AVAILABLE LANGUAGE: IT

Regione Liguria

Provincia di Savona

Comuni di Quiliano, Altare e Mallare

"Impianto eolico di potenza nominale pari a 30 MW integrato con un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 20 MW da realizzarsi nei Comuni di Quiliano, Altare e Mallare (SV)"

RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA

Il tecnico

Ing. Leonardo Sblendido



File:C24G&GWLI002A006R00_Relazione Idrologia Idraulica.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	03/12/2024	Prima emissione	A. Leonetti	D. Morelli	L. Sblendido

Indice

1. PREMESSA 3

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO 3

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE 4

4. INQUADRAMENTO DEI BACINI IDROGRAFICI 11

5. CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DELL' AREA D' INTERVENTO 13

5.1. Clima 13

6. VERIFICA DI COMPATIBILITA' DEL PROGETTO CON LA PIANIFICAZIONE 17

6.1. Piano di Gestione del Rischio Alluvioni 17

Piano Gestione Rischio Alluvione PGRA - Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale 18

Piano Gestione Rischio Alluvione PGRA - Distretto Idrografico del Fiume Po 19

6.2. Piano di Stralcio dell'Assetto Idrogeologico 22

Piano Stralcio dell'Assetto Idrogeologico - Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale (P.A.I.) 23

Piano Stralcio dell'Assetto Idrogeologico - Distretto Idrografico del Fiume Po (P.A.I.) 28

7. ANALISI IDROLOGICA 35

7.1. Individuazione dei bacini di interesse e caratteristiche morfologiche 35

7.2. Distribuzione statistica Tcev secondo la Metodologia VAPI 36

7.3. Stima delle curve di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora (BELL) 40

7.4. Trasformazioni Afflussi – Deflussi: Metodo CN-SCS 41

Metodo razionale 45

7.5. Analisi idraulica 46

7.6. Stime del Curve Number 46

7.7. Applicazione metodo CN-SNC 48

7.8. Verifica delle Aree Esondabili 50

8. DIMENSIONAMENTO CUNETTE DI DRENAGGIO 55

8.1. Delimitazione bacini d'influenza 55

8.2. Stima della curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora (BELL) 56

9. CONCLUSIONI 64

1. PREMESSA

L'impianto eolico in progetto è costituito da 5 aerogeneratori (anche detti WTG) di potenza nominale unitaria pari a 6 MWp, per una potenza nominale complessiva pari a 30 MW. L'impianto è integrato da un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 20 MW e corredato dalle opere di connessione e dalle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dello stesso. Tutte le turbine e le opere di connessione ricadono all'interno dei confini comunali di Quiliano, Altare e Mallare, in provincia di Savona.

Per come riportato nella STMG (cod. pratica: 202402184), la centrale utente verrà *collegata in antenna a 36 kV con la futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 380/132/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV "Magliano – Vado Ligure".*

L'energia elettrica prodotta dall'impianto concorrerà al raggiungimento dell'obiettivo di incrementare la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, coerentemente con gli accordi siglati a livello comunitario dall'Italia.

L'impianto sarà destinato a funzionare in parallelo alla rete elettrica nazionale, in modo da immettere energia da fonte rinnovabile in rete; l'iniziativa, oltre a contribuire al potenziamento della produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile su territorio nazionale, sarà a servizio dei futuri fabbisogni energetici comunali.

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto dell'Impianto eolico prevede l'installazione di 5 aerogeneratori da 6 MWp, per una potenza complessiva pari a 30 MW e integrato con un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 20 MW. Sarà propedeutica all'esercizio dell'impianto la realizzazione della sottostazione e di tutte le opere accessorie e di servizio per la costruzione e gestione dell'impianto, quali:

- Fondazioni degli aerogeneratori;
- Piazzole di montaggio e manutenzione per ogni singolo aerogeneratore;
- Viabilità interna di accesso alle singole piazzole sia per le fasi di cantiere che per le fasi di manutenzione;
- Adeguamento della viabilità esistente interna all'area di impianto per consentire la trasportabilità delle componenti;
- elettrodotti 36 kV interrati interni all'impianto di connessione tra i singoli aerogeneratori e di veicolazione dell'energia prodotta dall'intero parco eolico alla sottostazione "SSE";
- Sottostazione Elettrica;
- Opere di connessione in AT alla nuova SE prevista dal Piano di Sviluppo di Terna.

- Sistema di accumulo BESS.

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il progetto in esame è ubicato in un'area centrale della provincia di Savona, lungo l'appennino ligure di ponente. In particolare, l'impianto eolico sorge nel territorio comunale di Quiliano (SV), interessando parzialmente anche i comuni di Altare (SV) e Mallare (SV).

Il territorio comunale di Quiliano è situato nell'entroterra fra Savona e Vado Ligure ed è composto da due centri cittadini, Quiliano e Valleggia, da tre centri frazionali montani (Cadibona, Montagna, Roviasca) e da numerose borgate ricche di fascino, alcune situate in collina, in territorio densamente boscato.

L'impianto si colloca sui rilievi che circondano la valle dell'omonimo fiume (Quiliano) e la parallela valle del torrente Quazzola, in epoca romana percorsa dalla Via Emilia Scauri e oggi dall'autostrada A6 Torino-Savona. In particolare, l'impianto può essere suddiviso geograficamente nei seguenti settori, collegati fra loro dalle opere di connessione in progetto:

- una diramazione "ovest" (costituita dalle WTG 1 e 2) che si sviluppa sulle creste montuose che collegano il Monte Burot al Monte Baraccone;
- una diramazione "est" (costituita dalle WTG 3, 4 e 5) che sorge sulle creste montuose che collegano il Monte Teggia al Monte Curlo;

La viabilità di accesso all'impianto inizia dall'abitato di Altare, entrando in Via Verne da cui, giunti in località "Cascina Giovetti" è presente un bivio da cui, svoltando a destra, viene imboccata la viabilità per raggiungere la diramazione ovest e, svoltando a sinistra, si prosegue invece lungo la diramazione est.

Gli aerogeneratori si collocano ad un'altitudine compresa fra 400 e 800 m s.l.m. e ricadono interamente nel comune di Quiliano (SV), fatta eccezione per la WTG 1, che sconfina all'interno del comune di Altare (SV).

Nelle immagini a seguire si riporta un inquadramento generale dell'area in cui sorgerà l'impianto, utilizzando come base la cartografia IGM in scala 1:25.000, l'ortofoto e la carta altimetrica elaborata a partire dal DTM – Modello Digitale del Terreno della Liguria.

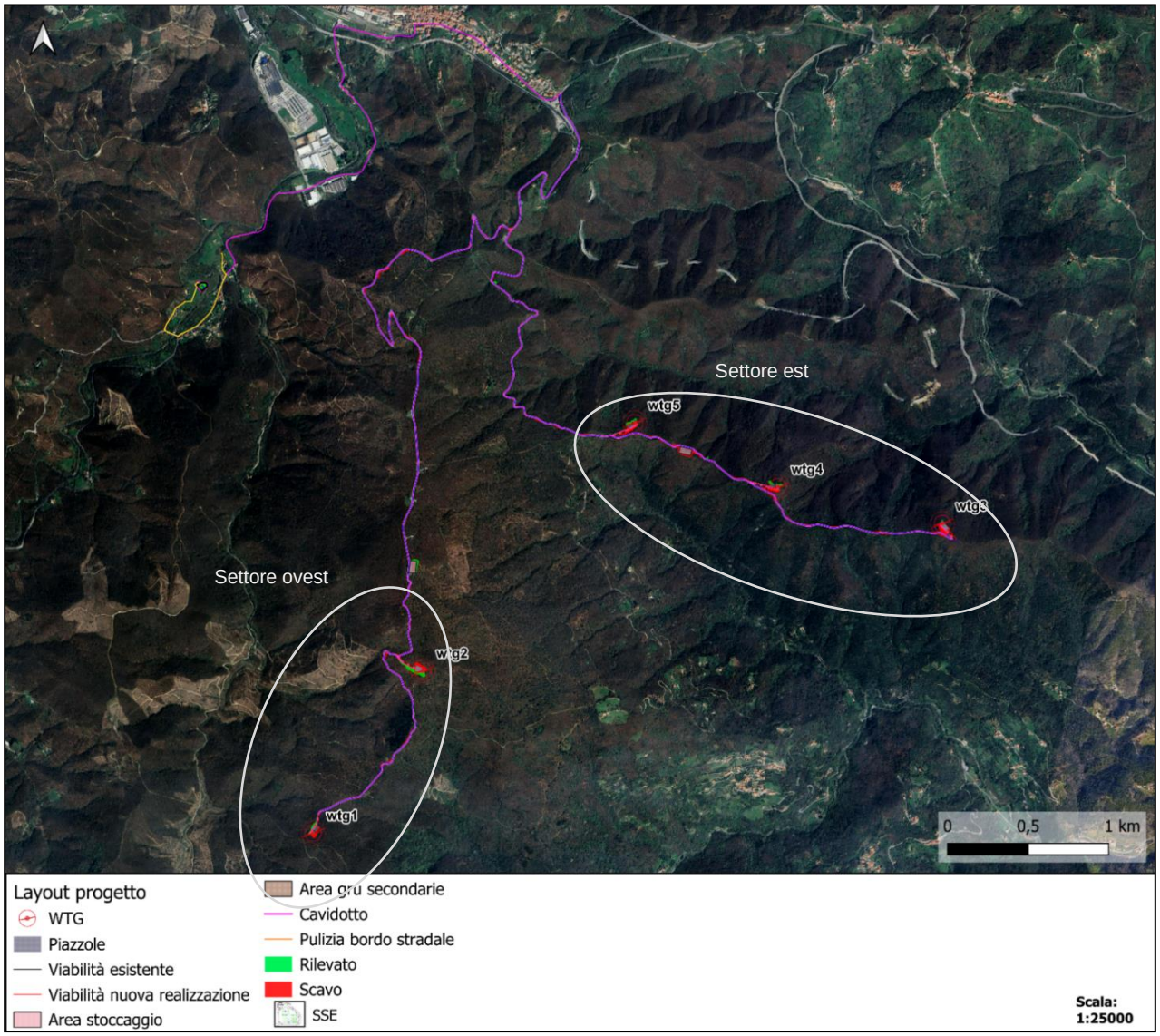


Figura 1: Inquadramento territoriale dell'impianto in progetto su base ortofoto.

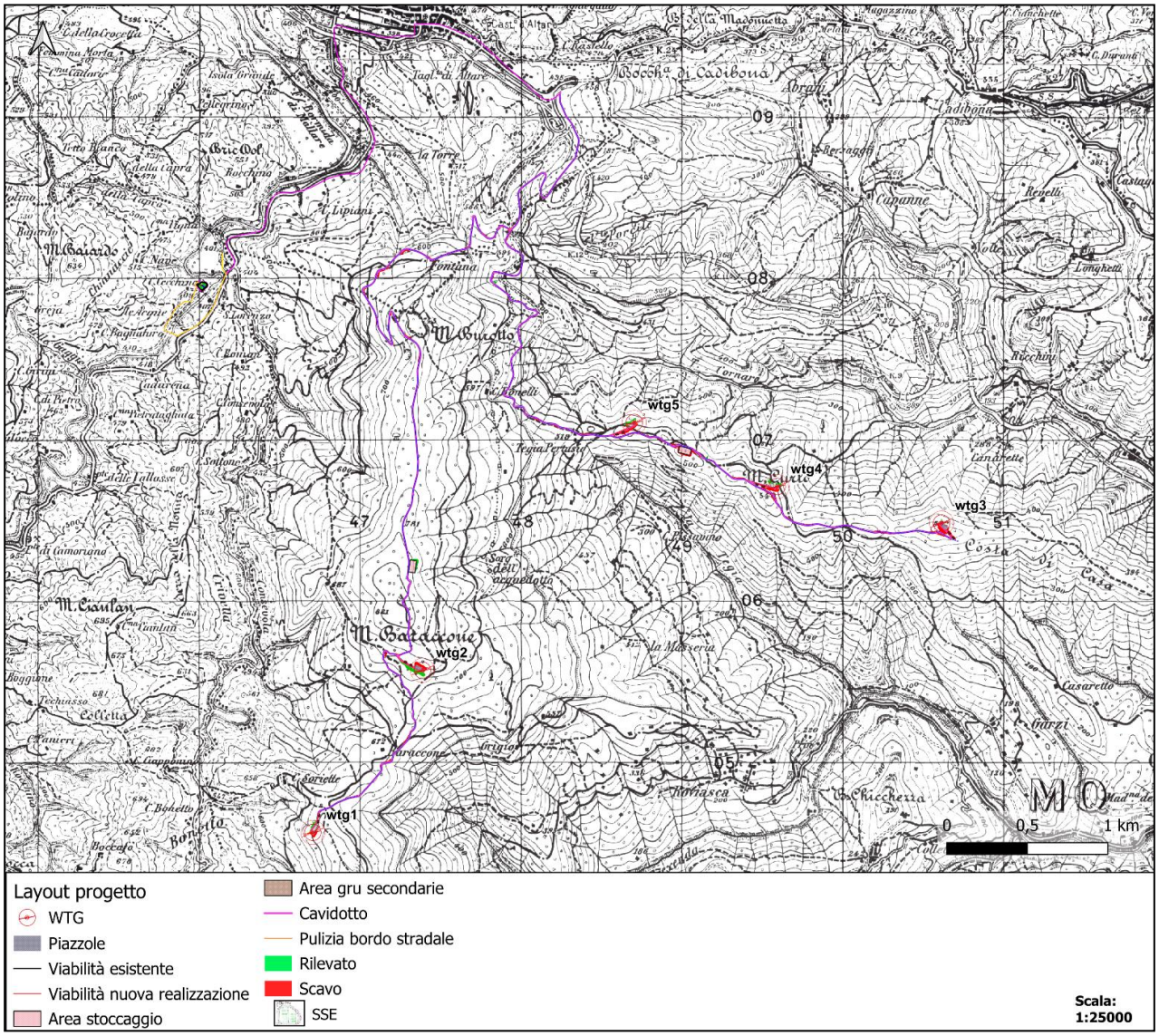


Figura 2: Inquadramento territoriale dell'impianto in progetto su base IGM in scala 1: 25.000.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici "*C24G&GWLI002P014T00_Inquadramento generale su IGM*", "*C24G&GWLI002P013T00_Inquadramento generale su CTR*" e "*C24G&GWLI002P012T00_Inquadramento generale su Ortofoto*".

La seguente tabella mostra le distanze tra le singole WTG e i nuclei storici dei Comuni limitrofi:

Tabella 1: Distanze (in chilometri) delle singole WTG dai nuclei storici dei Comuni limitrofi che rientrano nel buffer di 21,8 km (AIP) dall'impianto di progetto

Distanze espresse in *km*					
Comuni (buffer 21,8 km)	**WTG1**	**WTG2**	**WTG3**	**WTG4**	**WTG5**
Bergeggi	8,31	8,48	7,41	8,14	8,91
Bardineto	15,19	16,31	19,52	18,77	18,26
Vado Ligure	2,76	3,64	4,10	4,60	5,06
Cairo Montenotte	6,35	5,37	5,39	4,72	4,05
Toirano	18,36	19,57	22,40	21,90	21,59
Cosseria	8,69	8,11	9,56	8,64	7,72
Saliceto	16,04	15,69	17,40	16,47	15,54
Balestrino	20,74	21,95	24,59	24,15	23,96
Altare	0,00	0,10	3,16	2,27	1,38
Giusvalla	15,14	13,97	12,38	12,30	12,11
Giustenice	13,08	14,28	17,16	16,60	16,31
Osiglia	7,86	8,40	11,60	10,59	9,73
Noli	7,04	7,65	8,04	8,28	8,78
Arenzano	27,77	26,70	23,42	24,22	24,83
Pietra Ligure	13,94	15,10	17,18	16,95	16,98
Piana Crixia	19,58	18,72	18,48	18,00	17,42
Ceriale	21,90	23,09	25,37	25,08	25,04
Cengio	12,48	12,06	13,64	12,72	11,79
Savona	5,41	4,22	2,17	2,73	2,41
Calice Ligure	4,73	5,85	9,05	8,32	7,82
Celle Ligure	16,12	15,20	11,85	12,80	13,56
Plodio	8,06	7,87	9,93	8,93	7,96
Stella	13,94	12,77	9,76	10,35	10,79
Spotorno	6,69	7,36	7,27	7,72	8,38
Sale delle Langhe	20,27	20,29	22,69	21,67	20,70
Varazze	18,60	17,51	14,26	15,03	15,62
Albisola Superiore	11,06	9,86	7,10	7,55	7,84
Sassello	19,52	18,31	15,87	16,16	16,30
Albissola Marina	12,65	11,61	8,30	9,13	9,82
Pallare	4,19	3,65	5,82	4,78	3,81
Castelvecchio di Rocca Barbena	20,52	21,71	24,69	24,09	23,73
Calizzano	11,62	12,70	15,97	15,18	14,63
Tovo San Giacomo	10,81	12,02	14,60	14,17	14,02
Roccavignale	12,88	13,10	15,74	14,71	13,74

Distanze espresse in *km*					
Comuni (buffer 21,8 km)	**WTG1**	**WTG2**	**WTG3**	**WTG4**	**WTG5**
Quiliano	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
Rialto	6,71	7,92	10,89	10,27	9,94
Pontinvrea	14,15	12,94	10,59	10,82	10,93
Borghetto Santo Spirito	19,19	20,38	22,66	22,36	22,32
Boissano	16,99	18,19	21,11	20,54	20,22
Cogoleto	24,26	23,17	19,92	20,69	21,29
Castelletto Uzzone	22,36	21,82	22,91	22,10	21,25
Magliolo	11,05	12,27	14,97	14,48	14,28
Loano	16,14	17,36	19,87	19,48	19,34
Vezzi Portio	3,85	4,89	6,86	6,60	6,66
Merana	22,89	21,93	21,54	21,10	20,56
Pareto	20,71	19,61	18,46	18,25	17,92
Finale Ligure	8,41	9,18	9,83	10,04	10,48
Murialdo	10,60	11,03	14,11	13,07	12,17
Mioglia	20,09	18,93	17,33	17,28	17,09
Orco Feglino	3,23	4,43	6,84	6,52	6,42
Spigno Monferrato	19,49	18,42	17,50	17,21	16,81
Bormida	5,12	5,69	8,94	7,95	7,14
Borgio Verezzi	13,06	14,16	15,94	15,81	15,95
Priola	20,70	21,63	24,98	24,08	23,36
Nucetto	20,85	21,37	24,49	23,45	22,54
Dego	12,46	11,36	10,51	10,16	9,74
Carcare	4,17	3,52	5,43	4,44	3,47
Ceva	20,83	21,23	24,22	23,17	22,23
Castelnuovo di Ceva	16,06	16,34	19,11	18,07	17,11
Priero	16,75	17,13	20,11	19,07	18,13
Gottasecca	20,00	19,46	20,62	19,80	18,94
Millesimo	9,75	9,94	12,77	11,72	10,77
Massimino	18,28	18,92	22,16	21,15	20,28
Mallare	0,45	0,98	4,23	3,18	2,24
Bagnasco	19,26	20,04	23,36	22,39	21,58
Camerana	18,65	18,59	20,85	19,84	18,87
Garessio	21,49	22,57	25,84	25,05	24,49
Perlo	17,91	18,34	21,33	20,28	19,35
Montezemolo	17,12	17,19	19,71	18,68	17,70

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici "*C24G&GWLI002P013T00_Inquadramento generale su CTR*" e *"C24G&GWLI002P012T00_Inquadramento generale su Ortofoto*".

Le coordinate degli aerogeneratori costituenti l'impianto, espresse nel sistema di riferimento UTM-WGS84 (fuso 32), risultano:

Tabella 2: ID e coordinate degli aerogeneratori in progetto e delle opere di connessione

COMUNE	Centro WTG	CATASTO		COORDINATE (UTM 32N)	
		FOGLIO	PARTICELLA	EST	NORD
Altare	1	15	5	446628	4904366
Quiliano	2	13	11	447309	4905372
Quiliano	3	19	40	450531	4906285
Quiliano	4	18	17	449511	4906512
Quiliano	5	16	14	448623	4906910
Mallare	SSE	5	99	445954	4907767
			100		
			144		
			223		
			225		

Le opere che costituiscono l'impianto e con le quali risolvere le interferenze rilevate in campo sono:

- Viabilità;
- Piazzole e aerogeneratori;
- Elettrodotto interrato A 36 Kv;
- Sottostazione di Raccolta Elettrica 36 kV;
- Impianto BESS.

Di seguito si riporta la sovrapposizione con DTM dell'area d' impianto.

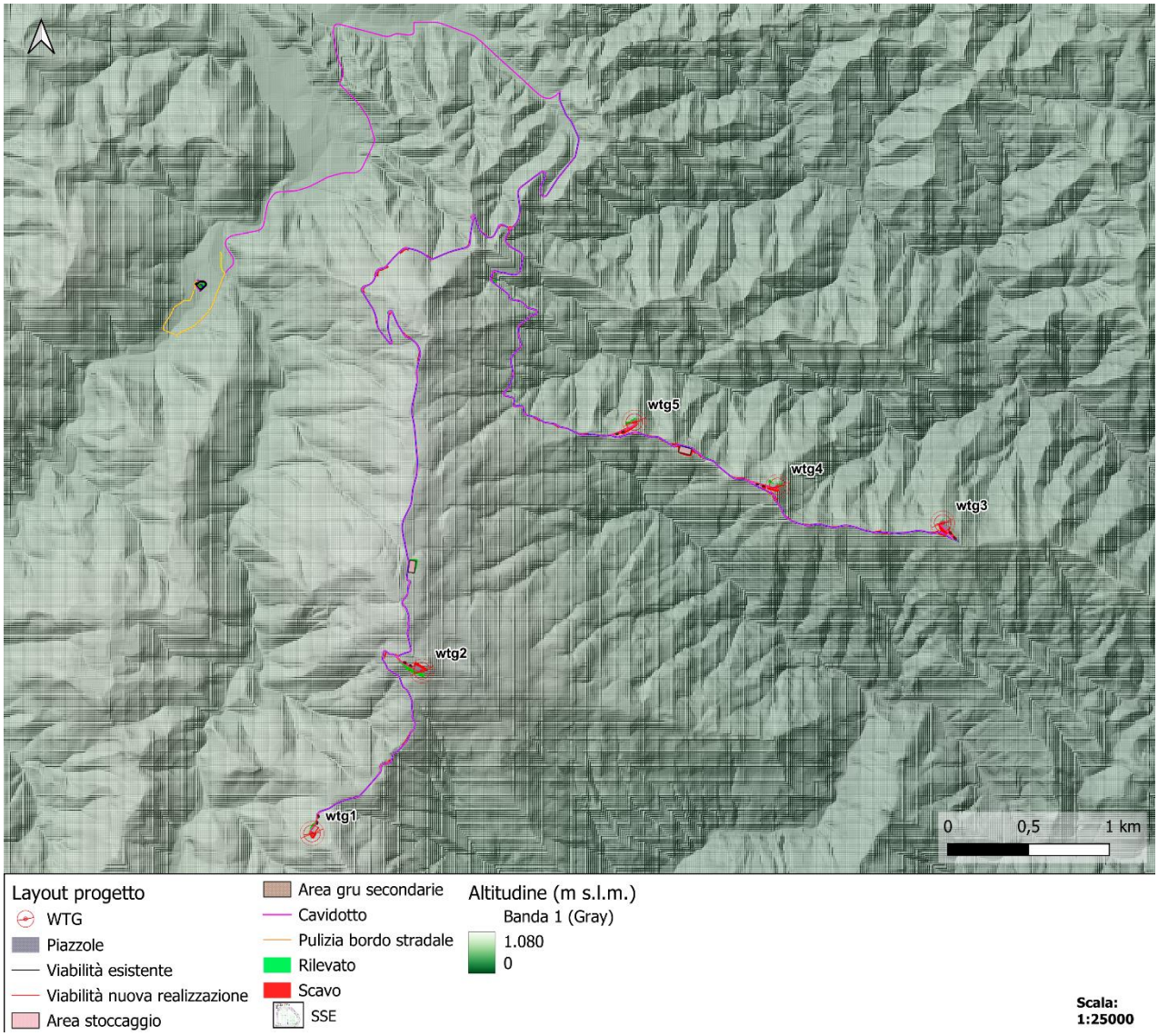


Figura 3: Ubicazione delle WTG e della viabilità di impianto su base DTM

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici

"C24G&GWLI002P014T00_Inquadramento generale su IGM",

"C24G&GWLI002P012T00_Inquadramento generale su Ortofoto",

"C24G&GWLI002P019T00_Planimetria generale dell'intervento su base DTM con opere di connessione".

