



**COMUNITA' MONTANA ALPI LEPONTINE**

**COMUNE DI SAN SIRO**

**RETICOLO IDRICO MINORE**

**D.G.R. 25 Gennaio 2002, n. 7/7868**

**D.G.R. 01 Agosto 2003, n. 7/13950**

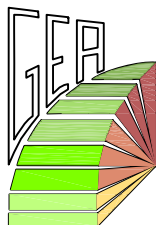
-	febbraio 2010	AGGIORNAMENTO	-	-	-
-	mar07-giu08	AGGIORNAMENTI	-	-	-
-	gennaio 2006	-	-	-	-
REV	DATA	MODIFICHE	DIS	CON	APP



TITOLO ELABORATO

RELAZIONE TECNICA

SCALA PLOT.	SCALA	COMMESSA	FASE PROG.	NOME FILE	TIPOLOGIA	CODICE
-	-	08_124	ESEC	Relazione tecnica.docx	REL	RT-A



di S. Ghilardi & C. s.n.c.  
24020 RANICA (Bergamo)  
Via Tezze, 1  
Telefono e Fax: 035.340112  
E - Mail: [gea@mediacom.it](mailto:gea@mediacom.it)

Dott. Geol. SERGIO GHILARDI  
iscritto all' O.R.G. della Lombardia n° 258

Dott. Ing. FRANCESCO GHILARDI  
iscritto Ord. Ing. Prov. BG n. 3057

**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

**SOMMARIO**

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DEI SINGOLI TRATTI DEI CORSO D’ACQUA .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>STUDIO IDROLOGICO .....</b>	<b>74</b>
	<b>4.1 STUDIO MORFOMETRICO DEI TORRENTI .....</b>	<b>74</b>
	4.1.1 Analisi morfologica delle reti di drenaggio naturali finalizzata alla caratterizzazione della risposta idrologica,.....	74
	4.1.2 Descrizione dei principali parametri morfologici.....	77
	<b>4.2 PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITA’ E CURVE DI POSSIBILITA’ PLUVIOMETRICA .....</b>	<b>93</b>
	4.2.1 Premessa.....	93
	4.2.2 Elaborazioni PAI .....	94
	4.2.3 Confronto tra curve di possibilità pluviometrica .....	97
	<b>4.3 IETOGRAMMA SINTETICO DI PROGETTO E DEPURAZIONE DELLE PERDITE .....</b>	<b>99</b>
	4.3.1 Ietogramma di progetto .....	99
	4.3.2 Depurazione delle perdite.....	100
	<b>4.4 CALCOLO DELLA PORTATA DEI TORRENTI.....</b>	<b>103</b>
	4.4.1 Descrizione delle formule utilizzate.....	105
	4.4.2 Riassunto valori di portata al colmo: .....	119
<b>5</b>	<b>VERIFICHE IDRAULICHE E/O CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE.....</b>	<b>120</b>
	<b>5.1 METODOLOGIE E VERIFICHE.....</b>	<b>120</b>
	<b>5.2 ESEMPIO DI CALCOLO .....</b>	<b>123</b>
	5.2.1 Sezioni .....	123
	5.2.2 Pendenza .....	123
	5.2.3 Scabrezza .....	124
	5.2.4 Risultato .....	124
	<b>5.3 RISULTATI MODELLAZIONE IDRAULICA .....</b>	<b>126</b>
	5.3.1 M1 - GALLIO .....	128
	5.3.2 M - NOLEDO .....	128
	5.3.3 M1 - MARENA.....	129
	5.3.4 G - PEZZO.....	130



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

5.3.5	H - SEMNAGO .....	131
5.3.6	N11 - SORIANO .....	132
5.3.7	N3 - SORIANO .....	133
5.3.8	N2 - RONCATE .....	134
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>135</b>



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

## **1 PREMESSA**

La presente relazione idrologica e idraulica si è resa necessaria come supporto alla ridefinizione delle fasce di rispetto di alcuni tratti dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico minore del territorio comunale di San Siro (CO).

Tale esigenza scaturisce dal fatto che l'abitato del Comune di San Siro è attraversato da vari corsi d'acqua, le cui fasce di rispetto interferiscono significativamente con l'abitato già esistente.

A tal fine, l'Amministrazione Comunale di San Siro ha affidato allo scrivente l'incarico di eseguire un studio approfondito delle diverse realtà presenti sul territorio, in modo da valutare correttamente dal punto di vista geomorfologico e idraulico la situazione in essere.

Lo studio eseguito ha preso in considerazione n. 8 corsi d'acqua.

A tal fine quindi sono stati eseguiti:

- Uno studio idrologico-idraulico delle caratteristiche dei corsi d'acqua, volto alla definizione delle ondate di massima piena, in modo da poter riconoscere la sezione minima utile di scorrimento delle acque
- Una valutazione idraulica e/o geomorfologica delle opere esistenti



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

## **2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

L'area oggetto di studio corrisponde al centro abitato del Comune di San Siro.

I corsi d'acqua sono stati denominati così come riportato in seguito:

- M1 GALLIO
- M NOLEDO
- M1 MARENA
- G PEZZO
- H SEMNAGO
- N11 SORIANO
- N3 SORIANO
- N2 RONCATE

Per una loro più precisa ubicazione si faccia riferimento alle tavole allegate.

Secondo le nuove disposizioni della Regione Lombardia in merito ai corsi d'acqua principali e non (D.G.R. n. 7/7868 del 25 Gennaio 2002: "Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni..." e successive modifiche e integrazioni), **tali corsi d'acqua sono classificati come "minori"**.

Di seguito sono riportate le specifiche per ogni corso d'acqua.



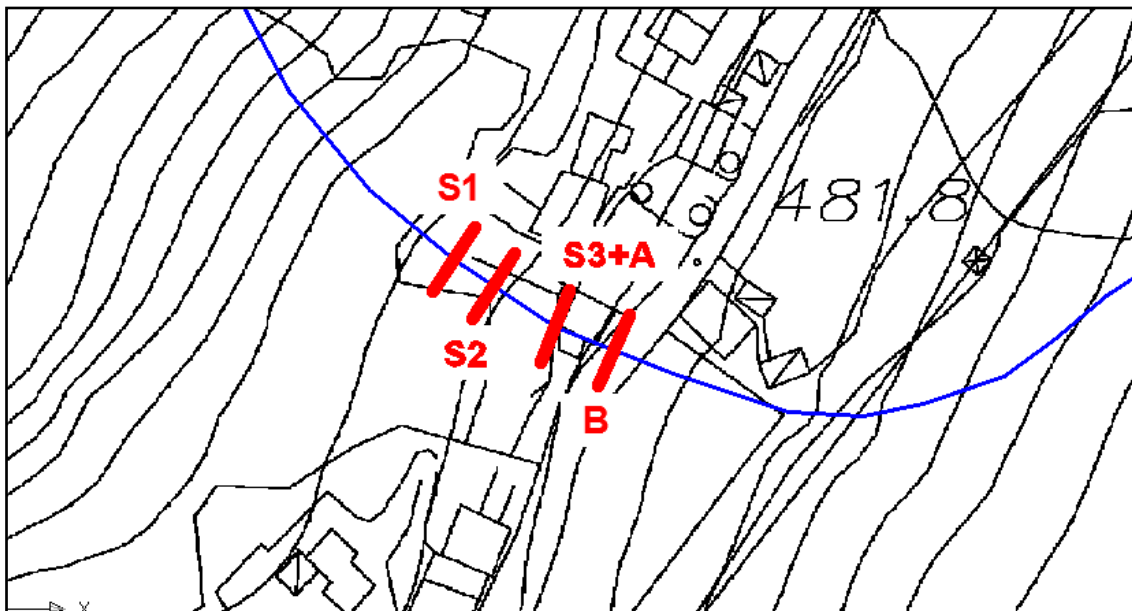
**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

### 3 DESCRIZIONE DEI SINGOLI TRATTI DEI CORSO D'ACQUA

Di seguito sono descritti i diversi tratti dei corsi d'acqua oggetto del presente studio, partendo sempre dalla sezione più a monte e proseguendo verso valle. Ogni sezione viene descritta nei suoi caratteri predominanti, con l'aggiunta del materiale fotografico acquisito durante i sopralluoghi sul posto. Per quanto riguarda le sezioni rilevate si faccia riferimento alle tavole n. 2-A-B-C-D allegate alla presente relazione.

#### **M1 – GALLIO**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S1:** sezione al limite del tratto interessato dalla presente relazione; appena a monte è presente una piccola cascatella; le pareti del torrente sono formate da muretti in pietrame e malta, mentre il fondo è costituito prevalentemente da roccia affiorante e ciottoli di piccola pezzatura.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S2:** sezione in corrispondenza del tratto in cls; è presente un piccolo scarico di acqua piovana dall'abitazione adiacente.





**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S3:** sezione appena a monte del tratto tombottato, posta in corrispondenza di una passerella pedonale (A) in ferro, avente luce molto ampia.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **Tombotto (B):** il diametro del tombotto è pari a 1000 mm. La presenza di foglie e altro materiale trasportabile negli eventi di piena potrebbe intasare il tombotto, causandone così fenomeni di esondazione. Il tombotto è stato realizzato al di sotto della strada comunale che collega le frazioni di Gallio con Noledo.

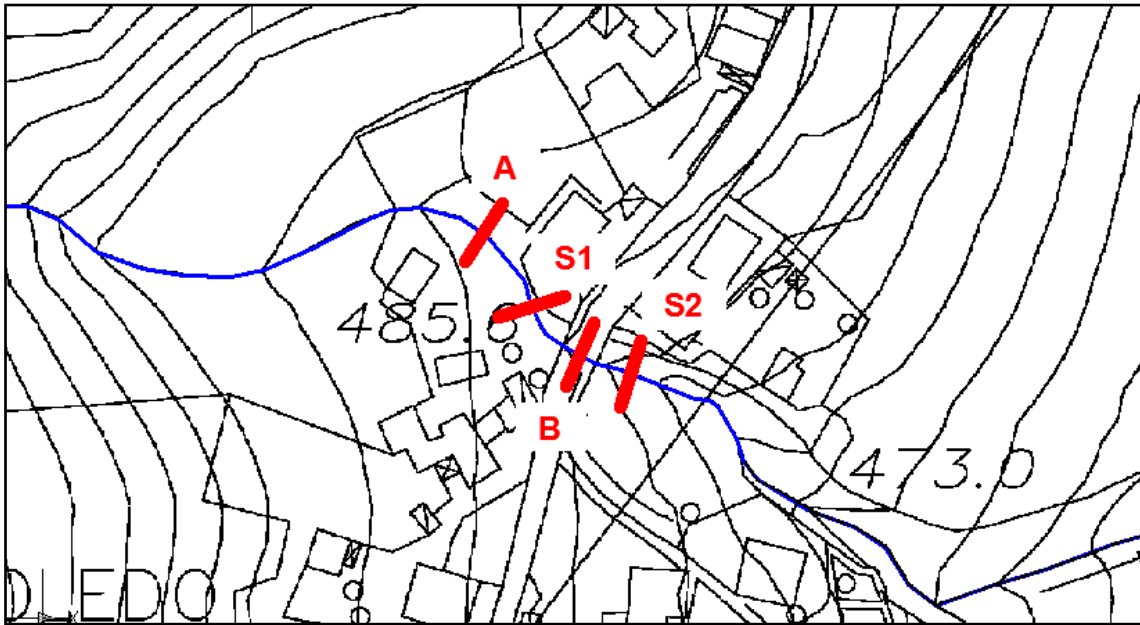
**PUNTO SENSIBILE - Verificarne periodicamente l'efficienza.**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

**M – NOLEDO**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **Passerella pedonale (A):** passerella in ferro in buone condizioni e con luce ampia.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S1:** imbocco del ponte della strada che collega la frazione Gallio con Noledo. Il fondo è costituito da massi di piccole dimensioni, ghiaietto e roccia affiorante.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **Ponte (B):** ponte stradale con luce molto ampia. La presenza di materiale accatastato tra l'intradosso del ponte stesso e l'alveo (erba falciata, legname vario,...) potrebbe causare l'ostruzione del ponte stesso o di una sezione più ristretta appena a valle.

**PUNTO SENSIBILE. Controllo dell'efficienza di deflusso.**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S2:** sezione appena a valle del ponte sopra descritto. La sezione, sebbene si presenti ampia, è interessata da un tubo di servizio sospeso che, in virtù del materiale accatastato e del materiale proveniente dagli eventi di piena, potrebbe costituire un punto sensibile di deflusso.

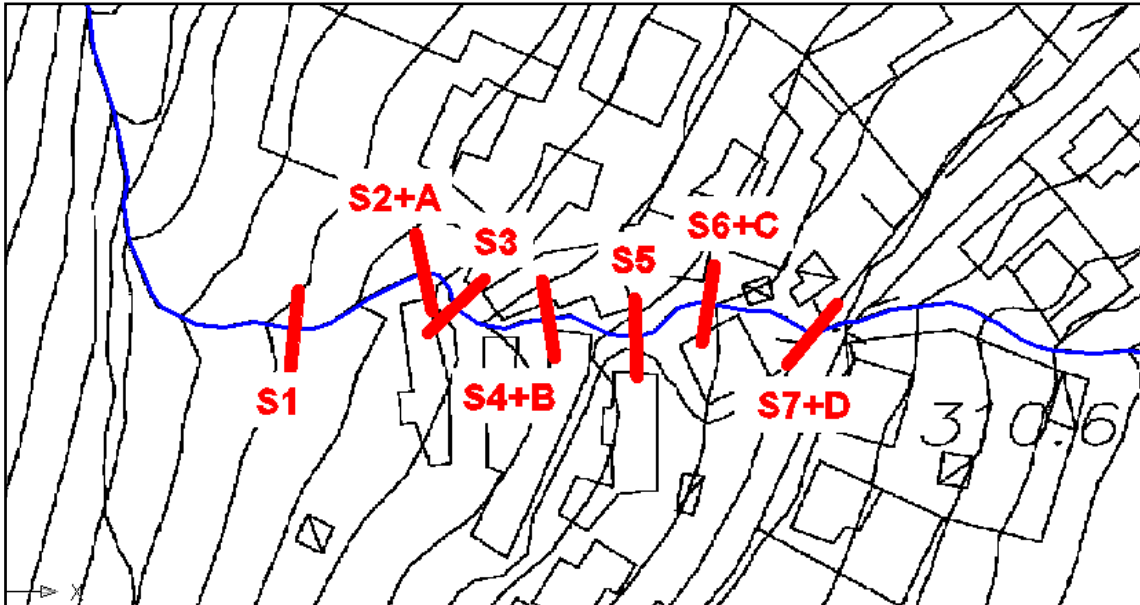
**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria)**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

**M1 – MARENA**





**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S1:** sezione più a monte del tratto interessato; il fondo è costituito da massi di piccole dimensioni, ghiaietto e roccia affiorante. Il corso d'acqua scorre in una valletta incisa con una buona copertura forestale.

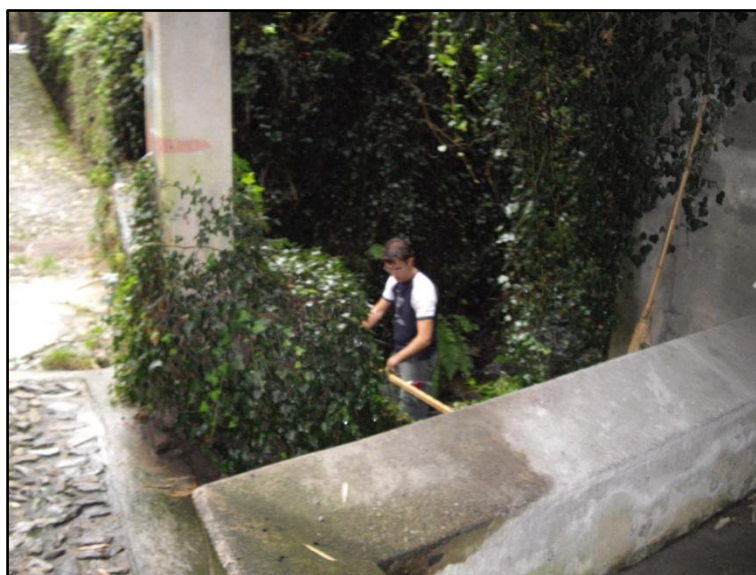


**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S2 – Tombotto (A):** sezione a ridosso del tombotto pedonale di valle. La sezione è ampia, ma con una modesta occlusione di piante infestanti (edera). La sponda in sinistra idraulica è limitatamente interrotta (1 metro circa), per dar luogo ad alcuni gradini e permettere così lo scarico del lavatoio adiacente. Dato che il tombotto è posto all'interno di un centro abitato, è opportuna un'attenta programmazione degli interventi ordinari di pulizia.

**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S3:** la sezione è compresa tra il tombotto (A) e il tombotto (B). La sezione si presenta ampia al deflusso. Il fondo dell'alveo è costituito da ciottoli di media pezzatura e da ghiaia. Le pareti sono costituite da muri in pietra e calcestruzzo alternati a muri intonacati delle abitazioni confinanti.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S4 – Tombotto (B):** sezione ubicata all'imbocco del tombotto (B). Un villeggiante ci rammenta che la sera precedente al nostro rilievo (03/09/2009) il torrente è fuoriuscito in questo punto. Di fatto, in destra idraulica è presente un abbassamento dell'argine e, la presenza di una luce ristretta del tombotto (B), lascia infatti prevedere un possibile ostacolo al normale deflusso in caso di eventi intensi.

**PUNTO CRITICO. Verificare l'efficienza idraulica.**

**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S5:** la sezione è compresa tra il tombotto (B) e il tombotto (C). Il fondo è costituito da roccia e da massi di medie dimensioni.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S6 – Tombotto (C):** sezione in prossimità del tombotto (C). La presenza di sottoservizi riduce la già insufficiente sezione di deflusso.

**PUNTO CRITICO. Verificare l'efficienza idraulica.**

**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S7 – Ponte (D):** sezione in prossimità del ponte (D). La sezione è ampia, ma con una modesta occlusione da parte della vegetazione presente. Il fondo è costituito da roccia e da massi di medie dimensioni.

**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

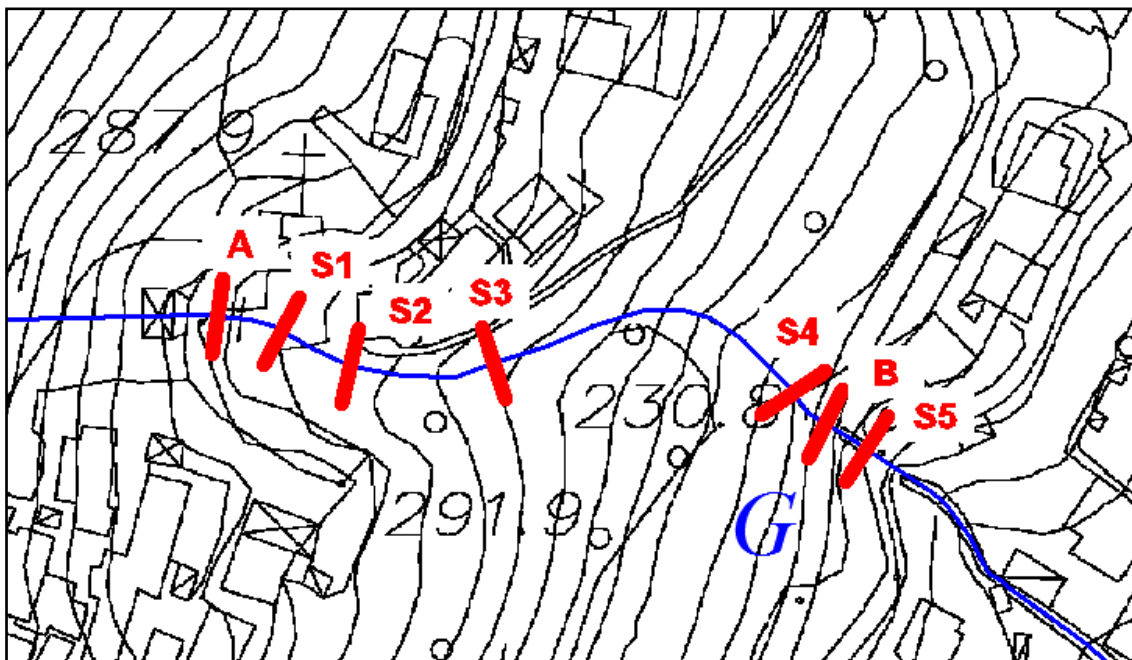
- **S8 – Passerella (E):** sezione in prossimità della passerella pedonale (E). L'alveo è incassato e le pareti sono in roccia affiorante. La passerella pedonale è in cemento armato con lunghezza pari a 0,70 metri e di 0,10 metri di spessore.





**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

**G – PEZZO**



- **Tombotto (A):** il tombotto risulta essere pulito e con sezione ampia. Le pareti sono in calcestruzzo con sezione rettangolare avente dimensioni 2 m (Altezza) x 0,55 m (Larghezza) e 17 metri circa di sviluppo, al cui termine, per permettere il superamento del corso d'acqua, è presente una griglia. In tale punto la pendenza diminuisce, provocando quindi la sedimentazione del materiale trasportato durante gli eventi di piena. Nel momento del sopralluogo (03/09/2009) è presente un'importante quantità di materiale depositato.

**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

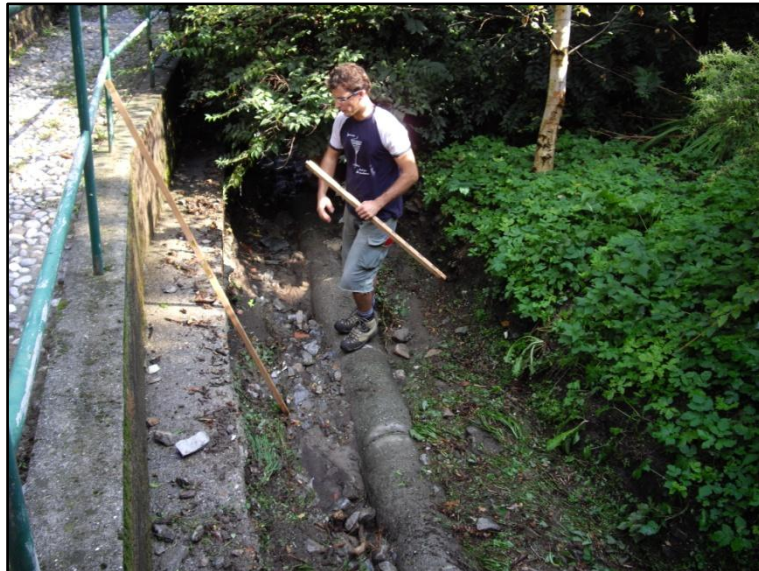
---



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S1:** posta a pochi metri dalla precedente griglia. Il fondo è costituito da ciottoli e ghiaietto. Inoltre, per circa 15 metri al di sotto del letto del corso d'acqua è presente un tubo in calcestruzzo, come visibile nell'immagine seguente; la sponda in sinistra idraulica è costituita da un muretto in cemento armato, atto al sostegno della mulattiera in fregio al corso d'acqua.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

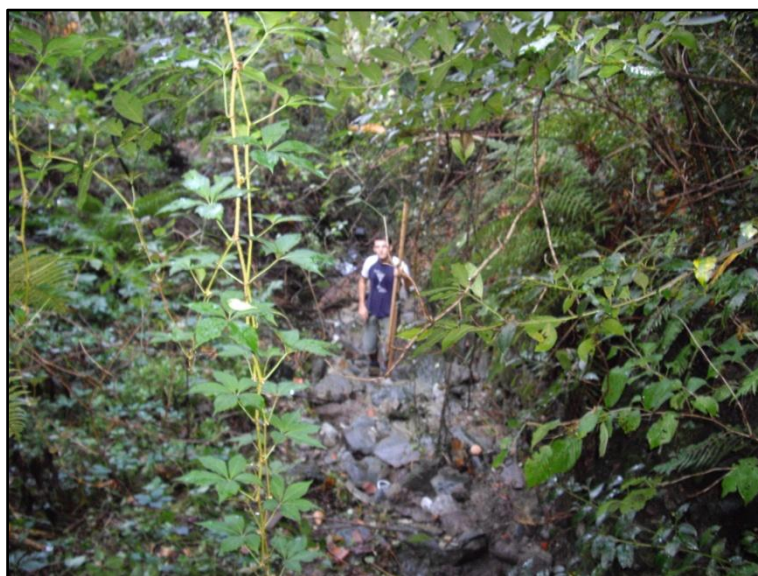
- **S2:** il torrente ritorna ad assumere sezioni meno regolari, sviluppandosi in un ambiente moderatamente boscato; il fondo si presenta in terreno e ghiaietto.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

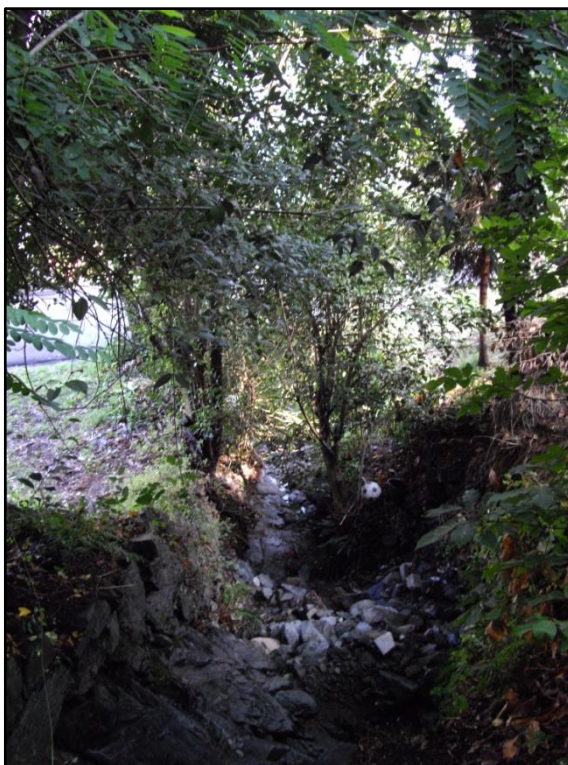
- **S3:** la sezione è ampia, con folta vegetazione e numerosi massi di medie dimensioni; si ha un aumento della pendenza.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S4:** sezione ampia e moderatamente incisa. Il fondo è costituito da massi di medie dimensioni e roccia affiorante; la sponda destra è costituita da terreno e roccia, mentre la sponda sinistra da muro in pietra a secco.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **Tombotto (B):** il tombotto presenta una discreta sezione, probabilmente senza il rispetto del franco minimo. Il restringimento, dato dal basso intradosso, potrebbe causare un'ostruzione del deflusso idrico durante gli eventi di piena.

**PUNTO CRITICO. Verificare l'efficienza idraulica.**

**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S5:** per permettere il passaggio del corso d'acqua da parte di una strada pubblica è presente una griglia. I residenti ci informano che la notte precedente al sopralluogo (03/09/2009), tale griglia (lunga circa 10 metri) si è intasata, provocando allagamenti nelle abitazioni in fregio all'alveo. Le sue importanti dimensioni, unite al considerevole materiale trasportato, rendono tale punto critico per le civili abitazioni presenti.

**PUNTO CRITICO. Verificare l'efficienza idraulica.**

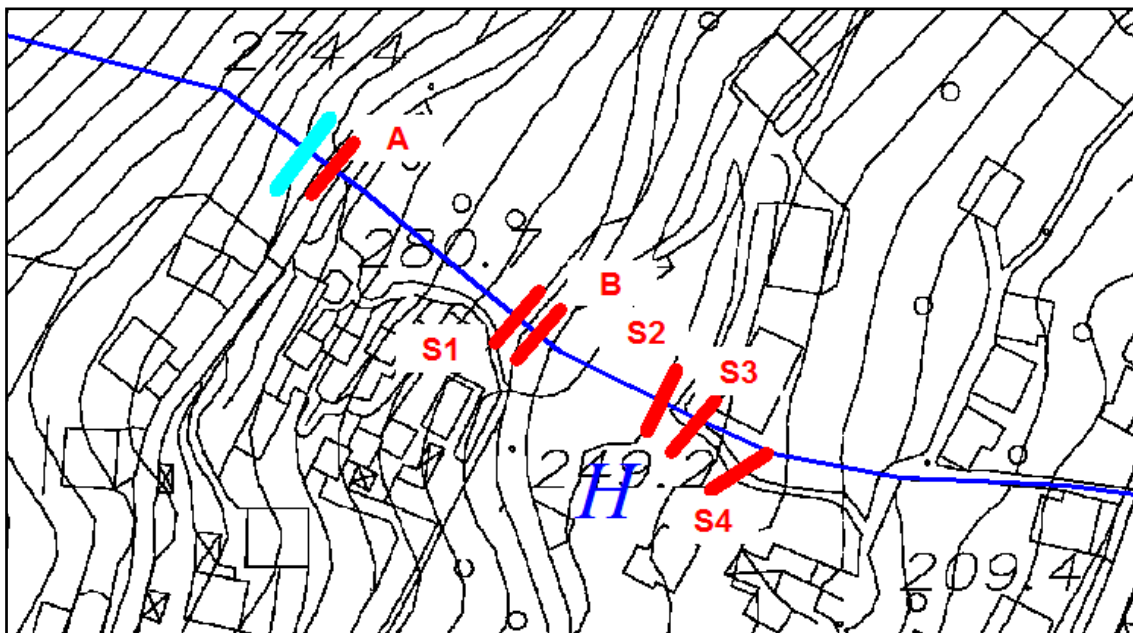
**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria).**





**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

**H – SEMNAGO**



- **Ponte (A):** il ponte risulta essere parzialmente ostruito da materiale depositato durante gli eventi meteorici precedenti. Le pareti sono in calcestruzzo con sezione a volta e sviluppo di circa 6 metri. Al termine di esso, è presente un tratto lungo 3 metri, in cui il torrente assume una forte pendenza, per poi inserirsi in un secondo tratto (lungo 5 metri circa) grigliato e con pendenza quasi nulla. In tale punto, la sezione di deflusso diminuisce, provocando quindi la sedimentazione del materiale trasportato durante gli eventi di piena. Nel momento del sopralluogo (03/09/2009) è presente un'importante quantità di materiale depositato sia all'interno del ponte che in corrispondenza della griglia.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

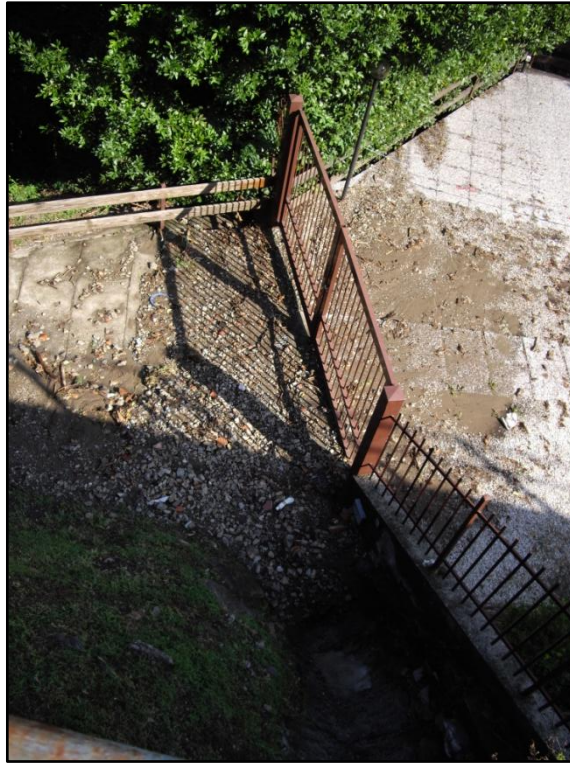
---

**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza  
(manutenzione ordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S1:** la sezione si trova in prossimità del tombotto (B). Il fondo è costituito da massi di medie dimensioni e ghiaia. Poco a monte è presente un piccolo salto di circa 1 metro.

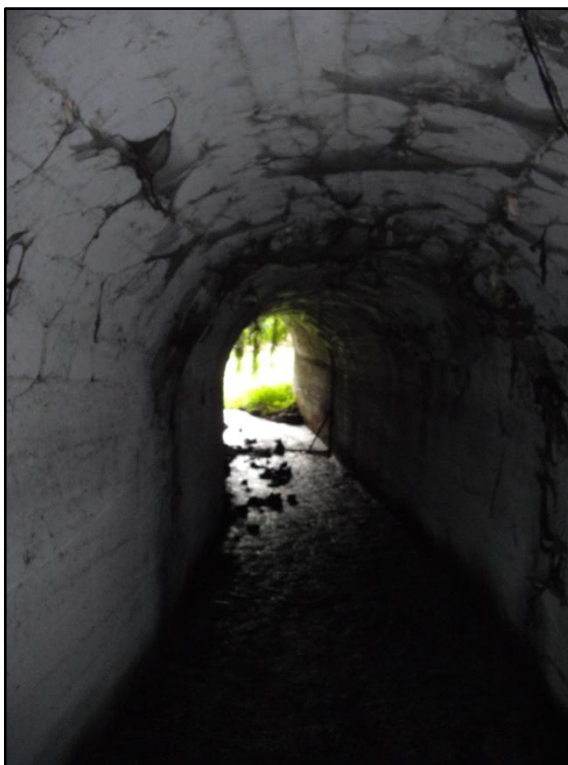
**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **Tombotto (B):** il tombotto risulta essere ampio e pulito. Le pareti sono in calcestruzzo con sezione a volta costante per tutto il suo sviluppo, che è di oltre 25 metri.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S2:** la sezione in questo punto si restringe. Il fondo è in massi di medie-piccole dimensioni e vegetazione bassa ai bordi dell'alveo. È presente un piccolo salto di quasi 1 metro.

**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S3:** il torrente si inserisce in un tratto ad uso pedonale per il raggiungimento di civili abitazioni, con fondo a tratti in calcestruzzo e pietra liscia. Appena a valle è presente un bivio del sentiero, in cui il torrente devia verso la sinistra idraulica, mentre il tratto pedonale in destra idraulica; in tale punto è possibile che l'acqua possa defluire sia lungo l'alveo originario che lungo il tratto pedonale.

**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

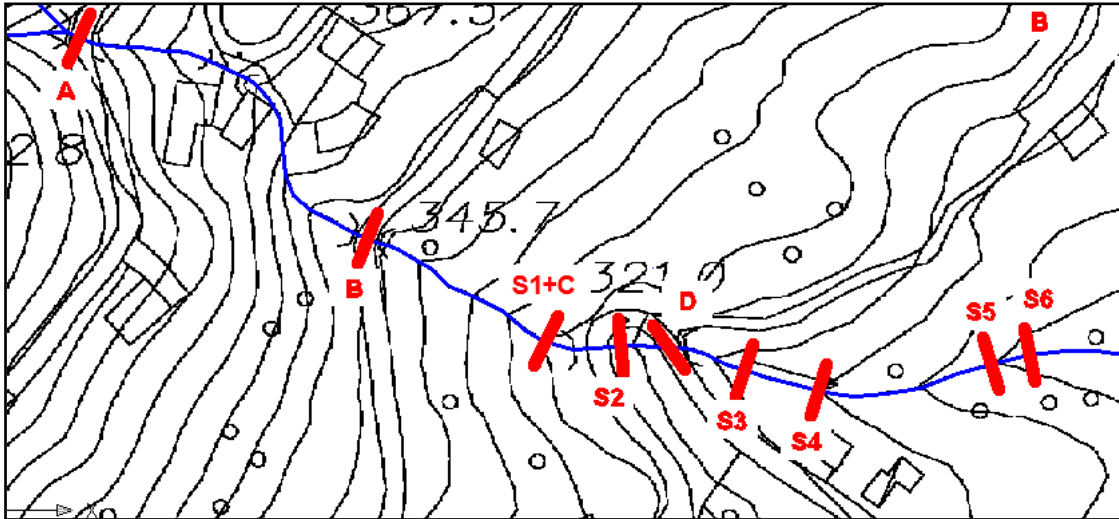
- **S4:** sezione in fregio alla recinzione di una proprietà privata. Il fondo è in calcestruzzo. In tale sezione è presente un asse di legno fissato alla predetta recinzione che potrebbe influire sul transito degli eventi di piena.





**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

**N11 – SORIANO**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **Tombotto (A):** tombotto avente diametro pari a 600 mm, parzialmente ostruito dal fogliame presente in alveo. La sezione all'interno del tombotto è ulteriormente ridotta a causa di un tubo in plastica.

**PUNTO CRITICO. Verificare l'efficienza idraulica.**

**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **Tombotto (B):** tombotto ad arco, sezione con sviluppo pari a circa 5,10 metri.

**PUNTO SENSIBILE.** Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria).



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S1 - Tombotto (C):** la sezione è a ridosso di un tratto tombottato (C), fitto di vegetazione. L'alveo è incassato, e prima di inserirsi nel suddetto tombotto è presente una griglia. La sezione a valle del tombotto mostra che un tubo avente diametro pari a 600 mm.

**PUNTO CRITICO. Verificare l'officiosità idraulica.**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S2 - Tombotto (D):** sezione ubicata all'imbocco del tombotto (D). Il tombotto ha uno sviluppo complessivo di circa 14 metri.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

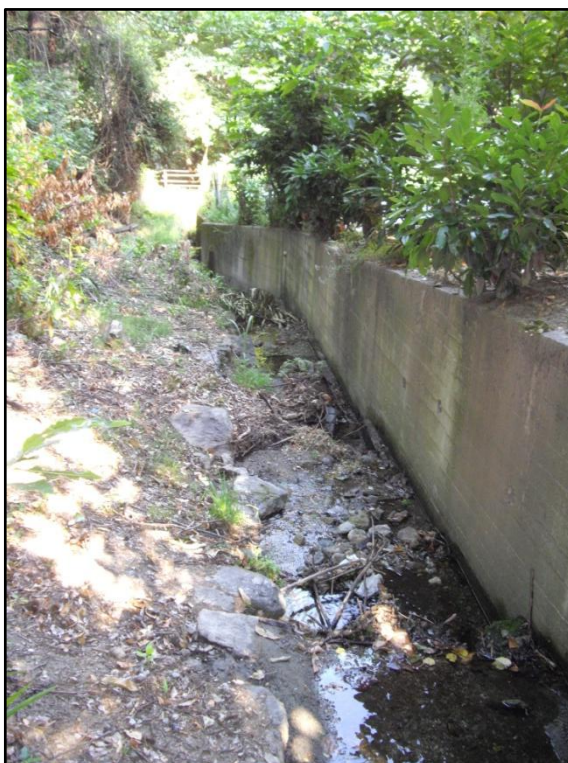
- **S3:** Il fondo è costituito da massi di medie dimensioni e ghiaia. La sponda in destra idraulica è costituita da un muro in cemento armato, mentre quella in sinistra dal versante in roccia e terreno.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S4:** sezione in prossimità del tombotto (E). La sezione mostra il restringimento della sezione dell'alveo.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **Tombotto (E):** il tombotto presenta un diametro pari a 800 mm, che limitatamente al tratto interessato riduce ulteriormente la sezione del torrente: il tombotto potrebbe intasarsi a seguito degli eventi di piena.

**PUNTO CRITICO. Verificare l'efficienza idraulica.**

**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria).**





**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S5:** L'alveo ritorna ad assumere sezioni ampie, con fondo roccioso e con materiale sciolto. La sponda in sinistra idraulica è costituita da un muro a secco.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

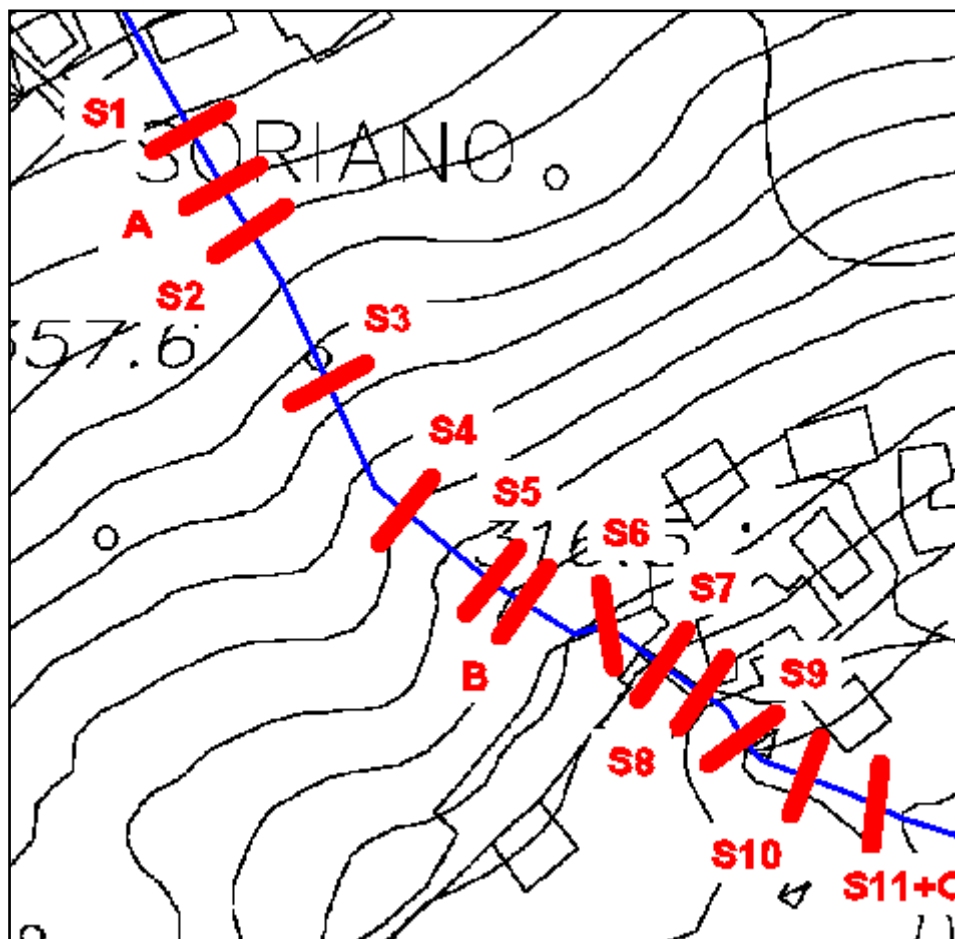
---

- **S6:** L'alveo non risulta essere ben definito, con sezione molto ampia ed in grado di espandersi in zone adiacenti. Circa 50 metri più a valle, il torrente si inforra, rendendo impossibile il suo rilievo, per poi confluire con il torrente N3 - Soriano.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

**N3 – SORIANO**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S1 - Passerella Pedonale (A):** il torrente è incassato, con sponde in massi a secco. È a tratti presente una folta vegetazione che ricopre totalmente il corso d'acqua. In prossimità della sezione è presente una passerella pedonale in cemento armato.

**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S2:** la sezione non risulta essere incassata, le sponde si presentano basse, e, in caso di eventi di piena, l'acqua potrebbe esondare; in sinistra idraulica è presente un sentiero che potrebbe rappresentare una via preferenziale di allagamento.

**PUNTO SENSIBILE. Prevedere opere di difesa idraulica (manutenzione straordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S3:** sezione ubicata appena a valle di un modesto salto in roccia. Il fondo è in ciottoli e blocchi, mentre la vegetazione è quasi assente.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S4:** Il fondo è costituito da massi di medie dimensioni e roccia affiorante. Tale sezione presenta un restringimento dell'alveo, che è più incassato.





**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S5 - Passerella Pedonale (B):** sezione in prossimità di una piccola passerella pedonale (B). Il fondo in alcuni tratti è costituito da roccia affiorante liscia, mentre la vegetazione è quasi assente.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S6 - Tombotto (C):** la sezione è in corrispondenza di un tratto tombottato con lunghezza di circa 13 metri. il fondo è in roccia affiorante e ghiaietto. A causa della sezione molto ristretta, il tombotto potrebbe facilmente venire ostruito durante gli eventi di piena e allagare le abitazioni circostanti.

**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S7:** a valle del tratto tombottato la sezione risulta essere circolare con diametro di 500 mm. Il tratto risulta essere infornato, con la presenza di molti sottoservizi che riducono la sezione utile al deflusso idrico. Sono presenti materiale di deposito e una lamiera in ferro. La sponda in destra idraulica è costituita dal muro di un'abitazione.

**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S8:** l'alveo è ben incassato tra due sponde in pietra.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S9:** per circa 10 metri si ha un restringimento della sezione, che si presenta sempre incassata tra sponde in massi a secco.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S10:** si ha un ampliamento della sezione, con fondo alveo in roccia.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

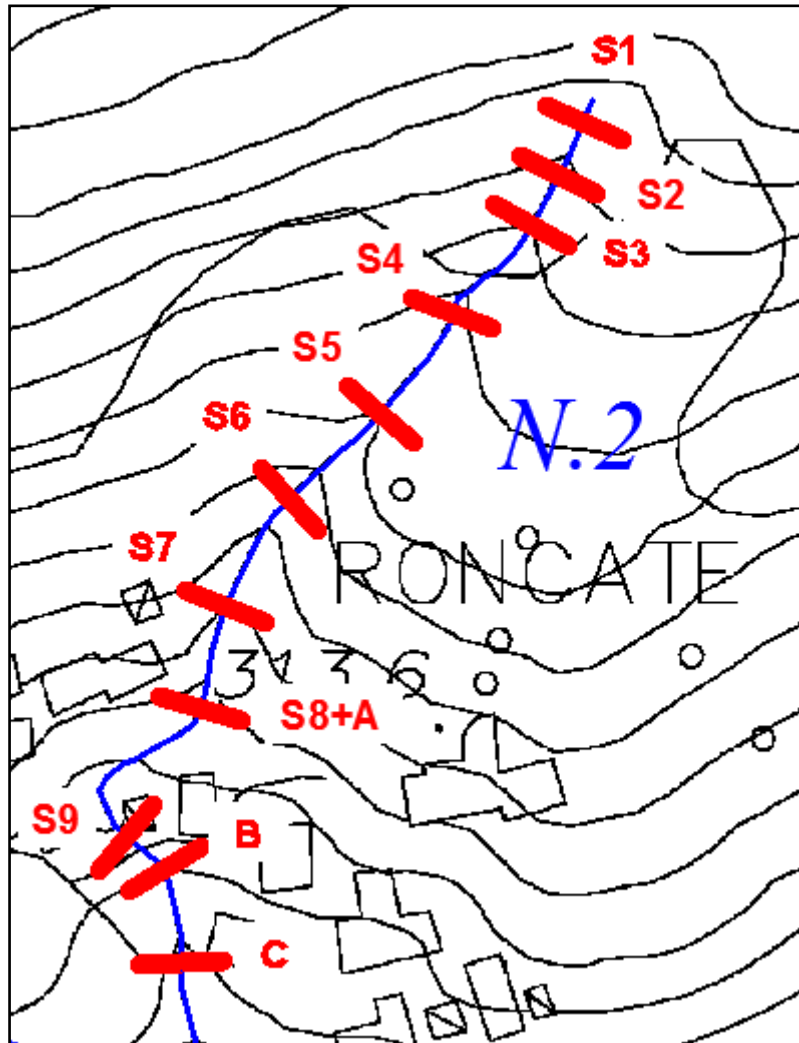
- **S11 - Ponte (D):** la sezione è in corrispondenza del ponte (D). La sezione risulta essere ridotta per la presenza di un sottoservizio e per una moderata presenza di vegetazione. Il fondo alveo è in roccia affiorante.

**PUNTO SENSIBILE. Verificarne periodicamente l'efficienza (manutenzione ordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

**N2 - RONCATE**





**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

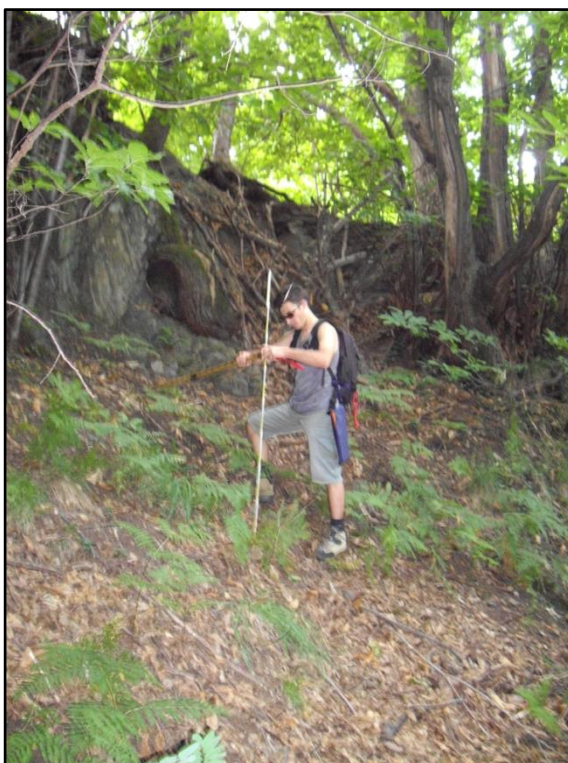
- **S1:** sezione in corrispondenza della testa del corso d'acqua. La sezione è molto ampia, con fondo in terreno e fogliame.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

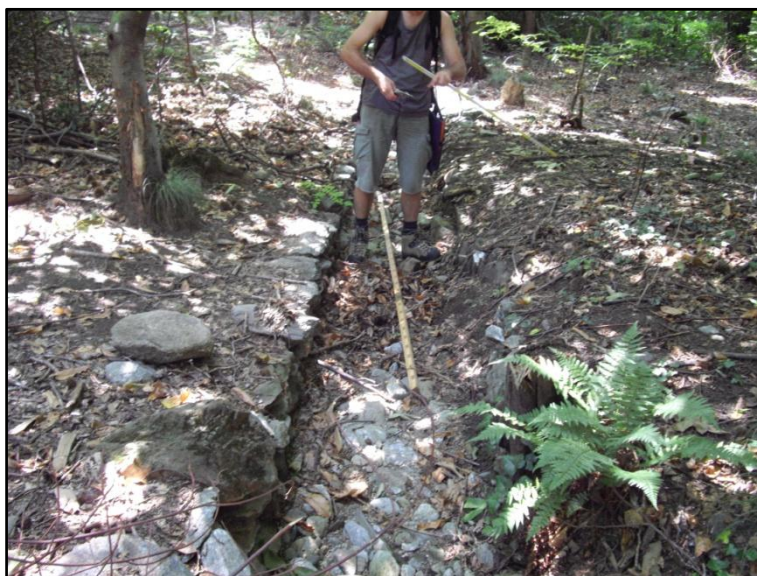
- **S2:** La sezione è molto ampia, con fondo in terreno e fogliame. Si ha una moderata riduzione della pendenza.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S3:** sezione molto ristretta. La sponda in sinistra idraulica è costituita da un muretto a secco, mentre quella di destra è costituita dal versante in terreno e ciottoli. La sezione è ubicata all'altezza di un piccolo pianoro.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S4:** sezione ubicata a valle di un piccolo salto in roccia. Le pareti dell'alveo sono costituite da roccia affiorante e pietre a secco. Il torrente risulta essere ben incassato.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

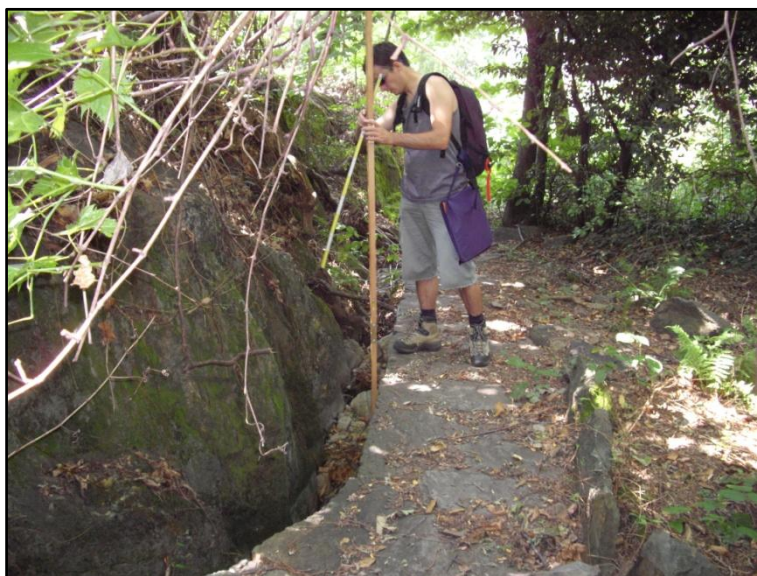
- **S5:** sezione in prossimità di un restringimento. Le pareti dell'alveo sono costituite da roccia affiorante e pietre a secco.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

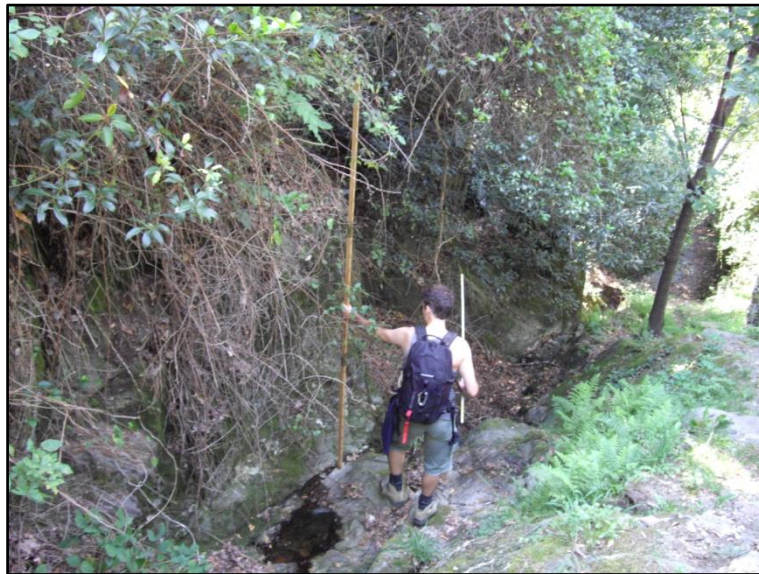
- **S6:** sezione in corrispondenza di un ulteriore restringimento. In tale sezione, visti il limitato bacino imbrifero sotteso e la permeabilità del suolo, non ci dovrebbero essere problemi di capacità idraulica dell'alveo.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S7:** il torrente presenta una sezione ampia e incassata, con sponde e fondo in roccia affiorante.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **Passerella Pedonale (A) - S8:** la sezione è incassata, ed è posta in corrispondenza di una piccola passerella pedonale (A) in pietra. Il fondo alveo e le sponde sono costituite da roccia affiorante.





**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **S9 - Ponte pedonale (B):** la sezione risulta ampia e con fondo in roccia. Ad ogni modo, nella sezione le sponde non risultano essere ben definite, con quindi possibilità di esondazione del torrente. In particolar modo, in destra idraulica è presente il muro di una casa in pietra che potrebbe essere pericolosamente danneggiato durante eventi di piena; in sinistra idraulica è presente invece un passaggio pedonale che raggiunge l'alveo e che, in caso di eventi di piena, potrebbe divenire un punto preferenziale di esondazione.

**PUNTO SENSIBILE. Prevedere opere di difesa idraulica (manutenzione straordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

- **Passerella Pedonale (C):** passerella pedonale in cemento armato. La sezione è molto stretta e la presenza di un sottoservizio ostacola ulteriormente il deflusso della corrente. Dopo un tratto inaccessibile, il torrente confluisce nel corso d'acqua N3 - Soriano.

**PUNTO SENSIBILE. Prevedere opere di difesa idraulica (manutenzione straordinaria).**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

## **4 STUDIO IDROLOGICO**

Si riporta di seguito uno schema che mostra la procedura seguita nello studio idrologico per la determinazione della portata di piena

### **4.1 STUDIO MORFOMETRICO DEI TORRENTI**

#### **4.1.1 Analisi morfologica delle reti di drenaggio naturali finalizzata alla caratterizzazione della risposta idrologica,**

In tempi recenti si vanno sempre più diffondendo le tecniche di delimitazione del bacino idrografico e di identificazione della rete che si fondano sull'utilizzazione della cartografia numerica e la rappresentazione digitale della struttura orografica del bacino.

Le informazioni contenute in un convenzionale supporto cartaceo sono convertibili in formato numerico ottenendo un modello digitale del terreno (Digital Terrain Model, DTM) cioè un modello capace di rappresentare la variazione continua di una determinata variabile (pendenza, uso del suolo, geologia ecc.) per una superficie di interesse. Nel caso particolare in cui la variabile considerata sia la quota dei punti costituenti la superficie in esame il modello prende il nome di DEM (Digital Elevation Model) che, pertanto, deve essere considerato come un particolare DTM. La rappresentazione dei valori della variabile di interesse (quota, pendenza, esposizione ecc.) può essere effettuata facendo ricorso a un modello di tipo vettoriale o di tipo raster. Il modello vettoriale deriva generalmente da tecniche di acquisizione



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

semiautomatica delle informazioni (per esempio, conversione della cartografia cartacea in numerica mediante digitalizzazione) e gli elementi cartografici vengono definiti con un insieme di punti di cui sono definite le coordinate mediante una terna numerica. Il modello raster, o cellulare, deriva generalmente da una procedura di scansione automatica e opera una suddivisione del territorio in celle regolari. Questo tipo di modello consente una rappresentazione di tipo matriciale e la struttura spaziale è deducibile considerando per ciascuna cella quelle ad essa adiacenti.

Per il bacino in studio, a partire da un DEM a maglie regolari si può procedere alla generazione del reticolo idrografico mediante una tecnica automatica capace di individuare la rete sia seguendo il processo di formazione del deflusso sia rispettando l'altimetria del territorio. In quest'ambito ha trovato frequente applicazione l'algoritmo di O'Challagan e Mark che definisce per ogni cella la direzione del deflusso sulla base della massima differenza di quota calcolata considerando le otto celle ad essa circostanti e che considera come cella appartenente al reticolo idrografico quella che drena a monte un'area superiore a un prefissato valore soglia. I reticoli estratti secondo questa tecnica sono ovviamente dipendenti sia dalla dimensione della maglia adottata per costruire il DEM sia dal valore minimo di area drenata prescelto per etichettare una certa maglia come appartenente alla rete.

Infatti l'analisi di reti di drenaggio naturali estratte dai Modelli Digitali di elevazione del Terreno (DTM) viene attuata in misura coerente con i concetti di geomorfologia fluviale tramite un filtro basato su una relazione del tipo ASk>



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

soglia o a soglia costante.

Nelle regioni caratterizzate da una pendenza locale,  $S$ , maggiore, è sufficiente un'area contribuente,  $A$ , minore per formare e mantenere la canalizzazione, ciò produce strutture drenanti la cui densità di drenaggio, correlata ad area contribuente, pendenza, clima e proprietà del suolo, in generale, non potrà essere considerata costante se non per bacini di modesta estensione caratterizzati da proprietà del suolo uniformi, al contrario di ciò che si otterrebbe con un filtro basato sul solo valore dell'area contribuente usato come soglia.

Una tale descrizione della rete idrografica, permette di individuare il reticolo idrografico nelle sue parti essenziali, canali e versanti.

In questo modo, la risposta idrologica complessiva risente del carattere più spiccatamente montano, o vallivo, delle singole componenti, consentendo una ottima capacità di riproduzione delle caratteristiche principali dell'idrogramma di piena – portata di picco e tempo al picco – in diversi ambienti morfologici.

Lo sviluppo verso monte dei drenaggi superficiali in natura, è infatti limitato da una soglia di canalizzazione, che costringe il versante ad assumere una lunghezza tale da permettere la formazione ed il sostentamento del drenaggio alveato, mentre la variabilità spaziale nelle caratteristiche del territorio si riflette nella eterogeneità della lunghezza dei versanti e della densità dei drenaggi. La struttura idrografica ottenuta mette in evidenza le componenti, alveate e non, del deflusso superficiale e permette di introdurre informazioni relative alla cinematica dei processi che per le due componenti hanno rispettivamente luogo.

La Regione Lombardia ha provveduto a coprire tutto il territorio regionale con



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

un modello di elevazione del terreno a passo 20x20 metri ottenuto a partire dalla cartografia al 10.000.

Tale modello di elevazione del terreno appare, per il suo notevole dettaglio spaziale, un ottimo punto di partenza per la effettuazione di calcoli finalizzati alla individuazione di quantità che siano di interesse nella gestione del territorio.

Su questo modello di elevazione regionale con passo 20x20 metri, è stato utilizzato uno specifico algoritmo di calcolo che consente l'estrazione del bacino idrografico e la ricostruzione del reticolo di drenaggio.

Utilizzando tale modello di elevazione, sono stati calcolati un numero elevato di parametri morfologici del bacino interessato.

**4.1.2 Descrizione dei principali parametri morfologici**

Per l'analisi morfologica, il reticolo del bacino è classificato in funzione dei segmenti che sono compresi tra le varie confluenze. Ad ognuno di questi si assegna un numero (ordine) che dipende dalla sua posizione nell'ambito del reticolo stesso, come proposto da HORTON-STRAHLER.

Si attribuisce il numero d'ordine 1 ai canali naturali di prima formazione, cioè quelli che hanno come estremità i punti sorgente.

Quando si incontrano due rami dello stesso ordine  $k$ , il nuovo segmento che si crea avrà numero d'ordine  $k+1$ . All'incontro tra due rami di diverso ordine, invece, il nuovo segmento a valle avrà numero uguale a quello maggiore tra i due.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

L'ordine k del corso d'acqua principale definisce l'ordine di bacino.

Il rapporto di biforcazione ( $R_b$ ) fornisce indicazioni sulla struttura dell'intero reticolo idrografico. Esso è definito come il rapporto tra il numero di segmenti d'ordine  $N_u$  e quello di ordine successivo  $N_{u+1}$ :

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Il valore di  $R_b$  da prendere come rappresentativo del bacino è quello ottenuto dalla media (aritmetica o pesata) degli  $R_b$  parziali, riferiti alle singole coppie di ordine  $u$  e  $u+1$  (rapporto di biforcazione medio).

In generale maggiore è il valore di  $R_b$  e minore è il grado di gerarchizzazione del bacino. Valori superiori a 5 sono molto rari e sono testimoni di un forte controllo tettonico sullo sviluppo del reticolo.

Rapporto delle lunghezze (RI)

Esso è il rapporto fra la lunghezza media dei rami di ordine  $i$  e la lunghezza media dei rami di ordine  $i-1$ .

Rapporto delle aree ( $R_a$ )

Corrisponde al rapporto fra l'area media dei bacini di ordine  $i$  e l'area media dei bacini  $i-1$ .

L'area planimetrica del bacino è la somma delle celle del modello di elevazione,



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

moltiplicate per l'area elementare della cella.

L'area effettiva del bacino è basata sull'area della superficie inclinata la cui proiezione è l'area della cella del DEM.

Il Relief totale (rilievo del bacino) è l'elevazione del punto più alto nel bacino rispetto alla quota della sezione di chiusura.

Il Relief ratio (rapporto di rilievo) è l'elevazione del punto più alto nel bacino rispetto alla quota della sezione di chiusura, diviso per la massima distanza lungo il reticolo coprente del bacino.

La pendenza media nella direzione di drenaggio è la pendenza calcolata lungo il reticolo di drenaggio coprente.

La pendenza 10-85 dell'asta principale è la pendenza dell'asta principale calcolata tra i punti a distanza 10%L e 85%L dalla sezione di chiusura dove L è la massima distanza lungo il reticolo permanente.

Come Diametro si intende la distanza topologica massima.

La distanza topologica media è indicata come N/M dove N indica il numero totale di link; in sostanza, è il numero di rami (di cui il primo esterno) mediamente compresi nel percorso che unisce la sorgente alla chiusura.





**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

La lunghezza totale della rete permanente è la lunghezza complessiva del reticolo canalizzato, Ltot.

I parametri Kc (coefficiente di uniformità) e Kr (coefficiente di circolarità) forniscono una indicazione di quanto il bacino si discosta dalla forma circolare (forma raccolta).

Valori di Kc e Kr lontani dall'unità sono tipici di bacini di forma allungata e, viceversa, nel caso di Kc e Kr prossimi a 1.

Un bacino raccolto a parità di altri fattori avrà tempi di corrivazione minori e piene più improvvise e marcate, con un idrogramma caratterizzato da una forma stretta ed appuntita.

La pendenza media, che condiziona il valore della velocità di ruscellamento, può essere determinata con un procedimento semplice anche se piuttosto laborioso.

$$i_m = e \frac{\sum li}{S}$$

dove:

e = equidistanza delle isoipse

li = lunghezza della i-esima striscia delimitata da due generiche isoipse

S = superficie del bacino

Coefficienti di forma

$$F = \frac{L}{\sqrt{4S / \pi}} = 0.89 \frac{L}{\sqrt{S}}$$



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

con  $L$ =lunghezza del bacino,  $S$ =superficie del bacino.

Valori di  $F$  vicini ad 1 indicano bacini di forma raccolta, mentre elevati valori di  $F$  corrispondono a bacini di forma allungata.

La Densità di drenaggio  $D_r$  e la frequenza di drenaggio  $F_r$  sono due parametri che forniscono un'indicazione del grado di sviluppo del reticolo idrografico. Bassi valori di  $D_r$  e  $F_r$  sono tipici di bacini poco evoluti o impostati su litologie resistenti all'erosione e/o permeabili ed in presenza di una fitta copertura vegetale. Mediamente i valori di  $D_r$  oscillano fra 2 e 4, quelli di  $F_r$  fra 6 e 12.

La Densità di drenaggio è il rapporto tra la lunghezza totale del reticolo idrografico e la superficie del bacino stesso.

Generalmente è misurata in  $\text{km}^{-1}$ .

$$D = \frac{1}{S} \sum L_i$$

con  $L_i$ =lunghezza dei collettori costituenti la rete idrografica del bacino.

La densità di drenaggio solitamente ha valori molto alti nelle aree con terreni impermeabili, poiché su di essi il reticolo si presenta assai ramificato. Mentre con terreni permeabili i valori di tale grandezza morfometrica sono contenuti.

Un altro aspetto che influenza la densità di drenaggio è la presenza di vegetazione sulla superficie del bacino idrografico. Infatti i valori di tale grandezza diminuiscono all'aumentare del grado di copertura vegetale, poiché il processo di infiltrazione nel suolo risulta favorito rispetto al deflusso superficiale, ed il reticolo si presenta sempre meno ramificato.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

La frequenza di drenaggio ( $Fr$ ) viene espressa come:

$$Fr = \frac{N}{A}$$

con  $N$ =numero dei segmenti idrografici presenti nel bacino e  $A$ =area bacino.

Magnitudine

E' il numero complessivo delle sorgenti o dei segmenti esterni.

Altitudine media ( $h_m$ )

Per ricavare tale informazione morfometrica è necessario suddividere la superficie  $A$  del bacino in aree parziali  $A_j$  comprese tra due curve di livello, assegnando una quota media  $h_j$  pari alla media delle quote delle due curve di livello che la delimitano. L'altitudine media del bacino è la media pesata delle quote medie  $h_j$  con peso la superficie parziale:

L'altitudine media è riferita al livello del mare.

$$h_m = \frac{1}{S} \sum_1^k S_i z_i$$

dove  $S_i$  = area tra due curve di livello;  $z_i$  = altitudine media dell'area  $S_i$ .

Altezza media ( $H_m$ )

L'altezza media è riferita alla quota di sezione di chiusura.

Tra l'altitudine media e l'altezza media esiste la seguente relazione:

$$H_m = h_m - h_{min}$$

con  $h_{min}$  = altitudine della sezione di chiusura



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

$h_m$  = altitudine media del bacino.

Tempo di corrivazione ( $t_c$ )

Esso corrisponde teoricamente al tempo necessario a far confluire l'acqua proveniente dalle precipitazioni dal punto più distante del bacino alla sezione di chiusura dello stesso.

Inoltre il tempo di corrivazione corrisponde al tempo che, una volta eguagliato dalla durata delle precipitazioni, determina il raggiungimento della portata massima di deflusso nella sezione.

Può essere calcolato attraverso diverse formule, tra le quali quella di Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{h_{media}}}$$

dove  $t_c$  è espresso in ore,  $A$ =area bacino,  $L$ =lunghezza bacino.



## SCHEDE DATI MORFOMETRICI E GRAFICI CARATTERISTICI DEI RISPETTIVI BACINI

- ***Curva Ipsografica***
- ***Curva Area drenata in funzione della progressiva***
- ***Curva del profilo longitudinale***



***STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO***

---

**DATI MORFOMETRICI**

**BACINO M1 – GALLIO**



## BACINO San Siro M1 - Gallio

### ELEMENTI PRINCIPALI DEL BACINO E DEL RETICOLO IDROGRAFICO

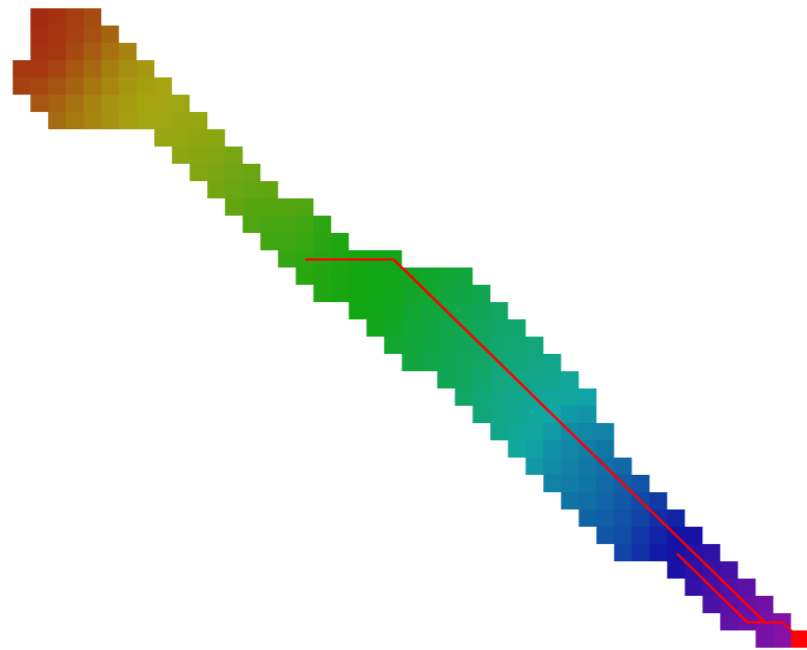
#### DATI IDROMORFOLOGICI DEL BACINO

Area planimetrica	[km <sup>2</sup> ]	<b>0.09</b>
Area effettiva	[km <sup>2</sup> ]	<b>0.68</b>
Perimetro	[km]	<b>3.28</b>
Altezza media	[m s.l.m.]	<b>775.06</b>
Altezza massima	[m s.l.m.]	<b>1011.40</b>
Altezza minima	[m s.l.m.]	<b>492.60</b>
Pendenza media nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>0.47</b>
Pendenza massima nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>0.92</b>
Pendenza minima nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>0.19</b>
Pendenza media del bacino	[m/m]	<b>0.48</b>

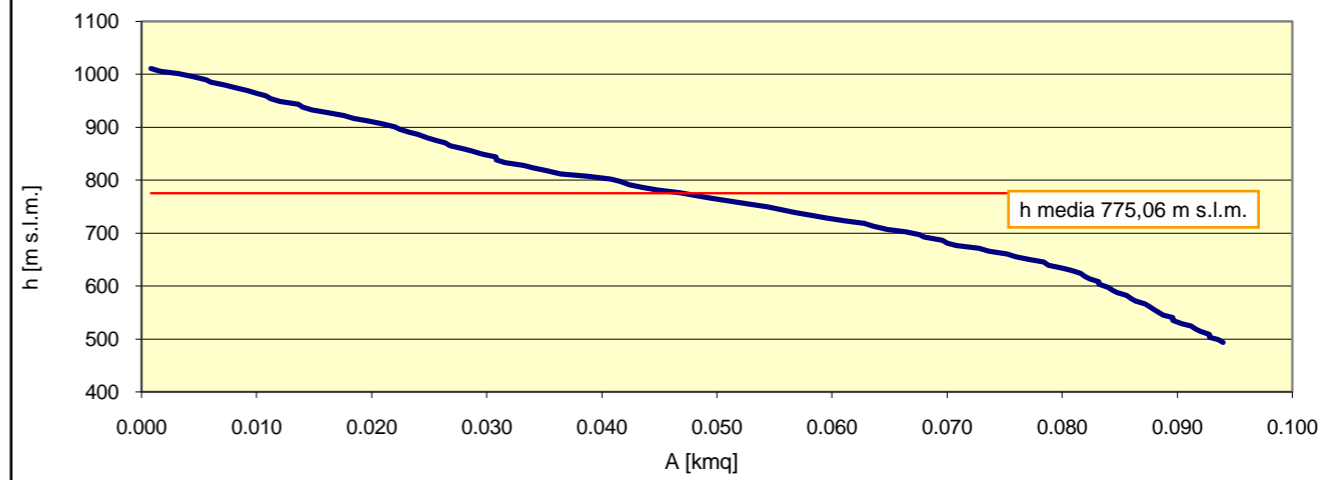
#### DATI IDROMORFOLOGICI DEL RETICOLO

Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	<b>0.45</b>
Lunghezza dell'asta principale	[km]	<b>0.74</b>
Lunghezza totale della rete idrografica	[km]	<b>0.88</b>
Lunghezza media di deflusso	[km]	<b>0.05</b>
Densità di drenaggio	[km/km <sup>2</sup> ]	<b>9.31</b>

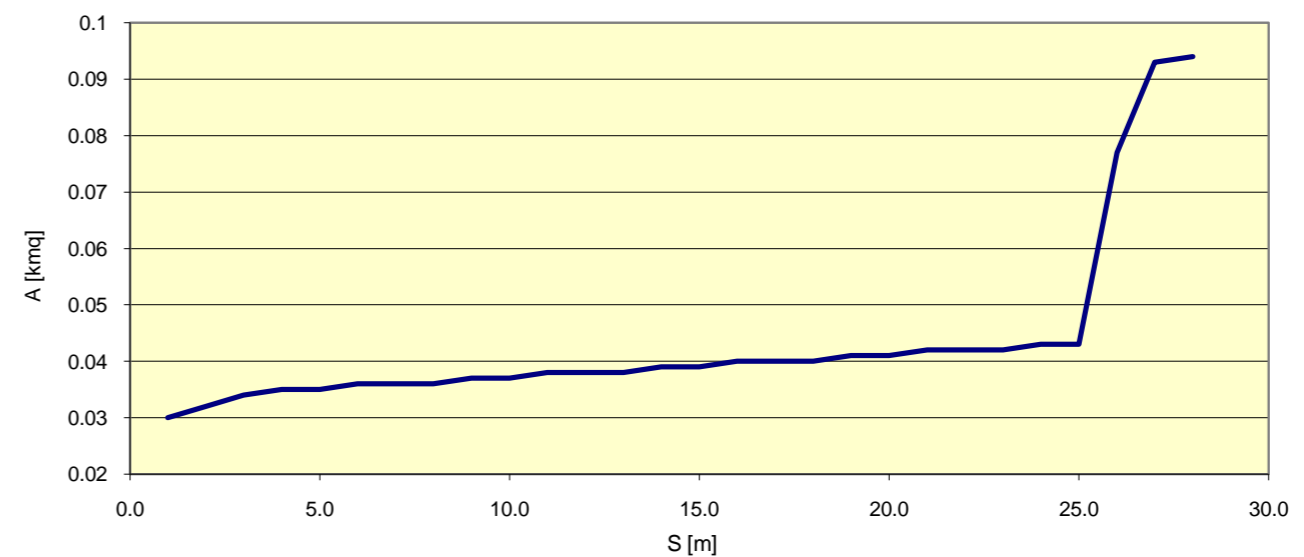
*Mappa rappresentativa del bacino*



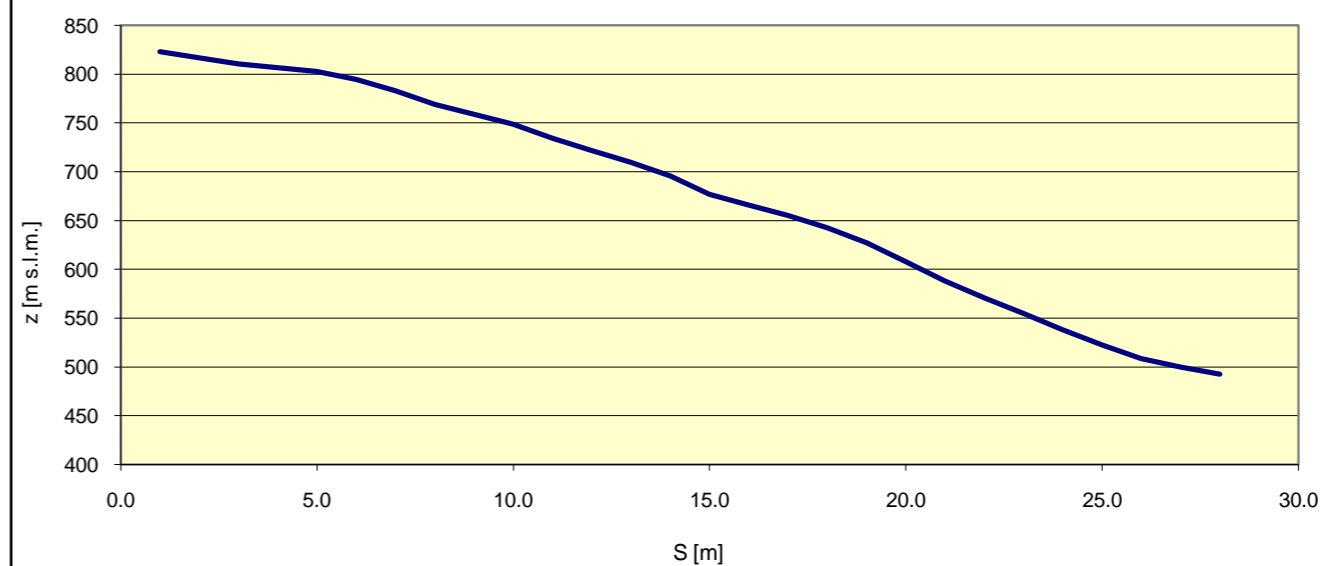
**CURVA IPSOGRAFICA DEL BACINO**



**CURVA AREA DRENATA IN FUNZIONE DELLA PROGRESSIVA**



**PROFILO LONGITUDINALE**



***STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO***

---

***DATI MORFOMETRICI***

***BACINO M – NOLEDO***





## BACINO San Siro M - Noledo

### ELEMENTI PRINCIPALI DEL BACINO E DEL RETICOLO IDROGRAFICO

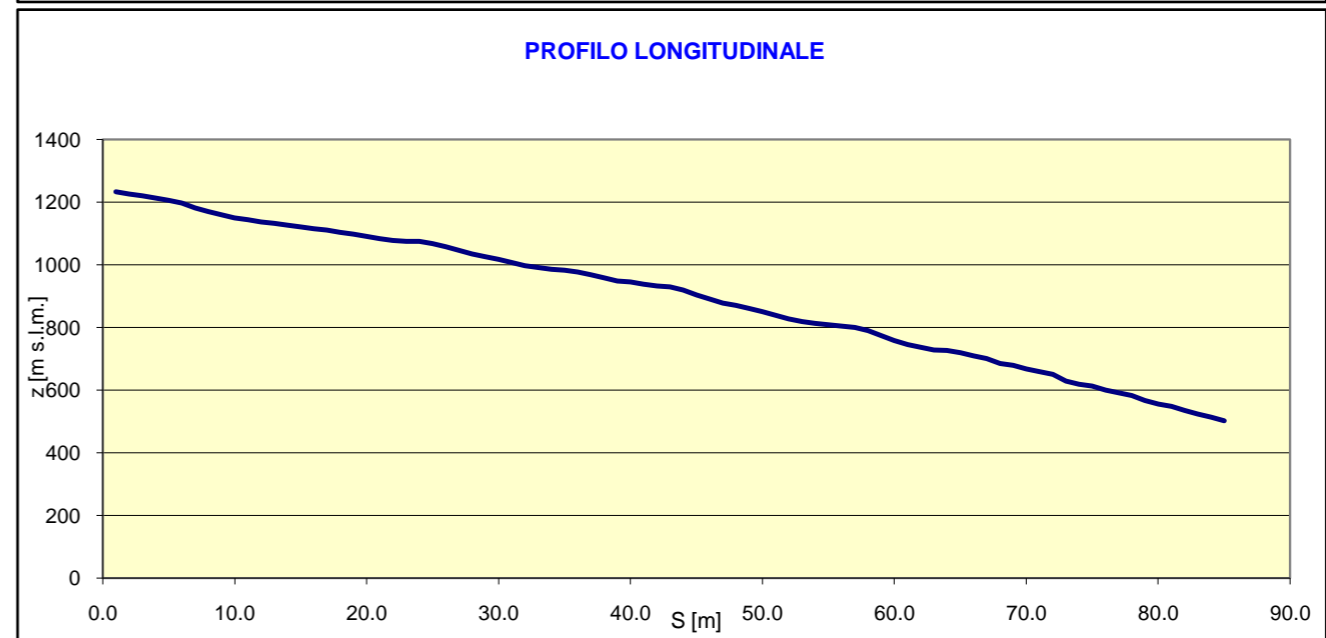
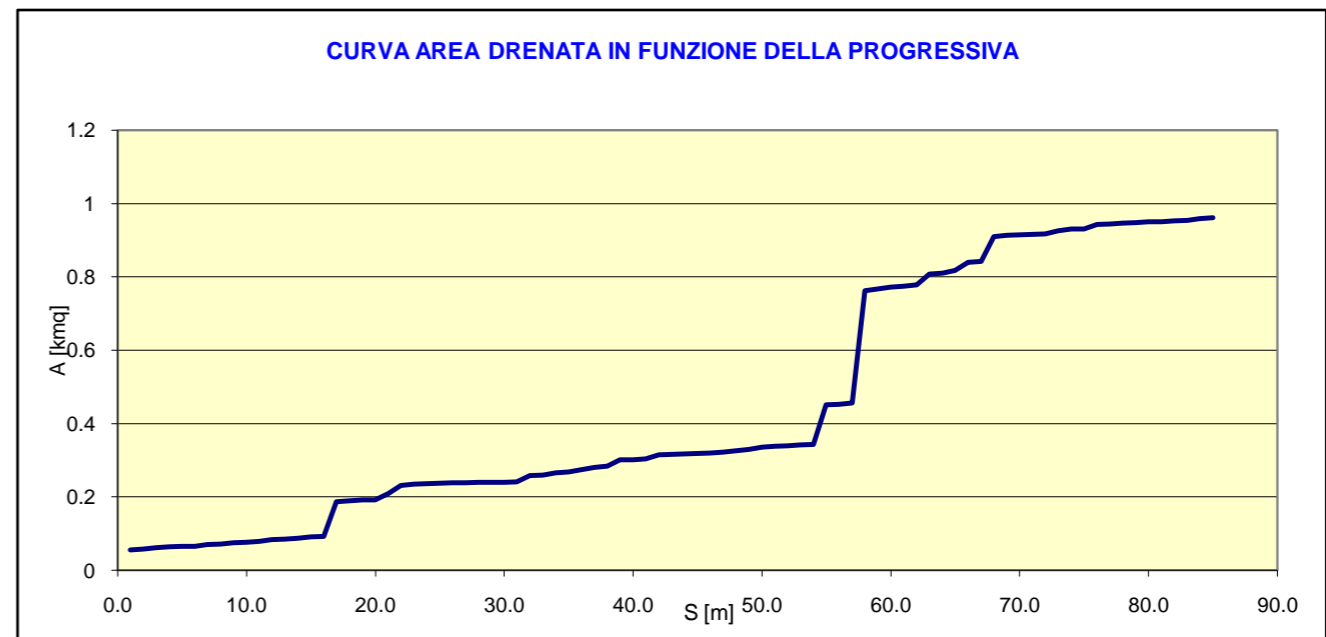
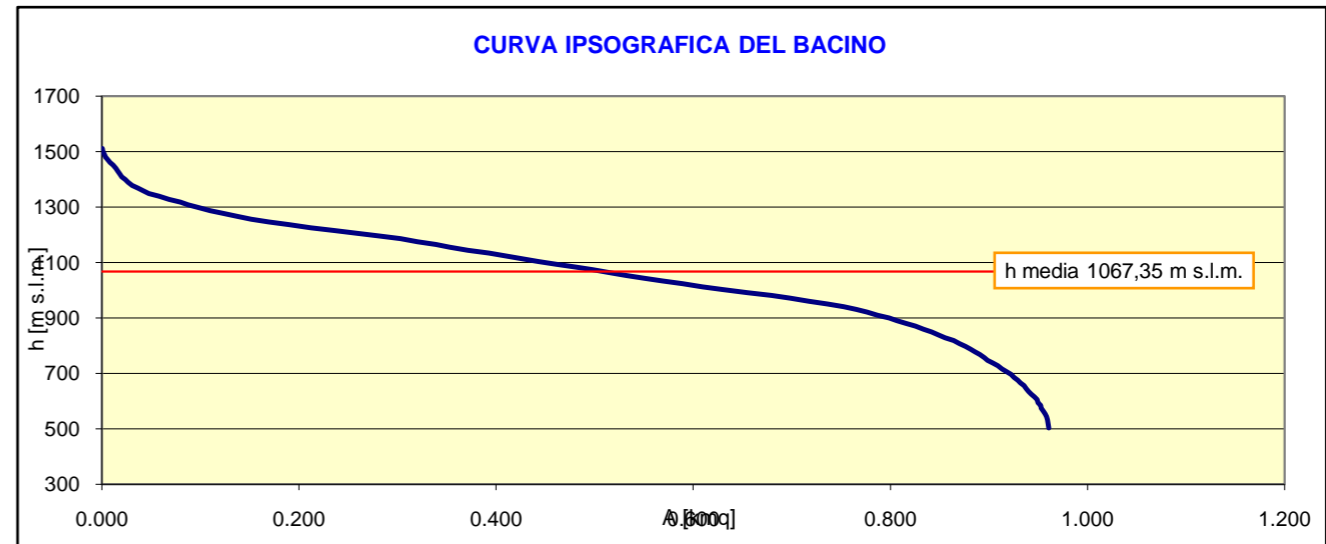
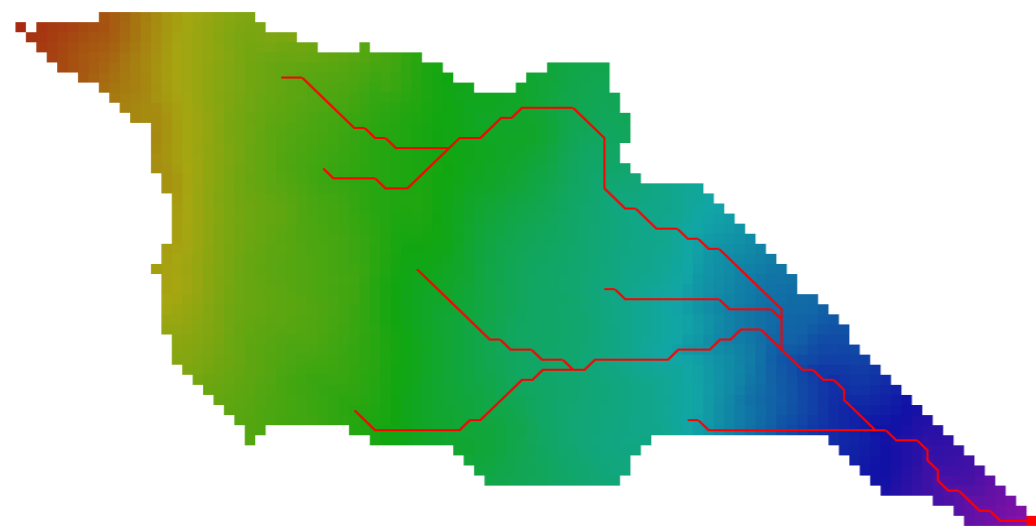
#### DATI IDROMORFOLOGICI DEL BACINO

Area planimetrica	[km <sup>2</sup> ]	<b>0.96</b>
Area effettiva	[km <sup>2</sup> ]	<b>2.11</b>
Perimetro	[km]	<b>6.56</b>
Altezza media	[m s.l.m.]	<b>1067.35</b>
Altezza massima	[m s.l.m.]	<b>1511.90</b>
Altezza minima	[m s.l.m.]	<b>502.60</b>
Pendenza media nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>0.47</b>
Pendenza massima nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>1.33</b>
Pendenza minima nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>0.03</b>
Pendenza media del bacino	[m/m]	<b>0.47</b>

#### DATI IDROMORFOLOGICI DEL RETICOLO

Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	<b>0.36</b>
Lunghezza dell'asta principale	[km]	<b>2.01</b>
Lunghezza totale della rete idrografica	[km]	<b>4.35</b>
Lunghezza media di deflusso	[km]	<b>0.11</b>
Densità di drenaggio	[km/km <sup>2</sup> ]	<b>4.53</b>

*Mappa rappresentativa del bacino*



***STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO***

---

**DATI MORFOMETRICI**  
**BACINO M1 – MARENA**



## BACINO San Siro M1 - Marena

### ELEMENTI PRINCIPALI DEL BACINO E DEL RETICOLO IDROGRAFICO

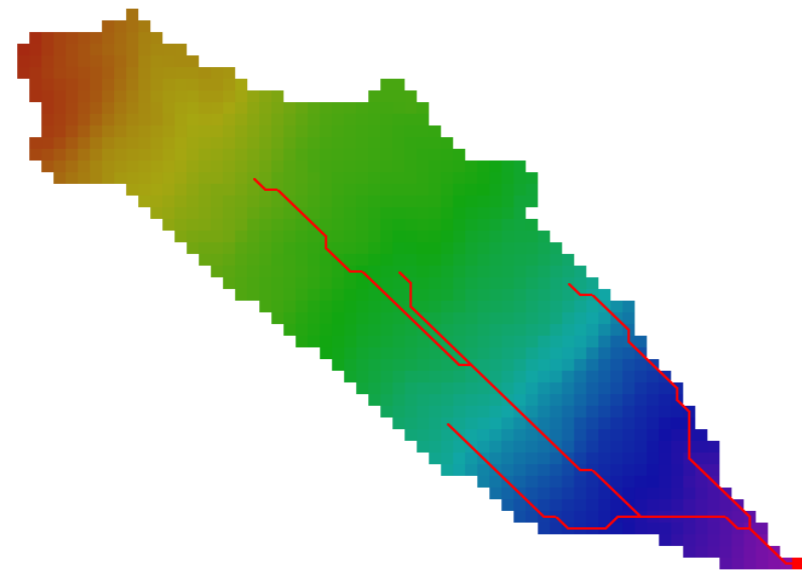
#### DATI IDROMORFOLOGICI DEL BACINO

Area planimetrica	[km <sup>2</sup> ]	<b>0.48</b>
Area effettiva	[km <sup>2</sup> ]	<b>1.30</b>
Perimetro	[km]	<b>4.68</b>
Altezza media	[m s.l.m.]	<b>723.74</b>
Altezza massima	[m s.l.m.]	<b>1024.70</b>
Altezza minima	[m s.l.m.]	<b>345.40</b>
Pendenza media nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>0.45</b>
Pendenza massima nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>1.38</b>
Pendenza minima nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>0.03</b>
Pendenza media del bacino	[m/m]	<b>0.46</b>

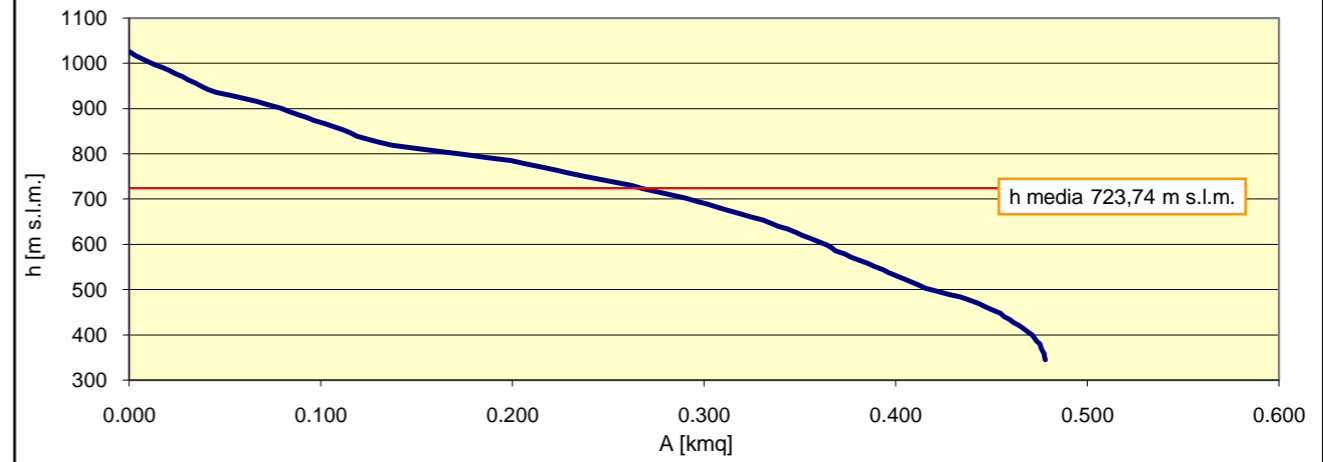
#### DATI IDROMORFOLOGICI DEL RETICOLO

Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	<b>0.43</b>
Lunghezza dell'asta principale	[km]	<b>1.18</b>
Lunghezza totale della rete idrografica	[km]	<b>2.35</b>
Lunghezza media di deflusso	[km]	<b>0.10</b>
Densità di drenaggio	[km/km <sup>2</sup> ]	<b>4.92</b>

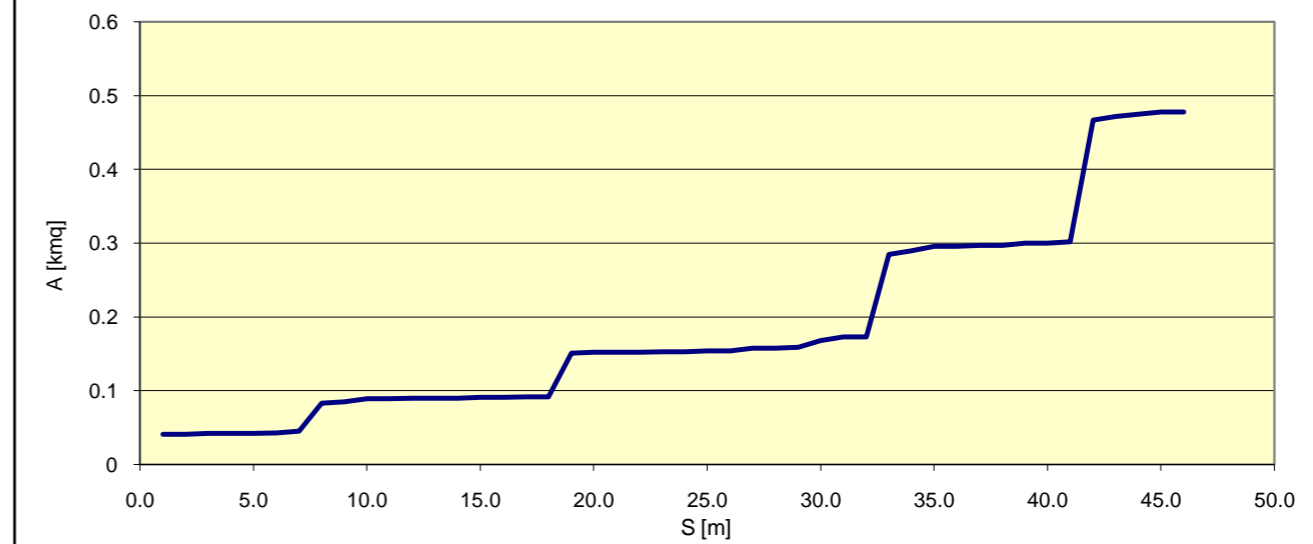
*Mappa rappresentativa del bacino*



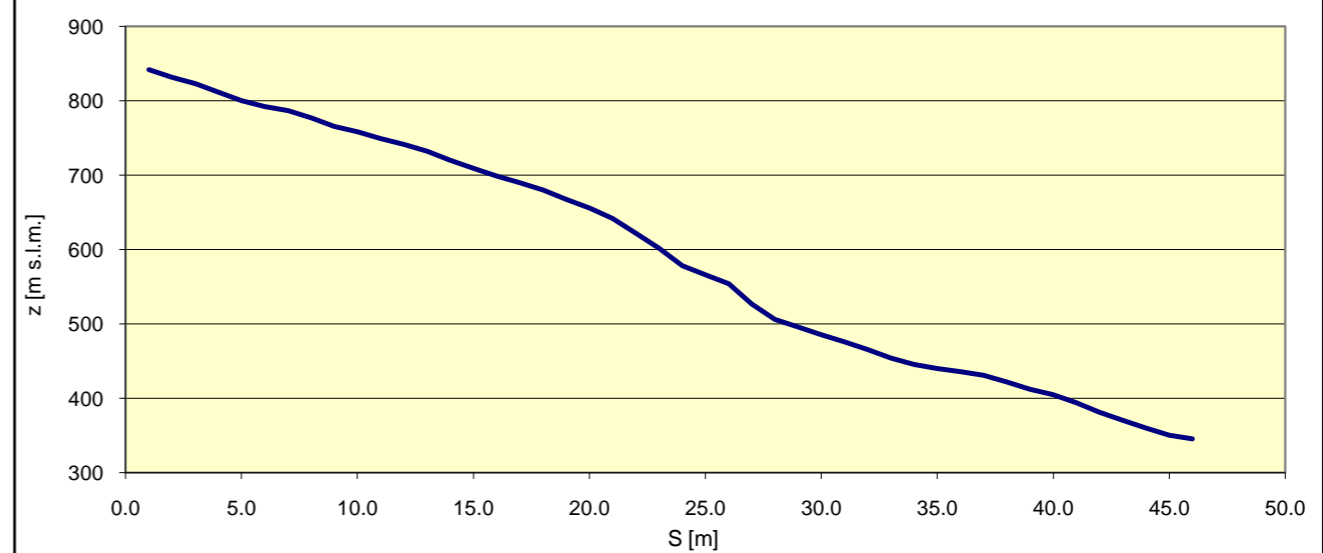
**CURVA IPSOGRAFICA DEL BACINO**



**CURVA AREA DRENATA IN FUNZIONE DELLA PROGRESSIVA**



**PROFILO LONGITUDINALE**



**DATI MORFOMETRICI**

**BACINO G – PEZZO**



## BACINO San Siro G - Pezzo

### ELEMENTI PRINCIPALI DEL BACINO E DEL RETICOLO IDROGRAFICO

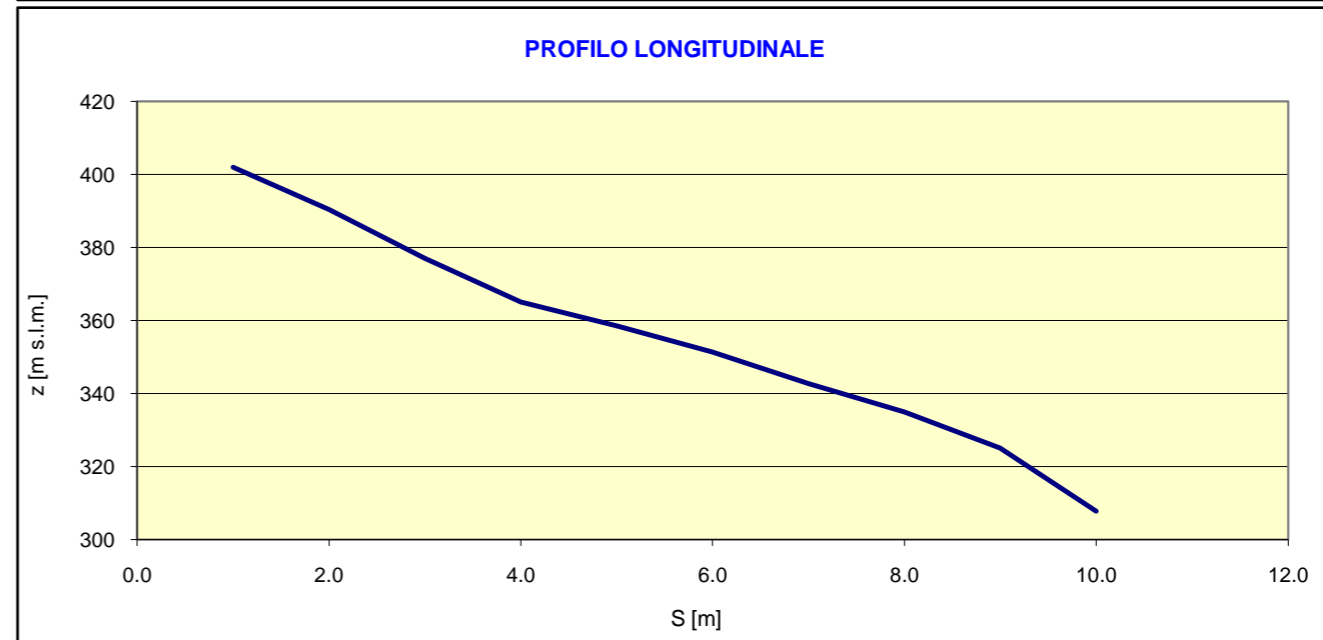
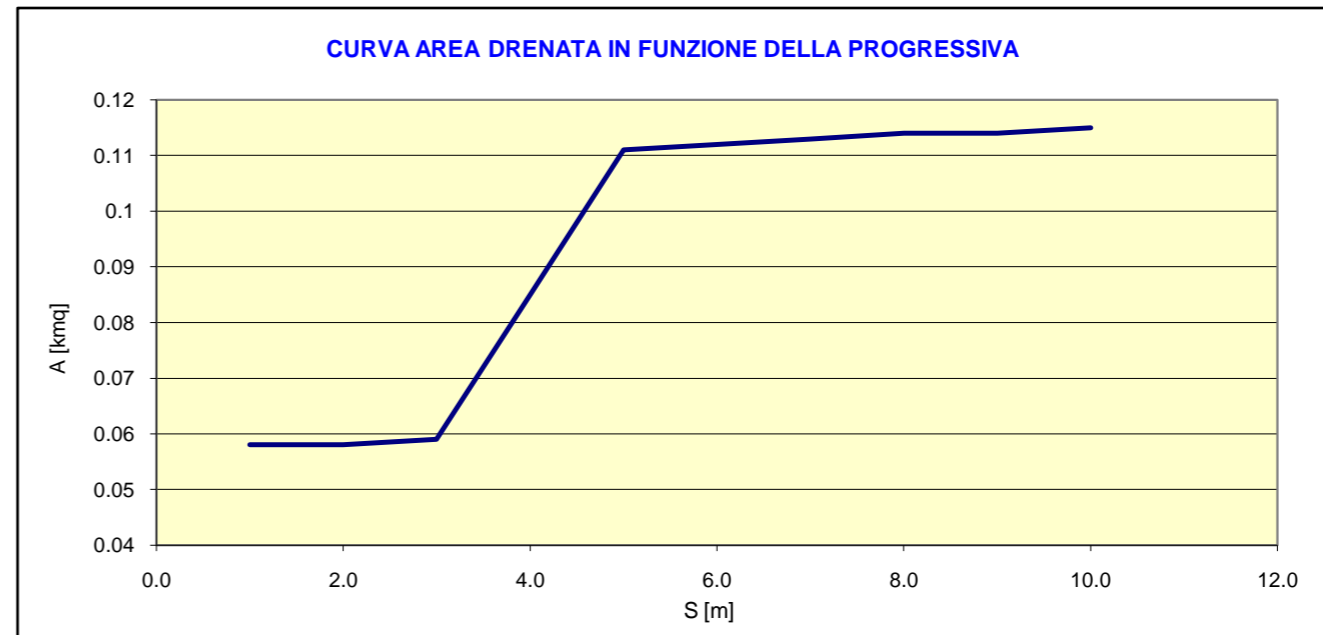
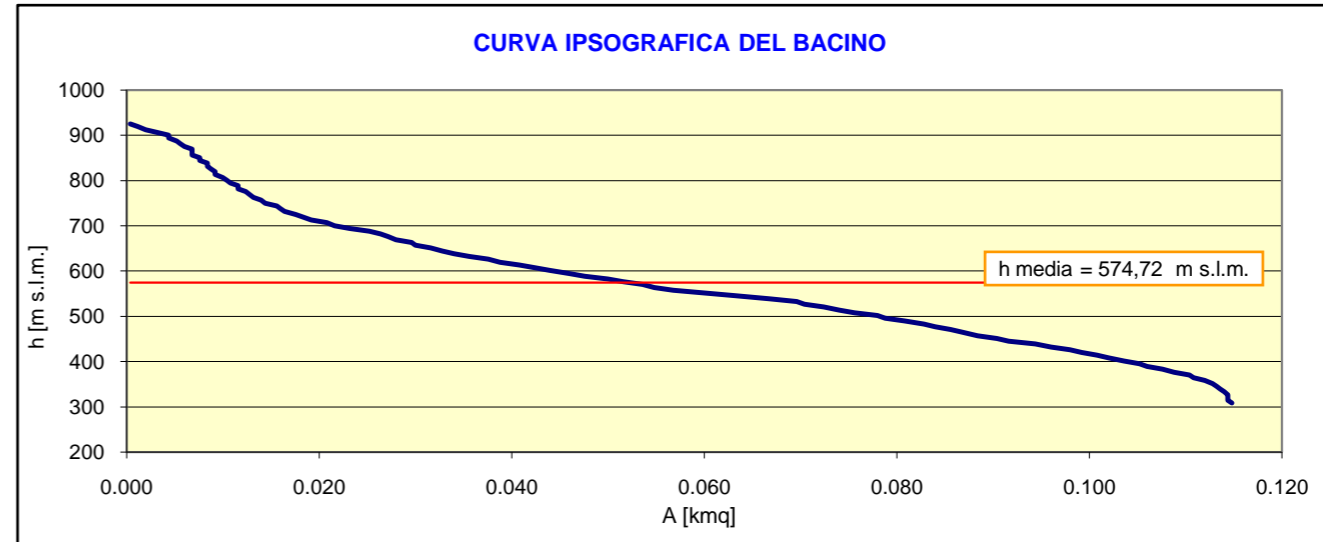
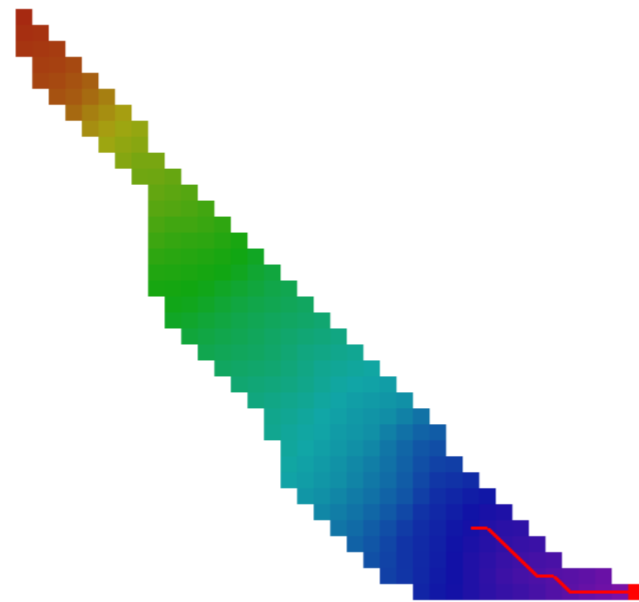
#### DATI IDROMORFOLOGICI DEL BACINO

<b>Area planimetrica</b>	[km <sup>2</sup> ]	<b>0.11</b>
<b>Area effettiva</b>	[km <sup>2</sup> ]	<b>0.58</b>
<b>Perimetro</b>	[km]	<b>3.00</b>
<b>Altezza media</b>	[m s.l.m.]	<b>574.72</b>
<b>Altezza massima</b>	[m s.l.m.]	<b>924.80</b>
<b>Altezza minima</b>	[m s.l.m.]	<b>307.80</b>
<b>Pendenza media nella direzione del drenaggio</b>	[m/m]	<b>0.58</b>
<b>Pendenza massima nella direzione del drenaggio</b>	[m/m]	<b>1.18</b>
<b>Pendenza minima nella direzione del drenaggio</b>	[m/m]	<b>0.25</b>
<b>Pendenza media del bacino</b>	[m/m]	<b>0.59</b>

#### DATI IDROMORFOLOGICI DEL RETICOLO

<b>Pendenza media dell'asta principale</b>	[m/m]	<b>0.45</b>
<b>Lunghezza dell'asta principale</b>	[km]	<b>0.23</b>
<b>Lunghezza totale della rete idrografica</b>	[km]	<b>0.23</b>
<b>Lunghezza media di deflusso</b>	[km]	<b>0.25</b>
<b>Densità di drenaggio</b>	[km/km <sup>2</sup> ]	<b>2.03</b>

*Mappa rappresentativa del bacino*



***STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO***

---

**DATI MORFOMETRICI**  
**BACINO H – SEMNACO**



## BACINO San Siro H - Semnago

### ELEMENTI PRINCIPALI DEL BACINO E DEL RETICOLO IDROGRAFICO

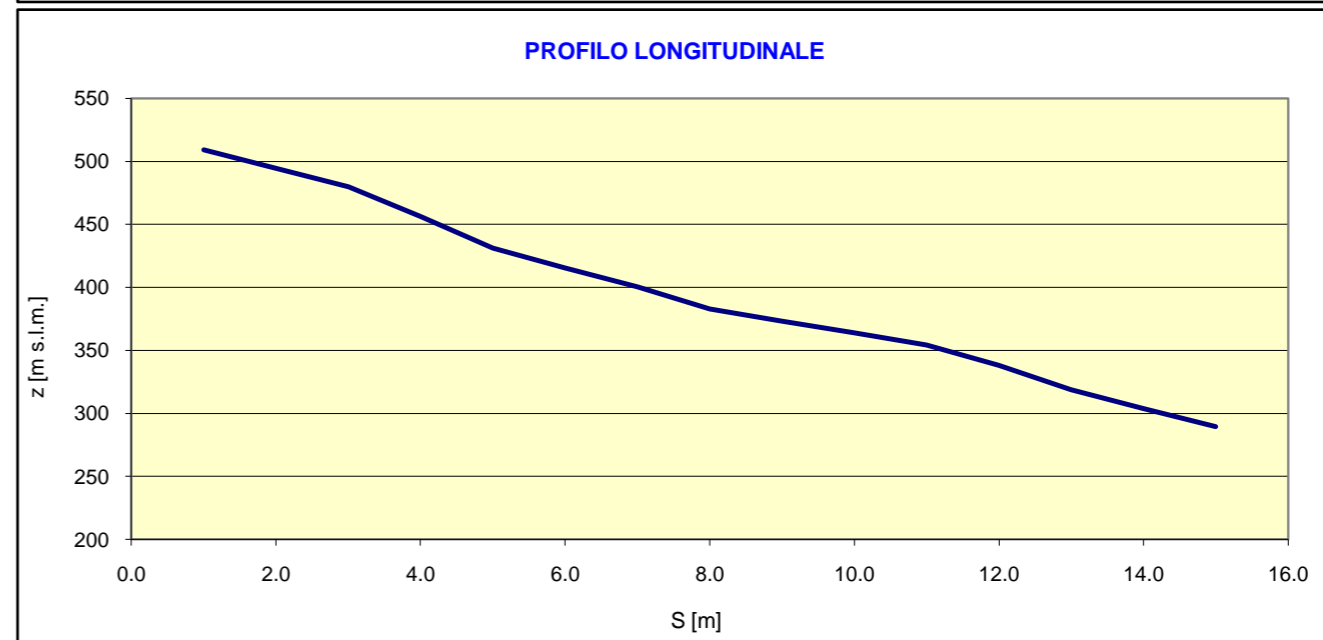
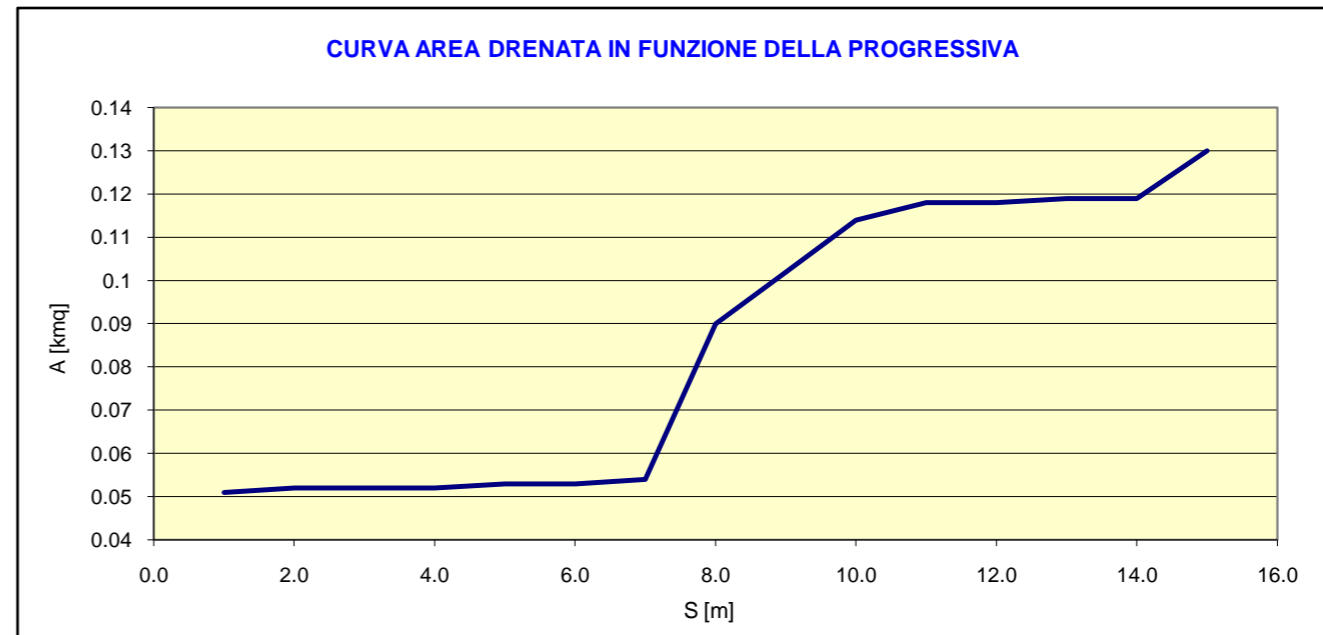
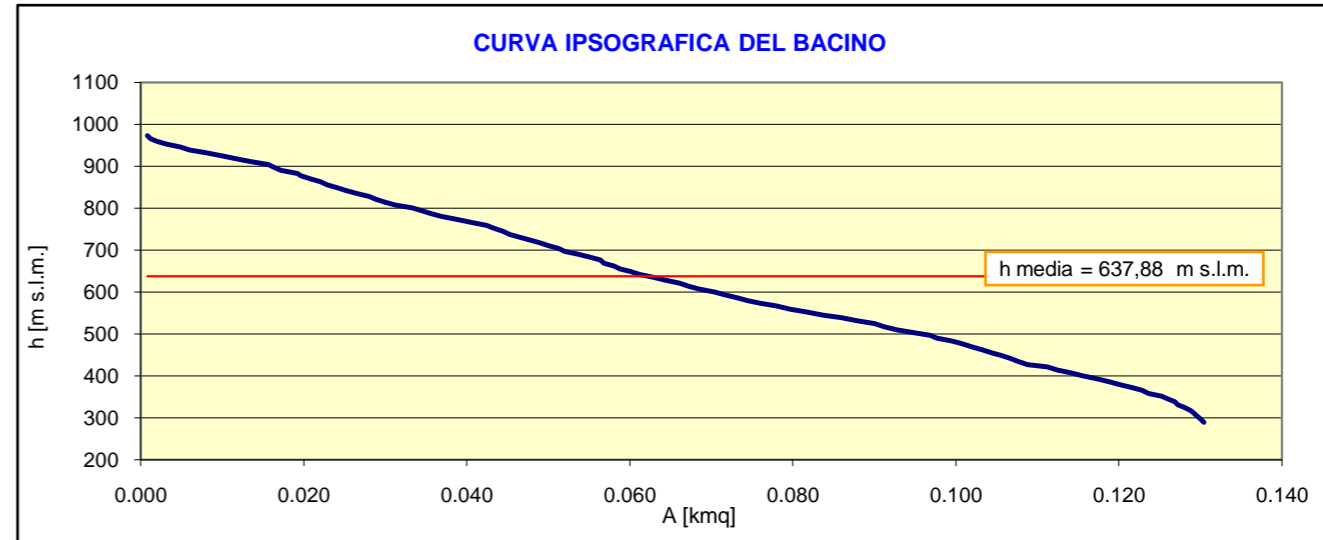
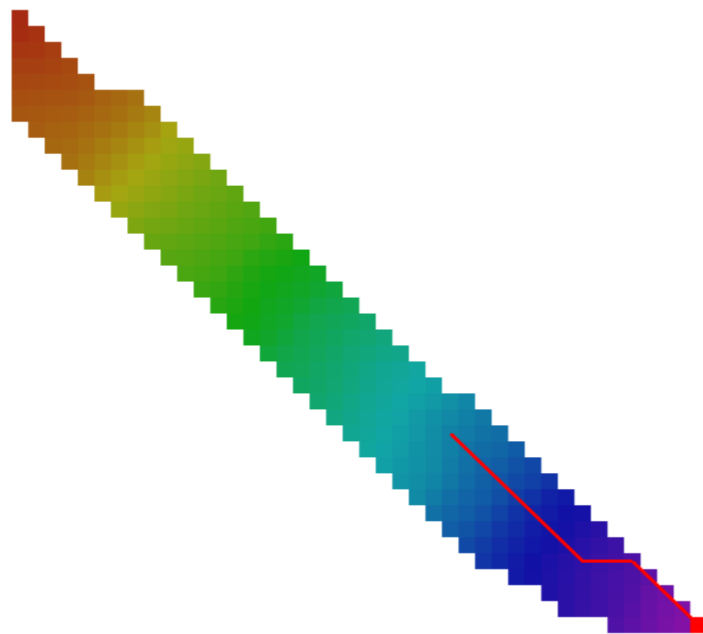
#### DATI IDROMORFOLOGICI DEL BACINO

<b>Area planimetrica</b>	[km <sup>2</sup> ]	<b>0.13</b>
<b>Area effettiva</b>	[km <sup>2</sup> ]	<b>0.68</b>
<b>Perimetro</b>	[km]	<b>3.24</b>
<b>Altezza media</b>	[m s.l.m.]	<b>637.88</b>
<b>Altezza massima</b>	[m s.l.m.]	<b>973.30</b>
<b>Altezza minima</b>	[m s.l.m.]	<b>289.30</b>
<b>Pendenza media nella direzione del drenaggio</b>	[m/m]	<b>0.62</b>
<b>Pendenza massima nella direzione del drenaggio</b>	[m/m]	<b>1.05</b>
<b>Pendenza minima nella direzione del drenaggio</b>	[m/m]	<b>0.24</b>
<b>Pendenza media del bacino</b>	[m/m]	<b>0.63</b>

#### DATI IDROMORFOLOGICI DEL RETICOLO

<b>Pendenza media dell'asta principale</b>	[m/m]	<b>0.59</b>
<b>Lunghezza dell'asta principale</b>	[km]	<b>0.40</b>
<b>Lunghezza totale della rete idrografica</b>	[km]	<b>0.40</b>
<b>Lunghezza media di deflusso</b>	[km]	<b>0.16</b>
<b>Densità di drenaggio</b>	[km/km <sup>2</sup> ]	<b>3.06</b>

*Mappa rappresentativa del bacino*



***STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO***

---

**DATI MORFOMETRICI**  
**BACINO N11 – SORIANO**





## BACINO San Siro N11 - Soriano

### ELEMENTI PRINCIPALI DEL BACINO E DEL RETICOLO IDROGRAFICO

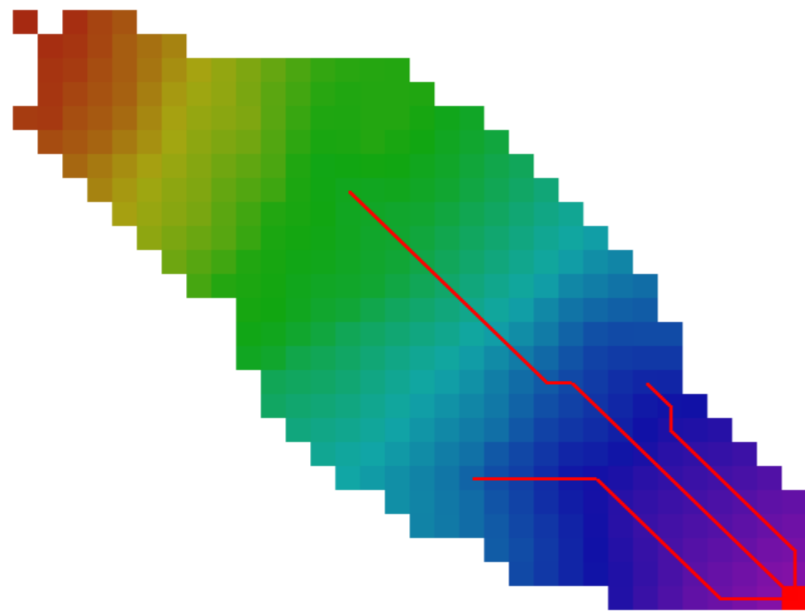
#### DATI IDROMORFOLOGICI DEL BACINO

Area planimetrica	[km <sup>2</sup> ]	<b>0.16</b>
Area effettiva	[km <sup>2</sup> ]	<b>0.34</b>
Perimetro	[km]	<b>0.08</b>
Altezza media	[m s.l.m.]	<b>512.65</b>
Altezza massima	[m s.l.m.]	<b>729.30</b>
Altezza minima	[m s.l.m.]	<b>322.60</b>
Pendenza media nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>0.54</b>
Pendenza massima nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>1.25</b>
Pendenza minima nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>0.06</b>
Pendenza media del bacino	[m/m]	<b>0.55</b>

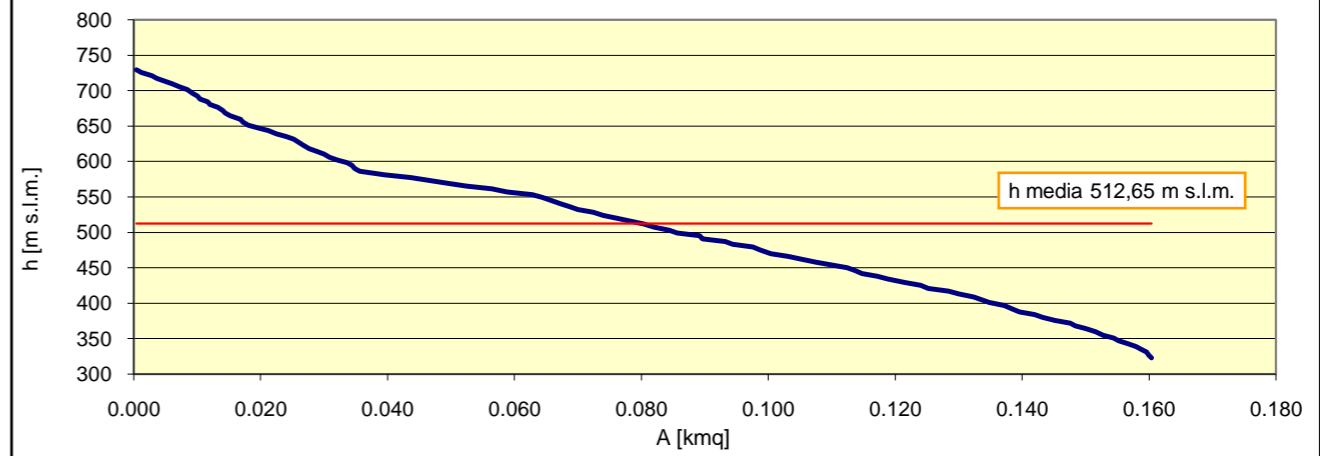
#### DATI IDROMORFOLOGICI DEL RETICOLO

Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	<b>0.48</b>
Lunghezza dell'asta principale	[km]	<b>0.50</b>
Lunghezza totale della rete idrografica	[km]	<b>1.03</b>
Lunghezza media di deflusso	[km]	<b>0.08</b>
Densità di drenaggio	[km/km <sup>2</sup> ]	<b>6.43</b>

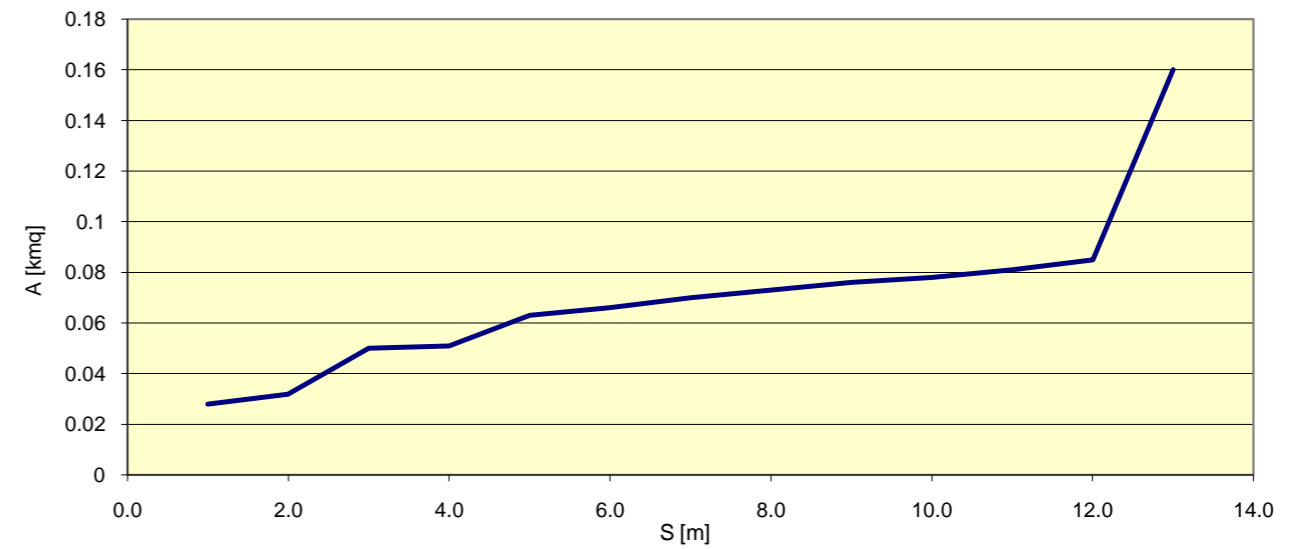
*Mappa rappresentativa del bacino*



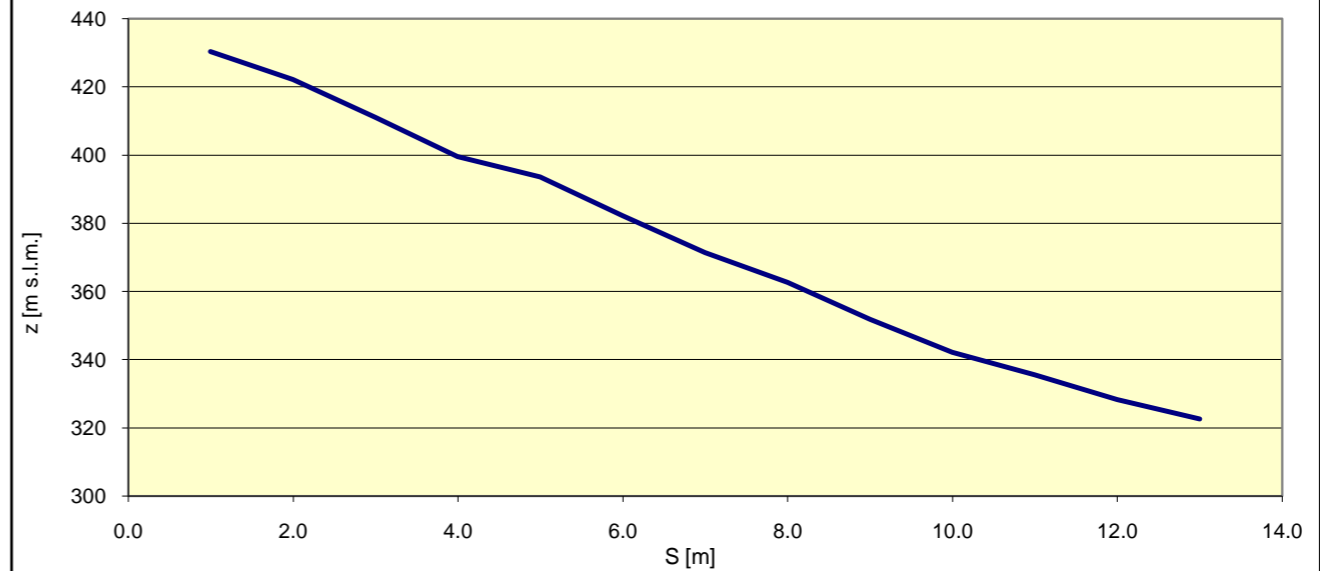
**CURVA IPSOGRAFICA DEL BACINO**



**CURVA AREA DRENATA IN FUNZIONE DELLA PROGRESSIVA**



**PROFILO LONGITUDINALE**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

**DATI MORFOMETRICI**  
**BACINO N3 – SORIANO**



## BACINO San Siro N3 - Soriano

### ELEMENTI PRINCIPALI DEL BACINO E DEL RETICOLO IDROGRAFICO

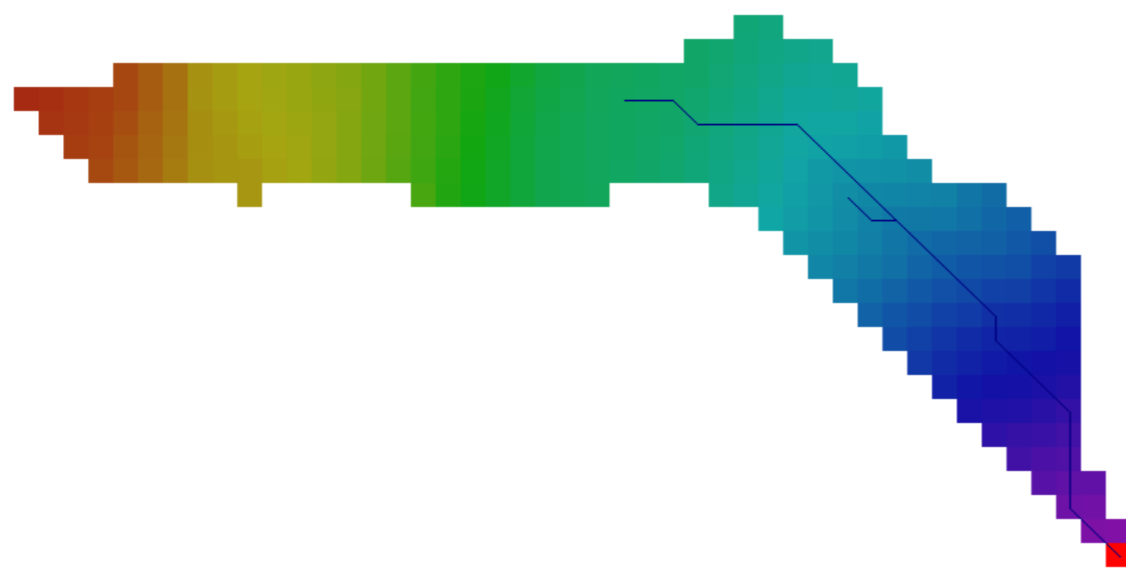
#### DATI IDROMORFOLOGICI DEL BACINO

Area planimetrica	[km <sup>2</sup> ]	<b>0.12</b>
Area effettiva	[km <sup>2</sup> ]	<b>0.43</b>
Perimetro	[km]	<b>2.80</b>
Altezza media	[m s.l.m.]	<b>574.76</b>
Altezza massima	[m s.l.m.]	<b>796.80</b>
Altezza minima	[m s.l.m.]	<b>360.00</b>
Pendenza media nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>0.42</b>
Pendenza massima nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>1.23</b>
Pendenza minima nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>0.12</b>
Pendenza media del bacino	[m/m]	<b>0.42</b>

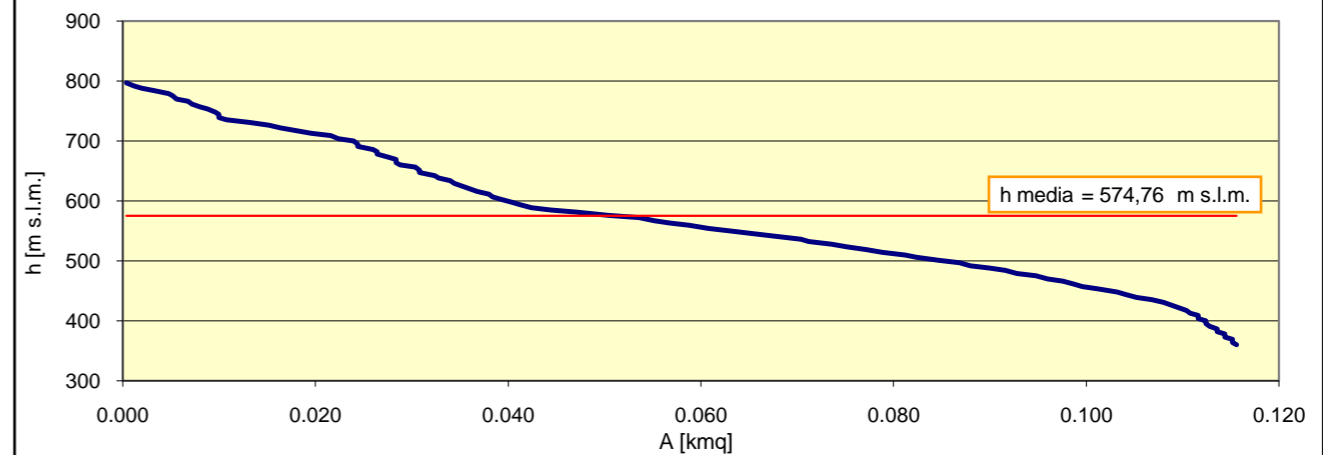
#### DATI IDROMORFOLOGICI DEL RETICOLO

Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	<b>0.35</b>
Lunghezza dell'asta principale	[km]	<b>0.62</b>
Lunghezza totale della rete idrografica	[km]	<b>0.66</b>
Lunghezza media di deflusso	[km]	<b>0.09</b>
Densità di drenaggio	[km/km <sup>2</sup> ]	<b>5.75</b>

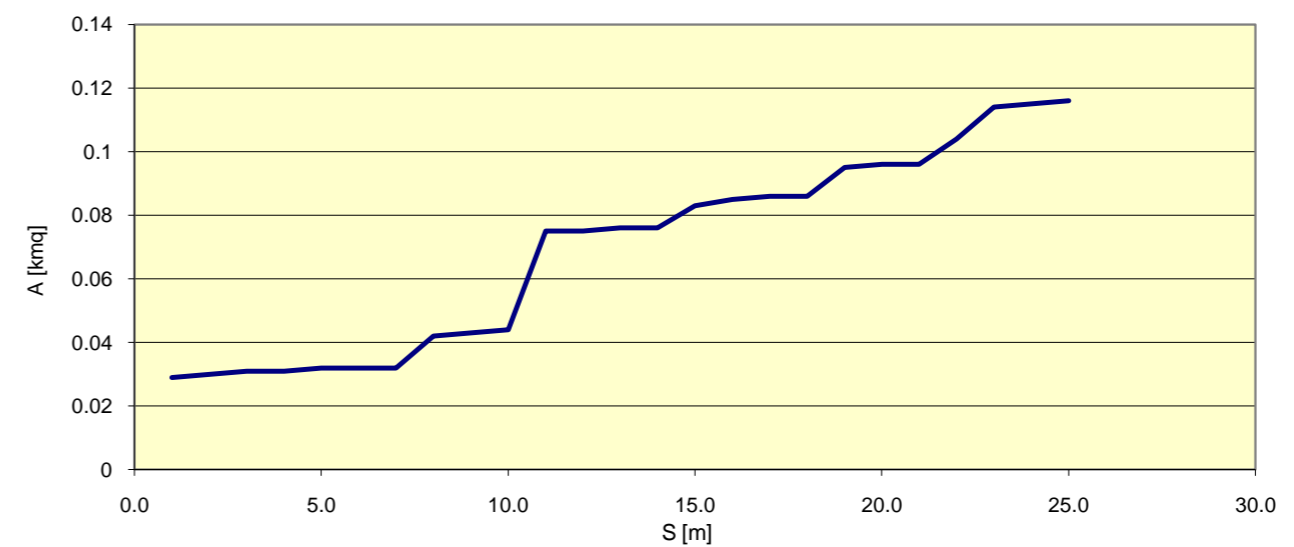
*Mappa rappresentativa del bacino*



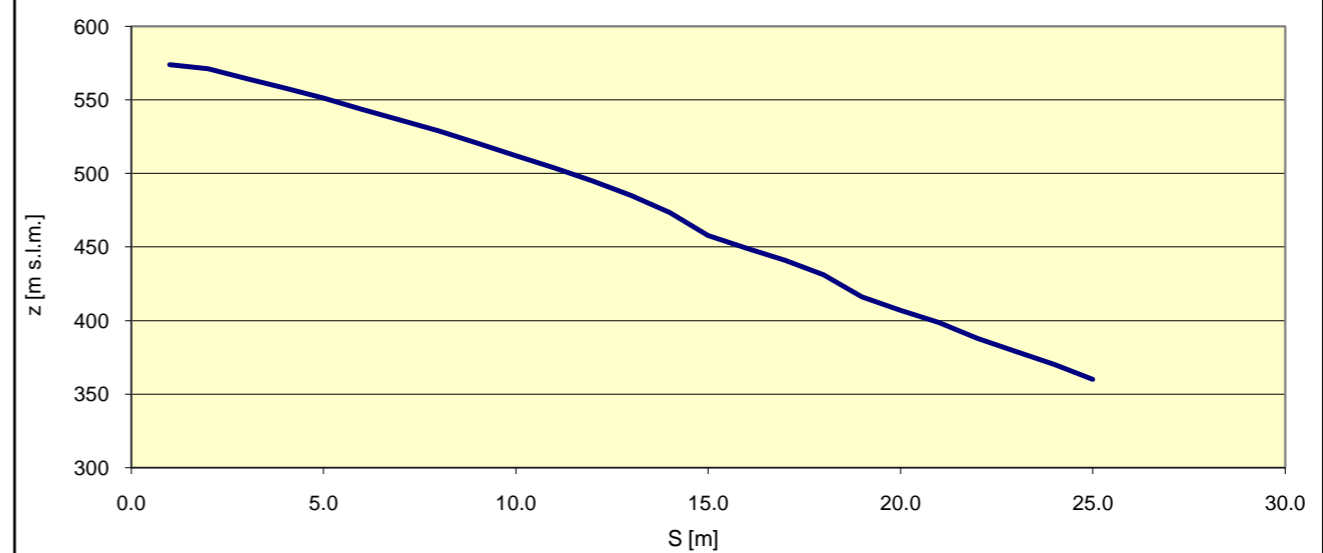
**CURVA IPSOGRAFICA DEL BACINO**



**CURVA AREA DRENATA IN FUNZIONE DELLA PROGRESSIVA**



**PROFILO LONGITUDINALE**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

**DATI MORFOMETRICI**  
**BACINO N2 - RONCATE**



## BACINO San Siro N2 - Roncate

### ELEMENTI PRINCIPALI DEL BACINO E DEL RETICOLO IDROGRAFICO

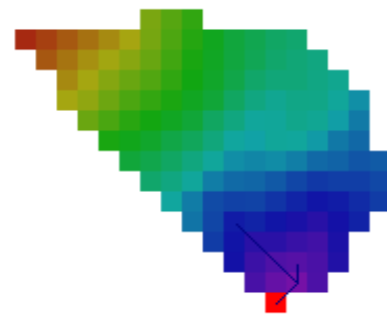
#### DATI IDROMORFOLOGICI DEL BACINO

Area planimetrica	[km <sup>2</sup> ]	<b>0.06</b>
Area effettiva	[km <sup>2</sup> ]	<b>0.11</b>
Perimetro	[km]	<b>1.32</b>
Altezza media	[m s.l.m.]	<b>405.57</b>
Altezza massima	[m s.l.m.]	<b>482.90</b>
Altezza minima	[m s.l.m.]	<b>343.00</b>
Pendenza media nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>0.35</b>
Pendenza massima nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>0.72</b>
Pendenza minima nella direzione del drenaggio	[m/m]	<b>0.08</b>
Pendenza media del bacino	[m/m]	<b>0.35</b>

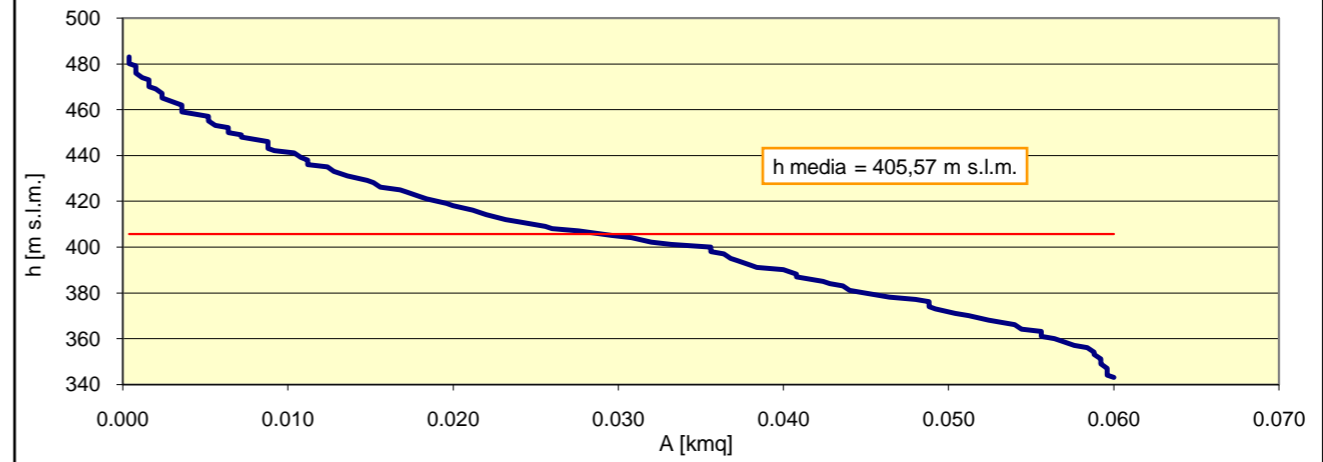
#### DATI IDROMORFOLOGICI DEL RETICOLO

Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	<b>0.24</b>
Lunghezza dell'asta principale	[km]	<b>0.11</b>
Lunghezza totale della rete idrografica	[km]	<b>0.13</b>
Lunghezza media di deflusso	[km]	<b>0.23</b>
Densità di drenaggio	[km/km <sup>2</sup> ]	<b>2.22</b>

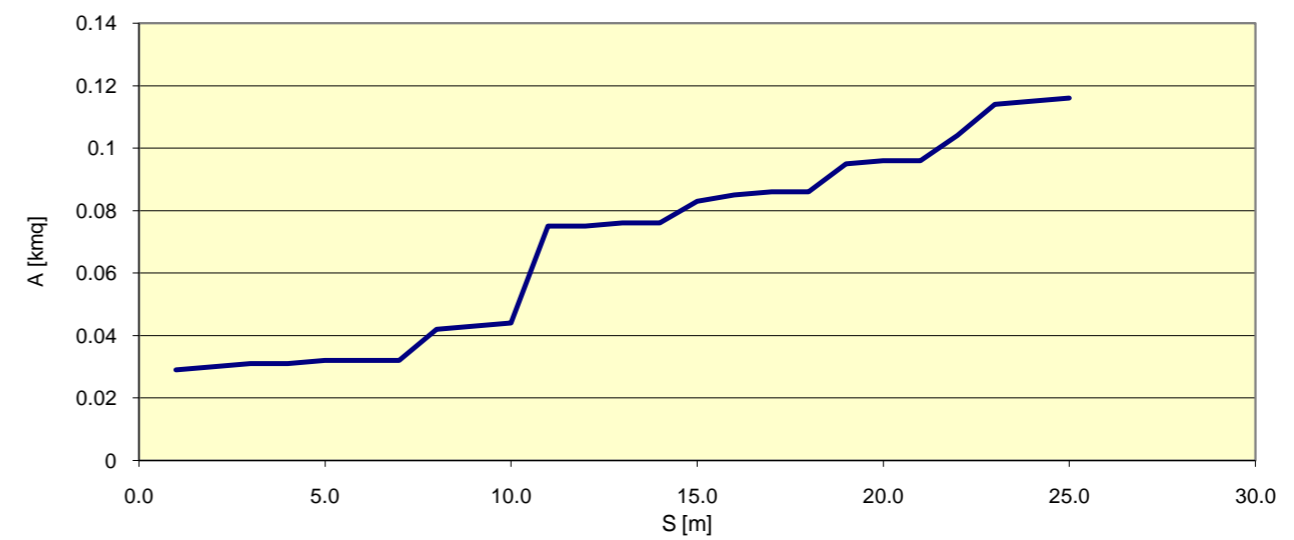
*Mappa rappresentativa del bacino*



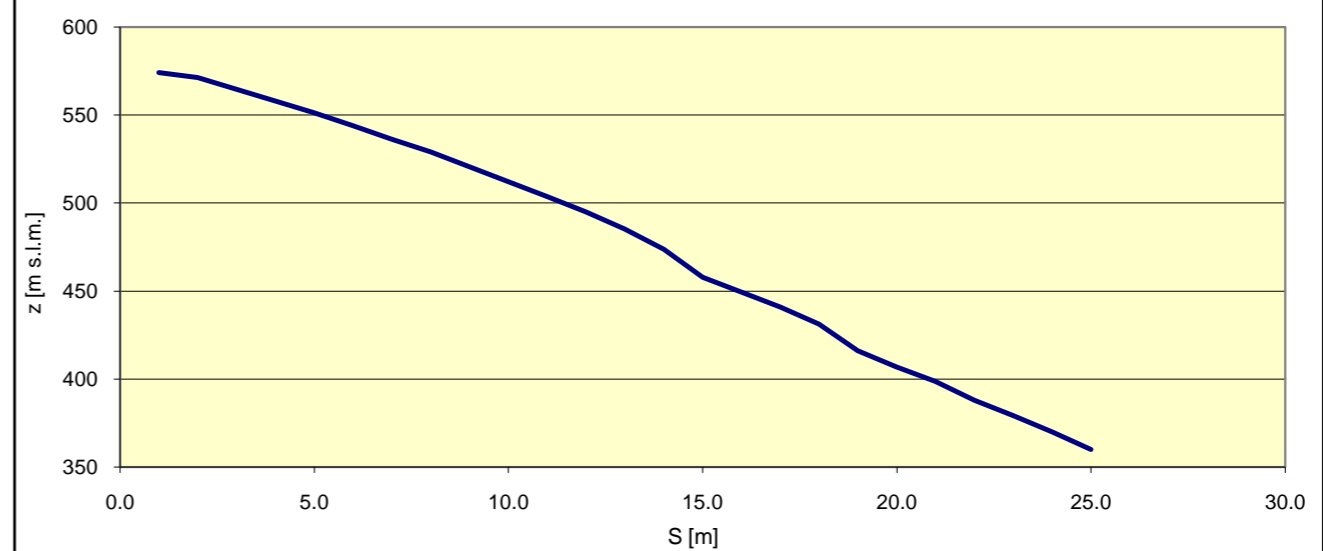
**CURVA IPSOGRAFICA DEL BACINO**



**CURVA AREA DRENATA IN FUNZIONE DELLA PROGRESSIVA**



**PROFILO LONGITUDINALE**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

## **4.2 PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITA' E CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA**

### **4.2.1 Premessa**

E' importante definire il regime delle piogge di breve durata e forte intensità, da cui le correnti idriche prendono origine.

Le stime effettuate su tali precipitazioni devono ritenersi meno precise di quelle relative alle precipitazioni annuali e mensili, anche in ragione del fatto che esse non si limitano a considerare i soli valori medi, ma quelli corrispondenti a valori diversi della frequenza più probabile.

I risultati ottenuti, sia pure con i limiti derivanti dalle evidenziate carenze dell'informazione disponibile, hanno consentito di dare un inquadramento generale efficace circa la distribuzione spaziale di tali precipitazioni e quindi di poterne valutare nei vari bacini idrologici considerati i valori corrispondenti a pre-assegnate frequenze probabili.

Sono state utilizzate le elaborazioni dell'Autorità di Bacino del Fiume Po specificate nella "direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" (Legge 18 maggio 1989, n.183 art. 7 comma 6 ter).



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

**4.2.2 Elaborazioni PAI**

Le curve di possibilità pluviometrica per il bacino in esame sono dedotte dal Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) che suddivide il bacino in celle di ciascuna delle quali fornisce i parametri. La curva è data nella forma:

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

dove:

h è l'altezza di pioggia attesa, in [mm];

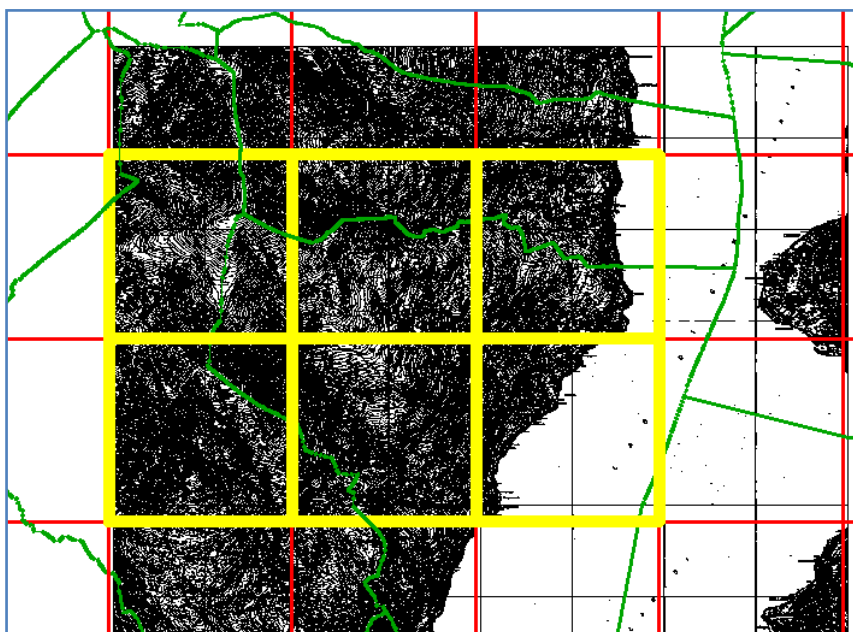
$\theta$  è la durata di pioggia, in [h];

a, n sono parametri che dipendono dal tempo di ritorno dell'evento T, dati per ciascuna cella e riportati nella seguente tabella.

Il totale è di 6 celle; poiché ciascuna cella è quadrata di lato 2 km, la superficie coperta è di 24 km<sup>2</sup>, superiore a quella del bacino complessivo. In altri termini, il bacino complessivo rimane, come è corretto che sia, all'interno dell'area discretizzata dalle celle selezionate.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**



*Figura 1 - Individuazione delle celle PAI inerenti il bacino*

Si costruiscono le curve di possibilità pluviometrica semplicemente effettuando una media sui valori, quindi utilizzando i valori presentati nella tabella seguente.

I dati trovati sono comparabili con quelli della stazione di Dongo, che si trova pochi chilometri a nord di Menaggio.

Cod	Denominazione	a20	n20	a100	n100	a200	n200	a500	n500
949	Dongo	50.98	0.353	65.29	0.349	71.41	0.347	79.47	0.346





## ELABORAZIONI CURVE POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA (CPP) DAI DATI PUNTUALI E DI REGIONALIZZAZIONE DEL P.A.I.

