlo, saranno implementate 3 soluzioni:

1. Evitare allargamenti dell’alveo in prossimità dell’imboccatura;
2. Evitare diminuzioni di pendenza in prossimità dell’imboccatura;
3. Raccordare alveo e tombotto con angoli quanto più ottusi.

Nelle successive fasi di progetto, qual ora si riscontrasse la presenza di un solco di drenaggio lungo le strade di accesso, il tombotto dovrà essere dimensionato, da un punto di vista idraulico, in relazione ad una portata di un evento di pioggia con tempo di ritorno pari a minimo **100 anni**.



*Figura 6.14: Esempi tombotto.*

Si rimanda al Capitolo 7 per l'identificazione e la verifica di compatibilità idraulica in caso di interferenze con corpi idrici superficiali.

## **6.5 SISTEMA DI GESTIONE ACQUE METEORICHE - PIAZZOLE**

Il presente paragrafo identifica gli interventi necessari per garantire il corretto deflusso delle piazzole permanenti e quelle della fase di cantiere ed il minimo impatto delle stesse sull'idrografia esistente.

A favore di sicurezza è stata valutata anche la fase di cantiere, nonostante questa occuperà un intervallo temporale molto breve e transitorio.

### **6.5.1 Fase di cantiere/montaggio**

Al fine di garantire il corretto smaltimento del deflusso superficiale prodotto dall'area di cantiere, si prevede un fosso di guardia perimetrale scavato nel terreno naturale, al fine di raccordare il deflusso delle acque meteoriche interne all'area di cantiere unitamente a quelle esterne gravanti sull'area di progetto. Al paragrafo 6.3.1 il dimensionamento del fosso.

Le opere idrauliche in progetto, avendo queste il solo scopo di garantire la viabilità di passaggio e trasporto durante la fase di cantiere e per le attività di manutenzione durante l'esercizio, saranno progettate al fine di minimizzare l'alterazione al naturale deflusso dell'area di progetto.

Al fine di non modificare la rete naturale allo stato attuale e definire un sistema di drenaggio con il minor impatto è stata eseguita una simulazione del modello digitale del terreno ottenuto dal progetto "TINITALY" 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).

A tal proposito, lo scarico delle acque superficiali avverrà in conformità con la rete idrografica esistente, desunta dallo studio del modello digitale del terreno.

La seguente Figura 6.15 mostra un tipologico dell'area scolante esterna gravante sull'area di cantiere (B1) e l'area scolante interna (B2). Il fosso di guardia perimetrale andrà a scaricare in modo da assecondare l'idrografia esistente nel punto indicato in figura.



Si rimanda al capitolo 7 per l'identificazione e la verifica di compatibilità idraulica in caso di interferenze con corpi idrici superficiali.

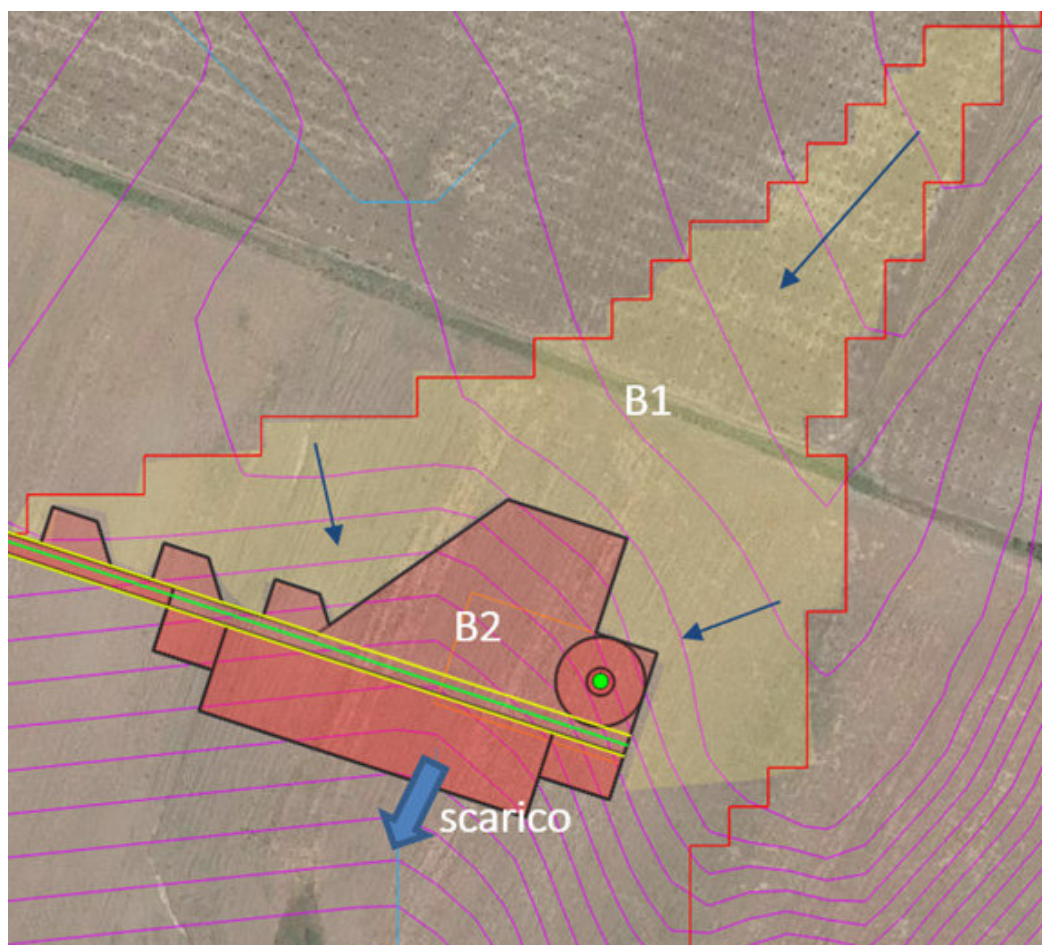


Figura 6.15: Esempio delimitazione bacini scolanti esterni (giallo - B1) ed interni (rosso - B2) e direzione del deflusso (frecche blu), displuviale (rosso), isopse passo 1m (magenta), strada di accesso (verde), reticolo idrografico (celeste) e punto di scarico.

Al fine di difendere il suolo dalla possibile erosione provocata dalla corrente uscente dall'area di cantiere, saranno posizionati dei letti in **riprap** di dissipazione, disposti su stese in geotessuto.

Si tratta di difese con materiali inerti naturali caratterizzate dall'essere permeabili ed in grado di subire assestamenti senza danni. La granulometria nominale risulta dimensionata sulla base dei risultati della modellazione idraulica per garantire la stabilità.

Le regole generali di progettazione di protezioni con pietrame sciolto prevedono uno spessore minimo di **30 cm**, anche per ragioni pratiche di realizzazione e di posa. Le dimensioni degli elementi lapidei saranno maggiori rispetto a quelle che la corrente è in grado di trascinare e deve essere fatta in funzione delle sollecitazioni meccaniche a cui verranno sottoposte in esercizio, ovvero le forze di trascinamento dovute alla corrente.

Nelle fasi di progettazione successiva sulla base di sopralluogo in sito, rilievo aggiornato e studio idraulico di dettaglio, sarà possibile definire con maggior accuratezza i punti di scarico idonei e conformi alla topografia esistente.





### **6.5.2 Piazzole definitive**

Durante la vita utile, la situazione post operam consisterà in una piazzola, non oggetto di rinverdimento, nell'intorno della torre di dimensioni pari a circa 50x30 metri, per tutti i modelli.

Le medesime considerazioni applicate alla fase di cantiere (6.5.1 Fase di cantiere) si applicano alla piazzola in fase di vita utile: è previsto un fosso di guardia perimetrale, al fine di raccordare il deflusso superficiale interno ed esterno, punto di scarico conforme all'idrografia esistente per minimizzare l'impatto delle opere di progetto e, infine, letto in riprap per difendere il suolo al punto di scarico dalla possibile erosione provocata dalla corrente in uscita. Al paragrafo 6.3.1 il dimensionamento del fosso.

Nelle fasi di progettazione successiva sulla base di sopralluogo in sito, rilievo aggiornato e studio idraulico di dettaglio, sarà possibile definire con maggior accuratezza i punti di scarico idonei e conformi all'idrografia esistente.

Per le piazzole permanenti, unitamente al fosso perimetrale, si prevede l'installazione di trincee drenanti, con l'obiettivo di ridurre i picchi di deflusso che gravano sullo scarico finale con conseguente erosione potenziale.

Il paragrafo seguente descrive il dimensionamento della trincea inserita nel sistema di drenaggio.

#### **Trincee drenanti**

La realizzazione delle piazzole prevede opere di regimazione idraulica di acque meteoriche tali da garantire il deflusso regolare delle acque e il convogliamento delle stesse nei compluvi naturali esistenti, mitigando gli impatti attraverso l'implementazione di una trincea drenante.

L'acqua infiltrata viene trasportata lungo la trincea attraverso il materiale di riempimento o utilizzando una tubazione drenante collocata alla base della trincea. Per evitare l'intasamento del corpo drenante da parti fini, lo scavo sarà completamente rivestito da strati di tessuto non tessuto.

Sono previsti pozzetti di ispezione e manutenzione.

La lunghezza longitudinale sarà di **156 metri pari al perimetro della piazzola.**



## 7. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

### 7.1 IDENTIFICAZIONE DELL'INTERFERENZA

Il capitolo 4 individua i possibili punti/tratti di interferenza tra le opere in progetto e aree a pericolosità idraulica. Per la classificazione delle aree si è fatto riferimento al PSFF (aggiornato al 2022), al PGRA (aggiornato al 2020), al PAI (aggiornato al 2020) e alle fasce di prima salvaguardia legate alla gerarchizzazione di Horton-Strahler.

Al fine di valutare la compatibilità idraulica, sono state analizzate le interferenze con reticoli idrografici secondo l'ordinamento di Horton e fasce di rispetto delle aste fluviali secondo i piani PAI, PGRA e PSFF con i seguenti elementi:

- Tracciato del cavidotto di connessione;
- Viabilità di nuova realizzazione;
- Viabilità esistente da adeguare;
- Piazzole di cantiere;
- Piazzole permanenti e aerogeneratori.

Relativamente ai piani PAI, PSFF e PGRA, come evidenziato nel capitolo 4, non vi è alcuna interferenza con le piazzole permanenti degli aerogeneratori, vincolo indispensabile per la realizzazione di tali impianti, e con le piazzole di cantiere.