4. INQUADRAMENTO DEI BACINI IDROGRAFICI

Il progetto è posizionato nel bacino idrografico individuato come *Quiliano (http://www.pianidibacino.ambienteinliguria.it/SV/14quiliano/quiliano.html)* dal Piano di Bacino della regione Liguria, nella provincia di Savona, e la cui cartografia è consultabile da geoportale regionale. I bacini su cui ricade l'impianto sono:

- *R. Trexenda*, il quale ha un'estensione di circa 53,3 km^2;
- *Bormida di Spigno*, il quale ha ha un'estensione di circa 274,7 km^2

Il bacino idrografico del Torrente Quiliano appartiene all'ambito regionale n. 11 Letimbro individuato dall'Autorità di Bacino di Rilievo Regionale ai sensi ex L.R. n.9/1993 ed è situato principalmente nel territorio amministrativo del Comune di Quiliano ed in minima parte nei Comuni di Savona, Vado Ligure e Vezzi Portio. La superficie del bacino è di circa 52 Kmq, è di forma in prima approssimazione circolare, con sbocco diretto sul Mar Ligure, al confine tra la periferia occidentale della città di Savona e quella orientale di Vado Ligure. L'altezza massima nel bacino è di circa 954 metri s.l.m.; esso risulta geograficamente individuato nella Cartografia Tecnica Regionale agli elementi nn. 228-120, 229-050, 229-060, 229-090, 229-100 (C.T.R. 1:10000) ed alle tavolette nn. 228-2, 229-3, 229-4 (C.T.R.1:25000), e geologicamente individuato nel Foglio n.92-93 "Albenga-Savona" della Carta Geologica d'Italia.

Il bacino del T. Quiliano confina con quello del T. Letimbro a Nord (Rio Lavanestro), del Rio Molinero a Nord Est, del Fiume Bormida di Mallare ad Ovest, e con i bacini dei Torrenti Pora (Aquila) , Sciusa, e Segno a SE. Il torrente Trexenda nasce sul Monte Poggio, alla confluenza con il Rio Valle prende il nome di Quiliano, vi confluisce in sponda sinistra il T. Quazzola e prosegue verso la foce, attraverso il centro urbano di Quiliano con un andamento praticamente rettilineo. Il corso dei suoi affluenti che caratterizzano la forma del bacino si presenta piuttosto irregolare, con parecchie variazioni direzionali influenzato pesantemente dalla tettonica antica e recente. La struttura insediativa del bacino è caratterizzata da un sistema di nuclei storici collinari, attestati su crinali secondari, e da nuclei di fondovalle, che si sviluppano lungo percorsi pedecollinari e che si alternano a parti inedificate (coltivi, serre, oliveti). A questa struttura territoriale ad oggi ancora legata all'uso agricolo del suolo, si sono sovrapposti gli insediamenti della grande industria, localizzati principalmente lungo la sponda destra del Torrente e a monte dell'autostrada (depositi IP e complesso petrolifero Sarpom), le grandi infrastrutture di comunicazione (nodo viabilistico dell'autostrada, asse industriale parallelo alla costa) nonché alcune zone di recente espansione residenziale, che hanno quasi totalmente occupato le aree disponibili. Gran parte dell'area del bacino è costituita da zone boscate.

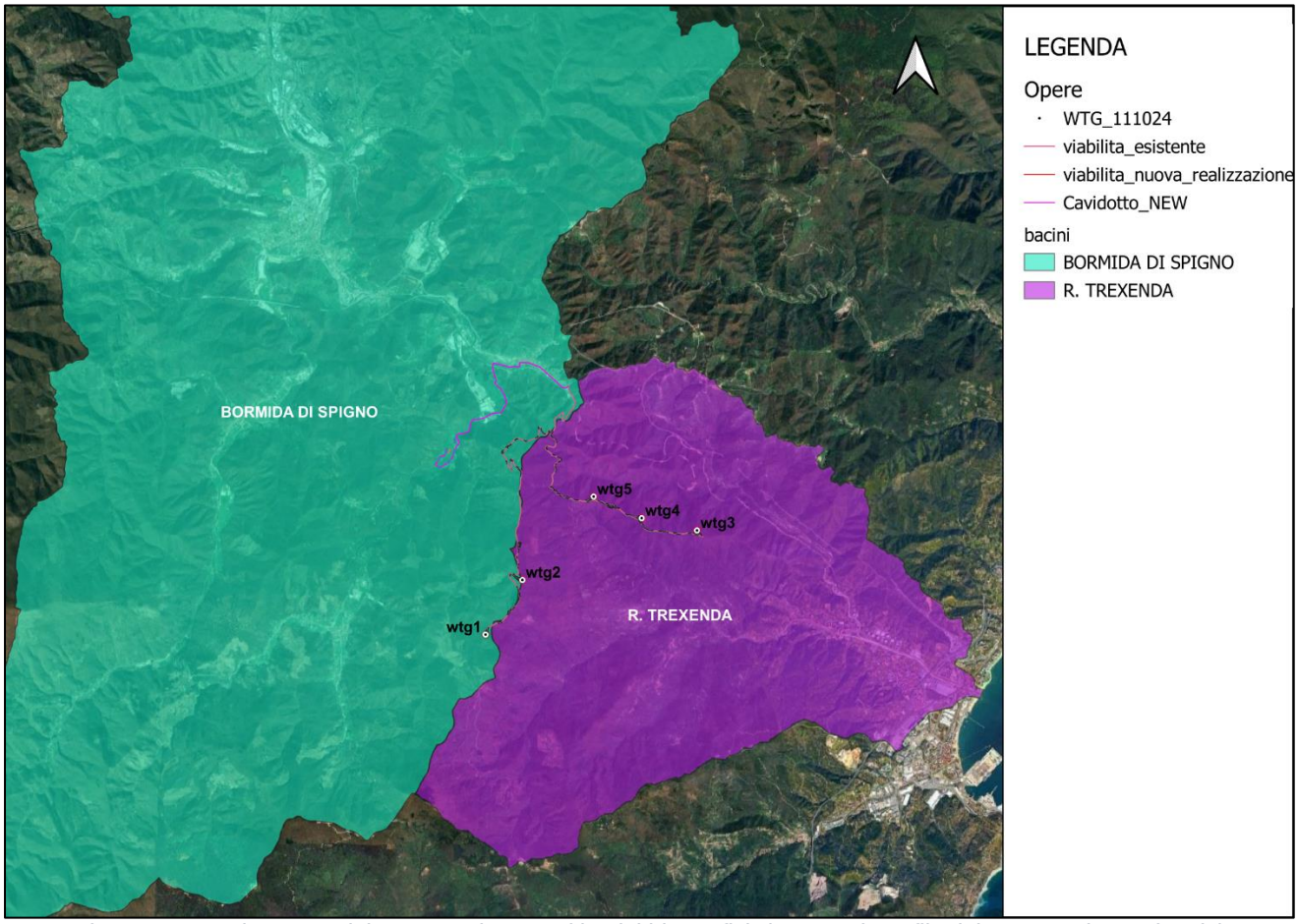


Figura 4: Inquadramento del progetto rispetto ai bacini idrografici. (Fonte: Shapefile del Geoportale Regionale)

5. CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DELL' AREA D' INTERVENTO

5.1. Clima

Secondo la classificazione di Köppen, che definisce i vari tipi di clima in base a dei valori prestabiliti di temperatura e precipitazioni (calcolati conformemente alle medie annue o di singoli mesi), la Liguria presenta un clima di tipo Ca nella fascia costiera, Cb nella parte interna e una ristretta area di tipo Cc sulle Alpi Liguri. La classe Ca corrisponde ad un clima temperato con estate molto calda, la classe Cb ad un clima temperato con estate moderatamente calda e Cc ad un clima temperato con estate fresca e breve. Secondo la classificazione di Pavari, invece, che individua i tipi climatici in base alle associazioni forestali prevalenti e alle loro esigenze termo-pluviometriche, la Liguria presenta le seguenti zone fitoclimatiche: Lauretum nella fascia costiera, Castanetum nella fascia collinare interna, Fagetum in quella montana. A titolo esemplificativo sono stati analizzati i dati termo-pluviometrici (rilevati negli ultimi 50 anni) da tre stazioni meteorologiche appartenenti alla rete di monitoraggio del Centro Funzionale Meteo - Idrologico di Protezione Civile della Regione Liguria (CFMI-PC) (Imperia-Osservatorio meteosismico, Savona-Istituto nautico e Genova-Isoverde) ed è stata fatta una classificazione climatica degli areali circostanti, sia secondo il metodo di Köppen, sia secondo quello di Pavari.

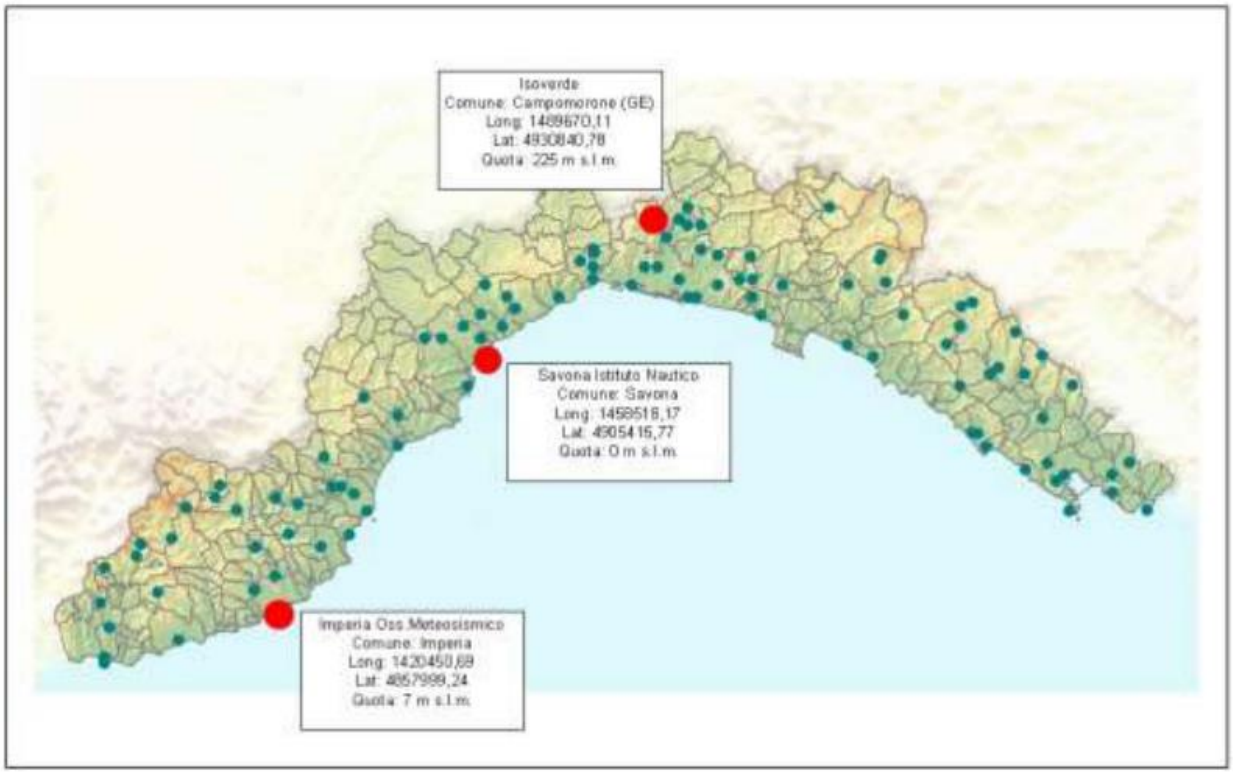


Figura 5: Dislocazione delle tre stazioni meteorologiche appartenenti alla rete di monitoraggio del Centro Funzionale Meteo - Idrologico di Protezione Civile della Regione Liguria (CFMI-PC) utilizzate nelle analisi (Stazioni di Imperia-Osservatorio meteosismico, Savona-Istituto nautico e Genova-Isoverde)

La conformazione orografica di un territorio ha sempre un'influenza notevole sui fenomeni climatici che si possono riscontrare. La dorsale appenninica e le sue diramazioni secondarie hanno infatti un considerevole effetto sul regime delle temperature e su quello pluviometrico, comportando, con l'aumento delle quote, sensibili diminuzioni termometriche e un innalzamento dei valori delle piogge.

Si ha un numero ben superiore di giornate di pioggia rispetto a quello registrabile nella parte marittima della Liguria: la piovosità annua può raggiungere infatti anche i 1800 millimetri, con una media intorno ai 1400 (nella vicina Savona, sul mare, le precipitazioni raramente superano i 1000 millimetri). Le nevicate sono piuttosto intense (la maggior frequenza si ha in gennaio) e numerosi sono anche i giorni di gelo. Il clima è tipico dell'area del mar Mediterraneo, come nel resto della regione; durante la stagione invernale le temperature medie, nell'area litoranea, sono complessivamente miti, con valori medi giornalieri che in gennaio tendono a decrescere leggermente, procedendo da ovest verso est, passando da temperature medie prossime ai +10 °C (al confine con la Provincia di Imperia) ai +7/+8 °C che si riscontrano nella fascia costiera centro-orientale, l'estate è ovunque moderatamente calda, con valori medi di luglio che oscillano, a seconda delle località tra i +23 e i +25 °C, nel complesso il clima del settore costiero più interno (centro-orientale ed orientale) risulta meno caldo ma più afoso rispetto a quello dell'estremo Ponente provinciale, in virtù dei tassi di umidità mediamente più elevati; a stemperare la calura concorre comunque, in tutta la fascia litoranea, il regime delle brezze costiere, tipico di tutte le coste liguri. Il clima del primo entroterra è più freddo di quello strettamente costiero, in funzione della maggiore altimetria e della natura accidentata del territorio, che tende a creare microclimi vallivi (Stazione meteorologica di Stella San Bernardo) o di pianura sublitoranea (Stazione meteorologica di Albenga-Villanova), sensibilmente differenti rispetto a quelli che si riscontrano nella fascia strettamente litoranea, tuttavia anche per queste aree possiamo parlare di microclimi di tipo mesomediterraneo o supramediterraneo, con escursioni termiche stagionali moderate e inverni complessivamente non rigidi, anche se contraddistinti da gelate abbastanza frequenti e talvolta anche da discreti valori di nevosità (ma la persistenza della neve al suolo è spesso limitata a pochi giorni); in queste aree le estati possono risultare piuttosto calde (nelle piane sublitoranee e nei fondivalle più bassi e meno soggetti alle brezze) o complessivamente fresche e gradevoli (nelle aree collinari interessate più direttamente dalle brezze marittimo-costiere), i valori medi di luglio e agosto sono compresi in genere tra i +20 e i +23 °C in funzione dell'altitudine e della conformazione geografica.

Situazione diversa ritroviamo sui versanti padani, che sono caratterizzati da più marcata con forti escursioni termiche giornaliere, moderate escursioni termiche stagionali e inverni complessivamente rigidi, con medie di gennaio che ad altitudini di fondovalle (300/700 m) sono in genere comprese tra 0°C e +3°C, forti gelate notturne (minime di -10°C/-15°C non sono affatto

inusuali anche all'interno dei centri abitati), le nevicate sono spesso copiose e si registra una buona persistenza del manto nevoso; in queste aree, seppur mitigate dall'altitudine collinare, le estati sono spesso piuttosto calde (valori medi di luglio attorno ai +22°C a 300 m di altitudine, attorno ai +20°C a 700m), con massime diurne che il luglio ed agosto possono superare con una certa facilità i +30°C e valori massimi stagionali attorno ai +33/35 °C.

Clima ulteriormente diversificato hanno le zone montuose, al di sopra dei 900-1000m, che registrano inverni freddi e nevosi estati fresche e talvolta instabili e precipitazioni consistenti in tutte le stagioni intermedie. La pluviometria mostra un andamento inverso rispetto a quello delle temperature, le precipitazioni tendono infatti ad aumentare procedendo dalla costa verso il crinale alpino-appenninico, per poi diminuire lievemente mano a mano che dalla displuviale principale si discende lungo le valli del versante padano, l'andamento delle precipitazioni si fa poi crescente anche procedendo lungo la fascia costiera da Sud-Ovest in direzione Nord-Est, passando da minimi intorno ai 650/700 mm al confine con la Provincia di Imperia a massimi di circa 1.000 mm al confine con quella di Genova, l'area complessivamente più piovosa della Provincia di Savona è comunque quella nord-orientale, dove sui rilievi del Gruppo del Beigua si registrano valori pluviometrici medi attorno ai 1600/1700 mm annui. In base alla media trentennale di riferimento 1961-1990, la temperatura media del mese più freddo, gennaio, si attesta a +7,5 °C; quella del mese più caldo, luglio, è di +24,1 °C. Le precipitazioni medie annue, attorno agli 800 mm, distribuite mediamente in 66 giorni, con minimo in estate e picco in autunno.

La regione della Liguria ha un **clima Mediterraneo,** anche se, non è completamente uniforme: questo è dovuto al fatto che la morfologia di questa regione, perlopiù comprende terreni montuosi che poi si aprono ad un mare caldo e considerando l'alta latitudine anche.
I principali fattori morfologici, infatti, sono i seguenti: la regione a forma d'arco si apre verso il sud e le montagne che si trovano tra la Francia e la Toscana.
Una moderata differenza tra la più alta e la più bassa temperatura durante tutto l'anno.
Straordinariamente miti le temperature d'inverno con scarse piogge.

L' '**inverno** è mite, però ci possono essere periodi abbastanza freddi e ventosi, e anche se la neve è rara, occasionalmente può nevicare, soprattutto allo sbocco delle valli, dove l'aria fredda si può incanalare tra le montagne (v. Savona, Genova, La Spezia).
L'**estate** non è calda come nel resto d'Italia, tuttavia ci possono essere periodi afosi, e più raramente, quando il vento scende dalle montagne, giornate molto calde e secche, con massime di 35 °C o più.
Il **soleggiamento** è buono, tuttavia, tra dicembre e aprile si può a volte formare una copertura nuvolosa, nei periodi di alta pressione.

Ad ovest, la **Riviera di Ponente**, soprattutto la parte ad ovest di Savona, protetta dalle Alpi liguri,

è particolarmente mite, e presenta caratteristiche che si ritrovano soltanto nell'Italia meridionale: la temperatura media di gennaio supera i 10 °C, le gelate sono molto rare, e in media si contano 2.500 ore di sole all'anno. Inoltre, in estate, in genere non fa troppo caldo. Le precipitazioni non sono abbondanti e ammontano a circa 700 millimetri l'anno. Nella **parte centro-orientale** della costa, il clima è ancora mite, tuttavia, l'inverno è leggermente più freddo. Inoltre, il clima è più piovoso, infatti le precipitazioni ammontano a 1.000/1.200 mm l'anno, e a volte, soprattutto in autunno, ci possono essere piogge molto abbondanti che possono generare alluvioni.

Il territorio regionale è stato distinto nelle regioni biogeografiche previste dalla direttiva europea 43/92, utilizzando sia quanto corrisponde a canoni scientifici, sia quanto definito come caratteristiche dei siti Rete Natura 2000. Sono inoltre riportati i bioclimi e le indicazioni relative a termotipi e ombrotipi secondo il Synoptical Worldwide Bioclimatic Classification System di Rivas Martinez (2004). I livelli sono forniti dal Polo Botanico Hanbury del Dipteris - Univ. Genova. Di seguito si riporta un inquadramento del progetto rispetto ai due tematismi definiti.



Figura 6:Inquadramento progetto su carta Regioni Biogeografiche

6. VERIFICA DI COMPATIBILITA' DEL PROGETTO CON LA PIANIFICAZIONE

6.1. Piano di Gestione del Rischio Alluvioni

Il Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) è previsto dalla Direttiva comunitaria 2007/60/CE (cd. 'Direttiva Alluvioni') ed è stato recepito nell'ordinamento legislativo italiano con D. Lgs. n. 49/2010. Il PGRA costituisce, inoltre, lo stralcio del Piano di bacino distrettuale, previsto dall'art. 65 del D.Lgs. 152/06, in materia di alluvioni. Il D.Lgs. 49/2010, recepimento italiano della direttiva 2007/60/CE, individua, infatti, le Autorità di Bacino distrettuali, come definite dalla parte terza del D.Lgs. 152/2006, recante "*Norme in materia ambientale*", quali Autorità competenti a redigere il piano di gestione del rischio di alluvioni e le Regioni come Autorità competenti per gli aspetti di protezione civile di cui sono già titolari ai sensi della normativa di settore.

La Direttiva individua il quadro dell'azione comunitaria per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvione predispone il PGRA, il quale nasce con i seguenti obiettivi:

- salvaguardia della vita e della salute umana;
- protezione dell'ambiente;
- tutela del patrimonio culturale;
- difesa delle attività economiche.

Il Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PGRA) deve affrontare tutti gli aspetti della gestione del rischio di alluvioni: prevenzione, protezione, preparazione, risposta e ripristino compresi la previsione delle alluvioni e i sistemi di allertamento, sulla base anche delle caratteristiche del bacino o del sottobacino idrografico interessato. I Piani di gestione del rischio di alluvioni costituiscono lo strumento di pianificazione per *"tutti gli aspetti della gestione del rischio di alluvioni, e in particolare la prevenzione, la protezione e la preparazione, comprese le previsioni di alluvioni e i sistemi di allertamento, e tiene conto delle caratteristiche del bacino idrografico o del sottobacino interessato*". In particolare, all'interno del Piano sono stabilite le misure di protezione distinguendole in misure strutturali e non strutturale che intervengono sulla probabilità di inondazione gestendo il modo in cui i deflussi si formano e si propagano. Inoltre, le azioni di mitigazioni dei rischi connessi alle esondazioni dei corsi d'acqua, alle mareggiate e più in generale al deflusso delle acque, si interfacciano con le forme di urbanizzazione e infrastrutturazione del territorio, con le attività economiche, con l'insieme dei sistemi ambientali, paesaggistici e con il patrimonio storico-culturale.

In data 29 dicembre 2020, la Conferenza Istituzionale Permanente ha adottato il Progetto di aggiornamento del PGRA funzionale alla stesura definitiva del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – secondo ciclo (PGRA 2021). Le mappe di pericolosità del PGRA (aggiornate a dicembre 2019) contengono la delimitazione delle aree allagabili per diversi scenari di pericolosità:

- aree a pericolosità elevata P3, o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti - TR

30 – 50 anni;

- aree a pericolosità media P2, o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti - TR 100 – 200 anni;
- aree a pericolosità bassa P1, o aree potenzialmente interessate da alluvioni rare - TR fino a 500 anni.

Le mappe di rischio del PGRA classificano secondo 4 gradi di rischio crescente (R1 – rischio moderato o nullo; R2 - rischio medio; R3 – rischio elevato e R4 – rischio molto elevato) gli elementi che ricadono entro le aree allagabili. Le mappe di pericolosità contenute nel PGRA rappresentano un aggiornamento ed integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli elaborati del PAI. Ne consegue che il PGRA, ai sensi dell'art. 3, comma 1 del DPCM 27 ottobre 2016, costituisce stralcio funzionale del Piano di Bacino del distretto idrografico del fiume Po e ha valore di Piano territoriale di settore.

In particolare, l'opera in progetto ricade in parte nel Distretto idrografico del Bacino del Fiume Po e in parte del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale.

Il progetto è situato in corrispondenza dello spartiacque ligure - padano e interessa due Piani di bacino regionali Bacino del Po (per quanto riguarda il versante padano) e Bacino di Quiliano (per quanto riguarda il versante ligure) ed in particolare con la soppressione delle Autorità di Bacino e istituzione delle Autorità Distrettuali, parte del progetto ed in particolare parte del cavidotto, della viabilità d'impianto e le WTG 2-3-4-5 ricadono nell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

Piano Gestione Rischio Alluvione PGRA - Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale

Dall'analisi della cartografia di Piano specifico per il distretto in esame si evince che le opere in progetto sono esterne ad aree inondabili come si evidenzia dallo stralcio riportato di seguito.

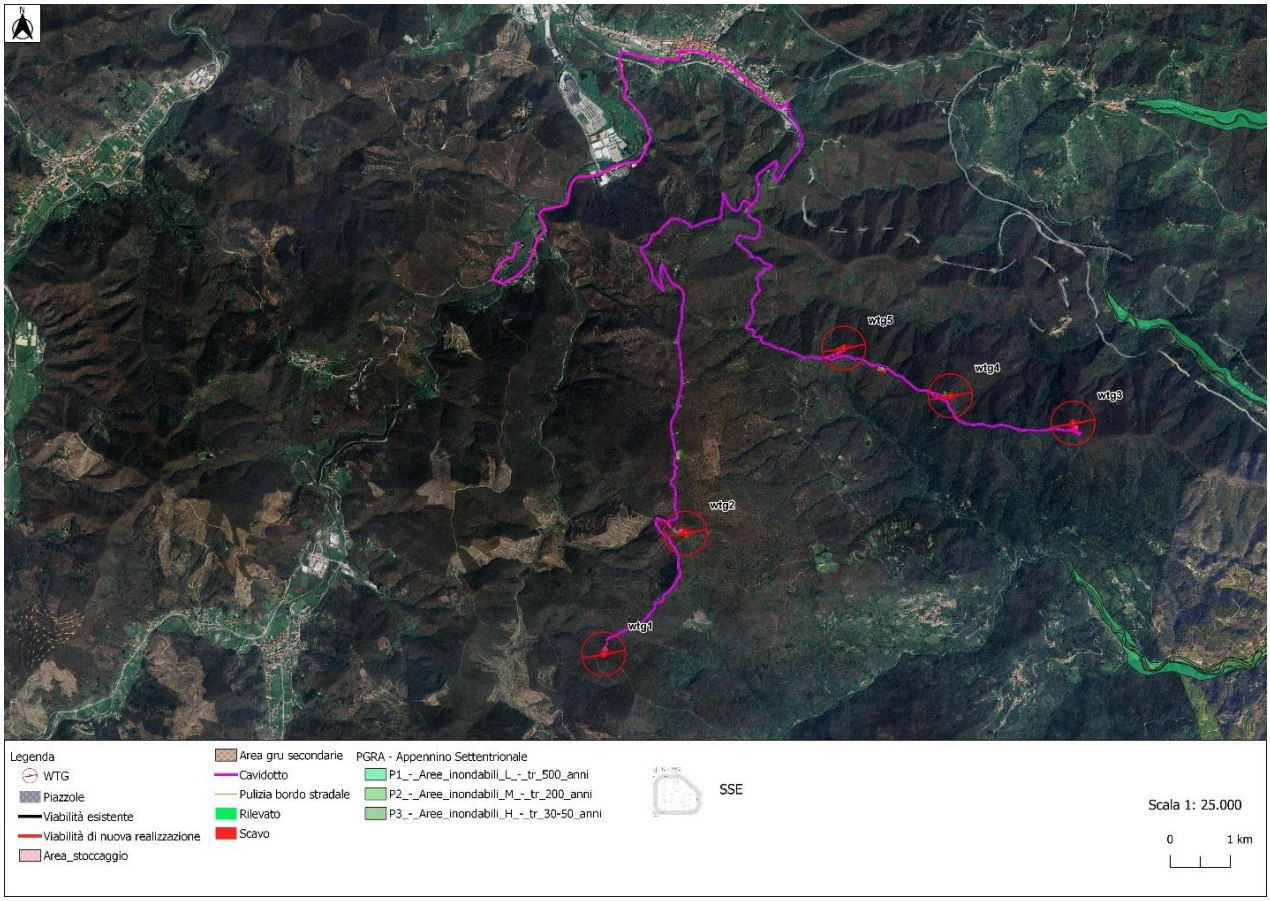


Figura 7: Inquadramento progetto su carta del Piano di gestione rischio alluvione del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale

<u>Piano Gestione Rischio Alluvione PGRA - Distretto Idrografico del Fiume Po</u>

Dalla consultazione del Piano di Gestione del rischio di alluvioni PGRA si osserva che alcuni elementi dell'opera in progetto ed in particolare la sottostazione elettrica comprensiva del sistema BESS ricade in parte in un'area a pericolosità idraulica bassa P1 e in parte a pericolosità media P2. Per quanto concerne la parte di intervento situata nel versante padano e quindi ricadente nel Piano di Bacino del Fiume Bormida di Mallare, e relativamente ai bacini padani delle Province di Savona e Imperia, (per le quali con D.G.R. 21 maggio 2021, n. 428, è stata approvata una disciplina di tutela, coerente con la disciplina del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del fiume Po, inerente la mappatura aggiornata delle aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana sui bacini padani delle Province di Savona e Imperia) si rileva che:

- Interessa aree inondabili per tempi di ritorno duecentennali – Pi2;
- Interessa aree inondabili per tempi di ritorno cinquecentennali – Pi1;

Di seguito si riporta un inquadramento dell'impianto in progetto sulle mappe del PGRA riferite al distretto idrografico del fiume Po.

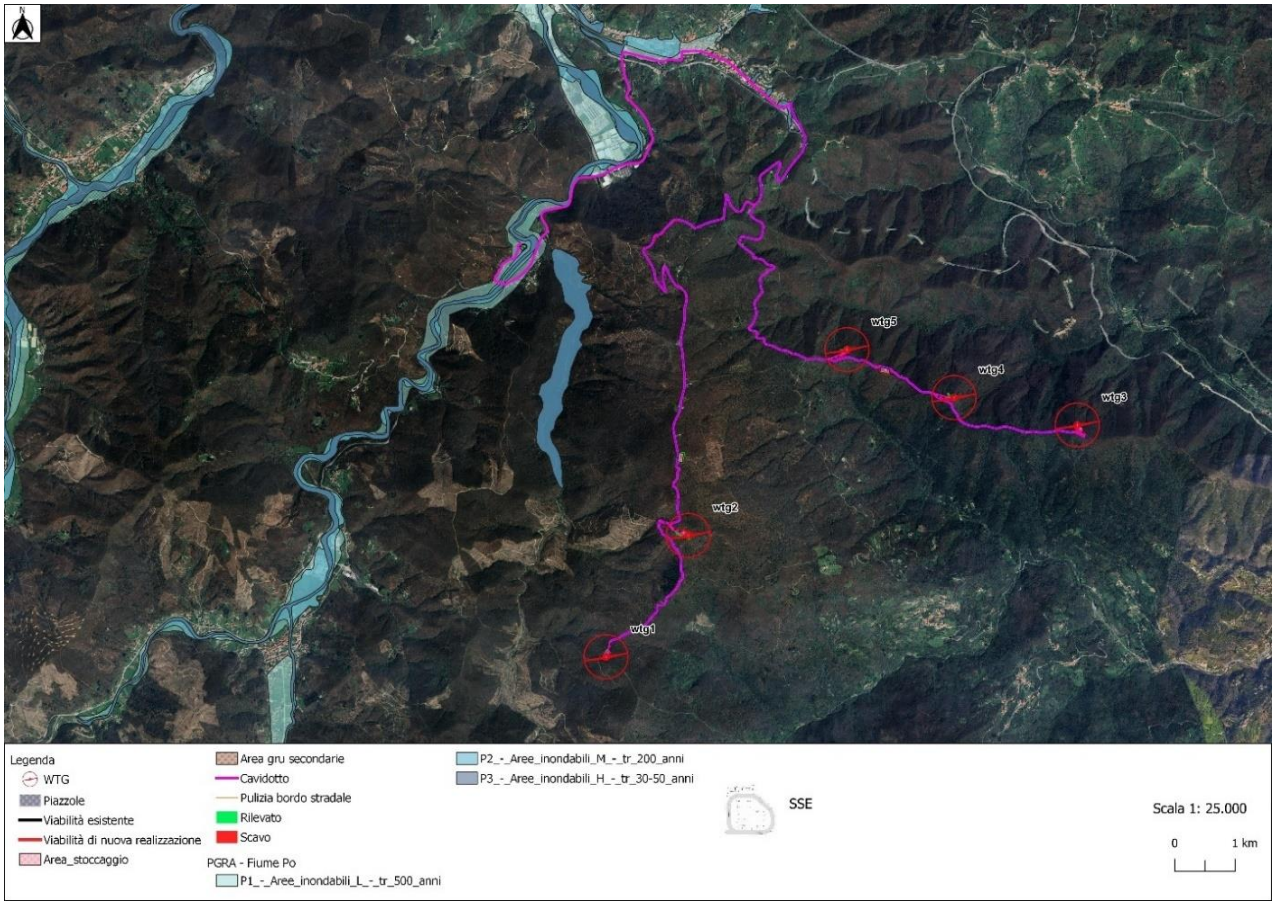


Figura 8: Inquadramento progetto su carta del Piano di gestione rischio alluvione del Distretto Idrografico del Fiume Po

La consultazione dell'allegato n. 2 alla deliberazione di Comitato Istituzionale n. 5 del 7 dicembre 2016 ha evidenziato che la Regione Liguria ha approvato il progetto di Variante al PAI del bacino del fiume Po con DG n. 914 del 4 ottobre 2016. Per quanto riguarda il territorio ligure si riscontra una quasi totale coerenza tra il quadro conoscitivo del PGRA e gli altri strumenti di pianificazione. Aldilà, quindi, di alcune migliori specificazioni o studi recenti, e del recepimento delle aree inondate negli eventi alluvionali del 2014 (peraltro al momento disciplinate con DGR 59/2015), le mappature del PGRA vanno a costituire un aggiornamento del quadro conoscitivo del PAI e sono note ai Comuni ed agli Enti locali già da tempo.

A seguito dell'adozione ed entrata in vigore delle Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni e dei Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), dal momento, infatti, che nel Distretto idrografico del Po i contenuti del PGRA venivano a sovrapporsi parzialmente a quelli dei PAI, ciascuna delle preesistenti Autorità di bacino ha proceduto all'adozione di Varianti ai suddetti PAI con cui sono state introdotte, nell'ambito delle NA di ciascuno di essi, apposite disposizioni specificamente finalizzate a garantire il coordinamento di tali Piani con il PGRA distrettuale, con particolare riguardo alle procedure di aggiornamento dei Piani stessi. Alla luce di quanto esposto la sottostazione elettrica e il sistema BESS che ricadono nel versante padano del Fiume Bormida di Mallare, è soggetto alla disciplina di tutela relativamente ai bacini padani delle Province di Savona e Imperia, D.G.R. 21 maggio 2021, n. 428, coerente con la disciplina del Piano stralcio per

l'Assetto Idrogeologico (PAI) del fiume Po, già affrontata e a cui si rimanda per dettagli.

Tuttavia, si osserva che la cartografia trova conferma negli elaborati reperiti dal sito del comune di Mallare. Esso è dotato di cartografia inerente le fasce fluviali di esondabilità di cui alla DGR 1065/201, reperibili al seguente link http://www.comune.mallare.sv.it/Home/Come-fare-per?ID=96889, e di cui si riporta un estratto cartografico. In particolare, è stata consultata la *Tavola 1 – Agg. e revisione delle Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni del Distretto idrografico del fiume Po redatte ai sensi dell'art. 6 del D.lgs. 49/2010 attuativo della Dir. 2007/60/CE.*

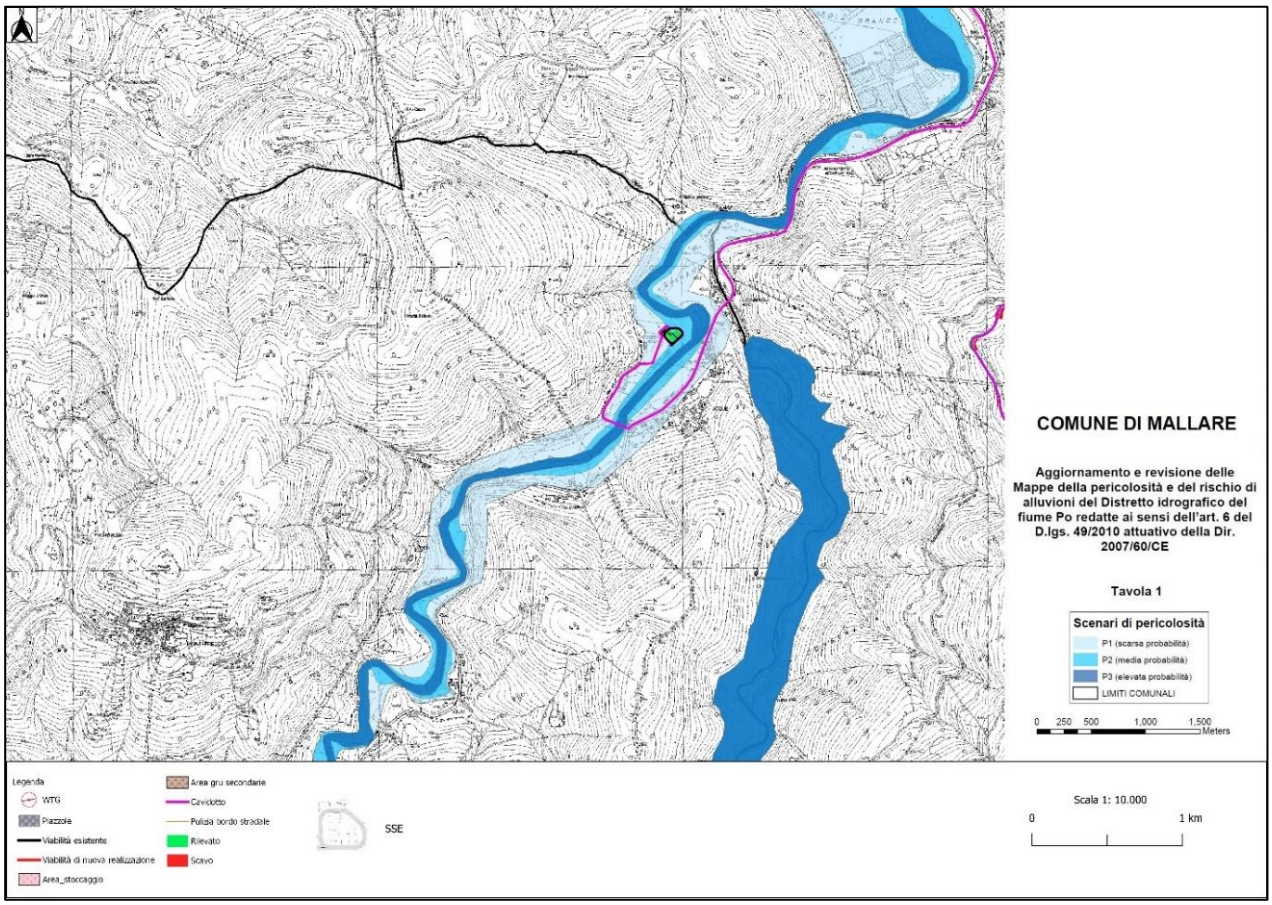


Figura 9: Inquadramento progetto sulla Tavola 1 – Agg. e revisione delle Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni del Distretto idrografico del fiume Po redatte ai sensi dell'art. 6 del D.lgs. 49/2010 attuativo della Dir. 2007/60/CE

L'area in cui ricade la sottostazione e il BESS è classificata a pericolosità media P1 e elevata P2. Inoltre il cavidotto è interamente realizzato su strada e che l'eventuale superamento delle interferenze con aree a pericolosità idraulica avverrà grazie alle modalità di posa previste da progetto, come la tecnica no dig – trivellazione orizzontale controllata TOC e staffaggi in corrispondenza di attraversamenti, per maggiori dettagli si rimanda alla relazione *C24G&GWLI002P017R00_Relazione di censimento e risoluzione delle interferenze*.

Le mappe di pericolosità contenute nel PGRA rappresentano un aggiornamento ed integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli elaborati del PAI. Ne consegue che il PGRA, ai sensi dell'art. 3, comma 1 del DPCM 27 ottobre 2016, costituisce stralcio funzionale del Piano di Bacino del distretto idrografico del fiume Po e ha valore di Piano territoriale di settore. A seguito

dell'adozione ed entrata in vigore delle Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni e dei Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), dal momento, infatti, che nel Distretto idrografico del Po i contenuti del PGRA venivano a sovrapporsi parzialmente a quelli dei PAI, ciascuna delle preesistenti Autorità di bacino ha proceduto all'adozione di Varianti ai suddetti PAI con cui sono state introdotte, nell'ambito delle NA di ciascuno di essi, apposite disposizioni specificamente finalizzate a garantire il coordinamento di tali Piani con il PGRA distrettuale, con particolare riguardo alle procedure di aggiornamento dei Piani stessi. Alla luce di quanto esposto la sottostazione elettrica e il sistema BESS che ricadono nel versante padano del Fiume Bormida di Mallare, è soggetto alla disciplina di tutela relativamente ai bacini padani delle Province di Savona e Imperia, D.G.R. 21 maggio 2021, n. 428, coerente con la disciplina del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del fiume Po, già affrontata e a cui si rimanda per dettagli.

In conclusione, dall'analisi effettuata non si evidenziano elementi ostativi tali da pregiudicare la realizzazione dell'opera.

6.2. Piano di Stralcio dell'Assetto Idrogeologico

Il Piano di Bacino Stralcio contiene l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico, è uno strumento tecnico-normativo che fornisce indirizzi per la politica di pianificazione territoriale salvaguardando la visione sistemica del territorio. I Piani Stralcio dell'Assetto Idrogeologico hanno le finalità della difesa idrogeologica e della rete idrografica, il miglioramento delle condizioni di stabilità del suolo, di recupero delle aree interessate da particolari fenomeni di degrado e dissesto, di salvaguardia della naturalità mediante la definizione:

a) del quadro della pericolosità e del rischio idrogeologico in relazione ai fenomeni di inondazione e di dissesto considerati;
b) dei vincoli e delle limitazioni d'uso del suolo in relazione al diverso grado di pericolosità;
c) delle esigenze di manutenzione, completamento ed integrazione dei sistemi di difesa esistenti in funzione del loro livello di efficacia in termini di sicurezza;
d) degli interventi per la sistemazione del dissesto dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, adottando modalità di intervento che privilegino la conservazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del territorio;
e) degli interventi per la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua;
f) di nuovi sistemi di difesa, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo dell'evoluzione dei fenomeni di dissesto e di esondazione, in relazione al livello di riduzione del rischio da conseguire.

In particolare, individuano gli indirizzi per una corretta gestione del territorio che sono sintetizzati come segue:

- vanno promosse le attività dirette a mantenere efficiente la rete scolante generale (fossi, cunette stradali) e la viabilità minore (poderale, interpoderale, forestale, sentieri, mulattiere e le carrarecce), che a tal fine deve essere dotata di cunette taglia acqua e di altre opere simili;
- qualora venga individuata, in occasione di scavi connessi alla realizzazione di interventi urbanistico - edilizi, la presenza di acque sotterranee, vanno eseguite opere dirette alla relativa intercettazione;
- vanno favoriti, nei territori boscati in abbandono e nelle zone arbustive e prative un tempo coltivate, sistematici interventi di recupero qualitativo dell'ambiente mediante l'introduzione di specie autoctone arboree ed arbustive;
- in ogni caso devono essere rispettate le previsioni sulla gestione e miglioramento dei boschi e dei pascoli e sulle relative modalità di utilizzazione prevista dai Piani di assestamento e utilizzazione del patrimonio silvo-pastorale di cui all'art.19 della L.R. n.4/99, se vigenti.

L'area d'intervento ricade in due bacini idrografici limitrofi il Bacino Idrografico del Fiume Po e il Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

L'analisi condotta al fine di identificare le aree a pericolosità geomorfologica e idraulica è stata effettuata mediante la lettura degli atti pianificatori esistenti e che interessano l'area in esame, in particolare:

- Piano di Gestione del Rischio Alluvione del Bacino del Po (PGRA) per quanto riguarda la pericolosità idraulica, la cui trattazione è effettuata nel successivo paragrafo;
- Piano di Bacino Stralcio del Fiume Po che mantiene validità per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica sia come norme che come perimetrazioni;
- Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica (PAI dissesti), che ha sostituito il Piano di bacino per l'Assetto idrogeologico della Provincia di Savona approvato per ambiti.

Di seguito vengono analizzati separatamente i piani attualmente vigenti e che governano dal punto di vista idraulico e geomorfologico.

Piano Stralcio dell'Assetto Idrogeologico - Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale (P.A.I.)

Nel momento in cui l'Autorità Distrettuale ha sostituito le Autorità di bacino di cui alla legge 183/1989, avviando il processo pianificatorio del PAI riferito all'interno territorio distrettuale, si è trovata di fronte a molteplici Piani stralcio, vigenti sui singoli bacini regionali, interregionali e

nazionali presenti nel distretto e approvati dalle Autorità di bacino. È dunque per questo motivo che l'Autorità dell'Appennino Settentrionale, in continuità con quanto già fatto per le problematiche afferenti alla pericolosità idraulica con il PGRA, unica a livello nazionale, ha avviato il percorso pianificatorio di superamento dei vecchi PAI anche per la parte geomorfologica. L'obiettivo primario del nuovo PAI dissesti è stato, sin da subito, quello di uniformare e allineare alla nuova scala distrettuale i PAI in essere, riconducendoli sotto un'unica cornice pianificatoria e, quindi, superandoli definitivamente.

Con deliberazione n. 39 del 28 marzo 2024, la Conferenza Istituzionale Permanente dell' Autorità di bacino distrettuale dell' Appennino Settentrionale ha adottato, ai sensi degli articoli 66,67 e 68 del d.lgs. 3 aprile 2006, n. 152, il "Piano di bacino stralcio Assetto Idrogeologico del distretto idrografico dell'Appennino settentrionale per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica" (PAI dissesti) e con la delibera n. 40 del 28 marzo 2024, sono state adottate, ai sensi degli articoli 65 comma 7 e 8 e 67 comma 1 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, specifiche misure di salvaguardia al fine di garantire un' adeguata tutela del territorio e disciplinare il periodo transitorio nelle more dell' approvazione del PAI, entrate in vigore, per l'intero territorio distrettuale, il giorno 8 aprile 2024, data di pubblicazione dell'avviso di adozione sulla Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana e resteranno in vigore fino all'approvazione del PAI dissesti che avverrà con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri ai sensi dell'art. 57 del d.lgs. 152/2006 ed alla conseguente pubblicazione del D.P.C.M. sulla Gazzetta Ufficiale e, comunque, per un periodo non superiore a tre anni. Il PAI dissesti contiene una disciplina unica applicabile all'intero territorio distrettuale e un quadro della pericolosità geomorfologica omogeneo e aggiornato, anche sotto il profilo delle classi di pericolosità, alla scala dell'intero territorio distrettuale. Si ricorda che, ai sensi dell'art. 2 c. 1 della Delibera della C.I.P. dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale n. 40/2024, a far data dall'8 aprile 2024, trovano applicazione le mappe di cui all'art. 6 della disciplina di Piano del PAI distrettuale che, dalla medesima data, sostituiscono quelle dei PAI vigenti, in particolare le mappe di cui all'art. 6 c. 1 della disciplina del PAI dissesti costituiscono il riferimento cartografico unico in materia di pericolosità da dissesti di natura geomorfologica.

In data 01 gennaio 2024 è entrata in vigore la legge regionale 28 dicembre 2023, n. 20, recante "Disposizioni collegate alla legge di stabilità della Regione Liguria per l'anno finanziario 2024 (Disposizioni per la formazione del bilancio di previsione 2024-2026", che all'articolo 75 prevede: "1. Nelle more dell'entrata in vigore del regolamento previsto dall'articolo 91, comma 1 ter 2, della l.r. 18/1999, entro il 31 dicembre 2024 [termine così modificato dall'art. 4 della l.r. 8/2024], ai fini di garantire le condizioni di gestione del rischio idraulico, continuano a trovare applicazione le norme dei piani di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico delle soppresse Autorità di bacino regionale ligure e interregionale del fiume Magra, per quanto non in contrasto con la disciplina del Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA)." Con la suddetta norma, considerato che l'iter di

approvazione del Regolamento Regionale previsto dall'art. 91 c. 1 ter 2 della L.R. 18/1999 recante le disposizioni concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (nel seguito PGRA) del distretto idrografico dell'Appennino settentrionale per le aree a pericolosità da alluvione fluviale e costiera è ancora in corso, si è pertanto stabilita, medio tempore, quale disposizione attuativa del PGRA nel settore urbanistico ai sensi dell'art. 65 del d.lgs. 152/2006, una disciplina regionale vincolistica di tutela rispetto alla pericolosità idraulica. Per cui è stato previsto, nelle more dell'approvazione del citato regolamento, in via transitoria una prima normativa di attuazione del PGRA sotto il profilo urbanistico di competenza regionale ai sensi dell'articolo 65 del D.lgs. n. 152/2006, mutuandone i contenuti dalle previgenti disposizioni dei piani di bacino delle soppresse autorità di bacino regionale ed interregionale del Fiume Magra al fine di garantire le condizioni di gestione del rischio idraulico in continuità con il regime previgente. Per quanto sopra, a decorrere dal 1° gennaio 2024, i Piani di Bacino stralcio delle soppresse autorità di bacino sono superati per quanto riguarda la disciplina dell'assetto idraulico. Con DGR n. 1280 del 14 dicembre 2023 è stata approvata la nuova cartografia del Reticolo idrografico regionale che costituisce il nuovo riferimento univoco a livello regionale, comportando il superamento della cartografia precedentemente adottata, pertanto le carte del reticolo idrografico dei piani di bacino sono superate.

In conclusione, la cartografia "PAI Dissesti" è lo strumento operativo di riferimento dell'Autorità di bacino distrettuale per la mappatura delle aree a pericolosità e per garantire livelli sostenibili di gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica. Adottata dalla Conferenza Istituzionale Permanente con delibera n. 39 del 28 marzo 2024 in via definitiva e con delibera n. 40 del 28 marzo 2024 le relative misure di salvaguardia, sostituisce interamente i vari PAI elaborati secondo le disposizioni della legge 183/89. Sino alla sua approvazione definitiva con decreto del presidente del consiglio dei ministri, con l'adozione delle misure di salvaguardia, le disposizioni dei PAI ex L.183/89 continuano ad applicarsi nel settore urbanistico, con specifico riferimento alla definizione delle condizioni di gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica e all'individuazione dei singoli interventi ammessi nelle aree a pericolosità, in coordinamento con la nuova disciplina del PAI dissesti.

Per quanto attiene la disciplina regionale relativa alle condizioni di gestione del rischio idraulico, si prende atto che in data 1 gennaio 2024 è entrata in vigore la L.R. Liguria n. 20 del 28/12/2023, che all'art. 75 (Condizioni di gestione del rischio idraulico) prevede quanto segue: "1. Nelle more dell'entrata in vigore del regolamento previsto dall'art. 91, comma 1 ter 2, della l.r. 18/1999, entro il 30 giugno 2024, ai fini di garantire le condizioni di gestione del rischio idraulico, continuano a trovare applicazione le norme dei piani di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico delle soppresse Autorità di bacino regionale ligure e interregionale del fiume Magra, per quanto non in contrasto con la disciplina del Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA)". L'espressione dell'eventuale parere e nulla osta in merito alle condizioni di gestione del rischio ai sensi dei piani

di assetto idrogeologico è pertanto di competenza della Regione Liguria.

Di seguito si riporta un inquadramento del progetto sulle mappe di rischio e pericolosità dell'Unit of Management (UOM) Liguria consultabili al link https://www.appenninosettentrionale.it/itc/?page_id=14538 .

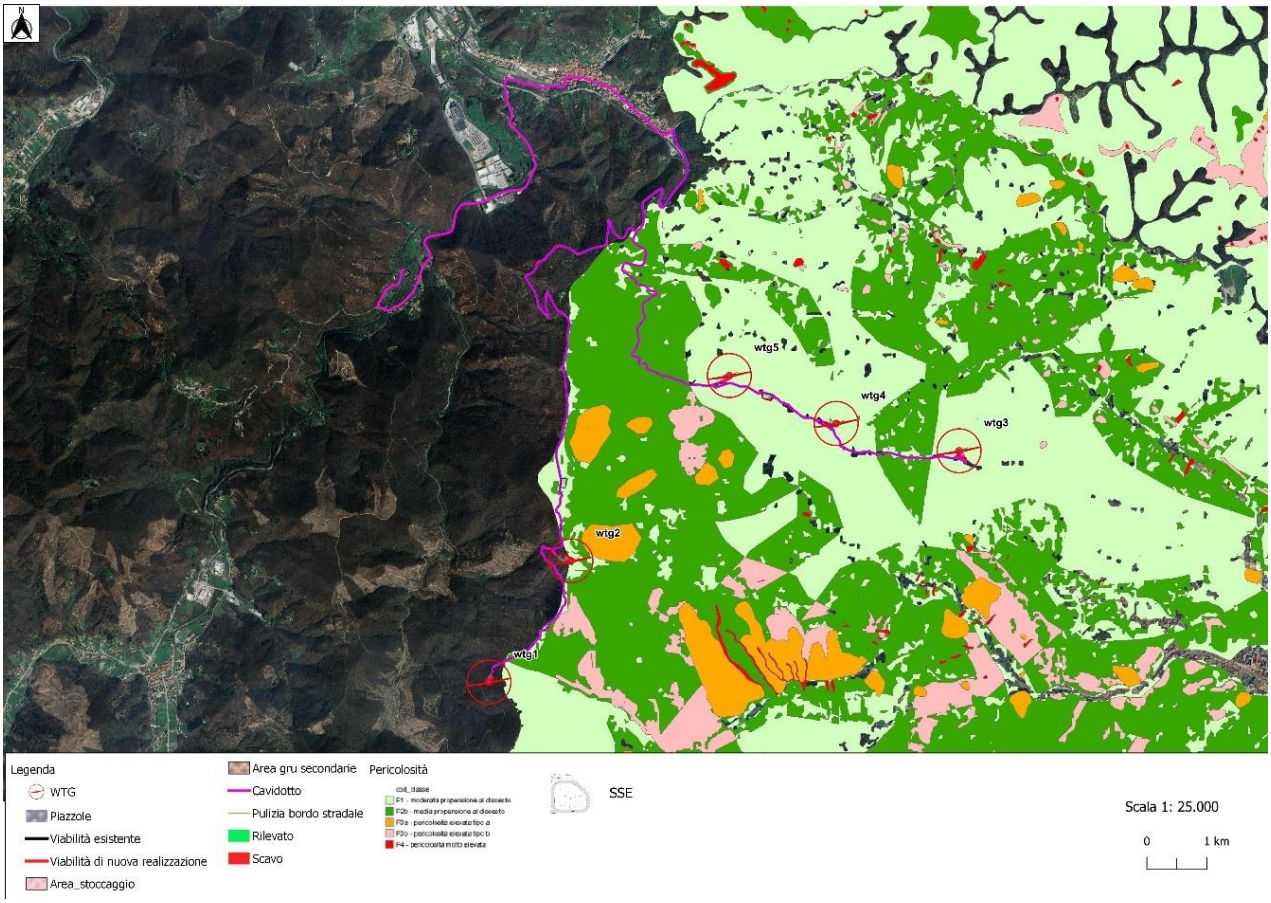


Figura 10: Inquadramento progetto su mappa pericolosità idrogeologica – PAI- dissesti

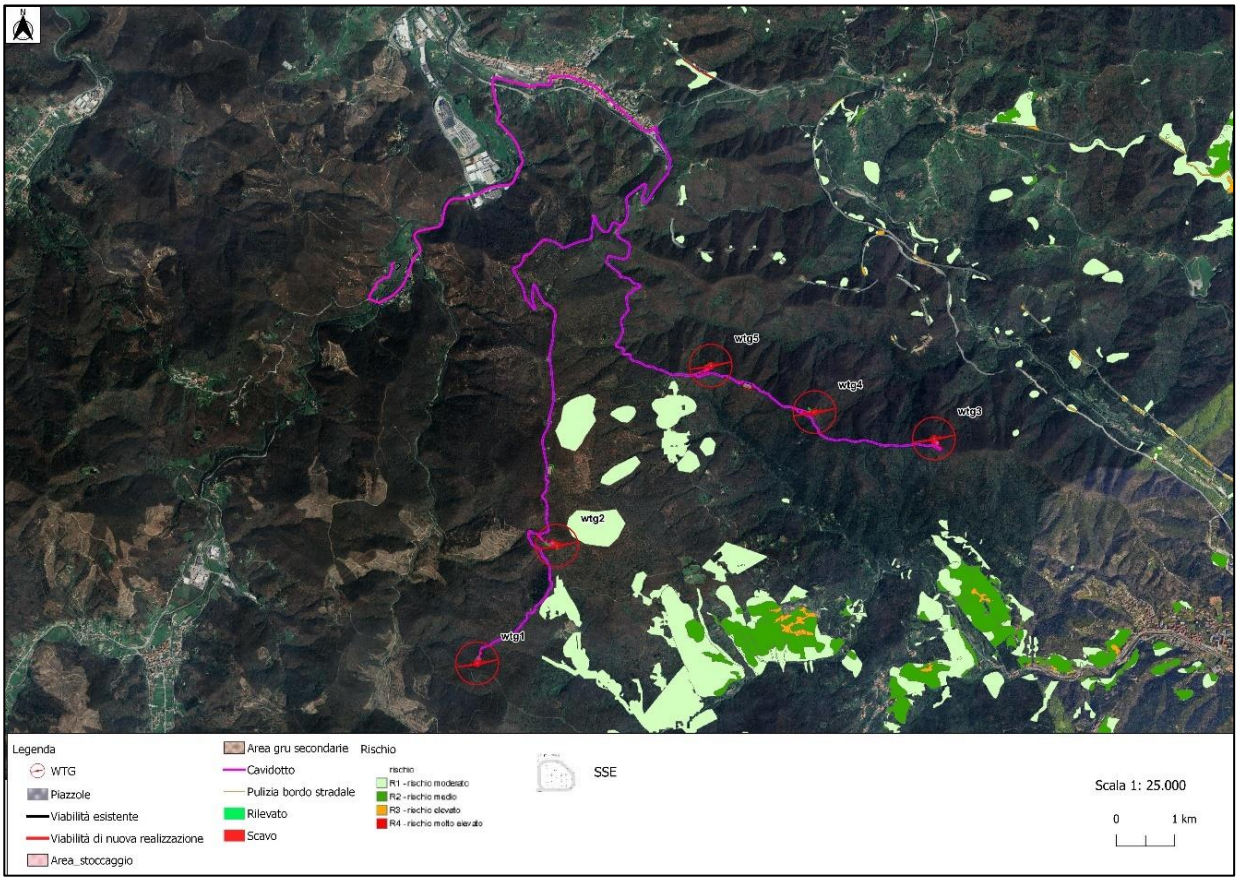


Figura 11: Inquadramento progetto su mappa rischio idrogeologico – PAI- dissesti

Dagli inquadramenti cartografici si evince che l'opera in progetto ricade in aree diversa pericolosità, ed in particolare le WTG 2-3-4-5 ricadono in zone classificate P1 a moderata propensione al dissesto, mentre parte del cavidotto di collegamento ricade in zone classificate P2b con media propensione al dissesto. Per tali aree si riporta l'estratto normativo della disciplina di Piano, art. 12 – Aree a pericolosità media (P2) e moderata (P1) – Indirizzi per gli strumenti di governo del territorio, che stabilisce: "*Nelle aree P2 e P1 sono da privilegiare le tipologie di intervento previste dagli strumenti di governo del territorio che non determinino condizioni di instabilità e non modifichino negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nelle zone potenzialmente interessate dagli interventi e dalle loro pertinenze.*"

Si richiama inoltre l'art.16 - Aree a diversa suscettività al dissesto delle Norme di Attuazione del Piano di bacino Stralcio sul rischio idrogeologico del Bacino Del Torrente di Quiliano il quale recita al comma 4*: Nelle aree a suscettività al dissesto media (Pg2), bassa (Pg1) e molto bassa (Pg0) si demanda ai Comuni, nell'ambito della normativa geologica di attuazione degli strumenti urbanistici o in occasione dell'approvazione sotto il profilo urbanistico-edilizio di nuovi interventi insediativi e infrastrutturali, la definizione della disciplina specifica di dette aree, attraverso indagini specifiche, che tengano conto del relativo grado di suscettività al dissesto. Tali indagini devono essere volte a definire gli elementi che determinano il livello di pericolosità, ad individuare le modalità tecnico-esecutive dell'intervento, nonché ad attestare che gli stessi non aggravino le*

condizioni di stabilità del versante.

Dall'analisi della mappa del rischio si evince che le aree interessate dall'opera non sono soggette a rischio idrogeologico.

In conclusione, dall'analisi effettuata l'opera risulta coerente con le disposizioni normative del Piano Stralcio dell'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

Piano Stralcio dell'Assetto Idrogeologico - Distretto Idrografico del Fiume Po (P.A.I.)

L'opera in progetto, ed in particolare parte del cavidotto e la sottostazione elettrica complessiva del sistema BESS ricadono nei comuni di Altare e di Mallare che a loro volta ricadono nel Distretto Idrografico del Fiume Po.

Il Piano di assetto idrogeologico del bacino de fiume Po, adottato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 del 26 aprile 2001, è entrato in vigore a seguito della sua pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale n.183 dell'8 agosto 2001 del Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 24 maggio 2001.

Il Piano rappresenta uno strumento che consolida e unifica la pianificazione di bacino per l'assetto idrogeologico, definendo gli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e attuando interventi di prevenzione dei rischi idrogeologici, nonché di ripristino delle aree di esondazione.

I contenuti del Piano si articolano in interventi strutturali (opere), relativi all'assetto di progetto delle aste fluviali, dei nodi idraulici critici e dei versanti e interventi e misure non strutturali (norme di uso del suolo e regole di comportamento). La parte normativa regolamenta le condizioni di uso del suolo secondo criteri di compatibilità con le situazioni a rischio e detta disposizioni per la programmazione dell'attuazione del Piano stesso. L'apparato normativo del Piano è rappresentato dalle Norme di attuazione, che con tengono indirizzi e prescrizioni e dalle Direttive di piano. Con il DPCM 22 febbraio 2018 è stata approvata la variante al PAI del fiume Po riguardante l'aggiornamento delle Norme di Attuazione (NdA) del PAI adottata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 5 del 17 dicembre 2015 che ha introdotto norme finalizzate al recepimento e all'armonizzazione del PAI con i contenuti del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA), approvato con D.P.C.M. 27/10/2016 (G.U.R.I. del 6/2/2017) e redatto ai sensi del D.Lgs. 49/2010 e della Direttiva 2007/60/CE (cosiddetta "Direttiva Alluvioni").

La Giunta Regionale con le deliberazioni DGR n. 1064/2018 e della DGR n. 802/2020 ha adottato la disciplina di tutela dei bacini padani ricadenti in Provincia di Savona, secondo quanto risposto dalla L.R. 41/2014, art. 33, c.6 e Norme di Attuazione Piano Assetto Idrogeologico (PAI) Fiume Po, art. 58, definendo inoltre la disciplina di tutela per aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana.

Le mappature consultabili al link http://www.pianidibacino.ambienteinliguria.it/fasce_franePO_SVIM.html rappresentano ad oggi per il territorio dei Comuni delle Provincie di Savona ricadenti nel bacino del Fiume Po il quadro conoscitivo di riferimento più aggiornato della pericolosità idraulica e geomorfologica per frana.

Con la DGR n. 428 del 21 maggio 2021 sono stati approvati i due allegati redatti, ai sensi dell'art. 58 delle Norme di Attuazione del Piano per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po e dell'art. 33, c.6, della L.R. 41/2014, in particolare: la disciplina di tutela e gestione del territorio relativa alle condizioni di pericolosità idraulica e geomorfologica da frana dei bacini padani ricadenti in Provincia di Savona di cui all'Allegato 1; le carta della pericolosità idraulica e geomorfologica da frana (Tavole da 1 a 43), di cui all'allegato 2, allo scopo di prevedere un'adeguata disciplina di tutela e di gestione del territorio, coerente con quella della pianificazione di bacino di riferimento, finalizzata prioritariamente alla protezione e al non aumento delle condizioni di rischio. Le tavole in cui è possibile inquadrare l'opera in progetto sono le seguenti e di cui si riporta un estratto cartografico di inquadramento:

- Tav. 25 - 228080 - Pallare
- Tav. 29 - 228120 - Mallare
- Tav. 35 – 229050 - Altare

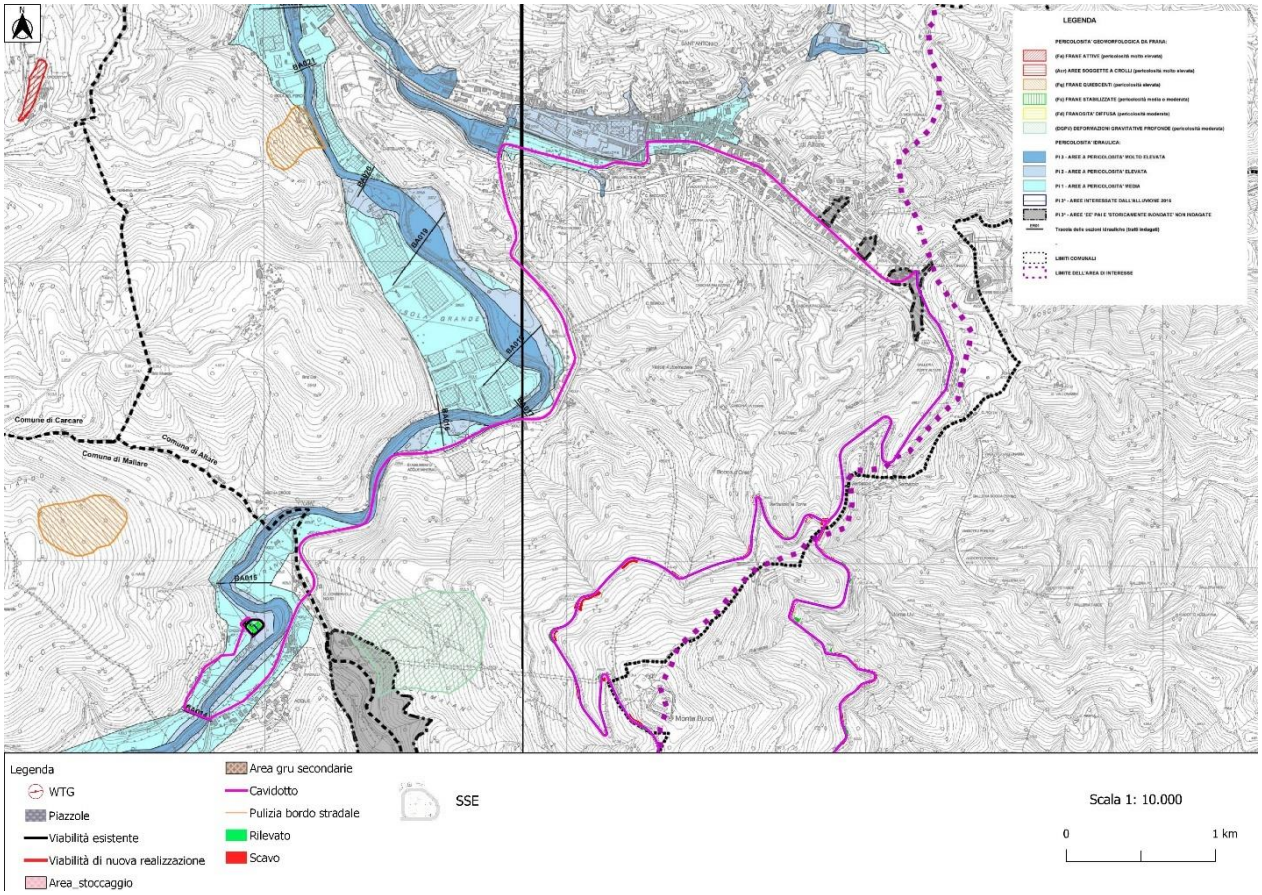


Figura 12: Inquadramento progetto su carta della pericolosità idraulica e geomorfologica da frana - Disciplina di tutela per aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana sui bacini padani - Provincia di Savona e di Imperia - DGR 428/2021

Analizzando la cartografia del PAI del Bacino del Po approvata con DGR n. 428 del 21 maggio 2021 si osserva che il cavidotto è interamente realizzato su strada e che non interferisce con aree a pericolosità idraulica grazie alle modalità di realizzazione previste da progetto come la tecnica no dig – trivellazione orizzontale controllata TOC e staffaggi in corrispondenza di attraversamenti, per maggiori dettagli si rimanda alla relazione *C24G&GWLI002P017R00_Relazione di censimento e risoluzione delle interferenze*. Mentre la sottostazione elettrica e il sistema BESS ricadono in aree a pericolosità idraulica media PI1 e elevata PI2. Dalla consultazione della disciplina riportata nell'allegato 1 della DGR 428 del 21 maggio 2021, si evince all'art. 5 comma 5 che:

"*Nelle aree indicate nella cartografia di cui all'art. 3 con la sigla Pi1 sono consentiti gli interventi previsti dalla disciplina urbanistica comunale purché realizzati con tipologie costruttive finalizzate alla riduzione della vulnerabilità delle opere e quindi del rischio per la pubblica incolumità e coerenti con le azioni e misure di protezione civile previste dai Piani Comunali di protezione civile.".*

Mentre all'art. 5 comma 3:

Nelle aree indicate nella cartografia di cui all'art. 3 con la sigla Pi2, in accordo con l'art. 9 delle NdA del PAI, oltre agli interventi di cui al comma 2, sono consentiti:

a) gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti all'art. 3, comma 1, lett. d, del D.P.R. 380/2001;

b) gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale.".

In particolare, al comma 2, art.5 della DGR 428 del 21 maggio 2021 è detto quanto segue:

Nelle aree indicate nella cartografia di cui all'art. 3 con la sigla Pi3, in accordo con l'art. 9 delle NdA del PAI, sono consentiti:

a) gli interventi di demolizione senza ricostruzione;

b) gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti all'art. 3, comma 1, lett. a, b, c, del D.P.R. 380/2001;

c) gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;

d) gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;

e) gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;

f) le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;

g) la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti.

Inoltre, al comma 4, art. 5 della stessa disciplina è stabilito che "*in sede di adeguamento dello strumento urbanistico i Comuni, sulla base di studi idraulici di dettaglio, possono individuare in contesti di tessuto urbano consolidato ricadenti all'interno delle aree Pi2, aree a minor pericolosità relativa in relazione a modesti tiranti idrici e ridotte velocita di scorrimento, dove possano essere consentiti interventi di ristrutturazione urbanistica e di nuova edificazione a condizione che siano previste le necessarie misure ed accorgimenti tecnico-costruttivi per la protezione dei beni dagli allagamenti, nonché siano assunte le adeguate misure e azioni di protezione civile. Tali studi e le perimetrazioni conseguenti sono valutati dall'ufficio regionale competente in materia di assetto del territorio e pianificazione di bacino in sede di verifica di compatibilità delle varianti, sulla base degli indirizzi e criteri delle direttive regionali emanate per i Piani di Bacino regionali, fatta salva eventuale successiva definizione di specifici criteri da assumere di intesa con l'Autorità di Bacino.*"

In conclusione, dall'analisi effettuata l'opera risulta coerente con le disposizioni normative della DGR n. 428 del 21 maggio 2021 – Allegato 1 "Disciplina di tutela per aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana sui bacini padani della Provincia di Savona e di Imperia".

Tuttavia è stata verificata la coerenza del progetto rispetto alle disposizioni normative riportate all'interno delle NdA del PAI Piano Assetto Idrogeologico del F. Po - Dissesti e Vincoli, di cui si riporta un estratto cartografico, consultabile al seguente link Download Dati Cartografici - Regione Liguria.

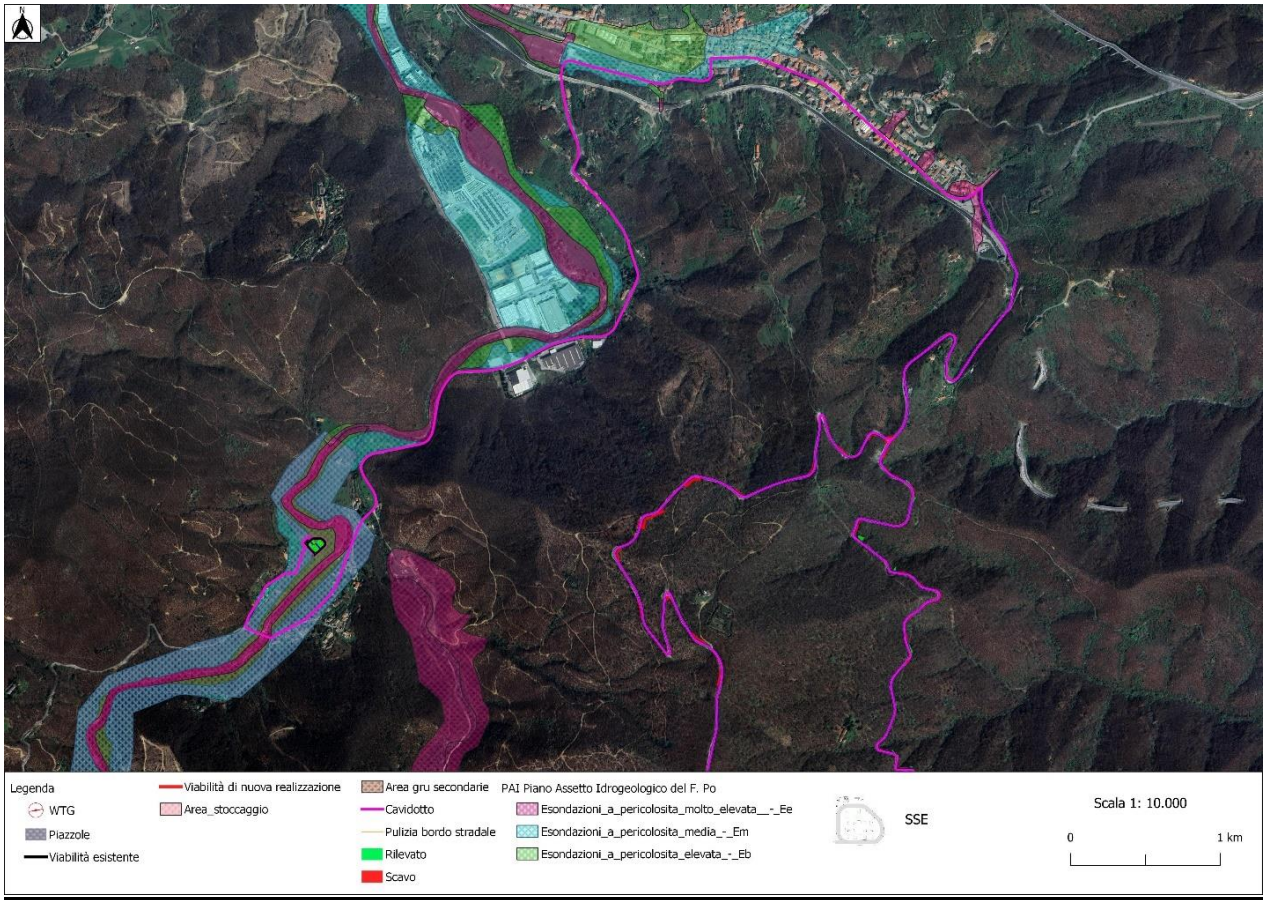


Figura 13: Inquadramento progetto su carta della pericolosità idraulica e geomorfologica da frana - PAI Piano Assetto Idrogeologico del F. Po - Dissesti e Vincoli

Si riporta un estratto delle norme di attuazione allegate al Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Interventi sulla rete idrografica e sui versanti Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6 ter Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001.

5. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ee sono esclusivamente consentiti:

- *gli interventi di demolizione senza ricostruzione;*
- *gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;*
- *gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;*
- *gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;*
- *i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di*

ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;

- *gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;*
- *le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;*
- *la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;*
- *l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;*
- *l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.*

6. Nelle aree Eb, oltre agli interventi di cui al precedente comma 5, sono consentiti:

- *gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;*
- *gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale;*
- *la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;*
- *il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi di completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il presente Piano validato dall'Autorità di bacino, anche sulla base di quanto previsto all'art. 19 bis.*

6bis. Nelle aree Em compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della

L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

In conclusione, dall'analisi effettuata l'opera risulta coerente con le disposizioni normative del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Interventi sulla rete idrografica e sui versanti del Fiume Po.

7. ANALISI IDROLOGICA

7.1. Individuazione dei bacini di interesse e caratteristiche morfologiche

La delimitazione dei sottobacini è stata ottenuta grazie agli algoritmi r.watershed e r.water.outlet presenti nel software QGIS. Questi ultimi partendo dalle informazioni del DTM estraggono i bacini imbriferi, ossia il luogo dei punti della superficie terrestre che raccoglie le acque che scorrendo in superficie raggiungono un determinato punto chiamato sezione di chiusura del bacino. I sottobacini così definiti sono stati processati in HEC-HMS per la definizione delle caratteristiche morfologiche.

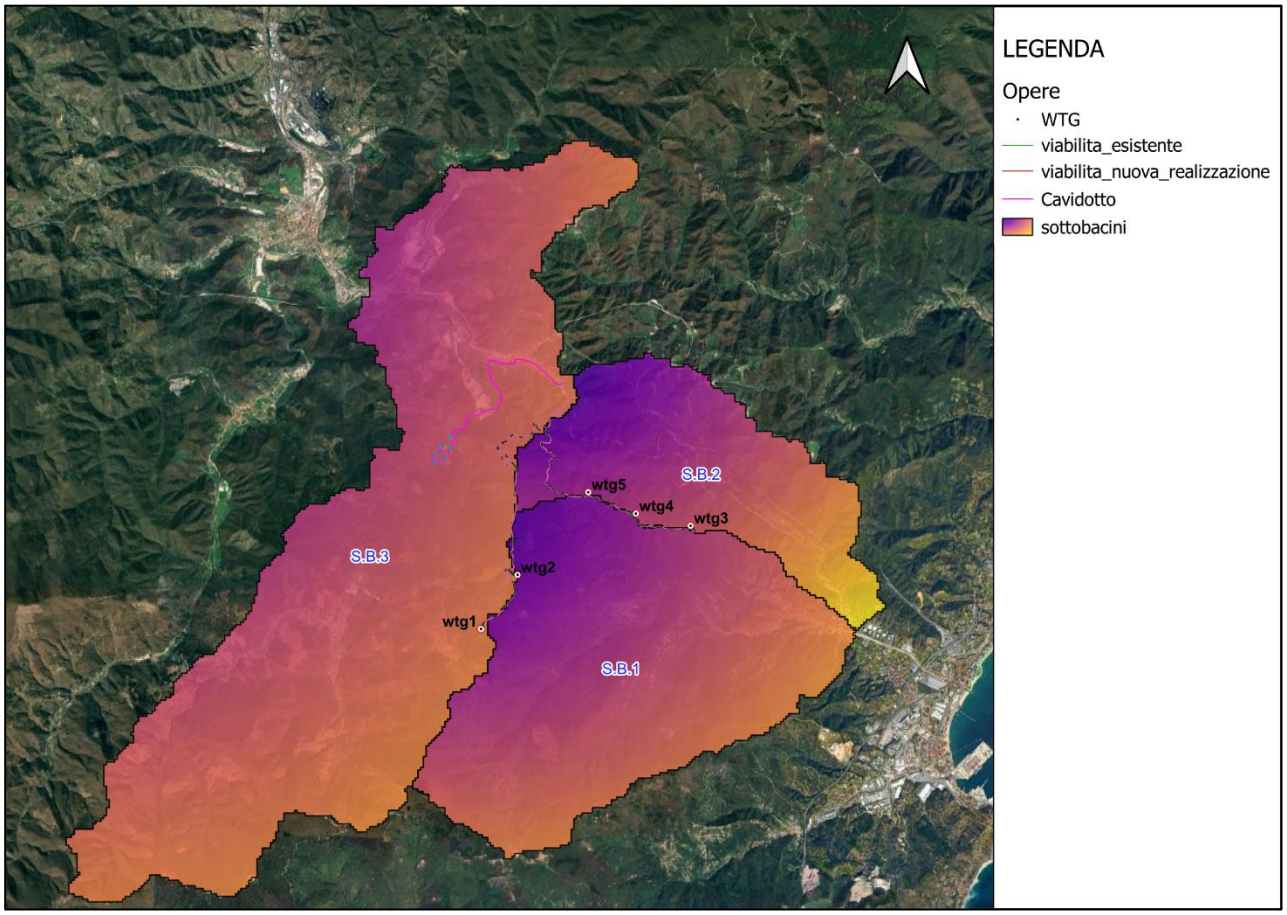


Figura 14: Inquadramento sottobacini di studio.

Tabella 3: Caratteristiche morfologiche dei sottobacini coinvolte.

ID	Area	Quota Minima	Quota Massima	Quota Media	Pendenza Media
	[km^2]	[m]	[m]	[m]	%
SottoBacino 1	31.8	15.17	945.13	376.85	46.63
SottoBacino 2	15.98	14.97	762.34	289.7	54.81
SottoBacino 3	55.6	351.70	1043.6	592.23	37.89

7.2. Distribuzione statistica Tcev secondo la Metodologia VAPI

La stima della pioggia di massima intensità per un dato tempo di corrivazione e per un dato tempo di ritorno viene sviluppata secondo i criteri sviluppati dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche pubblicati in vari rapporti regionali, o *valutazioni delle piene*.

Il Progetto VAPI sulla Valutazione delle Piene in Italia ha come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali. La metodologia adottata nel progetto VAPI fa riferimento ad un approccio di tipo probabilistico per la valutazione dei massimi annuali delle portate di piena e quindi non esiste un valore massimo assoluto, ma ad ogni valore della portata di piena viene associato una probabilità che si verifichino eventi di piena con valori superiori. Per ridurre le incertezze legate alla presenza di eventi estremi molto rari, si adotta una metodologia di analisi regionale che consente di utilizzare non solo tutta l'informazione idrometrica ma anche tutta quella pluviometrica posseduta su un dato territorio.

Nell'ambito di tale studio si è utilizzata l'informazione pluviografica raccolta dal Servizio Idrografico Italiano e, in particolare, sono stati utilizzati i risultati dell'analisi statistica a scala regionale ed applicando la legge di distribuzione a doppia componente su tre livelli successivi di regionalizzazione, basato sulla seguente formula:

$$F_X(x) = \exp\left\{-\Lambda_1 \exp\left(-x/\theta_1\right) - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} \exp\left[-x/\left(\theta_* \theta_1\right)\right]\right\} \qquad x \geq 0$$

Il modello a doppia componente appena citato è denominato TCEV (acronimo di Two Components Extreme Value): i parametri della TCEV sono 4 ed è quindi molto elevata l'incertezza della stima ottenuta con le serie storiche disponibili la cui dimensione campionaria è in genere inferiore a 80. Per ridurre tale incertezza, si utilizzano tecniche di analisi regionale che consentono di stimare almeno alcuni dei parametri sulla base di tutte le serie storiche ricadenti all'interno di vaste aree indicate come zone e sottozone omogenee

Per il territorio messo sotto osservazione dai Compartimenti del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN) di Parma e di Genova, che comprende il bacino del Po, chiuso a Pontelagoscuro ed i bacini liguri con foce sul litorale tirrenico, è stato pubblicato un Rapporto Regionale soltanto in forma di prima bozza, ed è in fase di preparazione uno specifico "Manuale di valutazione delle piene". Si riportano i dati relativi all'idrometria riportati nel *rapporto sulla valutazione delle piene – Italia nord occidentale* (Estratto dal Rapporto Nazionale VAPI con aggiornamenti).

Idrometria - Portata al colmo di piena

E' stata adottata la suddivisione in 4 ZO, ottenuta attraverso l'analisi delle portate al colmo massime annuali tramite un metodo multi-livello. Sono state altresì individuate due zone di transizione, per le quali è statisticamente confutabile l'ipotesi di omogeneità e la valutazione di piena richiede una specifica impostazione, riportata nel seguito.

Tabella 4: Zone omogenee di piena dell'Italia Nord Occidentale e campo di validità in funzione dell'area A

	Zona	Confini	A, Km^2
A	Alpi e Prealpi Centrali	Abbraccia i bacini padani dal Chiese al Sesia	40÷2500
B	Alpi e Prealpi Occidentali	Comprende i bacini padani dalla Dora Baltea al torrente Grana	40÷1900
C	Appennino Nord Occidentale e Bacini Tirrenici	Abbraccia i bacini liguri con foce al litorale tirrenico ed i bacini padani dallo Scrivia al Taro	15÷1500
D	Appennino Nord Orientale	Comprende i bacini padani dal torrente Parma al Panaro (compresi i bacini adriatici dal Reno al Conca)	6÷1300
aa	Alto Adige e suoi Affluenti	Comprende i bacini in sponda destra dal Rienza all'Avisio, in sponda sinistra dal Rio Riva al Rio Valsura	90÷2700
ZT1	Zona disomogenea dell'Alto Garda: transizione tra Zona A e Alto Adige	Comprende i tributari del lago di Garda e il bacino del Noce	20÷1100
ZT2	Zona disomogenea delle Alpi Marittime: transizione tra la Zona B e la Zona C	Comprende il bacino Tanaro e suoi affluenti	50÷1500

Quale distribuzione di probabilità cumulata (DPC) del coefficiente di crescita del massimo annuale delle portate al colmo di piena, indicato ancora con il simbolo K, è stata adottata la distribuzione generalizzata del valore estremo (GEV) ed i parametri ottenuti dall'analisi al secondo livello sono riportati di seguito.

Tabella 5: parametri della distribuzione di probabilità GEV del coefficiente di crescita Kt per le zone di piena dell'Italia Nord Occidentale

	Zona	N	a	e	k
A	Alpi e Prealpi Centrali	316	0.365	0.745	-0.110
B	Alpi e Prealpi Occidentali	347	0.352	0.635	-0.320
C	Appennino NW & Bacini Tirrenici	753	0.377	0.643	-0.276
D	Appennino NE	439	0.334	0.775	-0.089
aa	Alto Adige e suoi affluenti	467	0.292	0.804	-0.088

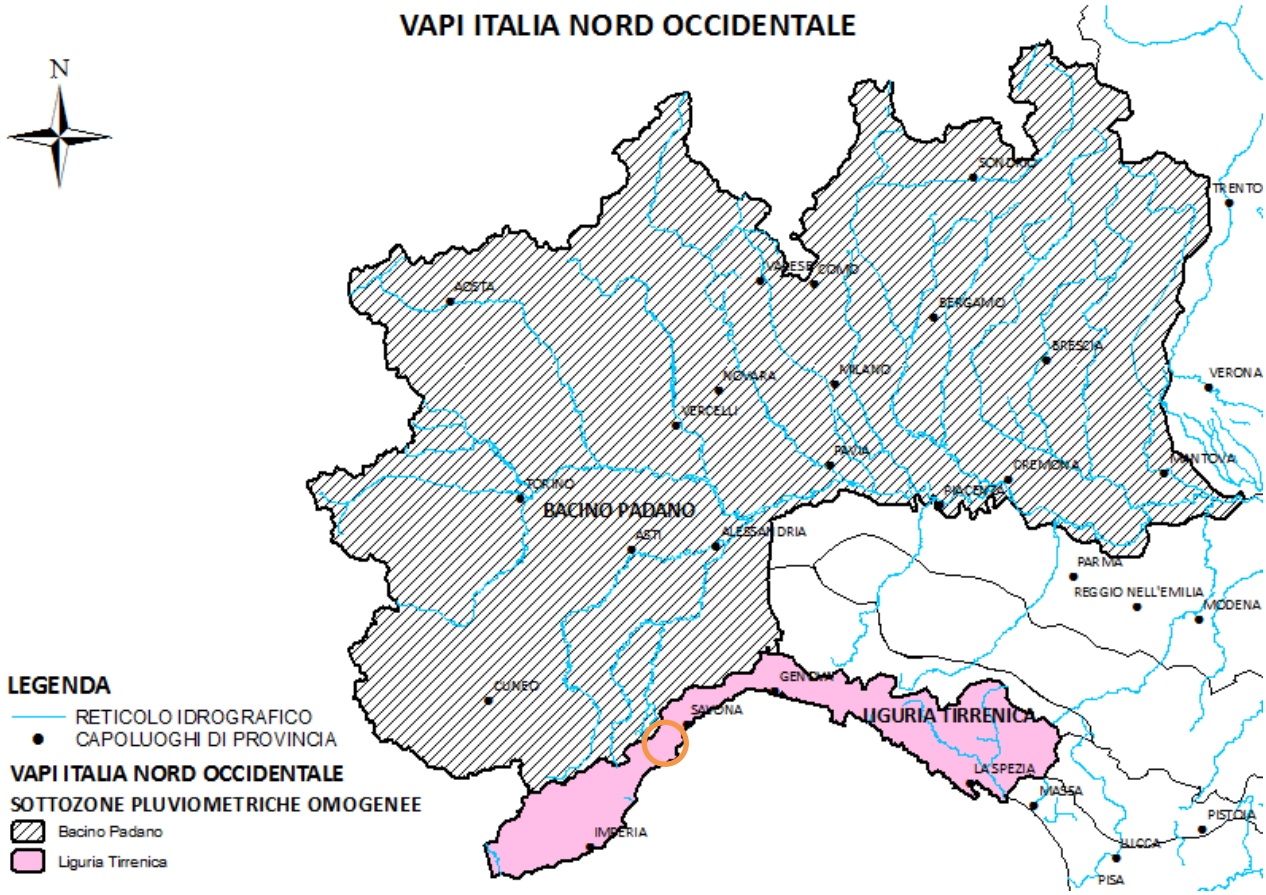


Figura 15: Inquadramento delle sottozone omogenee della Liguria con evidenziata la sottozona in cui ricade l'impianto

Come è possibile evincere dall'immagine precedente, i sottobacini considerati ricadono nella sottozona omogenea Liguria Tirrenica. Di seguito si riportano le curve di possibilità pluviometrica e i relativi parametri *a* e *n*, per il sottobacino 3, ritenuto il più rappresentativo della zona esaminata in riferimento a tempi di ritorno T = 10, 25, 50, 100 e 200 anni:

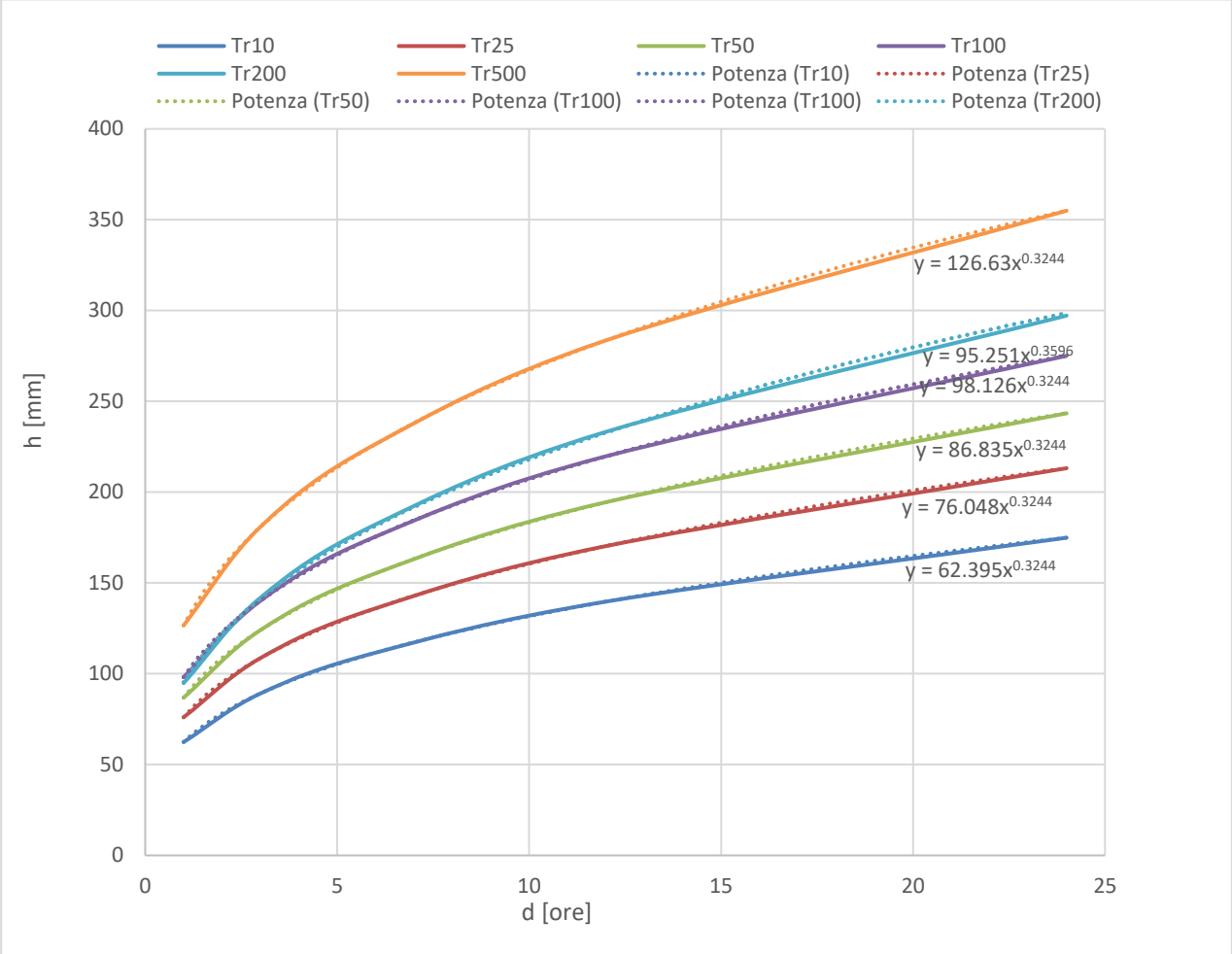


Figura 16: Curve di possibilità pluviometrica per diversi periodi di ritorno stimati con l'approccio VAPI

Tabella 6: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno stimati con l'approccio VAPI.

Tr	a	n
10	54.04	0.360
25	65.86	0.360
50	75.20	0.360
100	84.98	0.360
200	95.25	0.360
500	109.66	0.360

7.3. Stima delle curve di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora (BELL)

Nel caso in cui si dovrebbero trattare bacini imbriferi molto piccoli, caratterizzati da tempi di corrivazione inferiori all'ora, la stima dello ietogramma di progetto potrebbe risultare sovradimensionata perciò si procede ad un adattamento dei parametri della curva di possibilità pluviometrica al fine di stabilire portate di pioggia più corrette. Bell ha osservato che i rapporti $r\delta$ tra le altezze di durata τ molto breve ed inferiori alle due ore e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano. Lo *U.S. Water Bureau* raccomanda per tempi di pioggia inferiore a mezz'ora l'adozione di una relazione empirica, derivata interamente da dati di breve durata. Tale relazione mostra che il tempo in minuti in pioggia ha un rapporto costante con la pioggia della durata di 1 ora per lo stesso tempo di ritorno cosi come segue:

$$\frac{h_{t,T}}{h60,T} = 0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50$$

dove:

- $h_{t,T}$ = Altezza di pioggia [mm] di una durata t e tempo di ritorno T;
- $h60,T$ = Altezza di pioggia di durata 1 ora con determinato tempo di ritorno T;
- t = Durata di pioggia [min].

Questa formula consente di calcolare l'altezza di pioggia di durata inferiore ai 60 minuti e tempo di ritorno a partire dal valore di $h_{60,T}$ ottenuto dalla curva di probabilità pluviometrica relativa allo stesso tempo di ritorno T.

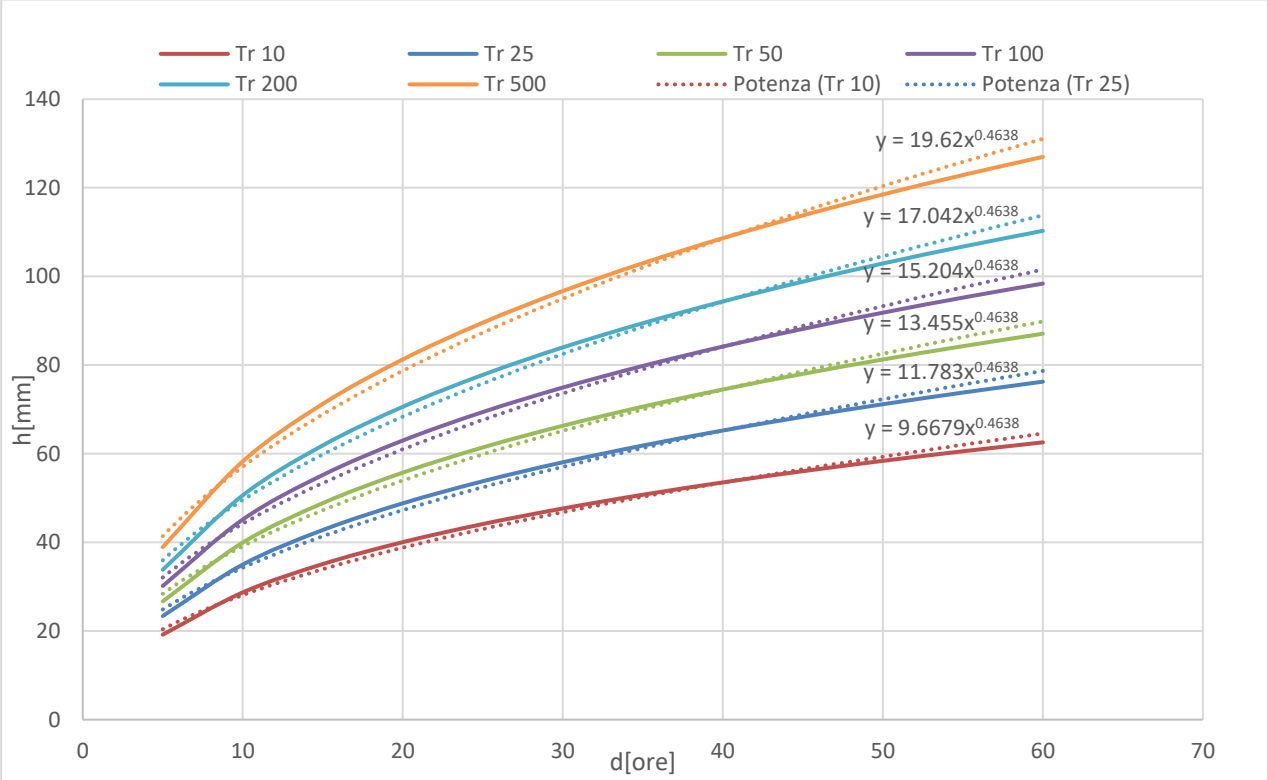


Figura 17: Curve di possibilità pluviometrica per durate inferiori all' ora

Tabella 7: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per durate inferiori all' ora.

Tr	a	n
10	8.3372	0.4638
25	10.16	0.4638
50	11.60	0.4638
100	13.11	0.4638
200	14.70	0.4638
500	16.92	0.4638

7.4. Trasformazioni Afflussi – Deflussi: Metodo CN-SCS

La stima della portata di piena per un assegnato tempo di ritorno viene condotta attraverso l'impiego di modelli afflussi-deflussi che trasformano l'input pluviometrico in deflusso superficiale.

Tra i modelli afflussi-deflussi disponibili in letteratura si farà riferimento in particolare al metodo proposto dal Soil Conservation Service americano (1972), nel seguito indicato come Metodo S.C.S.

Questo metodo, messo a punto dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (Soil Conservation Service, S.C.S.), nel 1972, è una procedura con ampia diffusione in ambiente americano e che consente la ricostruzione delle piene in bacini idrografici di superficie medio piccola, in genere non superiore a 20-30 km^2. Il metodo, noto anche come metodo "del numero di curva" dalla denominazione inglese di Curve Number, terminologia che deriva dal simbolo usato per la sua parametrizzazione, consente sia la determinazione del volume della piena e della sua portata al

colmo sia, qualora di interesse, la completa ricostruzione dell'idrogramma.

La procedura di calcolo che viene prevista dal metodo in trattazione viene illustrata nei seguenti passaggi, sintetizzati per punti:

a) Stima del *Curve Number*, relativo a condizioni di elevata umidità (CN(III)), utilizzando la seguente formula:

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{(0.43 + 0.0057 \cdot CN(II)}$$

dove:

CN(II) = *Curve Number*, relativo a condizioni di umidità media, desumibile dalla seguente tabella in funzione di diversi tipi di suolo e copertura:

Corine LIVELLO 3	SCS-CN per diversi HSG				Rif. USDA 1986
	A	B	C	D	
111 - Tessuto urbano continuo	89	92	94	95	Commercial and business (85% imp.)
112 - Tessuto urbano discontinuo	77	85	90	92	1/8 acre or less (town houses) (65% imp.)/small>
121 - Unità industriali o commerciali	81	88	91	93	Industrial (72% imp.)
122 - Reti di strade e binari e territori associati	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
123 - Aree portuali	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
124 - Aeroporti	98	98	98	98	Paved parking lots, roofs, driveways, etc.
131 - Luoghi di estrazioni di minerali	76	85	89	91	Gravel (including right of way)
132 - Discariche	81	88	91	93	Industrial (72% imp.)
133 - Luoghi di costruzione	77	86	91	94	Newly graded areas (pervious areas only, no vegetation)
141 - Aree di verde urbano	49	69	79	84	Fair condition (grass cover 50 to 75%)
142 - Strutture di sport e tempo libero	68	79	86	89	Poor condition (grass cover <50%)

211 - Seminativi non irrigati	61	73	81	84	Contoured (C)
212 - Suolo permanentemente irrigato	67	78	85	89	Straight row (SR)
213 - Risaie	62	71	78	81	Contoured & terraced (C&T)
221 - Vigneti	76	85	90	93	Crop residue cover
222 - Frutteti e frutti minori	43	65	76	82	Woods—grass combination (orchard or tree farm)
223 - Oliveti	43	65	76	82	Woods—grass combination (orchard or tree farm)
231 - Pascoli	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.
241 - Colture annuali associate a colture permanenti	61	73	81	84	Small grain
242 - Coltivazione complessa	61	73	81	84	Small grain
243 - Suoli principalmente occupati dall'agricoltura	61	73	81	84	Small grain
244 - Aree di agro-selvicoltura	43	65	76	82	Small grain
311 - Foreste a latifoglie	36	60	73	79	Woods
312 - Foreste a conifere	36	60	73	79	Woods
313 - Foreste miste	36	60	73	79	Woods
321 - Prateria naturale	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.
322 - Lande e brugheria	49	69	79	84	Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.
323 - Vegetazione sclerofila	35	56	70	77	Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element
324 - Transizione suolo boscoso/arbusti	35	56	70	77	Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element
331 - Spiagge, dune e piani di sabbia	46	65	77	82	12% imp.
332 - Roccia nuda	96	96	96	96	Artificial desert landscaping
333 - Aree scarsamente vegetate	63	77	85	88	Natural desert landscaping (pervious area only)
334 - Aree bruciate	63	77	85	88	Natural desert landscaping (pervious area only)
335 - Ghiacciai e nevi perenni	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
411 - Paludi interne	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
412 - Torbiere	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
421 - Paludi di sale	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
422 - Saline	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
423 - Piani intertidali	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
511 - Corsi d'acqua	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
512 - Corpi d'acqua	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
521 - Lagune costiere	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
522 - Estuari	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies
523 - Mare	98	98	98	98	Impervious surfaces, water bodies

Tabella 8: Valori del parametro CN per diverse combinazioni di suolo e copertura, considerando condizioni di media umidità CN(II). (Fonte: **https://www.regione.toscana.it/documents/10180/12745809/Parametri_HMS.pdf/fd3b35dc-98d9-463b-aa87-ede3eaf6da89).**

Tabella 9: Tipi idrologici di suolo da considerare nella scelta del parametro CN. (Fonte: http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2011/Argomento_7/produz_deflusso_superficiale.pdf).

Tipo di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidi, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in superficie.

- Stima del volume specifico di saturazione del terreno con la seguente formula:

$$Vs = 25.4\left(\frac{1000}{CN(III)} - 10\right)$$

dove:

Vs = Volume specifico di saturazione del terreno [mm];

CN(III) = Parametro numerico precedentemente calcolato.

- Stima della pioggia efficace con la seguente formula:

$$P_e = \frac{(P - 0.2 \cdot Vs)^2}{(P + 0.8 \cdot Vs)}$$

dove:

P_e = Pioggia efficace [mm];

P = Pioggia totale [mm], esprimibile sulla base delle curve di probabilità pluviometrica risultanti dall'analisi idrologica e riferibile ad una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (tc);

Vs = Volume specifico di saturazione del terreno [mm], precedentemente calcolato.

- Calcolo del tempo di accumulo nel bacino (ta) in ore, in funzione del tempo efficace (teff) in ore e del tempo di ritardo (tr) in ore, usando le seguenti formule:

$$t_a = 0.5 \cdot t_{eff} + t_r$$

$$t_{eff} = T_c\left(1 - \frac{0.2\,S}{h_{Tc,T}}\right)$$

$$t_r = 0.6 \cdot T_c$$

dove:

$h_{Tc,T}$ (mm) = Altezza di pioggia esprimibile sulla base delle curve di possibilità pluviometrica in funzione del tempo di ritorno (T) e del tempo totale di pioggia assunto pari al tempo di corrivazione del bacino (Tc);

Tc (ore) = Tempo di corrivazione del bacino considerato.

- Calcolo dell'idrogramma unitario, usando la seguente formula:

$$Q_p = 0.208 \cdot \frac{P_e \cdot S}{t_a}$$

dove:

Q_p = Portata di picco dell'idrogramma unitario [m^3/sec*mm];

Pe = Pioggia efficace [mm];

S = Estensione del bacino [km^2];

t_a = Tempo di accumulo [ore].

- Calcolo della portata al colmo, usando la seguente formula:

$$Q = Q_p \cdot h_{Tc,T}$$

dove:

Q = Portata al colmo [m^3/s];

Q_p = Portata di picco dell'idrogramma unitario [m^3/sec*mm];

$h_{Tc,\,T}$ = Altezza di pioggia calcolata sulla base della curva di probabilità pluviometrica in relazione ad un evento di durata pari al tempo di corrivazione (tc) e di fissato tempo di ritorno (T).

Metodo razionale

Il metodo razionale è un procedimento particolarmente semplice ed efficace per calcolare la portata al colmo di piena Q, con un tempo di ritorno T, assegnato alla sezione di chiusura di un bacino. Generalmente utilizzato nel caso di bacini di estensione inferiore a 10 kmq si fonda sulla seguente formula:

$$Q = \frac{C \cdot S \cdot a \cdot T_c^{n-1}}{360}$$

Dove:

• Q= portata di progetto in (m3/s);

• S= sottobacino imbrifero a monte della sezione di chiusura (m2);

• C = coefficiente di deflusso medio del sottobacino imbrifero [adimensionale];

• Tc = tempo di corrivazione del bacino [sec];

• a = parametro della curva di probabilità pluviometrica (c.p.p.), [mm/(sec)];

• n = parametro della curva di probabilità pluviometrica (c.p.p.), [adimensionale].

Il modello adottato assume le seguenti ipotesi:

• Piogge caratterizzate da un tempo di ritorno Tr generano portate al picco di identico tempo di ritorno Tr;

• A parità di tempo di ritorno Tr, la portata al colmo maggiore è quella determinata dall'evento di pioggia di durata pari al tempo di corrivazione (Tc, che diventa quindi tempo critico);

• La portata al colmo Q, determinata da una pioggia di intensità costante e durata Tc, è proporzionale al prodotto dell'intensità di pioggia ragguagliata all'area e dell'area del bacino S, attraverso un coefficiente C che comprende l'effetto delle perdite per infiltrazione.

La prima ipotesi risulta abbastanza aderente alla realtà, mentre la seconda e la terza assunzione possono giustificarsi schematizzando opportunamente il fenomeno della trasformazione afflussi – deflussi assumendo che le perdite siano proporzionali all'intensità di pioggia e che il tempo impiegato dall'acqua a raggiungere la sezione di chiusura dipenda soltanto dalla lunghezza del percorso compiuto.

7.5. Analisi idraulica

L'analisi idraulica verrà svolta utilizzando il software HEC-RAS 6.2, sviluppato all'Hydrologic Engineering Center (HEC) della U.S. Army Corps of Engineers (USACE), utilizzato per la modellazione mono e bidimensionale di reti di canali naturali e artificiali. A livello operativo, la modellazione idraulica verrà estesa ai sottobacini idrografici considerati all'interno dei quali ricadono le WTG, utilizzando la pioggia come condizione al contorno e modellando i sottobacini inserendo le informazioni riguardanti il valore del Curve Number per tenere conto della capacità di deflusso del terreno e il valore del coefficiente di Manning per tenere conto della scabrezza dei suoli

7.6. Stime del Curve Number

Il valore del Curve Number è stato ricavato dallo studio portato avanti dalla regione Liguria che ha abbracciato l'applicazione del metodo CN-SCS e ha calcolato il valore del parametro per tutto il territorio regionale.
Per la creazione di tale strato informativo sono state utilizzate la mappa di uso del suolo Corine Land Cover 2024 scaricabile dal geoportale regionale della Liguria. Il CN è un parametro dell'equazione del modello di formazione di deflusso superficiale SCS-CN (Soil Conservation

Service - Curve Number) sviluppato dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA) del Natural Resources Conservation Service. Il CN teoricamente può variare tra 0 e 100: valori alti del parametro CN rappresentano le caratteristiche di assorbimento di superfici poco permeabili, mentre valori bassi indicano terreni ad alta permeabilità. Il CN è funzione della tipologia di uso-copertura del suolo, della tipologia geo-pedologica del suolo e delle condizioni di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico. La procedura prevede che si determini dapprima un valore di Curve Number CNII riferito alle condizioni medie di umidità del suolo, ovvero condizioni AMC (Antecedent Moisture Condition) di tipo II, che successivamente deve essere eventualmente incrementato o ridotto con formule ad hoc nel caso in cui il suolo sia inizialmente molto umido (AMC di tipo III) o asciutto (AMC di tipo I). La valutazione della condizione AMC viene effettuata confrontando la precipitazione avvenuta nei cinque giorni precedenti con dei valori soglia specifici per la stagione vegetativa e di riposo.

Si riporta di seguito un inquadramento dell'uso del suolo e del Curve Number nell'area di interesse:

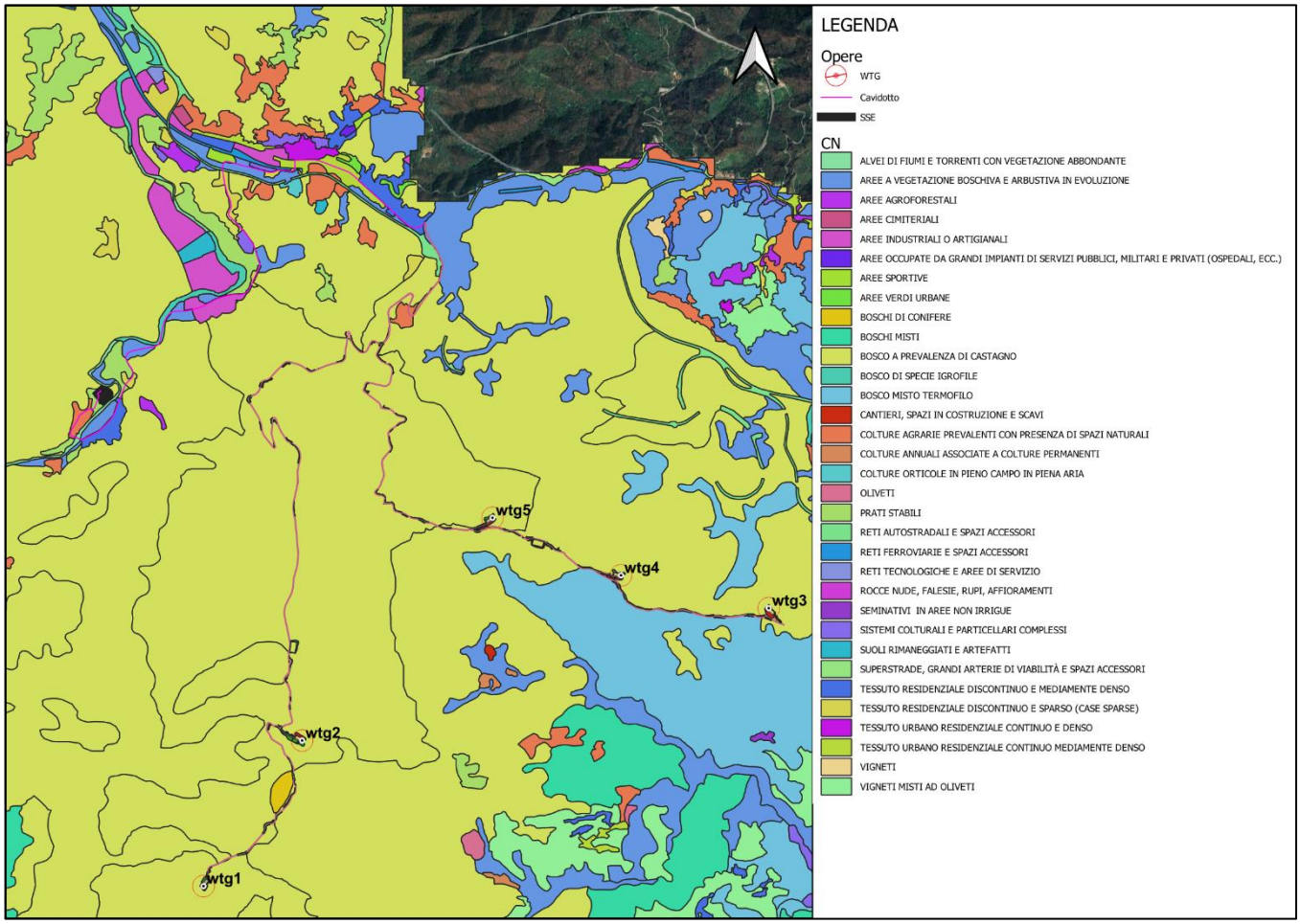


Figura 18: Inquadramento del layout di impianto con evidenza dell'uso del suolo dell'impianto

7.7. Applicazione metodo CN-SNC

Per i bacini in esame si è deciso di eseguire il calcolo della portata di picco con il metodo del SCS Curve Number. Dal momento che il processo di trasformazione afflussi-deflussi è composto da una prima fase, che consiste nella determinazione delle piogge nette e in una seconda fase che consiste nella trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali, al fine di poter effettuare tale trasformazione è stato utilizzato il software HEC-RAS, sviluppato dall'*Hydrologic Engineering Service del US Army Corps of Engineers* e che permette appunto di simulare la risposta di un bacino idrografico investito da un evento meteorico di caratteristiche note.

Lo ietogramma di progetto è stato costruito seguendo il cosiddetto modello Chicago in base alla curva di possibilità pluviometrica estratta dal metodo VAPI con tempo di ritorno Tr = 200 anni e una durata di 3 ore:

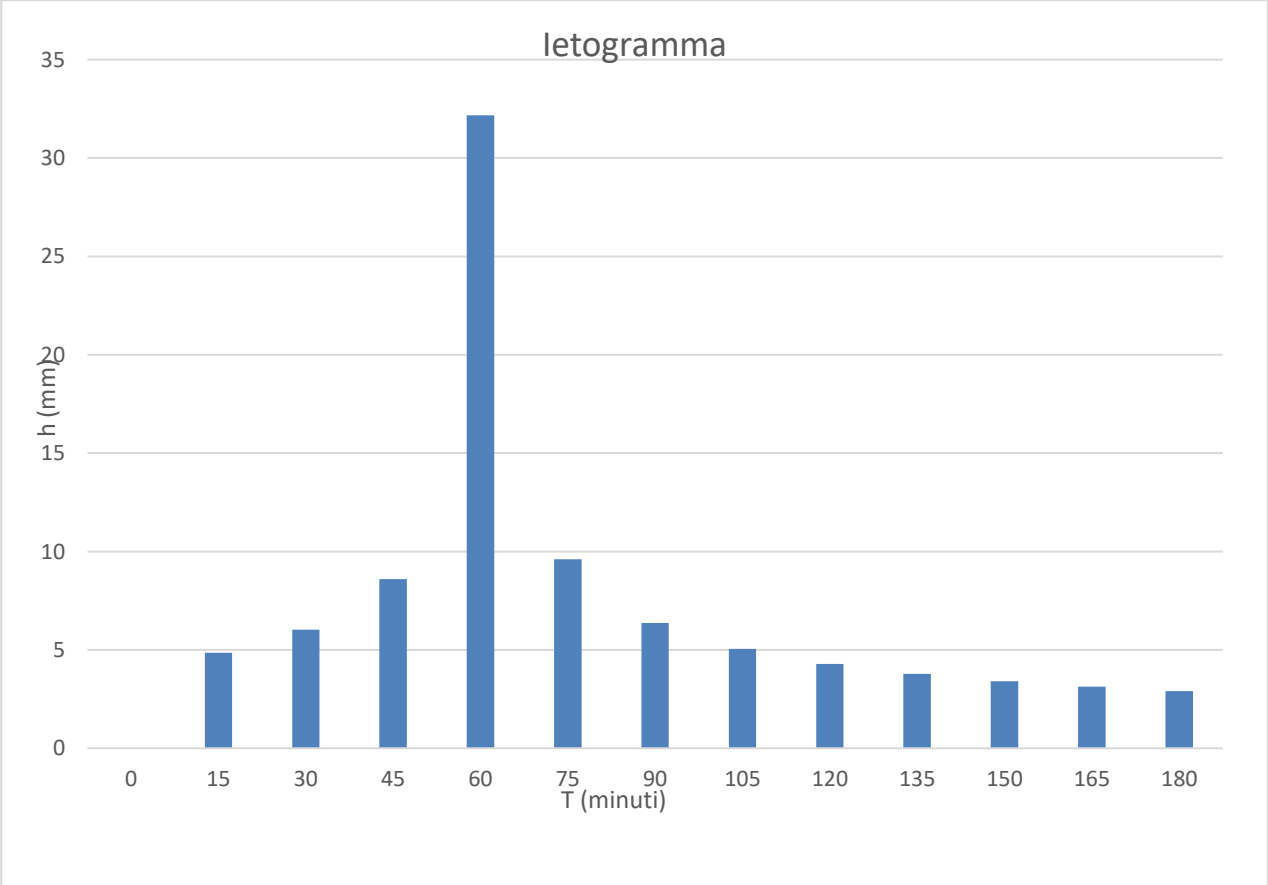


Figura 19: Ietogramma di progetto

Lo ietogramma così determinato è stato caricato sul software HEC-RAS nel quale, per l'area in esame, sono stati inseriti ulteriori dati relativi alla geometria. Oltre questi dati è stata caricato anche uno shape file con all'interno i dati inerenti al Curve Number (come visto nel paragrafo precedente), Manning, Impervious, Abstraction Ratio, Minum Inflitration Rate, i quali saranno utilizzati dal software per la modellazione dello scenario idraulico; qui di seguito si riportano i valori utilizzati:

Tabella 10: Coefficienti di Manning, Impervious e Abstration Ratio associati ad ogni uso del suolo per la modellazione in HEC-RAS.

descrizione	ABST RATIO	MANNING	IMPERVIOUS
BRUGHIERE E CESPUGLIETI	0.2	0.18	0
AREE A VEGETAZIONE BOSCHIVA E ARBUSTIVA IN EVOLUZIONE	0.2	0.15	0
CASTAGNETI DA FRUTTO	0.2	0.18	0
BOSCHI MISTI	0.2	0.18	0
BOSCO A PREVALENZA DI CASTAGNO	0.2	0.18	0
BOSCO DI SPECIE IGROFILE	0.2	0.18	0
BOSCO A PREVALENZA DI FAGGIO	0.2	0.18	0
BOSCO MISTO TERMOFILO	0.2	0.2	0
BOSCO MISTO MESOFILO	0.2	0.18	0
BOSCHI DI CONIFERE	0.2	0.09	0
RETI FERROVIARIE E SPAZI ACCESSORI	0.2	0.03	65
RETI TECNOLOGICHE E AREE DI SERVIZIO	0.2	0.03	65
PRATI STABILI	0.2	0.06	0
AREE AGROFORESTALI	0.2	0.12	0
ROCCE NUDE, FALESIE, RUPI, AFFIORAMENTI	0.2	0.03	0
ALTRE STRADE DELLA RETE DI VIABILITÀ EXTRAURBANA E SPAZI ACCESSORI	0.2	0.03	65
COLTURE AGRARIE PREVALENTI CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI	0.2	0.06	0
OLIVETI ABBANDONATI	0.2	0.09	0
ARBORICOLTURA DA LEGNO	0.2	0.06	0
SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	0.2	0.12	0
TESSUTO RESIDENZIALE DISCONTINUO E MEDIAMENTE DENSO	0.2	0.12	65
SUOLI RIMANEGGIATI E ARTEFATTI	0.2	0.12	35
AREE INDUSTRIALI O ARTIGIANALI	0.2	0.15	65
OLIVETI	0.2	0.09	0
TESSUTO RESIDENZIALE DISCONTINUO E SPARSO (CASE SPARSE)	0.2	0.12	35
VIGNETI MISTI AD OLIVETI	0.2	0.04	0
TESSUTO URBANO RESIDENZIALE CONTINUO MEDIAMENTE DENSO	0.2	0.15	65
ALVEI DI FIUMI E TORRENTI CON VEGETAZIONE ABBONDANTE	0.2	0.25	100
AREE SPORTIVE	0.2	0.04	10
SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	0.2	0.06	0
AREE CIMITERIALI	0.2	0.04	65
COLTURE ANNUALI ASSOCIATE A COLTURE PERMANENTI	0.2	0.06	0
TESSUTO URBANO RESIDENZIALE CONTINUO E DENSO	0.2	0.15	90
AREE OCCUPATE DA GRANDI IMPIANTI DI SERVIZI PUBBLICI, MILITARI E PRIVATI (OSPEDALI, ECC.)	0.2	0.15	90
RETI AUTOSTRADALI E SPAZI ACCESSORI	0.2	0.03	65
CANTIERI, SPAZI IN COSTRUZIONE E SCAVI	0.2	0.12	65
AREE VERDI URBANE	0.2	0.04	0
COLTURE ORTICOLE IN PIENO CAMPO IN PIENA ARIA	0.2	0.04	0
SUPERSTRADE, GRANDI ARTERIE DI VIABILITÀ E SPAZI ACCESSORI	0.2	0.03	90
DISCARICHE	0.2	0.12	65
VIGNETI	0.2	0.04	0
ALVEI DI FIUMI E TORRENTI CON VEGETAZIONE SCARSA	0.2	0.025	100
FRUTTETI E AGRUMETI	0.2	0.15	0
TERRENI NON UTILIZZATI E/O ABBANDONATI ALL'INTERNO DELLE AREE URBANE	0.2	0.12	10
CAMPEGGI E STRUTTURE TURISTICO-RICETTIVE	0.2	0.04	65
IPPODROMI E SPAZI ASSOCIATI	0.2	0.04	65
AREE ESTRATTIVE	0.2	0.12	0
VIGNETI E/O ALTRI TIPI DI COLTURE PERMANENTI (NON OLIVETI) ABBANDONATE	0.2	0.04	0
AREE CON VEGETAZIONE A SCLEROFILLE	0.2	0.1	0

Tabella 11: Coefficienti di Manning, Impervious e Abstration Ratio associati ad ogni uso del suolo per la modellazione in HEC-RAS.

Classe CN	Minimun Infiltration Rate (mm/hr)
A	7.6
B	5.7
C	2.55

7.8. Verifica delle Aree Esondabili

La verifica delle aree esondabili è stata eseguita per la zona interessata dalle WTG, la quale si trova a ridosso del bacinl idrografici precedentemente citati. Per le interferenze con la viabilità e il cavidotto non sono stati modellati scenari in quanto le opere idrauliche a supporto della viabilità esistente consentono già la corretta gestione dei flussi idrici.

L'analisi idraulica è stata condotta in condizioni di moto vario, utilizzando lo ietogramma relativo ad un flusso meteorico con un tempo di ritorno pari a 200 anni e di durata di tre ore calcolato con il metodo SCS curve – number visto in precedenza.

La simulazione è stata possibile grazie all'uso del software HEC-RAS 5.1.1 sviluppato dall'Hydrologic Engineering Service del US Army Corps of Engineers.

All'interno del software è possibile caricare il DTM della zona interessata sul quale può essere costruita l'area dove si presume avvenga il flusso del corso d'acqua. Successivamente si può procedere a generare una mesh di celle all'interno delle quali il software esegue i calcoli con le equazioni classiche del moto vario.

Di seguito vengono mostrati i risultati su base ortofoto:

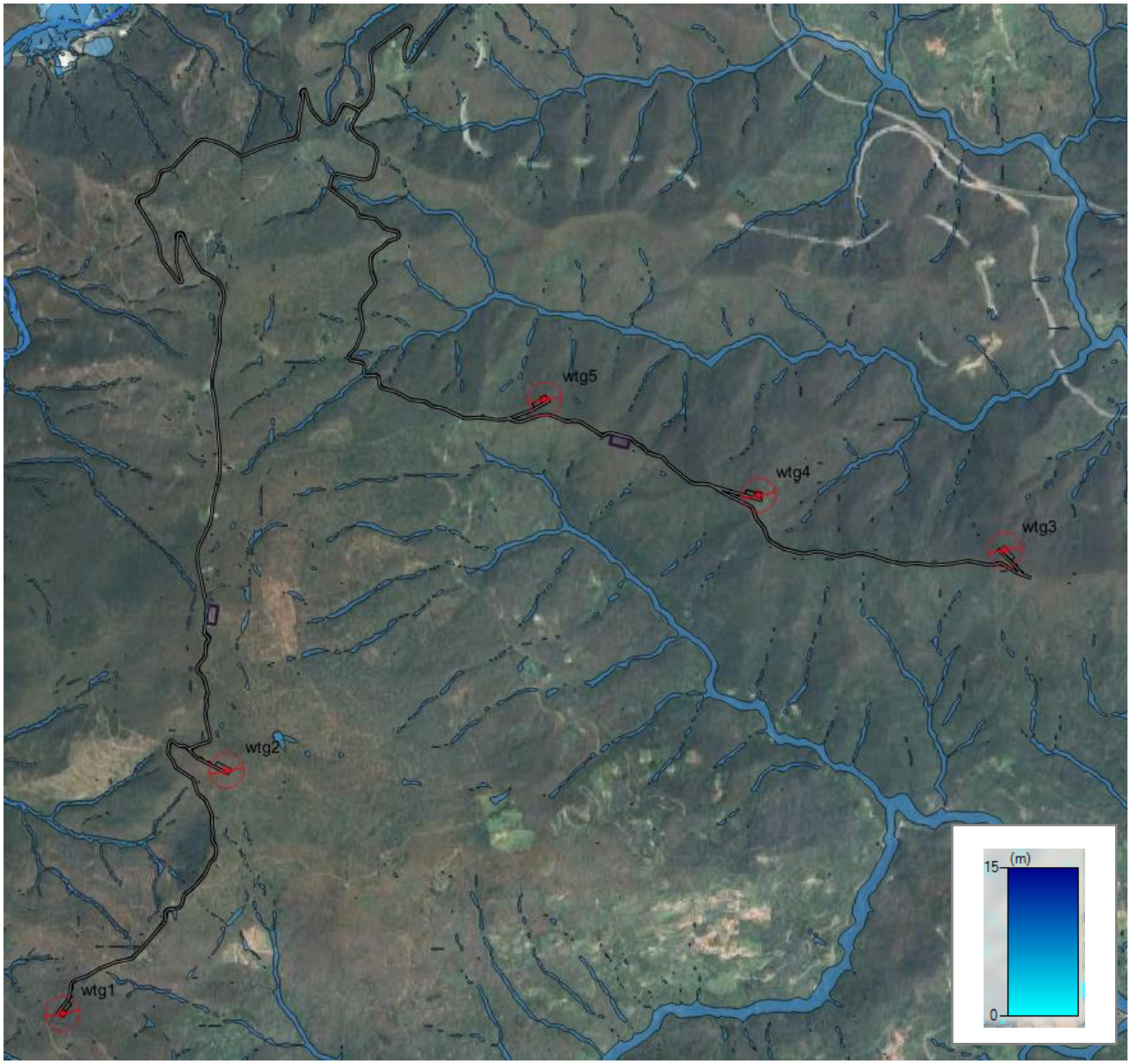


Figura 20: Tirante idrico (Depth) per effetto della propagazione della portata di picco corrispondente a Tr = 200 anni dell'area d'impianto.

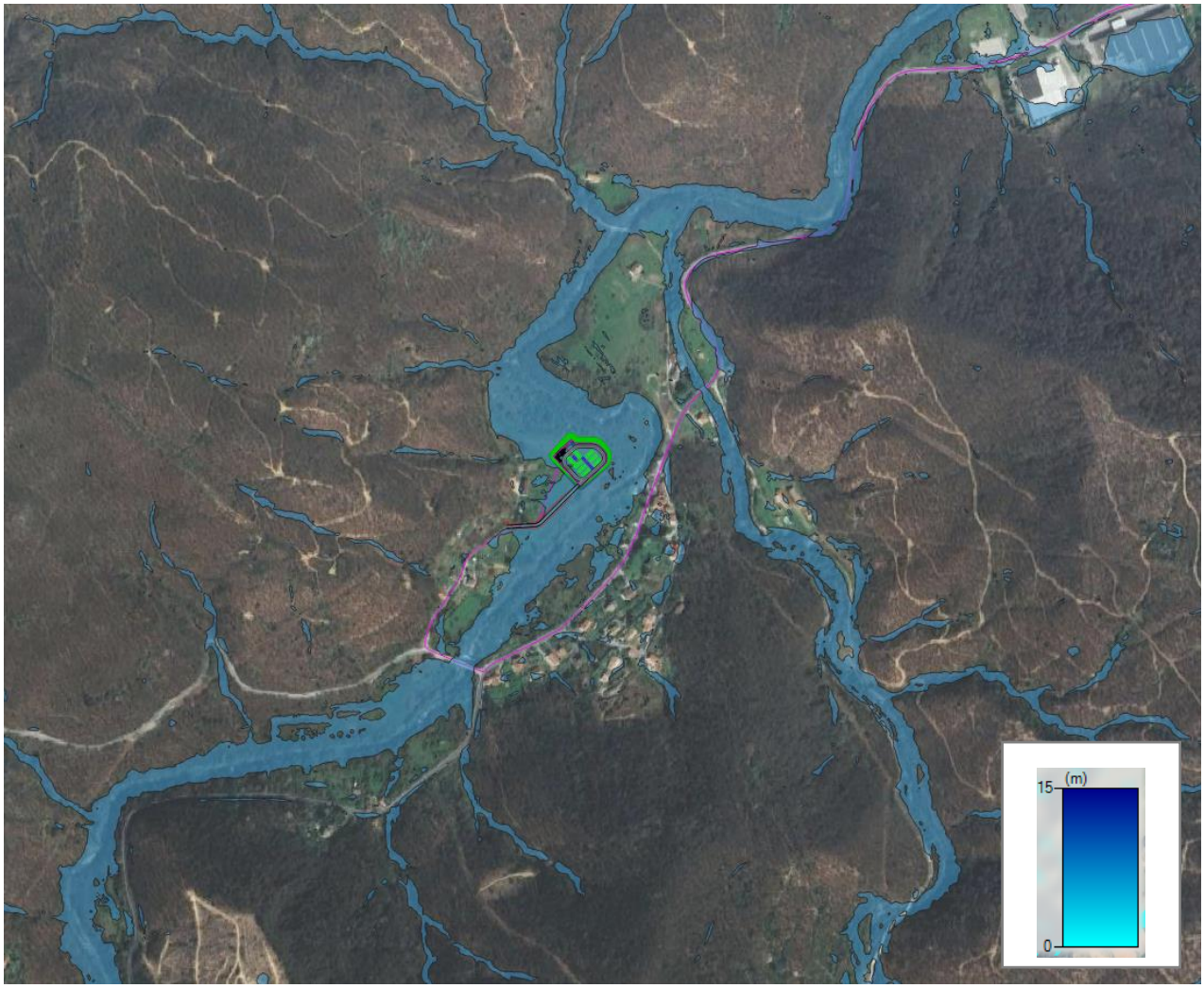


Figura 21: Tirante idrico (Depth) per effetto della propagazione della portata di picco corrispondente a Tr = 200 anni dell'area SSE

Come si evince dalle immagini precedenti, il tirante idrico raggiunge pochi punti tra piazzole, aree di stoccaggio e viabilità di impianto, perlopiù esistente quindi già dotata di cunette per l'allontanamento delle acque. Le aree più prossime alle WTG non risultano interessate da accumuli d'acqua a seguito della simulazione.

Il tirante idrico risulta invece notevole nell'area della sottostazione elettrica, raggiungendo la quota di 1 m a sud-est della stessa. Per ovviare ai fenomeni di rischio idraulico evidenziati dalla simulazione, la quota minima dell'opera di sottostazione è stata prevista di un metro fuori terra.

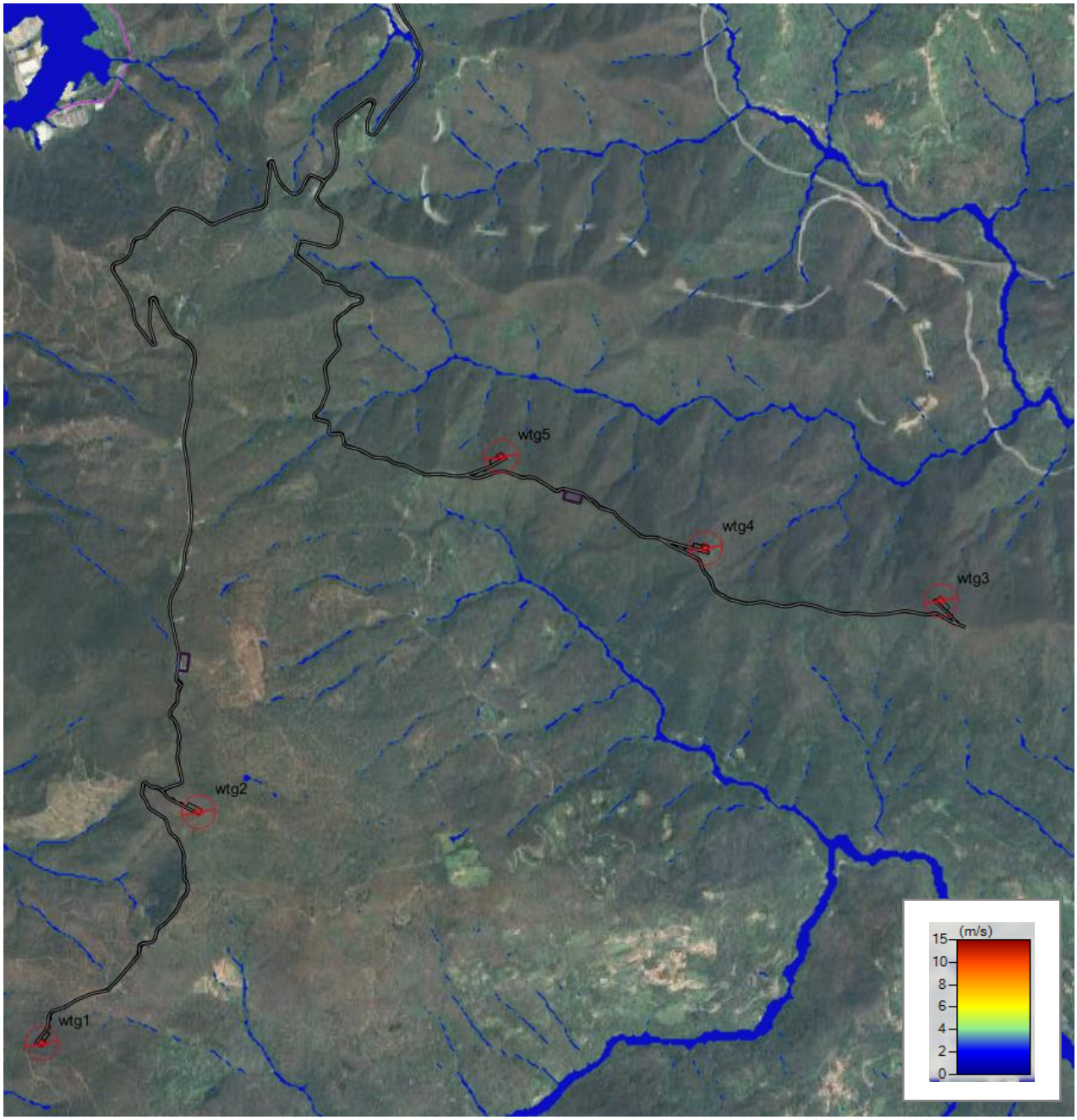


Figura 22: Velocità della corrente (velocity) per effetto della propagazione della portata di picco corrispondente a Tr = 200 anni area impianto.

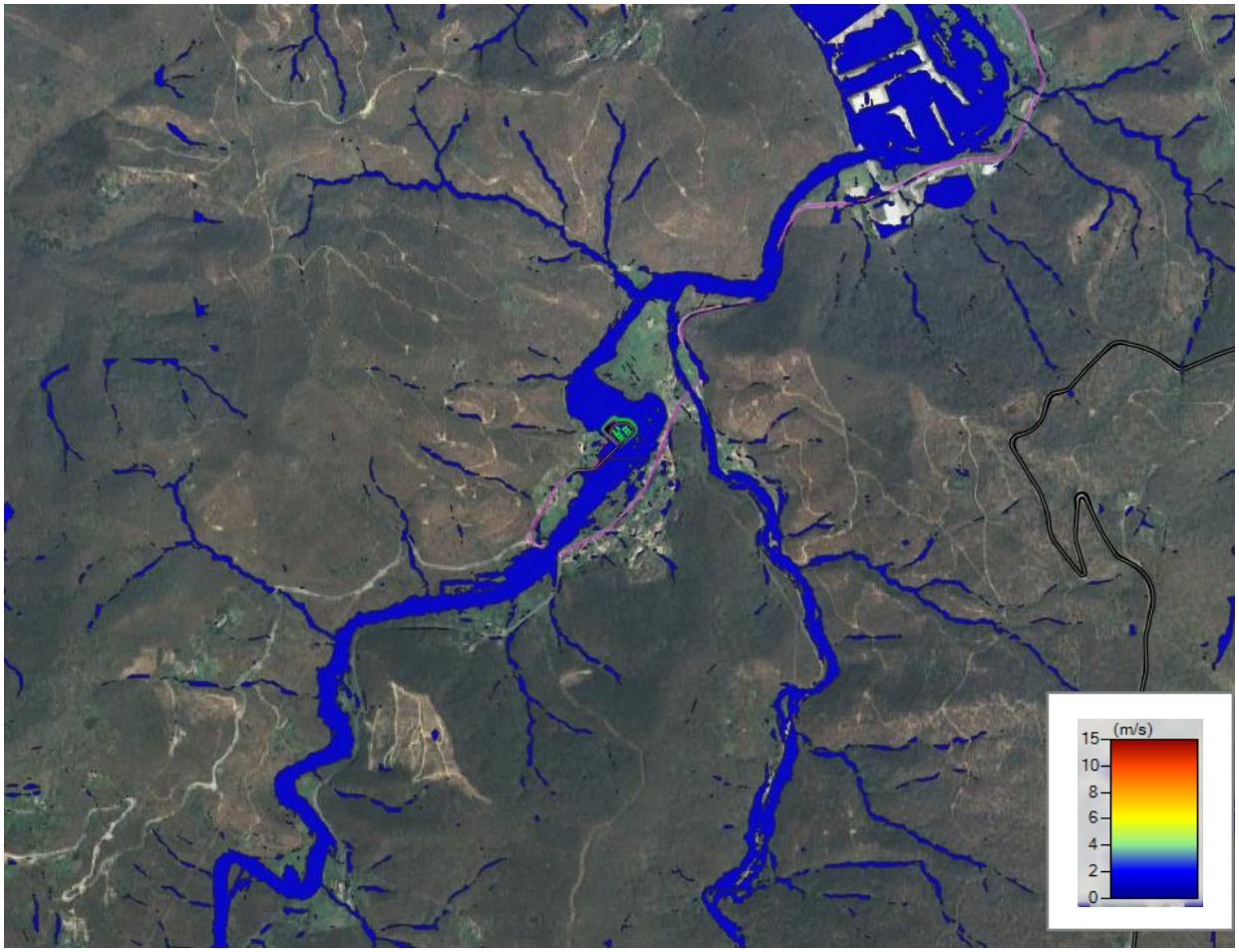


Figura 23: Velocità della corrente (velocity) per effetto della propagazione della portata di picco corrispondente a Tr = 200 anni area SSE.

Le massime velocità della corrente, dovuta all'effetto della propagazione della portata di picco, si verifica dopo diversi minuti dall'inizio dell'evento di piena; nell'area d'impianto tali velocità oscillano tra 0,03 m/s e 2 m/s.

8. DIMENSIONAMENTO CUNETTE DI DRENAGGIO

La rete per l'allontanamento delle acque meteoriche dal corpo stradale viene progettata in maniera da captare la totalità delle acque piovane che cadono all'interno dell'area scolante. In sostanza la rete è costituita da una cunetta laterale, situata al bordo della carreggiata con pendenza trasversale dell'1%, che intercetta le acque piovane che vengono scaricate nelle scarpate laterali. Gli elementi che costituiscono la rete sono quindi le cunette laterali alla carreggiata.

Per il progetto proposto sono state calcolate le cunette solo per alcuni tratti, quelli in corrispondenza di allargamenti, non in rilevato e in corrispondenza della presenza di maggior tirante idrico a seguito della simulazione, in quanto la viabilità principale è già dotata di sistemi di drenaggio. Per l'area della sottostazione, non è stato necessario prevedere allontanamento delle acque meteoriche, essendo l'opera progettata in rilevato.

8.1. Delimitazione bacini d'influenza

La delimitazione dei bacini di influenza relativi alle cunette stradali da realizzare è stata ottenuta studiando la morfologia del terreno tramite l'utilizzo degli algoritmi *r.watershed* e *r.water.outlet* presenti nel software QGIS inserendo come input il DTM (Digital Terrain Model) relativo all'area di studio e seguendo la delimitazione dei bacini idrografici presenti in loco come da cartografia Regionale.

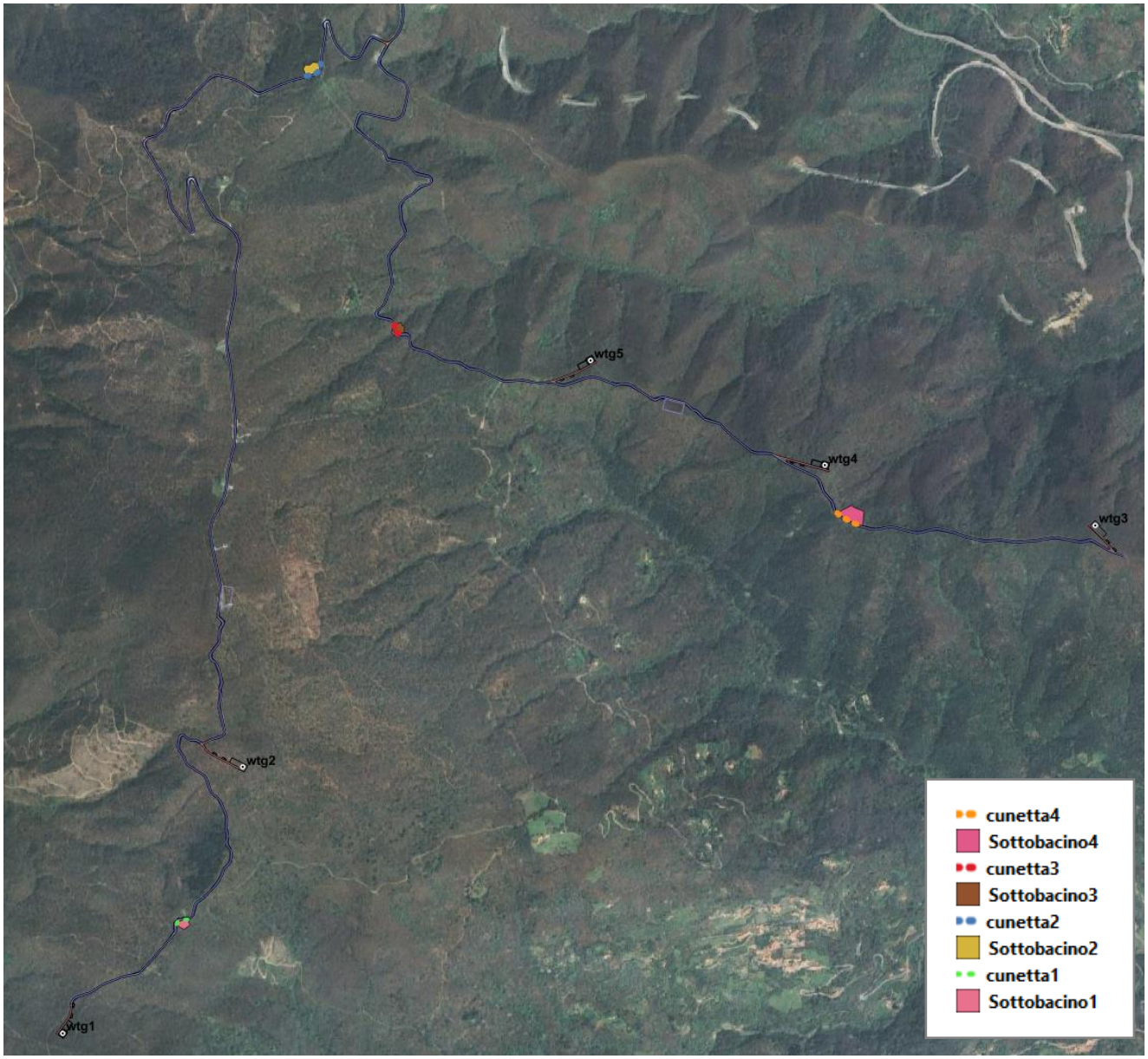


Figura 24: Individuazione sottobacini di alimentazione per dimensionamento delle cunette.

8.2. Stima della curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora (BELL)

La stima dello ietogramma di progetto, per durate inferiori all'ora, potrebbe risultare sovradimensionata perciò si procede ad un adattamento dei parametri della curva di possibilità pluviometrica al fine di stabilire portate di pioggia più corrette.

Bell ha osservato che i rapporti $r\delta$ tra le altezze di durata τ molto breve ed inferiori alle due ore e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano. Lo *U.S. Water Bureau* raccomanda per tempi di pioggia inferiore a mezz'ora l'adozione di una relazione empirica, derivata interamente da dati di breve durata. Tale relazione mostra che il tempo in minuti in pioggia ha un rapporto costante con la pioggia della durata di 1 ora per lo stesso tempo di ritorno così come segue:

$$\frac{h_{t,T}}{h60,T} = 0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50$$

dove:

- $h_{t,T}$ = Altezza di pioggia [mm] di una durata t e tempo di ritorno T;
- $h60,T$ = Altezza di pioggia di durata 1 ora con determinato tempo di ritorno T;
- t = Durata di pioggia [min].

Questa formula consente di calcolare l'altezza di pioggia di durata inferiore ai 60 minuti e tempo di ritorno a partire dal valore di $h_{60,T}$ ottenuto dalla curva di probabilità pluviometrica relativa allo stesso tempo di ritorno T.

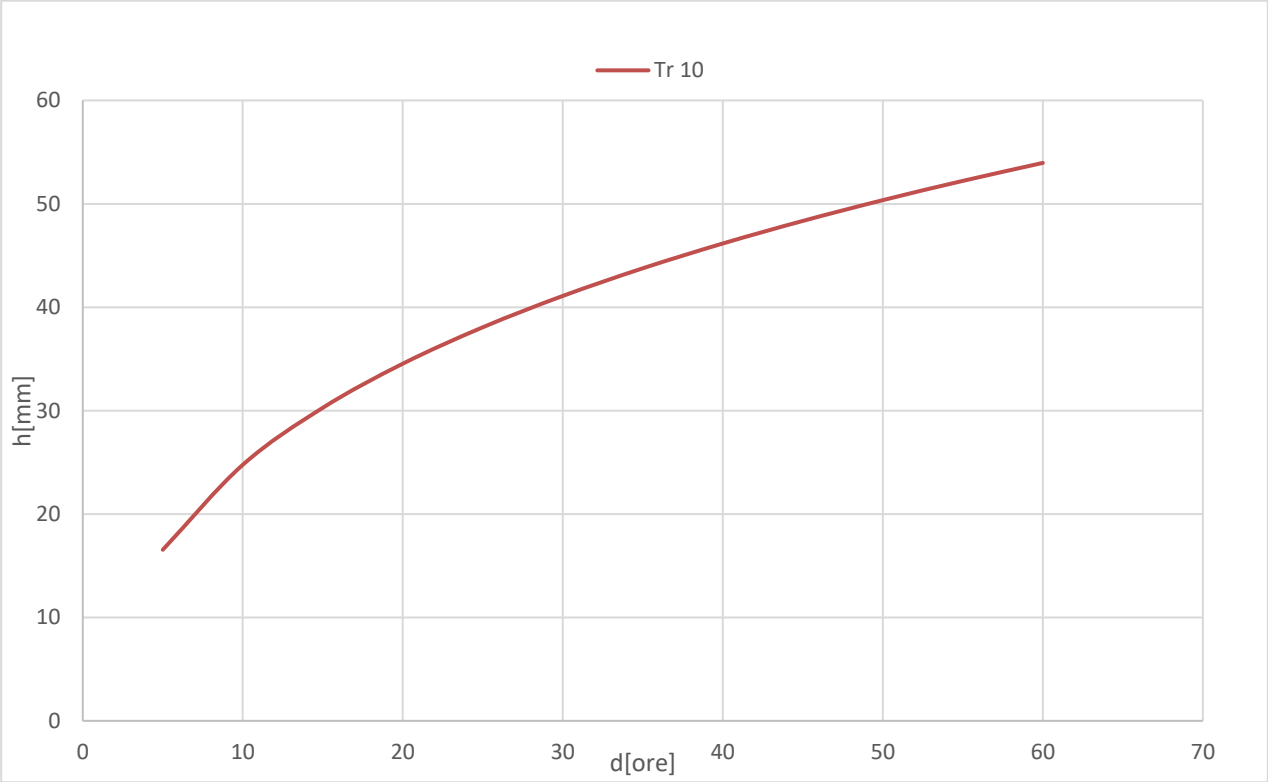


Figura 25: Curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora.

Tabella 12: Parametri della curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora e per tempi di ritorno di 10 anni.

Tr	a	n
10	8.3372	0.4638

7.3 CALCOLO DELLA PORTATA AL COLMO DI PIENA

Il calcolo della portata al colmo di piena per i vari bacini di scolo è stato ottenuto applicando la

formula del Metodo Razionale:

$$Q = \frac{C \cdot S \cdot a \cdot T_c^{n-1}}{360}$$

Dove:

− Q = portata di progetto in [m^3/s]

− S = sottobacino imbrifero a monte della sezione di chiusura [mq]

− *C* = coefficiente di deflusso medio del sottobacino imbrifero [adimensionale];

− *Tc* = tempo di corrivazione del bacino [sec];

− *a* = parametro della curva di probabilità pluviometrica (c.p.p.) [mm/(sec)]

− *n* = parametro della curva di probabilità pluviometrica (c.p.p.) [adimensionale].

Le caratteristiche geometriche dei bacini di influenza sono riportate nella tabella seguente:

Tabella 13: Caratteristiche geometriche bacini di influenza e delle cunette progettate

Area d'intervento	Superficie [kmq]	L scolante [km]	Pendenza media del sottobacino [%]
Cunetta 1	0.003	0.053	30.27
Cunetta 2	0.003	0.034	67.58
Cunetta 3	0.001	0.032	67.41
Cunetta 4	0.004	0.063	1.95

Per quanto riguarda il coefficiente di deflusso è stato assunto per tutti i bacini di influenza un valore pari a c = 0,38 in base al tipo di suolo e alla copertura del bacino.

Per il calcolo del tempo di corrivazione si è fatto riferimento alla seguente formula di Kirpich:

$$t_c = 0.000325 \cdot L^{0.77} \cdot {i_v}^{-0.385}$$

dove:

- t_c = Tempo di corrivazione [h];
- *L* = Lunghezza dell'asta principale [m];
- i_v = Pendenza media del sottobacino [-].

Di seguito si riportano i risultati ottenuti per il calcolo della portata al colmo di piena con tempo di ritorno pari a 10 anni.

Tabella 14: Calcolo della portata al colmo di piena.

Area d' intervento	coefficiente di deflusso (C)	tc [ore]	Qc [mc/s]
Cunetta 1	0.38	0.011	0.03
Cunetta 2	0.38	0.006	0.04
Cunetta 3	0.38	0.005	0.01
Cunetta 4	0.38	0.036	0.02

7.4 DIMENSIONAMENTO CUNETTE STRADALI

Il dimensionamento viene condotto confrontando il valore di portata proveniente dal calcolo del Metodo Razionale, con il valore di portata ricavato dall'equazione di continuità di Manning, considerando il materiale di finitura e le caratteristiche geometriche della sezione idraulica della cunetta:

$$Q = A_m \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i}$$

con R, pari al raggio idraulico, così definito:

$$R = \frac{A_m}{P_m}$$

− Q = portata del canale in m^3/s;

− A_m = area bagnata in m^2;

− n = coefficiente di resistenza di Manning in $(s / m^{1/3})$;

− i = pendenza longitudinale del dreno.

Verranno usate delle cunette di scolo con sezione trasversale di tipo trapezoidale con geostuoia e inerbimento con idrosemina con le seguenti caratteristiche dimensionali:

Tabella 15: Caratteristiche geometriche della cunetta di scolo numero 1

Cunetta 1			
B [m]	b [m]	h [m]	β [°]
0.60	0.20	0.20	45

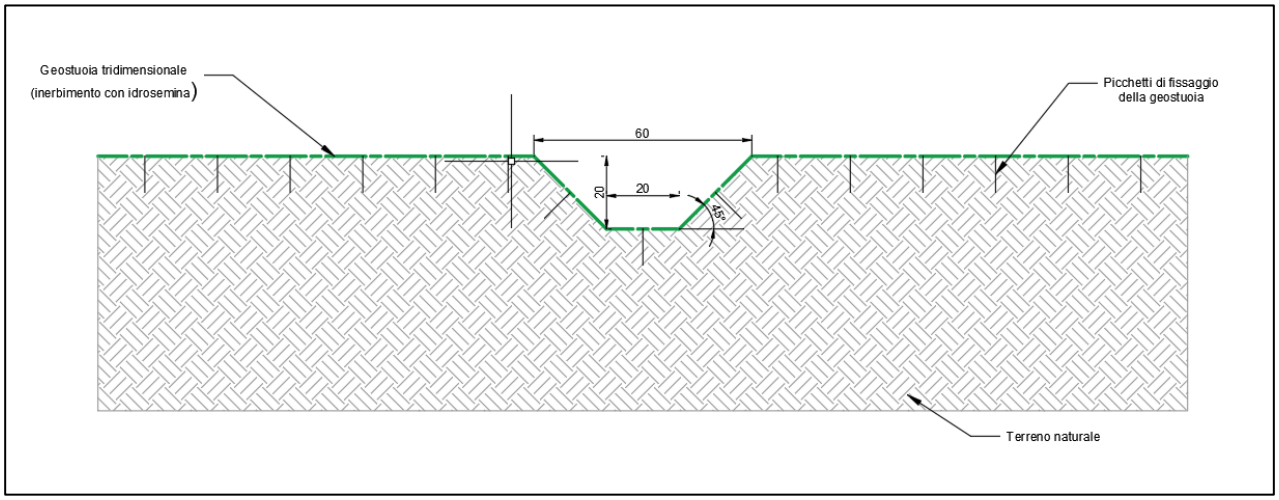


Figura 26: Sezione di drenaggio - Canale trapezoidale cunetta 1

Tabella 16: Caratteristiche geometriche della cunetta di scolo numero 2

Cunetta 2			
B [m]	b [m]	h [m]	β [°]
0.80	0.40	0.20	45

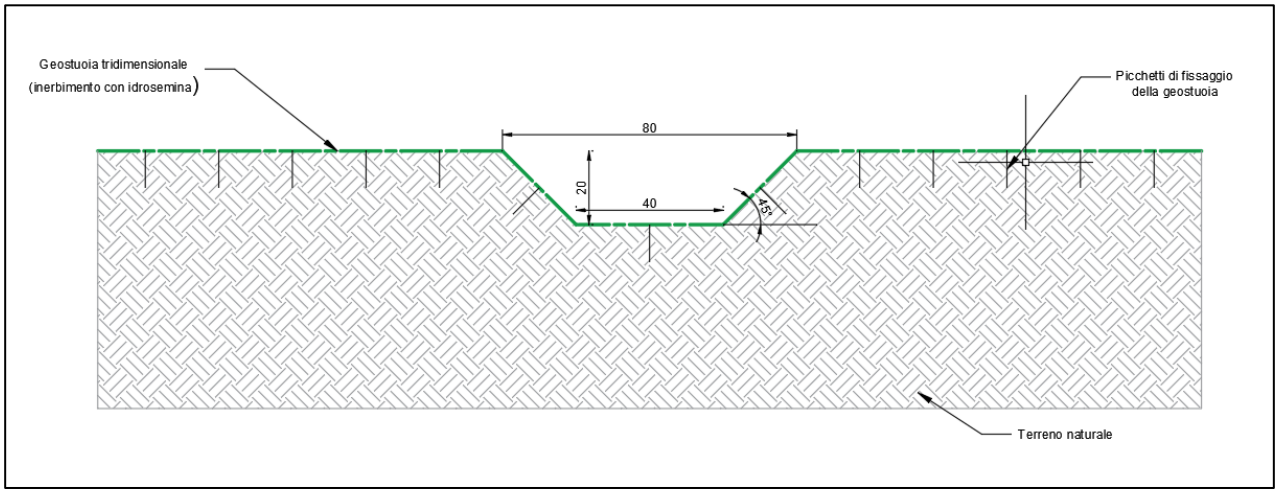


Figura 27:Sezione di drenaggio - Canale trapezoidale cunetta 2

Tabella 17: Caratteristiche geometriche della cunetta di scolo numero 3

Cunetta 3			
B [m]	b [m]	h [m]	β [°]
0.60	0.20	0.20	45

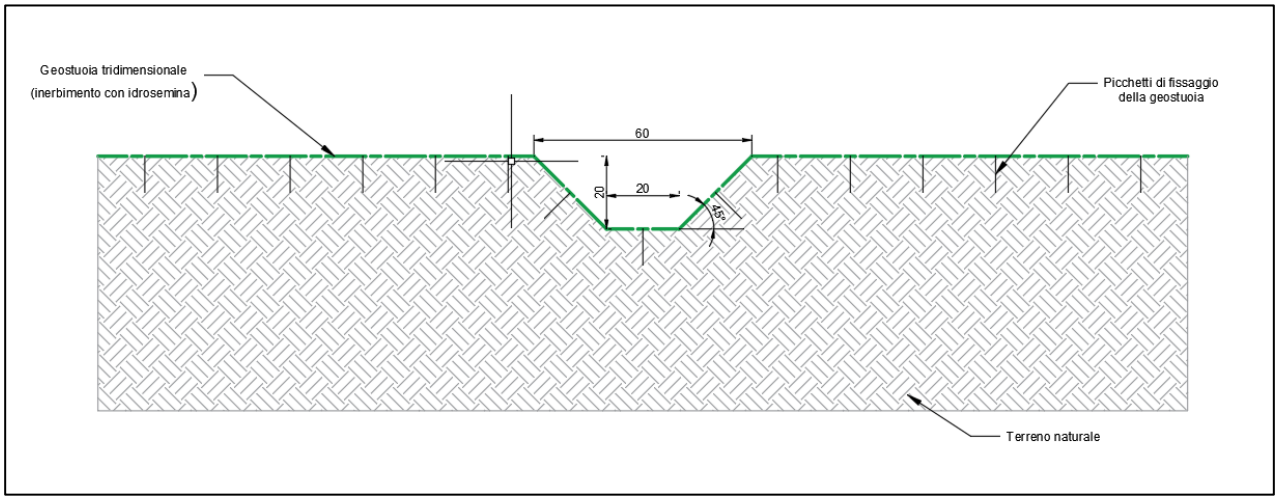


Figura 28: Sezione di drenaggio - Canale trapezoidale in terra strada cunetta 3.

Tabella 18: Caratteristiche geometriche della cunetta di scolo numero 4

Cunetta 4			
B [m]	b [m]	h [m]	β [°]
0.4	0.2	0.10	45

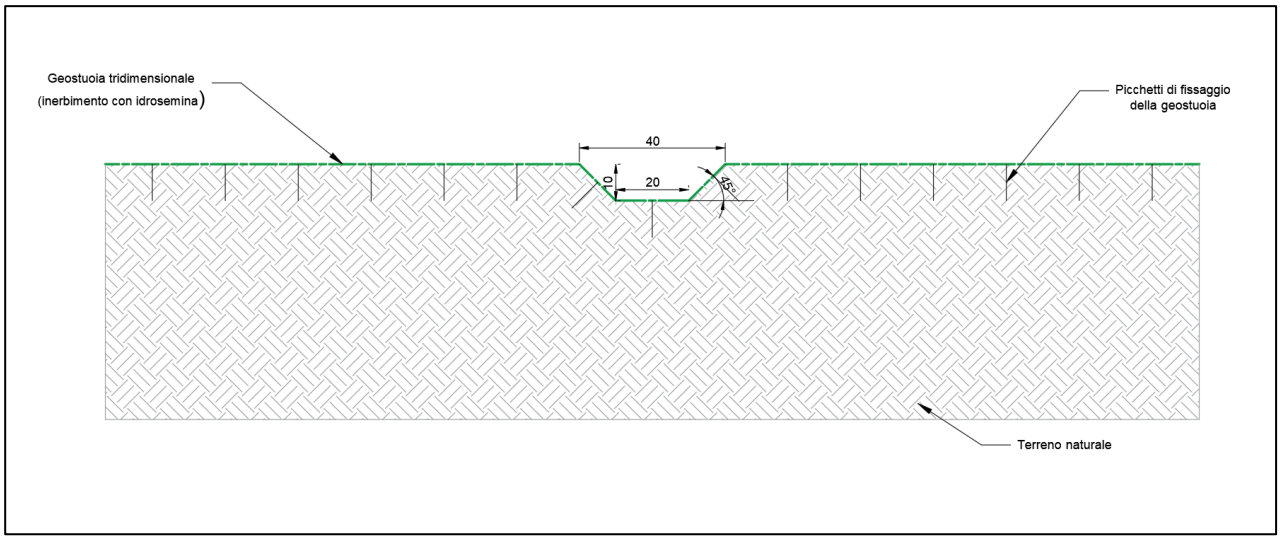


Figura 29: Sezione di drenaggio - Canale trapezoidale in terra strada cunetta 4

Tabella 19: Tabella riassuntiva delle caratteristiche delle cunette dimensionate

Cunetta	**B [m]**	**b [m]**	**h [m]**	**β [°]**
1	0.6	0.2	0.2	45
2	0.8	0.4	0.2	45
3	0.6	0.2	0.2	45
4	0.4	0.2	0.1	45

La verifica idraulica della cunetta viene eseguita ricercando il tirante idrico della sezione per il quale si verifica la portata nota.

In questo contesto, dunque si fa affidamento alla seguente espressione:

$$y(h) = A_m K s R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} - Q_p$$

Dove A_m e R sono funzioni del tirante idrico.

Quello che si vuole ricercare è il tirante idrico h per il quale la funzione y(h) è uguale a zero.

Questo può essere verificato grazie al risolutore di Excel dal quale vengono prodotti i seguenti risultati:

Tabella 20: Risultati della verifica delle cunette di scolo

Area d'intervento	h [m]	B (m)	Am [mq]	Pm [m]	R [m]	i	Ks
Cunetta 1	0.07	1.00	0.04	0.39	0.10	0.01	33.00
Cunetta 2	0.09	1.00	0.07	0.67	0.10	0.01	33.00
Cunetta 3	0.04	1.00	0.02	0.31	0.08	0.01	33.00
Cunetta 4	0.05	1.00	0.03	0.35	0.09	0.01	33.00

Dalla precedente tabella si evince che la portata Qc calcolata con il metodo razionale viene convogliata totalmente dal sistema delle cunette in esame poiché i tiranti idrici non superano in nessun caso la soglia di altezza prevista dalle cunette proposte.

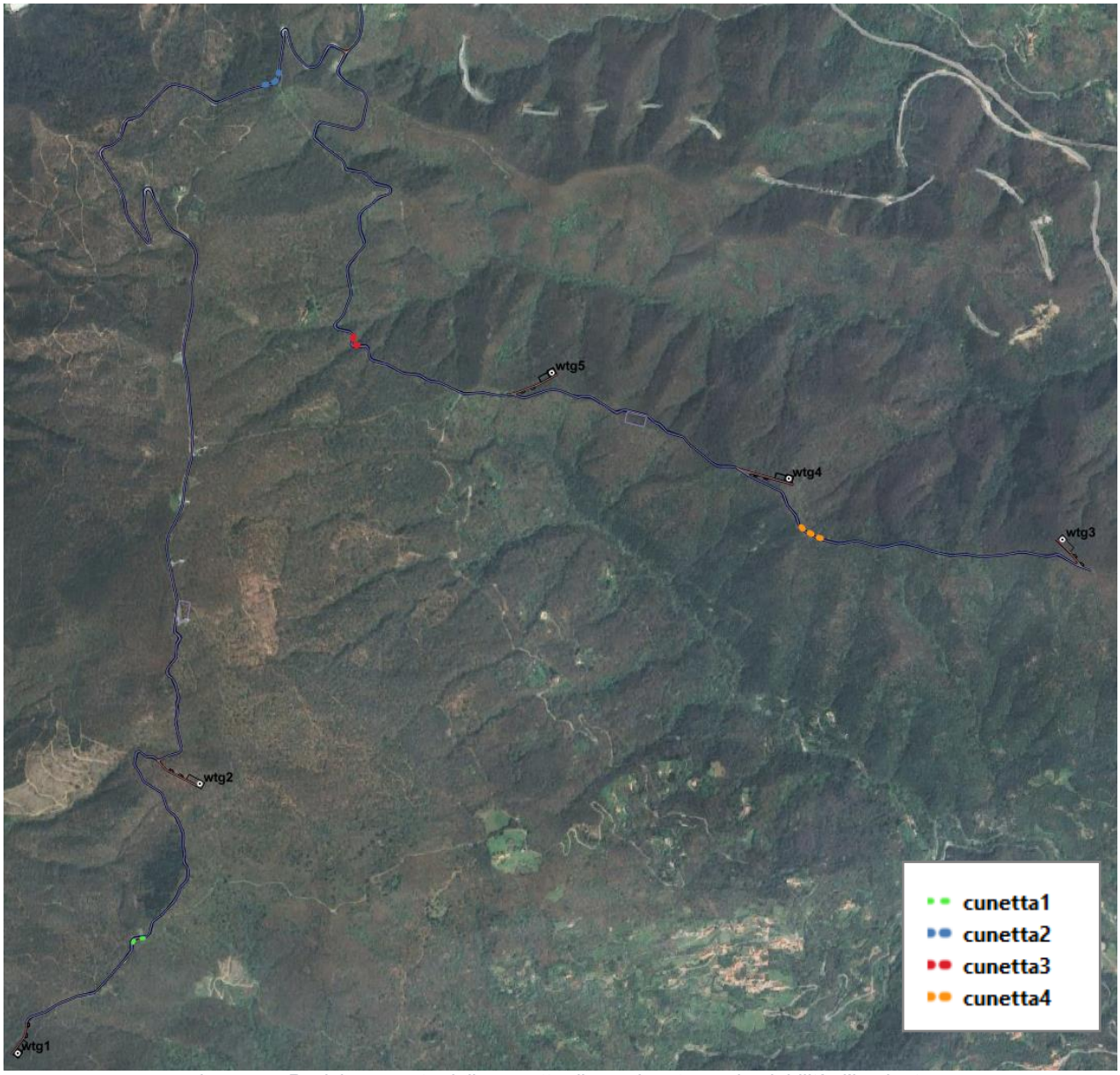


Figura 30: Posizionamento delle cunette dimensionate per la viabilità d'impianto.

9. CONCLUSIONI

Sulla scorta di quanto illustrato nel presente studio è possibile affermare che:

• Per quanto concerne l'analisi statistica degli estremi idrologici, essa è stata condotta per i bacini secondo il Metodo della TCEV con processo di regionalizzazione tramite VAPI;

• Sono state calcolate le curve di possibilità pluviometrica e dunque i parametri a e n per un tempo di ritorno pari a 10 25 50 100 200 con il metodo della TCEV;

• Ai fini dell'analisi idraulica per la verifica delle aree esondabili e il dimensionamento delle cunette di drenaggio a bordo strada si è scelto di utilizzare le curve di possibilità pluviometrica calcolate con il metodo di Bell per un tempo di ritorno di 10 anni e per fenomeni inferiori all'ora.

• La verifica delle aree esondabili da parte dei corsi d'acqua è stata condotta dapprima individuando la delimitazione dei sottobacini, ottenuta grazie agli algoritmi r.watershed e r.water.outlet presenti nel software QGIS. Questi ultimi partendo dalle informazioni del DTM estraggono i bacini imbriferi, ossia il luogo dei punti della superficie terrestre che raccoglie le acque che scorrendo in superficie raggiungono un determinato punto chiamato sezione di chiusura del bacino. Successivamente è stato utilizzato uno ietogramma elaborato con il metodo Chicago con tempo di ritorno Tr = 200 anni e di inserirlo all'interno del software HEC-RAS in modo da ottenere la delimitazione delle aree esondabili.

• Il tirante idrico raggiunge alcuni punti dell'impianto. Le aree più prossime alle WTG non sono interessate. Il tirante idrico risulta invece notevole nell'area della sottostazione elettrica, raggiungendo la quota di 1 m a sud-est della stessa. Per ovviare ai fenomeni di rischio idraulico evidenziati dalla simulazione, la quota minima dell'opera di sottostazione è stata prevista di un metro fuori terra.

• Dati e strumenti offerti nel presente studio e che costituiscono un ridimensionamento dei canali di drenaggio dovranno essere opportunamente revisionati in una successiva fase esecutiva.

• Il dimensionamento delle cunette stradali e della stazione per il drenaggio delle acque piovane ha previsto il tracciamento dei bacini d'influenza per l'individuazione delle caratteristiche geometriche dell'area. Successivamente è stata calcolata la curva di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno pari a 10 anni e con l'applicazione di modelli afflussi-deflussi come il modello razionale è stato possibile calcolare la portata di progetto con la quale dimensionare le cunette stesse.

Il Tecnico

Ing. Leonardo Sblendido

