

Comuni di: DORNO
Comuni di: SCALDASOLE
Comuni di: PIEVE ALBIGNOLA
Provincia di: PAVIA
Regione: LOMBARDIA



NEOEN

NEOEN RENEWABLES ITALIA srl
Via Giuseppe Rovani, 7 - 20123 MILANO (MI)

PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE
RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 104.734,56
kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

"SOLARE DORNO - NEOEN"

TITOLO DELL' ELABORATO:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

DATA:

30/07/2024

N°/CODICE ELABORATO:

REL009

Tipologia: REL (RELAZIONI)

PROGETTISTI:

EDILSAP s.r.l.
Via di Selva Candida, 452 - 00166 ROMA
Ing. Fernando Sonnino Project Manager



Prof. Geol. Alfonso Russi
Via Friuli, 5 - 06034 FOLIGNO



PROFESSIONISTI

GEOSOLUTION s.r.l.
Geol. Donato Perniola



Ing. Michele Colonna

GEOSOLUTION S.r.l.

Via S. Francesco - P.co Valentino C/3
74011 Castellaneta (TA)
P. IVA: 03031400736



Donato Perniola



Michele Colonna

00

202304086

Emissione per Progetto Definitivo

Geol. Perniola Donato

Prof. Geol. Alfonso Russi

Ing. Fernando Sonnino

N° REVISIONE

Cod. STMG

OGGETTO DELLA REVISIONE

ELABORAZIONE

VERIFICA

APPROVAZIONE

Proprietà e diritto del presente documento sono riservati - la riproduzione è vietata

INDICE

1	FINALITA'.....	1
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	2
3	AREE OGGETTO DI INDAGINE.....	4
4	PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO.....	7
5	ANALISI IDROLOGICA.....	10
5.1	RETICOLO DI STUDIO.....	10
5.2	CARATTERI GEOLOGICI DEI BACINI.....	10
5.3	CARATTERI MORFOLOGICI DEI BACINI.....	11
5.4	TEMPI DI CORRIVAZIONE.....	14
5.5	STUDIO PLUVIOMETRICO.....	14
5.5.1	ANALISI STATISTICA DELLE PIOGGIE PAI.....	15
5.5.2	ANALISI STATISTICA DELLE PIOGGE ARPA.....	21
5.5.3	COMPARAZIONE STUDI IDROLOGICI.....	29
5.6	CALCOLO PORTATA DI MASSIMA PIENA.....	31
6	ANALISI IDRAULICA.....	33
6.1	TEORIA DEL MODELLO IDRAULICO.....	33
6.2	APPLICAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO.....	35
6.2.1	GEOMETRIA DEL MODELLO.....	35
6.3	RISULTATI.....	35
7	CONCLUSIONI.....	41
8	APPENDICE (SCHEDE DI RILEVAMENTO PONTI).....	42

1 FINALITA'

Nella presente relazione, commissionata dal Prof. Geol. Alfonso Russi, alla scrivente Geosolution s.r.l. con sede in Castellaneta (TA) via S. Francesco Parco Valentino C/3, sono illustrati i risultati di uno studio idrologico-idraulico di alcune aree site nei comuni di Scaldasole, Dorno e Pieve Albignola, in provincia di Pavia. Le aree oggetto di studio risultano interessate dal progetto: Realizzazione di un impianto agrivoltaico a terra denominato "SOLARE DORNO-NEOEN".

L'impianto AGRIVOLTAICO DORNO-NEOEN garantirà una produzione di energia di 104,73 MWp di potenza nominale in DC, a cui corrisponde una potenza massima in immissione in AC di 93,00 MW.

L'impianto si sviluppa su una superficie agricola disponibile di 215,31 Ha ripartita in quattro differenti lotti.

La connessione con la RTN sarà realizzata con un cavidotto interrato a 36kV della lunghezza di circa 2.300 m, di cui i primi 270 m si sviluppano nel Comune di Scaldasole, poi per circa 730 m nel Comune di Sannazzaro De' Burgondi e infine per 1.300 m nel comune di Pieve Albignola.

Il percorso del cavidotto di connessione a 36 kV parte dalla Cabina di Consegna CC ubicata nel lato Ovest del Lotto 4 e si sviluppa quasi interamente sulla viabilità pubblica, per circa 270 m lungo la Strada Vicinale Dorno Sannazzaro, poi prosegue lungo la Strada Provinciale N.16 per circa 1.930 m fino alla Ferrovia Pavia-Alessandria, superata la quale devia a sud per circa 100 m, fino alla sezione a 36 kV del futuro ampliamento/satellite della Stazione Elettrica (SE) a 380 kV della RTN denominata "Pieve Albignola".

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie".
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE.
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008).
- Dlgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- Dm Ambiente 16 giugno 2008, n. 131. Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici.
- Dm Ambiente 12 giugno 2003, n. 185. Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue.
- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee.
- Norme tecniche di attuazione del Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) della Regione Lombardia del 2016.
- L.R. 15 marzo 2016, n. 4; "Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua".
- PdG Po –Piano di Gestione del fiume Po approvato il 3/03/2016 (DPCM 27 ottobre 2016).
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.2 - Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.4 "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.
- Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7. "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)".
- Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Po, redatto dall'Autorità' bacino del F. Po ai sensi della legge 18 maggio 1989 n. 183, art. 17 comma 6-ter, è stato approvato con C.M. del 24 maggio 2001; con la pubblicazione del D.P.C.M. di approvazione sulla G.U. n. 183 del 8 agosto 2001 il Piano è entrato definitivamente in vigore e dispiega integralmente i suoi effetti normativi. Per i corsi d'acqua principali di pianura e fondovalle il PAI definisce fasce di pertinenza fluviale che individuano le aree soggette a diversi gradi di pericolosità. Per ognuna delle fasce sono definite specifiche norme di uso del suolo e specifici divieti.
 - La fascia A, costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, cui corrisponde una portata di calcolo pari a quella di piena relativa ad un tempo di ritorno di 200 anni e ridotta del 20%. Più precisamente risulta la porzione d'alveo nella quale defluisce l'80% della portata di piena relativa ad un tempo di ritorno di 200 anni, con la verifica che le portate esterne a tale porzione di alveo abbiano una velocità di deflusso non superiore a 0,4 m s-1

- La fascia B, che delimita la porzione di alveo nella quale scorre la portata di piena corrispondente ad un tempo di ritorno di 200 anni; i limiti spesso coincidono con quelli di fascia A, in particolare quando la presenza di arginature e rifacimenti spondali determinano una variazione della conformazione originaria della geometria e della morfologia dell'alveo.
 - Il Piano indica con apposito segno grafico, denominato "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C", le opere idrauliche programmate per la difesa del territorio. Allorché dette opere saranno realizzate, i confini della Fascia B si intenderanno definiti in conformità al tracciato dell'opera idraulica eseguita e la delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po di presa d'atto del collaudo dell'opera varrà come variante automatica del presente Piano per il tracciato di cui si tratta.
 - La fascia C che delimita una parte di territorio che può essere interessata da eventi di piena straordinari, tanto che le portate di riferimento risultano quella massima storicamente registrata, se corrispondente ad un tempo di ritorno superiore a 200 anni, oppure quella relativa ad un tempo di ritorno pari a 500 anni.
- PAI - 7. Norme di Attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense. Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.
 - Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico Padano (P.G.R.A. 03/03/2016). Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni è lo strumento operativo previsto dal d.lgs. 49/2010, in attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali. Il PGRA-Po contiene in sintesi:
 - La mappatura delle aree potenzialmente interessate da alluvioni, classificate in base alla pericolosità (aree allagabili) e al rischio, con particolare riferimento alle situazioni a maggiore criticità;
 - Il quadro attuale dell'organizzazione del sistema di protezione civile in materia di rischio alluvioni;
 - Le misure da attuare per ridurre il rischio nelle fasi di prevenzione e protezione e nelle fasi di preparazione, ritorno alla normalità ed analisi.

Le mappe di pericolosità evidenziano le aree potenzialmente interessate da eventi alluvionali secondo gli scenari di bassa probabilità (P1 - alluvioni rare con T=500 anni), di media probabilità (P2- alluvioni poco frequenti T=100-200 anni) e alta probabilità (P3 - alluvioni frequenti T=20-50 anni), distinte con tonalità di blu, la cui intensità diminuisce in rapporto alla diminuzione della frequenza di allagamento. Le mappe identificano ambiti territoriali omogenei distinti in relazione alle caratteristiche e all'importanza del reticolo idrografico e alla tipologia e gravità dei processi di alluvioni prevalenti ad esso associati, secondo la seguente classificazione:

- Reticolo idrografico principale (RP);
 - Reticolo idrografico secondario collinare e montano (RSCM);
 - Reticolo idrografico secondario di pianura artificiale (RSP);
 - Aree costiere lacuali (ACL).
- DGR 6738 del 19 giugno 2017. "Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione rischi alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7/12/2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell'autorità di bacino del Fiume Po".

3 AREE OGGETTO DI INDAGINE

L'area di interesse con relativi cavidotti ricade nei comuni di Dorno, Pieve Albignola, Sannazzaro de Burgondi e Scaldasole della provincia di Pavia.

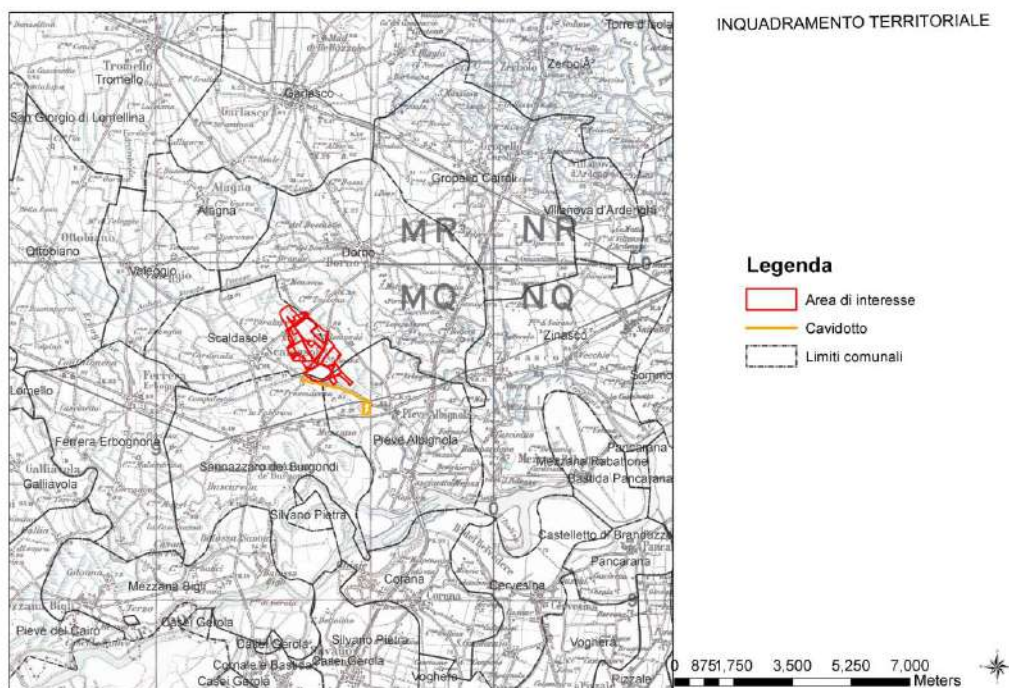


Figura 3-1. Inquadramento su IGM 100K.

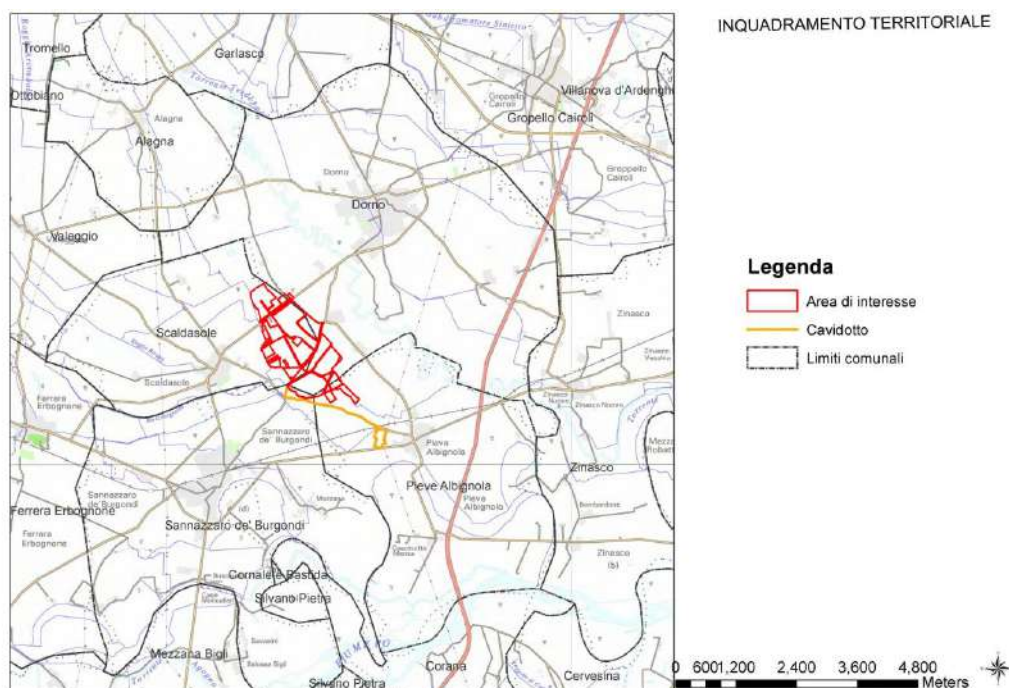


Figura 3-2. Inquadramento territoriale su IGM 50K.

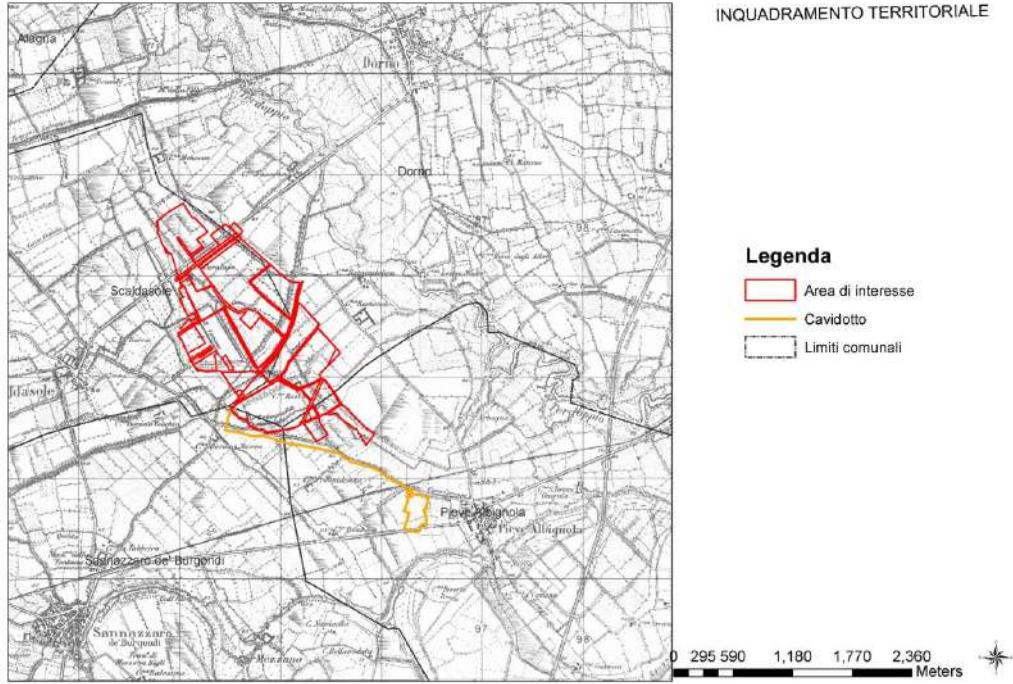


Figura 3-3. Inquadramento territoriale su IGM 25K.