Sono tuttavia presenti molteplici interferenze con la viabilità di nuova realizzazione, la viabilità esistente da adeguare e il tracciato del cavidotto di connessione. Nello specifico, un totale di n. 2 interferenze con l'idrografia lungo la viabilità di nuova realizzazione e ulteriori 32 lungo il tracciato del cavidotto di connessione e lungo la viabilità da adeguare.

### 7.2 INTERFERENZE CON VIABILITÀ DI NUOVA REALIZZAZIONE

Le strade di nuova realizzazione interferiscono in due punti con aree a pericolosità molto elevata (Hi4) e moderata (Hi1) del PAI. Gli interventi consentiti e non consentiti nelle due fasce di pericolosità idraulica sono esplicitati nell'NTA del PAI (aggiornamento 2022) dai seguenti articoli di interesse:

- ARTICOLO 27: Disciplina delle aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4);
- ARTICOLO 27bis: Disciplina delle attività delle aziende agricole, pastorali e selvicolturali nelle aree di pericolosità molto elevata (Hi4);
- ARTICOLO 30: Disciplina delle aree di pericolosità idraulica moderata (Hi1).

Inoltre, per rendere la fase post operam il più possibile simile allo stato di fatto, nel caso di interferenza con fascia di pericolosità molto alta del PAI, si è previsto di superare l'interferenza dimensionando uno scatolare in c.a. per garantire un corretto funzionamento con eventi meteorici con tempi di ritorno pari a 100 anni. Per quanto riguarda l'interferenza con fascia di pericolosità idraulica moderata si è scelto di dimensionare uno scatolare in c.a. anch'esso per tempi di ritorno pari a 100 anni poiché vi sono spazi disponibili e per un maggiore grado di sicurezza.

Ai fini di stabilire la portata critica da garantire per un evento di pioggia avente tempo di ritorno pari a 100 anni, è stato utilizzato il modello afflussi/deflussi presentato nel paragrafo 6.2.6, 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 corrispondente all'interferenza, il coefficiente di deflusso è stato ricavato sulla base dell'uso del suolo e dello studio della geologia. A tal proposito, l'area di progetto è interessata da terreni intensivi, e litotipi affioranti presentano nel complesso caratteristiche di permeabilità per porosità e fatturazione medio-bassa.



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

Alla luce degli elementi sopra riportati, in conformità con le NTA del PAI, le interferenze si ritengono idraulicamente compatibili e superate con l'utilizzo di tombotti.

### 7.2.1 Viabilità di accesso alla WTG GD07 – Interferenza n.14

I coefficienti di calcolo principali, adottati per la valutazione della portata critica in corrispondenza dell'attraversamento della viabilità di accesso alla torre GD07 con l'idrografia estratta dall'analisi del DEM, sono mostrati in Tabella 7.1.

Tabella 7.1: Coefficienti principali per il calcolo della portata critica in corrispondenza dell'interferenze n.14 della viabilità di accesso alla torre GD07 con l'idrografia.

COEFFICIENTI	
Area di bacino alla sezione di chiusura dell'interferenza [km <sup>2</sup> ]	0,34
Tempo di ritorno [anni]	100
Tempo di corrivazione [ore]	0,29
Coeff. deflusso [-]	0,5
Lunghezza asta principale [km]	1,2
Pendenza dell'asta principale [m/m]	0,03

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.

Il risultato dell'analisi idraulica mostra una portata critica attesa pari a **4,8 m<sup>3</sup>/s**.

Al fine di garantire la verifica di compatibilità idraulica, si è previsto di superare l'interferenza adottando uno scatolare in c.a. carrabile cat.A1, con sezione avente dimensioni alla base di 1 metri e altezza pari a 1 metro oppure una tubazione in c.a. carrabile cat.A1, con sezione avente diametro interno pari a 1,1 metri.

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.

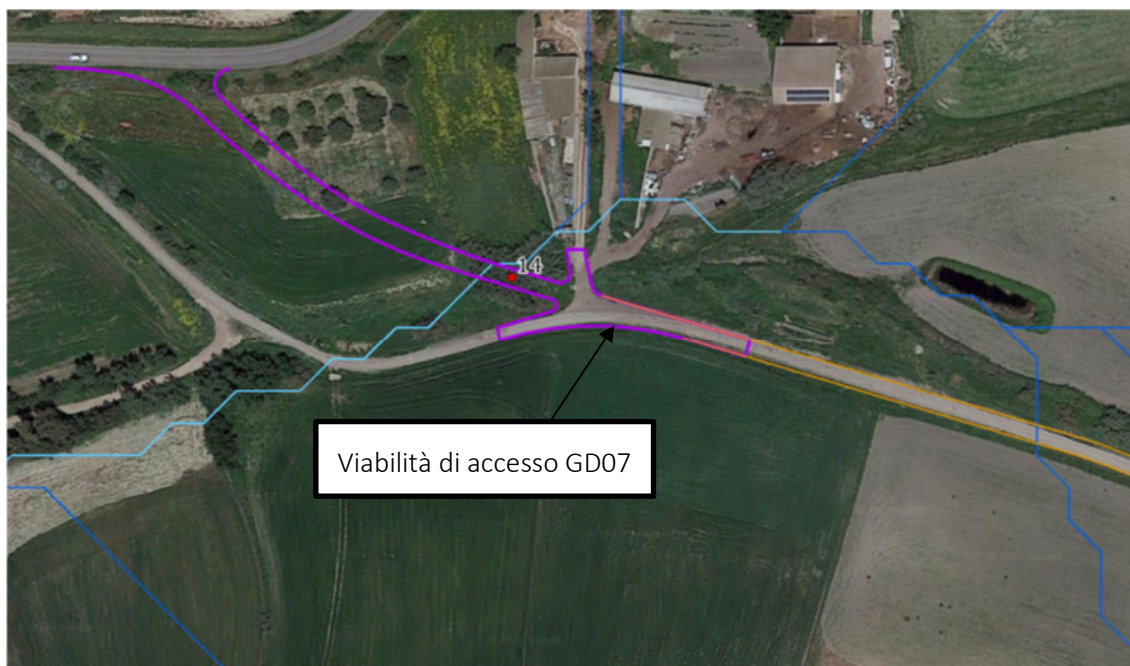


Figura 7.1: Interferenza n.14, tra la viabilità di accesso (in viola) alla torre GD07 e l'idrografia (in celeste) estratta dall'analisi del DEM.

### 7.2.2 Viabilità di accesso alla WTG GD01 – Interferenza n.34

I coefficienti di calcolo principali, adottati per la valutazione della portata critica in corrispondenza dell'attraversamento della viabilità di accesso alla torre GD01 con l'idrografia estratta dall'analisi del DEM, sono mostrati in Tabella 7.2

Tabella 7.2: Coefficienti principali per il calcolo della portata critica in corrispondenza dell'interferenze n.34 della viabilità di accesso alla torre GD01 con l'idrografia.

COEFFICIENTI	
Area di bacino alla sezione di chiusura dell'interferenza [km <sup>2</sup> ]	0,03
Tempo di ritorno [anni]	100
Tempo di corrivazione [ore]	0,1
Coeff. deflusso [-]	0,5
Lunghezza asta principale [km]	0,39
Pendenza dell'asta principale [m/m]	0,05

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.

Il risultato dell'analisi idraulica mostra una portata critica attesa pari a **0,86 m<sup>3</sup>/s.**

Al fine di garantire la verifica di compatibilità idraulica, si è previsto di superare l'interferenza adottando una tubazione in c.a. carrabile cat.A1, con sezione avente diametro interno pari a 0,5 metri.

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.

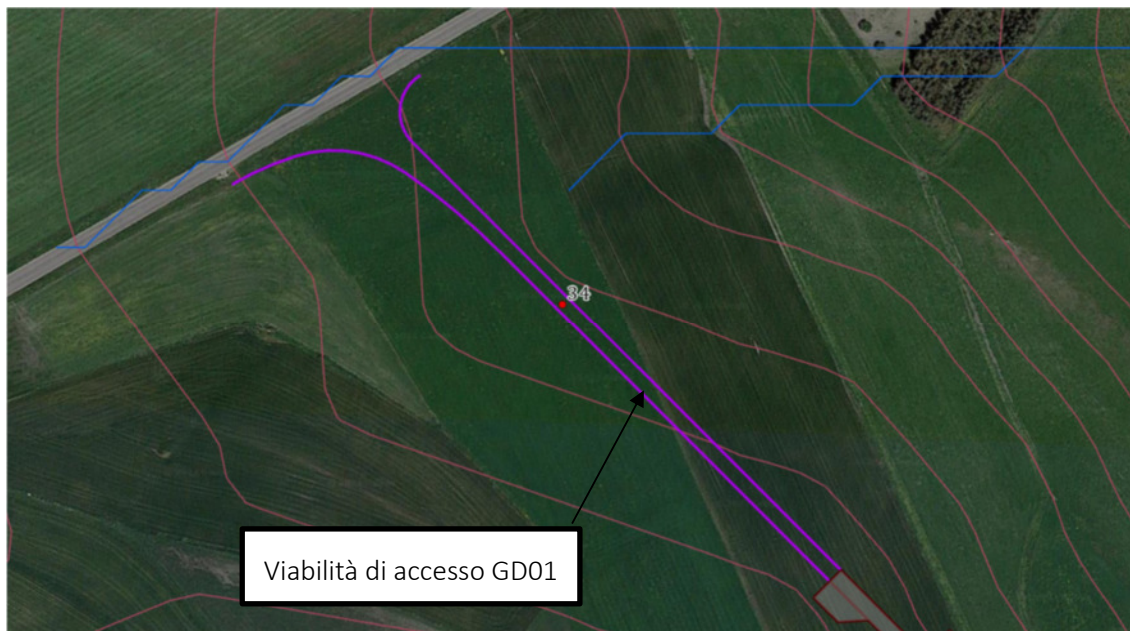


Figura 7.2: Interferenza n.34, tra la viabilità di accesso (in viola) alla torre GD01 e l'idrografia (in celeste) estratta dall'analisi del DEM. In rosa le curve di livello con passo 2 metri.

### 7.3 INTERFERENZE CON IL TRACCIATO DEL CAVIDOTTO DI CONNESSIONE

L'identificazione delle interferenze sul tracciato di connessione si è basata sull'analisi del reticolo idrografico disponibile dal Geoportale Nazionale e dal sopralluogo effettuato a ottobre 2022. Sulla base di queste analisi, sono stati individuati 34 punti di interferenza con l'idrografia, i dettagli grafici sono riportati nell'elaborato 2799\_5298\_GIUD\_PD\_R08\_T02\_Rev0\_ATTRAVERSAMENTIIDRAULICI.