- ***Dati utilizzati per il calcolo***
  
- ***Grafico delle curve di possibilità pluviometrica derivate dalle elaborazioni per le stazioni considerate (PUNTUALE)***
  
- ***Grafico delle curve di possibilità pluviometrica derivate dalle elaborazioni dei dati del P.A.I (REGIONALIZZAZIONE).***



**DISTRIBUZIONE SPAZIALE DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE**  
**Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica**  
**per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni**

**BACINO IDROGRAFICO:** *Bacino San Siro*

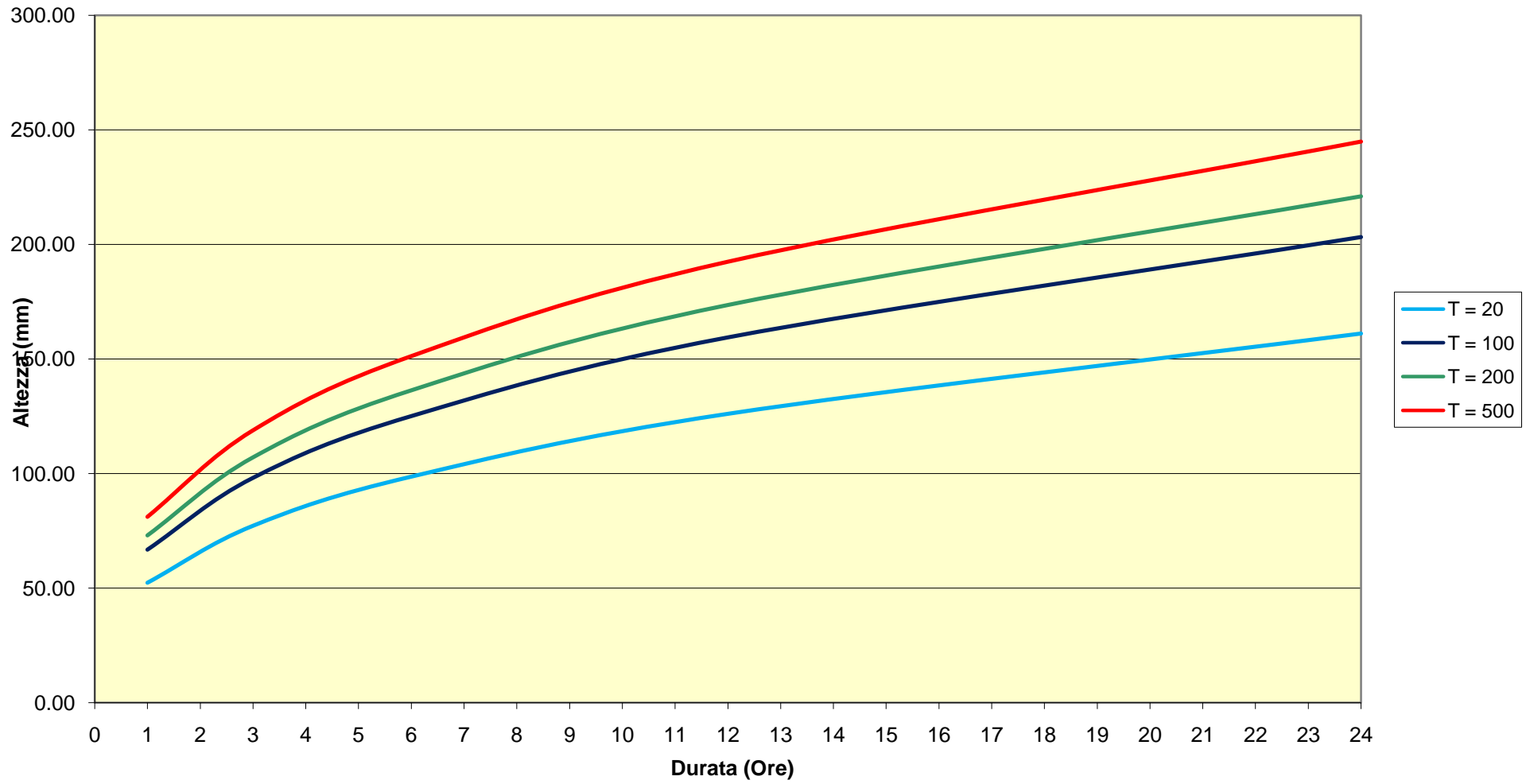
	Coord.		T = 20		T = 100		T = 200		T = 500	
	Est	Nord	a	n	a	n	a	n	a	n
DE49	517000	5103000	51.763	0.358	66.019	0.355	72.103	0.353	80.126	0.352
DE50	517000	5101000	52.457	0.356	66.857	0.353	73.000	0.352	81.103	0.351
DF49	519000	5103000	52.105	0.355	66.574	0.351	72.750	0.350	80.895	0.349
DF50	519000	5101000	52.606	0.353	67.174	0.349	73.390	0.348	81.588	0.347
DG49	521000	5103000	52.131	0.351	66.705	0.347	72.933	0.345	81.139	0.344
DG50	521000	5101000	52.681	0.350	67.396	0.345	73.677	0.344	81.966	0.342
	<b>MEDIE</b>		52.290	0.354	66.788	0.350	72.975	0.349	81.136	0.347

**LINEE SEGNALTRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA PUNTUALI**  
**Serie storiche delle precipitazioni intense utilizzate**  
**per tempi di ritorno di 100, 200 e 500 anni**

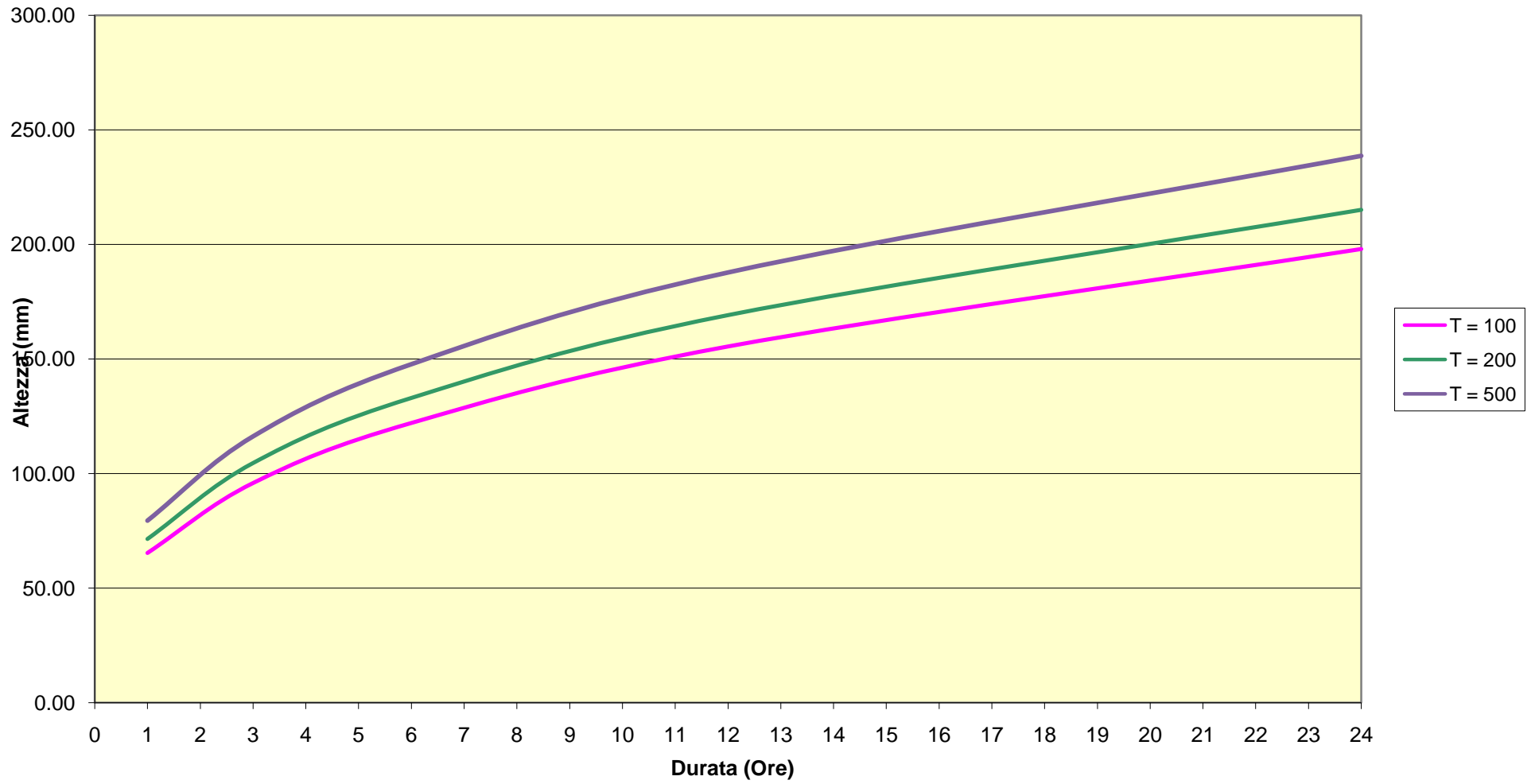
**BACINO IDROGRAFICO:** *Bacino San Siro*

Area influenza	Stazioni considerate	T = 100		T = 200		T = 500	
		a	n	a	n	a	n
100	Dongo	65.29	0.35	71.41	0.35	79.47	0.35
	<b>Medie pesate</b>	65.29	0.35	71.41	0.35	79.47	0.35

**Curve Possibilità Pluviometrica**  
**METODO DI REGIONALIZZAZIONE**



**Curve Possibilità Pluviometrica**  
**METODO PUNTUALE**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

**4.2.3 Confronto tra curve di possibilità pluviometrica**

Come si può osservare dai dati prima esposti, le curve per le durate superiori all'ora ricavate dalle stazioni meteorologiche e dai metodi di regionalizzazione sono simili tra di loro.

I valori di altezza di precipitazione ricavati con il PAI sono leggermente più alti rispetto a quelli ricavati considerando la stazione di Dongo.

In ogni modo, per la verifica delle interferenze idrauliche del bacino, nel seguito si farà riferimento alle curve dedotte dalla stazione di Dongo, poichè desunte da una stazione pluviometrica adiacente ai bacini in esame e quindi meno affetta da errori di approssimazione.

Il tempo di ritorno scelto è quello di 100 anni, tipicamente utilizzato per questi tipi di verifiche.

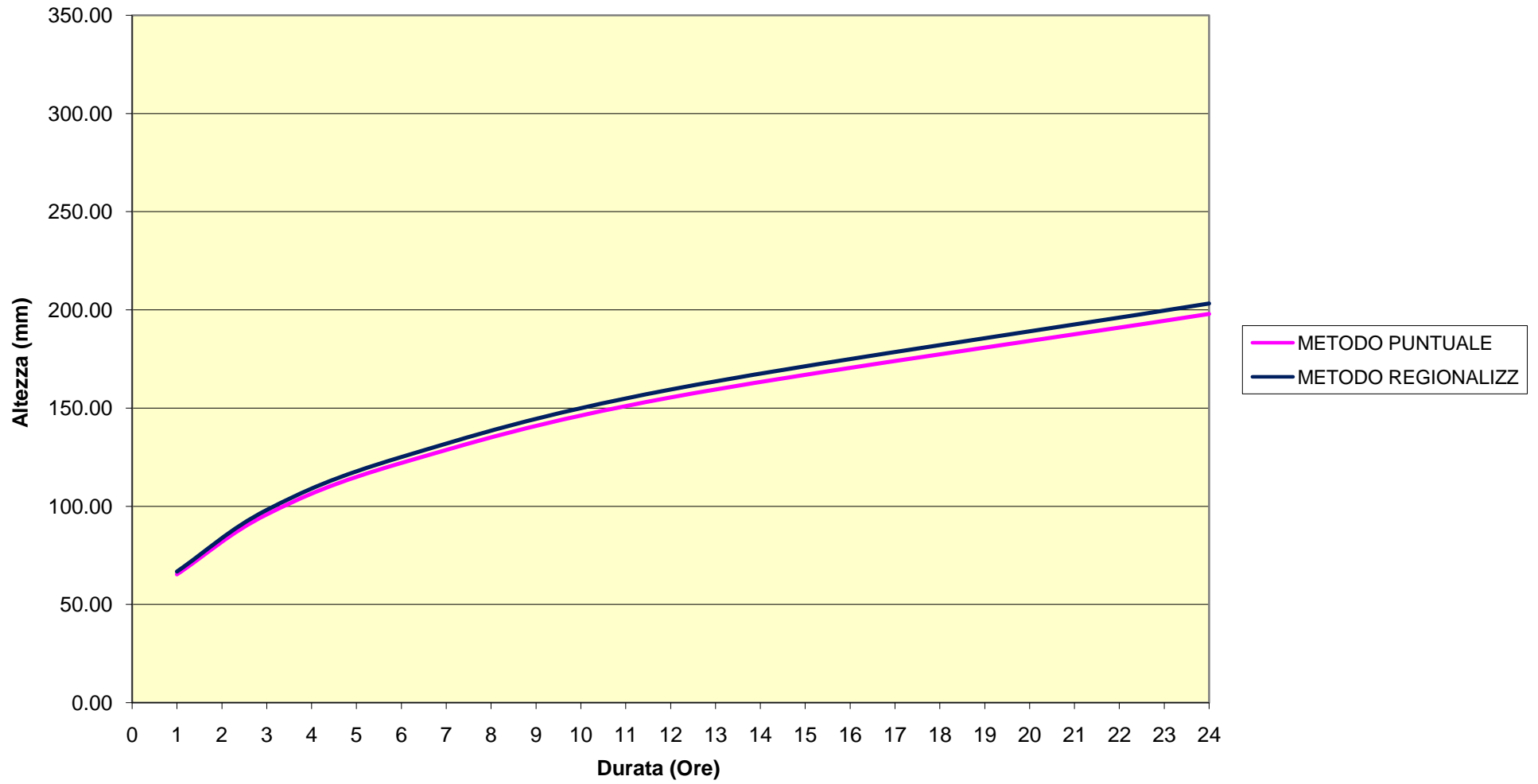
Di seguito si riporta il grafico di confronto.



## GRAFICO DI CONFRONTO TRA LE CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA



**Curve Possibilità Pluviometrica**  
**CONFRONTO TRA I DUE METODI - T = 100 anni**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

### **4.3 IETOGRAMMA SINTETICO DI PROGETTO E DEPURAZIONE DELLE PERDITE**

#### **4.3.1 Ietogramma di progetto**

Lo ietogramma è “un istogramma che rappresenta, per intervalli di tempo di assegnata durata  $\Delta t$ , il valore dell'altezza di pioggia (o dell'intensità) verificatesi in ciascuno di tali intervalli” (Maione, 1995).

Lo ietogramma sintetico delle piogge lorde, viene ricavato e dedotto direttamente, in mancanza di dati di pioggia diretti riferiti ad uno specificato evento, dalle curve di possibilità pluviometrica, con analisi statistiche più o meno complesse.

Ad uno ietogramma di progetto è associato un certo tempo di ritorno, o meglio qualche parte dello ietogramma (volume totale, intensità di picco, ecc.) presenta quel tempo di ritorno.

Si è scelto in fase progettuale di utilizzare uno **ietogramma di tipo Chicago** per il calcolo dell'idrogramma di piena.

Questo tipo di ietogramma, ha la proprietà che, se si considera una durata parziale all'interno della durata complessiva della pioggia, l'intensità del massimo scroscio relativo a tale durata è congruente con la curva di possibilità pluviometrica. Ha inoltre la qualità di essere poco sensibile alla variazione della durata di base  $d$ .

Non è così indispensabile trovare la durata critica dell'evento, essendo sufficiente che lo ietogramma abbia una durata maggiore o uguale alla durata critica presumibile per il bacino.





**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

Un parametro di fondamentale importanza per questo tipo di ietogramma è la posizione del picco. Si è scelto di porlo a 3/8 della durata complessiva dell'evento sintetizzato.

Si è scelto di **non ragguagliare** gli ietogrammi vista la limitata estensione dei bacini.

#### **4.3.2 Depurazione delle perdite**

Un passo importante per la determinazione della pioggia di progetto, è quello di depurare lo ietogramma *lordo* dalle cosiddette “perdite”, in modo da riuscire a individuare uno ietogramma *netto* che sia il più possibile congruo con la situazione studiata.

Lo ietogramma lordo prima dedotto è stato depurato delle perdite idrologiche mediante il **metodo CN-SCS**, sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS) del dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti.

Nell'ipotesi che:

- ☞ esista proporzionalità tra il deflusso netto, R, e l'afflusso meteorico lordo, P, depurato dalle perdite iniziali per detenzione superficiale,  $I_a$
  - ☞ sia verificata la continuità della massa,
- si dimostra che il volume specifico di pioggia efficace R, conseguente alla precipitazione di altezza generica P, risulta

$$R = ((P - I_a)^2) / (P - I_a + S) \quad \text{per } P > I_a$$
$$R = 0 \quad \text{per } P < I_a$$



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

Nella quale la rappresenta la perdita iniziale, frutto del complesso di fenomeni di intercettazione ed imbibimento che si attuano nella fase iniziale della precipitazione, ed S rappresenta il massimo volume specifico che può essere invaso dal terreno, in funzione delle sue caratteristiche di permeabilità e dell'uso che di esso viene fatto.

Il valore di S è determinato in base a quello del parametro CN secondo la relazione:

$$S = S_0(100/CN - 1)$$

Con  $S_0 = 254$  nel caso in cui S si esprima in mm. Le altezze di pioggia per un generico  $\Delta t$  restano perciò determinate sottraendo all'altezza di pioggia netta, R, calcolata nell'istante  $(t+\Delta t)$  quella calcolata nell'istante t.

Il valore del CN viene desunto da un'analisi incrociata tra il tipo idrologico di suolo e la tipologia di uso del territorio.

Si è utilizzato un valore di CN per i bacini in esame pari a 70, che viene associato ad un certo tipo di litologia, considerando anche la permeabilità e la copertura.

*permeabilità: media - potenzialità deflusso media*

*copertura suolo: suoli boscati – aree urbanizzate*

Nel nostro caso il valore di  $I_a$ , così come consiglia il Wisner (1983), non è stato considerato uguale al 20% di S, che molte volte porta ad una sottostima dei volumi di piena, ma è stato considerato pari a 2 mm.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

Utilizzando questi valori si perviene ad un risultato comparabile con le esperienze di altri bacini simili.

Per il metodo razionale, che utilizza il metodo percentuale per la depurazione delle perdite, si è scelto di utilizzare un coefficiente di deflusso pari a 0,5.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

#### **4.4 CALCOLO DELLA PORTATA DEI TORRENTI**

Quando l'oggetto di studio è costituito da bacini idrografici privi di misure di portata, o dove queste siano insufficienti per una stima diretta con metodi statistici della distribuzione di probabilità della portata al colmo, quest'ultima deve essere stimata indirettamente a partire dalle informazioni pluviometriche, generalmente di maggiore disponibilità. In seguito si illustrano in sintesi alcune classiche metodologie che consentono di valutare la portata al colmo alla sezione di chiusura del bacino attese note le caratteristiche pluviometriche della zona in esame.

È importante sottolineare che, operando la stima della portata al colmo a partire dalla precipitazione, si ritiene implicitamente valida l'ipotesi che la frequenza di accadimento degli eventi meteorici estremi caratterizza direttamente quella della portata al colmo; questa ipotesi, sebbene discutibile, è applicabile in prima approssimazione a bacini montani di piccole dimensioni simili a quello in esame.

Quindi, per il calcolo della portata di piena del Torrente, in mancanza di misurazioni dirette di portata al colmo, si sono utilizzate varie formule che sono usualmente accettate per il dimensionamento e la verifica delle opere idrauliche.

Tra queste, alcune sono di natura empirica ed hanno un certo interesse per valutazioni speditive di prima approssimazione; altre sono derivate da calcoli indiretti delle portate (*razionale*), altre ancora seguono un approccio più



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

modellistico (*invaso lineare, Nash, corrivazione*).

Per l'utilizzo di queste espressioni occorre conoscere alcuni parametri tipici del bacino interessato, in particolare quelli descritti nel relativo capitolo.

Nel nostro caso si è scelto di utilizzare le seguenti formule:

Empiriche

- ◆ Forti

Modello afflussi-deflussi (stima portata critica)

- ◆ Formula razionale

Modelli lineari afflussi-deflussi (ricostruzione idrogramma)

- ◆ Metodo di Nash
- ◆ Metodo dell'Invaso



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

**4.4.1 Descrizione delle formule utilizzate**

☞ Forti - De Marchi

Formula empirica che associa la portata solo all'area del bacino, non dedotta con considerazioni di carattere statistico.

E' utile per avere dei confronti con le altre formule.

☞ Formula Razionale

E' stata utilizzata, come detto in precedenza, la formula razionale (una delle varie espressioni del modello afflussi – deflussi), che raccoglie diversi parametri e considera uno ietogramma ad intensità costante.

La Formula Razionale esprime la portata al colmo di piena come prodotto tra l'intensità di precipitazione,  $i$ , di assegnata durata  $d$ , il coefficiente di afflusso  $\phi$ , la superficie del bacino  $A$  il coefficiente di attenuazione  $\varepsilon(dc)$ :

$$Q_c = A \Phi(d_c) i(d_c) \varepsilon(d_c) \quad (1)$$

dove con  $dc$  si è indicato il valore di durata critica, ossia la durata di pioggia che da luogo alla massima portata di piena.

L'intensità di precipitazione che determina la massima portata di piena (intensità critica) è ottenuta dalla curva di possibilità pluviometrica. Questa esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione,  $d$ . Tale curva è riportata dalla letteratura tecnica



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

secondo le due forme equivalenti:

$$h(d) = m(d) \quad (2)$$

$$i(d) = \frac{h(d)}{d}$$

La prima delle quali da come risultato l'altezza di pioggia complessiva in mm dell'evento caratterizzato dalla durata  $d$ , mentre la seconda fornisce l'intensità media di tale evento e dove:

$$m(d) = a_1 d^n \quad (3)$$

Dove  $a_1$  è un parametro, corrispondente alla altezza di pioggia di durata oraria, dipendente dalla rarità dell'evento considerato. I parametri di tali formule, note come linee segnalatrici di probabilità pluviometrica, sono stimati in funzione della posizione geografica sito per sito.

La durata di pioggia critica ( $d_c$ ), necessaria per determinare dalla (2) l'altezza di pioggia, è assunta pari al tempo di corrivazione ( $t_c$ ) ossia quel tempo per cui tutta l'area del bacino contribuisce alla formazione della piena alla sezione di chiusura.

$$d_c = t_c \quad (4)$$

Tale tempo di corrivazione può essere ricavato tramite opportune espressioni



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

empiriche, a partire dai parametri morfologici del bacino. Con tale metodo, il valore del coefficiente di attenuazione,  $\varepsilon(\text{dc})$ , viene posto pari ad uno, ossia si assume che il bacino non eserciti alcuna azione di attenuazione sulla piena (modello cinematico). Tale approssimazione è adatta in particolare per bacini montani, che non esercitano rilevanti effetti di invaso e laminazione.

---

Formula di Giandotti (1934)	$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{DH}}$
Formula del Soil Conservation Service-CN (1975)	$T_c = \frac{L_{ap}^{0.8} [(1000/CN - 9)]^{0.7}}{20 i_{media}^{0.5}}$

---

Tabella : Formule utilizzate per il calcolo del tempo di corrivazione

Dove  $i_{media}$  è la pendenza media del bacino espressa in numero percentuale (es. 22% = 22) e DH il dislivello medio riferito all'incile in metri.

☞ **Modelli parametrici lineari (Invaso, Nash, corrivazione)**

Simulano il comportamento dei bacini idrografici con un insieme di canali e serbatoi. La caratteristica più importante è quella della proporzionalità tra ingresso e uscita.

La portata uscente è definita dall'integrale di convoluzione:

$$q(t) = \int_0^t u(t - \tau) \cdot p(\tau) \cdot dt$$

La funzione  $u(t)$  è definita I.U.H. (Instantaneous Unit Hydrograph) idrogramma





**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

unitario istantaneo.

La forma dello I.U.H. dipende dal modello di trasformazione afflussi-deflussi adottato.

☞ Metodo di Nash

Simula il comportamento del bacino mediante n serbatoi posti in serie caratterizzati dalla medesima costante temporale k e nessun canale.

Il suo I.U.H. è così rappresentato:

$$u(t) = \frac{1}{k \cdot \Gamma(n)} \cdot \left(\frac{t}{k}\right)^{n-1} e^{-t/k}$$

E' caratterizzato da una curva avente il colmo al tempo:

$$t_p = k \cdot (n - 1)$$

dove  $t_p$  è da assumere approssimativamente pari a metà del  $t_c$ .

Per n si assumono valori non elevati, di solito n=3.

☞ Metodo dell'invaso lineare

Si basa sull'ipotesi che durante la piena in tutti i canali costituenti la rete idrografica del bacino la superficie libera della corrente muti la sua posizione traslando parallelamente a se stessa (funzionamento sincrono).

La formazione della piena si ipotizza avvenga per fenomeni di invaso simili a quelli che hanno luogo in un serbatoio soggetto ad afflussi variabili nel tempo ed a deflussi dipendenti dalle caratteristiche idrauliche della bocca di uscita.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

Il suo I.U.H. è così rappresentato:

$$u(t) = \frac{1}{k} \cdot e^{-t/k}$$

dove k è un parametro che rappresenta le caratteristiche del bacino.

In mancanza di tarature di eventi noti, che consentono la stima del valore di k, si ricorre a formulazione derivanti numerose tarature e riscontri.

Nel nostro caso si è scelto l'utilizzo del modello URBIS (Paoletti e Mignosa 1986]) che propone di stimare la costante k in funzione del tempo di corrivazione come:

$$k = 0.7 \cdot Tc \quad (3)$$



## DATI E GRAFICI DEI CALCOLI DI PORTATA DEI BACINI

- ***Scheda riassuntiva dei dati del bacino***
- ***Calcolo portata con la formula del Forti***
- ***Calcolo portata con la formula Razionale (T = 100 anni)***
- ***Dati dell'idrogramma di piena calcolato con i metodi di Nash e dell'Invaso (T = 100 anni)***
- ***Grafico dell'idrogramma di piena calcolato con i metodi di Nash e dell'Invaso (T = 100 anni)***



**CALCOLO PORTATE**  
**BACINO M1 – GALLIO**



## DATI BACINO

### Bacino M1 - Gallio

#### DATI

##### Parametri geo-morfologici

<b>A</b>	0.09	Km <sup>2</sup>	Area
<b>L</b>	0.74	Km	Lunghezza percorso più lungo del bacino
<b>h max</b>	1011.40	m s.l.m.	Altitudine massima del bacino
<b>h med</b>	775.06	m s.l.m.	Altitudine media del bacino
<b>h min</b>	492.60	m s.l.m.	Altitudine sezione di chiusura

##### Parametri pluviometrici

<b>a</b>	65.29	-	Parametro della ccp (funzione del tempo di ritorno)
<b>n</b>	0.35	-	Parametro della ccp

##### Coefficiente di afflusso

<b>φ</b>	0.50	-
----------	------	---

#### CALCOLI

##### Calcolo del tempo di corrivazione (Giandotti)

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{hm - h_0}}$$

T<sub>c</sub>                    0.17    ore  
                          10.00   min

##### Calcolo del parametro k (Metodo dell'invaso)

k                        0.12    ore  
                          7.00    min

##### Calcolo dei parametri k e n (Metodo di Nash)

n                        3.00  
k                        0.04    ore  
                          2.58    min

## FORMULA DI FORTI

### Bacino M1 - Gallio

#### DATI

A	0.09	Kmq	Area
---	------	-----	------

Per bacini di superficie A inferiore a 1000 km<sup>2</sup>

$$q_{\max} = \frac{500 \cdot b}{A + 125} + a$$

#### CALCOLI

a) Bacini con pioggia massima giornaliera mai registrata < 200 mm/giorno

$$\begin{array}{lll} q_c & 9.49 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{0.85} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

b) Bacini con pioggia massima giornaliera mai registrata < 400 mm/giorno

$$\begin{array}{lll} q_c & 13.99 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{1.26} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

#### De Marchi

c) Bacini soggetti a piogge elevatissime (400 mm in 12 ore e oltre) e di superficie fino a circa 150 kmq

$$\begin{array}{lll} q_c & 28.98 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{2.61} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

#### Scelta del valore che interessa

$$\mathbf{Q} \quad \mathbf{0.85} \quad \mathbf{m}^3/\mathbf{s}$$

#### NOTE

La formula ha un interesse per lo più storico, in quanto dedotta in epoca ormai remota e quindi a partire da una base di dati idrometrica molto meno ampia di quella disponibile al giorno d'oggi.

## FORMULA METODI RAZIONALI (afflussi - deflussi)

### Bacino M1 - Gallio

#### DATI

<b>A</b>	0.090	Km <sup>2</sup>	Area
<b>L</b>	0.740	Km	Lunghezza percorso più lungo del bacino
<b>hm</b>	775.06	mslm	Altitudine media del bacino
<b>ho</b>	493	mslm	Altitudine sezione di chiusura
<b>ε</b>	1.00	-	Coefficiente di laminazione
<b>φ</b>	0.50	-	Coefficiente di deflusso
<b>a</b>	65.29	-	Parametro funzione del tempo di ritorno
<b>n</b>	0.35	-	Parametro

Per il calcolo del Tempo di  
Corrivazione (Tc)

(Da carte o analisi statistiche)

#### CALCOLI

##### Calcolo del tempo di corrivazione

Tc            0.17    ore

$$Tc = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{hm - ho}}$$

##### Calcolo della portata

**Q**            **2.57**        **m<sup>3</sup>/s**

$$qC = \frac{1}{3.6} \cdot \phi \cdot \varepsilon \cdot A \cdot a \cdot Tc^{a-1}$$

N.B. 3.6 è un fattore di  
conversione per le U.M.

#### NOTE

La formula del tempo di corrivazione è quella di **Giandotti**

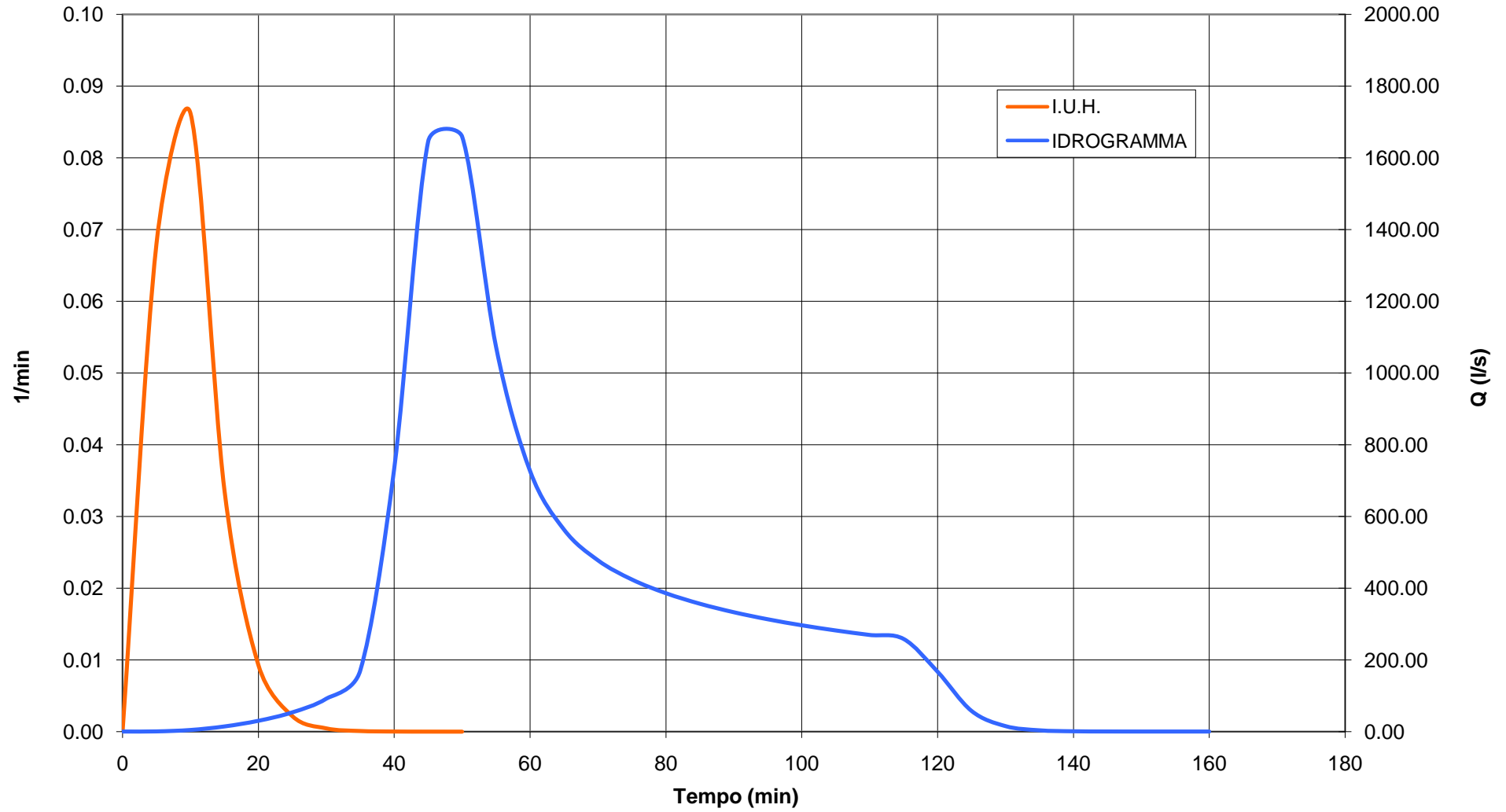
# FORMULA METODO DI NASH

## Bacino M1 - Gallio

TEMPO	I.U.H. 1/min	IDROGRAMMA l/s
0	0.00	0.00
5	0.07	0.37
10	0.09	4.31
15	0.03	14.15
20	0.01	29.92
25	0.00	53.43
30	0.00	91.54
35	0.00	170.02
40	0.00	733.06
45	0.00	1645.11
50	0.00	1658.40
55		1071.78
60		726.53
65		562.99
70		477.28
75		423.78
80		385.64
85		356.26
90		332.57
95		312.90
100		296.22
105		281.82
110		269.25
115		258.13
120		166.81
125		57.52
130		15.09
135		3.42
140		0.71
145		0.14
150		0.03
155		0.00
160		0.00
	<b>Σ IUH</b>	<b>Portata al colmo</b>
	1.0	<b>1658.4</b> l/s
		<b>1.66</b> m <sup>3</sup> /s



**IDROGRAMMA CALCOLATO CON IL METODO DI NASH**  
**Bacino M1 - Gallio**

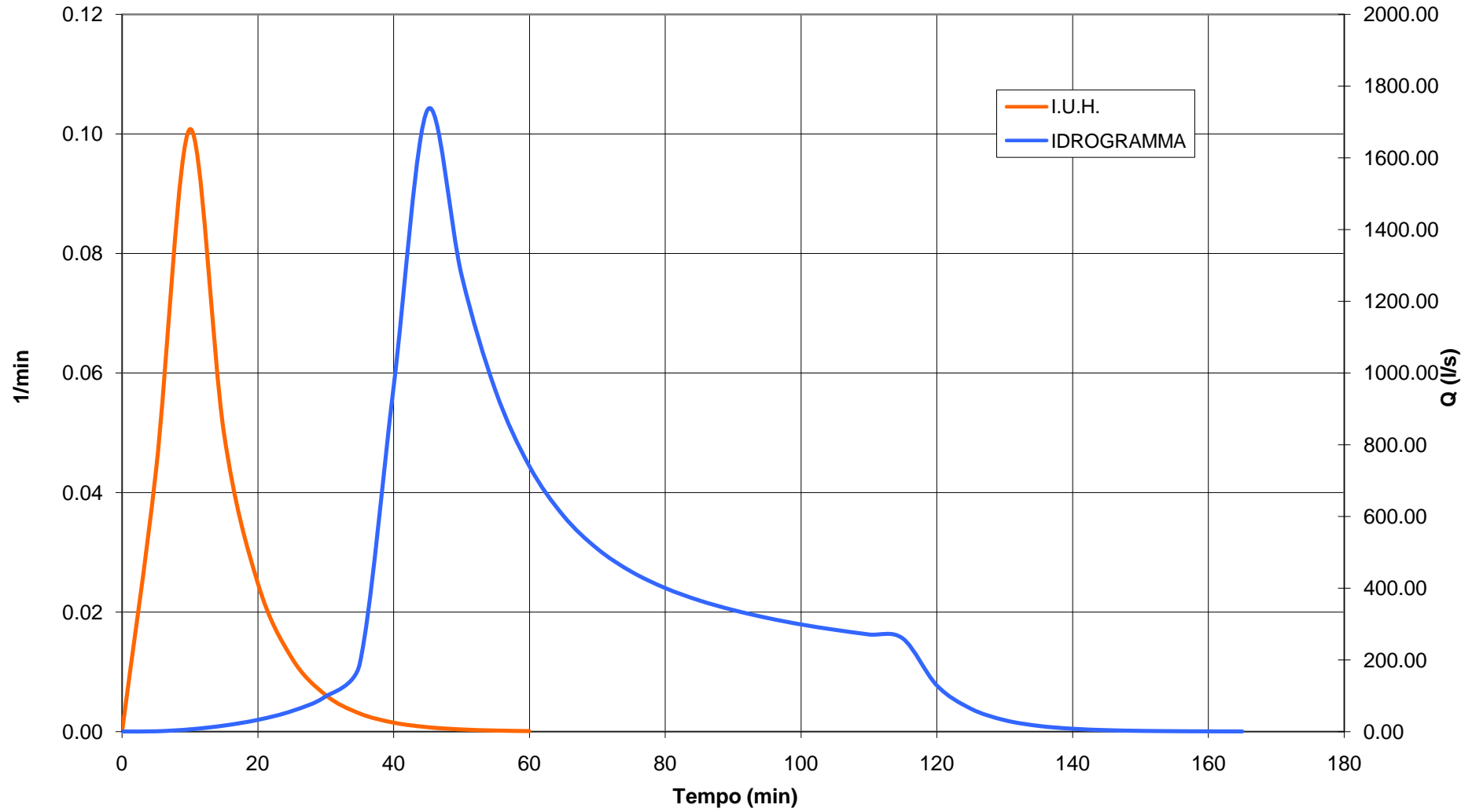


# FORMULA METODO DELL'INVASO

## Bacino M1 - Gallio

TEMPO	I.U.H. 1/min	IDROGRAMMA l/s
0	0.00	0.00
5	0.04	0.55
10	0.10	5.96
15	0.05	16.43
20	0.02	32.49
25	0.01	56.95
30	0.01	98.01
35	0.00	188.02
40	0.00	961.08
45	0.00	1733.42
50	0.00	1273.03
55	0.00	950.51
60	0.00	739.45
65		601.59
70		509.49
75		445.79
80		399.93
85		365.51
90		338.66
95		316.71
100		298.47
105		283.50
110		270.55
115		259.18
120		128.56
125		63.73
130		31.55
135		15.58
140		7.66
145		3.73
150		1.79
155		0.82
160		0.35
165		0.11
	<b>Σ IUH</b>	<b>Portata al colmo</b>
	1.2	<b>1733.4</b> l/s
		<b>1.73</b> m <sup>3</sup> /s

**IDROGRAMMA CALCOLATO CON IL METODO DI INVASO**  
**Bacino M1 - Gallio**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

**CALCOLO PORTATE**  
**BACINO M – NOLEDO**



## DATI BACINO

Bacino M - Noledo

### DATI

#### Parametri geo-morfologici

<b>A</b>	0.96	Km <sup>2</sup>	Area
<b>L</b>	2.01	Km	Lunghezza percorso più lungo del bacino
<b>h max</b>	1511.90	m s.l.m.	Altitudine massima del bacino
<b>h med</b>	1067.35	m s.l.m.	Altitudine media del bacino
<b>h min</b>	502.60	m s.l.m.	Altitudine sezione di chiusura

#### Parametri pluviometrici

<b>a</b>	65.29	-	Parametro della ccp (funzione del tempo di ritorno)
<b>n</b>	0.35	-	Parametro della ccp

#### Coefficiente di afflusso

<b>φ</b>	0.50	-
----------	------	---

### CALCOLI

#### Calcolo del tempo di corrivazione (Giandotti)

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{hm - h_0}}$$

T<sub>c</sub>                    0.36    ore  
                          21.00    min

#### Calcolo del parametro k (Metodo dell'invaso)

k                        0.26    ore  
                          14.70    min

#### Calcolo dei parametri k e n (Metodo di Nash)

n                        3.00  
k                        0.09    ore  
                          5.47    min

## FORMULA DI FORTI

### Bacino M - Noledo

#### DATI

A	0.96	Kmq	Area
---	------	-----	------

Per bacini di superficie A inferiore a 1000 km<sup>2</sup>

$$q_{\max} = \frac{500 \cdot b}{A + 125} + a$$

#### CALCOLI

a) Bacini con pioggia massima giornaliera mai registrata < 200 mm/giorno

$$\begin{array}{lll} q_c & 9.43 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{9.05} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

b) Bacini con pioggia massima giornaliera mai registrata < 400 mm/giorno

$$\begin{array}{lll} q_c & 13.90 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{13.34} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

#### De Marchi

c) Bacini soggetti a piogge elevatissime (400 mm in 12 ore e oltre) e di superficie fino a circa 150 kmq

$$\begin{array}{lll} q_c & 28.82 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{27.66} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

#### Scelta del valore che interessa

$$\mathbf{Q} \quad \mathbf{9.05} \quad \mathbf{m}^3/\mathbf{s}$$

#### NOTE

La formula ha un interesse per lo più storico, in quanto dedotta in epoca ormai remota e quindi a partire da una base di dati idrometrica molto meno ampia di quella disponibile al giorno d'oggi.

## FORMULA METODI RAZIONALI (afflussi - deflussi)

Bacino M - Noledo

### DATI

<b>A</b>	0.960	Km <sup>2</sup>	Area
<b>L</b>	2.011	Km	Lunghezza percorso più lungo del bacino
<b>hm</b>	1067.35	mslm	Altitudine media del bacino
<b>ho</b>	503	mslm	Altitudine sezione di chiusura
<b>ε</b>	1.00	-	Coefficiente di laminazione
<b>φ</b>	0.50	-	Coefficiente di deflusso
<b>a</b>	65.29	-	Parametro funzione del tempo di ritorno
<b>n</b>	0.35	-	Parametro

Per il calcolo del Tempo di  
Corrivazione (Tc)

(Da carte o analisi statistiche)

### CALCOLI

Calcolo del tempo di corrivazione

$$Tc = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{hm - ho}}$$

Tc            0.36    ore

Calcolo della portata

$$qc = \frac{1}{3.6} \cdot \phi \cdot \varepsilon \cdot A \cdot a \cdot Tc^{a-1}$$

**Q**            **16.78**        **m<sup>3</sup>/s**

N.B. 3.6 è un fattore di  
conversione per le U.M.

### NOTE

La formula del tempo di corrivazione è quella di **Giandotti**

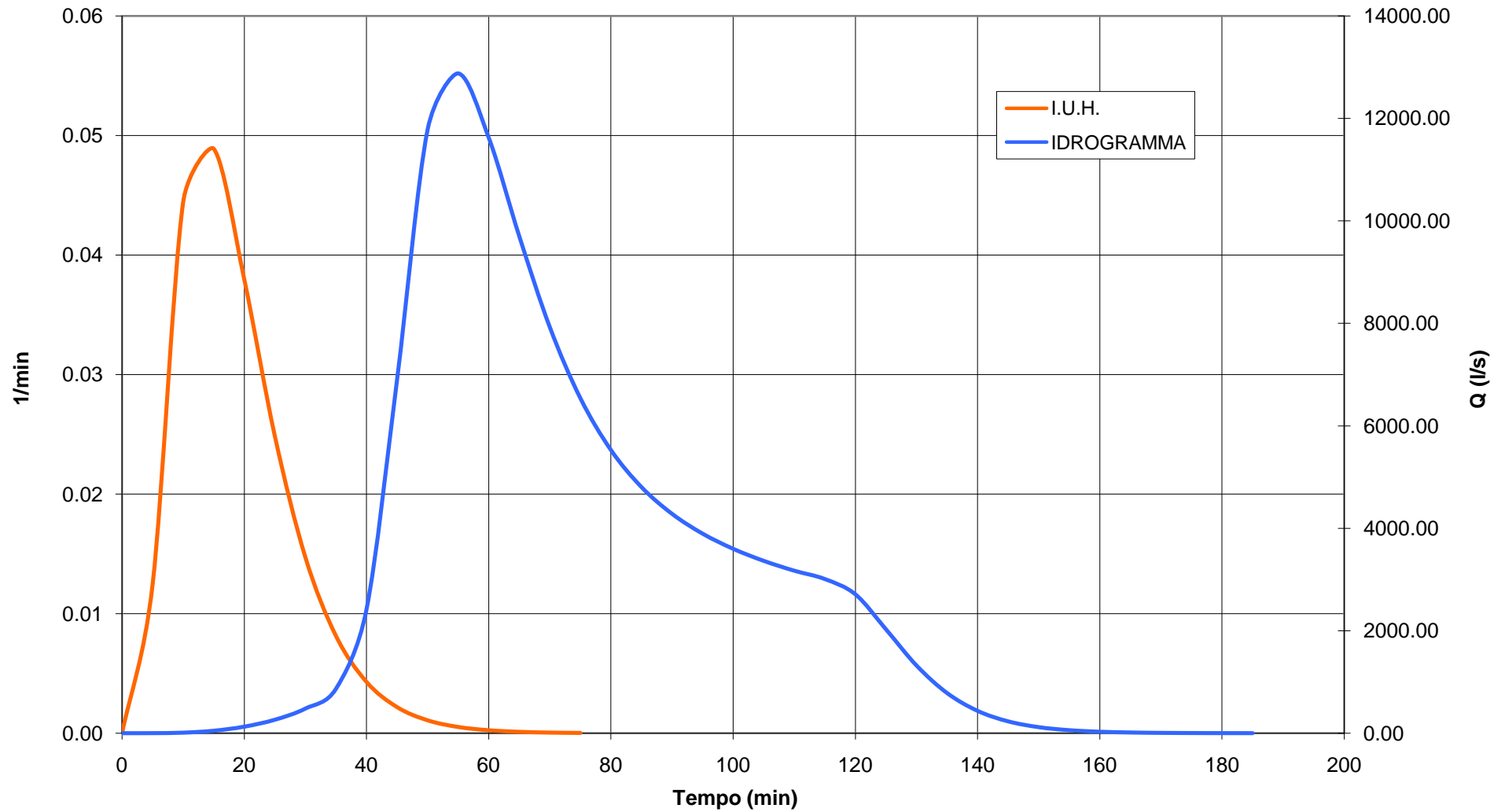
# FORMULA METODO DI NASH

Bacino M - Noledo

TEMPO	I.U.H. 1/min	IDROGRAMMA l/s
0	0.00	0.00
5	0.01	0.72
10	0.04	10.08
15	0.05	47.37
20	0.04	127.13
25	0.02	262.36
30	0.01	479.94
35	0.01	865.78
40	0.00	2415.53
45	0.00	6900.37
50	0.00	11780.94
55	0.00	12876.60
60	0.00	11623.11
65	0.00	9698.06
70	0.00	7922.98
75	0.00	6537.03
80		5525.89
85		4802.62
90		4280.67
95		3894.14
100		3598.03
105		3363.13
110		3170.74
115		3008.16
120		2709.47
125		2027.32
130		1320.55
135		783.29
140		435.12
145		230.36
150		117.53
155		58.20
160		28.08
165		13.21
170		6.03
175		2.63
180		1.05
185		0.33
	<b>Σ IUH</b>	<b>Portata al colmo</b>
	1.0	<b>12876.6</b> l/s
		<b>12.88</b> m <sup>3</sup> /s



**IDROGRAMMA CALCOLATO CON IL METODO DI NASH**  
**Bacino M - Noledo**

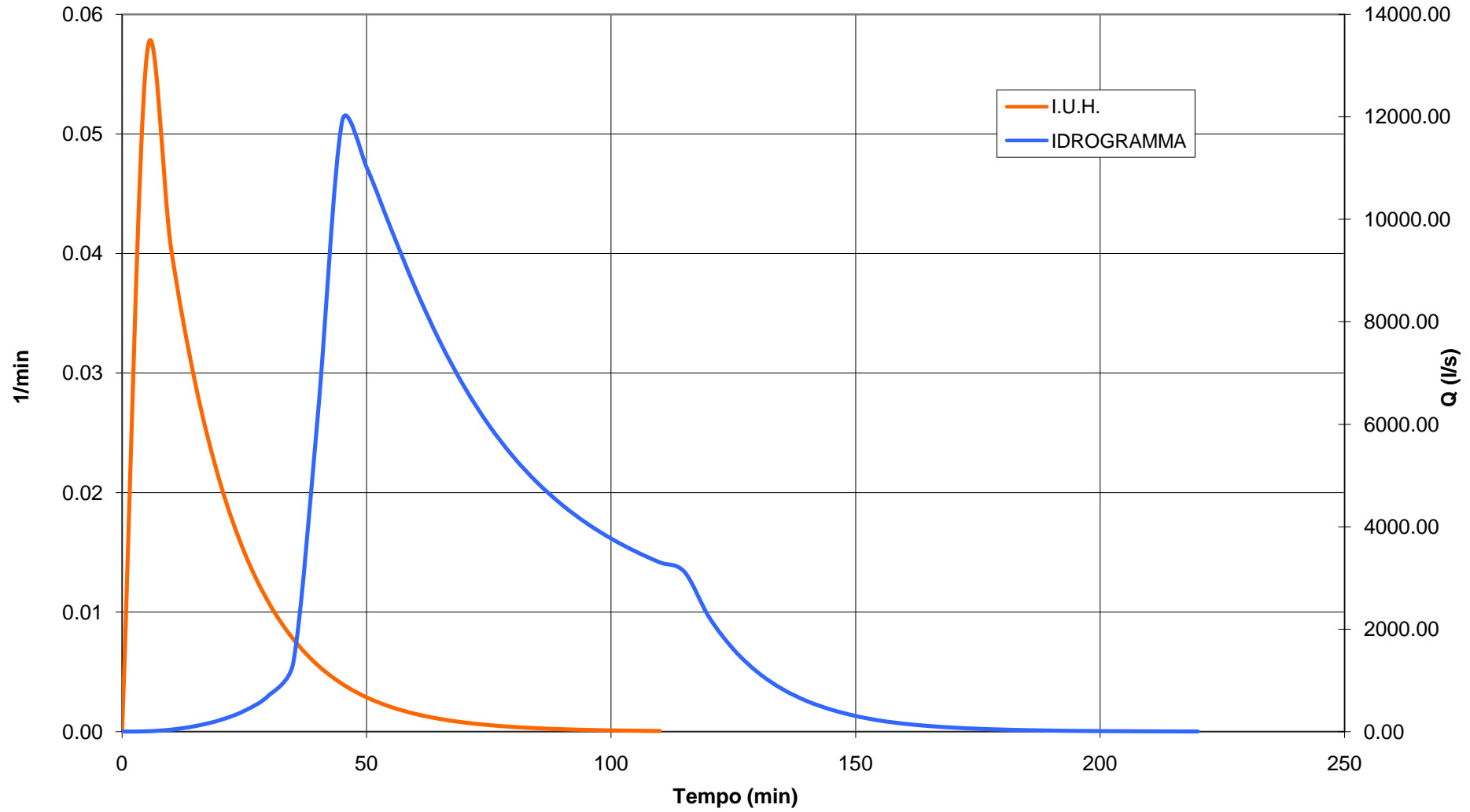


# FORMULA METODO DELL'INVASO

Bacino M - Noledo

TEMPO	I.U.H. 1/min	IDROGRAMMA l/s
0	0.00	0.00
5	0.06	3.27
10	0.04	36.29
15	0.03	106.46
20	0.02	221.64
25	0.02	402.75
30	0.01	705.42
35	0.01	1338.18
40	0.01	6138.24
45	0.00	11904.81
50	0.00	11013.58
55	0.00	9812.75
60	0.00	8646.08
65	0.00	7610.56
70	0.00	6725.50
75	0.00	5982.43
80	0.00	5363.66
85	0.00	4849.71
90	0.00	4422.42
95	0.00	4065.97
100	0.00	3767.09
105	0.00	3514.86
110	0.00	3300.46
115		3116.78
120		2239.16
125		1608.63
130		1155.58
135		830.04
140		596.03
145		427.63
150		303.64
155		212.95
160		151.29
165		107.37
170		76.03
175		53.66
180		37.68
185		26.27
190		18.14
195		12.34
200		8.22
205		5.29
210		3.21
215		1.75
220		0.72
	<b>Σ IUH</b>	<b>Portata al colmo</b>
	1.0	<b>11904.8</b> l/s
		<b>11.90</b> m <sup>3</sup> /s

**IDROGRAMMA CALCOLATO CON IL METODO DI INVASO**  
**Bacino M - Noledo**



**CALCOLO PORTATE**  
**BACINO M1 – MARENA**



## DATI BACINO

### Bacino M1 - Marena

#### DATI

##### Parametri geo-morfologici

<b>A</b>	0.48	Km <sup>2</sup>	Area
<b>L</b>	1.18	Km	Lunghezza percorso più lungo del bacino
<b>h max</b>	1024.70	m s.l.m.	Altitudine massima del bacino
<b>h med</b>	723.74	m s.l.m.	Altitudine media del bacino
<b>h min</b>	345.40	m s.l.m.	Altitudine sezione di chiusura

##### Parametri pluviometrici

<b>a</b>	65.29	-	Parametro della ccp (funzione del tempo di ritorno)
<b>n</b>	0.35	-	Parametro della ccp

##### Coefficiente di afflusso

<b>φ</b>	0.50	-
----------	------	---

#### CALCOLI

##### Calcolo del tempo di corrivazione (Giandotti)

Tc                    0.29    ore  
                         17.00    min

$$Tc = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{hm - ho}}$$

##### Calcolo del parametro k (Metodo dell'invaso)

k                    0.20    ore  
                         11.90    min

##### Calcolo dei parametri k e n (Metodo di Nash)

n                    3.00  
k                    0.07    ore  
                         4.38    min

## FORMULA DI FORTI

### Bacino M1 - Marena

#### DATI

A	0.48	Kmq	Area
---	------	-----	------

Per bacini di superficie A inferiore a 1000 km<sup>2</sup>

$$q_{\max} = \frac{500 \cdot b}{A + 125} + a$$

#### CALCOLI

a) Bacini con pioggia massima giornaliera mai registrata < 200 mm/giorno

$$\begin{array}{lll} q_c & 9.47 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{4.54} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

b) Bacini con pioggia massima giornaliera mai registrata < 400 mm/giorno

$$\begin{array}{lll} q_c & 13.95 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{6.70} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

#### De Marchi

c) Bacini soggetti a piogge elevatissime (400 mm in 12 ore e oltre) e di superficie fino a circa 150 kmq

$$\begin{array}{lll} q_c & 28.91 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{13.88} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

#### Scelta del valore che interessa

$$\mathbf{Q} \quad \mathbf{4.54} \quad \mathbf{m}^3/\mathbf{s}$$

#### NOTE

La formula ha un interesse per lo più storico, in quanto dedotta in epoca ormai remota e quindi a partire da una base di dati idrometrica molto meno ampia di quella disponibile al giorno d'oggi.

## FORMULA METODI RAZIONALI (afflussi - deflussi)

### Bacino M1 - Marena

#### DATI

<b>A</b>	0.480	Km <sup>2</sup>	Area
<b>L</b>	1.185	Km	Lunghezza percorso più lungo del bacino
<b>hm</b>	723.74	mslm	Altitudine media del bacino
<b>ho</b>	345	mslm	Altitudine sezione di chiusura
<b>ε</b>	1.00	-	Coefficiente di laminazione
<b>φ</b>	0.50	-	Coefficiente di deflusso
<b>a</b>	65.29	-	Parametro funzione del tempo di ritorno
<b>n</b>	0.35	-	Parametro

Per il calcolo del Tempo di  
Corrivazione (Tc)

(Da carte o analisi statistiche)

#### CALCOLI

##### Calcolo del tempo di corrivazione

Tc            0.29    ore

$$Tc = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{hm - ho}}$$

##### Calcolo della portata

**Q**            **9.69**        **m<sup>3</sup>/s**

$$qC = \frac{1}{3.6} \cdot \phi \cdot \varepsilon \cdot A \cdot a \cdot Tc^{a-1}$$

N.B. 3.6 è un fattore di  
conversione per le U.M.

#### NOTE

La formula del tempo di corrivazione è quella di **Giandotti**

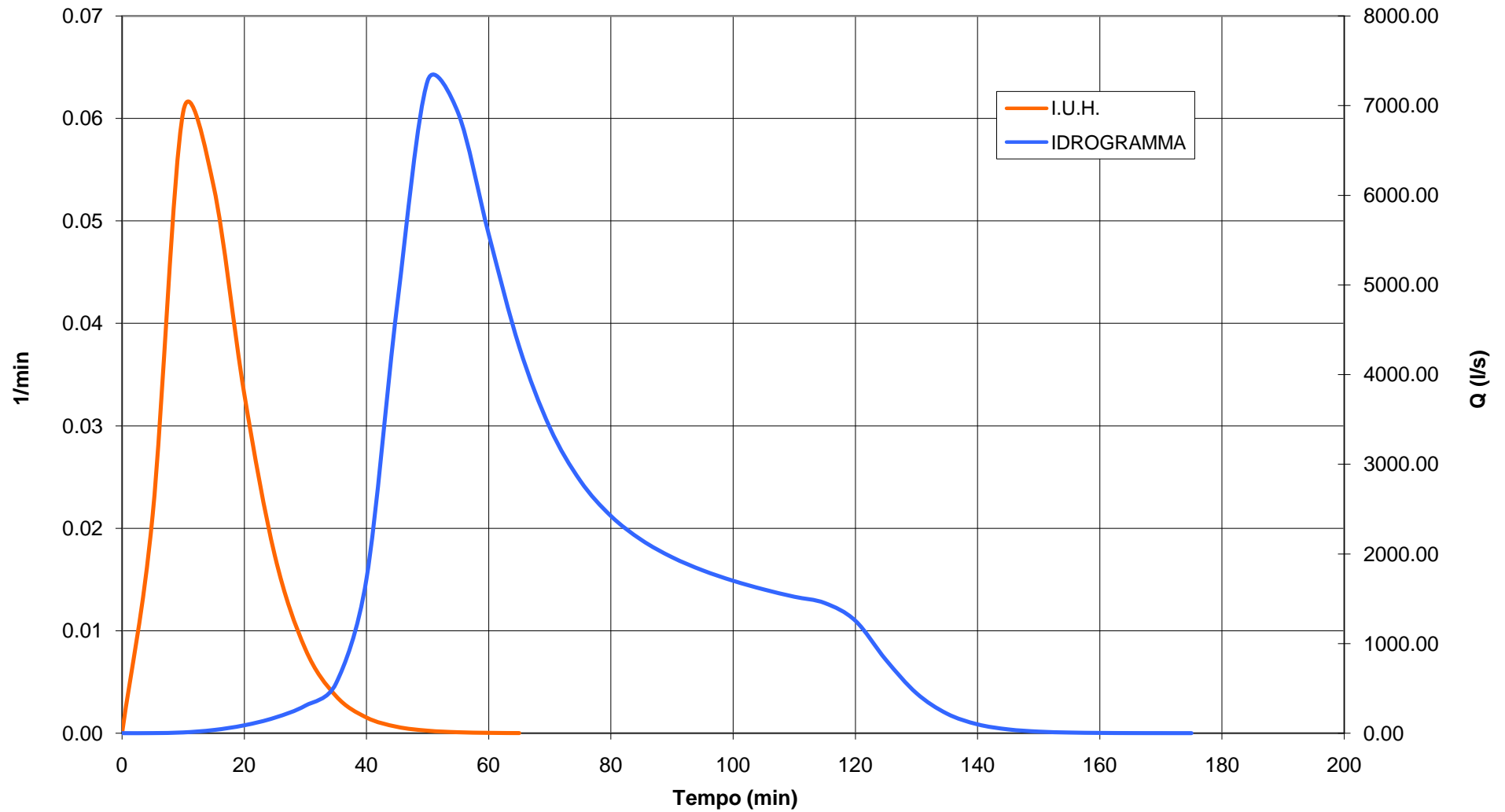
## FORMULA METODO DI NASH

### Bacino M1 - Marena

TEMPO	I.U.H. 1/min	IDROGRAMMA l/s
0	0.00	0.00
5	0.02	0.62
10	0.06	8.16
15	0.05	34.95
20	0.03	87.60
25	0.02	172.45
30	0.01	307.11
35	0.00	553.22
40	0.00	1720.70
45	0.00	4762.79
50	0.00	7274.34
55	0.00	6916.53
60	0.00	5563.44
65	0.00	4308.24
70		3408.20
75		2813.18
80		2421.63
85		2154.48
90		1962.11
95		1815.82
100		1699.30
105		1602.95
110		1521.31
115		1451.10
120		1253.93
125		817.31
130		445.35
135		217.02
140		98.13
145		42.06
150		17.31
155		6.89
160		2.65
165		0.98
170		0.33
175		0.09
	<b>Σ IUH</b>	<b>Portata al colmo</b>
	1.0	<b>7274.3</b> l/s
		<b>7.27</b> m <sup>3</sup> /s



**IDROGRAMMA CALCOLATO CON IL METODO DI NASH**  
**Bacino M1 - Marena**

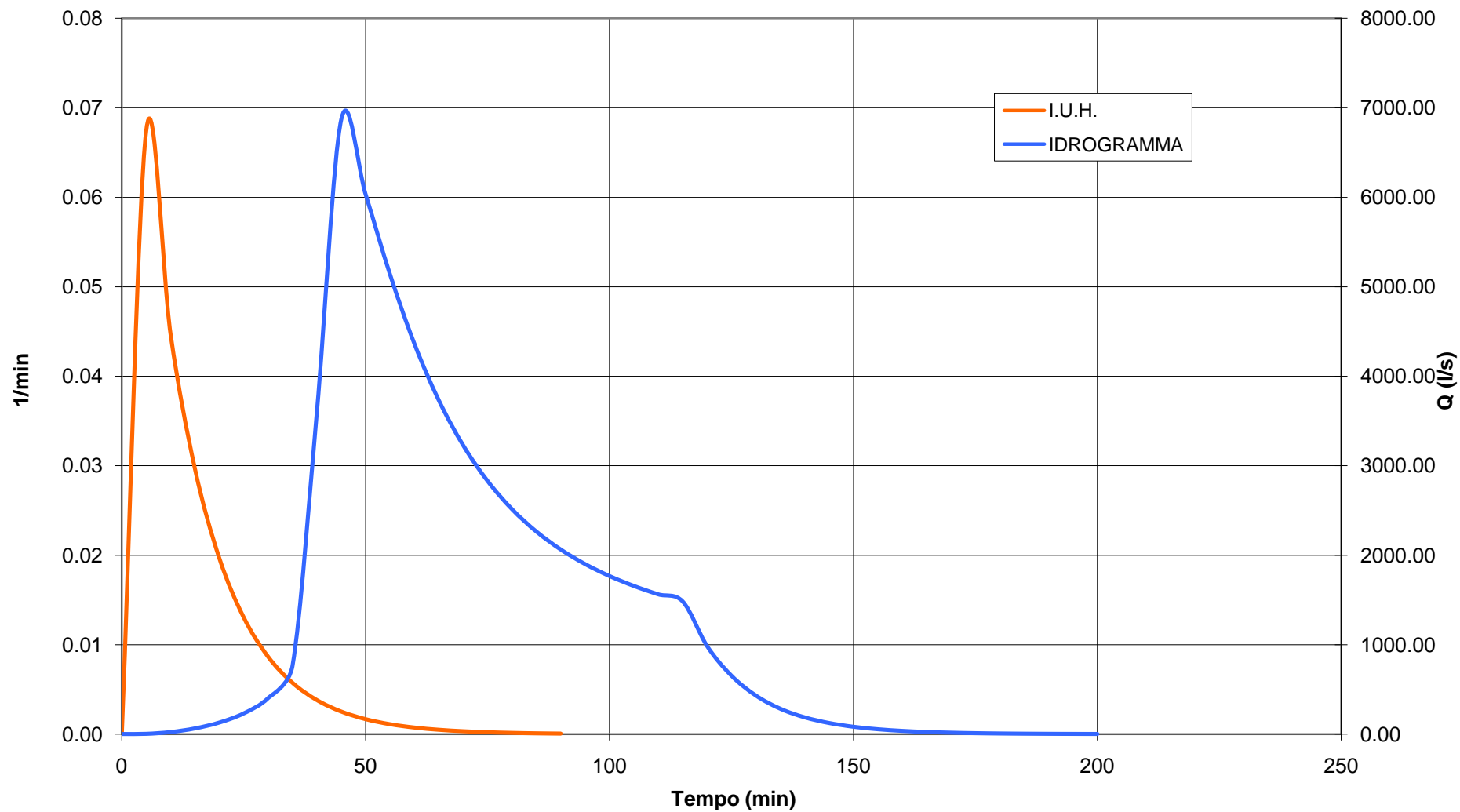


## FORMULA METODO DELL'INVASO

### Bacino M1 - Marena

TEMPO	I.U.H. 1/min	IDROGRAMMA l/s
0	0.00	0.00
5	0.07	1.95
10	0.04	21.59
15	0.03	62.38
20	0.02	128.16
25	0.01	230.59
30	0.01	401.69
35	0.01	763.48
40	0.00	3601.29
45	0.00	6869.47
50	0.00	6027.75
55	0.00	5134.32
60	0.00	4359.98
65	0.00	3728.37
70	0.00	3225.05
75	0.00	2827.10
80	0.00	2512.36
85	0.00	2262.10
90	0.00	2061.39
95		1898.68
100		1765.15
105		1654.15
110		1560.65
115		1480.87
120		982.13
125		651.15
130		430.00
135		282.46
140		186.45
145		122.97
150		80.98
155		53.20
160		34.82
165		22.67
170		14.65
175		9.35
180		5.85
185		3.55
190		2.04
195		1.06
200		0.42
	<b>Σ IUH</b>	<b>Portata al colmo</b>
	1.0	<b>6869.5</b> l/s
		<b>6.87</b> m <sup>3</sup> /s

**IDROGRAMMA CALCOLATO CON IL METODO DI INVASO**  
**Bacino M1 - Marena**



**CALCOLO PORTATE**

**BACINO G – PEZZO**



## DATI BACINO

### Bacino G - Pezzo

#### DATI

##### Parametri geo-morfologici

<b>A</b>	0.11	Km <sup>2</sup>	Area
<b>L</b>	0.23	Km	Lunghezza percorso più lungo del bacino
<b>h max</b>	924.80	m s.l.m.	Altitudine massima del bacino
<b>h med</b>	574.72	m s.l.m.	Altitudine media del bacino
<b>h min</b>	307.80	m s.l.m.	Altitudine sezione di chiusura

##### Parametri pluviometrici

<b>a</b>	65.29	-	Parametro della ccp (funzione del tempo di ritorno)
<b>n</b>	0.35	-	Parametro della ccp

##### Coefficiente di afflusso

<b>φ</b>	0.50	-
----------	------	---

#### CALCOLI

##### Calcolo del tempo di corrivazione (Giandotti)

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{hm - h_0}}$$

T<sub>c</sub>                    0.13    ore  
                          7.00    min

##### Calcolo del parametro k (Metodo dell'invaso)

k                      0.09    ore  
                          4.90    min

##### Calcolo dei parametri k e n (Metodo di Nash)

n                      3.00  
k                      0.03    ore  
                          1.92    min

## FORMULA DI FORTI

### Bacino G - Pezzo

#### DATI

<b>A</b>	0.11	Kmq	Area
----------	------	-----	------

Per bacini di superficie A inferiore a 1000 km<sup>2</sup>

$$q \text{ max} = \frac{500 \cdot b}{A + 125} + a$$

#### CALCOLI

a) Bacini con pioggia massima giornaliera mai registrata < 200 mm/giorno

$$\begin{array}{lll} qc & 9.49 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{1.04} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

b) Bacini con pioggia massima giornaliera mai registrata < 400 mm/giorno

$$\begin{array}{lll} qc & 13.99 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{1.54} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

#### De Marchi

c) Bacini soggetti a piogge elevatissime (400 mm in 12 ore e oltre) e di superficie fino a circa 150 kmq

$$\begin{array}{lll} qc & 28.98 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{3.19} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

#### Scelta del valore che interessa

$$\mathbf{Q} \quad \mathbf{1.04} \quad \mathbf{m}^3/\mathbf{s}$$

#### NOTE

La formula ha un interesse per lo più storico, in quanto dedotta in epoca ormai remota e quindi a partire da una base di dati idrometrica molto meno ampia di quella disponibile al giorno d'oggi.

## FORMULA METODI RAZIONALI (afflussi - deflussi)

### Bacino G - Pezzo

#### DATI

<b>A</b>	0.110	Km <sup>2</sup>	Area
<b>L</b>	0.230	Km	Lunghezza percorso più lungo del bacino
<b>hm</b>	574.72	mslm	Altitudine media del bacino
<b>ho</b>	308	mslm	Altitudine sezione di chiusura
<b>ε</b>	1.00	-	Coefficiente di laminazione
<b>φ</b>	0.50	-	Coefficiente di deflusso
<b>a</b>	65.29	-	Parametro funzione del tempo di ritorno
<b>n</b>	0.35	-	Parametro

Per il calcolo del Tempo di  
Corrivazione (Tc)

(Da carte o analisi statistiche)

#### CALCOLI

##### Calcolo del tempo di corrivazione

Tc            0.13    ore

$$Tc = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{hm - ho}}$$

##### Calcolo della portata

**Q**            **3.80**            **m<sup>3</sup>/s**

$$qC = \frac{1}{3.6} \cdot \phi \cdot \varepsilon \cdot A \cdot a \cdot Tc^{a-1}$$

N.B. 3.6 è un fattore di  
conversione per le U.M.

#### NOTE

La formula del tempo di corrivazione è quella di **Giandotti**

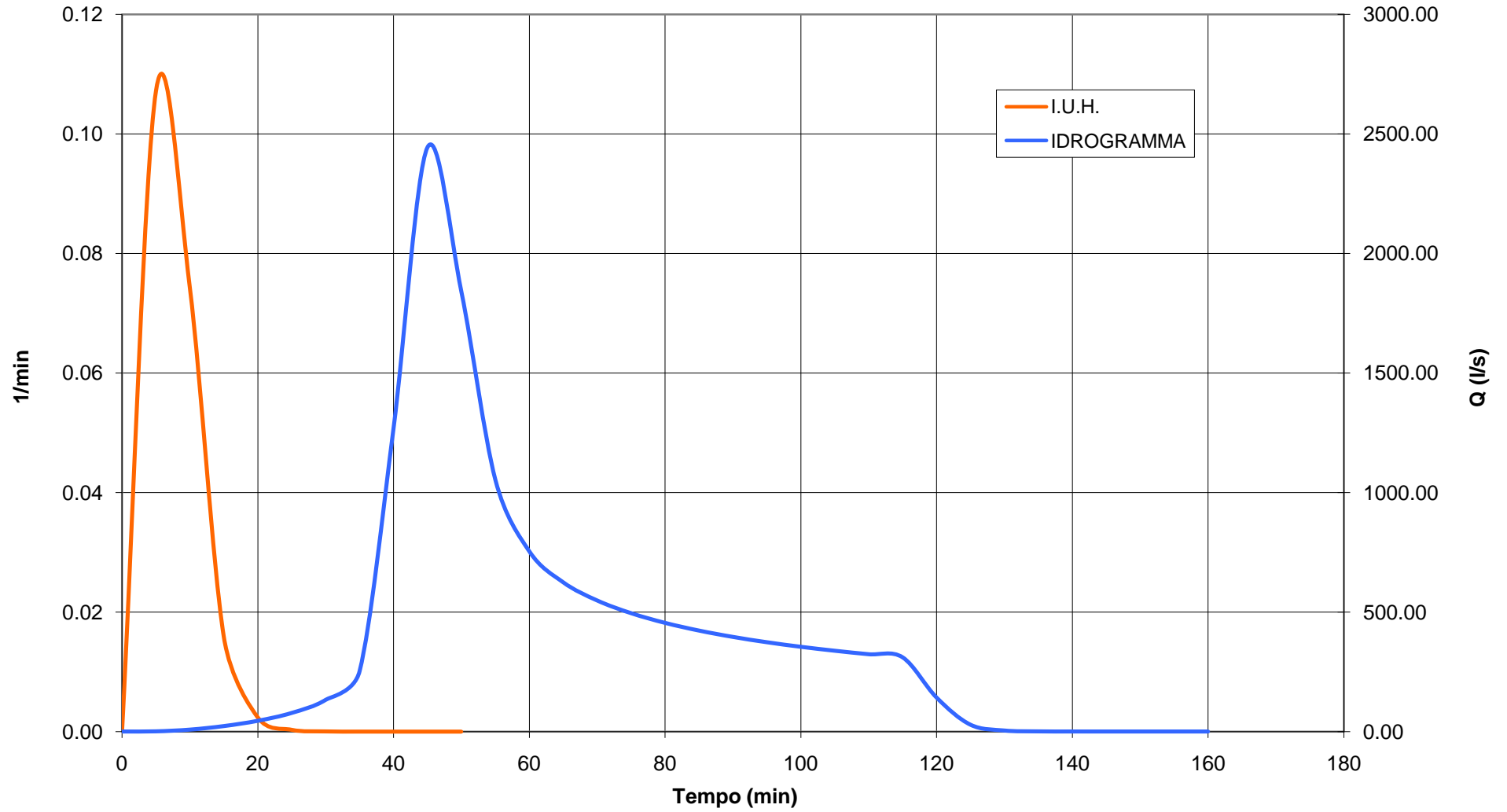
# FORMULA METODO DI NASH

## Bacino G - Pezzo

TEMPO	I.U.H. 1/min	IDROGRAMMA l/s
0	0.00	0.00
5	0.11	0.71
10	0.07	7.89
15	0.02	22.74
20	0.00	44.87
25	0.00	77.73
30	0.00	132.50
35	0.00	252.55
40	0.00	1268.03
45	0.00	2443.30
50	0.00	1838.92
55		1053.17
60		753.84
65		624.09
70		548.10
75		494.90
80		454.43
85		422.19
90		395.70
95		373.43
100		354.36
105		337.80
110		323.24
115		310.32
120		142.12
125		28.42
130		4.18
135		0.52
140		0.06
145		0.01
150		0.00
155		0.00
160		0.00
	<b>Σ IUH</b>	<b>Portata al colmo</b>
	1.0	<b>2443.3</b> l/s
		<b>2.44</b> m <sup>3</sup> /s



**IDROGRAMMA CALCOLATO CON IL METODO DI NASH**  
**Bacino G - Pezzo**

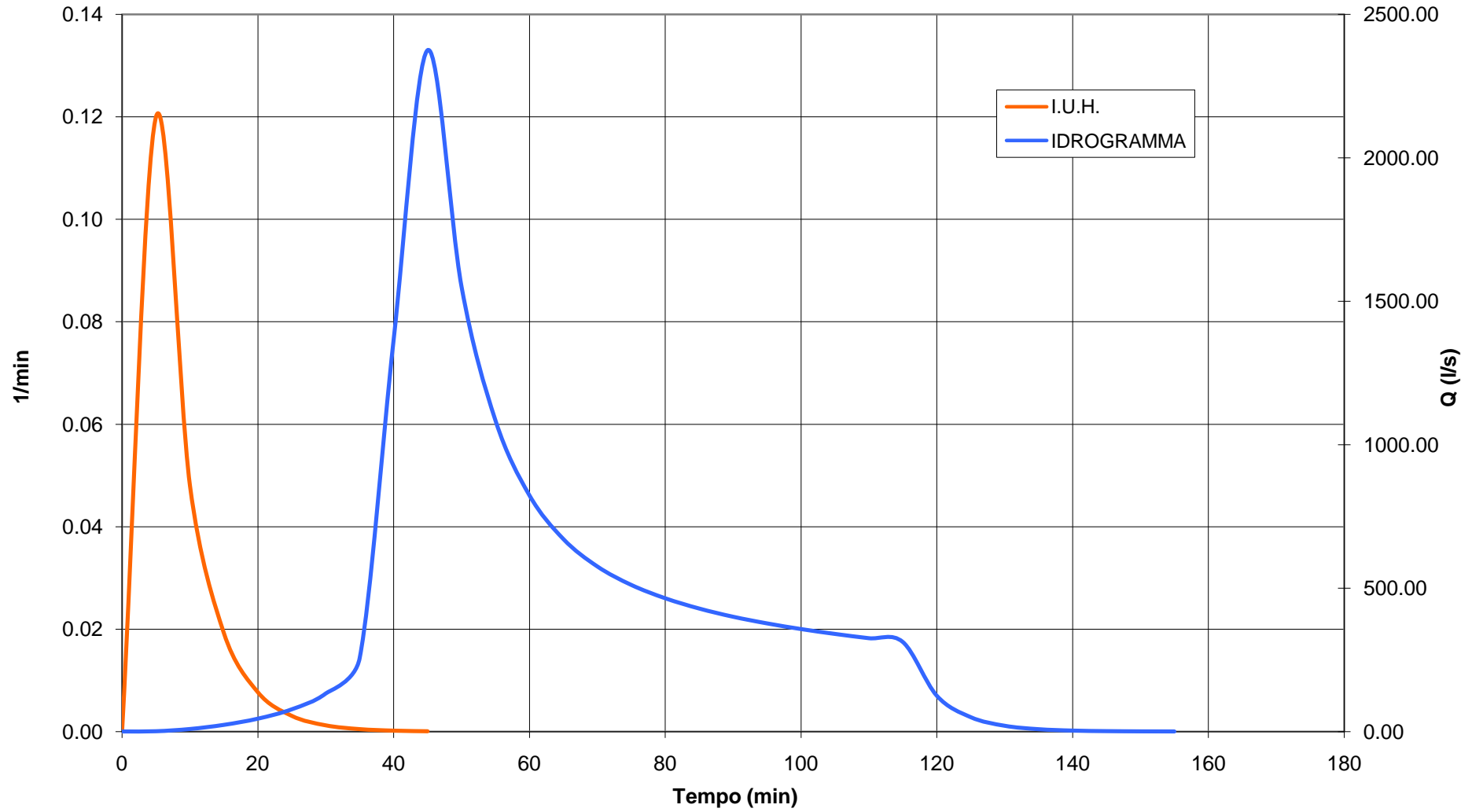


## FORMULA METODO DELL'INVASO

### Bacino G - Pezzo

TEMPO	I.U.H. 1/min	IDROGRAMMA l/s
0	0.00	0.00
5	0.12	0.80
10	0.05	8.60
15	0.02	23.05
20	0.01	44.64
25	0.00	77.28
30	0.00	132.44
35	0.00	255.84
40	0.00	1365.41
45	0.00	2375.02
50		1550.89
55		1084.31
60		823.41
65		670.84
70		575.35
75		510.96
80		464.44
85		428.62
90		399.96
95		376.75
100		357.05
105		340.04
110		325.15
115		311.96
120		124.78
125		49.87
130		19.89
135		7.90
140		3.11
145		1.19
150		0.42
155		0.12
	<b>Σ IUH</b>	<b>Portata al colmo</b>
	1.0	<b>2375.0</b> l/s
		<b>2.38</b> m <sup>3</sup> /s

**IDROGRAMMA CALCOLATO CON IL METODO DI INVASO**  
**Bacino G - Pezzo**



**CALCOLO PORTATE**  
**BACINO H – SEMNACO**



## DATI BACINO

### Bacino H - Semnago

#### DATI

##### Parametri geo-morfologici

<b>A</b>	0.13	Km <sup>2</sup>	Area
<b>L</b>	0.40	Km	Lunghezza percorso più lungo del bacino
<b>h max</b>	973.30	m s.l.m.	Altitudine massima del bacino
<b>h med</b>	637.88	m s.l.m.	Altitudine media del bacino
<b>h min</b>	289.30	m s.l.m.	Altitudine sezione di chiusura

##### Parametri pluviometrici

<b>a</b>	65.29	-	Parametro della ccp (funzione del tempo di ritorno)
<b>n</b>	0.35	-	Parametro della ccp

##### Coefficiente di afflusso

<b>φ</b>	0.50	-
----------	------	---

#### CALCOLI

##### Calcolo del tempo di corrivazione (Giandotti)

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{hm - h_0}}$$

T<sub>c</sub>                    0.14    ore  
                          8.00    min

##### Calcolo del parametro k (Metodo dell'invaso)

k                      0.10    ore  
                          5.60    min

##### Calcolo dei parametri k e n (Metodo di Nash)

n                      3.00  
k                      0.03    ore  
                          2.05    min

## FORMULA DI FORTI

### Bacino H - Semnago

#### DATI

A	0.13	Kmq	Area
---	------	-----	------

Per bacini di superficie A inferiore a 1000 km<sup>2</sup>

$$q \text{ max} = \frac{500 \cdot b}{A + 125} + a$$

#### CALCOLI

a) Bacini con pioggia massima giornaliera mai registrata < 200 mm/giorno

$$\begin{array}{lll} qc & 9.49 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{1.23} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

b) Bacini con pioggia massima giornaliera mai registrata < 400 mm/giorno

$$\begin{array}{lll} qc & 13.99 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{1.82} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

#### De Marchi

c) Bacini soggetti a piogge elevatissime (400 mm in 12 ore e oltre) e di superficie fino a circa 150 kmq

$$\begin{array}{lll} qc & 28.98 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{3.77} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

#### Scelta del valore che interessa

$$\mathbf{Q} \quad \mathbf{1.23} \quad \mathbf{m}^3/\mathbf{s}$$

#### NOTE

La formula ha un interesse per lo più storico, in quanto dedotta in epoca ormai remota e quindi a partire da una base di dati idrometrica molto meno ampia di quella disponibile al giorno d'oggi.

## FORMULA METODI RAZIONALI (afflussi - deflussi)

### Bacino H - Semnago

#### DATI

<b>A</b>	0.130	Km <sup>2</sup>	Area
<b>L</b>	0.400	Km	Lunghezza percorso più lungo del bacino
<b>hm</b>	637.88	mslm	Altitudine media del bacino
<b>ho</b>	289	mslm	Altitudine sezione di chiusura
<b>ε</b>	1.00	-	Coefficiente di laminazione
<b>φ</b>	0.50	-	Coefficiente di deflusso
<b>a</b>	65.29	-	Parametro funzione del tempo di ritorno
<b>n</b>	0.35	-	Parametro

Per il calcolo del Tempo di  
Corrivazione (Tc)

(Da carte o analisi statistiche)

#### CALCOLI

##### Calcolo del tempo di corrivazione

$$Tc = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{hm - ho}}$$

Tc            0.14    ore

##### Calcolo della portata

$$qc = \frac{1}{3.6} \cdot \phi \cdot \varepsilon \cdot A \cdot a \cdot Tc^{a-1}$$

**Q**            **4.31**        **m<sup>3</sup>/s**

N.B. 3.6 è un fattore di  
conversione per le U.M.

#### NOTE

La formula del tempo di corrivazione è quella di **Giandotti**

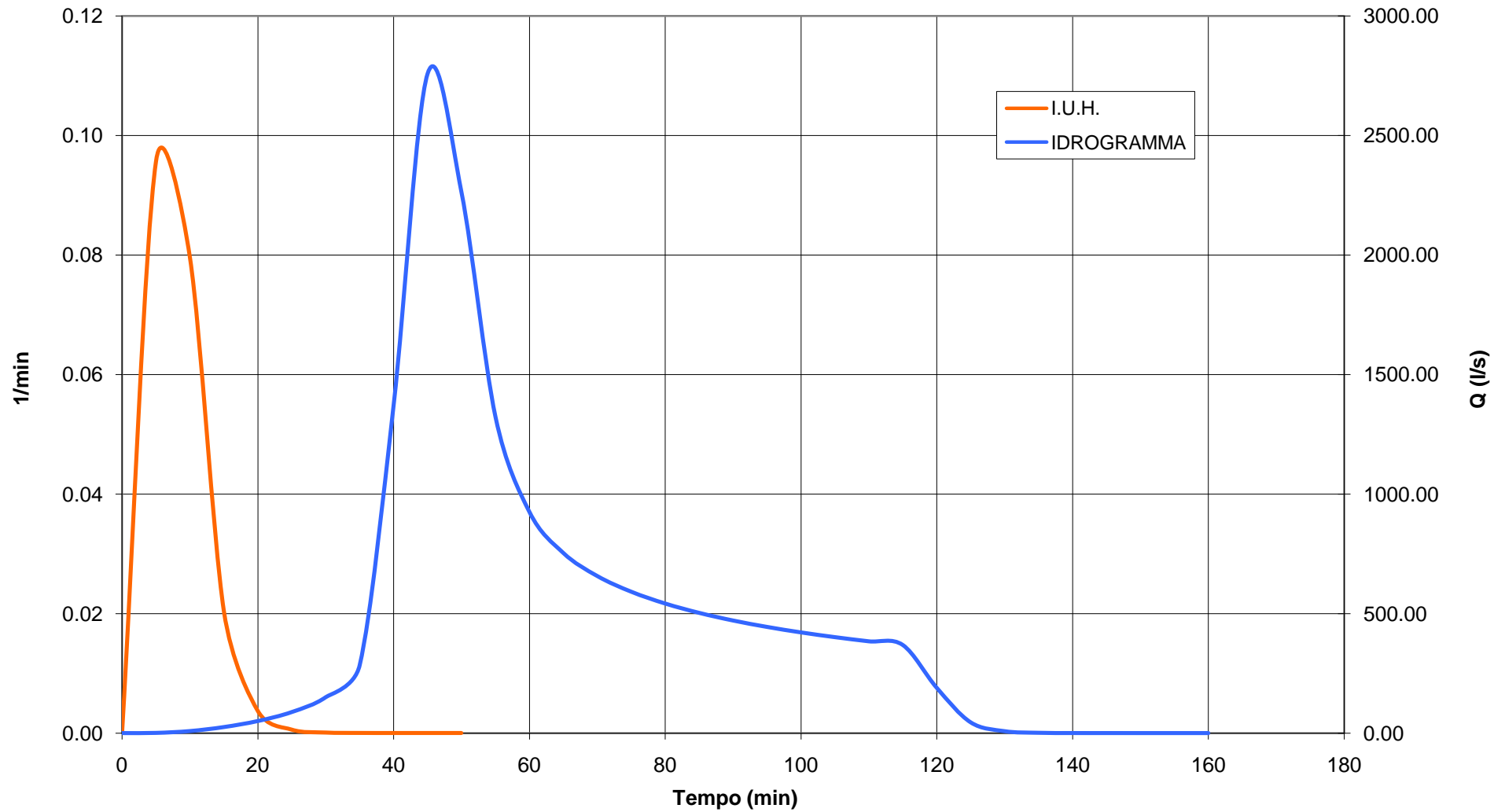
# FORMULA METODO DI NASH

## Bacino H - Semnago

TEMPO	I.U.H. 1/min	IDROGRAMMA l/s
0	0.00	0.00
5	0.10	0.75
10	0.08	8.42
15	0.02	25.12
20	0.00	50.42
25	0.00	87.97
30	0.00	150.07
35	0.00	283.97
40	0.00	1371.38
45	0.00	2757.07
50	0.00	2260.92
55		1322.62
60		924.97
65		753.14
70		656.75
75		591.09
80		541.75
85		502.69
90		470.71
95		443.90
100		421.00
105		401.14
110		383.70
115		368.24
120		189.20
125		44.80
130		7.87
135		1.18
140		0.16
145		0.02
150		0.00
155		0.00
160		0.00
	<b>Σ IUH</b>	<b>Portata al colmo</b>
	1.0	<b>2757.1</b> l/s
		<b>2.76</b> m <sup>3</sup> /s



**IDROGRAMMA CALCOLATO CON IL METODO DI NASH**  
**Bacino H - Semnago**

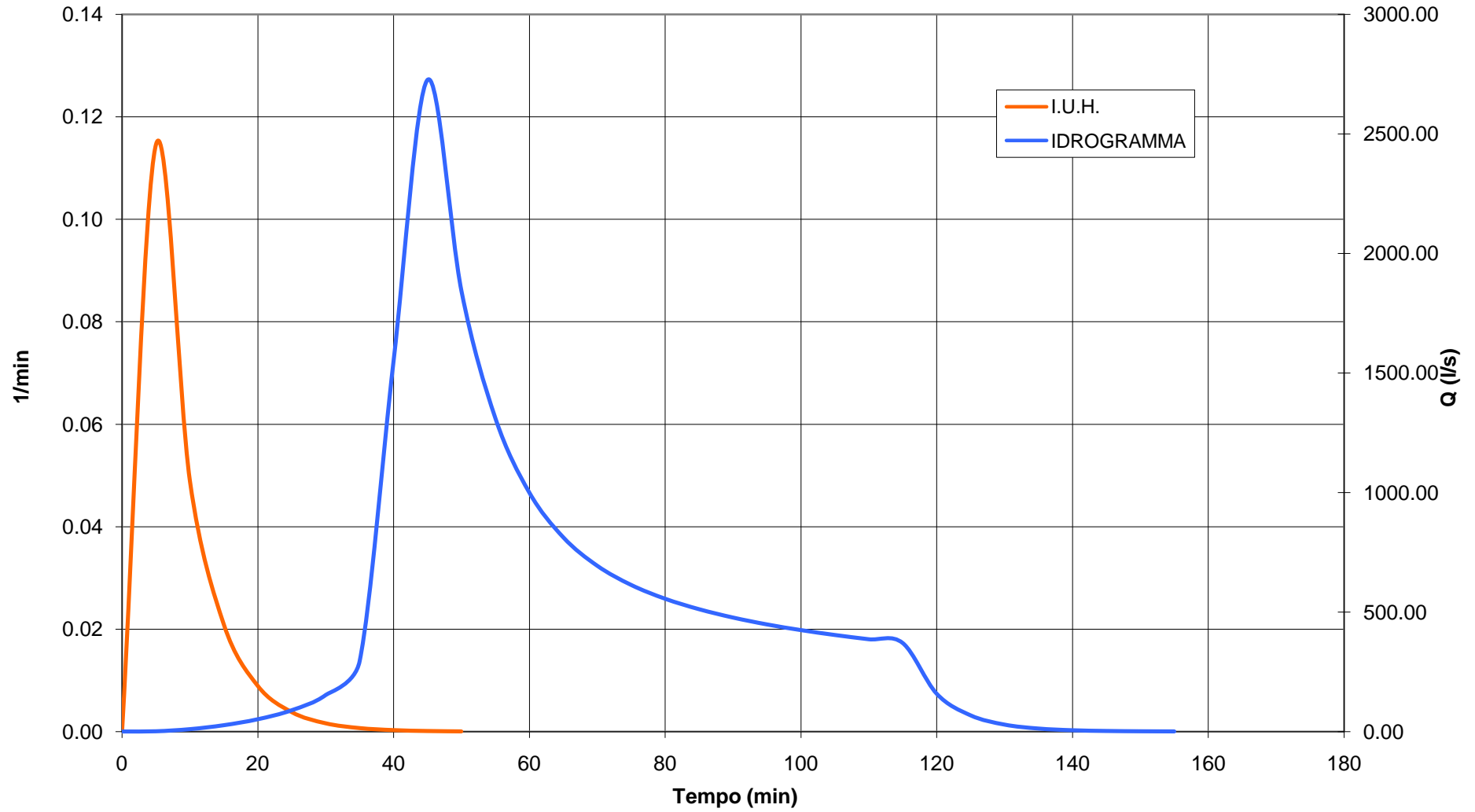


# FORMULA METODO DELL'INVASO

## Bacino H - Semnago

TEMPO	I.U.H. 1/min	IDROGRAMMA l/s
0	0.00	0.00
5	0.11	0.90
10	0.05	9.73
15	0.02	26.29
20	0.01	51.20
25	0.00	88.92
30	0.00	152.54
35	0.00	294.07
40	0.00	1550.88
45	0.00	2726.07
50	0.00	1842.26
55		1310.30
60		999.33
65		812.13
70		693.29
75		612.99
80		555.29
85		511.50
90		476.57
95		447.89
100		424.14
105		403.70
110		385.84
115		370.06
120		158.05
125		67.46
130		28.77
135		12.24
140		5.18
145		2.16
150		0.88
155		0.33
160		0.10
	<b>Σ IUH</b>	<b>Portata al colmo</b>
	1.0	<b>2726.1</b> l/s
		<b>2.73</b> m <sup>3</sup> /s

**IDROGRAMMA CALCOLATO CON IL METODO DI INVASO**  
**Bacino H - Semnago**



**CALCOLO PORTATE**  
**BACINO N11 – SORIANO**



## DATI BACINO

### Bacino N11 - Soriano

#### DATI

##### Parametri geo-morfologici

<b>A</b>	0.16	Km <sup>2</sup>	Area
<b>L</b>	0.50	Km	Lunghezza percorso più lungo del bacino
<b>h max</b>	729.30	m s.l.m.	Altitudine massima del bacino
<b>h med</b>	512.65	m s.l.m.	Altitudine media del bacino
<b>h min</b>	322.60	m s.l.m.	Altitudine sezione di chiusura

##### Parametri pluviometrici

<b>a</b>	65.29	-	Parametro della ccp (funzione del tempo di ritorno)
<b>n</b>	0.35	-	Parametro della ccp

##### Coefficiente di afflusso

<b>φ</b>	0.50	-
----------	------	---

#### CALCOLI

##### Calcolo del tempo di corrivazione (Giandotti)

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{hm - h_0}}$$

T<sub>c</sub>                    0.21    ore  
                          12.00    min

##### Calcolo del parametro k (Metodo dell'invaso)

k                      0.15    ore  
                          8.40    min

##### Calcolo dei parametri k e n (Metodo di Nash)

n                      3.00  
k                      0.05    ore  
                          3.20    min

## FORMULA DI FORTI

Bacino N11 - Soriano

### DATI

A	0.16	Kmq	Area
---	------	-----	------

Per bacini di superficie A inferiore a 1000 km<sup>2</sup>

$$q \max = \frac{500 \cdot b}{A + 125} + a$$

### CALCOLI

a) Bacini con pioggia massima giornaliera mai registrata < 200 mm/giorno

$$\begin{array}{lll} qc & 9.49 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{1.52} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

b) Bacini con pioggia massima giornaliera mai registrata < 400 mm/giorno

$$\begin{array}{lll} qc & 13.98 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{2.24} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

### De Marchi

c) Bacini soggetti a piogge elevatissime (400 mm in 12 ore e oltre) e di superficie fino a circa 150 kmq

$$\begin{array}{lll} qc & 28.97 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{4.64} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

### Scelta del valore che interessa

$$\mathbf{Q} \quad \mathbf{1.52} \quad \mathbf{m}^3/\mathbf{s}$$

### NOTE

La formula ha un interesse per lo più storico, in quanto dedotta in epoca ormai remota e quindi a partire da una base di dati idrometrica molto meno ampia di quella disponibile al giorno d'oggi.

## FORMULA METODI RAZIONALI (afflussi - deflussi)

Bacino N11 - Soriano

### DATI

<b>A</b>	0.160	Km <sup>2</sup>	Area
<b>L</b>	0.500	Km	Lunghezza percorso più lungo del bacino
<b>hm</b>	512.65	mslm	Altitudine media del bacino
<b>ho</b>	323	mslm	Altitudine sezione di chiusura
<b>ε</b>	1.00	-	Coefficiente di laminazione
<b>φ</b>	0.50	-	Coefficiente di deflusso
<b>a</b>	65.29	-	Parametro funzione del tempo di ritorno
<b>n</b>	0.35	-	Parametro

Per il calcolo del Tempo di  
Corrivazione (Tc)

(Da carte o analisi statistiche)

### CALCOLI

Calcolo del tempo di corrivazione

$$Tc = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{hm - ho}}$$

Tc            0.21    ore

Calcolo della portata

$$qc = \frac{1}{3.6} \cdot \phi \cdot \varepsilon \cdot A \cdot a \cdot Tc^{a-1}$$

**Q**            **3.97**        **m<sup>3</sup>/s**

N.B. 3.6 è un fattore di  
conversione per le U.M.

### NOTE

La formula del tempo di corrivazione è quella di **Giandotti**

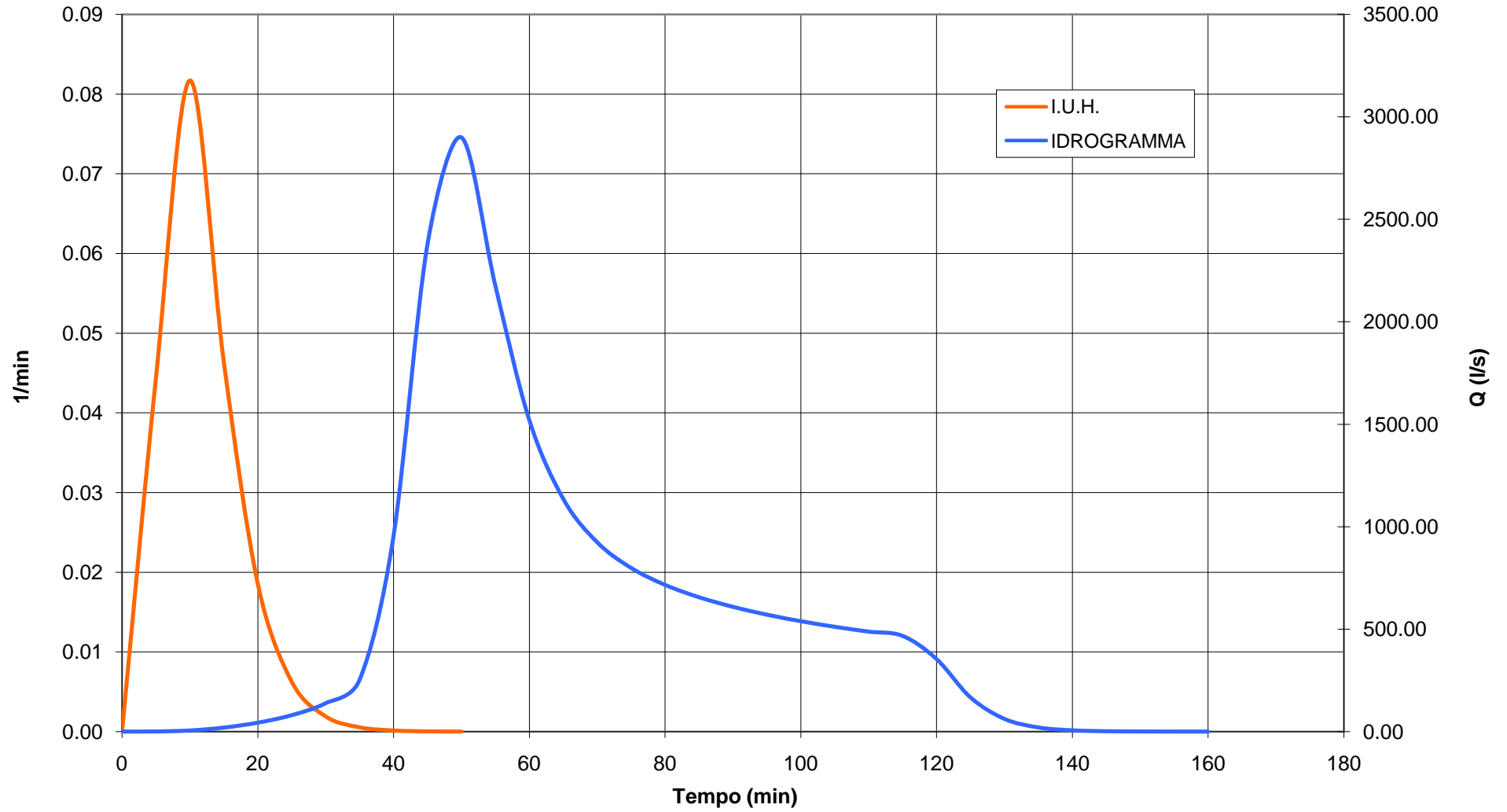
# FORMULA METODO DI NASH

## Bacino N11 - Soriano

TEMPO	I.U.H. 1/min	IDROGRAMMA l/s
0	0.00	0.00
5	0.04	0.43
10	0.08	5.24
15	0.05	19.20
20	0.02	43.31
25	0.01	79.99
30	0.00	138.43
35	0.00	252.73
40	0.00	954.08
45	0.00	2376.85
50	0.00	2898.98
55		2175.23
60		1520.13
65		1135.58
70		923.69
75		798.47
80		715.75
85		655.52
90		608.59
95		570.42
100		538.51
105		511.23
110		487.54
115		466.71
120		353.84
125		166.77
130		61.91
135		20.08
140		5.97
145		1.67
150		0.44
155		0.11
160		0.02
	<b>Σ IUH</b>	<b>Portata al colmo</b>
	1.0	<b>2899.0</b> l/s
		<b>2.90</b> m <sup>3</sup> /s



**IDROGRAMMA CALCOLATO CON IL METODO DI NASH**  
**Bacino N11 - Soriano**



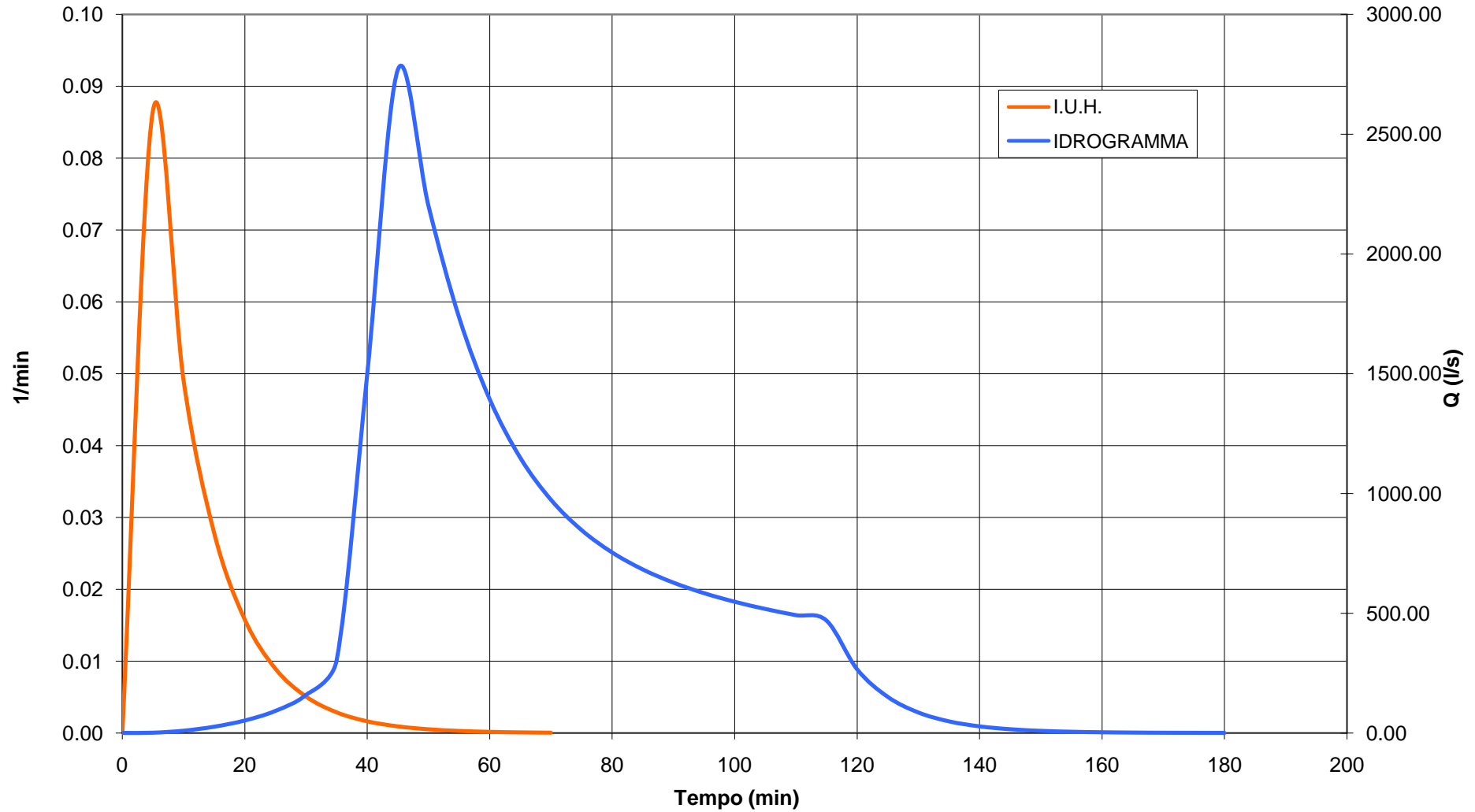
Studio G.E.A. di S. Ghilardi C.  
Via Tezze 1/A 24020 Ranica (BG)  
Tel. e Fax. 035340112 e-mail: [gea@mediacom.it](mailto:gea@mediacom.it)

## FORMULA METODO DELL'INVASO

Bacino N11 - Soriano

TEMPO	I.U.H. 1/min	IDROGRAMMA l/s
0	0.00	0.00
5	0.09	0.84
10	0.05	9.17
15	0.03	25.78
20	0.02	51.79
25	0.01	91.73
30	0.01	158.57
35	0.00	302.83
40	0.00	1497.30
45	0.00	2768.44
50	0.00	2200.58
55	0.00	1734.91
60	0.00	1392.92
65	0.00	1148.38
70	0.00	973.52
75		846.88
80		753.29
85		682.42
90		627.35
95		583.43
100		547.54
105		517.54
110		491.63
115		469.12
120		265.90
125		150.67
130		85.33
135		48.28
140		27.27
145		15.37
150		8.62
155		4.80
160		2.64
165		1.41
170		0.72
175		0.34
180		0.12
	<b>Σ IUH</b>	<b>Portata al colmo</b>
	1.0	<b>2768.4</b> l/s
		<b>2.77</b> m <sup>3</sup> /s

**IDROGRAMMA CALCOLATO CON IL METODO DI INVASO**  
**Bacino N11 - Soriano**



**CALCOLO PORTATE**  
**BACINO N3 – SORIANO**



## DATI BACINO

### Bacino N3 - Soriano

#### DATI

##### Parametri geo-morfologici

<b>A</b>	0.12	Km <sup>2</sup>	Area
<b>L</b>	0.62	Km	Lunghezza percorso più lungo del bacino
<b>h max</b>	796.80	m s.l.m.	Altitudine massima del bacino
<b>h med</b>	574.76	m s.l.m.	Altitudine media del bacino
<b>h min</b>	360.00	m s.l.m.	Altitudine sezione di chiusura

##### Parametri pluviometrici

<b>a</b>	65.29	-	Parametro della ccp (funzione del tempo di ritorno)
<b>n</b>	0.35	-	Parametro della ccp

##### Coefficiente di afflusso

<b>φ</b>	0.50	-
----------	------	---

#### CALCOLI

##### Calcolo del tempo di corrivazione (Giandotti)

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{hm - h_0}}$$

T<sub>c</sub>                    0.20    ore  
                          11.00    min

##### Calcolo del parametro k (Metodo dell'invaso)

k                      0.14    ore  
                          7.70    min

##### Calcolo dei parametri k e n (Metodo di Nash)

n                      3.00  
k                      0.05    ore  
                          2.96    min

## FORMULA DI FORTI

### Bacino N3 - Soriano

#### DATI

A	0.12	Kmq	Area
---	------	-----	------

Per bacini di superficie A inferiore a 1000 km<sup>2</sup>

$$q_{\max} = \frac{500 \cdot b}{A + 125} + a$$

#### CALCOLI

a) Bacini con pioggia massima giornaliera mai registrata < 200 mm/giorno

$$\begin{array}{lll} q_c & 9.49 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{1.14} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

b) Bacini con pioggia massima giornaliera mai registrata < 400 mm/giorno

$$\begin{array}{lll} q_c & 13.99 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{1.68} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

#### De Marchi

c) Bacini soggetti a piogge elevatissime (400 mm in 12 ore e oltre) e di superficie fino a circa 150 kmq

$$\begin{array}{lll} q_c & 28.98 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{3.48} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

#### Scelta del valore che interessa

$$\mathbf{Q} \quad \mathbf{1.14} \quad \mathbf{m}^3/\mathbf{s}$$

#### NOTE

La formula ha un interesse per lo più storico, in quanto dedotta in epoca ormai remota e quindi a partire da una base di dati idrometrica molto meno ampia di quella disponibile al giorno d'oggi.

## FORMULA METODI RAZIONALI (afflussi - deflussi)

Bacino N3 - Soriano

### DATI

<b>A</b>	0.120	Km <sup>2</sup>	Area
<b>L</b>	0.620	Km	Lunghezza percorso più lungo del bacino
<b>hm</b>	574.76	mslm	Altitudine media del bacino
<b>ho</b>	360	mslm	Altitudine sezione di chiusura
<b>ε</b>	1.00	-	Coefficiente di laminazione
<b>φ</b>	0.50	-	Coefficiente di deflusso
<b>a</b>	65.29	-	Parametro funzione del tempo di ritorno
<b>n</b>	0.35	-	Parametro

Per il calcolo del Tempo di  
Corrivazione (Tc)

(Da carte o analisi statistiche)

### CALCOLI

Calcolo del tempo di corrivazione

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{hm - ho}}$$

Tc            0.20    ore

Calcolo della portata

$$q_c = \frac{1}{3.6} \cdot \phi \cdot \varepsilon \cdot A \cdot a \cdot T_c^{a-1}$$

**Q**            **3.13**        **m<sup>3</sup>/s**

N.B. 3.6 è un fattore di  
conversione per le U.M.

### NOTE

La formula del tempo di corrivazione è quella di **Giandotti**

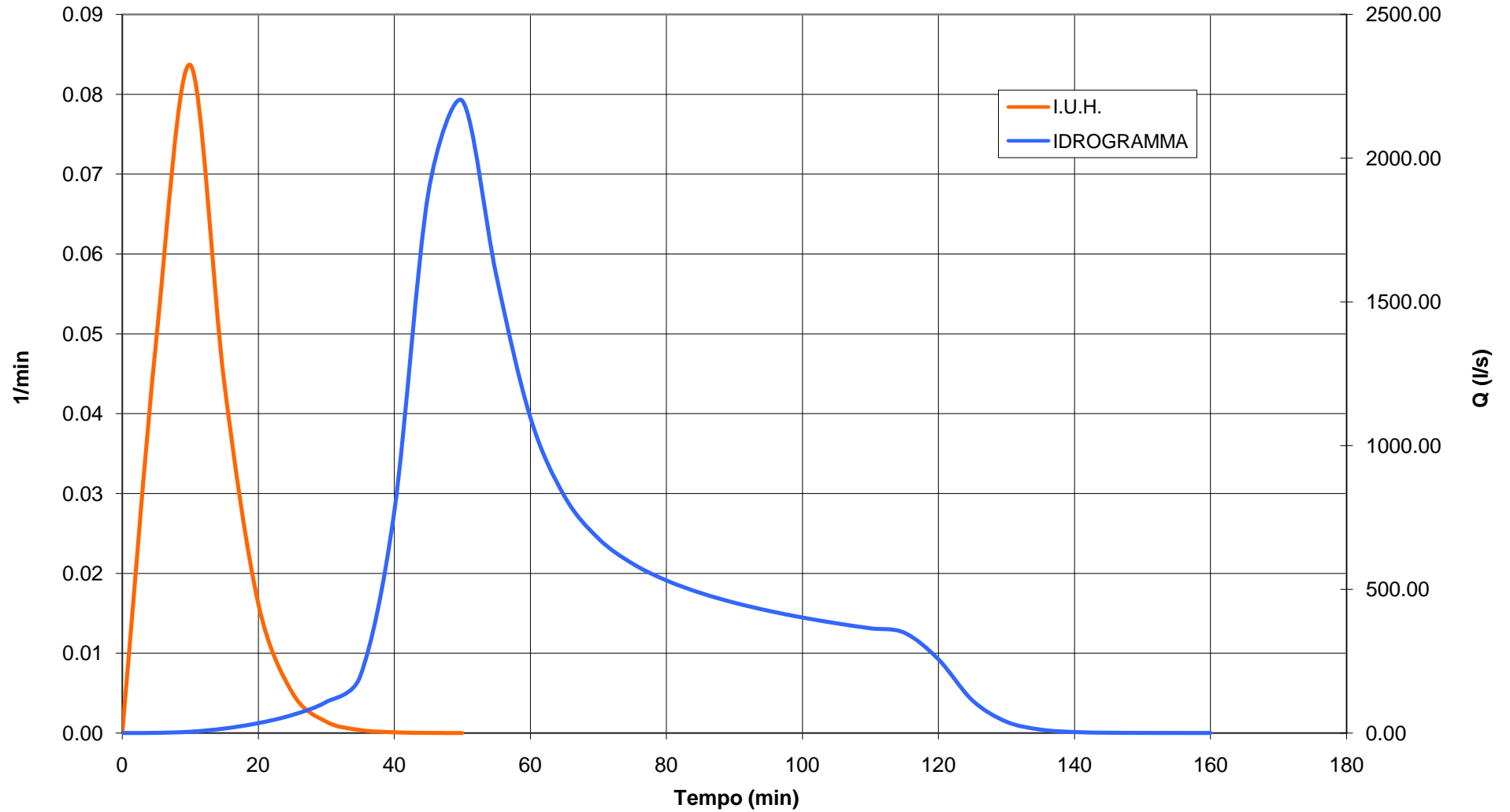
# FORMULA METODO DI NASH

## Bacino N3 - Soriano

TEMPO	I.U.H. 1/min	IDROGRAMMA l/s
0	0.00	0.00
5	0.05	0.36
10	0.08	4.31
15	0.04	15.39
20	0.02	34.18
25	0.01	62.60
30	0.00	108.02
35	0.00	197.90
40	0.00	770.54
45	0.00	1877.88
50	0.00	2198.81
55		1591.14
60		1097.80
65		824.14
70		676.78
75		589.32
80		530.60
85		487.20
90		453.04
95		425.08
100		401.59
105		381.47
110		363.96
115		348.55
120		256.37
125		113.32
130		39.12
135		11.76
140		3.24
145		0.84
150		0.21
155		0.05
160		0.01
	<b>Σ IUH</b>	<b>Portata al colmo</b>
	1.0	<b>2198.8</b> l/s
		<b>2.20</b> m <sup>3</sup> /s



**IDROGRAMMA CALCOLATO CON IL METODO DI NASH**  
**Bacino N3 - Soriano**

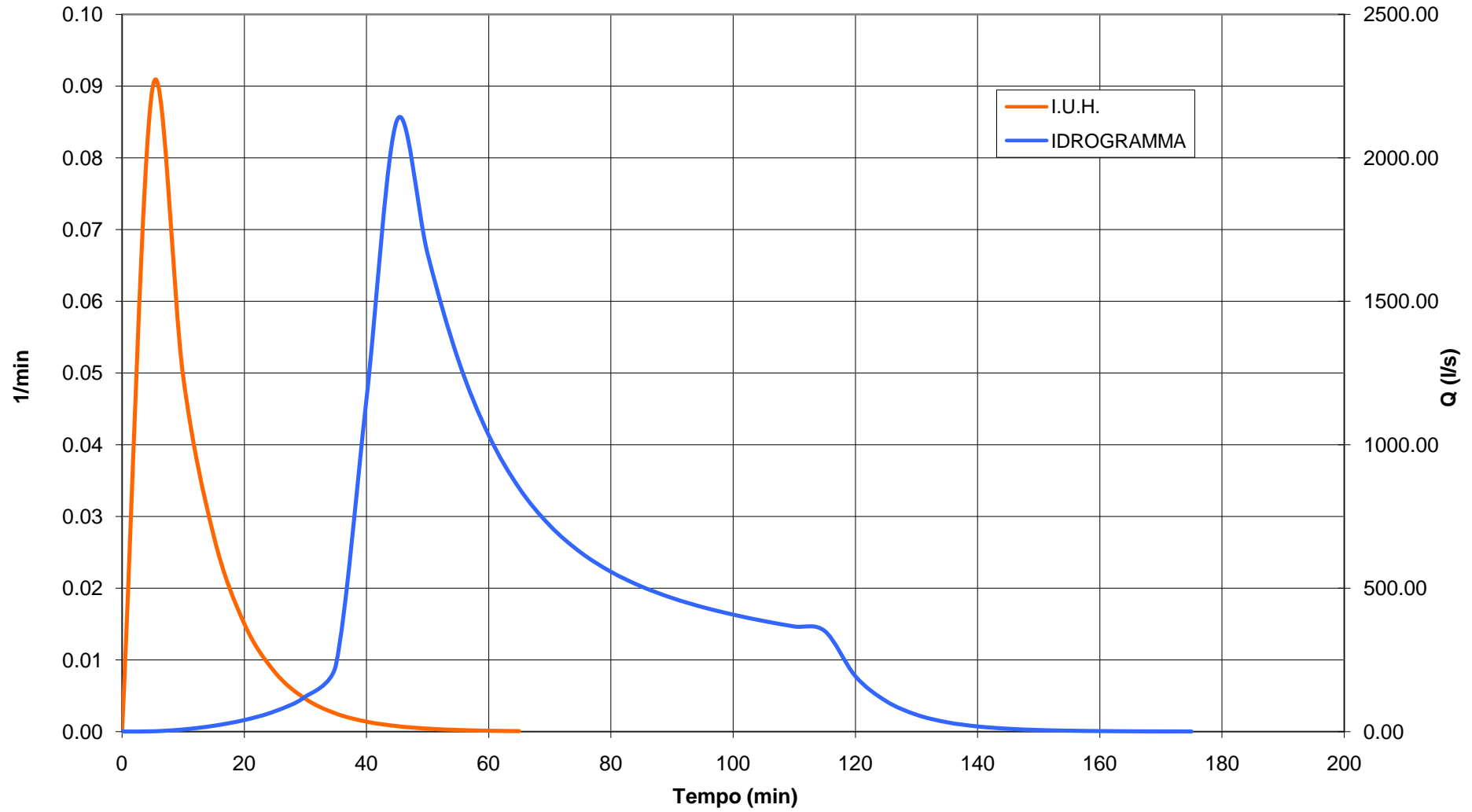


## FORMULA METODO DELL'INVASO

### Bacino N3 - Soriano

TEMPO	I.U.H. 1/min	IDROGRAMMA l/s
0	0.00	0.00
5	0.09	0.65
10	0.05	7.12
15	0.03	19.93
20	0.02	39.89
25	0.01	70.48
30	0.00	121.70
35	0.00	232.63
40	0.00	1158.91
45	0.00	2131.19
50	0.00	1665.12
55	0.00	1296.52
60	0.00	1032.74
65	0.00	848.00
70		718.03
75		625.02
80		556.81
85		505.38
90		465.45
95		433.57
100		407.43
105		385.18
110		366.10
115		350.11
120		192.90
125		106.23
130		58.46
135		32.13
140		17.62
145		9.62
150		5.22
155		2.80
160		1.46
165		0.73
170		0.33
175		0.12
	<b>Σ IUH</b>	<b>Portata al colmo</b>
	1.0	<b>2131.2</b> l/s
		<b>2.13</b> m <sup>3</sup> /s

**IDROGRAMMA CALCOLATO CON IL METODO DI INVASO**  
**Bacino N3 - Soriano**



**CALCOLO PORTATE**  
**BACINO N2 - RONCATE**



## DATI BACINO

### Bacino N2 - Roncate

#### DATI

##### Parametri geo-morfologici

<b>A</b>	0.06	Km <sup>2</sup>	Area
<b>L</b>	0.11	Km	Lunghezza percorso più lungo del bacino
<b>h max</b>	482.90	m s.l.m.	Altitudine massima del bacino
<b>h med</b>	405.57	m s.l.m.	Altitudine media del bacino
<b>h min</b>	343.00	m s.l.m.	Altitudine sezione di chiusura

##### Parametri pluviometrici

<b>a</b>	65.29	-	Parametro della ccp (funzione del tempo di ritorno)
<b>n</b>	0.35	-	Parametro della ccp

##### Coefficiente di afflusso

<b>φ</b>	0.50	-
----------	------	---

#### CALCOLI

##### Calcolo del tempo di corrivazione (Giandotti)

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{hm - h_0}}$$

T<sub>c</sub>                    0.18    ore  
                          10.00    min

##### Calcolo del parametro k (Metodo dell'invaso)

k                        0.13    ore  
                          7.00    min

##### Calcolo dei parametri k e n (Metodo di Nash)

n                        3.00  
k                        0.05    ore  
                          2.71    min

## FORMULA DI FORTI

### Bacino N2 - Roncate

#### DATI

A	0.06	Kmq	Area
---	------	-----	------

Per bacini di superficie A inferiore a 1000 km<sup>2</sup>

$$q_{\max} = \frac{500 \cdot b}{A + 125} + a$$

#### CALCOLI

a) Bacini con pioggia massima giornaliera mai registrata < 200 mm/giorno

$$\begin{array}{lll} q_c & 9.50 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{0.57} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

b) Bacini con pioggia massima giornaliera mai registrata < 400 mm/giorno

$$\begin{array}{lll} q_c & 13.99 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{0.84} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

#### De Marchi

c) Bacini soggetti a piogge elevatissime (400 mm in 12 ore e oltre) e di superficie fino a circa 150 kmq

$$\begin{array}{lll} q_c & 28.99 & \text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Km}^2) \\ \mathbf{Q} & \mathbf{1.74} & \mathbf{m}^3/\mathbf{s} \end{array}$$

#### Scelta del valore che interessa

$$\mathbf{Q} \quad \mathbf{0.57} \quad \mathbf{m}^3/\mathbf{s}$$

#### NOTE

La formula ha un interesse per lo più storico, in quanto dedotta in epoca ormai remota e quindi a partire da una base di dati idrometrica molto meno ampia di quella disponibile al giorno d'oggi.

## FORMULA METODI RAZIONALI (afflussi - deflussi)

### Bacino N2 - Roncate

#### DATI

<b>A</b>	0.060	Km <sup>2</sup>	Area
<b>L</b>	0.110	Km	Lunghezza percorso più lungo del bacino
<b>hm</b>	405.57	mslm	Altitudine media del bacino
<b>ho</b>	343	mslm	Altitudine sezione di chiusura
<b>ε</b>	1.00	-	Coefficiente di laminazione
<b>φ</b>	0.50	-	Coefficiente di deflusso
<b>a</b>	65.29	-	Parametro funzione del tempo di ritorno
<b>n</b>	0.35	-	Parametro

Per il calcolo del Tempo di  
Corrivazione (Tc)

(Da carte o analisi statistiche)

#### CALCOLI

##### Calcolo del tempo di corrivazione

Tc            0.18    ore

$$Tc = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{hm - ho}}$$

##### Calcolo della portata

**Q**            **1.66**        **m<sup>3</sup>/s**

$$qC = \frac{1}{3.6} \cdot \phi \cdot \varepsilon \cdot A \cdot a \cdot Tc^{a-1}$$

N.B. 3.6 è un fattore di  
conversione per le U.M.

#### NOTE

La formula del tempo di corrivazione è quella di **Giandotti**

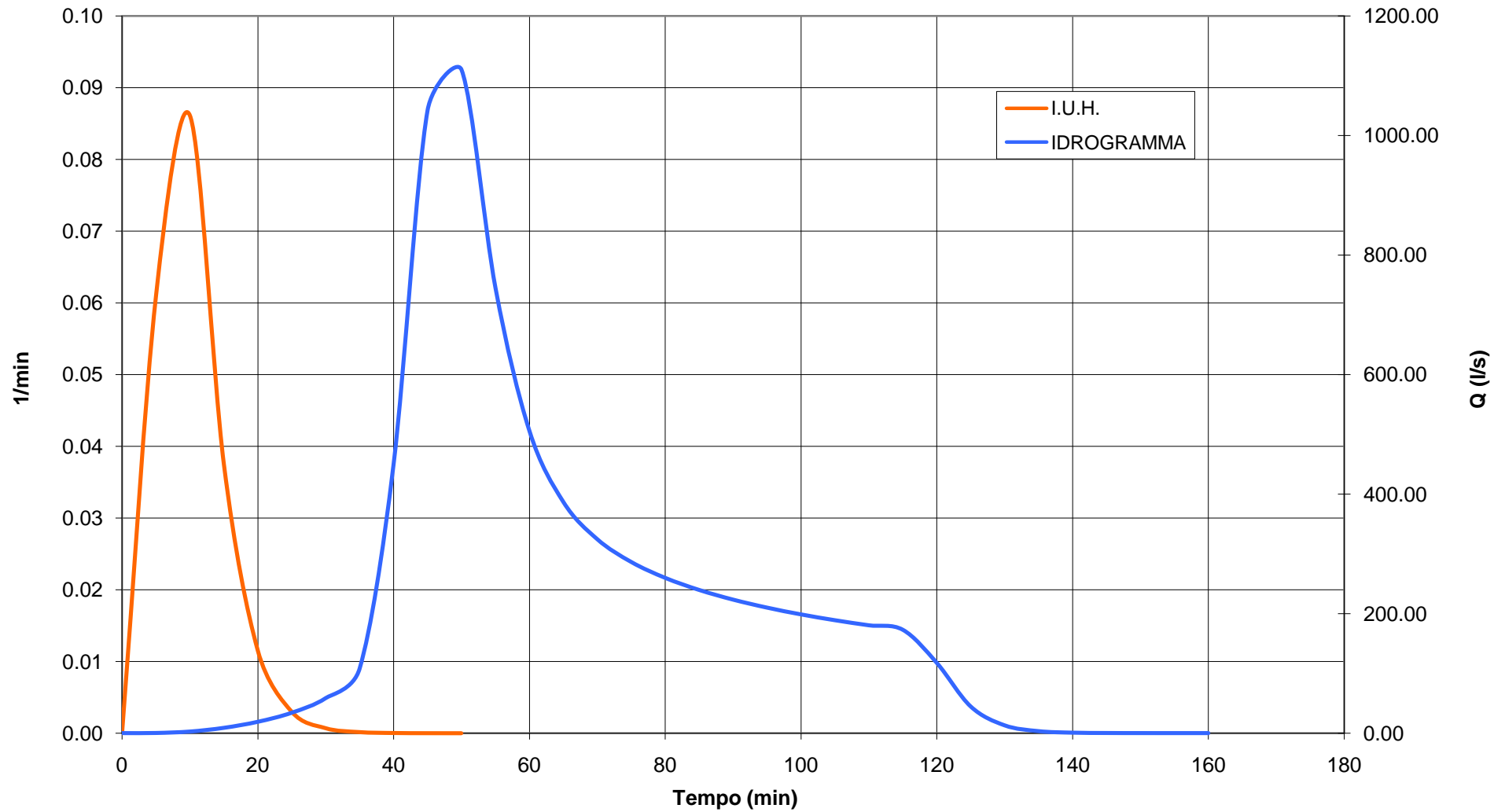
# FORMULA METODO DI NASH

## Bacino N2 - Roncate

TEMPO	I.U.H. 1/min	IDROGRAMMA l/s
0	0.00	0.00
5	0.06	0.22
10	0.09	2.61
15	0.04	8.81
20	0.01	18.94
25	0.00	34.11
30	0.00	58.56
35	0.00	108.21
40	0.00	450.29
45	0.00	1041.75
50	0.00	1109.66
55		744.79
60		505.66
65		386.67
70		324.30
75		286.24
80		259.67
85		239.46
90		223.27
95		209.89
100		198.57
105		188.82
110		180.32
115		172.81
120		117.52
125		44.50
130		12.94
135		3.26
140		0.75
145		0.16
150		0.03
155		0.01
160		0.00
	<b>Σ IUH</b>	<b>Portata al colmo</b>
	1.0	<b>1109.7</b> l/s
		<b>1.11</b> m <sup>3</sup> /s



**IDROGRAMMA CALCOLATO CON IL METODO DI NASH**  
**Bacino N2 - Roncate**

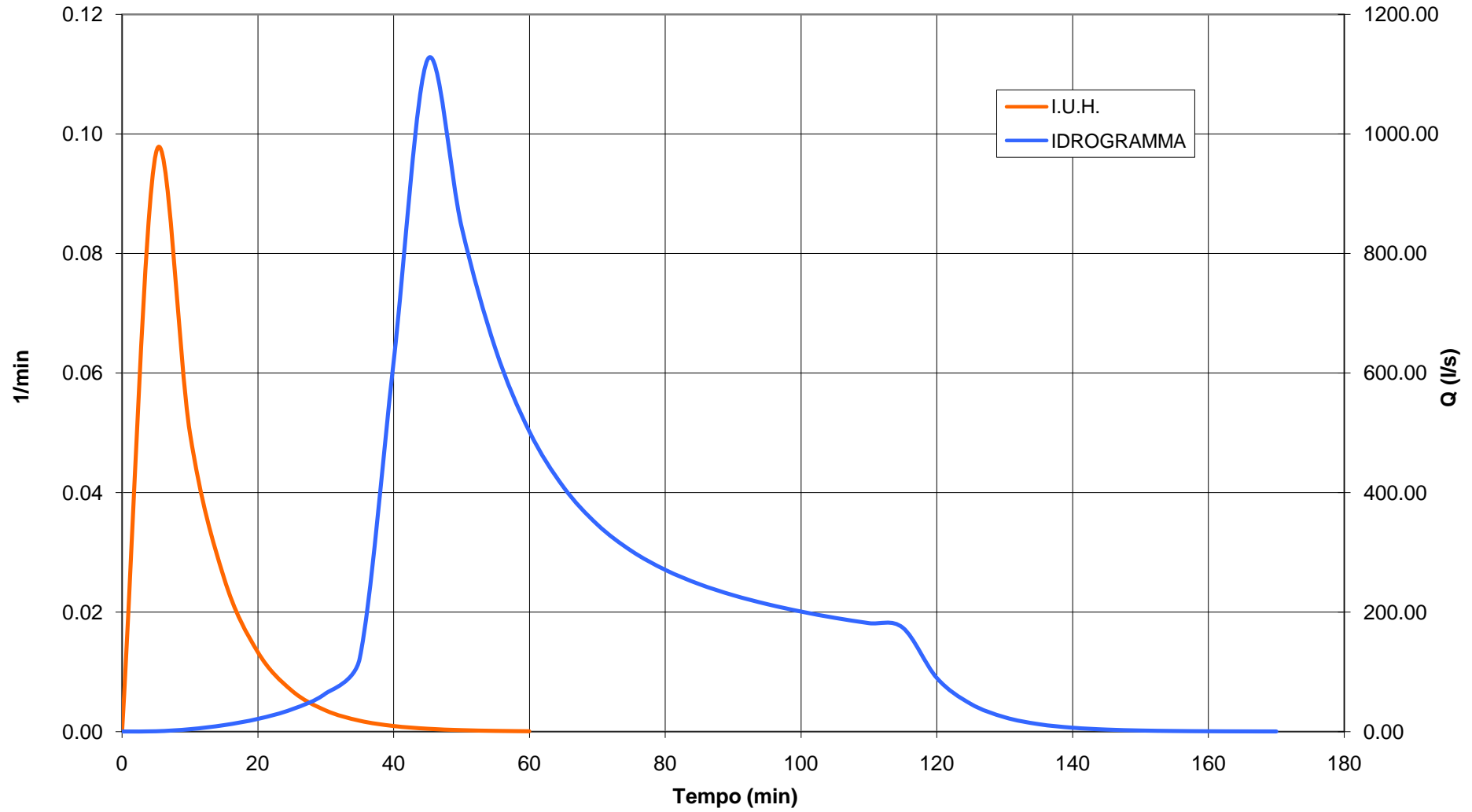


## FORMULA METODO DELL'INVASO

### Bacino N2 - Roncate

TEMPO	I.U.H. 1/min	IDROGRAMMA l/s
0	0.00	0.00
5	0.10	0.35
10	0.05	3.83
15	0.03	10.61
20	0.01	21.06
25	0.01	37.01
30	0.00	63.78
35	0.00	122.18
40	0.00	618.88
45	0.00	1124.13
50	0.00	844.42
55	0.00	639.86
60	0.00	501.65
65		409.12
70		346.21
75		302.23
80		270.41
85		246.53
90		227.96
95		213.05
100		200.60
105		190.05
110		181.24
115		173.53
120		89.50
125		46.14
130		23.77
135		12.22
140		6.27
145		3.20
150		1.61
155		0.80
160		0.38
165		0.17
170		0.06
	<b>Σ IUH</b>	<b>Portata al colmo</b>
	1.0	<b>1124.1</b> l/s
		<b>1.12</b> m <sup>3</sup> /s

**IDROGRAMMA CALCOLATO CON IL METODO DI INVASO**  
**Bacino N2 - Roncate**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

**4.4.2 Riassunto valori di portata al colmo:**

Si è scelto di definire il valore di portata di riferimento, effettuando una media pesata dei valori prima calcolati. Si è dato maggior peso alle formule di Nash e dell'Invaso, e alla formula razionale negli altri casi.

Tipo Formula	Denominazione	M1g	M	M1m	G	H	N11	N3	N2
Empirica	Forti – De Marchi [m <sup>3</sup> /s]	0.85	9.05	4.54	1.04	1.23	1.52	1.14	0.57
Afflussi – deflussi (Qc)	Razionale [m <sup>3</sup> /s]	2.57	16.78	9.69	3.80	4.31	3.97	3.13	1.66
Modelli Lineari	Metodo Nash let. Chicago [m <sup>3</sup> /s]	1.66	12.88	7.27	2.44	2.76	2.90	2.20	1.11
	Metodo Invaso let. Chicago [m <sup>3</sup> /s]	1.73	11.90	6.87	2.38	2.73	2.77	2.13	1.12
Media pesata	[m <sup>3</sup> /s]	1.70	12.55	7.08	2.41	2.75	2.81	2.16	1.12
Area	[km <sup>2</sup> ]	0.09	0.96	0.48	0.11	0.13	0.16	0.12	0.06
Coeff. udometrico	[m <sup>3</sup> /(s * km <sup>2</sup> )]	18.88	13.07	14.76	21.94	21.17	17.55	17.97	18.58



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

## **5 VERIFICHE IDRAULICHE E/O CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE**

### **5.1 METODOLOGIE E VERIFICHE**

I torrenti montani, data la loro alta eterogeneità delle pendenze e della complessità geometrica delle sezioni, presentano una difficile modellazione idraulica; alla luce di ciò, le verifiche sono state condotte a verifiche puntuali, adottando metodologie semplificate (***moto uniforme o condizioni critiche e/o valutazioni geomorfologiche***) facendo uso delle portate di piena calcolate in precedenza.

Tale giudizio è stato effettuato sulla base dell'analisi puntuale dei livelli raggiungibili dalle piene di progetto per il tempo di ritorno prefissato, confrontati o con la geometria della sezione o con l'intradosso dei manufatti. In particolare si è giudicato insufficiente, nel caso dei tratti tombinati di modeste dimensioni (ad esempio tubi circolari), un manufatto che avesse franco inferiore a circa 20 cm. In alcuni casi si accettata la verifica anche se non vi erano i franchi adeguati, a patto che non si riscontrassero rischi di esondazione e i livelli liquidi fossero comunque contenuti al di sotto del piano viabile.

A favore di sicurezza si è preso in considerazione, nel rispetto dell'ipotesi sia di "stato di moto permanente" che di "stato di moto uniforme", che non dipendono dal fattore tempo, l'inviluppo dei livelli idrici nelle varie sezioni, associato ai diversi valori di portata temibile. Ciò presuppone che l'apporto di volumi idrici e dei conseguenti livelli sia costante ed inesauribile nel tempo, quando invece la



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

realità suggerirebbe che nel caso di esondazione per insufficienza in un determinato tratto di un corso d'acqua, la portata (e quindi i livelli) nel tratto successivo potrebbero risultare ridotti. Non si tiene conto quindi della laminazione e del volume d'acqua che può transitare, seppur con velocità ridotte, sulle aree rialzate a margine, costituite talvolta da strade e talvolta da aree verdi.

Successivamente all'analisi delle criticità di tipo idraulico e/o geomorfologico il sistema-bacino è stato studiato in maniera integrata cercando, per quanto ad oggi possibile, di miscelare le conoscenze acquisite anche mediante appositi sopralluoghi.

Ai fini dell'analisi del grado di rischio e della mappatura delle aree potenzialmente soggette ad inondazioni, nell'ambito della riduzione delle fasce di rispetto, per quanto molto semplificata e prudentiale appare senz'altro accettabile.

E' importante segnalare ancora che tutte le verifiche sono state effettuate nell'ipotesi di "fluido ideale", in assenza cioè di trasporto solido al fondo e/o di materiale galleggiante trascinato dalla corrente. Del trasporto in sospensione si è parzialmente tenuto conto inasprendo i coefficienti di resistenza al moto, come usualmente operato nella pratica corrente.

Per quanto concerne le verifiche a moto uniforme, sono state eseguite utilizzando la formula di resistenza di Gauckler – Strickler (o Manning) o quella di Bazin, che è una fra quelle che danno maggiore affidabilità per casi analoghi



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

a quello da noi esaminato.

Come già anticipato, la verifica idraulica è stata svolta mediante moto uniforme (formula di Chezy):

$$Q_0 = A \cdot k_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Dove,

A = Area della sezione bagnata di verifica;

Ks = Coefficiente di scabrezza di Strickler;

R = Raggio idraulico;

i = Pendenza del tratto analizzato;

L'utilizzo della formula prevede quindi la stima di alcuni parametri di base quali:

- Le dimensioni dei canali di scolo;
- Il valore di scabrezza adottato in funzione della tipologia di condotta o di terreno interessato dal calcolo;
- La pendenza del tratto esaminato, che per le opere verificate è ricavata dai dati a disposizione e da rilievi puntuali.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

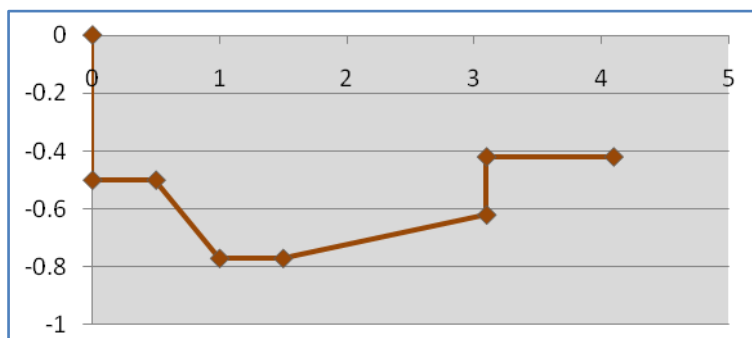
---

## 5.2 ESEMPIO DI CALCOLO

Nel seguito verrà presentato lo schema di verifica per una sezione generica; successivamente verranno invece esposti in maniera sintetica i risultati ottenuti.

### 5.2.1 Sezioni

Durante i sopralluoghi sul posto, mediante l'utilizzo di specifici strumenti, sono state stimate diverse sezioni trasversali al corso d'acqua nei punti maggiormente critici (cambio di pendenza, restringimenti, cambio di scabrezza, attraversamenti, tombotti, etc.).



*Figura 2 - Esempio di sezione rilevata.*

### 5.2.2 Pendenza

Oltre alla stima della sezione è stata stimata la pendenza del tratto considerato mediante inclinometro o rilievo topografico speditivo. Per poter utilizzare nelle verifiche idrauliche il dato di pendenza espresso in gradi, è stato necessario convertirlo in percentuale di inclinazione, come espresso nell'esempio di seguito esposto:





**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

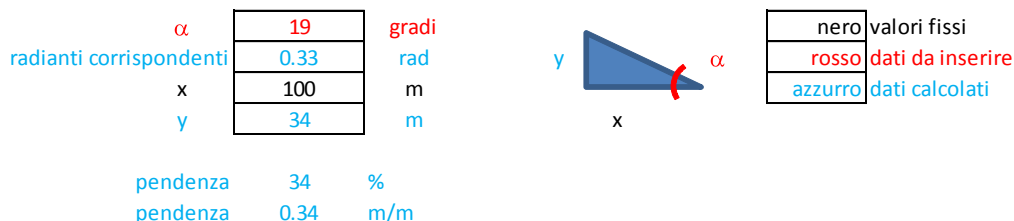


Figura 3 - Esempio di foglio di calcolo per la stima della pendenza in percentuale.

**5.2.3 Scabrezza**

La scabrezza è stata ricavata considerando il livello di vegetazione ed il grado di resistenza al moto del fondo alveo e delle sponde. Nelle verifiche idrauliche, esso è espresso dal coefficiente di manning “n” ( $s/m^{1/3}$ ).

**5.2.4 Risultato**

Si ottiene così un livello idrico riferito alla quota di fondo alveo. Nell’immagine seguente viene mostrato un esempio dei risultati ottenibili dal foglio di calcolo implementato.

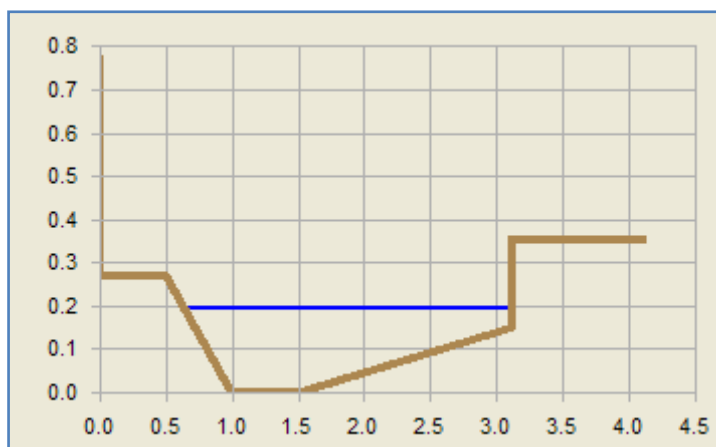


Figura 4 - Sezione di verifica con indicazione del livello in moto uniforme stimato.

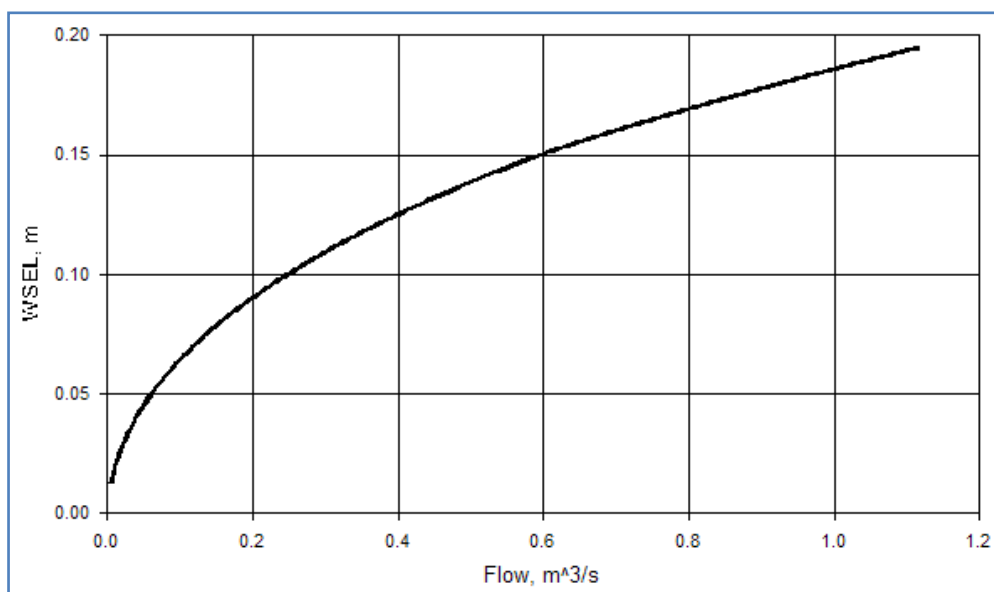


**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

**RISULTATI**

Hydraulic Design Data - Uniform Flow Results

<b>PARAMETRI</b>	<b>VALORE</b>
<b>Flow</b>	1.12 m <sup>3</sup> /s
<b>WSElev</b>	0.195 m
<b>Slope</b>	0.27 m/m
<b>Velocity</b>	3.45 m/s
<b>Velocity Head</b>	0.606 m
<b>Flow Area</b>	0.325 m <sup>2</sup>
<b>Wetted Perimeter</b>	2.56 m
<b>Hydraulic Radius</b>	0.127 m
<b>Top Width</b>	2.46 m
<b>Froude Number</b>	3.03
<b>Critical WSElev</b>	0.361 m



*Figura 5 - Esempio della curva di portata ottenuta.*

**Altezza moto uniforme calcolata rispetto al fondo = 0.195 m**

**Altezza di stato critico calcolata rispetto al fondo = 0.361 m**



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

### 5.3 RISULTATI MODELLAZIONE IDRAULICA

Di seguito si riporta per ogni torrente analizzato un riassunto delle elaborazioni eseguite e dei risultati ottenuti.

Tale schema viene rappresentato mediante una tabella dove sono indicati i nomi delle sezioni analizzate, la portata utilizzata per la verifica idraulica e il risultato della stessa verifica, rappresentato da un colore, così come di seguito specificato.

COLORE DI RIFERIMENTO	INDICAZIONE
	La verifica ha dato risultati accettabili da un punto di vista di compatibilità idraulica. La sezione risulta quindi verificata e non necessita di particolari interventi se non l'ordinaria manutenzione. <u>In tale tratto si ritiene possibile la riduzione della fascia di rispetto.</u>
	La verifica idraulica ha dato risultati al limite della sicurezza. La sezione e il punto di interesse, necessitano o di alcuni interventi migliorativi, e/o di costanti manutenzioni ordinarie e/o straordinarie. <u>In tale tratto si ritiene possibile la riduzione della fascia di rispetto a fronte della realizzazione degli interventi migliorativi.</u>
	La verifica ha dato risultati non accettabili da un punto di vista di compatibilità idraulica. La sezione risulta quindi non verificata. E' necessaria la revisione del tratto di interesse e una sua previsione di sistemazione. <u>In tale tratto non si ritiene possibile la riduzione della fascia di rispetto.</u>



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

Si ricorda che la realizzazione degli interventi migliorativi deve essere soggetta ad una progettazione esecutiva delle opere per l'ottenimento dell'autorizzazione necessaria all'esecuzione degli stessi.

Tale progettazione dovrà tener conto delle reali problematiche sito-specifiche e prevedere delle sistemazioni che utilizzino preferibilmente tecniche di ingegneria naturalistica.

Si può fare riferimento alle tipologie presenti nel "quaderno opere tipo di ingegneria naturalistica"



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

**5.3.1 M1 - GALLIO**

Sezione	Portata analizzata	Esito verifica
S1	1.7 m <sup>3</sup> /s	
S2		
S3		
Pass. Pedonale (A)		
Tombotto (B)		

Il presente torrente risulta essere verificato.

**5.3.2 M - NOLEDO**

Sezione	Portata analizzata	Esito verifica
Pass. Pedonale (A)	12.55 m <sup>3</sup> /s	
S1		
B		
S2		

Il presente torrente risulta essere verificato.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

**5.3.3 M1 - MARENA**

Sezione	Portata analizzata	Esito verifica
S1	7.08 m <sup>3</sup> /s	Verificata
S2 - Tombotto (A)		Verificata
S3		Verificata
S4 - Tombotto (B)		Non verificata
S5		Verificata
S6 - Tombotto (C)		Verificata
S7 - Ponte (D)		Verificata
S8 - Passerella Ped. (E)		Verificata

La sezione S4, posta all'imbocco del tombotto (B), risulta non essere verificata. La sezione non è in grado di accogliere la portata in arrivo, causando una fuoriuscita della piena in destra idraulica. Essendo la sezione posta all'interno di un centro abitato, si potrebbero generare allagamenti delle civili abitazioni poste in fregio e appena a valle dalla sezione analizzata. Le presenti condizioni dell'alveo non permettono la riduzione della fascia di rispetto.

La sezione S6-Tombotto (C), risulta essere verificata, ma non vi è il rispetto del franco minimo. In tale sezione andranno eseguiti degli interventi migliorativi e/o di manutenzioni ordinarie/straordinarie.

Le altre sezioni risultano essere completamente verificate.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

**5.3.4 G - PEZZO**

Sezione	Portata analizzata	Esito verifica
Tombotto (A)	2.41 m <sup>3</sup> /s	
S1		
S2		
S3		
S4		
Ponte (B)		
S5		

Il Ponte (B) risulta verificato, ma senza il rispetto del franco minimo. E' opportuna la sistemazione del suddetto ponte, ampliando la sezione utile al deflusso della portata di piena.

La sezione S5 risulta essere verificata, ma a causa della possibile ostruzione della griglia presente appena a valle, andranno eseguiti degli interventi migliorativi e/o di manutenzioni ordinarie/straordinarie.

Le altre sezioni risultano essere completamente verificate.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

**5.3.5 H - SEMNAGO**

Sezione	Portata analizzata	Esito verifica
Ponte (A)	2.75 m <sup>3</sup> /s	Verifica
Tombotto (B)		Verifica
S1		Verifica
S2		Non verificata
S3		Non verificata
S4		Verifica

Il ponte (A), a seguito della presenza di una cospicua quantità di materiale trasportato, risulta verificata, ma senza il rispetto del franco idraulico minimo. Per tali motivi, in tale sezione andranno eseguiti degli interventi migliorativi e/o di manutenzioni ordinarie/straordinarie.

Le sezioni S2 e S3, non risultano verificate, a causa della bassa altezza della sponda in destra idraulica. La sezione S4, sebbene la sua positiva verifica idraulica, è stata inserita senza la riduzione della fascia; ciò è dovuto in quanto l'acqua esondata nelle sezioni appena a monte potrebbe allagare (per via della morfologia del sito) anche le zone poste in fregio alla sezione S4.

Le altre sezioni risultano essere completamente verificate.





**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

**5.3.6 N11 - SORIANO**

Sezione	Portata analizzata	Esito verifica
Tombotto (A)	2.81 m <sup>3</sup> /s	Red
Tombotto (B)		Red
S1		Red
Tombotto (C)		Red
S2		Green
Tombotto (D)		Yellow
S3		Green
S4		Green
Tombotto (E)		Yellow
S5		Green
S6		Yellow

Lo studio ha rilevato che le fasce di rispetto tra il tombotto (A) ed il tombotto (C) non possono essere ridotte a causa della loro assenza di verifica idraulica.

Il tombotto (D) risulta essere verificato idraulicamente, ma senza il rispetto del franco minimo. In tale sezione andranno eseguiti degli interventi migliorativi e/o di manutenzioni ordinarie/straordinarie.

Il Tombotto (E) risulta essere verificato, ma senza il rispetto del franco minimo. In tale sezione andranno eseguiti degli interventi migliorativi e/o di manutenzioni ordinarie/straordinarie (rifacimento della passerella pedonale con sezione più ampia).

La sezione S6 risulta essere verificata idraulicamente, ma con necessità di piccole opere di sistemazione fluviale.

Le altre sezioni risultano essere completamente verificate.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

**5.3.7 N3 - SORIANO**

Sezione	Portata analizzata	Esito verifica
S1	2.16 m <sup>3</sup> /s	Verificato
Passerella Pedonale (A)		Verificato
S2		Da verificare
S3		Verificato
S4		Da verificare
S5		Verificato
Passerella Pedonale (B)		Verificato
S6 - Tombotto (C)		Non verificato
S7		Verificato
S8		Verificato
S9		Verificato
S10		Verificato
S11		Verificato
Ponte (D)		Da verificare

Le sezioni S2 e S4 risultano verificate idraulicamente, ma con necessità di piccole opere di sistemazione fluviale.

Il tombotto (C) non risulta essere verificato idraulicamente, causa la sua esigua sezione e la sua possibile ostruzione durante gli eventi di piena.

Il ponte (D) è stato verificato idraulicamente, si necessita un miglioramento dell'efficienza idraulica.

Le altre sezioni risultano essere completamente verificate.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

**5.3.8 N2 - RONCATE**

Sezione	Portata analizzata	Esito verifica
S1	1.12 m <sup>3</sup> /s	Verificata
S2		Verificata
S3		Non verificata
S4		Verificata
S5		Verificata
S6		Verificata
S7		Verificata
Passerella Pedonale (A)		Verificata
S8		Verificata
S9		Verificata
Ponte Pedonale (B)		Verificata
Ponte Pedonale (C)		Verificata

La sezione S3 necessita di un piccolo miglioramento spondale per garantire il deflusso della portata di piena.

Le altre sezioni risultano essere completamente verificate.



**STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO**

---

## **6 CONCLUSIONI**

Lo studio idraulico condotto per la migliore definizione delle fasce fluviali, ha permesso di acquisire una approfondita conoscenza della situazione in essere sul territorio comunale del Comune di San Siro.

Tali conoscenze e le risultanze dello studio devono essere interpretate non come un punto di arrivo, nel senso della conquista di una maggior capacità di utilizzo del territorio, ma come un punto di partenza per avviare tutte quelle procedure, controlli e monitoraggi necessari per un'area a così elevata sensibilità.

Si auspica pertanto che, oltre alla miglior definizione del reticolo minore e delle fasce ad esso connesse, questo lavoro possa permettere di avviare una serie di programmi attuativi ,volti:

- **Alla individuazione delle aree più vulnerabili**, aggiungendo così un indispensabile supporto al Piano di protezione Civile.
- **Alla messa in atto di sistemi di controllo e monitoraggio**, che possono essere realizzati costantemente, sia dai tecnici comunali sia dai volontari che, operando in modo conscio sul territorio, possono fornire un utile e indispensabile contributo alla prevenzione dei rischi.
- **Alla attuazione delle opere previste all'interno di questo lavoro**, anche in un lasso di tempo più lungo, ma all'interno di una precisa programmazione sia economica che temporale.



***STUDIO IDROLOGICO – IDRAULICO***

---

Si ricorda infine che l'individuazione del reticolo ha delle finalità che non sono esclusivamente di tipo vincolistico, ma che devono essere lette, alla luce di una più corretta e più razionale utilizzazione del territorio, sia in termini ambientali che in termini idrogeologici.

Ranica, Febbraio 2010

Dott. Geol. Sergio Ghilardi

Dott. Ing. Francesco Ghilardi