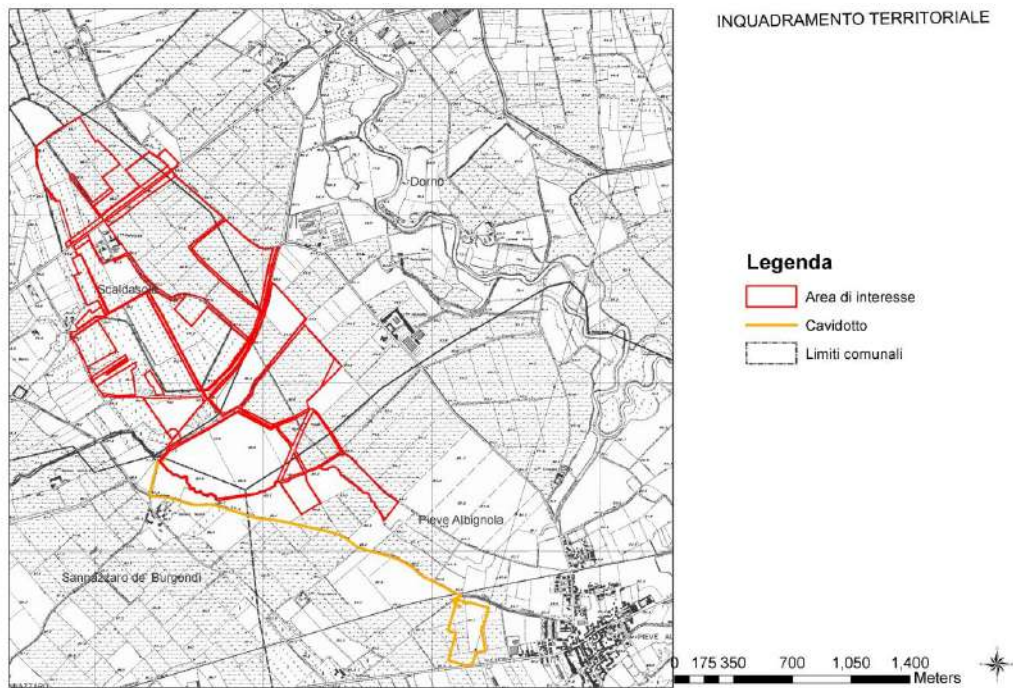


Figura 3-4. Inquadramento territoriale su CTR.

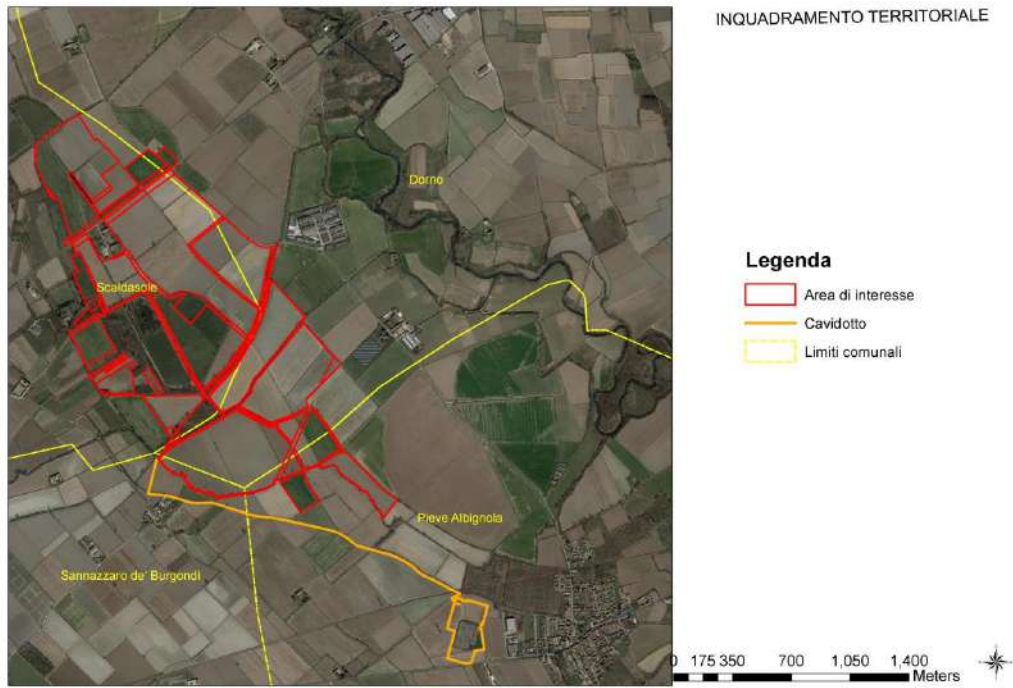


Figura 3-5. Inquadramento territoriale su ortofoto.

4 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Le opere in progetto ricadono all'interno del bacino idrografico "Terdoppio" ricadente all'interno del bacino idrografico del fiume Po, pertanto le competenze in materia di pianificazione idraulica sono demandate all'Autorità di Bacino del fiume Po e al PAI in vigore.

Il 22 dicembre 2000 è stata adottata la Direttiva 2000/60/CE per la tutela delle acque, recepita in Italia attraverso il d.lgs. n.152 del 3 aprile 2006. L'articolo n. 64 crea la ripartizione del territorio nazionale in 8 distretti idrografici e non più in Bacini Idrografici. Ciascun distretto deve dotarsi di piano di gestione, la cui competenza spetta alla corrispondente Autorità di distretto idrografico.

Il nuovo assetto territoriale previsto dalla L. 221/2015 in vigore dal 2 febbraio 2016 prevede 7 Distretti Idrografici:



L'intervento, secondo la nuova Direttiva 2000/60/CE, ricade nel Distretto idrografico Padano le cui competenze in materia di pianificazione idraulica sono demandate all'Autorità di Bacino distrettuale del fiume Po con il PGRA in vigore.

L'analisi idraulica deve considerare gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore, in particolare i piani di settore di riferimento della zona in esame. Gli strumenti legislativi da analizzare sono:

- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI);
- Piano di Gestione Rischio Alluvione (PGRA).

Per i corsi d'acqua principali di pianura e fondovalle il PAI definisce fasce di pertinenza fluviale che individuano le aree soggette a diversi gradi di pericolosità indicate nel paragrafo precedente

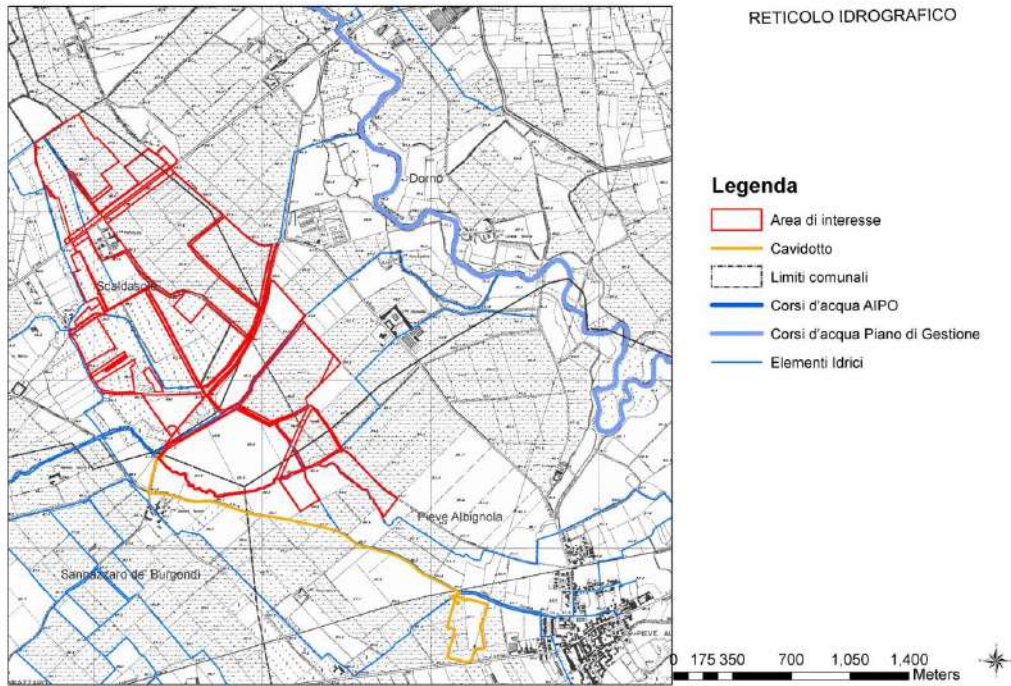


Figura 4-2. Reticolo idrografico.

5 ANALISI IDROLOGICA

5.1 RETICOLO DI STUDIO

Il reticolo oggetto di studio è il seguente

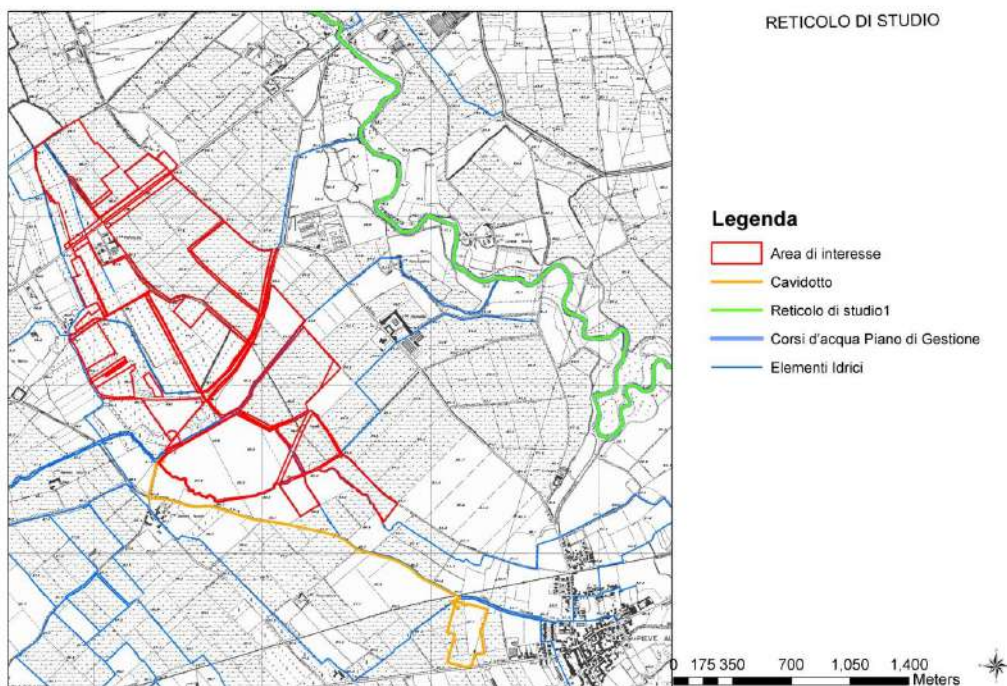


Figura 5-1. Reticolo di studio.

5.2 CARATTERI GEOLOGICI DEI BACINI

Dal punto di vista geologico il bacino oggetto di studio è caratterizzato dalle seguenti classi:

LITOLOGIA CLASSI
alluvioni fluvioglaciali ciottolose alter in ferro
alluvioni fluvioglaciali ghiaiose alterate in terr argilloso
alluvioni fluvioglaciali ghiaiose con paleosuolo argilloso
depositi morenici con strato di alter.giallo rossastro
depositi morenici intens fertilizzati ad argille
ghiaie, sabbie
ghiaie, sabbie e argille ferrettizzate
ghiaie, sabbie e limi

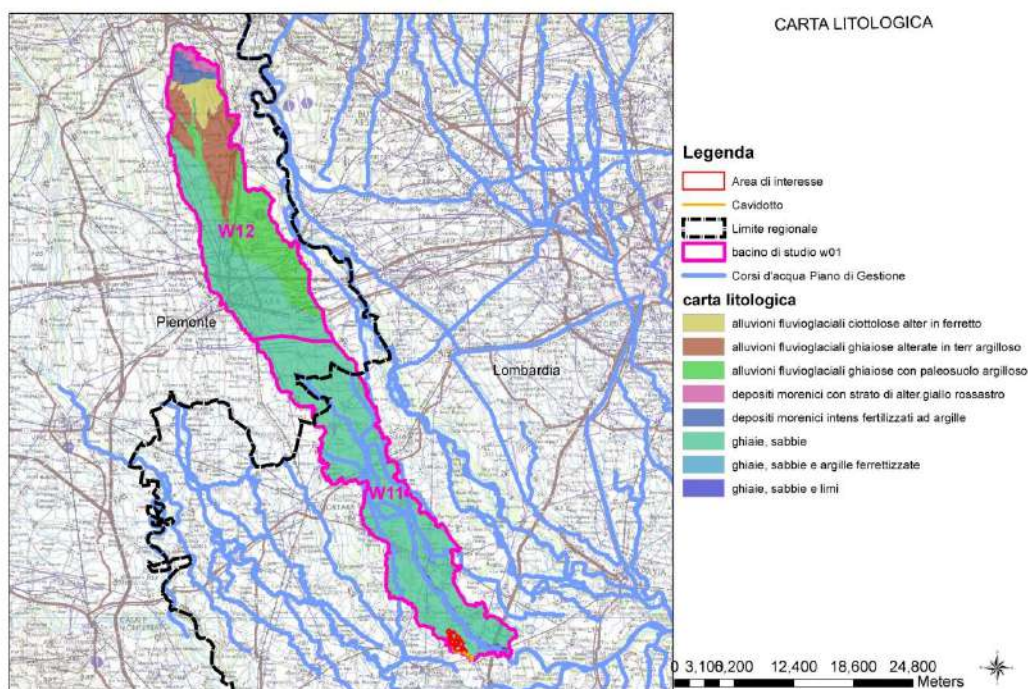


Figura 5-2. Carta litologica.

5.3 CARATTERI MORFOLOGICI DEI BACINI

Il reticolo adottato dall'Adb va verificato ovvero va ricercato il percorso idraulico di deflusso più aderente alla realtà con i relativi livelli di pericolosità idraulica.

Al fine di giungere a conclusioni con attendibile riscontro a fronte della realtà dei luoghi, va ricostruita nel modo più dettagliato possibile la morfologia dei luoghi stessi con l'ausilio di cartografia regionali di Lombardia e Piemonte.

Per ricavare un bacino idrografico aderente alla realtà viene utilizzato il DTM (digital terrain model) derivato dalla CTRN.

Il DTM che ricostruisce in 3d georeferenziato la zona oggetto di studio in forma raster, ha una maglia di 5m.

Dal DTM si può ricavare la mappa delle pendenze che risulta fondamentale ai fini dell'elaborazione del deflusso delle acque.

Per tenere conto degli edifici esistenti, inoltre, sono state aumentate le quote delle celle ricadenti all'interno dei contorni degli edifici.

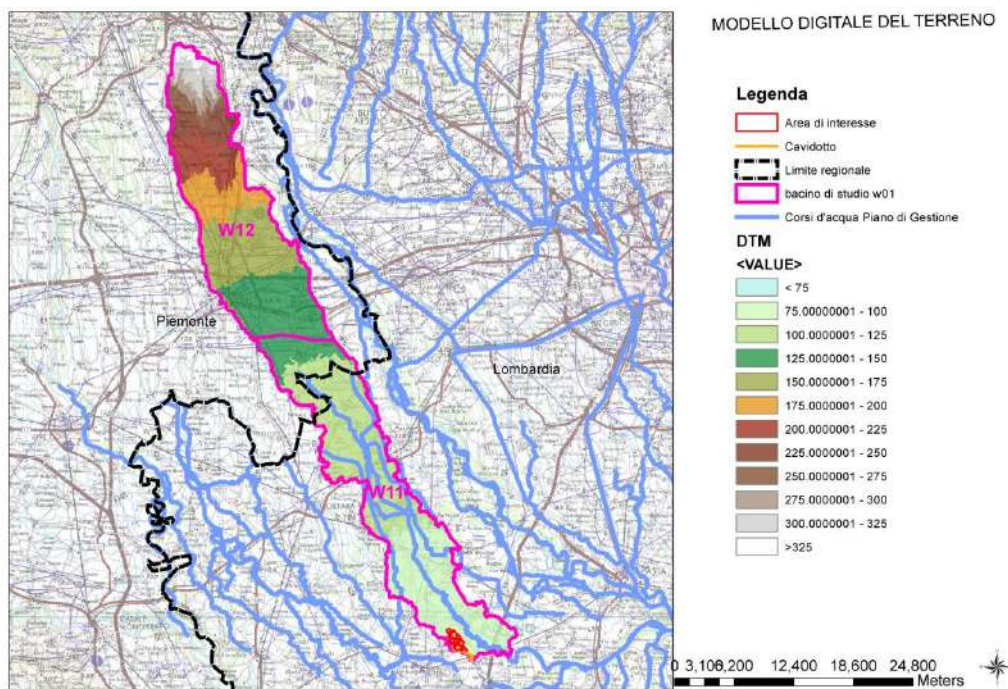


Figura 5-3. Modello digitale del terreno.

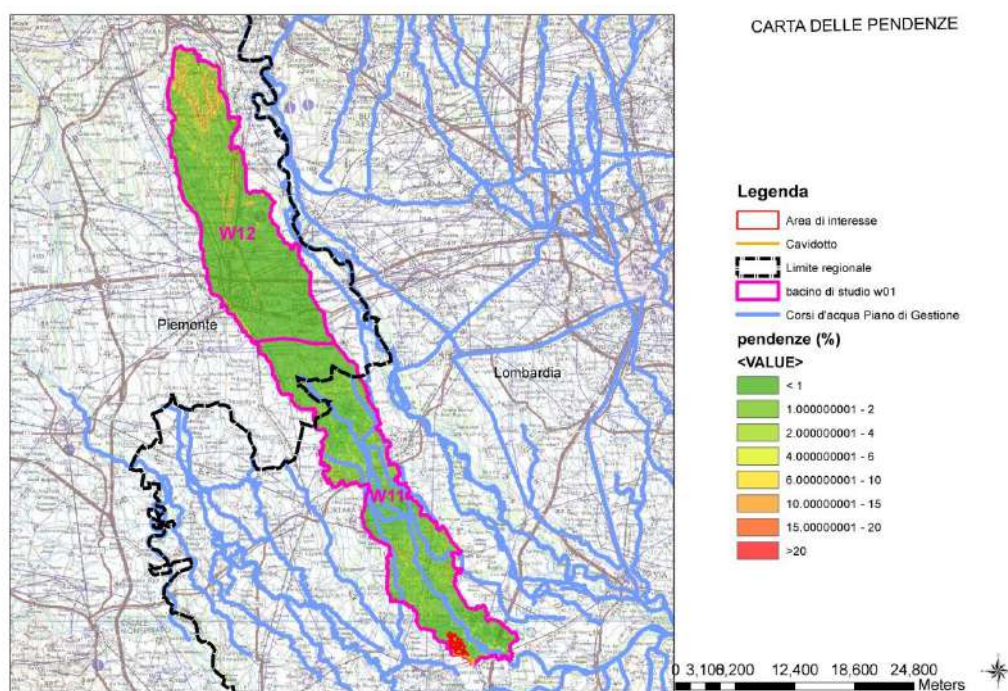


Figura 5-4. Carta delle pendenze.

I bacini di studio sono di seguito rappresentati.

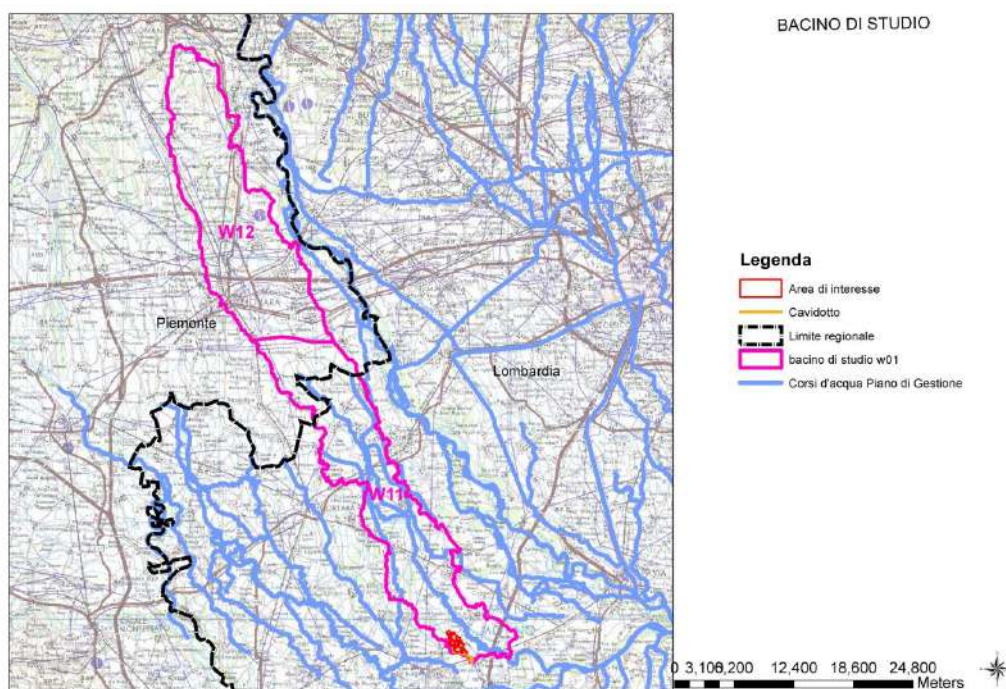


Figura 5-5. Bacino di studio su CTR.

Nella seguente tabella sono indicate le caratteristiche fisiografiche del bacino individuato derivante dal modello digitale del terreno.

bacino	S(Kmq)	Hmax(m)	Hmed(m)	Hmin(m)	L(Km)	i(%)	Y(%)	c(-)
W_11s	238.2	144	105	63	41.8	1.36	0.97	0.4

Nella precedente tabella sono state valorizzate le seguenti grandezze:

- “S” (km²): superficie del bacino;
- “Hmax” (mslm): quota massima;
- “Hmed” (mslm): quota media;
- “Hmin” (mslm): quota minima;
- “L” (km): lunghezza dell’asta principale;
- “i” (%): pendenza dell’asta principale;
- “Y” (%): pendenza media di versante;
- “c” (-): coefficiente di deflusso.

Il coefficiente di deflusso del bacino di studio è stato elaborato in funzione della mappa uso del suolo CORINE 2000 secondo la seguente tabella di corrispondenza:

LIVELLO_3	DESCRIZIONE	COEF. DEFLUSSO
111	tessuto residenziale continuo, denso pi- recente e basso	0.90
112	tessuto residenziale sparso	0.80
121	insediamenti produttivi agricoli	0.80
122	reti ferroviarie comprese le superfici annesse	0.80
131	aree estrattive	0.60
133	cantieri e spazi in costruzione e scavi	0.40
211	seminativi semplici in aree non irrigue	0.35
221	vigneti	0.50
222	frutteti e frutti minori	0.45
223	uliveti	0.45
241	colture temporanee associate a colture permanenti	0.35
242	sistemi colturali e particellari complessi	0.35
311	boschi di latifoglie	0.25
313	boschi misti di conifere e latifoglie	0.25
314	prati alberati, pascoli alberati	0.30
321	aree a pascolo naturale, praterie, incolti	0.40
322	cespuglieti e arbusteti	0.45
323	aree a vegetazione sclerofilla	0.45
333	aree con vegetazione rada	0.50
512	bacini senza manifeste utilizzazioni produttive	0.80

5.4 TEMPI DI CORRIVAZIONE

Dalle caratteristiche dei sotto bacini descritti nei paragrafi precedenti sono stati ricavati i tempi di corrivazione secondo varie formulazioni e si è deciso, per le elaborazioni seguenti, di usare il valore ottenuto dalla formula di Giandotti riportato nella seguente tabella.

TEMPI DI CORRIVAZIONE	
bacino	Giandotti(h)
W11	13.58698526

5.5 STUDIO PLUVIOMETRICO

Lo studio idrologico conduce ai parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica di assegnata probabilità di accadimento nel tempo di ritorno, indispensabili per il calcolo dei tiranti idrici e velocità.

Lo studio idrologico deve produrre dati in base dei dati del Servizio Idrografico, della morfologia, uso del suolo ed altri dati.

In generale si usano studi già esistenti e validati dove sono definiti i valori delle LSPP dell'area in esame. In caso contrario:

- Per bacini privi di strumentazione, può essere utilizzata uno studio di frequenza sulle portate di piena già esistenti validate;
- In assenza di studi ufficiali, va scelta per la stima dei dati di portata necessari, il metodo sviluppato ad esempio da vari Autori o enti o modelli afflussi-deflussi, basati sull'idrogramma unitario istantaneo (IUH).

Nello studio in oggetto sono messi a confronto due tipi di analisi:

- l'Autorità di bacino del Fiume Po stabilisce i Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni per le verifiche di compatibilità idraulica”;
- ARPA Lombardia ha elaborato due nuovi servizi delle precipitazioni: le carte di stima della pioggia integrata con rilievi a terra e radar per il periodo 1997-2011 e l'Atlante delle piogge intense” nell'ambito del progetto INTERREG IV/A STRADA.

Si riporta di seguito il confronto tra le differenti analisi esistenti.

5.5.1 ANALISI STATISTICA DELLE PIOGGIE PAI

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), all'art.10 delle Norme di attuazione, stabilisce:

L'Autorità di bacino stabilisce:

- i valori delle precipitazioni intense e quindi portate da utilizzare per elaborazioni e relativi metodi e procedure di valutazione per le diverse aree del bacino;
- i criteri e i metodi di calcolo dei profili di piena nei corsi d'acqua;
- La “Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le verifiche di compatibilità idraulica (art. 10 delle NTA PAI), da i valori delle precipitazioni intense nelle diverse zone del bacino e portate di piena sui corsi d'acqua principali.
- Per quanto richiesto dall'art. 10 delle NTA PAI, la direttiva è costituita dai seguenti punti:
- Delimitazione dei sottobacini idrografici nella porzione collinare e montana del bacino del Po e degli ambiti idrografici di pianura;
- Stima delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica puntuali nelle stazioni di misura delle precipitazioni;
- Studio della distribuzione spaziale delle precipitazioni intense;
- Indicazioni per la elaborazione delle portate di piena sui bacini idrografici di piccole dimensioni;
- Calcolo delle portate di piena in sezioni significative dei corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali;
- Definizione del profilo di piena di progetto per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali.

5.5.1.1 RELAZIONE INTENSITA'-DURATA PRECIPITAZIONI ADB-PO

La legge di dipendenza della media dei massimi di precipitazione con la durata può esprimersi, nel caso più semplice, come:

$$h = a \cdot t^n$$

dove a e n sono funzione dallo specifico tempo di ritorno considerato.

La stima delle curve di probabilità pluviometrica nelle stazioni di misura è stata elaborata dall'AdB in base ai dati storici dei massimi annuali delle altezze di precipitazione per le durate considerate, definendo i parametri a ed n per i tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni. Nel calcolo dei parametri a ed n, sono serviti i dati storici delle precipitazioni intense degli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano (Parte I, tabella III) relative ai massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive. Nell'intervallo di durata tra 1 e 24 ore sono individuate le durate critiche per i reticoli per i quali la stima della portata di piena può essere effettuata tramite l'utilizzo delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica.

Nei punti vicini alle stazioni pluviometriche è stata fatta dall'AdB, un'interpolazione spaziale con il metodo di Kriging dei parametri "a" ed "n" delle linee segnalatrici, discretizzate in un raster di 2 km di lato.

I risultati indicati nell'Allegato 3 permettono di elaborare le linee segnalatrici in ciascun pixel del raster che intercetta il bacino, a meno dell'approssimazione derivante dalla risoluzione spaziale della griglia di discretizzazione, per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, identificando la localizzazione sulla corografia.

5.5.1.2 ATLANTE LOMBARDIA PIOGGE

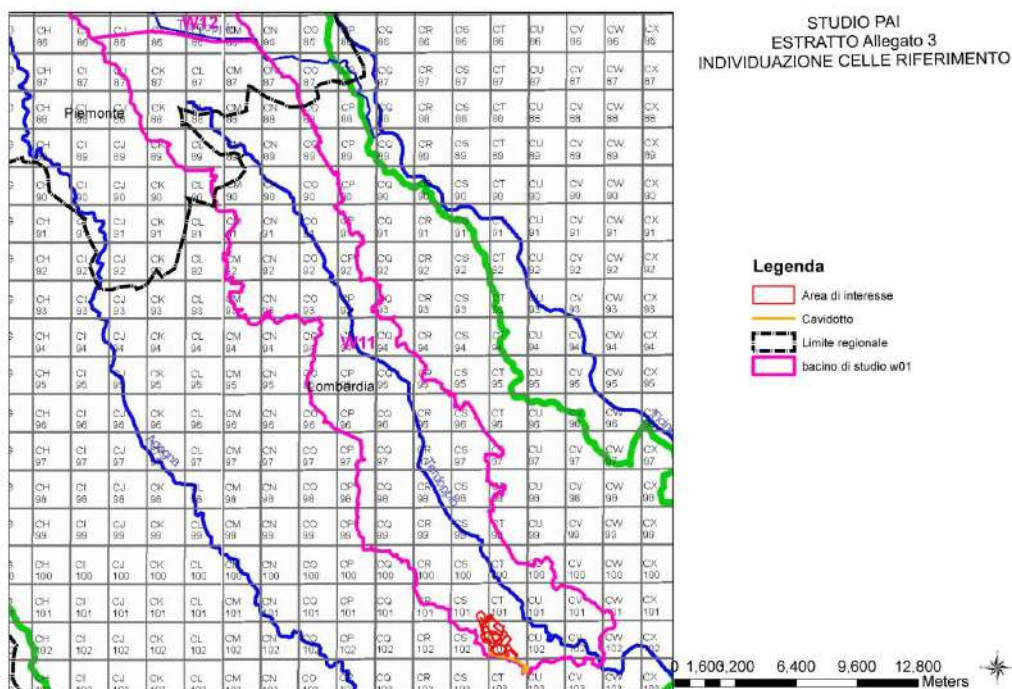


Figura 5-6. PAI Allegato 3 celle di riferimento.

Dall'Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense del PAI 7. NTA si acquisiscono i parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica con tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni in funzione delle celle che intersecano il bacino di studio W1. In sintesi sono stati tratti quali valori di "a" ed "n" di riferimento per la elaborazione idraulica, quelli relativi alle medie dei valori in tab indicati.

n	a_Tr20	n_Tr20	a_Tr100	n_Tr100	a_Tr200	n_Tr200	a_Tr500	n_Tr500
CI86	47,92	0,274	61,44	0,268	67,20	0,266	74,81	0,263
CI87	47,98	0,268	61,57	0,261	67,37	0,259	75,02	0,256
CJ86	48,34	0,271	62,01	0,264	67,84	0,261	75,54	0,259
CJ87	48,25	0,266	61,94	0,258	67,79	0,255	75,49	0,253
CJ88	48,10	0,262	61,79	0,253	67,63	0,250	75,33	0,247
CJ89	48,14	0,255	61,91	0,246	67,79	0,243	75,53	0,240
CK86	48,75	0,268	62,57	0,260	68,46	0,257	76,24	0,254
CK87	48,41	0,264	62,15	0,256	68,01	0,253	75,74	0,251
CK88	48,28	0,260	62,04	0,251	67,91	0,248	75,63	0,245
CK89	48,24	0,255	62,04	0,245	67,93	0,242	75,69	0,239
CK90	48,24	0,249	62,11	0,239	68,03	0,235	75,83	0,232
CL86	49,38	0,266	63,43	0,257	69,42	0,254	77,33	0,251
CL87	48,69	0,262	62,52	0,253	68,42	0,250	76,20	0,247
CL88	48,47	0,258	62,29	0,249	68,18	0,246	75,94	0,242
CL89	48,35	0,254	62,18	0,244	68,08	0,240	75,85	0,237
CL90	48,28	0,249	62,15	0,238	68,08	0,235	75,86	0,232
CL91	48,34	0,245	62,31	0,234	68,28	0,231	76,13	0,227
CM86	49,72	0,263	63,88	0,254	69,92	0,251	77,88	0,248
CM87	49,26	0,261	63,30	0,252	69,29	0,249	77,20	0,245
CM88	48,65	0,257	62,51	0,247	68,43	0,243	76,21	0,240
CM89	48,46	0,253	62,31	0,242	68,22	0,239	76,01	0,236
CM90	48,32	0,248	62,20	0,238	68,12	0,234	75,90	0,231
CM91	48,32	0,245	62,27	0,234	68,22	0,230	76,06	0,227
CM92	48,12	0,239	62,02	0,228	67,95	0,224	75,75	0,221
CM93	48,08	0,235	62,04	0,223	68,00	0,219	75,83	0,216
CM94	48,05	0,231	62,07	0,219	68,06	0,215	75,92	0,211
CN87	49,50	0,260	63,61	0,250	69,63	0,246	77,58	0,243
CN88	49,25	0,257	63,34	0,246	69,35	0,243	77,27	0,239
CN89	48,55	0,252	62,43	0,241	68,35	0,238	76,14	0,234
CN90	48,36	0,248	62,24	0,237	68,16	0,233	75,94	0,230
CN91	48,31	0,245	62,24	0,234	68,18	0,230	76,00	0,227
CN92	48,07	0,240	61,93	0,228	67,85	0,224	75,63	0,221
CN93	47,98	0,236	61,89	0,224	67,83	0,220	75,63	0,217
CN94	47,91	0,232	61,86	0,220	67,82	0,216	75,64	0,212
CO88	49,42	0,255	63,56	0,245	69,59	0,241	77,53	0,238
CO89	49,21	0,252	63,34	0,241	69,37	0,238	77,31	0,234
CO90	49,06	0,249	63,20	0,238	69,24	0,234	77,18	0,230
CO91	48,99	0,247	63,19	0,236	69,26	0,232	77,22	0,228
CO92	47,92	0,241	61,69	0,230	67,57	0,226	75,30	0,222
CO93	47,77	0,238	61,56	0,226	67,45	0,222	75,17	0,219
CO94	47,68	0,235	61,53	0,223	67,44	0,219	75,20	0,215
CO95	47,56	0,232	61,43	0,219	67,36	0,215	75,14	0,212
CO96	47,71	0,228	61,76	0,215	67,75	0,211	75,62	0,207
CP90	49,12	0,248	63,33	0,236	69,37	0,232	77,34	0,229
CP91	49,06	0,246	63,31	0,234	69,37	0,230	77,36	0,227
CP92	47,94	0,240	61,76	0,228	67,63	0,224	75,36	0,221
CP93	47,75	0,237	61,57	0,225	67,45	0,221	75,17	0,218
CP94	47,58	0,234	61,40	0,222	67,28	0,218	75,01	0,214
CP95	47,57	0,231	61,48	0,218	67,40	0,214	75,18	0,210

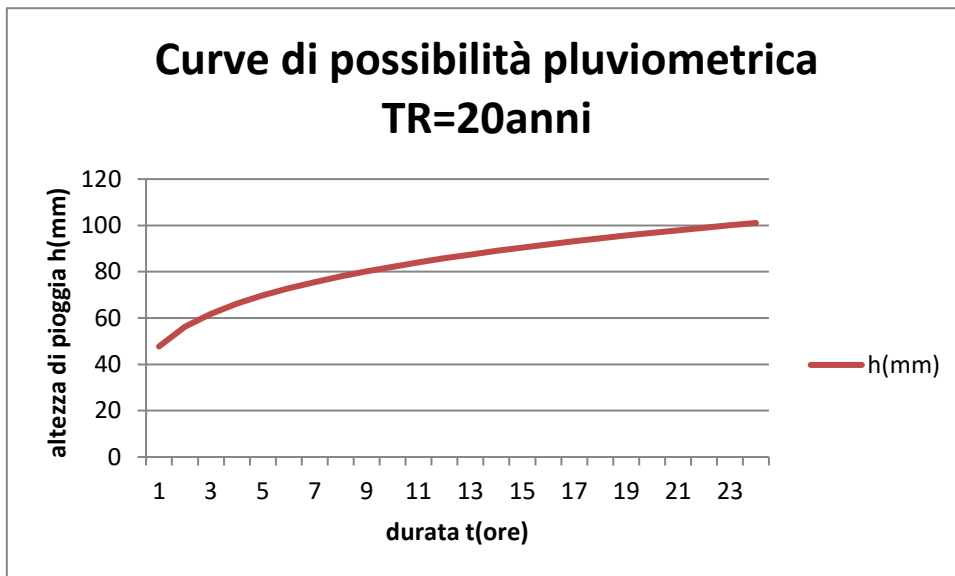
n	a_Tr20	n_Tr20	a_Tr100	n_Tr100	a_Tr200	n_Tr200	a_Tr500	n_Tr500
CP96	48,09	0,223	62,33	0,210	68,39	0,206	76,35	0,202
CP97	47,96	0,221	62,22	0,207	68,29	0,203	76,26	0,199
CP98	47,82	0,219	62,09	0,205	68,16	0,201	76,13	0,197
CP99	47,66	0,218	61,94	0,204	68,02	0,200	75,98	0,196
CP100	47,58	0,218	61,93	0,205	68,05	0,200	76,06	0,197
CQ94	47,56	0,234	61,44	0,222	67,33	0,218	75,08	0,214
CQ95	48,01	0,227	62,18	0,214	68,19	0,210	76,11	0,206
CQ96	48,00	0,224	62,26	0,211	68,32	0,206	76,28	0,203
CQ97	47,84	0,222	62,11	0,209	68,18	0,204	76,14	0,201
CQ98	47,69	0,220	61,95	0,207	68,02	0,202	75,98	0,199
CQ99	47,53	0,219	61,79	0,205	67,86	0,201	75,81	0,197
CQ100	47,33	0,216	61,56	0,202	67,62	0,198	75,55	0,194
CR95	47,92	0,230	62,07	0,217	68,07	0,213	75,96	0,209
CR96	47,76	0,228	61,94	0,215	67,95	0,211	75,85	0,207
CR97	47,63	0,225	61,82	0,212	67,84	0,208	75,74	0,204
CR98	47,44	0,224	61,62	0,210	67,64	0,206	75,53	0,203
CR99	47,56	0,218	61,89	0,204	67,97	0,200	75,94	0,196
CR100	47,04	0,217	61,19	0,202	67,21	0,198	75,08	0,194
CR101	46,95	0,217	61,08	0,203	67,09	0,198	74,94	0,194
CS96	47,59	0,228	61,70	0,215	67,67	0,211	75,53	0,208
CS97	47,37	0,227	61,46	0,214	67,42	0,209	75,26	0,206
CS98	47,54	0,221	61,83	0,207	67,88	0,202	75,82	0,199
CS99	47,27	0,219	61,47	0,205	67,50	0,200	75,39	0,197
CS100	46,82	0,218	60,95	0,203	66,95	0,199	74,79	0,195
CS101	46,67	0,217	60,78	0,203	66,78	0,198	74,60	0,195
CS102	46,84	0,218	60,96	0,204	66,96	0,200	74,79	0,196
CT97	47,37	0,222	61,59	0,208	67,61	0,203	75,51	0,199
CT98	47,14	0,221	61,34	0,206	67,34	0,202	75,23	0,198
CT99	46,91	0,221	61,06	0,207	67,05	0,202	74,89	0,199
CT100	46,61	0,219	60,66	0,205	66,62	0,200	74,41	0,197
CT101	46,44	0,219	60,48	0,204	66,44	0,200	74,22	0,196
CT102	46,59	0,220	60,64	0,206	66,60	0,201	74,38	0,198
CT103	46,45	0,220	60,49	0,206	66,46	0,201	74,22	0,198
CU100	46,27	0,222	60,12	0,208	65,99	0,204	73,66	0,201
CU101	46,09	0,222	59,93	0,208	65,80	0,204	73,46	0,200
CU102	46,20	0,221	60,15	0,207	66,06	0,202	73,77	0,199
CU103	46,06	0,221	60,00	0,207	65,92	0,203	73,61	0,200
CV101	44,92	0,227	58,38	0,213	64,08	0,209	71,51	0,206
CV102	45,65	0,220	59,35	0,207	65,15	0,202	72,71	0,199
CV103	45,51	0,221	59,21	0,207	65,02	0,203	72,58	0,200
CW101	44,64	0,229	57,98	0,216	63,62	0,211	70,98	0,209
CW102	44,72	0,229	58,13	0,216	63,80	0,212	71,18	0,209

Le medie dei parametri per TR=20, TR=200 e TR 500 sono:

TR=20

a= 47.73

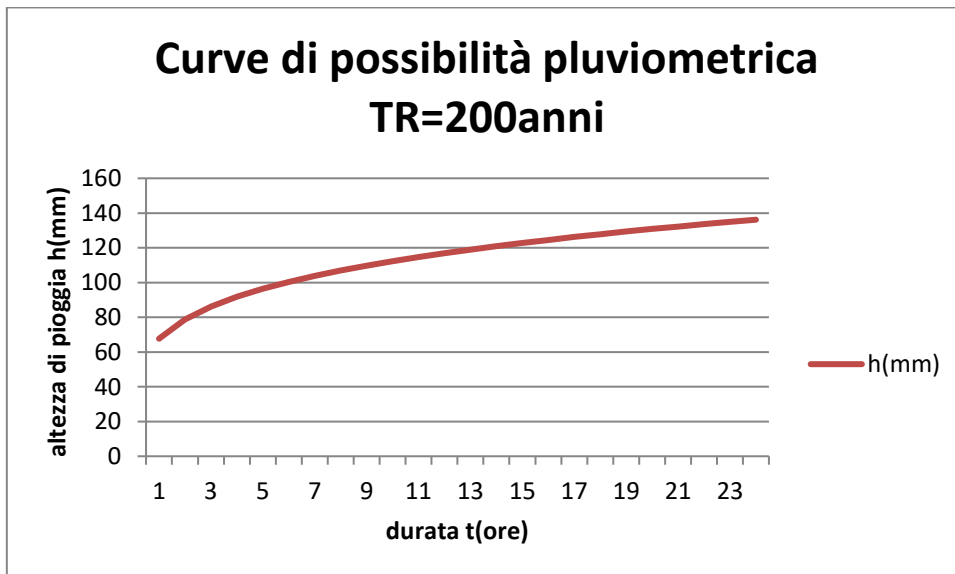
n= 0.236



TR=200

a= 67.67

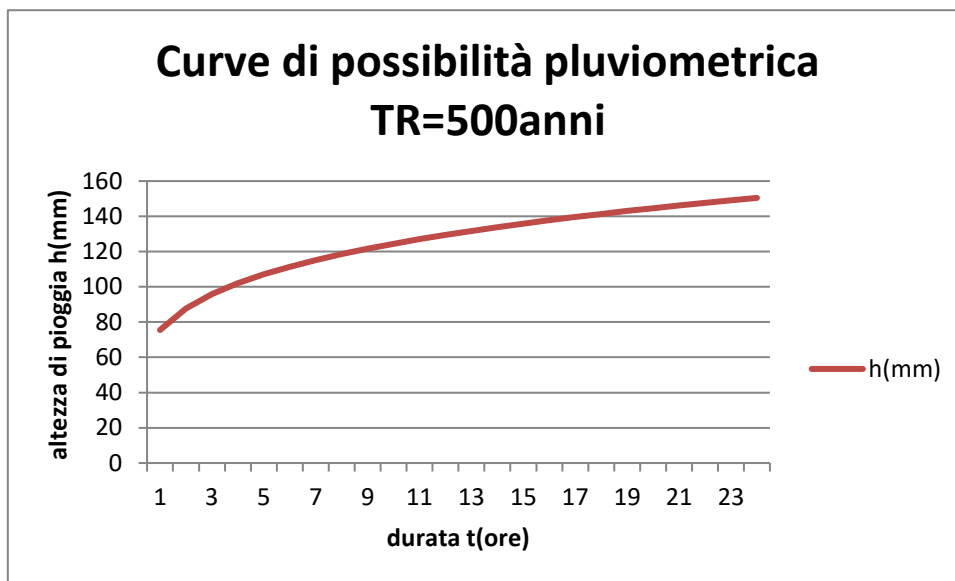
n= 0.220



TR=500

a= 75.49

n= 0.217



La “Direttiva” riporta inoltre: *“I valori indicati costituiscono riferimento per le esigenze legate a studi idraulici che, per dimensioni e importanza, non possano svolgere direttamente valutazioni idrologiche più approfondite a scala locale”.*

5.5.2 ANALISI STATISTICA DELLE PIOGGE ARPA

L'ARPA nell'ambito del progetto INTERREG IV/A STRADA (Strategie di Adattamento ai cambiamenti climatici per la gestione dei rischi naturali nel territorio transfrontaliero) in collaborazione transfrontaliera tra Italia e Svizzera, ha partecipato alla definizione delle “precipitazioni estreme”.

5.5.2.1 ATLANTE LOMBARDIA PIOGGE

L'ARPA Lombardia ha elaborato le osservazioni delle piogge massime annue di fissata durata di 1, 2, 3, 6, 12 e 24 relativamente a 105 stazioni meccaniche del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, con il modello GEV (Generalized Extreme Value), che ha prodotto la parametrizzazione delle LSPP su 69 punti strumentati e da questi su tutto il territorio regionale tramite tecniche di estrapolazione geostatistica; i risultati di questo studio sono su piattaforma web-gis sul sito web istituzionale di ARPA

Le tipologie di dati che con il progetto STRADA sono stati integrati si riassumono di seguito le rispettive caratteristiche principali:

- Osservazioni storiche: intervallo 1929-2001 relative a 69 siti del dataset esistente + 31 siti aggiunti; il posizionamento delle centraline ha una densità maggiore in aree montane; le informazioni su supporto cartaceo sono state digitalizzate al fine di essere elaborate;
- Osservazioni recenti: intervallo 1987-2011; 251 siti acquisiti automaticamente in formato digitale, senza quindi il problema di acquisizione su supporto informatico.

La parametrizzazione delle linee segnalatrici sviluppata per Arpa Lombardia da De Michele è stata sviluppata, conservando valide alcune scelte metodologiche già verificate nel prodotto operativo esistente, in particolare si sono conservati:

- Il principio di invarianza di scala, illustrato in Burlando e Rosso, 1996 (3);
- La distribuzione di probabilità del valore estremo a tre parametri, la Generalized Extreme Value (GEV), come tra l'altro suggerito anche da Braca et al., 2013 (1), in buon accordo con i dati campionari utilizzati per il territorio in esame, considerata più idonea della distribuzione di Gumbel per la descrizione statistica dei punti più vicini ai confini regionali, in particolare quelli ad orografia complessa anche perché ha un parametro in più rispetto a Gumbel;

- La elaborazione dei parametri della distribuzione mediante la tecnica operativa degli L-moments. Da un'analisi di sensitività sulle diverse tecniche di calcolo non si sono comunque riscontrate variazioni importanti sul risultato finale per l'area in esame.

L'analisi idrologica svolta sviluppa, in particolare, la parametrizzazione della LSPP per ogni sito stazione che viene poi spazializzato con Kriging per ottenere la griglia del territorio della Lombardia secondo il modello probabilistico GEV (Generalized Extreme Value) scala invariante.

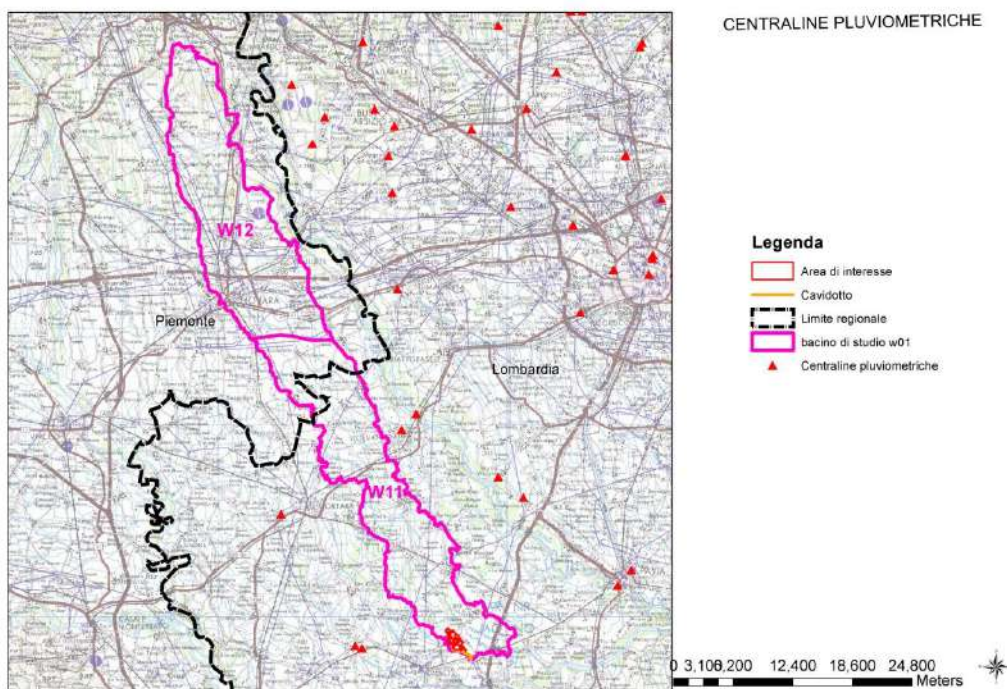


Figura 5-7. Centraline meteo presenti nell'area.

Il modello elaborato consente la valutazione dell'altezza (o del tasso medio) di precipitazione temibile in funzione del tempo tra 1 e 24 ore e tra 1 e 5 giorni con qualsivoglia periodo di ritorno meglio se compreso indicativamente tra 2 e 200 anni.

Il modello GEV, di tipo scala invariante, può essere settato e aggiornato in base ai dati della rete pluviometrica della Lombardia; ed è stato quindi spazializzato all'intera regione tramite tecniche di estrapolazione geostatistica di tipo Kriging.

Il nuovo atlante delle piogge intense è stato spazializzato su una maglia di 1kmx1km per durate da 1 a 24 ore e per tempi di ritorno dai 10 ai 200 anni. Sono scaricabili dal sito Web i valori dei parametri e dei quantili della distribuzione GEV per ogni punto-griglia per il calcolo della massima altezza di pioggia temibile per un qualsivoglia tempo di ritorno e dall'altra la valutazione del tempo di ritorno di un evento estremo occorso.

L'espressione della probabilità cumulata GEV è

$$F(x) = \exp\{-[1 - k(K - \varepsilon) / \alpha]^{1/k}\}$$

Dove:

- ε è un parametro di posizione;
- α è un parametro di scala;
- k un parametro di forma.

Il modello GEV riassume le tre leggi asintotiche del massimo valore del 1° tipo (EV1, Gumbel), del 2° (EV2) e del 3° (EV3) tipo. In particolare per $0=k$ si ricade nell'espressione di Gumbel che quindi rappresenta un caso particolare del modello GEV.

La stima dei tre parametri ε , α e k può essere effettuata tramite la tecnica basata sui momenti lineari raccomandata da Hosking (1990).

Stimati i parametri di forma k , di scala α e di posizione ε della GEV per la stazione in esame la relazione:

$$T = \frac{1}{1 - F_k(K_T)}$$

che individua il legame fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente può essere esplicitata nella

$$T = \frac{1}{1 - F_k(K_T)} = \frac{1}{1 - \exp\left\{-\left[1 - \frac{k}{\alpha}(K_T - \varepsilon)\right]^{1/k}\right\}}$$

Più utile da un punto di vista pratico è la forma inversa della precedente espressione, per cui, fissato un valore T del periodo di ritorno in anni si può ottenere il tempo di ritorno corrispondente a un dato valore x tramite la relazione:

$$K_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} (1 - \exp(-ky_T))$$

Dove y_T indica la variabile ridotta di Gumbel, pari a:

$$y_T = -\ln\left(\ln\frac{T}{T-1}\right)$$

Le leggi di probabilità pluviometrica sono state determinate sulla base dei dati disponibili sul sito web del servizio idrografico dell'ARPA Lombardi) il quale fornisce i seguenti parametri:

- a_1 : coefficiente di scala della linea segnalatrice, pari al valore atteso dell'altezza di pioggia massima annuale per la durata di riferimento;
- n : esponente di scala con cui la variabilità del fenomeno si trasmette dalla scala temporale di riferimento alle altre scale temporali;
- parametri di forma k , di scala α e di posizione ε , della distribuzione generalizzata del valore estremo (GEV) per il calcolo del fattore di crescita in funzione del tempo di ritorno (w_T)

Per una precipitazione di durata D maggiore o uguale all'ora, l'altezza di pioggia è data dalla seguente relazione:

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

in cui w_T è il fattore di crescita in funzione del tempo di ritorno calcolato con la seguente espressione:

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right) \right]^k \right\}$$

Calcolati i parametri di forma, k , di scala α , e di posizione ε , della distribuzione di probabilità cumulata generalizzata del valore estremo GEV resta determinata il legame fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita K_T valida per piogge massime annuali di durata da 1 a 24 ore consecutive.

I parametri di forma, k , di scala α , e di posizione ε validi nei punti di localizzazione delle centraline vengono spazializzati nei punti vicini alle centraline con Kriging.

Di seguito sono indicate le mappe con i parametri di forma, k , di scala α , e di posizione ε ed a_1 e n .

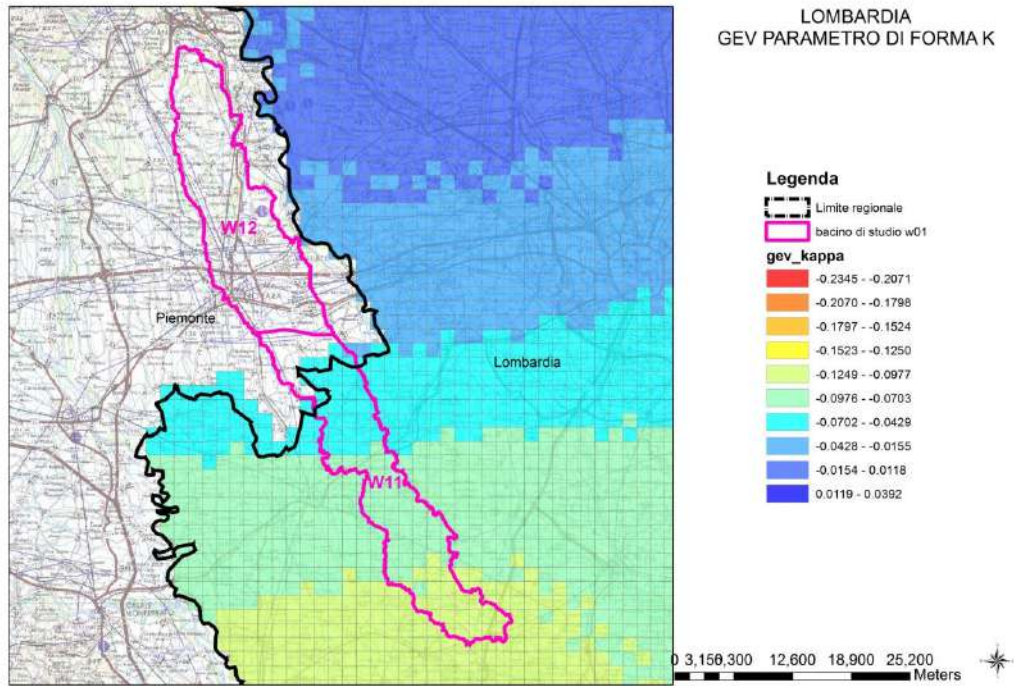


Figura 5-8. Carta del parametro k per durate 1-24h.

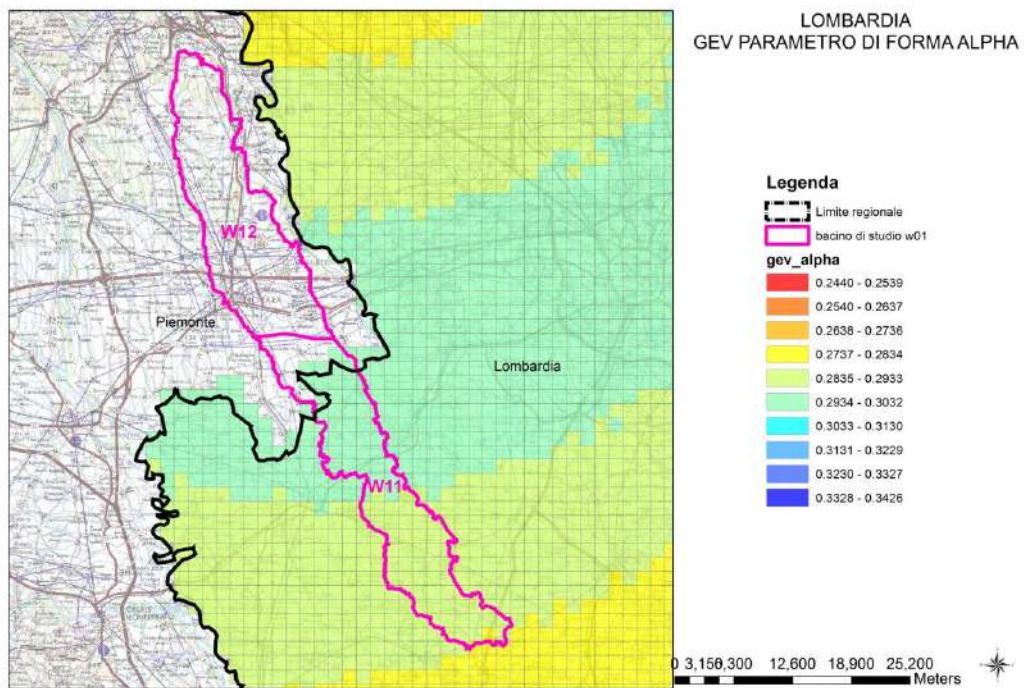


Figura 5-9. Carta del parametro alpha per durate 1-24h.

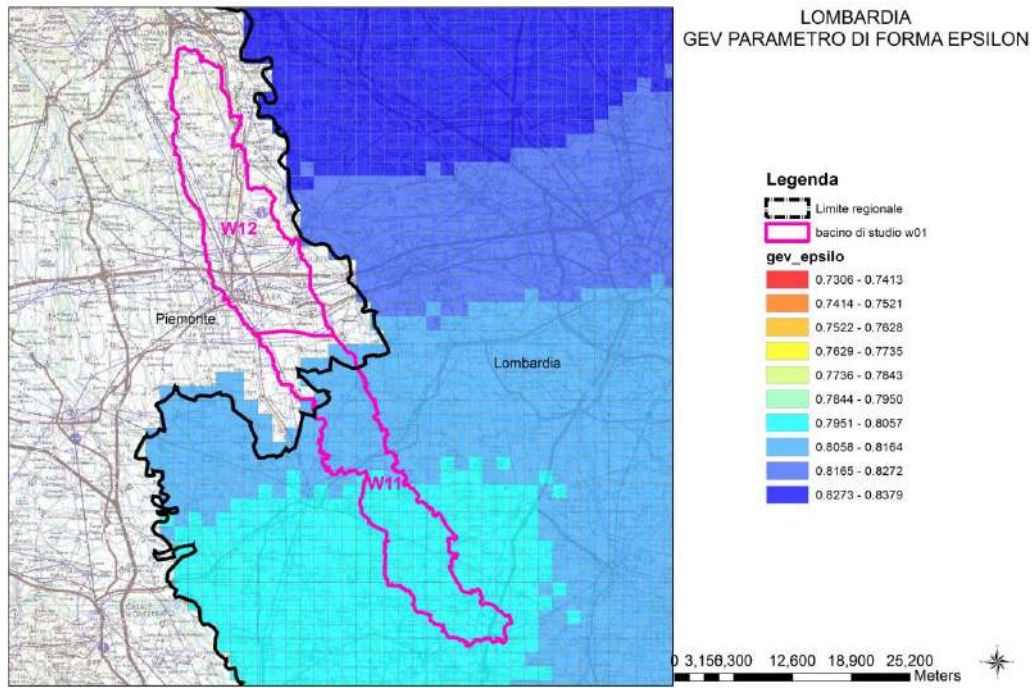


Figura 5-10. Carta del parametro epsilon per durate 1-24h.

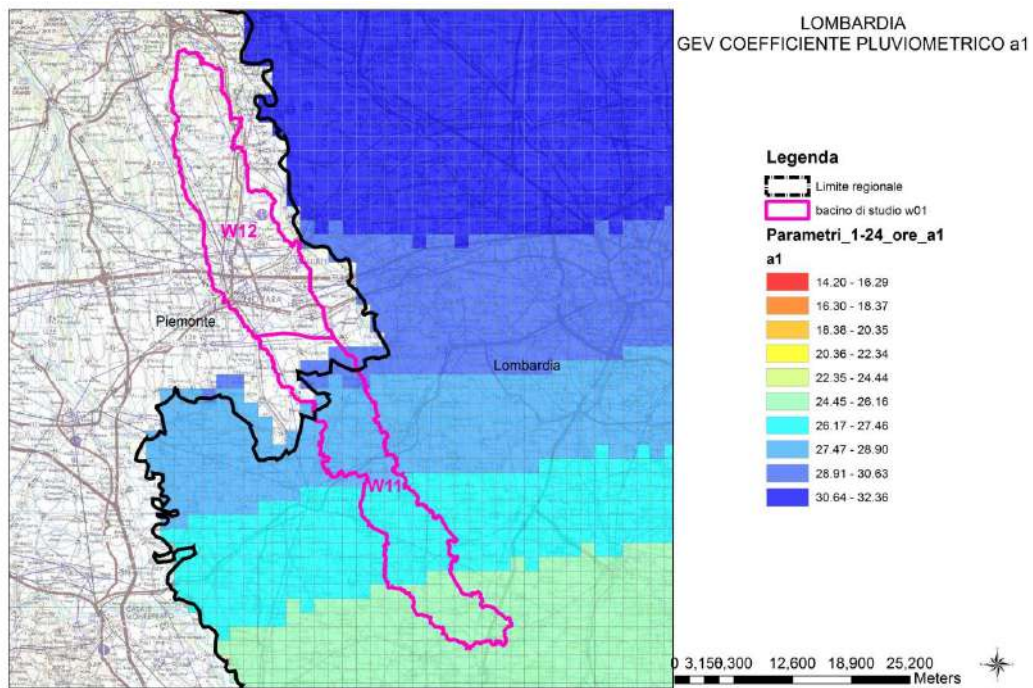


Figura 5-11. Carta del coefficiente pluviometrico orario a1 per durate 1-24h.

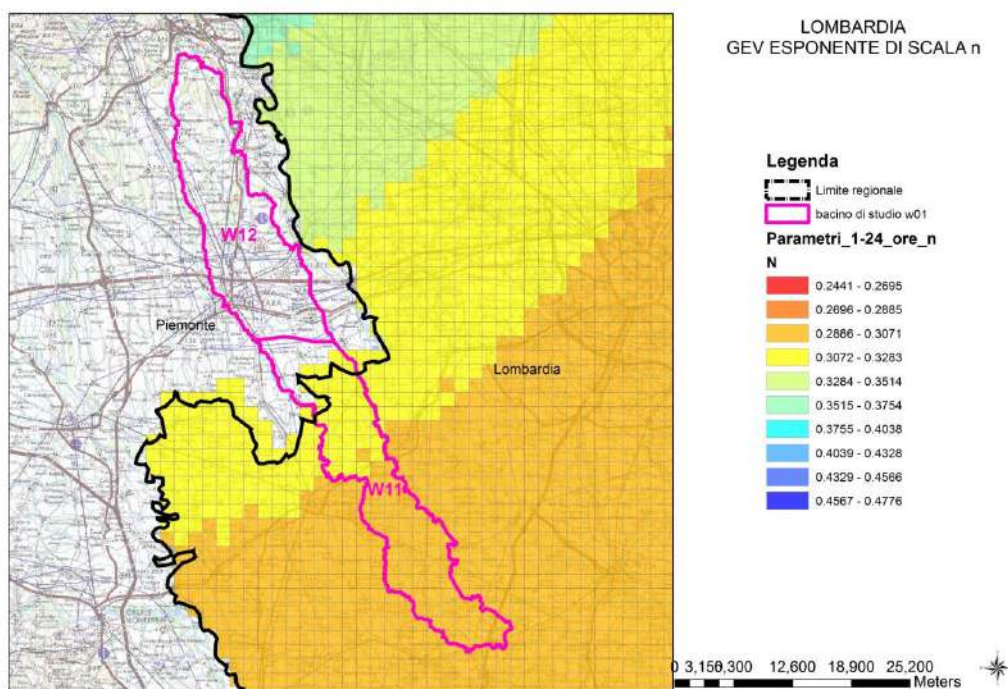


Figura 5-12. Carta del esponente di scala n per durate 1-24h.

I valori medi dei coefficienti graficizzati sono:

$$a1=27.13$$

$$n=0.305$$

$$\alpha=0.2916$$

$$\varepsilon= 0.80616$$

$$K= -0.08096$$

Con il modello GEV si ricavano:

$$K20=1.79$$

$$K200=2.73$$

$$K500=3.16$$

5.5.2.2 ATLANTE PIEMONTE PIOGGE

Allo stesso modo della Lombardia il Piemonte ha elaborato le seguenti mappe il cui stralcio limitatamente al bacino di studio W12 sono di seguito indicate.

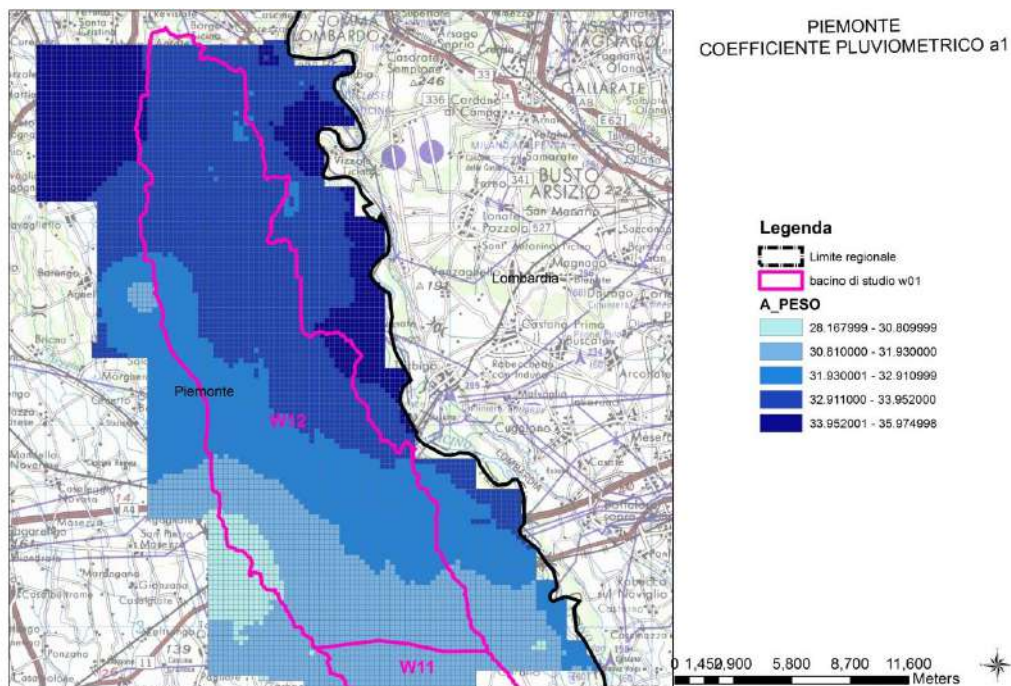


Figura 5-13. Coefficiente pluviometrico a1.

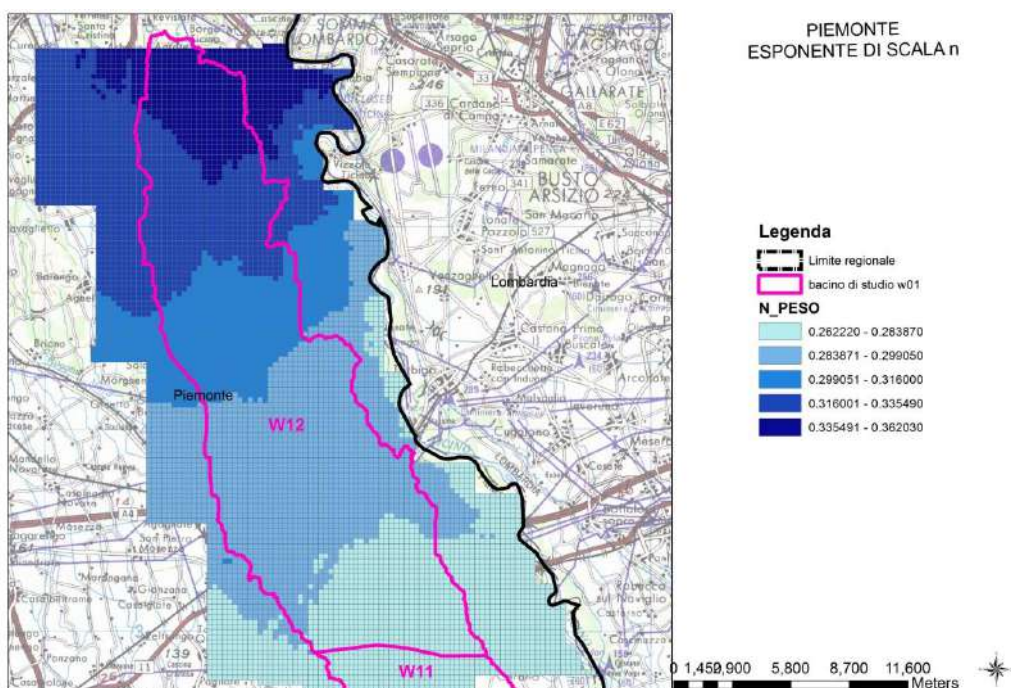


Figura 5-14. Esponente di scala n.

