

**E45 - SISTEMAZIONE STRADALE DEL NODO DI PERUGIA
Tratto Madonna del Piano - Collestrada**

PROGETTO DEFINITIVO

PG 372

ANAS - DIREZIONE TECNICA

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i> Ordine Geologi Regione Lazio n. 1541</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p> <p><i>Ing. Moreno Panfili</i> Sezione A Ordine Ingegneri N° A2657 Provincia di Perugia n. A2607</p> <p><i>Ing. Giovanni C. Alfredo Dalenz</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14069</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p>GP INGENGNERIA <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i></p> <p>(Mandante)</p> <p>cooprogetti</p> <p>engeko</p> <p>AIM <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p> <p>(Mandante)</p> <p>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i> Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>	<p>INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PERUGIA</p> <p>MORENO PANFILI</p> <p>SECTORE CIVILE E AMBIENTALE SECTORE INDUSTRIALE SECTORE DELL'INFORMAZIONE</p>	<p>(Mandante)</p>
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Alessandro Micheli</i></p>		
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>		

STUDI ED INDAGINI

Idrologia e idraulica

Relazione di compatibilità idraulica

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.PROG.	ANNO	T00ID00IDRRE05_B		
DTPG372	D	22	CODICE ELAB. T00ID00IDRRE05	B	-
D					
C					
B	Rev. a seguito istruttorie Prot. U.0834569 e U.0862037	Gennaio '23	Angeloni	Panfili	Guiducci
A	Emissione	Ottobre '22	Angeloni	Panfili	Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	<u>PREMESSA.....</u>	<u>3</u>
2	<u>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</u>	<u>5</u>
3	<u>INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....</u>	<u>6</u>
3.1	LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERESSE	6
3.2	DESCRIZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO	7
3.3	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE	17
3.4	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE	21
3.5	USO DEL SUOLO	21
4	<u>INQUADRAMENTO VINCOLISTICO.....</u>	<u>24</u>
4.1	PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO	24
4.2	VINCOLO IDROGEOLOGICO	26
5	<u>ATTRAVERSAMENTO DEL FIUME TEVERE.....</u>	<u>28</u>
5.1	DATI IDROLOGICI.....	28
5.2	GEOMETRIA.....	28
5.3	SCABREZZE.....	31
5.4	CONDIZIONI AL CONTORNO	31
5.5	RISULTATI DELLE ANALISI NELLA CONFIGURAZIONE DI STATO ATTUALE.....	31
5.6	RISULTATI DELLE ANALISI NELLA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO	32
5.7	VERIFICA DEL NON INCREMENTO DI RISCHIO IN ALTRE AREE	41
6	<u>ATTRAVERSAMENTI MINORI.....</u>	<u>42</u>
6.1	DEFINIZIONE DELLE ALTEZZE DI PIOGGIA.....	42
6.1.1	<i>METODO SERVIZIO IDROGRAFICO REGIONE UMBRIA.....</i>	<i>42</i>
6.1.2	<i>Metodo serie storiche dati pluviometrici.....</i>	<i>47</i>
6.1.3	<i>Dati pluviometrici.....</i>	<i>48</i>
6.2	INDIVIDUAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI	53
6.2.1	<i>Uso del suolo</i>	<i>54</i>
6.2.2	<i>Curve Number.....</i>	<i>57</i>
6.2.3	<i>Quadro sinottico delle caratteristiche dei bacini.....</i>	<i>58</i>
6.2.4	<i>Tempo di corrivazione</i>	<i>58</i>
6.3	DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO.....	61
6.3.1	<i>Metodo razionale.....</i>	<i>61</i>
6.3.2	<i>Metodi di statistica idrologica.....</i>	<i>64</i>
6.4	IDROGRAMMI DI PIENA	73

PROGETTAZIONE ATI:

6.4.1	<i>Idrogramma di piena – Bacino A</i>	74
6.4.2	<i>Idrogramma di piena – Bacino B</i>	76
6.4.3	<i>Idrogramma di piena – Bacino C</i>	78
6.4.4	<i>Idrogramma di piena – Bacino D</i>	80
6.4.5	<i>Idrogramma di piena – Bacino E</i>	82
6.4.6	<i>Idrogramma di piena – Bacino F</i>	84
6.5	ANALISI COMPARATIVA SULLE PORTATE DI PROGETTO	86
6.6	QUADRO VINCOLISTICO DEI BACINI IDROGRAFICI	87

PROGETTAZIONE ATI:

1 **PREMESSA**

L'intervento in oggetto rientra nelle richieste della Soprintendenza per i Beni Ambientali, Architettonici, Artistici e Storici dell'Umbria, fatta propria dal Ministero dell'Ambiente, come integrazione del Piano di gestione dei materiali facente parte del Progetto Preliminare per la realizzazione del Nodo di Perugia. Tale integrazione riguarda il tratto Corciano-Madonna del Piano.

Il Piano, dopo aver individuato tutte le criticità dell'infrastruttura, ha identificato un quadro di interventi finalizzati a migliorarne le condizioni di funzionalità, sicurezza e comfort degli utenti, attraverso un'azione di recupero del patrimonio stradale esistente.

Nell'ambito delle opere previste nel Piano, l'intervento di progetto è costituito dall' attraversamento del Fiume Tevere previsto circa al Km 4+000, tramite un viadotto con lunghezza indicativa di circa 660 m.

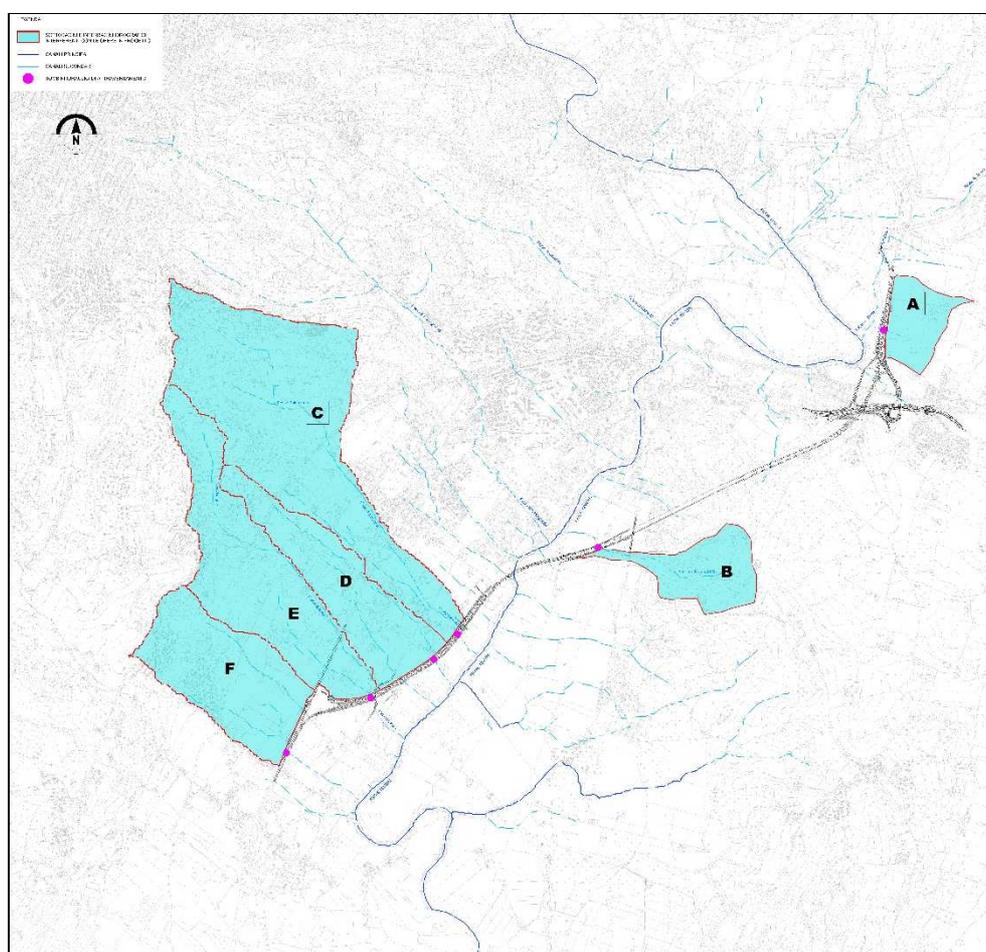


Figura 1-1: Planimetria dell'intervento

Si sottolinea come gli interventi di progetto, sulla base di quanto indicato dalla competente struttura territoriale di ANAS, non si configurano come adeguamenti normativi ma sono finalizzati esclusivamente ad obiettivi di miglioramento funzionale e di aumento dei livelli di sicurezza della circolazione, con riguardo alle principali normative stradali, nei limiti applicativi consentiti dall'attuale assetto dei luoghi e nel rispetto delle risorse. La presente relazione è pertanto finalizzata ad illustrare l'analisi idrologica dell'intervento di attraversamento del Fiume Tevere e degli interventi necessari per garantire la continuità idraulica degli attraversamenti minori.

PROGETTAZIONE ATI:

Per quanto attiene gli aspetti idraulici, secondo quanto prescritto dalle *Linee Guida sulle verifiche di compatibilità idraulica delle infrastrutture interferenti con i corsi d'acqua, sugli interventi di manutenzione, sulle procedure per la classificazione delle aree d'attenzione e l'aggiornamento delle aree a rischio inondazione*, la compatibilità idraulica va verificata per le singole opere che interferiscono con il corso d'acqua, rappresentate dalle sottostrutture verticali dei viadotti, dai rilevati, da nuove arginature, in quanto le caratteristiche geometriche delle infrastrutture (identificate negli elementi verticali che sostengono gli impalcati, vale a dire le pile e le spalle, e nei rilevati stradali) inevitabilmente interferiscono con il corso d'acqua principale. Occorre quindi garantire che il tracciato *non interferisca con il transito della portata di piena, e quindi con le aree potenzialmente inondabili con tempi di ritorno minori o uguali a 200 anni. Ovvero non è possibile prefigurare scenari che aumentino il rischio idraulico ed il rischio di inondazione.*

Nella presente relazione sono pertanto presentati inquadramento normativo, territoriale e vincolistico dell'intervento (Cap. 2, 3 e 4) e le verifiche di compatibilità idraulica per l'attraversamento del fiume Tevere e per gli attraversamenti minori (Cap. 5 e 6).

PROGETTAZIONE ATI:

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- [1] “Nuove norme tecniche per le costruzioni”, D. Min. Infrastrutture 14 gennaio 2008
- [2] Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”, decreto del 17 gennaio 2018, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
- [3] “Capitolato speciale d'appalto di servizi – Parte tecnica – Modalità d'espletamento del servizio e prescrizioni per la redazione del progetto definitivo”, ANAS S.p.A.
- [4] “Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico - Autorità di Bacino del Fiume Tevere – Primo aggiornamento - Piano adottato dal Comitato Istituzionale il 18 luglio 2012 con del. n. 125.
- [5] Regio Decreto 30 dicembre 1923, n. 3267 «Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani»
- [6] Regione Umbria - Legge regionale 21 gennaio 2015 , n. 1 - Testo unico Governo del territorio e materie correlate - Pubblicazione: Bollettino Ufficiale n. 6 S.o. n. 1 del 28/01/2015
- [7] Deliberazione della giunta regionale 13 luglio 2015, n. 853. - L.R. 1/2015, art. 264 comma 12. Adeguamento ed integrazioni alla normativa tecnica di cui all'allegato A della D.G.R. 447/08 (Piano di Bacino del fiume Tevere - Stralcio per l'assetto idrogeologico PAI-PS6. Disposizioni regionali per l'attuazione del Piano) per l'attività edilizia ed urbanistica.

PROGETTAZIONE ATI:

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

3.1 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERESSE

L'intervento è ubicato a Sud di Perugia, in prossimità della località di Ponte San Giovanni. Nelle seguenti figure l'intervento è presentato utilizzando come riferimento cartografico la Carta Tecnica Regionale (Figura 3-1) e l'Ortofoto (Figura 3-2).

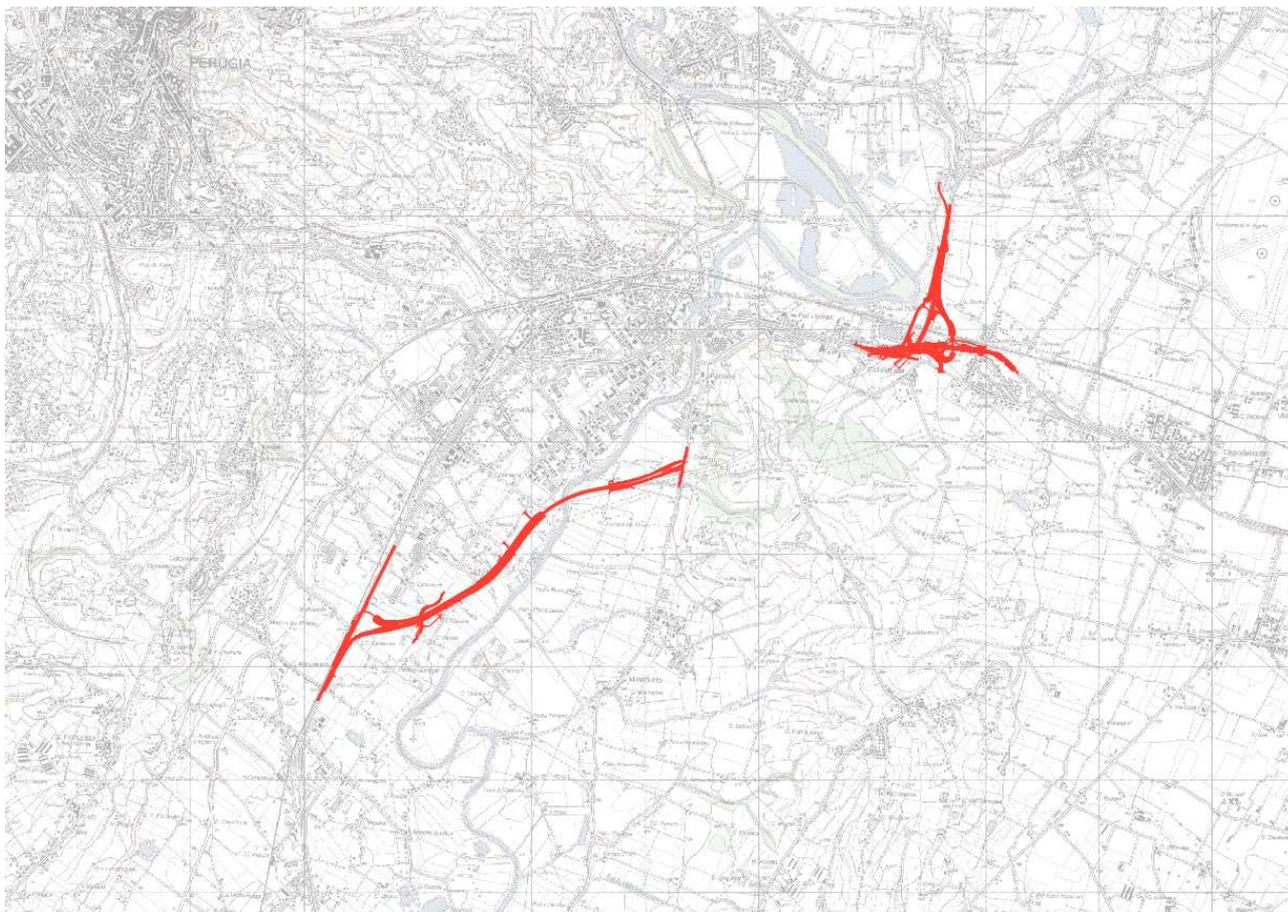


Figura 3-1: Ubicazione intervento su base Carta Tecnica Regionale

PROGETTAZIONE ATI:

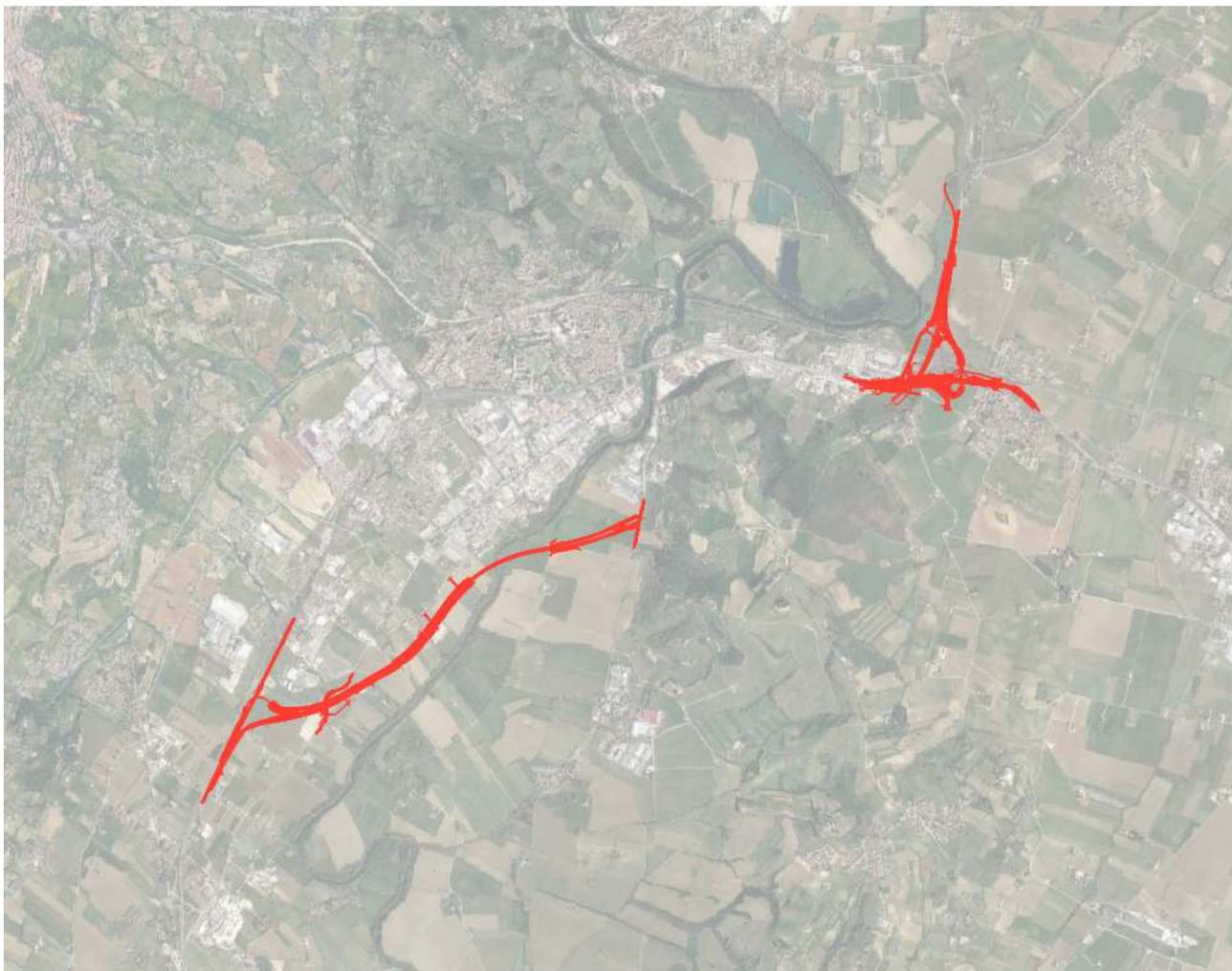


Figura 3-2: Ubicazione intervento su base ortofoto

3.2 DESCRIZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO

Il fiume Tevere, il maggior corso d'acqua dell'Italia peninsulare, si forma nell'Appennino Tosco Emiliano e sfocia nel mar Tirreno dopo un percorso di circa 405 km.

Il Tevere nasce in località Balze, nel comune di Verghereto, agli estremi della provincia di Forlì, dalle pendici meridionali del monte Fumaiolo (1407 m. s.l.m.), anticamente soprannominato "Fiumaiolo" per la ricchezza di sorgenti che lo caratterizzano.

Proprio da due di queste sorgenti, distanti 10 metri l'una dall'altra, denominate Le Vene, nasce, con una portata di 10 litri al minuto, a quota 1268 m s.l.m., il Tevere.

Dopo aver segnato un ripido dislivello e aver bagnato l'abitato di Balze, il Tevere percorre 4 km in terra di Romagna ed entra in Toscana dove bagna Pieve Santo Stefano e lambisce Sansepolcro. Tra queste due località il fiume è stato sbarrato da una diga che ha creato un enorme bacino, denominato Lago di Montedoglio. Quindi il fiume percorre la Val Tiberina, un'ampia pianura a quota m 320, e penetra nell'Umbria, in provincia di Perugia, dove bagna Città di Castello e Umbertide.

Poco a sud di Torgiano riceve da sinistra il primo dei suoi affluenti importanti, il Chiascio, e, nei pressi di Marsciano riceve in destra il Nestore.

PROGETTAZIONE ATI:

Il Tevere attraversa quindi la valle umbra da nord a sud, passa vicino a Todi e volge verso SO, varcando la stretta gola del Forello (lunga 17 Km con 37 m di dislivello) fino a formare il grande lago artificiale di Corbara, secondo lago umbro dopo il Trasimeno, lungo 7 Km e largo 2.

Poco dopo, non lontano da Orvieto, il fiume riceve da destra le acque del Paglia che scende dall'Amiata e, quindi, scorre verso SE nella breve gola di Baschi su una serie di soglie rocciose fino allago di Alviano; segna per un lungo tratto il confine tra l'Umbria (provincia di Terni) e il Lazio (provincia di Viterbo) toccando Orte dove riceve da sinistra le acque del Nera, il suo maggior affluente (il Nera, a sua volta, ha già ricevuto le acque del Velino, il fiume che contribuisce a formare le Cascate delle Marmore).

Divenuto ormai fiume vero e proprio, con alveo largo fino a 200 m., il Tevere penetra infine in territorio laziale (province di Viterbo, Rieti e Roma) in direzione SE, finché, giunto in Sabina, riceve da sinistra le acque del Farfa all'interno della riserva naturale Nazzano Tevere-Farfa. Si dirige quindi a S-SO, riceve le acque dell'Aniene, attraversa Roma stretto tra alti muraglioni e, giunto a Capo due Rami, si biforca: il ramo sinistro, detto Fiumara Grande, passa vicino alle rovine di Ostia antica e forma la foce naturale del Tevere; il ramo destro è, invece, il canale artificiale di Fiumicino che costituisce il porto di imbocco della navigazione fluviale.

Il Tevere, secondo fiume italiano per estensione di bacino e quarto per deflussi, è il terzo per lunghezza e contribuisce, per circa il 20%, agli apporti fluviali nel Mar Tirreno.

Il suo bacino idrografico si estende su una superficie di 17.375 kmq (pari a circa il 5% del territorio nazionale) compresa tra le latitudini nord 43° 47' 44" (M.te Castelvecchio 1.254 m. s.l.m.) e 41° 40' 44" (foce di Fiumara Grande), e le longitudini di 11° 37' 31.4" e 13° 26' 25.4" est Greenwich, occupando una vasta zona del versante tirrenico dell'Italia centrale. Il bacino interessa principalmente due regioni, il Lazio e l'Umbria, in cui si concentra circa il 90% del suo territorio. Il restante 10% ricade in Emilia-Romagna, Toscana, Marche e Abruzzo. Nel complesso il bacino interessa, totalmente o parzialmente, 334 comuni con una popolazione complessiva residente di circa 4,5 milioni di abitanti (di cui oltre l'80% residenti nella provincia di Roma). All'interno del bacino sono presenti altre importanti aree urbanizzate fra le quali un capoluogo di regione (Perugia) e due capoluoghi di provincia (Rieti e Terni). La provincia di Roma è interessata solo in parte dal bacino del fiume, restando escluse le aree a nord-ovest e quelle a sud-sud-est. Il bacino del Tevere si sviluppa in tutta la parte iniziale e negli alti corsi degli affluenti in ambiente montano, raggiungendo le quote più elevate in corrispondenza del Monte Vettore (2478 m), nei margini occidentali della catena dei monti Sibillini, e del Monte Velino (2487 m); ha un aspetto prevalentemente montuoso in tutta la parte settentrionale e nella parte orientale ed è caratterizzato da una modesta presenza di superfici sub-pianeggianti e da una predominanza di pendenze comprese tra il 20% ed il 40%. Per quanto attiene alle pendenze nei vari tratti del profilo, queste dapprima decrescono gradatamente dalle sorgenti fino a Ponte Nuovo-Pontecuti (da 39,3% a 0,6%), per poi aumentare fino al 2,3%, e ridursi di nuovo gradualmente, fino a Ponte Milvio, al valore di circa 0,2%. Il tratto terminale fino alla foce, anche a causa degli interventi effettuati nel suo corso, presenta pendenze variabili da tratto a tratto, con un valore medio di poco superiore allo 0,1%. L'altitudine media del bacino, pari a 437 m a monte della confluenza con il Nera, si eleva di oltre 300 m subito a valle di detta confluenza, mentre quella dell'intero bacino è di 524 m. Da un punto di vista strettamente fisiografico i limiti del bacino sono stabiliti da due linee di spartiacque, una orientale e l'altra occidentale. La linea orientale, costituita dalla dorsale appenninica, separa per oltre 470 km il bacino dai corsi d'acqua del versante Adriatico. Lo spartiacque occidentale si sviluppa, invece, prevalentemente lungo l'Antiappennino, sull'allineamento formato dai rilievi vulcanici compresi tra i Colli Albani ed il Monte Amiata e dall'Alpe di Poti, dalle Alpi di Catenaia e dalle Alpi di Serra, per una lunghezza di circa 400 km ed a quote meno elevate della linea orientale. Procedendo da est verso ovest, i rilievi si fanno più dolci, fino a vere e proprie colline come quelle nei dintorni del lago Trasimeno, dell'area di Perugia, e quelle che bordano la media e bassa valle del Tevere.

PROGETTAZIONE ATI:

Anche l'allineamento dei rilievi vulcanici, che chiude il bacino ad ovest, si presenta come una lunga fascia collinare, fatta eccezione per il rilievo isolato del Monte Amiata che si erge fino a 1.800 m.

L'unità territoriale di riferimento per tutte le analisi relative alle acque superficiali è il sottobacino idrografico.

L'Autorità di bacino del Fiume Tevere ha individuato nove sottobacini principali che ricadono, in tutto o in parte, all'interno del territorio regionale (Fig. 4-1):

- Sottobacino Alto Tevere
- Sottobacino Medio Tevere
- Sottobacino Basso Tevere
- Sottobacino Chiascio
- Sottobacino Topino Marroggia
- Sottobacino Nestore
- Sottobacino Paglia Chiani
- Sottobacino Nera

A questi si aggiungono:

- porzione umbra del bacino del fiume Arno prevalentemente ricadente nel sottobacino del Lago di Chiusi;
- le porzioni ombre di sottobacini di corsi d'acqua che sfociano nel Mare Adriatico: fiume Metauro, torrente Esino, torrente Potenza e torrente Chienti. Tali porzioni di territorio vengono di seguito indicate come territori afferenti il Mare Adriatico, in breve T.A.M.A.

Limitatamente al territorio regionale ricadente nel Bacino del fiume Tevere, i bacini idrografici sopra individuati sono stati ulteriormente suddivisi in Unità di Gestione. Queste nuove porzioni dei sottobacini sono intese come unità di bilancio, introdotte dal Piano Stralcio della Risorsa Idrica (PS9), per poter effettuare i bilanci quantitativi su unità territoriali significative.

Sottobacino	Unità di Gestione
Alto Tevere	Tevere da M.te Fumaiolo a S. Lucia
	Tevere da S. Lucia a Chiascio
Medio Tevere	Tevere da Chiascio a Nestore
	Tevere da Nestore a Paglia
Basso Tevere	Tevere da Paglia a Nera
	Tevere da Nera ad Aniene
Chiascio	Chiascio
Topino Marroggia	Topino Marroggia
Trasimeno	Trasimeno
Nestore	Nestore
Paglia	Paglia
	Chiani
Nera	Nera fino al Velino
	Nera da Velino a confluenza Tevere

Tabella 3 1: Unità di Gestione del bacino del Tevere

PROGETTAZIONE ATI:

Si hanno così le Unità di Gestione da usare come riferimento per l'attività di bilancio idrico relative al bacino del Tevere.

Vengono di seguito descritte le caratteristiche dei sottobacini in cui è stato suddiviso il territorio umbro e dei corpi idrici superficiali in essi ricadenti.

I corpi idrici sotterranei invece non sono in genere riferibili ad un unico sottobacino idrografico, a causa della non corrispondenza tra limiti idrografici e limiti idrogeologici. Per questo motivo la loro descrizione viene effettuata a scala di corpo idrico facendo riferimento, quando possibile, ai sottobacini interessati. Come illustrato in Fig. 4-2 che riporta in modo sintetico le informazioni contenute nella Carta Idrogeologica dell'Umbria, nel territorio regionale possono essere distinte le seguenti tipologie di acquifero:

- Acquiferi alluvionali, che hanno sede all'interno delle principali aree vallive della regione: Valle del Tevere, Valle Umbra, Conca Eugubina, Conca Ternana;
- Acquifero vulcanico, ospitato all'interno dei depositi di origine vulcanica dell'orvietano;
- Acquiferi carbonatici, che hanno sede sia nella dorsale carbonatica dell'Appennino Umbro Marchigiano che interessa la fascia orientale e meridionale della regione sia nelle strutture calcaree minori;
- Acquiferi minori ospitati nei depositi detritici e dei fondovalle alluvionali, e nei depositi a maggiore permeabilità presenti nelle zone collinari della regione.

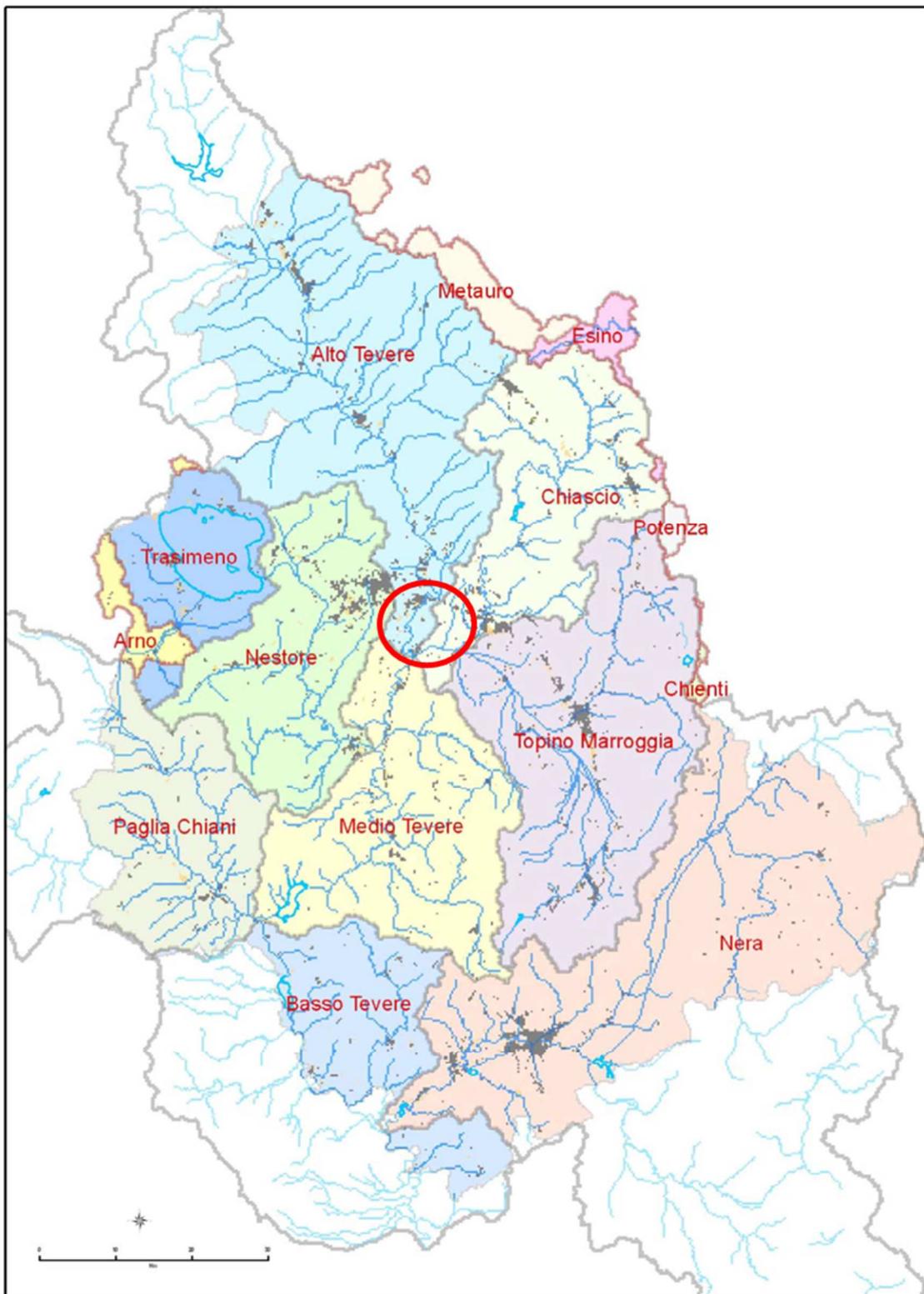


Figura 3-3: Bacini idrografici dell'Umbria

PROGETTAZIONE ATI:

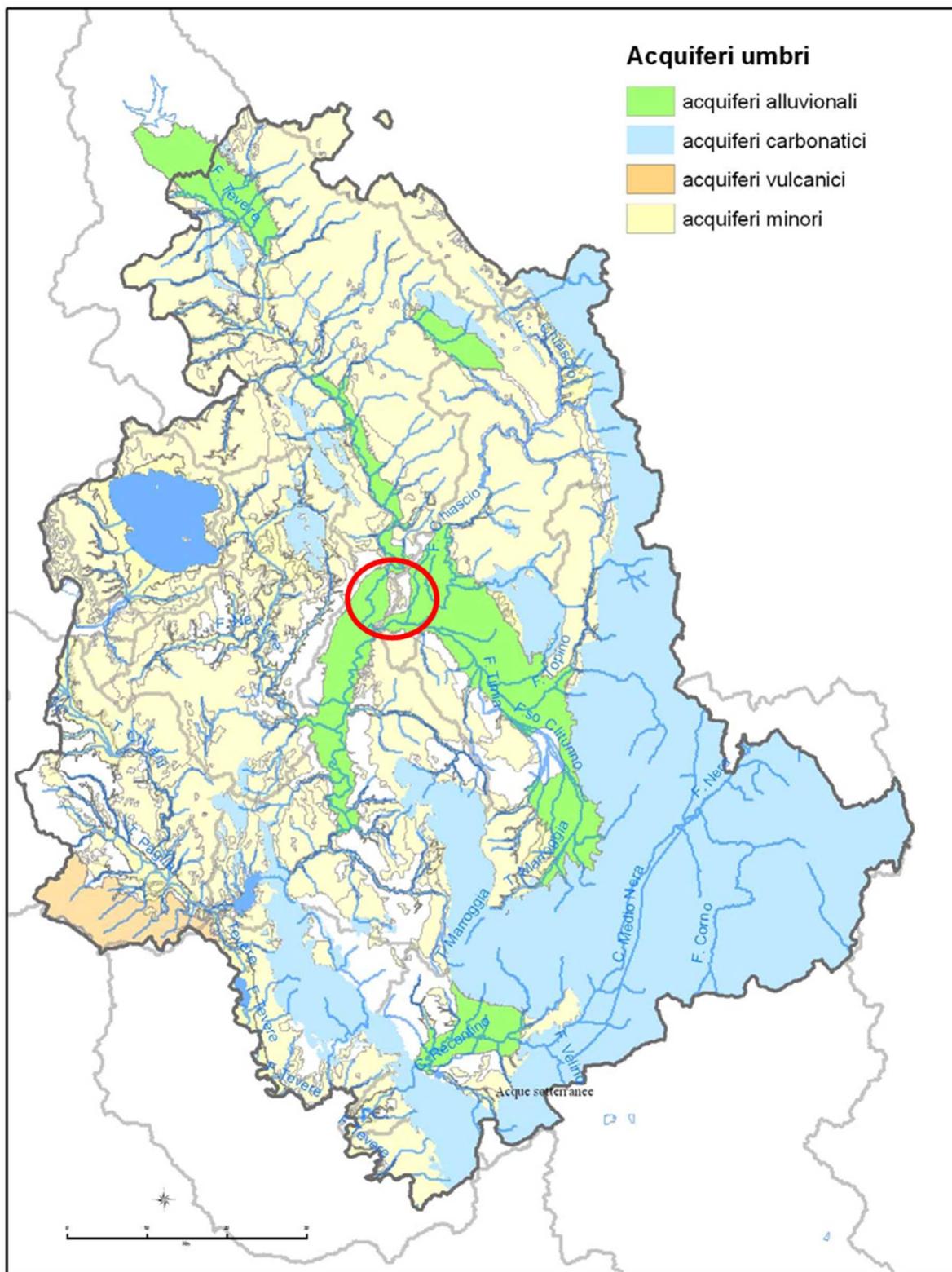


Figura 3-4: Carta Idrogeologica dell'Umbria

PROGETTAZIONE ATI:

Il progetto in esame ricade interamente nel sottobacino Alto Tevere, e pertanto nel seguito sono descritte con maggiore dettaglio le caratteristiche del sottobacino di riferimento.

Il Sottobacino Alto Tevere è la porzione montana del bacino del fiume Tevere che va dalle origini (monte Fumaiolo in Emilia Romagna, circa 1.300 m s.l.m.) fino a monte della confluenza con il fiume Chiascio. La superficie del bacino è pari a circa 2.174 km² di cui 1.436 in territorio umbro. La massima quota è di 1.454 m s.l.m., ma più del 95% del territorio presenta quote inferiori a 900 m s.l.m., con quota media di 541 m s.l.m.

La densità di drenaggio media è di 1,48 km/km².

Il bacino è caratterizzato da una morfologia prevalentemente collinare con una forte prevalenza di litologie scarsamente permeabili.

In territorio toscano il fiume disegna una valle alluvionale di discreta ampiezza, l'Alta Valle del Tevere che prosegue in territorio umbro fino alla soglia di Santa Lucia, pochi chilometri a sud di Città di Castello; più a sud si apre la Media Valle del Tevere, per lo più ricompresa nel sottobacino Medio Tevere. Altra zona pianeggiante di una certa estensione è il settore della Conca Eugubina compreso all'interno del bacino del torrente Assino. Tutte e tre le aree vallive sono sede di acquiferi alluvionali di una certa importanza.

I principali affluenti di questo tratto del Tevere, in territorio umbro, sono i torrenti Cerfone, Nèstore e Niccone in destra idrografica, Carpina e Assino in sinistra idrografica. I corsi fluviali ricadenti in questo sottobacino presentano un regime marcatamente torrentizio, di tipo appenninico o di magra estiva.

In territorio toscano, in località Gorgabuia, è stato realizzato, mediante sbarramento sul fiume Tevere, l'invaso artificiale di Montedoglio, recentemente entrato in esercizio. L'invaso, con superficie di circa 8 km² e capacità di 142,5 Mm³, è destinato a uso plurimo (prevalentemente irriguo e idropotabile).

I principali agglomerati urbani presenti nel sottobacino sono localizzati lungo la pianura del Fiume Tevere e sono rappresentati dagli abitati di Città di Castello ed Umbertide; Perugia ricade solo parzialmente nel territorio in esame, poiché una sua parte è ricompresa all'interno del sottobacino Nestore.

Attività agricola di particolare importanza è la coltivazione del tabacco in Alta Valle del Tevere.

Il sistema viario principale è rappresentato dalla Strada Statale n.3 bis e dalla Ferrovia Centrale Umbra che attraversano il territorio da nord a sud lungo il bordo orientale delle aree vallive.

Il sistema industriale si sviluppa con geometria lineare lungo le stesse vie di comunicazione con due aree a elevato grado di saturazione: la prima, a nord, nei comuni di Città di Castello, Umbertide e San Giustino, la seconda, a sud, nel comune di Perugia. I settori produttivi principali caratterizzati da alta industrializzazione risultano quelli del tabacco, vestiario, legno, carta e cartone, ceramica e macchine per l'agricoltura.

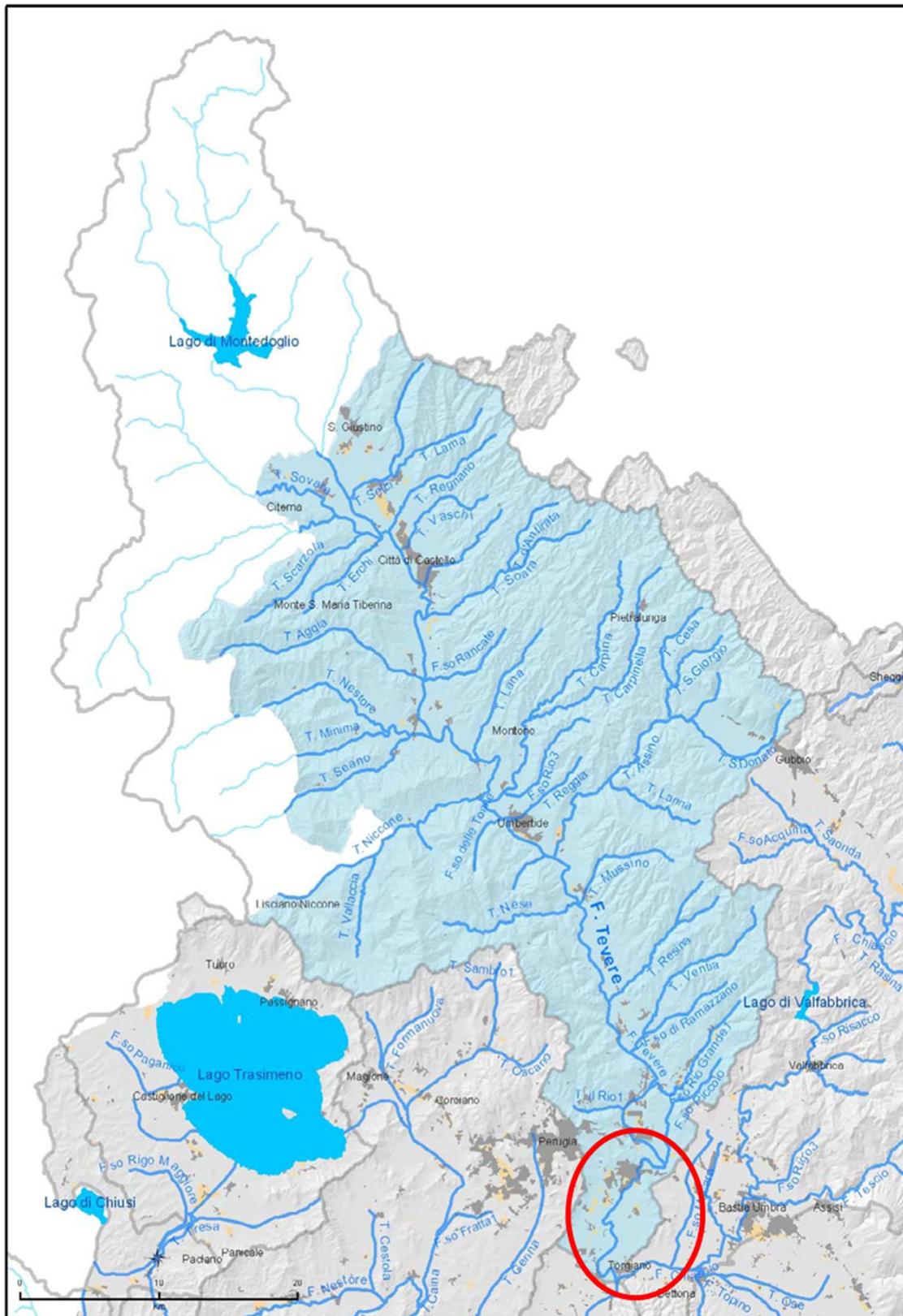


Figura 3-5: Sottobacino Alto Tevere

PROGETTAZIONE ATI:

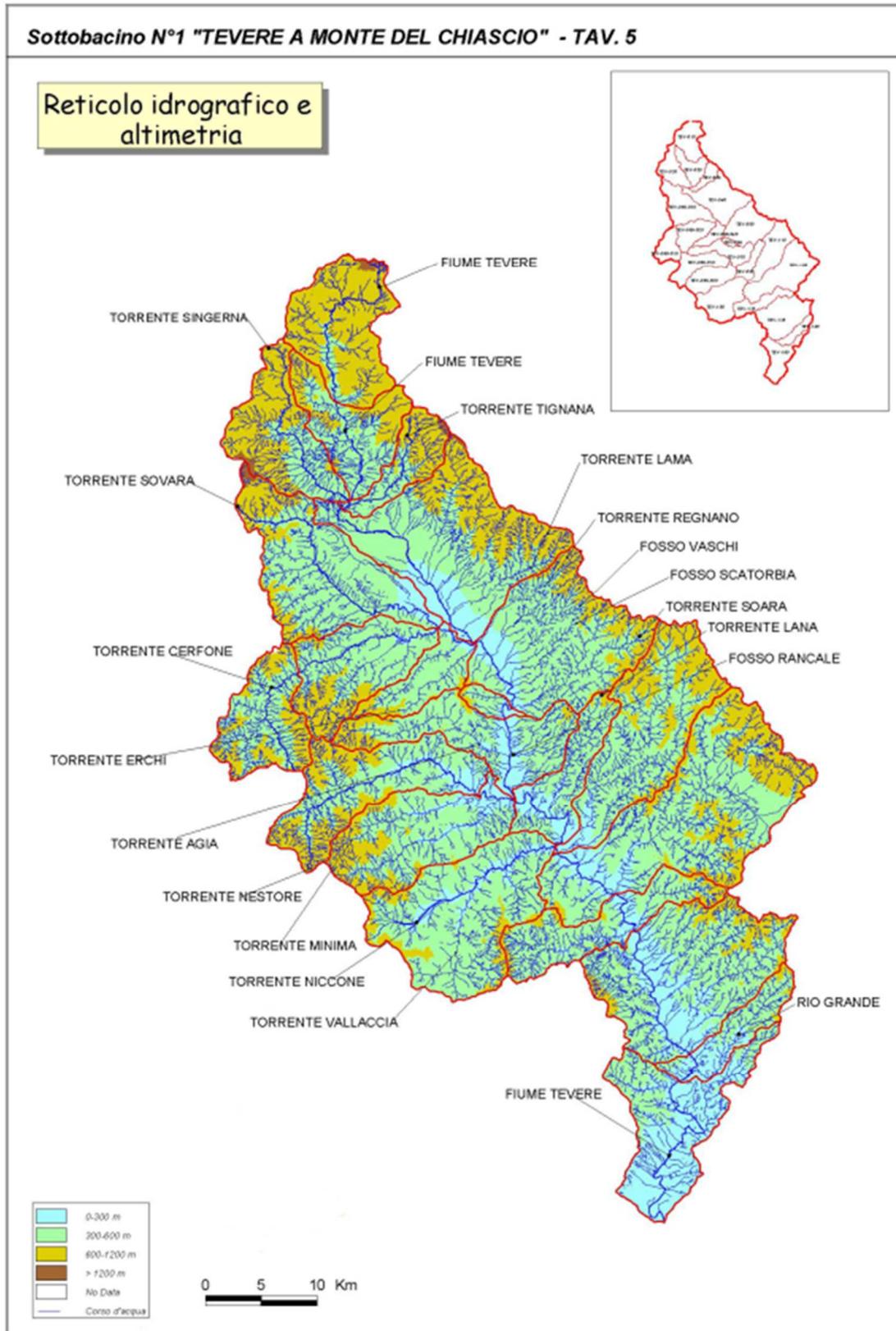


Figura 3-6: Sottobacino n. 1 "Tevere a monte di Chiascio" – Reticolo idrografico

PROGETTAZIONE ATI:

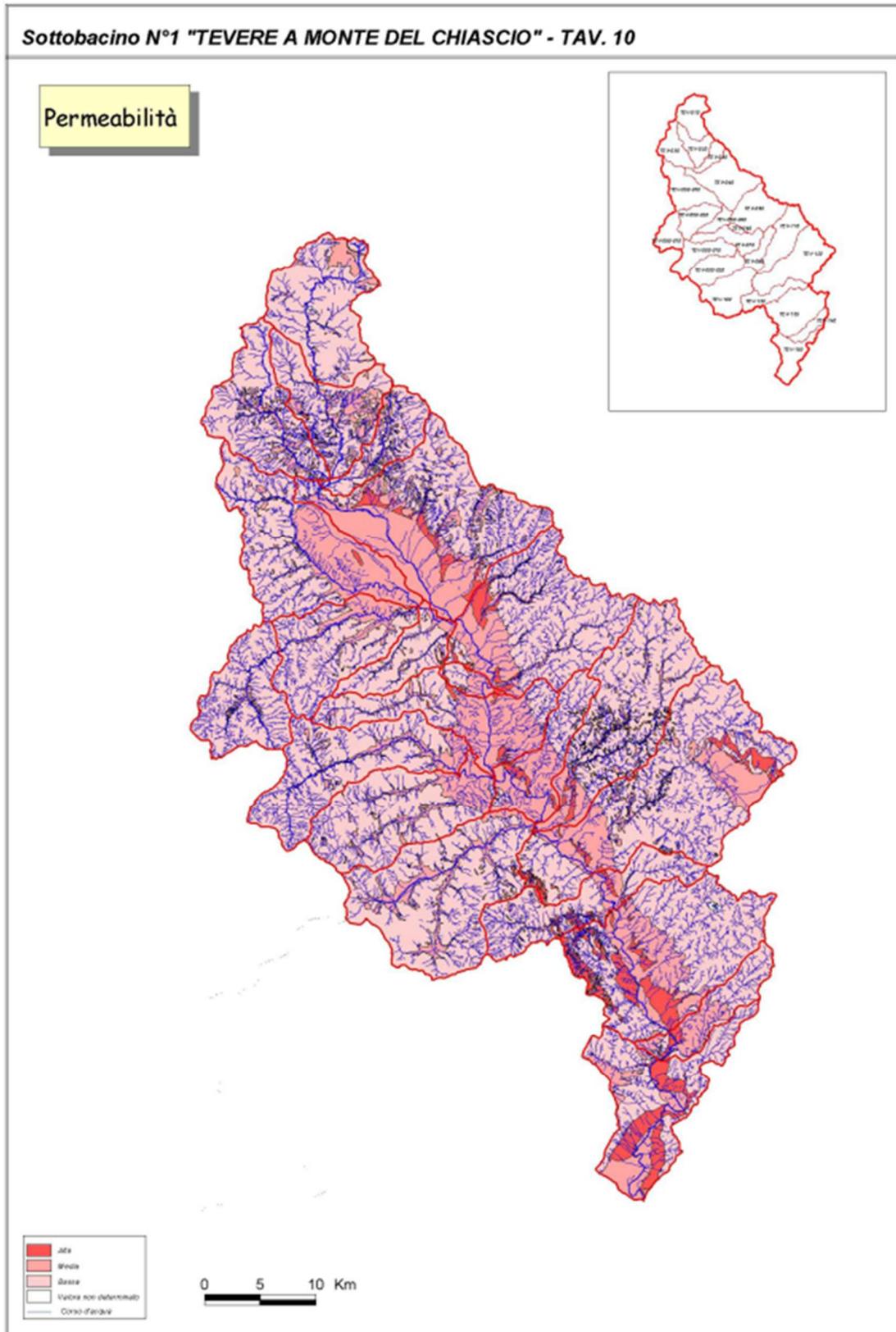


Figura 3-7: Sottobacino n. 1 “Tevere a monte di Chiascio” – Permeabilità

PROGETTAZIONE ATI:

3.3 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

Il bacino del Tevere è costituito da quattro principali ambienti morfo-strutturali:

- la dorsale carbonatica appenninica, che occupa il settore orientale e meridionale, costituita da rilievi carbonatici;
- il graben del Tevere con i suoi depositi di facies da marina a continentale, le conche intermontane;
- gli apparati vulcanici dei Monti Vulsini, Cimini, Sabatini e Albani, che occupano il settore sudoccidentale;
- l'alto bacino del Tevere, occupato prevalentemente dai depositi terrigeni in facies di Flysch di origine toscana (in riva destra a Nord del lago Trasimeno) e umbro-marchigiana (in riva sinistra).

A questi si aggiunge il delta fluviale del Tevere, che ha caratteristiche peculiari dal punto di vista idrogeologico, a causa della notevole eterogeneità della successione stratigrafica che lo costituisce. A ciascuno di questi domini corrispondono delle situazioni idrogeologiche geomorfologiche differenti. L'assetto complessivo è legato alla evoluzione recente (dal Miocene ad oggi) della catena appenninica, durante la quale si è strutturata la catena a pieghe costituita da falde tettonicamente sovrapposte e sovrascorse verso Est e Nord-Est. Le fasi di tettonica distensiva più recenti hanno portato al ribassamento di alcuni settori (conche intermontane, lago Tiberino, graben del Tevere) e allo sviluppo del vulcanismo peritirrenico.

Il corso del Tevere e dei suoi affluenti principali si sviluppa in corrispondenza delle depressioni tettoniche principali (graben del Tevere, valle del Chiani), che separano aree strutturalmente e geologicamente differenziate, o di lineamenti tettonici di importanza regionale, quale la linea tettonica della Valnerina.

In base ad una classificazione delle litologie affioranti nel bacino in 3 classi di permeabilità (permeabili, mediamente permeabili, poco permeabili), è stato stimato che il bacino del Tevere è caratterizzato per il 25% della sua estensione da litologie permeabili (prevalentemente rocce carbonatiche, secondariamente facies ghiaioso-conglomeratiche del Plio-Pleistocene); per il 38% da rocce mediamente permeabili (prevalentemente vulcaniti, alluvioni, conoidi e coperture colluviali ed eluviali, facies sabbioso-arenacee del Plio-Pleistocene); per il 37% da rocce poco permeabili (Flysch arenaceo-argillosi, argilloso-arenacei e calcareo-argillosi; facies argilloso-limose del Plio-Pleistocene). I settori maggiormente permeabili sono quelli della dorsale carbonatica appenninica (settore orientale), le formazioni vulcaniche mediamente permeabili caratterizzano il settore sud-occidentale, mentre nell'area settentrionale del bacino affiorano prevalentemente formazioni fliscioidi a bassa permeabilità.

L'evoluzione del rilievo nel bacino del Tevere, iniziata nel Miocene superiore, ha subito un'accelerazione a partire dalla fine del Pleistocene inferiore (700.000 anni), quando un brusco sollevamento ha interessato tutta la regione. L'entità del sollevamento, che è stata di diverse centinaia di metri, con i valori maggiori lungo l'asse della catena appenninica, ha causato un rapido approfondimento dei solchi vallivi e l'inizio di una intensa erosione dei rilievi. Contemporaneamente si succedevano fasi glaciali fredde ed interglaciali calde o temperate, a cui sono dovute le variazioni eustatiche del livello del mare, per cui si sono originati più ordini di depositi fluviali, progressivamente sollevati, che oggi costituiscono i terrazzi del Tevere e dei suoi affluenti, le cui età variano dal Pleistocene medio al Pleistocene superiore.

Il ringiovanimento dei versanti ed il conseguente aumento dell'energia del rilievo, è all'origine dei movimenti di massa. La tendenza evolutiva dell'ambiente geomorfologico è quindi fra le cause predisponenti della franosità.

PROGETTAZIONE ATI:

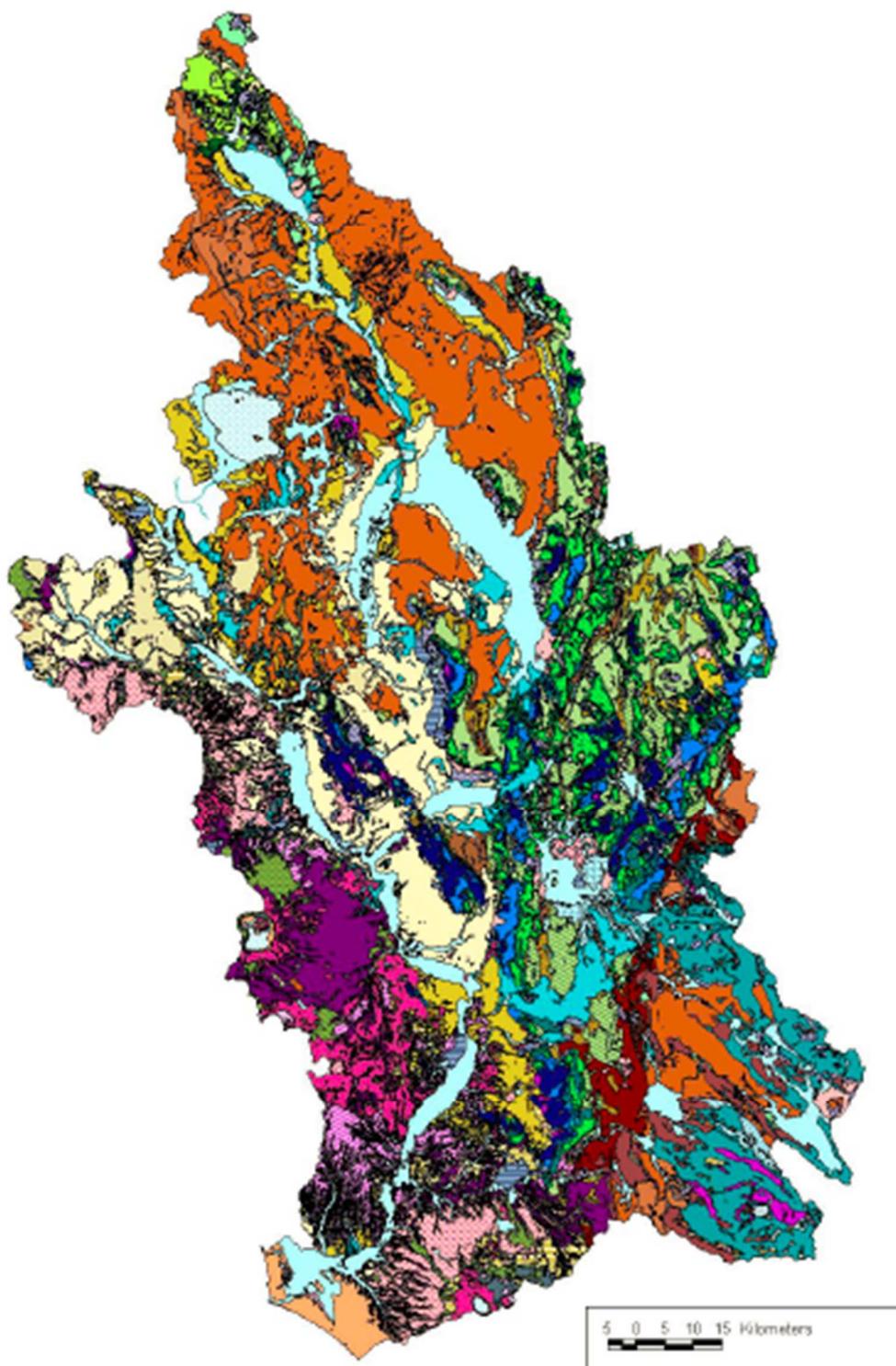


Figura 3-8: Carta geolitologica del bacino del Tevere

PROGETTAZIONE ATI:

L'alta valle del Tevere, in cui è ubicato il Sottobacino n. 1 "Tevere a monte di Chiascio" è costituita prevalentemente da depositi torbiditici appartenenti a due successioni differenti: nella parte più occidentale affiorano le formazioni terrigene della successione toscana, che si depose in un'avanfossa individuata fra l'Oligocene e l'Aquitano (Macigno Auct.), mentre ad oriente prevalgono i più recenti depositi sinorogenici della successione umbro-marchigiana (Formazione marnoso-arenacea, Burdigaliano superiore).

Il Macigno, costituito da una potente alternanza di arenarie quarzoso-feldspatiche di provenienza alpina, siltiti, argilliti e marne, è disposto a falde e pieghe sovrascorse, con vergenza orientale, sviluppatesi nelle fasi compressive del Serravalliano. Affiora sul versante destro del Tevere, a Nord del lago Trasimeno. Il flysch toscano sovrascorre sui più giovani termini torbiditici umbri, a loro volta piegati e sovrascorsi verso Est, che affiorano estesamente in riva sinistra del Tevere e ad Est del lago Trasimeno. La deformazione della Marnoso-Arenacea umbro-marchigiana risale al Miocene superiore.

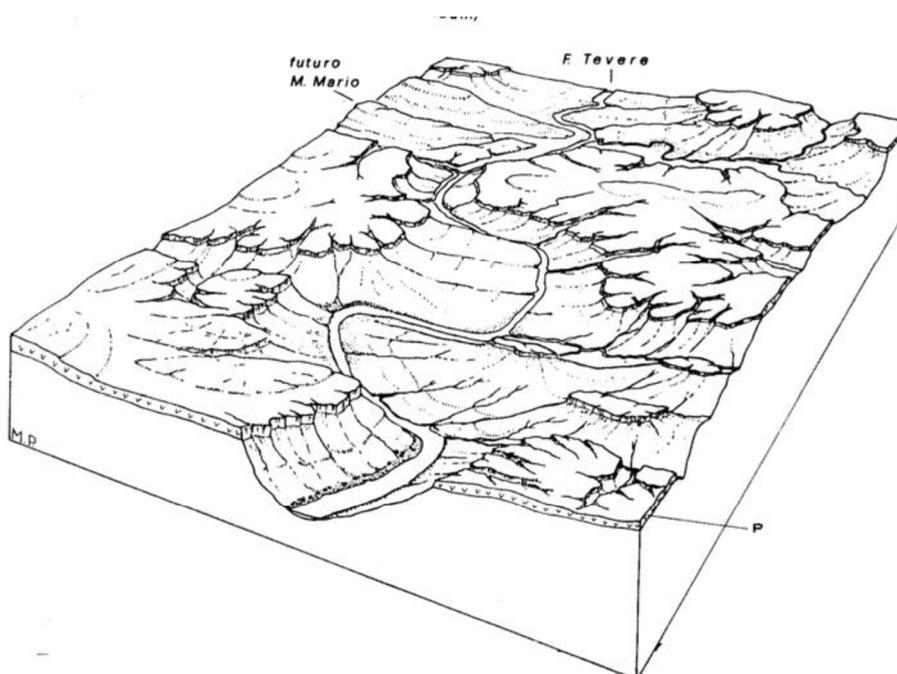


Figura 3-9: La forte erosione conseguente all'abbassamento del livello del mare modifica il reticolo idrografico: il Tevere abbassa il suo corso e scende verso la costa dove è in costruzione il delta attuale. La sommità dei rilievi, tagliata nelle coltri piroclastiche, è in genere pianeggiante. P = piroclastiti. (da Carboni et al.)

Nella parte più a monte del bacino, così come nell'alto Paglia, affiorano inoltre, con estensione più limitata ma non trascurabile, i termini del Complesso Sicilide e Liguride, costituiti da flysch argilloso-calcarei di età comprese fra il Cretacico e l'Eocene, a forte alloctonia. Questi depositi, prevalentemente argilloscistosi e argillo-marnosi, sono caratterizzati spesso dalla presenza di forme di erosione a calanchi.

Infine troviamo flysch terrigeni lungo una fascia articolata, con andamento complessivamente meridiano, che comprende l'alto Velino, la media valle del Salto e del Turano, si spinge fino alla media valle dell'Aniene e prosegue poi verso la valle del Sacco nel bacino del Liri-Garigliano. Questi depositi

PROGETTAZIONE ATI:

tardomiocenici si interpongono alle dorsali carbonatiche, marcando frequentemente il sovrascorrimento delle strutture tettoniche.

I depositi terrigeni sono caratterizzati complessivamente da bassi valori di infiltrazione efficace delle acque meteoriche, e quindi prevalgono i processi di ruscellamento superficiale.

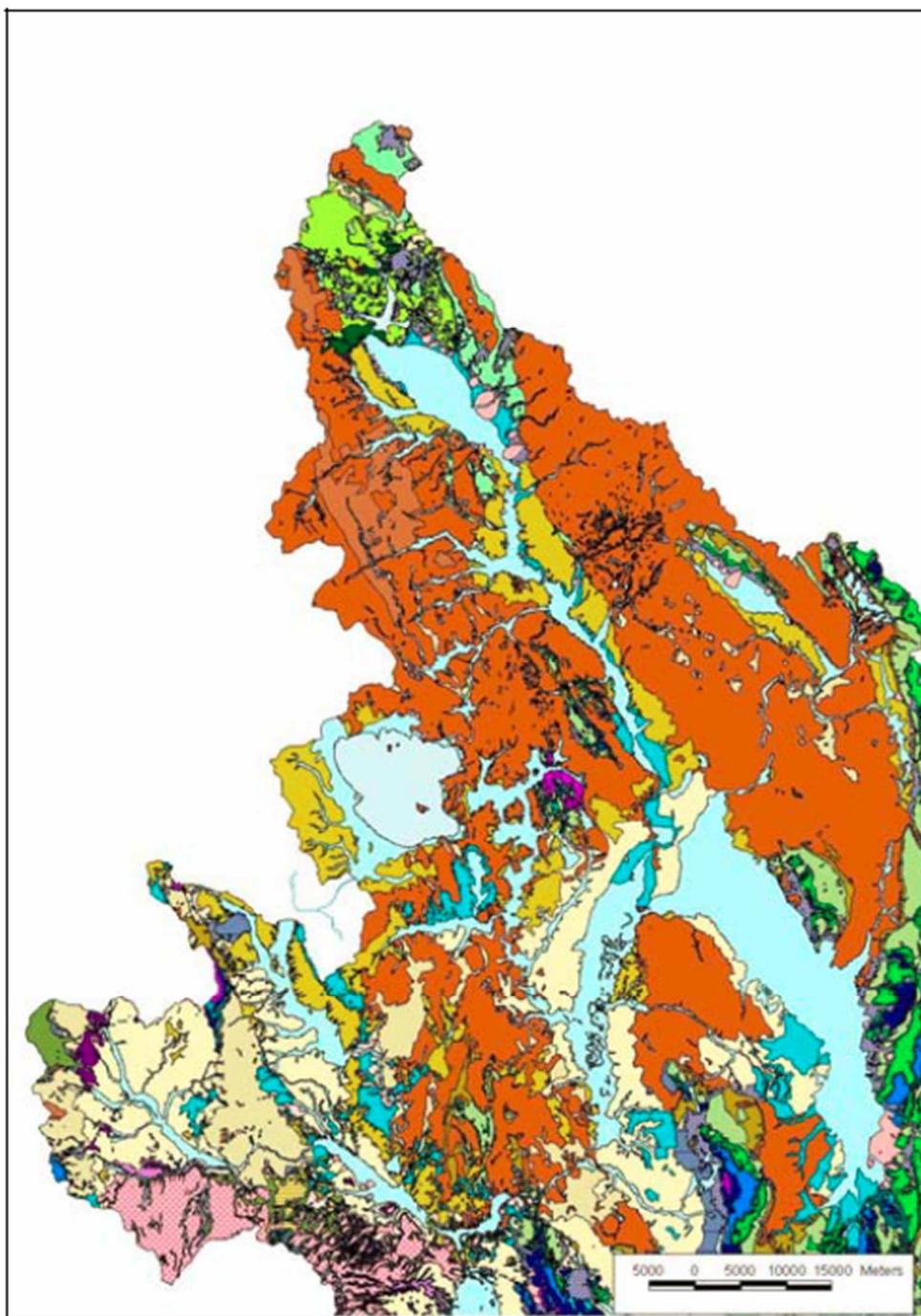


Figura 3-10: Ambiente dei depositi terrigeni e dei flysch argilloso-calcarei a forte alloctonia dell'alto bacino del Tevere e del Paglia.

PROGETTAZIONE ATI:

3.4 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE

Con riferimento alla classificazione usualmente utilizzata in idrologia per caratterizzare il clima di una regione dal punto di vista pluviometrico, il bacino del fiume Tevere può considerarsi interessato da un regime di tipo sublitoraneo appenninico, che si evidenzia con due valori massimi di precipitazione e due minimi, con il minimo estivo più accentuato di quello invernale ed il massimo autunnale maggiore di quello primaverile. La distribuzione della piovosità media annua è fortemente influenzata dall'orografia. Sullo spartiacque fra Tevere e corsi d'acqua marchigiani e abruzzesi, coincidente con le più elevate altitudini del bacino – e che per la maggior parte è anche dorsale appenninica – in particolare intorno ai monti più elevati, cadono le maggiori quantità di pioggia: superano 1200 mm sulla dorsale di Nord-est (monte Falterona, monte Bove) salgono a 1500 mm sul monte Vettore, monte Terminillo e a Sud su monte Viglio e tra monte Autore e monte Pellicchia. Ad Ovest le maggiori cellule di precipitazione coincidono con monte Amiata (1300 mm) e con i rilievi cimino-sabbatini. Solo sulla sella orografica di transizione del bacino del Tevere con quello della Val di Chiana (zona Trasimeno), lungo la costa e sulla pianura Roma - basso Aniene - foce Tevere la piovosità scende a 800 mm. Il tipo di distribuzione di Roma è nettamente quello marittimo (con il solo massimo autunnale e il solo minimo estivo), quello di Perugia è invece già sub-litoraneo appenninico (con massimo principale autunnale e secondario primaverile e minimi principale estivo e secondario invernale). Si può in primo luogo osservare che relativamente alle stazioni dell'asta principale le altezze di afflusso meteorico sono modestamente variabili. Da 1094 mm medi annui a S. Lucia (Città di Castello) si scende al minimo di 975 mm a Baschi per poi risalire a Passo S. Francesco (Orte), per la forte piovosità del bacino della Nera a 1030. A Ripetta (Roma), si ripete uguale valore di altezza di afflusso grazie alla elevata piovosità del bacino dell'Aniene (1248). Interessa peraltro seguire insieme le altezze di afflusso e quelle di deflusso. Lungo l'asta principale decrescono entrambe leggermente e parallelamente, dalla sezione di S. Lucia a quella di Baschi. Dopo la confluenza della Nera (Passo S. Francesco) salgono afflussi e deflussi, i quali si riproducono poi con uguali valori a Roma. Il coefficiente di deflusso di valore 0,43, sia a S. Lucia che a Ponte Felcino, scende a 0,38 a Ponte Nuovo, dopo la confluenza del Chiascio, che per suo conto ha coefficiente di deflusso 0,33; scende ancora a 0,32 a Baschi, dopo la confluenza del Paglia, che per suo conto ha coefficiente di deflusso di 0,30; risale a 0,44 a Passo S. Francesco (Orte) grazie alla confluenza della Nera, che ha coefficiente proprio 0,50; si mantiene a 0,43 a Ripetta (Roma) per la confluenza dell'Aniene, che ha coefficiente di deflusso di 0,72, ma per la limitata ampiezza del suo bacino può ormai poco influire sul fiume principale. La distribuzione dei deflussi durante l'anno ha andamento analogo su tutto il bacino caratterizzata, da un unico massimo in febbraio (salvo il Paglia ad Orvieto e il Tevere a Passo S. Francesco che lo hanno in marzo) ed unico minimo in agosto. Sono però diverse da stazione a stazione le escursioni: esse sono assai accentuate in tutto l'alto Tevere (a S. Lucia, a Ponte Felcino, a Ponte Nuovo fino a Baschi), e relativi affluenti (Chiascio e Paglia); sono ridottissime nella Nera e un poco meno nell'Aniene, e di conseguenza nel Tevere a Passo S. Francesco ed a Roma. E' soprattutto da osservare la differenza tra i contributi minimi (in agosto) di tutto l'alto Tevere (fino a Baschi) e quelli dell'Aniene e della Nera e di conseguenza dell'asta principale a Passo S. Francesco ed a Roma. Trattasi della specifica influenza della permeabilità dei bacini dei due ultimi accennati affluenti, ricchissimi di sorgenti. E' utile da sottolineare che nel complesso le sorgenti del bacino hanno una portata minima che supera largamente 50 m³/s. Dalle sorgenti di maggiore entità, tutte sgorganti negli affluenti di sinistra, sono da ricordare quelle del Clitunno (2 m³/s; bacino del Topino); quelle del Peschiera (18 m³/s; bacino del Velino); Autorità di Bacino del Fiume Tevere 42 quelle diffuse nell'alto bacino della Nera (12 m³/s); quelle della gola di Narni (2 m³/s, bacino della bassa Nera); quelle delle Capore nel bacino del Farfa (4 m³/s); quelle diffuse lungo l'Aniene (10 m³/s).

3.5 USO DEL SUOLO

Per quanto riguarda l'uso reale del suolo in Umbria, una prima indicazione può essere evidenziata

PROGETTAZIONE ATI:

analizzando i risultati definitivi del V Censimento generale dell'agricoltura dell'anno 2000. L' ISTAT ha rilevato con questo rapporto che 57.153 aziende, distinte tra agricole, zootecniche e forestali utilizzano una Superficie Agricola (SAU) pari a 367.141 ettari a fronte di una Superficie Agricola Totale (SAT) di 642.492 ettari. L'assetto dell'uso del territorio agricolo è variato rispetto a quanto evidenziato dal censimento del 1990 in modo tale che a oggi il numero delle aziende è diminuito di 1.398 unità (2,4% in meno rispetto al 1990), la superficie totale è diminuita di 42.568 ettari (6,2% in meno rispetto al 1990) e la SAU è diminuita di 29.044 ettari (7,3% in meno rispetto al 1990).

PROGETTAZIONE ATI:

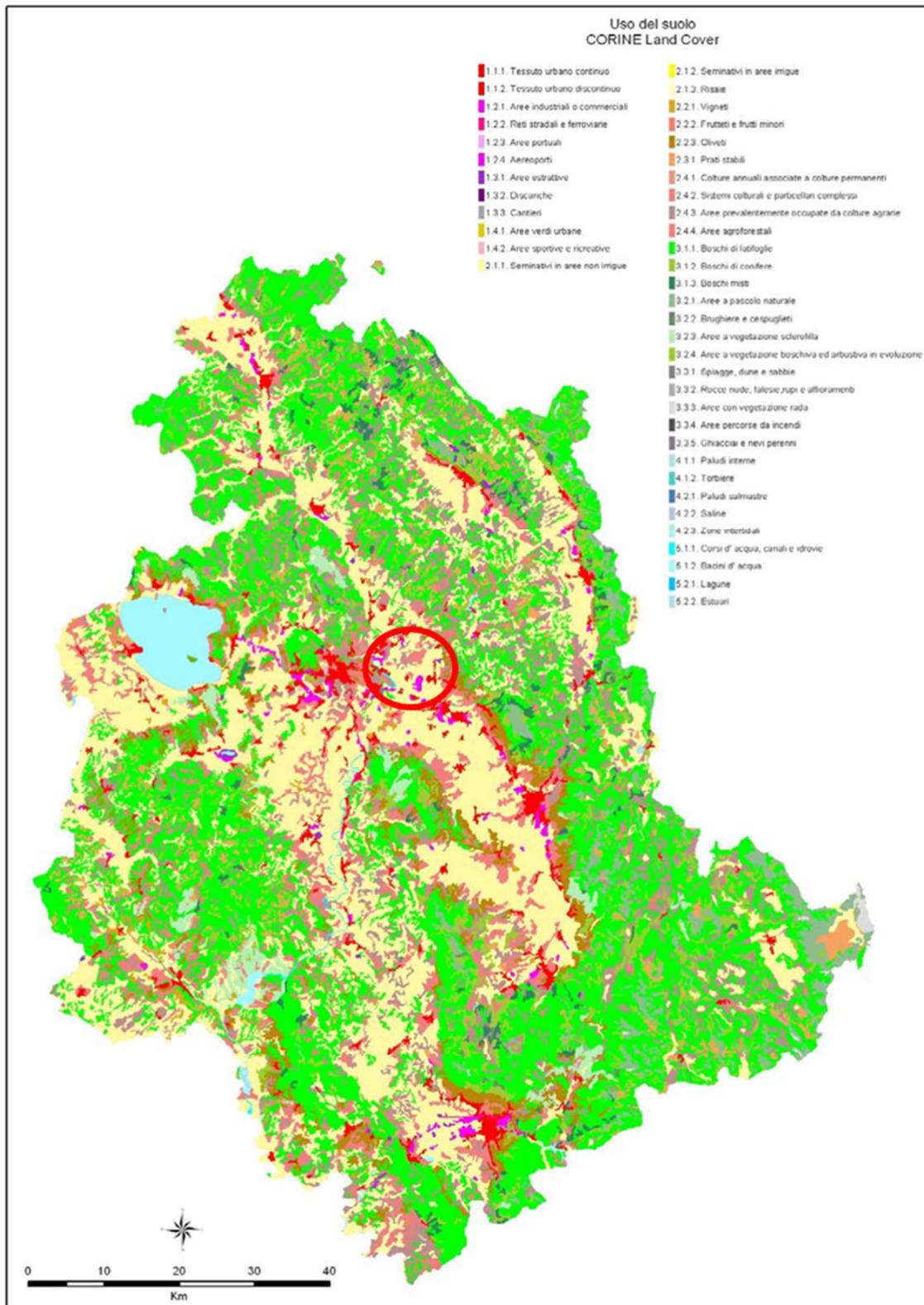


Figura 3-11: Uso del suolo

PROGETTAZIONE ATI:

4 INQUADRAMENTO VINCOLISTICO

4.1 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico è stato redatto ai sensi e per gli effetti della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, convertito nella legge n. 267/1998, della legge 365/2000. Il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico per il bacino del fiume Tevere, di seguito denominato P.A.I., si configura in particolare come stralcio funzionale del Piano di bacino, la cui prima elaborazione nella forma di progetto di piano è stata adottata con delibera del Comitato Istituzionale n. 80 del 28 settembre 1999.

Il P.A.I. recepisce i contenuti:

- del 1° stralcio funzionale del piano di bacino "Aree soggette a rischio di esondazione nel tratto del Tevere compreso tra Orte e Castel Giubileo", approvato con DPCM del 3 settembre 1998, denominato PS1, mantenendone la validità in considerazione della specificità del pericolo idraulico cui è soggetta la città di Roma;
- del Piano straordinario, redatto ai sensi del decreto-legge n. 132/99, convertito nella legge n. 226/99, approvato con delibera del Comitato Istituzionale n. 85 del 29 ottobre 1999, denominato PST;
- Delle modifiche approvate con Decreti Segretariati emanati ai sensi dell'art.4 delle Norme Tecniche di Attuazione del citato PST.

Il Piano è stato adottato in II adozione con delibera n. 114 del 5 Aprile 2006 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Tevere, dopo aver superato la prevista fase delle "Osservazioni al Piano" anche ad esito delle Conferenze Programmatiche Regionali.

La cartografia prodotta dall'Autorità di Bacino consente di rilevare che le opere da realizzare si posizionano nella piana del fiume Tevere e ricadono, ancorché limitatamente, all'interno della fascia C, come indicato nella figura seguente.



Figura 4-1: Fasce P.A.I

E' infatti prevista la realizzazione di un tratto di rilevato in destra idraulica del fiume Tevere, con lunghezza pari a circa 400 m, all'interno di questa fascia. Si evidenzia che la normativa di riferimento (Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico - Autorità di Bacino del Fiume Tevere – Primo aggiornamento - Piano adottato dal Comitato Istituzionale il 18 luglio 2012 con del. n. 125) richiede che l'autorità idraulica competente esprima parere di cui al R.D. n. 523/1904 nei casi di nuove realizzazioni di infrastrutture lineari quali ferrovie, autostrade e strade extraurbane, quali le opere in oggetto.

In corrispondenza dell'attraversamento del fiume Tevere, l'opera ricade nelle Fasce A e B. Con riferimento alla già citata normativa, si rileva che all'interno di queste fasce sono consentiti unicamente:

e) gli interventi di ampliamento di opere pubbliche o di pubblico interesse, riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché di realizzazione di nuove infrastrutture lineari e/o a rete non altrimenti localizzabili, compresa la realizzazione di manufatti funzionalmente connessi e comunque ricompresi all'interno dell'area di pertinenza della stessa opera pubblica. E' consentita altresì la realizzazione di attrezzature ed impianti sportivi e ricreativi all'aperto con possibilità di realizzazione di modesti manufatti accessori a servizio degli stessi. Tali interventi sono consentiti a condizione che tali interventi non costituiscano significativo ostacolo al libero deflusso e/o significativa riduzione dell'attuale capacità d'invaso, non costituiscano impedimento alla realizzazione di interventi di attenuazione e/o eliminazione delle condizioni di rischio e siano coerenti con la pianificazione degli interventi di protezione civile;"

Gli interventi in oggetto ricadono nella categoria delle "nuove infrastrutture lineari e/o a rete non altrimenti localizzabili", la cui realizzazione è consentita all'interno delle due Fasce A e B, per quanto riguarda l'analisi degli effetti sul deflusso della corrente, richiesta dalla normativa, si rimanda al Capitolo 5).

PROGETTAZIONE ATI:

Per quanto riguarda le fasce di rischio per fenomeni idraulici, gli interventi in oggetto non interferiscono con le aree individuate nell'ambito del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico, come evidenziato nella figura seguente.



Figura 4-2: Fasce di rischio

4.2 VINCOLO IDROGEOLOGICO

Con riferimento al vincolo per scopi idrogeologici (Regio Decreto 30 dicembre 1923, n. 3267 «Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani»), si rileva che una parte del tracciato ricade nell'area sottoposta a vincolo (Comune di Torgiano), come indicato nella figura seguente.

PROGETTAZIONE ATI:

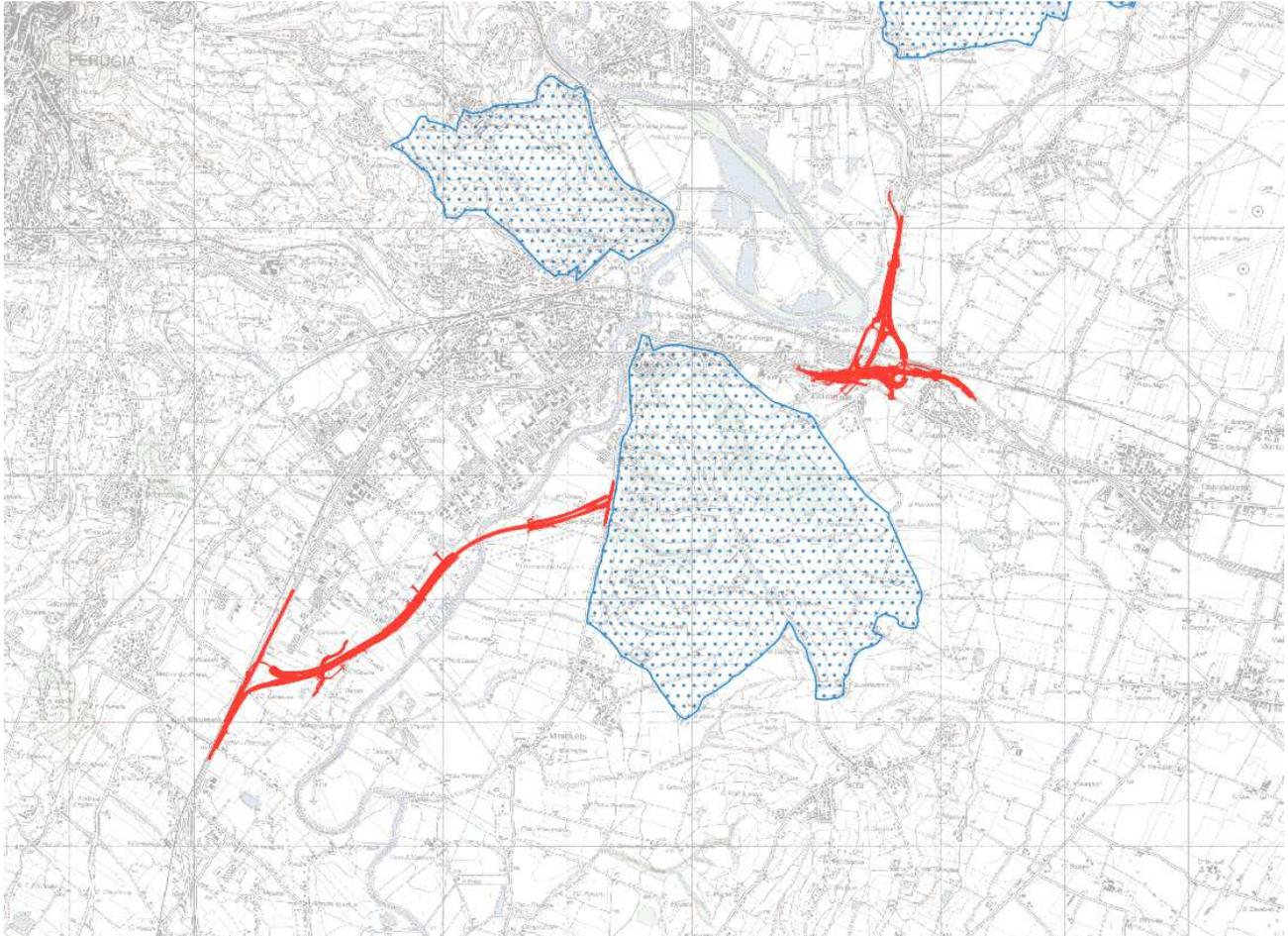


Figura 4-3: Vincolo idrogeologico

PROGETTAZIONE ATI:

5 ATTRAVERSAMENTO DEL FIUME TEVERE

La verifica di compatibilità idraulica dell'attraversamento del fiume Tevere è stata eseguita nel rispetto di quanto indicato nel Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico - Autorità di Bacino del Fiume Tevere – Primo aggiornamento - Piano adottato dal Comitato Istituzionale il 18 luglio 2012 con del. n. 125), punto e):

“... tali interventi sono consentiti a condizione che tali interventi non costituiscano significativo ostacolo al libero deflusso e/o significativa riduzione dell'attuale capacità d'invaso, non costituiscano impedimento alla realizzazione di interventi di attenuazione e/o eliminazione delle condizioni di rischio e siano coerenti con la pianificazione degli interventi di protezione civile;”

Relativamente alle verifiche relative al franco idraulico del viadotto di attraversamento del fiume Tevere, si è fatto riferimento alle “Norme tecniche per le costruzioni” (decreto del 17 gennaio 2018, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti), nelle quali è richiesto che:

“Il franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, è da assumersi non inferiore a 1,50 m, e comunque dovrà essere scelto tenendo conto di considerazioni e previsioni sul trasporto solido di fondo e sul trasporto di materiale galleggiante, garantendo una adeguata distanza fra l'intradosso delle strutture e il fondo alveo. Quando l'intradosso delle strutture non sia costituito da un'unica linea orizzontale tra gli appoggi, il franco idraulico deve essere assicurato per una ampiezza centrale di 2/3 della luce, e comunque non inferiore a 40 m. Deve in ogni caso essere definita una piena di progetto caratterizzata da un tempo di ritorno T_r pari a 200 anni ($T_r=200$).”

Le verifiche sono state eseguite in condizioni di moto vario mediante l'utilizzo del codice di calcolo HEC-RAS (River Analysis System) ver.6.2, sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center dall'United States Army Corps of Engineers. Per l'esauritiva trattazione dei principi teorici sui quali si basa la soluzione numerica delle equazioni di moto e di continuità che regolano il processo di moto si rimanda all'indirizzo internet <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/> (in particolare alle pubblicazioni "Hydraulic Reference Manual", "User's Manual" e "2D User's Manual").

5.1 DATI IDROLOGICI

I dati idrologici sono stati ricavati dal PAI, che costituisce il quadro conoscitivo di riferimento vigente, relativamente agli scenari TR = 200 e 500 anni.

In particolare, quali dati in ingresso del modello numerico di propagazione delle portate sono stati considerati gli idrogrammi di portata assunti cautelativamente costanti e pari alla portata di picco nella sezione di chiusura del tratto investigato (TV_719): 1889 m³/s per TR500 e 1430 m³/s per TR200.

5.2 GEOMETRIA

Il modello numerico allestito per simulare la propagazione delle correnti di piena duecentennali e cinquecentennali è relativo al tratto di Fiume Tevere compreso tra le sezioni di PAI (Lotto B) TV_731 e TV_719 e presenta una lunghezza complessiva pari a circa 3300 m (da circa 1440 m a monte dei viadotti di progetto fino a circa 1860 m a valle).

La realizzazione dei nuovi viadotti è prevista in corrispondenza della sezione TV_726.

La geometria dell'alveo inciso è stata desunta direttamente dalle sezioni trasversali di rilievo di PAI, mentre nelle aree golenali sono stati impiegati i dati LIDAR con risoluzione spaziale 1m x 1m forniti, previa apposita richiesta, dalla Regione Umbria.

Nelle aree 2D è stata impiegata una *mesh di calcolo* delle dimensioni medie di 10mx10m, opportunamente raffinata in corrispondenza delle pile dei viadotti di progetto fino a raggiungere le dimensioni di 1m.

PROGETTAZIONE ATI:

Di seguito si riporta un estratto planimetrico del modello geometrico implementato per la configurazione di stato attuale.

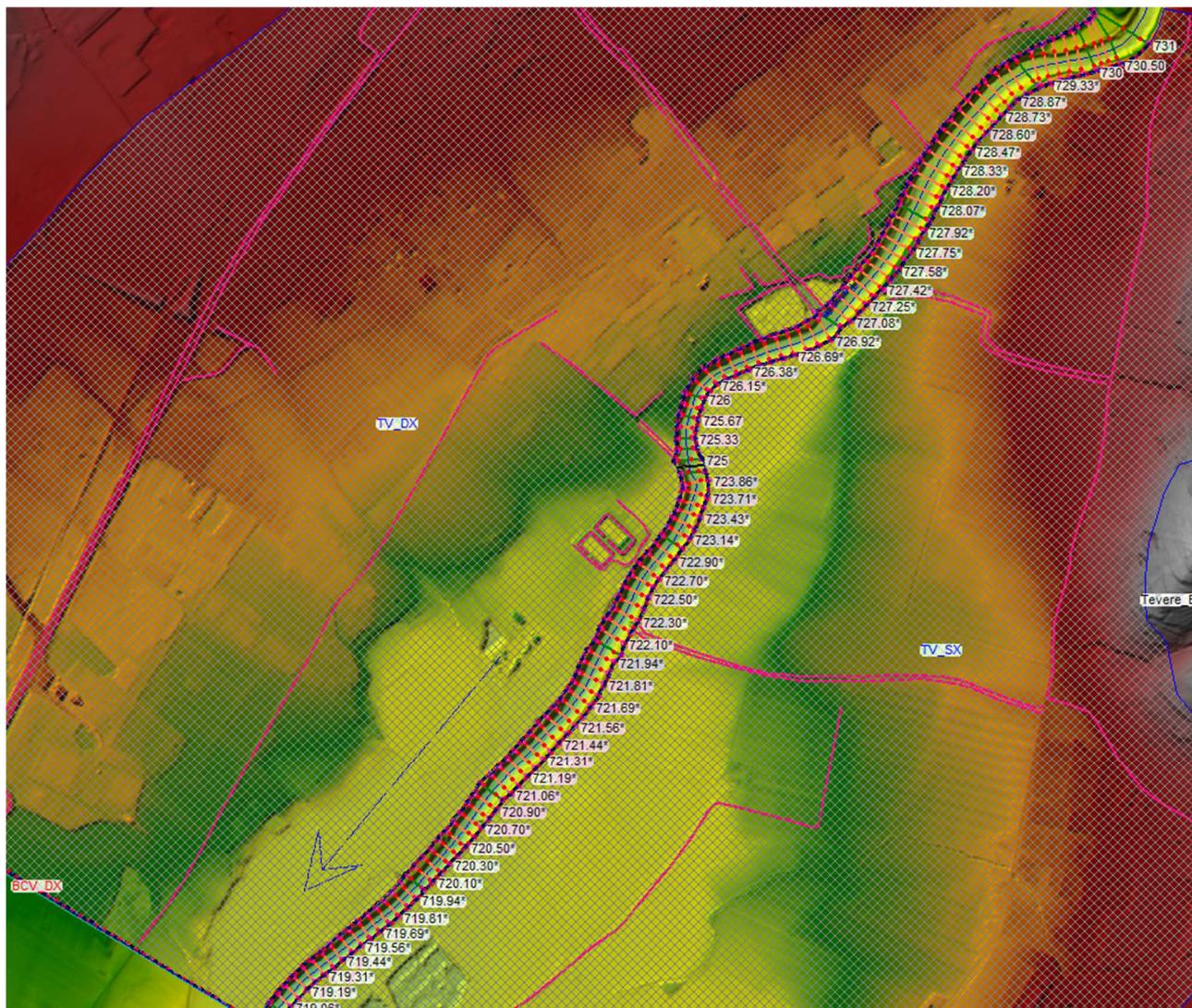


Figura 5-1: Estratto planimetrico del modello geometrico implementato per la configurazione di stato attuale

La simulazione dello stato di progetto, svolta a partire dalla configurazione di stato attuale, ha richiesto l'inserimento delle opere previste, costituite da rilevati stradali e pile dei viadotti all'interno delle aree 2D sotto forma di modifiche locali al modello digitale del terreno DTM, come visibile nell'estratto planimetrico del modello geometrico Figura 5-2.

Nel dettaglio di Figura 5-3 è mostrata la schematizzazione delle pile, tra loro identiche e di forma ellittica, modellate sopraelevando il DTM in corrispondenza di ciascuna impronta fino al valore di 184.50 m s.l.m e raffittendo opportunamente la risoluzione della *mesh di calcolo* lungo il perimetro.

PROGETTAZIONE ATI:

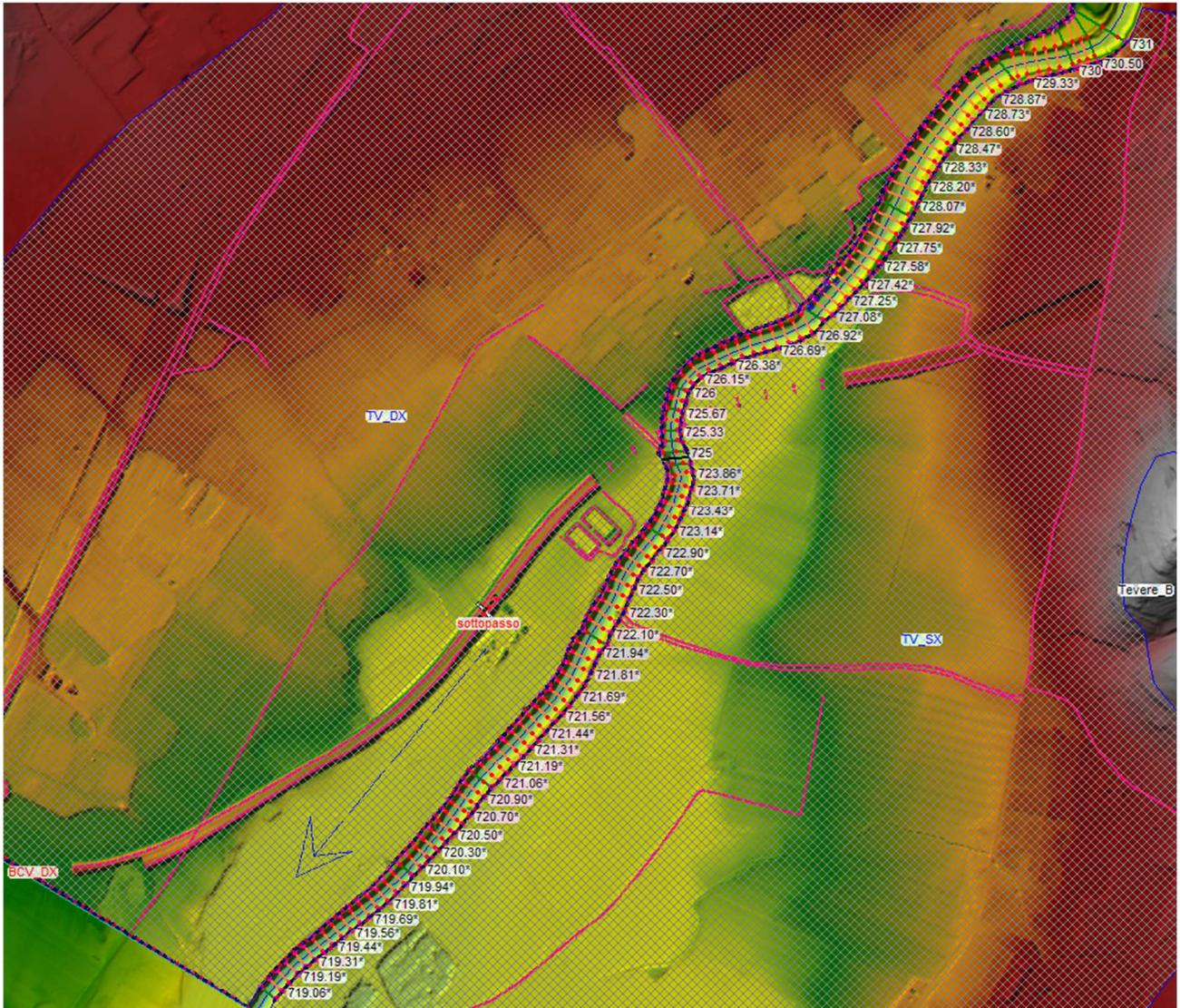


Figura 5-2: Estratto planimetrico del modello geometrico implementato per la configurazione di progetto

PROGETTAZIONE ATI:

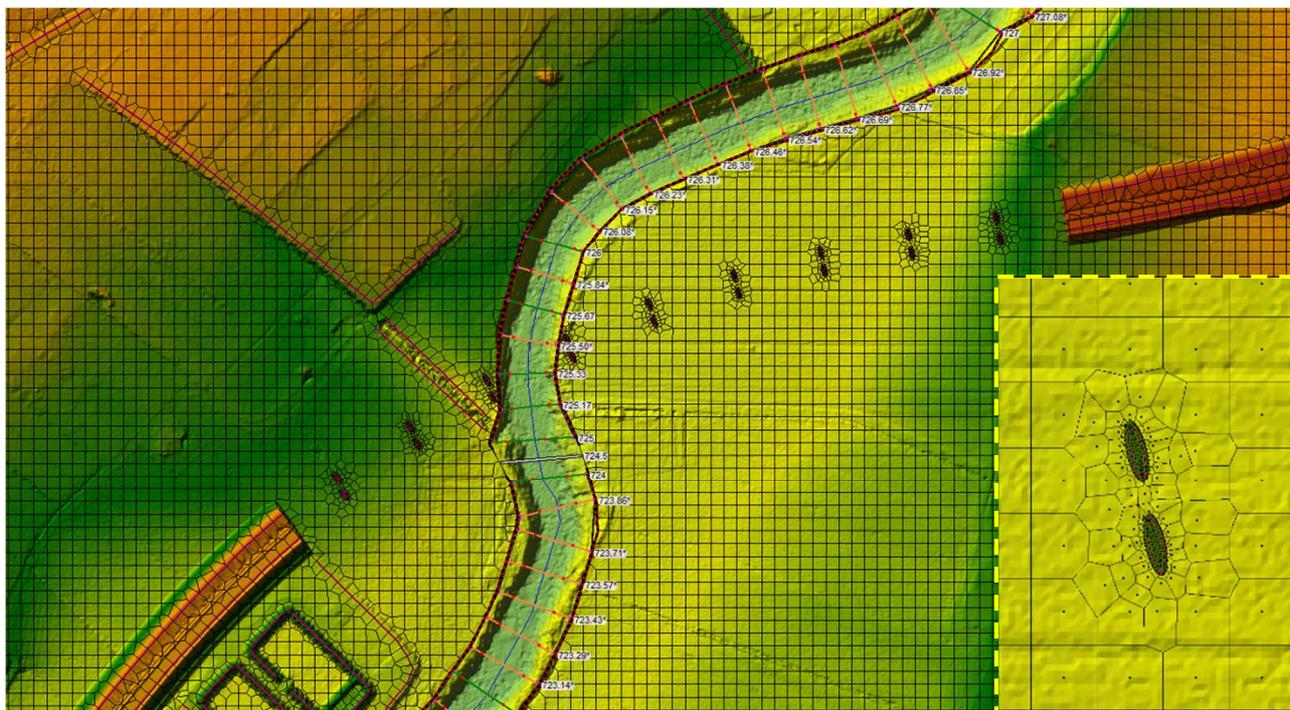


Figura 5-3: Dettaglio planimetrico della zona interessata dai viadotti affiancati di progetto, con un particolare della modellazione delle pile

5.3 SCABREZZE

Le scabrezze in alveo, identiche a quelle assunte nel PAI, espresse secondo la formulazione di Manning, risultano comprese tra 0.035 e $0.095 \text{ s/m}^{1/3}$.

Per quanto riguarda invece le aree golenali extra-alveo, è stata assunta una scabrezza omogenea di Manning pari a $0.1 \text{ s/m}^{1/3}$.

5.4 CONDIZIONI AL CONTORNO

Condizione al contorno di monte: nella sezione iniziale, TV_731, sono stati inseriti cautelativamente, come dati di input, gli idrogrammi di portata costanti e pari alla portata di picco desunte dal PAI relative alla sezione di chiusura del tratto investigato (TV_719): $1889 \text{ m}^3/\text{s}$ per TR500 e $1430 \text{ m}^3/\text{s}$ per TR200. Condizione al contorno di valle: nella sezione di valle (TV_719) è stata imposta la locale pendenza della linea dei carichi desunta dalle modellazioni PAI, pari a 0.0003 m/m . Anche nelle aree golenali 2D è stata imposta la "normal depth" come condizione al contorno di valle (necessaria per non far accumulare all'interno del dominio di calcolo le portate di esondazione extra-alveo): la pendenza della linea dei carichi, posta pari alla pendenza media locale delle aree golenali, è pari a 0.003 m/m in sinistra idrografica e 0.002 m/m in destra.

5.5 RISULTATI DELLE ANALISI NELLA CONFIGURAZIONE DI STATO ATTUALE

Di seguito si riporta la perimetrazione delle aree allagabili risultanti dal modello numerico 1D+2D implementato nei due scenari TR200 e TR500 nella configurazione di stato attuale.

Le nuove perimetrazioni evidenziano un ottimo accordo con il PAI nella quasi totalità dei 3.3 km investigati, ad eccezione del modesto tratto, di lunghezza pari a circa 300 m , compreso tra le sezioni 723 e 722, in cui i risultati di PAI sembrano condizionati dalle limitazioni insite nel ridotto dettaglio geometrico di una modellazione 1D a sezioni estese.

PROGETTAZIONE ATI:

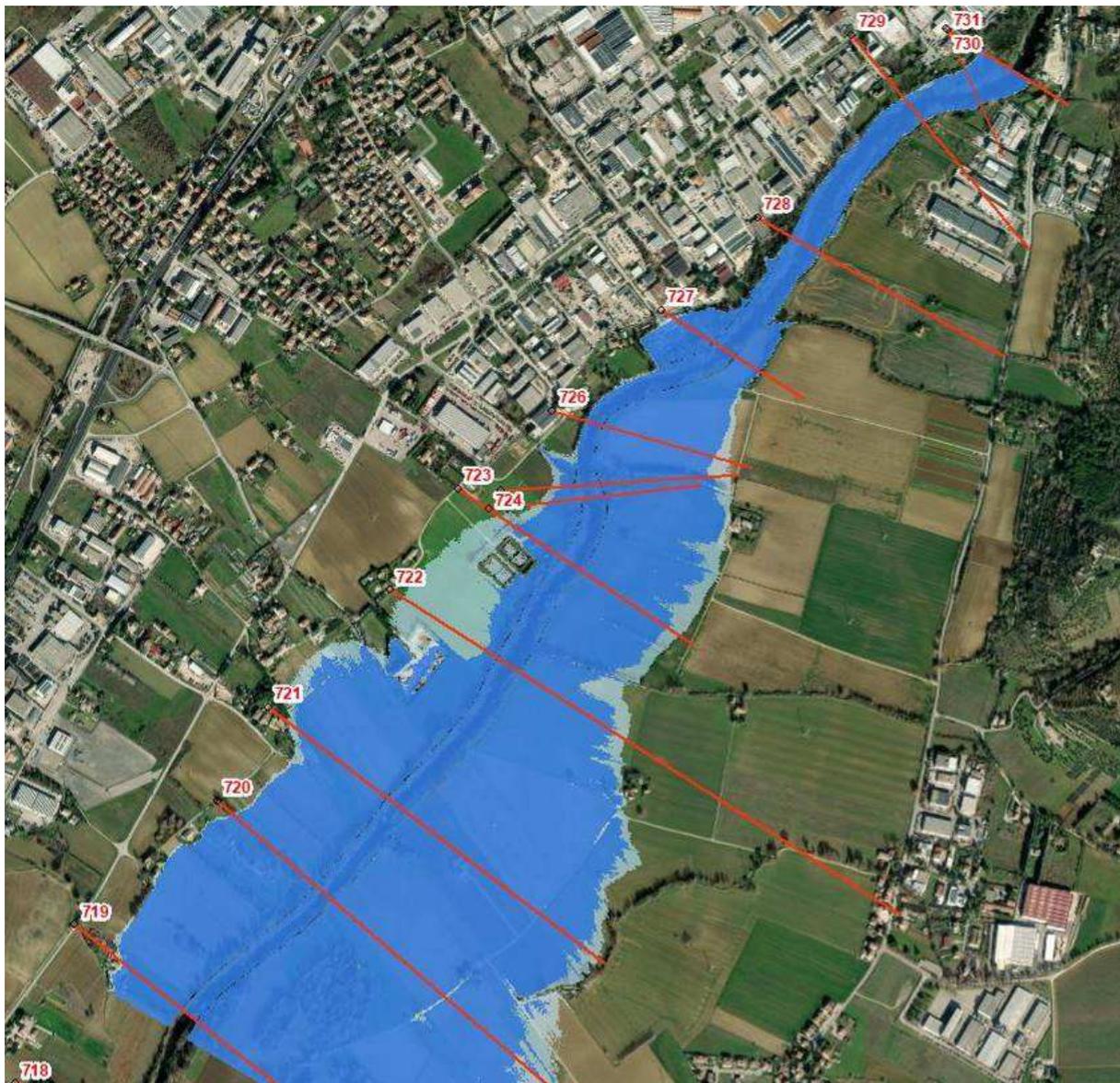


Figura 5-4: perimetrazione delle aree allagabili per TR = 200 e 500 anni nella configurazione di stato attuale desunta dal modello 1D+2D implementato

5.6 RISULTATI DELLE ANALISI NELLA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO

Si evidenziano di seguito i risultati di maggior interesse ottenuti mediante le simulazioni numeriche nella configurazione di progetto.

In Figura 5-5 è mostrata una vista generale delle condizioni di allagabilità dell'area di interesse per TR = 200 anni, con rappresentazione dei battenti massimi e delle direzioni di flusso.

PROGETTAZIONE ATI:

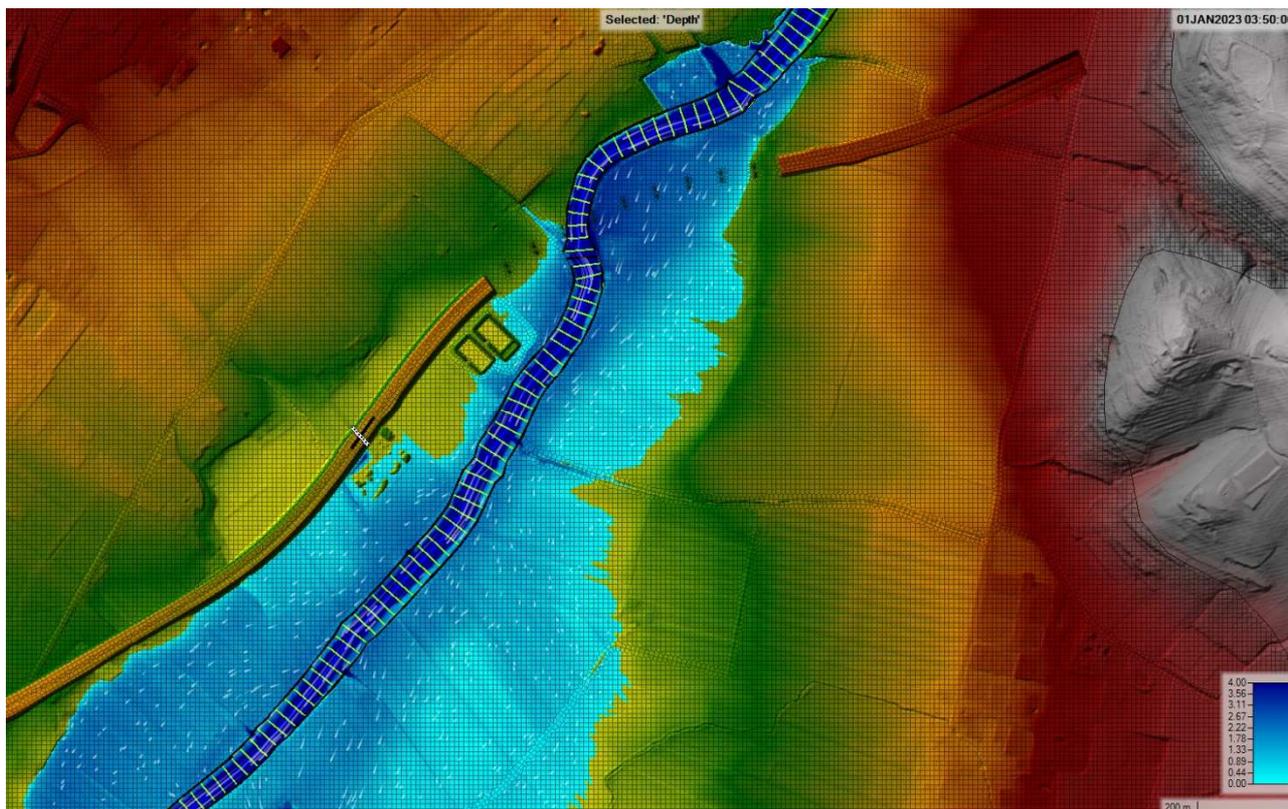


Figura 5-5: battenti massimi duecentennali (espressi in m) nella configurazione di progetto, con indicazione delle direzioni di flusso locali

In Figura 5-6 è mostrato un dettaglio nella zona dei viadotti affiancati, che mostra come 12 pile siano complessivamente interessate dalla propagazione extra-alveo delle correnti di piena duecentennali (6 per ciascun viadotto).

La direzione di flusso delle correnti di piena extra-alveo è da Nord-Est a Sud-Ovest, formando un angolo di circa 45° con le pile poste in sinistra idrografica del fiume.

PROGETTAZIONE ATI:

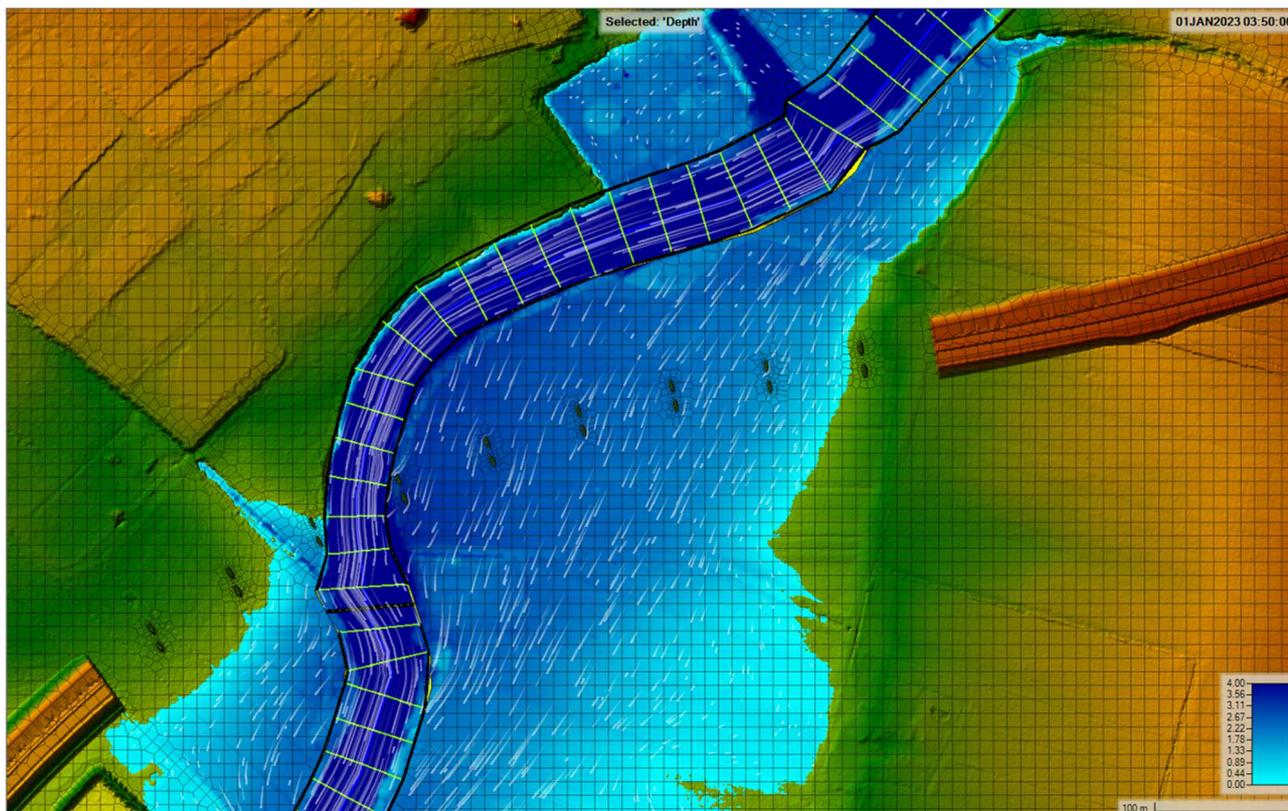


Figura 5-6: battenti massimi duecentennali (espressi in m) nella configurazione di progetto, con indicazione delle direzioni di flusso locali. Dettaglio presso le pile dei viadotti affiancati sul F. Tevere.

Nella figura seguente si riporta il profilo in asse ai viadotti affiancati di progetto, con indicazione del DTM, della quota massima della superficie libera TR200 e del valore numerico massimo, pari a 181.25 m slm.

PROGETTAZIONE ATI:

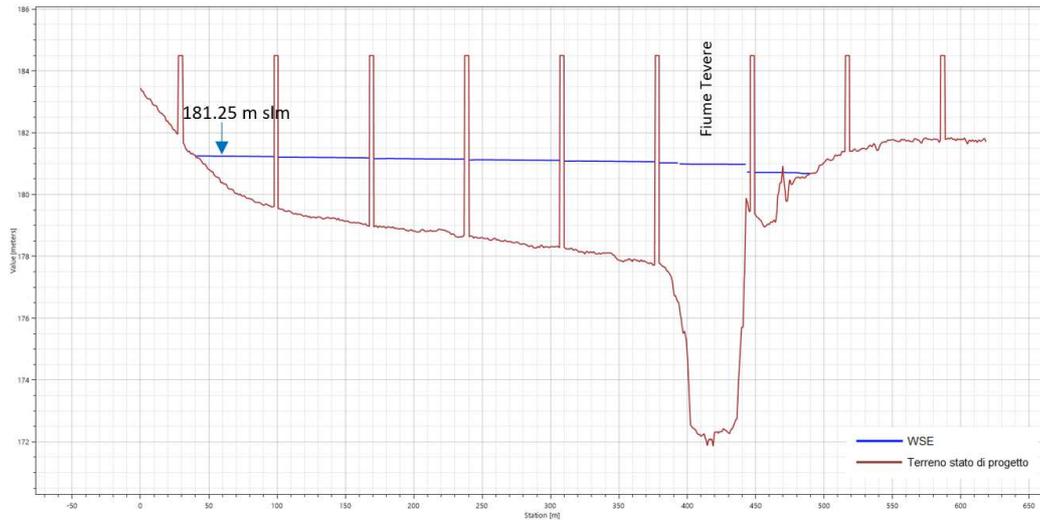
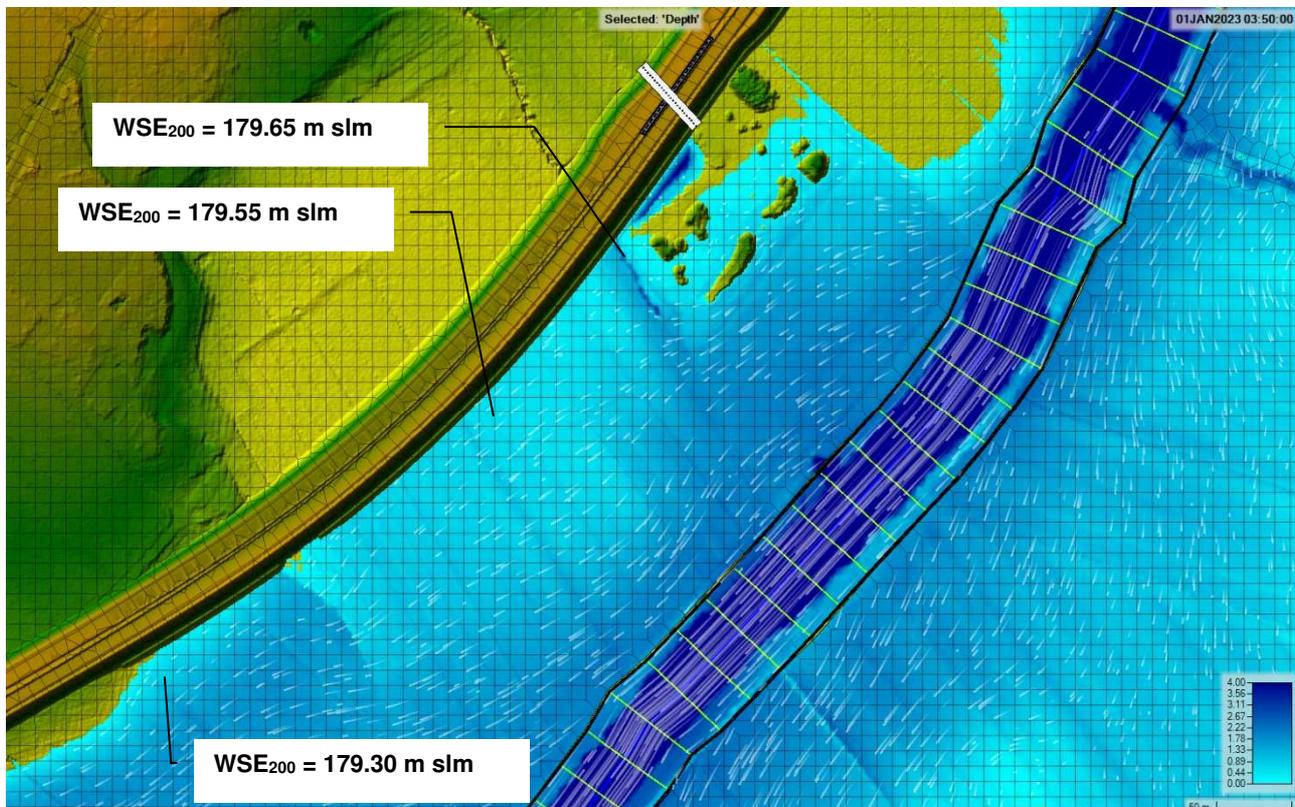


Figura 5-7: profilo in asse ai viadotti affiancati di progetto con indicazione del DTM (linea marrone), della quota massima della superficie libera TR = 200 anni (linea blu) e del valore numerico massimo espresso in m s.l.m.

Nella seguente Figura 5-8 si riporta un estratto delle condizioni di allagabilità duecentennale dell'area relativo al rilevato stradale a diretto contatto con le correnti di piena, con indicazione delle quote massime locali raggiunte dal pelo libero.



PROGETTAZIONE ATI:

Figura 5-8: battenti massimi duecentennali (espressi in m) nella configurazione di progetto, con indicazione delle direzioni di flusso locali. Dettaglio presso il rilevato stradale a sud dei viadotti.

Nelle figure seguenti sono rappresentati i risultati per l'evento TR = 500 anni. In Figura 5-10 è mostrato un dettaglio nella zona dei viadotti affiancati, che mostra come 15 pile siano complessivamente interessate dalla propagazione extra-alveo delle correnti di piena cinquecentennali (7 per il viadotto sx e 8 per il viadotto dx).

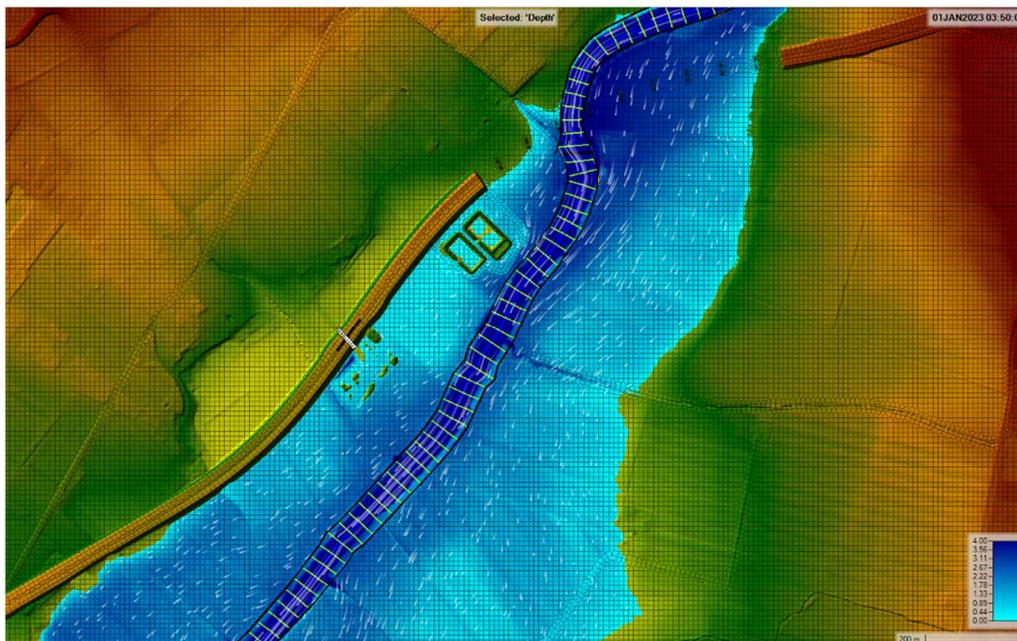


Figura 5-9: battenti massimi cinquecentennali (espressi in m) nella configurazione di progetto, con indicazione delle direzioni di flusso locali

PROGETTAZIONE ATI:

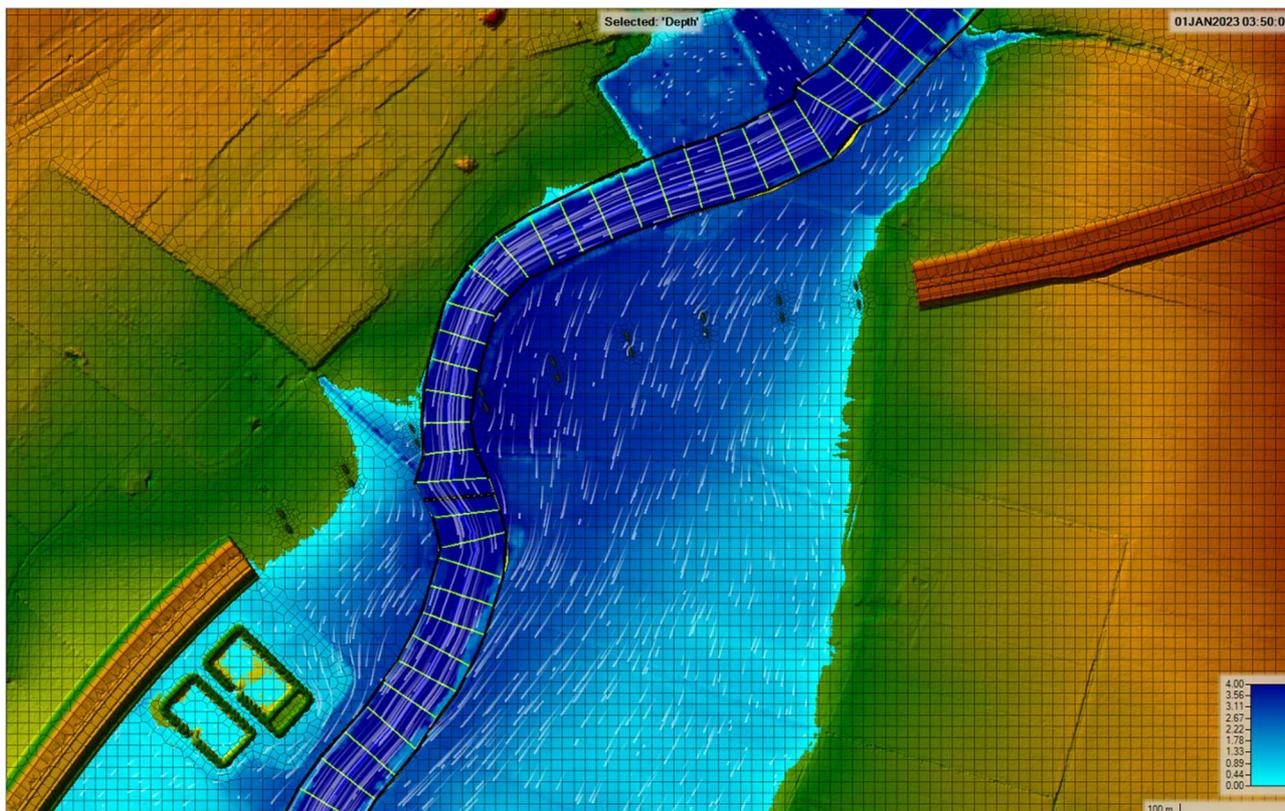


Figura 5-10: battenti massimi cinquecentennali (espressi in m) nella configurazione di progetto, con indicazione delle direzioni di flusso locali. Dettaglio presso le pile dei viadotti affiancati sul F. Tevere.

Tornando all'evento duecentennale, in Figura 5-11 e nel dettaglio di Figura 5-12 sono rappresentate le velocità locali simulate presso le pile dei viadotti, dalle quali si evince come la presenza delle pile dei due viadotti affiancati determini il tipico verificarsi di un "effetto scia" immediatamente a tergo delle stesse. È inoltre visibile il flusso che instaura tra le pile stesse.

La velocità locale massima calcolata in prossimità delle pile è pari a 0.7 m/s.

In Figura 5-13 si riporta un estratto dell'andamento delle velocità locali presso il rilevato stradale a diretto contatto con le correnti di piena. In questo caso, la velocità locale massima calcolata in prossimità dell'opera è pari a circa 0.2 m/s.

PROGETTAZIONE ATI:

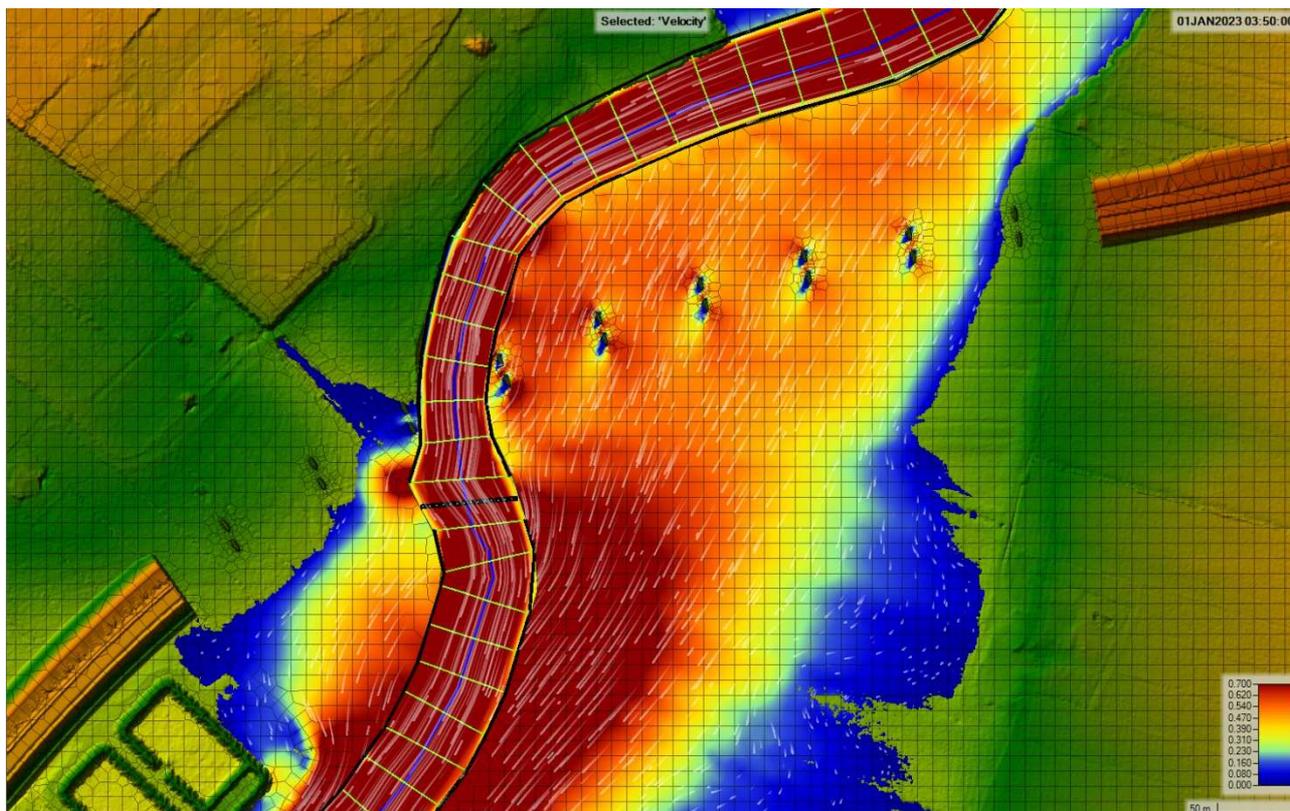


Figura 5-11: velocità massime duecentennali (espresse in m/s) nella configurazione di progetto, con indicazione delle direzioni di flusso locali. Dettaglio presso le pile dei viadotti affiancati sul F. Tevere.

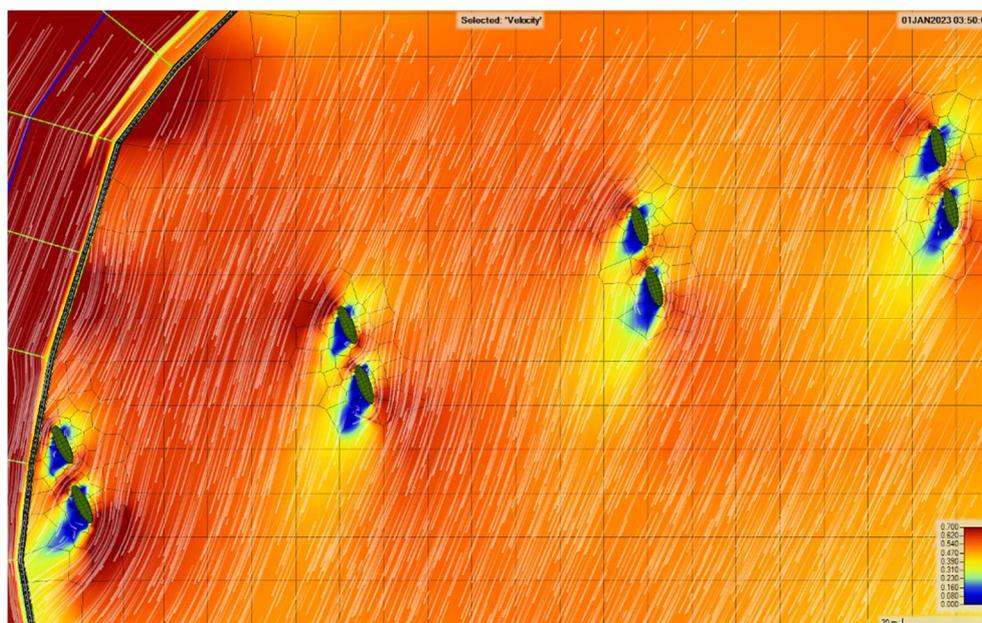


Figura 5-12: velocità massime duecentennali (espresse in m/s) nella configurazione di progetto, con indicazione delle direzioni di flusso locali. Dettaglio presso le pile in sinistra idrografica del F. Tevere.

PROGETTAZIONE ATI:

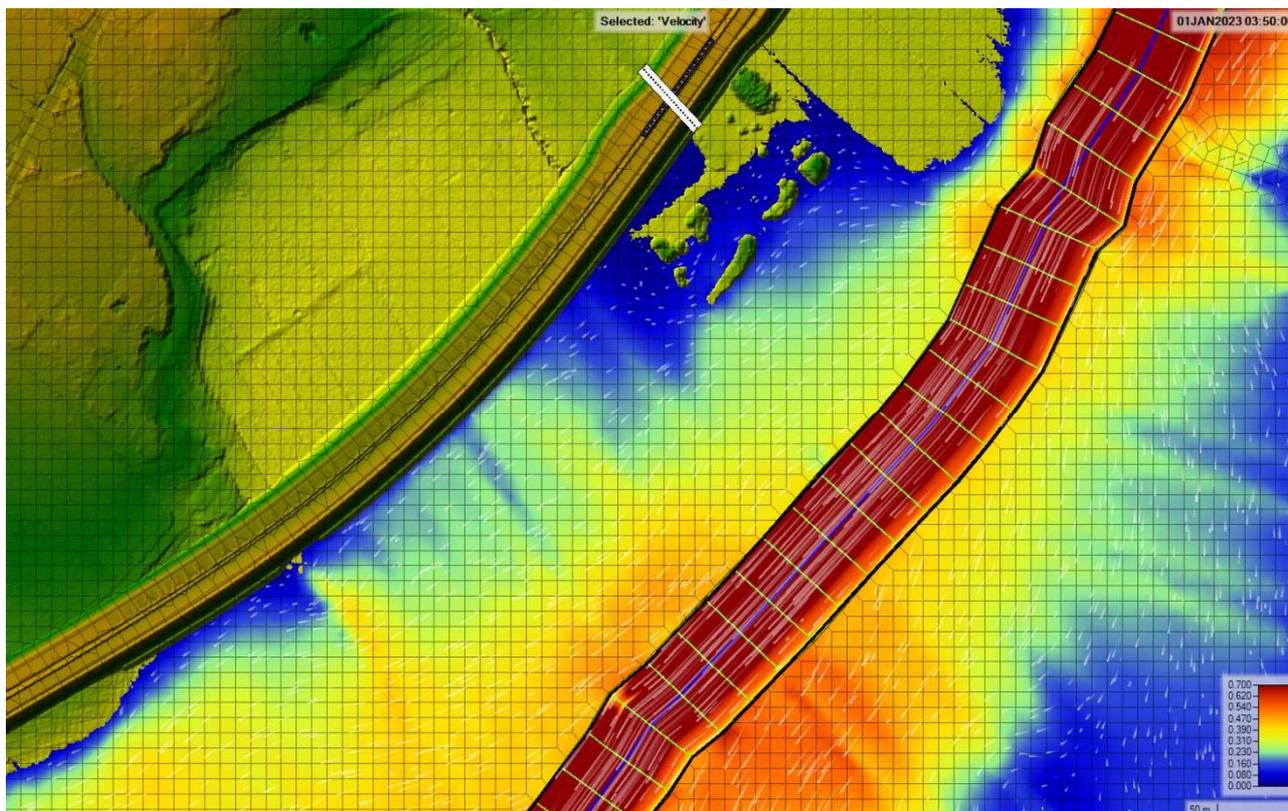


Figura 5-13: velocità massime duecentennali (espresse in m/s) nella configurazione di progetto, con indicazione delle direzioni di flusso locali. Dettaglio presso il rilevato stradale a sud dei viadotti.

Hec – Ras, attraverso l'interfaccia di RAS Mapper, oltre a mostrare mappe statiche o dinamiche delle principali grandezze idrauliche (velocità, quota della superficie idrica/pelo libero, battenti), consente di generarne altre a partire da ciò che è noto per ciascuna cella della maglia di calcolo. La mappa rappresentativa dello “*shear stress*”, ad esempio, viene generata in base alla conoscenza di densità dell'acqua, raggio idraulico e pendenza del pelo libero:

$$\tau = \gamma * R * J$$

Nel caso di celle 2D, il software calcola τ mediandolo prima su ciascuna faccia della cella, poi interpolando tra le varie facce.

Sempre con riferimento all'evento duecentennale, in Figura 5-14 è rappresentato l'andamento spaziale delle azioni tangenziali presso le pile dei viadotti, con valori massimi calcolati pari a 30÷40 N/m².

Presso il rilevato stradale a diretto contatto con le correnti di piena (Figura 5-15), le azioni tangenziali calcolate risultano ovunque inferiori a 5 N/m².

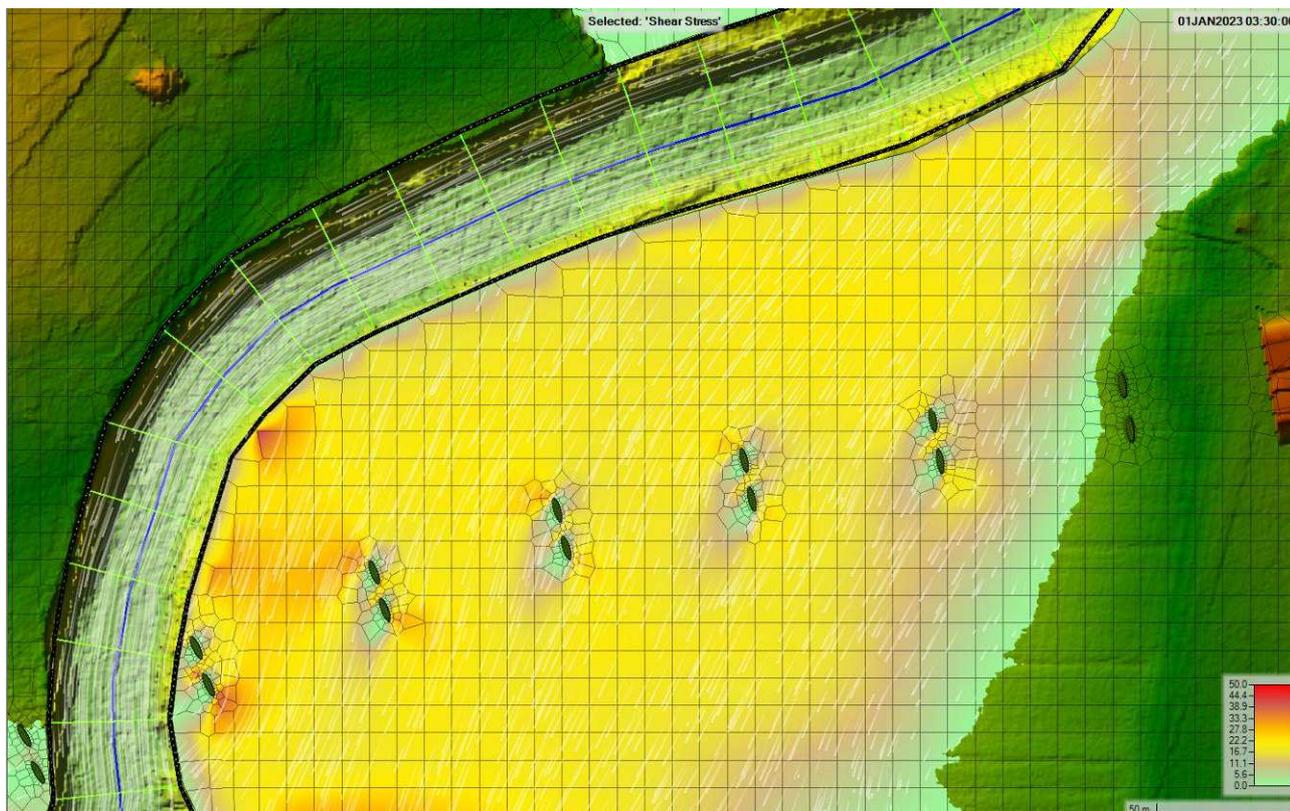
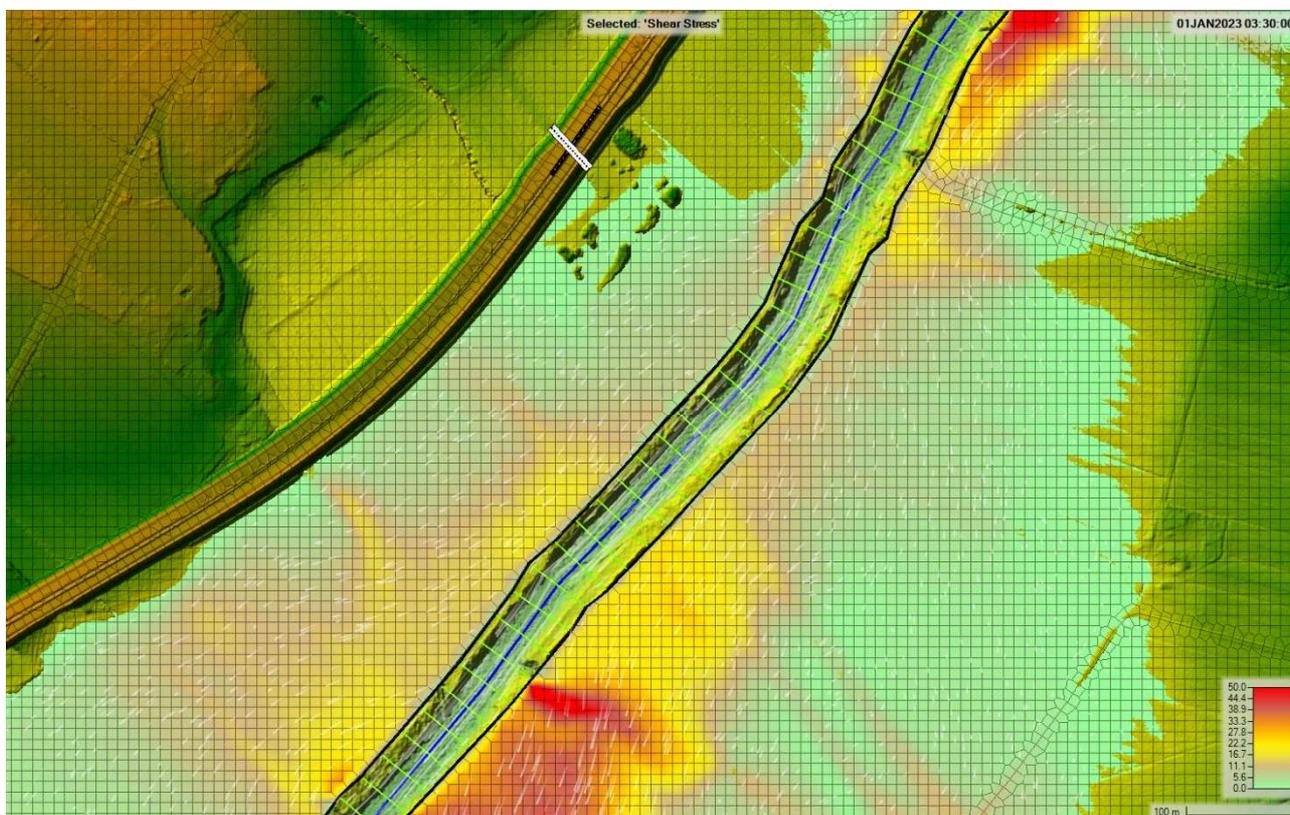


Figura 5-14: azioni tangenziali massime duecentennali (“shear stress”, espresse in N/m²) nella configurazione di progetto. Dettaglio presso le pile dei viadotti affiancati sul F. Tevere.



PROGETTAZIONE ATI:

Figura 5-15: azioni tangenziali massime duecentennali (“shear stress”, espresse in N/m²) nella configurazione di progetto. Dettaglio presso il rilevato stradale a sud dei viadotti.

5.7 VERIFICA DEL NON INCREMENTO DI RISCHIO IN ALTRE AREE

La figura seguente mostra, per lo scenario TR = 200 anni, la differenza tra i battenti calcolati nella configurazione di progetto e quelli di stato attuale, al fine di rappresentare graficamente le aree in cui la pericolosità idraulica rimane inalterata, si riduce o aumenta.

La figura mostra che nella quasi totalità del dominio di studio le differenze di quota della superficie idrica duecentennale, nel passaggio tra stato attuale e di progetto, si mantengono inferiori a circa 3 cm, quindi inferiori a quelle che potrebbero essere assunte come tolleranze di calcolo. L'unica area in cui si osserva una modificazione di pericolosità è nell'area golenale in destra idraulica dei nuovi viadotti, in cui si osserva una riduzione della pericolosità idraulica a causa del rilevato.

Quanto appena descritto dimostra che l'opera, nel tratto analizzato, non determina un aumento di rischio idraulico nelle aree contermini.



Figura 5-16: Differenze tra i battenti locali duecentennali di progetto e attuali. Il colore grigio indica differenze contenute entro 3 cm (ricomprese nelle tolleranze di calcolo), il colore verde indica una riduzione di pericolosità idraulica.

I risultati di dettaglio delle simulazioni condotte sono presentati nell'elaborato T00ID00IDRRE03 - Relazione idraulica attraversamenti maggiori, al quale si rimanda.

6 ATTRAVERSAMENTI MINORI

Il calcolo della portata di progetto è stato svolto definendo:

- le curve di possibilità pluviometrica
- le caratteristiche dei singoli bacini idrografici
- la portata di piena per assegnati periodi di ritorno

Nei paragrafi seguenti sono presentate le metodologie seguite e i risultati ottenuti per definire gli elementi sopra elencati.

Per le verifiche idrauliche dei manufatti di attraversamento si rimanda all'elaborato T00ID00IDRRE04 - Relazione idraulica attraversamenti minori, al quale si rimanda.

6.1 DEFINIZIONE DELLE ALTEZZE DI PIOGGIA

6.1.1 METODO SERVIZIO IDROGRAFICO REGIONE UMBRIA

La curva di possibilità pluviometrica è stata determinata tramite il metodo proposto dal Servizio Idrografico - Servizio risorse idriche e rischio idraulico della Regione Umbria (<https://servizioidrografico.regione.umbria.it/regionalizzazione-piogge-intense>).

PROGETTAZIONE ATI:



Servizio Risorse Idriche e Rischio Idraulico

Procedura per la stima dell'altezza di pioggia regionalizzata per fissato tempo di ritorno TR e durata D.

Per stimare l'altezza di pioggia regionalizzata per un fissato tempo di ritorno, TR, e durata D, è necessario effettuare i seguenti passaggi:

- 1) si seleziona il punto di interesse i sulla mappa grigliata 1 km x 1 km e sotto il layer "Coefficienti" si ottiene il valore medio di pioggia per la durata 24 ore, $MI(24)$, e la relativa zona di appartenenza (ZONA 1 o ZONA 2) come nell'esempio in Figura 1;



Figura 1. Valore di $MI(24)$ e la relativa zona di appartenenza per un punto all'interno della griglia di regionalizzazioni.

- 2) Il valore dell'altezza di pioggia regionalizzata $h_i(D, TR)$ di fissata durata D e tempo di ritorno TR, per ciascun punto i , può essere ricavato con la seguente espressione:

$$h_i(D, TR) = m_i(D)K_{TR} = MI(24) \left(\frac{D}{24}\right)^\alpha K_{TR}$$

dove D è la durata della pioggia (in ore), α è un coefficiente variabile in funzione della zona e K_{TR} è il fattore di crescita che varia a seconda della Zona, del tempo di ritorno, TR (anni) e della durata della pioggia D. α e K_{TR} possono essere stimati come in tabella seguente:

Coefficiente	ZONA 1		ZONA 2
α	0.27		0.26
K_{TR}	(durate 1-3 ore)	(durate 6-48 ore)	(durate 1-48 ore)
	$K_{TR}=0.631+0.3809 \ln(TR)$	$K_{TR}=0.4898+0.4671 \ln(TR)$	$K_{TR}=0.7483+0.2972 \ln(TR)$

Si sottolinea che la procedura sopra riportata è quella descritta nel rapporto “Revisione della regionalizzazione delle piogge intense mediante analisi della variabilità spatio-temporale delle precipitazioni intense” (<http://servizioidrografico.regione.umbria.it/pubblicazioni/>) attraverso la quale sono stati ottenuti i valori di pioggia regionalizzati per i tempi di ritorno (TR) pari a 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 anni e durata (D) pari a 1, 3, 6, 12, 24, 48 ore, pubblicati nel sito:

<https://servizioidrografico.regione.umbria.it/regionalizzazione>.

Si raccomanda di utilizzare la stessa procedura per ottenere valori di pioggia regionalizzati per durate D e tempi di ritorno TR differenti da quelli pubblicati nel sito. Per facilitare l'utilizzo di tale procedura è stato creato un file excel dove sono state implementate le formule per il calcolo dell'altezza di pioggia regionalizzata per una fissata zona, un fissato TR e un fissato valore di D. Si fa notare che i valori di K_{TR} calcolati nel file excel sono ottenuti facendo riferimento alle formule mostrate nella tabella sopra. Poiché tali formule derivano dall'interpolazione delle coppie T- K_{TR} in Tabella 4 del rapporto “Revisione della regionalizzazione delle piogge intense mediante analisi della variabilità spatio-temporale delle precipitazioni intense”, si potrebbero notare delle piccole differenze tra i valori di K_{TR} tabulati in Tabella 4 e quelli derivati dalla formula in excel (per i tempi di ritorno 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 anni). Questo potrebbe comportare, di conseguenza, delle piccole differenze tra i valori di pioggia regionalizzata ottenuti dalla formula excel e quelli pubblicati nel sito per gli stessi tempi di ritorno.

Infine, nelle aree in cui siano presenti pluviometri della rete regionale (individuati dal layer “Pluviometri” sulla griglia della regionalizzazione), **si raccomanda di utilizzare il valore di pioggia più cautelativo** tra la regionalizzazione e le LSPP puntuali disponibili nella pubblicazione citata precedentemente.

Nel caso specifico l'altezza di pioggia è stata determinata in relazione al punto indicato nelle figure seguenti (<https://servizioidrografico.regione.umbria.it/regionalizzazione-piogge-intense>), a cui corrispondono i seguenti valori:

- MI24 = 63.161
- Zona di interesse: 2

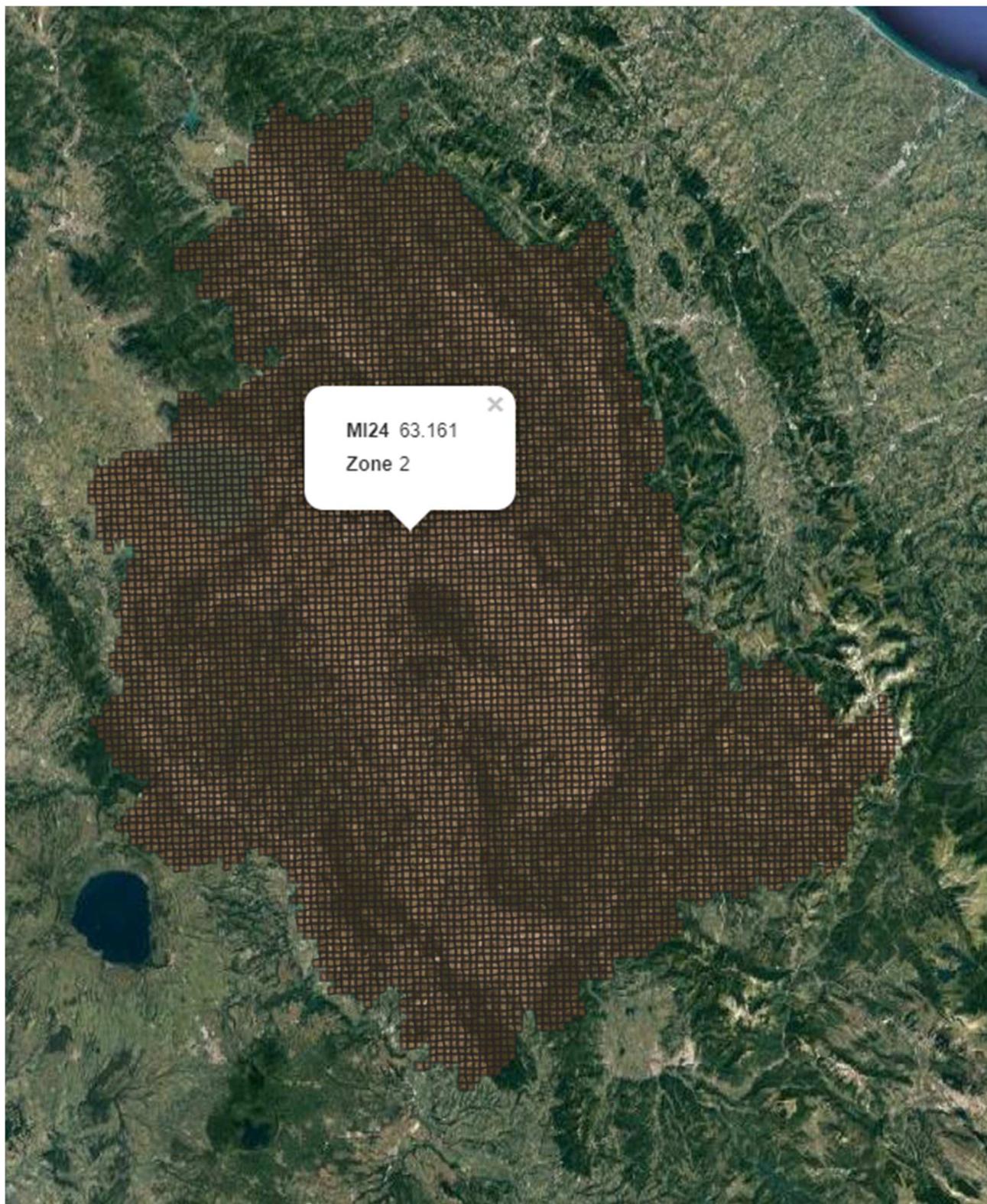


Figura 6-1: Valore di MI24 e relativa zona di appartenenza

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 6-2: Valore di MI24 e relativa zona di appartenenza - Dettaglio

PROGETTAZIONE ATI:

6.1.2 METODO SERIE STORICHE DATI PLUVIOMETRICI

Per l'individuazione delle curve LSPP, sono stati presi di riferimento i dati pluviometrici relativi alle precipitazioni orarie per durate pari a 1, 3, 6, 12, 24 ore, e a quelle inferiori all'ora (scrosci) pari a 5, 10, 15, 20, 30 minuti, con riferimento alle stazioni prossime alle opere in oggetto che risultano avere una serie storica significativa:

- Stazione pluviometrica "Perugia Santa Giuliana"
- Stazione pluviometrica "Ponte Felcino"
- Stazione pluviometrica "Ponte Nuovo di Torgiano"

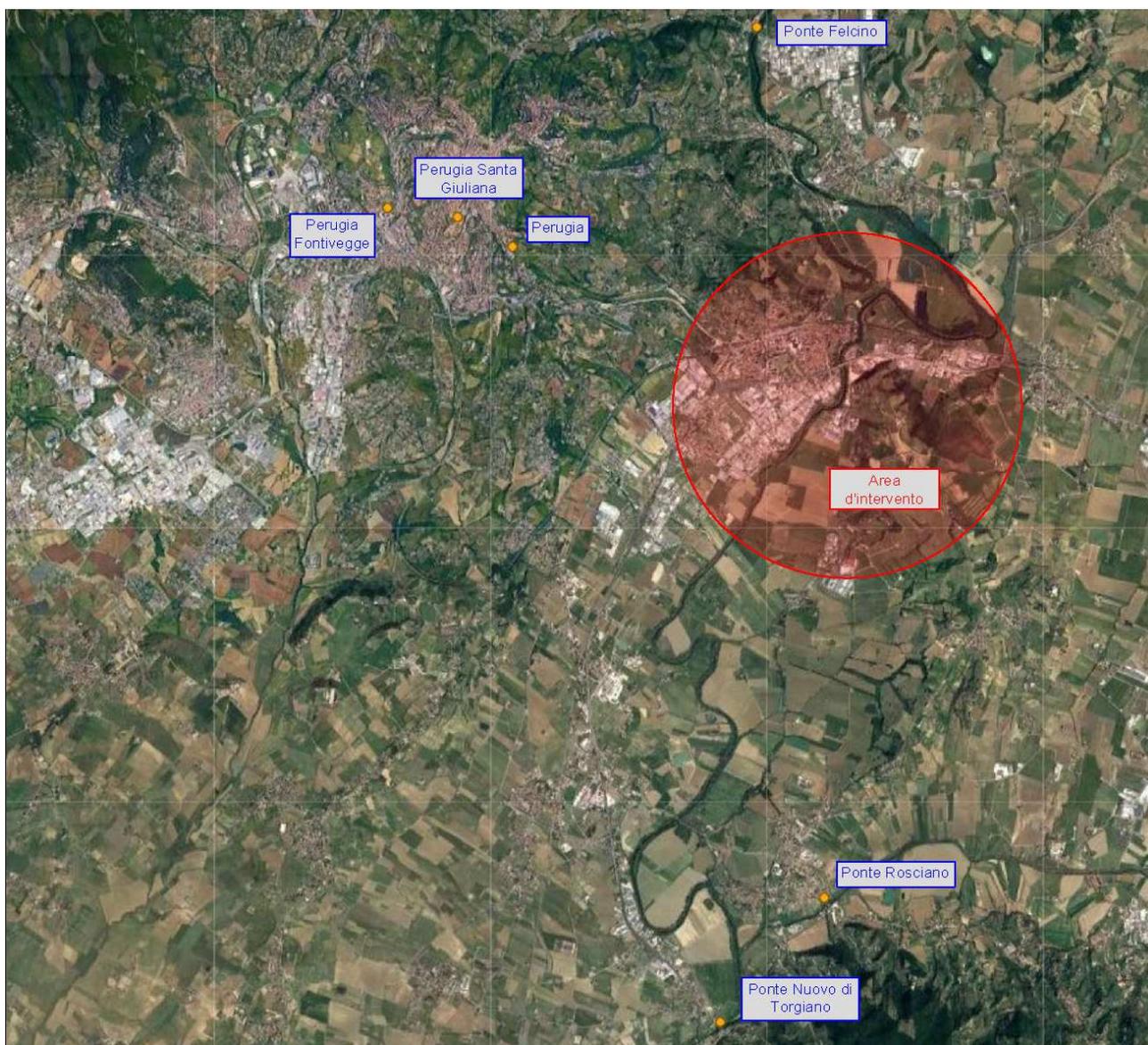


Figura 6-3: Planimetria con ubicazione delle stazioni pluviometriche di riferimento

Di seguito si riportano i dati pluviometrici ricavati sul sito del Servizio Idrografico della Regione Umbria al link <https://annali.regione.umbria.it/> utilizzati per le elaborazioni statiche relativamente alle stazioni pluviometriche sopra citate.

PROGETTAZIONE ATI:

6.1.3 DATI PLUVIOMETRICI

6.1.3.1 Stazione di misura "Perugia Santa Giuliana"

Serie osservazioni – Piogge scrosci

n	Durate				
	5 minuti	10 minuti	15 minuti	20 minuti	30 minuti
1	7.5	9.9	10.9	13.1	16.8
2	7.4	13.1	16.6	18.6	20.4
3	9.7	16.3	22.4	25.4	27.0
4	11.0	13.8	15.3	16.8	19.9
5	12.7	19.0	23.7	26.1	29.7
6	5.7	8.1	9.7	10.9	15.5
7	8.2	16.4	19.2	22.0	22.2
8	10.2	17.8	20.3	23.0	28.4
9	7.4	11.1	13.7	14.8	25.0
10	7.1	10.4	13.6	15.9	20.3
11	8.6	15.3	18.0	19.9	26.1
12	9.4	15.4	19.6	20.4	22.6
13	10.0	18.2	26.6	31.4	34.6
14	12.6	14.2	17.0	19.0	20.6
15	6.8	11.0	15.2	17.2	18.4
16	6.6	11.8	16.2	19.2	23.4
17	5.2	8.8	12.0	14.2	17.2
18	8.0	14.0	19.4	23.2	33.0
19	9.0	14.6	20.6	26.4	34.4
20	10.6	14.4	16.4	18.6	21.8
21	8.2	16.2	21.6	25.8	29.0
22	8.4	12.6	15.2	17.2	20.2
23	5.2	6.6	7.8	9.8	11.2
24	8.6	15.4	20.8	21.8	22.4
25	6.8	8.2	10.4	12.4	15.0
26	5.6	9.8	13.0	15.0	19.2
27	9.2	16.2	22.4	27.8	32.8
28	13.0	19.8	25.2	28.8	30.0

PROGETTAZIONE ATI:

Dati statistici – Piogge scrosci

Parametro	Durate				
	5 minuti	10 minuti	15 minuti	20 minuti	30 minuti
Dimensione campione	28	28	28	28	28
Somma dei dati	238.7	378.4	482.8	554.7	657.1
Valore minimo	5.2	6.6	7.8	9.8	11.2
Valore massimo	13.0	19.8	26.6	31.4	34.6
Valore medio	8.53	13.51	17.24	19.81	23.47
Dev. standard	2.17	3.52	4.84	5.65	6.24
Coeff. variazione	0.254	0.260	0.280	0.285	0.266
Coeff. asimmetria	0.468	-0.191	-0.033	0.187	0.223

Serie osservazioni – Piogge orarie

n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1	22.2	36.4	54.3	60.2	61.5
2	23.3	33.8	39.9	47.9	73.4
3	37.7	44.3	54.1	65.7	65.8
4	28.0	42.6	46.7	47.9	65.2
5	34.8	35.2	38.8	53.3	65.9
6	20.5	30.5	34.9	52.9	85.8
7	25.7	38.9	53.4	55.5	73.8
8	43.0	83.8	103.3	108.1	108.2
9	31.4	41.4	42.6	43.2	54.4
10	26.8	52.0	55.9	85.9	96.2
11	37.0	60.5	94.4	101.1	101.8
12	27.8	38.2	50.8	53.4	64.8
13	41.4	51.6	51.6	51.6	71.0
14	23.4	40.0	47.8	58.2	70.6
15	23.4	31.0	31.4	31.4	34.6
16	37.6	38.2	39.0	47.4	75.0
17	26.6	35.0	35.4	35.4	48.0
18	49.8	56.4	59.2	76.6	83.2
19	50.4	59.6	61.2	62.4	63.4
20	26.4	40.2	57.0	103.4	156.6
21	43.8	59.2	60.8	60.8	79.8
22	22.0	32.4	46.6	58.0	58.0
23	12.0	21.2	31.2	41.8	53.4
24	30.4	31.6	41.6	42.0	45.2
25	18.2	19.2	23.8	34.2	35.6
26	23.8	24.2	24.6	28.8	39.2
27	46.8	75.6	90.6	95.0	102.6
28	36.8	51.4	55.8	63.4	66.6

Dati statistici – Piogge orarie

PROGETTAZIONE ATI:

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	28	28	28	28	28
Somma dei dati	871.0	1204.4	1426.7	1665.5	1999.6
Valore minimo	12.0	19.2	23.8	28.8	34.6
Valore massimo	50.4	83.8	103.3	108.1	156.6
Valore medio	31.11	43.01	50.95	59.48	71.41
Dev. standard	9.99	15.22	19.15	21.76	25.53
Coeff. variazione	0.321	0.354	0.376	0.366	0.357
Coeff. asimmetria	0.373	0.924	1.267	0.920	1.369

6.1.3.2 Stazione di misura "Ponte felcino"

Serie osservazioni – Piogge scrosci

n	Durate				
	5 minuti	10 minuti	15 minuti	20 minuti	30 minuti
1	12.0	19.2	22.2	23.6	25.0
2	7.2	13.6	19.4	23.8	28.2
3	7.6	13.4	14.8	16.4	16.6
4	6.0	7.8	10.2	11.0	11.0
5	9.6	13.2	16.6	18.6	20.8
6	8.0	12.2	12.8	15.4	18.8
7	8.6	14.0	18.8	22.2	25.4
8	6.6	8.8	13.2	16.2	21.8
9	10.0	16.6	19.2	19.6	23.2
10	9.0	12.4	15.0	17.2	18.6
11	6.0	9.8	11.8	12.6	13.8
12	4.0	5.2	6.0	6.8	8.4
13	10.0	18.4	25.0	33.0	41.0
14	12.8	19.2	19.8	20.0	20.0
15	7.8	10.6	13.6	16.4	20.8
16	9.4	17.8	24.2	28.4	37.0
17	13.4	19.8	23.8	26.8	28.0

Dati statistici – Piogge scrosci

Parametro	Durate				
	5 minuti	10 minuti	15 minuti	20 minuti	30 minuti
Dimensione campione	17	17	17	17	17
Somma dei dati	148.0	232.0	286.4	328.0	378.4
Valore minimo	4.0	5.2	6.0	6.8	8.4
Valore massimo	13.4	19.8	25.0	33.0	41.0
Valore medio	8.71	13.65	16.85	19.29	22.26
Dev. standard	2.51	4.37	5.35	6.57	8.34
Coef. variazione	0.288	0.320	0.317	0.341	0.375
Coef. asimmetria	0.244	-0.193	-0.172	0.245	0.642

Serie osservazioni – Piogge orarie

n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1	26.8	31.4	35.6	44.2	50.6
2	17.4	26.4	32.4	40.0	61.2
3	10.2	16.8	22.8	23.8	39.0
4	23.4	39.6	46.6	47.6	68.0
5	26.2	28.6	36.8	58.4	70.2
6	24.0	24.2	28.6	47.8	75.0
7	15.4	22.2	40.4	48.0	63.8
8	32.4	56.6	73.0	96.8	97.0
9	22.4	24.2	24.2	24.2	36.8
10	40.6	57.6	59.0	59.0	94.4
11	28.8	32.8	41.6	46.4	53.4
12	32.4	38.8	38.8	48.6	72.6
13	19.8	30.8	37.8	56.0	67.0
14	12.4	24.0	29.0	30.2	35.4
15	23.4	25.2	40.0	48.0	75.4
16	26.2	33.0	34.4	35.8	53.6
17	32.8	45.2	52.4	73.6	80.6
18	23.4	28.4	39.0	42.2	42.4
19	26.6	30.0	51.8	94.4	142.6
20	25.2	43.4	48.6	68.2	97.2
21	24.0	31.0	42.2	50.0	54.2
22	14.6	28.6	37.0	46.0	55.0
23	52.2	72.2	78.6	79.6	84.6
24	20.0	29.0	29.0	34.8	44.4
25	36.4	53.2	53.8	54.0	54.0
26	53.2	78.4	100.0	102.8	111.4
27	30.4	42.6	49.0	54.8	68.0

Dati statistici – Piogge orarie

PROGETTAZIONE ATI:

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	27	27	27	27	27
Somma dei dati	720.6	994.2	1202.4	1455.2	1847.8
Valore minimo	10.2	16.8	22.8	23.8	35.4
Valore massimo	53.2	78.4	100.0	102.8	142.6
Valore medio	26.69	36.82	44.53	53.90	68.44
Dev. standard	10.30	15.21	17.24	20.52	24.68
Coeff. variazione	0.386	0.413	0.387	0.381	0.361
Coeff. asimmetria	1.036	1.359	1.643	0.977	1.141

6.1.3.3 Stazione di misura “Ponte Nuovo di Torgiano”

Serie osservazioni – Piogge scrosci

n	Durate				
	5 minuti	10 minuti	15 minuti	20 minuti	30 minuti
1	8.4	14.0	17.6	22.2	24.5
2	8.4	12.4	15.6	16.4	17.7
3	7.4	13.2	18.0	22.2	27.6
4	5.2	7.8	9.6	10.8	12.1
5	8.2	9.5	10.0	10.1	12.4
6	13.8	19.4	25.0	29.2	34.2
7	8.6	14.6	17.6	19.6	23.4
8	15.4	21.8	25.6	27.2	27.8
9	6.0	9.8	13.6	15.6	19.0
10	8.6	14.2	16.4	17.8	22.6
11	6.4	9.2	10.8	12.0	16.0
12	7.4	9.8	12.4	13.2	13.4
13	8.0	12.4	16.2	18.2	20.2
14	9.0	14.8	18.4	18.8	18.8

Dati statistici – Piogge scrosci

Parametro	Durate				
	5 minuti	10 minuti	15 minuti	20 minuti	30 minuti
Dimensione campione	14	14	14	14	14
Somma dei dati	120.8	182.9	226.8	253.3	289.7
Valore minimo	5.2	7.8	9.6	10.1	12.1
Valore massimo	15.4	21.8	25.6	29.2	34.2
Valore medio	8.63	13.06	16.20	18.09	20.69
Dev. standard	2.77	3.94	4.89	5.75	6.44
Coeff. variazione	0.322	0.301	0.302	0.318	0.311
Coeff. asimmetria	1.577	0.901	0.598	0.474	0.503

PROGETTAZIONE ATI:

Serie osservazioni – Piogge orarie

n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1	57.4	91.4	95.6	102.6	102.8
2	23.6	29.8	34.0	52.0	57.2
3	15.6	33.8	35.2	35.2	35.2
4	23.8	25.2	30.0	37.2	47.6
5	31.0	64.2	71.6	81.6	90.0
6	25.0	32.2	32.4	34.0	41.0
7	33.8	34.4	34.4	34.4	34.4
8	18.2	24.6	41.0	48.1	71.0
9	30.1	30.6	37.0	37.4	47.2
10	15.2	24.3	36.8	54.8	61.0
11	14.5	26.5	38.7	39.8	40.8
12	35.2	35.2	40.8	73.4	116.8
13	30.2	40.4	41.4	42.2	50.2
14	29.4	40.0	65.4	75.0	87.8
15	23.4	33.2	33.4	33.4	43.8
16	27.2	36.6	41.6	41.8	50.0
17	28.4	40.0	41.0	41.2	42.0
18	18.0	23.2	24.6	43.4	50.4
19	37.4	51.4	55.4	55.8	60.0
20	23.8	28.2	35.6	40.6	48.6

Dati statistici – Piogge orarie

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	20	20	20	20	20
Somma dei dati	541.2	745.2	865.9	1003.9	1177.8
Valore minimo	14.5	23.2	24.6	33.4	34.4
Valore massimo	57.4	91.4	95.6	102.6	116.8
Valore medio	27.06	37.26	43.30	50.20	58.89
Dev. standard	9.79	16.09	16.75	18.86	23.12
Coeff. variazione	0.362	0.432	0.387	0.376	0.393
Coeff. asimmetria	1.448	2.379	2.041	1.553	1.329

6.2 INDIVIDUAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI

Per la stima degli idrogrammi di piena è necessaria la determinazione dei bacini imbriferi afferenti alla nuova infrastruttura di progetto in corrispondenza dei punti di intersezione tra quest'ultima ed i corsi d'acqua ad essa interferenti, come meglio rappresentato nell'apposito elaborato "Corografia dei bacini idrografici".

Per sviluppare tale studio si è proceduto come segue:

PROGETTAZIONE ATI:

- reperimento del DEM del terreno dal sito internet <https://tinality.pi.ingv.it/> (Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia) avente maglia pari a 10 x 10 m
- reperimento del reticolo idrografico maggiore e minore dal Servizio WFS (Web Feature Service) del Geoportale Nazionale al link <http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-di-scaricamento-wfs/>
- elaborazione mediante applicativo SWAT+ del software Gis Open Source QGIS, finalizzata all'individuazione dei perimetri dei sottobacini idrografici afferenti alle opere in progetto

A mezzo delle operazioni appena descritte è stato possibile desumere le seguenti grandezze caratteristiche dei bacini:

- area del bacino idrografico
- lunghezza asta principale
- quota massima e media del bacino
- quota della sezione di chiusura del bacino
- massima distanza tra lo spartiacque e la sezione di chiusura
- pendenza media dell'asta principale
- perimetro del bacino

Per quanto riguarda la pendenza media dei versanti del bacino idrografico si è proceduto al calcolo analitico mediante metodo di Alvord-Horton (M. Ciabatti, 1982), secondo cui la pendenza media "s" (*slope*) è definita dalla seguente relazione:

$$s = \left(\frac{L_t \cdot e}{A} \right) 100$$

dove:

- L_t = lunghezza totale delle linee di livello entro il bacino (m);
- e = equidistanza delle linee di livello (m);
- A = superficie del bacino (mq).

6.2.1 USO DEL SUOLO

Per identificare l'uso del suolo dei terreni ricompresi all'interno dei perimetri dei bacini idrografici appena individuati, indispensabile per determinare il parametro del Curve Number e quindi il tempo di corrivazione del bacino, si è utilizzato il database Corine Land Cover 2018 (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>). Tale sistema suddivide le superfici secondo la classificazione riportata in "Legenda del CORINE Land Cover".

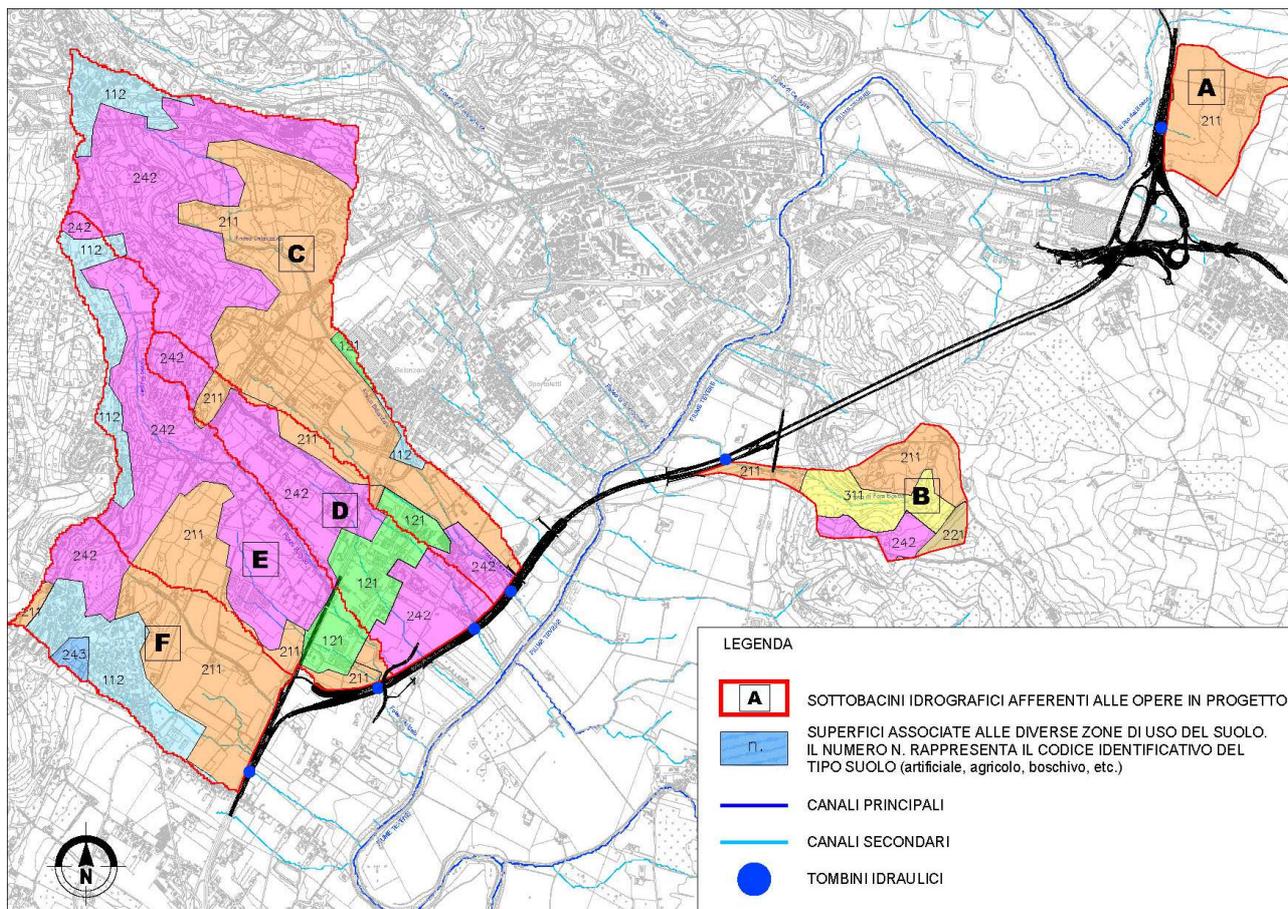


Figura 6-4: Mappa dell'uso del suolo (CLC 2018) dei bacini idrografici

Nel seguente prospetto si riportano le superfici associate ai diversi usi del suolo, individuati per ogni bacino:

		USO DEL SUOLO					
Descrizione	Cod.	BACINO A mq	BACINO B mq	BACINO C mq	BACINO D mq	BACINO E mq	BACINO F mq
Seminativi in aree non irrigue	211	0,36	0,22	1,31	0,10	0,34	0,65
Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	243	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	112	0,00	0,00	0,21	0,00	0,18	0,35
Sistemi colturali e particellari complessi	242	0,00	0,09	1,18	0,75	0,99	0,17
Boschi di latifoglie	311	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00
Vigneti	221	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati	121	0,00	0	0,08	0,20	0,12	0,00
SUPERFICIE TOTALE BACINO kmq		0,36	0,54	2,78	1,06	1,64	1,20

Legenda del CORINE Land Cover

1. SUPERFICI ARTIFICIALI
 - 1.1. Zone urbanizzate di tipo residenziale
 - 1.1.1. Zone residenziali a tessuto continuo
 - 1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado
 - 1.2. Zone industriali, commerciali ed infrastrutturali
 - 1.2.1. Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati
 - 1.2.2. Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche
 - 1.2.3. Aree portuali
 - 1.2.4. Aeroporti
 - 1.3. Zone estrattive, cantieri, discariche e terreni artefatti e abbandonati
 - 1.3.1. Aree estrattive
 - 1.3.2. Discariche
 - 1.3.3. Cantieri
 - 1.4. Zone verdi artificiali non agricole
 - 1.4.1. Aree verdi urbane
 - 1.4.2. Aree ricreative e sportive
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE
 - 2.1. Seminativi
 - 2.1.1. Seminativi in aree non irrigue
 - 2.1.2. Seminativi in aree irrigue
 - 2.1.3. Risaie
 - 2.2. Colture permanenti
 - 2.2.1. Vigneti
 - 2.2.2. Frutteti e frutti minori
 - 2.2.3. Oliveti
 - 2.3. Prati stabili (foraggiere permanenti)
 - 2.3.1. Prati stabili (foraggiere permanenti)
 - 2.4. Zone agricole eterogenee
 - 2.4.1. Colture temporanee associate a colture permanenti
 - 2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi
 - 2.4.3. Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti
 - 2.4.4. Aree agroforestali
3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI
 - 3.1. Zone boscate
 - 3.1.1. Boschi di latifoglie
 - 3.1.2. Boschi di conifere
 - 3.1.3. Boschi misti di conifere e latifoglie
 - 3.2. Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea
 - 3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie
 - 3.2.2. Brughiere e cespuglieti
 - 3.2.3. Aree a vegetazione sclerofilla
 - 3.2.4. Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione
 - 3.3. Zone aperte con vegetazione rada o assente
 - 3.3.1. Spiagge, dune e sabbie
 - 3.3.2. Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti
 - 3.3.3. Aree con vegetazione rada
 - 3.3.4. Aree percorse da incendi
 - 3.3.5. Ghiacciai e nevi perenni
4. ZONE UMIDE
 - 4.1. Zone umide interne
 - 4.1.1. Paludi interne
 - 4.1.2. Torbiere
 - 4.2. Zone umide marittime
 - 4.2.1. Paludi salmastre
 - 4.2.2. Saline
 - 4.2.3. Zone intertidali
5. CORPI IDRICI
 - 5.1. Acque continentali
 - 5.1.1. Corsi d'acqua, canali e idrovie
 - 5.1.2. Bacini d'acqua
 - 5.2. Acque marittime
 - 5.2.1. Lagune
 - 5.2.2. Estuari
 - 5.2.3. Mari e oceani

6.2.2 CURVE NUMBER

A valle della determinazione di tutti i parametri sopra menzionati è stato possibile procedere al calcolo del Curve Number di ciascun bacino idrografico mediante l'ausilio del software HYDRONLINE - SCS CURVE NUMBER (<https://www.hydronline.it/pages/calcolo/CurveNumber/>).

CN (adimensionale) – Bacino A					
USO DEL SUOLO	S [kmq]	S [%]	CN	CN dry	CN wet
AREE URBANE	<input type="text"/>				
TERRENI AGRICOLI COLTIVATI	.360	100.00	85	38	93
ALTRI TERRENI AGRICOLI	<input type="text"/>				
INTERO BACINO	.360	100.00	85	38	93

CN (adimensionale) – Bacino B					
USO DEL SUOLO	S [kmq]	S [%]	CN	CN dry	CN wet
AREE URBANE	<input type="text"/>				
TERRENI AGRICOLI COLTIVATI	.350	64.81	82	36	91
ALTRI TERRENI AGRICOLI	.190	35.19	60	26	78
INTERO BACINO	.540	100.00	74	32	87

CN (adimensionale) – Bacino C					
USO DEL SUOLO	S [kmq]	S [%]	CN	CN dry	CN wet
AREE URBANE	.290	10.43	76	34	88
TERRENI AGRICOLI COLTIVATI	2.490	89.57	81	36	91
ALTRI TERRENI AGRICOLI	<input type="text"/>				
INTERO BACINO	2.780	100.00	81	36	91

CN (adimensionale) – Bacino D					
USO DEL SUOLO	S [kmq]	S [%]	CN	CN dry	CN wet
AREE URBANE	.200	19.05	88	39	94
TERRENI AGRICOLI COLTIVATI	.850	80.95	78	34	89
ALTRI TERRENI AGRICOLI	<input type="text"/>				
INTERO BACINO	1.050	100.00	80	35	90

CN (adimensionale) – Bacino E					
USO DEL SUOLO	S [kmq]	S [%]	CN	CN dry	CN wet
AREE URBANE	.300	18.40	78	34	89
TERRENI AGRICOLI COLTIVATI	1.330	81.60	79	35	90
ALTRI TERRENI AGRICOLI	<input type="text"/>				
INTERO BACINO	1.630	100.00	79	35	90

PROGETTAZIONE ATI:

CN (adimensionale) – Bacino F					
USO DEL SUOLO	S [kmq]	S [%]	CN	CN dry	CN wet
AREE URBANE	.350	28.93	72	32	86
TERRENI AGRICOLI COLTIVATI	.820	67.77	83	37	92
ALTRI TERRENI AGRICOLI	.040	3.30	69	30	84
INTERO BACINO	1.210	100.00	80	35	90

I valori dei CN sono stati stimati in base alle varie tipologie di suolo presenti all'interno dei singoli sottobacini. In particolare nelle tabelle sopra riportate vengono indicati i valori dei CN riferiti a tutti e tre gli scenari CN(I)dry, CN(II) e CN(III)wet.

Si fa presente che per la successiva determinazione del tempo di corrivazione e quindi delle portate di massima piena è stato adottato lo scenario CN(II), in quanto ritenuto il più adeguato per evitare inopportuni sovradimensionamenti delle opere di attraversamento

6.2.3 QUADRO SINOTTICO DELLE CARATTERISTICHE DEI BACINI

Nel seguente prospetto si riportano le principali caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici interferenti con le opere in progetto, già rappresentati in Figura 1-1 della presente relazione.

GRANDEZZE CARATTERISTICHE	BACINO					
	A	B	C	D	E	F
AREA BACINO IDROGRAFICO (kmq)	0,36	0,54	2,80	1,06	1,64	1,20
LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (km)	0,15	1,15	3,80	1,92	2,97	1,47
QUOTA MASSIMA BACINO (m s.l.m.)	239	306	416	340	387	322
QUOTA MEDIA BACINO (m s.l.m.)	216	249	298	260,5	282,5	252
QUOTA SEZIONE DI CHIUSURA BACINO (m s.l.m.)	193	192	180	181	178	182
MAX DISTANZA TRA SPARTIACQUE E SEZIONE DI CHIUSURA (km)	0,799	1,420	3,990	2,490	3,295	1,886
PEND. MEDIA DEL BACINO	8,24%	17,38%	14,09%	5,26%	11,86%	9,39%
PEND. MEDIA ASTA PRINCIPALE	2,76%	5,13%	3,58%	2,60%	5,62%	4,08%
CURVE NUMBER CN (adimensionale)	85	74	81	80	79	80
PERIMETRO BACINO IDROGRAFICO (kmq)	2,68	4,12	12,63	7,79	10,28	6,24

Figura 6-5: Bacini idrografici dei corsi d'acqua minori relativi ai tombini idraulici di progetto

6.2.4 TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corrivazione di un bacino è il tempo necessario perché il bacino sia integralmente contribuente, ovvero il tempo impiegato dalla singola particella d'acqua piovuta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura.

Sulla base delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici sopra esposte è stato possibile determinare i tempi di corrivazione secondo diverse metodologie tutte definite in letteratura.

PROGETTAZIONE ATI:

$$\text{Giandotti} = (4 \cdot A^{0.5} + 1.5 \cdot L) / (0.8 \cdot (Q_{\text{med}} - Q_{\text{min}})^{0.5})$$

$$\text{Kirpick} = 0.000325 \cdot (L \cdot 1000)^{0.77} \cdot i_b^{-0.385}$$

$$\text{Johnstone and Cross} = (3.258 \cdot (D_{\text{max}} / i_b)^{0.5}) / 60$$

$$\text{California Culvert Practice} = ((11.9 \cdot (L \cdot 0.621371)^3) / ((Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}}) \cdot 3.28084))^{0.385}$$

$$\text{NRCS SCS} = (((1000 / \text{CN}) - 9)^{0.7} \cdot (D_{\text{max}} \cdot 1000)^{0.8}) / (441 \cdot (i_b \cdot 100)^{0.5})$$

$$\text{Pezzoli} = 0.055 \cdot L / i_a^{0.5}$$

$$\text{Puglisi} = 6 \cdot \text{LunghezzaAsta}^{2/3} \cdot (Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}})^{-1/3}$$

$$\text{Ventura} = 0.1272 \cdot (A / i_a)^{0.5}$$

$$\text{Tournon} = ((0.396 \cdot L) / (i_a)^{0.5}) \cdot ((A / L^2) \cdot (i_a / i_b)^{0.5})^{0.72}$$

$$\text{Pasini} = 0.108 \cdot ((A \cdot L)^{1/3}) / (i_a)^{0.5}$$

$$\text{Viparelli} = L / (3.5 \cdot 1.5)$$

Dove:

A [Km²], Area del bacino idrografico

L [Km], Lunghezza dell'asta principale

Q_{max} [m], Quota massima del bacino idrografico

Q_{med} [m], Quota media del bacino idrografico

Q_{min} [m], Quota minima del bacino idrografico

CN [0-100], Curve Number

D_{max} [Km], Distanza massima tra lo spartiacque e la sezione di chiusura

i_b [m/m], Pendenza media del bacino idrografico

i_a [m/m], Pendenza media dell'asta principale

PROGETTAZIONE ATI:

Tempo di corrivazione (ore) – Bacino A		Tempo di corrivazione (ore) – Bacino B	
GIANDOTTI:	0.68	GIANDOTTI:	0.77
VIPARELLI:	0.03	VIPARELLI:	0.21
PEZZOLI:	0.05	PEZZOLI:	0.28
PUGLISI:	0.46	PUGLISI:	1.36
VENTURA:	0.46	VENTURA:	0.41
TOURNON:	1.80	TOURNON:	0.69
PASINI:	0.24	PASINI:	0.41
KIRPICH:	0.04	KIRPICH:	0.15
JOHNSTONE - CROSS:	0.17	JOHNSTONE - CROSS:	0.16
CALIFORNIA CULVERT PRACTICE:	0.17	CALIFORNIA CULVERT PRACTICE:	0.23
NRCS - SCS:	0.34	NRCS - SCS:	0.53
Tempo di corrivazione (ore) – Bacino C		Tempo di corrivazione (ore) – Bacino D	
GIANDOTTI:	1.43	GIANDOTTI:	0.98
VIPARELLI:	0.70	VIPARELLI:	0.36
PEZZOLI:	1.10	PEZZOLI:	0.65
PUGLISI:	2.36	PUGLISI:	1.71
VENTURA:	1.12	VENTURA:	0.81
TOURNON:	1.49	TOURNON:	1.49
PASINI:	1.25	PASINI:	0.85
KIRPICH:	0.40	KIRPICH:	0.34
JOHNSTONE - CROSS:	0.29	JOHNSTONE - CROSS:	0.37
CALIFORNIA CULVERT PRACTICE:	0.57	CALIFORNIA CULVERT PRACTICE:	0.39
NRCS - SCS:	1.07	NRCS - SCS:	1.23
Tempo di corrivazione (ore) – Bacino E		Tempo di corrivazione (ore) – Bacino F	
GIANDOTTI:	1.17	GIANDOTTI:	0.98
VIPARELLI:	0.55	VIPARELLI:	0.27
PEZZOLI:	0.69	PEZZOLI:	0.40
PUGLISI:	2.09	PUGLISI:	1.49
VENTURA:	0.69	VENTURA:	0.69
TOURNON:	1.12	TOURNON:	1.40
PASINI:	0.77	PASINI:	0.64
KIRPICH:	0.35	KIRPICH:	0.22
JOHNSTONE - CROSS:	0.29	JOHNSTONE - CROSS:	0.24
CALIFORNIA CULVERT PRACTICE:	0.48	CALIFORNIA CULVERT PRACTICE:	0.29
NRCS - SCS:	1.06	NRCS - SCS:	0.74

PROGETTAZIONE ATI:

6.3 DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO

6.3.1 METODO RAZIONALE

La portata di progetto è stata determinata tramite l'applicazione della formula razionale di seguito presentata:

$$Q_c = 0.278 \cdot \frac{ARF \cdot c \cdot h(t) \cdot S}{T_c}$$

dove:

- ARF = Coefficiente di Riduzione Areale (esprime il rapporto tra l'altezza di pioggia media su tutto il bacino e l'altezza di pioggia in un punto al suo interno, valutati a parità di durata e di tempo di ritorno)
- c= coefficiente di deflusso
- h(t) = altezza di pioggia per evento di durata pari al tempo di corrivazione
- S = superficie del bacino
- T_c = tempo di corrivazione, derivante dal valore medio tra le formulazioni Ventura e Pasini

Per la stima del coefficiente di riduzione areale ARF è stata utilizzata la formulazione di Wallingford:

$$ARF = 1 - (0.0394 S^{0.354}) T_c^{(-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(S)))} \text{ per } S < 20 \text{ km}^2$$

$$ARF = 1 - (0.0394 S^{0.354}) T_c^{(-0.40+0.003832 (4.6-\ln(S)))} \text{ per } S > 20 \text{ km}^2$$

dove:

- S = superficie del bacino (km²)
- T_c = tempo di corrivazione (ore)

In considerazione dei valori di superficie e tempo di corrivazione del bacino, il coefficiente di riduzione areale è pari a 0.969.

6.3.1.1 Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso è stato definito considerando sia le caratteristiche fisiografiche che quelle di utilizzo del suolo del bacino.

In accordo con i valori della tabella dei coefficienti di deflusso sotto riportata, si è ritenuto ragionevole e ben rappresentativo della situazione in esame l'utilizzo di un coefficiente di deflusso C variabile in funzione del suolo dei diversi bacini:

BACINO A	C=0.40
BACINO B	C=0.37
BACINO C	C=0.53
BACINO D	C=0.55
BACINO E	C=0.49
BACINO F	C=0.50

PROGETTAZIONE ATI:

Coefficienti di deflusso raccomandati da Handbook of Applied Hydrology, Ven Te Chow, 1964

Tipo di suolo	c	
	Uso del suolo	
	Coltivato	Bosco
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,20	0,10
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0,40	0,30
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,50	0,40

Figura 6-6: Coefficienti di deflusso (Ven Te Chow, 1964)

6.3.1.1.1 Stima delle portate

BACINO A	TR	Altezza di pioggia	Coefficiente di deflusso	Coefficiente riduzione areale	Portata
	(anni)	(mm)	(-)	(AFR)	(m ³ /s)
	10	34.26	0.4	0.966	2.47
	25	40.69	0.4	0.966	2.93
	50	50.47	0.4	0.966	3.64
	100	55.39	0.4	0.966	3.99
	200	61.23	0.4	0.966	4.42

BACINO B	TR	Altezza di pioggia	Coefficiente di deflusso	Coefficiente riduzione areale	Portata
	(anni)	(mm)	(-)	(AFR)	(m ³ /s)
	10	31.57	0.37	0.957	3.84
	25	37.49	0.37	0.957	4.56
	50	41.90	0.37	0.957	5.10
	100	46.42	0.37	0.957	5.65
	200	50.94	0.37	0.957	6.20

PROGETTAZIONE ATI:

BACINO C	TR	Altezza di pioggia	Coefficiente di deflusso	Coefficiente riduzione areale	Portata
	(anni)	(mm)	(-)	(AFR)	(m ³ /s)
	10	47.25	0.53	0.953	11.37
	25	56.12	0.53	0.953	13.50
	50	62.71	0.53	0.953	15.08
	100	69.47	0.53	0.953	16.71
	200	76.23	0.53	0.953	18.34

BACINO D	TR	Altezza di pioggia	Coefficiente di deflusso	Coefficiente riduzione areale	Portata
	(anni)	(mm)	(-)	(AFR)	(m ³ /s)
	10	41.87	0.55	0.967	3.67
	25	49.73	0.55	0.967	4.35
	50	55.57	0.55	0.967	4.86
	100	61.56	0.55	0.967	5.39
	200	67.55	0.55	0.967	5.91

BACINO E	TR	Altezza di pioggia	Coefficiente di deflusso	Coefficiente riduzione areale	Portata
	(anni)	(mm)	(-)	(AFR)	(m ³ /s)
	10	40.15	0.49	0.955	7.84
	25	47.68	0.49	0.955	9.31
	50	53.28	0.49	0.955	10.40
	100	59.02	0.49	0.955	11.52
	200	64.77	0.49	0.955	12.64

BACINO F	TR	Altezza di pioggia	Coefficiente di deflusso	Coefficiente riduzione areale	Portata
	(anni)	(mm)	(-)	(AFR)	(m ³ /s)
	10	36.09	0.5	0.957	5.93
	25	42.85	0.5	0.957	7.04
	50	47.88	0.5	0.957	7.87
	100	53.05	0.5	0.957	8.72
	200	58.21	0.5	0.957	9.56

PROGETTAZIONE ATI:

6.3.2 METODI DI STATISTICA IDROLOGICA

Noti gli elementi geometrici significativi delle superfici drenanti si possono dimensionare le opere idrauliche in funzione degli afflussi meteorici di riferimento, rappresentati dalle curve di possibilità climatica del tipo

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

dove l'altezza di pioggia h (mm) è correlata alla durata t (ore) dell'evento ed i parametri "a" ed "n" calcolabili mediante l'analisi probabilistica in funzione del tempo di ritorno Tr , ovvero del periodo nel quale l'evento di una certa intensità può statisticamente ripetersi.

Quindi si andranno a stimare gli idrogrammi di piena secondo il modello idrologico SCS-CN che permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione e che è stato adottato per la definizione dei tempi di corrivazione.

Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino, in cui le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del CN (ove il "Curve Number che rappresenta il grado di imbibimento del suolo all'istante di inizio della precipitazione) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service).

Tale metodologia è meglio descritta in Allegato A.

La regolarizzazione delle serie di dati disponibili è stata ottenuta mediante la legge di distribuzione del massimo valore asintotico o legge doppio esponenziale o di Gumbel.

In allegato A viene descritto nel dettaglio il modello di Gumbel.

6.3.2.1 Curve di pioggia

L'interpolazione lineare su carta bilogarithmica dei dati pluviometrici, per tempi di ritorno $Tr=200$ anni, $Tr=100$ anni, $Tr=50$ anni, $Tr=25$ anni e $Tr=10$ anni porge le curve di possibilità pluviometrica (t espresso in ore e h in millimetri) descritte nei paragrafi seguenti per le singole stazioni pluviometriche analizzate, sia a partire da piogge orarie che da piogge intense (scrosci).

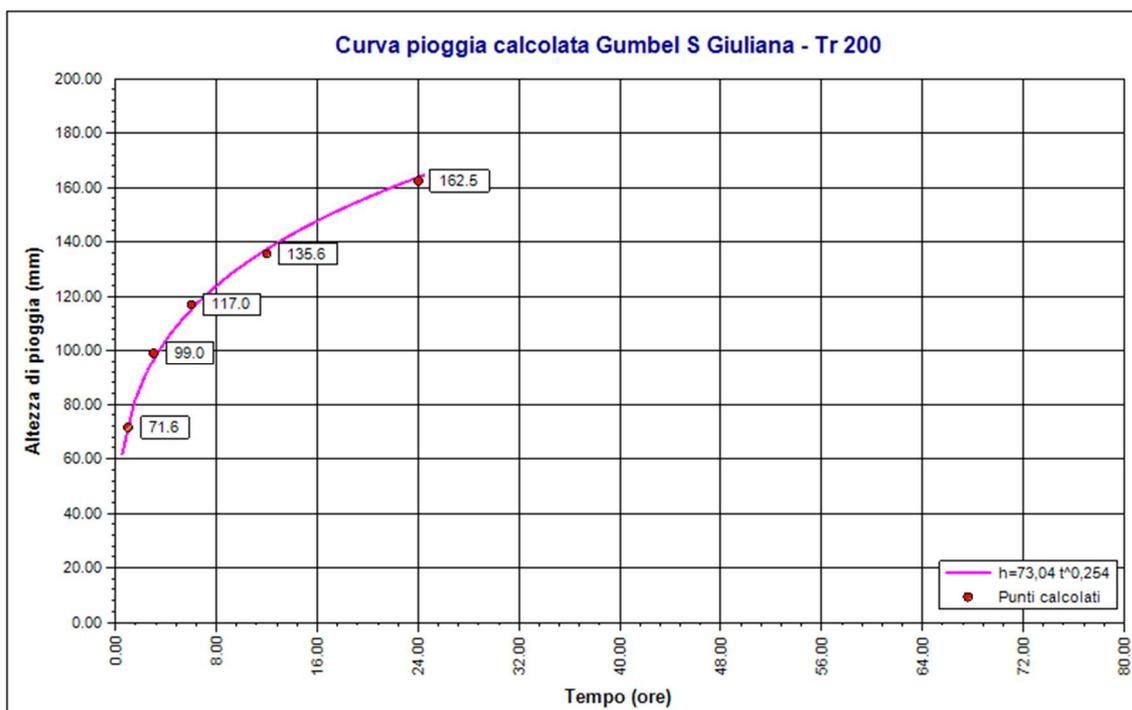
Le prime sono utili alla determinazione degli idrogrammi relativi ai bacini C, D e E, avendo questi tempi di corrivazione superiori all'ora, mentre con gli scrosci si andranno a stimare gli idrogrammi relativi ai bacini A, B e F avendo per questi ottenuto tempi di corrivazione inferiori all'ora.

Per quanto riguarda il report grafico delle curve, per brevità nella presente relazione si riportano solamente i diagrammi relativi a tempi di ritorno di 200 anni, che sono stati utilizzati per il dimensionamento delle opere di attraversamento idraulico. La rappresentazione completa delle LSPP è riportata all'interno dell'Allegato A.

Curve di pioggia - "Perugia Santa Giuliana"

Pioggie orarie

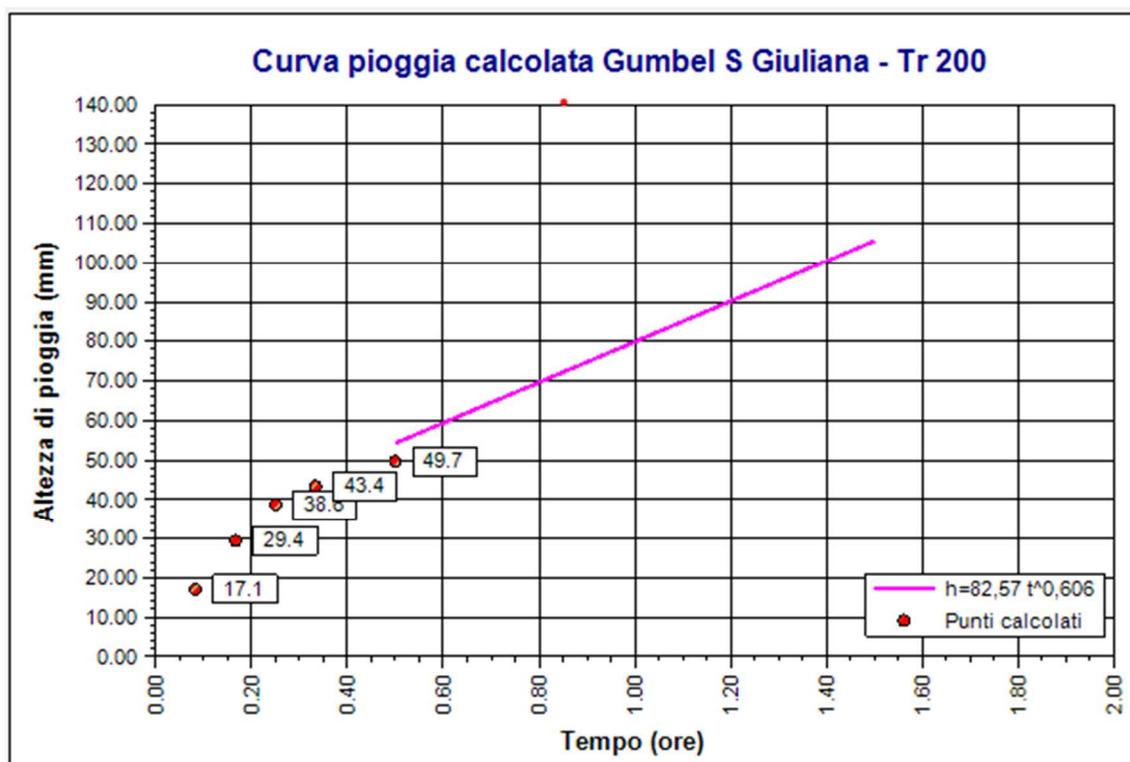
Coefficients curva – TR 200 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
73.04	0.25	1.00	$h(t) = 73,0 t^{0,254}$
Coefficients curva – TR 100 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
66.96	0.25	1.00	$h(t) = 67,0 t^{0,254}$
Coefficients curva – TR 50 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
60.86	0.25	1.00	$h(t) = 60,9 t^{0,254}$
Coefficients curva – TR 25 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
54.72	0.25	1.00	$h(t) = 54,7 t^{0,254}$
Coefficients curva – TR 10 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
46.43	0.25	1.00	$h(t) = 46,4 t^{0,255}$



PROGETTAZIONE ATI:

Pioggie intense - Scrosci

Coefficienti curva – TR 200 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
82.57	0.61	0.98	$h(t) = 82,6 t^{0,606}$
Coefficienti curva – TR 100 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
75.84	0.60	0.99	$h(t) = 75,8 t^{0,603}$
Coefficienti curva – TR 50 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
69.09	0.60	0.99	$h(t) = 69,1 t^{0,600}$
Coefficienti curva – TR 25 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
62.29	0.60	0.99	$h(t) = 62,3 t^{0,597}$
Coefficienti curva – TR 10 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
53.13	0.59	0.99	$h(t) = 53,1 t^{0,590}$

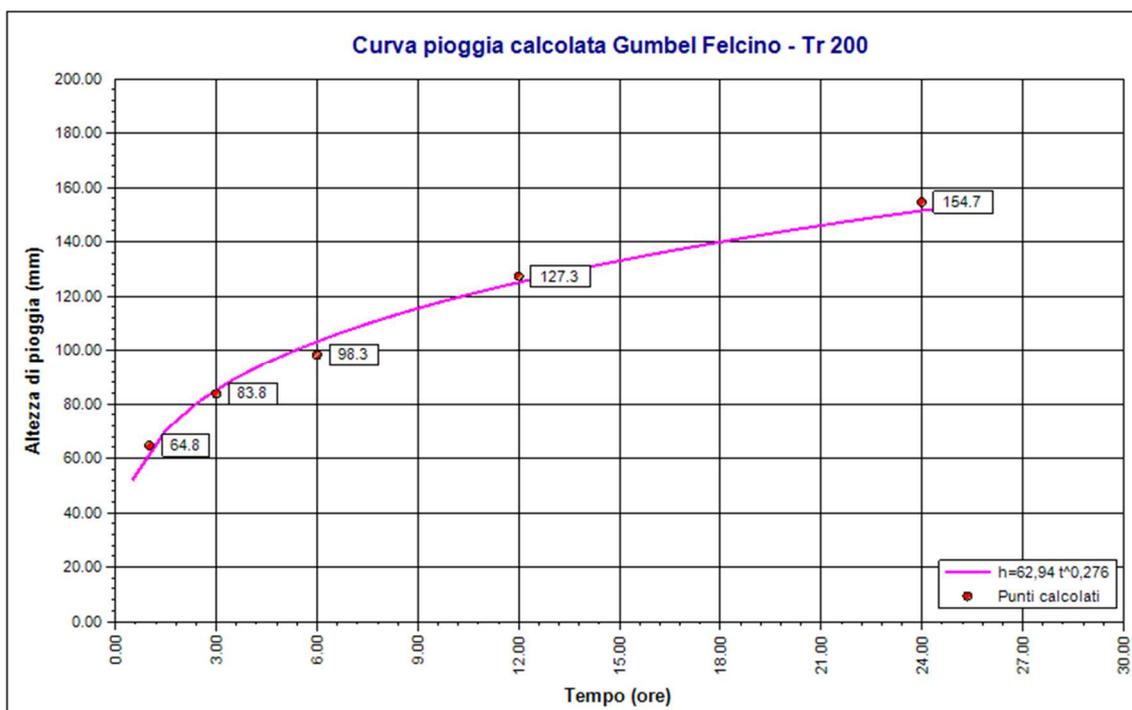


PROGETTAZIONE ATI:

Curve di pioggia - "Ponte Felcino"

Piogge orarie

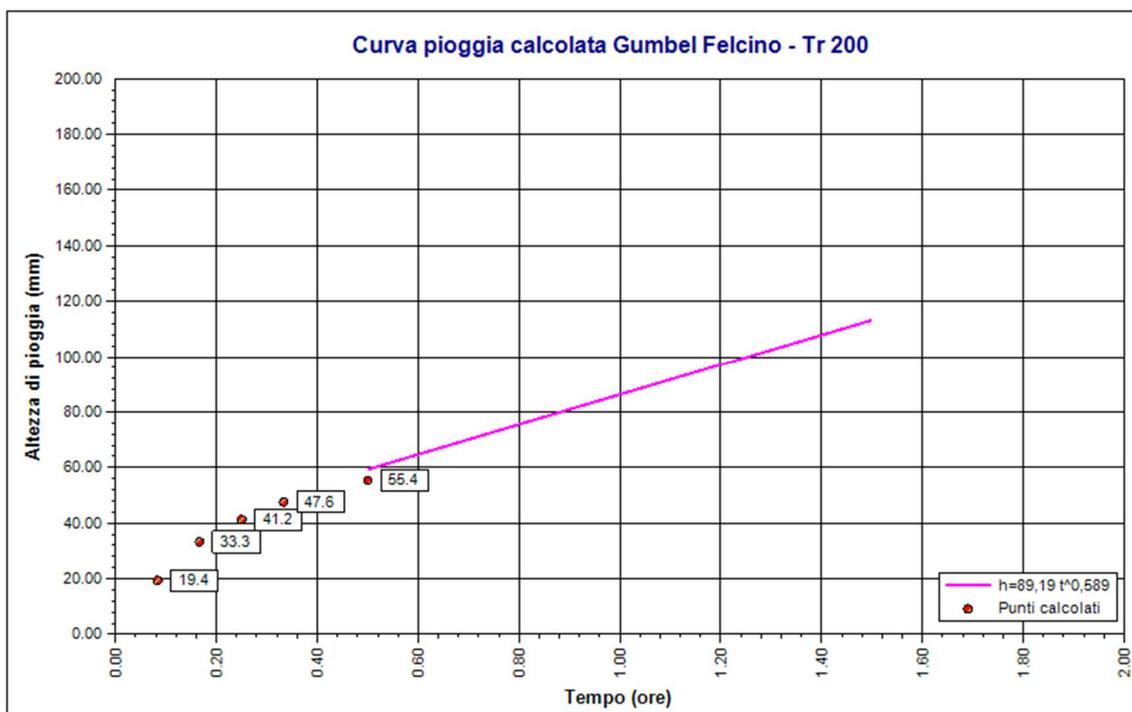
Coefficienti curva – TR 200 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
62.94	0.28	1.00	$h(t) = 62,9 t^{0,276}$
Coefficienti curva – TR 100 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
57.56	0.28	1.00	$h(t) = 57,6 t^{0,278}$
Coefficienti curva – TR 50 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
52.16	0.28	1.00	$h(t) = 52,2 t^{0,279}$
Coefficienti curva – TR 25 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
46.72	0.28	1.00	$h(t) = 46,7 t^{0,280}$
Coefficienti curva – TR 10 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
39.39	0.28	1.00	$h(t) = 39,4 t^{0,283}$



PROGETTAZIONE ATI:

Piogge intense - Scrosci

Coefficients curva – TR 200 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
89.19	0.59	0.99	$h(t) = 89,2 t^{0.589}$
Coefficients curva – TR 100 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
81.07	0.59	0.99	$h(t) = 81,1 t^{0.585}$
Coefficients curva – TR 50 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
72.93	0.58	0.99	$h(t) = 72,9 t^{0.580}$
Coefficients curva – TR 25 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
64.73	0.57	0.99	$h(t) = 64,7 t^{0.574}$
Coefficients curva – TR 10 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
53.69	0.56	0.99	$h(t) = 53,7 t^{0.563}$

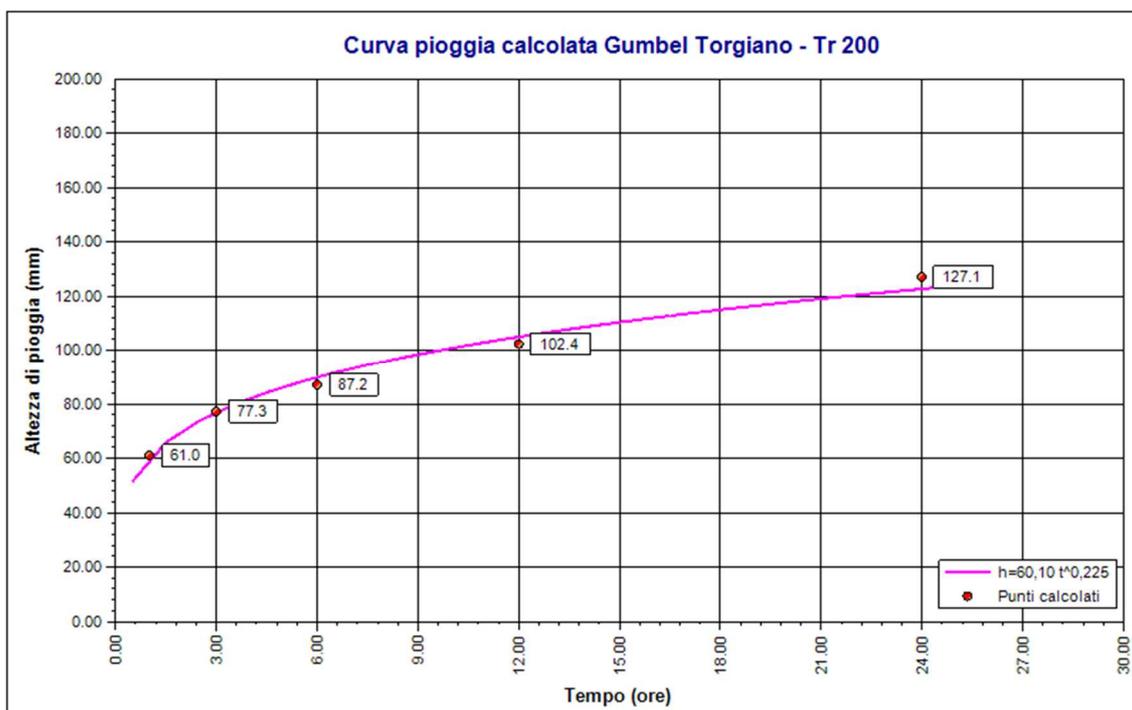


PROGETTAZIONE ATI:

Curve di pioggia - "Ponte Nuovo di Torgiano"

Piogge orarie

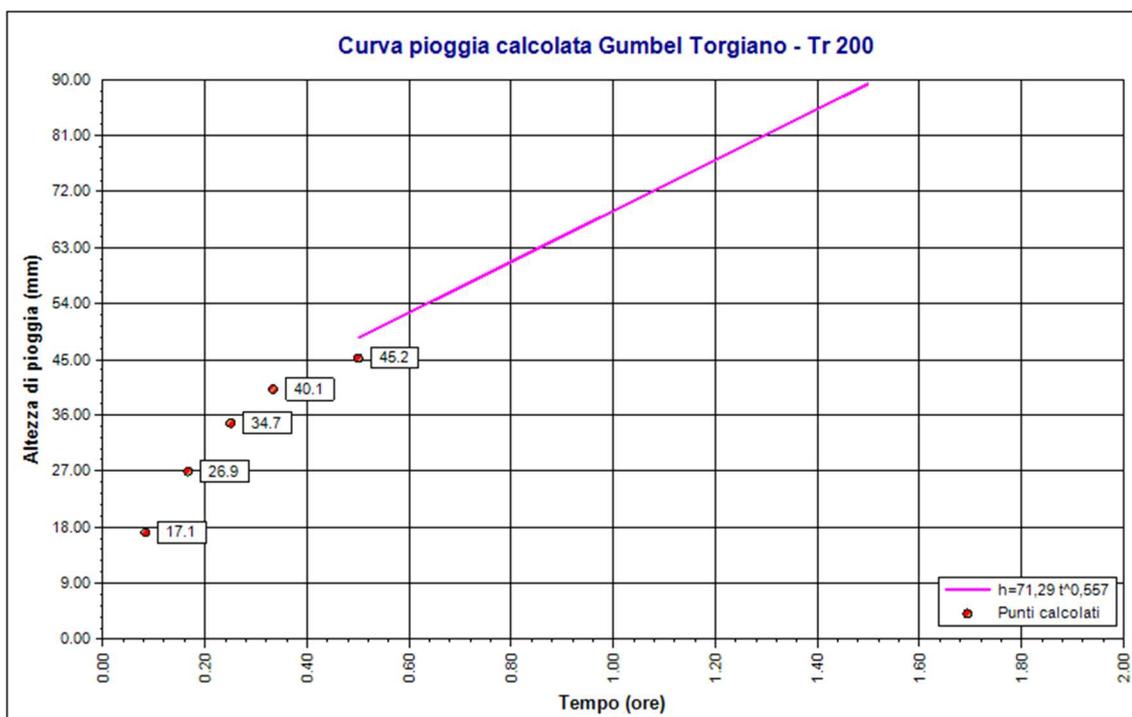
Coefficients curva – TR 200 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
60.10	0.22	0.99	$h(t) = 60,1 t^{0,225}$
Coefficients curva – TR 100 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
55.29	0.23	1.00	$h(t) = 55,3 t^{0,225}$
Coefficients curva – TR 50 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
50.46	0.23	1.00	$h(t) = 50,5 t^{0,226}$
Coefficients curva – TR 25 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
45.60	0.23	1.00	$h(t) = 45,6 t^{0,228}$
Coefficients curva – TR 10 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
39.04	0.23	1.00	$h(t) = 39,0 t^{0,230}$



PROGETTAZIONE ATI:

Piogge intense – Scrosci

Coefficienti curva – TR 200 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
71.29	0.56	0.99	$h(t) = 71,3 t^{0,557}$
Coefficienti curva – TR 100 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
65.33	0.55	0.99	$h(t) = 65,3 t^{0,552}$
Coefficienti curva – TR 50 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
59.35	0.55	0.99	$h(t) = 59,3 t^{0,547}$
Coefficienti curva – TR 25 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
53.33	0.54	0.99	$h(t) = 53,3 t^{0,541}$
Coefficienti curva – TR 10 anni			Espressione
a	n	correlazione (r)	
45.22	0.53	0.99	$h(t) = 45,2 t^{0,531}$



6.3.2.2 Combinazione delle curve di pioggia

Per meglio interpretare le elaborazioni dei dati pluviometrici delle tre stazioni prese di riferimento, sono state combinate le curve di pioggia assegnando un coefficiente di importanza da 0 a 100 in

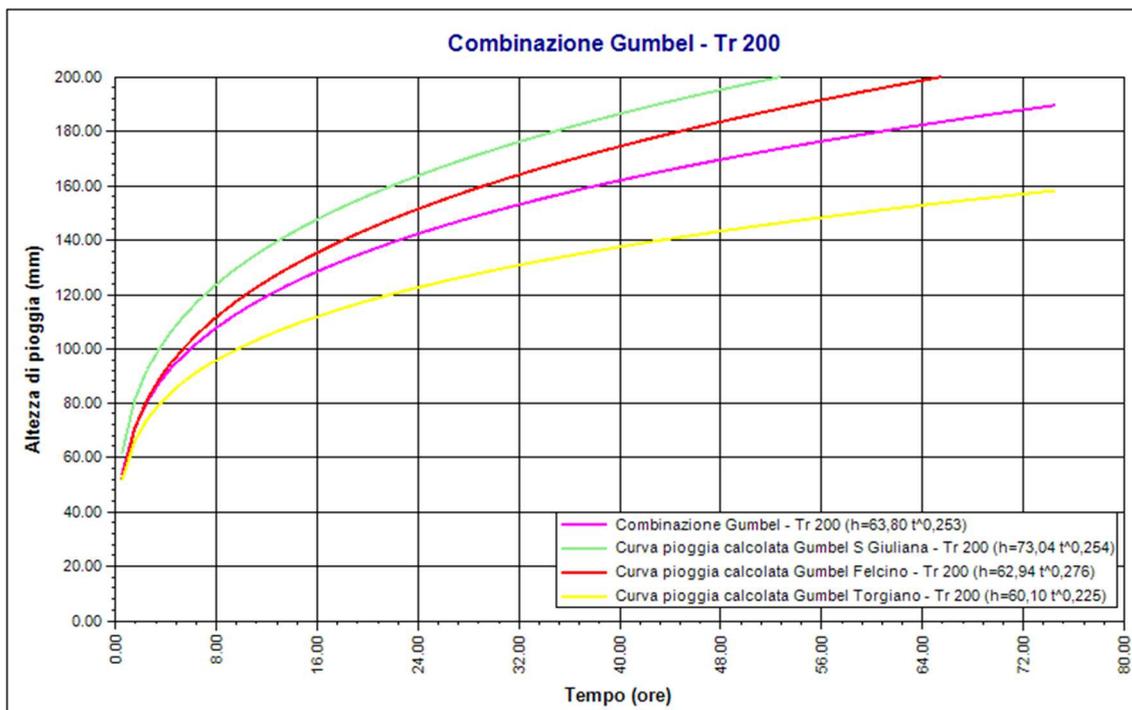
PROGETTAZIONE ATI:

base alla posizione dell'opera rispetto alla stazione pluviometrica. Cioè si assegna un valore maggiore alle stazioni che si trovano più vicine all'opera in questione.

Nel caso in oggetto si è associato un coefficiente di importanza maggiore alle stazioni di "Ponte Felcino" e "Ponte Nuovo di Torgiano" in quanto più significative essendo lungo l'asta del Fiume Tevere (valore pari a 40 per ognuna) e il valore rimanente di 20 alla stazione "Perugia Santa Giuliana". Pertanto i valori dei parametri "a" ed "n" per i diversi tempi di ritorno risultano:

Piogge orarie

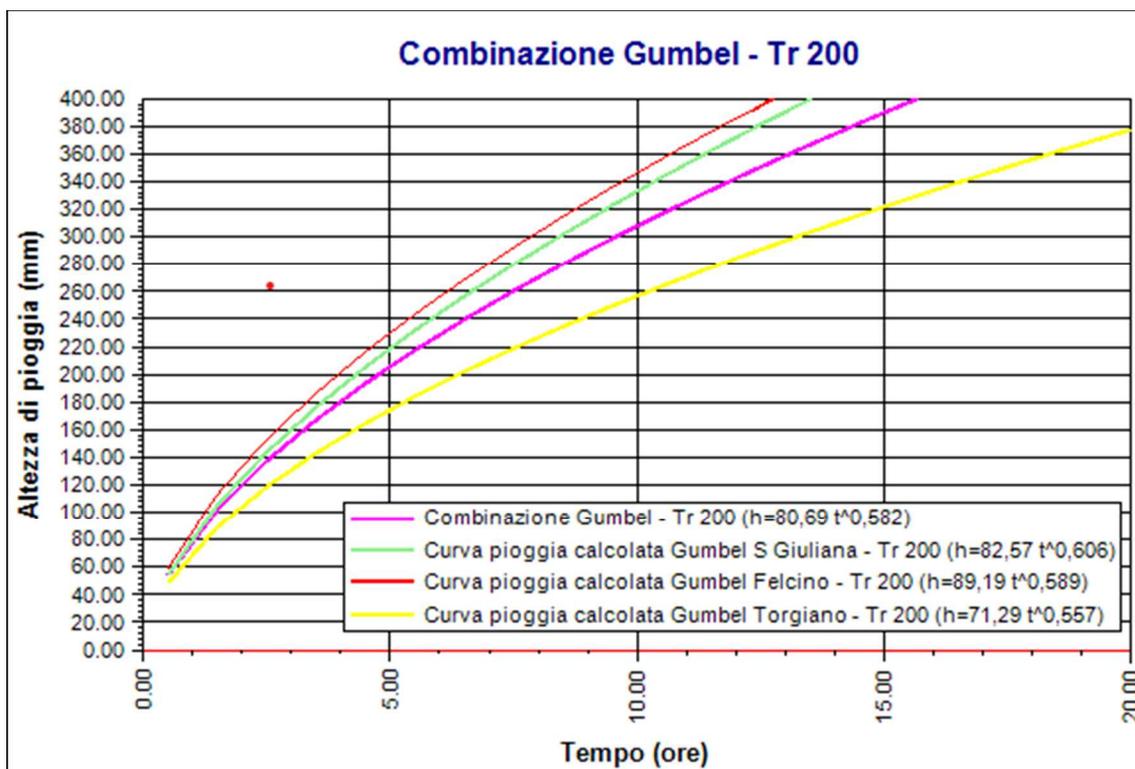
Coefficienti curva – TR 200 anni		Espressione
a	n	
63.80	0.25	$h(t) = 63,8 t^{0,253}$
Coefficienti curva – TR 100 anni		Espressione
a	n	
58.52	0.25	$h(t) = 58,5 t^{0,253}$
Coefficienti curva – TR 50 anni		Espressione
a	n	
53.21	0.25	$h(t) = 53,2 t^{0,254}$
Coefficienti curva – TR 25 anni		Espressione
a	n	
47.86	0.26	$h(t) = 47,9 t^{0,255}$
Coefficienti curva – TR 10 anni		Espressione
a	n	
40.64	0.26	$h(t) = 40,6 t^{0,257}$



PROGETTAZIONE ATI:

Pioggie intense – Scrosci

Coefficienti curva – TR 200 anni		Espressione
a	n	
80.69	0.58	$h(t) = 80,7 t^{0,582}$
Coefficienti curva – TR 100 anni		Espressione
a	n	
73.71	0.58	$h(t) = 73,7 t^{0,578}$
Coefficienti curva – TR 50 anni		Espressione
a	n	
66.71	0.57	$h(t) = 66,7 t^{0,573}$
Coefficienti curva – TR 25 anni		Espressione
a	n	
59.67	0.57	$h(t) = 59,7 t^{0,568}$
Coefficienti curva – TR 10 anni		Espressione
a	n	
50.18	0.56	$h(t) = 50,2 t^{0,558}$



PROGETTAZIONE ATI:

6.4 IDROGRAMMI DI PIENA

Un idrogramma è un grafico che mostra le variazioni nel tempo di alcuni parametri idrologici come il livello dell'acqua, la portata minima o il carico dei sedimenti riferiti a un determinato corso d'acqua. Nei casi in esame viene rappresentata la portata, intesa come il flusso d'acqua transitante in una data sezione in funzione del tempo (mc/s).