Per le interferenze con corsi d'acqua minori, le soluzioni adottate sono di tipo 'trenchless', ovvero una tipologia di interrimento del cavo che non prevede il tradizionale scavo a cielo aperto. Tra le tipologie di *trenchless* vi sono: TOC, microtunnel, spingitubo, ecc.

Tuttavia, non è sempre necessario interrare i cavi con un metodo *trenchless*. Nei lunghi periodi di secca, tipici delle stagioni estive, sono consentiti gli scavi tradizionali purché il cavo venga interrato almeno di 1.5 metri dal punto di impluvio, mentre nelle stagioni critiche più piovose, è opportuno affidarsi ai *trenchless*. 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, identificati in Tabella 7.3, con risoluzione "trenchless/cavo interrato".

Nei casi in cui non è necessaria la tecnologia *trenchless* e la profondità di interro da normativa risulta più restrittiva rispetto a quella dei calcoli idraulici, si potrà adottare la soluzione di interrimento.

Il cavo di connessione sarà interrato sotto il manto stradale ad una profondità minima tra 0,6 m e 1,6 m in funzione della tensione del cavo. Pertanto, nell'eventualità di allagamento, il cavo sarà protetto dall'erosione. Inoltre, 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.

Il cavidotto di connessione interferisce in diversi punti con aree a pericolosità molto elevata (Hi4), media (Hi2) e moderata (Hi1) del PAI. Gli interventi consentiti e non consentiti nelle due fasce di pericolosità idraulica sono esplicitati nell'NTA del PAI (aggiornamento 2022) dai seguenti articoli di interesse:

- ARTICOLO 27: Disciplina delle aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4);
- ARTICOLO 27bis: Disciplina delle attività delle aziende agricole, pastorali e selvicolturali nelle aree di pericolosità molto elevata (Hi4);
- ARTICOLO 29: Disciplina delle aree di pericolosità idraulica media (Hi2)
- ARTICOLO 30: Disciplina delle aree di pericolosità idraulica moderata (Hi1).

Alla luce degli elementi sopra riportati, in conformità con le NTA del PAI, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media e alta tensione.

La tabella di seguito riporta un riepilogo per i punti analizzati nel layout di progetto, indicando la tecnologia prevista per la risoluzione dell'interferenza ove presente.

Durante la fase progettuale successiva saranno calcolate le profondità di posa tubazione unitamente al regime idraulico dei corsi d'acqua attraversati.

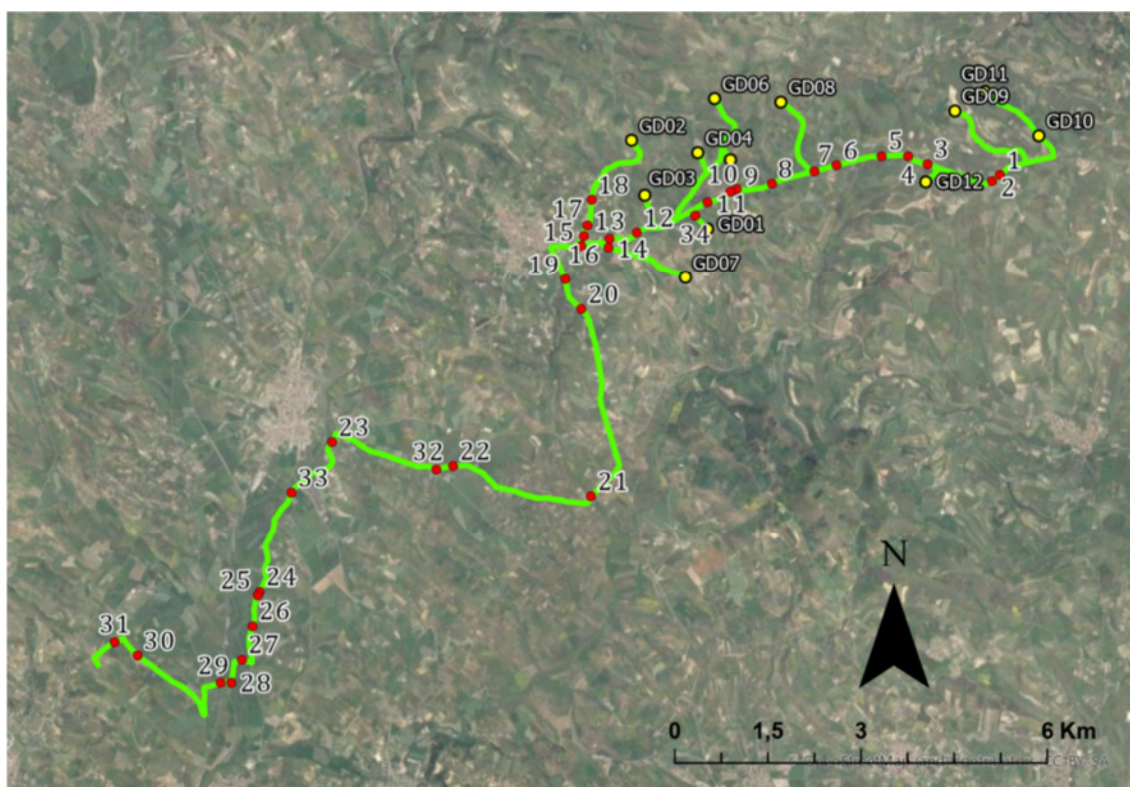


Figura 7.3: Interferenze con l'idrografia lungo il tracciato di connessione (in verde) interno ed esterno all'area di progetto. I cerchi rossi indicano la risoluzione dell'interferenza mediante TOC o trenchless/Cavo interrato.



---

*Tabella 7.3: Elenco interferenze con l'idrografia lungo il tracciato del cavidotto di connessione e tecnologia da adottare per il superamento delle stesse.*



ID INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE	CORSO D'ACQUA ATTRAVERSATO
1	-	Trenchless / Cavo interrato	Fosso tombinato
2	-	Trenchless / Cavo interrato	Fosso tombinato
3	pericolosità idraulica moderata - PAI	TOC	Torrente Lanessi
4	-	Trenchless / Cavo interrato	Fosso tombinato
5	-	Trenchless / Cavo interrato	Fosso tombinato
6	-	Trenchless / Cavo interrato	Fosso tombinato
7	-	Trenchless / Cavo interrato	Fosso tombinato
8	-	Trenchless / Cavo interrato	Fosso tombinato
9	Pericolosità molto elevata - PAI	TOC	Fosso tombinato
10	-	Trenchless / Cavo interrato	Fosso tombinato
11	-	Trenchless / Cavo interrato	Fosso tombinato
12	-	Trenchless / Cavo interrato	Fosso tombinato
13	-	Trenchless / Cavo interrato	Fosso tombinato
14	Pericolosità molto elevata - PAI	TOC	Fosso tombinato
15	Pericolosità molto elevata - PAI	TOC	Fosso tombinato
16	-	Trenchless / Cavo interrato	Fosso tombinato
17	Pericolosità molto elevata - PAI	TOC	Fosso tombinato
18	Pericolosità molto elevata - PAI	TOC	Fosso tombinato
19	Pericolosità molto elevata - PAI	TOC	Riu Sa Canna
20	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 1; Pericolosità molto elevata - PAI	TOC	Fosso senza nome, affluente dell'elemento idrico RIU SA CANNA
21	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2; Pericolosità molto elevata - PAI	TOC	RIU SA CANNA
22	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 1	Trenchless / Cavo interrato	Fosso senza nome, affluente dell'elemento idrico GORA DI BAU ARENA
23	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2; Pericolosità molto elevata - PAI	TOC	GORA DI BAU ARENA
24	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 3; Pericolosità molto elevata - PAI	TOC	RIU DE SU PAULI



ID INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE	CORSO D'ACQUA ATTRAVERSATO
25	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 1; Pericolosità moderata - PAI	TOC	Fosso senza nome
26	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 1; Pericolosità moderata - PAI	TOC	Fosso senza nome
27	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2; Pericolosità molto elevata - PAI	TOC	FLUMINI MANNU
28	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 1; Pericolosità media - PAI	TOC	Fosso senza nome
29	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 5; Pericolosità media - PAI	TOC	Riu Mannu Di Geni
30	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2	Trenchless / Cavo interrato	RIU SASSUNI
31	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2	Trenchless / Cavo interrato	RIU SASSUNI
32	Pericolosità media - PAI	Cavo interrato (come da normativa)	Gora Di Bau Arena
33	Pericolosità moderata - PAI	Cavo interrato (come da normativa)	Flumini Mannu
34	-	Trenchless / Cavo interrato	Corso d'acqua episodico

#### **7.4 INTERFERENZE CON PIAZZOLE DI CANTIERE**

Sulla base della simulazione del modello digitale del terreno condotta mediante algoritmi TauDEM, delle immagini satellitari, dell'idrografia del Geoportale Nazionale, dei Piani PGRA e PAI, non si è riscontrata alcuna interferenza tra le piazzole di cantiere e corsi d'acqua significativi e fasce di pericolosità idraulica.



## 8. CONCLUSIONE

Lo studio di compatibilità idraulica del progetto di viabilità e delle piazzole ha analizzato le possibili interferenze con le aree a pericolosità idraulica. (Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI, aggiornato al 2020), nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF, aggiornato al 2022) e nel Piano di Gestione Rischio Alluvioni - PGRA, aggiornato al 2020).

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.

Questo studio ha messo a confronto lo scenario ante-operam e quello post-operam, 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).

Si è valutato inoltre che il progetto rispetta i principi dell'invarianza idraulica.

Ciononostante, ai sensi delle migliori pratiche progettuali sono state previste opere di laminazione e infiltrazione (trincee drenanti) nei sistemi di gestione acque meteoriche delle piazzole in progetto.

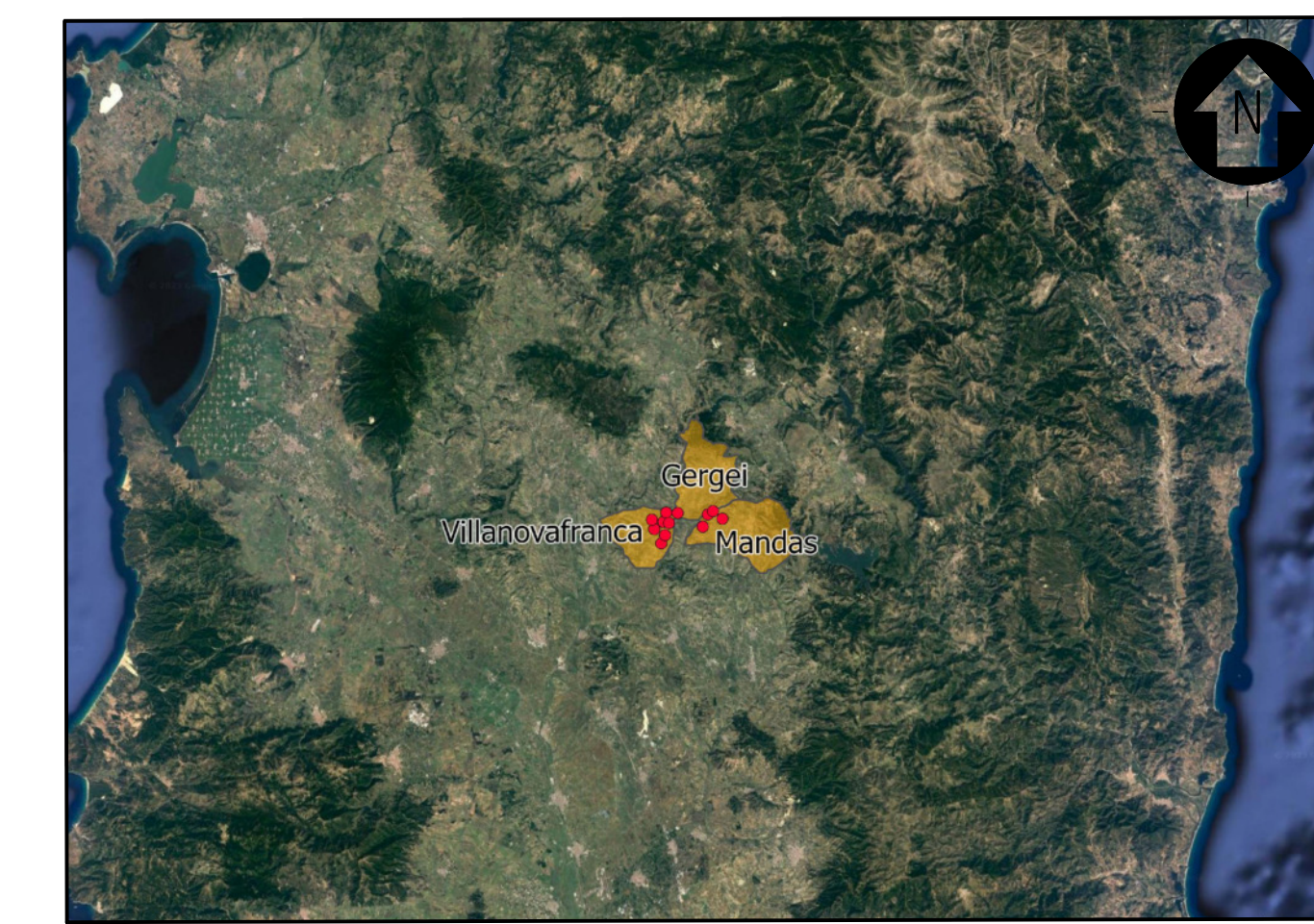
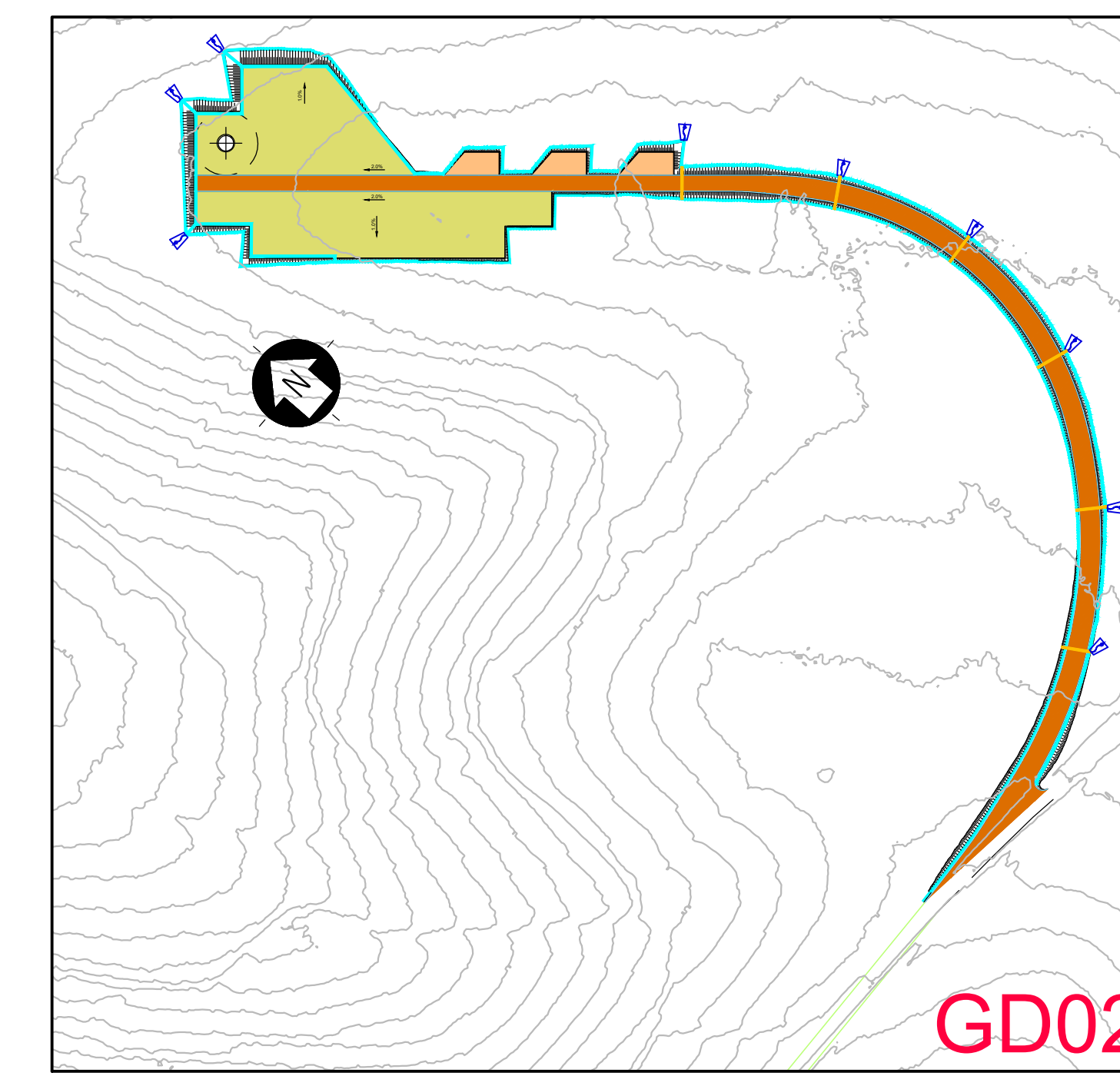
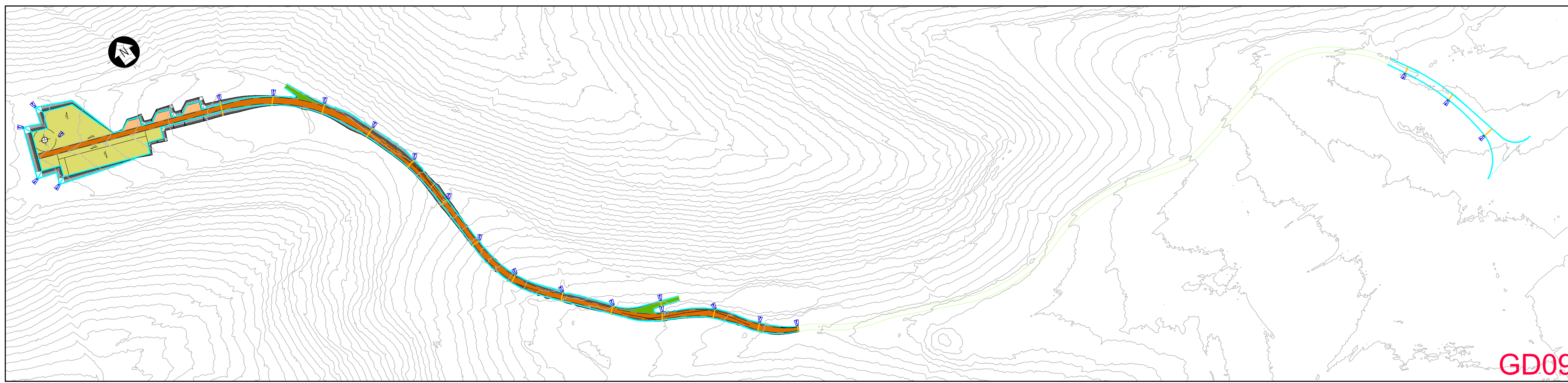
Nel confronto tra la rete di drenaggio naturale dello stato di fatto e di progetto si segnala che si è prevista una sistemazione del drenaggio oggi assente al fine di indirizzare e distribuire le portate, costituita da canalette di forma trapezia scavate nel terreno naturale. Tra i vantaggi idraulici essi 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. La viabilità di accesso sarà corredata da un fosso di guarda per ogni lato della carreggiata, con tubazioni sotto il piano stradale nel caso di versanti ripidi e bacini di scolo significativi gravanti sul piano stradale. Tali scelte consentono di evitare di modificare la rete naturale, senza interferenze nella costruzione della viabilità e nella disposizione delle piazzole.

Tali scelte consentono di evitare di modificare la rete naturale, senza interferenze nella costruzione della viabilità e nella disposizione delle piazzole.

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

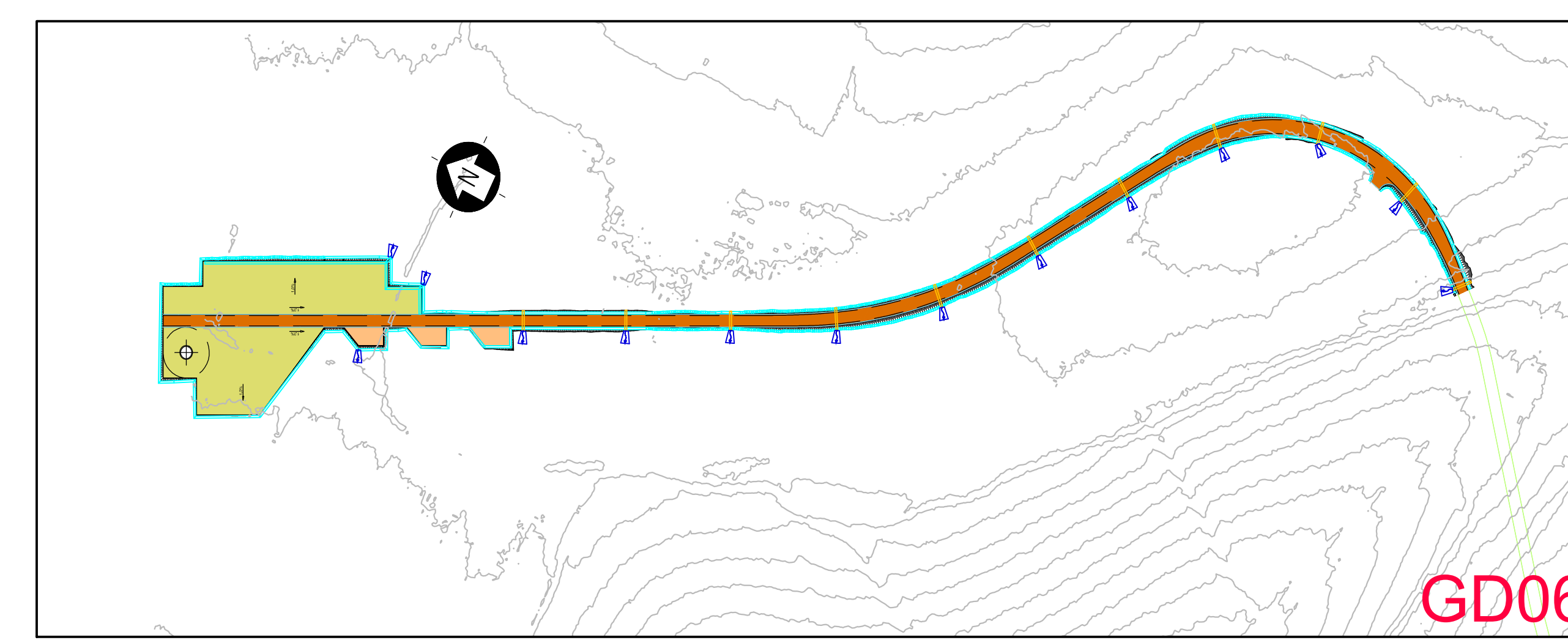
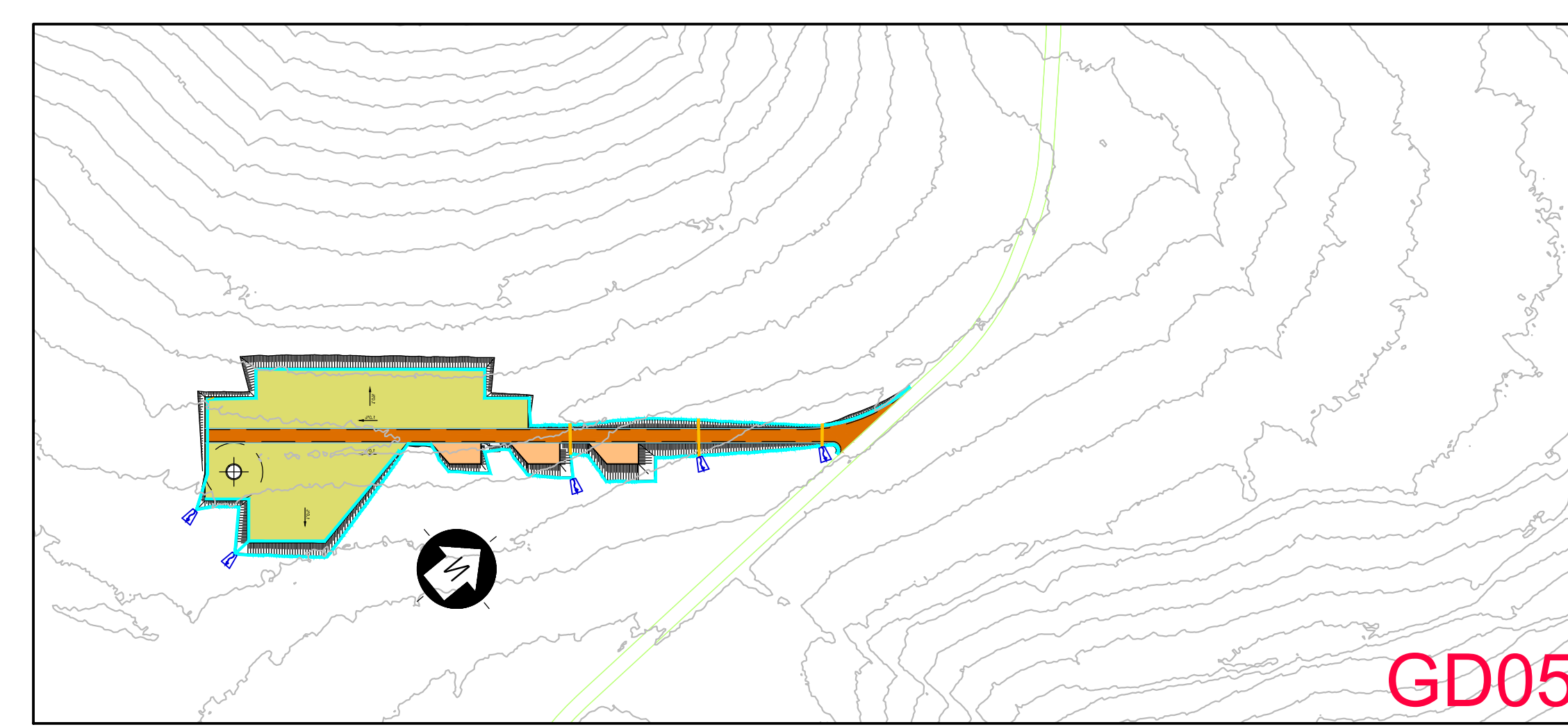
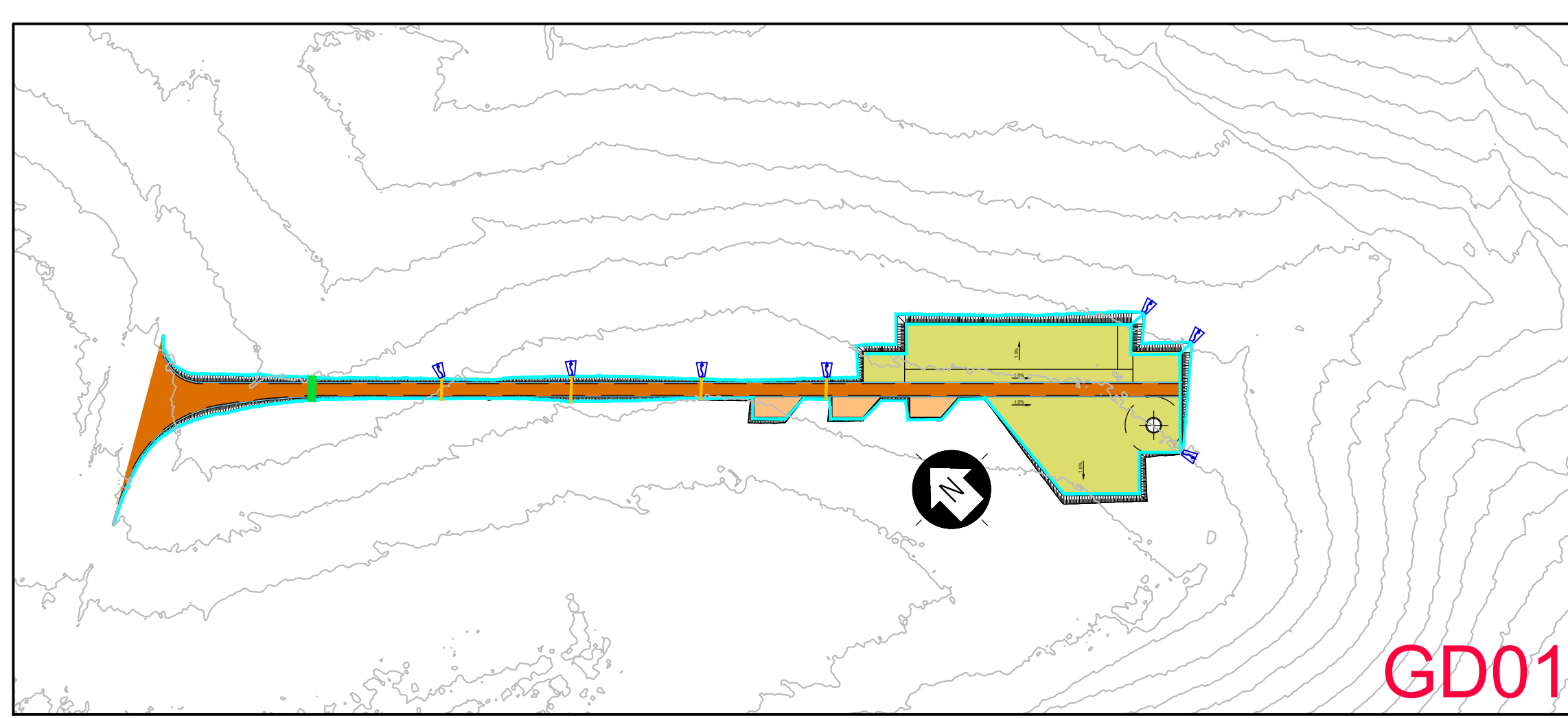
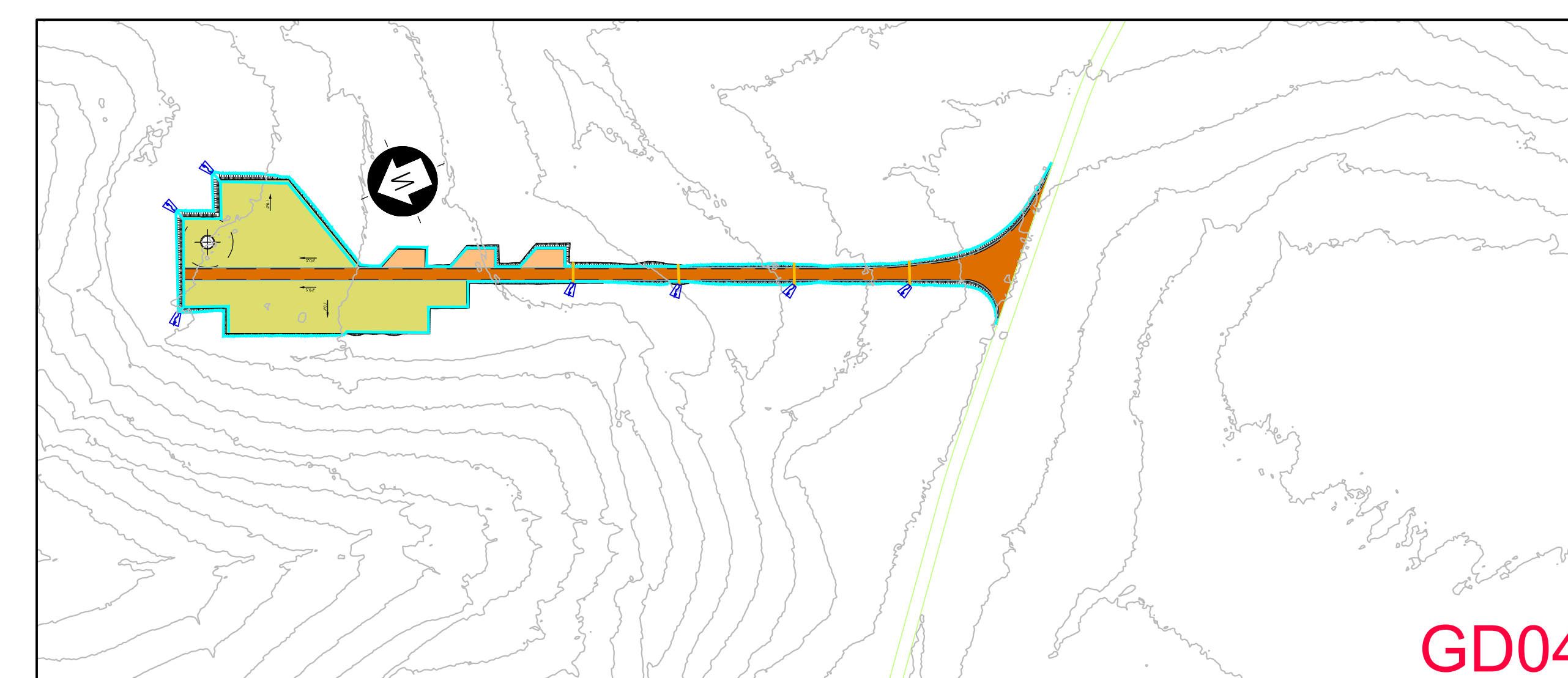
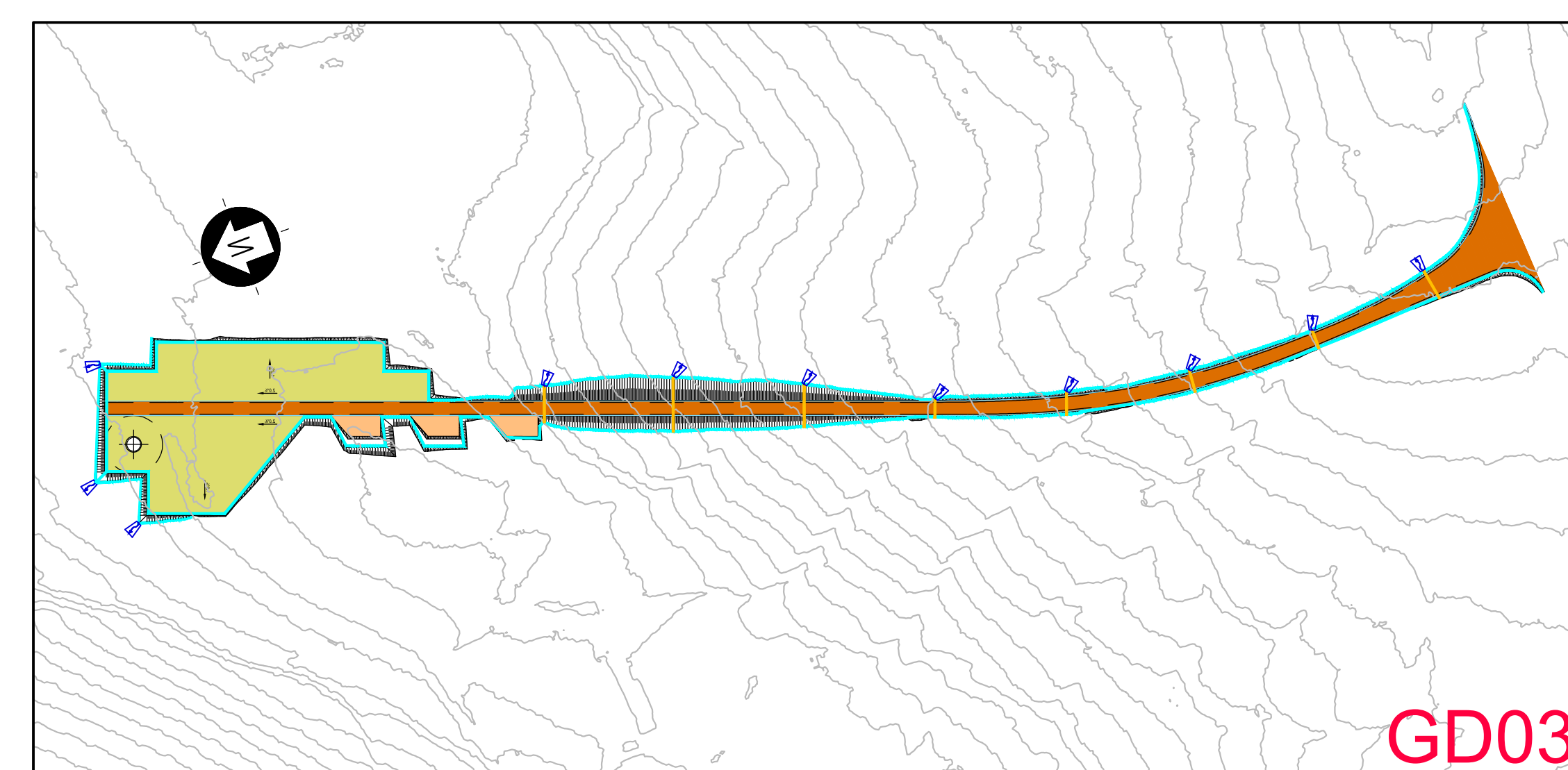
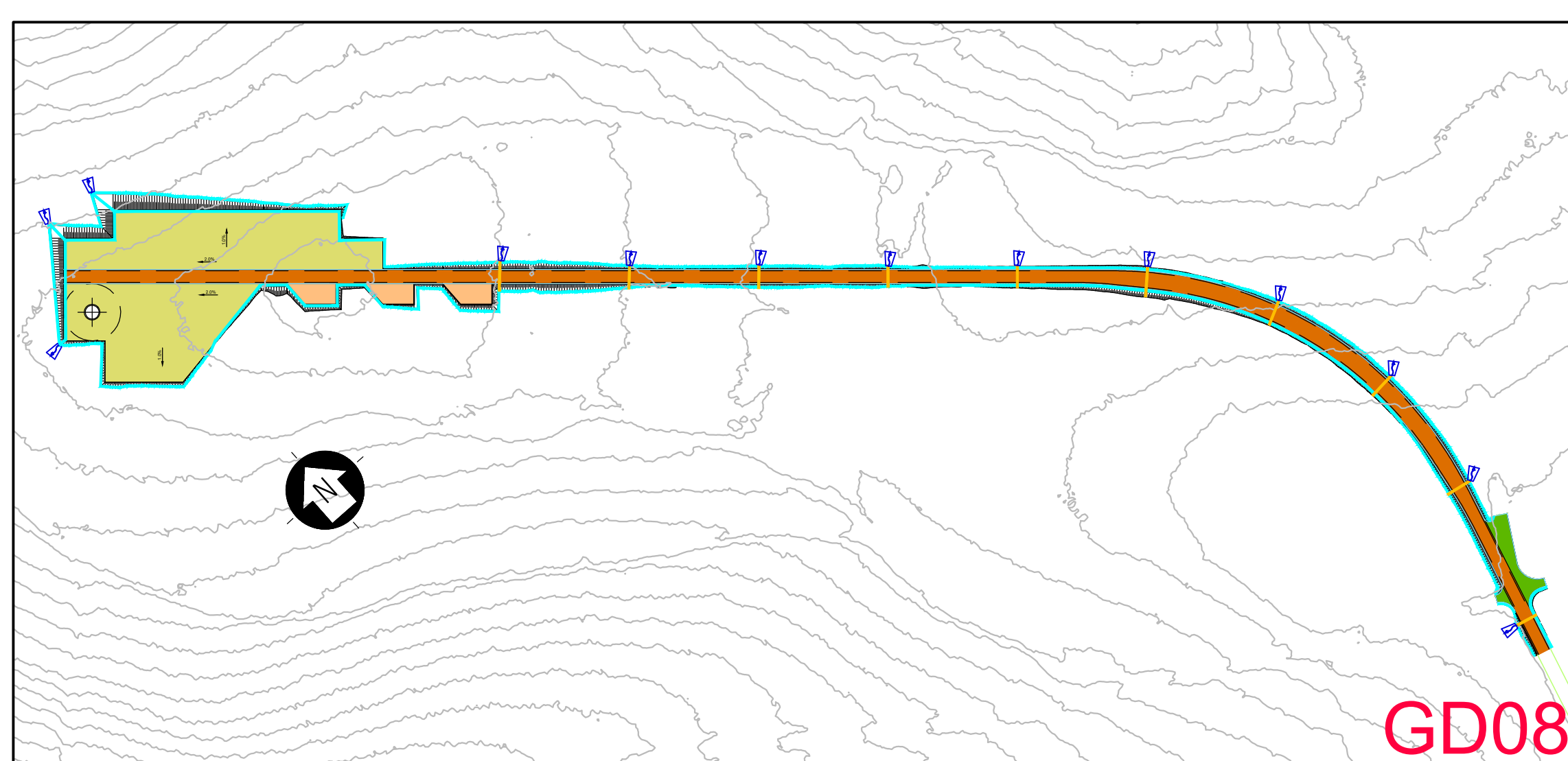
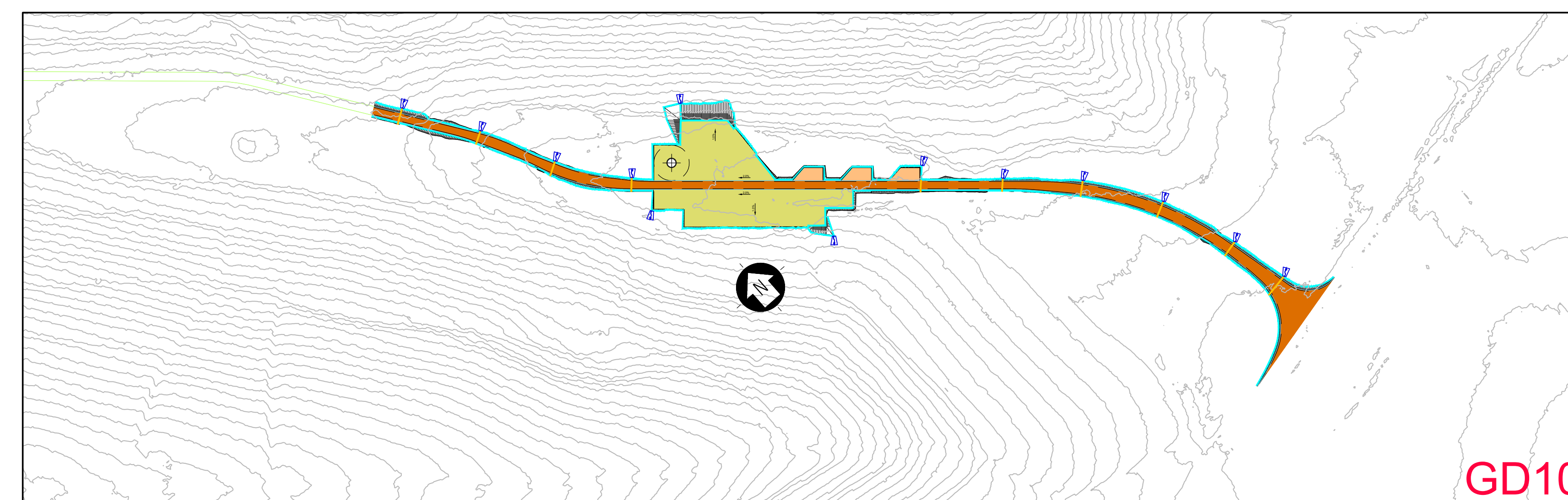
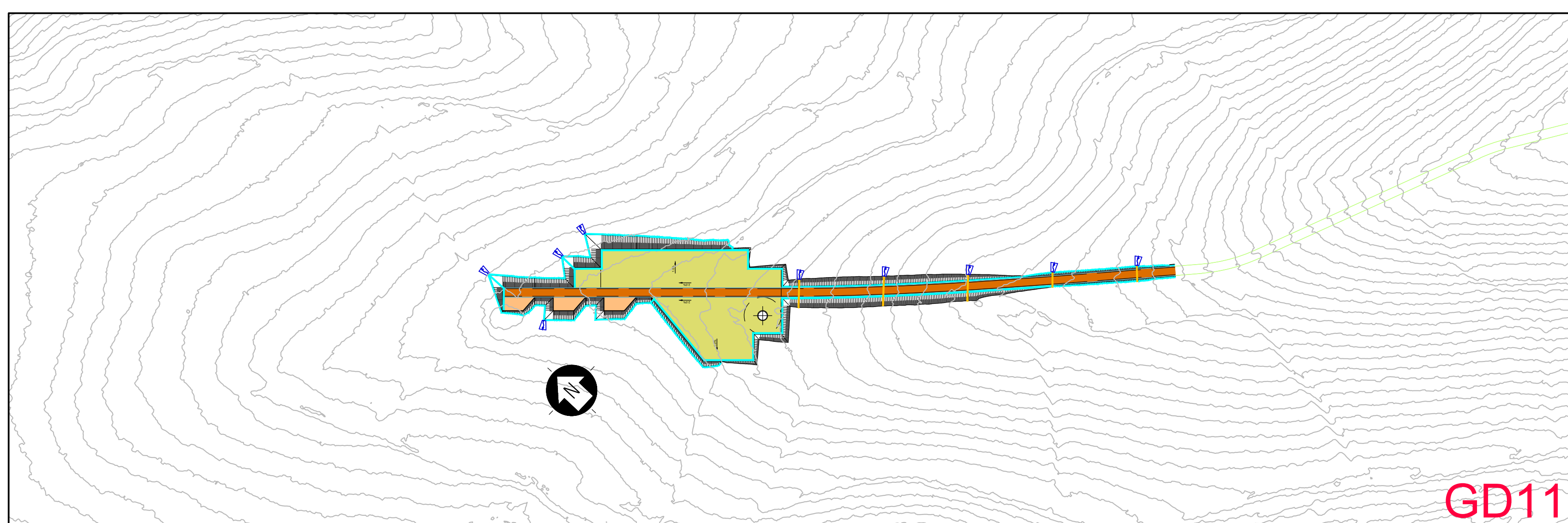
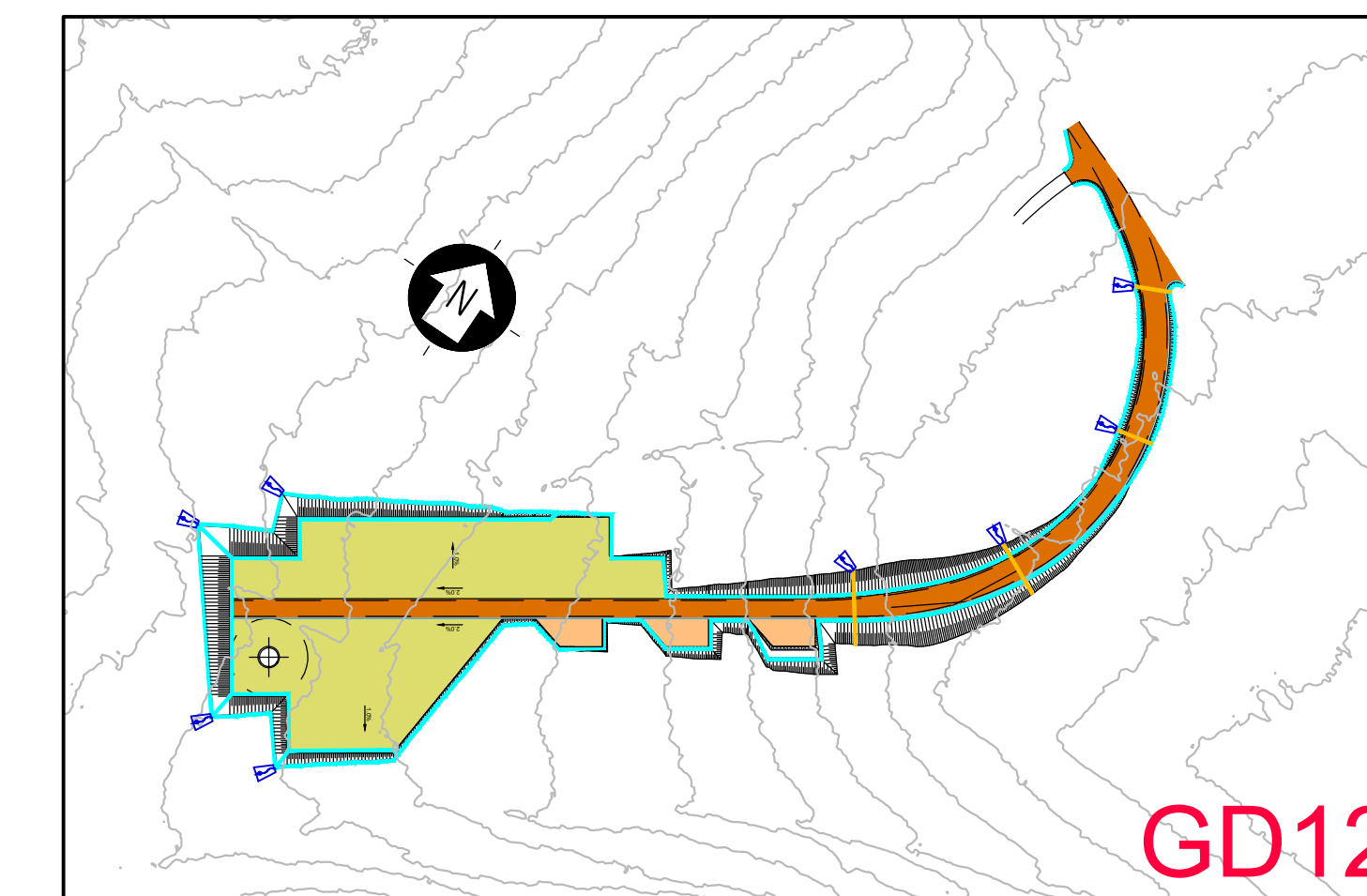
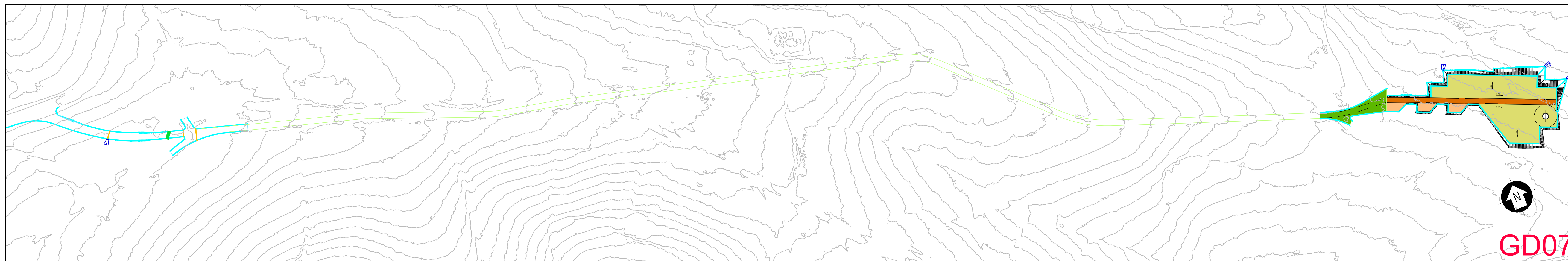
Nel mantenimento dei limiti della profondità di interrimento, ai sensi delle norme vigenti in materia di cavidotti elettrici, la distanza tra fondo alveo e cielo tubazione posata potrà essere ricalcolata nella fase successiva progettuale, in seguito a raccolta di campioni granulometrici e dettaglio delle sezioni topografiche di impalcato e sezioni naturali.





INQUADRAMENTO TERRITORIALE

- LEGENDA
- COMUNI DI RIFERIMENTO
  - AEROGENERATORI



LEGENDA INTERVENTI

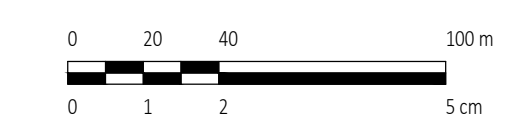
- VIABILITA' DI ACCESSO ALLA PIAZZAZZA
- ADEGUAMENTO VIABILITA' ESISTENTE
- PIAZZAZZA
- AREE TEMPORANEE PER ALLESTIMENTO ORG. PRINCIPALE

OPERE DI REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE SUPERFICIALI

- SCARICHI IN PROGETTO ACQUE METEORICHE CON PROTEZIONE ANTIRISCHIA IN CIOTTOLE/PETRAIE
- CANALETTE
- TUBI IN CLS /HOPE CARRABILI
- CURVE DI LIVELLO passo 2 metri
- TOMBOTTO

NOTE GENERALI: L'UBICAZIONE DEGLI SCARICHI DI PROGETTO, IN QUESTA TAVOLA POSIZIONATI DODI 50 m, POTRA' ESSERE DI DISTANZE MAGGIORI A SECONDA DELLA TIPOLOGIA E DELLA PENDENZA DELL'AREA E DELLA STRADA. TALE VALUTAZIONE SARATA FATTA DURANTE LA FASE PROGETTUALE SUCCESSIVA.  
L'UBICAZIONE DEGLI SCARICHI SARATA RIVALUTATA NELLE FASI SUCCESSIVE ALLA LUCE DELL'IDROGRAFIA ESISTENTE E DELLA GESTIONE ANTROPICA DEGLI EVENTUALI CANALI IRRIGUI STAGIONALI.

SCALA 1:2000 - 1 cm = 20 m



REV.	DESCRIZIONE	IM.	EL.	SC.	DATA
01	SECONDA				02/03
02	SECONDA				02/03

**Montana** INGEGNERIA, ARCHITETTURA, PROGETTAZIONE

**GIUDECCA WIND S.R.L.**  
VIA FRIULI VENEZIA GIULIA 75, 33050 PIANIGA (VE)  
C.F. 04892770276

ING. LAURA CONTI  
Incaricata di Direzione degli Studi della Provincia di Pavia n. 1250

WIND FARM GIUDECCA - IMPIANTO EOLICO DA 72 MW  
Comune di Mandas, Gergei e Villanovafranca (SU)

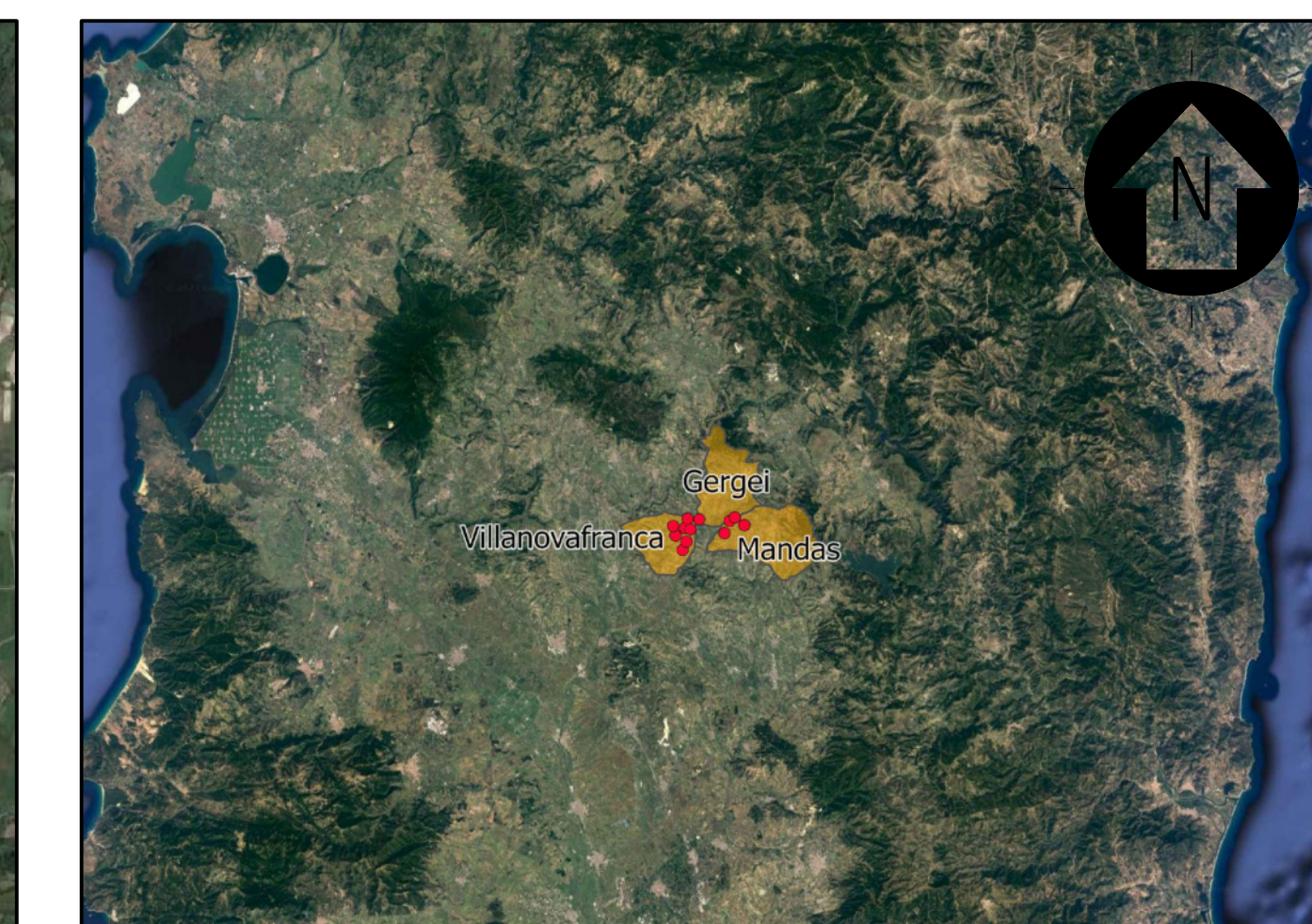
PLANIMETRIA DRENAGGI E SCARICHI ACQUE METEORICHE

NO. 2799\_5296\_GIUD\_PO\_R08\_T01\_RIVU\_PLANIMETRIADRENAGGI

NO. 2799\_5296\_GIUD\_PO\_R08\_T01\_RIVU\_PLANIMETRIADRENAGGI

NO. 2799\_5296\_GIUD\_PO\_R08\_T01\_RIVU\_PLANIMETRIADRENAGGI





INQUADRAMENTO TERRITORIALE

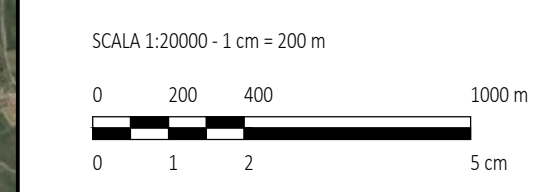
- LEGENDA
- COMUNI DI RIFERIMENTO
  - AEROGENERATORI

Nome e coordinate dei corsi d'acqua attraversati (MM1 EPSG 3003)

ID	Tipologia	Soluzione	X	Y
1	Fosso tombinato	Trenchless / Cavo interrato	1507960,1	4389320,8
2	Fosso tombinato	Trenchless / Cavo interrato	1507825,6	4389218,1
3	Tprrente Lanessi	TOC	1506792,4	4389495,9
4	Fosso tombinato	Trenchless / Cavo interrato	1506473,6	4389618,5
5	Fosso tombinato	Trenchless / Cavo interrato	1506055,6	4389624,5
6	Fosso tombinato	Trenchless / Cavo interrato	1505329,7	4389476,8
7	Fosso tombinato	Trenchless / Cavo interrato	1504970,4	4389384,6
8	Fosso tombinato	Trenchless / Cavo interrato	1504278,9	4389176,9
9	Fosso tombinato	TOC	1503708,8	4389093,5
10	Fosso tombinato	Trenchless / Cavo interrato	1503616,7	4389052,8
11	Fosso tombinato	Trenchless / Cavo interrato	1503243,9	4388881,1
12	Fosso tombinato	Trenchless / Cavo interrato	1502108,0	4388392,7
13	Fosso tombinato	Trenchless / Cavo interrato	1501673,2	4388300,6
14	Fosso tombinato	TOC	1501645,6	4388159,4
15	Fosso tombinato	TOC	1501213,1	4388185,5
16	Fosso tombinato	Trenchless / Cavo interrato	1501251,4	4388343,9
17	Fosso tombinato	TOC	1501309,2	4388512,3
18	Fosso tombinato	TOC	1501376,6	4388921,0
19	Riu Sa Canna	TOC	1500957,6	4387639,4
20	Affluenti Riu Sa Canna	TOC	1501216,3	4387160,4
21	Riu Sa Canna	TOC	1501371,1	4384157,9
22	Affluente Gora di Bau Arena	Trenchless / Cavo interrato	1499148,8	4384641,7
23	Gora di Bau Arena	TOC	1497205,1	4385034,4
24	Riu De Su Pauli	TOC	1496028,6	4382607,7
25	Fosso senza nome	TOC	1495995,2	4382551,9
26	Fosso senza nome	TOC	1495919,8	4382056,1
27	Flumini Mannu	TOC	1495744,2	4381516,1
28	Fosso senza nome	TOC	1495571,9	4381142,4
29	Riu Mannu Di Geni	TOC	1495410,2	4381137,0
30	Riu Sassuni	Trenchless / Cavo interrato	1494062,3	4381580,1
31	Riu Sassuni	Trenchless / Cavo interrato	1493695,3	4381801,8
32	Gora Di Bau Arena	Cavo interrato (come da normativa)	1498870,1	4384589,7
33	Flumini Mannu	Cavo interrato (come da normativa)	1496545,4	4384212,9
34	Corso d'acqua episodico	Trenchless / Cavo interrato	1503014,9	4388693,7

LEGENDA OPERE DI PROGETTO

- WTC DI PROGETTO
- TRACCIATO DEL CAVODOTTO DI CONNESSIONE
- PUNTO DI INTERFERENZA CON ELEMENTI IDRICI



REV.	DESCRIZIONE	APP.	DATA
0			

Montana  
S.p.A.

GIUDECCA WIND S.R.L.  
VIA FRIULI VENEZIA GIULIA 75, 30030 PIANIGA (VE)  
C.F. 04692700276

Progetto: WIND FARM GIUDECCA - IMPIANTO EOLICO DA 72 MW  
Comune di Mandas, Gergeri e Villanovafranca (SU)

Rev. 01 - 27/09/2018 - GIUDECCA\_WIND\_T02\_REV01\_ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI

Rev. 01 - 27/09/2018 - GIUDECCA\_WIND\_T02\_REV01\_ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI