





**E78 GROSSETO - FANO**  
**Tratto Nodo di Arezzo – Selci – Lama (E45)**  
**Adeguamento a quattro corsie del tratto**  
**San Zeno – Arezzo – Palazzo del Pero, 1° lotto**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**FI 508**

**ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

<p><b>IL GEOLOGO</b></p> <p><i>Dott. Geol. Roberto Salucci</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 633</p>	<p><b>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</b></p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A3514</p> <p><i>Ing. Moreno Panfilì</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. Matteo Bordugo</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Pordenone al n. 790A</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p><b>PROGETTAZIONE ATI:</b> (Mandataria)</p> <p align="center"><b>GP INGENGNERIA</b> GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p> <p align="center"> cooprogetti</p> <p align="center"> engeko</p> <p align="center"> Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p>(Mandante)</p> <p><b>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</b></p> <p align="right"><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>
<p><b>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b></p> <p><i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i></p> <p>Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>	<p align="center"></p>	
<p><b>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</b></p> <p><i>Ing. Francesco Pisani</i></p>		
<p><b>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</b></p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>		

**STUDI ED INDAGINI**  
**Idrologia e idraulica**  
**Relazione idrologica**

<p><b>CODICE PROGETTO</b></p> <p>PROGETTO      LIV.PROG    ANNO</p> <p><b>DPFI508    D    23</b></p>	<p><b>NOME FILE</b></p> <p align="center">T01ID00IDRRE01_B</p> <p><b>CODICE ELAB.</b>    T 0 1 I D 0 0 I D R R E 0 1</p>	<p><b>REVISIONE</b></p> <p align="center">B</p>	<p><b>SCALA</b></p> <p align="center">-</p>		
<p><b>D</b></p>					
<p><b>C</b></p>					
<p><b>B</b></p>	<p>Revisione a seguito Istruttoria n°U. 0016028.09-01-2024</p>	<p>Gennaio '24</p>	<p>Capponi</p>	<p>Panfilì</p>	<p>Guiducci</p>
<p><b>A</b></p>	<p>Emissione</p>	<p>Agosto 2023</p>	<p>Capponi</p>	<p>Panfilì</p>	<p>Guiducci</p>
<p><b>REV.</b></p>	<p><b>DESCRIZIONE</b></p>	<p><b>DATA</b></p>	<p><b>REDATTO</b></p>	<p><b>VERIFICATO</b></p>	<p><b>APPROVATO</b></p>

## INDICE

<b><u>1. PREMESSA.....</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b><u>2. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO.....</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b><u>3. DEFINIZIONE DEGLI AFFLUSSI METEORICI.....</u></b>	<b><u>3</u></b>
3.1. REGIONALIZZAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI ESTREME.....	3
3.1. DEFINIZIONE DELLE ALTEZZE DI PIOGGIA PER EVENTI DI DURATA INFERIORE A 30 MINUTI.....	4
3.2. ALTEZZA DI PIOGGIA E COEFFICIENTE DI RIDUZIONE AREALE .....	5
<b><u>4. INDIVIDUAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI .....</u></b>	<b><u>5</u></b>
<b><u>5. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO .....</u></b>	<b><u>6</u></b>
5.1. BACINI IDROGRAFICI INTERFERENTI CON LE OPERE DI PROGETTO.....	6
5.1.1. <i>Tempo di corrivazione</i> .....	7
5.1.2. <i>Coefficiente di deflusso</i> .....	8
5.1.3. <i>Ietogramma di progetto</i> .....	11
5.1.4. <i>Trasformazione della pioggia efficace in deflusso</i> .....	11
5.1.5. <i>Metodo razionale</i> .....	12
<b><u>6. RISULTATI DELL'ANALISI IDROLOGICA .....</u></b>	<b><u>13</u></b>
6.1. BACINI DEI CORSI D'ACQUA MINORI APPARTENENTI AL RETICOLO IDROGRAFICO REGIONALE ...	13
6.1.1. <i>Bacini "ASSE PRINCIPALE da progr. km 0+000.00 a km 1+475.00 Fano"</i> .....	13
6.1.2. <i>Bacini "ASSE PRINCIPALE da progr. km 1+475.00 Fano a progr. km 6+025.00 Fano"</i> .....	16
6.1.3. <i>Bacini "RIO FIUMICELLO"</i> .....	21
6.1.4. <i>Stima della durata critica di precipitazione per i singoli bacini idrografici</i> .....	25
6.1.5. <i>Idrogrammi di piena di progetto TR=200 anni stimati per i singoli bacini idrografici ..</i>	27
6.1.6. <i>Sintesi riepilogativa dei valori di portata di progetto ed analisi di coerenza con gli studi idrologici di supporto al Piano Strutturale del Comune di Arezzo</i> .....	34
6.1.7. <i>Bacini afferenti ai fossi di guardia e al sistema di drenaggio della piattaforma stradale</i>	38
<b><u>7. ALLEGATI – SOFTWARE HEC-HMS .....</u></b>	<b><u>39</u></b>

## **1. PREMESSA**

La presente relazione idrologica è stata redatta a supporto del contratto applicativo stipulato con Anas S.p.A. per la Progettazione Definitiva dell'intervento "E 78 Grosseto – Fano, Tratto Nodo di Arezzo - Selci - Lama (E 45) – Adeguamento a quattro corsie del tratto San Zeno – Arezzo - Palazzo del Pero, 1°Lotto".

Lo studio è mirato a fornire:

- l'inquadramento idrologico del territorio interessato dall'opera e le caratteristiche del reticolo idrografico da questa interferito;
- la definizione delle curve di possibilità pluviometrica mediante i più recenti studi idrologici effettuati a supporto della pianificazione urbanistica (nuovo Piano Strutturale e primo Piano Operativo del Comune di Arezzo, approvati con Del. C.C. 134 del 30/09/2021);
- la stima delle portate al colmo per eventi di piena relativi a diversi tempi di ritorno in corrispondenza delle sezioni di chiusura di interesse dei bacini idrografici analizzati tra cui, in particolare, nei punti di interferenza delle opere in progetto con il reticolo idrografico al fine di dimensionare correttamente le opere di attraversamento (ponti e tombini);
- la definizione delle portate di progetto per il corretto dimensionamento e verifica degli elementi idraulici appartenenti alla rete di drenaggio stradale, interna ed esterna.

## **2. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO**

I principali bacini idrografici interessati dall'infrastruttura in studio sono i seguenti:

- Rio Fiumicello;
- Fosso dello Scopetone;
- Fosso delle Bolze;
- Fosso della Fonte;
- Fosso del Ciliegino;
- Fosso di Caldese;
- Fosso Scassi;
- Fosso delle Selve;
- Torrente Vingone.

In termini di dimensioni assolute, il Rio Fiumicello presenta, alla sezione di chiusura posta al limite Est dell'intervento, un bacino idrografico avente una superficie pari a circa 5 km<sup>2</sup>; tutti gli altri bacini hanno superfici non superiori a 0.5 km<sup>2</sup>. Il Torrente Vingone presenta, alla sezione di chiusura posta al limite Ovest dell'intervento, un bacino idrografico avente una superficie pari a circa 13.1 km<sup>2</sup>.

I corsi d'acqua analizzati presentano carattere torrentizio, con lunghi periodi di secca interrotti da piene improvvise in occasione di precipitazioni intense, anche di breve durata. Si osserva in tal senso che le durate critiche di precipitazione tali da massimizzare i picchi di piena nei bacini investigati sono dell'ordine dei 30 minuti, ad eccezione del T. Vingone la cui durata critica è pari a 2 h.

Per quanto concerne la classificazione dei tipi idrologici secondo il metodo SCS-CN, i bacini idrografici in esame appartengono alla classe B e sono caratterizzati da una potenzialità di deflusso moderatamente bassa, mantenendo alte capacità di infiltrazione anche a saturazione. Per quanto riguarda l'uso del suolo si osserva una marcata prevalenza di aree boscate.

### 3. DEFINIZIONE DEGLI AFFLUSSI METEORICI

La valutazione delle intensità di precipitazione viene svolta con diversi metodi, in funzione dei dati disponibili. In mancanza di serie di dati di pioggia o di portata registrati, in molti casi è possibile utilizzare i cosiddetti "metodi di regionalizzazione", attraverso i quali è possibile valutare le portate di piena in riferimento a parametri idrologici caratteristici dei bacini in esame.

#### 3.1. REGIONALIZZAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI ESTREME

La caratterizzazione pluviometrica di una data zona consiste nella definizione, attraverso analisi statistica, delle cosiddette curve di caso critico o curve di possibilità pluviometrica, le quali forniscono, per un assegnato valore del tempo di ritorno, la relazione tra la durata della pioggia e la relativa altezza di precipitazione (o la relativa intensità di precipitazione). Queste relazioni manifestano un andamento caratteristico, con l'altezza di pioggia che cresce meno che proporzionalmente con l'intervallo di riferimento e con l'intensità che tende a un valore finito elevato quando l'intervallo tende a zero e ad un valore piccolo, ma non nullo, quando l'intervallo diventa molto lungo.

Nel presente studio, peraltro coerentemente allo studio idrologico eseguito a supporto del nuovo PS e PO del comune di Arezzo, per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica (CCP) o linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) associate ai diversi tempi di ritorno è stata utilizzata la relazione monomia che lega l'altezza di pioggia  $h$  [mm] alla durata della precipitazione  $d$  [ore] e al tempo di ritorno  $T$ :

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

dove i parametri  $a$  e  $n$  sono desunti, in funzione del tempo di ritorno, dallo studio promosso dalla Regione Toscana con DGRT 1133/2012 al fine di procedere ad un'implementazione e un aggiornamento del quadro conoscitivo idrologico del territorio toscano, con il quale si è provveduto ad aggiornare l'analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme fino all'anno 2012 compreso (Referente: Prof. Enrica Caporali, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze). I dati pluviometrici sono liberamente consultabili nel sito della Regione Toscana nella sezione dedicata alla Difesa del Suolo. Ad oggi le nuove LSPP sono state ricavate per durate di precipitazione  $d \geq 1$  ora ma, secondo le indicazioni fornite dagli estensori dello studio, sono estrapolabili con buona attendibilità fino a  $d \geq 0.5$  ore.

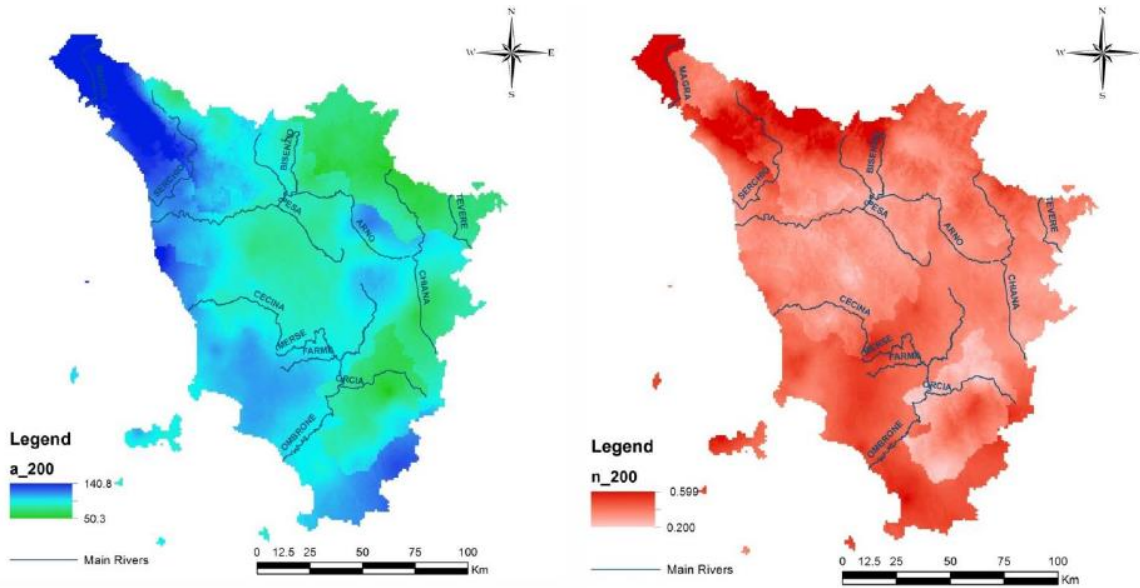
Dal sito della Regione Toscana è possibile scaricare l'andamento spaziale dei parametri  $a$  e  $n$  con griglia di 1 km x 1 km per ciascuno dei tempi di ritorno 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni, desunto a partire dall'analisi TCEV delle altezze di pioggia osservate. I risultati resi disponibili in formato ASCII Grid. La Figura 3-1 mostra, a titolo di esempio, le griglie dei parametri  $a$  e  $n$  per il tempo di ritorno di 200 anni nell'intera regione.

Le espressioni della curva di possibilità pluviometrica utilizzate nello studio a supporto del PS del Comune di Arezzo sono le seguenti:

$$\begin{aligned} TR = 30 \text{ anni} \quad h &= 54.11 d^{0.24} \\ TR = 200 \text{ anni} \quad h &= 73.31 d^{0.29} \end{aligned}$$

Per quanto riguarda invece il tempo di ritorno pari a 50 anni la curva di possibilità pluviometrica assume la seguente espressione:

$$TR = 50 \text{ anni} \quad h = 59.27 d^{0.26}$$



**Figura 3-1:** Spazializzazione sull'intera regione dei parametri "a" (a sinistra) e "n" (a destra) della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica LSPM per il Tempo di ritorno 200 anni.

### 3.1. DEFINIZIONE DELLE ALTEZZE DI PIOGGIA PER EVENTI DI DURATA INFERIORE A 30 MINUTI

In bacini di limitata estensione e di relativa rapidità dei deflussi, i tempi di concentrazione sono brevi e di conseguenza le precipitazioni che interessano sono le piogge intense di durata breve con tempi inferiori all'ora. Tale aspetto assume una notevole importanza nel dimensionamento del drenaggio di piattaforma.

Come anticipato, le LSPM regionali sono state ricavate per durate di precipitazione  $d \geq 1$  ora ma, secondo le indicazioni fornite dagli estensori dello studio, sono estrapolabili con buona attendibilità fino a  $d \geq 0.5$  ore.

Nel dimensionamento del drenaggio di piattaforma si è scelto di ricavare le massime altezze di pioggia di durata inferiore a 30 minuti a partire dal dato disponibile delle altezze massime di durata oraria prendendo a riferimento studi effettuati in altre località italiane. È noto infatti da letteratura [Bell, 1969] che i rapporti  $r_\delta$  tra le altezze di durata  $\delta$  molto breve e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località. A partire dalla massima pioggia di durata oraria, si ricavano le corrispondenti altezze di pioggia di durata pari a frazioni di ora mediante l'utilizzo di un opportuno coefficiente correttivo, denominato nel seguito  $r_\delta$ . Tale coefficiente può essere assunto sulla base delle indicazioni disponibili in letteratura tecnica e supportate da ricerche svolte su alcune stazioni di misura italiane appartenenti ad aree pluviometriche con diverse caratteristiche, in particolare i pluviografi di Milano Monviso e Roma Macao (vedi "Sistemi di fognatura Manuale di progettazione" del Centro Studi Deflussi Urbani).

**Tabella 3-1: Coefficienti riduttivi pluviografo di Roma Macao (Calenda et al., 1993)**

Durata (min)	5	10	15	20	25	30
$r_\delta$	0.278	0.435	0.537	0.632	0.709	0.758

**Tabella 3-2: Coefficienti riduttivi pluviografo di Milano Monviso (Piga et al., 1990)**

Durata (min)	5	10	15	30
$r\delta$	0.322	0.489	0.601	0.811

Nel caso oggetto della presente relazione per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica, per tempi inferiori ad un'ora, è stata utilizzata la formula di Bell (Generalized Rainfall Duration Frequency Relationship" – Journal of the Hydraulics Division – Proceedings of American Society of Civil Engineers – volume 95, issue 1 – gennaio 1969).

Bell ha osservato che i rapporti  $r\delta$  tra le altezze di durata  $\tau$  molto breve ed inferiori alle due ore e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano. In relazione alla modesta variazione dei rapporti di intensità durata correlata al tempo di ritorno, ha proposto la seguente relazione che ben si adatta ai dati osservati dove il rapporto tra l'altezza di pioggia  $h$ , con  $t$  minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia  $h$  di durata 60 minuti, a parità di tempo di ritorno  $T$ , è dipendente solo dalla durata  $t$  espressa in minuti:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = f(t)$$

Avendo indicato con  $f$  un simbolo funzionale.

Studi successivi hanno dimostrato che il legame funzionale può essere espresso nella semplice forma:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = 0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50$$

in cui  $t$  è la durata dell'evento meteorico di durata inferiore all'ora, espressa in minuti.

### 3.2. ALTEZZA DI PIOGGIA E COEFFICIENTE DI RIDUZIONE AREALE

È comune esperienza che le piogge di elevata intensità si concentrino in aree piccole, e che, a parità di durata e a parità di tempo di ritorno, l'altezza di precipitazione decresca al crescere dell'area.

Tuttavia, stanti le modeste estensioni areali dei bacini in esame, cautelativamente, non è stato applicato alcun coefficiente di riduzione areale.

## 4. INDIVIDUAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI

Per la determinazione delle portate di progetto sono stati inizialmente individuati i bacini afferenti alla nuova infrastruttura di progetto in corrispondenza dei punti di intersezione tra quest'ultima ed i corsi d'acqua ad essa interferenti (si veda elaborato T01.ID.00.IDR.CO.01 relativo alla corografia dei bacini).

I dati utilizzati per la definizione dei sottobacini e delle loro caratteristiche vengono di seguito elencati:

- modello digitale del terreno disponibile nel Sistema Informativo territoriale Regionale della Regione Toscana;
- Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000;
- tematismo del Curve Number (CN) in formato shapefile redatto durante lo studio idrologico a supporto del PS del Comune di Arezzo. Per i bacini non compresi nel detto studio idrologico, si è utilizzato lo shape file predisposto per l'intero territorio regionale dal Dipartimento di



Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli studi di Firenze (DICEA, referente Prof. Fabio Castelli), liberamente consultabile all'indirizzo <http://www.regione.toscana.it/-/implementazione-di-modello-idrologico-distribuito-per-il-territorio-toscano>.

Per tutti i bacini oggetto del presente studio sono state determinate, attraverso l'uso di un software Gis Open Source (QGIS), in grado di processare dati territoriali ed eseguirne analisi di tipo spaziale, le distribuzioni rispetto alle superfici dei bacini stessi delle principali caratteristiche morfologiche, fisiche ed idrologiche necessarie alla redazione del presente studio idrologico, riportate nei seguenti paragrafi.

## **5. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO**

### **5.1. BACINI IDROGRAFICI INTERFERENTI CON LE OPERE DI PROGETTO**

La determinazione delle portate di progetto relative ai bacini interferenti con il tracciato di progetto si basa sulla costruzione di un modello matematico di trasformazione afflussi - deflussi capace di correlare l'intensità dell'evento meteorico con l'idrogramma di piena generato. L'utilizzo di un modello matematico possiede anche il vantaggio di restituire non solo la massima portata al colmo, ma anche il completo andamento temporale del fenomeno, la forma dell'idrogramma e il volume complessivo.

Il problema della trasformazione afflussi – deflussi viene generalmente scomposto in due fasi successive. La prima si propone di determinare la precipitazione efficace ovvero la frazione di pioggia totale (coefficiente di deflusso) che defluisce effettivamente attraverso la rete idrografica mentre la seconda simula la propagazione dei deflussi così ottenuti lungo la rete idrografica fino alla determinazione dell'andamento temporale delle portate transitate attraverso la sezione di chiusura del bacino.

Attualmente esiste un numero elevato di modelli concettuali in grado di simulare il comportamento idrologico del suolo. La pioggia efficace viene determinata attraverso la valutazione del coefficiente di deflusso che può essere ipotizzato costante nel tempo, nei modelli più semplificati come nel metodo razionale, o variabile con il procedere dell'evento meteorico.

Molto utilizzati sono i modelli basati sulla ricostruzione dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH) caratteristico che rappresenta la risposta del bacino ad impulso di precipitazione efficace perfettamente distribuita sull'intera superficie del bacino e avente volume unitario. Una volta definito l'IUH la ricostruzione dell'idrogramma reale avviene discretizzando lo ietogramma in ingressi in impulsi elementari e sommando le risposte ottenute da ciascuno di essi (integrale di convoluzione). Una volta definito il valore dei parametri richiesti dal modello la sua attendibilità viene verificata, quando possibile, attraverso la procedura di taratura.

Nel caso in esame l'impossibilità di procedere con questa procedura, a causa dell'assenza di misurazioni contemporanee pluvio-idrometriche che non ha permesso la ricostruzione di eventi di piena reali, ha consigliato di escludere l'utilizzo di quei modelli basati su grandezze non misurabili direttamente o indirettamente e la cui determinazione può avvenire esclusivamente dal confronto delle simulazioni con l'andamento degli eventi reali. Pertanto, si è data preferenza ai modelli cosiddetti "fisicamente basati" che consentono di sfruttare le caratteristiche morfometriche, litologiche e pedologiche del bacino per la determinazione delle grandezze fisiche significative.

Per la stima delle portate di progetto nei bacini minori ma ricompresi nel reticolo idrografico regionale (visualizzabile o scaricabile in formato shapefile dal portale cartografico della Regione Toscana al link: <https://www.regione.toscana.it/-/reticolo-idrografico-e-di-gestione>), bacini rappresentati nell'elaborato T01.ID.00.IDR.CO.01, è stato implementato il modello matematico HEC-HMS nella versione 4.3 (si veda Allegato 1), modello idrologico sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center della U.S. Army Corps of Engineers, che permette di simulare i processi idrologici che influiscono sulla formazione e sulla propagazione dei deflussi di piena a partire dalla

combinazione di differenti algoritmi di calcolo e sulla base della schematizzazione del bacino di indagine in diversi elementi variamente connessi tra loro dal punto di vista idrologico.

Diversamente, per le aree afferenti ai fossi di guardia dell'infrastruttura in progetto e per quelle relative alla piattaforma stradale si è adottato il metodo razionale.

### 5.1.1. TEMPO DI CORRIVAZIONE

Per la determinazione dell'idrogramma di piena è stato adottato il metodo di Clark, in accordo con quanto illustrato nello studio idrologico a supporto della redazione dei recenti PS e PO del Comune di Arezzo. Tale metodo, nella definizione dell'idrogramma di piena, considera sia i processi di trasferimento sia i processi di laminazione e descrive l'idrogramma di piena attraverso la definizione di due parametri: il tempo di corrivazione  $T_c$  e la costante di invaso R.

Trattandosi di bacini non strumentati, il tempo di corrivazione per ciascun bacino è stato calcolato come valore medio tra quelli ottenuti attraverso l'applicazione delle varie formulazioni empiriche disponibili in base al rispettivo campo di applicabilità, dipendente quest'ultimo dalle caratteristiche fisiografiche del singolo bacino. Nel presente studio, sono state utilizzate le formulazioni di Kirpich, Viparelli, Pezzoli, Watt & Chow, Chow e NCRS-Lag method, di seguito illustrate:

- **Kirpich**, analizzando sei piccoli bacini americani di area compresa tra 0.0051 e 0.433 Km<sup>2</sup>, ha ricavato la seguente relazione, successivamente corretta da Rowe e Thomas:

$$t_c = 0.000325 \left( \frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77}$$

in cui  $t_c$  è espresso in ore,  $L$  è la lunghezza dell'asta principale, a partire dallo spartiacque, espressa in metri e  $i_a$  è la sua pendenza.

- **Viparelli** calcola il tempo di corrivazione  $t_c$  come il rapporto tra la lunghezza del percorso idraulicamente più lungo che deve seguire la particella d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura e stabilire una velocità media di trasferimento  $V$  della particella nel suddetto percorso:

$$t_c = \frac{L}{V}$$

e suggerisce di utilizzare valori della velocità  $V$  caratteristica per correnti di piena variabili tra 1 e 1.3 m/s, specie per corsi d'acqua pedemontani.

- **Pezzoli** propone invece la seguente espressione del tempo di corrivazione, dedotta da misure su piccoli bacini piemontesi:

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_a}}$$

in cui  $t_c$  è espresso in ore,  $L$  è la lunghezza dell'asta principale espressa in Km e  $i_a$  è la pendenza media (m/m) dell'asta principale.

- Una formula analoga è quella di **Watt e Chow**, ottenuta utilizzando dati relativi a 44 bacini canadesi di area compresa tra 0.01 e 5840 Km<sup>2</sup> e caratterizzati da valori della pendenza  $i_a$  variabili tra 0.00121 e 0.0978:



$$t_L = a \left( \frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^b$$

in cui  $t_L$  è espresso in ore,  $L$  è la lunghezza dell'asta principale espressa in m, e le costanti  $a$  e  $b$  assumono rispettivamente il valore 0.000326 e 0.79.

- **Chow** ha proposto anche la stessa formula con i coefficienti  $a=0.00116$  e  $b=0.64$ , studiando venti piccoli bacini americani di superficie variabile tra 0.0051 e 18.5 Km<sup>2</sup>.
- La formula del **NCRS – Lag method** propone, per bacini con superficie compresa tra 0.004 e 8.1 km<sup>2</sup>:

$$t_c = \frac{l^{0.8} (S + 1)^{0.7}}{0.6 \cdot 1900 \sqrt{i_v}}$$

in cui  $t_c$  è espresso in ore,  $l$  è la lunghezza idraulica del bacino in piedi,  $S$  è la ritenzione potenziale espressa in pollici e  $i_v$  è la pendenza media dei versanti espressa in percentuale.

### 5.1.2. COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Il coefficiente di deflusso relativo a ciascun bacino idrografico di interesse è stimato mediante il metodo del Curve Number, proposto dal Soil Conservation Service (1972), il quale si basa sull'assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace)  $P_{net}$  risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda  $P$  (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad [\text{mm}]$$

nella quale  $S$  è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione ed  $I_a$  è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia creazione di deflusso; il parametro  $S$  corrisponde al volume idrico trattenuto dal terreno e dalla vegetazione, e quindi sottratto al deflusso superficiale dopo l'istante in cui si ha  $P > I_a$ ; fino all'istante in cui non si ha  $P < I_a$  il deflusso superficiale è da ritenersi praticamente assente.

In realtà con l'introduzione della perdita iniziale  $I_a$  si vuole tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale. Le perdite iniziali  $I_a$  vengono di norma assunte pari ad una frazione di  $S$  come riportato nella seguente formulazione classica:

$$I_a = 0.2 \cdot S \quad [\text{mm}]$$

che risulta verificata in buona approssimazione.

La valutazione del valore di  $S$  può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), cui esso risulta legato dalla relazione:

$$S = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right) \quad [\text{mm}]$$

PROGETTAZIONE ATI:

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico. Il Soil Conservation Service (SCS) sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D):

- Gruppo A – Scarsa potenzialità di deflusso: comprende forti spessori di sabbia con scarsissimo limo e argilla; anche forti spessori di ghiaie profonde, molto permeabili.
- Gruppo B – Potenzialità di deflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte degli strati sabbiosi meno spessi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
- Gruppo C – Potenzialità di deflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
- Gruppo D – Potenzialità di deflusso molto elevata: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo.

Tipologia di Uso del Territorio	Tipo idrologico Suolo			
	A	B	C	D
<u>Terreno coltivato</u>				
in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
<u>Terreno a pascolo</u>				
in cattive condizioni	68	79	86	89
in buone condizioni	39	61	74	80
<u>Terreni boscosi o forestati</u>				
in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
<u>Spazi aperti, prati rasati, parchi</u>				
con copertura erbosa superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
con copertura erbosa compresa tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
con copertura erbosa inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
<u>Aree commerciali (area impermeabile 85%)</u>	89	92	94	95
<u>Distretti industriali (area impermeabile 72%)</u>	81	88	91	93
<u>Aree residenziali</u>				
impermeabilità media 65%	77	85	90	92
impermeabilità media 38%	61	75	83	87
impermeabilità media 30%	57	72	81	86
impermeabilità media 25%	54	70	80	85
impermeabilità media 20%	51	68	79	84
impermeabilità media 12%	46	65	77	82
<u>Parcheggi, tetti, autostrade</u>	98	98	98	98
<u>Strade</u>				
pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
con letto in ghiaia	76	85	89	91
battute in terra	72	82	87	89

**Valori del "Curve Number" CN per i diversi tipi di suolo in funzione dell'uso del suolo per condizioni di umidità iniziale (antecedent moisture conditions – AMC) medie (classe II)**

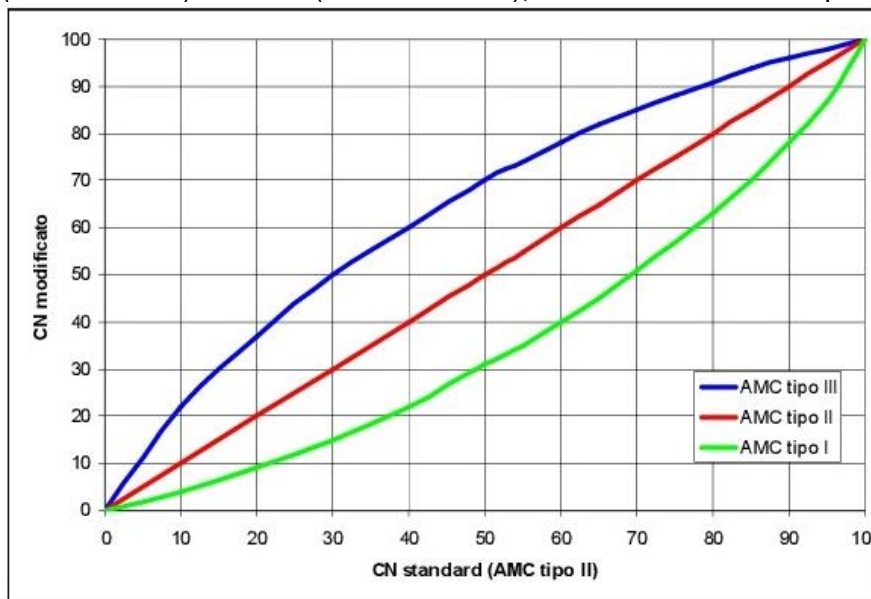
I valori del CN riportati nella tabella precedente si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo all’inizio dell’evento meteorico di tipo standard, precisamente quella intermedia indicata come AMC II (Antecedent Moisture Condition II).

Poiché il rifiuto del terreno è un fenomeno dinamico, che dipende dallo stato del sistema, ovvero dallo stato di imbibimento del bacino, si assume che il valore di CN possa variare in relazione alle condizioni iniziali di imbibimento all’atto della piena. Lo stato di imbibimento viene espresso, in modo quali-quantitativo, in base ad un indice di pioggia, dato dall’altezza totale di pioggia caduta nei cinque giorni che precedono l’evento di piena,  $API_5$ . A seconda del valore di  $API_5$ , vengono identificate le tre classi AMC I, II e III, che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito.

CLASSE AMC	Altezza di pioggia nei 5 giorni precedenti (mm)	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I - asciutta	< 12.7	< 35.5
II - media	12.7 - 28.0	35.5 - 53.3
III - umida	> 28.0	> 53.3

**Definizione della classe di umidità in base al parametro  $API_5$**

Nota il valore di CN per le condizioni medie di imbibimento, per passare a condizioni di umidità iniziale asciutte (classe AMC I) o umide (classe AMC III), si utilizzano le curve riportate di seguito.



**Curve di conversione dei valori di CN per le diverse condizioni di umidità del suolo antecedenti l’evento**

Tali curve possono essere interpolate mediante le seguenti relazioni:

$$CN(I) = \frac{4.2 \cdot CN(II)}{10 - 0.058 \cdot CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)}$$

Nel caso di terreni variegati possono essere identificate alcune categorie fondamentali per definire un valore globale del CN, pesato in ragione dell’estensione delle sottozone con le quali si è suddiviso il bacino.

Una volta calcolata la pioggia netta (efficace)  $P_{net}$ , il coefficiente di deflusso è pari a:

PROGETTAZIONE ATI:

$$c = \frac{P_{net}}{P}$$

Nel caso in esame, la stima del parametro CN per le varie porzioni dei bacini in studio si è basata sul tematismo del Curve Number (CN) in formato shapefile.

Per quello che concerne la stima del rapporto tra le perdite iniziali ed il volume specifico di saturazione  $I_a/S$  (Initial Abstraction ratio), si è utilizzato il classico valore pari a 0.2.

Per tutti i bacini in studio si è supposta, in favore di sicurezza, una condizione iniziale di imbibimento corrispondente a valori di CN (III).

### **5.1.3. IETOGRAMMA DI PROGETTO**

La determinazione dello ietogramma di progetto per un prefissato tempo di ritorno richiede l'individuazione della durata dello ietogramma nonché della distribuzione temporale delle altezze di pioggia stimati dalla corrispondente linea segnalatrice di possibilità pluviometrica.

La precipitazione in ingresso al modello di trasformazione afflussi-deflussi considerata nella presente applicazione è una pioggia di durata  $d$  maggiore o uguale tempo di corrivazione,  $t_c$ , del sottobacino in esame e di assegnato tempo di ritorno, pari al tempo di ritorno dell'idrogramma di piena che si vuole determinare. In particolare, per ciascun corso d'acqua interferente con l'infrastruttura di progetto, è stata valutata la risposta idrologica del bacino mediante simulazioni numeriche implementate in ambiente HEC-HMS con ietogrammi in ingresso ad intensità costante e di durata variabile, così da determinare quella che massimizza la portata al colmo in corrispondenza della sezione di chiusura posta immediatamente a monte dell'opera interferita.

### **5.1.4. TRASFORMAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE IN DEFLUSSO**

La pioggia efficace, determinata attraverso il metodo descritto, viene trasformata in deflusso lungo la rete idrografica utilizzando la metodologia dell'idrogramma unitario, che descrive matematicamente la risposta idrologica di un bacino idrografico ad un impulso di pioggia efficace unitario. Assumendo che l'idrogramma unitario sia invariante con il progredire della precipitazione (condizione di idrogramma stazionario) e indipendente dalla sua intensità (condizione di idrogramma lineare) la risposta del bacino ad uno ietogramma qualsiasi può essere determinata come semplice combinazione lineare di tutti gli impulsi unitari.

Un idrogramma che rispetta queste ipotesi viene descritto da una funzione,  $U(t)$ , per la quale si possono introdurre e descrivere alcune definizioni. L'idrogramma presenta una fase di risalita di durata ( $t_p$ , tempo di picco) al termine della quale raggiunge la massima intensità di picco ( $h_p$ ). La durata dell'idrogramma unitario ( $t_B$ , tempo di base) coincide con il tempo necessario affinché la precipitazione caduta nel punto più lontano del bacino faccia sentire i suoi effetti alla sezione di chiusura (tempo di corrivazione) e rappresenta la memoria del sistema. Il momento del primo ordine (baricentro) dell'idrogramma viene detto tempo di ritardo  $t_L$  (time lag).

Nel caso in esame, la risposta idrologica del bacino idrografico è stata calcolata utilizzando l'idrogramma unitario di Clark. Si tratta di un modello che restituisce l'idrogramma unitario di un bacino attraverso i due processi chiave che intervengono nella trasformazione dell'eccesso di precipitazione in deflusso: il trasferimento dell'eccesso di pioggia attraverso il reticolo di drenaggio dalla sua origine alla sezione di chiusura e l'effetto di laminazione della portata. Conseguentemente i parametri che caratterizzano il modello sono il tempo di corrivazione del bacino  $t_c$  [ore] e il coefficiente di invaso  $R$  [ore].

### **5.1.5. METODO RAZIONALE**

Alla base della procedura vi sono le seguenti assunzioni:

- la massima piena avviene per precipitazioni meteoriche con durata pari al tempo di corrivazione del bacino;
- il picco di piena ha il medesimo tempo di ritorno della precipitazione che lo ha generato;
- la formazione delle piene ed il suo trasferimento lungo il reticolo idrografico avviene senza la formazione di invasi significativi; nel caso si formino invasi significativi il colmo di piena calcolato con questa metodologia sarà sovrastimato.

La portata al colmo di piena è espressa dalla formula:

$$Q = \frac{chS}{3,6t_c} (m^3/s)$$

dove:

- c = coefficiente di deflusso del bacino;
- h = altezza massima di pioggia per una durata pari al tempo di corrivazione (mm);
- S = superficie del bacino (km<sup>2</sup>);
- t<sub>c</sub> = tempo di corrivazione del bacino (ore).

La procedura si articola nei seguenti passi:

- delimitazione del bacino idrografico di interesse su una base cartografica in opportuna scala;
- definizione dei parametri morfologici e fisiografici del bacino;
- definizione dei tempi di corrivazione in base a diverse formule teorico-sperimentali e attribuzione dei valori di riferimento;
- analisi dei dati di copertura per la valutazione del coefficiente di deflusso;
- calcolo della portata di massima piena per il tempo di ritorno di progetto in funzione della tipologia dell'opera (tombini, sistema di drenaggio acque meteoriche piattaforma stradale, ecc.)

Nello specifico, come anticipato, il metodo idrologico concettuale implementato con HEC-HMS è stato adottato per la stima delle portate di progetto dei bacini dei corpi idrici minori ricompresi nel reticolo idrografico regionale ed interferenti con l'infrastruttura in progetto, finalizzata al dimensionamento dei relativi tombini, ad eccezione di alcuni sottobacini di estensione ridotta afferenti ai fossi di guardia dell'opera in progetto per i quali la portata di progetto è stata stimata applicando il metodo razionale.

Il metodo razionale è stato impiegato inoltre per il dimensionamento delle reti di drenaggio delle acque meteoriche della piattaforma stradale, dei fossi di guardia e dei relativi tombini di attraversamento. Si rimanda alla relazione T01.ID.00.IDR.RE.02 per ulteriori dettagli.



## 6. RISULTATI DELL'ANALISI IDROLOGICA

### 6.1. BACINI DEI CORSI D'ACQUA MINORI APPARTENENTI AL RETICOLO IDROGRAFICO REGIONALE

Di seguito si riportano i parametri idrologici e le portate di progetto dei bacini dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico regionale, dei quali si riporta il codice identificativo.

#### 6.1.1. BACINI "ASSE PRINCIPALE DA PROGR. KM 0+000.00 A KM 1+475.00 FANO"

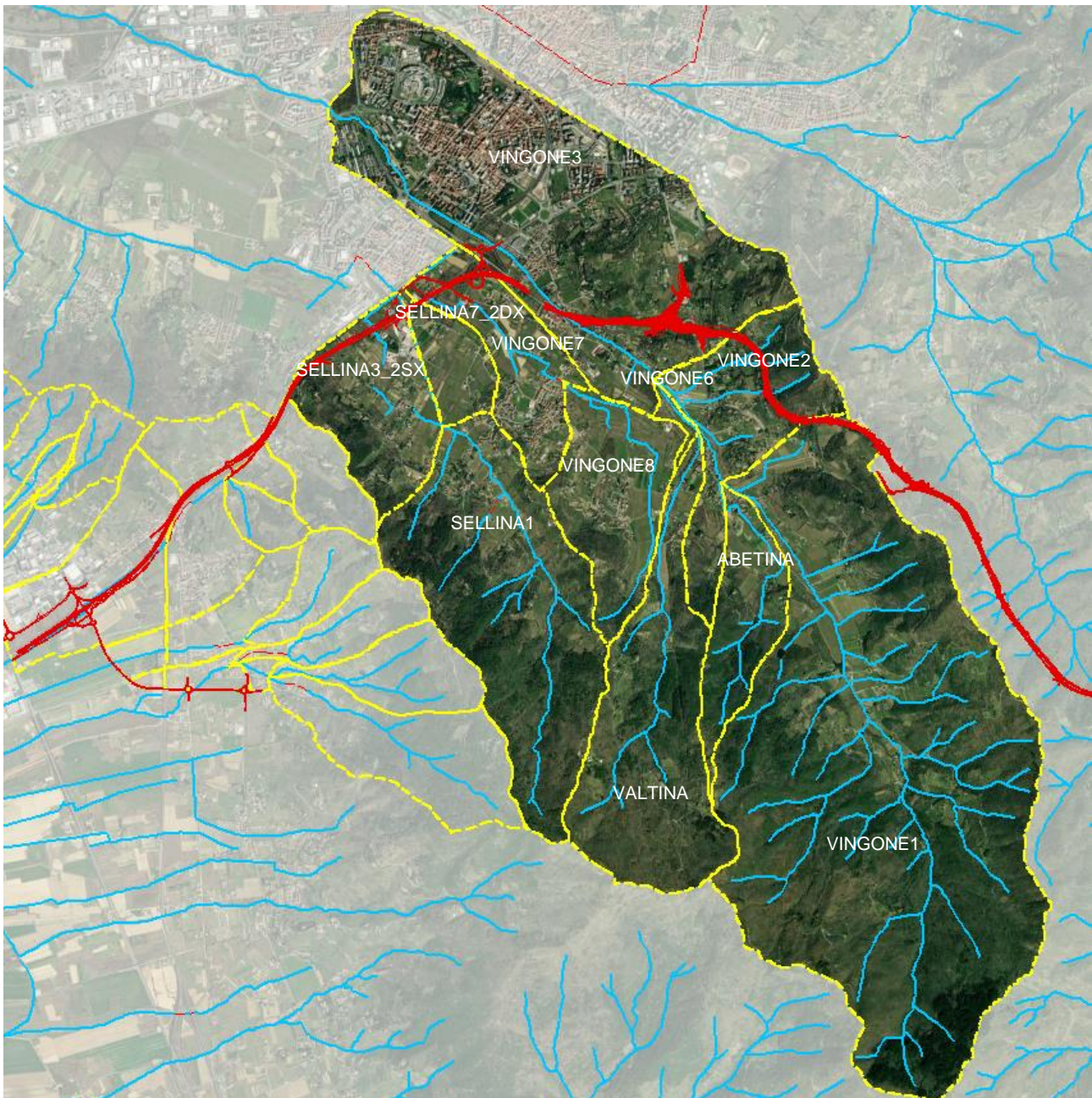
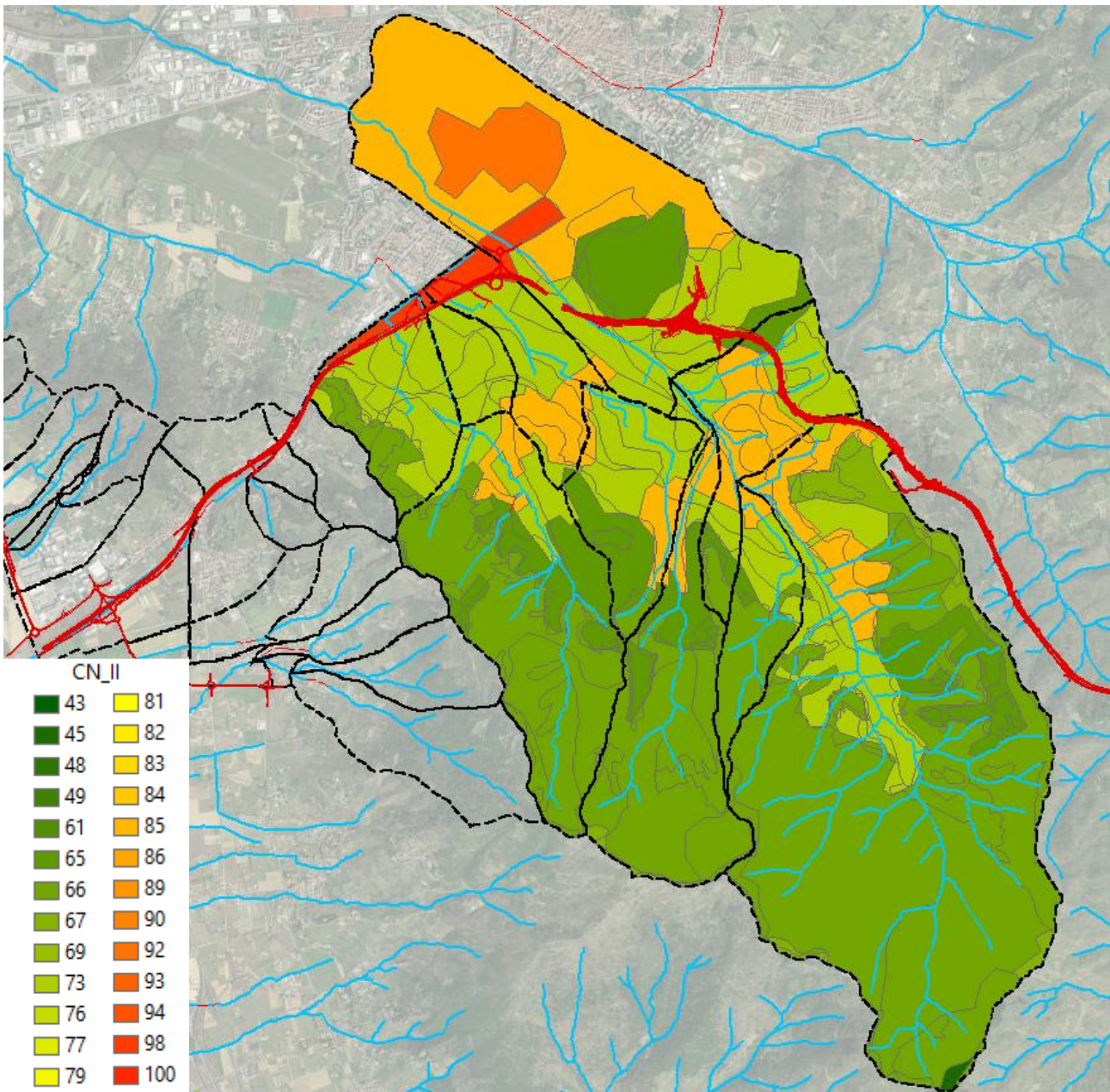


Figura 6-1: Vista planimetrica dei bacini in esame, con indicazione del tracciato stradale di progetto.

PROGETTAZIONE ATI:





**Figura 6-2: Andamento spaziale del parametro CN-II nell'area di interesse.**

**Caratteristiche morfometriche dei bacini**

Bacino	Area	Pendenza media versanti	H <sub>max</sub>	H <sub>min</sub>	Altezza media su sezione chiusura	Lunghezza asta principale	Pendenza media asta principale	Lunghezza idraulica bacino
	[Km <sup>2</sup> ]	[m/m]	[m slm]	[m slm]	[m]	[km]	[m/m]	[km]
SELLINA 1	PARAMETRI MORFOMETRICI DA STUDI IDROLOGICI A SUPPORTO DEL PS APPROVATO DEL COMUNE DI AREZZO							
SELLINA 3_2SX*	1.16	0.11	MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI "KINEMATIC WAVE"					
SELLINA 7_2DX*	0.42	0.02						
VINGONE 7	PARAMETRI MORFOMETRICI DA STUDI IDROLOGICI A SUPPORTO DEL PS APPROVATO DEL COMUNE DI AREZZO							
VINGONE 8								

PROGETTAZIONE ATI:

VINGONE1	PARAMETRI MORFOMETRICI DA STUDI IDROLOGICI A SUPPORTO DEL PS APPROVATO DEL COMUNE DI AREZZO
ABETINA	
VALTINA	
VINGONE2	
VINGONE6	
VINGONE3	

**Valori calcolati dei tempi di corrivazione dei bacini**

Bacino	Tempo di corrivazione [ore]								Lag=0.6*Tc [min]
	T <sub>c,Kirpich</sub>	T <sub>c,Viparelli</sub>	T <sub>c,Pezzoli</sub>	T <sub>c,Watt&amp;Chow</sub>	T <sub>c,Chow</sub>	T <sub>c,NCRS</sub>	T <sub>c,Ventura</sub>	T <sub>c,Medio</sub>	
SELLINA 1	VALORE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DA STUDI IDROLOGICI A SUPPORTO DEL PS APPROVATO DEL COMUNE DI AREZZO								
SELLINA3_2SX SELLINA7_2DX	MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI “KINEMATIC WAVE”								
VINGONE 7* VINGONE 8 VINGONE1 ABETINA VALTINA VINGONE2 VINGONE6 VINGONE3	VALORE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DA STUDI IDROLOGICI A SUPPORTO DEL PS APPROVATO DEL COMUNE DI AREZZO								

**Parametri caratteristici dei bacini**

Bacino	S	T <sub>c</sub>	R	CN II	CN III
	[Km <sup>2</sup> ]	[ore]	[ore]	[%]	[%]
SELLINA 1	2.96	0.46	0.14	67.62	82.77
SELLINA3_2SX	1.16	-	-	72.88	68.07
SELLINA7_2DX	0.42	-	-	73.46	86.42
VINGONE 7	0.96	1.53	0.55	80.35	90.39
VINGONE 8	1.21	0.66	0.29	72.45	85.81
VINGONE1	8.66	1.19	0.62	67.99	83.01
ABETINA	0.80	0.57	0.31	69.58	84.03
VALTINA	2.23	0.69	0.38	67.32	82.57
VINGONE2	1.33	0.38	0.07	76.11	87.99
VINGONE6	0.06	0.52	0.15	73.59	86.50
VINGONE3	4.98	2.48	1.02	80.52	90.48

**Parametri caratteristici dei bacini (Kinematic Wave – Piano equivalente)**

Bacino	Piano equivalente				Channel					
	L	i <sub>v</sub>	n	A	L	l <sub>a</sub>	forma	n	b	s
	[m]	[m/m]	[m <sup>-1/3</sup> s]	[%]	[m]	[m/m]	-	[m <sup>-1/3</sup> s]	[m]	[xH:1V]
SELLINA3_2SX	815	0.11	0.25	100	366	0.0030	trapezia	0.04	0.6	1.67
SELLINA7_2DX	635	0.02	0.25	100	66	0.0070	trapezia	0.04	0.6	1.67

**Durata di pioggia critica per il bacino in esame e relativo valore di portata di picco per TR = 200 anni**

Nodo	Durata critica	Q <sub>Picco, TR200</sub> [m <sup>3</sup> /s]
SELLINA1	30min	37.87
J1 SELLINA1 SELLINA7_2DX	30min	38.90
J4 VINGONE8 VINGONE7	2h	20.02
J2 SELLINA1 SELLINA7_2DX SELLINA3_2SX	1h	47.49



J-V2	VINGONE1 ABETINA VALTINA VINGONE2 VINGONE6	2h	99.19
------	--	----	-------

**6.1.2. BACINI “ASSE PRINCIPALE DA PROGR. KM 1+475.00 FANO A PROGR. KM 6+025.00 FANO”**

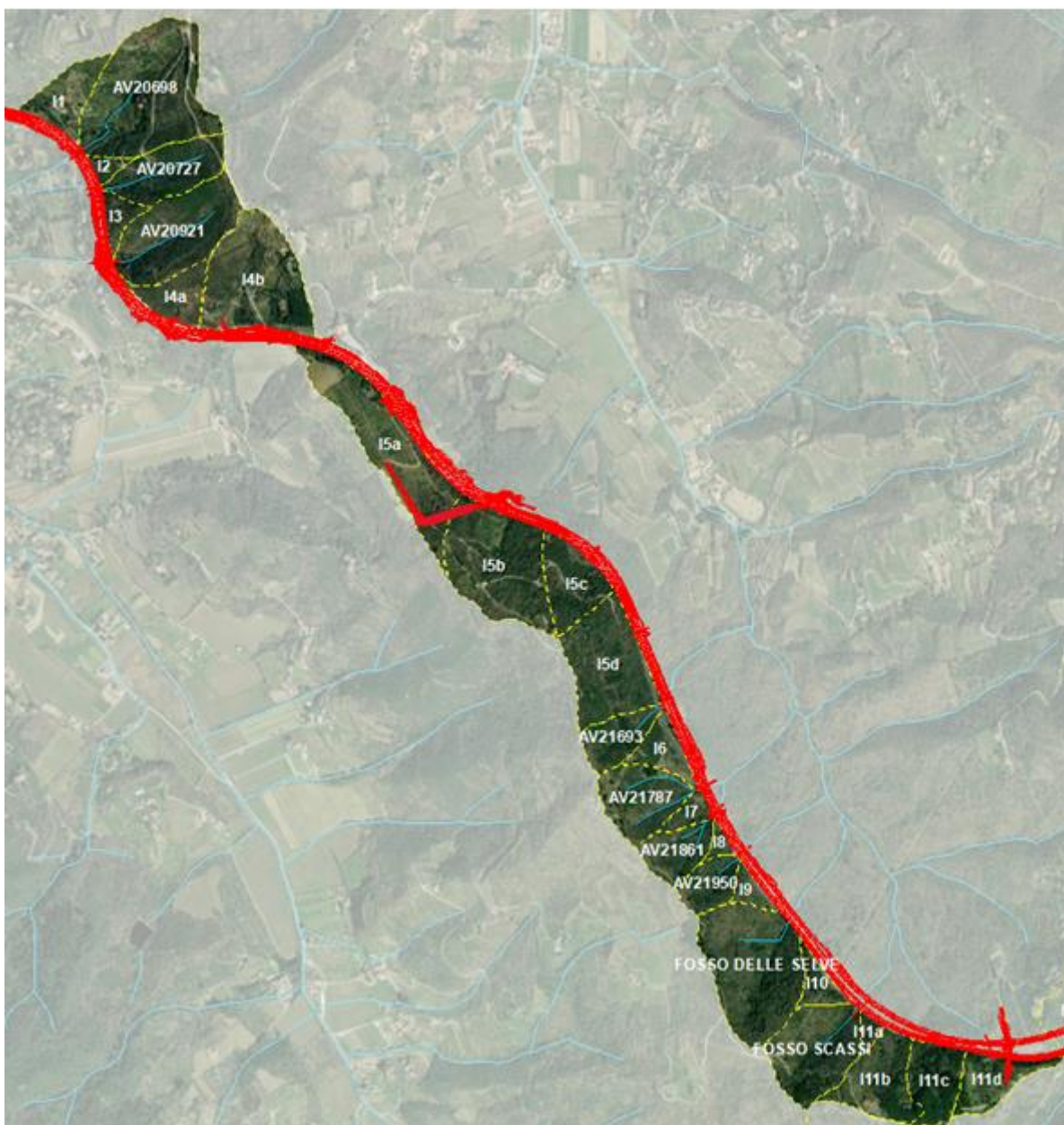
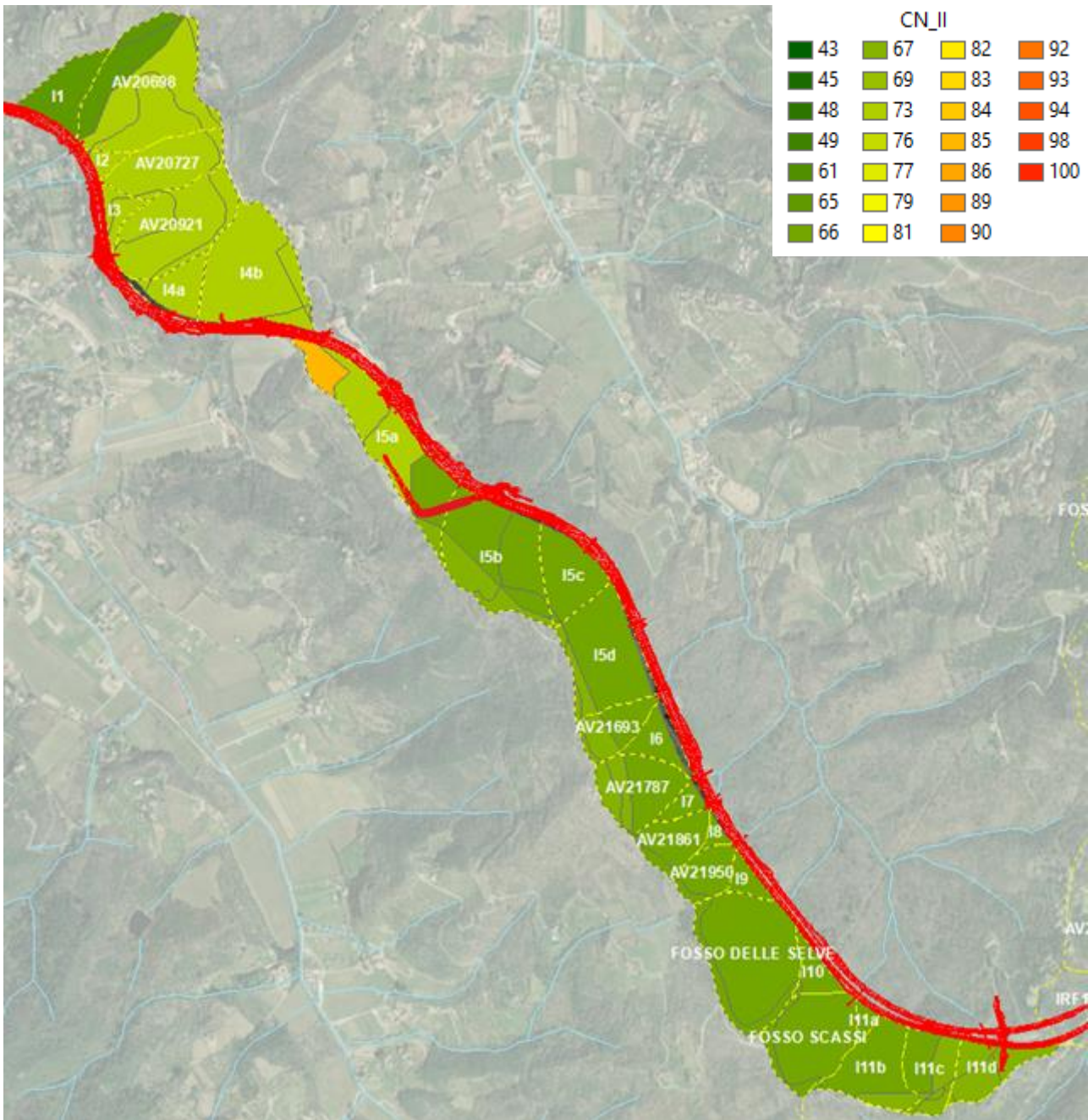


Figura 6-3: Vista planimetrica dei bacini in esame, con indicazione del tracciato stradale di progetto.

PROGETTAZIONE ATI:



**Figura 6-4: Andamento spaziale del parametro CN-II nell'area di interesse.**

**Caratteristiche morfometriche dei bacini**

Bacino	Area	Pendenza media versanti	H <sub>max</sub>	H <sub>min</sub>	Altezza media su sezione chiusura	Lunghezza asta principale	Pendenza media asta principale	Lunghezza idraulica bacino
	[Km <sup>2</sup> ]	[m/m]	[m slm]	[m slm]	[m]	[km]	[m/m]	[km]
I1	0.03	0.241	402.00	306.00	36.81	0.09	0.283	0.09
AV20698	0.12	0.247	432.00	303.00	75.76	0.29	0.181	0.56
I2	0.01	0.312	357.00	312.00	21.82	0.08	0.368	0.15
AV20727	0.05	0.248	435.00	312.3	75.88	0.34	0.286	0.40

PROGETTAZIONE ATI:



Bacino	Area	Pendenza media versanti	H <sub>max</sub>	H <sub>min</sub>	Altezza media su sezione chiusura	Lunghezza asta principale	Pendenza media asta principale	Lunghezza idraulica bacino
	[Km <sup>2</sup> ]	[m/m]	[m slm]	[m slm]	[m]	[km]	[m/m]	[km]
I3	0.01	0.210	365.00	320.00	20.04	0.06	0.467	0.14
AV20921	0.08	0.239	427.00	314.00	64.01	0.35	0.178	0.45
I4a	0.03	0.233	401.00	334.00	25.07	0.08	0.325	0.22
I4b	0.09	0.196	416.00	348.00	35.13	0.29	0.059	0.35
I5a	0.09	0.144	452.00	378.00	27.84	0.10	0.221	0.14
I5b	0.09	0.164	480.00	406.00	33.79	0.19	0.181	0.46
I5c	0.04	0.253	482.00	408.00	33.68	0.12	0.348	0.24
I5d	0.07	0.271	504.00	416.00	43.86	0.10	0.332	0.25
AV21693	0.03	0.242	517.00	416.05	69.24	0.12	0.343	0.28
I6	0.021	0.176	496.00	437.00	19.56	0.06	0.356	0.19
AV21787	0.05	0.298	531.00	432.60	56.30	0.22	0.228	0.27
I7	0.01	0.224	487.00	437.00	23.14	0.07	0.107	0.16
AV21861	0.03	0.195	505.00	434.00	54.59	0.15	0.274	0.26
I8	0.005	0.158	488.00	450.00	16.77	0.02	0.556	0.13
AV21950	0.02	0.172	506.00	463.00	30.68	0.09	0.219	0.09
I9	0.01	0.187	499.00	450.00	34.13	0.04	0.786	0.13
SELVE	0.1	0.186	547.00	427.50	76.68	0.22	0.204	0.42
I10	0.014	0.240	524.00	470.00	23.23	0.04	0.829	0.14
SCASSI	0.06	0.311	605.00	468.30	69.69	0.20	0.142	0.37
I11a	0.01	0.342	525.00	476.00	24.47	0.05	0.619	0.12
I11b	0.05	0.179	592.00	476.00	56.60	0.28	0.014	0.42
I11c	0.03	0.068	529.00	486.00	39.31	0.20	0.157	0.30
I11d	0.03	0.071	529.00	497.50	26.04	0.10	0.098	0.24

**Valori calcolati dei tempi di corrivazione dei bacini**

Bacino	Tempo di corrivazione [ore]							Lag=0.6*Tc [min]
	T <sub>c,Kirpich</sub>	T <sub>c,Viparelli</sub>	T <sub>c,Pezzoli</sub>	T <sub>c,Watt&amp;Chow</sub>	T <sub>c,Chow</sub>	T <sub>c,NCRS</sub>	<b>T<sub>c,Medio</sub></b>	
I1	0.02	0.03	0.01	0.03	0.05	0.06	<b>0.03</b>	1
AV20698	0.08	0.10	-	0.10	0.13	-	<b>0.10</b>	4
I2	0.02	0.04	0.01	0.02	-	0.07	<b>0.03</b>	1
AV20727	0.05	0.07	-	0.09	0.12	0.11	<b>0.09</b>	3
I3	0.02	0.04	0.01	0.02	0.04	0.08	<b>0.03</b>	1
AV20921	0.07	0.08	-	0.11	0.14	-	<b>0.10</b>	4
I4a	0.03	0.06	0.01	0.03	0.05	0.10	<b>0.05</b>	2
I4b	0.09	0.10	0.06	0.15	0.18	0.17	<b>0.12</b>	4
I5a	0.03	0.04	0.01	0.04	0.06	0.09	<b>0.04</b>	2
I5b	0.07	0.13	0.02	0.07	0.10	0.27	<b>0.11</b>	4
I5c	0.03	0.07	0.01	0.04	0.06	0.13	<b>0.06</b>	2
I5d	0.04	0.07	0.01	0.03	0.05	0.13	<b>0.06</b>	2
AV21693	0.04	0.05	-	0.04	0.06	-	<b>0.05</b>	2
I6	0.03	0.05	0.01	0.02	0.04	0.13	<b>0.05</b>	2
AV21787	0.04	0.05	-	0.07	0.10	-	<b>0.06</b>	2

PROGETTAZIONE ATI:

Bacino	Tempo di corrivazione [ore]							Lag=0.6*Tc [min]
	T <sub>c,Kirpich</sub>	T <sub>c,Viparelli</sub>	T <sub>c,Pezzoli</sub>	T <sub>c,Watt&amp;Chow</sub>	T <sub>c,Chow</sub>	T <sub>c,NCRS</sub>	T <sub>c,Medio</sub>	
I7	0.04	0.05	0.01	0.04	-	0.10	<b>0.05</b>	2
AV21861	0.04	0.05	-	0.05	0.07	-	<b>0.05</b>	2
I8	0.02	0.04	0.00	0.01	-	0.10	<b>0.03</b>	1
AV21950	0.02	0.02	-	0.03	0.06	0.07	<b>0.04</b>	1
I9	0.01	0.04	0.00	0.01	-	0.09	<b>0.03</b>	1
SELVE	0.06	0.08	-	0.07	0.10	-	<b>0.08</b>	3
I10	0.02	0.04	0.00	0.01	0.02	0.09	<b>0.03</b>	1
SCASSI	0.06	0.07	-	0.08	0.11	-	<b>0.08</b>	3
I11a	0.02	0.03	0.00	0.02	-	0.06	<b>0.03</b>	1
I11b	0.18	0.12	0.13	0.25	0.28	0.24	<b>0.20</b>	7
I11c	0.05	0.08	0.03	0.07	0.10	0.30	<b>0.11</b>	4
I11d	0.05	0.07	0.02	0.05	0.08	0.24	<b>0.08</b>	3

**Parametri caratteristici dei bacini**

Bacino	S	T <sub>c</sub>	R	CN II	CN III
	[Km <sup>2</sup> ]	[ore]	[ore]	[%]	[%]
I1	0.03	0.03	0.017	65.00	81
AV20698	0.12	0.1	0.03	70.37	84.5
I2	0.01	0.03	0.017	73.00	86.1
AV20727	0.05	0.09	0.033	86.10	86.1
I3	0.01	0.03	0.017	73.00	86.1
AV20921	0.08	0.1	0.035	73.00	86.1
I4a	0.03	0.05	0.017	73.00	86.1
I4b	0.09	0.12	0.032	73.00	86.1
I5a	0.09	0.04	0.017	72.26	85.7
I5b	0.09	0.11	0.023	66.27	81.9
I5c	0.04	0.06	0.017	66.01	81.7
I5d	0.07	0.06	0.017	66.14	81.8
AV21693	0.03	0.05	0.017	66.43	82
I6	0.021	0.05	0.017	66.02	81.7
AV21787	0.05	0.06	0.02	66.38	82
I7	0.01	0.05	0.017	66.00	81.7
AV21861	0.03	0.05	0.017	66.00	81.7
I8	0.005	0.03	0.017	66.00	81.7
AV21950	0.02	0.04	0.017	66.00	81.7
I9	0.01	0.03	0.017	66.00	81.7
SELVE	0.1	0.08	0.026	66.00	81.7
I10	0.014	0.03	0.017	66.00	81.7
SCASSI	0.06	0.08	0.018	66.00	81.7
I11a	0.01	0.03	0.017	66.00	81.7
I11b	0.05	0.2	0.032	66.15	81.8
I11c	0.03	0.11	0.038	66.51	82
I11d	0.03	0.08	0.019	67.00	82.4

**Durate di pioggia critiche per i bacini in esame e relativi valori di portata di picco per un tempo di ritorno pari a 200 anni**

Nodo	Durata critica	Q Picco, TR200 [m <sup>3</sup> /s]
I1	30 min	<b>0.64</b>
AV20698	30 min	<b>2.76</b>
I2	15 min	<b>0.28</b>
AV20727	30 min	<b>1.22</b>
I3	15 min	<b>0.28</b>
AV20921	30 min	<b>1.93</b>
I4a	15 min	<b>0.81</b>
I4b	30 min	<b>2.16</b>
I5a	15 min	<b>2.40</b>
I5b	30 min	<b>1.88</b>
I5c	30 min	<b>0.87</b>
I5d	30 min	<b>1.52</b>
AV21693	30 min	<b>0.66</b>
I6	30 min	<b>0.46</b>
AV21787	30 min	<b>1.09</b>
I7	30 min	<b>0.22</b>
AV21861	30 min	<b>0.65</b>
I8	30 min	<b>0.11</b>
AV21950	30 min	<b>0.44</b>
I9	30 min	<b>0.22</b>
SELVE	30 min	<b>2.11</b>
I10	30 min	<b>0.31</b>
SCASSI	30 min	<b>1.28</b>
I11a	30 min	<b>0.22</b>
I11b	30 min	<b>0.97</b>
I11c	30 min	<b>0.62</b>
I11d	30 min	<b>0.66</b>

Per la stima delle durate critiche di precipitazione dei singoli bacini idrografici si rimanda al paragrafo 6.1.4.

**6.1.3. BACINI “RIO FIUMICELLO”**

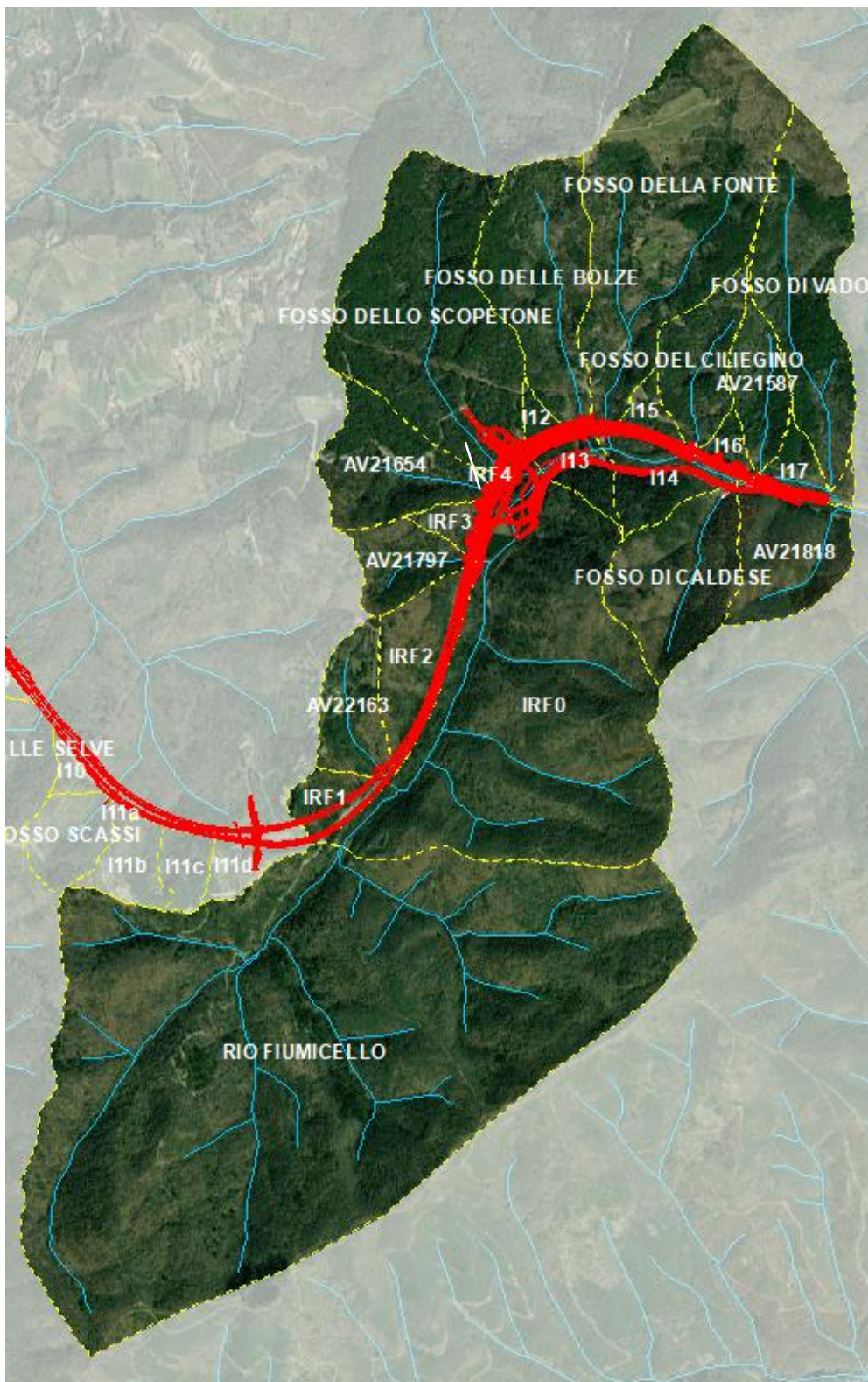


Figura 6-5: Vista planimetrica dei bacini in esame, con indicazione del tracciato stradale di progetto.

PROGETTAZIONE ATI:



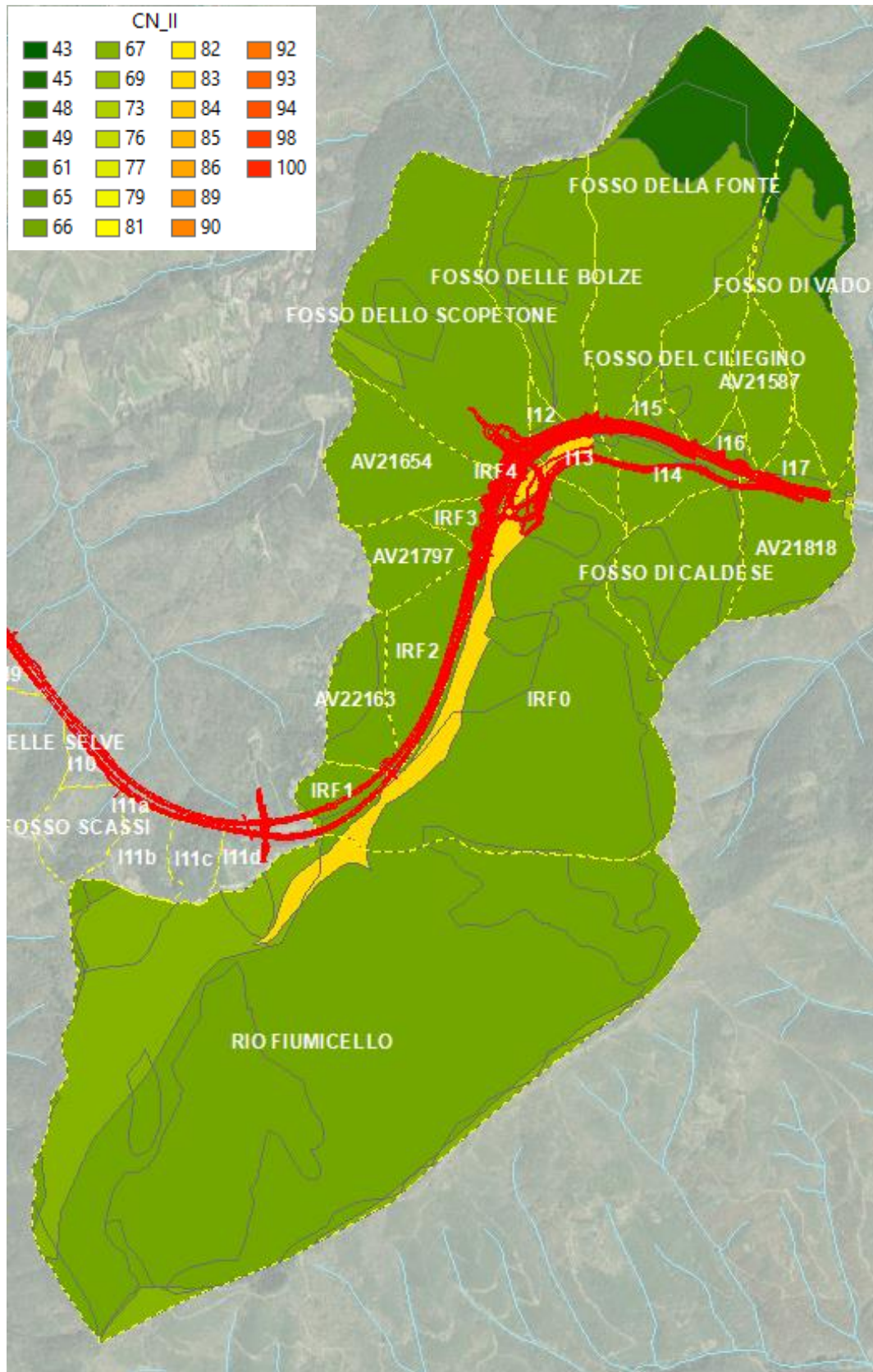


Figura 6-6: Andamento spaziale del parametro CN-II nell'area di interesse.

PROGETTAZIONE ATI:



**Caratteristiche morfometriche dei bacini**

Bacino	Area	Pendenza media versanti	H <sub>max</sub>	H <sub>min</sub>	Altezza media su sezione chiusura	Lunghezza asta principale	Pendenza media asta principale	Lunghezza idraulica bacino
	[Km <sup>2</sup> ]	[m/m]	[m slm]	[m slm]	[m]	[km]	[m/m]	[km]
FIUMICELLO	1.93	0.283	715.00	479.50	114.29	1.81	0.073	1.95
IRF1	0.04	0.200	530.00	496.00	18.45	0.15	0.102	0.21
IRF0	0.73	0.321	681.00	467.60	70.53	0.63	0.196	0.78
AV22163	0.08	0.115	533.00	490.88	29.60	0.40	0.075	0.56
IRF2	0.10	0.185	533.00	482.00	37.91	0.11	0.331	0.30
AV21797	0.07	0.187	569.00	463.70	67.10	0.29	0.184	0.39
IRF3	0.02	0.213	530.00	474.00	27.35	0.09	0.276	0.22
AV21654	0.13	0.219	566.00	464.20	53.28	0.39	0.073	0.56
IRF4	0.002	0.016	475.00	461.00	13.50	0.03	0.176	0.09
SCOPETONE	0.38	0.230	624.00	460.85	85.89	0.97	0.092	1.07
I12	0.01	0.234	528.00	470.00	20.39	0.07	0.276	0.21
I13	0.04	0.267	549.00	446.00	26.70	0.08	0.380	0.08
BOLZE	0.20	0.342	655.00	450.00	98.15	0.77	0.158	0.85
FONTE	0.45	0.238	710.00	451.40	151.34	0.78	0.104	1.34
I14	0.08	0.268	544.00	435.80	30.54	0.39	0.033	0.54
I15	0.02	0.141	502.00	452.00	20.19	0.06	0.306	0.26
CILIEGINO	0.09	0.264	604.00	447.00	62.96	0.46	0.143	0.70
I16	0.02	0.151	485.00	442.00	18.81	0.05	0.327	0.18
CALDESE	0.16	0.374	623.00	435.80	98.17	0.57	0.211	0.69
AV21587	0.07	0.207	586.00	432.70	64.17	0.44	0.165	0.67
AV21818	0.12	0.328	576.00	443.00	0.37	0.37	0.237	0.37
I17	0.04	0.075	479.00	429.50	21.71	0.23	0.014	0.29
VADO	0.23	0.291	676.00	429.50	125.13	1.00	0.175	1.23

**Valori calcolati dei tempi di corrvazione dei bacini**

Bacino	Tempo di corrvazione [ore]							Lag=0.6*Tc [min]
	T <sub>c,Kirpich</sub>	T <sub>c,Viparelli</sub>	T <sub>c,Pezzoli</sub>	T <sub>c,Watt&amp;Chow</sub>	T <sub>c,Chow</sub>	T <sub>c,NCRS</sub>	T <sub>c,Medio</sub>	
FIUMICELLO	-	0.54	-	0.57	0.54	0.65	<b>0.58</b>	21
IRF1	0.05	0.06	0.03	0.07	0.10	0.13	<b>0.07</b>	3
IRF0	-	0.22	0.08	0.17	0.20	0.28	<b>0.19</b>	7
AV22163	0.12	0.12	-	0.17	0.21	-	<b>0.15</b>	6
IRF2	0.04	0.08	0.01	0.03	0.05	0.18	<b>0.07</b>	2
AV21797	0.06	0.07	-	0.09	0.13	-	<b>0.09</b>	3
IRF3	0.03	0.06	0.01	0.03	0.05	0.13	<b>0.05</b>	2
AV21654	0.12	0.12	-	0.17	0.20	-	<b>0.15</b>	5
IRF4	-	0.02	0.004	-	-	-	<b>0.014</b>	1
SCOPETONE	0.17	0.23	-	0.32	0.34	-	<b>0.26</b>	10
I12	0.03	0.06	0.01	0.03	0.05	0.12	<b>0.05</b>	2
I13	0.01	0.02	0.01	0.03	0.04	0.05	<b>0.03</b>	1
BOLZE	0.12	0.16	-	0.21	0.24	-	<b>0.18</b>	7
FONTE	0.20	0.25	-	0.26	0.28	-	<b>0.25</b>	9

PROGETTAZIONE ATI:

Bacino	Tempo di corrivazione [ore]							Lag=0.6*Tc [min]
	T <sub>c</sub> ,Kirpich	T <sub>c</sub> ,Viparelli	T <sub>c</sub> ,Pezzoli	T <sub>c</sub> ,Watt&Chow	T <sub>c</sub> ,Chow	T <sub>c</sub> ,NCRS	T <sub>c</sub> ,Medio	
I14	0.15	0.15	0.12	0.23	0.26	0.24	<b>0.19</b>	7
I15	0.04	0.07	0.01	0.02	0.04	0.19	<b>0.06</b>	2
CILIEGINO	0.11	0.13	-	0.15	0.18	-	<b>0.14</b>	5
I16	0.03	0.05	0.01	0.02	0.04	0.13	<b>0.05</b>	2
CALDESE	0.09	0.13	-	0.15	0.18	-	<b>0.14</b>	5
AV21587	0.10	0.12	-	0.14	0.17	-	<b>0.13</b>	5
AV21818	0.05	0.07	-	0.10	0.14	-	<b>0.09</b>	3
I17	0.13	0.08	0.11	0.22	0.25	0.27	<b>0.18</b>	6
VADO	0.15	0.23	-	0.25	0.28	-	<b>0.23</b>	8

**Parametri caratteristici dei bacini**

Bacino	S	T <sub>c</sub>	R	CN II	CN III
	[Km <sup>2</sup> ]	[ore]	[ore]	[%]	[%]
FIUMICELLO	1.93	0.58	0.169	66.37	81.9
IRF1	0.04	0.07	0.017	66.36	81.9
IRF0	0.73	0.19	0.055	67.52	82.7
AV22163	0.08	0.15	0.059	66.03	81.7
IRF2	0.1	0.07	0.017	66.00	81.7
AV21797	0.07	0.09	0.034	66.00	81.7
IRF3	0.02	0.05	0.017	66.00	81.7
AV21654	0.13	0.15	0.041	66.00	81.7
IRF4	0.002	0.022	0.017	66.00	81.7
SCOPETONE	0.38	0.26	0.101	66.04	81.7
I12	0.01	0.05	0.017	66.00	81.7
I13	0.04	0.03	0.017	69.33	83.9
BOLZE	0.2	0.18	0.065	66.06	81.7
FONTE	0.45	0.25	0.08	56.91	75.2
I14	0.08	0.19	0.038	66.00	81.7
I15	0.02	0.06	0.017	66.00	81.7
CILIEGINO	0.09	0.14	0.044	66.00	81.7
I16	0.02	0.05	0.017	66.00	81.7
CALDESE	0.16	0.14	0.046	66.00	81.7
AV21587	0.07	0.13	0.048	66.00	81.7
AV21818	0.12	0.09	0.032	66.07	81.7
I17	0.04	0.18	0.042	66.14	81.8
VADO	0.23	0.23	0.092	58.87	76.7

**Durate di pioggia critiche per i bacini in esame e relativi valori di portata di picco per un tempo di ritorno pari a 200 anni**

Nodo	Durata critica	Q Picco, TR200 [m <sup>3</sup> /s]
FIUMICELLO	45 min	<b>22.04</b>
IRF1	30 min	<b>0.87</b>
IRF0	30 min	<b>14.34</b>
AV22163	30 min	<b>1.54</b>
IRF2	30 min	<b>2.15</b>
AV21797	30 min	<b>1.45</b>
IRF3	30 min	<b>0.44</b>
AV21654	30 min	<b>2.58</b>
IRF4	30 min	<b>0.04</b>
SCOPETONE	30 min	<b>6.1</b>
I12	30 min	<b>0.22</b>
I13	15 min	<b>0.99</b>
BOLZE	30 min	<b>3.72</b>
FONTE	30 min	<b>5.4</b>
I14	30 min	<b>1.54</b>
I15	30 min	<b>0.43</b>
CILIEGINO	30 min	<b>1.79</b>
I16	30 min	<b>0.44</b>
CALDESE	30 min	<b>3.17</b>
AV21587	30 min	<b>1.39</b>
AV21818	30 min	<b>2.49</b>
I17	30 min	<b>0.78</b>
VADO	30 min	<b>2.98</b>
Jint-Fiumicello*	45 min	<b>36.71</b>
Jtot-Fiumicello*	45 min	<b>64.00</b>

\* Nota: i sottobacini/interbacini afferenti ai nodi tipo "junction" sono rappresentati nel § 7

Per la stima delle durate critiche di precipitazione dei singoli bacini idrografici si rimanda al paragrafo 6.1.4.

#### **6.1.4. STIMA DELLA DURATA CRITICA DI PRECIPITAZIONE PER I SINGOLI BACINI IDROGRAFICI**

La stima della durata critica di precipitazione per i singoli bacini idrografici è stata condotta eseguendo simulazioni idrologiche per diverse durate di precipitazione, al fine di identificare la durata che massimizza il picco di portata dell'idrogramma di piena risultante alla sezione di chiusura del bacino. In particolare, sono state analizzate le durate di pioggia pari a 5 min, 15 min, 30 min, 45 min, 1 ora, 2 ore, 3 ore, 4 ore, 5 ore, 6 ore e 7 ore. I risultati della modellazione idrologica in termini di valori di portata di picco dell'idrogramma di piena e di durata critica sono riportati nella tabella seguente.

**Tabella 6-1: Risultati della modellazione idrologica per TR=200 anni**

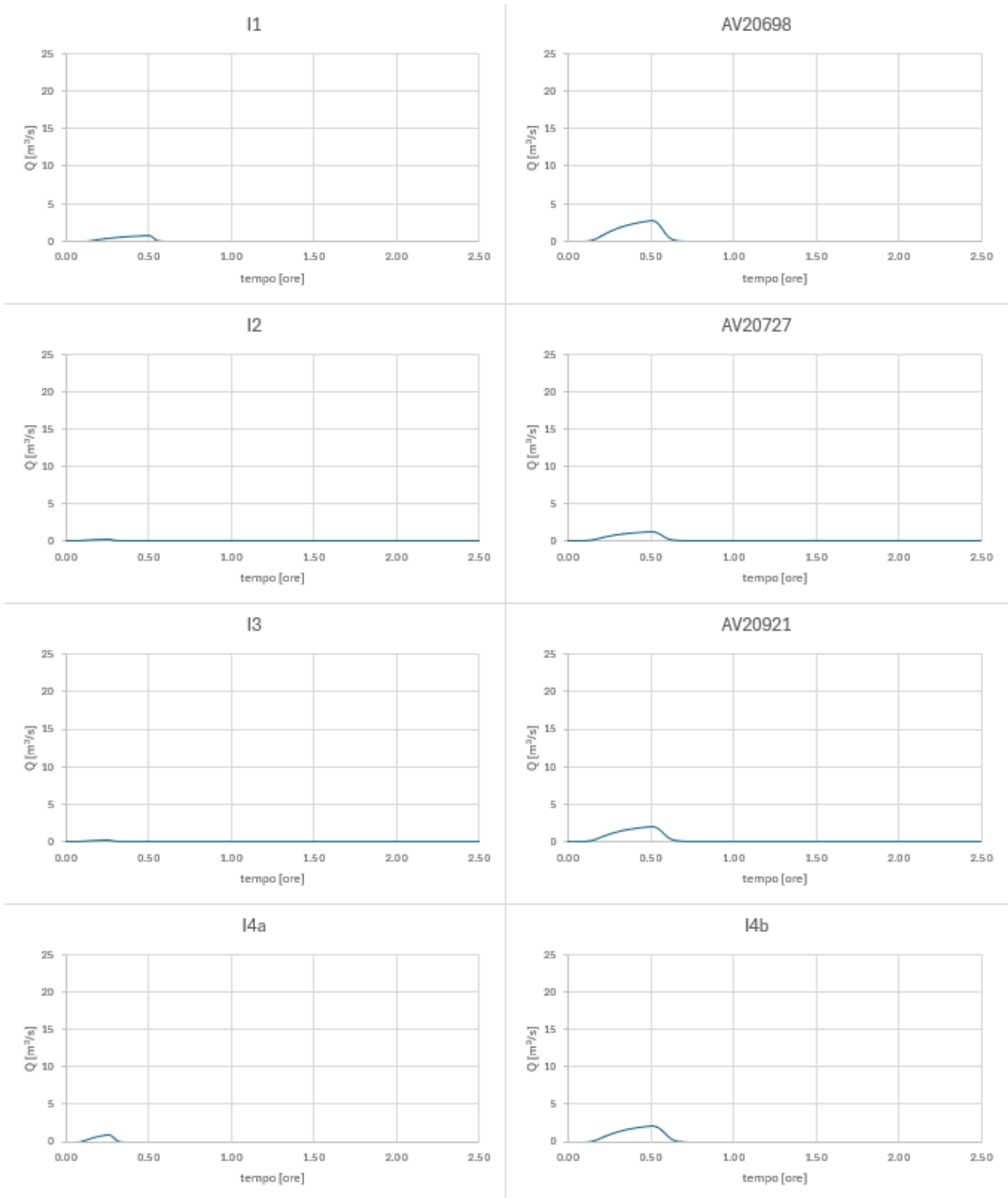
N°	Nome	Sezione chiusura HMS	S (kmq)	Q picco (mc/s) - TR200 - CN3											
				5min	15min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	
1	I1	I1	0.03	0.24	0.63	0.64	0.51	0.43	0.28	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	
2	AV20698	AV20698	0.12	0.92	2.60	2.76	2.22	1.86	1.20	0.92	0.76	0.65	0.58	0.52	
3	I2	I2	0.01	0.17	0.28	0.25	0.20	0.16	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	
4	AV20727	AV20727	0.05	0.50	1.20	1.22	0.97	0.81	0.52	0.39	0.32	0.28	0.24	0.22	
5	I3	I3	0.01	0.17	0.28	0.25	0.20	0.16	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	
6	AV20921	AV20921	0.08	0.74	1.87	1.93	1.54	1.29	0.82	0.63	0.52	0.44	0.39	0.35	
7	I4a	I4a	0.03	0.47	0.81	0.76	0.59	0.49	0.31	0.24	0.19	0.17	0.15	0.13	
8	I4b	I4b	0.09	0.78	2.06	2.16	1.73	1.45	0.93	0.71	0.58	0.50	0.44	0.40	
9	I5a	I5a	0.09	1.44	2.41	2.25	1.76	1.46	0.93	0.71	0.58	0.50	0.44	0.39	
10	I5b	I5b	0.09	0.44	1.65	1.88	1.54	1.31	0.86	0.66	0.55	0.47	0.42	0.38	
11	I5c	I5c	0.04	0.29	0.81	0.87	0.69	0.59	0.38	0.29	0.24	0.21	0.19	0.17	
12	I5d	I5d	0.07	0.52	1.43	1.52	1.22	1.03	0.67	0.51	0.43	0.37	0.32	0.29	
13	AV21693	AV21693	0.03	0.24	0.64	0.66	0.53	0.44	0.29	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	
14	I6	I6	0.02	0.16	0.44	0.46	0.37	0.31	0.20	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	
15	AV21787	AV21787	0.05	0.37	1.02	1.09	0.87	0.74	0.48	0.37	0.31	0.26	0.23	0.21	
16	I7	I7	0.01	0.08	0.21	0.22	0.17	0.15	0.10	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	
17	AV21861	AV21861	0.03	0.23	0.63	0.65	0.52	0.44	0.29	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	
18	I8	I8	0.01	0.05	0.11	0.11	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	
19	AV21950	AV21950	0.02	0.17	0.43	0.44	0.35	0.29	0.19	0.15	0.12	0.11	0.09	0.08	
20	I9	I9	0.01	0.09	0.22	0.22	0.18	0.15	0.10	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	
21	Fosso delle Selve	SELVE	0.10	0.56	1.92	2.11	1.71	1.45	0.95	0.73	0.61	0.52	0.46	0.42	
22	I10	I10	0.01	0.13	0.31	0.31	0.25	0.21	0.13	0.10	0.09	0.07	0.07	0.06	
23	Fosso Scassi	SCASSI	0.06	0.36	1.19	1.28	1.03	0.87	0.57	0.44	0.36	0.31	0.28	0.25	
24	I11a	I11a	0.01	0.09	0.22	0.22	0.18	0.15	0.10	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	
25	I11b	I11b	0.05	0.15	0.71	0.97	0.82	0.70	0.47	0.36	0.30	0.26	0.23	0.21	
26	I11c	I11c	0.03	0.13	0.52	0.62	0.51	0.43	0.29	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	
27	I11d	I11d	0.03	0.20	0.62	0.66	0.53	0.45	0.29	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	
28	Rio Fiumicello	FIUMICELLO	1.93	1.73	9.91	20.55	22.04	21.66	16.97	13.59	11.42	9.92	8.82	7.98	
29	AV22163	IRF1	0.04	0.29	0.81	0.87	0.70	0.59	0.38	0.29	0.24	0.21	0.19	0.17	
30	Rio Fiumicello	IRF0	0.73	2.29	10.29	14.34	12.18	10.48	6.97	5.39	4.47	3.86	3.41	3.08	
31	AV21797	AV22163	0.08	0.24	1.11	1.54	1.31	1.12	0.75	0.58	0.48	0.42	0.37	0.33	
32	Rio Fiumicello	IRF2	0.10	0.69	2.01	2.15	1.73	1.46	0.95	0.73	0.61	0.52	0.46	0.42	
33	AV21654	AV21797	0.07	0.34	1.26	1.45	1.19	1.01	0.66	0.51	0.42	0.37	0.32	0.29	
34	Rio Fiumicello	IRF3	0.02	0.15	0.42	0.44	0.35	0.29	0.19	0.15	0.12	0.11	0.09	0.08	
35	Fosso dello Scopetone	AV21654	0.13	0.43	1.99	2.58	2.15	1.84	1.22	0.95	0.79	0.68	0.60	0.54	
36	I12	IRF4	0.00	0.02	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	
37	Fosso delle Bolze	SCOPETONE	0.38	0.66	3.61	6.10	5.66	5.06	3.50	2.73	2.28	1.97	1.75	1.58	
38	Rio Fiumicello	I12	0.01	0.08	0.21	0.22	0.17	0.15	0.10	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	
39	Rio Fiumicello	I13	0.04	0.51	0.99	0.95	0.75	0.62	0.40	0.31	0.25	0.22	0.19	0.17	
40	I13	BOLZE	0.20	0.51	2.55	3.72	3.21	2.78	1.87	1.45	1.20	1.04	0.92	0.83	
41	Fosso della Fonte	FONTE	0.45	0.15	2.56	5.40	5.24	4.81	3.51	2.81	2.38	2.08	1.86	1.69	
42	I14	I14	0.08	0.23	1.13	1.54	1.31	1.12	0.75	0.58	0.48	0.42	0.37	0.33	
43	I15	I15	0.02	0.15	0.41	0.43	0.35	0.29	0.19	0.15	0.12	0.11	0.09	0.08	
44	Fosso del Ciliegino	CILIEGINO	0.09	0.31	1.39	1.79	1.49	1.28	0.85	0.66	0.54	0.47	0.42	0.38	
45	I16	I16	0.02	0.15	0.42	0.44	0.35	0.29	0.19	0.15	0.12	0.11	0.09	0.08	
46	Fosso di Caldese	CALDESE	0.16	0.54	2.44	3.17	2.64	2.26	1.50	1.16	0.97	0.83	0.74	0.67	
47	AV21587	AV21587	0.07	0.24	1.08	1.39	1.16	0.99	0.66	0.51	0.42	0.37	0.32	0.29	
48	I17	AV21818	0.12	0.59	2.18	2.49	2.04	1.73	1.14	0.88	0.73	0.63	0.56	0.50	
49	AV21818	I17	0.04	0.12	0.57	0.78	0.66	0.56	0.38	0.29	0.24	0.21	0.19	0.17	
50	Fosso di Vado	VADO	0.23	0.13	1.52	2.98	2.85	2.60	1.87	1.49	1.26	1.09	0.98	0.89	
51	Rio Fiumicello	Jint-Fiumicello	3.10	3.63	18.88	34.05	36.71	36.45	27.96	22.17	18.55	16.08	14.28	12.89	
52	Rio Fiumicello	Jtot-Fiumicello	5.01	6.42	35.73	63.63	64.00	60.72	44.83	35.40	29.60	25.66	22.79	20.59	

**Tabella 6-2: Risultati della modellazione idrologica per TR=200 anni Fosso Sellina-Torrente Vingone**

N°	Sezione chiusura HMS	S (kmq)	Q picco (mc/s) - TR200 - CN3							
			0.5h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h
1	SELLINA1	2.96	37.87	37.02	29.07	23.18	19.49	16.95	15.10	13.67
2	J1	3.38	38.90	38.79	32.02	26.43	22.30	19.42	17.29	15.66
3	SELLINA3_2SX	1.16	5.09	8.74	11.22	9.39	7.90	6.86	6.10	5.52
4	J-SEL1	2.96	37.87	37.02	29.07	23.18	19.49	16.95	15.10	13.67
5	J2	4.54	43.95	47.49	43.24	35.82	30.21	26.28	23.40	21.18
6	VINGONE7	0.96	6.58	8.22	8.58	7.68	6.68	5.85	5.21	4.71
7	VINGONE8	1.21	12.61	14.10	11.91	9.75	8.22	7.15	6.36	5.75
7	SELLINA7_2DX	0.42	1.03	1.79	2.96	3.25	2.82	2.46	2.20	1.99
8	J4	2.17	16.16	19.93	20.02	17.26	14.87	13.00	11.57	10.46
9	VINGONE1	8.66	43.16	57.30	62.82	58.48	52.79	47.26	42.70	39.02
10	ABETINA	0.80	7.78	8.84	7.55	6.24	5.29	4.62	4.12	3.73
11	J-V1	9.46	45.58	61.49	69.19	64.52	57.87	51.75	46.81	42.75
12	VALTINA	2.23	16.64	20.64	19.46	16.50	14.22	12.50	11.19	10.17
13	VINGONE2	1.33	24.95	21.86	14.77	11.41	9.44	8.14	7.20	6.49
14	VINGONE6	0.06	0.87	0.84	0.64	0.50	0.42	0.36	0.32	0.29
15	J-V2	13.08	62.90	85.33	99.19	91.24	81.56	72.75	65.52	59.70
16	VINGONE3	4.98	20.44	26.76	31.87	32.15	30.50	28.24	25.95	23.87
17	J-V3	18.06	68.64	96.79	119.69	118.89	110.19	100.39	91.27	83.49

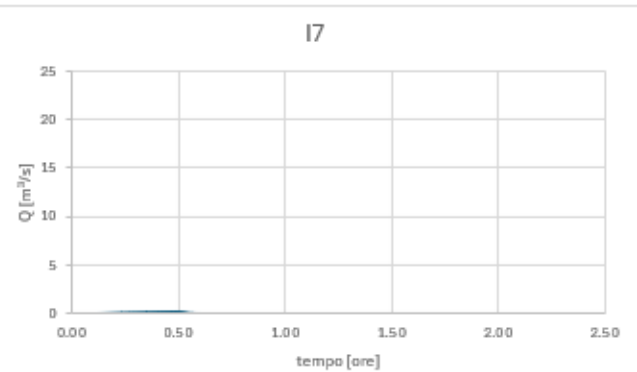
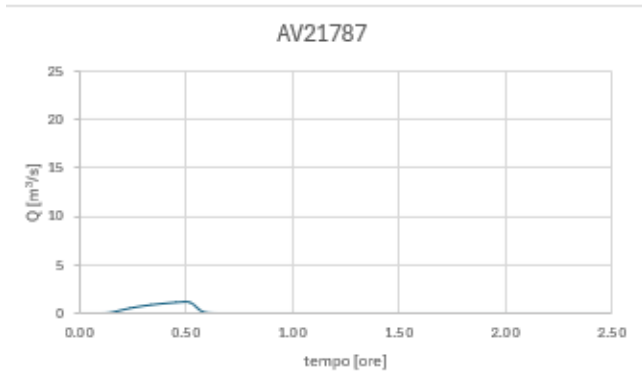
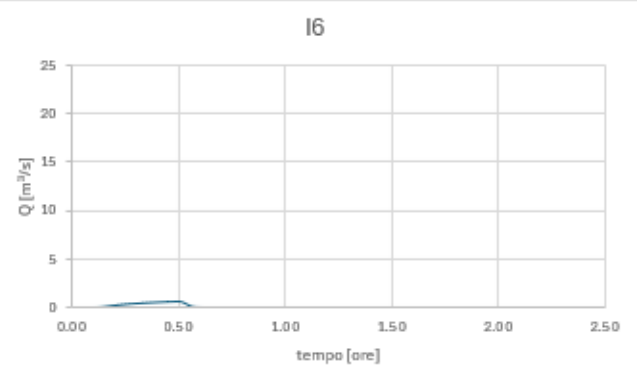
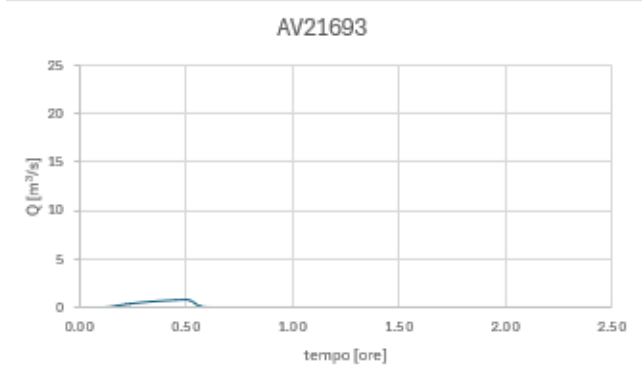
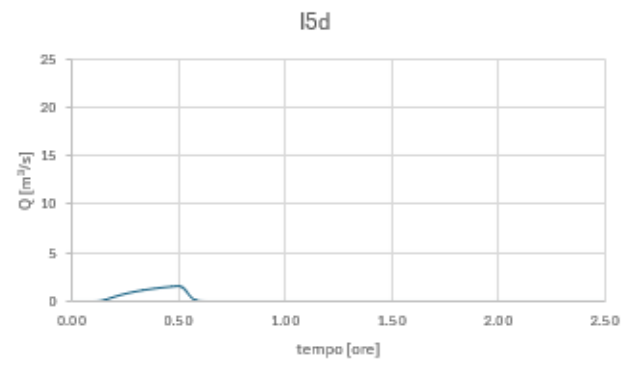
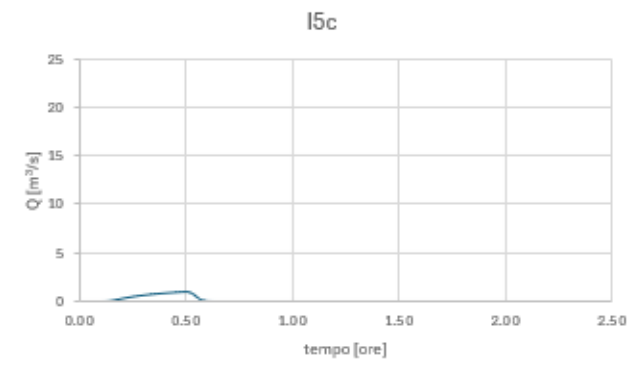
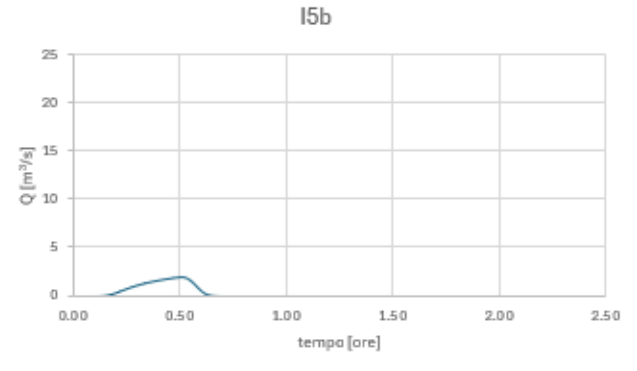
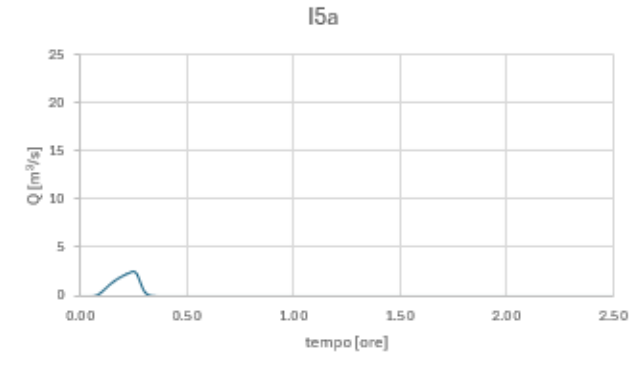
PROGETTAZIONE ATI:

**6.1.5. IDROGRAMMI DI PIENA DI PROGETTO TR=200 ANNI STIMATI PER I SINGOLI BACINI IDROGRAFICI**

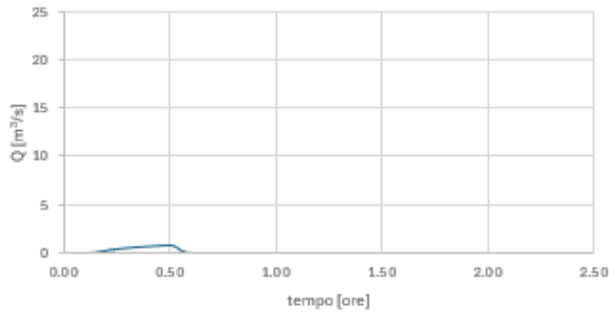


PROGETTAZIONE ATI:

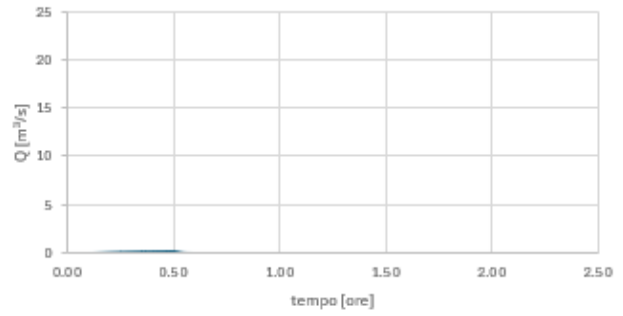




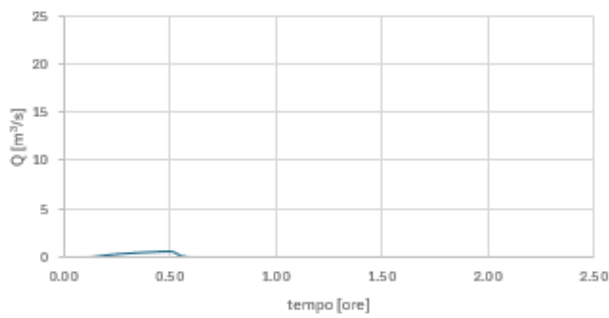
AV21861



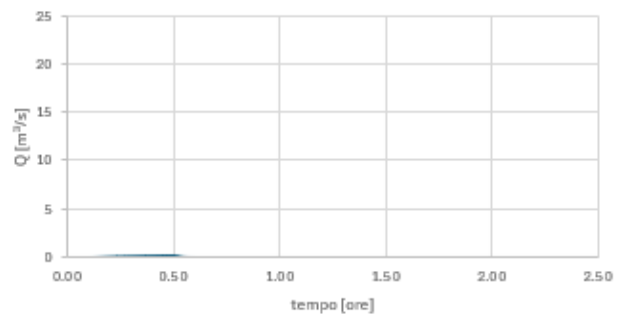
I8



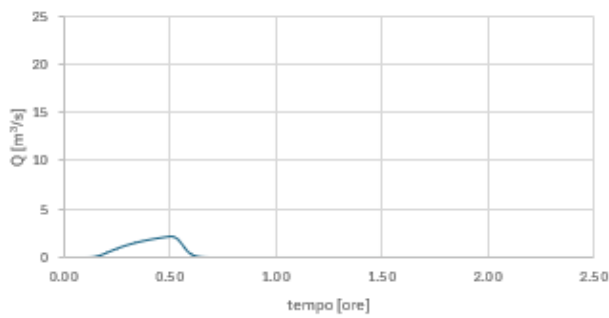
AV21950



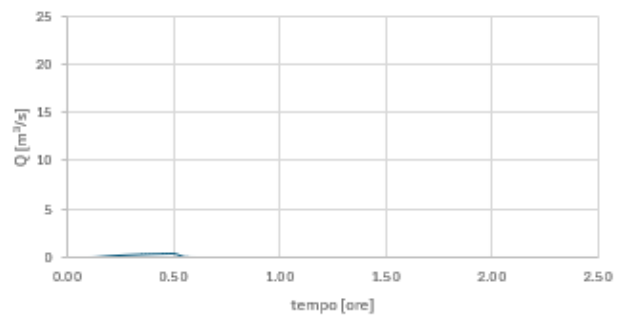
I9



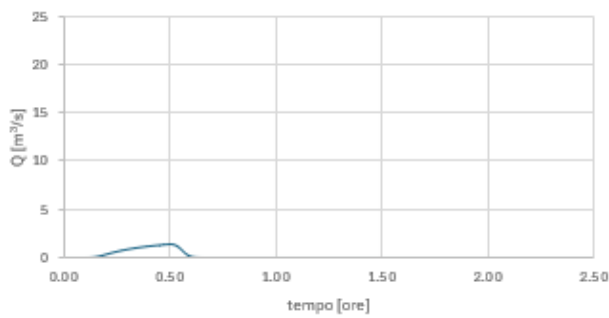
SELVE



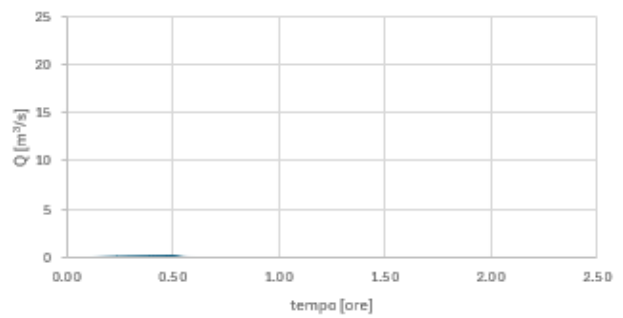
I10



SCASSI

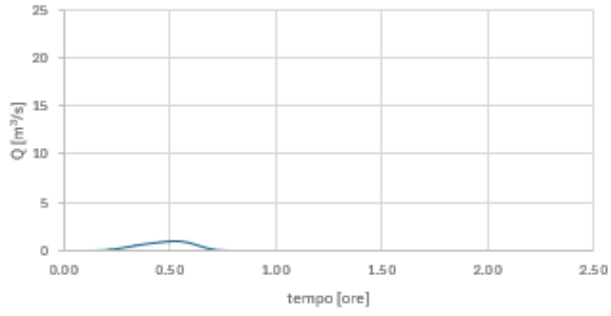


I11a

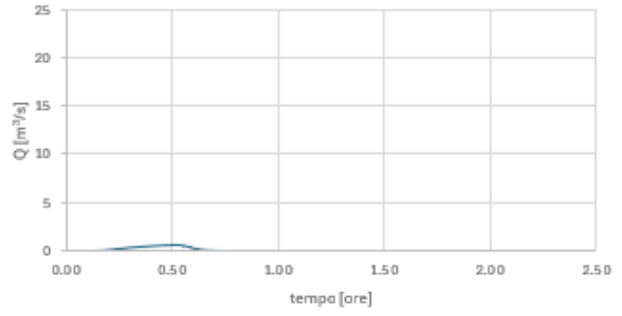


PROGETTAZIONE ATI:

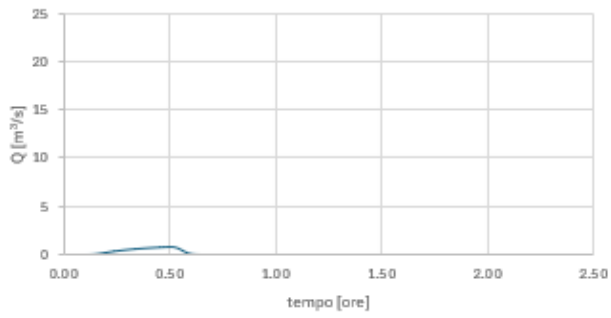
**I11b**



**I11c**



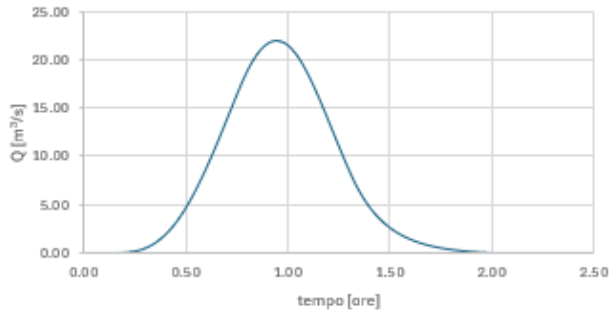
**I11d**



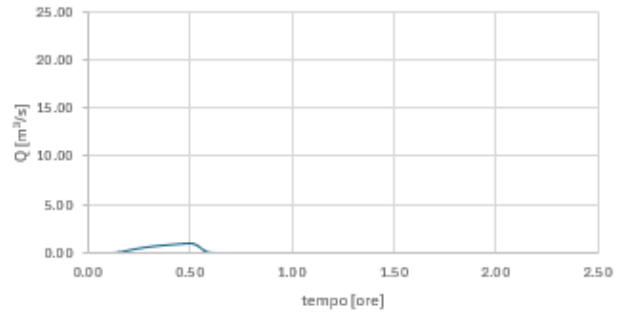
PROGETTAZIONE ATI:



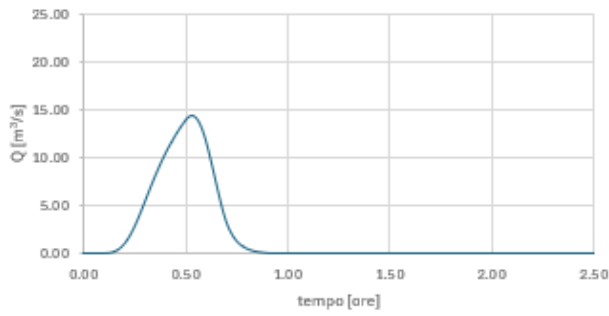
**FIUMICELLO**



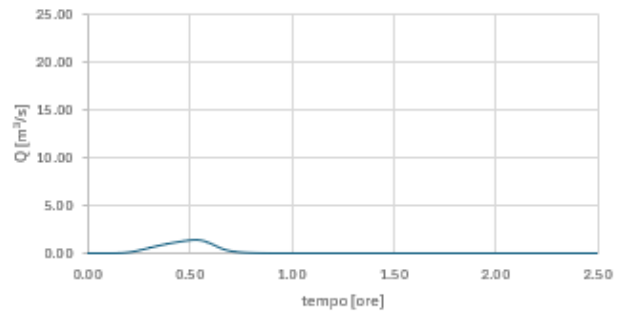
**IRF1**



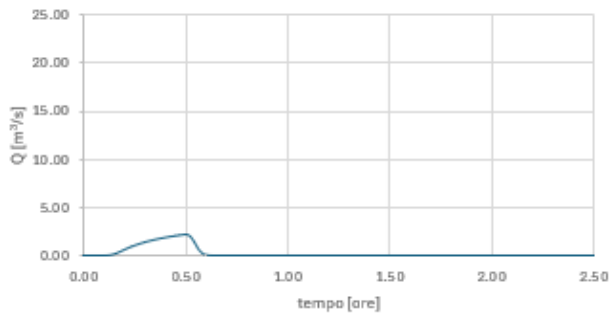
**IRF0**



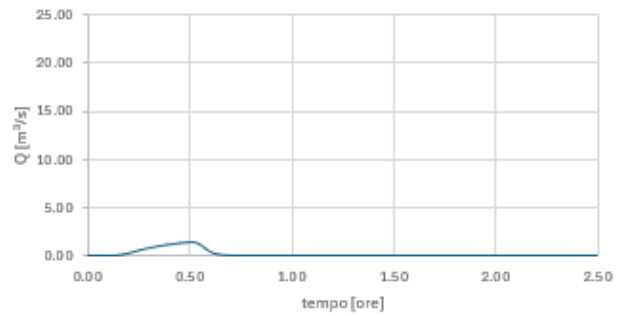
**AV22163**



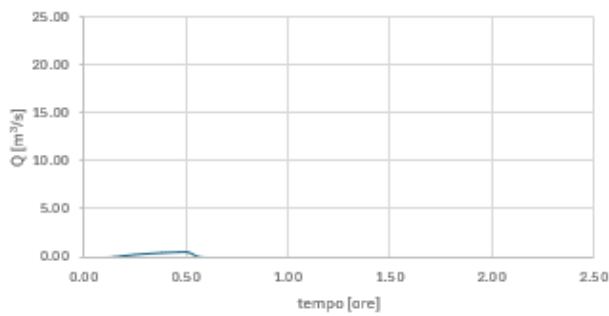
**IRF2**



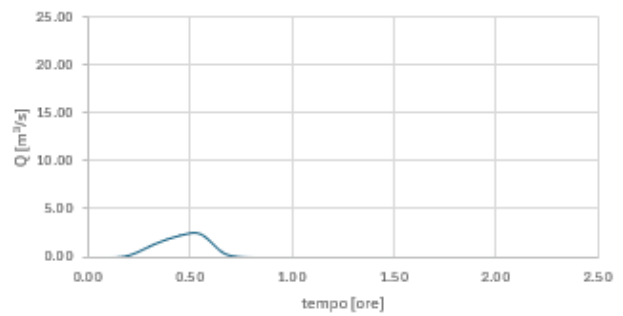
**AV21797**



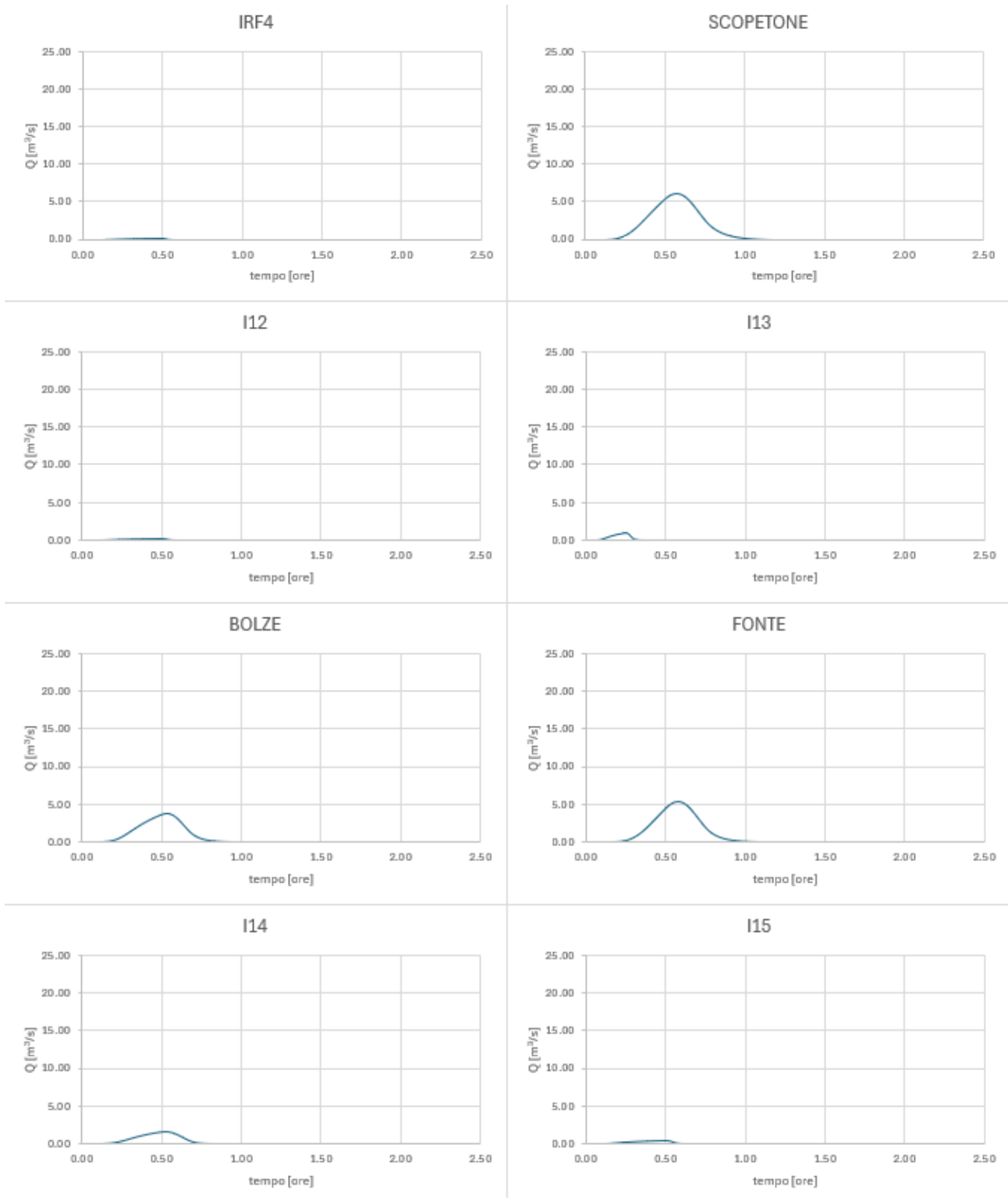
**IRF3**



**AV21654**

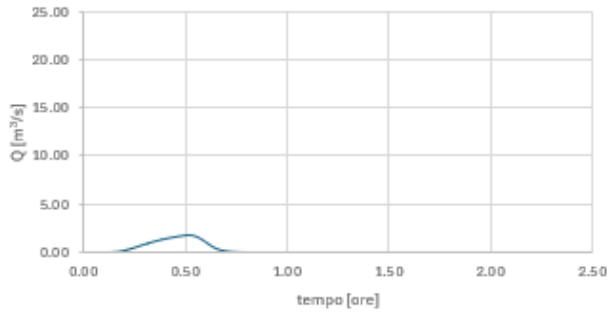


PROGETTAZIONE ATI:

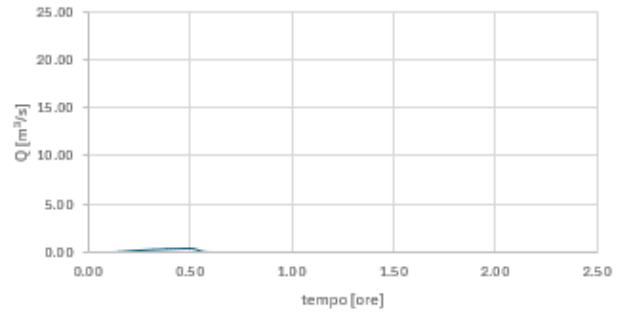


PROGETTAZIONE ATI:

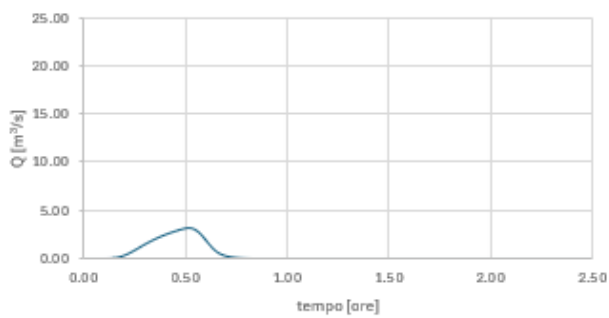
**CILIEGINO**



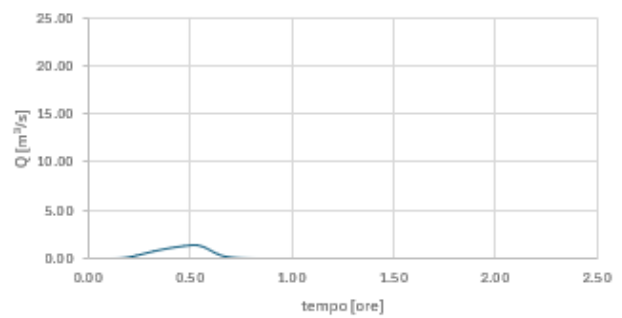
**I16**



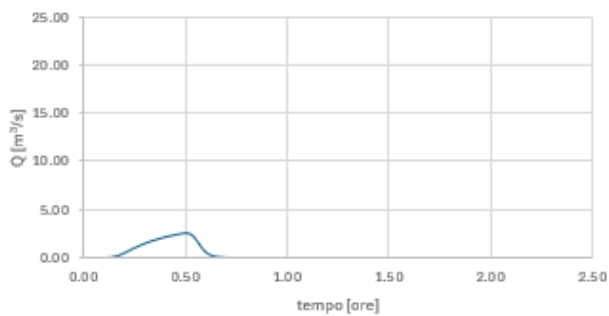
**CALDESE**



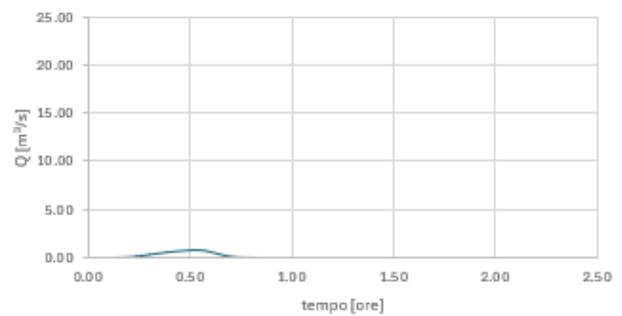
**AV21587**



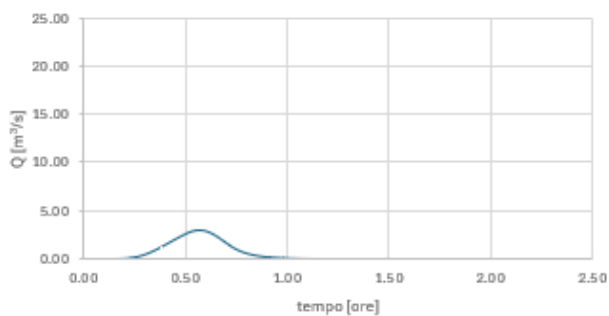
**AV21818**



**I17**



**VADO**



PROGETTAZIONE ATI:

**6.1.6. SINTESI RIEPILOGATIVA DEI VALORI DI PORTATA DI PROGETTO ED ANALISI DI COERENZA CON GLI STUDI IDROLOGICI DI SUPPORTO AL PIANO STRUTTURALE DEL COMUNE DI AREZZO**

In Tabella 6-3 si riporta una sintesi dei valori delle portate di picco per i bacini studiati e dei relativi valori di portata specifica, calcolati con il software HEC-HMS per gli ambiti territoriali analizzati.

**Tabella 6-3: Portate specifiche TR=200 anni relative al presente studio**

BACINO	S (kmq)	Q <sub>picco TR200</sub> (mc/s)	Q <sub>spec</sub> [mc/(s·kmq)]	BACINO	S (kmq)	Q <sub>picco TR200</sub> (mc/s)	Q <sub>spec</sub> [mc/(s·kmq)]
<i>ASSE PRINCIPALE da progr. km 1+475.00 Fano a progr. km 6+025.00 Fano</i>				<i>RIO FIUMICELLO</i>			
I1	0.03	0.64	21.33	FIUMICELLO	1.93	22.04	<b>11.42</b>
AV20698	0.12	2.76	23.00				
I2	0.01	0.28	28.00	IRF1	0.04	0.87	21.75
AV20727	0.05	1.22	24.40	IRF0	0.73	14.34	19.64
I3	0.01	0.28	28.00	AV22163	0.08	1.54	19.25
AV20921	0.08	1.93	24.13	IRF2	0.10	2.15	21.50
I4a	0.03	0.81	27.00	AV21797	0.07	1.45	20.71
I4b	0.09	2.16	24.00	IRF3	0.02	0.44	22.00
I5a	0.09	2.40	26.67	AV21654	0.13	2.58	19.85
I5b	0.09	1.88	20.89	IRF4	0.00	0.04	20.00
I5c	0.04	0.87	21.75	SCOPETONE	0.38	6.10	16.05
I5d	0.07	1.52	21.71	I12	0.01	0.22	22.00
AV21693	0.03	0.66	22.00	I13	0.04	0.99	24.75
I6	0.02	0.46	21.90	BOLZE	0.20	3.72	18.60
AV21787	0.05	1.09	21.80	FONTE	0.45	5.40	12.00
I7	0.01	0.22	22.00	I14	0.08	1.54	19.25
AV21861	0.03	0.65	21.67	I15	0.02	0.43	21.50
I8	0.01	0.11	22.00	CILIEGINO	0.09	1.79	19.89
AV21950	0.02	0.44	22.00	I16	0.02	0.44	22.00
I9	0.01	0.22	22.00	CALDESE	0.16	3.17	19.81
SELVE	0.10	2.11	21.10	AV21587	0.07	1.39	19.86
I10	0.01	0.31	22.14	AV21818	0.12	2.49	20.75
SCASSI	0.06	1.28	21.33	I17	0.04	0.78	19.50
I11a	0.01	0.22	22.00	VADO	0.23	2.98	12.96
I11b	0.05	0.97	19.40	<b>Media</b>	<b>0.04</b>		<b>19.71</b>
I11c	0.03	0.62	20.67				
I11d	0.03	0.66	22.00				
<b>Media</b>	<b>0.04</b>		<b>22.77</b>				

Come termine di paragone, in Tabella 6-4 si riportano gli stessi parametri desunti dagli studi idrologico-idraulici di supporto al PS e PO del Comune di Arezzo, mentre in Tabella 6-5 e Tabella 6-6 quelli desunti dallo studio condotto dall'Università degli Studi di Firenze a seguito dell'alluvione 2019, fornito agli scriventi dal Genio Civile della Regione Toscana. Le tabelle riportano il calcolo del valore medio di portata specifica riferito a sottobacini di superficie simile, differenziando i risultati

PROGETTAZIONE ATI:



per bacini aventi area pari a circa 0.04 kmq, 0.14 kmq e 2.0 kmq sulla base dei bacini oggetto di analisi.

Il confronto non riguarda il T. Vingone in quanto l'analisi idrologica ad esso relativa è direttamente desunta dal PS/PO comunale.

Le tabelle seguenti mostrano che le analisi idrologiche condotte a supporto del presente progetto forniscono portate specifiche superiori a quelle degli altri studi posti a confronto e siano pertanto da ritenersi cautelative.

**Tabella 6-4: Portate specifiche TR=200 anni relative agli studi di supporto al PS/PO del Comune di Arezzo**

PS/PO Comune di Arezzo							
SOTTOBACINO	S [km <sup>2</sup> ]	Q <sub>max</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>spec</sub> [m <sup>3</sup> /(s km <sup>2</sup> )]	SOTTOBACINO	S [km <sup>2</sup> ]	Q <sub>max</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>spec</sub> [m <sup>3</sup> /(s km <sup>2</sup> )]
MASPINO9	0.02	0.36	18.00	Castro1c	1.45	14.19	9.79
RIO RIOLO2	0.05	0.90	18.00	MASPINO8	1.47	13.66	9.29
VINGONE6	0.06	0.80	13.33	CHIASSA4	1.49	12.60	8.46
QUERCE3	0.07	1.30	18.57	BORRO DOCCIA	1.50	14.20	9.47
MARANCIONE 2B	0.07	1.10	15.71	CASTRO3	1.52	16.42	10.80
		Media	<b>16.72</b>	FONTANELLE	1.55	25.30	16.32
				VINGONE4	1.56	16.10	10.32
				FOSSATONE2	1.56	17.50	11.22
				OLMO3	1.57	14.30	9.11
CHIASSA5A	0.08	0.90	11.25	FRASSINE 2	1.59	9.73	6.12
MARANCIONE 2C	0.10	1.20	12.00	FUSATO1	1.59	15.20	9.56
Tucciarello3	0.11	1.60	14.55	GORGHE	1.59	15.40	9.69
GROSSO4	0.13	1.50	11.54	CASTRO4	1.65	15.50	9.39
OLMO1	0.14	2.30	16.43	CASTRO5	1.67	16.53	9.90
QUERCE2	0.15	2.40	16.00	BURLAZZO2	1.71	14.40	8.42
SELLINA7	0.16	1.80	11.25	ONTANETO1	1.73	14.20	8.21
MASPINO5	0.17	2.82	16.59	MARANCIONE5	1.80	23.40	13.00
CHIASSA5B	0.17	1.40	8.24	VITIANO4	1.90	14.20	7.47
DOCCIA2	0.19	1.70	8.95	VITIANO2	1.91	8.00	4.19
LAME2	0.19	1.60	8.42	LUNGO RIO	1.95	25.10	12.87
SELLINA5	0.20	2.40	12.00	FOSSATONE5	2.04	32.00	15.69
QUERCE5	0.21	3.10	14.76	CHIASSA6	2.04	8.80	4.31
POLICIANO1	0.22	2.30	10.45	MASPINO3	2.06	23.37	11.34
SAN PIETRO2	0.22	3.60	16.36	GROTTA	2.06	16.00	7.77
MARANCIONE4	0.25	3.50	14.00	CHIASSA3	2.06	17.10	8.30
RIO RIOLO3	0.26	3.40	13.08	Castro1b	2.09	18.52	8.86
		Media	<b>12.70</b>	BICCHIERAI2	2.11	22.12	10.48
				OPPI2	2.18	27.80	12.75
				VALTINA	2.23	20.60	9.24
				Frassine1	2.27	19.96	8.79
				VALLE	2.32	19.70	8.49
				RIGUTINO2	2.47	18.20	7.37
					Media	<b>9.59</b>	

**Tabella 6-5: Portate specifiche TR=200 anni relative agli studi condotti dall'Università degli Studi di Firenze – zona Arezzo Sud**

UNIFI - AR SUD											
HYDRO GRAPH	AREA [km <sup>2</sup> ]	Qmax200 [m <sup>3</sup> /s]	Qspec [m <sup>3</sup> /(s km <sup>2</sup> )]	HYDRO GRAPH	AREA [km <sup>2</sup> ]	Qmax200 [m <sup>3</sup> /s]	Qspec [m <sup>3</sup> /(s km <sup>2</sup> )]	HYDRO GRAPH	AREA [km <sup>2</sup> ]	Qmax200 [m <sup>3</sup> /s]	Qspec [m <sup>3</sup> /(s km <sup>2</sup> )]
121	0.03	0.14	5.32	203	0.10	1.27	12.92	44	1.72	12.93	7.53
138	0.03	0.20	7.68	232	0.11	1.35	12.87	42	1.76	13.20	7.49
223	0.03	0.37	13.73	302	0.11	1.17	10.98	207	1.76	18.27	10.35
171	0.03	0.17	6.31	282	0.11	1.62	14.76	291	1.77	18.06	10.19
2	0.03	0.17	6.12	243	0.11	1.20	10.85	247	1.81	20.74	11.44
81	0.03	0.17	6.18	251	0.11	1.40	12.32	32	1.86	13.68	7.37
202	0.03	0.36	12.34	272	0.12	1.41	12.02	201	1.98	20.24	10.25
57	0.03	0.17	5.58	303	0.12	1.27	10.76	23	2.00	14.36	7.20
101	0.03	0.17	5.51	71	0.12	0.82	6.89	24	2.00	14.40	7.19
107	0.03	0.17	5.53	284	0.12	1.75	14.69	17	2.02	14.46	7.16
234	0.03	0.41	12.70	276	0.12	1.67	13.52	5	2.06	14.67	7.11
31	0.03	0.19	5.76	152	0.12	1.17	9.40	7	2.13	15.02	7.03
196	0.03	0.22	6.75	172	0.12	1.09	8.78	286	2.15	22.16	10.29
63	0.03	0.18	5.61	190	0.13	0.98	7.79			<i>Media</i>	<b>8.51</b>
4	0.03	0.21	6.32	90	0.13	0.69	5.45				
206	0.03	0.48	14.45	22	0.13	0.85	6.78				
89	0.03	0.22	6.59	187	0.13	1.00	7.62				
264	0.03	0.44	12.86	283	0.14	1.82	13.44				
218	0.03	0.57	16.33	19	0.14	0.77	5.57				
225	0.03	0.33	9.49	229	0.14	1.80	13.02				
293	0.04	0.48	13.53	262	0.14	1.78	12.81				
273	0.04	0.40	11.09	87	0.14	0.83	5.98				
108	0.04	0.32	8.62	214	0.14	1.70	11.87				
255	0.04	0.49	12.60	256	0.14	1.60	11.12				
268	0.04	0.61	15.49	176	0.14	1.57	10.87				
86	0.04	0.24	5.46	290	0.14	1.97	13.62				
278	0.05	0.65	13.03	285	0.15	2.07	14.04				
95	0.05	0.49	9.84	120	0.15	1.24	8.39				
131	0.05	0.36	7.13	178	0.15	1.73	11.50				
150	0.05	0.36	7.18	80	0.15	0.91	5.94				
301	0.05	0.57	11.22	20	0.16	1.02	6.46				
69	0.05	0.30	5.66	158	0.16	1.35	8.52				
76	0.05	0.26	5.00	296	0.16	1.81	11.14				
219	0.05	0.74	13.53	267	0.16	2.17	13.24				
	<i>Media</i>		<b>9.13</b>	231	0.16	1.71	10.41				
				75	0.17	0.98	5.92				
				45	0.17	1.46	8.48				
				111	0.17	1.34	7.80				
				9	0.17	1.11	6.41				
				261	0.17	2.03	11.74				
				212	0.18	2.17	12.09				
					<i>Media</i>		<b>10.21</b>				

**Tabella 6-6: Portate specifiche TR=200 anni relative agli studi condotti dall'Università degli Studi di Firenze – zona Valdichiana**

UNIFI - RIGUTINO											
HYDRO	AREA	Qmax200	Qspec	HYDRO	AREA	Qmax200	Qspec	HYDRO	AREA	Qmax200	Qspec
GRAPH	[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /(s km <sup>2</sup> )]	GRAPH	[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /(s km <sup>2</sup> )]	GRAPH	[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /(s km <sup>2</sup> )]
383	0.03	0.19	7.66	405	0.10	0.59	6.19	76	1.79	16.63	9.28
565	0.03	0.16	6.53	559	0.10	0.48	5.00	26	1.80	24.90	13.85
203	0.03	0.22	8.46	119	0.10	0.80	8.27	80	1.84	16.71	9.09
494	0.03	0.16	6.13	451	0.10	0.64	6.49	82	1.87	16.71	8.94
89	0.03	0.16	6.29	593	0.10	0.50	4.97	398	1.91	14.66	7.68
108	0.03	0.14	5.52	372	0.10	0.57	5.53	291	1.93	27.22	14.10
434	0.03	0.17	6.44	456	0.10	0.67	6.40	88	1.96	17.05	8.70
16	0.03	0.16	6.00	185	0.10	1.34	12.85	96	2.05	17.49	8.53
270	0.03	0.32	11.85	241	0.11	1.11	10.52	177	2.16	19.55	9.07
343	0.03	0.23	8.19	376	0.11	0.40	3.76	176	2.17	19.55	9.00
1	0.03	0.44	15.37	516	0.11	0.57	5.41			<i>Media</i>	<b>9.82</b>
109	0.03	0.14	4.91	302	0.11	1.55	14.37				
329	0.03	0.23	8.23	392	0.11	0.52	4.81				
95	0.03	0.19	6.44	588	0.11	0.54	5.01				
521	0.03	0.21	7.28	286	0.11	1.96	18.04				
488	0.03	0.20	6.62	358	0.11	0.78	7.11				
396	0.03	0.13	4.37	585	0.11	0.46	4.22				
257	0.03	0.52	16.98	320	0.11	1.53	13.76				
438	0.03	0.20	6.59	12	0.11	0.77	6.88				
51	0.03	0.21	6.72	450	0.11	0.40	3.55				
73	0.03	0.22	6.91	582	0.11	0.58	5.04				
441	0.03	0.22	6.94	274	0.11	0.87	7.57				
432	0.03	0.24	7.39	218	0.11	1.73	15.07				
592	0.03	0.17	5.37	607	0.12	1.17	10.11				
149	0.03	0.29	8.73	580	0.12	0.61	5.08				
301	0.03	0.34	10.36	210	0.12	0.71	5.86				
48	0.03	0.12	3.48	454	0.12	0.77	6.33				
74	0.03	0.55	16.02	265	0.12	1.08	8.70				
34	0.03	0.22	6.35	345	0.12	2.12	17.00				
233	0.04	0.68	19.07	362	0.13	0.87	6.95				
492	0.04	0.20	5.48	379	0.13	0.67	5.21				
211	0.04	0.31	8.63	36	0.13	0.68	5.24				
485	0.04	0.23	6.43	194	0.13	2.63	20.16				
493	0.04	0.23	6.40	31	0.13	2.57	19.63				
8	0.04	0.32	8.58	388	0.14	0.64	4.75				
297	0.04	0.51	13.85	141	0.14	1.18	8.72				
335	0.04	0.28	7.58	292	0.14	2.13	15.61				
491	0.04	0.25	6.66	455	0.14	0.53	3.69				
78	0.04	0.29	7.60	37	0.14	2.84	19.70				
353	0.04	0.26	7.01	135	0.14	0.74	5.15				
447	0.04	0.22	5.96	87	0.15	1.03	7.04				
77	0.04	0.17	4.41	42	0.15	0.82	5.51				
160	0.04	0.17	4.57	363	0.15	1.01	6.84				
4	0.04	0.54	14.04	19	0.15	2.43	16.38				
169	0.04	0.22	5.61	192	0.15	1.31	8.82				
204	0.04	0.32	8.17	181	0.15	3.00	19.92				

PROGETTAZIONE ATI:

603	0.04	0.22	5.55	68	0.15	2.58	17.07
128	0.04	0.31	7.84	125	0.15	1.16	7.52
162	0.04	0.18	4.50	239	0.16	3.02	19.36
240	0.04	0.38	9.42	533	0.16	0.95	6.05
526	0.04	0.25	6.19	225	0.17	3.16	19.09
427	0.04	0.24	5.93	460	0.17	0.88	5.26
498	0.04	0.28	6.96	404	0.17	0.94	5.64
288	0.04	0.28	6.63	462	0.17	0.90	5.25
354	0.04	0.28	6.60	49	0.18	2.97	16.77
107	0.04	0.33	7.70	27	0.18	2.66	14.64
144	0.04	0.32	7.43	246	0.18	1.71	9.35
53	0.04	0.28	6.34	61	0.18	1.84	10.08
137	0.04	0.21	4.83			<i>Media</i>	<b>9.47</b>
150	0.04	0.36	8.34				
244	0.04	0.73	16.62				
3	0.04	0.62	14.06				
130	0.04	0.21	4.66				
550	0.05	0.20	4.33				
92	0.05	0.32	6.91				
228	0.05	1.00	21.49				
415	0.05	0.27	5.65				
182	0.05	0.61	12.84				
453	0.05	0.17	3.46				
266	0.05	0.72	14.38				
608	0.05	0.33	6.58				
305	0.05	0.49	9.40				
459	0.05	0.35	6.69				
55	0.05	0.32	6.19				
195	0.05	0.99	18.91				
481	0.05	0.06	1.17				
123	0.05	0.42	7.91				
183	0.05	0.75	13.74				
41	0.05	0.37	6.79				
		<i>Media</i>	<b>8.16</b>				

### 6.1.7. BACINI AFFERENTI AI FOSSI DI GUARDIA E AL SISTEMA DI DRENAGGIO DELLA PIATTAFORMA STRADALE

Per la consultazione delle portate di progetto calcolate con il metodo razionale si rimanda all'elaborato T01 ID 00 IDR RE 02 "Relazione idraulica smaltimento acque di piattaforma e di versante".

PROGETTAZIONE ATI:

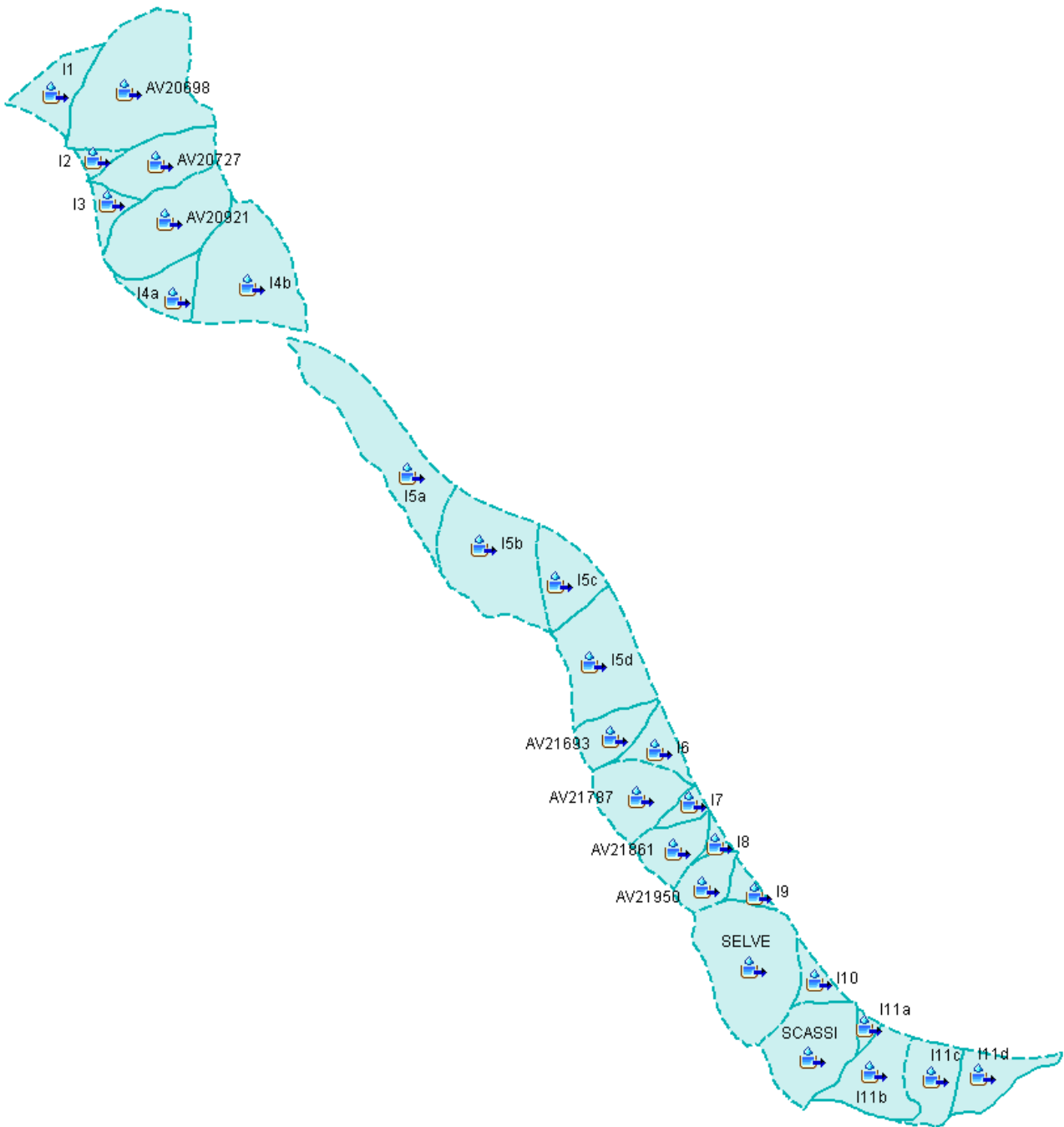


## **7. ALLEGATI – SOFTWARE HEC-HMS**

Il software HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) sviluppato dall'US Army Corps of Engineers (USACE) permette di simulare la risposta di un bacino idrografico investito da un evento meteorico di caratteristiche note, è applicabile ad una vasta gamma di problemi idrologici; il software, infatti, consente la modellazione idrologica di un bacino, mediante la definizione degli elementi concettuali che lo rappresentano e dei processi fisici che avvengono in essi.

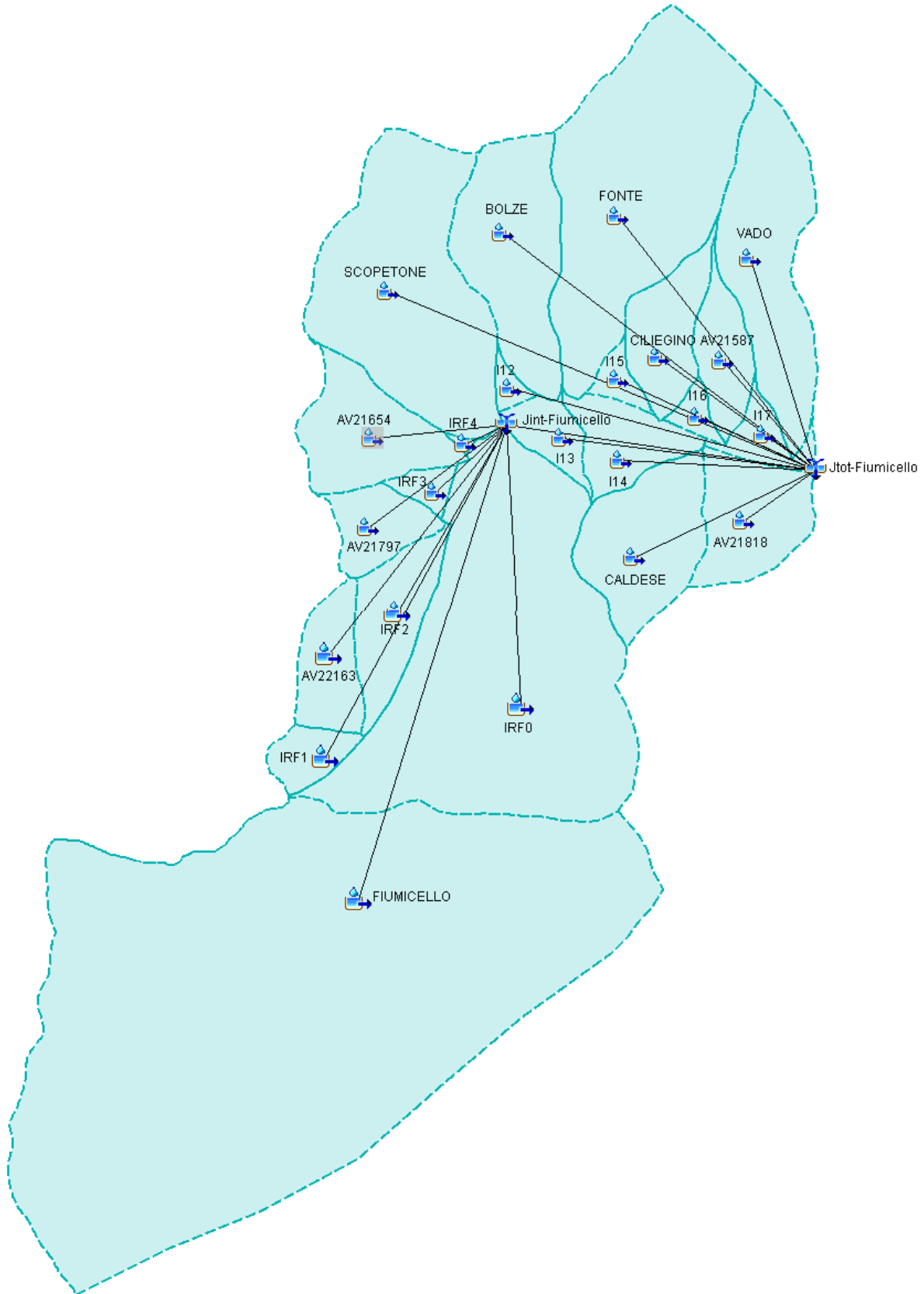
HEC – HMS è stato creato per essere applicabile in un ampio campo di problemi idrologici, quali: Studio dei deflussi in grandi bacini idrografici, Analisi dei deflussi di piena, Analisi di deflussi provenienti da piccoli bacini urbani o rurali, Disponibilità idriche di regioni geografiche, Studio dei sistemi di drenaggio urbani, Previsione dei deflussi ecc.

La rappresentazione fisica del bacino idrografico viene fatta nella schematizzazione di bacino attraverso varie componenti, come sottobacini, tronchi fluviali, giunzioni, ritenute, fuoriuscite, sorgenti e pozzi, unite tra di loro a formare una rete completa. Il software utilizza in pratica una schematizzazione a parametri concentrati del bacino idrografico, cioè il bacino idrografico viene schematizzato come un insieme di sottobacini idrografici uniti insieme tra loro dai tronchi fluviali e dalle giunzioni. Ogni sottobacino risponde all'evento pluviometrico secondo delle caratteristiche che sono proprie del sottobacino ma che derivano dalle caratteristiche morfologiche, di uso del suolo, ecc. presenti nello stesso sottobacino. Solo in un caso, utilizzando il metodo di Clark modificato, è possibile ricorrere anche ad una schematizzazione a parametri distribuiti.



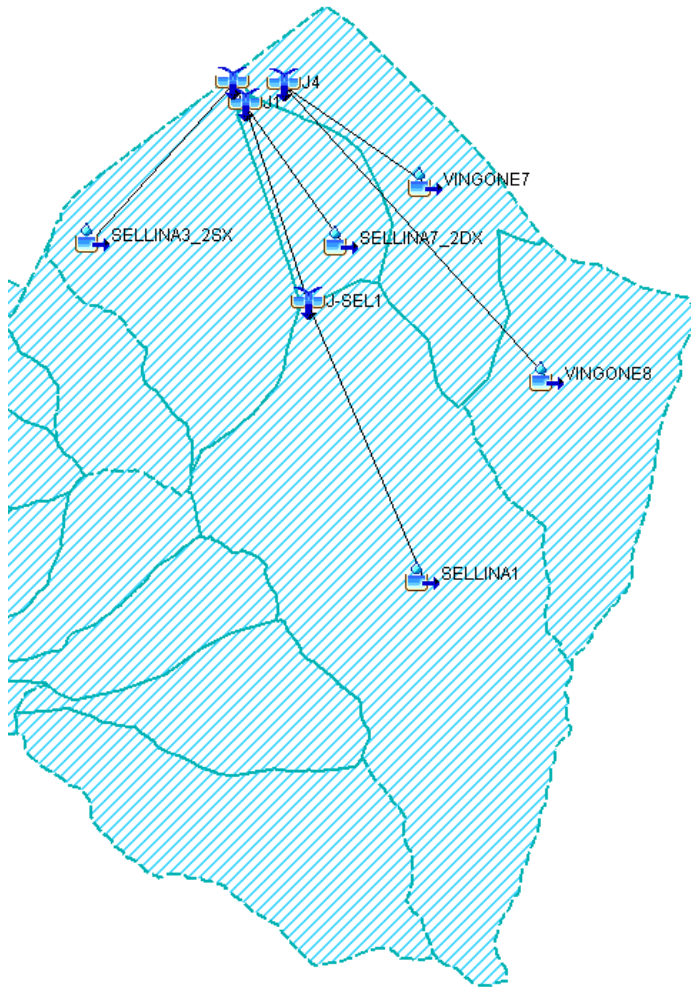
**“Asse Principale da progr. km 1+475.00 Fano a progr. km 6+025.00 Fano” - Schematizzazione sottobacini ed elementi di collegamento**

PROGETTAZIONE ATI:



**“Rio Fiumicello” - Schematizzazione sottobacini ed elementi di collegamento**

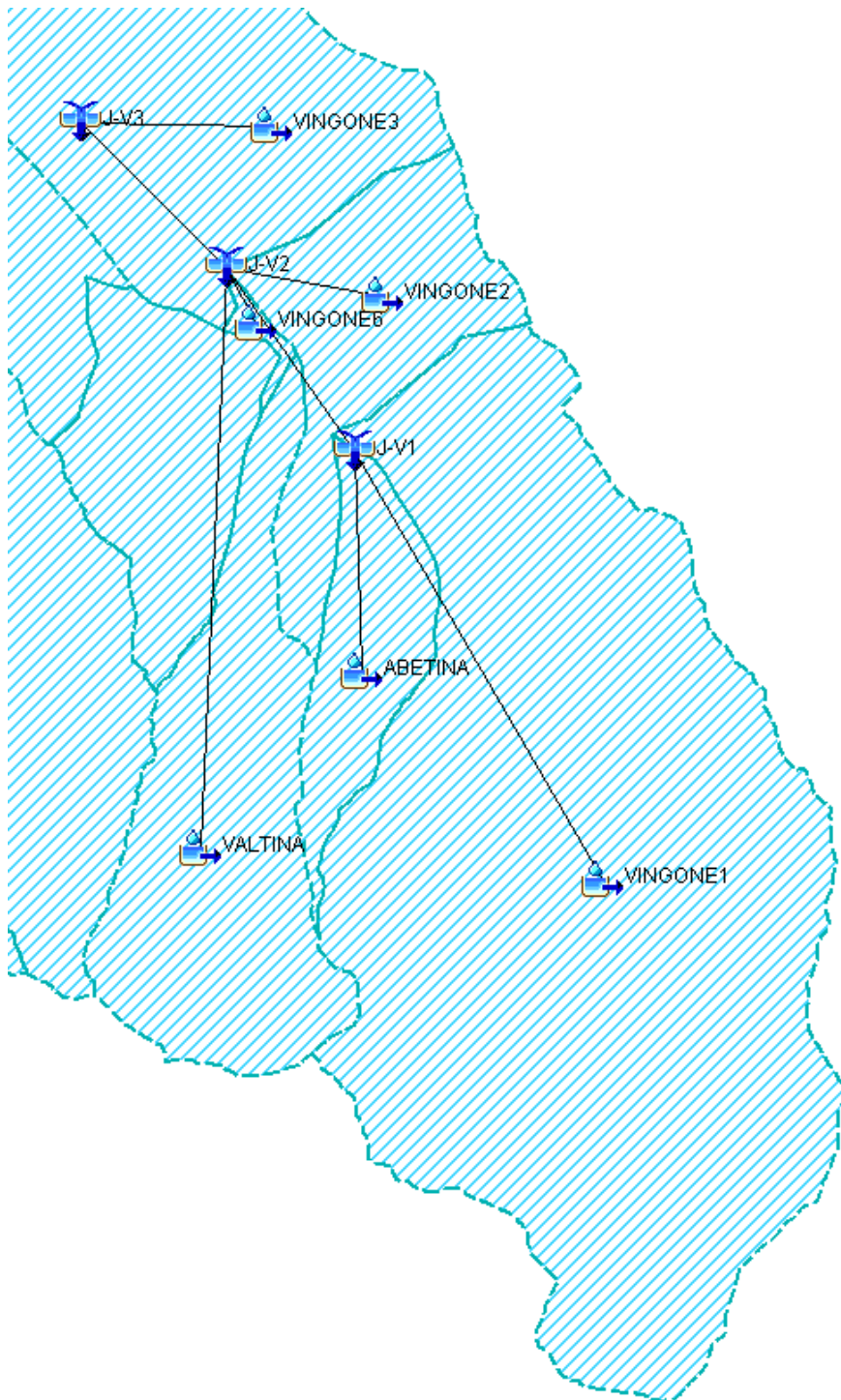
PROGETTAZIONE ATI:



**Fosso Sellina - Schematizzazione sottobacini ed elementi di collegamento**

PROGETTAZIONE ATI:





**Figura 7-1: Torrente Vingone - Schematizzazione sottobacini ed elementi di collegamento**

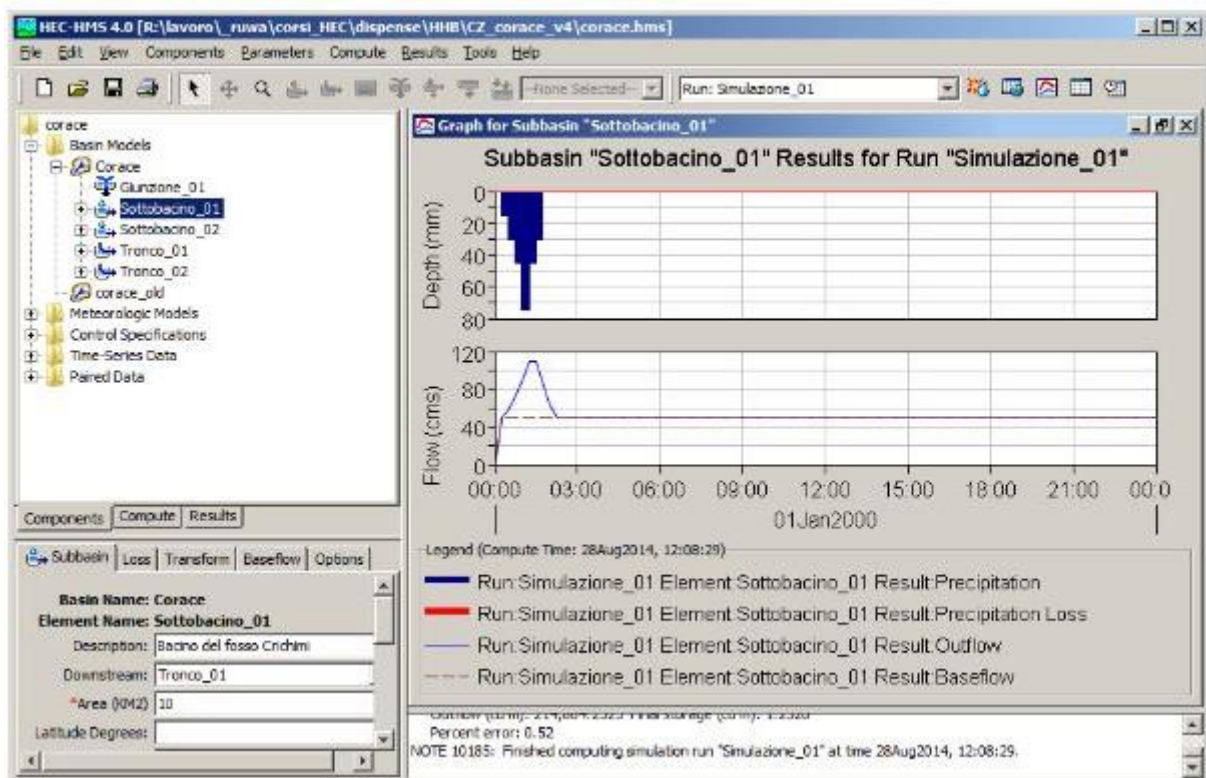
Per la trasformazione afflussi pluviometrici – deflussi superficiali il programma dispone di:

- un'interfaccia di specificazione delle precipitazioni che permette di descrivere un evento storico osservato oppure una precipitazione sintetica basata su una indagine di tipo statistico, o il limite superiore di precipitazione possibile per una certa località. All'interno del programma è presente una componente che permette di inserire, ed eventualmente

PROGETTAZIONE ATI:

analizzare, serie di dati pluviometrici in modo da ottenere le caratteristiche pluviometriche dell'evento di progetto, in pratica lo ietogramma di progetto, da inserire come dato di ingresso della modellazione numerica. All'interno di questa componente è possibile utilizzare diversi metodi per l'analisi dei dati storici di precipitazione oppure utilizzare risultati derivanti da precedenti elaborazioni di serie statistiche di dati pluviometrici. E' possibile inoltre selezionare diverse modalità per distribuire spazialmente la pioggia incluso il metodo dei poligoni di Thiessen (topoietti).

- Modelli di stima delle perdite, attraverso i quali si può stimare il volume dello scorrimento superficiale noti la precipitazione e le proprietà del bacino imbrifero come per esempio la perdita iniziale e costante, il metodo Curve Number del Soil Conservation Service ed il metodo di Green e Ampt;
- Modelli di formazione di volumi di piena, che possono essere usati per valutare lo scorrimento superficiale, l'immagazzinamento e l'energia persa nel fenomeno in cui l'acqua si muove dal bacino imbrifero verso un canale di scorrimento tra i quali l'idrogramma unitario di Clark, Snyder o del Soil Conservation Service, il metodo di Clark modificato in caso di schematizzazioni a parametri distribuiti;
- Modelli di propagazione di onde di piena che descrivono il processo che ne regola il deflusso e il trasporto nella rete idrografica del bacino si va infatti dal semplice trasferimento a metodi più complessi come quello di Muskingum-Cunge sia per canali di forma semplice che per canali di forma complessa;



#### Visualizzazione grafica risultati

- Moduli per elementi di collegamento utili per la descrizione geometrica della rete idrografica come confluenze, biforcazioni e altre singolarità;
- Moduli per le strutture di controllo includenti diversivi e casse di espansione;
- Modello di pioggia distribuito, che può essere utilizzato con dati di precipitazione distribuiti, come ad esempio quelli ottenuti tramite un radar meteorologico;

- Modello in continuo per tenere conto dell'umidità del suolo che può essere visualizzato per simulare la risposta a lungo termine di un bacino imbrifero a variazioni meteorologiche stagionali o annuali.

### **Metodologia**

Le diverse fasi di implementazione del modello idrologico sono eseguite mediante i seguenti passaggi procedurali:

- Definizione delle componenti del sistema idrografico;
- Individuazione della metodologia di stima delle perdite di bacino,
- Impostazione della trasformazione afflussi deflussi,
- Definizione dei parametri di propagazione dei deflussi,
- Analisi meteorologica,
- Trasformazione afflussi - deflussi - Calibrazione parametri idrologici

L'esecuzione di una simulazione idrologica richiede la specificazione di tre insiemi di dati (componenti idrologici):

- Basin Model in questa fase si esegue una rappresentazione fisica delle caratteristiche del bacino idrografico. Tale componente permette di specificare elementi idrologici, metodi di calcolo delle perdite di bacino, metodi di calcolo della trasformazione afflussi-deflussi, ed ulteriori elementi che compongono il dominio di interesse. Nella schematizzazione si definisce il bacino oggetto di studio, dove per prima cosa si imposta il sistema di misura, ad esempio metrico. Successivamente si definiscono tutte le componenti di bacino, quali sottobacini (Subbasin) per determinare l'onda di piena, tratti di alveo (Reach) per la propagazione dell'onda, ed elementi di unione tra più sottobacini o tronchi di alveo (Junction)
- Meteorologic Model si esegue l'analisi pluviometrica. Al suo interno si possono definire sia i dati di pioggia di riferimento che quelli relativi ad ulteriori processi, quali evapotraspirazione e scioglimento di neve. Nel primo caso è possibile inserire sia eventi registrati che ietogrammi sintetici, tra cui quelli definiti direttamente dall'utente o estrapolati dalle serie riferite a diversi pluviografi ed assegnando opportuni coefficienti di peso tramite, ad esempio, il metodo dei poligoni di Thiessen
- Control Specifications si definisce l'intervallo temporale di simulazione, specificando il giorno di inizio e fine evento (in termini di data), scegliendo il più opportuno intervallo temporale per la rappresentazione dei dati (giornaliero, orario o sub orario).