



AGOSTO 2022

TORCELLO WIND S.r.l.

IMPIANTO EOLICO TORCELLO

PROVINCIA DI VITERBO

COMUNE DI BAGNOREGIO E LUBRIANO

Montagna

ELABORATO R23

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Progettista

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

Coordinamento

Corrado Pluchino

Codice elaborato

2799_4680_R05_Rev0_Relazione idraulica idrologica



Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2799_4680_R23_Rev0_Relazione idraulica idrologica	07/2022	Prima emissione	G.d.L.	C. Pluchino	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	Coordinamento Progettazione	Ord. Ing. Prov. MI n. A27174
Daniele Crespi	Coordinamento SIA	
Riccardo Festante	Tecnico competente in acustica	ENTECA n. 3965
Mauro Aires	Ingegnere Civile – Progettazione Strutture	Ord. Ing. Prov. Torino – n. 9583J
Matteo Lana	Ingegnere Ambientale	
Giuseppe Ferranti	Architetto – Progettazione Civile	Ord. Arch. Prov. Palermo – Sez. A Pianificatore Territoriale n. 6328
Sergio Alifano	Architetto	
Fabio Lassini	Ingegnere Civile Idraulico – Progettazione Civile	Ord. Ing. Prov. MI n. A29719
Vincenzo Gionti	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	
Andrea Fronteddu	Ingegnere Elettrico – Progettazione Elettrica	Ord. Ing. Cagliari n. 8788 – Sez. A

Montana S.p.A.

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

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

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com





Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Matthew Pisccedda	Esperto in Discipline Elettriche	
Davide Lo Conte	Geologo	Ordine Geologi Umbria n.445
Riccardo Baecker	Ingegnere Ambientale	
Elena Comi	Biologa – Esperto GIS – Esperto Ambientale	Ord. Nazionale Biologi n. 060746 Sez. A
Matteo Cuda	Naturalista	
Marco Corrù	Architetto	
Francesca Jaspardo	Esperto Ambientale	
Fabrizio Columbro	Ingegnere Ambientale	
Luca Morelli	Ingegnere Ambientale	



INDICE

1. PREMESSA	6
2. DATI DI RIFERIMENTO	7
2.1 MODELLO DIGITALE DEL TERRENO (DTM) DELLE AREE INTERESSATE	7
2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO	7
3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	8
3.1 COPERTURA DEL SUOLO	9
3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	9
3.2.1 Geologia e geomorfologia	9
3.2.2 Idrogeologia	10
3.3 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO.....	10
3.3.1 Idrografia superficiale	10
3.3.2 Il bacino del Fiume Tevere	11
3.3.3 Il bacino del Fiume Marta.....	11
4. STATO DI PROGETTO	13
4.1 AEROGENERATORI	13
4.2 VIABILITÀ.....	13
4.3 PIAZZOLE	13
5. STUDIO PRELIMINARE DELLA COMPATIBILITÀ E INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO	15
5.1 PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)	15
5.2 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI DEL DISTRETTO DELL'APPENNINO CENTRALE (PGRAAC).....	16
5.3 INVARIANZA IDRAULICA.....	18
5.4 CONCLUSIONI	20
6. STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO	21
6.1 CRITERI DI PROGETTO	21
6.2 CALCOLI IDROLOGICI	22
6.2.1 Considerazioni climatiche.....	22
6.2.2 Scelta del tempo di ritorno.....	22
6.2.3 Analisi probabilistica delle precipitazioni intense	22
6.2.4 Valutazione della pioggia efficace (netta)	27
6.2.5 Valutazione post-operam e fase di cantiere	28
6.2.6 Modello di trasformazione afflussi/deflussi – stima delle portate di progetto post-operam	28
6.2.7 Calcolo del volume di invaso	29
6.3 CALCOLI E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI	30
6.3.1 Fosso di guardia e tubazioni	30
6.3.2 Trincea drenante.....	31
6.4 SISTEMA DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE – VIABILITÀ.....	32
6.4.1 Sistema di gestione delle acque meteoriche: strade.....	32
6.4.2 Tipologico - fossa di guardia e tubazioni	34
6.4.3 Risoluzione delle interferenze con corsi d'acqua e solchi di drenaggio naturali.....	36
6.5 SISTEMA DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE - PIAZZOLE.....	37



6.5.1 Fase di cantiere/montaggio	37
6.5.2 Piazzole definitive	38
6.5.3 Trincee drenanti.....	39
7. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	40
7.1 IDENTIFICAZIONE DELL'INTERFERENZA	40
7.2 INTERFERENZE CON STRADE DI CANTIERE	40
7.3 INTERFERENZA CON LINEA DI CONNESSIONE.....	42
7.4 INTERFERENZE CON PIAZZOLE DI CANTIERE	45
8. CONCLUSIONE	46

ALLEGATI

ALLEGATO 01 - Planimetria drenaggio e scarichi acque meteoriche



1. PREMESSA

Il presente documento riporta lo studio di compatibilità idraulica per la realizzazione del Parco Eolico “Torcello” sito nei comuni di Bagnoregio (VT) e Lubriano, 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 dei Piani stralcio di bacino per l’Assetto Idrogeologico (PAI) considerati, ossia quello relativo al fiume Tevere e quello redatto dall’Autorità dei bacini del Lazio, e del Piano di Gestione Rischio Alluvioni dell’Appennino Centrale (PGR AAC). Nello specifico, il sito ricade nei bacini del Tevere e del Marta.

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 dello stesso 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 ricettore finale).

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

- analisi delle piogge, eseguita utilizzando le indicazioni riportate sul progetto Valutazione Piene (VAPI) del Gruppo Nazionali Difesa Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI);
- 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 e, ove necessario, di laminazione delle stesse.

Lo studio idrologico idraulico mostra anche il drenaggio delle acque in corrispondenza delle strade e delle piazzole di progetto e la risoluzione di interferenze tra idrografia e strade mediante creazione di sottopassi tali da garantire la continuità fluviale per tempi di ritorno di 100 anni.



2. DATI DI RIFERIMENTO

2.1 MODELLO DIGITALE DEL TERRENO (DTM) DELLE AREE INTERESSATE

Attraverso il portale online Tinitaly è stato ottenuto il modello digitale del terreno con una risoluzione spaziale 10x10 metri dell'intera area di progetto: nello specifico, sono state estratte ed elaborate le aree identificate con codice W47075, W47070 e W46570.

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;
- Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Tevere, adottato in II adozione con delibera n. 114 del 5 Aprile 2006 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Tevere;
- Autorità dei Bacini Regionali del Lazio – Piano stralcio per l'assetto idrogeologico, approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 17 del 04/04/2012
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Appennino Centrale (PGRAAC) previsto dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D.Lgs. 49/2010;
- 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.](https://doi.org/10.13127/TINITALY/1.0)
- Gruppo Nazionale Per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche - Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia.
- Deliberazione n.117 24/03/2020 Regione Lazio "Approvazione delle "Linee Guida sulla invarianza idraulica nelle trasformazioni territoriali" - D.lgs 49/2010 "Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni"

3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

L'impianto di progetto prevede l'installazione di n. 7 aerogeneratori della potenza da 6,0 MW per una potenza totale di 42 MW, unitamente ad un cavidotto di MT interrato, da una Stazione MT/AT Utente, dalla viabilità di servizio interna, dalle reti tecnologiche per il controllo del parco e dalle opere di regimentazione delle acque meteoriche.

L'impianto in esame sarà del tipo collegato in rete e funzionerà quindi in parallelo alla rete elettrica nazionale.

L'intera area di realizzazione del parco in esame è ubicata in zone al di fuori dei centri abitati limitrofi e, per quanto riguarda l'area produttiva di installazione degli aerogeneratori, si estende in parte nel territorio comunale di Lubriano (torre B01 e torre B02) e in parte nel territorio del comune di Bagnoregio (torre B03÷B07).

La sottostazione di trasformazione sarà ubicata nel territorio comunale di Viterbo mentre la linea di connessione attraverserà, oltre ai comuni in cui sono posizionate le piazzole anche i territori comunali di Montefiascone, Celleno e Viterbo.

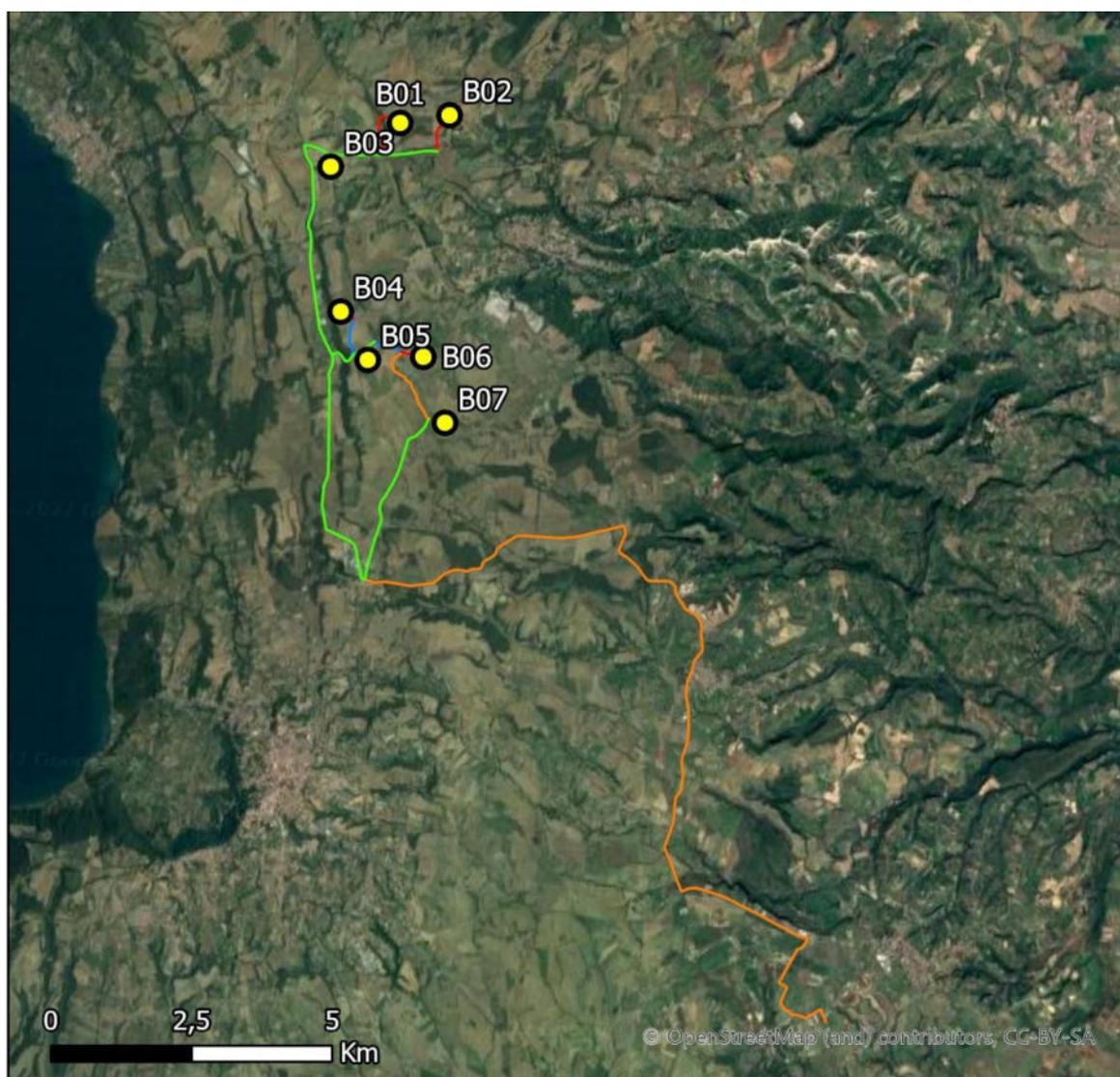


Figura 3.1: Inquadramento generale dell'area di progetto e della viabilità (rosso=pista di accesso; blu=secondaria; verde=principale) e della connessione (linea arancione). In giallo è evidenziata la posizione degli aerogeneratori

3.1 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, rappresentata in Figura 3.2; tali informazioni sono state reperite dalla carta degli usi del suolo della regione Lazio.

L'area di interesse ha un'elevazione compresa tra i 474 e i 624 m.s.l.m. Il suolo interessato dalle opere di progetto è prevalentemente occupato da seminativi semplici in aree non irrigue.

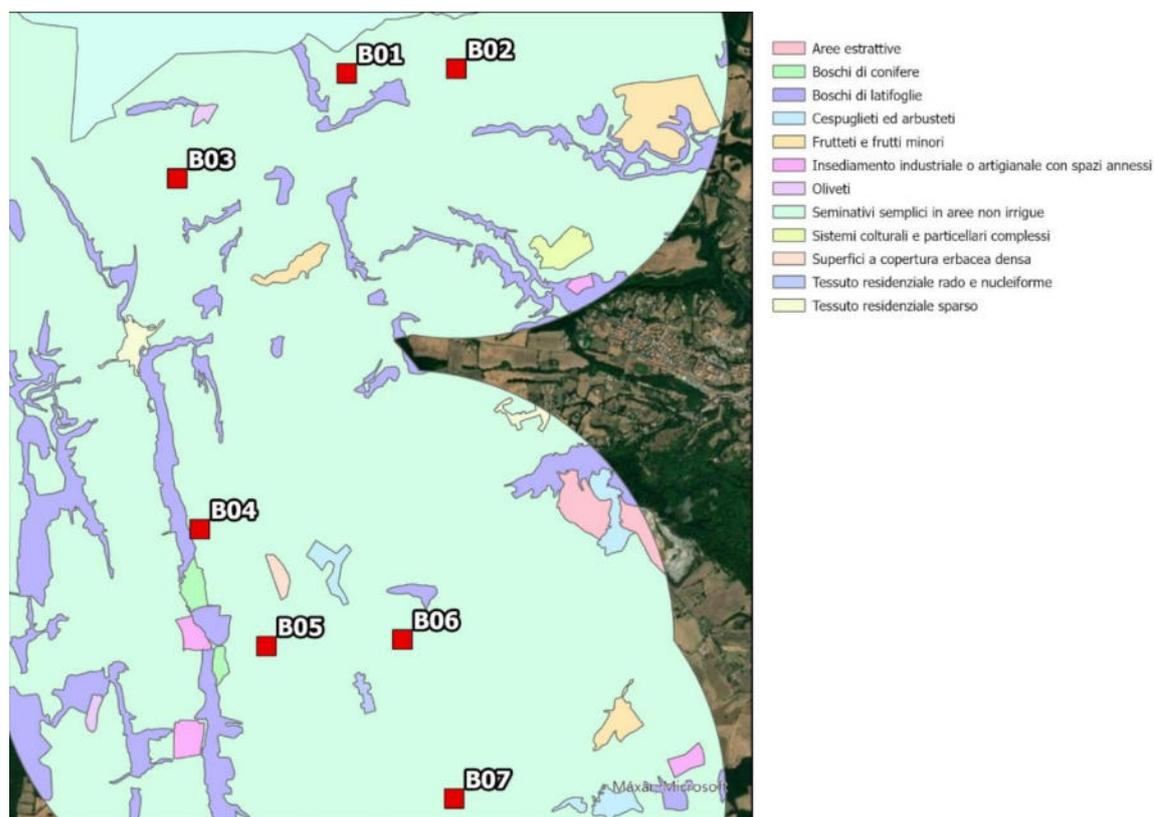


Figura 3.2: Uso del suolo nell'intorno del layout di progetto.

3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

3.2.1 Geologia e geomorfologia

Sotto il punto di vista geomorfologico la zona in esame si colloca lungo un terrazzo morfologico inserito nell'ampia zona dell'altopiano Vulsino, nella porzione sommitale del plateau, ed è caratterizzata da forme molto addolcite su cui si riconoscono modeste inflessioni, in corrispondenza delle piccole incisioni delle aste idriche secondarie, che vengono a modellare solo in maniera estremamente blanda il paesaggio.

Il paesaggio, nel complesso, è quello tipico dell'altopiano vulcanico dell'apparato Vulsino, caratterizzato da un andamento dolce, sia in termini di elevazione altimetrica che di pendenze, delle forme. I morfotipi prevalenti sono rappresentati da blande collinette, solitamente allungate in direzione delle antiche colate, separate da blandi compluvi in cui si imposta il locale reticolo idrografico che, talora, si sviluppa lungo le direzioni di contatto litologico.

Considerate le favorevoli condizioni morfologiche, praticamente pianeggianti e vista per la notevole distanza rispetto al più prossimo corso d'acqua e tenuto conto delle caratteristiche di resistenza



complessive dei materiali in presenza, non si rilevano elementi geomorfici evolutivi in grado di interferire con le strutture in oggetto, che vengono ad inserirsi in un'area stabile.

Pertanto, l'assetto morfologico generale dell'area, nonché le caratteristiche di resistenza dei terreni in presenza, evidenziano una sostanziale stabilità dell'area e, nel dettaglio dell'opera, i lavori non interferiranno con la stabilità dell'area.

3.2.2 Idrogeologia

Da un punto di vista idrogeologico, il Lazio presenta una notevole ricchezza, per quantità e qualità, di risorse idriche sotterranee che svolgono un ruolo determinante ai fini dell'approvvigionamento idrico, assicurando la maggior parte delle forniture idriche, in particolare quella civile ed idropotabile il cui fabbisogno è infatti soddisfatto quasi totalmente da sorgenti e pozzi.

Sul territorio regionale sono stati individuati e perimetrati 66 complessi idrogeologici, di cui 47 possono essere definiti "corpi idrici sotterranei" ai sensi di quanto previsto dal D.Lgs 30/2009.

L'idrogeologia della zona è caratterizzata dalla presenza delle formazioni vulcaniche appartenenti al complesso vulcanico vulsino. La potenzialità dell'acquifero basale delle vulcaniti dipende oltre che dal generale afflusso proveniente dalle aree a monte, anche dalla paleomorfologia sepolta del basamento impermeabile sedimentario. Infatti, ove questo risulta più approfondito vi è un maggiore spessore di materiali vulcanici ed un maggiore spessore dell'acquifero. Dove invece, il basamento sedimentario forma delle zone di alto sepolte, lo spessore delle vulcaniti e quindi dell'acquifero tende a diminuire drasticamente, fino a volte, a scomparire.

L'acquifero locale sembra costruito da un'unica falda di notevole potenzialità che da rilevazioni effettuate nell'area si è riscontrato che il livello della falda di base, si pone ad una profondità dell'ordine di 50 m dal p.c. come confermato anche Tav. 034 della Carta delle Isopieze dello studio redatto a corredo del PTPG del territorio provinciale (Assessorato Ambiente settore Tutela delle Acque), essendo la quota del piano campagna media di circa 570 m s.l.m. e la falda posta circa 320 m s.l.m., la soggiacenza della falda principale (profondità della superficie piezometrica misurata a partire dal piano campagna) è di circa 50 m.

I litotipi affioranti nell'area in esame, presentano nel complesso caratteristiche di permeabilità per porosità e fatturazione medio-alta, l'andamento della falda freatica di base è omogeneo ed in direzione ovest - est.

In base alla modesta entità dell'intervento in progetto, si ritiene che esso non alteri le condizioni idrogeologiche attualmente in essere, e che esso abbia impatto pressoché nullo sull'equilibrio geomorfologico ed idrogeologico esistente.

3.3 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO

3.3.1 Idrografia superficiale

Il sistema idrologico della regione Lazio si sviluppa su 40 bacini idrografici. I più importanti sono il bacino del Tevere, il bacino del Liri-Garigliano, il bacino del Fiora, il bacino dell'Arrone e quello del Badino. Il reticolo idrografico delle acque superficiali interne presenta una notevole variabilità di ambienti idrici, con fiumi di rilievo come il Tevere, il Liri-Garigliano, l'Aniene e il Sacco, e corsi d'acqua con bacini significativi come il Fiora, il Marta, il Mignone, l'Arrone, l'Astura, il Salto, il Turano, il Velino, il Treja, il Farfa, il Cosa, l'Amaseno, il Melfa e il Fibreno. Al fine di assicurare un adeguato livello di protezione ambientale dei corpi idrici fluviali, nel territorio regionale sono stati individuati 43 corsi d'acqua di riferimento, scelti in base all'estensione del bacino imbrifero che sottendono e all'importanza ambientale e/o socio-economica che rivestono. Tali corsi d'acqua vengono costantemente monitorati per poter esprimere un giudizio di qualità sul loro stato ambientale e verificare il rispetto della normativa.



Le torri B03 e B04 rientrano nel bacino del fiume Marta, mentre le torri B01, B02, B05, B06 e B07 ricadono nel bacino del fiume Tevere.

3.3.2 Il bacino del Fiume Tevere

Il bacino del Tevere risulta avere una superficie di circa 17.500 Km², occupando buona parte dell'Appennino centrale ed interessando principalmente due regioni, Lazio e Umbria, nelle quali si concentra quasi il 90% dell'intero territorio del bacino. La restante parte di territorio ricade in Emilia Romagna, Toscana, Marche e Abruzzo.

L'orografia del bacino risulta caratterizzata dai rilievi montuosi appenninici, aventi orientamento NordOvest - SudEst, che raramente, soltanto nei settori orientale e sud-orientale, superano le quote di 1.500m s.l.m. Procedendo da Est verso Ovest, le stesse catene montuose passano a rilievi più dolci, fino a vere e proprie colline come quelle nei dintorni del lago Trasimeno, dell'area di Perugia e le colline che bordano la media e bassa valle del Tevere.

Da un punto di vista idrografico il bacino si articola in: asta principale del Tevere, affluenti principali e relative diramazioni di maggiore importanza, reticolo secondario. L'asta principale del fiume Tevere va dalla sorgente, sul M. Fumaiolo, alla foce, nei pressi di Fiumicino, con andamento sinuoso che piega prima verso est e poi verso ovest, per ritornare poi ad oriente con un'ultima ansa.

3.3.3 Il bacino del Fiume Marta

Il fiume Marta è l'unico emissario naturale del lago di Bolsena e nasce dal porto dell'omonimo centro abitato di Marta (VT) sulla sponda meridionale del lago, dal quale il fiume prende il nome. Il fiume, durante il suo percorso, sfiora poi la cittadina di Tuscania e sfocia dopo 54 km di tragitto nel Mar Tirreno nei pressi di Tarquinia.

Lungo il suo corso riceve l'acqua di alcuni affluenti. Quelli di destra, specialmente nel periodo estivo, hanno una portata esigua e sono: il Fosso dell'Acquerella che presso San Savino forma la pittoresca cascata di Salombrona con un salto di circa 10 metri; il Fosso Capecchio che ha origine dal monte Starnina presso Valentano; il Mignattaro e il Leona.

Gli affluenti di sinistra hanno maggiore importanza e sono: il Catenaccio, lungo 18 Km, le cui ramificazioni si raccolgono a sud del crinale dei monti Volsini che, presso Rocca Respampani, si congiunge con il Traponzo; il Leia (19 Km) che riceve tutti i piccoli corsi d'acqua della Piana di Viterbo, compresi il Risiere e le sorgenti del Bulicame; il Biedano (22 Km) che si origina sulle alture di Barbarano Romano, attraversa Blera e si arricchisce delle acque di numerosi fossi tra i quali il Rigonero (17 Km).

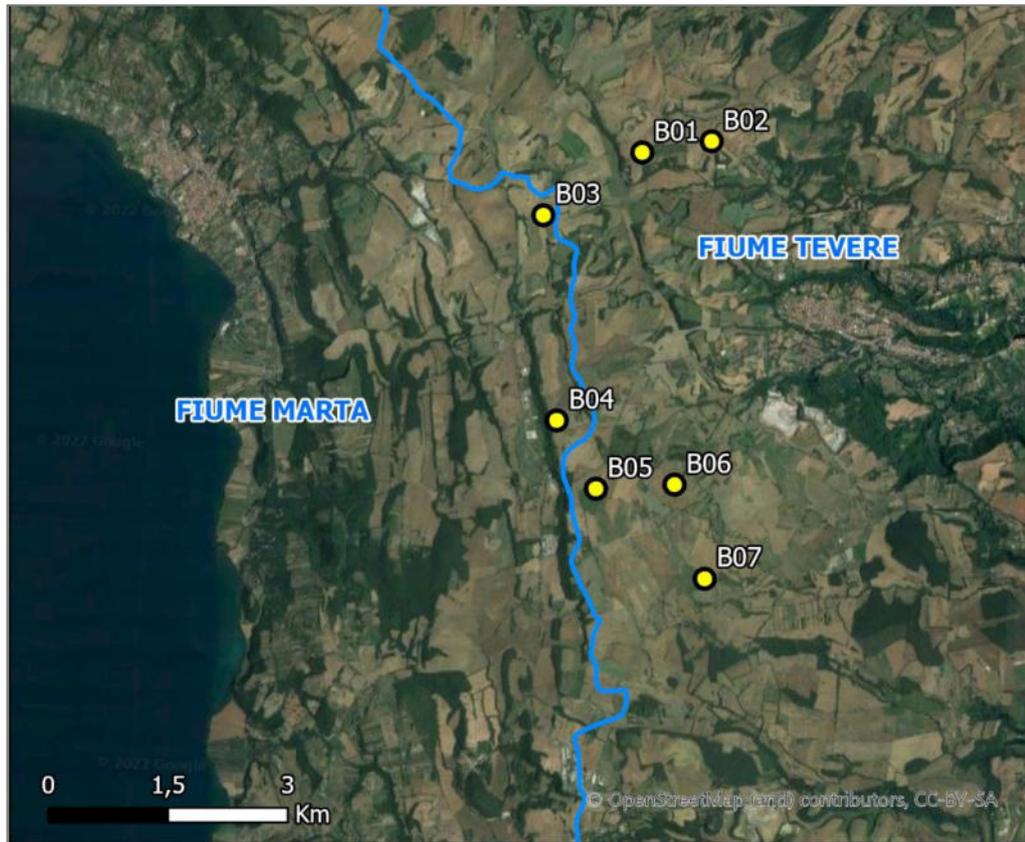


Figura 3.3: Identificazione die bacini idrografici nell'area di progetto.



4. STATO DI PROGETTO

4.1 AEROGENERATORI

Le opere di progetto riguardano la realizzazione di strade di accesso e piazzole per l'installazione di n.7 aerogeneratori dalla potenza nominale di 6MW, per una potenza totale di 42 MW. Il modello scelto è il Siemens-Gamesa.

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 del diametro di 22 m ed un'altezza massima di 3,86 m, suddivisi in una parte inferiore cilindrica (h = 1,60 m), una intermedia troncoconica (h = 0,80 m), ed una superiore cilindrica di altezza 1,10 m (sopralzo o colletto) che sporge dal piano campagna di circa 13 cm. Il diametro alla base della torre, invece, sarà pari a 6 m, il che le conferirà un'area di base pari a circa 28 m².

L'altezza del mozzo sarà di 115 m dal piano campagna ed un diametro massimo del rotore di 170 m.

La platea di fondazione sarà poi ricoperta con terreno arido drenante che si rinverdirà spontaneamente.

4.2 VIABILITÀ

La viabilità interna al parco eolico sarà costituita da una serie di infrastrutture, in gran parte esistenti e adeguate alle attività previste, in parte da adeguare e/o da realizzare ex-novo, che consentiranno di raggiungere agevolmente tutte le postazioni in cui verranno installati gli aerogeneratori.

Le strade previste saranno definitive, supportando anche l'attività di trasporto materiali e mezzi e integrando la viabilità esistente.

Saranno anche realizzati opportuni allargamenti degli incroci stradali per consentire la corretta manovra dei trasporti eccezionali. Detti allargamenti saranno rimossi o ridotti, successivamente alla fase di cantiere, costituendo delle aree di "occupazione temporanea" necessarie appunto solo nella fase realizzativa.

La viabilità di progetto interna al parco eolico avrà una larghezza netta della carreggiata pari a 5,00 m. La strada sarà costituita da un cassonetto stradale in tout venant compattato o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente costipato di spessore totale 40 cm e di uno strato di finitura in ghiaia/pietrisco stabilizzato o materiale di recupero proveniente dagli scavi, opportunamente vagliato sp. medio 10 cm.

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.

Le strade saranno in materiale permeabile e nella maggior parte dei casi saranno create lungo percorsi esistenti sterrati o a pratica agricola.

Per tali opere si fa riferimento al paragrafo 6.1 per i criteri di progetto, e al paragrafo 6.4 per i dimensionamenti idraulici.

4.3 PIAZZOLE

Ogni torre sarà corredata da due tipologie di piazzole, una di tipo permanente che andrà ad interessare l'area adiacente ad ogni torre, per consentire la manutenzione degli aerogeneratori stessi e una seconda necessaria alla fase di cantiere e montaggio: quest'ultima comprenderà, a sua volta, due diverse tipologie, denominate "partial storage" e "just in time", che prevedono diverse metodologie di montaggio e stoccaggio degli elementi.

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.



Le piazzole di montaggio dei vari componenti degli aerogeneratori sono poste in prossimità degli stessi e devono essere realizzate in piano o con pendenze minime (dell'ordine del 1-2% al massimo) che favoriscano il deflusso delle acque e riducano i movimenti terra.

Le piazzole saranno realizzate con materiali selezionati dagli scavi, adeguatamente compattati per assicurare la stabilità della gru, e dimensionate in modo tale da contenere un'area sufficiente a consentire sia lo scarico che lo stoccaggio dei vari elementi dai mezzi di trasporto, sia il posizionamento delle gru (principale e secondarie).

Alla fine della fase di cantiere le dimensioni delle piazzole saranno ridotte a 50 x 30 m, per consentire la manutenzione degli aerogeneratori stessi, mentre la superficie residua sarà rinverdita e mitigata.

La piazzola di cantiere sarà al termine dei lavori oggetto di opere a verde di creazione di prato.

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 tale da garantire l'invarianza idraulica dell'area definitiva.

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.



5. STUDIO PRELIMINARE DELLA COMPATIBILITÀ E INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO.

5.1 PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Il Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino Regionale del Lazio è stato approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 17 del 4 Aprile 2012.

Il PAI si configura come lo strumento di pianificazione territoriale attraverso il quale l'Autorità di Bacino si propone di determinare un assetto territoriale che assicuri condizioni di equilibrio e compatibilità tra le dinamiche idrogeologiche e la crescente antropizzazione del territorio e di ottenere la messa in sicurezza degli insediamenti ed infrastrutture esistenti e lo sviluppo compatibile delle attività future. Il confronto successivo all'adozione, in sede di conferenze programmatiche, secondo l'iter previsto dalla L.365/00, ha permesso poi di tarare le soluzioni proposte rispetto alle attese di sviluppo delle popolazioni del bacino.

Il PAI persegue il miglioramento dell'assetto idrogeologico del bacino attraverso interventi strutturali (a carattere preventivo e per la riduzione del rischio) e disposizioni normative per la corretta gestione del territorio, la prevenzione di nuove situazioni di rischio, l'applicazione di misure di salvaguardia in casi di rischio accertato. Ciò secondo tre linee di attività:

- il Rischio idraulico (aree inondabili delle piane alluvionali),
- il Rischio geologico (dissesti di versante e movimenti gravitativi),
- l'efficienza dei bacini montani in termini di difesa idrogeologica.

Il Piano è stato infatti sviluppato sulle seguenti linee di attività:

- l'individuazione della pericolosità da frana e la perimetrazione delle situazioni di maggior rischio;
- l'individuazione della pericolosità e del rischio idraulico con riferimento al reticolo principale, secondario e minore, attraverso la perimetrazione delle aree inondabili per diversi tempi di ritorno e la valutazione del rischio degli elementi esposti;
- la valutazione dell'efficienza idrogeologica dei versanti del bacino, con riferimento a 181 sottobacini considerati come unità territoriali di riferimento;
- l'analisi dei trend delle dinamiche idrogeologiche e dell'antropizzazione del territorio onde individuare le maggiori criticità e delineare le priorità di intervento;
- la definizione di un complesso di interventi a carattere strutturale e normativo.

L'area in oggetto è interessata da due PAI differenti, in quanto il sito risulta essere interessato da due bacini, ossia il bacino del Tevere e quello del Marta: per il primo vige il PAI dell'Autorità di bacino omonima, mentre per il secondo vige quello dell'Autorità dei bacini Laziali. La principale differenza tra i suddetti piani consiste nella definizione della fascia di pericolosità idraulica massima (fascia A): infatti, tale informazione viene definita per un tempo di ritorno pari a 50 anni nel PAI relativo al bacino del Tevere, mentre viene definita per un tempo di ritorno di 30 anni per il PAI dei bacini Laziali. Le rimanenti fasce, ossia quella di rischio medio (B) e basso (C), sono entrambe definite per un tempo di ritorno di ritorno, rispettivamente, di 200 e 500 anni.

Per quanto riguarda il rischio idraulico, sono definite, per entrambi i Piani interessati, aree a Rischio R4- molto elevato, R3-elevato ed R2-medio per le quali sono previsti disposizioni tecnico-normative che disciplinano l'uso delle aree a rischio, interventi strutturali di difesa idraulica e delocalizzazioni.

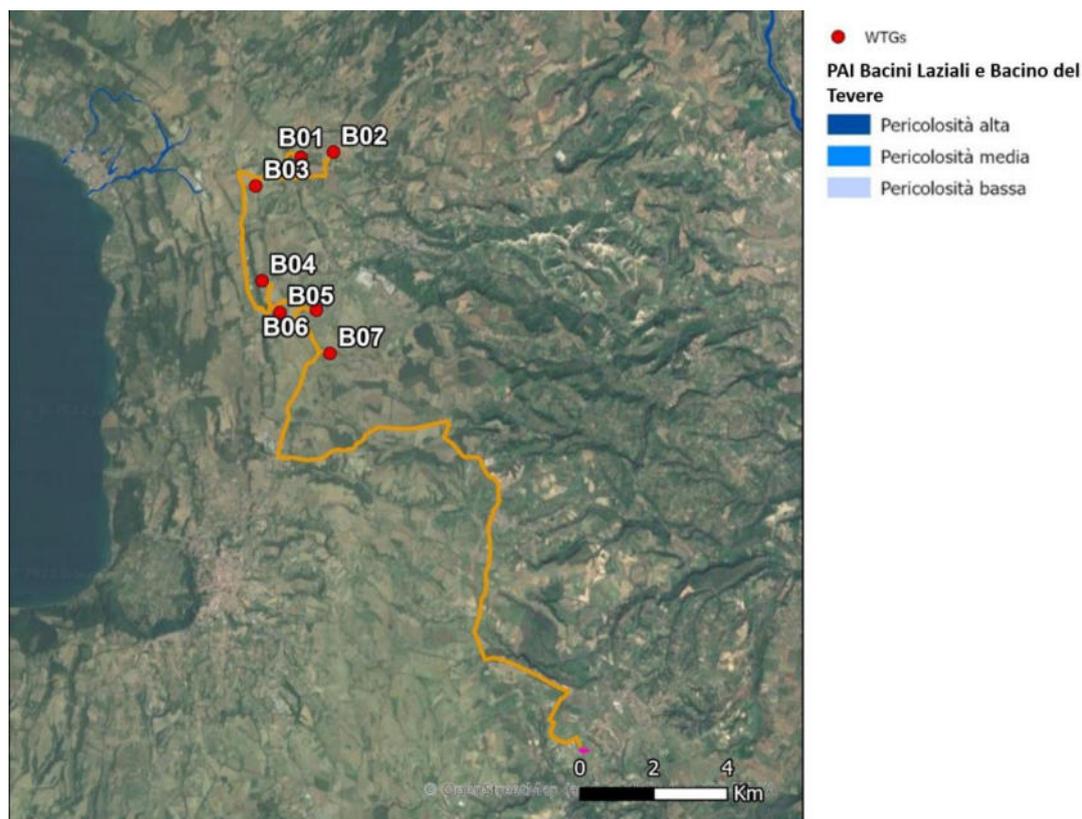


Figura 5.1: PAI, fasce di pericolosità idraulica. In arancione il tracciato di connessione alla SE.

Come si evince dalla cartografia riportata in Figura 5.1, il sito in oggetto e la relativa connessione dello stesso alla rete nazionale non sono interessate da nessuna delle fasce di rischio individuate dal PAI vigente.

5.2 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI DEL DISTRETTO DELL'APPENNINO CENTRALE (PGRAAC)

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, redatto in forza della direttiva 2007/60 recepita nell'ordinamento italiano dal D. lgs. n. 49/2010, è stato approvato dal Presidente del Consiglio dei Ministri con DPCM Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 28 del 3 febbraio 2017.

Il Piano è stato preceduto, come previsto dalle normative sopra ricordate, da una lunga fase di attività preparatorie tra le quali – la più importante – la fase di mappatura della pericolosità e del rischio del Distretto idrografico dell'Appennino centrale.

L'articolazione territoriale del Distretto è stata definita con il D. Lgs 152/2006 e comprendeva allora:



- Tevere, già bacino nazionale ai sensi della legge n. 183 del 1989;
- Tronto, già bacino interregionale ai sensi della legge n. 183 del 1989;
- Sangro, già bacino interregionale ai sensi della legge n. 183 del 1989;
- Bacini del Lazio, già bacini regionali ai sensi della legge n. 183 del 1989;
- Bacini dell'Abruzzo, già bacini regionali ai sensi della legge n. 183 del 1989;
- Potenza, Chienti, Tenna, Ete, Aso, Menocchia, Tesino e bacini minori delle Marche, già bacini regionali ai sensi della legge n. 183 del 1989.

Il Piano è stato quindi elaborato per questo territorio con le relative mappe di pericolosità e di rischio.

Solo successivamente la L.221/2015 ha modificato l'articolazione dei distretti idrografici precedentemente definiti con il D.Lgs. 152/2006 assegnando al Distretto dell'Appennino i bacini dei seguenti fiumi che appartenevano fino ad allora al Distretto dell'Appennino settentrionale:

- Fiora, già bacino interregionale ai sensi della legge 18 maggio 1989, n. 183;
- Foglia, Arzilla, Metauro, Cesano, Misa, Esino, Musone e altri bacini minori, già bacini regionali ai sensi della legge 18 maggio 1989, n. 183;

Le relative mappe ed il Piano di questi territori sono quindi stati elaborati dall'Autorità di Distretto dell'Appennino settentrionale e sono in corso le procedure di acquisizione.

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale è stato adottato il 17 dicembre 2015 con deliberazione n. 6 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, costituito ai sensi dell'art.12, comma 3, della legge n. 183/1989 e integrato dai componenti designati dalle Regioni il cui territorio ricade nel Distretto Idrografico non già rappresentante nel medesimo Comitato.

Il Piano è stato sottoposto alla Valutazione Ambientale Strategica, nel rispetto di quanto previsto dal D.Lgs. 152/2006. Sulla base del parere della Commissione Tecnica VIA-VAS n. 1934 del 4 dicembre 2015 e del parere del Ministero per i beni e le attività culturali e del turismo prot. n. 1656 del 22 gennaio 2016 è stata predisposta la Dichiarazione di sintesi e l'iter della VAS si è concluso con l'emissione del decreto del Ministro dell'Ambiente, reso di concerto con il Ministro dei beni e delle attività culturali e del turismo, n. DEC/MIN/49 del 2 marzo 2016, con il quale è stato espresso parere motivato positivo di compatibilità ambientale sul PGRAAC.

Il Piano è stato successivamente approvato il 3 marzo 2016, con deliberazione n. 9, dal Comitato istituzionale ed il 27 ottobre 2016 dal Presidente del Consiglio dei Ministri con DPCM Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 28 del 3 febbraio 2017 recante "approvazione del piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Centrale".

Il secondo ciclo di pianificazione del Piano di gestione del rischio alluvioni del distretto dell'Appennino centrale è effettuato in applicazione del comma 3 dell'art. 12 del D.Lgs. 49/2010 che prevede l'aggiornamento di detti strumenti di pianificazione entro il 22 settembre 2021 e, successivamente, ogni sei anni.

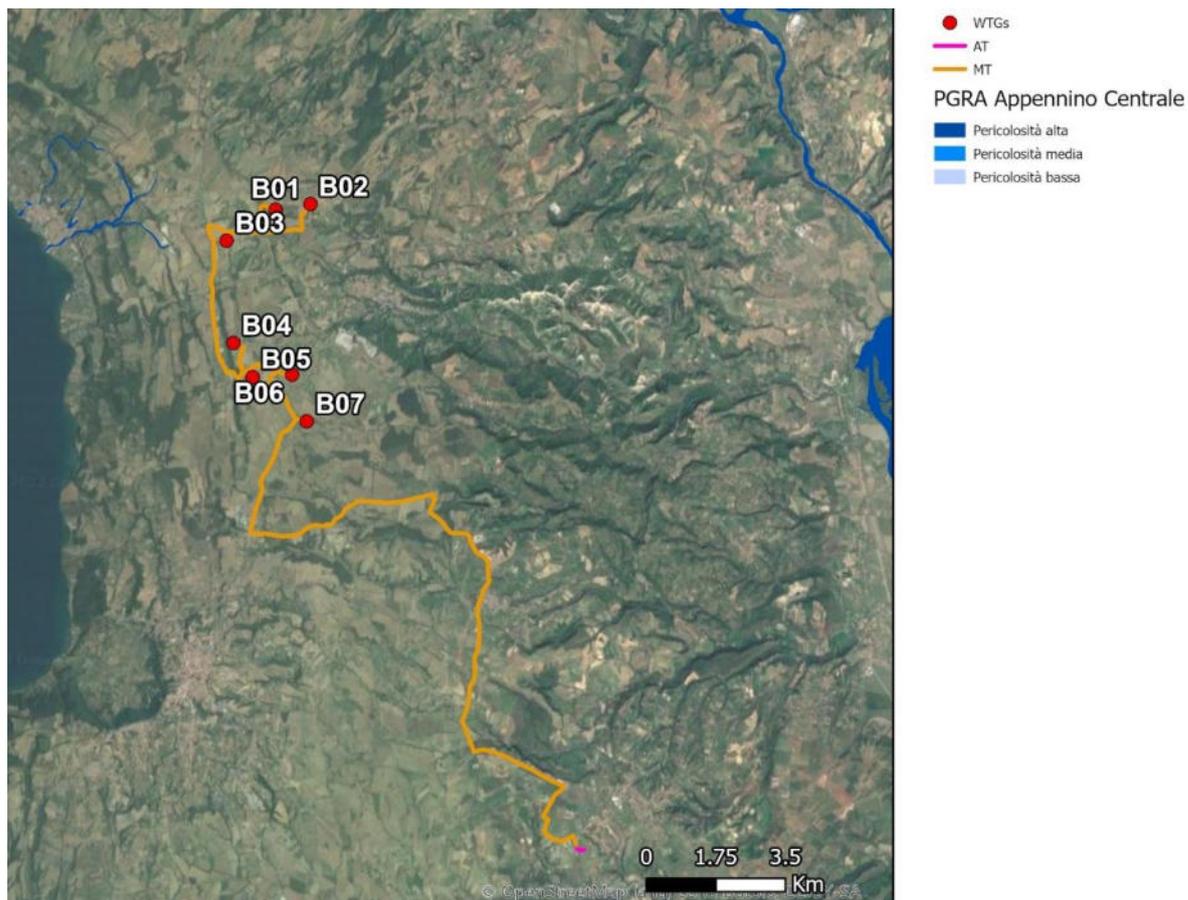


Figura 5.2: Piano di gestione del Rischio Alluvioni del distretto dell'Appennino Centrale. In arancione il tracciato MT di connessione alla SE.

Come si evince dalla cartografia in Figura 5.2, le opere in progetto, sia per quanto riguarda la viabilità che per quanto riguarda il tracciato di connessione, non rientrano nelle fasce di pericolosità definite nel PGRAAC.

5.3 INVARIANZA IDRAULICA

Nel contesto della regione Lazio, l'attuazione delle linee guida per l'invarianza idraulica è stata approvata in data 24 marzo 2020 con la deliberazione n.117 "Approvazione delle Linee Guida sulla invarianza idraulica nelle trasformazioni territoriali" - D.lgs 49/2010, Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.

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 incaricarsi, 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.

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, è posto ad una quota del piano campagna variabile da 0,97 metri a 2,8 metri, 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.

Pertanto, le aree di piazzola si possono considerare permeabili, ad eccezione della frazione areale interessata dalla torre della turbina eolica, pari a 28,3 m²: tale frazione rappresenta il 2% della superficie totale della piazzola permanente, pari a 1500 m², come meglio descritto in seguito nel paragrafo 6.5.2.

A favore di sicurezza si è previsto di implementare misure di mitigazione per il rispetto dell'invarianza idraulica sulle piazzole permanenti.

Considerando quindi la superficie della singola piazzola permanente pari a 0,15 ha (50 x 30 m), (*modesta impermeabilizzazione potenziale* - classe di intervento numero 2) porta normativa riporta, all'articolo 5 punto a), che "i volumi disponibili per la laminazione dovranno soddisfare i requisiti dimensionali di cui all'espressione [1] del paragrafo 4.2. , le luci di scarico dell'invaso (condotti o stramazzi) nel corpo idrico recettore di valle non dovranno superare le dimensioni di un tubo avente un diametro pari a 200 mm e i tiranti idrici consentiti nell'invaso dovranno esser tali da non risultare maggiori di 1,00 metro";

Il presente studio ha quindi verificato 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 e che l'attuazione del progetto rispetti i criteri normativi sopracitati.

Ai sensi della normativa vigente sull'invarianza idraulica si è reso necessario il calcolo del volume minimo di invaso, Le dimensioni del fosso e delle opere di invarianza idraulica sono presentante al paragrafo 6.4.2.

Ai fini del presente calcolo 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.

Le variabili "Imp" e "Per", necessarie per il calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale sono stati determinati sulla base delle suddette assunzioni.

In Tabella 5-1 è riportata una panoramica dei parametri adottati per il calcolo del volume minimo di invaso. Tale primo scenario considera interamente permeabile la piazzola definitiva e ipotizza un lieve incremento di permeabilità.

Tabella 5-1: calcolo del volume di laminazione necessario.

PARAMETRO	VALORE
W ₀ [m ³ /ha]	100
Imp ⁰ [%]	0
Per ⁰ [%]	100
Imp [%]	2
Per [%]	98
Φ ⁰ [-]	0.20



Φ [-]	0.21
I [%]	100
P [%]	0
W [m ³ /ha]	98.9
V [m³]	14.8

Pertanto, il volume di laminazione (V) disponibile risulta essere in linea con il volume minimo necessario a garantire l'invarianza idraulica presente nel fosso perimetrale.

Tuttavia, a favore di sicurezza, è stato effettuato anche il calcolo del volume di invaso, analogamente a quanto riportato in precedenza, mediante un coefficiente di deflusso medio ponderale cautelativo più rappresentativo del materiale utilizzato, scelto pari a **0,45**: tale coefficiente è stato scelto a seguito di calcoli e valutazioni sulla base del fatto che solamente lo strato superficiale della piazzola è realizzato in ghiaia/pietrisco stabilizzato, tout venant compattato oppure materiale di recupero proveniente dagli scavi costipato, mentre la stratigrafia sottostante è associabile ad un ambiente permeabile.

A fronte di un volume di invaso necessario pari a **69m³**, è stato scelto di prevedere la realizzazione di un ulteriore volume di laminazione mediante trincee drenanti poste al di sotto delle canalette perimetrali. Inoltre, per quanto riguarda lo scarico delle acque di laminazione, è stata prevista una tubazione DN200 in corrispondenza dell'invaso di laminazione relativo ad ogni piazzola. La planimetria degli scarichi delle acque meteoriche è consultabile nell'elaborato grafico **Allegato 01**

L'invarianza idraulica risulta quindi rispettata dal progetto in oggetto.

5.4 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 e nel Piano di Gestione Rischio Alluvioni.

Lo studio dei sopracitati Piani non ha individuato interferenze con le WTGs, né per quanto riguarda le opere in progetto, sia temporanee sia permanenti, né per il tracciato di connessione interno ed esterno all'impianto.

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

Si è valutato inoltre il rispetto dell'invarianza idraulica, secondo la deliberazione 24 marzo 2020 n.117 di Regione Lazio, 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.

Analizzando le opere in progetto, per quanto riguarda la viabilità, le strade saranno interamente permeabili, mentre le piazzole circondanti l'aerogeneratore e non interessate da rinverdimento, aventi area pari a 1500 mq, avranno una permeabilità minore rispetto all'ante-operam.

Secondo la normativa, 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, sulla base di assunzioni più cautelative riguardanti la permeabilità del materiale costituente la piazzola e della compattazione del piano di posa.



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.



6.2 CALCOLI IDROLOGICI

6.2.1 Considerazioni climatiche

Relativamente al bacino del fiume Tevere, questo può considerarsi interessato da un regime di tipo sublitoraneo appenninico, che si evidenzia con due valori massimi di precipitazione e due minimi, con il minimo estivo più accentuato di quello invernale ed il massimo autunnale maggiore di quello primaverile. La distribuzione della piovosità media annua è fortemente influenzata dall'orografia. Sullo spartiacque fra Tevere e corsi d'acqua marchigiani e abruzzesi, coincidente con le più elevate altitudini del bacino – e che per la maggior parte è anche dorsale appenninica – in particolare intorno ai monti più elevati, cadono le maggiori quantità di pioggia: superano 1200 mm sulla dorsale di Nord-est (monte Falterona, monte Bove) salgono a 1500 mm sul monte Vettore, monte Terminillo e a Sud su monte Viglio e tra monte Autore e monte Pellicchia. Ad Ovest le maggiori cellule di precipitazione coincidono con monte Amiata (1300 mm) e con i rilievi cimino-sabatini.

La distribuzione dei deflussi durante l'anno ha andamento analogo su tutto il bacino caratterizzata, da un unico massimo in febbraio (salvo il Paglia ad Orvieto e il Tevere a Passo S. Francesco che lo hanno in marzo) ed unico minimo in agosto.

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, secondo l'equazione (1)

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

Il tempo di ritorno per il calcolo della precipitazione di progetto è stato assunto pari a **30 anni**, coincidente con la durata della vita utile dell'impianto. In corrispondenza di interferenze delle strade di progetto con corsi d'acqua è stato adottato un tempo di ritorno pari a **100 anni** per la precipitazione di progetto.

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.



Il presente studio ha applicato la metodologia prevista dal Modello di Regionalizzazione delle piogge intense, impiegato nell'ambito del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Lazio, secondo la procedura VAPI (Valutazione delle Piene in Italia) sviluppato dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) per l'Italia centrale.

La procedura VAPI prevede l'utilizzo di un modello probabilistico a doppia componente (TCEV), secondo cui i valori estremi di una grandezza idrologica provengono da due diverse popolazioni: una degli eventi normali (componente bassa) ed un'altra dagli eventi eccezionali (outliers) legati a differenti fenomeni meteorologici.

Le elaborazioni relative all'applicazione di tale modello fanno riferimento ad una procedura di regionalizzazione gerarchica in cui i parametri sono stati valutati per scale regionali differenti. Il modello ha la generica forma (2):

$$i_d(T) = K_T \mu_{id}$$

Dove:

$i_d(T)$ = intensità di pioggia di durata d per un tempo di ritorno T ;

K_T = coefficiente di crescita per un tempo di ritorno T ;

μ_{id} = media annuale delle intensità di pioggia di durata d .

Il coefficiente di crescita K_T si calcola in base a delle elaborazioni statistiche effettuate sui dati al primo e secondo livello di regionalizzazione che, per la zona considerata fa riferimento al rapporto del GNDCI per l'Italia centrale (Sezioni idrografiche di Roma-Pescara).

Per il calcolo dell'intensità di pioggia in dipendenza della durata e del tempo di ritorno è stata utilizzata la formula (3):

$$i_d = K_T \mu_{i0} \left(\frac{b}{b+d} \right)^m$$

Dove:

b = è un parametro di trasformazione della scala temporale, indipendente sia dalla durata t , sia dal tempo di ritorno;

m = è un parametro adimensionale compreso tra 0 e 1, indipendente sia dalla durata, sia dal tempo di ritorno.

L'area interessata dallo studio riguarda i bacini di competenza dell'Ufficio di Roma del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN), ossia il bacino del Tevere e i bacini minori con foce nel tratto laziale del litorale Tirrenico, tra il fosso Tafone (incluso) e il fiume Garigliano (escluso).

Per tenere conto delle informazioni al contorno la regionalizzazione delle piogge è stata eseguita su un'area molto più ampia, che interessa un intero tratto dell'Italia Centrale, che si estende dal promontorio di Piombino alla foce del Garigliano sul Tirreno, e include i litorali marchigiano e abruzzese sull'Adriatico.

Su questo territorio sono state considerate 964 stazioni pluviometriche, di cui sono state raccolte le serie dei massimi annuali delle piogge giornaliere.



Al primo e al secondo livello di regionalizzazione sono state identificate tre regioni omogenee, in cui l'ipotesi della costanza del coefficiente di variazione e del coefficiente di asimmetria può essere accettata. Le regioni e l'area di progetto sono visibili in Figura 6.1 e sono così definite:

- *zona A (Tirrenica)*, che interessa la fascia del litorale tirrenico e si protende all'interno lungo le valli dei principali corsi d'acqua;
- *zona B (Appenninica)*, che interessa l'ampia fascia dell'Appennino propriamente detto, con le propaggini dei colli Albani, e i monti Lepini, Ausoni e Aurunci, nonché, separati da questa zona, i gruppi montuosi nell'entroterra tirrenico a nord-ovest del Tevere (i massicci dell'Amiata e del Cetona con i monti Vulsini; e i monti Cimini con i monti della Tolfa e i monti Sabatini);
- *zona C (Adriatica)*, che interessa una ristretta fascia del litorale adriatico e si protende con ristrette lingue lungo le valli dei corsi d'acqua.

I distretti di Roma e Pescara risultano suddivisi ulteriormente in un terzo livello di regionalizzazione, relativamente alle piogge intense, e risultano visibili insieme all'area di progetto in Figura 6.2.

Ciascuna zona della regionalizzazione (A, B o C) è caratterizzata come coefficiente di crescita per tempi di ritorno dalla evoluzione nella tabella seguente:

Tabella 6-1: Valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita K_T per le piogge giornaliere, per alcuni valori del tempo di ritorno T .

T (ANNI)	2	5	10	20	25	30	40	50	100
K_T (Zona A)	0.89	1.22	1.49	1.84	1.97	2.04	2.29	2.45	2.98
K_T (Zona B)	0.96	1.25	1.45	1.64	1.70	-	1.83	1.89	2.07
K_T (Zona C)	0.90	1.29	1.59	1.90	2.01	-	2.22	2.32	2.64

Per quanto riguarda il calcolo del coefficiente di crescita con tempo di ritorno pari a 30 anni, tempo scelto per il calcolo della precipitazione di progetto per le opere permanenti, tale valore è stato ottenuto dalla espressione semplificata ottenuta dai valori assunti dai parametri della distribuzione TCEV per la Zona A. Le espressioni semplificate delle Zone A, B e C sono le seguenti:

- *Zona A:* $K_T = -0.6086 + 0.779 \ln T$;
- *Zona B:* $K_T = 0.6419 + 0.289 \ln T$;
- *Zona C:* $K_T = 0.5296 + 0.459 \ln T$.

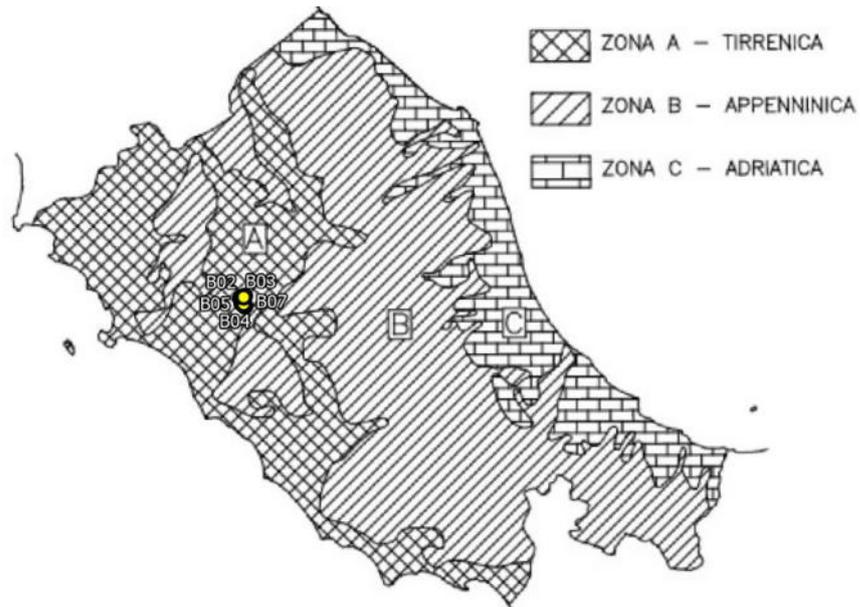


Figura 6.1: Aree pluviometriche omogenee, primo e secondo livello di regionalizzazione. In evidenza le WTGs di progetto.

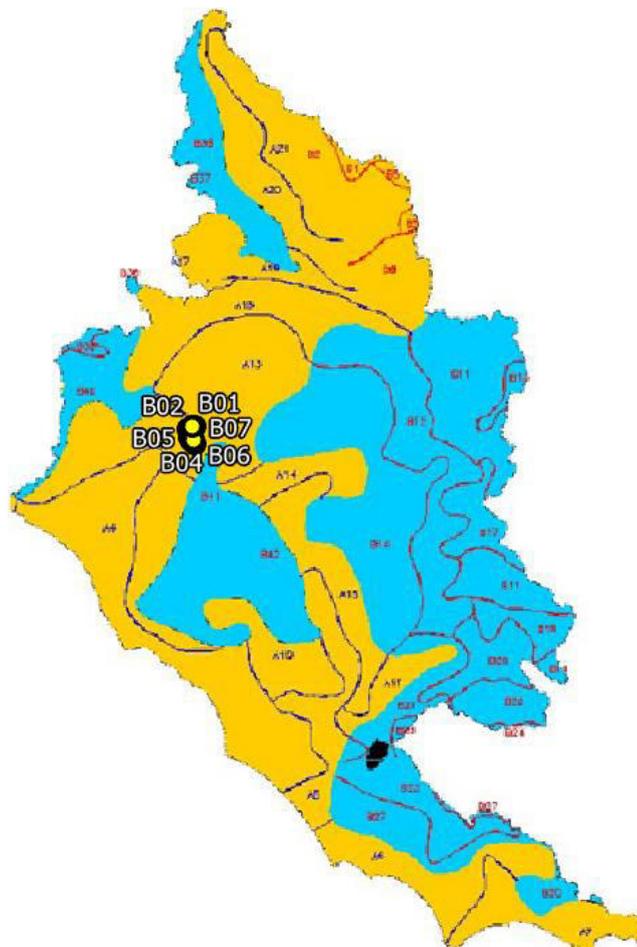


Figura 6.2: Aree pluviometriche omogenee, terzo livello di regionalizzazione. In evidenza le WTGs di progetto.

L'area di progetto ricade nella sottozona A9 del terzo livello di regionalizzazione, per il quale i parametri di regressione della media sulla quota e i parametri regionali delle relazioni IDF sono elencati rispettivamente in *Tabella 6-2* e *Tabella 6-3*.

Tabella 6-2: Parametri di regressione della media sulla quota, terzo livello di regionalizzazione.

SOTTOZONA	c [MM/M]	d [MM]
A9	0,02671	61,61

Tabella 6-3: Parametri al terzo livello di regionalizzazione delle relazioni IDF.

SOTTOZONA	b [h]	m	m_{10}/m_{24}
A9	0,1502	0,7555	46,45

Sulla base dei parametri precedentemente determinati è stato possibile determinare, per ciascun fissato tempo di ritorno Tr , l'intensità di pioggia per ciascuna durata.

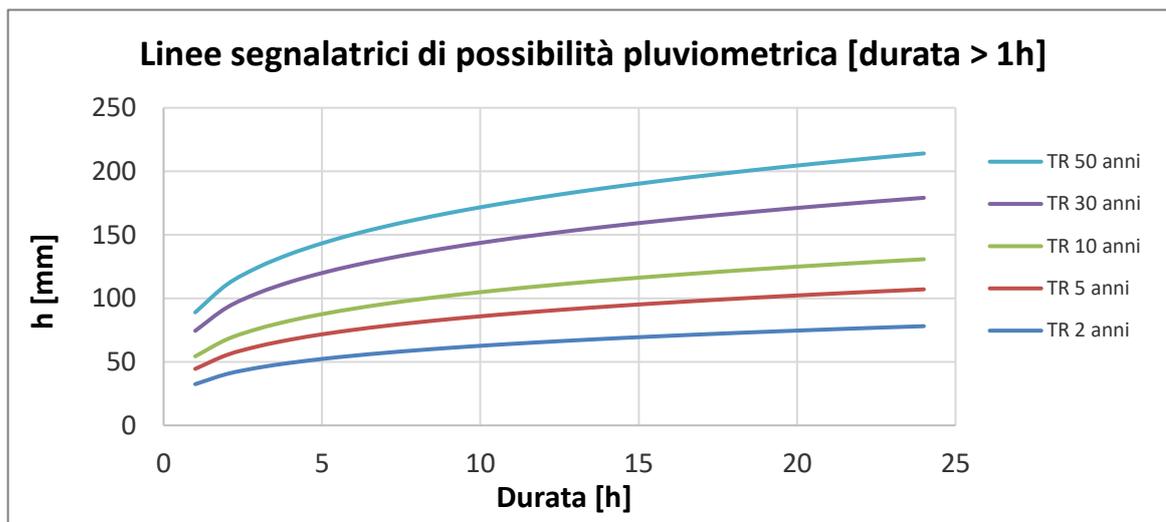


Figura 6.3: Curve di possibilità pluviometrica legate a diversi tempi di ritorno per durate di pioggia superiore ad 1 ora.

Tabella 6-4: Fattore di crescita e altezza di pioggia per le diverse durate per i diversi tempi di ritorno.

	TR 2 ANNI	TR 5 ANNI	TR 10 ANNI	TR 30 ANNI	TR 50 ANNI
K_T	0,89	1,22	1,49	2,04	2,44
Durata evento critico [h]	ALTEZZA PIOGGIA CRITICA AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO E DELLA DURATA H [mm]				
1	32	45	54	74	89



	TR 2 ANNI	TR 5 ANNI	TR 10 ANNI	TR 30 ANNI	TR 50 ANNI
2	40	55	68	93	111
3	45	62	76	104	125
4	49	68	82	113	135
5	52	72	88	120	143
6	55	75	92	126	150
7	57	78	96	131	157
8	59	81	99	136	162
9	61	84	102	140	167
10	63	86	105	144	172
11	64	88	107	147	176
12	66	90	110	151	180
13	67	92	112	154	184
14	68	94	114	157	187
15	69	95	116	159	190
16	71	97	118	162	193
17	72	98	120	164	196
18	73	100	122	167	199
19	74	101	123	169	202
20	75	102	125	171	205
21	76	104	127	173	207
22	76	105	128	175	209
23	77	106	129	177	212
24	78	107	131	179	214

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" ϕ .

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

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



$$\varphi = \frac{P_{\text{netta}}}{P}$$

Tale coefficiente, ai fini del rispetto dell'invarianza idraulica, viene posto, secondo le sopracitate Linee guida di regione Lazio, pari a **0,9** per superfici impermeabili e pari a **0,2** per superfici permeabili. La suddetta normativa, pertanto, definisce il coefficiente di deflusso medio ponderale, rispettivamente ante e post operam:

$$\varphi^0 = 0,9 \cdot Imp^0 + 0,2 \cdot Per^0$$

$$\varphi = 0,9 \cdot Imp + 0,2 \cdot Per$$

Dove Imp^0 e Imp sono le quote parte di superficie impermeabile del sito considerato, rispettivamente ante e post operam, mentre Per^0 e Per sono le quote parte di superficie permeabile, analogamente, ante e post operam.

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 **0,4**.

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, tenendo conto delle linee guida sull'invarianza idraulica della Regione Lazio. Questo ha portato ad un aumento cautelativo del coefficiente di deflusso per l'intera piazzola permanente pari a **0,21**. Tuttavia, in questo caso, è stato inoltre valutato un coefficiente più cautelativo e meglio rappresentante del mezzo poroso pari a **0,45**.

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 di seguito riportata:



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

Dove:

Q_P = portata critica (netta) [m³/s];

φ = coefficiente di deflusso, mediante il quale si tiene conto delle perdite per infiltrazione e detenzione superficiale [adimensionale];

$i(T_0, t_C)$ = intensità media della precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione del bacino (t_C - min) ed avente un tempo di ritorno (T - anni) [mm/h];

A = superficie del bacino [ha].

Per la definizione del tempo di corrivazione è stata adottata la formulazione di Kirpich.

$$t_C = 0.000325 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$$

dove t_C rappresenta il tempo di corrivazione (ore), L la lunghezza dell'asta principale (metri) e S la pendenza media del bacino.

6.2.7 Calcolo del volume di invaso

Ai sensi della normativa di riferimento, il volume minimo d'invaso atto a garantire l'invarianza idraulica, in termini di portate di deflusso meteorico, provenienti dalle aree oggetto di trasformazioni dell'uso del suolo (urbanistiche o di singolo intervento) e recapitate nei corpi idrici ricettori di valle, è stabilito dalla seguente espressione, ricavata dal "metodo dell'invaso":

$$w = w^0 \cdot \left(\frac{\varphi}{\varphi^0}\right)^{\frac{1}{1-n}} - (15 \cdot I) - (w^0 \cdot P)$$

Ove:

$w^0=100/150$ mc/ha: volume di riferimento da assumersi nei territori di "bonifica";

$w^0=50$ mc/ha: volume di riferimento da assumersi nei territori "non impermeabilizzati in ambito urbano";

$w^0=15$ mc/ha: volume di riferimento da assumersi nei territori "non impermeabilizzati in ambito urbano";

φ : coefficiente di deflusso post trasformazione;

φ^0 : coefficiente di deflusso ante trasformazione;

$n=0.48$: esponente delle curve di probabilità pluviometrica [$h = a \times t^n$] di durata inferiore all'ora, assunto nell'ipotesi che le percentuali di pioggia oraria, precipitata nei 5, 15 e 30 minuti, siano rispettivamente il 30%, il 60% e il 75% come risulta, orientativamente, da vari studi sperimentali.

I : quota (%) dell'area oggetto d'intervento, interessata dalla trasformazione;

P : quota (%) dell'area oggetto d'intervento, non interessata dalla trasformazione, tale che [$I + P = 100\%$].



Il volume in questo modo ottenuto è un valore in m³/ha, motivo per il quale dovrà essere moltiplicato per l'area totale interessata dall'intervento.

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 montaggio si prevede un fosso di guardia perimetrale in terra, che rimarrà tale anche dopo il completamento dell'impianto. Per le piazzole permanenti (50 x 30 m) si prevede un ulteriore fosso di guardia perimetrale unitamente all'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 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. L'argomento è trattato in dettaglio paragrafo 6.4.1.

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):

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

Dove:

- Q : portata di riferimento [m³/s];
- A : area della sezione bagnata [m²];
- R : raggio idraulico [m] (rapporto tra A e il corrispondente perimetro bagnato della sezione);
- i : pendenza dell'alveo [m/m];
- n : coefficiente di conduttanza idraulica di Manning.

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 63° . Nelle successive fasi di progetto, se si riscontrasse un'eccessiva velocità, saranno introdotti dei salti di fondo.

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

Lo scopo delle canalette e dei condotti interrati è quello di permettere il deflusso dell'intera portata di progetto, relativa a un tempo di ritorno di **30 anni**, sia per la viabilità di accesso agli aereogeneratori, sia per le piazzole di montaggio. Le dimensioni delle canalette sono esposte nel capitolo 6.4.

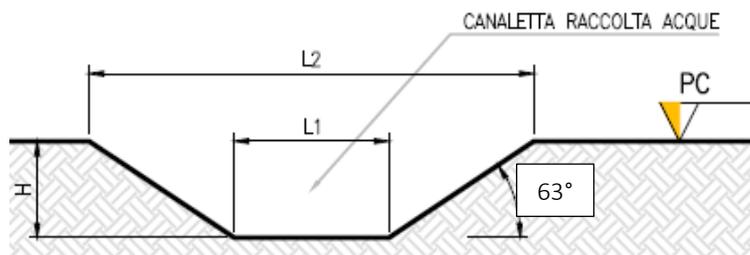


Figura 6.4: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo.

Per quanto riguarda le tubazioni sotto il piano stradale, queste 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 capitolo 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, laminare le acque e di controllare i picchi di deflusso.

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

Gli scavi sono in genere di sezione rettangolare, riempiti con materiale inerte naturale ciottoli/ghiaia lavata, 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.

Il dimensionamento è stato sulla base del volume di invaso necessario secondo la normativa di invarianza idraulica regionale. A tal proposito, a fronte di un volume di invaso calcolato e valutando un indice dei vuoti pari a 0,4 ed una sezione trasversale di dimensioni 1 m x 1 m, la lunghezza longitudinale sarà di **160 metri equivalente al perimetro delle piazzole definitive**.

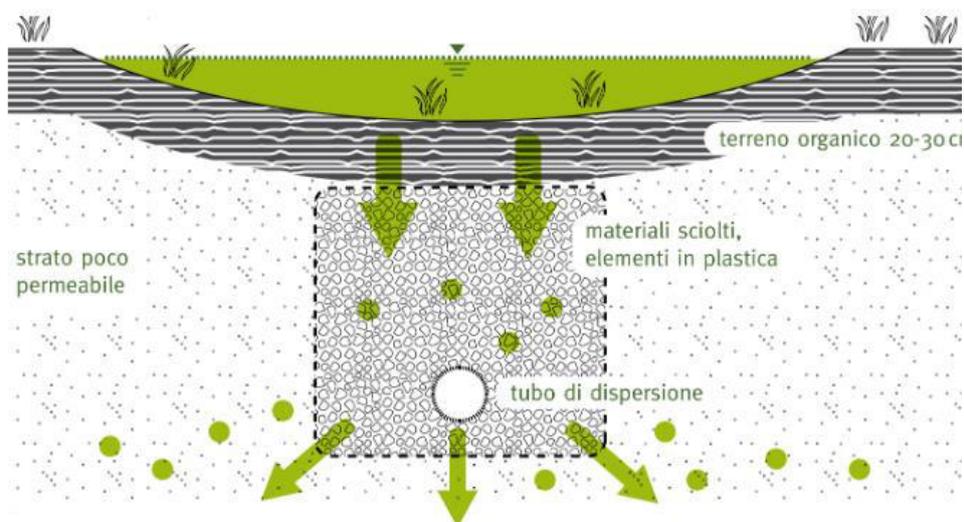


Figura 6.5: Schema esemplificativa di trincea di infiltrazione

6.4 SISTEMA DI GESTIONE DELLE 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 delle acque meteoriche: strade

Sulla base della pratica e di fonti di letteratura, la deviazione del deflusso in alveato 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 0,2%; 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 ai lati della carreggiata. (Figura 6.6)
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 6.7)
 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. Lo scarico avviene a lato seguendo la pendenza del versante, secondo l'idrografia del terreno. (Figura 6.8)
 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 6.9)

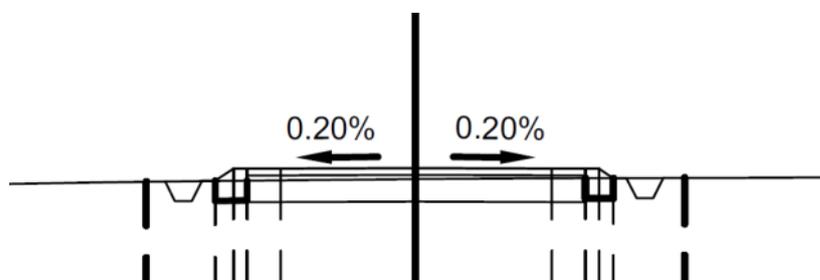


Figura 6.6: Esempio sezione trasversale per strada in piano con fossi di guardia.

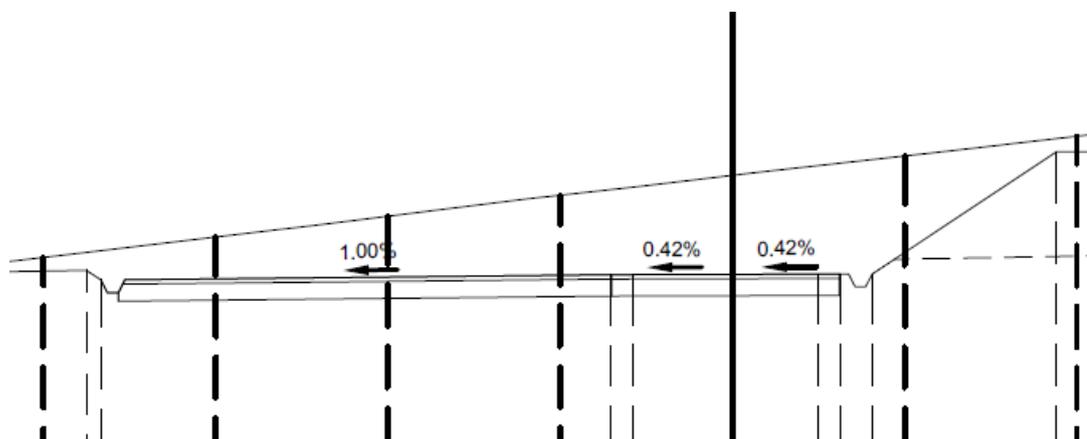


Figura 6.7: Esempio sezione trasversale per strada a mezza costa, con fossi di guardia.

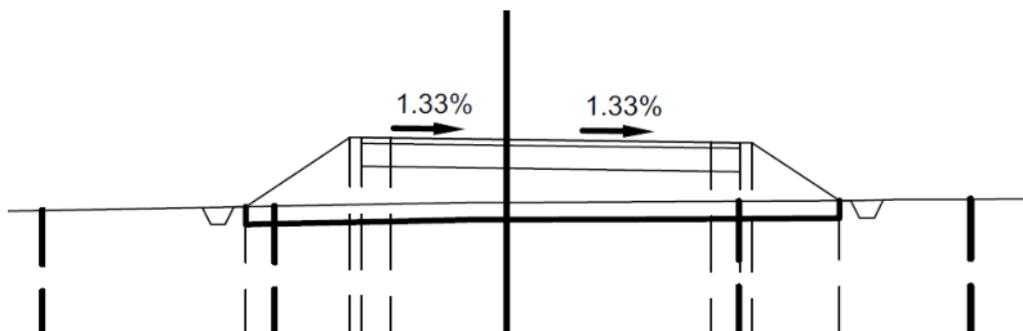


Figura 6.8: Esempio sezione trasversale per strada in rilevato, con fossi di guardia.

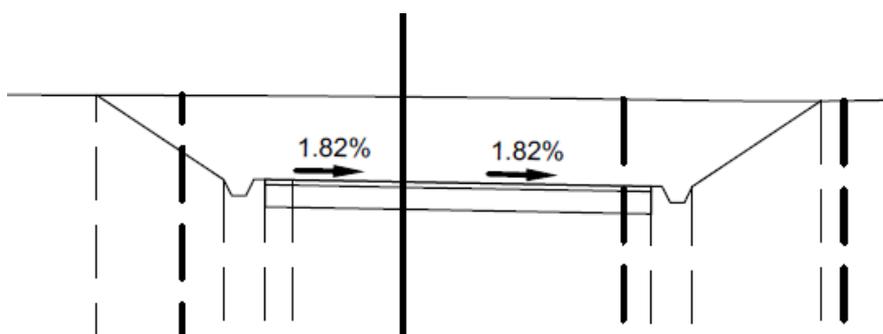


Figura 6.9: Esempio sezione trasversale per strada in trincea.

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 contenerne molteplici casistiche. La Tabella 6-5 riporta un dettaglio delle tipologie di strada riscontrate in ognuna delle piste in progetto.

Tabella 6-5: panoramica della tipologia costruttiva delle strade in progetto.

	B01	B02	B03	B04	B05	B06	B07
In piano	X	X	X	X	X	X	X
A mezza costa	X	X	X	X	X		
In rilevato	X	X	X	X	X	X	X
In trincea	X	X	X	X			

6.4.2 Tipologico - fossa 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.

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

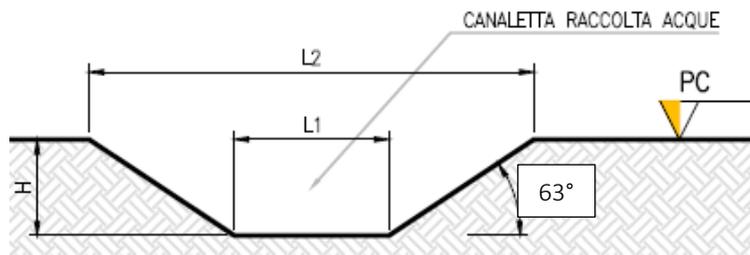


Figura 6.10: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo, le dimensioni saranno ricalcolate nel corso delle successive fasi progettuali per ogni accesso alle WTG.

TABELLA DIMENSIONI SCHEMA TIPO		
L1 [m]	L2 [m]	H [m]
0,25	0,55	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 6.11.

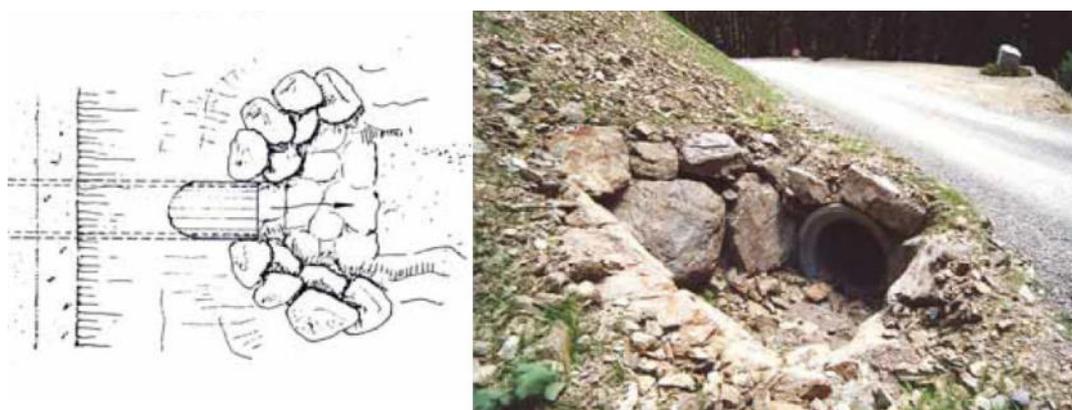


Figura 6.11: Pozzetti in legname e in massi (fonte: "Viabilità forestale regionale" Bortoli, P.L. 2001).

In corrispondenza dei punti di scarico saranno realizzati locali protezione antierosive 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, considerando un'area scolante media di versante variabile tra **41.000 mq** e **18.000 mq** (area basata su una casistica delle aree scolanti nell'area di progetto desunte

dal DEM nei tratti di mezzacosta) e un tempo di ritorno di **30 anni**, è prevista una spaziatura delle tubazioni variabile tra **30 metri** e **60 metri**, dipendentemente dall'estensione dell'area scolante, con un diametro dei tubi di **200 mm**. Il posizionamento degli scarichi lungo la viabilità di accesso e per le piazzole è visibile nell'ALLEGATO 01 alla presente relazione.

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

6.4.3 Risoluzione delle interferenze con corsi d'acqua e solchi di drenaggio naturali

Sulla base della simulazione del modello digitale del terreno condotta mediante algoritmi TauDEM, delle immagini satellitari, delle indagini di sopralluogo, dell'idrografia del Geoportale della Regione e dei Piani PGRAAC e PAI, è stata riscontrata una sola interferenza con la viabilità di accesso, in riferimento alla torre BO2, la quale strada di accesso interseca il "Fosso Cieco". Tale fosso non risulta essere perimetrato da nessuna delle fasce di pericolosità idraulica del PAI e del PGRAAC in prossimità dell'interferenza. Lo studio idraulico dell'interferenza e la soluzione adottata sono esposti nel capitolo 7.

Nella necessità di superare eventuali ulteriori interferenze tra le strade di accesso e l'idrografia esistente (solchi di drenaggio senza alveo definito e non soggetti a pianificazione di rischio), 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 6.12: Esempi tombotto.



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

6.5 SISTEMA DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE - PIAZZOLE

Il presente paragrafo identifica gli interventi necessari per garantire il corretto deflusso delle piazzole permanenti e quelle di montaggio 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.

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 fornito dal progetto "TINITALY", disponibile con lo scopo di identificare le principali informazioni morfologiche e idrologiche a scala di bacino nello stato di fatto (pendenze e isoipse, delimitazione del bacino idrografico, rete principale e secondaria).

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 6.13*, a titolo esemplificativo, mostra l'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.

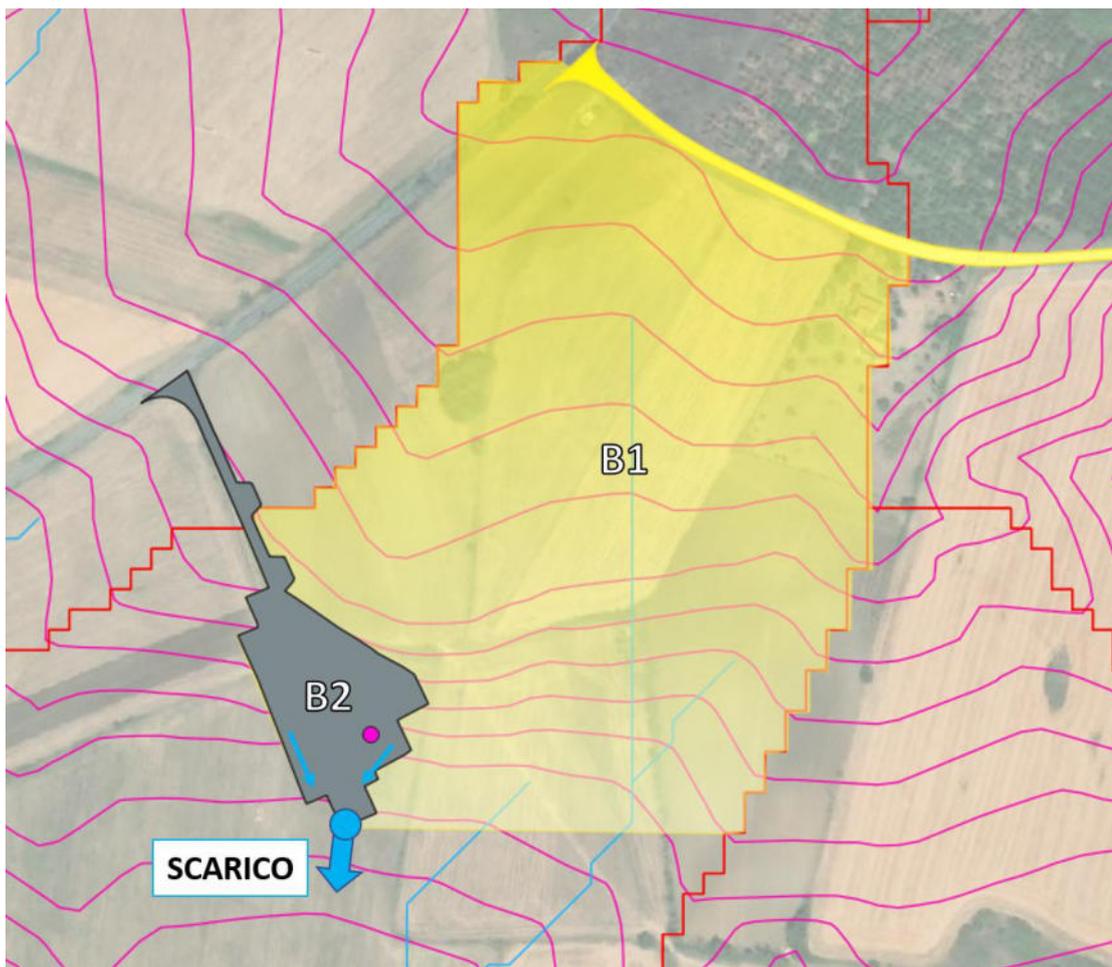


Figura 6.13: Delimitazione bacini scolanti esterni (B1) ed interni (B2) e direzione del deflusso (freccette blu), dispiuviale (rosso), isoipse passo 1 m (fucsia), area di cantiere (grigio) e reticolo idrografico (celeste). In giallo una strada comunale ad una elevazione maggiore dell'area di cantiere.

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.



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.

6.5.3 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.

Il dimensionamento è stato sulla base del volume di invaso necessario secondo la normativa di invarianza idraulica regionale. La lunghezza longitudinale sarà di **160 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 Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) dei bacini regionali del Lazio e del Tevere, insieme al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Appennino Centrale (PGRAAC).

Al fine di valutare la compatibilità idraulica, sono state analizzate le interferenze con il reticolo idrografico del Geoportale Nazionale e con i Piani PAI e PGRAAC per i seguenti elementi:

- Tracciato della linea di connessione;
- Strade di cantiere;
- Strade di progetto permanenti;
- Piazzole di cantiere;
- Piazzole permanenti e aerogeneratori.

Relativamente ai Piani PAI e PGRAAC, 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. Inoltre, non risulta alcuna interferenza con le strade di progetto permanenti e con il tracciato di connessione.

Tuttavia, risulta un'interferenza tra il reticolo idrografico del Geoportale Nazionale e la viabilità di accesso alla piazzola B01, che coincide con il tracciato di connessione.

7.2 INTERFERENZE CON STRADE DI CANTIERE

Si riscontra l'interferenza della strada di accesso alla torre B02 con il Fosso Cieco, ad una distanza di circa 100 metri dalla strada provinciale SP54.

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 della 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 seminativi, e litotipi affioranti presentano nel complesso caratteristiche di permeabilità per porosità e fatturazione medio-alta. A ulteriore confronto per l'identificazione del coefficiente di deflusso si è fatto riferimento alle linee guida per l'invarianza idraulica della Regione Lazio, che assegna alle aree permeabili con valore di 0,2.

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.

I coefficienti di calcolo principali, adottati per la valutazione della portata critica in corrispondenza dell'attraversamento della viabilità di accesso alla torre B02 con il Fosso Cieco, sono mostrati in Tabella 7-1.

Tabella 7-1: Coefficienti principali per il calcolo della portata critica in corrispondenza dell'interferenza della viabilità di accesso alla torre B02 con il Fosso Cieco.

COEFFICIENTI	
Area di bacino alla sezione di chiusura dell'interferenza [km ²]	5,9
Tempo di ritorno [anni]	100
Tempo di corrivazione [ore]	0,95
Coeff. deflusso [-]	0,2
Lunghezza asta principale [km]	4,0
Pendenza dell'asta principale [m/m]	0,013

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 **37 m³/s**.

Al fine di garantire la verifica di compatibilità idraulica, si è previsto di superare l'interferenza adottando uno scatolare in c.a., con sezione avente dimensioni alla base di 3 metri e altezza pari a 2 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.



Figura 7.1: Interferenza tra la viabilità di accesso (in giallo) alla torre B02 e il Fosso Cieco (in azzurro). In arancione il tracciato di connessione.



7.3 INTERFERENZA CON LINEA DI CONNESSIONE

L'identificazione delle interferenze sul tracciato di connessione si è basata sull'analisi del reticolo idrografico disponibile dal Geoportale Nazionale e dai sopralluoghi effettuati a dicembre 2021 e giugno 2022. Sulla base di queste analisi, sono stati individuati 44 punti di interferenza con l'idrografia, i dettagli grafici sono riportati nell'ALLEGATO 01 alla presente relazione.

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 7-2, 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.

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.

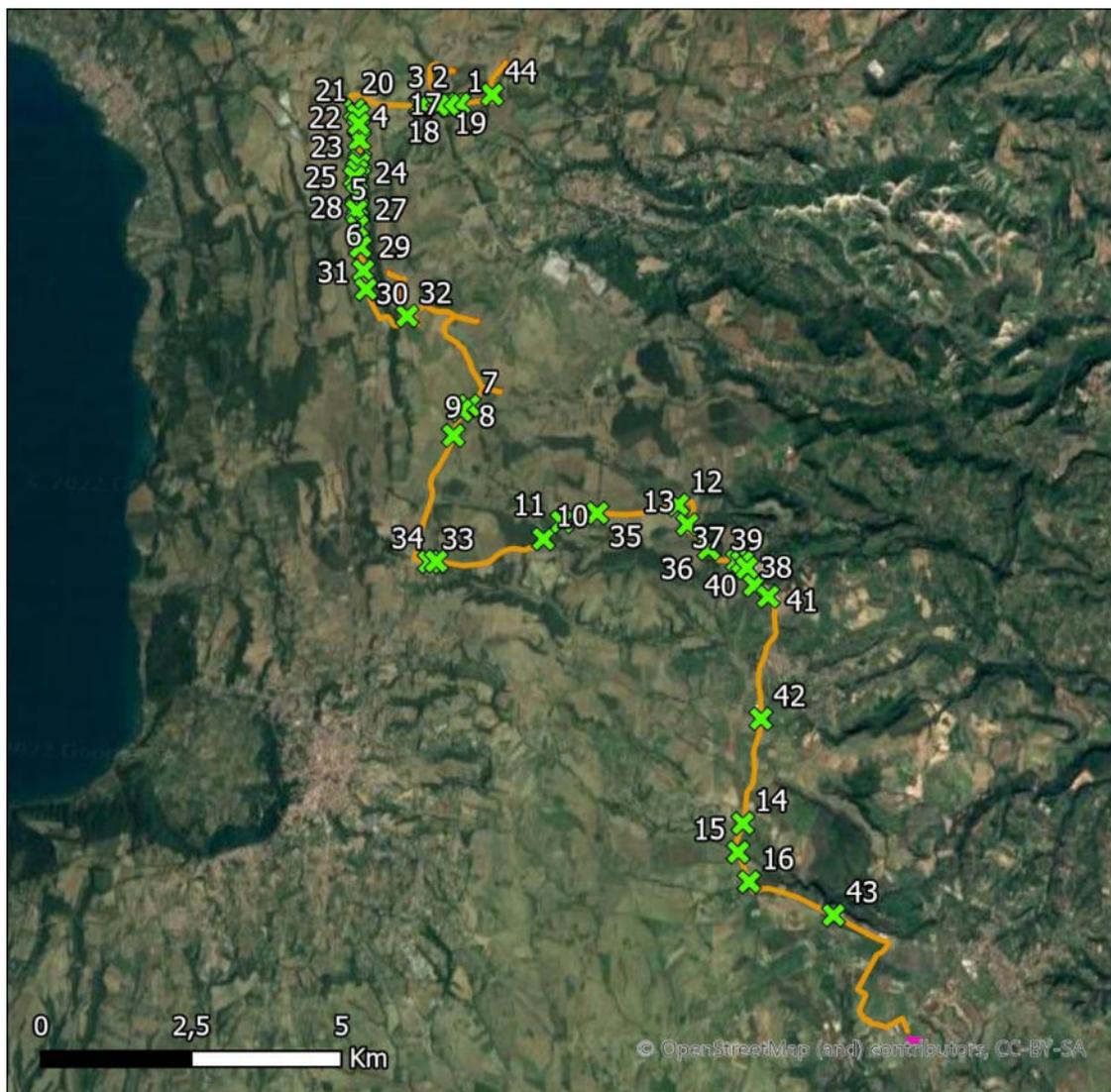


Figura 7.2: Interferenze con l'idrografia lungo il tracciato di connessione.

Tabella 7-2: elenco interferenze con l'idrografia lungo il tracciato di connessione, con coordinate Monte Mario Zona 2.

ID	X	Y	RISOLUZIONE
1	2278582,4	4725354,9	TOC
2	2278290,8	4725342,7	Trenchless
3	2278014,6	4725346,2	Trenchless
4	2277001,4	4724764,0	Trenchless
5	2277010,9	4724414,5	TOC
6	2276965,6	4723653,8	TOC
7	2278822,9	4720315,6	Trenchless
8	2278691,4	4720234,6	Trenchless



ID	X	Y	RISOLUZIONE
9	2278563,8	4719816,2	TOC
10	2280062,5	4718084,0	TOC
11	2280370,7	4718371,0	TOC
12	2282296,3	4718656,3	TOC
13	2282454,7	4718326,0	TOC
14	2283376,0	4713322,4	TOC
15	2283297,9	4712840,0	TOC
16	2283481,9	4712343,4	TOC
17	2278663,4	4725367,7	Trenchless / Cavo interrato
18	2278483,5	4725342,7	Trenchless / Cavo interrato
19	2278305,0	4725342,2	Trenchless / Cavo interrato
20	2276925,7	4725265,8	Trenchless / Cavo interrato
21	2276981,0	4725181,9	Trenchless / Cavo interrato
22	2276992,5	4725032,9	Trenchless / Cavo interrato
23	2277001,3	4724358,5	Trenchless / Cavo interrato
24	2276962,2	4724241,0	Trenchless / Cavo interrato
25	2276924,0	4724141,1	Trenchless / Cavo interrato
26	2276964,8	4723856,0	Trenchless
27	2276954,4	4723580,5	Trenchless / Cavo interrato
28	2276974,0	4723310,5	Trenchless / Cavo interrato
29	2277019,2	4722976,1	Trenchless / Cavo interrato
30	2277070,0	4722577,5	Trenchless / Cavo interrato
31	2277113,6	4722266,0	Trenchless / Cavo interrato
32	2277796,1	4721817,1	Trenchless
33	2278162,8	4717700,4	Trenchless / Cavo interrato



ID	X	Y	RISOLUZIONE
34	2278280,0	4717711,0	Trenchless / Cavo interrato
35	2280954,6	4718518,3	Trenchless / Cavo interrato
36	2282809,2	4717917,9	Trenchless / Cavo interrato
37	2283282,0	4717723,0	Trenchless / Cavo interrato
38	2283366,6	4717698,4	Trenchless / Cavo interrato
39	2283443,9	4717600,6	Trenchless / Cavo interrato
40	2283568,5	4717308,7	Trenchless / Cavo interrato
41	2283797,6	4717121,3	Trenchless / Cavo interrato
42	2283678,0	4715073,4	Trenchless / Cavo interrato
43	2284884,0	4711786,7	Trenchless / Cavo interrato
44	2279209,8	4725522,5	TOC

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 PGRAAC 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 perimetrate dal Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico e dal Piano di Gestione Rischio Alluvioni dell'Appennino Centrale (PGRAAC).

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.

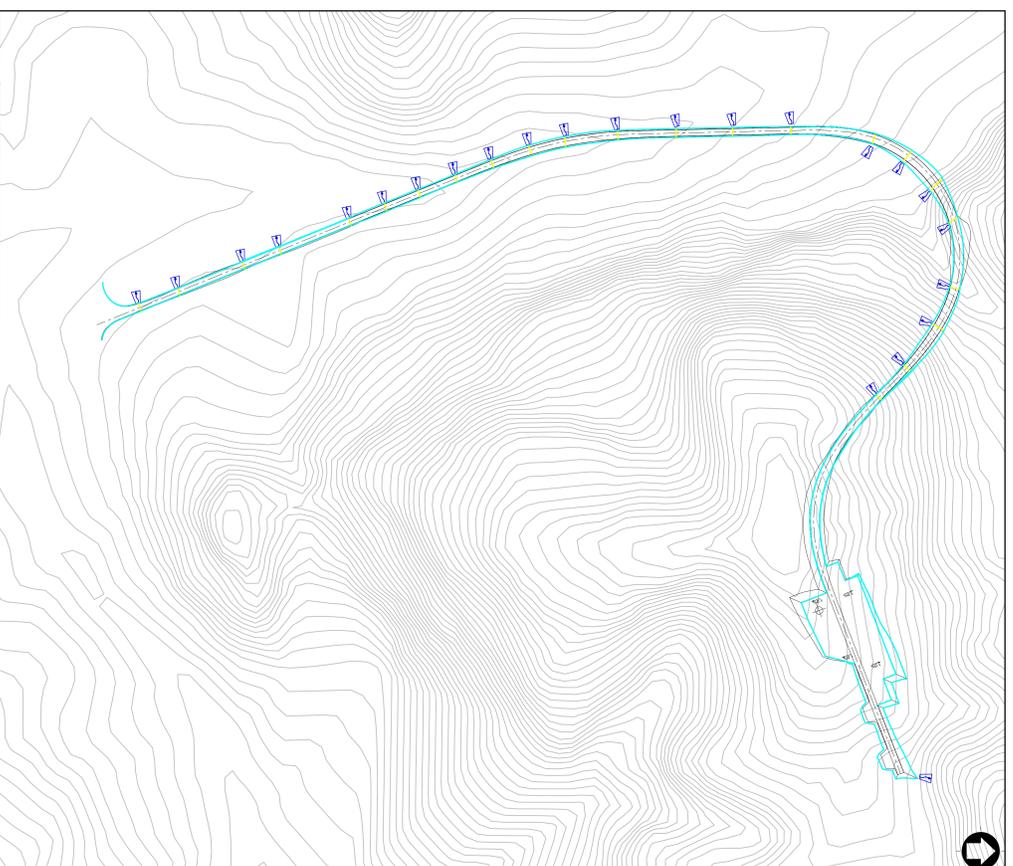
Si è valutato inoltre che il progetto rispetti i principi dell'invarianza idraulica, ai sensi della deliberazione n.117 24/03/2020 di Regione Lazio. A tal proposito, anche ai sensi delle migliori pratiche progettuali, sono state previste opere di laminazione e infiltrazione (trincee drenanti come integrazione dei fossi di guardia) nei sistemi di gestione acque meteoriche delle piazzole in progetto, implementando quindi tecniche di progettazione a basso impatto.

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).

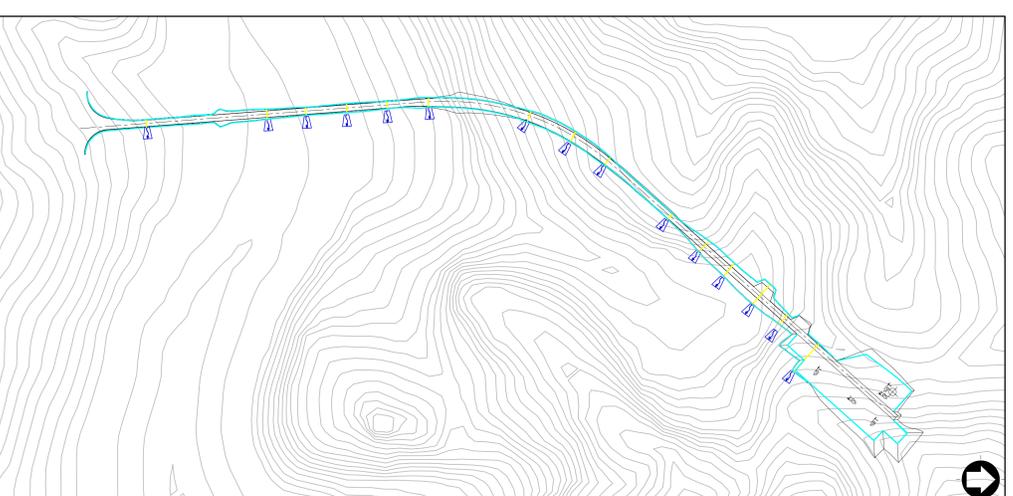
Nel confronto tra la rete di drenaggio naturale dello stato di fatto e di progetto si segnala che si è prevista una sistemazione del drenaggio oggi assente al fine di indirizzare e distribuire le portate, costituita da canalette di forma trapezia scavate nel terreno naturale. Tra i vantaggi idraulici 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 guardia 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.

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.



B01



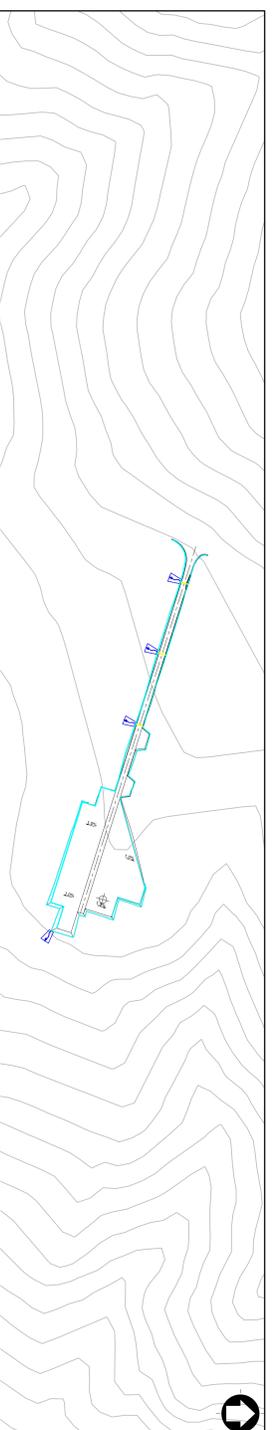
B02



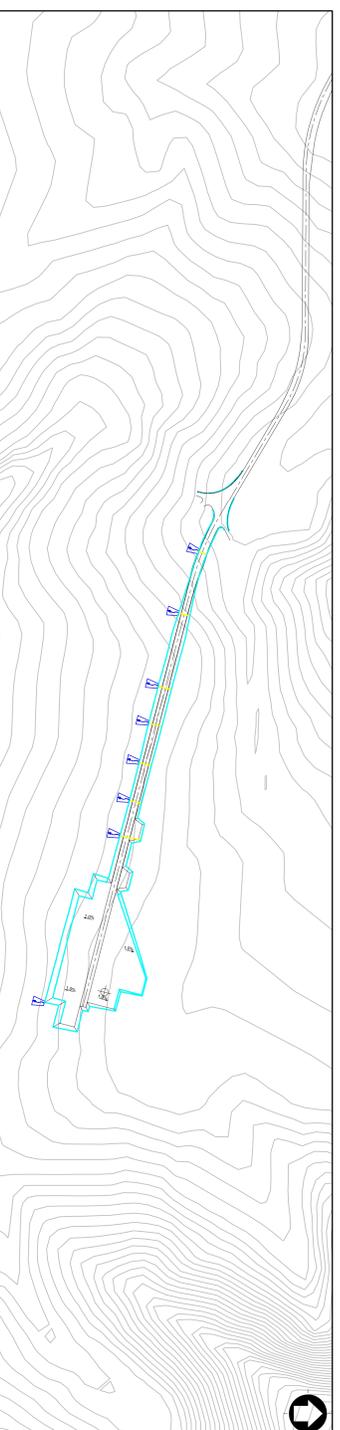
B03



B05



B06



B07



B04

NOTE GENERALE: L'INDICAZIONE DELLA SEGNATURA DI PROGETTO, IN QUESTA MAPPA PRODOTTA CON I SOFTWARE CAD, NON GARANTISCE NESSUN TIPO DI RESPONSABILITÀ PER IL RISULTATO DELLA REALIZZAZIONE SULLA TERRA. LE AZIONI PROGETTUALI SUCCESSIVE ALLA LUCE DELL'INFORMAZIONE ESPRIME E DELLA GESTIONE ANTROPICA DEVONO DERIVARE DAI LUOGHI ESISTENTI.

LEGENDA

- CANALLETTE
- TRACCE IN CASI DI RIFORMA/ALTRA INTERFACCIA CON LE SPERIMENTAZIONI O IN SCORREDORE IN CASI DI CANTIERI ALTERNATIVI
- CANALI DI LAVORO - MESSO I m
- VANTAGE DI PROGETTO
- POSIZIONE PNT

Scala 1:5000 - 1 cm = 50 m

NO.	DESCRIZIONE	NO.	OP.	LT.	NO. DATA
0					
1					
2					

Manfrini S.p.A. - Mantova
 Mantegna - Mantova
 Topogeo WMO - Mantova
 Progetto: TORCELLO O WMO S.R.L.
 Via F.lli Veneto, 75
 41039 Roncole Verdi (MO)

Comune di Bagnoregio e Ludovico (VT)

IMPIANTO EOGAS TORCELLO
 42 KM

PLANIMETRIA GENERALE, GESTIONE E SVALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

2018

Scale 1:5000

Scale 1:5000