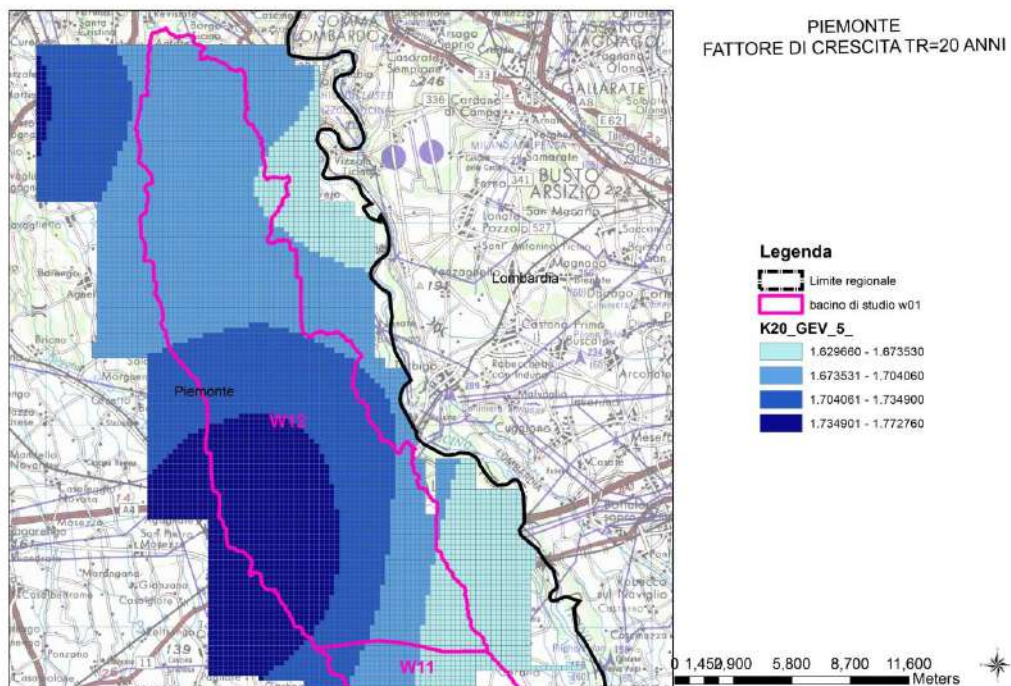


Figura 5-15. Fattore di crescita tr=20 anni.

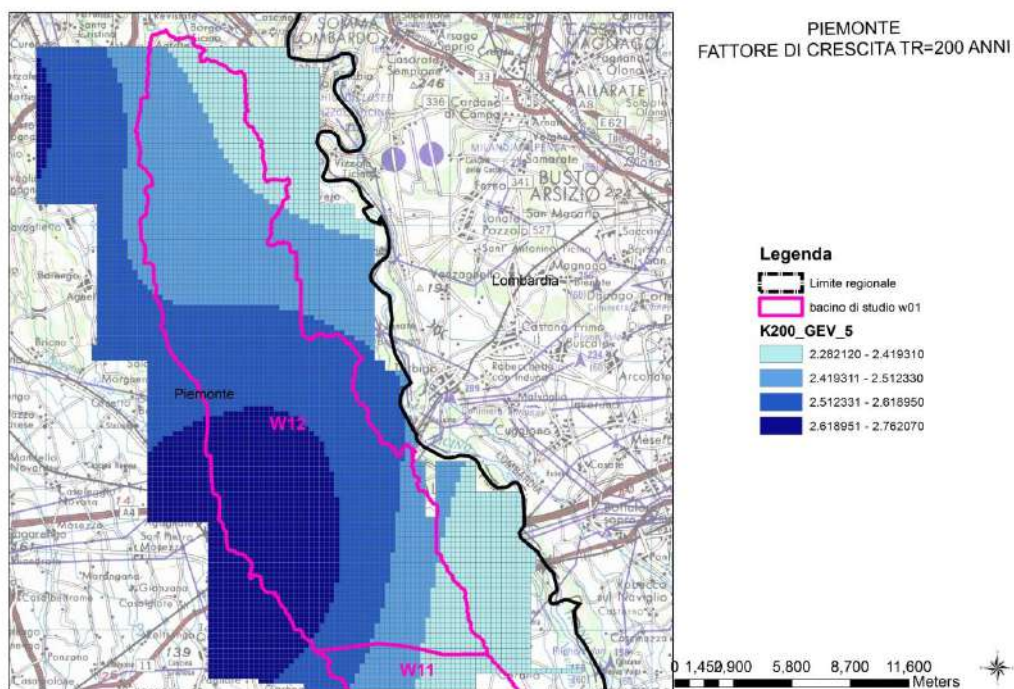


Figura 5-16. Fattore di crescita tr=200 anni.

I valori medi dei coefficienti graficizzati sono:

$$a1=32.417$$

$$n=0.300$$

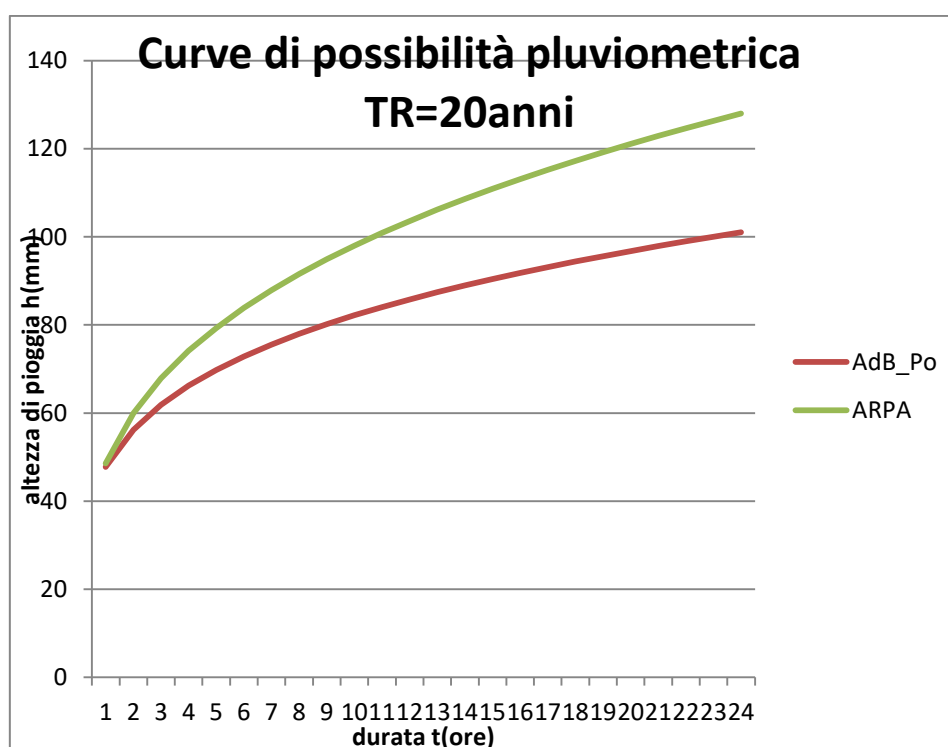
$$K20=1.71$$

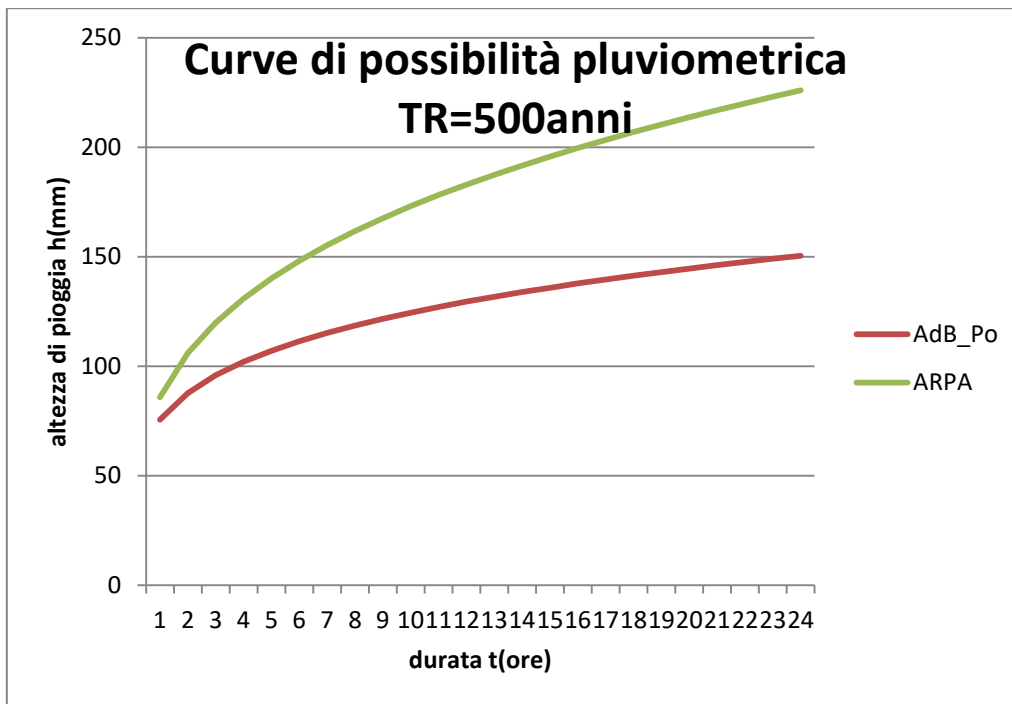
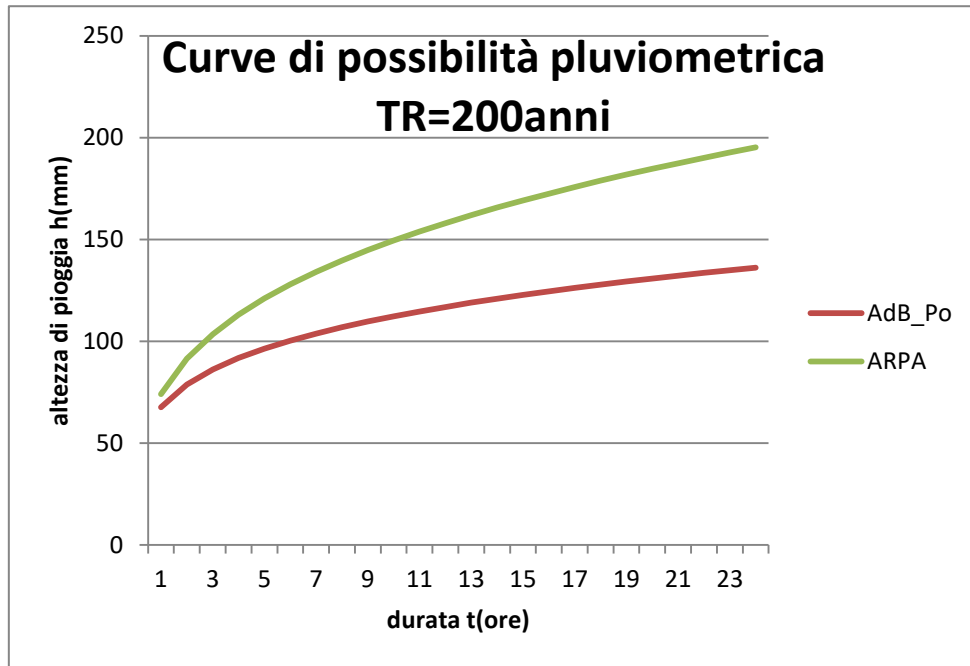
$$K200=2.53$$

5.5.3 COMPARAZIONE STUDI IDROLOGICI

Lo studio idrologico delle piogge del bacino di studio W11 è stato elaborato sia in base alle NTA dell’Autorità di Bacino del Fiume Po, sia con la parametrizzazione della LSPD dallo studio delle piogge del metodo dall’Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente (ARPA) della Lombardia e del Piemonte “Il regime delle precipitazioni intense sul territorio di studio del bacino W1 –Modello di previsione statistica delle precipitazioni di forte intensità e breve durata” (2005).

Di seguito si mette a confronto le Curve di Possibilità Pluviometrica relative ai TR=20, TR=200 e TR=500 anni





Dai grafici su indicati si considera, per le successive elaborazioni idrauliche, l'utilizzo delle CPP con TR=20anni e TR=200 e TR=500 anni derivanti dallo studio ARPA risultato essere, in tutti i casi, più cautelativo rispetto a quelli derivanti dallo studio con metodica AdB_Po.

5.6 CALCOLO PORTATA DI MASSIMA PIENA

Per il calcolo della portata massima di piena, con riferimento alle indicazioni dell’Autorità di Bacino descritte nel capitolo 6 del Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) “Direttiva Sulla Piena Di Progetto Da Assumere Per Le Verifiche Di Compatibilità Idraulica (Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001)”, vengono impiegati sistemi indiretti laddove non sono disponibili valori di portata misurati. Uno dei metodi che può essere utilizzato è il metodo cinematico, esso si basa sulla conoscenza delle caratteristiche fisiche e pedolitologiche del bacino ed in parte sull’assunzione di trascurare la capacità d’invaso della rete minore di canali in quanto non significativamente drenanti.

Il tempo di corrivazione ed il coefficiente di deflusso del bacino di studio W1 sono stati riportati nei paragrafi precedenti relativi allo studio morfologico unitamente alla lunghezza dell’asta ed alla sua pendenza e la pendenza del bacino.

Utilizzando il metodo razionale, infine, è possibile valutare le portate di piena da utilizzare come riferimento per l’analisi idraulica.

Tale metodo calcola la portata al colmo di piena mediante la formula di Turazza

$$Q = \frac{S \cdot c \cdot i}{3.6} = \frac{S \cdot c \cdot a \cdot t^{(n-1)}}{3.6} = \frac{S \cdot c \cdot K_T \cdot a' \cdot t^{(n-1)}}{3.6}$$

Nella seguente tabella sono indicati i valori delle portate al colmo di piena

PORTATE AL COLMO DI PIENA			
bacino	Q20(mc/s)	Q200(mc/s)	Q500(mc/s)
W_11	207.62021	316.649817	366.52506

Alle portate del sottobacino W11, in maniera cautelativa, è ragionevole aggiungere un’ulteriore aliquota di portata derivante dalle portate che confluiscono nel sottobacino W12 le quali, potenzialmente, potrebbero confluire nel bacino W11 (vedi paragrafo 4).

Pertanto, in questa fase, le portate del sottobacino W11 sono state maggiorate con una quota di portate (circa il 50%) derivanti dal sottobacino W12 non deviate.

Le portate utilizzate nella elaborazione bidimensionale sono le seguenti:

PORTATE AL COLMO DI PIENA			
bacino	Q20(mc/s)	Q200(mc/s)	Q500(mc/s)
W_01	311	476	550

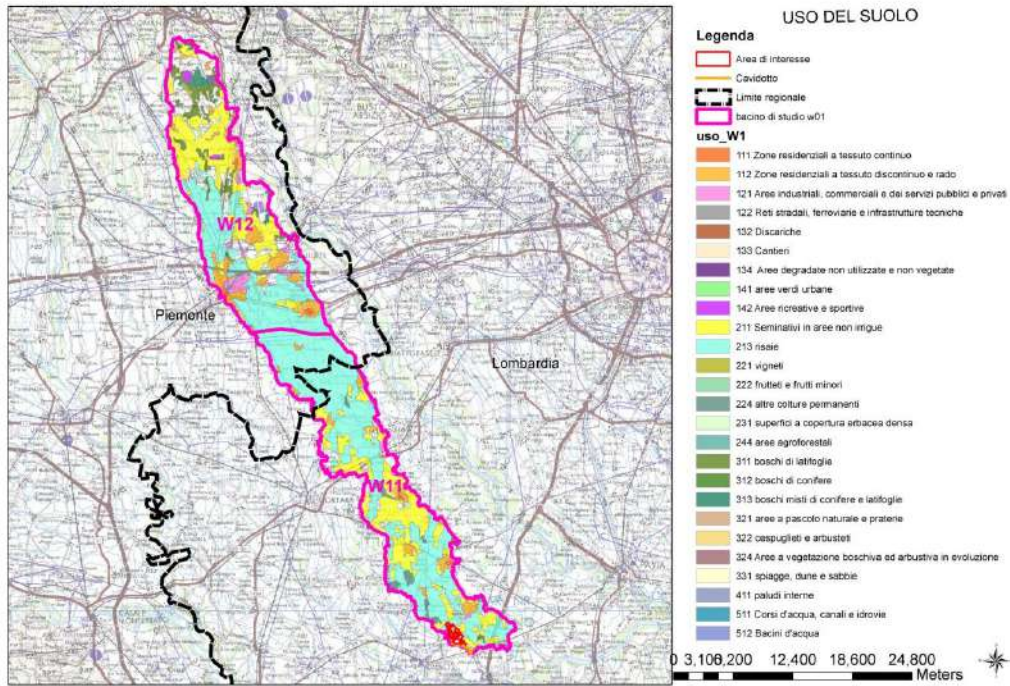


Figura 5-17. Uso suolo.

6 ANALISI IDRAULICA

Dopo aver elaborato le portate critiche con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni ed aver scelto le portate calcolate con il metodo razionale a maggior vantaggio di sicurezza, è stata controllata la funzionalità idraulica del tratto di reticolo idrografico in oggetto alle portate critiche prima ricavate.

Per la elaborazione delle aree di allagamento, è stato utilizzato un modello bidimensionale di calcolo è cioè Hec-Ras ed in quanto il solo studio monodimensionale non basta ad un'analisi esaustiva del sistema (presenza di edifici, strade, muretti di recinzione, marciapiedi, ecc.).

6.1 TEORIA DEL MODELLO IDRAULICO

Il software HEC-RAS versione 6.2 permette la simulazione dei deflussi combinando il modello monodimensionale dell'asta fluviale principale con il modello bidimensionale delle zone esterne.

Le caratteristiche principali dell'algoritmo di modellazione della nuova versione 6.2 sono:

- Modellazione combinata 1D e 2D che presuppone la simulazione combinata 1D e 2D all'interno dello stesso modello in regime di moto vario che consente di lavorare su schemi fluviali più complessi, usando come sopra descritto la modellazione 1D per l'alveo, e la modellazione 2D aree inondabili esterne.
- Equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D: l'applicativo risolve sia le equazioni 2D di diffusione dell'onda o quelle complete di Saint Venant. Questa è gestibile dall'utente, consentendo quindi una notevole flessibilità. Le equazioni di diffusione dell'onda in 2D sono gestite dal software al meglio garantendo elevata velocità di calcolo unita ad una notevole stabilità. Le equazioni 2D in forma completa di Saint Venant sono estendibili ad un intervallo abbastanza esteso, ma la maggior parte dei casi che si presentano può essere modellata con adeguata precisione attraverso le equazioni di diffusione dell'onda.
- Algoritmo di soluzione ai volumi finiti: Il risolutore delle equazioni di moto bidimensionale si avvale di un algoritmo implicito ai volumi finiti. L'algoritmo di soluzione permette di utilizzare step temporali di calcolo maggiori a fronte dei metodi espliciti. L'approccio ai volumi finiti quantifica in modo molto solido i miglioramenti in termini di stabilità e robustezza a fronte delle tradizionali tecniche differenziali di soluzione basate su metodi agli elementi finiti.
- Algoritmo per la soluzione accoppiata dei modelli 1D e 2D: Gli algoritmi di soluzione 1D e 2D sono strettamente correlati nello stesso passo temporale di calcolo permettendo una perfetta coerenza a ogni step tra i modelli 1D e 2D. Ad esempio, se un fiume è modellato in 1D, ma l'area dietro un'argine è modellata in 2D, il deflusso al di sopra dell'argine o eventualmente attraverso una breccia nell'argine è valutato utilizzando come carico di monte il livello nel fiume 1D e come carico di valle il livello nell'area 2D. L'equazione dello stramazzo è utilizzata per calcolare il deflusso al di sopra dell'argine o attraverso la breccia. Nelle elaborazioni si presentano spesso i questi casi in presenza di tombini.
- Maglie computazionali strutturate e non strutturate: Il software è stato sviluppato per impiegare mesh computazionali strutturate o non strutturate al fine di ottenere il massimo della flessibilità. In pratica le cellule computazionali possono assumere varie forme come triangoli, quadrati, rettangoli o anche elementi a cinque e sei facce. La maglia può essere una mix di forme e dimensioni delle celle. Il contorno esterno della maglia computazionale ha la forma di un poligono.

- Tabella dettagliata delle proprietà idrauliche per le celle di calcolo: All'interno di HEC-RAS le celle e le facce delle celle si basano sui dati del terreno sottostante digital terrain model(DTM). Ogni cella della maglia computazionale è pre-elaborato per sviluppare dei grafici dettagliati sulle proprietà idrauliche basate sul terreno sottostante che vengono utilizzati nella modellazione di HEC. Inoltre, ogni faccia delle celle viene valutata come una sezione trasversale dove vengono elaborate in matrici delle caratteristiche idrauliche. Il flusso idrico si sposta in tutta la faccia (tra le celle) basandosi su questi dati. Questo facilita l'uso delle celle di dimensioni maggiori conservando il dettaglio del terreno sottostante che presiede il movimento del flusso. In questa modalità si svolgono meno di calcoli e quindi tempi di esecuzione molto più rapidi.
- Dettagliata mappatura dello scenario degli allagamenti con animazioni: La perimetrazione delle aree inondabili così come le animazioni dello scenario degli allagamenti in funzione del tempo può essere fatta all'interno di HEC-RAS utilizzando le funzionalità di RAS-Mapper. La mappatura delle aree inondate si basa sul modello digitale del terreno e di conseguenza la reale superficie bagnata deriverà dalla morfologia del terreno sottostante e non sulla dimensione della cella di calcolo. Le celle quindi possono anche essere parzialmente bagnate/asciutte.
- Delimitazione delle aree di esondazione per diversi tempi di ritorno dettati dall'inserimento di uno o più idrogrammi di piena:
 - Possibilità di propagare onde di piena aventi scarsa probabilità di alluvioni;
 - Possibilità di propagare onde di piena aventi media probabilità di alluvioni;
 - Possibilità di propagare onde di piena possedenti elevata probabilità di alluvioni;
- Identificazione dell'altezza del tirante idraulico massimo nelle aree esondate (con colorazione in scala dei valori di profondità);
- Stima della velocità massima di propagazione della piena nelle aree esondate (con colorazione in scala dei valori di velocità);
- Algoritmo di calcolo basato su sistemi Multi-Processore: Il modello di calcolo 2D è stato programmato per sfruttare i sistemi multi-thread presenti sui computer moderni (architettura parallela). In questo l'algoritmo di soluzione presenta una maggiore velocità e quindi i computer dotati di più processori saranno in grado di eseguire la modellazione 2D più velocemente rispetto ai computer a singolo processore.
- Motori di calcolo a 64 e 32 bit: HEC-RAS è ora dotato di motori di calcolo sia a 64 bit che a 32 bit. Il software utilizzerà automaticamente i motori di calcolo a 64 bit se si installa su un sistema operativo a 64 bit con miglioramenti in termini di prestazioni.

6.2 APPLICAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO

6.2.1 GEOMETRIA DEL MODELLO

Ai fini dell'applicazione del modello idraulico, è stato elaborato il modello digitale del terreno della zona di studio presa in considerazione.

Per la elaborazione del modello digitale del terreno è stata usata la CTR.

In questo modo è stato possibile definire un modello digitale del terreno in formato grid le cui celle hanno dimensioni di 5 m x 5 m.

Definito il modello digitale del terreno si è ricostruita la conformazione dei luoghi attraverso l'impiego di alcuni funzioni del modello di calcolo.

In particolare si è fatto ricorso alle seguenti funzioni:

- In condition: per assegnare l'idrogramma di piena relativo al bacino;
- Out Condition: per consentire il deflusso al di fuori del dominio computazionale, evitando erronei punti di accumulo.
- Area and Width Reduction Factors: per simulare la presenza di edifici o ostacoli al deflusso.

Relativamente ai valori di scabrezza, questi sono stati elaborati dalle mappe di uso del suolo.

Relativamente alla portata immessa per la simulazione sono stati adottati gli idrogrammi di piena venuti fuori dall'analisi idrologica sopra indicata.

6.3 RISULTATI

Dopo la preparazione dei dati richiesti dei modelli si è passati alle simulazioni con l'utilizzo del software bidimensionale considerando la situazione ex-ante ed ex-post la installazione della recinzione.

Le simulazioni sono state svolte con l'introduzione dei dati relativi agli eventi di pioggia con tempi di ritorno di 20 anni, 200 anni e 500anni.

Nelle successive figure sono raffigurati i reports della elaborazione che raffigurano le figure con le aree interessate dal passaggio della piena.

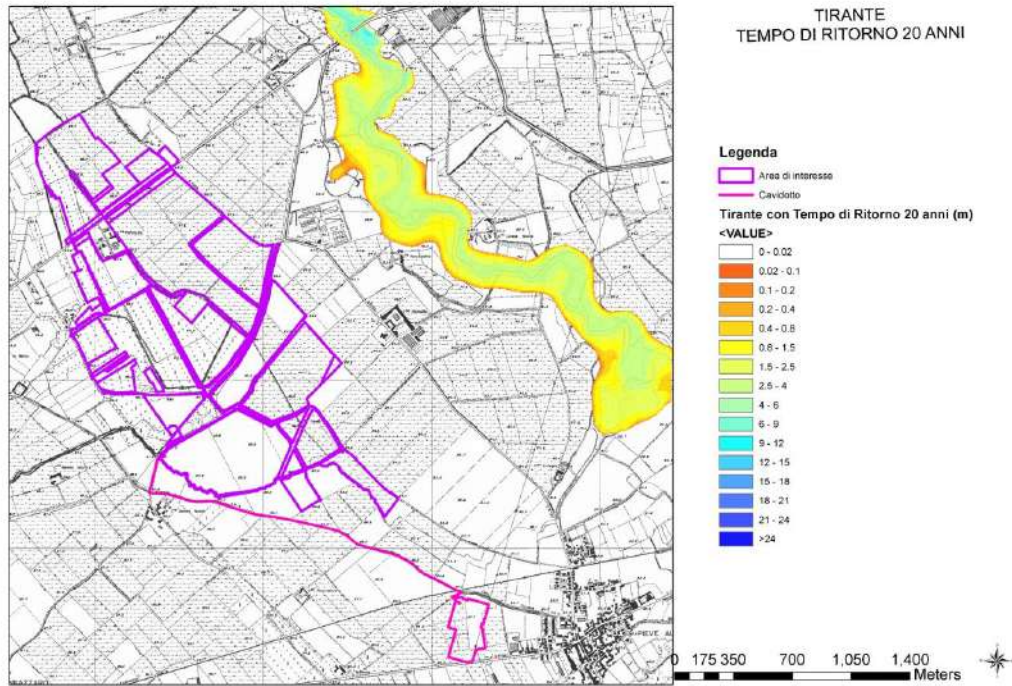


Figura 6-1. Planimetria tiranti $tr=20$ anni.

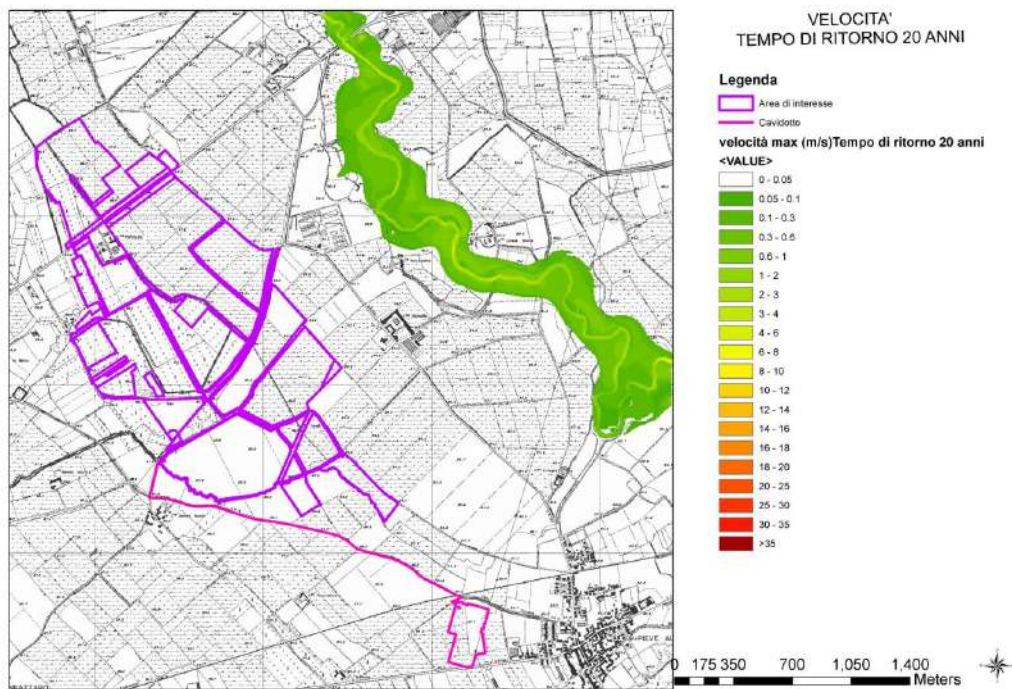


Figura 6-2. Planimetria velocità $tr=20$ anni.

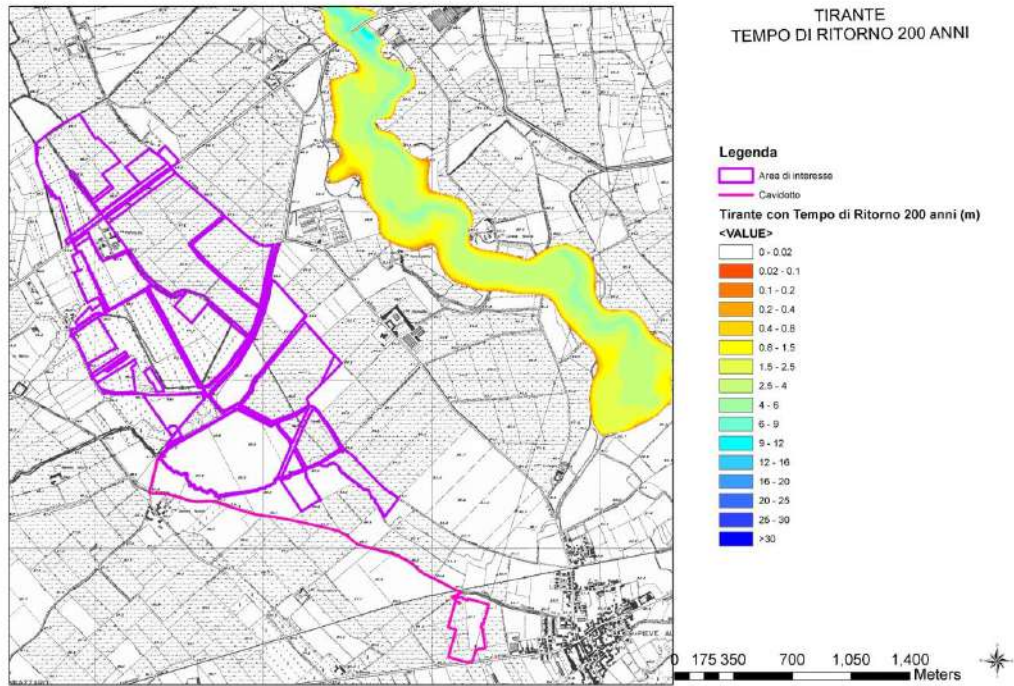


Figura 6-3. Planimetria tiranti $tr=200$ anni.

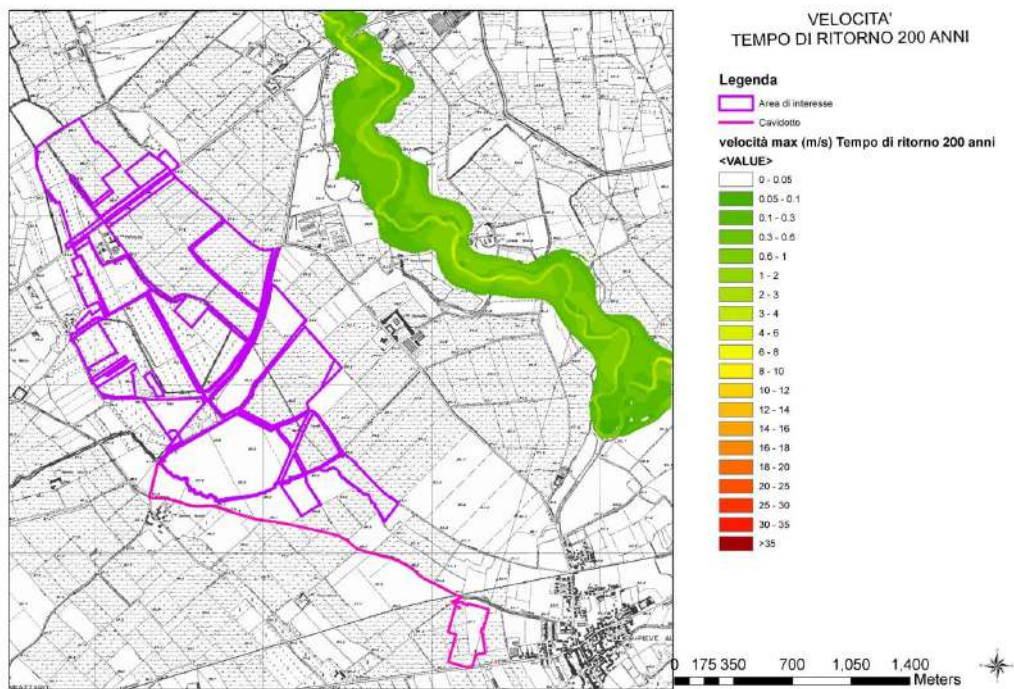


Figura 6-4. Planimetria velocità $tr=200$ anni.

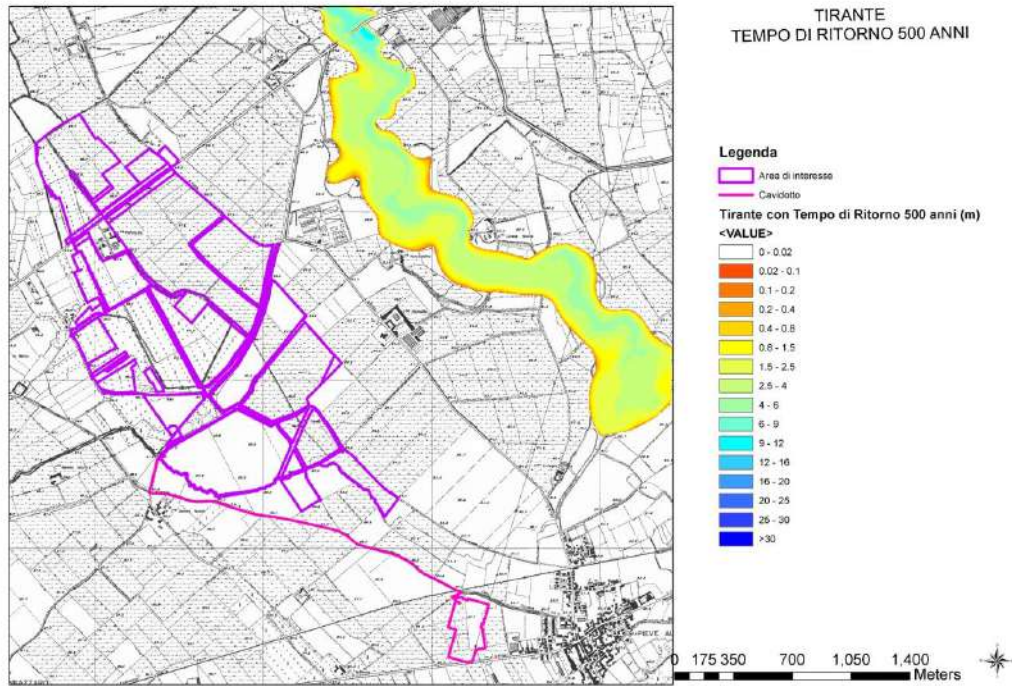


Figura 6-5. Planimetria tiranti $tr=500$ anni.

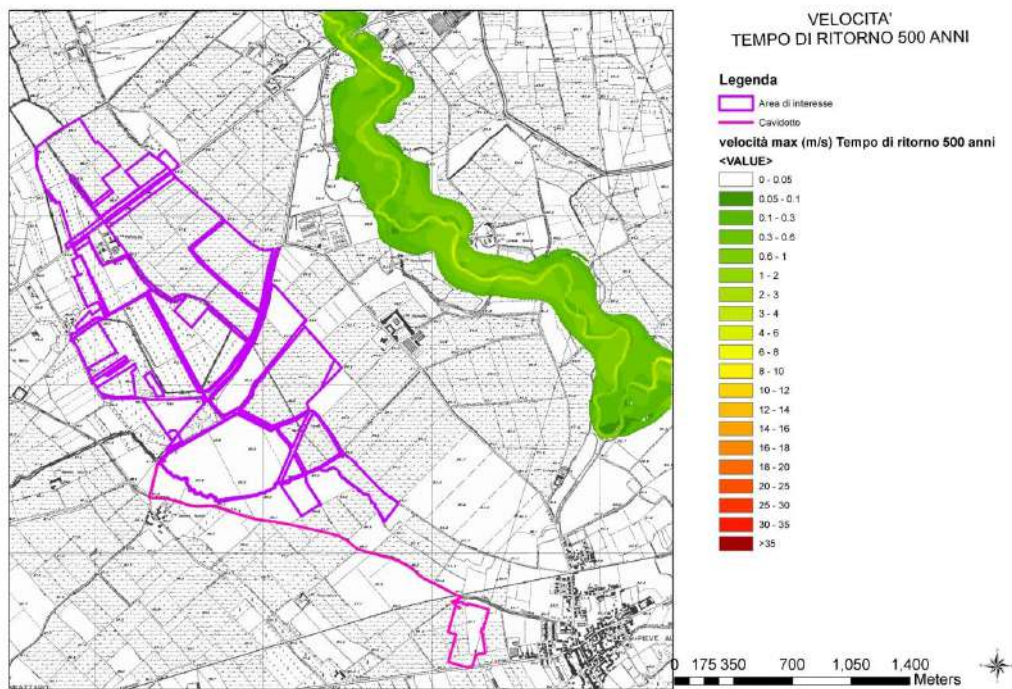


Figura 6-6. Planimetria velocità $tr=500$ anni.

Le elaborazioni eseguite mostrano l'esondazione verso più direzioni.

La differenza tra tiranti è sotto 1% a parità di tempo di ritorno.

La differenza tra velocità è sotto 1% a parità di tempo di ritorno.

Dalle elaborazioni relative ai tre tempi di ritorno analizzati è stata costruita la carta delle pericolosità idraulica che è riportata figura di seguito indicata.

Comunque l'allagamento di una superficie non implica necessariamente la pericolosità, in quanto i fattori che influiscono sul livello di pericolosità sono la velocità di scorrimento idrico e il tirante.

Viene fuori, dalla elaborazione la seguente mappatura:

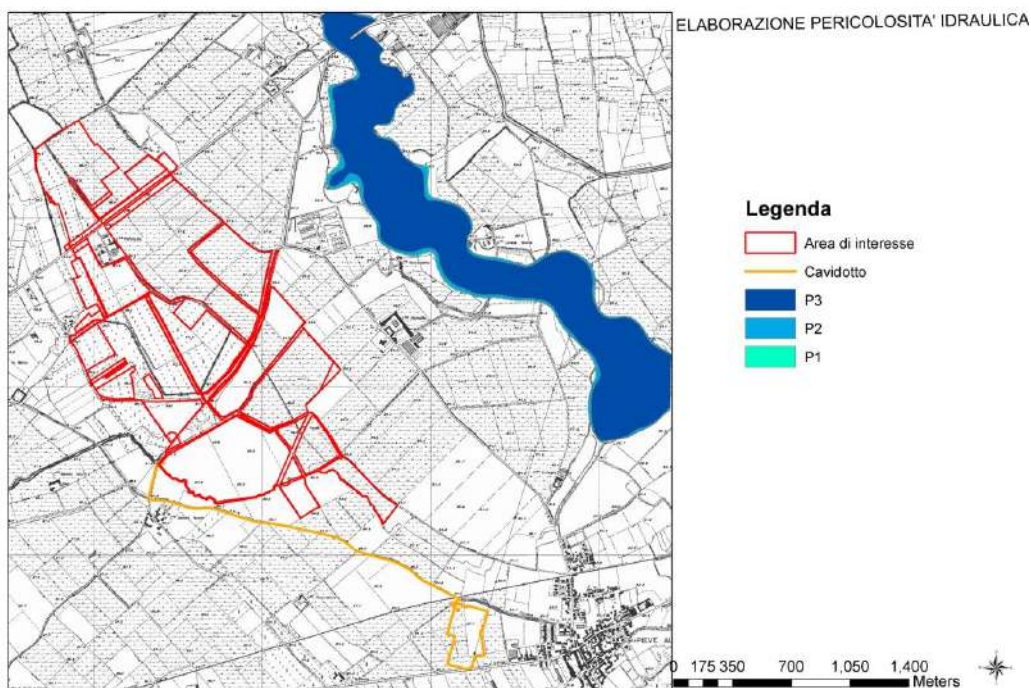


Figura 6-7. Elab pericolosità idraulica.

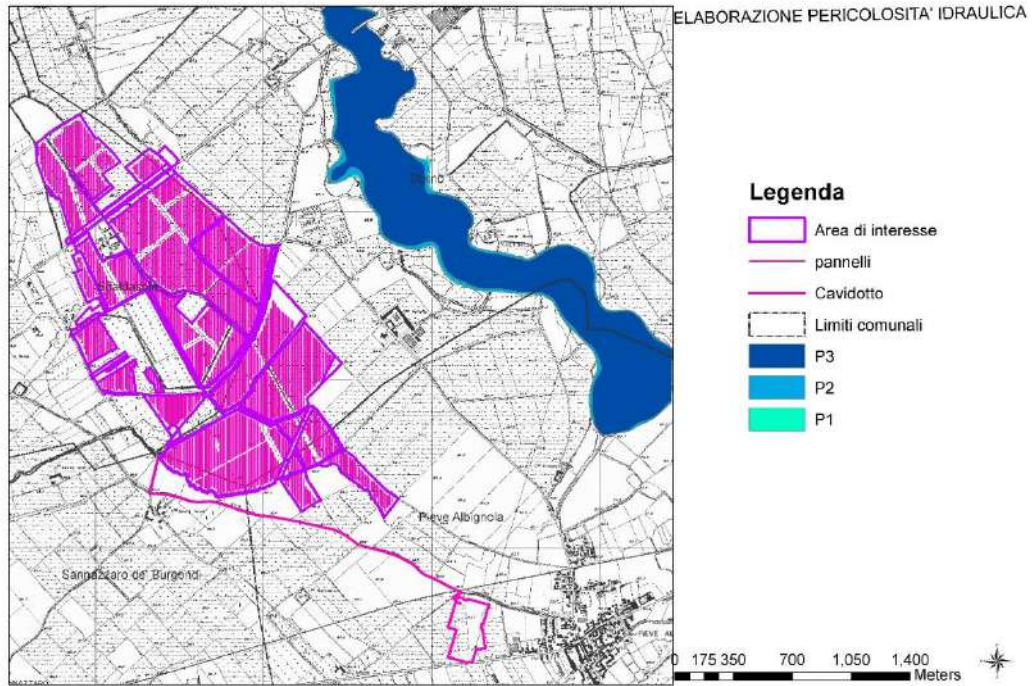


Figura 6-8. Elab pericolosità idraulica con impianto.

7 CONCLUSIONI

Nella presente relazione si riportano i risultati di uno studio di compatibilità idrologica e idraulica di alcune aree site nei comuni di Dorno, Scaldasole e Pieve Albignola in provincia di Pavia. Le aree oggetto di studio risultano interessate dal progetto: Realizzazione dell'impianto denominato DORNO-NEOEN.

Il presente studio idrologico ed idraulico è in sintesi:

- Studio morfologico dei bacini idrografici di studio;
- Studio idrologico, finalizzato al calcolo dei dati pluviometrici necessari a calcolare la portata al colmo di piena per un periodo di ritorno pari a 30 200 e 500 anni, in riferimento alle procedure proposte da AdB Po e ARPA;
- Studio idraulico, consistente nel valutare la capacità di smaltimento del tratto del reticolo idrografico con modello 2D;
- Definizione delle aree allagabili nei periodi di ritorno di 30 200 e 500 anni.

È ragionevole precisare che le portate di piena sono state determinate sia con il metodo proposto dall'Autorità di bacino del Fiume Po, che stabilisce i Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni per le verifiche di compatibilità idraulica, sia con metodo proposto dall'ARPA Lombardia che ha elaborato due nuovi servizi delle precipitazioni: le carte di stima della pioggia integrata con rilievi a terra e radar per il periodo 1997-2011 e l'Atlante delle "piogge intense" nell'ambito del progetto INTERREG IV/A STRADA.

I valori in input utilizzati per la simulazione idraulica sono stati quelli ottenuti mediante metodo proposto dall'ARPA che sono risultati essere più cautelativi rispetto a quelli ottenuti con l'utilizzo del metodo AdB Po.

Per la elaborazione delle aree di allagamento, è stato utilizzato un modello bidimensionale di calcolo utilizzando il Software Hec-Ras.

L'area allagabile, calcolata per periodi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, non interessa le aree dell'impianto DORNO-NEOEN.

Il caviodotto previsto per la connessione alla Rete di Trasmissione dell'energia elettrica Nazionale RTN necessario per la cessione dell'energia prodotta, intercetta/incrocia alcuni elementi idrici, rappresentati da canali artificiali per l'irrigazione. Pertanto, in fase progettuale, bisognerà prevedere il superamento di tali "ostacoli" mediante l'utilizzo di tecniche ritenute idonee a seconda delle singole necessità.

In allegato alla Presente si riportano gli SHP Files dei risultati ottenuti.


Castellaneta, luglio 2024

Geol. Donato Perniola

GEOSOLUTION S.r.l.
Via S. Francesco - P.co Valentino C/3
74011 Castellaneta (TA)
P. IVA: 03031400736

Geologo
DONATO
PERNIOLA
N° 565

PUGLIA



Ing. Michele Colonna



8 APPENDICE (SCHEDE DI RILEVAMENTO PONTI)

Nelle immagini seguenti sono indicati gli attraversamenti finalizzati a individuare la geometria necessaria al calcolo del passaggio di una corrente attraverso un ponte o tombino.

Non tutti gli attraversamenti sono caratterizzati da un'opera d'arte (ponte o tombino). Di seguito saranno riportate le schede relative.

L'attraversamento n.2 del canale con larghezza max 4m (UTM32 E 496100 N 4995685) non è contraddistinto da un'opera d'arte ovvero da un tombino.

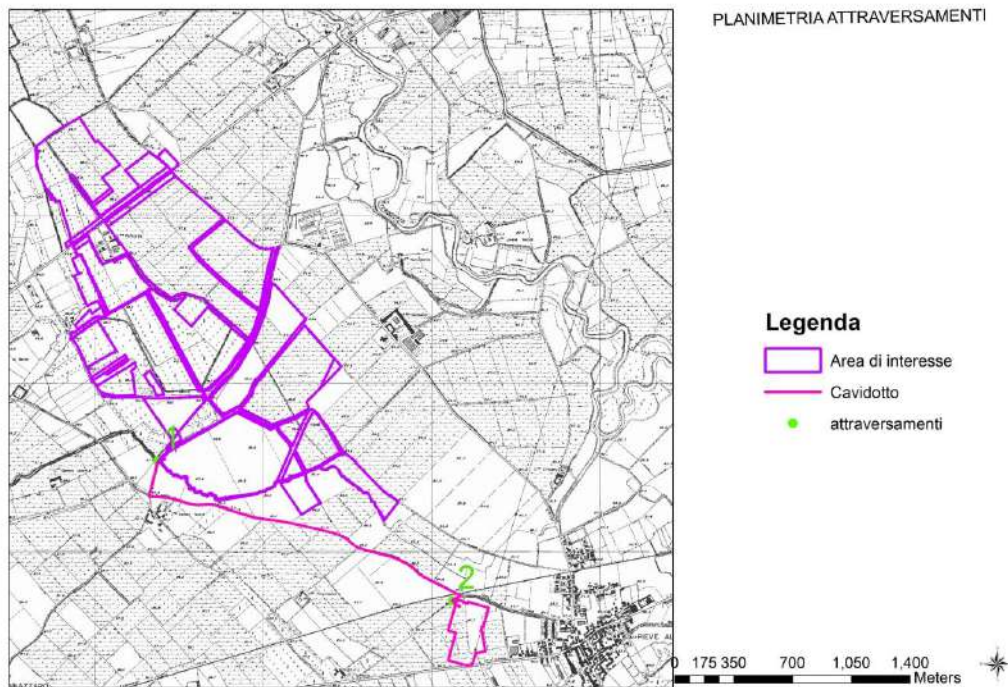


Figura 8-1. Planimetria attraversamenti.

SCHEDA RILIEVO TOMBINI-PONTI

TRONCO

CODICE SU CARTOGRAFIA 1

GESTORE

Consorzio

COORDINATE EST UTM32 WGS84 494345

Comune

COORDINATE NORD UTM32 WGS84 4996517

Provincia

DATA RILIEVO MAY 2024

ANAS

Ferrovia

Tratto tombato

strada interna

CANALE

>Sezione tombino

<Sezione tombino

Rivestito (pietrame c.a.)

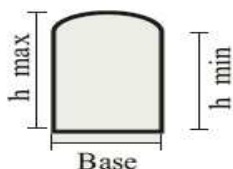
Buone condizioni
vegetazione

Interrato >50%

Ostruito

Presenza folta

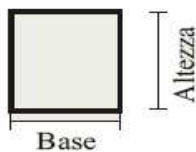
TOMBINO



Base(m) 1

h min(m) 0.8

h max(m) 1



Base(m)

Altezza(m)



D min(m)

D max(m)



lunghezza(m)6m

pendenza 2 %

buone condizioni

parzialmente ostruito

praticamente ostruito