Un idrogramma permette di osservare:

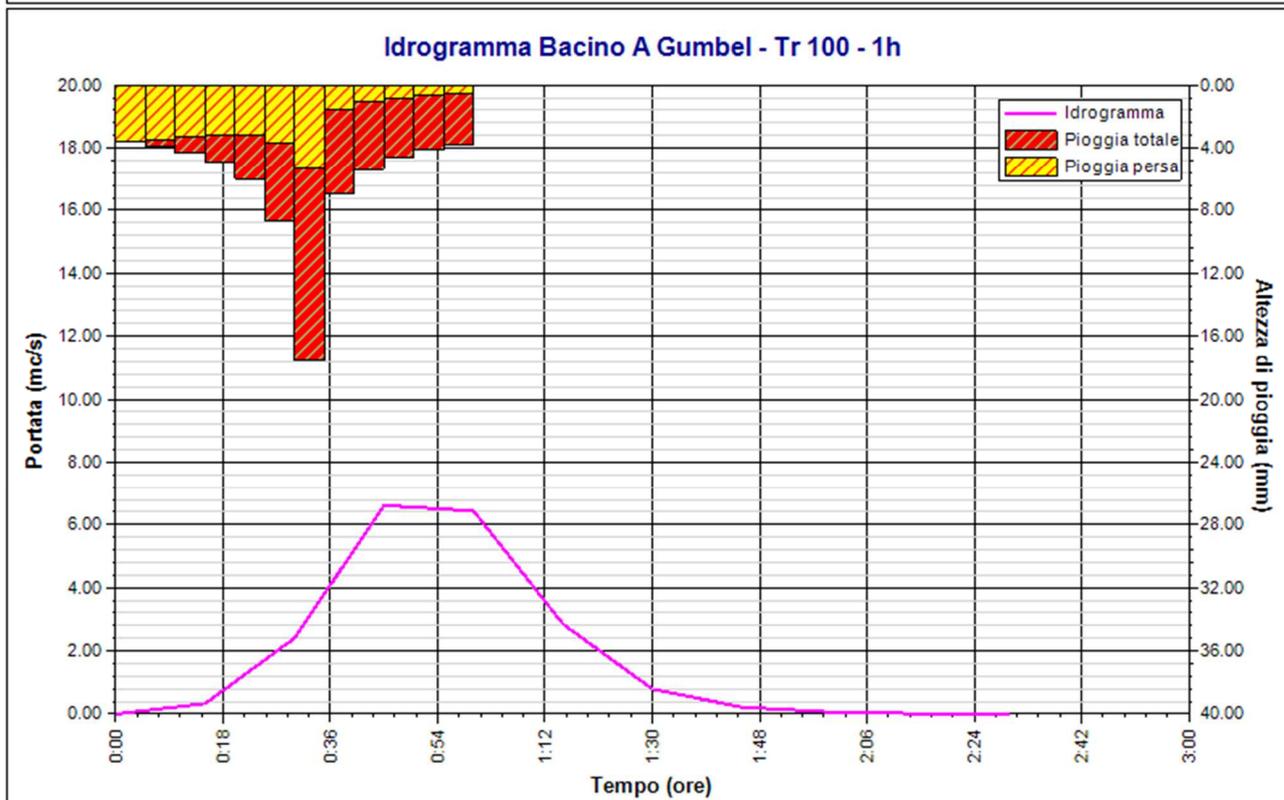
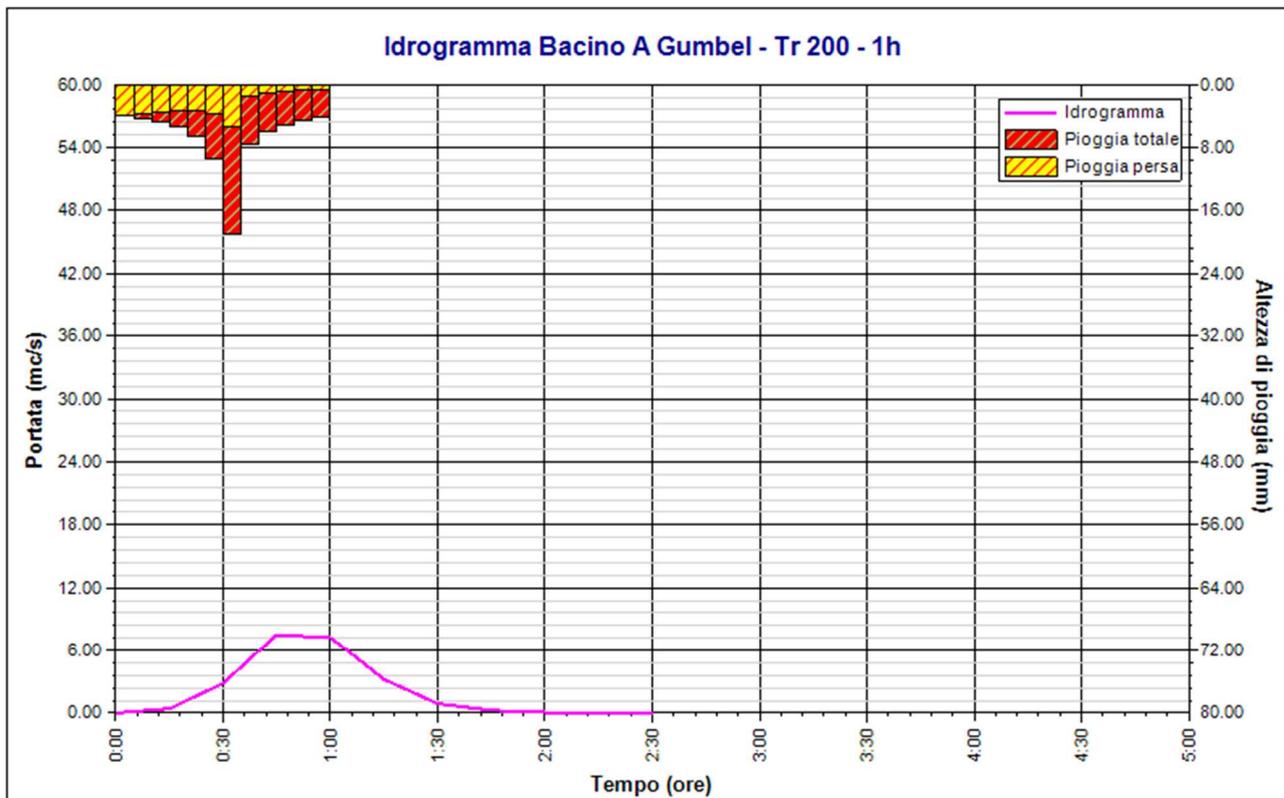
- le variazioni della portata durante il decorso di una precipitazione o nel corso di un anno idrografico;
- il picco di portata massima;
- il "flusso di base" o apporto delle acque sotterranee;
- le variazioni stagionali della portata, quando il grafico copre un periodo di uno o più anni;

Per la determinazione degli idrogrammi relativi ai sottobacini del corso d'acqua nei vari scenari, lo studio si è basato sull'applicazione del modello di trasformazione degli afflussi netti in deflussi secondo l'idrogramma del SCS, la cui metodologia di calcolo è descritta nell'Allegato A.

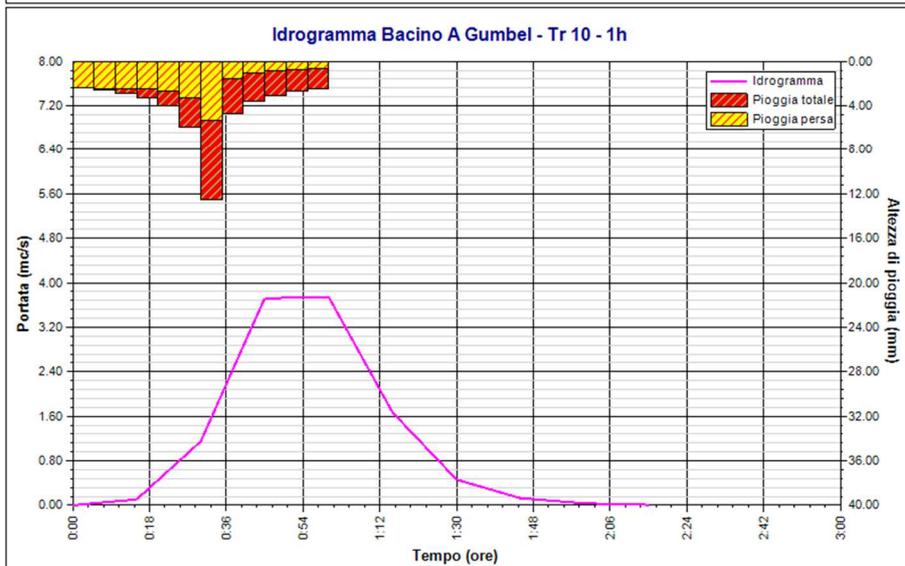
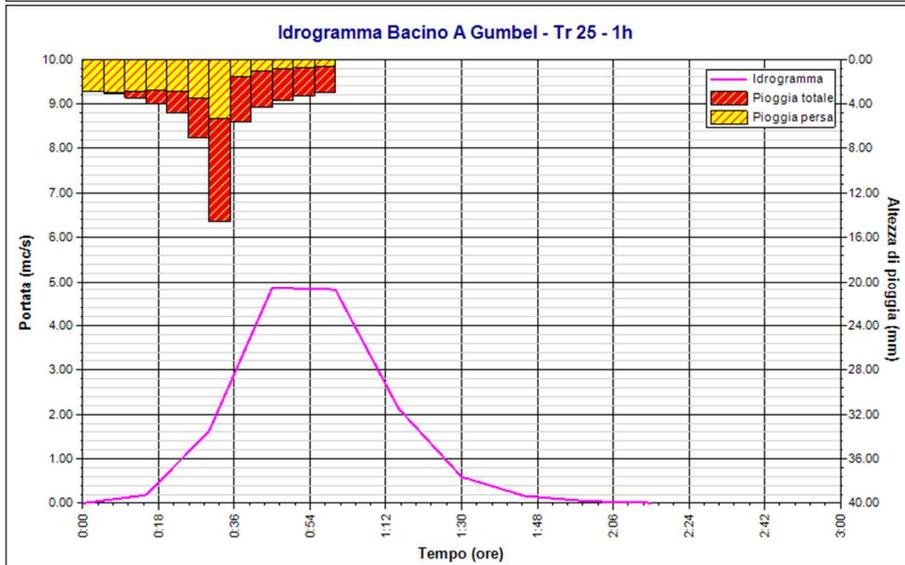
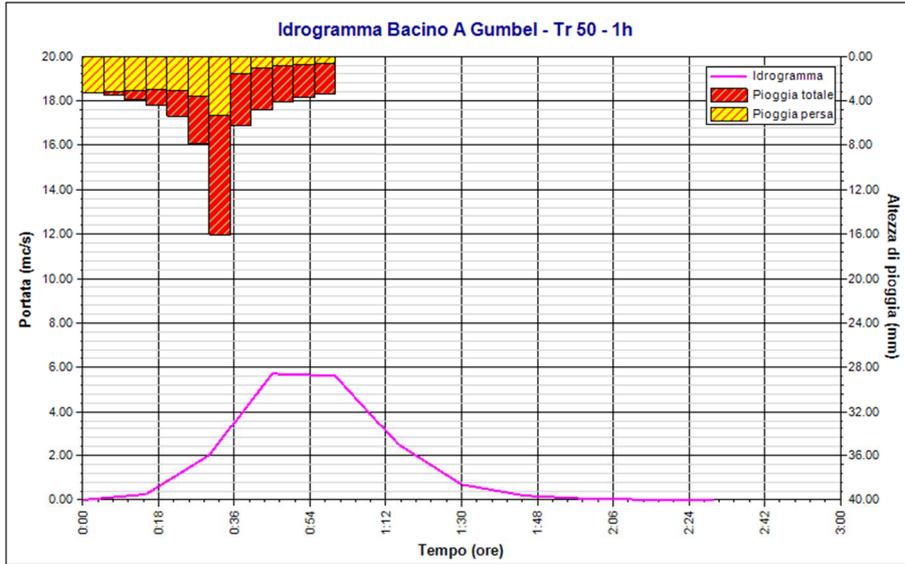
Di seguito si riportano le risultanze grafiche di interesse progettuale, cioè quelle relative alla sezione prossima alle opere d'arte di attraversamento idraulico, per i diversi tempi di ritorno.

PROGETTAZIONE ATI:

6.4.1 IDROGRAMMA DI PIENA – BACINO A

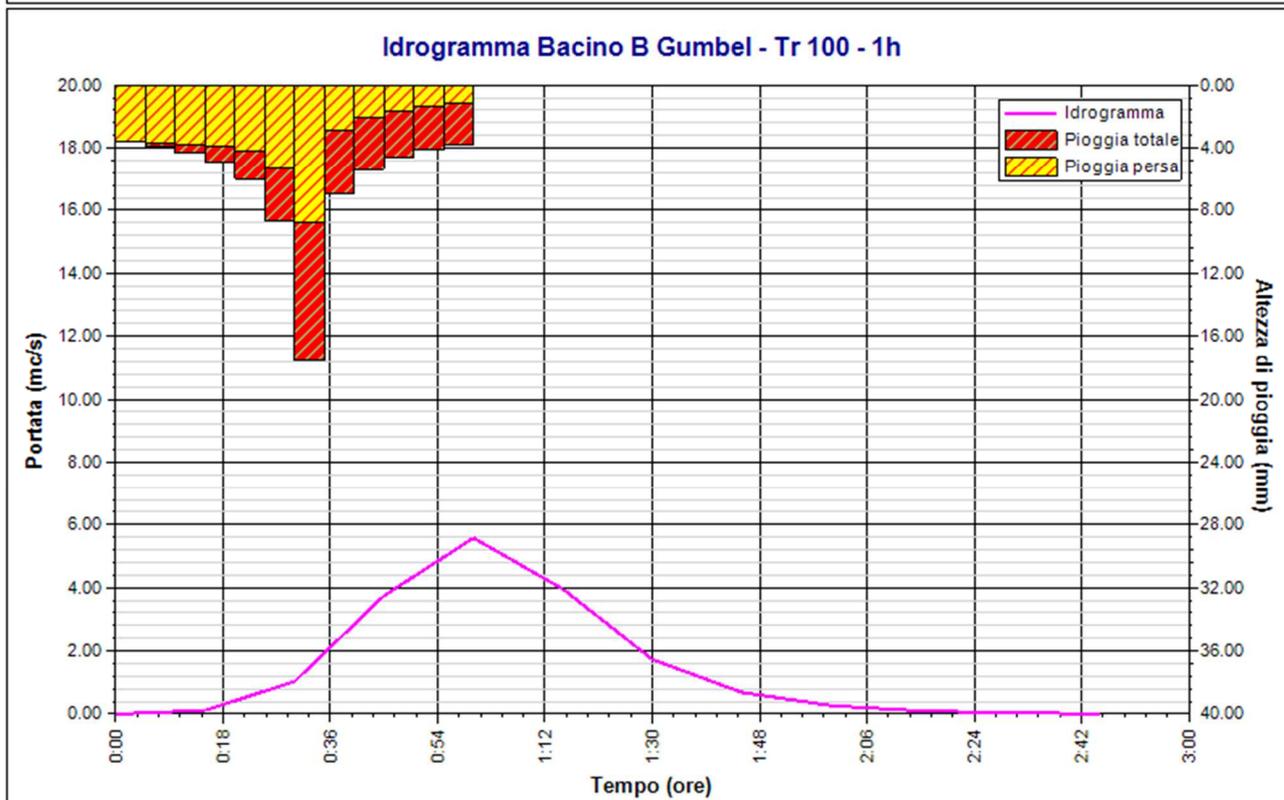
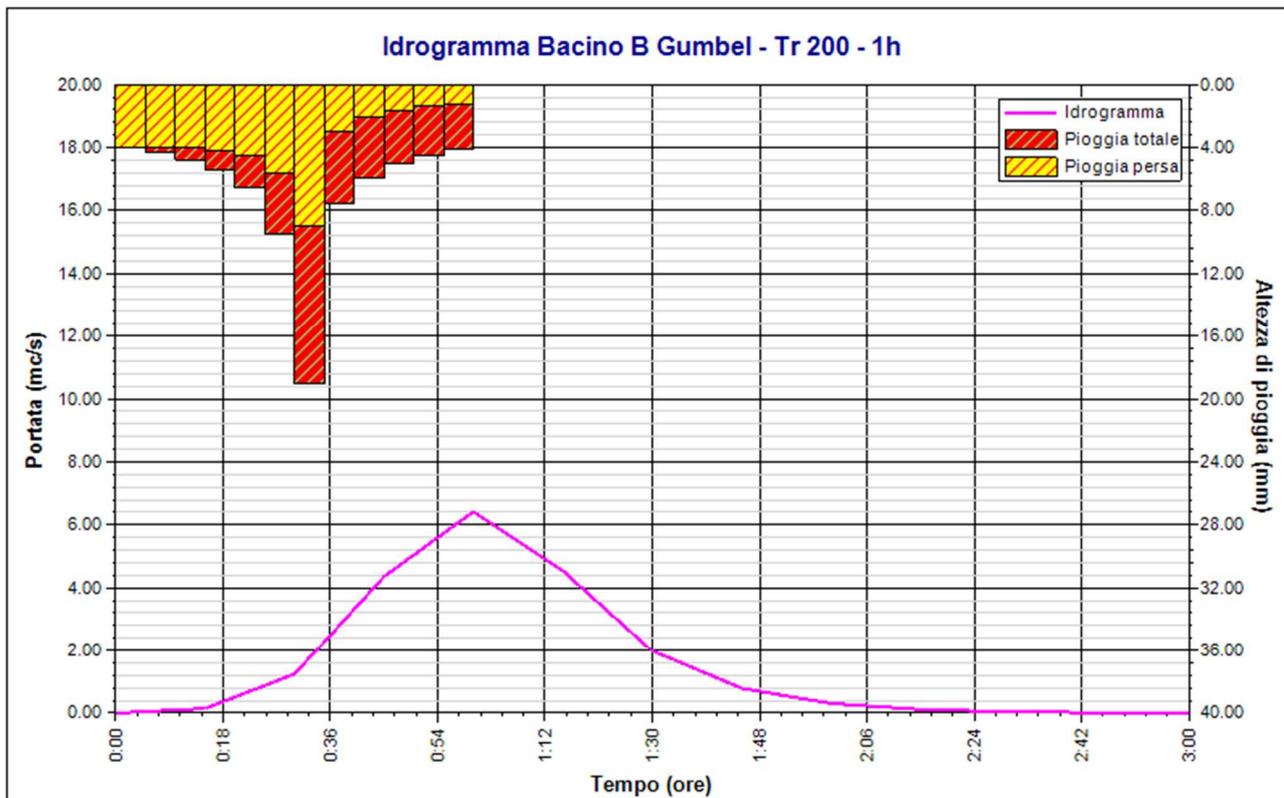


PROGETTAZIONE ATI:

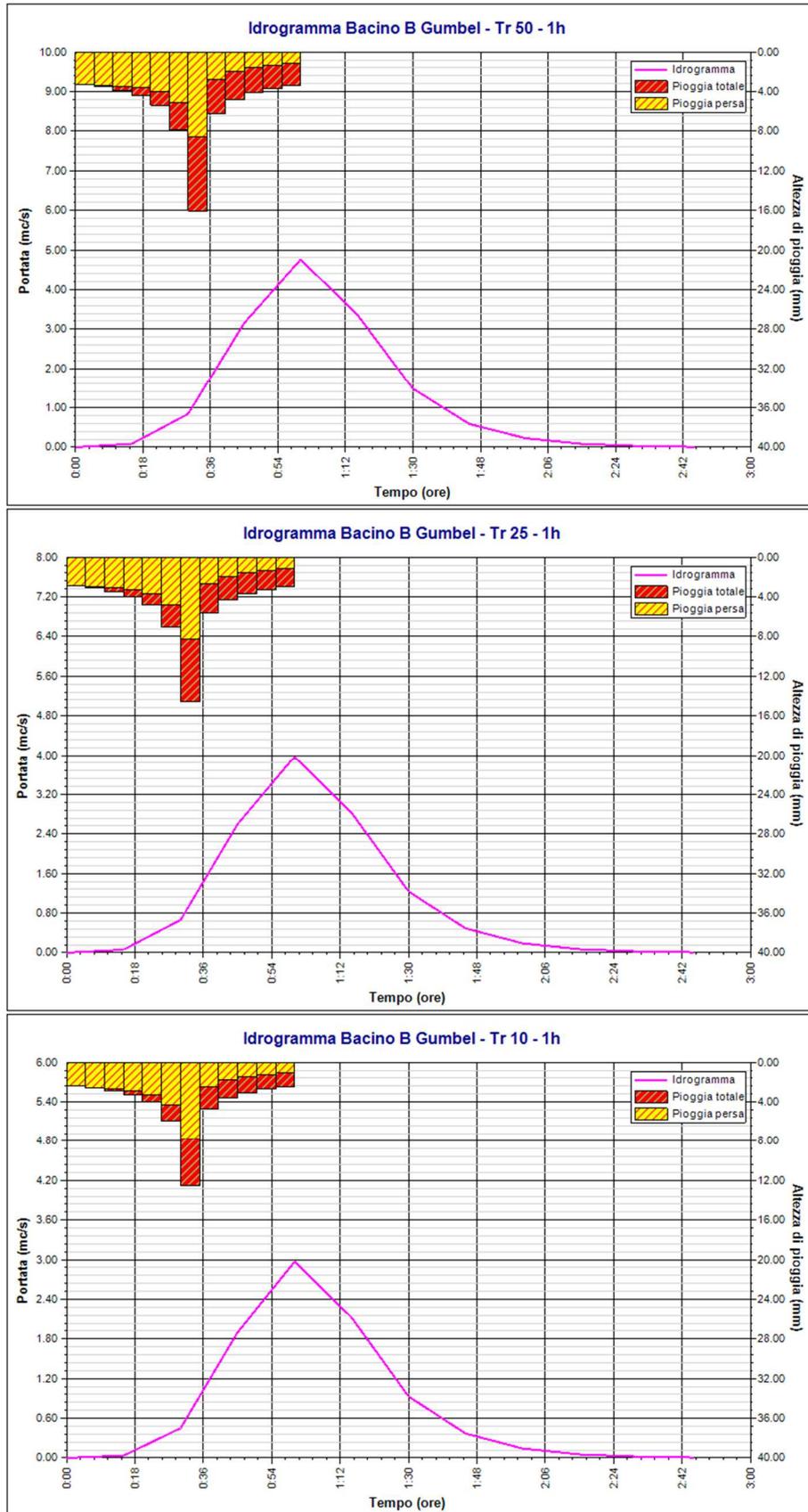


PROGETTAZIONE ATI:

6.4.2 IDROGRAMMA DI PIENA – BACINO B

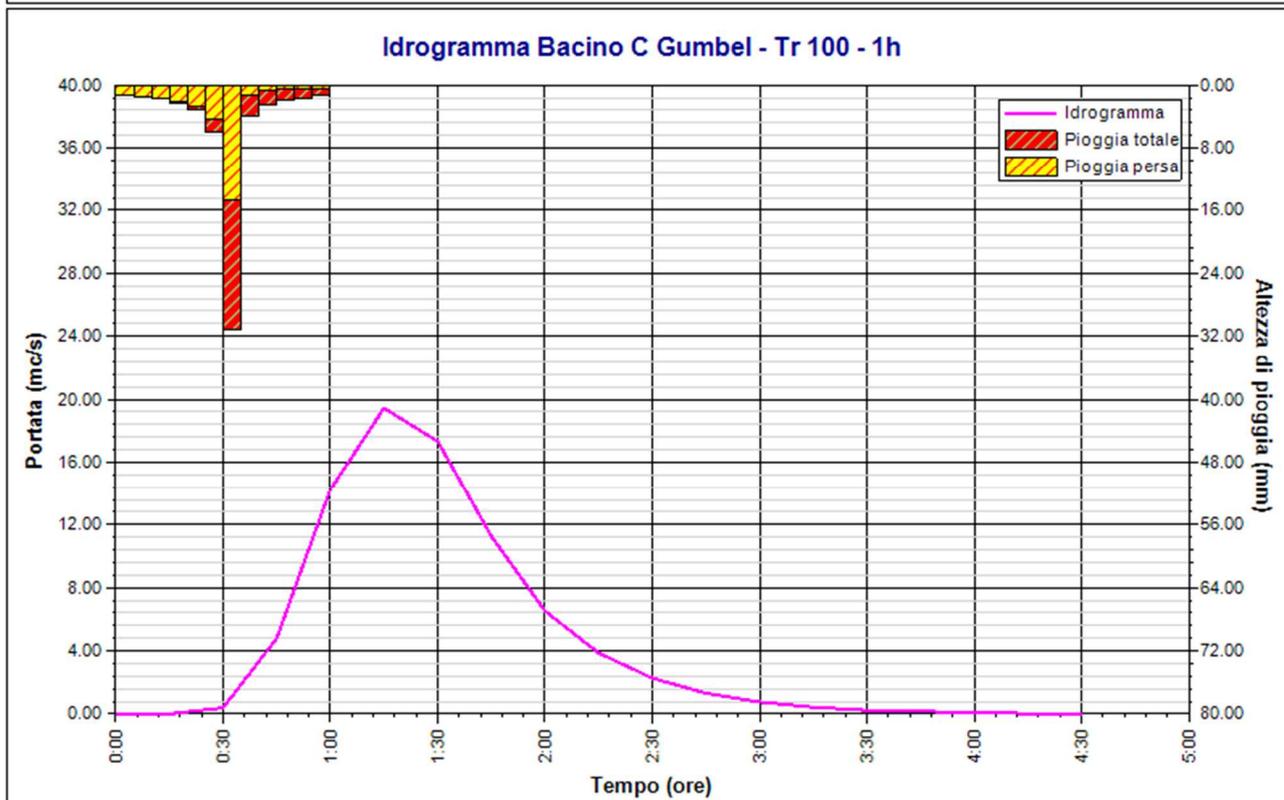
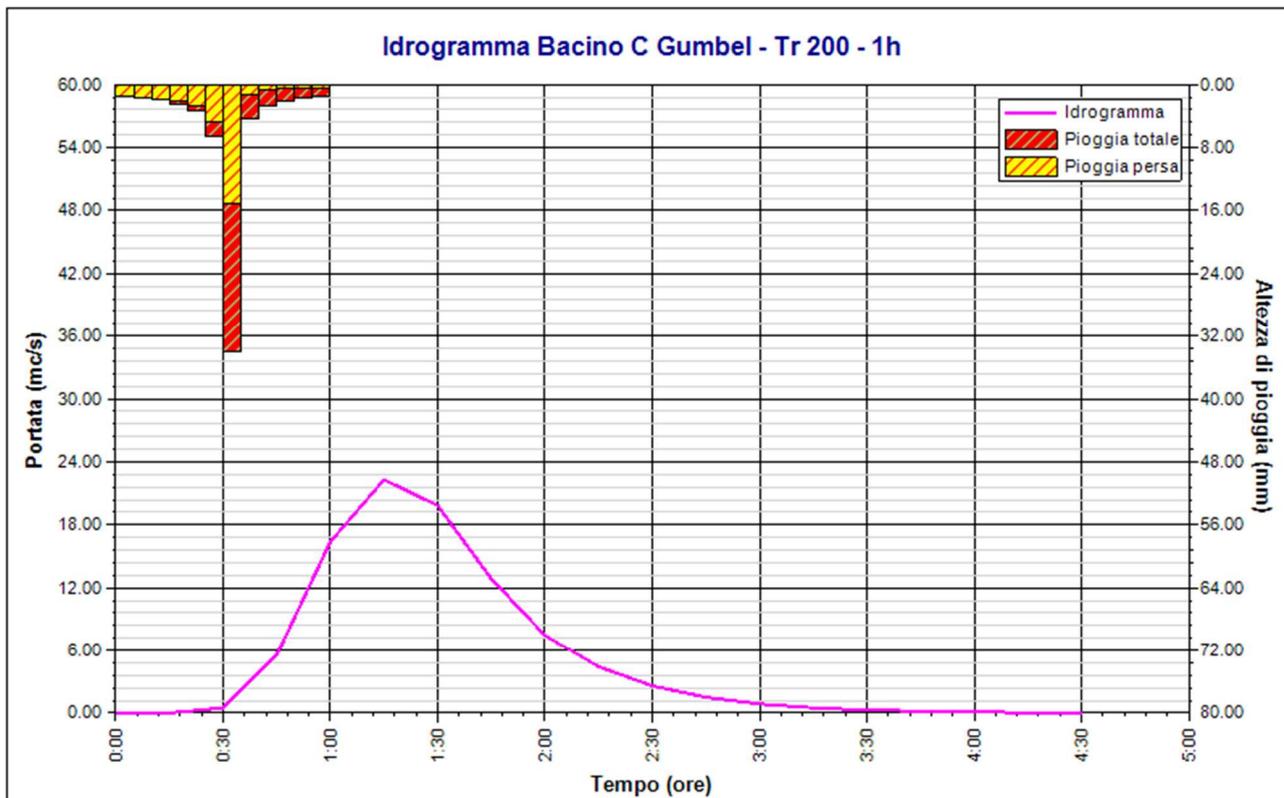


PROGETTAZIONE ATI:

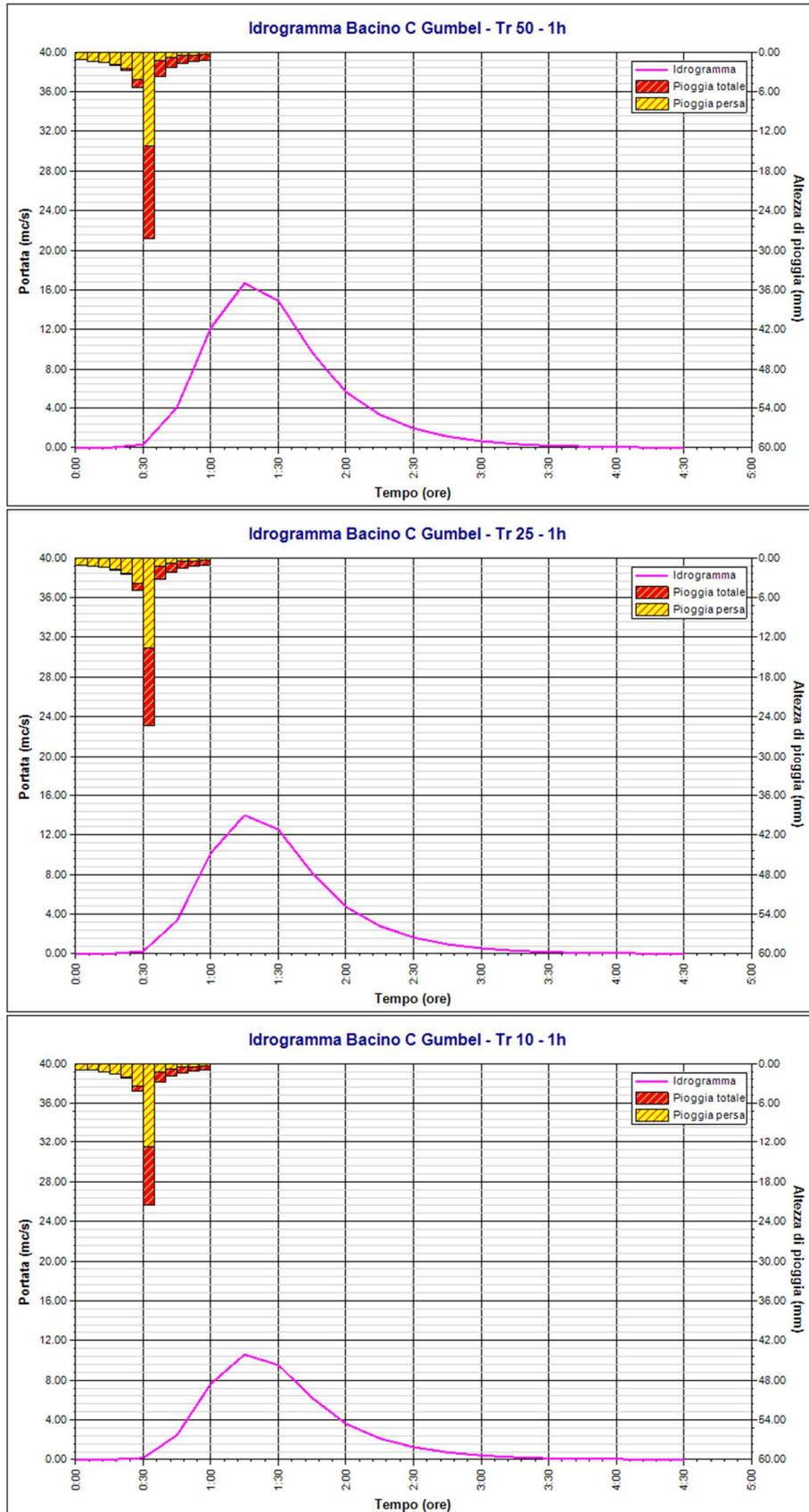


PROGETTAZIONE ATI:

6.4.3 IDROGRAMMA DI PIENA – BACINO C

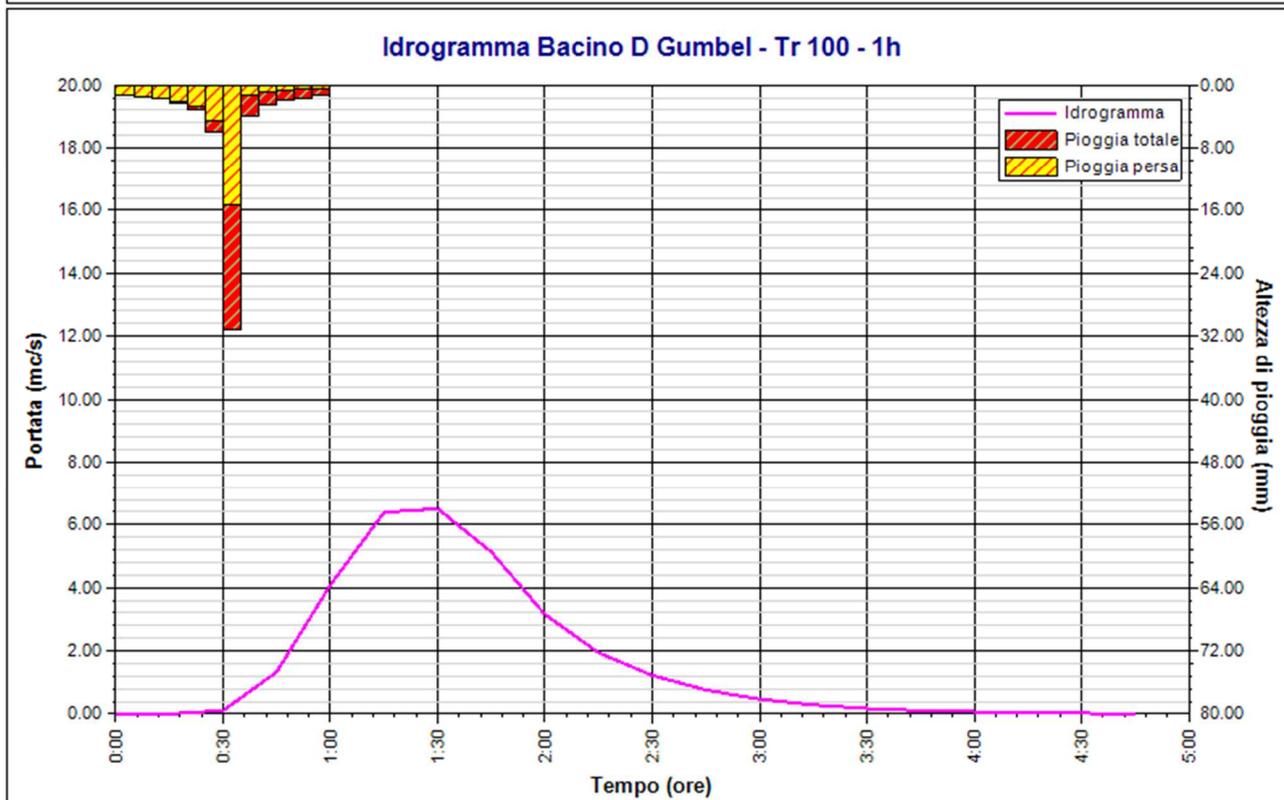
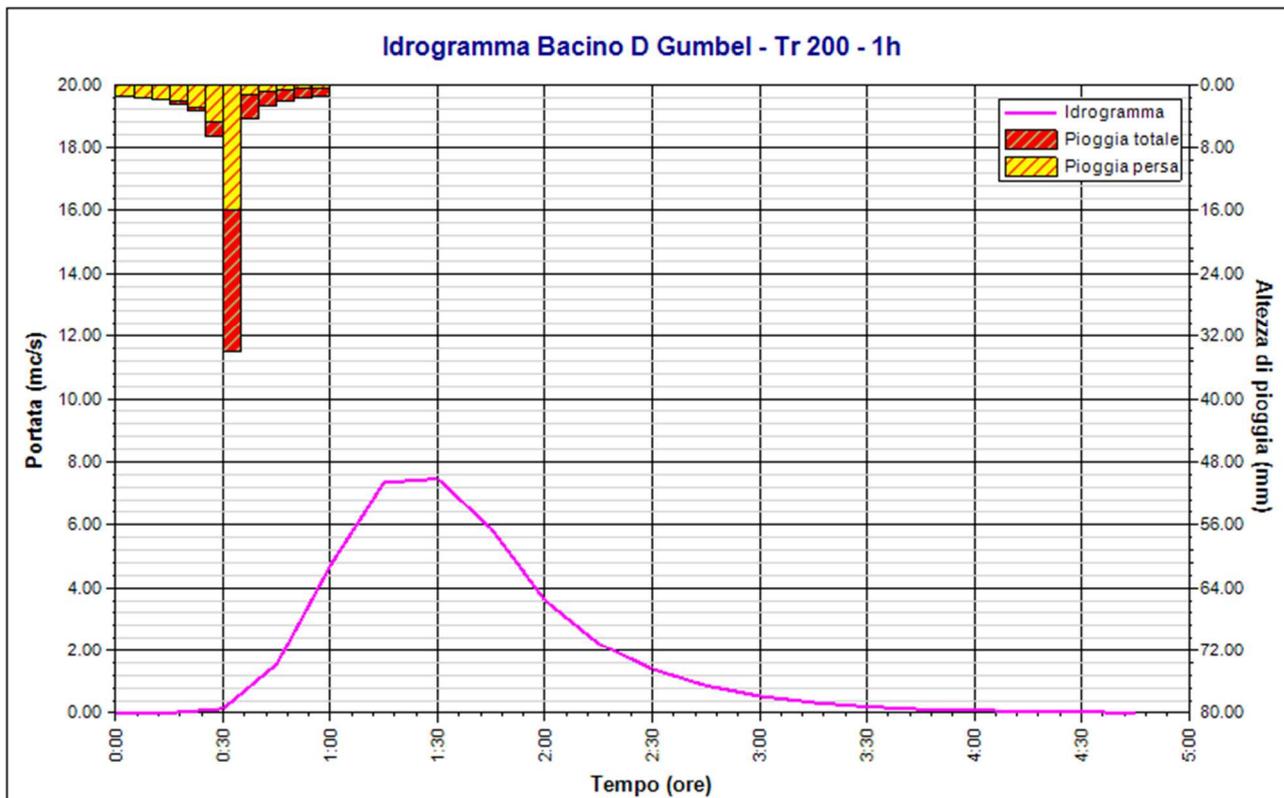


PROGETTAZIONE ATI:

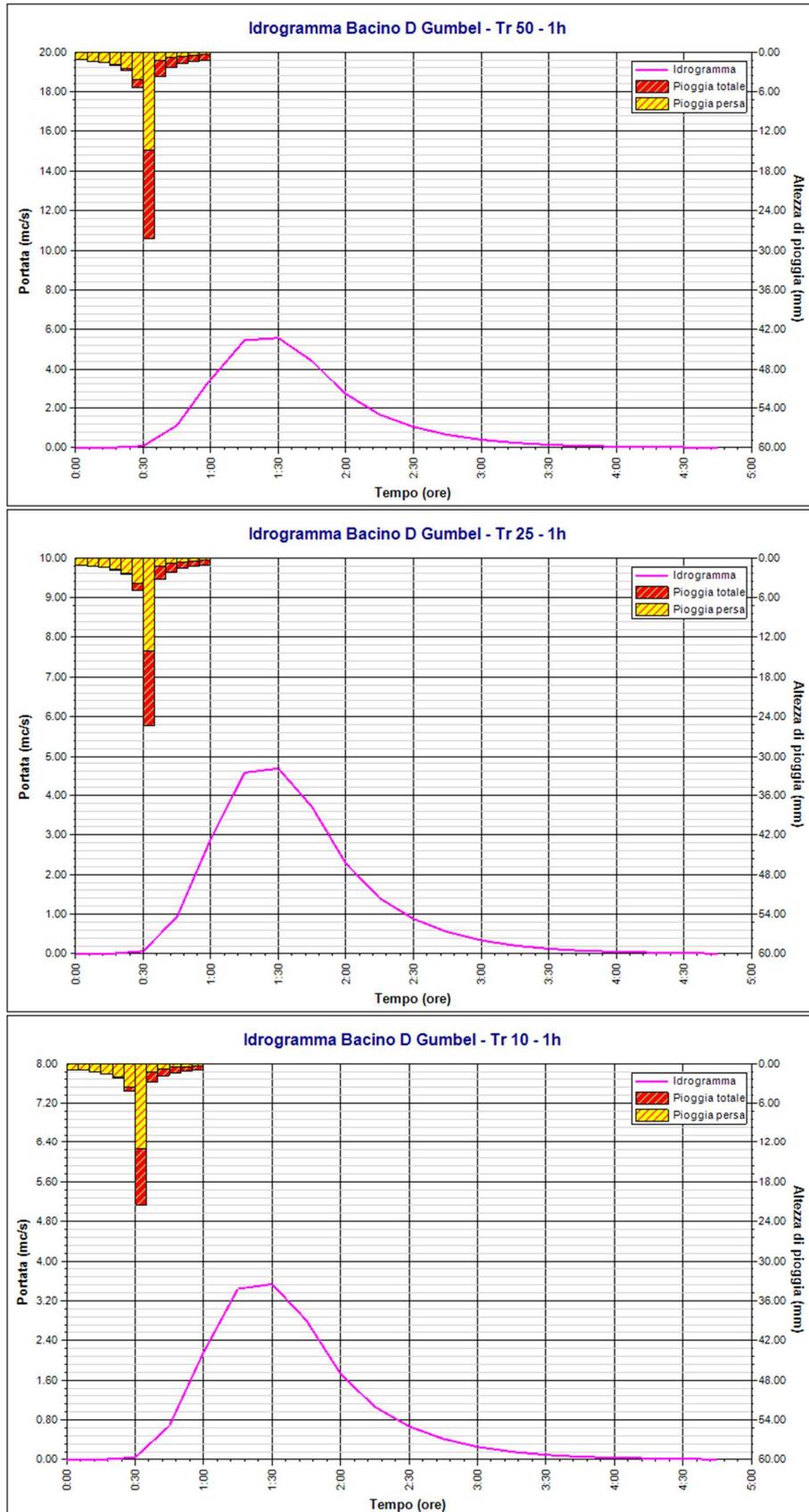


PROGETTAZIONE ATI:

6.4.4 IDROGRAMMA DI PIENA – BACINO D

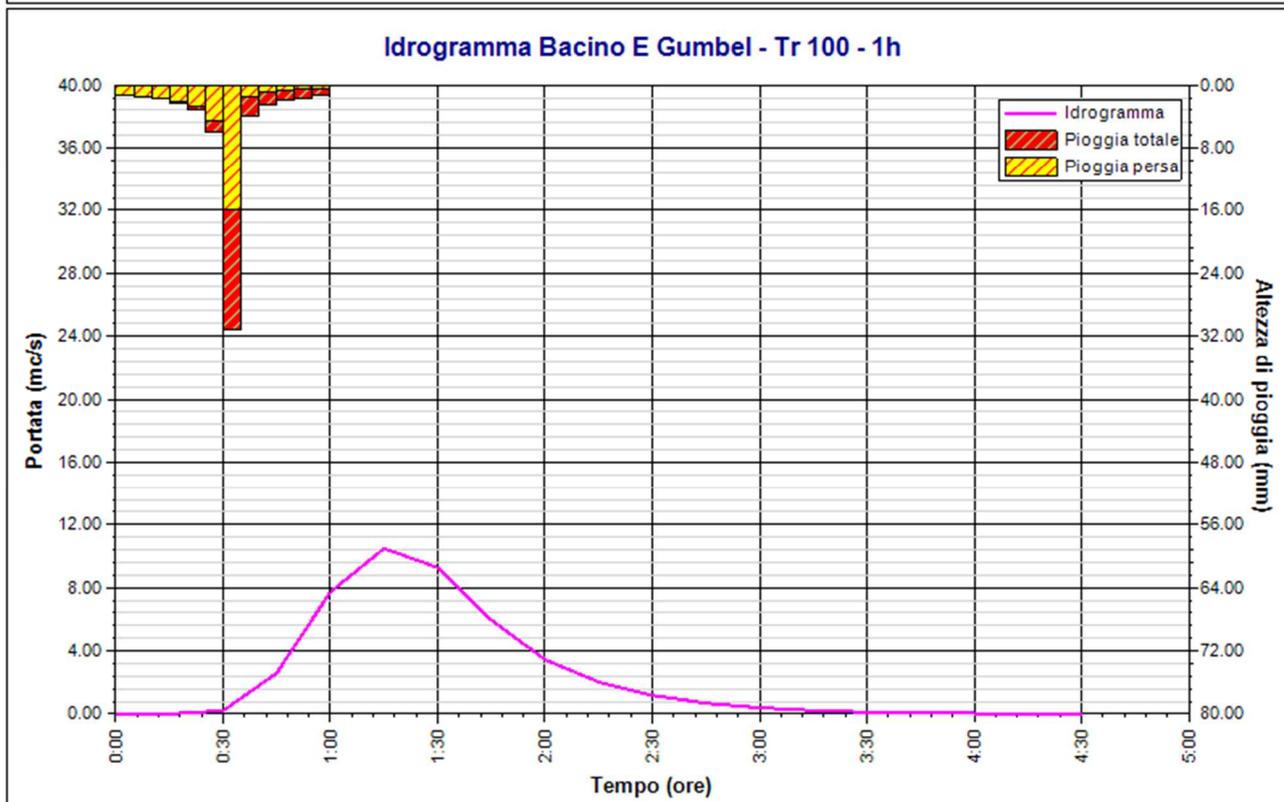
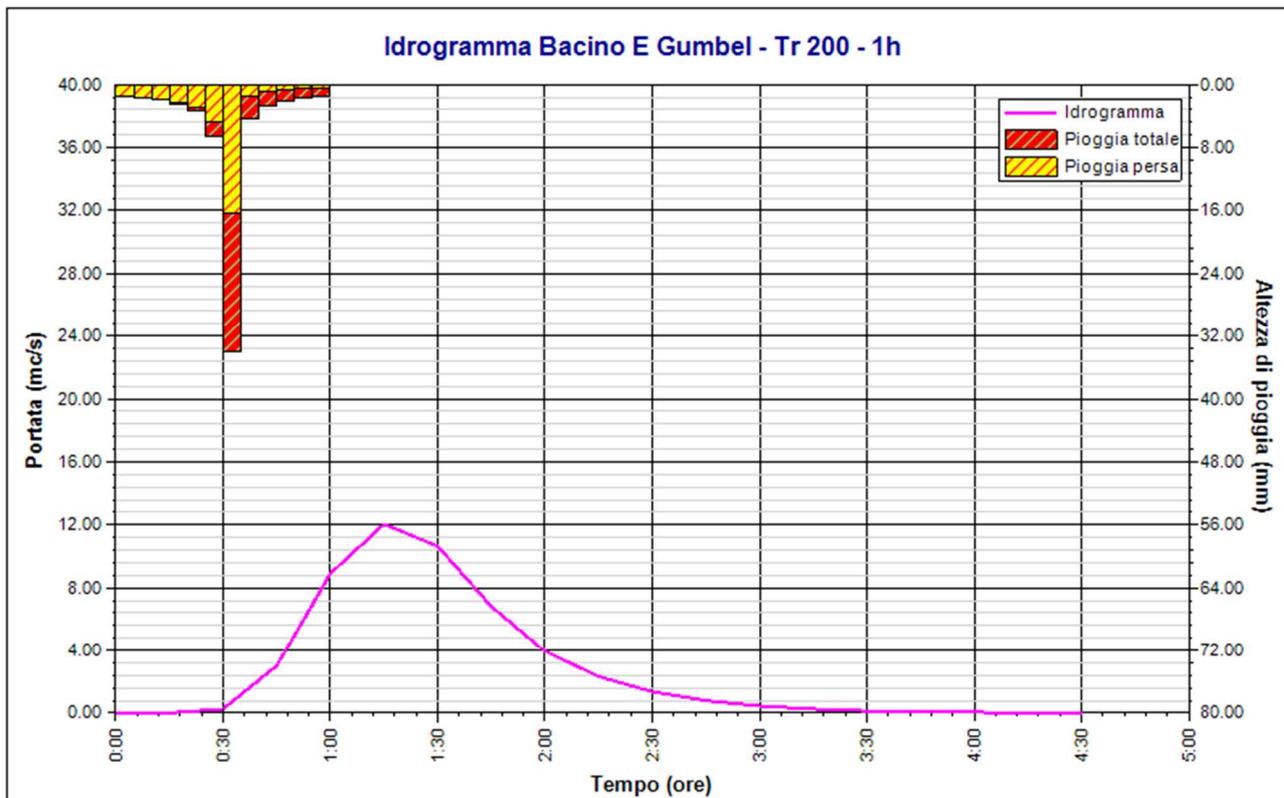


PROGETTAZIONE ATI:

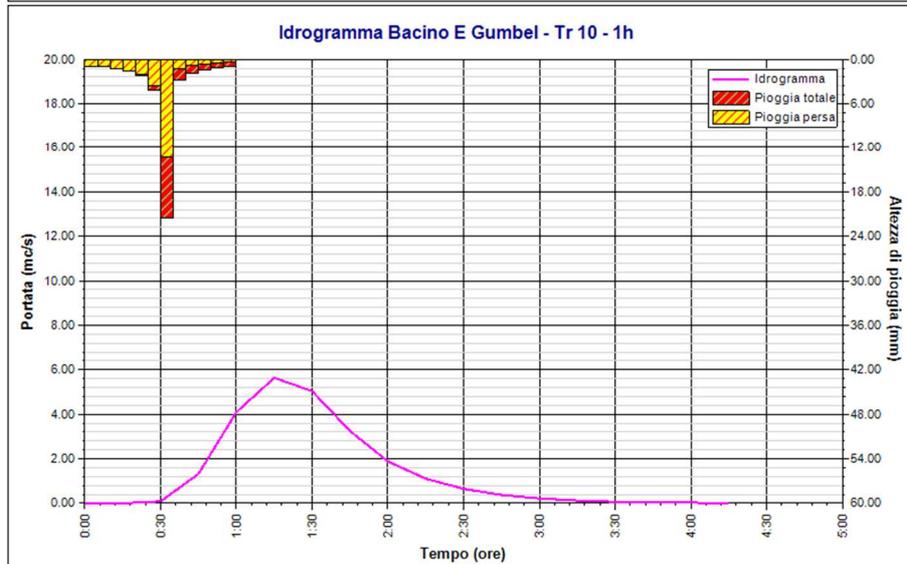
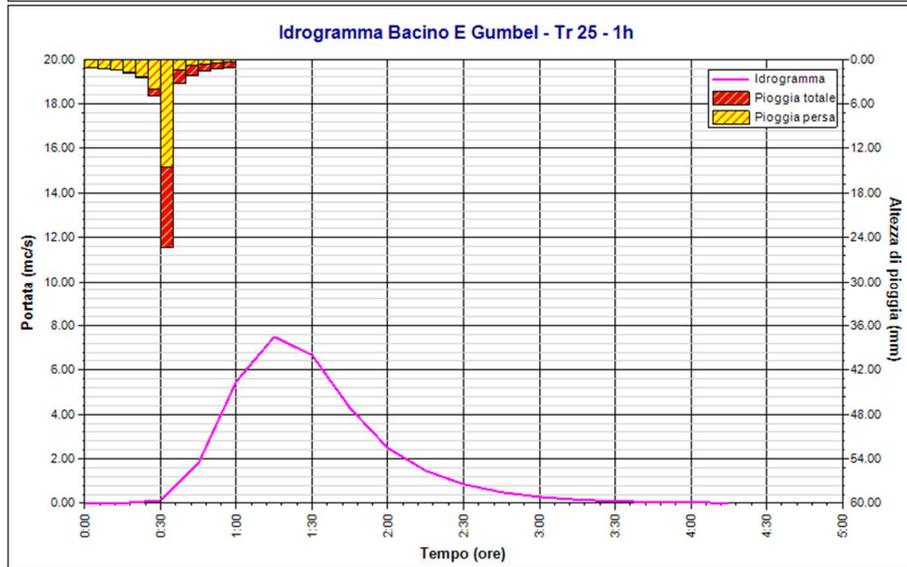
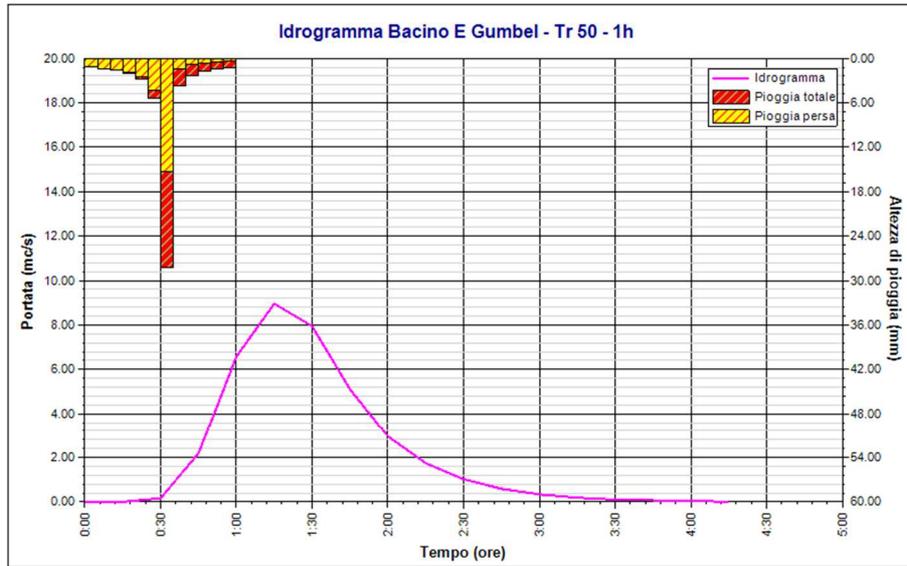


PROGETTAZIONE ATI:

6.4.5 IDROGRAMMA DI PIENA – BACINO E

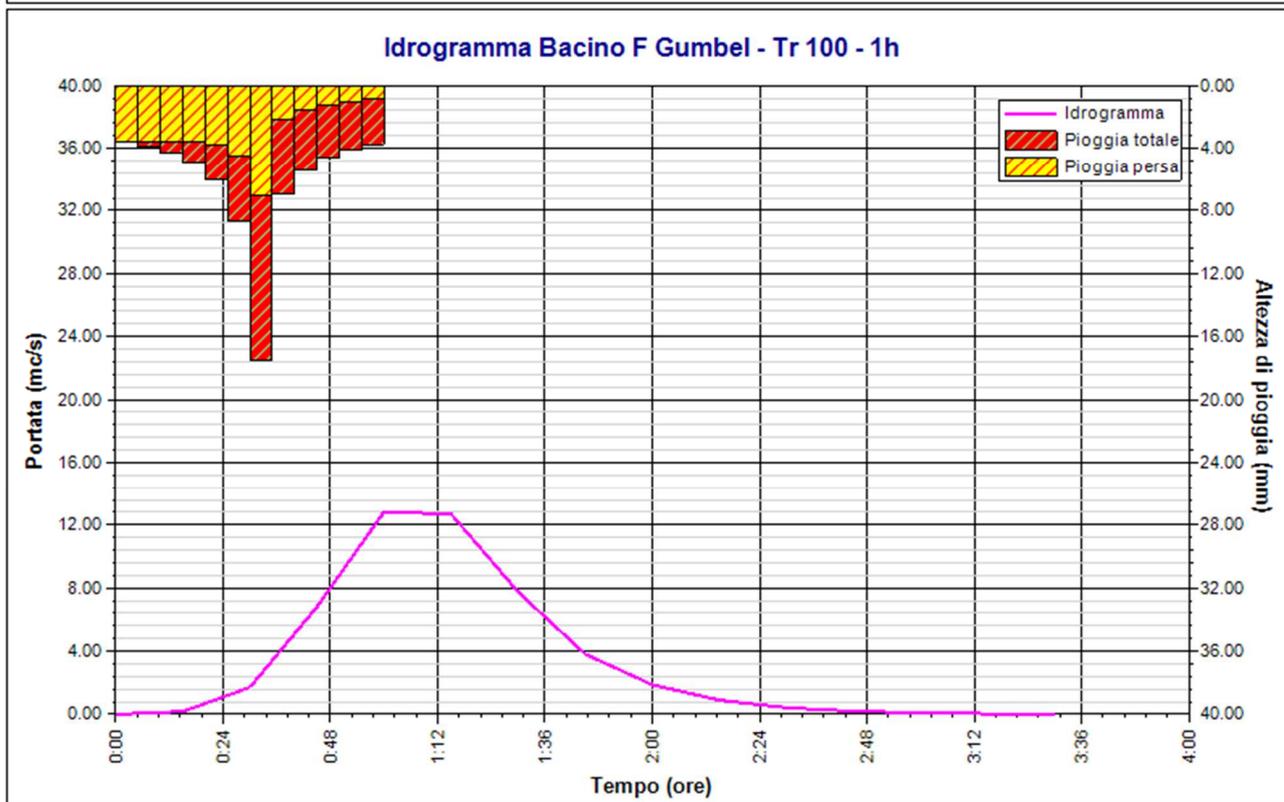
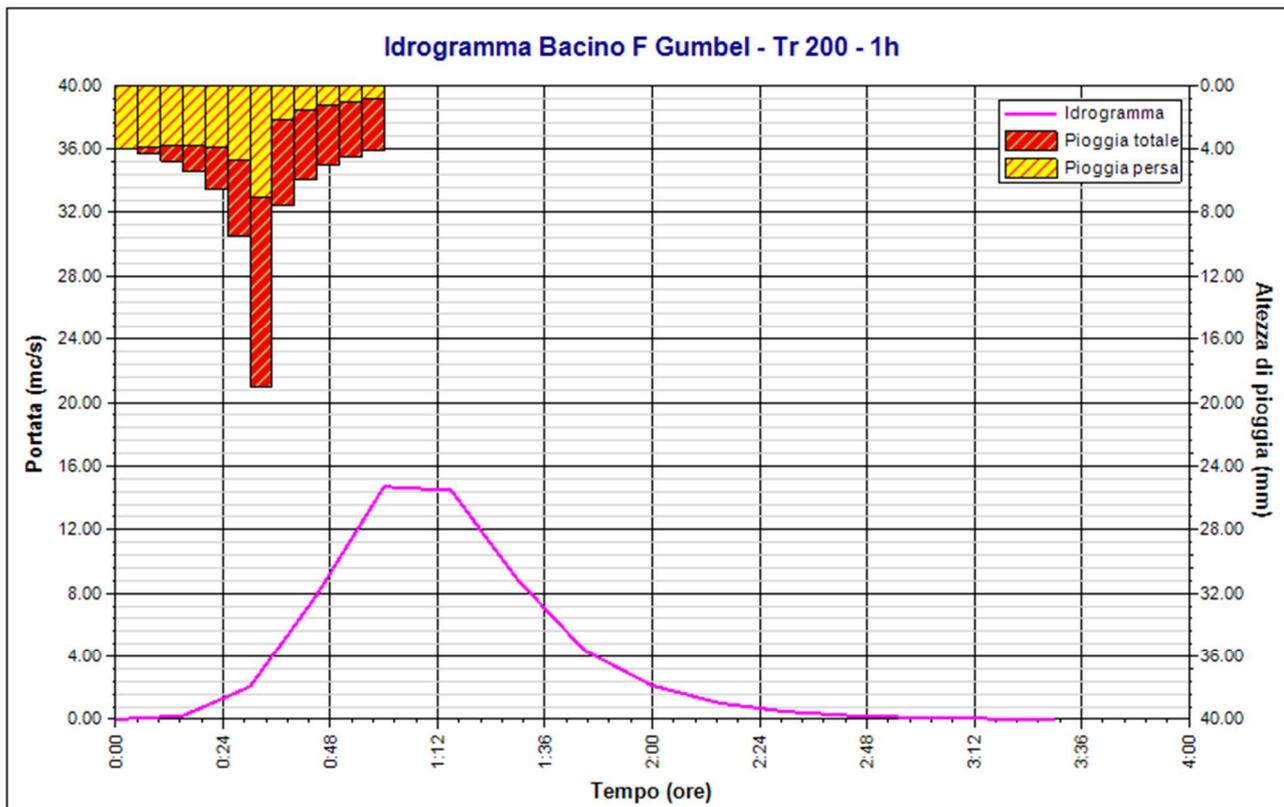


PROGETTAZIONE ATI:

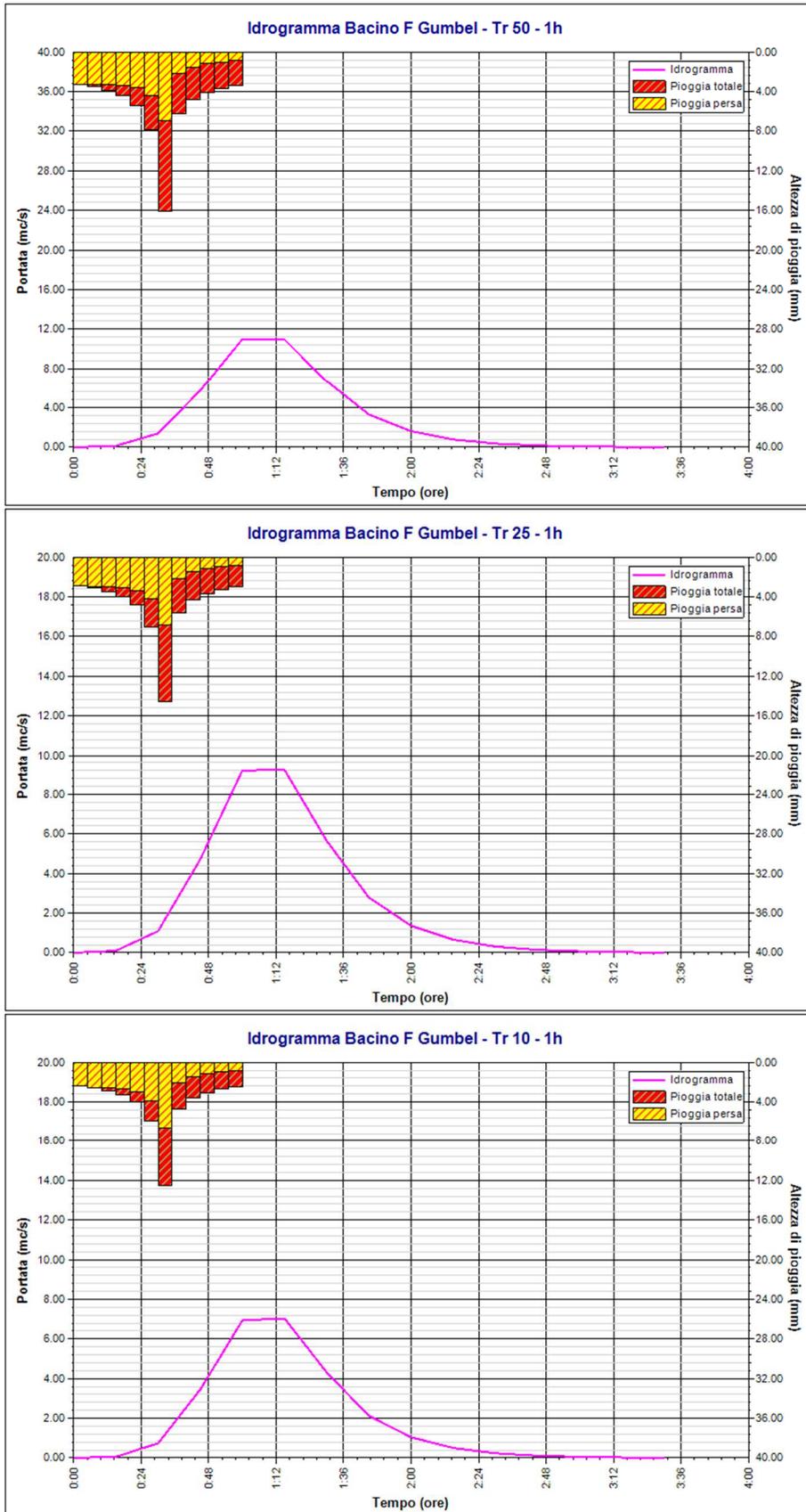


PROGETTAZIONE ATI:

6.4.6 IDROGRAMMA DI PIENA – BACINO F



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

6.5 ANALISI COMPARATIVA SULLE PORTATE DI PROGETTO

Si allega un quadro sinottico contenente i valori di portata determinati con le due metodologie fin qui descritte.

BACINO A	TR	Portata (PROGETTO CONSEGNATO)	Portata (NUOVO STUDIO)
	(anni)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
	10	2.47	3.7
	25	2.93	4.9
	50	3.64	5.7
	100	3.99	6.6
	200	4.42	7.5

BACINO B	TR	Portata (PROGETTO CONSEGNATO)	Portata (NUOVO STUDIO)
	(anni)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
	10	3.84	3.0
	25	4.56	4.0
	50	5.10	4.8
	100	5.65	5.6
	200	6.20	6.4

BACINO C	TR	Portata (PROGETTO CONSEGNATO)	Portata (NUOVO STUDIO)
	(anni)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
	10	11.37	10.6
	25	13.50	14
	50	15.08	16.7
	100	16.71	19.4
	200	18.34	22.3

BACINO D	TR	Portata (PROGETTO CONSEGNATO)	Portata (NUOVO STUDIO)
-----------------	----	----------------------------------	---------------------------

PROGETTAZIONE ATI:

	(anni)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
	10	3.67	3.5
	25	4.35	4.7
	50	4.86	5.6
	100	5.39	6.5
	200	5.91	7.5

BACINO E	TR	Portata (PROGETTO CONSEGNATO)	Portata (NUOVO STUDIO)
	(anni)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
	10	7.84	5.6
25	9.31	7.5	
50	10.40	9.0	
100	11.52	10.5	
200	12.64	12.1	

BACINO F	TR	Portata (PROGETTO CONSEGNATO)	Portata (NUOVO STUDIO)
	(anni)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
	10	5.93	7.0
25	7.04	9.2	
50	7.87	11.0	
100	8.72	12.8	
200	9.56	14.7	

6.6 QUADRO VINCOLISTICO DEI BACINI IDROGRAFICI

Per quanto attiene al rischio idrogeologico, solamente il bacino idrografico "B" rientra in aree soggette a vincolo ai sensi del R.D. 3627/23.

(Fonte <https://siat.regione.umbria.it/vincoloidrogeologico>)

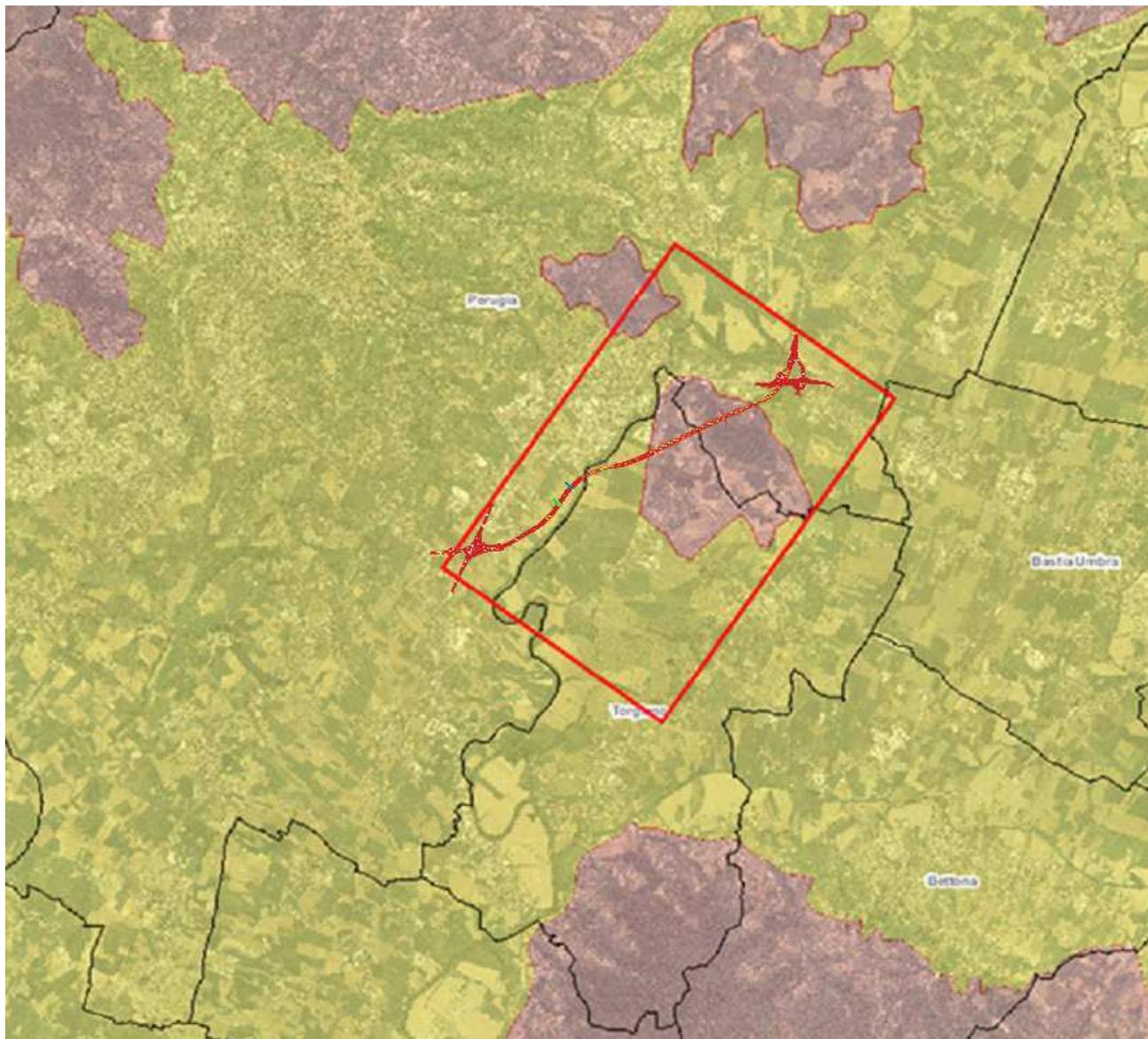


Figura 6-7: Bacino idrografico – Vincoli idrogeologici

PROGETTAZIONE ATI:

Dal punto di vista morfologico, i bacini in esame appartengono ai seguenti sistemi pedologici:

BACINI A/B: Versanti e colline da Città di Castello a Perugia in sinistra Tevere (<https://siat.regione.umbria.it/webgisru>, sistema 3.1). La conformazione del rilievo presenta una certa variabilità in quanto, a superfici dolcemente inclinate (pendenza inferiore al 5%) impostate su depositi alluvionali di varia età o su sabbie del Villafranchiano lacustre, si alternano aree più acclivi, ancora su depositi lacustri, ma non mancano tratti decisamente più ripidi sia sui precedenti materiali sia su lembi, sia pur esigui, di marne ed arenarie mioceniche che affiorano al ternati ad es si. In questi casi, la pendenza raggiunge facilmente il 30% ed in alcuni tratti supera tale valore, ciò comporta un assai diverso ruolo dei fenomeni di erosione accelerata nel contrastare la pedogenesi. La copertura vegetale mostra numerose aree a bosco pur prevalendo i terreni coltivati. Le quote sono comprese tra 200 e 450 m. I suoli su questo sistema presentano un diverso grado di evoluzione pedologica, in funzione della composizione e della permeabilità del substrato, ma sono orientati tipicamente verso la brunificazione; sono da segnalare però, fenomeni di retrogradazione in rapporto alla diversa acclività ed utilizzazione. Le aree più acclivi ospitano spesso il bosco che consente la conservazione di suoli differenziati ma, comunque, poco profondi; nelle aree ugualmente acclivi ma agricole, invece, il suolo è decisamente degradato ed assottigliato, tanto che si può arrivare alla completa omogeneizzazione di quanto rimane degli orizzonti precedenti o, addirittura, all'incorporazione di parti consistenti del substrato nell'unico orizzonte esistente che è quello interessato annualmente dalle lavorazioni. Sono rari i casi che mostrano eccessi di pietrosità ed assolutamente assenti esempi di rocce affioranti, se si escludono alcuni canali di erosione sui substrati più vulnerabili.

BACINI C/D: Collina di Perugia (<https://siat.regione.umbria.it/webgisru>, sistema 11.8). La conformazione del rilievo presenta una certa variabilità in quanto, a superfici quasi piane (<2%) sulle alluvioni del torrente Genna, seguono quelle dolcemente o moderatamente inclinate (pendenza inferiore al 15%) impostate su depositi del Villafranchiano lacustre. Si hanno, infine, aree ancora più acclivi sulle marne ed arenarie mioceniche ascrivibili alla formazione della "Marnoso Arenacea" dove la pendenza raggiunge facilmente il 30%; quanto detto comporta un ruolo crescente dell'erosione accelerata nel contrastare la pedogenesi o nell'obliterarne i prodotti. La copertura vegetale prevalente è quella agricola con residui di bosco. Le quote sono comprese tra 195 e 493 m. I suoli sono tutti orientati verso la brunificazione ma sono molto diffusi fenomeni di erosione e retrogradazione in rapporto all'acclività ed alla diversa utilizzazione. Rari i casi che mostrano una notevole pietrosità, assenti le rocce affioranti. erosione e retrogradazione in rapporto all'acclività ed alla diversa utilizzazione. Rari i casi che mostrano una notevole pietrosità, assenti le rocce affioranti.

BACINI E/F: Pianure della media Valle del Tevere (<https://siat.regione.umbria.it/webgisru>, sistema 12.1). La conformazione del rilievo è caratterizzata da ampie aree di pianura con tratti sopraelevati di pochi metri (terrazzati); ne risulta una pendenza prevalentemente inferiore al 5%, che esclude la possibilità di fenomeni erosivi. La copertura vegetale dominante è rappresentata da colture agrarie. Le quote sono comprese tra 134 e 260 m. I suoli presenti in questo sistema hanno una giacitura pressoché piana, sono assolutamente privi di pietrosità e rocciosità (ad eccezione del sottosistema "m"); solo in rari casi sono presenti frammenti di ciottolame fluviale riportati in superficie con le lavorazioni. La profondità è normalmente elevata e gli orizzonti pedogenetici si continuano nei materiali fluviali fini sottostanti. La pedogenesi ha prodotto di norma orizzonti di alterazione e sulle superfici più antiche (terrazzi) è avvenuto un processo di lisciviazione di cui si conservano varie testimonianze. I suoli che si trovano in prossimità dei corsi d'acqua principali o alla base dei pendii circostanti possono aver subito, in un recente passato, apporti di materiali freschi (anche calcarei) per sovralluvionamento o colluvionamento.

PROGETTAZIONE ATI: