



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Corso di laurea in :

Riassetto del Territorio e Tutela del Paesaggio

Modellazione idrologica e trasporto del legname  
nei torrenti rio Val Scura e rio Rì  
in Provincia di Trento

Relatore:

**Dr. Gregoretto Carlo**

Correlatore

**Dr. Degetto Massimo**

Laureando:

**Alberti Ruggero**

Matricola n.

**623717**

ANNO ACCADEMICO 2011 – 2012



*“Un fiume in piena può lavorare per noi,  
può costruire per noi delle ottime briglie,  
con dei materiali che non costano niente,  
e che anzi sarebbe pericoloso lasciar correre a valle”*

*Monnet (Francia, 1952)*



## Ringraziamenti

All'esecuzione di questo lavoro di tesi hanno contribuito varie persone ed enti. Si ringrazia in modo particolare:

- *Servizio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Trento* nelle persone del dott. Manica per aver concesso:
  - la contultazione dell'archivio dati opere e catasto dei bacini idrografici del torrente Centa- rio Rì e del rio Val Scura;
  - la consultazione del Piano di Bacino del torrente Centa;
  - la disponibilità dei dati vettoriali del reticolo idrografico e della geo-litologia;
  - la disponibilità a posizionare misuratori di portata lungo le aste del rio Rì e della Val Scura;
  - la disponibilità a fornire dati e informazioni utili riguardanti i bacini idrografici studiati.
- *La Provincia Autonoma di Trento* e nello specifico il sito web cartografico da dove è stato possibile prelevare
  - le cartografie raster del DTM da volo LiDAR del 2009.
  - alcune carte tematiche del territorio appartenenti al PUP (Piano Urbanistico Provinciale) disponibili liberamente.
- Il *dott. Degetto Massimo* e il dott. Ing. *Gregoretti Carlo* per la loro costante assistenza e disponibilità nell'elaborazione di questo lavoro.
- Il *dott. Grisotto Silvio* per aver concesso la consultazione del Piano degli Interventi di Sistemazione Idraulico – Forestale del torrente Centa (2004).
- Il *geologo Sperandio Alessandro* per aver fornito importanti consulenze per l'analisi degli aspetti geologici dei bacini oggetto di studio.
- Il *dott. Unterrichter Alessandro* (direttore del Ufficio Disrettuale del Servizio Foreste e Fauna della Provincia Autonoma di Trento di Pergine Valsugana) per aver concesso il materiale connesso agli aspetti vegetazionali dei bacini.
- La mia famiglia e tutti gli amici per il supporto fornito durante tutto il periodo di elaborazione di questo lavoro di tesi.



## Indice

	<b>Introduzione</b> .....	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Inquadramento geografico della zona</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Geologia, stratigrafia e tettonica</b> .....	<b>5</b>
2.1	Idrogeologia e sorgenti .....	13
<b>3</b>	<b>Aspetti climatologici e vegetazionali</b> .....	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Il bacino del Rio Rì o Rio Val dei Laresi</b> .....	<b>23</b>
4.1	Rio Rì: analisi morfometrica del bacino .....	24
4.2	Rio Rì: analisi storica degli eventi alluvionali .....	28
4.3	Rio Rì: grado di sistemazione del bacino ed efficienza delle opere .....	31
4.4	Rio Rì: geomorfologia del collettore .....	36
4.4.1	Primo tratto: zona delle due piazze di deposito e tra le briglie .....	38
4.4.2	Secondo tratto: settore compreso tra la frana e la briglia austriaca .....	41
4.4.3	Terzo tratto: settore compreso tra la briglia austriaca e inizio canale in roccia .....	45
4.4.4	Quarto tratto: settore compreso tra inizio canale in roccia e fine del collettore.....	49
<b>5</b>	<b>Il bacino del Rio Val Scura o Rio Bianco</b> .....	<b>52</b>
5.1	Rio Val Scura: analisi morfometrica del bacino .....	53
5.2	Rio Val Scura: analisi storica degli eventi alluvionali .....	58
5.3	Rio Val Scura: grado di sistemazione del bacino ed efficienza delle opere .....	60
5.4	Rio Val Scura: geomorfologia del collettore .....	62
5.4.1	Primo tratto: zona delle due piazze di deposito .....	65
5.4.2	Secondo tratto: settore sistemato con briglia a monte delle piazze di deposito .....	68
5.4.3	Terzo tratto: settore posto al piede di un movimento franoso .....	71
5.4.4	Quarto tratto: settore compreso tra la briglia n° 11 e n° 12 .....	74
5.4.5	Quinto tratto: settore compreso tra la briglia n° 12 e cascate .....	77
5.4.6	Sesto tratto: cascate .....	80
5.4.7	Settimo tratto: Altopiano di Lavarone .....	82



<b>6</b>	<b>Pluviometria</b> .....	<b>86</b>
6.1	Stazione pluviometrica di Caldonazzo .....	87
6.1.1	Serie storiche stazione di Caldonazzo .....	88
6.2	Stazione pluviometrica di Caldonazzo - Lago .....	91
6.2.1	Serie storiche stazione di Caldonazzo - Lago .....	91
6.3	Stazione pluviometrica di Centa San Nicolò .....	93
6.3.1	Serie storiche stazione di Centa San Nicolò .....	93
6.4	Stazione pluviometrica di Lavarone .....	95
6.4.1	Serie storiche stazione di Lavarone .....	95
<b>7</b>	<b>Monitoraggio dei deflussi</b> .....	<b>99</b>
7.1	I piezometri installati nel bacino del Rio Rì .....	100
7.2	Il piezometro installato nel bacino del Rio Val Scura .....	105
7.3	Serie storiche dei rilievi piezometrici .....	107
7.4	Calcolo della portata sulla base dei dati piezometrici .....	109
<b>8</b>	<b>Il modello idrologico</b> .....	<b>115</b>
8.1	Fase di pre-processamento 1: TerrainPro .....	117
8.1.1	Calcolo del DEM privo di depressioni .....	117
8.1.2	Area drenata 1 (Upslope Area 1) .....	118
8.1.3	Estrazione dello spartiacque .....	118
8.2	Fase di pre-processamento 2: GeoPro .....	118
8.2.1	Area drenata 2 (Upslope Area 2) .....	118
8.2.2	Tempi di propagazione de deflusso .....	123
8.3	Gruppi idrologici e Curve Number .....	131
8.3.1	Costruzione della carta di uso del suolo .....	132
8.3.2	Costruzione della carta dei gruppi idrologici .....	132
8.3.3	Definizione del Curve Number .....	136
8.4	Idrogramma di piena .....	138
8.4.1	Idrogramma di piena per il rio Rì e rio Val Scura .....	140
8.4.1.1	Rio Rì : idrogramma di piena.....	140
8.4.1.2	Rio Val Scura: idrogramma di piena .....	142
8.4.2	Considerazioni sui risultati ottenuti dalle simulazioni .....	144



<b>9</b>	<b>Analisi del territorio</b> .....	<b>145</b>
9.1	Analisi della stabilità del bacino .....	145
9.1.1	Efficienza idrologica del soprasuolo .....	146
9.1.2	Propensione al dissesto .....	146
9.1.3	Aree in dissesto attivo .....	146
9.1.4	Erodibilità .....	146
9.2	Analisi degli indici legati al trasporto solido .....	151
9.2.1	Indice di scabrezza topografica (TRI) .....	151
9.2.2	Indice di suscettibilità al trasporto (STI) .....	152
9.2.3	Wentess Index (WI) .....	152
9.2.4	Indice di Stream Power (SPI) .....	152
<b>10</b>	<b>Il legname in alveo</b> .....	<b>157</b>
10.1	Rilievi del 1998 .....	158
10.2	Rilievi del 2004 .....	161
10.3	Rilievi del 2010 .....	163
10.4	Rilievi del 2011 .....	183
10.5	Analisi dei volumi .....	192
	<b>Conclusioni</b> .....	<b>194</b>
	<b>Bibliografia</b> .....	<b>196</b>



## Riassunto

Questo lavoro analizza lo stato del torrente rio Rì (o Val dei Laresi) e del torrente rio Val Scura (o Rio Bianco) corrispondenti a due bacini montani di piccole dimensioni e limitrofi, situati nella zona sud orientale della Provincia Autonoma di Trento, più precisamente nel Comune di Caldonazzo e di Levico Terme. L'obiettivo della tesi è la calibrazione di un modello idrologico sui due bacini che permetta di confrontare e correlare le portate liquide di piena con i fenomeni di trasporto solido e con i volumi di legname trasportati e depositati dalla corrente durante gli eventi rilevati tra il 2000 e il 2012. In particolare per il legname si è fatto riferimento ai campionamenti effettuati nel 1998, 2004, 2010 e nel 2011.

A partire dall'aprile del 2011 sono stati installati lungo il rio Rì e il rio Val Scura complessivamente tre trasduttori di pressione che permettono di determinare il livello idrometrico presso sezioni d'alveo stabili e con geometrie note (gavete di briglie).

Dopo una prima analisi della geo-litologia e della vegetazione, è stata effettuata una approfondita analisi geo-morfologica e morfometrica su entrambi i bacini e sul loro collettore principale mediante rilievi di campo e l'utilizzo del software GIS ADB-ToolBox. Si è posta particolare attenzione anche alla ricostruzione storica degli eventi alluvionali che hanno interessato il rio Rì e il rio Val Scura.

Al fine di conoscere meglio gli aspetti o i fenomeni legati all'instabilità dei versanti, alle forme di erosione e di trasporto, sono stati utilizzati alcuni tools presenti nel software per effettuare il calcolo di specifici indici quali ad esempio l'efficienza idrologica del soprasuolo, la propensione al dissesto del bacino, l'analisi delle aree in dissesto attivo, gli indici specifici legati al trasporto solido.

Utilizzando alcune estensioni di ADB-ToolBox sviluppate nell'ambito del progetto europeo PARAMOUNT dal Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali dell'Università di Padova (Gregoretto & Degetto, 2012) è stato possibile ottenere le mappe raster necessarie per l'applicazione di un modello idrologico cinematico distribuito di tipo afflussi-deflussi basato sul metodo del "SCS-CN" implementato con un modello di filtrazione di tipo lineare ad esaurimento esponenziale. I dati di portata simulati, riferiti ad un evento significativo del giugno 2011, sono stati confrontati con le misure dirette di portata ottenute dai piezometri. I risultati dimostrano che il modello idrologico utilizzato,



valido per ambienti montani non carsici, non risulta in grado di simulare correttamente le portate defluite alle sezioni di controllo: sarà, quindi, necessario modificare il modello di deflusso sottosuperficiale che risulta fortemente caratterizzante questi due bacini analizzati.

## Summary

This work analyses the the state of the mountain torrents called the Rì stream(or Val dei Laresi) and the Val Scura stream(or Rio Bianco), two small mountain drainage basins in the mid-eastern part of the Autonomous Province of Trento located in the districts of Caldonazzo and Levico Terme. The aim of the thesis is to gauge a hydrologic model concerning the two drainage basins that enable the comparison and correlation of the capacity of flood waters with the occurrence of the transportation of solids, and with the volume of timber transported and deposited by currents, that were noted during the events between 2000 and 2012. In particular this refers back to timber statistics carried out in 1998, 2004, 2010 and 2011.

From April 2011 three pressure transducers were installed along the Rì stream and the Val Scura stream that have enabled the hydrometric level to be determined at stable sections along the river bed and with known geometries.

After the first analysis of the geolithology and vegetation, further geomorphologic and morphometric analysis were elaborated on both of the drainage basins and their principle channels through field surveys and the use of the software GIS AdB-ToolBox. Particular attention was paid to the historic reconstruction of the flood events that concerned the Rì stream and the Val Scura stream.

To understand better the aspects or occurrences tied to the instability of the stream banks and of the forms of erosion and transport, some tools were utilized that are available in the software to carry out the calculation of specific indications; for example the hydrologic efficiency of the top soil, the tendency of the instability of the drainage basin, the analysis of the areas actively unstable and specific indications linked to solid transport.

By using some of the extensions of the AdB-ToolBox developed in the European project PARAMount, from the “Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali” of Padua



University (Gregoretto & Degetto, 2012), it was possible to obtain the raster maps necessary to apply a distributed cinematic hydrologic model of the inflow-outflow type based on the SCS - CN method implemented with a linear filtration model of exponential exhaustion. The data on the flow simulated, refer to a significant event in June 2011 and have been compared with the measurements of direct capacity registered by piezometers. The results showed that the hydrologic model used, valid for mountain environments that are not karstic, resulted in not being able to correctly simulate the flow capacity in the controlled sections; it will be, therefore, necessary to modify the model for the subsurface outflow that highly characterizes these two drainage basins that were analyzed.



## Introduzione

Gli interventi di sistemazione idraulico forestale sono una materia di studio caratterizzata da una storia lunga e antica ma che al tempo stesso è di piena attualità e in continua evoluzione. Infatti in Trentino Alto Adige in seguito all'alluvione del 1882 si iniziò un programma di lavori organici in tale settore. Si trattava principalmente di opere finalizzate a risolvere problemi puntuali, senza un'analisi completa dell'intero bacino idrografico, tra queste come non ricordare una delle briglie più antiche, ovvero quella realizzata sul torrente Fersina a Ponte Alto, nel 1537 durante il Principato del Cardinale Bernardo Clesio, con lo scopo di trattenere il materiale che spesso inghiacciava la città di Trento.

La storia delle sistemazioni montane coincide il più delle volte con la storia delle sistemazioni delle alluvioni e delle catastrofi naturali. Purtroppo il territorio della Provincia di Trento e di Bolzano non permette di dimenticare i gravi pericoli legati al dissesto idrogeologico, in quanto abbandonare il territorio a se stesso equivale ad abbandonare a se stessa la gente che su quel territorio viveva e vive, soprattutto quella parte di popolazione che presidia la montagna con la propria presenza.

Oggi la straordinaria evoluzione della scienza e della tecnica che si riscontra in tutti i settori è ben documentata anche nel campo delle sistemazioni idraulico - forestali: l'analisi degli eventi catastrofici consente la diagnosi precisa di causa ed effetto, lo studio morfologico sempre più approfondito permette soluzioni progettuali più efficaci e compatibili con l'ambiente, l'analisi con sempre maggior rigore scientifico del bacino idrografico permette una visione generale non avulsa dagli aspetti socio-economici presenti nell'area in esame, l'applicazione di modelli matematici, dell'informatica hanno consentito un notevole avanzamento anche in questo campo.

E' quindi evidente che il settore dell'idrologia montana e delle sistemazioni idraulico - forestali ha ormai assunto un rilevante ruolo autonomo rispetto alle varie discipline forestali. Mi piace per questo motivo riportare una citazione del dott. Remo Tomasetti (ex Dirigente del Servizio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Trento) che esprime in maniera semplice ciò che significa e ciò che è richiesto per poter operare in questi settori:



*“Parafrasando si può paragonare al medico condotto il forestale che si occupa della selvicoltura e dell’assestamento del bosco, al chirurgo il forestale che interviene a sanare le ferite più gravi presenti sul territorio.”*

All’interno di questo settore di studio l’elemento fondamentale di analisi è essenzialmente il tratto montano di un corso d’acqua che, il più delle volte, viene dimenticato dalla popolazione (direttamente interessata) come fosse qualcosa di lontano che difficilmente può coinvolgere i loro interessi.

Spesso questa scarsa attenzione dell’opinione pubblica si traduce in una completa disattenzione dell’amministrazione pubblica e il tutto porta a dei notevoli rischi per la popolazione stessa che possono essere riassunti considerando le due principali attività svolte da un corso d’acqua: erosione e trasporto.

In un torrente l’attività di erosione si può innescare sia sulle sponde sia sul fondo dell’alveo, favorendo l’instabilità dei versanti di una bacino, mentre il trasporto solido (che riguarda sia il detrito che il materiale flottuante) determina la formazione di depositi, più o meno grandi, che riducendo la sezione di deflusso del corso d’acqua portano a dei problemi di sovralluvionamento.

Gli elementi che possono accentuare o ridurre l’intensità dei suddetti fenomeni sono: la *pendenza* del collettore, in quanto influenza la velocità di deflusso e quindi l’entità della portata liquida e solida e, la presenza di *aree sorgenti di materiale* che può essere trasportato a valle.

Un particolare tipo di trasporto, facilmente riscontrabile in quasi tutti i bacini di carattere montano, è quello del legname, il cui aspetto più pericoloso è dato dalla tendenza dei tronchi e dei rami di maggiori dimensioni ad incastrarsi nelle sezioni più ristrette dell’alveo. Ciò determina la formazione di una ostruzione sulla quale si depositerà ulteriore materiale vegetale e detrito fino a quando la pressione esercitata dalla corrente a monte dello sbarramento sarà tale da far cedere la struttura con la formazione di un’onda di piena particolarmente pericolosa che potrebbe dare origine anche ad una *colata detritica* o *debris flow*.

Gli effetti di una colata detritica o di una piena iperconcentrata sulle opere idrauliche, sulle infrastrutture, sugli insediamenti urbani e produttivi, possono essere devastanti .

Negli ultimi decenni si è consolidato il frequente utilizzo di particolari opere di difesa come le briglie filtranti che presentano un’apertura nel corpo centrale della briglia mella



quale spesso viene inserita una struttura filtrante, realizzata in metallo, che trattiene il materiale più grossolano più pericoloso, lasciando scorrere a valle la portata liquida e il materiale più fine.

Si andrà di seguito ad analizzare lo stato del torrente rio Rì (o Val dei Laresi) e del torrente rio Val Scura (o Rio Bianco) sulla base di dati rilevati in campo dal 2000 al 2012; obiettivo della tesi è la calibrazione di un modello idrologico sui due bacini che permetta di confrontare e correlare le portate liquide di piena con i fenomeni di trasporto solido e con i volumi di legname trasportati e depositati dalla corrente durante gli eventi registrati.

## **1. Inquadramento geografico della zona**

La zona oggetto di studio, ovvero i bacini idrografici del rio Rì e del rio Val Scura, è situata in parte nel Comune di Caldonazzo e in parte in quello di Levico Terme (Fig. 1.1).

Il Comune di Caldonazzo e quello di Levico sono situati nella parte più alta del fondovalle della Valsugana (all'interno della Provincia Autonoma di Trento) a circa 500 metri di quota sul livello del mare, e a 22 km da Trento e 110 km da Padova.

L'abitato di Caldonazzo, costruito sulla piana alluvionale del torrente Centa e all'estremità meridionale del relativo lago, è circondato dai colli di Brenta, dal monte delle Rive, dal monte Cimone, dal Pizzo di Levico, e dal Mandriolo. L'area, caratterizzata da ampi fruttetti e dall'espansione edilizia, è dominata dal monte Rovere situato al margine est dell'altipiano di Lavarone (Fig. 1.2).

I confini di Caldonazzo sono estesi: dalle colline di Brenta arrivano alla località Costa e Lochere, per poi risalire in parte la Val Scura e ridiscendere verso la località Laghetto. Da qui il confine risale verso lo spigolo del monte Cimone e piega verso il monte delle Rive per poi andare a finire sul lago di Caldonazzo.

Per quanto riguarda invece l'abitato di Levico Terme è situato sul conoide alluvionale formatosi col passare del tempo dai sedimenti trasportati dal rio Maggiore, immissario del lago di Levico, da cui nasce il fiume Brenta.

Il paese è dominato dalle montagne del gruppo del Lagorai a nord e dalla zona degli Altipiani a sud (tra cui cima Vezzena, cima Pegolarà, cima Mandriolo).

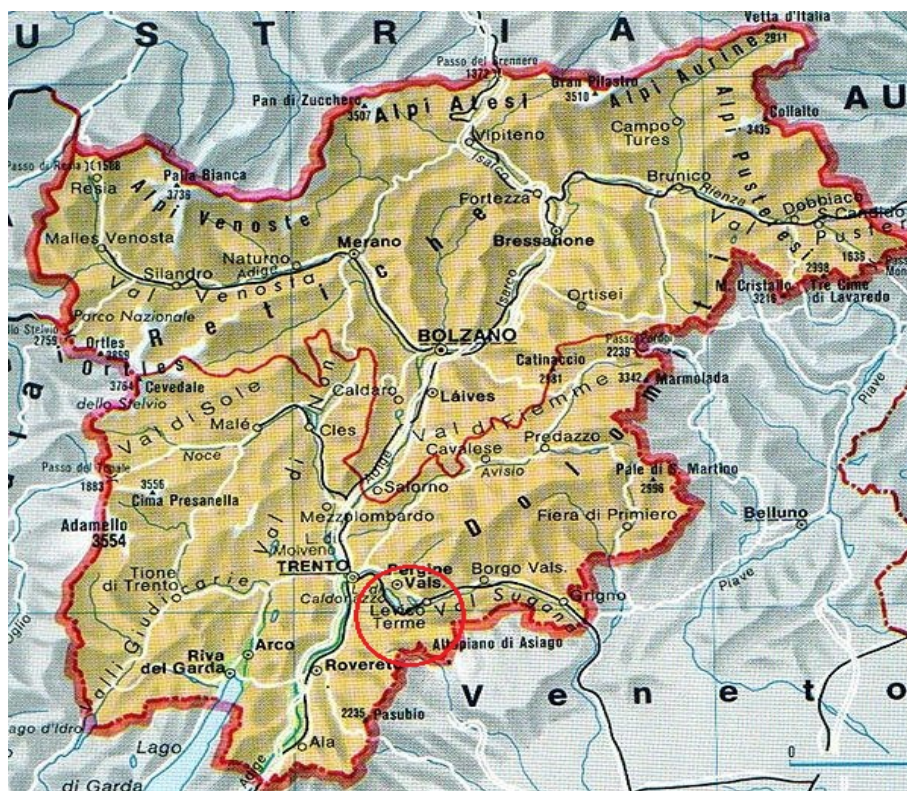


Fig. 1.1 Inquadramento geografico della zona di studio (cerchio rosso).

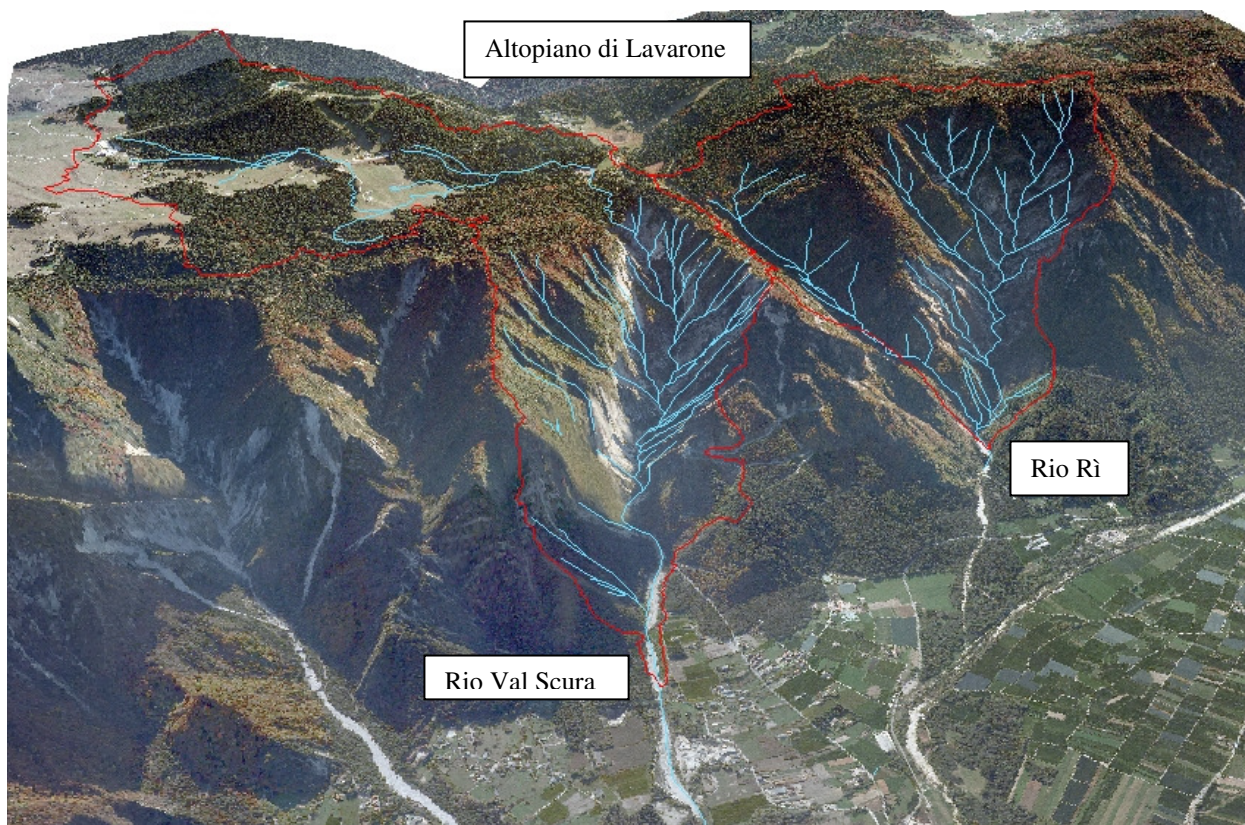


Fig. 1.2 Inquadramento geografico dei bacini oggetto di studio.



## 2. Geolitologia, stratigrafia e tettonica

La valle del rio Rì (o rio Val dei Laresi) e del rio Val Scura (o rio Bianco) presentano entrambe una geo-litologia abbastanza articolata a testimonianza delle complesse vicende geo-morfologiche che le hanno interessate. In particolare, all'interno del bacino, si possono individuare delle aree che presentano delle caratteristiche geologiche differenti: si va dalle rocce prevalentemente sedimentarie essenzialmente calcareo-dolomitiche, presenti in grandi quantità e che rappresentano la principale fonte di sedimento, della testata del bacino e del versante destro, a quelle metamorfiche filladiche, con diffusi fenomeni di instabilità dei versanti, del versante sinistro (Grisotto, 2004).

La profonda incisione che caratterizza il rio Rì e il rio Val Scura è uno dei risultati dei lunghi processi erosivi che hanno interessato l'intero bacino del Centa e che sono rappresentati dai marcati terrazzi che, dalle fasce più elevate scendono a quelle minori.

Va sottolineato come i due bacini del rio Rì e del rio Val Scura (ovvero il versante destro del più ampio bacino del torrente Centa e del rio Vena) siano interessati da differenti faglie che, a causa di numerosi disturbi tettonici, hanno determinato diversi piani di fratturazione. Ciò ha contribuito ad incrementare i fenomeni erosivi e, conseguentemente, i processi di trasporto solido (Grisotto, 2004).

Per quanto riguarda invece la natura geologica del bacino del Centa, si possono individuare diverse unità geologiche, come riportato in figura 2.1 e 2.2.

Analizzandole nel dettaglio si potrà trovare (le informazioni che seguono sono state tratte dalle *“Note illustrative della carta geologica d'Italia – foglio 060 Trento”*):

### **1. Dolomia dello Sciliar (Prima unità carbonatica competente; ID 8):**

L'unità è costituita prevalentemente da dolomie saccaroidi bianche o grigio chiare, fortemente ricristallizzate e, un subordine, da calcari dolomitici biancastri o grigio chiari. La stratificazione è grossolana, più evidente alla base dove sono talvolta riconoscibili dolomie stratificate organizzate in cicli peritidali. I livelli stromatolitici possono essere sostituiti da intervalli argillitici in strati millimetrici o dolomie marnose giallastre screziate in rosso. Il tetto dell'unità è caratterizzato dalla presenza di breccie e filoncelli di dolomie cristalline scure. Lo spessore dell'unità varia da 50 a 350 metri.

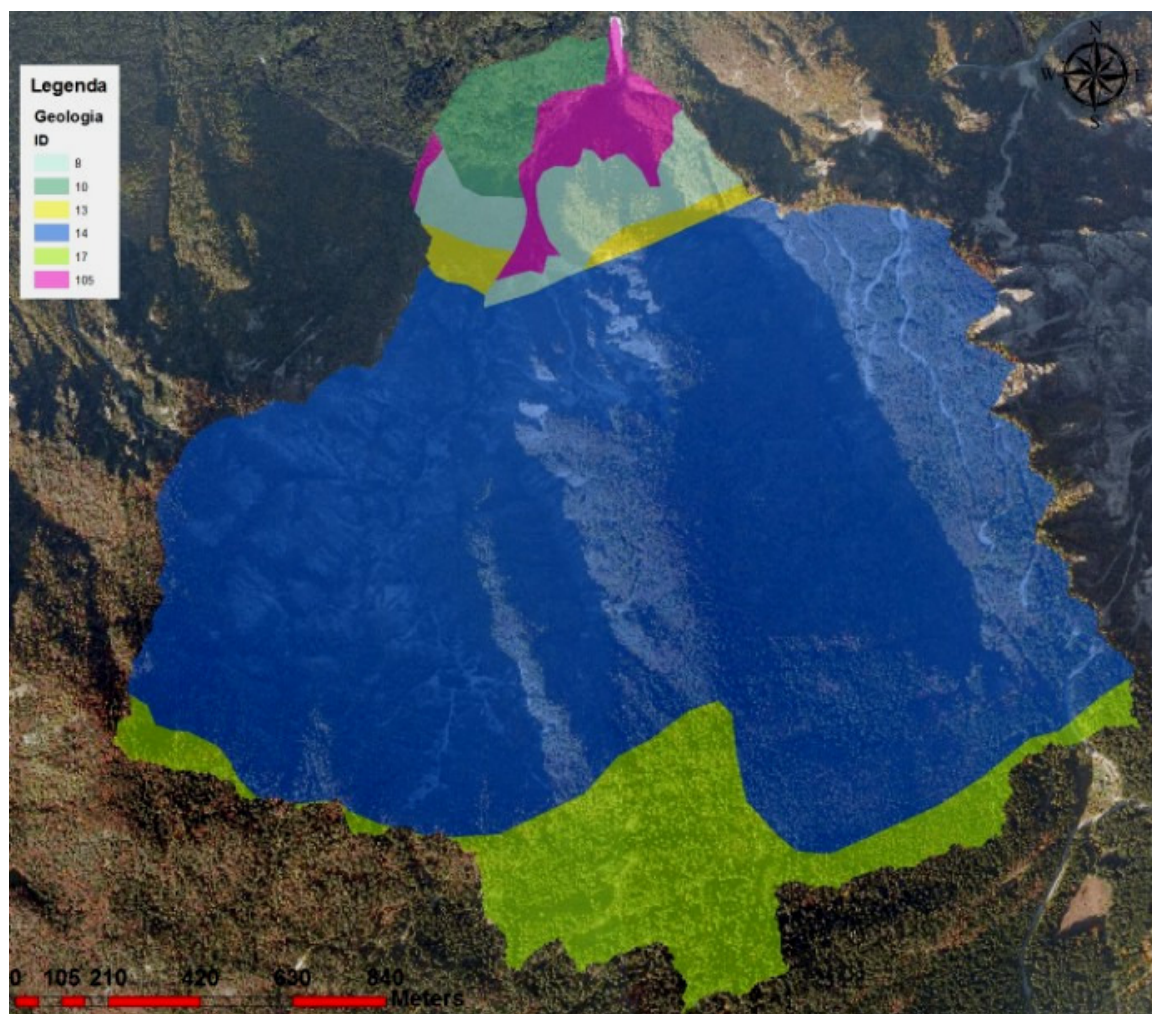


Fig. 2.1 Principali unità geologiche del bacino del Rio Rì: **ID8**: Prima unità carbonatica competente, **ID10**: Effusioni ed intrusioni triassiche indistinte – Trias medio, **ID13**: Strati di Raibl, **ID14**: Seconda unità carbonatica competente, **ID17**: Terza unità carbonatica competente, **ID105**: Detriti di falda a ghiaia prevalente (fonte: Servizio Bacini Montani-PAT).

## 2. *Formazione del Contrin (Prima unità carbonatica competente; ID 8):*

si tratta di una successione di dolomie subtidali chiare ad alghe calcaree, organizzata in strati potenti fino al metro a cui si sovrappongono sottili livelli intertidali (10-30 cm) di doloareniti grigio-verdastre. Spesso la tessitura è grossolana ed è possibile riconoscere calcareniti a gasteropodi, lamellibranchi ed alghe *Dasycladacee* sovente isorientate secondo direazioni di corrente. I giunti sono generalmente piano paralleli od ondulati, talvolta la base dei banconi subditali mostra contatti erosivi con livelli sottostanti.

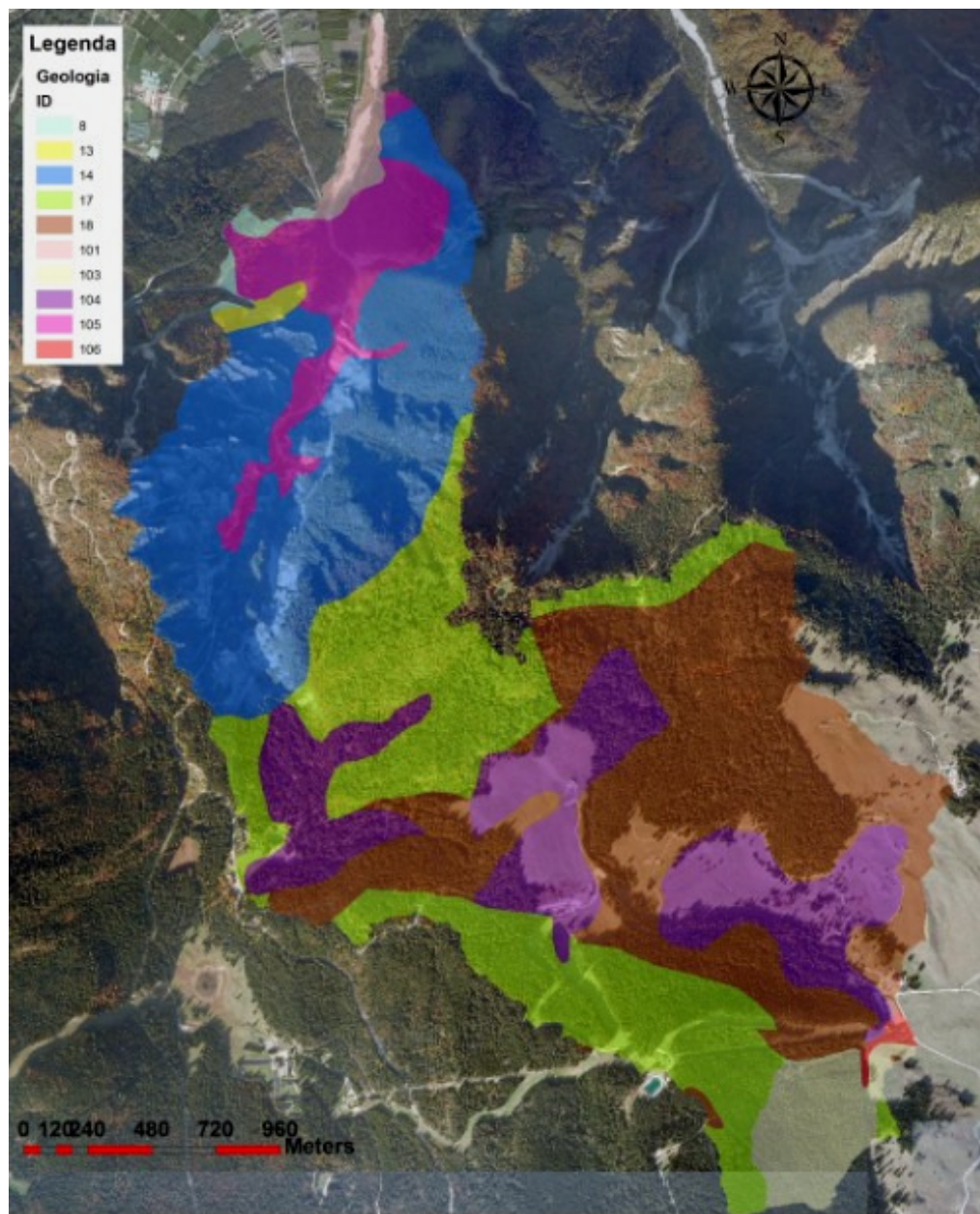


Fig. 2.2 Principali unità geologiche del bacino del Rio Rì: **ID8**: Prima unità carbonatica competente, **ID13**: Strati di Raibl, **ID14**: Seconda unità carbonatica competente, **ID17**: Terza unità carbonatica competente, **ID18**: Terza unità carbonatica incompetente, Giurassico-Cretaceo, **ID101**: Alluvioni ghiaiose, **ID103**: Morene grossolane, **ID104**: Morene a matrice fine, **ID105**: Detriti di falda a ghiaia prevalente, **ID106**: Detrito di falda a sabbia e limo prevalente (fonte: Servizio Bacini Montani-PAT).

### 3. Effusioni ed intrusioni triassiche indistinte (Trias medio; ID 10):

si tratta di rocce di tipo intrusive ed effusive formate dall'intensa attività vulcanica intercalata nelle barriere coralline nel periodo triassico. Si ritrovano intercalazioni vulcaniche depositate sulle scarpate delle barriere coralline formate da dolomie e calcari dolomitici. L'aggregato vulcanico è riconoscibile dalle strutture dolomitizzate.



**4. Strati di Raibl – Carnico (Discontinuo intervallo incompetente politico-carbonatico evaporitico; ID 13):**

si tratta di calcari scuri, fittamente stratificati, alternati da sottili livelli marnosi o argillosi. Un particolare effetto degli strati di Raibl sui paesaggi dolomitici è costituito dalla formazione di cenge (a causa della loro scarsa consistenza) che separano le compatte Dolomie Cassiane dalle stratificazioni della successiva Dolomia Principale. Tipico fossile guida di questa formazione è il bivalve *Myophoria kefersteini*. Sopra gli strati di Raibl generalmente si ha la formazione delle pareti di roccia verticali tipiche delle zone alpine-dolomitiche.

**5. Dolomia principale (Seconda unità carbonatica competente; ID 14):**

alla base è riconoscibile una litozona a stratificazione decimetrica di dolomie subtidali giallastre o fiammate con sporadiche intercalazioni di peliti giallo-verdastre cui si alternano grainstone oolitici con stratificazione *flaser bedding*. Nel complesso la formazione si presenta ben stratificata ed appare costituita da una monotona successione di cicli peritidali metrici. Nella porzione inferiore dell'unità, nei cicli peritidali, si distingue una parte basale subtidale con dolomie microcristalline a megalodonti e gasteropodi. La porzione medio-superiore è rappresentata da banchi subtidali di spessore fino a 2-3 m, formati da dolomie massicce vacuolari di colore grigio chiaro (presenza di gastropodi, alghe).

La Dolomia Principale può superare gli 800 m di spessore e l'ambiente deposizionale è quello di una vasta ed articolata piattaforma carbonatica, precocemente dolomizzata, con prevalenti facies lagunari e di piana tidale.

**6. Calcari Grigi (Terza unità carbonatica competente; ID 17):**

il gruppo dei Calcari Grigi costituisce un'unità di piattaforma carbonatica tra le più classiche del Giurassico inferiore subalpino, sviluppata sotto il controllo della tettonica estensionale del *rifting* Norico-Giurassico. Le tipiche associazioni di piattaforma carbonatica di tipo bahamiano sono chiuse alla loro sommità dal Calcare oolitico di S. Vigilio che precede le zone dei calcari sovrastanti del Rosso Ammonitico Veronese e della Maiolica.



**7. Rosso ammonitico (Terza unità carbonatica incompetente, Giurassico-Cretaceo; ID 18):**

questa unità geologica può essere suddivisa in tre sub-unità distinte. La sub-unità inferiore è costituita da calcari micritici a lamellibranchi pelagici (tipo *Boistra*) e Protoglobigerine, mal stratificati a struttura nodulare di colore generalmente rosato, talora giallastro o verdastro, talora dolomitizzati. Nella parte superiore, gli strati diventano maggiormente nodulari e si ha un aumento della frazione terrigena con evidenti superfici stilolitiche fortemente arrossate. Questo intervallo è separato superiormente da un orizzonte di *hardground* decimetrico, con noduli (3-8 cm) in prevalenza ferriferi e caratteristici livelli di stromatoliti cupoliformi.

L'unità intermedia è costituita da calcari rosati a piccoli noduli nei quali sono diffusi piccoli arnioni immaturi di selce rossa.

L'unità superiore è costituita da calcari rossi lastriformi ad Ammoniti con la tipica struttura nodulare. Sono riconoscibili Belemniti e Aptici. Alla sommità della stratificazione, marcata da contatti stilolitici verdastri, evolve in litotipo micritico sempre più chiaro. Macroscopicamente appare marcatamente cristallina per la presenza di articoli e piastrine di *Saccocoma*. Il suo spessore varia tra i 25-30 m e il suo limite è netto sulla Formazione di Rotzo (RTZ) e sulla Olite di San Vigilio (OSV).

**8. Alluvioni ghiaiose (ID 101):**

si tratta di depositi di sedimento che si sono formati con il ripetersi nel tempo degli eventi alluvionali verificatisi lungo i corsi d'acqua principali e le aste torrentizie secondarie. Sono costituiti da ghiaie a ciottoli eterometrici e poligenici mediamente arrotondati in matrice prevalentemente ghiaioso-sabbioso-limosa alternati a livelli sabbiosi o sabbioso-limosi. La litologia dei clasti rispecchia quella del bacino di alimentazione dei rispettivi corsi d'acqua. In alcuni casi questi depositi alluvionali possono essere misti a depositi da colate detritiche: queste ultime sono costituite da ciottoli di dimensioni variabili, dalle ghiaie ai massi superiori al metro, in una matrice sabbioso-ghiaiosa o limosa-sabbiosa.



**9. *Morene grossolane (ID 103) e Morene a matrice fine (ID 104):***

si tratta in entrambi i casi di depositi di detrito che si sono originati dal ritiro dei ghiacciai. La differenza tra le due tipologie è rappresentata dalla granulometria del detrito stesso: nel primo caso si tratta essenzialmente di accumuli di ciottoli o massi mentre, nel secondo caso si tratta di ghiaia e sabbia.

Questi depositi possono essere classificati in base alla disposizione in cui si trovano, ovvero si potranno avere depositi: laterali (ai fianchi del ghiacciaio), mediani (al confluire di due valli glaciali), superficiali (materiale caduto dalle pareti circostanti sul ghiacciaio), di fondo (materiale precipitato nei crepacci o prodotto dall'erosione di fondo), di ablazione (sovrapposizione delle morene di fondo e superficiali in seguito a fusione del ghiacciaio) e frontali (disposti in anfiteatri morenici davanti alla fronte del ghiacciaio).

**10. *Detriti di falda a ghiaia prevalente (ID 105) e Detriti di falda a sabbia e limo prevalente (ID 106):***

si tratta di depositi di materiale accomunati dalla medesima origine. Si differenziano dal fatto che nei primi (ID 105) prevalgono le ghiaie e i blocchi e la tessitura, da parzialmente aperta ad aperta, solitamente non è cementata mentre, nei secondi prevalgono sedimenti con diametri più piccoli (limo e sabbia). La granulometria dei depositi di falda è molto variabile, dal masso alla sabbia fine, con elementi da angolosi a subangolosi. Generalmente la matrice è presente in detriti originatisi da depositi glaciali o facilmente disgregabili quali le siltiti della Formazione di Werfen. Per effetto della gravità i "detriti di falda" si distribuiscono ampiamente ai piedi dei versanti molto inclinati e alla base delle pareti rocciose formando talora coltri continue molto estese. In molti casi alla semplice caduta per gravità, si associano dei fenomeni di ruscellamento e di rimaneggiamento dei detriti a causa dei fenomeni di trasporto solido.

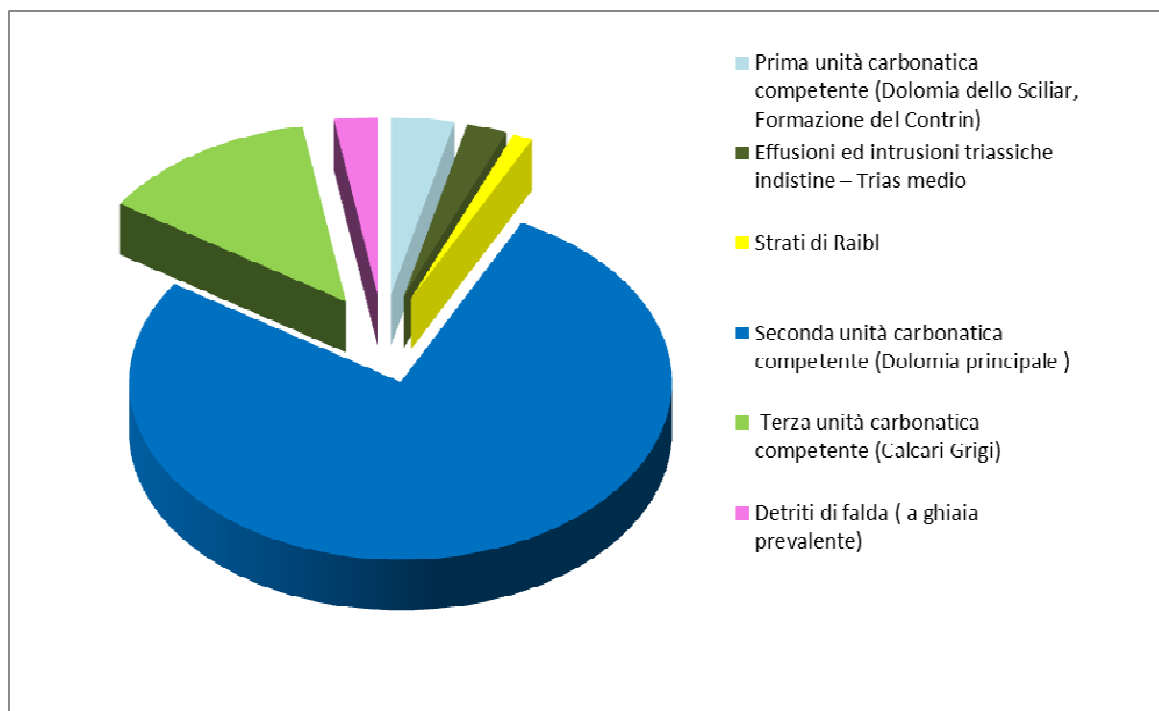
Nelle aree di affioramento delle filladi, tali depositi sono normalmente ricchi di matrice fine e tendono a coprire con continuità i versanti, addolcendone la morfologia. Ai piedi di pareti subverticali dove affiorano i gneiss, questi detriti formano delle falde o dei piccoli conii detritici caratterizzati da tessitura aperta con matrice scarsa o assente.



Le unità geologiche descritte in precedenza sono presenti in maniera più o meno diffusa all'interno dei due bacini del rio Rì e del Val Scura: più precisamente, si riportano i dati areali e percentuali in tabella 2.1 per il rio Rì e in tabella 2.2 per la Val Scura e si evidenziano questi valori nei grafici di figura 2.3 e 2.4

*Tab. 2.1 Percentuali delle unità geologiche nel bacino del Rio Rì.*

ID	Tipo	Area (km <sup>2</sup> )	Percentuale (%)
8	Prima unità carbonatica competente (Dolomia dello Sciliar, Formazione del Contrin)	0.11	3.76
10	Effusioni ed intrusioni triassiche indistinte – Trias medio	0.07	2.42
13	Strati di Raibl	0.04	1.18
14	Seconda unità carbonatica competente (Dolomia principale )	2.31	76.95
17	Terza unità carbonatica competente (Calcari Grigi)	0.39	13.13
105	Detriti di falda ( a ghiaia prevalente)	0.08	2.57
	<b>TOTALE</b>	<b>3.01</b>	<b>100.00</b>



*Fig. 2.3 Grafico percentuali delle unità geologiche nel bacino del Rio Rì.*



Tab. 2.2 Percentuali delle unità geologiche nel bacino del Rio Val Scura.

ID	Tipo	Area (km <sup>2</sup> )	Percentuale (%)
8	Prima unità carbonatica competente (Dolomia dello Sciliar, Formazione del Contrin)	0.03	0.43
13	Strati di Raibl	0.03	0.50
14	Seconda unità carbonatica competente (Dolomia principale )	1.34	22.44
17	Terza unità carbonatica competente (Calcari Grigi)	1.35	22.59
18	Terza unità carbonatica incompetente - Giurassico-Cretaceo	1.59	26.55
101	Alluvioni ghiaiose	0.08	1.38
103	Morene grossolane	0.22	3.75
104	Morene a matrice fine	0.94	15.80
105	Detriti di falda (a ghiaia prevalente)	0.37	6.27
106	Detriti di falda (a sabbia e limo prevalenti)	0.02	0.28
<b>TOTALE</b>		<b>5.97</b>	<b>100.00</b>

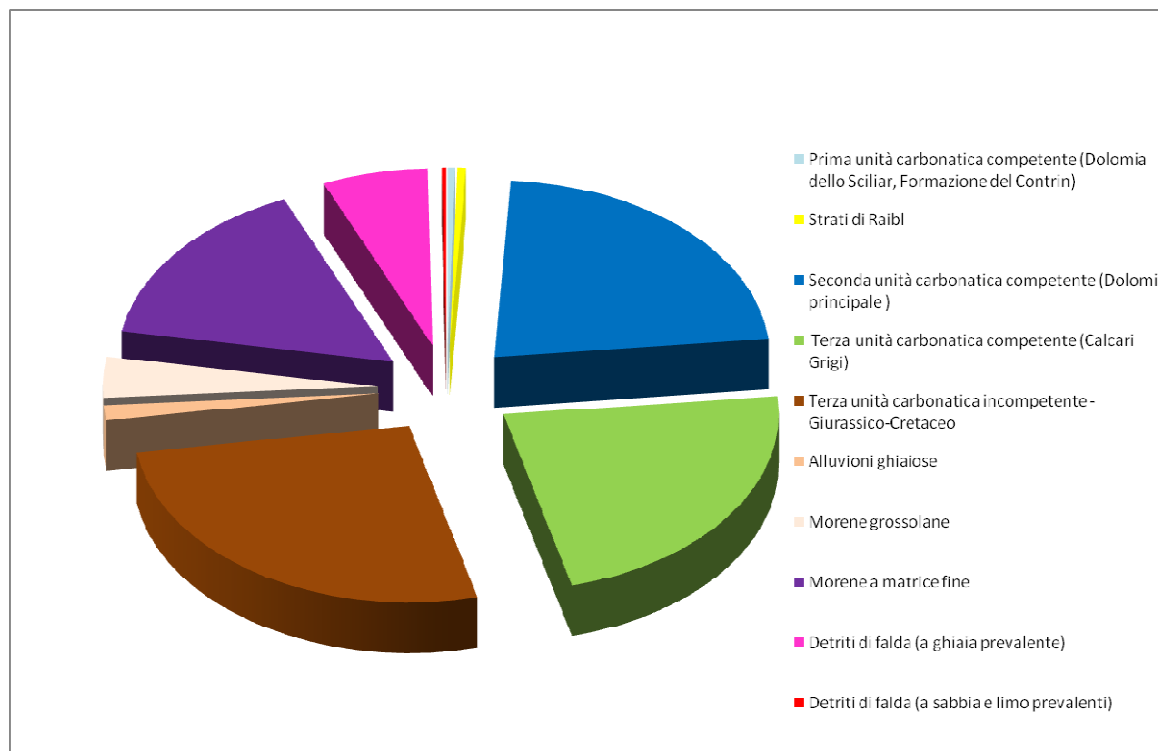


Fig. 2.4 Grafico percentuali delle unità geologiche nel bacino del Rio Val Scura.



## 2.1 Idrogeologia e sorgenti

Sulla base della geologia e di quanto riportato dal dott. Giovannini nel Piano di bacino del torrente Centa del 1989, da un punto di vista idrogeologico i bacini del rio Rì e del rio Val Scura possono essere divisi in diverse unità idrogeologiche differenti per caratteristiche e composizione geolitologica.

Nei due bacini, a causa dei substrati molto permeabili, le acque scorrono in superficie solo durante gli eventi di piena oppure per brevi periodi dopo copiose piogge. Infatti, il notevole spessore del materiale detritico ghiaioso di fondovalle (morene e detriti di falda), l'elevata permeabilità delle rocce dovuta alla loro struttura e fratturazione, ha determinato lo sviluppo di un complesso sistema di deflusso sottosuperficiale e profondo. Anche nel Piano Generale di Utilizzazione delle Acqua Pubbliche (PGUAP) della Provincia Autonoma di Trento, si sottolinea come l'intero bacino del rio Rì e del rio Val Scura siano drenati da un reticolo sotterraneo, più o meno collegato alla rete principale, a causa delle numerose fessurazioni delle rocce e dei fenomeni di carsismo. La permeabilità della composizione geo-litologica è rappresentata nelle figure 2.5 e 2.6.

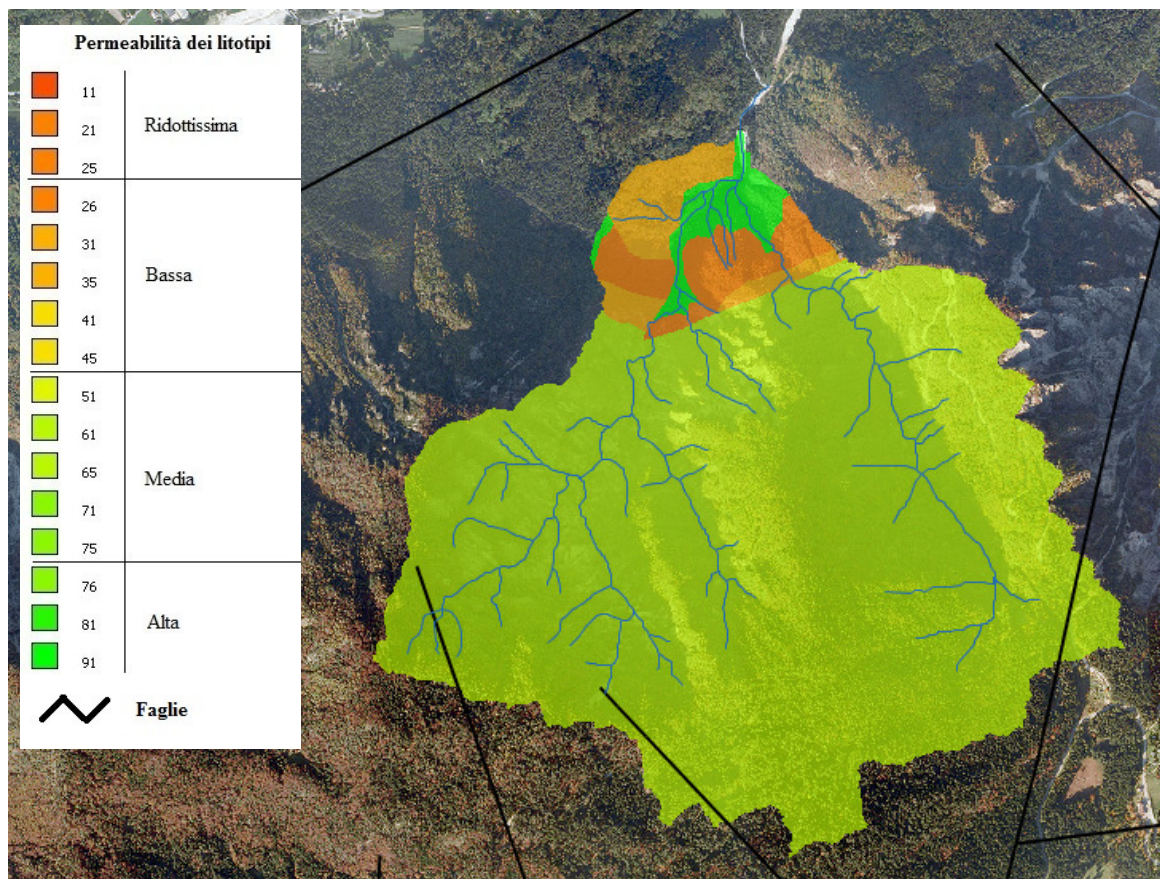
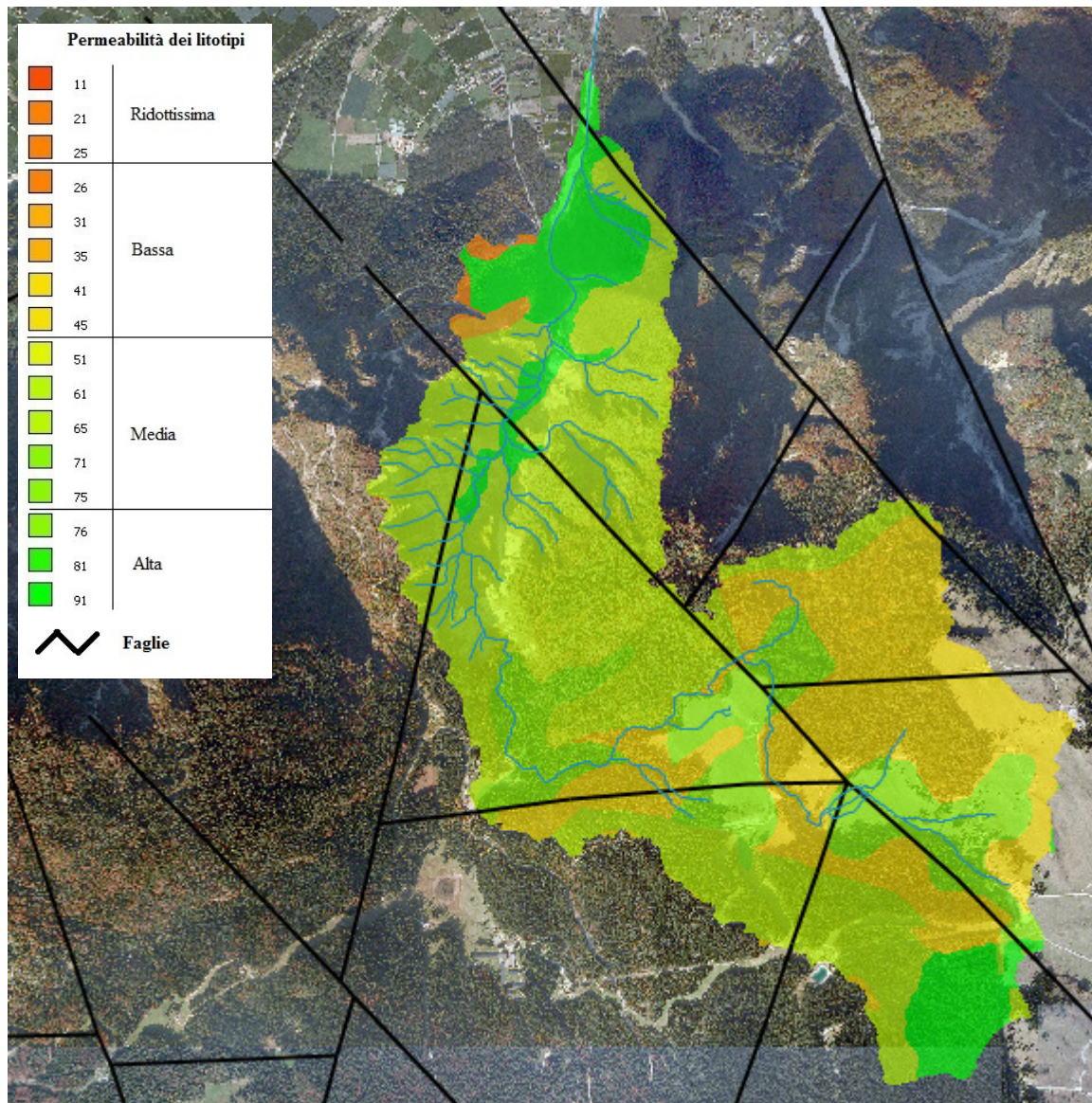


Fig. 2.5 Permeabilità geo-litologica del bacino del Rio Rì.



*Fig. 2.6 Permeabilità geo-litologica del bacino del Rio Val Scura.*

Nonostante i lunghi periodi di totale prosciugamento degli alvei, la presenza di serbatoi carsici consente di alimentare costantemente le prese degli acquedotti, collocati poco a monte della grande briglia con finestre sul rio Rì e a monte delle briglie a gravità sulla Val Scura.

Il carattere effimero dei canali, quindi, è dovuto essenzialmente alla composizione geo-litologica di superficie che si satura con una certa rapidità durante gli eventi di pioggia, rendendo instabile idrogeologicamente tutta l'area.



### 3. Aspetti climatologici e vegetazionali

Il clima che caratterizza il bacino del rio Rì e del rio Val Scura appartiene alla varietà di tipo pre-alpino, a regime equinoziale, con due massimi equivalenti e un massimo invernale; la notevole vicinanza al Lago di Caldonazzo rende, tuttavia, più miti le temperature invernali. Il tipo di regime pluviometrico si uniforma a quello classico delle Alpi Orientali, caratterizzato da forte umidità atmosferica con massima piovosità estivo-autunnale e minima invernale. La presenza del manto nevoso in inverni normali è sempre notevole, specie nelle zone ombrose (come il bacino stesso), ove dura generalmente da novembre/dicembre a febbraio/marzo.

Più precisamente il territorio oggetto di studio va da quote minime di circa 500 m s.l.m. a quote massime di 1500-2000 m s.l.m., per tanto i dati di temperatura e precipitazione sono notevolmente diversificati, come si nota dai dati delle stazioni di Levico (m 520 s.l.m.), Centa San Nicolò (m 885 s.l.m.) e Lavarone (m 1171 s.l.m.), relativi al periodo 1920-1978 per le precipitazioni e 1961-1978 per le temperature (Fig. 3.1).

LEVICO m 445 s.l.m.		DATI TERMO-PLUVIOMETRICI												
		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Precipitazioni	mm	49	49	60	86	116	106	97	101	93	104	110	63	1034
Temperatura media	°C	-0,1	2,3	6,1	11,1	15,4	18,6	20,8	20,4	16,8	11,5	5,5	0,4	10,7

CENTA m 885 s.l.m.		DATI TERMO-PLUVIOMETRICI												
		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Precipitazioni	mm	64	73	81	104	143	123	114	104	103	131	143	86	1269
Temperatura media	°C	-0,2	1,2	3,9	7,3	11,8	15,3	17,8	16,5	13,2	8,9	4,5	0,1	8,4

LAVARONE m 1171 s.l.m.		DATI TERMO-PLUVIOMETRICI												
		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Precipitazioni	mm	64	67	82	113	150	133	116	111	112	138	147	83	1316
Temperatura media	°C	-1,4	-0,4	2,1	5,3	9,9	13,5	15,5	14,7	11,5	8,5	3,4	-0,1	6,9

Fig. 3.1 Valori delle temperature e delle precipitazioni nella zona di studio (fonte: Piano di Assestamento Forestale di Caldonazzo, PAT- Servizio Foreste).

Il territorio è dunque caratterizzato da temperature medie decrescenti e da precipitazioni totali crescenti dal basso (Levico, Caldonazzo) verso l'alto (Centa San Nicolò e Lavarone).



Del tutto analoga è la distribuzione delle precipitazioni, con due massimi equinoziali, rispettivamente in primavera e autunno, fra loro generalmente equivalenti come evidenziato dai diagrammi termo udometrici secondo Bagnolus e Gaussien (Fig. 3.2).

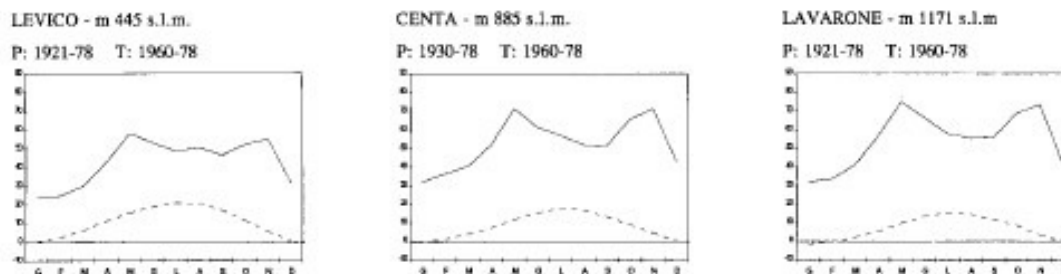


Fig. 3.2 Andamento delle temperature e delle precipitazioni nella zona di studio (fonte: Piano di Assestamento Forestale di Caldonazzo, PAT- Servizio Foreste).

Le informazioni relative all'assetto vegetazionale dei due bacini sono state ricavate dal Piano di Assestamento Forestale del Comune di Caldonazzo, secondo il quale la superficie a ceduo (in relazione al Comune) è di 171.7 ha, la superficie a fustaia è di 438.3 ha, la superficie a pascolo è di 16.55 mentre la superficie improduttiva è pari a 55.6 ha, con una produzione totale della fustaia di 60437 m<sup>3</sup>.

La descrizione degli aspetti vegetazionali risulta fondamentale in quanto in base alla tipologia, struttura e addensamento delle piante vi sono poi delle risposte diverse del tempo di reazione del bacino alle sollecitazioni meteoriche. Per questo motivo si descrivono di seguito le principali unità vegetazionali che caratterizzano il territorio del bacino del rio Rì:

- **Brughiere:** sono formazioni arbustive, nane o prostrate, degli orizzonti alpini e subalpini delle montagne, dominate da specie ericacee (rododendri), da *Dryas octopetala*, ginepri nani, ginestre o ginestrelle. Queste formazioni segnano il passaggio dal bosco alle praterie di alta quota.
- **Mughete:** formazioni legnose con pino mugo (*Pinus mugo*) e rododendro peloso (*Rhododendron hirsutum*) che spaziano dalla brughiera alla foresta aperta, su terreni neutro-basici e spesso su terreni calcarei dell'orizzonte sub-alpino.
- **Pascoli:** manti erbosi ove viene esercitato il pascolo. Questa superficie è sottoposta al calpestio degli animali che spesso genera fenomeni di costipazione dei suoli e di sentieramento.



- **Prati poveri:** superfici erbacee sottoposte a falciatura. Si tratta di prati “poveri” poiché crescono su terreni da poco fertilizzati, poveri in nutrienti, calcarei o argillosi e quindi anche le specie erbacee sono piuttosto limitate.
- **Foreste di abete rosso:** l’abete rosso (*Picea abies*) è una conifera molto diffusa nelle foreste del Trentino, specialmente nella fascia altimetrica compresa tra gli 800 e i 2100 m s.l.m.. Alle quote inferiori l’abete rosso cresce con una distribuzione densa tanto da impedire anche la copertura erbacea al suolo. Alle quote superiori il bosco tende a diradarsi e le specie erbacee sono ben rappresentate.
- **Foreste di larici e pino cembro:** il larice (*Larix decidua*) e il pino cembro (*Pinus cembra*) sono entrambe specie di alta montagna; vivono infatti tra i 1400 e i 2400 m di quota (il larice tuttavia è presente anche a quote inferiori).
- **Foreste di pino silvestre e pino nero:** il pino silvestre (*Pinus silvestris*) e il pino nero (*Pinus nigra*) sono alberi di prima grandezza, ovvero possono raggiungere anche altezze fino ai 30 m, e caratterizzano le fasce altimetriche comprese fra i 400 e i 2000 m di quota.

Le formazioni sopra descritte sono distribuite in maniera più o meno regolare su tutto il bacino del Centa di cui fanno parte il rio Rì e la Val Scura; nella fascia basale pedemontana si evidenziano formazioni abbastanza omogenee di pino nero e pino silvestre con larice e abete rosso (questi ultimi anche per discesa naturale dei cingoli superiori), accompagnate da un sottobosco ceduo ed arbustivo mesofilo (faggio, carpino, orniello, nocciolo, sorbo montano), povero delle specie più esigenti (tiglio, ontano, acero montano) e caratterizzato dalla presenza del castagno per lo più allo stato ceduo.

Nelle fasce inferiori si sviluppano formazioni a più elevato grado di mescolanza, in cui il larice ed abete rosso si alternano al pino silvestre e al pino nero (quest’ultimo di origine antropica, introdotto in seguito ad estesi rimboschimenti effettuati fra le due guerre mondiali) e vengono integrati da latifoglie mesofile cedue o già avviate a fustaia: faggio, carpino, betulla e pioppo, sorbo degli uccellatori.

Questa fascia, ascrivibile al cingolo Q.T.A. (*Quercus-Tilia-Acer*) si espande al di sopra dei 700-800 m di quota, in formazioni caratterizzate dall’integrazione tra larice, pino silvestre e abete rosso, e latifoglie mesofile. A causa della rocciosità dei versanti e della



primitività dei suoli la varietà delle specie è ristretta alle più plastiche e meno esigenti (come carpino, faggio, pioppo e betulla, con limitata presenza di acero, maggiociondolo ecc.).

I settori altimetrici superiori ospitano abetine miste, a volte con larice e sporadico pino silvestre, inquadrabili nel Fagus-Abies e caratterizzate dalla presenza di faggio, sorbo degli uccellatori e acero montano. Sempre verso la parte alta dei due bacini sono presenti anche pascoli e prati destinati alla produzione di foraggio. In alcune zone si giunge fino alle mughete che delimitano la vegetazione ad alto fusto.

Nella descrizione dell'uso del suolo dei due bacini va ricordato il cambiamento delle condizioni socio-economiche che hanno caratterizzato l'intero territorio della Provincia di Trento a partire dalla fine del 1800 provocando una migrazione delle popolazioni dalle zone di montagna verso il fondovalle o, meglio, verso gli agglomerati urbani di maggiore dimensione. Negli ultimi anni si è, quindi, verificato un progressivo abbandono delle frazioni e delle baite (ormai abitate solo nei mesi estivi) con regressione delle colture private (in passato principale fonte di cibo) e dei boschi di alto fusto (da cui si poteva trarre numerose materie prime) a vantaggio della vegetazione arbustiva spontanea formata da piante di scarso pregio economico ma anche con minore efficacia nella protezione del suolo dai dissesti idrogeologici.

L'analisi della copertura del suolo per i bacini del rio Rì e del rio Val Scura è stata effettuata mediante la redazione ex-novo della carta di uso del suolo da foto-interpretazione (ortofoto 2008) con l'utilizzo del software ArcGIS 9.3. Ad ogni tipologia d'uso è stato assegnato un codice numerico e una descrizione secondo quanto stabilito dal progetto Corine Land Cover varato dal Consiglio delle Comunità europee nel 1985 e, successivamente, aggiornato e giunto fino ad un grado di dettaglio del quarto livello. Nel caso in questione, però, si è preferito utilizzare un livello di dettaglio pari al terzo perchè ritenuto adeguato per caratterizzare idrologicamente i bacini del rio Rì e della Val Scura.

La scelta di realizzare una nuova cartografia di uso del suolo, considerato che il Servizio Bacini Montani ne disponeva già di una realizzata nel 2004, è stata dettata dalla necessità di avere una situazione aggiornata e con un grado di dettaglio molto superiore.

Sia il bacino del rio Rì che quello del rio Val Scura presentano le caratteristiche tipiche dei piccoli bacini di media montagna in cui prevalgono tre tipologie di uso del suolo: bosco (di conifere e latifoglie), erosioni e ghiaioni ed aree a vegetazione rada o di rupe.



Va sottolineato che nel bacino del rio Val Scura sono molto diffusi anche i pascoli e i prati stabili nella zona della testata del bacino, in corrispondenza dell'Altopiano di Lavarone.

In entrambi i bacini, le vaste zone nude, interessate da attività erosiva e da accumuli detritici, caratterizzano la parte media dei bacini stessi; si tratta delle zone a maggiore variabilità morfologica, a maggiore pendenza e a maggiore instabilità.

Nel rio Val Scura sono piuttosto ampi anche gli affioramenti di roccia che sono localizzati, nella maggior parte dei casi, sui ripidi versanti del Monte Calmo.

In cartografia (Fig. 3.4 e 3.6) sono state riportate le piste forestali, generalmente in ghiaia, nella voce *cantieri* (code 133) poiché la condizione e il comportamento dal punto di vista idrologico è piuttosto simile. Diversamente, nella "rete stradale" sono state considerate solo le strade asfaltate.

Di seguito vengono riportate le tabelle con i dati areali e percentuali di uso del suolo del bacino del rio Rì (Tab. 3.1) e della Val Scura (Tab. 3.2), i relativi grafici a torta (Fig. 3.3 e 3.5) che rendono più immediata la comprensione della copertura vegetale e, infine le mappe dell'uso del suolo su base ortofoto 2008 (Fig. 3.4 e 3.6).

*Tab 3.1 Percentuali delle varie classi di uso del suolo presenti nel Rio Rì.*

<b>Code</b>	<b>Tipo</b>	<b>Area (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentuale (%)</b>
<b>311</b>	Boschi di latifoglie	1.295	43.10
<b>312</b>	Boschi di conifere	1.080	35.94
<b>340</b>	Erosione e ghiaioni	0.338	11.26
<b>333</b>	Area con vegetazione rada	0.224	7.45
<b>122</b>	Reti stradali	0.024	0.80
<b>331</b>	Alvei	0.019	0.65
<b>133</b>	Cantieri	0.019	0.64
<b>332</b>	Rocce nude, falsie, rupi	0.005	0.16
	<b>TOTALE</b>	<b>3.01</b>	<b>100.00</b>

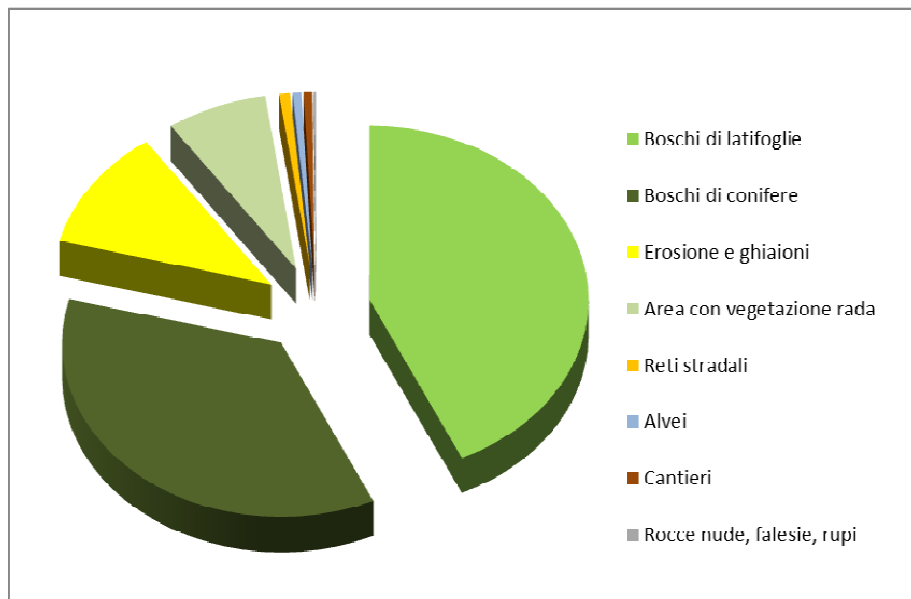


Fig. 3.3 Grafico percentuale dell'uso del suolo del bacino del Rio Rì.

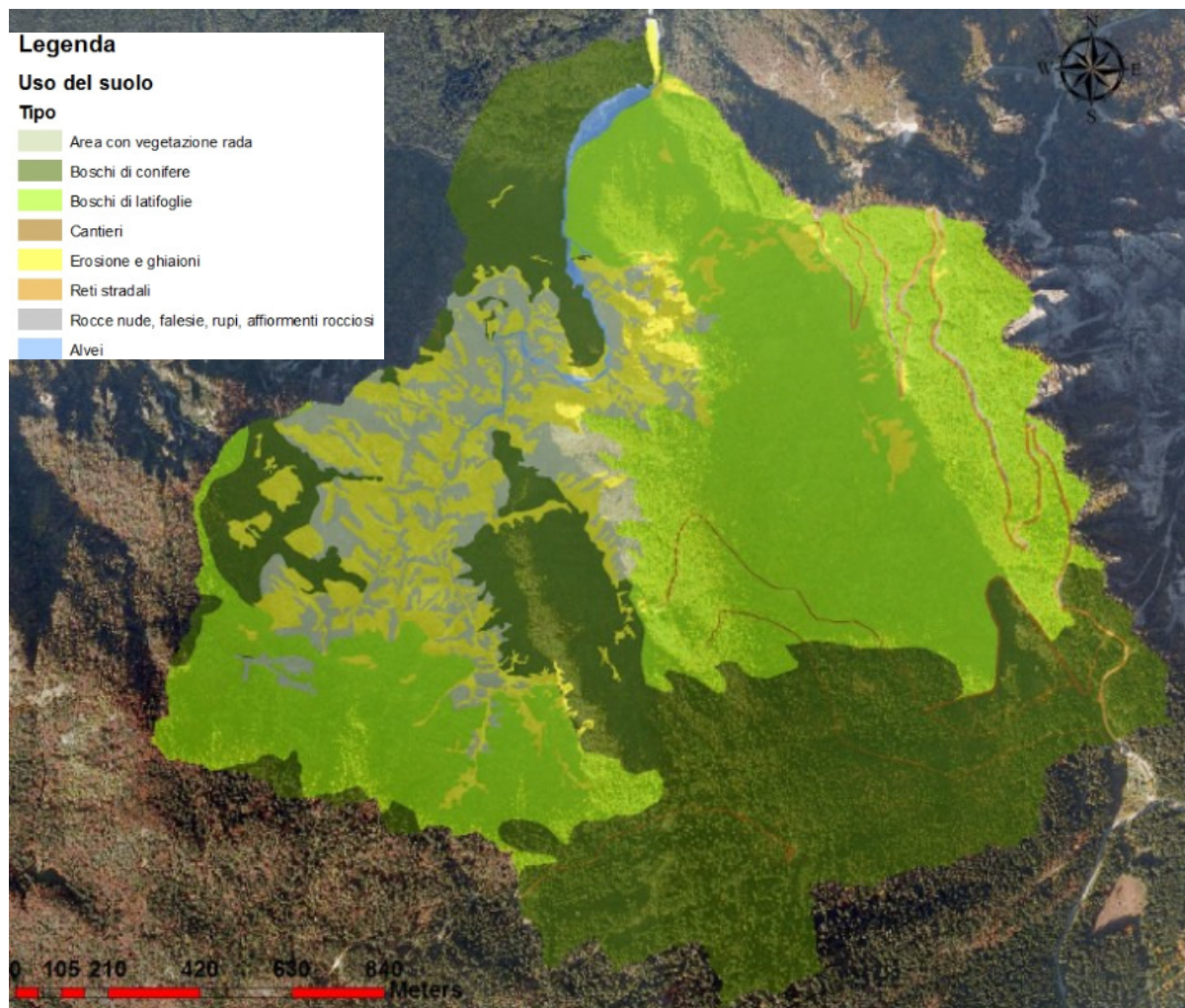


Fig. 3.4 Carta d'uso del suolo del bacino del Rio Rì.



Tab 3.2 Percentuali delle varie classi di uso del suolo presenti nel Rio Val Scura.

Code	Tipo	Area (km <sup>2</sup> )	Percentuale (%)
312	Boschi di conifere	3.82	63.83
231	Prati stabili	0.96	16.05
340	Erosione e ghiaioni	0.47	7.84
311	Boschi di latifoglie	0.35	5.86
333	Area con vegetazione rada	0.22	3.74
133	Cantieri	0.08	1.35
122	Reti stradali	0.04	0.60
331	Alvei	0.03	0.42
112	Altro (zone residenziali, frutteti, affioramenti rocciosi, paludi, bacini d'acqua)	0.02	0.30
	<b>TOTALE</b>	<b>5.98</b>	<b>100</b>

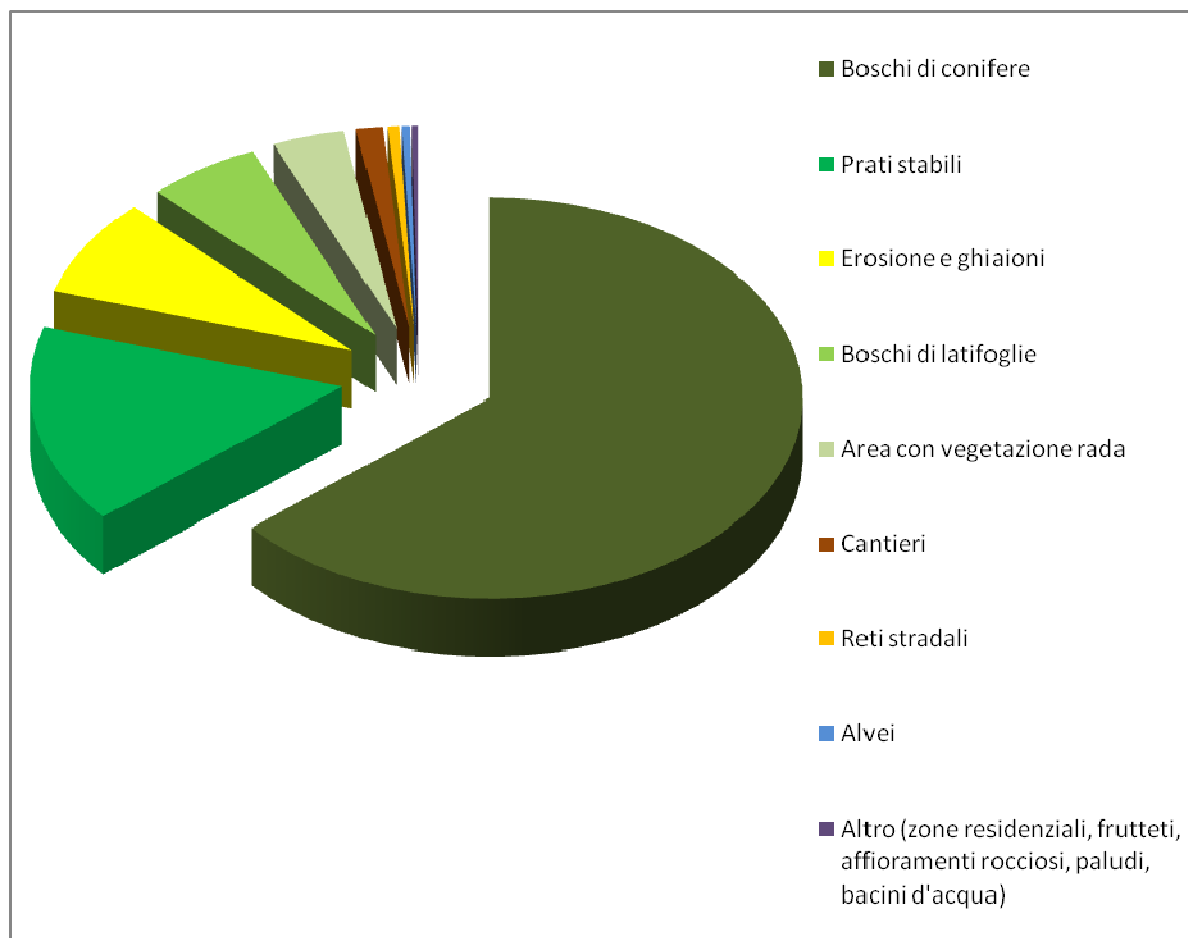
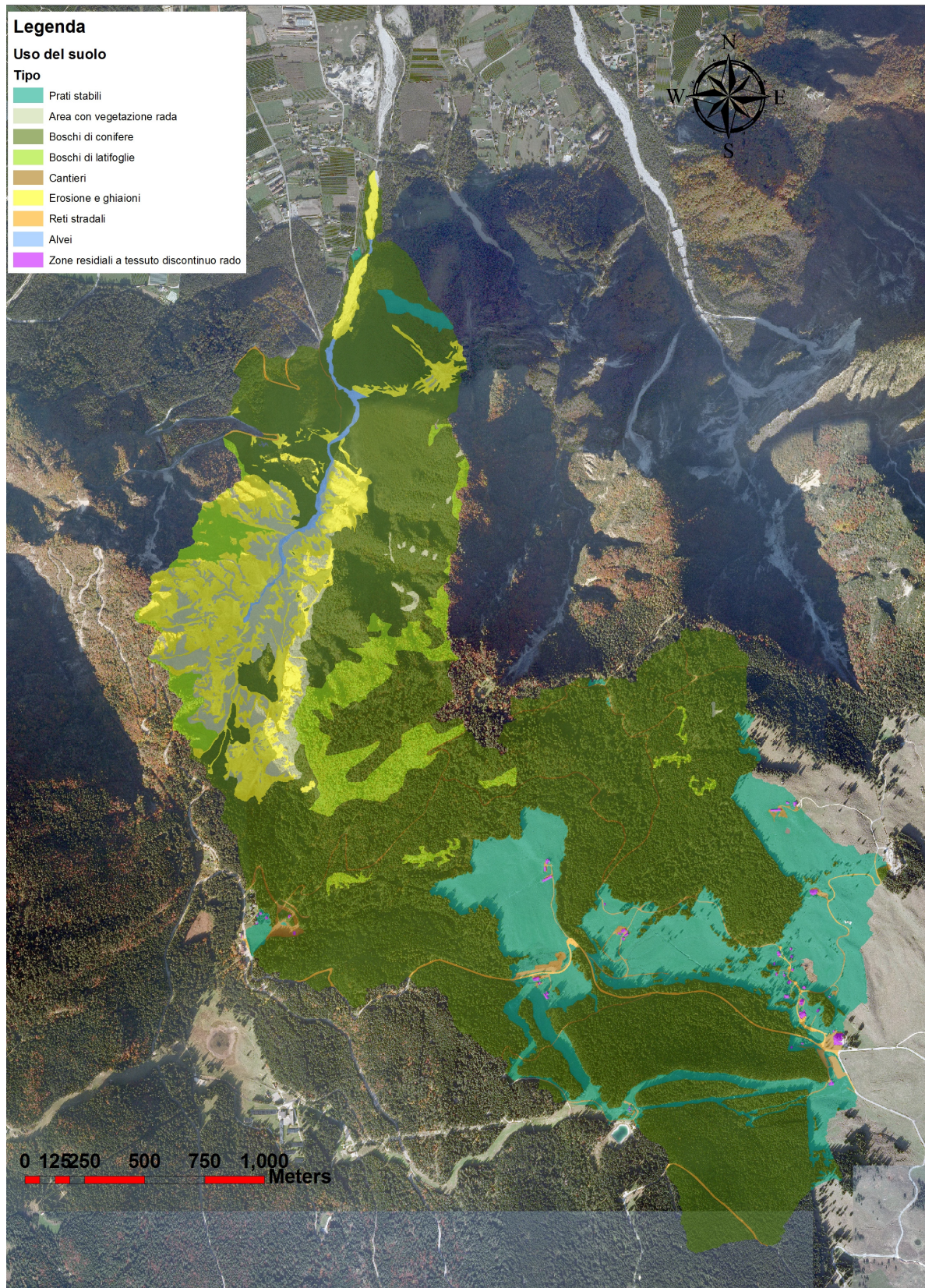


Fig. 3.5 Grafico percentuale dell'uso del suolo del bacino del Rio Val Scura.



*Fig. 3.6 Carta d'uso del suolo del bacino del Rio Val Scura*



#### 4. Il bacino del Rio Rì o Rio Val dei Laresi

Il bacino idrografico del rio Rì o Val dei Làresi (Fig. 4.1) è un sottobacino del torrente Centa che è caratterizzato da un'elevata complessità geomorfologica e idrogeologica che determinano numerose problematiche di difesa del suolo.

Il corso d'acqua del rio Rì presenta un regime torrentizio tipico dei piccoli bacini montani: le portate sono essenzialmente continue anche se, in corrispondenza degli spessi depositi di sedimento, possono scorrere per via sottosuperficiale per diversi mesi all'anno. Le caratteristiche geologiche, morfologiche e idrogeologiche del bacino fanno in modo che, in caso di eventi piovosi di breve durata ed elevata intensità (*flash floods*), il torrente diventi particolarmente impetuoso. Questo fatto, integrato all'elevata erodibilità del substrato, ai dissesti presenti nel bacino, all'elevata disponibilità di sedimento in alveo e ai versanti molto acclivi e instabili, consente al rio Rì di trasportare a valle grandi quantitativi di materiale solido e di detrito legnoso che generalmente occludono la briglia filtrante (Fig. 4.14) posta a difesa della strada provinciale.



Fig. 4.1 Modello 3D del bacino idrografico del rio Rì o rio Val dei Laresi.



#### 4.1 Rio Rì: analisi morfometrica del bacino

Con il modello digitale del terreno (DTM; fonte: <http://www.lidar.provincia.tn.it>) è stato possibile eseguire, mediante il software GIS Adb-ToolBox, l'analisi morfometrica del bacino del rio Rì di cui si riportano i principali parametri (celle raster 1x1 m):

- **Area 2D:** 3.01 km<sup>2</sup> (area 3D: 4.32 km<sup>2</sup>);
- **Quota minima bacino (sezione di chiusura):** 528.2 m s.l.m.;
- **Quota media bacino:** 1130.8 m s.l.m.;
- **Quota massima bacino:** 1526.8 m s.l.m.;
- **Pendenza media bacino:** 93.2 % (43°) (pendenza massima  $\approx$  90°);
- **Lunghezza collettore principale alla sorgente:** 2725 m;
- **Lunghezza complessiva dei collettori:** 15394 m;
- **Pendenza media collettore principale:** 31.6 % (17.5°);
- **Densità di drenaggio del bacino:** 5.11 km/km<sup>2</sup> (mediamente drenato);
- **Indice di compattezza di Gravelius F<sub>1</sub>:** 1.86 (forma bislunga);
- **Indice evoluzione geo-morfologica F<sub>2</sub>:** 1.62 (giovanile);
- **Indice di compattezza del bacino:** 1.82 (bacino allungato, falsamente compatto);
- **Indice di sinuosità del collettore principale:** 1.57 (notevole);

Dall'analisi della curva ipsometrica dimensionale (Fig. 4.2) e adimensionale (Fig. 4.3) e degli indici del bacino si può ricavare che il bacino del rio Rì è caratterizzato da una curva "normale" tipica dei bacini giovanili allungati, caratterizzati da incisioni nella zona culminale con conoidi misti di origine alluvionale e da franamenti di versante.

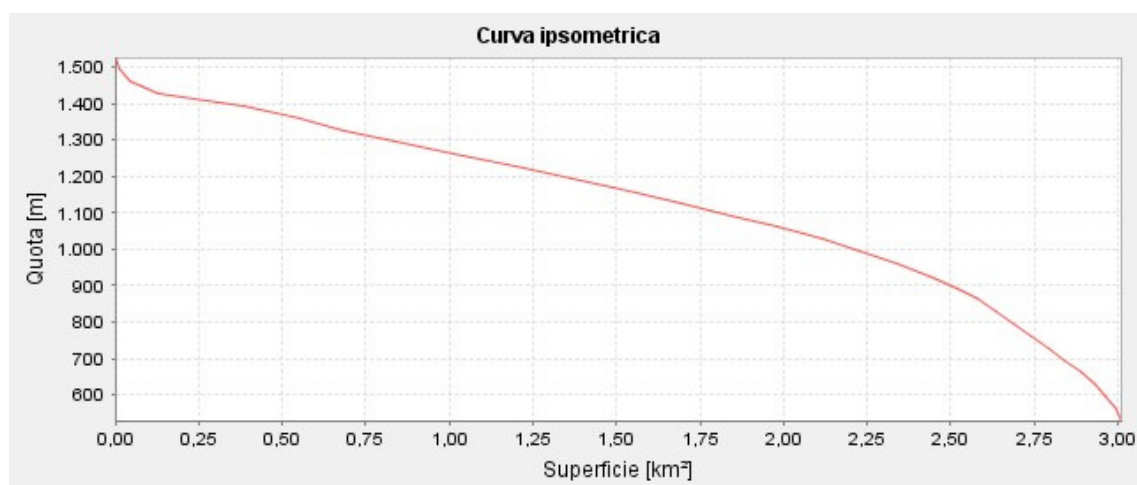


Fig. 4.2 Curva ipsometrica dimensionale del bacino del rio Rì.

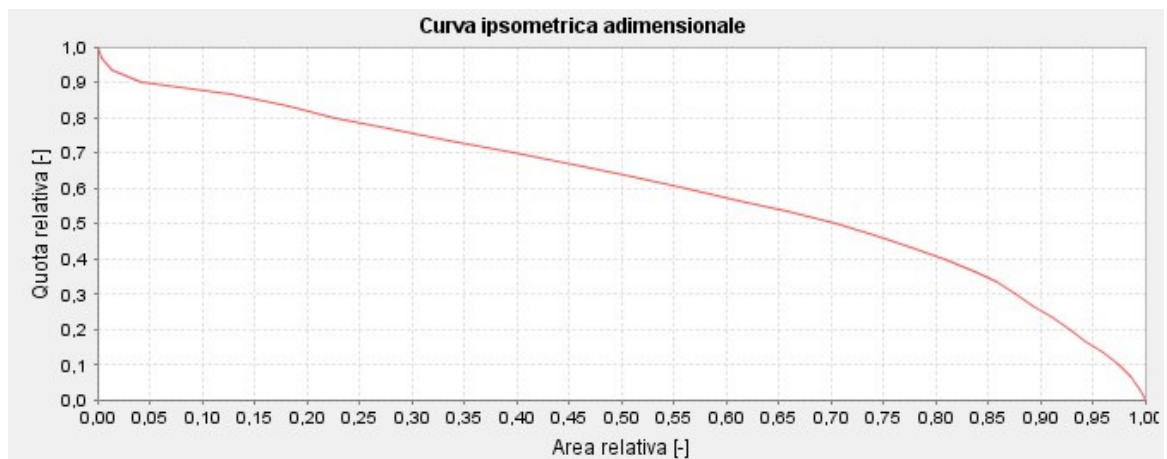


Fig. 4.3 Curva ipsometrica adimensionale del bacino del rio Rì.

Il bacino del rio Rì si estende su di una superficie piccola e il passaggio da quote di circa 500 m s.l.m. a quote maggiori di 1000 m s.l.m. avviene su distanze brevi (25% dell'area del bacino); di conseguenza all'interno del bacino si sviluppano delle forti pendenze (Fig. 4.4) che facilitano e incrementano il fenomeno del trasporto solido e di legname.

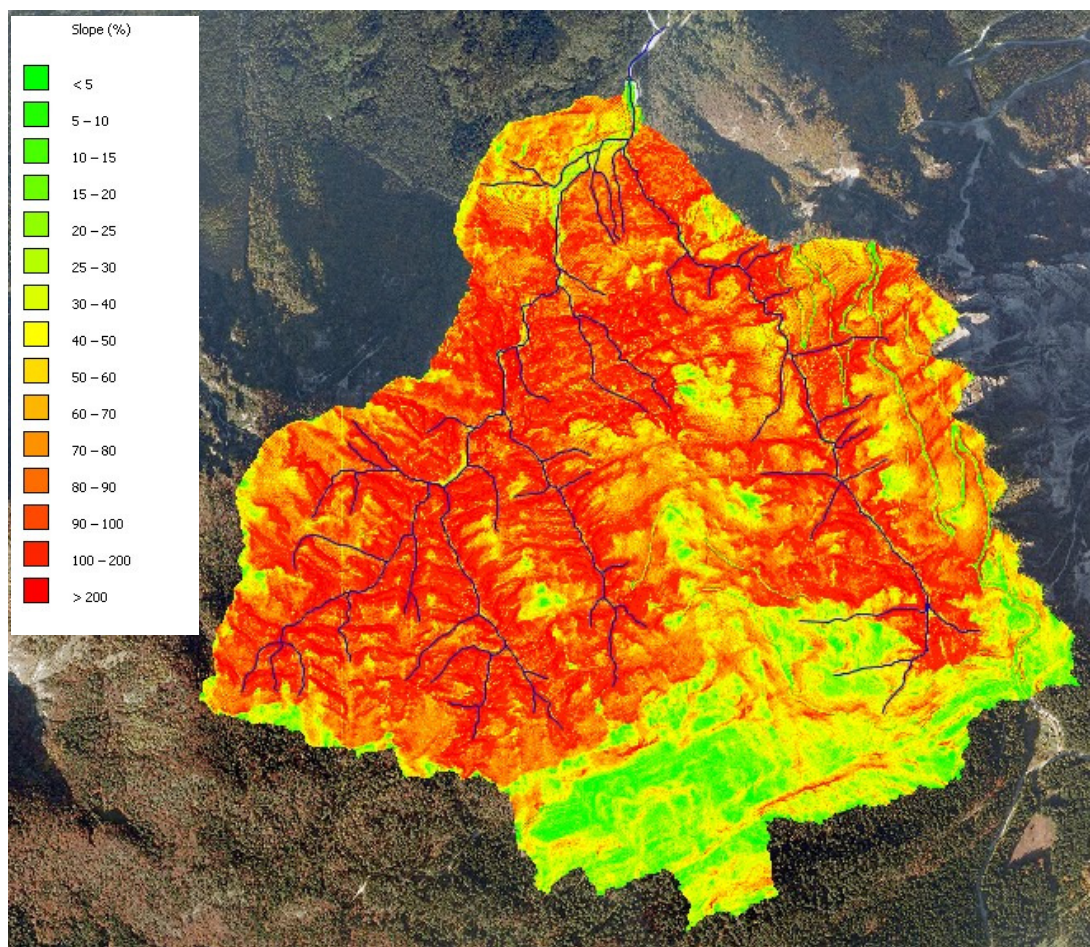


Fig. 4.4 Cartografia delle pendenze del bacino del rio Rì (celle 1x1m).



Osservando le figure 4.5 e 4.6 si può notare che il bacino è esposto per la maggior parte della sua superficie a Nord e Nord-Est: di conseguenza la neve che si accumula nella vallata fortemente incisa, permane per tempi prolungati. Pertanto l'area sarà caratterizzata da deflussi particolarmente elevati nel periodo del disgelo che si sommano a quelli generati dagli eventi meteorici.

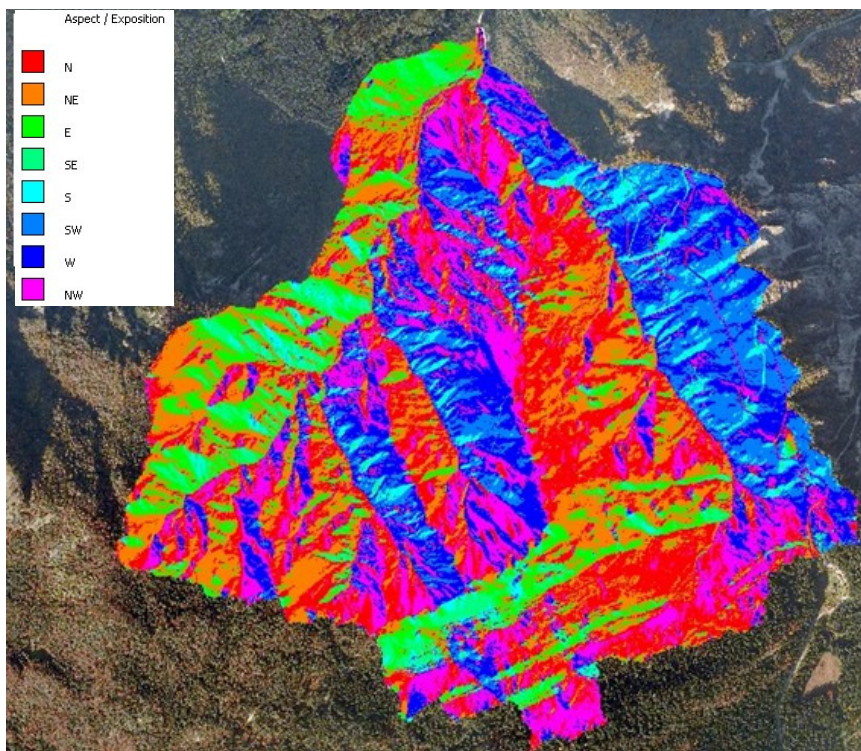


Fig. 4.5 Cartografia dell'esposizione del bacino del rio Rì (celle 1x1m).

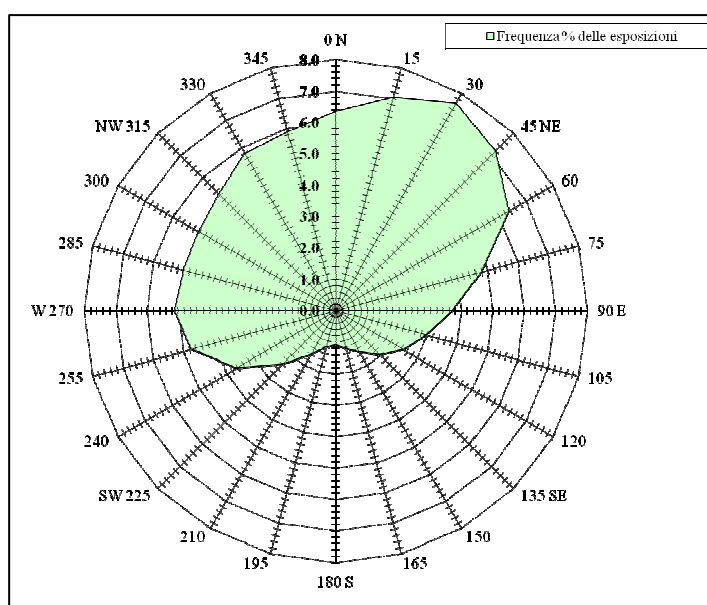


Fig. 4.6 Grafico dell'esposizione del bacino del rio Rì.



Infine, si è ritenuto opportuno ai fini dell'analisi morfometrica del bacino analizzare la distribuzione delle aree in funzione delle fasce di quota (Fig. 4.8) e di pendenza (Fig. 4.9). Si può notare che le aree maggiori si hanno nella parte medio alta del bacino dove vi sono quote e pendenze più elevate ovvero, laddove il bacino tende ad allargarsi assumendo una forma rotondeggiante. Nella parte bassa del bacino le aree tendono a diminuire, segno di una forte contrazione verso la sezione di chiusura.

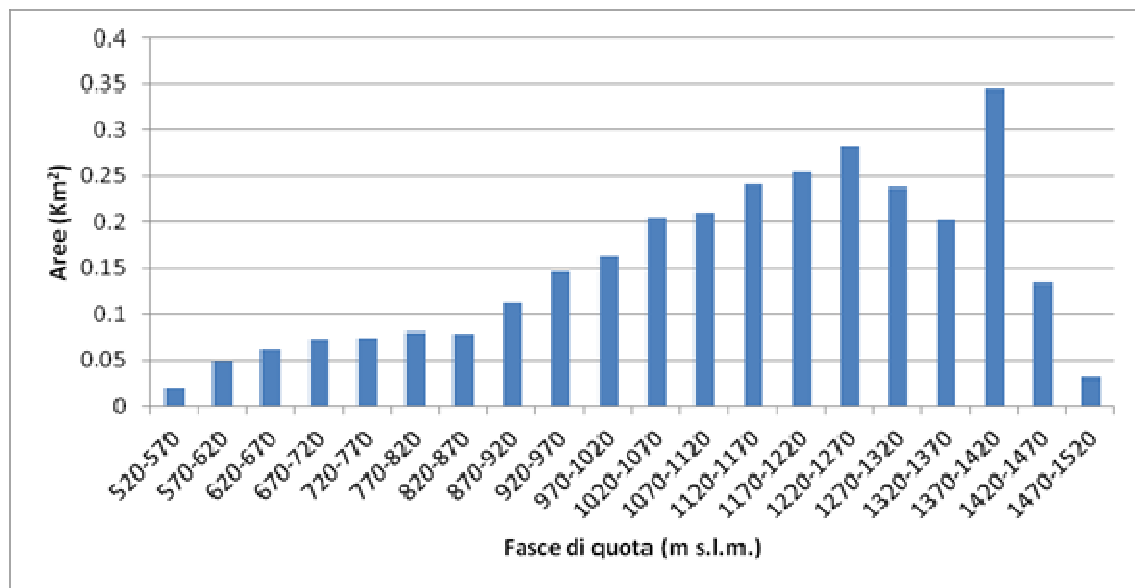


Fig. 4.8 Distribuzione delle aree del bacino del rio Rì in funzione della quota.

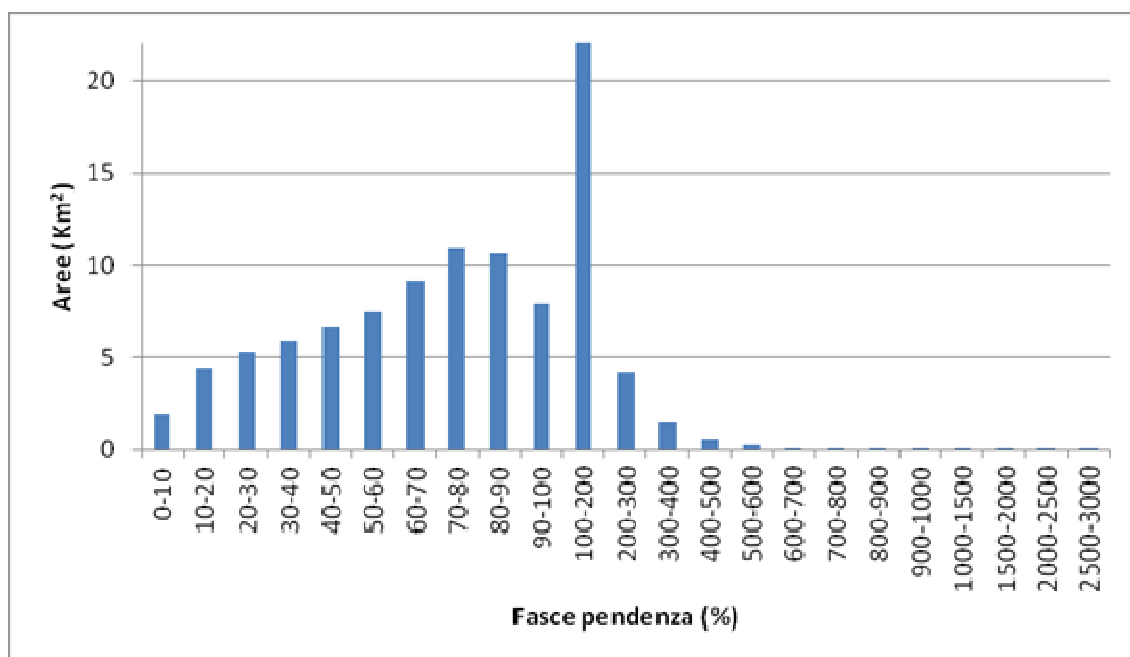


Fig. 4.9 Distribuzione delle aree del bacino del rio Rì in funzione della pendenza.



#### **4.2 Rio Rì: analisi storica degli eventi alluvionali**

Il rio Rì fin da epoche lontane è stato sempre caratterizzato da un regime torrentizio particolarmente intenso: ne sono testimonianza i danni a persone ed infrastrutture registrati negli anni.

Una delle prime alluvioni particolarmente intense di cui vi è traccia nelle documentazioni è quella del 1748 che provocò l'esondazione del torrente Centa. Altri eventi importanti si sono succeduti nel 1789, 1882, 1885, 1888, 1906, 1917, 1921, 1924 e 1926: una serie di eventi per i quali è però difficile riuscire a ricostruire le dinamiche con cui si sono sviluppati a causa della mancanza di dati e delle descrizioni sommarie e qualitative nei documenti storici ritrovati.

Gli eventi occorsi negli ultimi 60-70 anni presentano una documentazione con informazioni maggiori: a tal proposito si ricordano gli eventi del 1951, 1953, 1965 e la tristemente nota alluvione del 1966 che provocò danni più o meno gravi in tutto il territorio provinciale. Nel 1966 il torrente Centa ebbe diverse esondazioni in vari punti e l'elevata intensità delle precipitazioni innescarono numerosi fenomeni franosi anche di notevoli dimensioni. La stessa sorte e le stesse dinamiche coinvolsero anche il rio Rì e la Val Scura.

Tra il 1970 e il 1997 non si sono verificati eventi particolarmente importanti dal punto di vista torrentizio.

Nell'ottobre del 1998 il bacino del rio Rì fu investito da una forte precipitazione che generò un'onda di piena particolarmente intensa: il tirante idrico dell'invaso a monte della filtrante raggiunse i 3,5 m. Rilievi effettuati dopo l'evento evidenziarono che il filtro era stato occluso dalla vegetazione per metà della sua altezza (circa 2 m). La vegetazione rinvenuta a ridosso del filtro era composta prevalentemente da ramaglia di modesta dimensione e da fronde con ancora le foglie. Non ci furono danni apprezzabili a meno di forti e profonde erosioni di sponda, a monte della briglia, e l'accumulo di ingenti quantità di sedimento nelle piazze di deposito sempre a monte.

Altro evento importante fu quello del 20 settembre 1999 che determinò il trasporto di un elevato quantitativo di materiale detritico con ostruzione del filtro fino a 2/3 della sua altezza a causa del legname. Ciò determinò l'accumulo, nelle piazze di deposito a monte della briglia filtrante, di una grande quantità di sedimento ghiaioso e sabbioso che



necessità di un intervento in urgenza di prelievo del detrito per ripristinare la funzionalità delle piazze di deposito stesse. Anche a valle della briglia filtrante si formò un deposito di sedimento fine (ghiaie e sabbie) lungo tutto il canale con uno spessore di circa 1 m.

Nel 2002 l'intero bacino del torrente Centa, e di conseguenza anche il rio Rì, fu colpito da una forte perturbazione che determinò fenomeni di elevato trasporto solido lungo il collettore principale provocando l'interruzione della rete viaria a causa dei dissesti e dei detriti depositati sulle carreggiate (Fig. 4.10). Fortunatamente non vi furono persone coinvolte. Durante l'evento, oltre ai fenomeni erosivi intensi, si verificarono l'innescò di nuovi fenomeni franosi e la riattivazione di vecchie frane quiescenti (PISIF Centa, 2004). Nel novembre 2004 (Fig. 4.11) l'alveo del rio Rì fu interessato da un evento non estremamente eccezionale ma il trasporto solido e di materiale legnoso fu assai elevato (Furlan, 2004). Il legname mobilitato dalla piena provocò l'intasamento dell'intero filtro della briglia filtrante e, conseguentemente, la piazza di deposito a monte fu completamente riempita dal sedimento trasportato. A monte numerosi furono i fenomeni di smottamento delle sponde che determinarono, in alcuni tratti, un significativo allargamento della sezione di deflusso. In occasione di tale fenomeno si ri-attivò una grande area in frana in destra idrografica, poco a monte della piazza di deposito della briglia n°13 (Fig. 4.17); a seguito di questo evento l'invaso della briglia in questione, che prima era completamente vuoto, si riempì fino all'altezza finestre della briglia stessa. A monte della piazza di deposito, nella zona di confluenza dei due principali canali del bacino del rio Rì, si accumulò una notevole quantità di legname formato prevalentemente da piccoli tronchi e grossi rami. Ancora poco più a monte, nella zona della presa dell'acquedotto, l'alveo si era approfondito di circa 3 m raggiungendo gli strati rocciosi sottostanti.

L'ultimo evento registrato è del 14 – 15 agosto 2010: in questa circostanza ci fu un eccezionale trasporto di detrito accompagnato da materiale vegetale di piccole dimensioni. Numerose furono le erosioni di sponda e ingentissimi i volumi di sedimento depositati a monte della briglia n°13 con le finestre. La piazza di deposito di questa briglia fu completamente riempita e l'area di deposito si propagò verso monte fino alla briglia austriaca (circa 460 m). L'avulsione dell'alveo tra la briglia a finestre e la briglia austriaca unita all'erosione delle sponde inglobò notevole materiale legnoso per lo più formato da arbusti, ramaglia e piccoli alberi.



*Fig. 4.10 Briglia filtrante n°6 dopo l'evento del 2002 (fonte: PISIF, T. Centa).*



*Fig. 4.11 Briglia a finestre n°13 e piazza di deposito dopo l'evento del novembre 2004 (fonte: PISIF, T. Centa).*



### 4.3 Rio Rì: grado di sistemazione del bacino e di efficienza delle opere

Il bacino del rio Rì è oggi una zona densamente sistemata in cui sono presenti principalmente opere di consolidamento trasversali (briglie). Il loro scopo è quello di limitare l'erosione spondale e l'approfondimento dell'alveo in modo da diminuire la quantità di materiale disponibile per il trasporto solido ed evitare fenomeni di instabilità dei versanti.

All'inizio del XX secolo a causa del difficile e a volte impossibile lavoro di sistemazione e risanamento del bacino nella zona di testa e l'esigenza di proteggere per prima cosa gli insediamenti di fondovalle, il tecnico sistematore si concentrò principalmente nel tratto intermedio e di fondovalle del torrente. Le prime opere erano essenzialmente in legname o in pietrame cioè, erano realizzate con i materiali che si trovavano in loco. Solo dopo il secondo conflitto mondiale fu introdotto l'utilizzo massiccio del cemento armato.

Nel bacino del rio Rì si rileva la presenza di una sola briglia, realizzata in massi cementati, risalente agli interventi post alluvione del 1882 (Fig. 4.12).

Non è, però, del tutto remota la possibilità che in passato ci fossero anche altre opere simili, andate distrutte dai vari eventi alluvionali.



*Fig. 4.12 Briglia austriaca in massi cementati.*



La briglia austriaca (Fig. 4.12) presente sul rio Rì è posizionata in un punto molto stabile su affioramenti rocciosi anche se, con il passare del tempo, ne è stato danneggiato il coronamento dagli intensi fenomeni di trasporto solido.

Sulla base del catasto opere del Servizio Bacini Montani e del Piano degli Interventi di Sistemazione Idraulico-Forestale del bacino del torrente Centa è possibile fornire un quadro conoscitivo degli interventi di sistemazione realizzati nel bacino (Fig. 4.13).



Fig. 4.13 Numerazione delle briglie presenti lungo l'asta principale del rio Rì.

#### **Anno 1992:**

- Realizzazione di una briglia aperta (n°6) con filtro (Fig. 4.14) ad elementi orizzontali mobili. Rivestimento in pietrame a secco del paramento di valle della briglia. Realizzazione di piazza di deposito a tergo della briglia. Realizzazione di scogliere in sponda destra e sinistra come muri d'ala della briglia.



*Fig. 4.14 Briglia filtrante posta a chiusura del bacino del rio Rì.*

- Realizzazione di 3 briglie (Fig. 4.15) in calcestruzzo armato (n° 7, 8 e 9). A valle della briglia n°7 realizzato un *floster* in massi.



*Fig. 4.15 Briglie (n° 7,8,9) in cemento armato posta a monte della filtrante.*

**Anno 1993:**

- Realizzazione, su entrambe le sponde, di un'opera spondale in grigliato preconfezionato in calcestruzzo alla confluenza con il Centa.
- Realizzazione di un attraversamento in alveo (guado) per il passaggio della strada sterrata che costeggia il Centa in destra idrografica. Realizzazione di una breve scogliera a sostegno della rampa della strada.
- Realizzazione di un attraversamento in alveo: strada bianca che attraversa longitudinalmente l'alveo, utilizzata per gli svassi.
- Realizzazione di un *floster* in massi a secco a valle della briglia n° 1 e rivestimento della gaveta di questa con pietra porfirica (Fig. 4.16).



Fig. 4.16 Rivestimento con pietra porfirica della gaveta della briglia n°1.

**Anno 1994:**

- Realizzazione di opere spondali in scogliera cementata, come collegamento tra la briglia n°8 ed il ponte n°3 (SP. Monte-Rovere). In corrispondenza del ponte la scogliera è sostituita da muri in calcestruzzo rivestito che terminano oltre il ponte.
- Realizzazione del ponte n°3 sulla SP Monte-Rovere (intervento non realizzato dal Servizio Bacini Montani).

**Anno 2000:**

- Realizzazione di opera spondale in scogliera a secco a difesa della sponda sinistra.
- Realizzazione di 3 briglie in pietrame e calcestruzzo e funi (n° 10, 11 e 12), con struttura ad arco e corda molle, intervallate da selciatone in massi a secco.
- Realizzazione di una briglia in calcestruzzo armato (n°13), dotata di 3 finestre, con piazza di deposito a tergo delimitata da rampe in massi (Fig. 4.17)



*Fig. 4.17 Briglia in cemento armato n°13.*

Va sottolineato che la zona di testata e di monte del bacino è particolarmente instabile e attualmente non risulta sistemata. Pur essendo una delle maggiori sorgenti di materiale solido, la costruzione di opere in quest'area risulta difficilissima per l'assenza di accessi.



#### 4.4 Rio Rì: geo-morfologia del collettore

L'asta principale del rio Rì si sviluppa per circa 2725 m da una quota minima di 489 m s.l.m a una quota massima di 1375 m s.l.m, con una pendenza media del 31.6 % (17.5°).

L'analisi geomorfologica del collettore è stata effettuata mediante rilievi di campo e l'utilizzo dei software GIS Adb-ToolBox e ArcGIS; l'asta principale è stata suddivisa in singoli tratti omogenei per caratteri geo-morfologici (Fig. 4.18).

I tratti individuati sono i seguenti:

1. **Primo tratto:** zona delle tre piazze di deposito e tra le briglie.
2. **Secondo tratto:** compreso tra la briglia n°13 e la briglia austriaca.
3. **Terzo tratto:** compreso tra la briglia austriaca e l'inizio del canale in roccia.
4. **Quarto tratto:** compreso tra l'inizio canale in roccia e la sorgente del collettore.

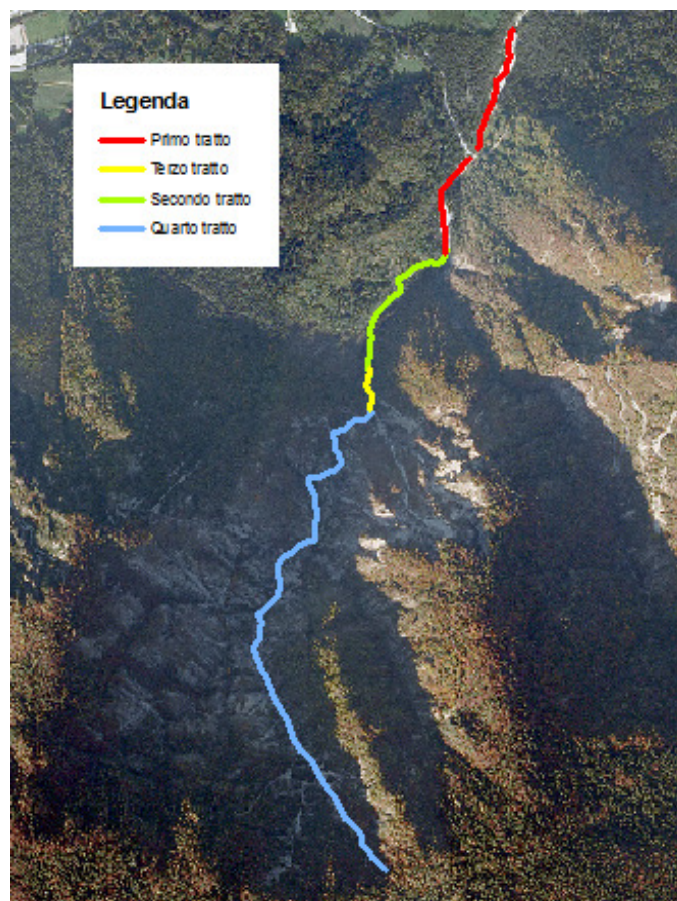


Fig. 4.18 Suddivisione in singoli tratti dell'asta principale del rio Rì.

Nella figura 4.19 è stato riportato il profilo longitudinale dell'intero corso principale.

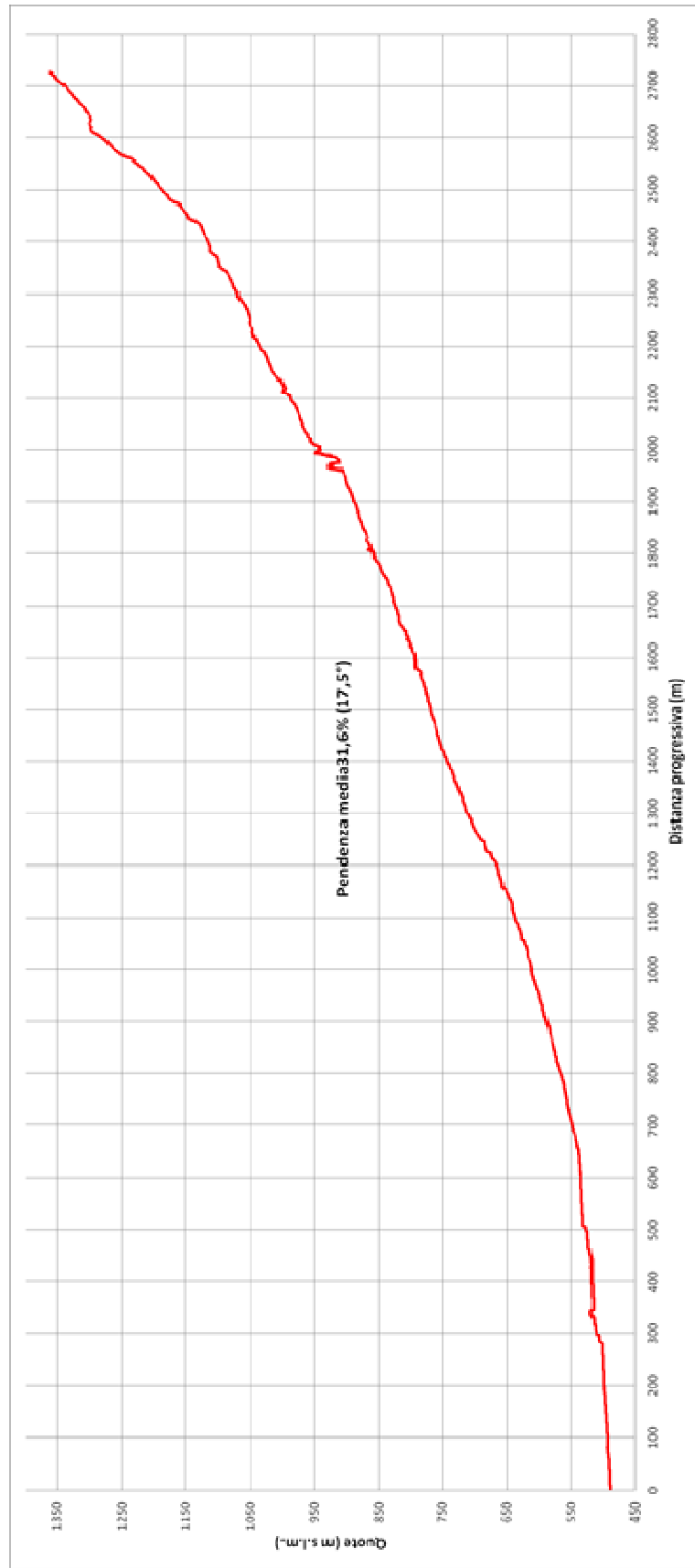


Fig. 4.19 Profilo longitudinale del rio Rì.



#### 4.4.1. Primo tratto: zona delle piazze di deposito e tra le briglie

Il primo tratto (Fig. 4.20) in cui è stata suddivisa l'asta principale del rio Rì corrisponde al tratto interessato dalle tre piazze di deposito (Fig. 4.22, Fig. 4.23 e Fig. 4.24) poste a monte della briglia filtrante (briglia n°6 secondo il catasto delle opere del Servizio Bacini Montani, Fig. 4.13). Questo tratto d'alveo, con una lunghezza di circa 780 m, si sviluppa tra i 489 m

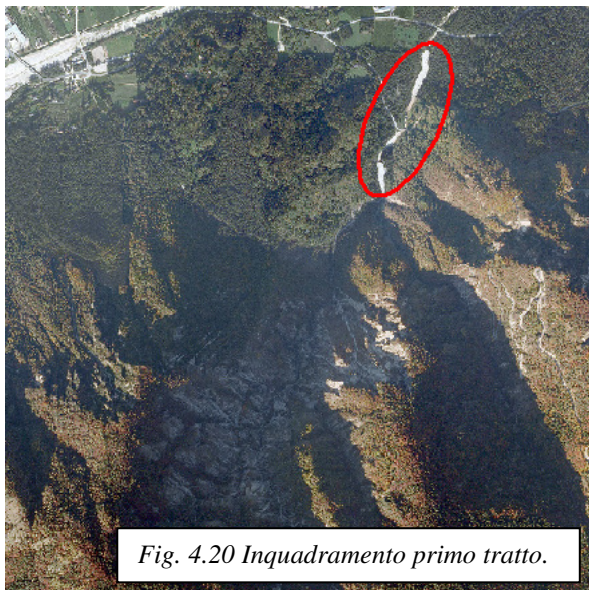


Fig. 4.20 Inquadramento primo tratto.

s.l.m. (quota della briglia filtrante) e i 537 m s.l.m. ed è caratterizzato da una pendenza media del 7.6 % (4.4°). La ridotta pendenza è tipica dei tratti a piazza di deposito: a monte della briglia filtrante (n°6) si sviluppa la piazza di deposito più grande, molto lunga e stretta. Un'altra piazza di deposito si trova a monte del ponte sulla strada provinciale: molto breve ma caratterizzata da un brusco allargamento della sezione trasversale. La terza piazza di deposito, a monte della briglia

con finestre (n°13), ha un volume di invaso nettamente inferiore alle due precedenti. Lungo tutto questo primo settore sono presenti anche accumuli di legname, in parte trasportati da monte e in parte provenienti dalle sponde laterali in seguito ai franamenti (Fig. 4.21 e Fig. 4.25). Si tratta principalmente di ramaglie, piccoli fusti, qualche tronco e ceppaia di piccola dimensione.



Fig. 4.21 Materiale legnoso a margine della piazza di deposito a monte della filtrante.



*Fig. 4.22 Piazza di deposito della briglia filtrante (briglia n°6).*



*Fig. 4.23 Piazza a monte della briglia n°9 in corrispondenza del ponte della strada per Monte Rovere.*



*Fig. 4.24 Piazza di deposito della briglia con finestre (briglia n°13).*



*Fig. 4.25 Materiale detritico e legnoso presente nella piazza di deposito della briglia con finestre (briglia n°13).*



Per quanto riguarda il profilo longitudinale (Fig. 4.26) si osserva una pendenza costante lungo tutto il tratto analizzato, fatta eccezione dei punti corrispondenti alle briglie.

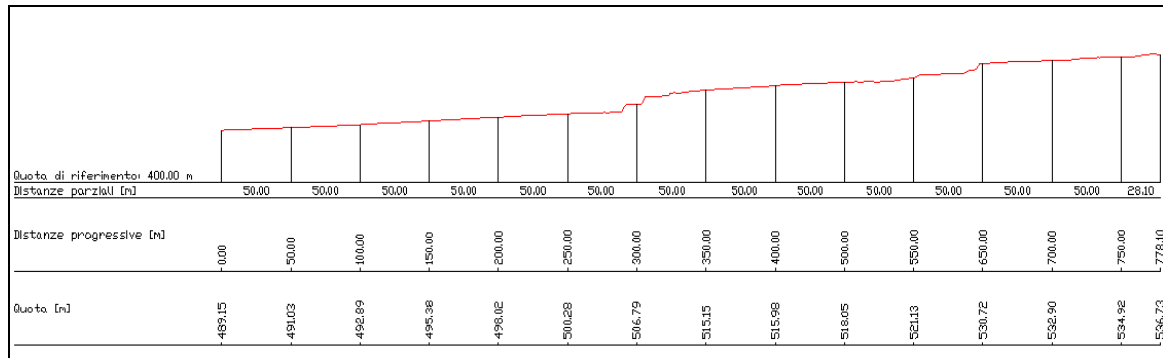


Fig. 4.26 Profilo longitudinale del primo tratto del rio Rì.

#### 4.4.2. Secondo tratto: settore compreso tra la frana e la briglia austriaca

Il secondo settore (Fig. 4.27) che è stato analizzato corrisponde al tratto compreso tra la fine dell'ultima piazza di deposito a monte della briglia a finestre n°13 e la briglia austriaca. Tale settore si differenzia dal precedente per vari aspetti: la pendenza è nettamente maggiore, l'alveo risulta confinato in una valle ancora ampia, le sponde sono densamente vegetate e i depositi in alveo, spesso ricoperti da vegetazione, sono il risultato delle forme di fondo e di sponda generate dagli eventi alluvionali. Questo tratto d'alveo, con una lunghezza di circa 470 m, parte dalla quota di 537 m s.l.m. e arriva alla quota di



Fig. 4.27 Inquadramento secondo tratto.

633 m s.l.m. (che corrisponde alla quota della briglia austriaca), con una pendenza media del 22.8 %. Il settore è caratterizzato dalla presenza di detriti con diametri che vanno dalle sabbie ai massi (Fig. 4.28, Fig. 4.29). Sono diffuse le aree in erosione e in frana lungo le sponde (Fig. 4.30, Fig. 4.31). Lungo tutto il tratto non sono presenti significativi depositi di legname, eccetto qualche ceppaia e pianta giunta in alveo in seguito a franamenti laterali (Fig. 4.32, Fig. 4.33).



*Fig. 4.28 Ampio deposito di materiale detritico fine lungo il secondo tratto del rio Rì.*



*Fig. 4.29 Ampio deposito di materiale detritico e tronchi lungo il secondo tratto del rio Rì.*



*Fig. 4.30 Esempio di erosione presente lungo il secondo tratto del rio Rì.*



*Fig. 4.31 Estesa zona in frana posta all'inizio del secondo tratto del rio Rì.*



*Fig. 4.32 Esempio di pianta adulta (abete rosso) presente lungo il secondo tratto del rio Rì.*



*Fig. 4.33 Esempio di deposito di legname presente lungo il secondo tratto del rio Rì.*



La parte alta del settore (nelle vicinanze della briglia austriaca) è dominata da alcuni salti in roccia e dalla presenza di massi ciclopici. Per quanto riguarda il profilo longitudinale (Fig. 4.34) si nota una pendenza uniforme di circa  $13^\circ$  su tutto il tratto analizzato.

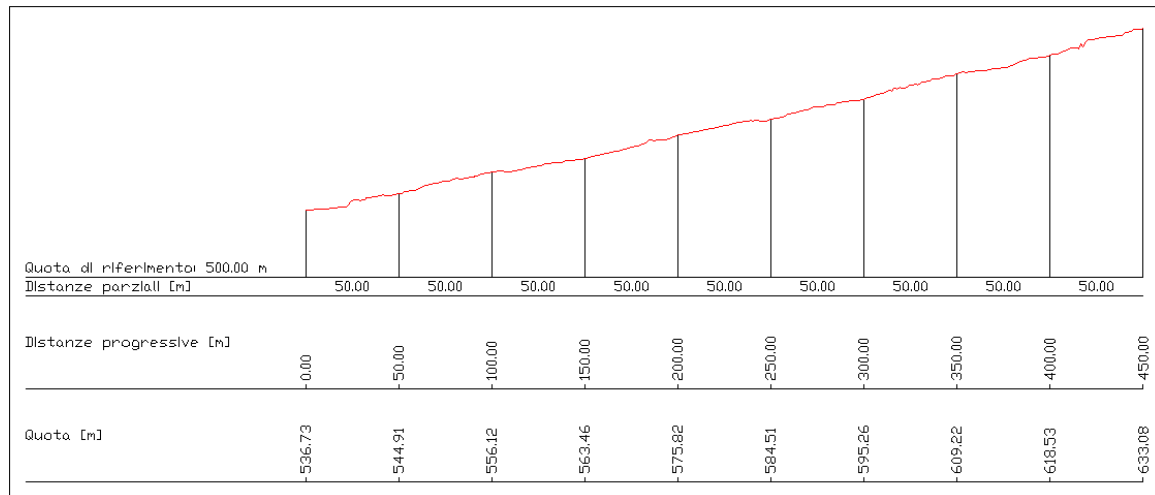


Fig. 4.34 Profilo longitudinale del secondo tratto.

#### 4.4.2. Terzo tratto: settore compreso tra la briglia austriaca e inizio canale in roccia

Il penultimo tratto individuato lungo l'alveo del rio Rì è compreso tra la briglia austriaca e l'inizio del canale in roccia (Fig. 4.18). Il tratto (Fig. 4.35) si sviluppa per una

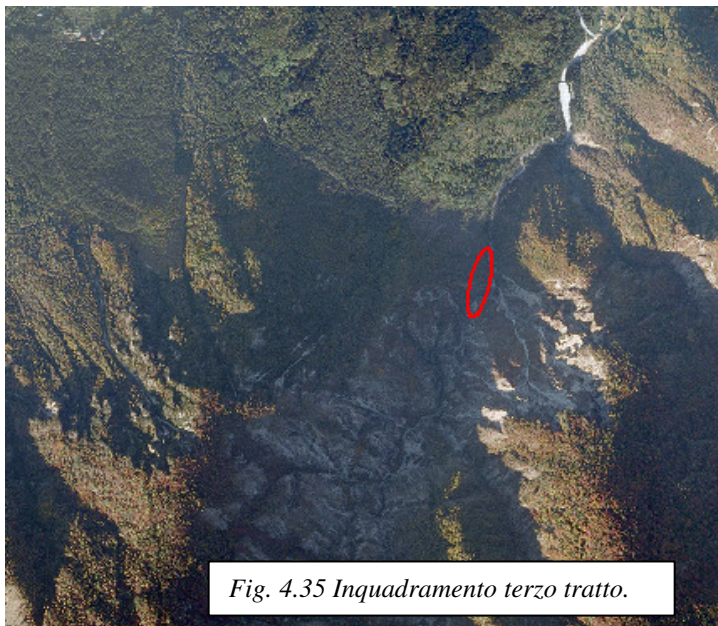


Fig. 4.35 Inquadramento terzo tratto.

lunghezza di circa 100 m, da quota 633 m a 662 m s.l.m., e presenta una pendenza media del 31 % ( $17.2^\circ$ ).

Questo tratto d'alveo è caratterizzato dalla presenza di numerosi massi con diametro anche superiore al metro e mezzo (Fig. 4.38, Fig. 4.39), disposti longitudinalmente lungo l'alveo in modo da confinare il corso d'acqua verso

la sponda sinistra in un canale di limitata larghezza (circa 1.5-2 m; Fig. 4.36, Fig. 4.37).



Lungo il tratto non sono presenti aree in erosione o in frana e neppure accumuli significativi di legname (Fig. 40).

La presenza di granulometrie anche molto grandi hanno consentito il formarsi di una tipica morfologia a *steep-pool* (Fig. 4.36).



Fig. 4.36 Terzo tratto dell'alveo del rio Rì.



Fig. 4.37 Terzo tratto dell'alveo del rio Rì.



*Fig. 4.38 Massi presenti lungo il terzo tratto dell'alveo del rio Rì.*



*Fig.4 39 Massi presenti lungo il terzo tratto dell'alveo del rio Rì.*



Fig. 4.40 Vista della zona stabile posta in destra idrografica del terzo tratto dell'alveo.

Osservando il profilo longitudinale in figura 4.41 si nota che l'elevata pendenza è interrotta da qualche salto dovuto alla presenza dei grandi massi. La morfologia d'alveo piuttosto articolata determina un profilo più "frastagliato".

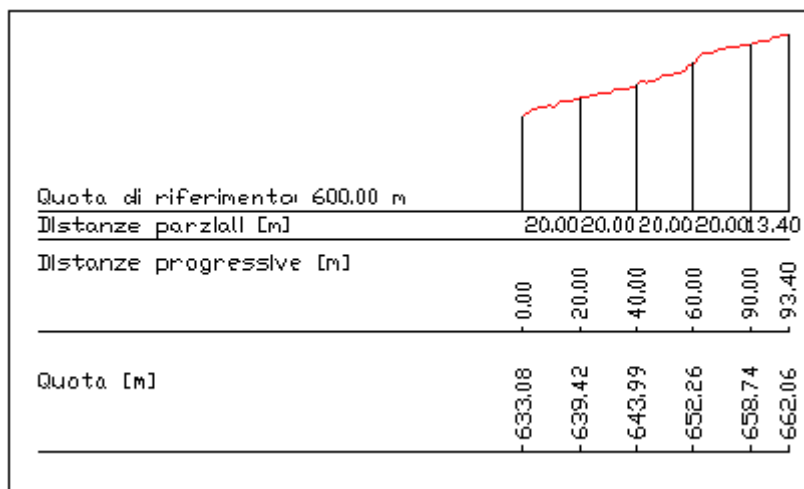


Fig. 4.41 Profilo longitudinale del terzo tratto del rio Rì.



#### 4.4.2. Quarto tratto: settore compreso tra l'inizio canale in roccia e fine collettore

La parte più alta dell'alveo del rio Rì rappresenta il quarto tratto di canale. Quest'ultimo settore ha una lunghezza circa 1550 m e si sviluppa dalla quota di 662 m s.l.m. alla quota massima di 1375 m s.l.m. (Fig. 4.42). In questa parte il canale è di larghezza limitata (1-3 m) e si sviluppa tra rocce e sfasciumi (Fig. 4.43, Fig. 44, Fig. 45) con una pendenza media del 44.6 % (circa 24°). Il profilo longitudinale del canale in questo tratto (Fig. 4.46) risulta interrotto da una serie di salti morfologici che corrispondono a delle piccole cascate, di altezza compresa tra i 2 e i 4 m, presenti nella parte iniziale e media del tratto.

Questo tratto è contraddistinto dalla presenza di rocce molto fratturate, sfasciumi e materiali lapidei facilmente mobilitabili da deflussi impetuosi: le ghiaie e i ciottoli che si formano tendono ad accumularsi nelle numerose "buche" che sono presenti lungo il percorso ma è facilmente intuibile, dai segni di "pulizia" che tutti i sedimenti vengano facilmente trasportati a valle durante gli eventi di piena.



Fig. 4.42 Inquadramento quarto tratto.

Infine, in questo ultimo tratto dell'alveo del rio Rì non sono presenti accumuli di legname consistenti: non manca la ramaglia e qualche piccola ceppaia che, ad una attenta osservazione, provengono dalle superfici boscate poste al di sopra delle pareti in roccia che confinano il tratto d'alveo. Confrontando i volumi e le tipologie di materiale legnoso presente in alveo, si può, quindi, ritenere che durante gli eventi meteorici intensi vi sia un effetto di "pulizia" del sottobosco molto ripido che domina l'alveo inciso tra la roccia.



*Fig. 4.43 Canale e cascate in roccia presenti nel quarto tratto.*



*Fig. 4.44 Cascata in roccia presente nel quarto tratto.*



Fig. 4.45 Cascata in roccia presenti nel quarto tratto.

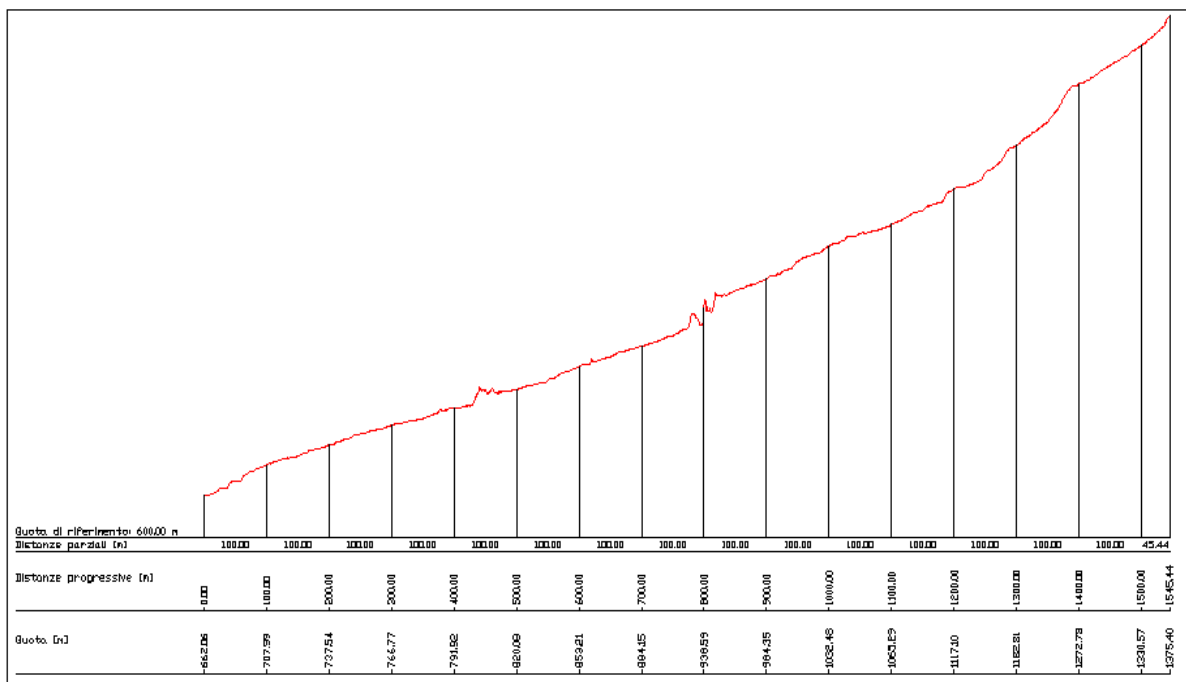


Fig. 4.46 Profilo longitudinale del quarto tratto del rio.



## 5. Il bacino del Rio Val Scura o Rio Bianco

Il bacino idrografico del rio Val Scura o rio Bianco (Fig. 5.1) è un sottobacino del torrente Vena e condivide parte del suo spartiacque con quello del bacino del rio Rì.

Il rio Val Scura, come il rio Rì, presenta le caratteristiche tipiche di un corso d'acqua di montagna ovvero, quelle di un bacino di ridotte dimensioni con un regime torrentizio. Le caratteristiche geologiche, morfologiche e idrogeologiche del bacino fanno in modo che in caso di eventi piovosi di breve durata ed elevata intensità (*flash floods*), il torrente diventi particolarmente impetuoso. Questo aspetto integrato all'elevata erodibilità del substrato, ai dissesti presenti nel bacino, all'elevata disponibilità di sedimento presente in alveo, fa in modo che il rio Val Scura, come il rio Rì, possa trasportare a valle grandi quantitativi di materiale solido e di detrito legnoso che generalmente ocludono la briglia filtrante (figura 5.12) posta a difesa della strada provinciale.

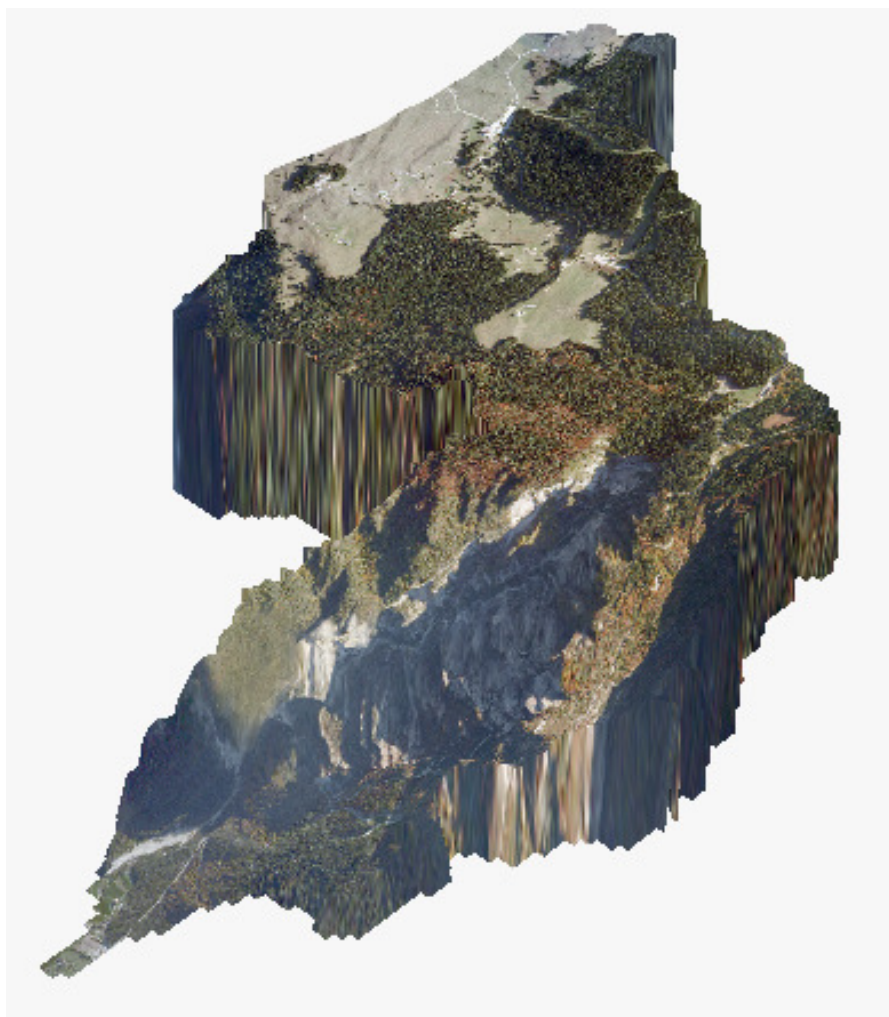


Fig. 5.1 Bacino idrografico del rio Val Scura o rio Bianco.



## 5.1 Rio Val Scura: analisi morfometrica del bacino

L'analisi morfometrica del bacino del Rio Val Scura è stata fatta in maniera analoga a quella del rio Rì a partire dal modello digitale del terreno (celle 1x1 m). I principali parametri morfometrici che caratterizzano il bacino sono:

- **Area 2D:** 5.98 km<sup>2</sup> (area 3D: 7.73 km<sup>2</sup>);
- **Quota minima del bacino (sezione di chiusura):** 484 m s.l.m.;
- **Quota media del bacino:** 1238.2 m s.l.m.;
- **Quota massima del bacino:** 1583.2 m s.l.m.;
- **Pendenza media bacino:** 62.9 % (32.2°) (pendenza massima  $\approx$  90°);
- **Lunghezza collettore principale alla sorgente:** 7020 m;
- **Lunghezza complessiva dei collettori:** 23008 m;
- **Pendenza media collettore principale:** 37.8 % ( $\approx$  21°);
- **Densità di drenaggio del bacino:** 3.85 km/km<sup>2</sup> (poco drenato);
- **Indice di compattezza di Gravelius F<sub>1</sub>:** 2.58 (forma bislunga);
- **Indice evoluzione geo-morfologica F<sub>2</sub>:** 2.59 (giovanile, molto dinamica);
- **Indice di compattezza del bacino:** 2.91 (bacino allungato);
- **Indice di sinuosità del collettore principale:** 1.73 (notevole);

Dall'analisi della curva ispometrica dimensionale (Fig. 5.2) e adimensionale (Fig. 5.3) e degli indici del bacino si può ricavare che il bacino del rio Val Scura è caratterizzato da una curva con andamento "anomalo" dovuto alla presenza di un'ampia zona ad altopiano (con pendenza molto basse) nella parte alta del bacino stesso. Alla zona di altopiano fa seguito un salto morfologico (presenza di cascate) di collegamento con la profonda valle incisa dove il rio Val Scura scorre nella parte media del bacino.

Per questo motivo il bacino del Val Scura può essere diviso in due zone a differente pendenza (Fig. 5.4):

- una prima area collocata nella parte medio-bassa del bacino caratterizzata da pendenze elevate, numerose frane e intensi fenomeni di erosione e trasporto solido;
- una seconda zona, posta nella parte di testata del bacino (coincidente con l'Altopiano di Lavarone), caratterizzata da pendenze molto ridotte, assenza di frane ed erosioni superficiali e un reticolo idrografico invaso dalla vegetazione.

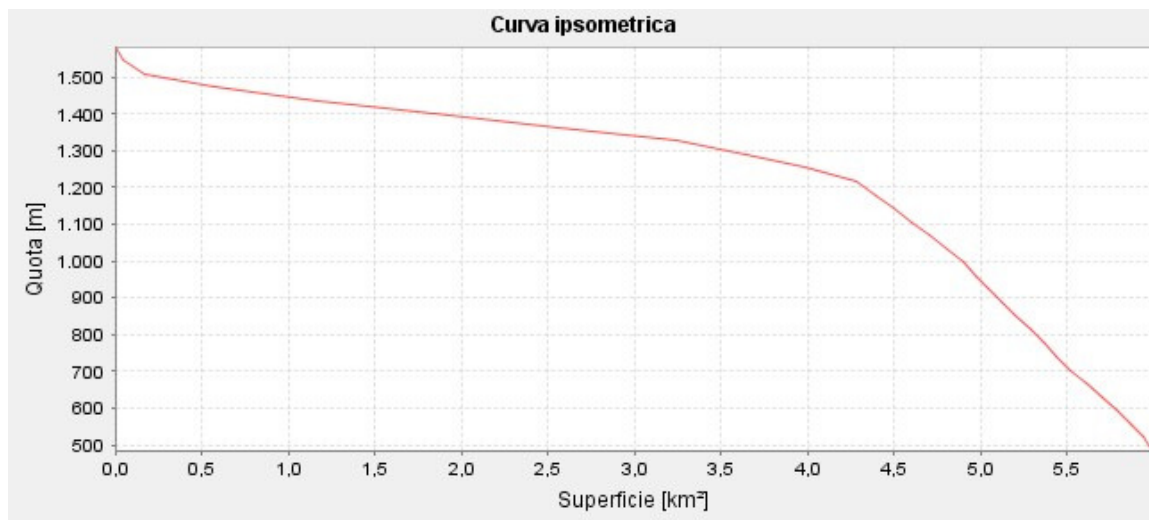


Fig. 5.2 Curva ipsometrica dimensionale del bacino del rio Val Scura.

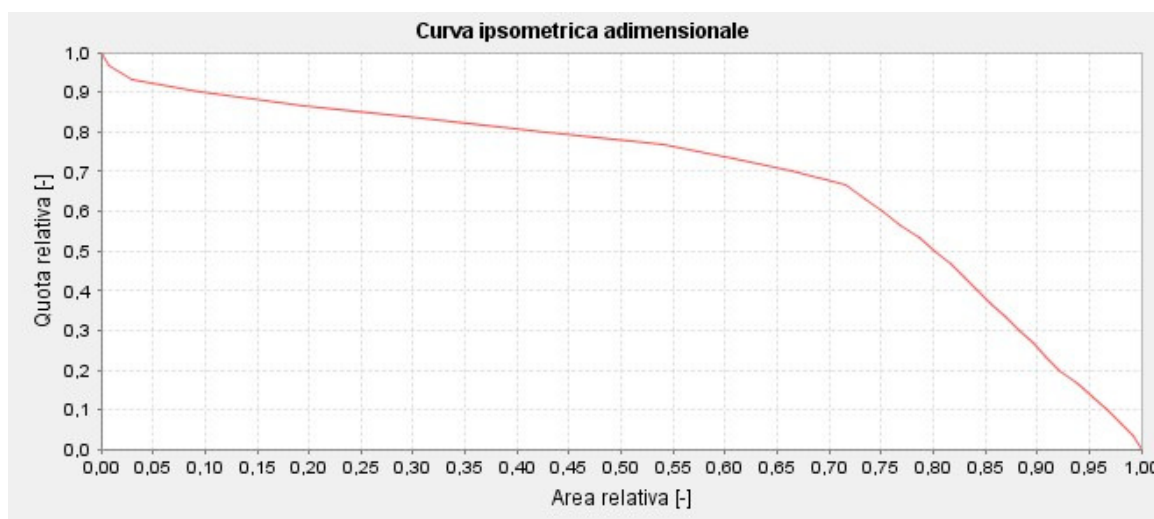


Fig. 5.3 Curva ipsometrica adimensionale del bacino del rio Val Scura.

Si tratta di un bacino, nel suo complesso, molto allungato e con notevole sinuosità della rete idrografica. Nella parte medio-bassa, sotto il salto geo-morfologico, il bacino si presenta in una fase evolutiva giovanile ancora molto dinamica e lo testimoniano gli intensi fenomeni di dissesto presenti e l'elevata sinuosità dell'asta principale. Nella zona di testata, sopra la soglia geomorfologica, il bacino è già in una fase senile, coinvolgente un'area piuttosto arrotondata e il reticolo presenta una sinuosità apprezzabile ma molto inferiore alla precedente (Fig. 5.4).

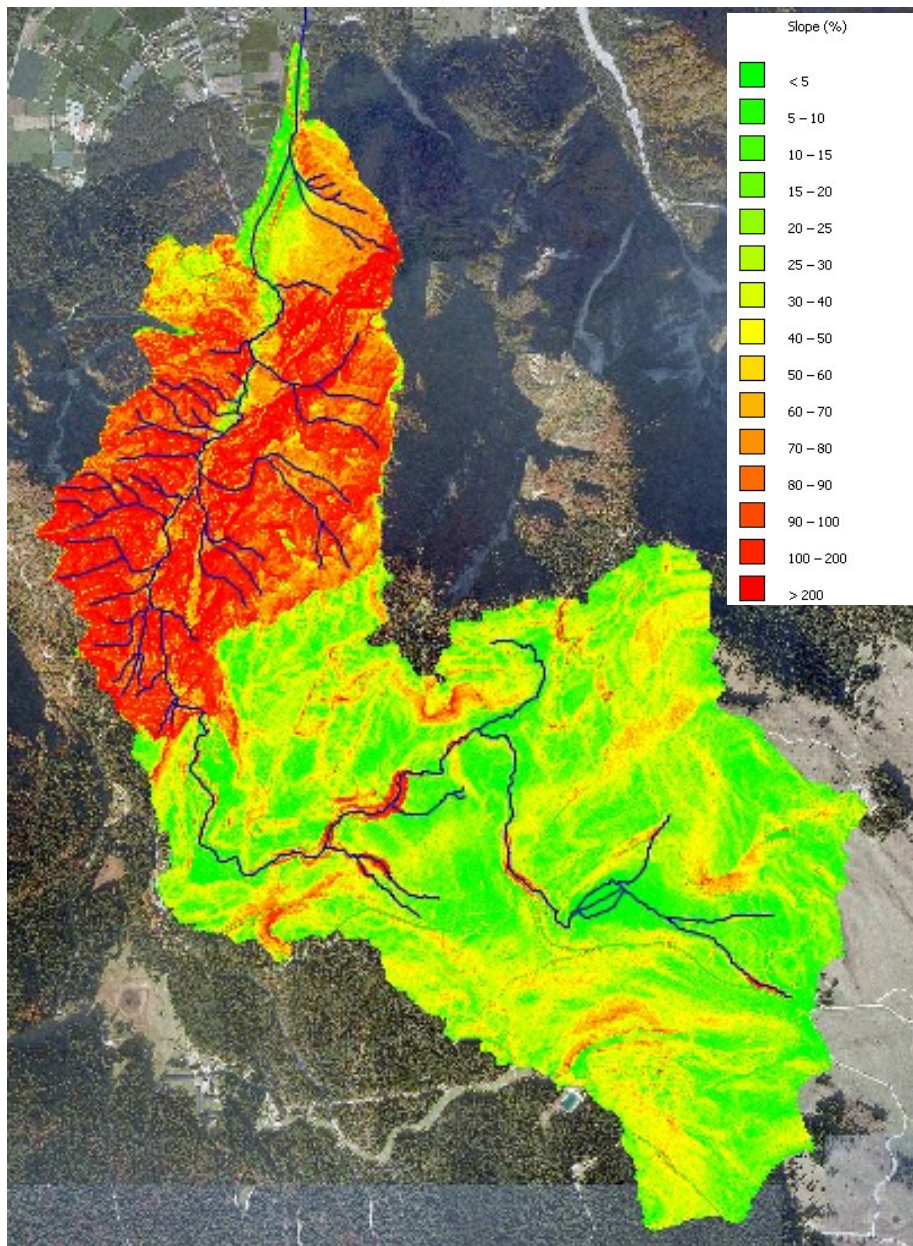
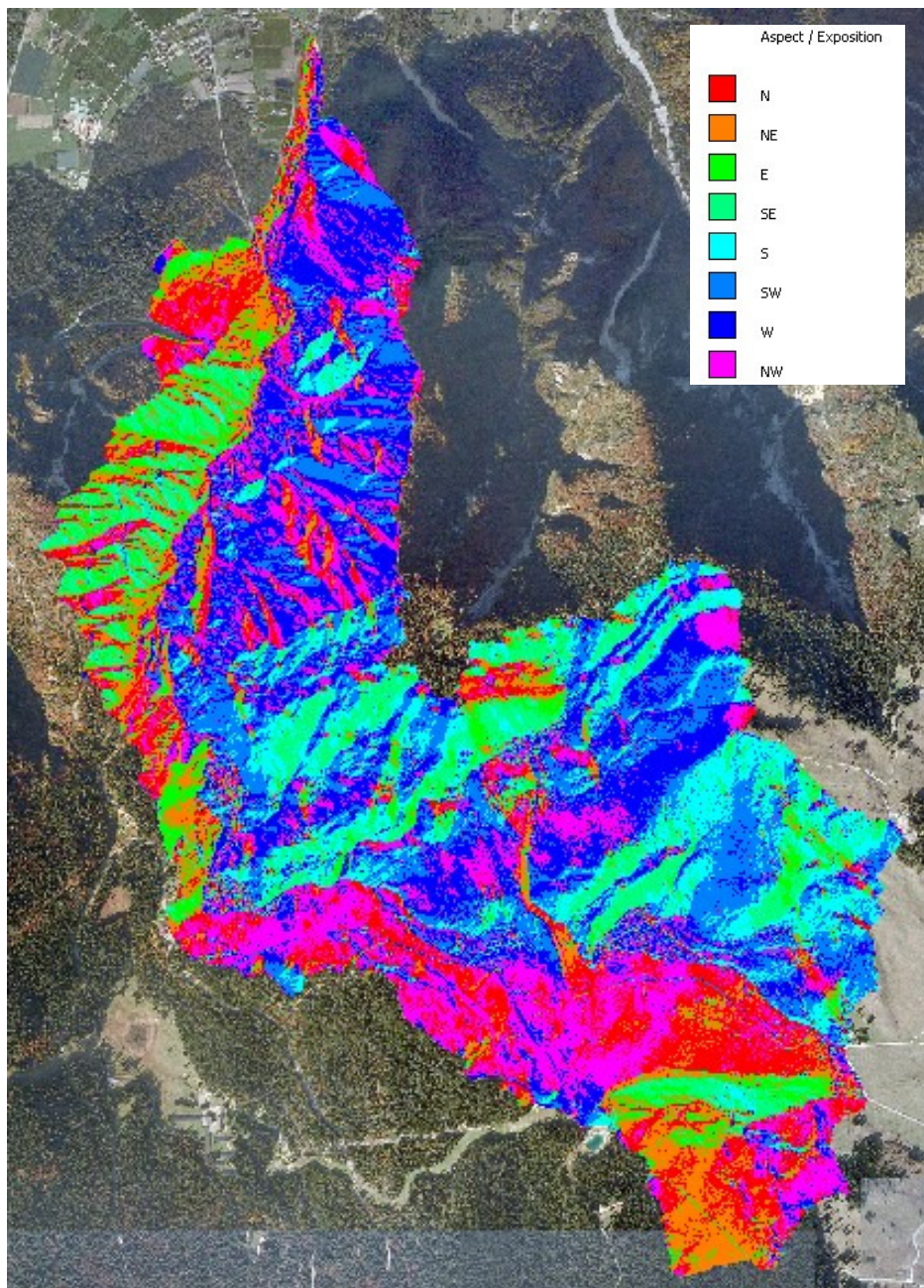


Fig. 5.4 Cartografia delle pendenze del bacino del rio Val Scura (celle 1x1 m).

Per quanto concerne l'esposizione (Fig. 5.5 e 5.6) si può notare come il bacino sia esposto per la maggior parte ad Ovest - Nord-Ovest: di conseguenza la neve che si accumula nella parte media del bacino, cioè nella vallata maggiormente incisa, permane per tempi maggiori rispetto all'altipiano sovrastante. La vallata, quindi, sarà interessata da volumi di deflusso liquido nel periodo del disgelo che non trovano corrispondenza nelle condizioni climatiche dell'area posta sull'altipiano.



L'idea, comunque, di poter disgiungere le due parti nello studio idrologico a seguito di quanto esposto in questo paragrafo non trova supporto se consideriamo il carattere carsico del substrato roccioso presente nell'area dell'altopiano stesso. Gli effetti idro-geologici di scorrimento sotto-superficiale, pertanto, risultano particolarmente intensi ed importanti.



*Fig. 5.5 Cartografia dell'esposizione del bacino del Rio Val Scura (celle 1x1 m).*

Infine, si è ritenuto opportuno ai fini dell'analisi morfometrica del bacino analizzare la distribuzione delle aree in funzione delle fasce di quota (Fig. 5.7) e della pendenza (Fig.



5.8). La maggior superficie del bacino si sviluppa nella parte medio-alta (al di sopra dei 1200 m s.l.m.), mentre la maggiore frequenza delle pendenze si registrano tra il 10 e il 40% e sono concentrate nella parte media del bacino stesso.

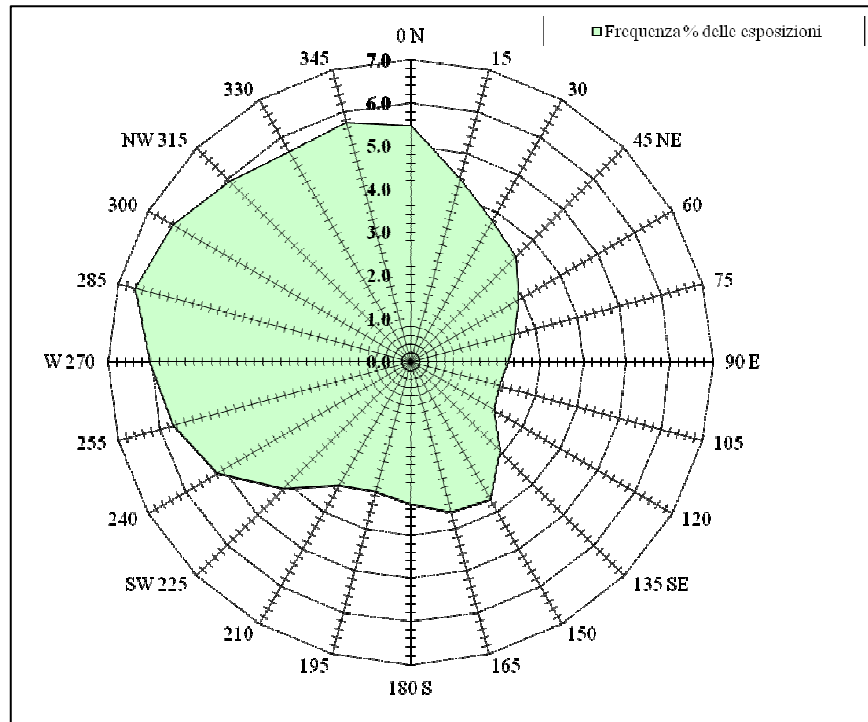


Fig. 5.6 Grafico dell'esposizione del bacino del Rio Val Scura.

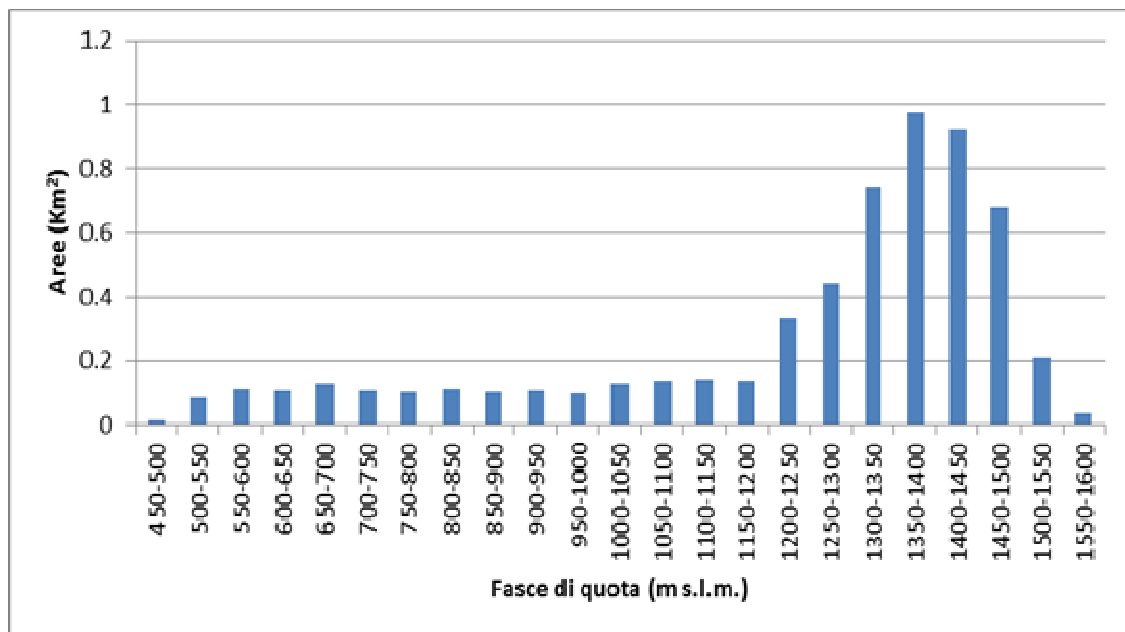


Fig. 5.7 Distribuzione delle aree del bacino del Rio Val Scura in funzione della quota.

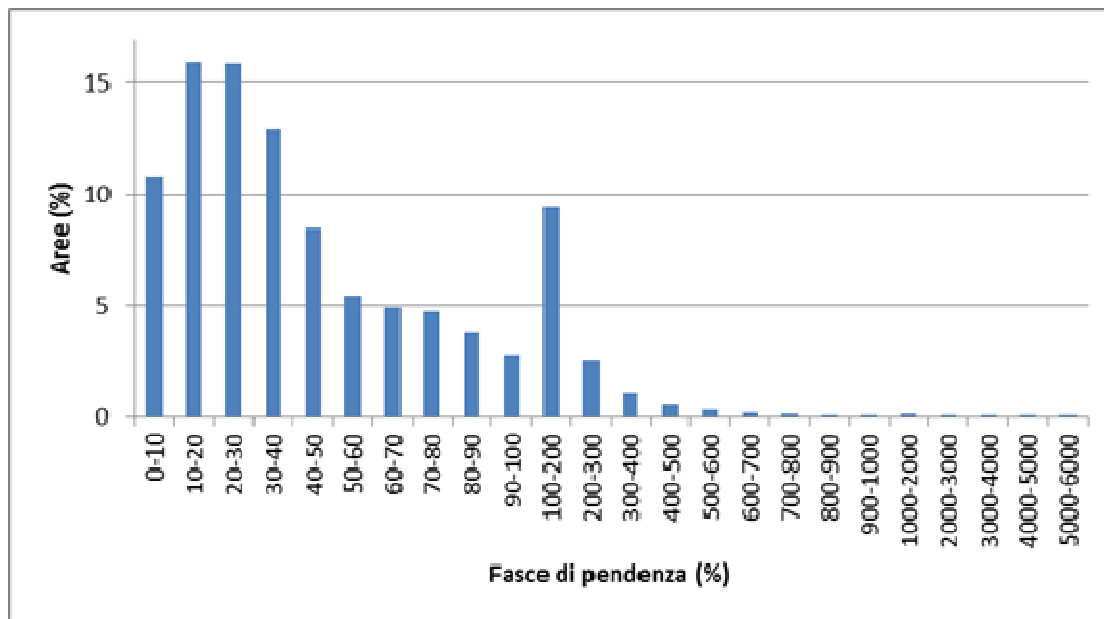


Fig. 5.8 Distribuzione delle aree del bacino del Rio Val Scura in funzione della pendenza.

## 5.2 Rio Val Scura: analisi storica degli eventi alluvionali

I principali eventi alluvionali che hanno interessato il rio Val Scura sono gli stessi che hanno investito il rio Rì (si veda il par. 4.2). Si riportano, comunque, le date degli eventi registrati: 1748, 1789, 1882, 1885, 1888, 1906, 1917, 1921, 1924, 1926, 1951, 1953, 1965, 1966, 1993, 1998, 1999, 2002, 2004, 2010.

Nell'ottobre del 1993 si verificò una piena di notevole entità collegata all'evento meteorico dei giorni dal 6 al 9 ottobre 1993. Come riportato nei documenti dell'allora Ufficio Idrografico del Dipartimento Territorio-Ambiente-Foreste della Provincia Autonoma di Trento, la pioggia durò per tre giorni ma il 70-80% delle precipitazioni cadde concentrato in 12 ore con tempi di ritorno che arrivarono a 100 anni. Durante la piena, il materiale detritico e la vegetazione trasportati dalla corrente ostruirono le aperture della briglia filtrante, appena realizzata, con conseguente tracimazione dei flussi sopra la gaveta con un tirante idrico che raggiunse la quota delle ali. Le erosioni a valle della briglia filtrante crearono dei dissesti molto importanti.

Nel periodo autunnale (ottobre-novembre) del 1996, si verificarono piogge tali da determinare un consistente trasporto solido. Il detrito fu intrappolato dalla briglia filtrante e l'intera piazza di deposito a monte ne fu riempita. Durante la piena l'invaso liquido fu di  $650\div 700 \text{ m}^3$  (Degetto & Sonda, 2000).



Durante l'evento dell'ottobre del 1998 si verificò un consistente fenomeno di trasporto solido iperconcentrato come risultò dai profili scavati sui depositi per studiarne le fasi durante la fase crescente e calante della piena (Degetto & Sonda, 2000). Il legname trasportato durante l'evento fu praticamente trascurabile nei quantitativi. Tuttavia, studiando i profili stratigrafici dei depositi, si notò per la prima volta la presenza di massi di medie dimensioni (maggiori di 50 cm) nell'area della piazza di deposito.

Il 20 settembre 1999 un'intensa precipitazione investì il bacino del rio Val Scura: notevole fu il volume di materiale vegetale trasportato dall'evento di piena. Il filtro venne completamente occluso dal legname per lo più formato da fronde con foglie e pezzi di rami e tronchi di grandi dimensioni. Anche la gaveta sopra il filtro fu interessata dall'accumulo di molto materiale vegetale formante una sorta di barriera-ostruzione. A monte il sedimento detritico si depositò su tutta la piazza di deposito ed arrivò a 60 cm dal piano della gaveta sopra il filtro. Ingenti furono i danni da erosione lungo le sponde a monte e a valle della briglia filtrante ((Degetto & Sonda, 2000).

Anche l'evento del 2004 (Fig. 5.9) fu caratterizzato da un elevato trasporto di legname: la ramaglia e alcuni grossi pezzi di rami tapparono il filtro fino al penultimo elemento metallico orizzontale costringendo gran parte del flusso idrico a transitare al di sopra della gaveta (Degetto, 2004). Parte del legname, durante la fase calante della piena, si depositò sulla gaveta stessa (fronde e piccola ramaglia). A monte l'intera piazza di deposito si riempì di sedimento con numerose piante vive sradicate depositate sopra i sedimenti.



*Fig. 5.9 Briglia filtrante sul Rio Val Scura in seguito all'evento del 2004 (fonte: Grisotto).*



Infine nell'agosto del 2010 l'evento meteorico, che provocò ingenti danni nell'attiguo bacino del rio Rì, nella Val Scura determinò solo un ingente trasporto detritico che si accumulò nelle due piazze di deposito esistenti.

### 5.3 Rio Val Scura: grado di sistemazione del bacino e di efficienza delle opere

La presenza di abbondante roccia fratturata, le forti azioni disagreganti e i notevoli volumi di sedimenti continuamente trasportati durante gli eventi di piena hanno determinato la necessità, negli anni, di effettuare pesanti interventi di sistemazione idraulico-forestale sul rio Val Scura a difesa dell'abitato di Quaere.

Per limitare l'erosione del letto sono state realizzate numerose briglie di consolidamento di tipo tradizionale nel tratto a valle della presa dell'acquedotto. Sulla base del catasto opere del Servizio Bacini Montani è possibile fornire un quadro conoscitivo degli interventi di sistemazione realizzati nel bacino (Fig. 5.10).



Fig. 5.10 Briglie presenti lungo il tratto con le due piazze di deposito sul rio Val Scura.

**Anno 1954:**

- Realizzazione di tre briglie (Fig. 5.11) in calcestruzzo (n°9, 10, 11 e 12).



*Fig. 5.11 Briglie in calcestruzzo del 1954 sul Rio Val Scura.*

**Anno 1993:**

- Realizzazione di una briglia aperta (n°16) con filtro (Fig. 5.12) ad elementi orizzontali mobili. Realizzazione di una piazza di deposito a tergo della briglia e di scogliere in sponda destra e sinistra come muri d'ala della briglia. Realizzazione di un floster in massi cementati a valle della briglia filtrante.



*Fig. 5.12 Briglia filtrante sul Rio Val Scura.*



- Realizzazione di 3 briglie in calcestruzzo armato (n°5, 6 e 7).

**Anno 2001:**

- Realizzazione di due briglie (Fig. 5.13) in massi cementati e legati (n°8 e 17).



*Fig. 5.13 Briglie (n° 8, 17) in massi legati su casseraura in cemento.*

La zona più sistemata del bacino del rio Val Scura risulta essere il tratto medio e di valle: l'efficienza delle opere è da ritenersi buona.

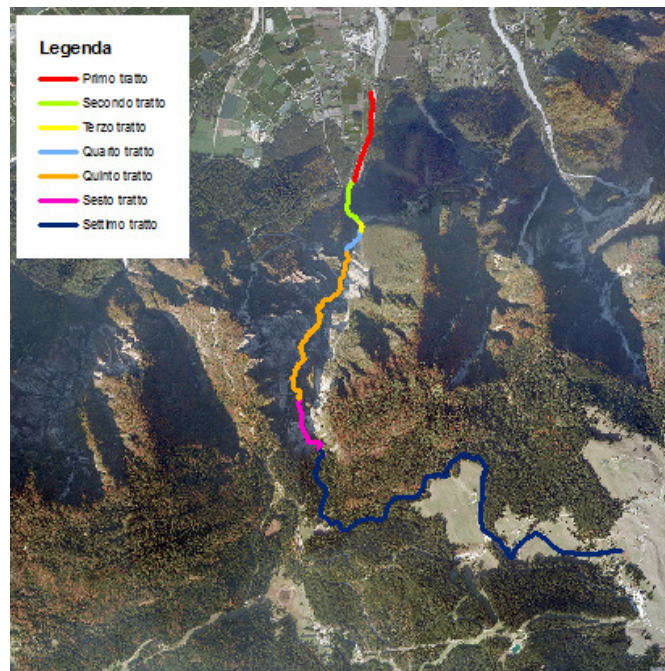
#### **5.4 Rio Val Scura: geo-morfologia del collettore**

Il rio Val Scura è un corso d'acqua che presenta un regime torrentizio tipico dei piccoli bacini montani. La sua asta principale si sviluppa per circa 7020 m da una quota minima di 484 m s.l.m a una quota massima di 1409 m s.l.m, con una pendenza media del 37.8 % (20.7°). Anche per il rio Val Scura è stata condotta un'analisi geomorfologica del collettore mediante rilievo di campo e successiva elaborazione software Adb-ToolBox.

L'asta principale è stata suddivisa in sette tratti (Fig. 5.14) ritenuti omogenei per situazione geomorfologica e principali fenomeni in essi riscontrabili (erosioni, frane, trasporto, deposito, etc). I tratti omogenei individuati sono i seguenti:



1. **Primo tratto:** zona delle due piazze di deposito.
2. **Secondo tratto:** settore a monte delle piazze di deposito e sistemato con briglie.
3. **Terzo tratto:** settore posto al piede di un movimento franoso.
4. **Quarto tratto:** settore compreso tra la briglia n°11 e la briglia n°12 (la presa dell'acquedotto).
5. **Quinto tratto:** settore compreso tra la briglia n°12 e le cascate dove si trova la discontinuità geo-litologica.
6. **Sesto tratto:** la zona della discontinuità geo-litologica ove si sviluppano alcune cascate lungo il corso principale.
7. **Settimo tratto:** zona dell'Altopiano di Lavarone.



*Fig. 5.14 Tratti geomorfologicamente omogenei del rio Val Scura.*

Per quanto riguarda il profilo longitudinale (Figura 5.15) si nota una pendenza abbastanza costante che assume valori via via sempre maggiori andando verso la zona di testata del bacino, fanno eccezione dei singoli punti dove, a causa di briglie o cascate in roccia, sono evidenti dei salti morfologici, la pendenza tende a crescere fino a quota 1200 in corrispondenza della quale diminuisce bruscamente, infatti a tale quota inizia ad estendersi l'Altopiano di Lavarone nel quale l'asta principale si sviluppa per circa 4000 m con pendenza non superiori al 6 % (3,4°).

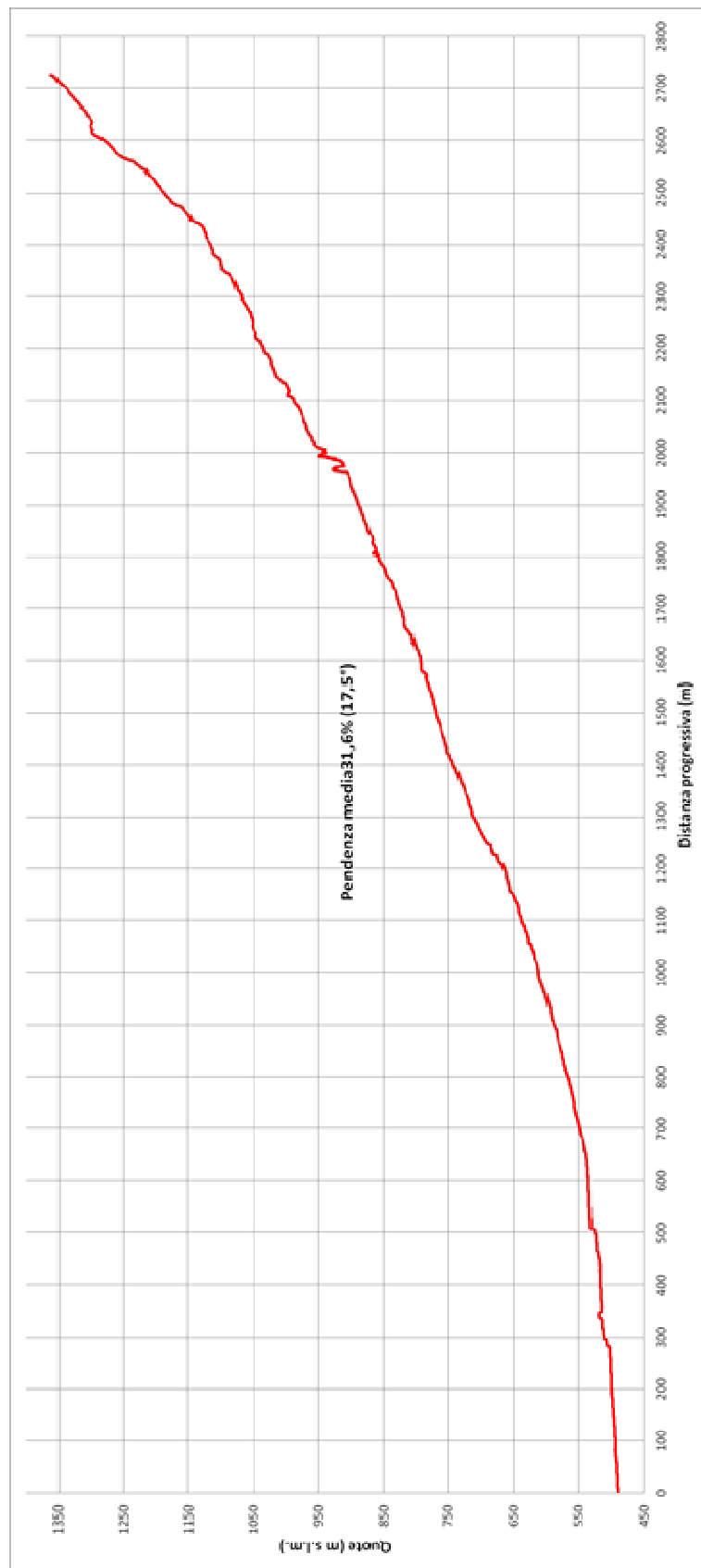


Fig. 5.15 Profilo longitudinale del rio Val Scura.



### 5.4.1. Primo tratto: zona delle due piazze di deposito

Il primo settore (Fig. 5.16) del rio Val Scura corrisponde alle due ampie piazze di deposito (Fig. 5.18, Fig. 5.19, Fig. 5.20) poste a monte della briglia filtrante (ovvero la briglia n°16



Fig. 5.16 Inquadramento del primo tratto.

secondo il catasto delle opere del Servizio Bacini Montani). Questo tratto ha una lunghezza di circa 690 m partendo da una quota di 486 m s.l.m. (quota della briglia filtrante) e arrivando ad una quota di 530 m s.l.m., con una pendenza media dell'alveo del 6% (3.5°). All'interno delle piazze di deposito sono presenti accumuli di legname di varie pezzature proveniente solo in parte da monte e in maggior parte dai franamenti delle sponde laterali (Fig. 5.17). Si tratta principalmente di ramaglie, ceppaie e piante giovani ovvero con diametro non superiore ai 25 cm.



Fig. 5.17 Esempio di materiale legnoso presente sulle piazze di deposito.



*Fig. 5.18 Piazza di deposito della briglia filtrante (briglia n°16).*



*Fig. 5.19 Materiale depositato tra la briglia n° 5 e n° 6 (a monte della piazza di deposito).*



Fig. 5.20 Piazza di deposito posta a monte della briglia n° 7.

Per quanto riguarda il profilo longitudinale (Fig. 5.21) si osserva una pendenza presso che costante lungo tutto il tratto analizzato a meno dei salti generati da alcune briglie.

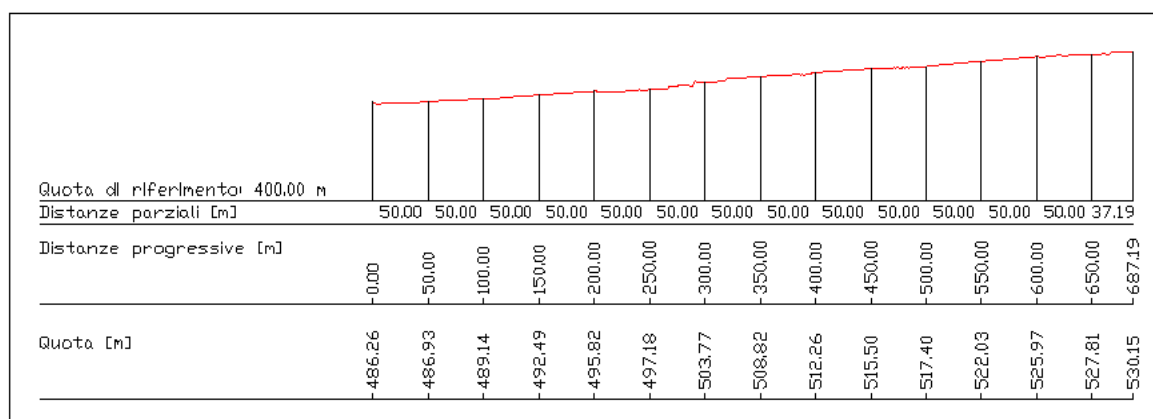


Fig. 5.21 Profilo longitudinale del primo tratto del rio Val Scura.



### 5.4.2 Secondo tratto: settore sistemato con briglie a monte delle piazze di deposito

Il secondo tratto (Fig. 5.22) è posto a monte dell'ultima piazza di deposito ed ha una



Fig. 5.22 Inquadramento del secondo tratto.

lunghezza di circa 310 m. Si sviluppa da quota di 530 m s.l.m. fino a quota di 568 m s.l.m., con una pendenza media del 12% (circa  $6,9^\circ$ ).

Il settore è caratterizzato dalla presenza di quattro briglie (n° 17, 8, 9, 10) di tipo tradizionale realizzate allo scopo di consolidare le sponde laterali interessate da diffusi fenomeni di erosione e di instabilità (Fig. 5.24, Fig. 5.25). A differenza del tratto precedente in questo caso il materasso alluvionale è costituito da sedimenti di maggiore dimensioni: oltre alle ghiaie e

sabbie sono presenti ciottoli e massi (5.26).

Il tratto analizzato è privo di accumuli di legname di particolare entità, mentre è caratterizzato da un'abbondante vegetazione di tipo arbustiva sulle sponde (Fig. 5.23).



Fig. 5.23 Immagine del secondo tratto del rio Val Scura.



*Fig. 5.24 Briglia in massi presente lungo secondo tratto del rio Val Scura.*



*Fig. 5.25 Briglia in cemento e rivestita presente lungo secondo tratto del rio Val Scura.*



Fig. 5.26 Materasso alluvionale che costituisce il secondo tratto del rio Val Scura.

Il profilo longitudinale del tratto (Fig. 5.27) ha l'andamento tipico a "gradinata" dei tratti d'alveo sistemati con briglie.

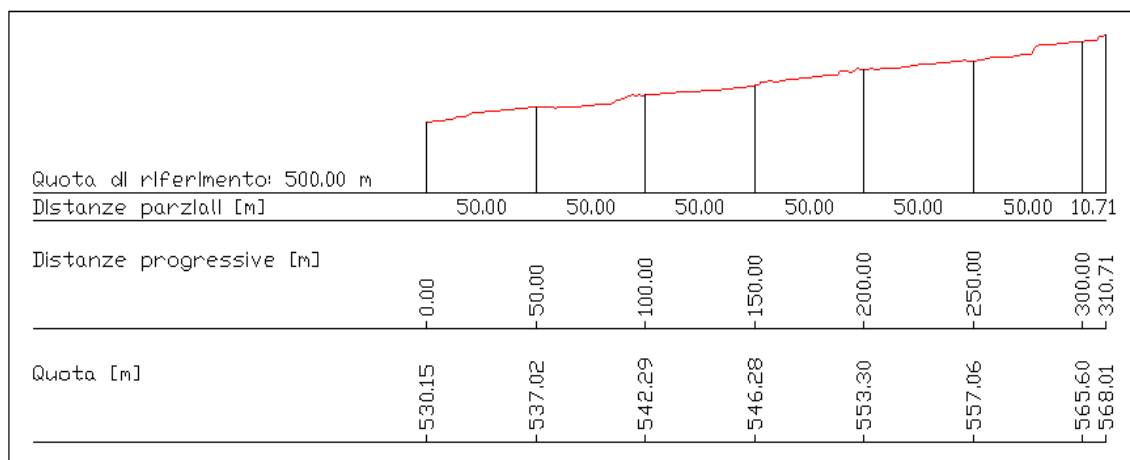


Fig. 5.27 Profilo longitudinale del secondo tratto del rio Val Scura.



### 5.4.3 Terzo tratto: settore posto al piede di un movimento franoso

Il terzo settore (Fig. 5.28) ha una lunghezza molto ridotta circa 100 m e si sviluppa tra quota 568 m s.l.m e quota 579 m s.l.m. con una pendenza media del 14.4% (8.2°).



Fig. 5.28 Inquadramento del terzo tratto.

Questo tratto d'alveo è stato distinto da quello a valle e da quello seguente a monte per due fattori: è posto ai piedi di un versante particolarmente instabile ed è caratterizzato da una morfologia fluviale differente dai tratti precedenti. Il movimento franoso (Fig. 5.29) interessa l'intera sponda destra idrografica ed è da considerarsi come una delle principali aree sorgenti di materiale (ciottoli e ghiaia) che viene movimentato verso l'alveo.



Fig. 5.29 Movimento franoso in sponda destra del terzo tratto.



Questo tratto del rio Val Scura, proprio a causa del sedimento proveniente dalla frana, è caratterizzato dalla morfologia a “*steep-pool*” (Fig. 5.30). Qui i depositi detritici sulle zone di sponda sono piuttosto consistenti (Fig. 31). La sponda in sinistra idrografica è più stabile grazie alla presenza di una vegetazione, arbustiva, ben sviluppata che consolida la sponda (Fig. 32). Il detrito legnoso lungo il trattato analizzato è praticamente assente o, comunque, presente in quantità irrilevante (qualche ramaglia e ceppaia di ridotte dimensioni).



*Fig. 5.30 “Steep-pool” e terrazzo fluviale.*

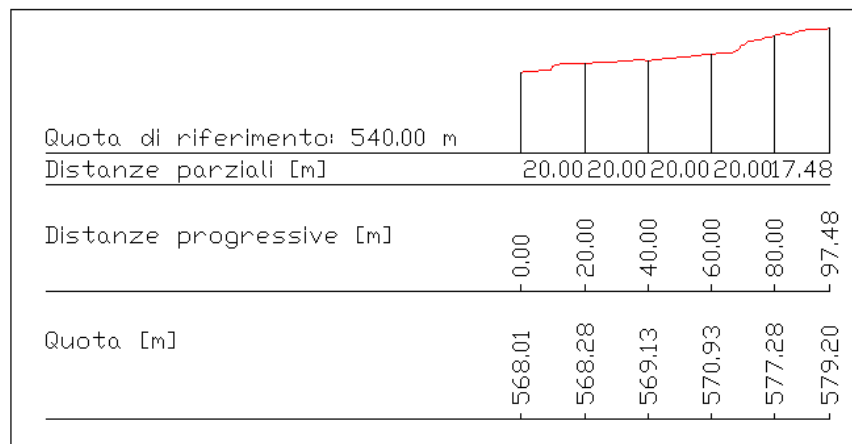


*Fig. 5.31 Depositi di sponda.*



*Fig. 5.32 Densa vegetazione in sponda sinistra e movimento franoso in lontananza.*

Il profilo longitudinale (Fig. 5.33) ha un andamento abbastanza costante fatta eccezione di qualche “salto” dovuto alla presenza di massi ciclopici.



*Fig. 5.33 Profilo longitudinale del terzo tratto del rio Val Scura.*



#### 5.4.4 Quarto tratto: settore compreso tra la briglia n°11 e briglia n°12

Il quarto tratto (Fig. 5.34) ha una lunghezza di circa 220 m e si sviluppa da una quota di 579 m s.l.m fino ad una quota di 613 m s.l.m., con una pendenza media del 16.3 % (9.3°).



Questo settore è caratterizzato dalla presenza di due briglie, una posta all'inizio del settore (briglia n°11) e una posta verso la sua fine (briglia n°12) che versa in pessime condizioni di stabilità a causa dell'azione erosiva dell'acqua al piede dell'opera (Fig. 5.35). In corrispondenza di questa ultima briglia è posizionata la presa d'acqua del Servizio Utilizzazione Acque Pubbliche della Provincia di Trento (Fig. 36, Fig. 37).



Fig. 5.35 Presa d'acqua del Servizio Utilizzazione Acque Pubbliche della PAT.



*Fig. 5.36 Briglia posta a valle della presa d'acqua del SUAP della PAT.*



*Fig. 5.37 Tratto d'alveo compreso fra le briglie n° 11 e n° 12.*



Il fondo dell'alveo (Fig. 5.38) è costituito da materiale grossolano (ciottoli e massi) ed è privo di accumuli significativi di legname. La sponda sinistra, soggetta ad erosione, è in parte stabilizzata da una scogliera in massi. La sponda destra, invece, oltre ai diffusi fenomeni erosivi, è dominata dai ghiaioni ai piedi delle ripide pareti del Monte Calmo.



Fig. 5.38 Alveo del quarto tratto del rio Val Scura.

Il profilo longitudinale (Fig. 5.39) presenta una pendenza abbastanza costante.

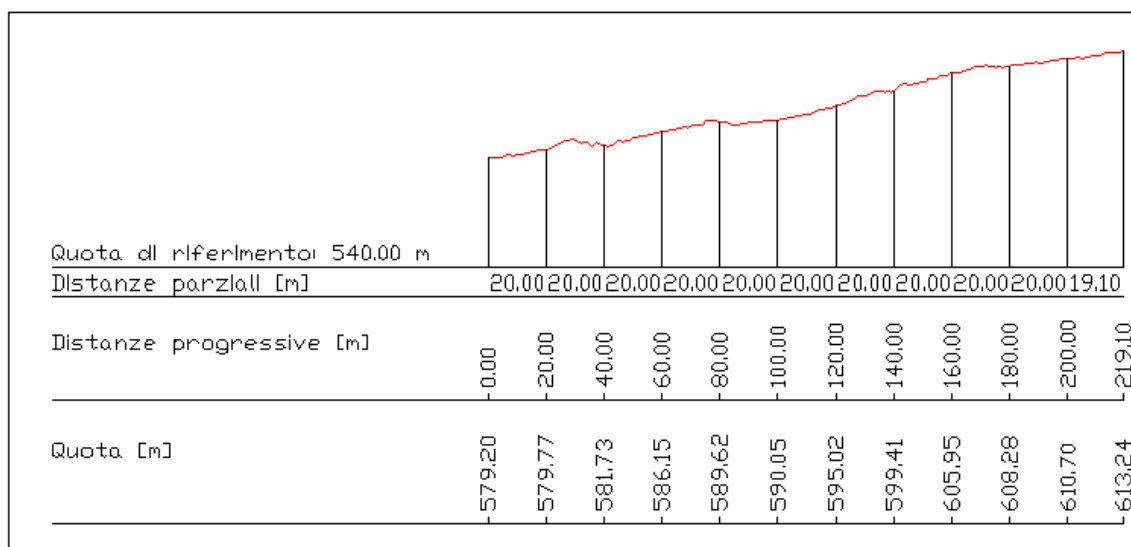


Fig. 5.39 Profilo longitudinale del quarto tratto del rio Val Scura.



### 5.4.5 Quinto tratto: settore compreso tra la briglia n°12 e cascate

Il tratto analizzato (Fig. 5.40) parte dalla briglia n°12 e si estende verso monte all'interno



Fig. 5.40 Inquadramento del quinto tratto.

della vallata maggiormente incisa. Questo tratto presenta una lunghezza di circa 1350 m e si sviluppa da una quota di 613 m s.l.m. fino ad una quota di 960 m s.l.m., con una pendenza media del collettore del 26.9% (circa 15°). La morfologia che caratterizza questo tratto è molto simile a quella riscontrata nella parte media del Rio Rì, ovvero un alveo costituito da massi di dimensioni medio-grandi (anche maggiori di 1.5 m di diametro) che confinano il corso d'acqua all'interno di un canale con

larghezza non superiore ai 3-3.5 m (Fig. 5.41). Sia la sponda destra che la sinistra risultano essere abbastanza stabili e prive di fenomeni erosivi di particolare entità, essendo costituite dalle pareti rocciose della valle (Fig. 5.42). Su entrambe le sponde è presente una vegetazione abbastanza densa (essenzialmente faggio) di giovane età.

Il tratto è caratterizzato da una corrente a velocità sostenuta in cui il flusso presenta un'alternanza di getti in caduta e risalti idraulici (*tumbling flow*) e separazione della corrente sopra e attorno ai grossi clasti. Il fenomeno del *tumbling flow*, dovuto alla presenza di grossi elementi lapidei, e la forte turbolenza ad esso associata dissipa la maggior parte dell'energia meccanica posseduta dalla corrente, favorendo in tal modo la stabilità del letto. La disposizione caotica dei grandi massi favorisce la formazione di una serie di gradini (*steep*) e di pozze (*pool*), di dimensioni inferiori alla larghezza del canale. È evidente che gli elementi più grossolani (Fig. 5.43) sono immobili durante i deflussi ordinari, mentre possono diventare parzialmente o totalmente mobili durante gli eventi idrologici meno frequenti, ossia con tempi di ritorno superiori ai 50-100 anni (Lenzi, 2011).



*Fig. 5.41 Alveo del quinto tratto analizzato del rio Val Scura.*

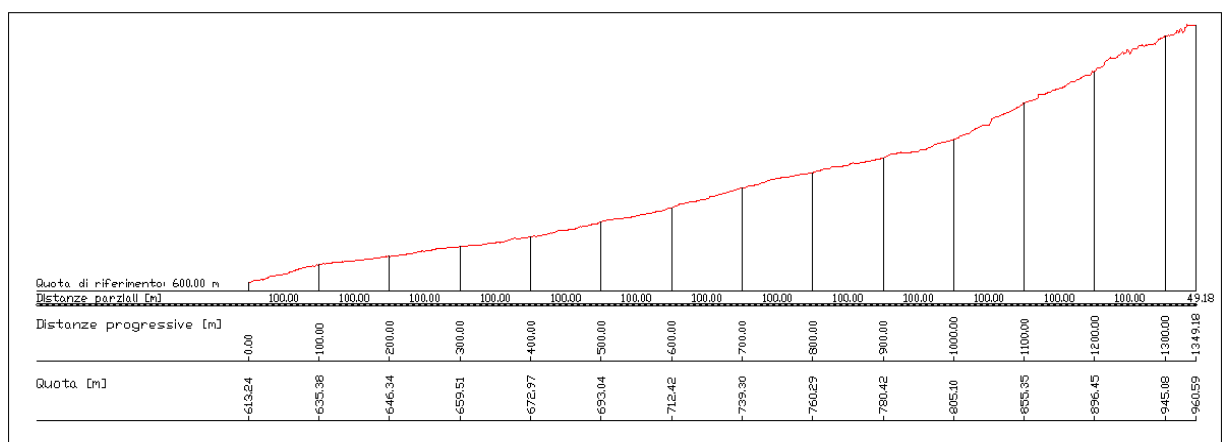


*Fig. 5.42 Pareti rocciose poste sulla destra del quinto tratto analizzato del rio Val Scura.*



*Fig. 5.43 Massi ciclopici e folta vegetazione lungo il quinto tratto analizzato del rio Val Scura.*

Il profilo longitudinale (Fig. 5.44) presenta una pendenza costante che aumenta gradualmente andando verso la parte finale del tratto.



*Fig. 5.44 Profilo longitudinale del quinto tratto del rio Val Scura.*



#### 5.4.6 Sesto tratto: cascate

Il penultimo tratto (Fig. 5.45) è caratterizzato dalla presenza di alcune cascate in roccia dovute al gradino morfologico generato dalla discontinuità geo-litologica.



Fig. 5.45 Inquadramento del sesto tratto.

Il tratto presenta un'elevata pendenza (circa 51% - 27°): in poco meno di 500 m si passa da una quota di 960 m s.l.m. ad una quota di 1208 m s.l.m..

La morfologia del tratto è praticamente uguale a quella del tratto precedente ovvero, un alveo confinato fra pareti rocciose (Fig. 5.46) costituito a tratti da un materasso in massi-ciottoli e a tratti in roccia. La mancanza di depositi di materiale detritico e legname è da attribuire all'elevata capacità di trasporto associata ad una forte pendenza del canale. Il profilo longitudinale (Fig. 5.48) esprime la

forte pendenza del tratto con la serie di "salti" dovuti alle cascate in roccia (5.47).

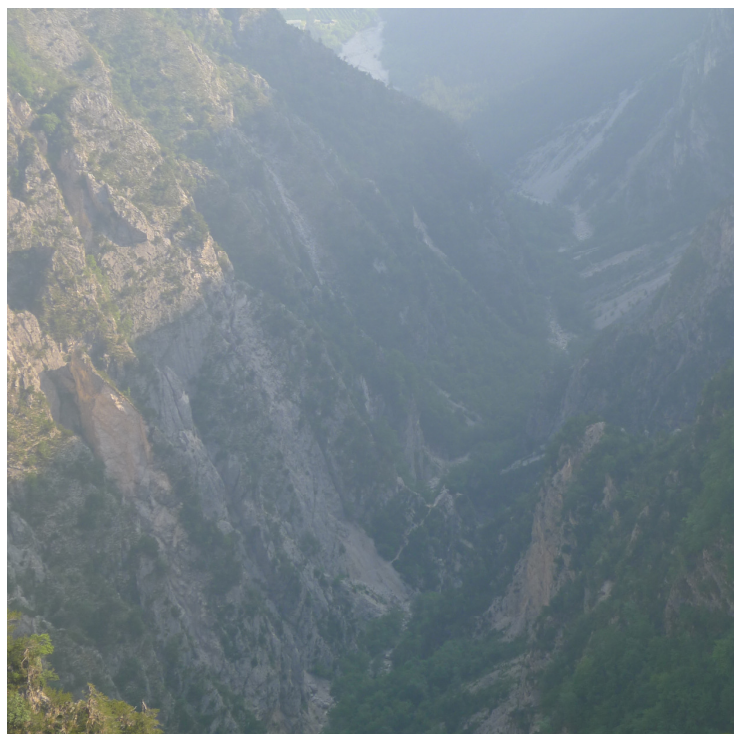
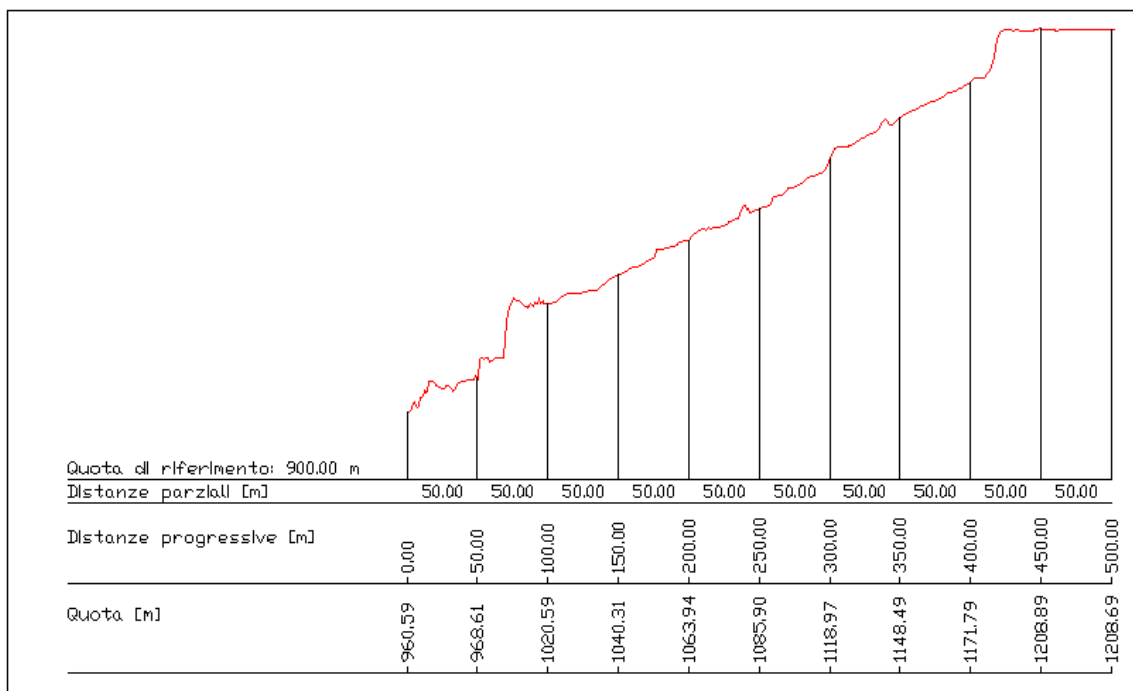


Fig. 5.46 Pareti rocciose che confinano il sesto tratto del rio Val Scura.



*Fig. 5.47 Cascate in roccia che caratterizzano del sesto tratto del rio Val Scura.*



*Fig. 5.48 Profilo longitudinale del sesto tratto del rio Val Scura.*



### 5.4.7 Settimo tratto: Altopiano di Lavarone

Il settimo e ultimo tratto del rio Val Scura (Fig. 5.49) corrisponde alla parte di testata del



Fig. 5.49 Inquadramento del settimo tratto.

bacino, sull'Altopiano di Lavarone.

In questo settore il collettore ha una lunghezza di circa 3900 m e parte da una quota di 1208 m s.l.m. per arrivare a una quota massima di 1409 m s.l.m., con una pendenza media del 5.7 % (3.3°).

In questo tratto il corso d'acqua è caratterizzato da un alveo che può essere associato alla morfologia del "plane bed" (letto piano) con un profilo longitudinale (Fig. 5.54) regolare e senza brusche variazioni.

La ridotta pendenza associata ad un

limitato rapporto fra larghezza e tirante idraulico determina la mancanza di barre laterali distinte e un fondo d'alveo composto da una granulometria che va dalla sabbia fine ai piccoli massi, con una predominanza di ghiaie e sassi ( Fig. 5.50, Fig. 5.51, Fig. 5.52, Fig. 5.53).

L'alveo risulta essere confinato in unico canale principale di limitata larghezza (1-2 m) e le sponde sono particolarmente stabili in quanto il corso d'acqua si estende all'interno di ampie superfici boscate e prati.



*Fig. 5.50 Parte iniziale del settimo tratto del rio Val Scura.*



*Fig. 5.51 Parte intermedia del settimo tratto del rio Val Scura.*



*Fig. 5.52 Tratto finale del rio Val Scura, in corrispondenza di Malga Palù.*



*Fig. 5.53 Tratto finale del rio Val Scura.*

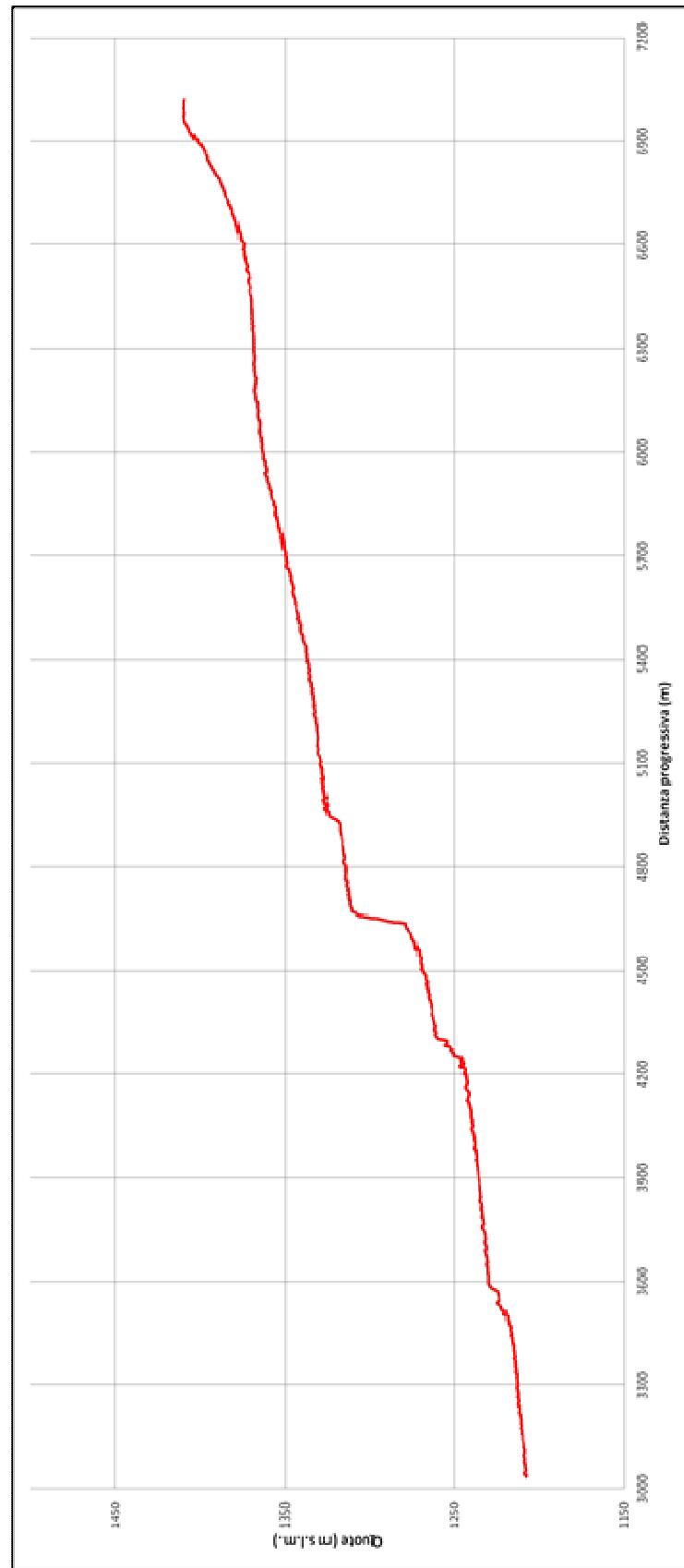


Fig. 5. 54 Profilo longitudinale settimo tratto del rio Val Scura.



## 6. Pluviometria

Mancando un pluviometro nel bacino del rio Rì e del rio Val Scura i dati di precipitazione sono riferiti alle quattro stazioni pluviometriche più vicine: Caldonazzo paese, Caldonazzo lago, Centa San Nicolò, Lavarone (Fig. 6.1).

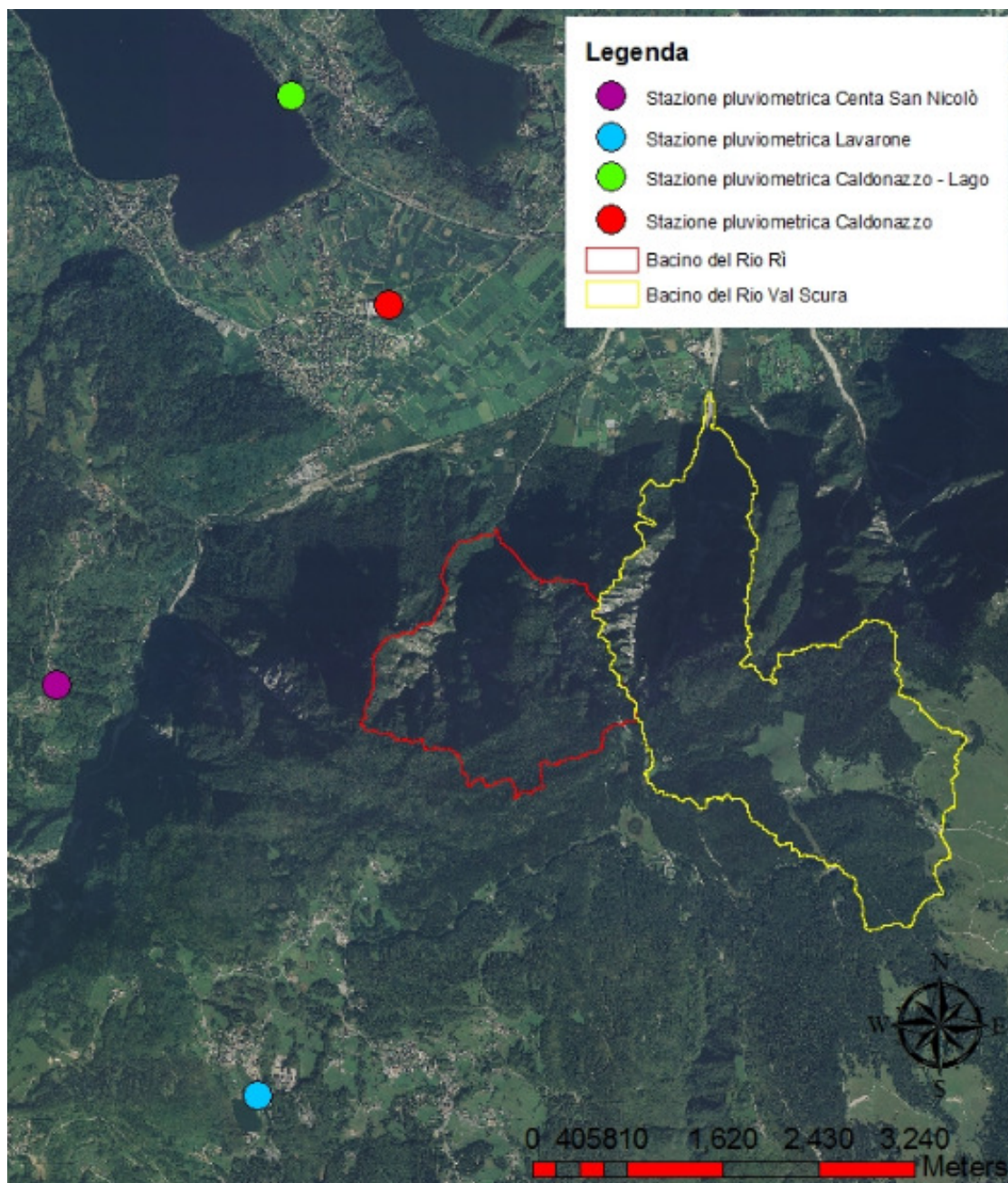


Fig. 6.1 Inquadramento delle quattro stazioni pluviometriche di riferimento.



I pluviometri di Caldonazzo appartengono alla rete di monitoraggio della Fondazione Edmud Mach di San Michele all'Adige (TN) mentre gli altri due sono gestiti dal servizio Meteo Trentino della Provincia Autonoma di Trento.

In tutte e quattro le stazioni è installata la stessa tipologia di strumentazione ovvero un pluviometro a bascula con vaschetta basculante (Fig. 6.2): un cilindro in plastica, cavo, con area circolare superiore nota e imbuto sul fondo convoglia la precipitazione a due



*Fig 6.2 Esempio meccanismo a bascula (fonte: Delta OHM.,2012).*

bascule (vaschette) che si muovono “ad altalena” nel ricevere e nello svuotare in alternanza l'acqua piovana. Ogni bascula, nel momento in cui svuota l'acqua, tocca un sensore sotto di essa generando un impulso elettrico letto e memorizzato da un calcolatore. La quantità d'acqua che genera la basculata è di risoluzione nota e viene memorizzata assieme al dato temporale

grazie all'orologio interno. La somma degli impulsi memorizzati fornisce la precipitazione totale degli eventi piovosi, il dato temporale permette la costruzione delle relative curve di altezza ed intensità di precipitazione. L'inversione delle vaschette è provocata da una quantità d'acqua determinata e costante pari a 0.2 mm di pioggia.

Nei paragrafi successivi si riportata la descrizione delle stazioni e le precipitazioni, per gli eventi alluvionali più intensi, costruiti sulle serie storiche registrate.

### 6.1 Stazione pluviometrica di Caldonazzo paese

La stazione di Caldonazzo paese, identificata con l'ID 66 (Fig. 6.3), è posta ad una quota di 465 m s.l.m. (longitudine: 11.269902, latitudine: 46.1675830).

Questa stazione agrometeorologica oltre ad essere costituita da un pluviometro a bascula prevede anche una serie di sensori utilizzati per la raccolta di dati utili ai fini della produzione agricola. In tabella 6.1 sono riportati i principali sensori di questa stazione meteo.



Fig. 6.3 Stazione agrometeorologica di Caldonazzo (fonte: F. Edmud Mach, 2012).

Tab. 6.1 Caratteristiche stazione di Caldonazzo.

SENSORE	GRANDEZZA	UNITA' DI MISURA
Voltmetro	tensione batteria	V
Resistenza Controllo	temperatura	°C
Sensore bagnatura foglia	bagnatura foglia	min
Anemometro	velocità vento	m/s
Pluviometro	pioggia	mm
Termometro non vent. Asciutto	temperatura	°C
Termometro non vent. Bagnato	temperatura	°C
Termometro non vent.	temperatura	°C
Igometro	umidità	%

### 6.1.1 Serie storiche della stazione di Caldonazzo paese

I dati storici di precipitazione registrati dalla stazione di Caldonazzo sono riferiti al periodo 2000/2012, mentre per i dati antecedenti al 2000 è necessario fare riferimento alla stazione di Caldonazzo-Lago (ID 17). Sono stati recuperati i dati pluviometrici ad intervalli orari (intervallo più piccolo disponibile) per gli eventi alluvionali del 2002, 2004, 2010, e 2011 (Fig. 6.4, 6.5, 6.6, 6.7 e 6.8).

In tabella 6.2 è stato calcolato il valore di precipitazione totale nei 5 e 3 giorni antecedenti l'evento e il corrispettivo valore di AMC (*Antecedent Moisture Condition*).



Tab. 6.2 Altezza totale di pioggia nei 5 e nei 3 giorni antecedenti gli eventi del 2002, 2004, 2010, 2011 e relativo AMC.

DATA EVENTO	mm totali di pioggia nei 5 gg prima dell'evento	mm totali di pioggia nei 3 gg prima dell'evento	STATO VEGETAZIONE	AMC
13-19/novembre/2002	0	0	a riposo	1
29 novemb.-1 dicem. 2004	0	0	a riposo	1
14 - 15 agosto 2010	63.6	63.2	fase vegetativa	3
31 ottobre - 2 novem. 2010	0	0	a riposo	1
7-9 giugno 2011	81.1	74.9	fase vegetativa	3

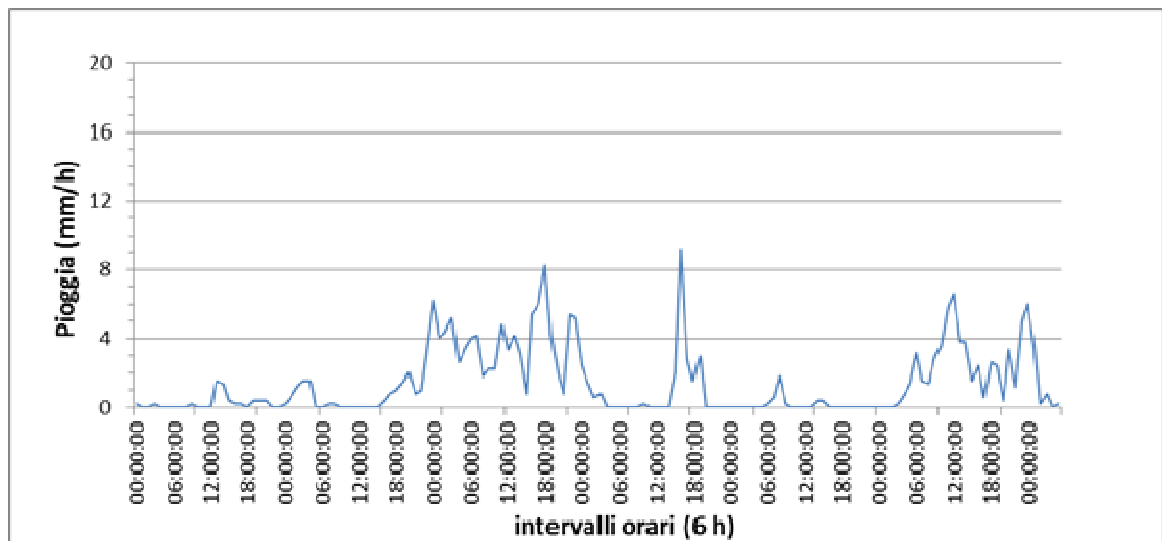


Fig. 6.4 Precipitazioni registrate durante l'evento del 13-19 novembre 2002.

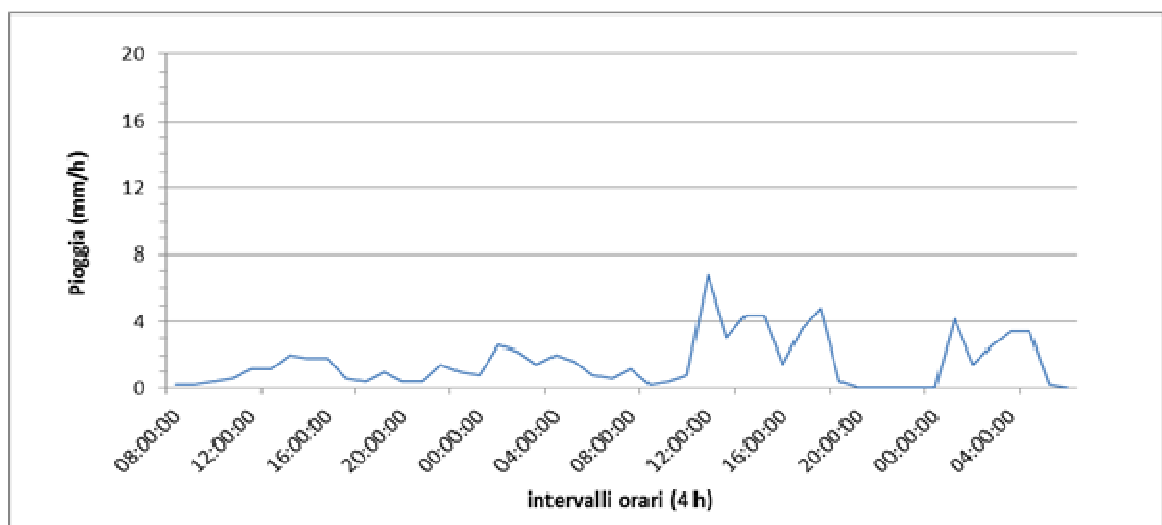


Fig. 6.5 Precipitazioni registrate durante l'evento del 29 novembre – 1 dicembre 2004.

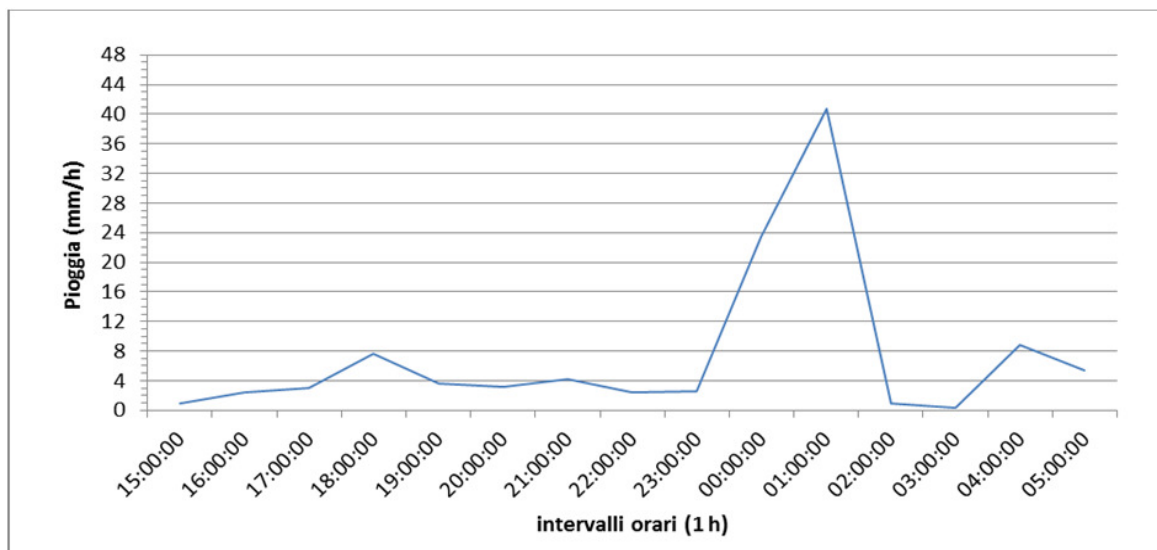


Fig. 6.6 Precipitazioni registrate durante l'evento del 14 – 15 agosto 2010.

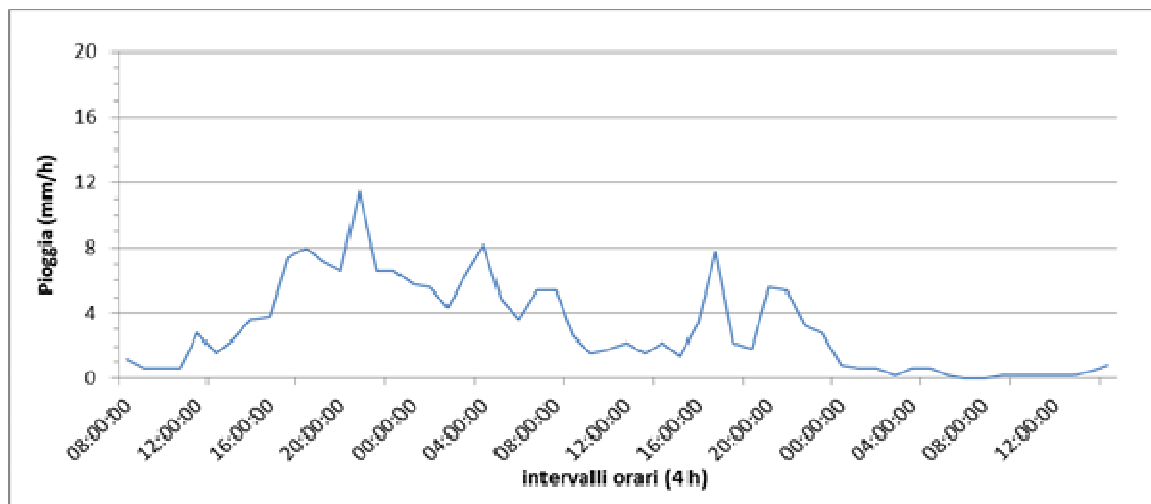


Fig. 6.7 Precipitazioni registrate durante l'evento del 31 ottobre – 2 novembre 2010.

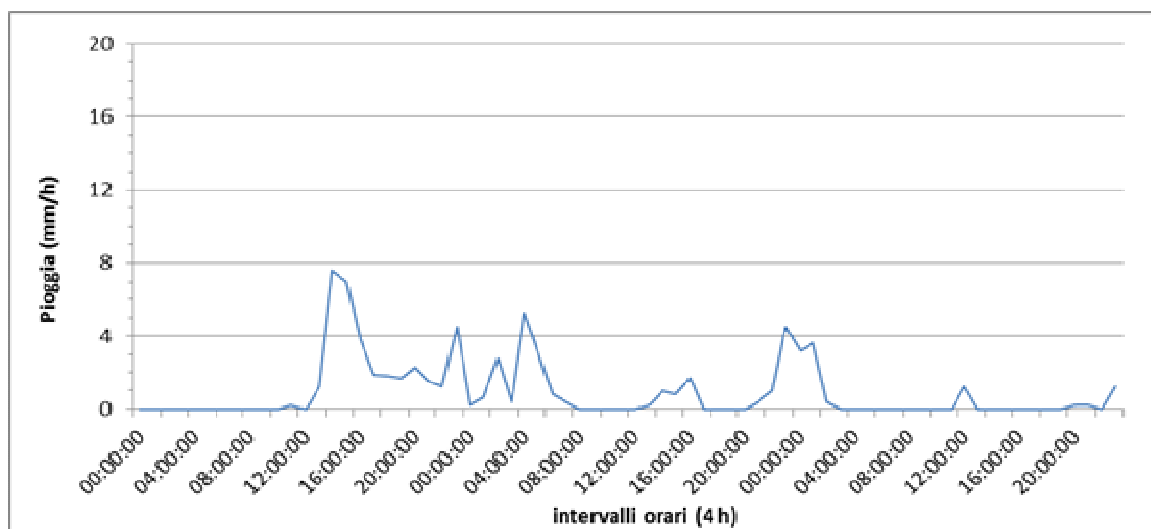


Fig. 6.8 Precipitazioni registrate durante l'evento del 7 – 9 giugno 2011.



## 6.2 Stazione pluviometrica di Caldonazzo - Lago

La stazione di Caldonazzo - Lago (identificata con ID 17) è posta ad una quota di 453 m s.l.m (longitudine: 11.245380, latitudine: 46.025227 ).

Si tratta sempre di una stazione agrometeorologica con le stesse caratteristiche della stazione di Caldonazzo paese (Tab. 6.1).

### 6.2.1 Serie storiche della stazione di Caldonazzo - Lago

I dati storici di precipitazione registrati dalla stazione di Caldonazzo – Lago (ID 17) sono riferiti al periodo 1998/2007, mentre per i dati dopo il 2007 è necessario fare riferimento alla stazione di Caldonazzo (ID 66), in quanto questa stazione è stata dismessa.

Sono stati recuperati i dati pluviometrici ad intervalli orari (intervallo più piccolo disponibile) per gli eventi alluvionali del 1998, 1999, 2002 e 2004 (Fig. 6.9, 6.10, 6.11 e 6.12). In tabella 6.3 è stato calcolato il valore di precipitazione totale nei 5 e 3 giorni antecedenti l'evento e il corrispettivo valore di AMC (*Antecedent Moisture Condition*).

Tab. 6.3 Altezza totale di pioggia nei 5 e nei 3 giorni antecedenti l'evento del 1998, 1999, 2002 e 2004 e relativo AMC.

DATA EVENTO	mm totali di pioggia nei 5 gg prima dell'evento	mm totali di pioggia nei 3 gg prima dell'evento	STATO VEGETAZIONE	AMC
4-8 ottobre 1998	32.1	18.7	fase vegetativa	1
20 settembre 1999	8.8	8.8	fase vegetativa	1
13-19 novembre 2002	0	0	a riposo	1
29 novembre - 1 dicembre 2004	0	0	a riposo	1

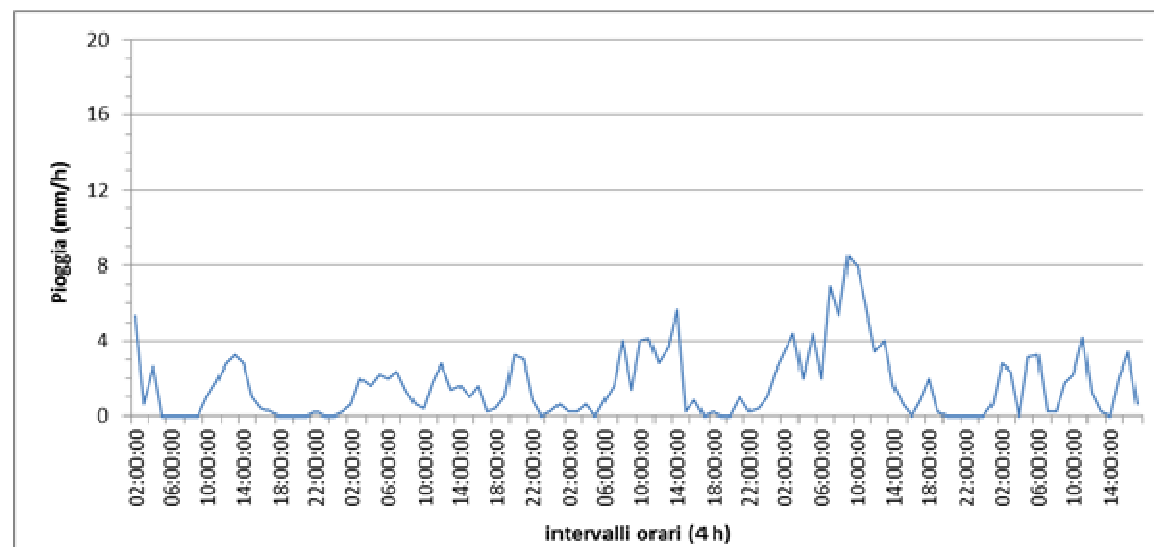


Fig. 6.9 Precipitazioni registrate durante l'evento 4 – 8 ottobre 1998.

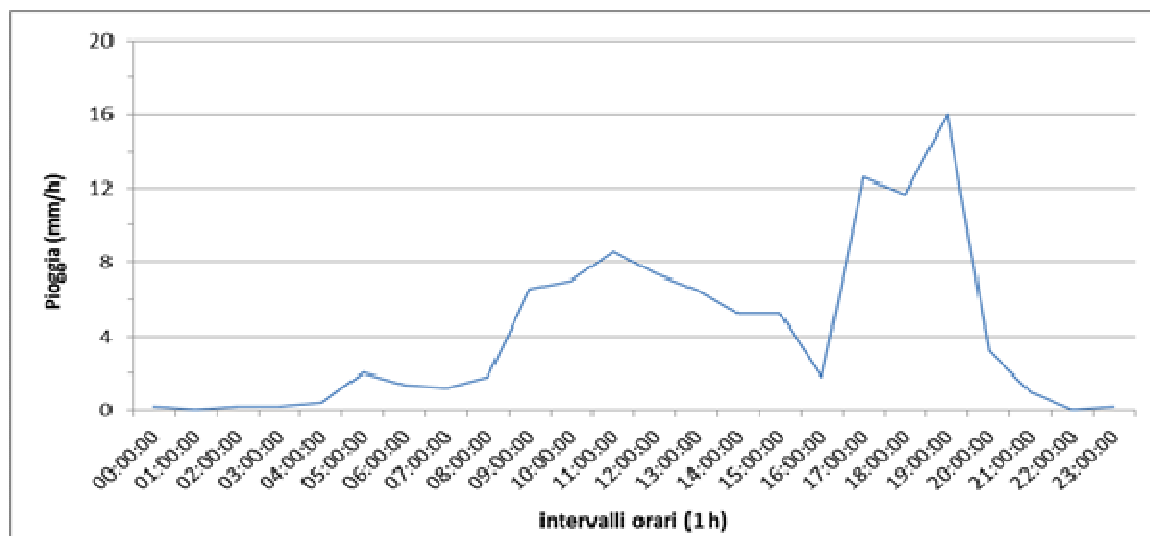


Fig. 6.10 Precipitazioni registrate durante l'evento del 20 settembre 1999.

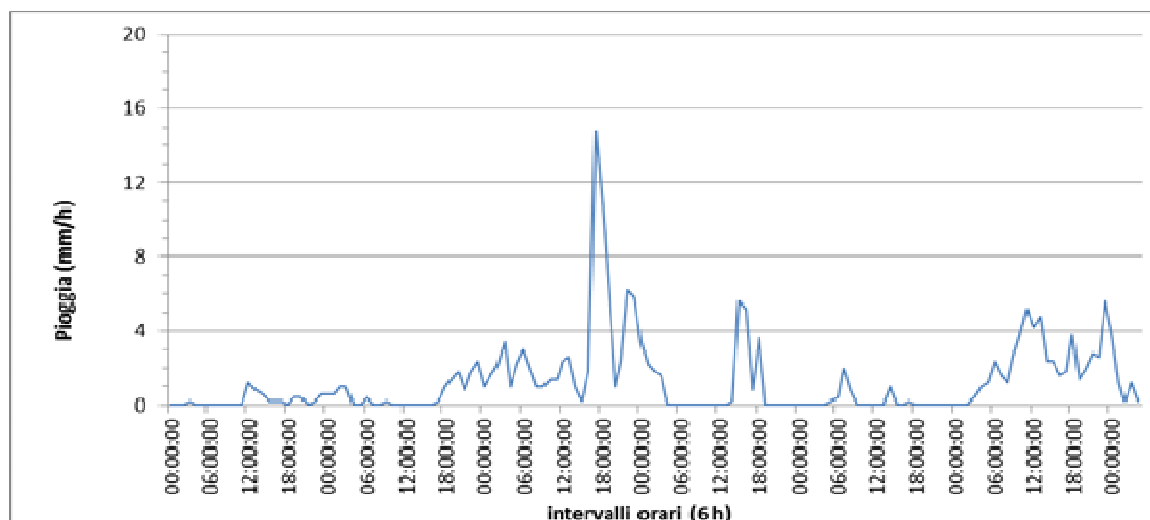


Fig. 6.11 Precipitazioni registrate durante l'evento del 13-19 novembre 2002.

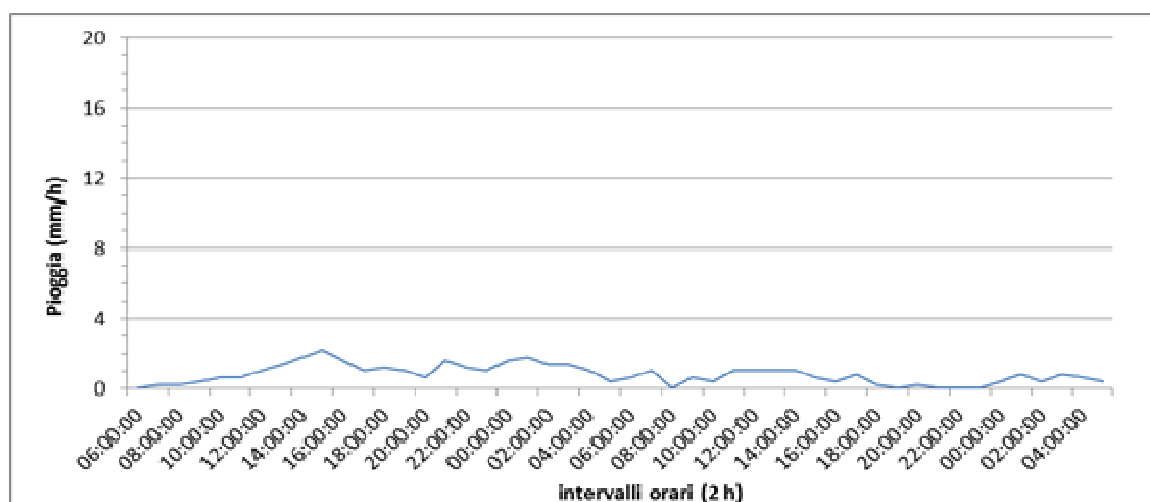


Fig. 6.12 Precipitazioni registrate durante l'evento del 29 novembre – 1 dicembre 2004.



### 6.3 Stazione pluviometrica di Centa San Nicolò

La stazione di Centa San Nicolò (T0009) è posta ad una quota di 805 m s.l.m. (45°58'12.6" N di latitudine e 11°14'02.92" E di longitudine): l'attuale struttura è in funzione dal 30 luglio 1992 mentre, per il periodo 1 dicembre 1929 - 30 giugno 1992, la struttura era diversa ed era collocata nelle vicinanze di quella attuale ma ad una quota leggermente superiore.

Questa stazione, diversamente da quelle agro-meteorologiche di Caldonazzo, è attrezzata con un pluviometro a bascula, un anemometro, un termometro e un igrometro.

#### 6.3.1 Serie storiche della stazione di Centa San Nicolò

I dati storici di precipitazione registrati dalla stazione di Centa San Nicolò sono riferiti al periodo 1929/2012 e sono disponibili ad intervalli di 5 e 15 minuti per gli eventi alluvionali del 1993, 1998, 1999 e 2002 (Fig. 6.13, 6.14, 6.15 e 6.16). In tabella 6.4 è stato calcolato il valore di precipitazione totale nei 5 e 3 giorni antecedenti l'evento e il corrispettivo valore di AMC (*Antecedent Moisture Condition*).

Tab. 6.4 Altezza totale di pioggia nei 5 e nei 3 giorni antecedenti l'evento del 1993, 1998, 2002 e relativo AMC.

DATA EVENTO	mm totali di pioggia nei 5 gg prima dell'evento	mm totali di pioggia nei 3 gg prima dell'evento	STATO VEGETAZIONE	AMC
6-9 ottobre 1993	29	26.6	fase vegetativa	1
4-8 ottobre 1998	26.4	14.4	fase vegetativa	1
20 settembre 1999	11.8	11.8	a riposo	1
13-19 novembre 2002	0.4	0.4	a riposo	1

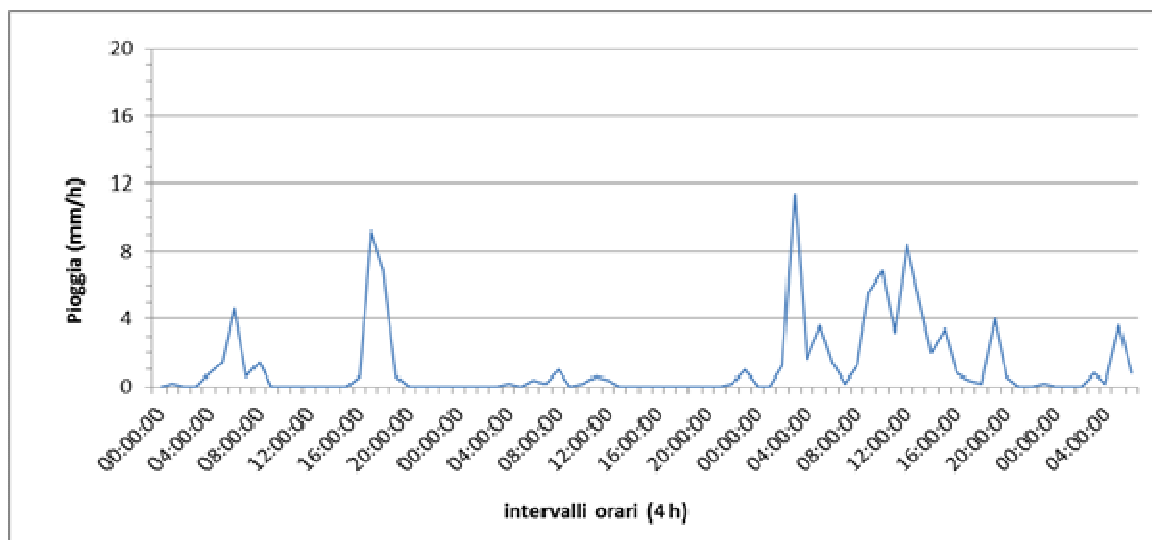


Fig. 6.13 Precipitazioni registrate durante l'evento del 6 – 9 ottobre 1993.

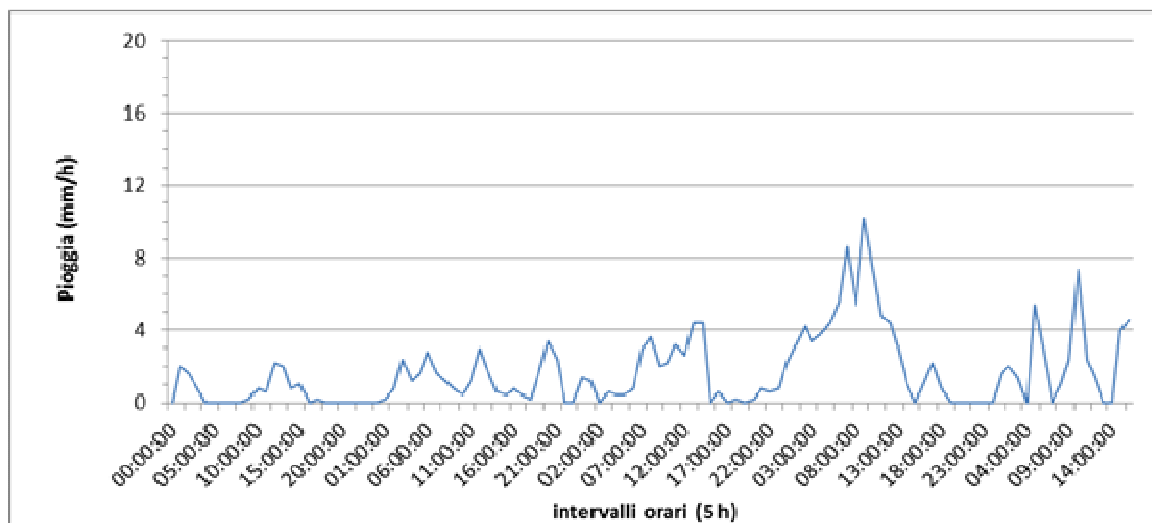


Fig. 6.14 Precipitazioni registrate durante l'evento del 4 – 8 ottobre 1998.

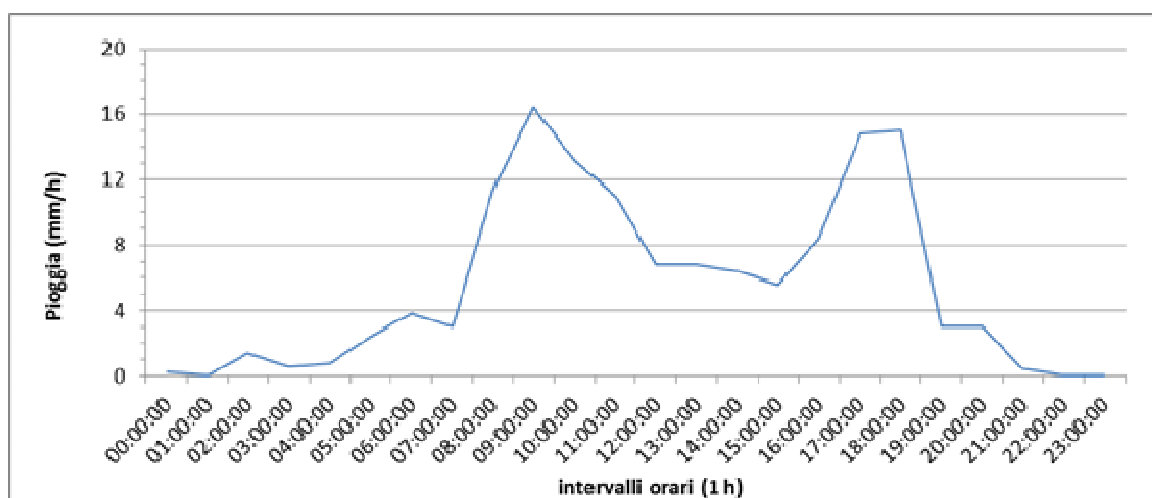


Fig. 6.15 Precipitazioni registrate durante l'evento del 20 settembre 1999.

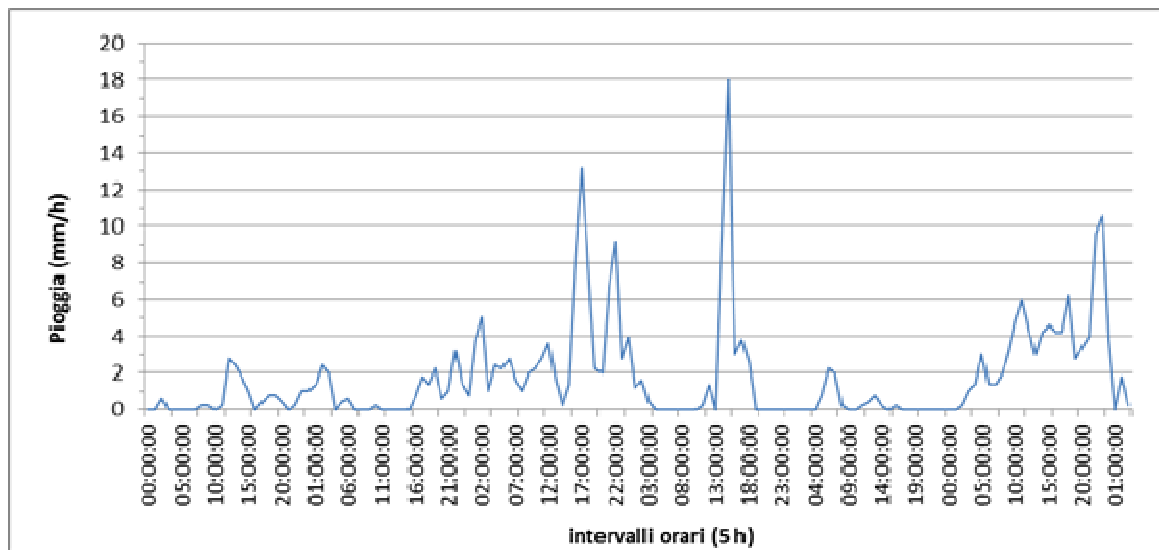


Fig. 6.16 Precipitazioni registrate durante l'evento del 13-19 novembre 2002.

## 6.4 Stazione pluviometrica di Lavarone

La stazione di Lavarone (T0032) è posta ad una quota di 1155 m s.l.m. ( $45^{\circ}56'25.0''$  N di latitudine e  $11^{\circ}15'13.4''$  E di longitudine). L'attuale struttura è in funzione dal 16 aprile 1997 poiché, come per la stazione di Centa, nel precedente periodo compreso tra il 1 gennaio 1929 e il 16 aprile 1997, era collocata nelle vicinanze.

Anche questa stazione, come quella di Centa, risulta attrezzata con un pluviometro a bascula, un anemometro, un termometro e un igrometro.

### 6.4.1 Serie storiche della stazione di Lavarone

I dati storici di precipitazione registrati dalla stazione di Lavarone sono riferiti al periodo 1929/2012 e sono disponibili ad intervalli di 5 e 15 minuti per gli eventi alluvionali del 1993, 1996, 1999, 2004, 2010 e 2011 (Fig. 6.17, 6.18, 6.19, 6.20, 6.21, 6.22 e 6.23).

In tabella 6.5 è stato calcolato il valore di precipitazione totale nei 5 e 3 giorni antecedenti l'evento e il corrispettivo valore di AMC (*Antecedent Moisture Condition*).



Tab. 6.5 Altezza totale di pioggia nei 5 e nei 3 giorni antecedenti l'evento del 1993, 1996, 2004, 2010 e 2011 relativo AMC.

DATA EVENTO	mm totali di pioggia nei 5 gg prima dell'evento	mm totali di pioggia nei 3 gg prima dell'evento	STATO VEGETAZIONE	AMC
6-9 ottobre 1993	184	19.6	fase vegetativa	3
15-18 novembre 1996	75.6	51.2	a riposo	3
20 settembre 1999	14.4	14.4	fase vegetativa	1
29 novembre - 1 dicembre 2004	0	0	a riposo	1
31 ottobre - 2 novembre 2010	0	0	a riposo	1
14-15 agosto 2010	124.4	95.8	fase vegetativa	3
7-9 giugno 2011	81.6	59.4	fase vegetativa	3

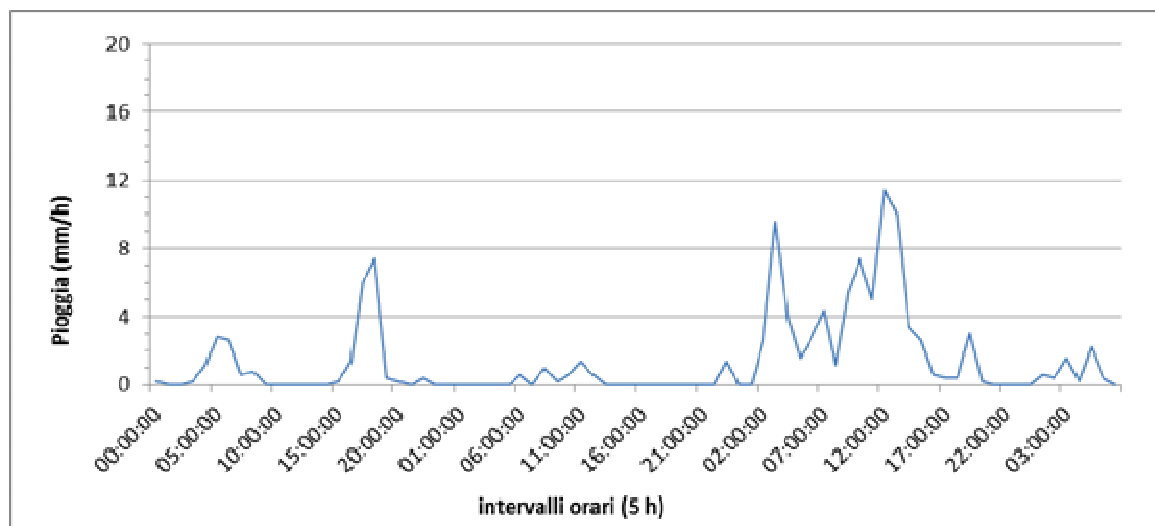


Fig. 6.17 Andamento precipitazioni evento del 6-9 ottobre 1993.

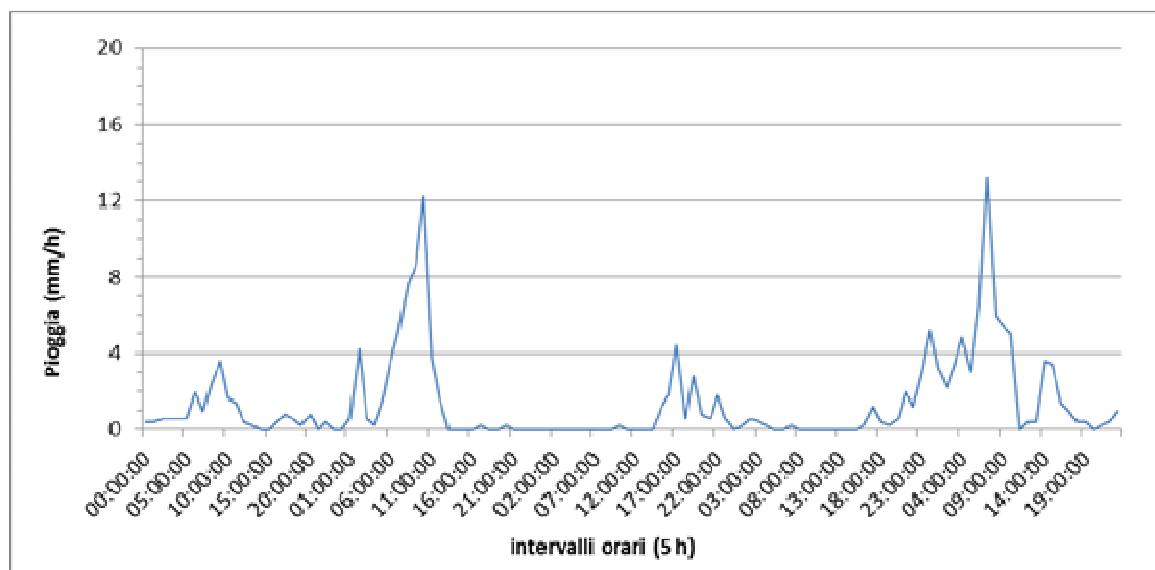


Fig. 6.18 Andamento precipitazioni evento del 14-18 novembre 1996.

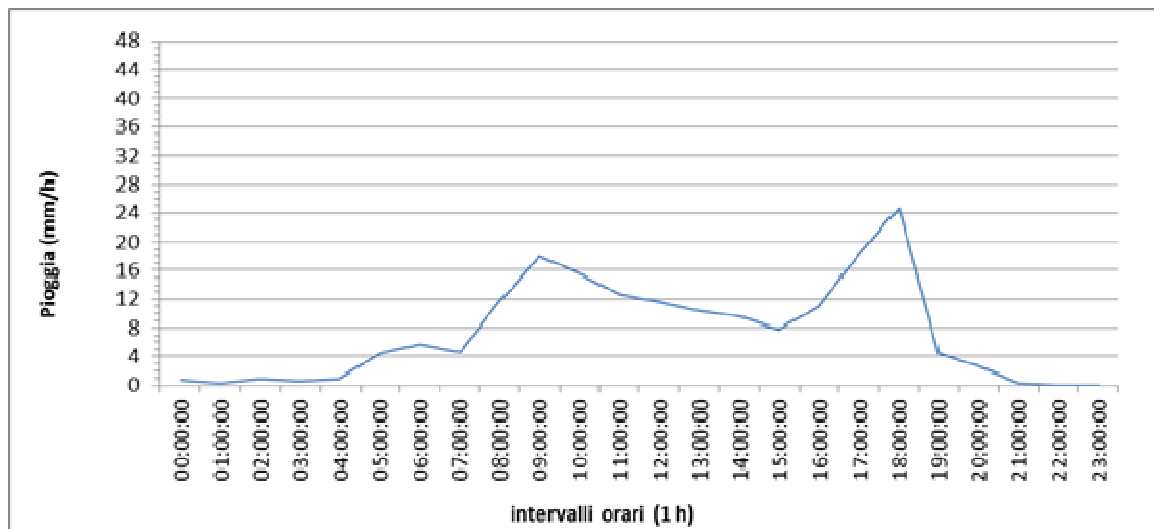


Fig. 6.19 Precipitazioni registrate durante l'evento del 20 settembre 1999.

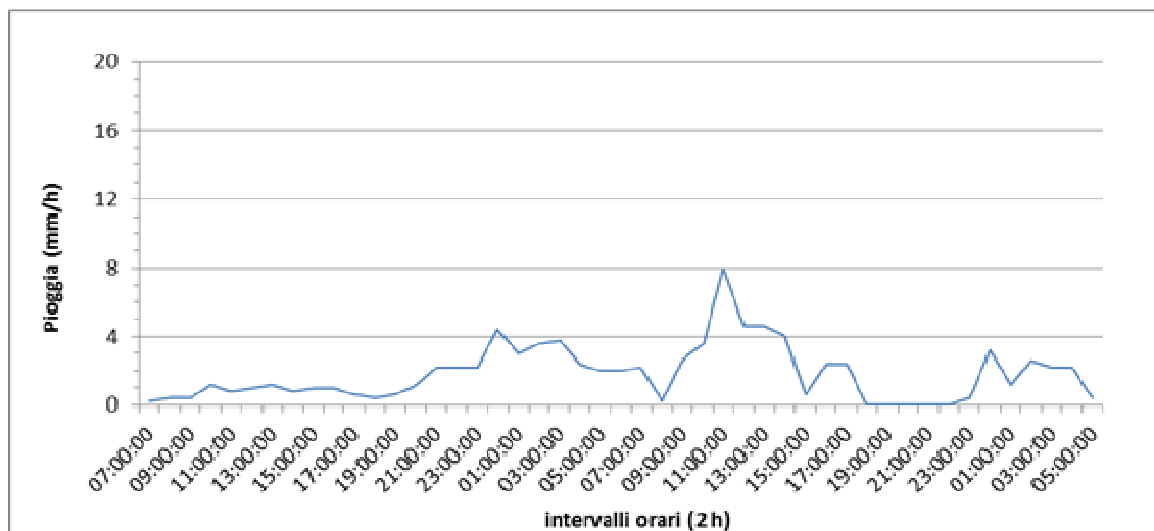


Fig. 6.20 Precipitazioni registrate durante l'evento del 29 novembre – 1 dicembre 2004.

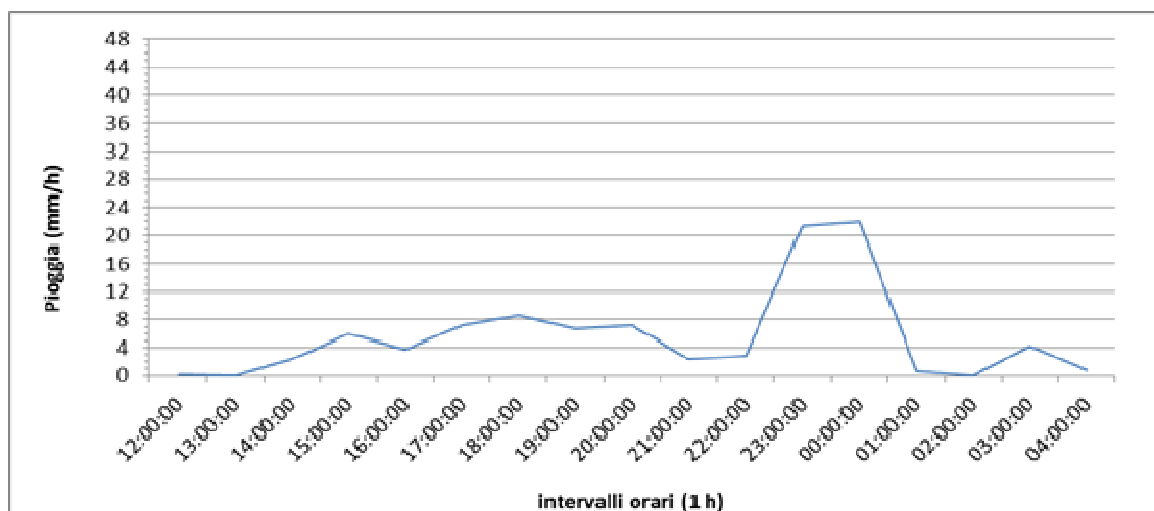


Fig. 6.21 Precipitazioni registrate durante l'evento del 14 – 15 agosto 2010.

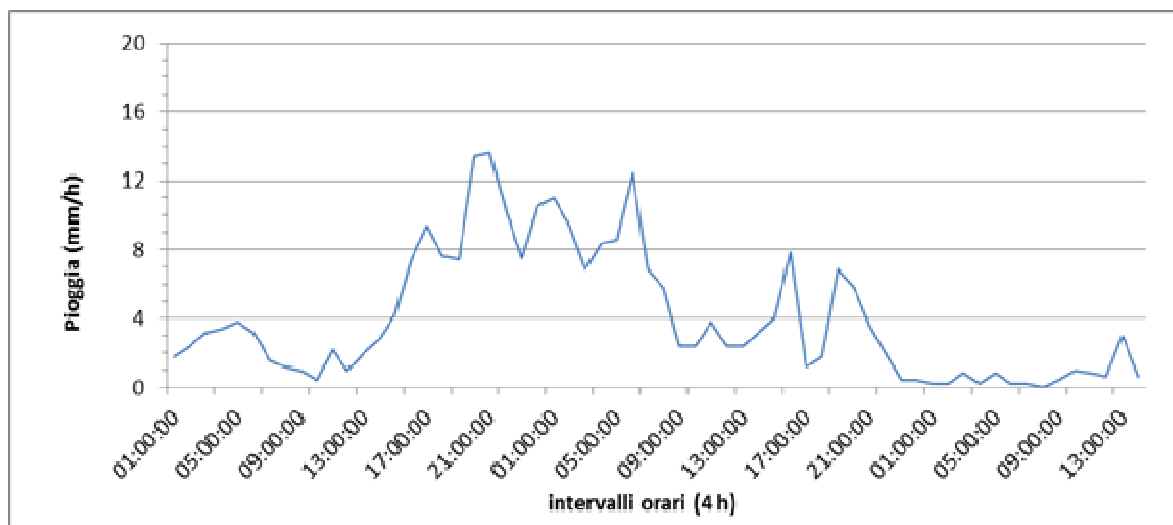


Fig. 6.22 Precipitazioni registrate durante l'evento del 31 ottobre – 2 novembre 2010.

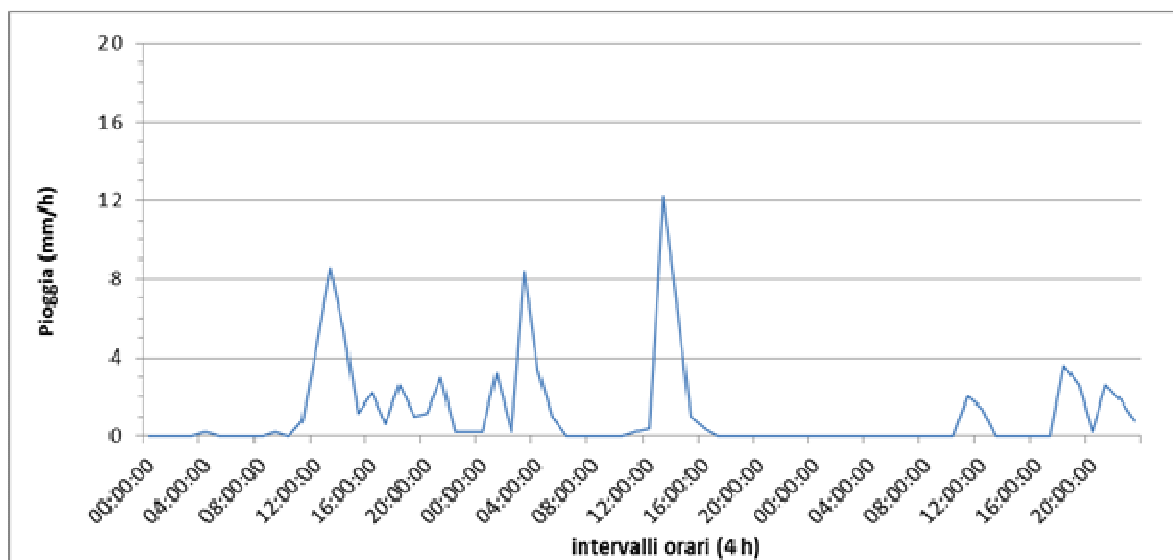


Fig. 6.23 Precipitazioni registrate durante l'evento del 7 – 9 giugno 2011.



## 7. Monitoraggio deflussi

Il monitoraggio dei deflussi lungo il bacino del rio Rì e del rio Val Scura è stato effettuato mediante l'installazione di trasduttori di pressione della ditta "Tecno Penta" (Fig. 7.1). Questa tipologia di sensore compie una misurazione differenziale di pressione ovvero, rileva il livello idrometrico misurando la pressione esercitata dalla colonna d'acqua sovrastante e rapportandola, successivamente, alla pressione atmosferica.

Più precisamente il sensore effettua la misura tramite un elemento piezoresistivo costituito da quattro resistenze in struttura a ponte diffuse su un wafer di silicio; il trasduttore è contenuto entro una camera stagna riempita di olio e chiusa da una membrana di acciaio inox su cui viene esercitata la pressione dal liquido esterno e che viene determinata tramite specifico modello matematico.

Il dato rilevato dal sensore di pressione viene inviato tramite cavo ad una centralina di raccolta dati costituita da un datalogger alimentata a batteria.

Nel caso del rio Rì e del rio Val Scura il datalogger utilizzato presenta un supporto di memoria per l'archiviazione dei dati con una autonomia di circa 40 giorni oltre i quali, per evitare l'automatica sovrascrittura, l'operatore deve scaricare i dati memorizzati utilizzando un apposito software (Vertiteq Spectrum 4.0).

Di seguito viene descritta dettagliatamente la localizzazione dei sensori di pressione installati nei due bacini di studio (Fig. 7.2).



Fig. 7.1 Trasduttori di pressione simili a quelli utilizzati nel bacino del Rio Rì e Rio Val Scura.

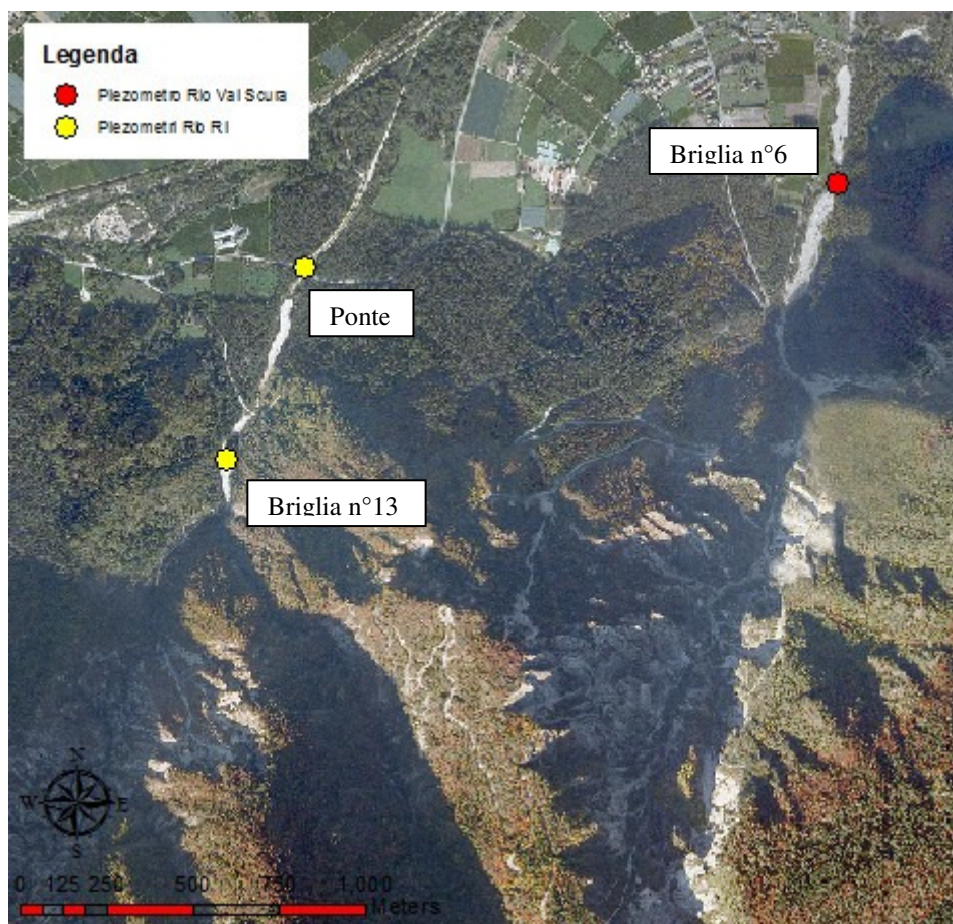


Fig. 7.2 Inquadramento sensori di pressione installati nel bacino del rio Rì e rio Val Scura.

### 7.1 I piezometri installati nel bacino del Rio Rì

Nel bacino del rio Rì sono stati installati due sensori di pressione (- Fig. 7.1) in funzione dal giugno 2011. Un primo trasduttore è stato installato in corrispondenza della briglia n° 13 (Fig. 4.13 e 4.17) in una posizione protetta nel caso di eventi alluvionali particolarmente intensi. La centralina per la memorizzazione dei dati, costituita dal datalogger e dalla batteria di alimentazione (Fig. 7.3), è stata alloggiata all'interno di una scatola metallica per proteggerla dagli agenti atmosferici e dagli atti vandalici. Il sensore di pressione è stato posizionato in corrispondenza della gaveta della briglia n° 13 a circa 12 m dalla centralina. Il sensore di pressione è alloggiato in un pozzetto in tubo di pvc, forato sulla superficie, posto ad una profondità di circa 40 cm dal piano gaveta: all'estremità inferiore del pozzetto è collegato un ulteriore tubo forato che raggiunge il



piano della gaveta per la captazione del deflusso superficiale. Su entrambe le tubazioni è stato applicato uno strato di geotessuto per evitare l'ostruzione dei fori (Fig. 7.4)



*Fig. 7.3 Centralina installata in corrispondenza della briglia n°13 (fonte: Gregoretti C.,2011).*



*Fig. 7.4 Tubo forato di captazione dell'acqua di collegamento tra il pozzetto del piezometro e il piano della gaveta della briglia (fonte: Gregoretti C.,2011).*



Il cavo di collegamento tra piezometro e datalogger è stato inserito per circa 10 m all'interno di una tubazione protettiva in pvc ancorata con staffe in ferro all'ala della briglia (Fig. 7.5). Gli ultimi 2 m di cavo sono stati inseriti in tubo corrugato fino alla centralina. Il tutto è stato ricoperto da sedimento in modo da non essere visibile alle persone ed essere protetto da agenti esterni (Fig. 7.6).



*Fig. 7.5 Tubo protettivo in pvc contenente il cavo del piezometro (fonte: Gregoretti C.,2011).*



*Fig. 7.5 Centralina a lato piazza deposito della briglia n°13 (fonte: Gregoretti C.,2011).*



Il secondo trasduttore utilizzato per la rilevazione del deflusso superficiale lungo l'asta torrentizia del rio Rì è stato installato a valle della briglia filtrante (briglia n°6) nelle vicinanze del ponte della strada provinciale.

Il sensore è posto a 3 m dalla gaveta della briglia n°1 e ad una profondità di circa 30 cm rispetto al fondo alveo (Fig. 7.6). Anche in questo caso il pozzetto di alloggiamento del trasduttore (tubo in pvc forato e rivestito in geotessuto) è stato messo in collegamento con il deflusso superficiale nell'area della gaveta mediante un tubo in pvc forato e rivestito in geotessuto. Il datalogger e la relativa batteria di alimentazione sono stati posizionati al di sotto del ponte (Fig. 7.7) al riparo dagli eventi meteorici.

Infine, il cavo per la trasmissione dei dati (lungo 10 m) è stato inserito all'intero di un tubo corrugato, saldamente ancorato alla spalla del ponte con staffe metalliche (Fig. 7.8).



*Fig. 7.6 Pozzetto contenente il piezometro (fonte: Degetto M.,2011).*



*Fig. 7.7 Scatola contenente il datalogger e la batteria posta al riparo al di sotto del ponte (fonte: Degetto M.,2011).*



*Fig. 7.8 Tubo corrugato contenente il cavo di trasmissione dei dati (fonte: Degetto M.,2011).*



## 7.2 Il piezometro installato nel bacino del Rio Val Scura

Nel bacino del rio Val Scura è stato installato un solo trasduttore di pressione per il monitoraggio del deflusso in corrispondenza della briglia n°6.

La stazione consiste di datalogger e batteria, identici a quella sul rio Rì (Fig. 7.3), ed è stata montata su un palo metallico, opportunamente tirantato, a una distanza di circa 15 m dalla briglia dove è posizionato il trasduttore (Fig. 7.9). Per evitare il danneggiamento del cavo di collegamento tra il datalogger ed il trasduttore, questi è stato inserito in un tubo corrugato e interrato ad una profondità di circa 10-15 cm. Nella zona a ridosso della briglia, il cavo è stato inserito in un tubo in pvc ancorato con staffe metalliche all'ala destra della briglia stessa (Fig. 7.10).

Il sensore di pressione è collocato in un pozzetto (tubo in pvc forato e rivestito da geotessuto) posto a monte della briglia e collegato al piano della gaveta mediante un tubo rigido in pvc forato e rivestito con geotessuto che garantisce la captazione dei deflussi sopra la gaveta della briglia (Fig. 7.11). Il pozzetto risulta più alto del piano gaveta e pertanto il piano del sensore è sfasato di pochi cm rispetto al piano gaveta.



*Fig. 7.9 Stazione contenente il datalogger e batteria di alimentazione.*



*Fig. 7.10 Ancoraggio del tubo in pvc, contenente il cavo del sensore, all'ala della briglia e pozzetto per il piezometro (fonte: Gregoretti C., 2011).*



*Fig. 7.11 Pozzetto contenente il piezometro e predisposizione dello scavo per il tubo di captazione.*



### 7.3 Serie storiche dei rilievi piezometrici

Di seguito vengono riportati i grafici di andamento del livello idrometrico per il rio Rì (Fig. 7.12 e 7.13) e per il rio Val Scura (Fig. 7.14), costruiti con i dati rilevati ad intervalli di 1 minuto, in occasione dell'evento meteorico del 7-9 giugno 2011. Nota la geometria della gaveta e la pendenza dell'alveo subito a monte della briglia, sulla base dei tiranti idrometrici forniti dai piezometri (e tarati sullo zero idrometrico) è stato possibile calcolare la portata liquida transitata in corrispondenza delle sezioni monitorate. Questi valori di portata saranno utilizzati per verificare e calibrare il modello idrologico.

Per la calibratura dei piezometri si riporta, a titolo di esempio, quella effettuata per il piezometro installato sulla briglia n°13 del rio Rì. Il 14 aprile 2011 alle ore 12.00 è stata effettuata una prova di taratura del sensore: il tirante medio sulla gaveta risultava pari a 2.5 cm e le misure piezometriche restituivano, per lo stesso orario, valori compresi tra 16.8 e 17.1 cm (3 mm di oscillazione rilevati dal piezometro). Lo zero idrometrico (corrispondente al tirante nullo) è variato, quindi, tra 14.3 e 14.6 cm che, come media delle oscillazioni registrate, è stato approssimato a 14.5 cm. Stessa procedura per gli altri piezometri.

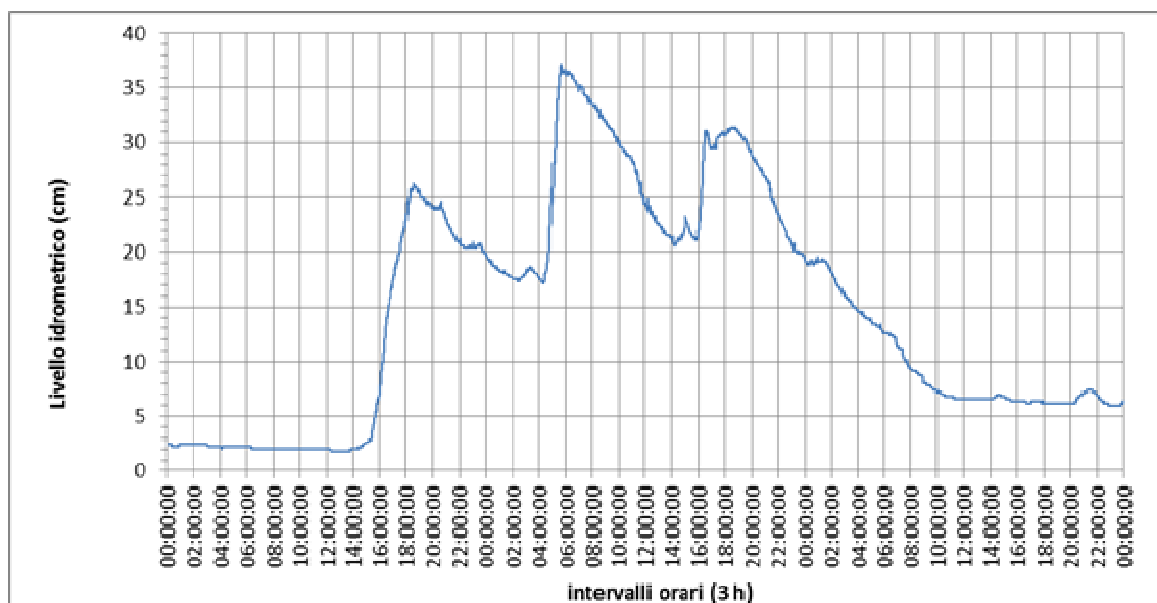


Fig. 7.12 Andamento del livello idrometrico misurato (valore tarato sullo zero idrometrico) dal trasduttore, installato presso la briglia n°13 del rio Rì, per l'evento del 7-9 giugno 2011.

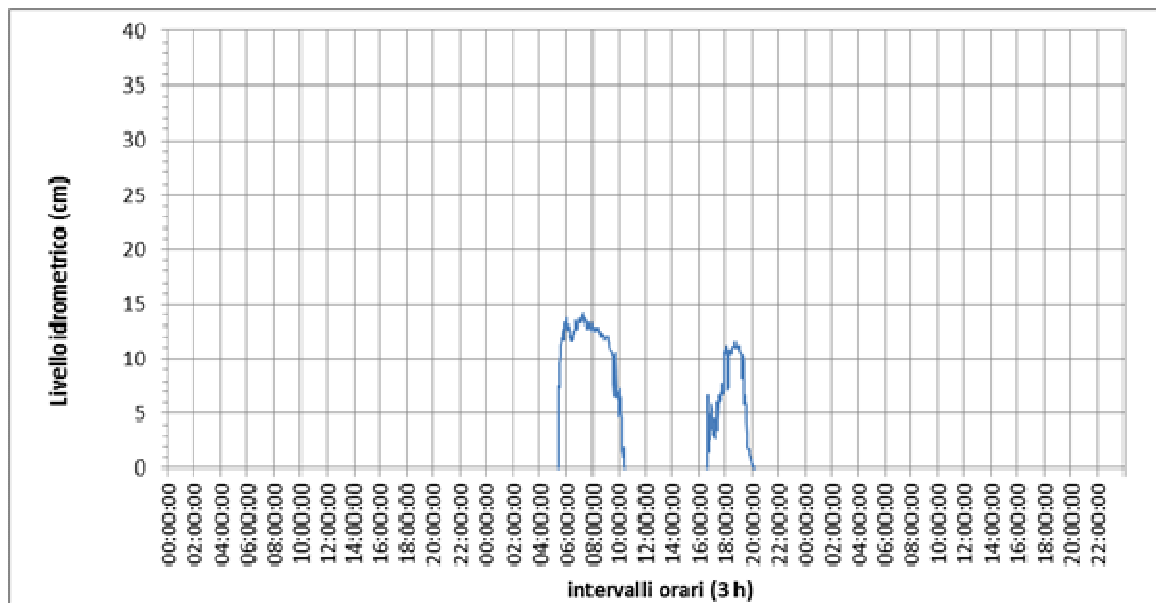


Fig. 7.13 Andamento del livello idrometrico misurato (valore tarato sullo zero idrometrico) dal trasduttore, installato presso la briglia n°1 del rio Rì, per l'evento del 7-9 giugno 2011.

Il piezometro posto a valle del ponte (briglia n°1) sul rio Rì (Fig. 7.13), come quello sul rio Val Scura (Fig. 7.14), registra raramente delle portate superficiali che si manifestano solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi. In questo caso è da supporre che il deflusso sottosuperficiale, attraverso lo spesso strato detritico, sia piuttosto sviluppato e catturi gran parte dei deflussi che poi emergono più a valle.

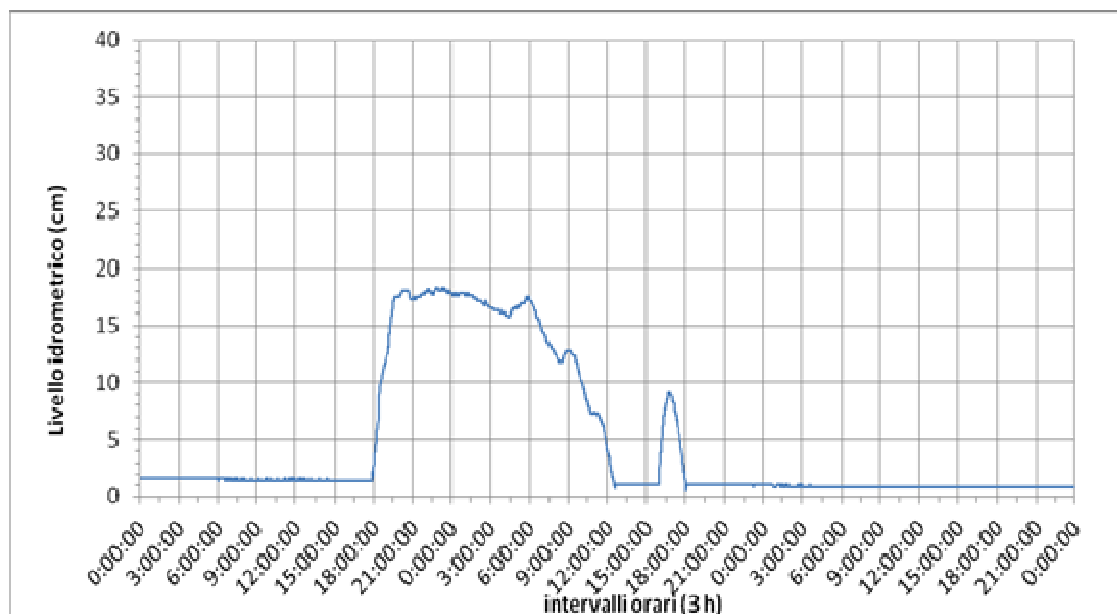


Fig. 7.14 Andamento del livello idrometrico misurato (valore tarato sullo zero idrometrico) dal piezometro, installato presso la briglia n°6 del rio Val Scura, per l'evento del 7-9 giugno 2011.



#### 7.4 Calcolo della portata sulla base dei dati piezometrici

Il calcolo della portata in transito lungo il rio Rì e il rio Val Scura viene eseguito utilizzando il livello idrometrico rilevato dai piezometri installati (valori tarati sullo zero idrometrico) e applicando l'equazione di Belanger per stramazzi in parete grossa:

$$Q = C_q \cdot A \cdot V = 0.385 \cdot B \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2} \quad (1)$$

dove  $B$  è la larghezza inferiore della gaveta trapezia della briglia,  $h$  il tirante idraulico misurato (al netto dello zero idrometrico) e  $g$  l'accelerazione gravitazionale. La formula è stata rivista considerando l'area della sezione di deflusso trapezia.

È il caso di ricordare che il tirante misurato si trova in posizione di profilo di chiamata (vena contratta) che si sviluppa in prossimità e sopra la gaveta. Il calcolo della portata è stato eseguito solo per l'evento meteorico del 7-9 giugno 2011 su cui si verificherà l'adattamento della simulazione con le misure reali.

In figura 7.16 e 7.17 vengono riportati rispettivamente il prospetto e la pianta della briglia n°13 (Fig. 7.15) con la posizione del piezometro.



*Fig. 7.15 Gaveta della briglia n° 13 del rio Rì.*

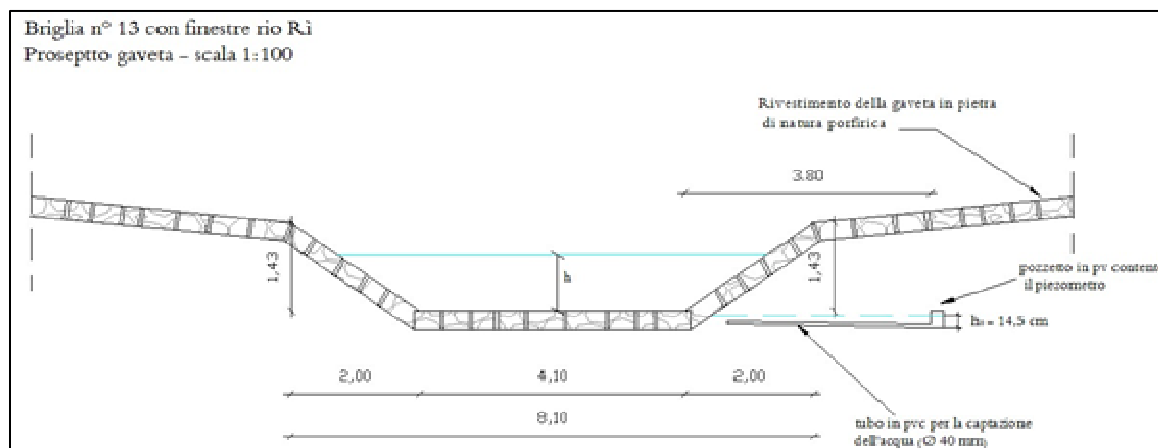


Fig. 7.16 Prospetto gaveta briglia n°13 sul rio Rì.

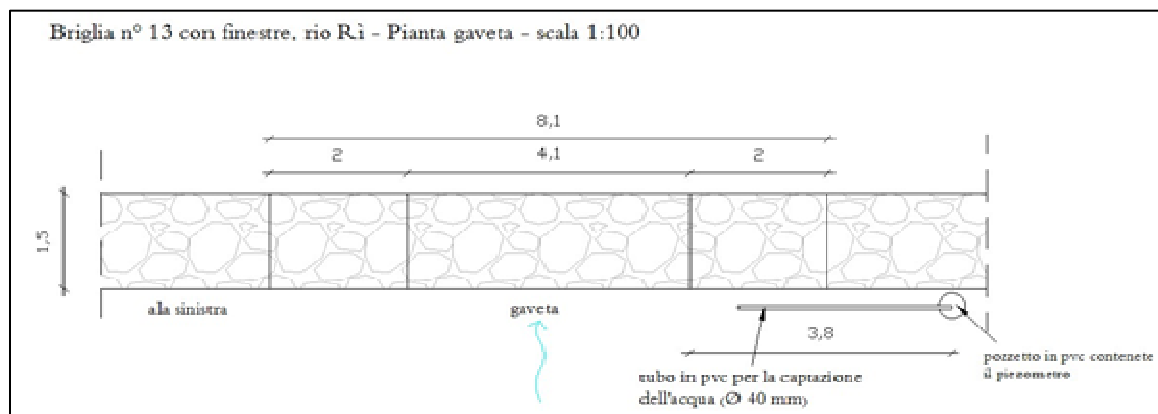


Fig. 7.17 Pianta gaveta briglia n°13 sul rio Rì.

Di seguito viene riportato l'andamento della portata calcolata sui dati piezometrici (Fig. 7.12) rilevati durante l'evento del 7-9 giugno 2011 (Fig. 7.18).

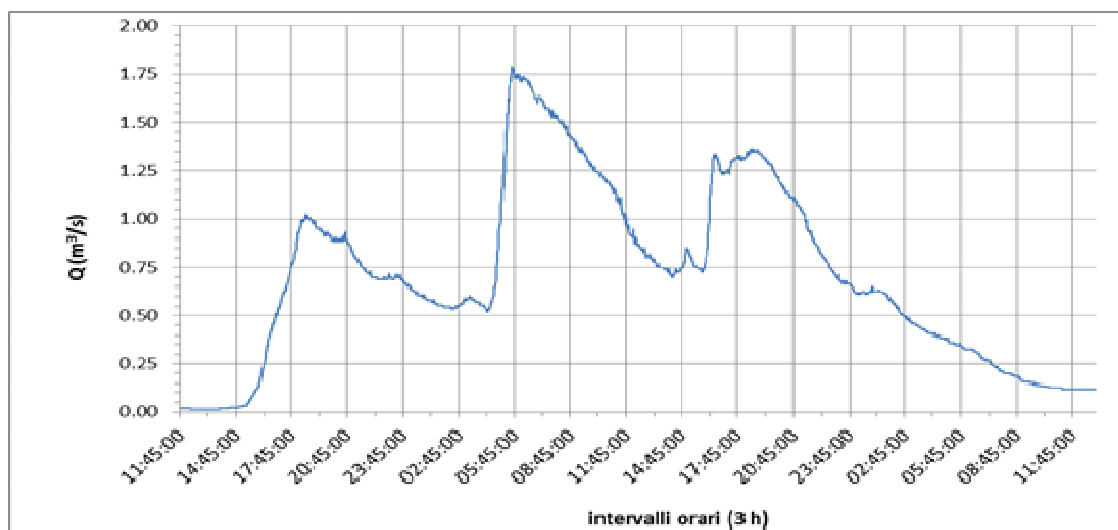


Fig. 7.18 Andamento della portata calcolata sulla base del livello idrometrico rilevato dal piezometro installato presso la briglia n°13 sul rio Rì durante l'evento del 7-9 giugno 2011.



Per quanto riguarda il piezometro installato sul rio Rì a valle della filtrante e del ponte, in corrispondenza della briglia n°1 (Fig. 7.19), si riporta il prospetto della gaveta e la relativa pianta nelle figure 7.20 e 7.21 mentre, in figura 7.22 viene riportato l'andamento della portata liquida calcolata sulla base dei dati piezometrici (fig. 7.13) rilevati durante l'evento del 7-9 giugno 2011.



*Fig. 7.19 Gaveta della briglia n°1 del rio Rì posta a valle della filtrante e del ponte della strada provinciale. Il pozzetto con il piezometro è esterno alla foto (in sinistra) mentre il tubo drenante di captazione che giunge fino alla gaveta termina sotto l'accumulo di ramaglia visibile in foto.*

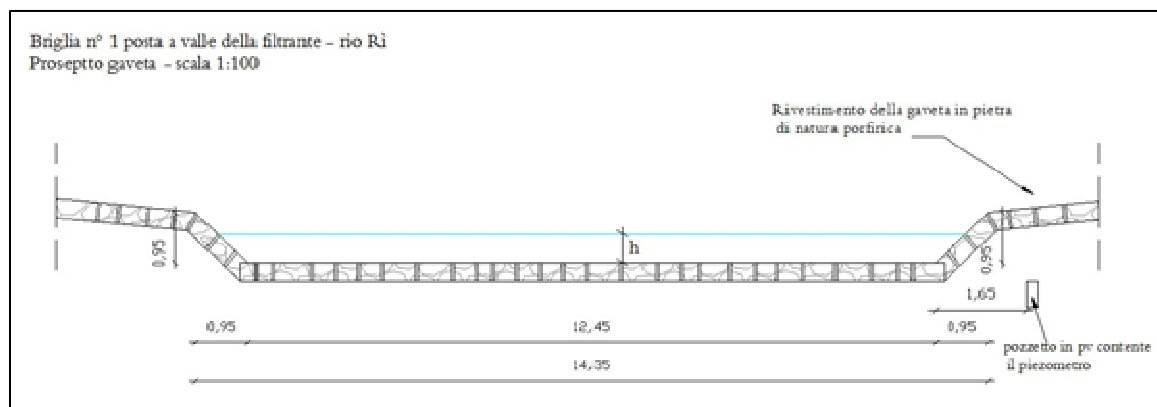


Fig. 7.20 Prospetto gaveta briglia n°1 posta a valle della filtrante sul rio Rì.

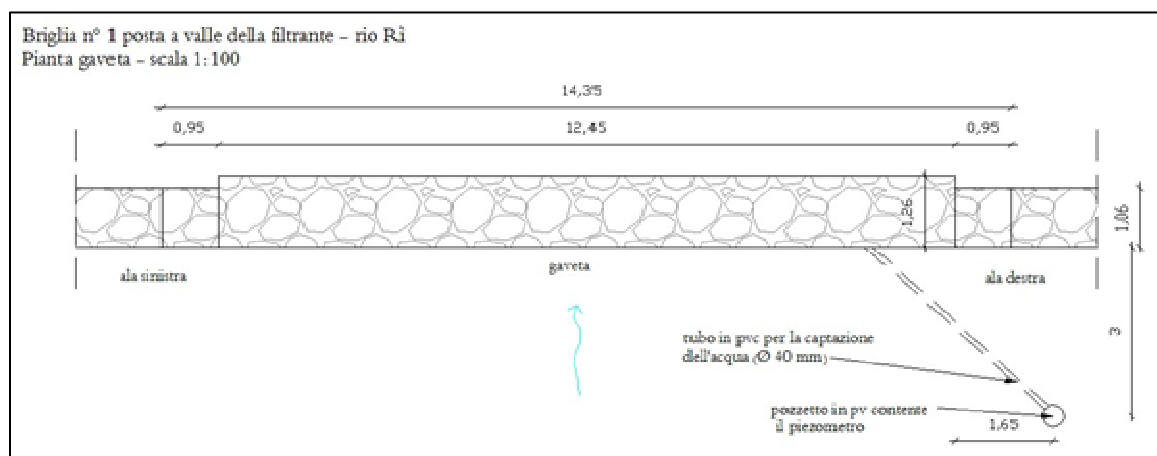


Fig. 7.21 Pianta gaveta briglia n°1 posta a valle della filtrante sul rio Rì.

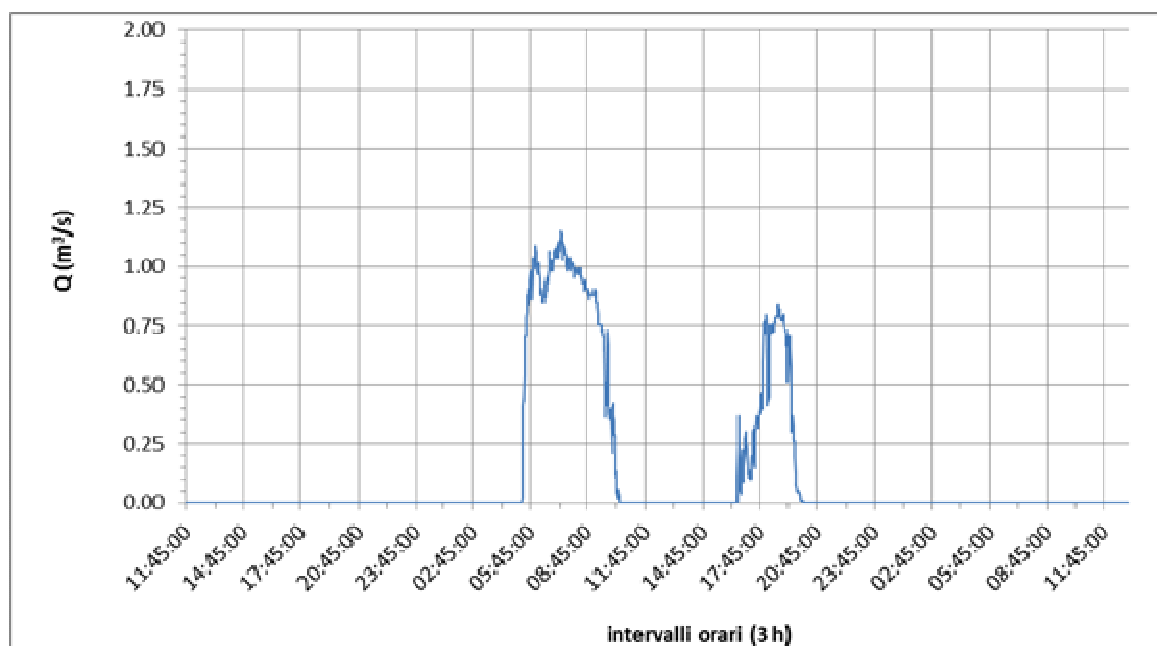


Fig. 7.22 Andamento della portata calcolata sulla base del livello idrometrico rilevato dal piezometro installato presso la briglia n°1 sul rio Rì durante l'evento del 7-9 giugno 2011.

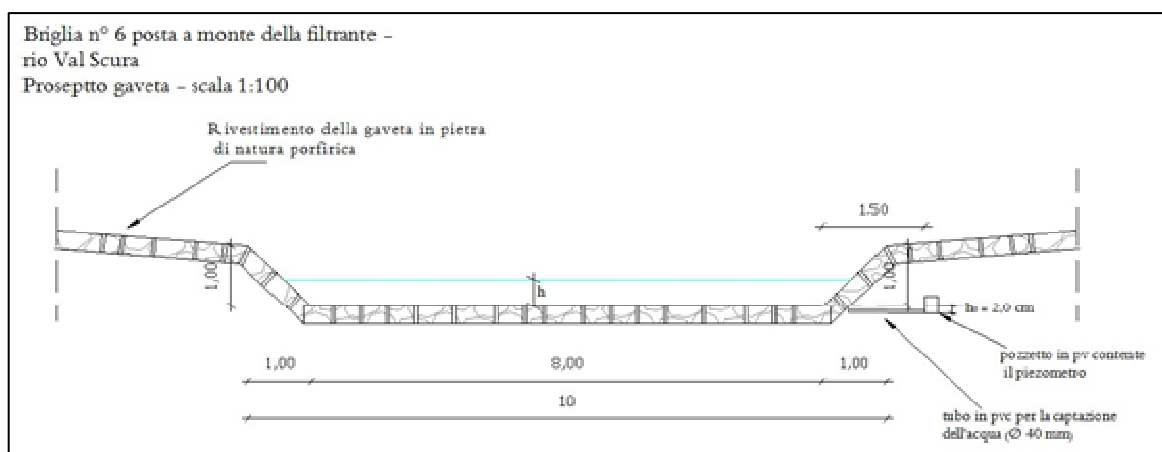


In figura 7.24 e 7.25 si riporta rispettivamente il prospetto e la pianta della briglia n°6 del rio Val Scura (Fig. 7.23) con indicata la posizione del piezometro.

In figura 7.26 viene riportato l'andamento della portata calcolata sui dati piezometrici (Fig. 7.14) rilevati sul rio Val Scura durante l'evento del 7-9 giugno 2011.



*Fig. 7.23 Gaveta della briglia n°6 del rio Val Scura ove, a monte e in destra idrografica, si trova il piezometro. Come traspare dall'immagine, ci sono lunghi periodi in cui l'alveo è asciutto e la portata di magra defluisce completamente per via sottosuperficiale.*



*Fig. 7.24 Prospetto gaveta briglia n°6 sul rio Val Scura.*

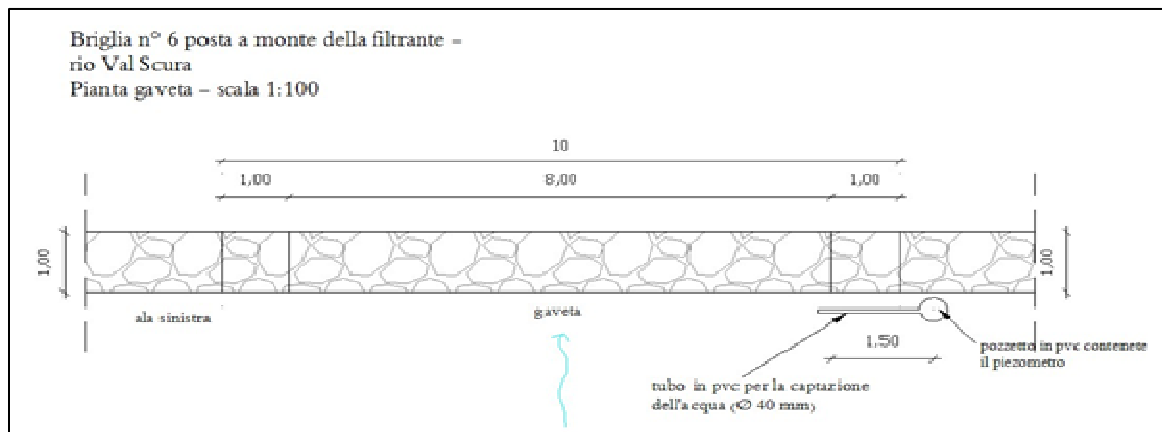


Fig. 7.25 Pianta gaveta briglia n°6 sul rio Val Scura.

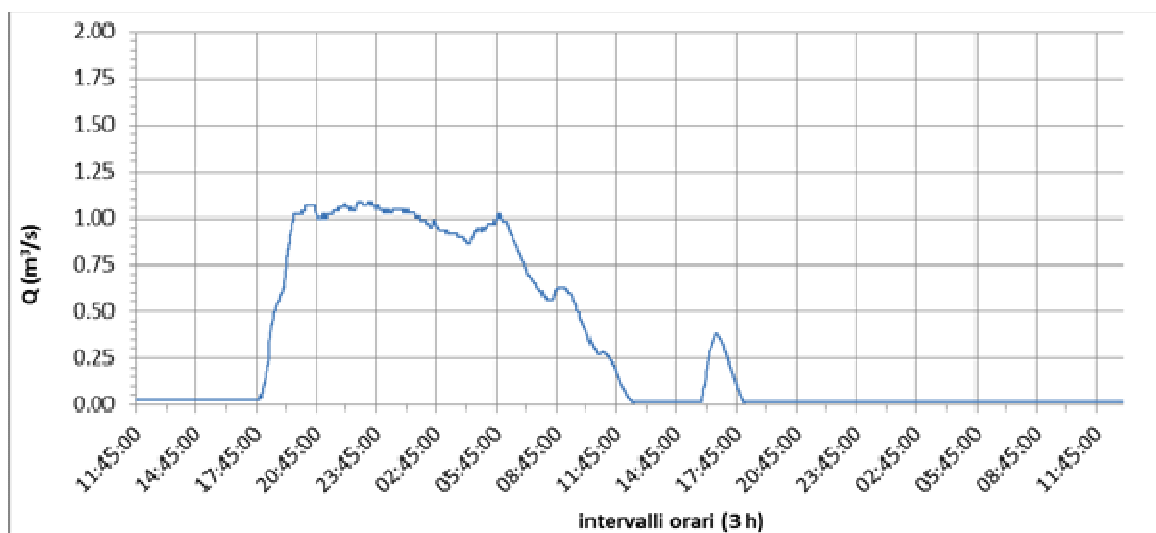


Fig. 7.26 Andamento della portata calcolata sulla base del livello idrometrico rilevato dal piezometro installato presso la briglia n°6 sul rio Val Scura durante l'evento del 7-9 giugno 2011.



## 8.4 Idrogramma di piena

Una volta ottenuto il raster del *Curve Number* per i bacini del rio Rì e del rio Val Scura sarà possibile calcolare il valore della precipitazione efficace  $e$ , quindi, procedere alla simulazione dell'idrogramma di piena.

La precipitazione efficace, calcolata dal software per ogni pixel versante, viene propagata verso il reticolo idrografico e, da qui, alla sezione di chiusura, seguendo la direzione di deflusso associata alla massima pendenza esistente tra la cella di riferimento e le otto celle circostanti.

I valori di velocità di propagazione su versante sono in funzione dell'uso e copertura del suolo mentre, la velocità di propagazione nella rete di drenaggio è assunta uguale alla velocità media massima raggiunta alla sezione di chiusura (valore al picco del deflusso simulato/area della sezione idraulica).

A questo punto si potrà passare alla definizione dell'idrogramma di piena attraverso la funzione "*Idrogramma*" presente nel modulo *HydroModel* di AdB-ToolBox.

In questa fase di simulazione sono necessari i seguenti file raster di input:

- mappa raster dei tempi di propagazione del deflusso superficiale su versante (par. 8.2.2).
- mappa raster dei tempi di propagazione del deflusso superficiale lungo il reticolo idrografico (par. 8.2.2).
- mappa raster del valore del *Curve Number* (par. 8.3.3).

Il tool del modello idrologico richiede i dati della pioggia che possono essere forniti con varie modalità:

- parametri di probabilità pluviometrica ottenuti dall'analisi storica dei dati di pioggia:
  - dati distribuiti su mappe raster da metodologie: GEV, Gumbel e TCEV
  - parametri " $a$ " ed " $n$ " ottenuti dalle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP);
  - selezione del tempo di ritorno dell'evento da simulare;
- curve di soglia di precipitazione oltre la quale si verifica l'innesco di colate detritiche (selezione tra una serie di curve già implementate nel modello);
- file di precipitazione di un evento registrato.



Nel caso del rio Rì e della Val Scura sono stati utilizzati file di pioggia ottenuti dalla compensazione (metodo dei topoi) e ragguglio dei dati pluviometrici registrati dalle varie stazioni pluviometriche (cap. 6).

Per completare la fase di input dei parametri del modello idrologico è necessario eseguire il settaggio dei parametri avanzati relativi all'idrogramma di piena. Nel nostro caso, utilizzando file di pioggia reali già predisposti rimangono da definire i seguenti parametri:

- la portata iniziale,  $Q_0$  ( $m^3/s$ ), che può essere definita dall'utente oppure viene automaticamente posta pari al 5 % dell'area del bacino dal software.
- la costante di esaurimento dell'idrogramma di piena ( $s^{-1}$ ), che fa riferimento ad un serbatoio lineare in cui la costante di esaurimento è generalmente un valore compreso tra 6.0 e 12.0.
- il parametro PFSF-CDS, che è un fattore di riduzione della precipitazione massima per la ricerca del tempo critico. Questo parametro regola la ricerca della durata della precipitazione critica che viene posta uguale alla percentuale dell'area del bacino che contribuisce al deflusso alla sezione di chiusura.
- le perdite iniziali per infiltrazione. Il programma imposta un valore di default delle perdite iniziali pari al 10 %, va però ricordato che recenti studi (Hawkins et al., 2009) indicano per l'ambiente montano un valore più probabile del 5%.
- la velocità massima di versante (m/s).
- le caratteristiche geometriche della sezione di chiusura del bacino (comando **OC - Outlet Characteristics**): la velocità media di reticolo (m/s), la pendenza del fondo alveo ( $^\circ$ ), la larghezza al fondo dell'alveo (m), la scarpa della sponda destra e sinistra, la scabrezza secondo Gauckler-Strickler ( $m^{1/3}/s$ ).

Avviando il calcolo il programma produce i seguenti file: un report dell'idrogramma in pdf, una tabella dati con grafici in xls, un file comandi, un file testo con tutti i dati della simulazione, un file con la velocità media di reticolo ottenuta dall'elaborazione, un file con i valori di CN apparente utilizzati per il bacino.



### 8.4.1 Idrogramma di piena per il rio Rì e il rio Val Scura

La simulazione della portata liquida nel bacino del rio Rì e del rio Val Scura è stata eseguita utilizzando le serie storiche di precipitazione registrate dalla stazione di Caldonazzo e di Lavarone durante l'evento meteorico del 7-9 giugno 2011 (par. 6). Poiché queste stazioni non ricadono all'interno dei bacini, i dati pluviometrici registrati sono stati opportunamente compensati secondo il metodo dei "poligoni di Thiessen" e successivamente ragguagliati tra le stazioni insistenti sull'area di ogni bacino.

#### 8.4.1.1 Rio Rì: idrogramma di piena

La portata liquida ottenuta dalla simulazione dell'evento meteorico del 7-9 giugno 2011 è riportata nel grafico di figura 8.19. In questo grafico sono stati riportati i dati di pioggia totale, della parte di pioggia efficace che contribuisce al deflusso superficiale, il deflusso di base (sottosuperficiale) simulato (invaso lineare con esaurimento esponenziale), il deflusso diretto o superficiale simulato e la portata misurata con il piezometro alla sezione della briglia n°13 (par. 7.4). In tabella 8.6 si riportano i dati dei parametri utilizzati per la simulazione e in tabella 8.7 alcuni dati ottenuti dalla simulazione.

Tab. 8.6 Parametri utilizzati per la simulazione dell'idrogramma di piena per l'evento del 7-9 giugno 2011 per il bacino del rio Rì chiuso alla briglia n°13.

Quota sezione di chiusura del bacino (m s.l.m.)	528.2
Area del bacino (km <sup>2</sup> )	3.01
AMC	3
Portata di base iniziale (m <sup>3</sup> /s)	0.02
Costante del parametro di esaurimento per il deflusso sottosuperficiale	6·10 <sup>-6</sup>
Parametro PFSSF-CDS di riduzione della precipitazione	1.0
Ia (perdite iniziali)	0.1
Velocità massima del versante (m/s)	0.3
Velocità iniziale del deflusso su reticolo alla sezione di chiusura (m/s)	2.0
Pendenza del canale alla sezione di chiusura (5.1 %)	2.9°
Larghezza canale (m)	4.1
Scarpa destra e sinistra	0.72
Scabrezza Gauckler-Strickler (m <sup>1/3</sup> /s)	25.0
Tolleranza per la convergenza risultati	0.04



Tab. 8.7 Parametri ottenuti dalla simulazione dell'idrogramma di piena per l'evento del 7-9 giugno 2011 per il bacino del rio Rì chiuso alla briglia n°13.

CN apparente	65.3
Portata massima al picco simulata (m <sup>3</sup> /s)	1.62
Portata massima al picco misurata (m <sup>3</sup> /s)	1.79
Velocità calcolata del deflusso su reticolo alla sezione di chiusura (m/s)	2.06

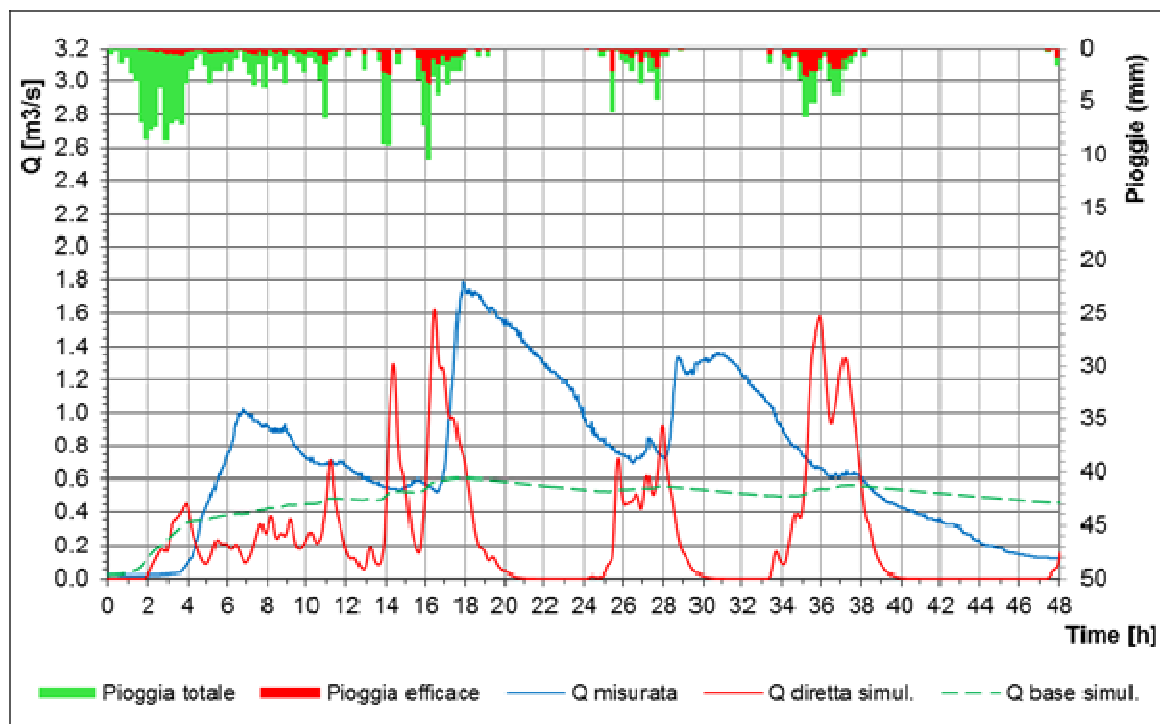


Fig. 8.19 Portate simulate e misurate per l'evento del 7-9 giugno 2011 nel bacino del rio Rì.

***Q misurata*** è la portata (superficiale) calcolata dalle misure idrometriche registrate dal piezometro, ***Q diretta simul.*** è la portata diretta (superficiale) simulata dal modello idrologico, ***Q base simul.*** è la portata generata dal deflusso di base o sottosuperficiale simulata dal modello, ***Pioggia totale*** è il valore di precipitazione inserita nel file di pioggia e ottenuta dal ragguaglio e compensazione tra le stazioni pluviometriche più vicine, ***Pioggia efficace*** è la porzione di precipitazione che secondo il modello genera deflusso superficiale.

Osservando la figura 8.19 si può notare che:

- le portate misurate sono maggiori rispetto a quelle simulate;
- le portate misurate tendono ad arrivare alla sezione di chiusura in ritardo rispetto a quelle simulate;
- la fase di esaurimento dei picchi è molto progressiva e lenta;



- la portata misurata risulta piuttosto “stabile” e dotato di una certa “inerzia” con l’assenza di risposte rapide agli input pluviometrici;
- l’andamento dell’idrogramma misurato è molto diverso dall’andamento dell’idrogramma simulato.

Le considerazioni sui risultati di questa simulazione saranno presentate nel successivo paragrafo 8.4.2..

#### 8.4.1.2 Rio Val Scura: idrogramma di piena

Utilizzando i dati pluviometrici compensati e ragguagliati delle stazioni di Lavarone e Caldonazzo anche per il rio Val Scura è stato possibile simulare la portata liquida per l’evento meteorico del 7-9 giugno 2011 e confrontare la simulazione con il dato misurato dal piezometro posto a monte della briglia n°6 (par. 7.4). La portata liquida ottenuta dalla simulazione dell’evento meteorico è riportata nel grafico di figura 8.20. In tabella 8.6 si riportano i dati dei parametri utilizzati per la simulazione e in tabella 8.7 alcuni dati ottenuti dalla simulazione.

Tab. 8.8 Parametri utilizzati per la simulazione dell’idrogramma di piena per l’evento del 7-9 giugno 2011 per il bacino del rio Val Scura chiuso alla briglia n°6.

Quota sezione di chiusura del bacino (m s.l.m.)	484.0
Area del bacino (km <sup>2</sup> )	5.98
AMC	3
Portata di base iniziale (m <sup>3</sup> /s)	0.00
Costante del parametro di esaurimento per il deflusso sottosuperficiale	6·10 <sup>-6</sup>
Parametro PFSF-CDS di riduzione della precipitazione	1.0
Ia (perdite iniziali)	0.1
Velocità massima del versante (m/s)	0.3
Velocità iniziale del deflusso su reticolo alla sezione di chiusura (m/s)	2.00
Pendenza del canale alla sezione di chiusura (5.8 %)	3.3°
Larghezza canale (m)	8.0
Scarpa destra e sinistra	1.00
Scabrezza Gauckler-Strickler (m <sup>1/3</sup> /s)	15.0
Tolleranza per la convergenza risultati	0.04



Tab. 8.9 Parametri ottenuti dalla simulazione dell'idrogramma di piena per l'evento del 7-9 giugno 2011 per il bacino del rio Val Scura chiuso alla briglia n°6.

CN apparente	67.8
Portata massima al picco simulata (m <sup>3</sup> /s)	2.72
Portata massima al picco misurata (m <sup>3</sup> /s)	1.08
Velocità calcolata del deflusso su reticolo alla sezione di chiusura (m/s)	1.54

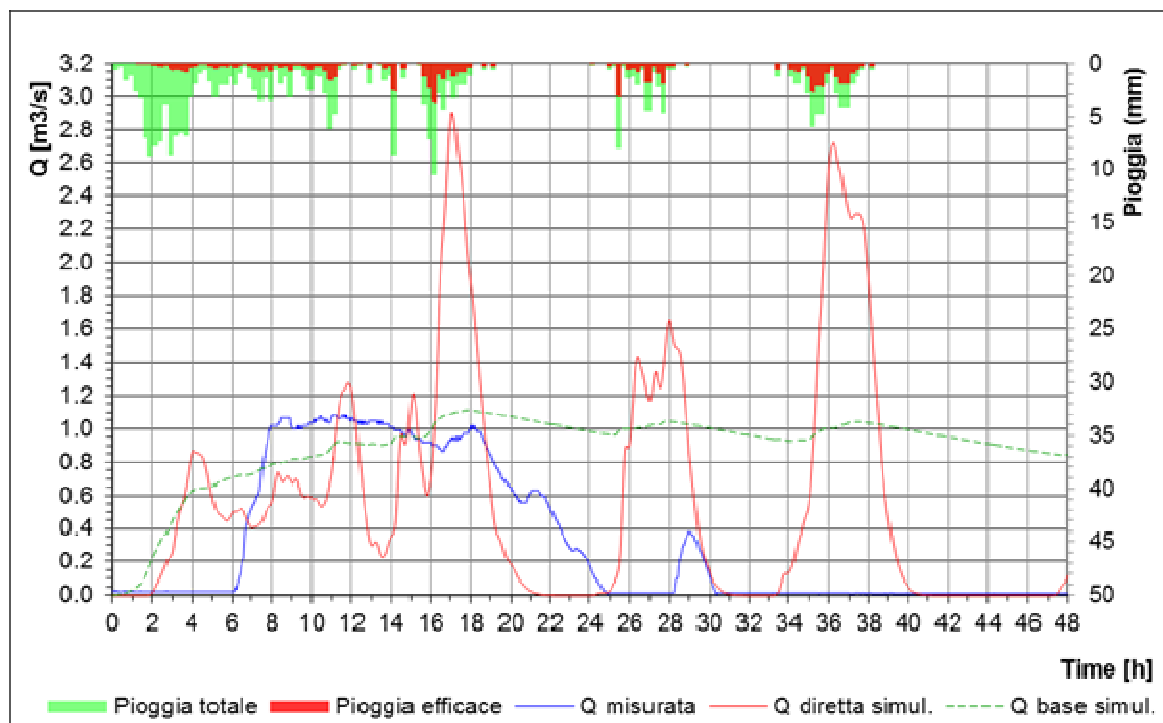


Fig. 8.20 Portate simulate e misurate per l'evento del 7-9 giugno 2011 nel bacino del rio Val Scura. **Q misurata** è la portata (superficiale) calcolata dalle misure idrometriche registrate dal piezometro, **Q diretta simul.** è la portata diretta (superficiale) simulata dal modello idrologico, **Q base simul.** è la portata generata dal deflusso di base o sottosuperficiale simulata dal modello, **Pioggia totale** è il valore di precipitazione inserita nel file di pioggia e ottenuta dal ragguaglio e compensazione tra le stazioni pluviometriche più vicine, **Pioggia efficace** è la porzione di precipitazione che secondo il modello genera deflusso superficiale.



Osservando la figura 8.20 si può notare che:

- le portate misurate sono maggiori rispetto a quelle simulate;
- le portate misurate arrivano alla sezione di chiusura in ritardo rispetto a quelle simulate;
- la fase di esaurimento dei picchi è molto progressiva e lenta;
- la portata misurata risulta piuttosto “stabile” e dotata di una certa “inerzia” per l’assenza di risposte rapide agli input pluviometrici;
- l’andamento dell’idrogramma misurato è molto diverso dall’andamento dell’idrogramma simulato;
- la portata tende ad esaurirsi lasciando asciutto l’alveo e convogliando tutto il deflusso per via sottosuperficiale.

Le considerazioni sui risultati di questa simulazione saranno presentate nel successivo paragrafo 8.4.2.

#### **8.4.2 Considerazioni sui risultati ottenuti dalle simulazioni**

Analizzando i grafici di figura 8.19 e 8.20 e le osservazioni riportate al seguito di questi grafici si possono fare delle considerazioni generali, valide per entrambi i bacini idrografici, circa gli esiti del confronto tra simulato e misurato (considerando che il misurato, comunque, è un dato calcolato con la formula dello stramazzo in parete grossa e che le misure riguardano solo il tirante idrometrico).

Probabilmente il modello afflussi-deflussi cinematico distribuito basato sul metodo SCS-CN e, in particolare, la funzione lineare del deflusso sottosuperficiale non sono in grado di rappresentare con successo un bacino caratterizzato da fenomeni carsici e dotato di uno spesso materasso detritico, molto permeabile, dove il deflusso ipodermico rappresenta una delle vie preferenziali. È molto probabile che una percentuale considerevole della portata defluita sopra la gaveta della sezione di chiusura (briglia n°13 per il rio Rì e briglia n°6 per la Val Scura) provenga da flussi sottosuperficiali emergenti nella zona della piazza di deposito, previa saturazione del materasso detritico della piazza stessa. È anche da ritenere che una parte del deflusso sottosuperficiale prosegua il suo percorso sotterraneo senza essere intercettato dallo sbarramento trasversale della briglia.





## 8.4 Idrogramma di piena

Una volta ottenuto il raster del *Curve Number* per i bacini del rio Rì e del rio Val Scura sarà possibile calcolare il valore della precipitazione efficace  $e$ , quindi, procedere alla simulazione dell'idrogramma di piena.

La precipitazione efficace, calcolata dal software per ogni pixel versante, viene propagata verso il reticolo idrografico e, da qui, alla sezione di chiusura, seguendo la direzione di deflusso associata alla massima pendenza esistente tra la cella di riferimento e le otto celle circostanti.

I valori di velocità di propagazione su versante sono in funzione dell'uso e copertura del suolo mentre, la velocità di propagazione nella rete di drenaggio è assunta uguale alla velocità media massima raggiunta alla sezione di chiusura (valore al picco del deflusso simulato/area della sezione idraulica).

A questo punto si potrà passare alla definizione dell'idrogramma di piena attraverso la funzione "*Idrogramma*" presente nel modulo *HydroModel* di AdB-ToolBox.

In questa fase di simulazione sono necessari i seguenti file raster di input:

- mappa raster dei tempi di propagazione del deflusso superficiale su versante (par. 8.2.2).
- mappa raster dei tempi di propagazione del deflusso superficiale lungo il reticolo idrografico (par. 8.2.2).
- mappa raster del valore del *Curve Number* (par. 8.3.3).

Il tool del modello idrologico richiede i dati della pioggia che possono essere forniti con varie modalità:

- parametri di probabilità pluviometrica ottenuti dall'analisi storica dei dati di pioggia:
  - dati distribuiti su mappe raster da metodologie: GEV, Gumbel e TCEV
  - parametri " $a$ " ed " $n$ " ottenuti dalle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP);
  - selezione del tempo di ritorno dell'evento da simulare;
- curve di soglia di precipitazione oltre la quale si verifica l'innesco di colate detritiche (selezione tra una serie di curve già implementate nel modello);
- file di precipitazione di un evento registrato.



Nel caso del rio Rì e della Val Scura sono stati utilizzati file di pioggia ottenuti dalla compensazione (metodo dei topoi) e ragguglio dei dati pluviometrici registrati dalle varie stazioni pluviometriche (cap. 6).

Per completare la fase di input dei parametri del modello idrologico è necessario eseguire il settaggio dei parametri avanzati relativi all'idrogramma di piena. Nel nostro caso, utilizzando file di pioggia reali già predisposti rimangono da definire i seguenti parametri:

- la portata iniziale,  $Q_0$  ( $m^3/s$ ), che può essere definita dall'utente oppure viene automaticamente posta pari al 5 % dell'area del bacino dal software.
- la costante di esaurimento dell'idrogramma di piena ( $s^{-1}$ ), che fa riferimento ad un serbatoio lineare in cui la costante di esaurimento è generalmente un valore compreso tra 6.0 e 12.0.
- il parametro PFSF-CDS, che è un fattore di riduzione della precipitazione massima per la ricerca del tempo critico. Questo parametro regola la ricerca della durata della precipitazione critica che viene posta uguale alla percentuale dell'area del bacino che contribuisce al deflusso alla sezione di chiusura.
- le perdite iniziali per infiltrazione. Il programma imposta un valore di default delle perdite iniziali pari al 10 %, va però ricordato che recenti studi (Hawkins et al., 2009) indicano per l'ambiente montano un valore più probabile del 5%.
- la velocità massima di versante (m/s).
- le caratteristiche geometriche della sezione di chiusura del bacino (comando **OC - Outlet Characteristics**): la velocità media di reticolo (m/s), la pendenza del fondo alveo ( $^\circ$ ), la larghezza al fondo dell'alveo (m), la scarpa della sponda destra e sinistra, la scabrezza secondo Gauckler-Strickler ( $m^{1/3}/s$ ).

Avviando il calcolo il programma produce i seguenti file: un report dell'idrogramma in pdf, una tabella dati con grafici in xls, un file comandi, un file testo con tutti i dati della simulazione, un file con la velocità media di reticolo ottenuta dall'elaborazione, un file con i valori di CN apparente utilizzati per il bacino.



### 8.4.1 Idrogramma di piena per il rio Rì e il rio Val Scura

La simulazione della portata liquida nel bacino del rio Rì e del rio Val Scura è stata eseguita utilizzando le serie storiche di precipitazione registrate dalla stazione di Caldonazzo e di Lavarone durante l'evento meteorico del 7-9 giugno 2011 (par. 6). Poiché queste stazioni non ricadono all'interno dei bacini, i dati pluviometrici registrati sono stati opportunamente compensati secondo il metodo dei "poligoni di Thiessen" e successivamente ragguagliati tra le stazioni insistenti sull'area di ogni bacino.

#### 8.4.1.1 Rio Rì: idrogramma di piena

La portata liquida ottenuta dalla simulazione dell'evento meteorico del 7-9 giugno 2011 è riportata nel grafico di figura 8.19. In questo grafico sono stati riportati i dati di pioggia totale, della parte di pioggia efficace che contribuisce al deflusso superficiale, il deflusso di base (sottosuperficiale) simulato (invaso lineare con esaurimento esponenziale), il deflusso diretto o superficiale simulato e la portata misurata con il piezometro alla sezione della briglia n°13 (par. 7.4). In tabella 8.6 si riportano i dati dei parametri utilizzati per la simulazione e in tabella 8.7 alcuni dati ottenuti dalla simulazione.

Tab. 8.6 Parametri utilizzati per la simulazione dell'idrogramma di piena per l'evento del 7-9 giugno 2011 per il bacino del rio Rì chiuso alla briglia n°13.

Quota sezione di chiusura del bacino (m s.l.m.)	528.2
Area del bacino (km <sup>2</sup> )	3.01
AMC	3
Portata di base iniziale (m <sup>3</sup> /s)	0.02
Costante del parametro di esaurimento per il deflusso sottosuperficiale	6·10 <sup>-6</sup>
Parametro PFSSF-CDS di riduzione della precipitazione	1.0
Ia (perdite iniziali)	0.1
Velocità massima del versante (m/s)	0.3
Velocità iniziale del deflusso su reticolo alla sezione di chiusura (m/s)	2.0
Pendenza del canale alla sezione di chiusura (5.1 %)	2.9°
Larghezza canale (m)	4.1
Scarpa destra e sinistra	0.72
Scabrezza Gauckler-Strickler (m <sup>1/3</sup> /s)	25.0
Tolleranza per la convergenza risultati	0.04



Tab. 8.7 Parametri ottenuti dalla simulazione dell'idrogramma di piena per l'evento del 7-9 giugno 2011 per il bacino del rio Rì chiuso alla briglia n°13.

CN apparente	65.3
Portata massima al picco simulata (m <sup>3</sup> /s)	1.62
Portata massima al picco misurata (m <sup>3</sup> /s)	1.79
Velocità calcolata del deflusso su reticolo alla sezione di chiusura (m/s)	2.06

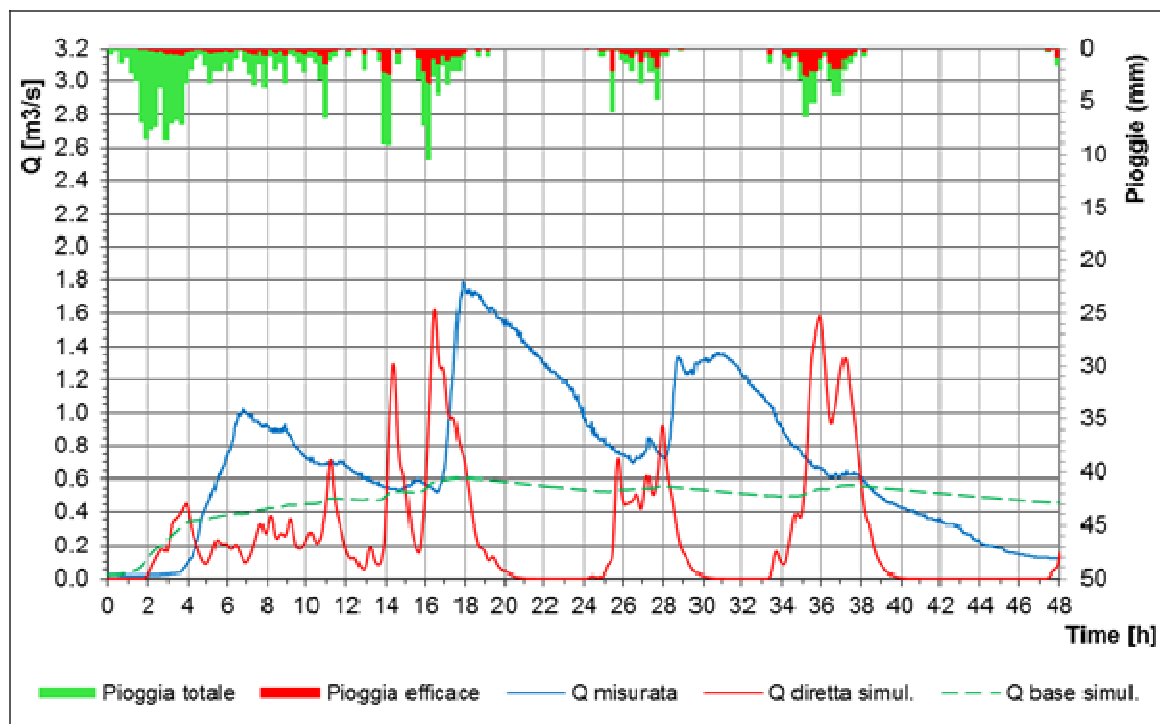


Fig. 8.19 Portate simulate e misurate per l'evento del 7-9 giugno 2011 nel bacino del rio Rì.

***Q misurata*** è la portata (superficiale) calcolata dalle misure idrometriche registrate dal piezometro, ***Q diretta simul.*** è la portata diretta (superficiale) simulata dal modello idrologico, ***Q base simul.*** è la portata generata dal deflusso di base o sottosuperficiale simulata dal modello, ***Pioggia totale*** è il valore di precipitazione inserita nel file di pioggia e ottenuta dal ragguaglio e compensazione tra le stazioni pluviometriche più vicine, ***Pioggia efficace*** è la porzione di precipitazione che secondo il modello genera deflusso superficiale.

Osservando la figura 8.19 si può notare che:

- le portate misurate sono maggiori rispetto a quelle simulate;
- le portate misurate tendono ad arrivare alla sezione di chiusura in ritardo rispetto a quelle simulate;
- la fase di esaurimento dei picchi è molto progressiva e lenta;



- la portata misurata risulta piuttosto “stabile” e dotato di una certa “inerzia” con l’assenza di risposte rapide agli input pluviometrici;
- l’andamento dell’idrogramma misurato è molto diverso dall’andamento dell’idrogramma simulato.

Le considerazioni sui risultati di questa simulazione saranno presentate nel successivo paragrafo 8.4.2..

#### 8.4.1.2 Rio Val Scura: idrogramma di piena

Utilizzando i dati pluviometrici compensati e ragguagliati delle stazioni di Lavarone e Caldonazzo anche per il rio Val Scura è stato possibile simulare la portata liquida per l’evento meteorico del 7-9 giugno 2011 e confrontare la simulazione con il dato misurato dal piezometro posto a monte della briglia n°6 (par. 7.4). La portata liquida ottenuta dalla simulazione dell’evento meteorico è riportata nel grafico di figura 8.20. In tabella 8.6 si riportano i dati dei parametri utilizzati per la simulazione e in tabella 8.7 alcuni dati ottenuti dalla simulazione.

*Tab. 8.8 Parametri utilizzati per la simulazione dell’idrogramma di piena per l’evento del 7-9 giugno 2011 per il bacino del rio Val Scura chiuso alla briglia n°6.*

Quota sezione di chiusura del bacino (m s.l.m.)	484.0
Area del bacino (km <sup>2</sup> )	5.98
AMC	3
Portata di base iniziale (m <sup>3</sup> /s)	0.00
Costante del parametro di esaurimento per il deflusso sottosuperficiale	6·10 <sup>-6</sup>
Parametro PFSF-CDS di riduzione della precipitazione	1.0
Ia (perdite iniziali)	0.1
Velocità massima del versante (m/s)	0.3
Velocità iniziale del deflusso su reticolo alla sezione di chiusura (m/s)	2.00
Pendenza del canale alla sezione di chiusura (5.8 %)	3.3°
Larghezza canale (m)	8.0
Scarpa destra e sinistra	1.00
Scabrezza Gauckler-Strickler (m <sup>1/3</sup> /s)	15.0
Tolleranza per la convergenza risultati	0.04



Tab. 8.9 Parametri ottenuti dalla simulazione dell'idrogramma di piena per l'evento del 7-9 giugno 2011 per il bacino del rio Val Scura chiuso alla briglia n°6.

CN apparente	67.8
Portata massima al picco simulata (m <sup>3</sup> /s)	2.72
Portata massima al picco misurata (m <sup>3</sup> /s)	1.08
Velocità calcolata del deflusso su reticolo alla sezione di chiusura (m/s)	1.54

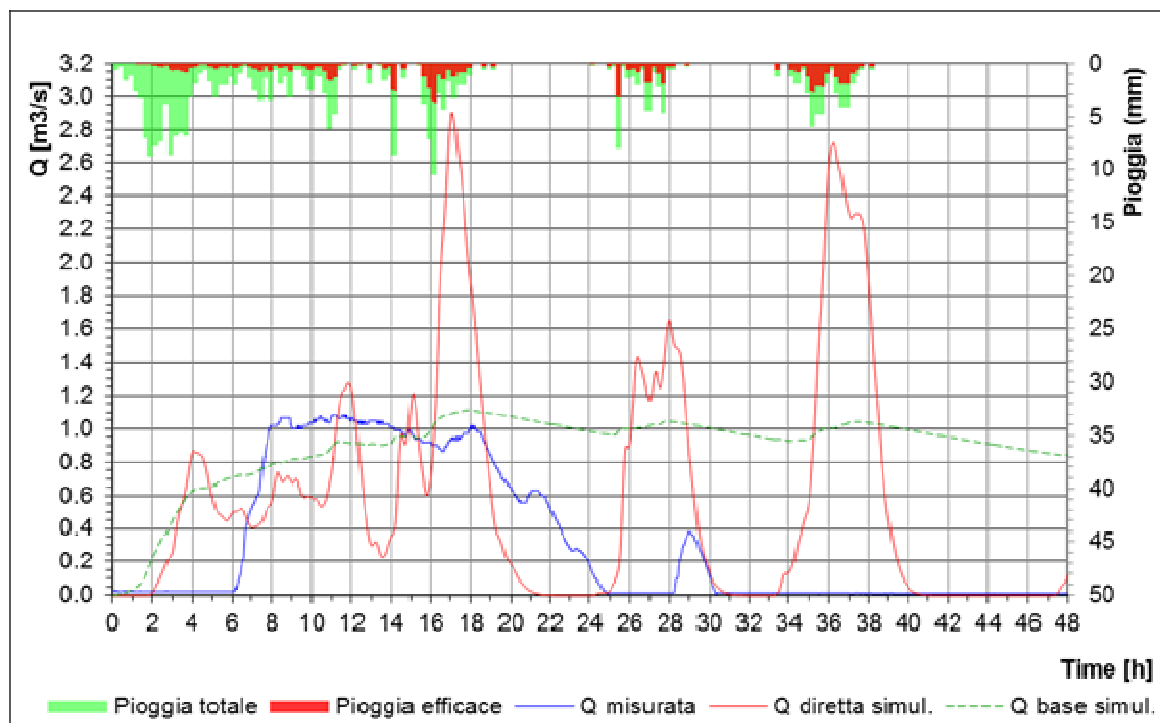


Fig. 8.20 Portate simulate e misurate per l'evento del 7-9 giugno 2011 nel bacino del rio Val Scura. **Q misurata** è la portata (superficiale) calcolata dalle misure idrometriche registrate dal piezometro, **Q diretta simul.** è la portata diretta (superficiale) simulata dal modello idrologico, **Q base simul.** è la portata generata dal deflusso di base o sottosuperficiale simulata dal modello, **Pioggia totale** è il valore di precipitazione inserita nel file di pioggia e ottenuta dal ragguaglio e compensazione tra le stazioni pluviometriche più vicine, **Pioggia efficace** è la porzione di precipitazione che secondo il modello genera deflusso superficiale.



Osservando la figura 8.20 si può notare che:

- le portate misurate sono maggiori rispetto a quelle simulate;
- le portate misurate arrivano alla sezione di chiusura in ritardo rispetto a quelle simulate;
- la fase di esaurimento dei picchi è molto progressiva e lenta;
- la portata misurata risulta piuttosto “stabile” e dotata di una certa “inerzia” per l’assenza di risposte rapide agli input pluviometrici;
- l’andamento dell’idrogramma misurato è molto diverso dall’andamento dell’idrogramma simulato;
- la portata tende ad esaurirsi lasciando asciutto l’alveo e convogliando tutto il deflusso per via sottosuperficiale.

Le considerazioni sui risultati di questa simulazione saranno presentate nel successivo paragrafo 8.4.2.

#### **8.4.2 Considerazioni sui risultati ottenuti dalle simulazioni**

Analizzando i grafici di figura 8.19 e 8.20 e le osservazioni riportate al seguito di questi grafici si possono fare delle considerazioni generali, valide per entrambi i bacini idrografici, circa gli esiti del confronto tra simulato e misurato (considerando che il misurato, comunque, è un dato calcolato con la formula dello stramazzo in parete grossa e che le misure riguardano solo il tirante idrometrico).

Probabilmente il modello afflussi-deflussi cinematico distribuito basato sul metodo SCS-CN e, in particolare, la funzione lineare del deflusso sottosuperficiale non sono in grado di rappresentare con successo un bacino caratterizzato da fenomeni carsici e dotato di uno spesso materasso detritico, molto permeabile, dove il deflusso ipodermico rappresenta una delle vie preferenziali. È molto probabile che una percentuale considerevole della portata defluita sopra la gaveta della sezione di chiusura (briglia n°13 per il rio Rì e briglia n°6 per la Val Scura) provenga da flussi sottosuperficiali emergenti nella zona della piazza di deposito, previa saturazione del materasso detritico della piazza stessa. È anche da ritenere che una parte del deflusso sottosuperficiale prosegua il suo percorso sotterraneo senza essere intercettato dallo sbarramento trasversale della briglia.



## 8. Il modello idrologico

Il modello Idrologico è stato ottenuto con l'utilizzo di AdB-ToolBox quindi sfruttando un Sistema Informativo Geografico (GIS), ovvero una tecnologia software che permette di gestire, elaborare e integrare informazioni su base spaziale o geografica. L'informazione geografica è l'informazione relativa a oggetti che hanno una precisa collocazione nello spazio e che pertanto sono caratterizzati dalle loro proprietà geomatiche (posizione, dimensione, forma) e topologiche (ossia le mutue relazioni spaziali tra oggetti geometrici quali la connessione, l'adiacenza, l'inclusione).

È importante, seppur nell'ambito di un'introduzione generalizzata, sottolineare come i modelli di dati correttamente impiegati da un GIS sono due:

- **Modello dati vettoriale**: in questo modello ciascuna entità territoriale di interesse viene rappresentata mediante punti, linee, poligoni o combinazioni più complesse di questi elementi base. La georeferenziazione (fondamentale per il confronto e la giusta sovrapposizione dell'informazione territoriale) delle varie entità fisiche avviene associando a ciascun elemento base la corrispondente posizione geografica; quindi un punto è memorizzato come coppia di coordinate (x;y), una linea essendo costituita da un'insieme di punti è memorizzata come serie ordinata di coordinate, le aree infine vengono codificate con una serie di coordinate relative ai segmenti di linea che racchiudono un poligono.

- **Modello dati raster**: nel modello dati raster l'area geografica analizzata viene invece rappresentata mediante una griglia regolare suddivisa in tante piccole celle (dette anche pixel) di uguale dimensione (rappresentazione matriciale).

Ad ogni cella è associato un unico valore il quale codifica in forma alfanumerica un attributo associato alla porzione di area definita dalla cella stessa; ovviamente in questo modo a zone del territorio aventi le stesse caratteristiche, relativamente all'attributo considerato, corrispondono celle di ugual valore.

In particolare AdB-ToolBox è un software GIS sviluppato nell'ambito di un progetto concretizzato dalla Direzione Generale della Tutela del Territorio e delle Risorse Idriche del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) attraverso la creazione del Sistema Cartografico Cooperante.



L'applicazione, accanto alle funzionalità tipiche dei Sistemi Informativi Geografici, rende disponibili anche funzionalità specifiche:

- “**Analisi Geomorfologiche**”: consente la generazione di una serie di strati informativi connessi alle caratteristiche geomorfologiche del territorio.
- “**Analisi Idrologiche**”: permette la realizzazione di analisi idrologiche.
- “**Analisi Topografiche**”: consente di effettuare elaborazioni connesse alla topografia territorial, quali ad esempio estrazione di sezioni trasversali, profili longitudinali ecc.
- “**Strumenti Raster**”: permette la gestione ed il trattamento di dati di tipo raster.

Inoltre, nell'ambito del progetto europeo PARAMount, il Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali (TeSAF) dell'Università di Padova ha sviluppato e implementato nel software AdB-ToolBox una serie di “*tools*” (strumenti) tra cui uno interamente dedicato all'analisi idrologica: **HydroModel** (Gregoretti, 2011).

L'HydroModel contiene una serie di routine che attraverso quattro fasi operative permette di giungere alla simulazione di un idrogramma di piena.

Le quattro fasi sono:

- **Fase di pre-processamento 1 (TerrainPro)**: creazione del DEM (Digital Elevation Model) relativo allo spartiacque (watershed) definito in funzione della sezione di chiusura del bacino partendo dal DEM depittato (ossia idrologicamente privo di depressioni) dell'intera area oggetto di analisi.
- **Fase di pre-processamento 2 (GeoPro)**: definizione delle mappe raster delle direzioni di deflusso e dei tempi di scorrimento che saranno utilizzate dal modello di simulazione per la propagazione della portata liquida alla sezione di chiusura del bacino.
- **Costruzione del Curve Number**: costruzione della mappa dei gruppi idrologici e, mediante sovrapposizione con l'uso del suolo, determinazione della mappa del CN secondo il metodo del Soil Conservation Service (1972).
- **Idrogramma di piena**: simulazione e calcolo dell'idrogramma liquido di piena.



## 8.1 Fase di pre-processamento 1: TerrainPro

La prima fase per la definizione del modello idrologico del bacino si basa sull'utilizzo delle funzionalità messe a disposizione del modulo TerrainPro in Adb-ToolBox. Dati i limiti di calcolo del software idrologico, i dati del DEM o DTM, forniti dalla Provincia Autonoma di Trento (fonte: <http://www.lidar.provincia.tn.it>) e ricavati dal volo LiDAR del 2009, sono stati riaggregati passando dalla dimensione delle celle pari 1x1 m ad una di 2x2 m per il rio Rì e di 3x3 m per il rio Val Scura.

### 8.1.1 Calcolo del DEM privo di depressioni

Con questa operazione si ricava il DEM idrologicamente privo di depressioni per il bacino idrografico del rio Rì e del rio Val Scura idoneo al funzionamento dei modelli numerici che simulano il deflusso superficiale e non sono in grado di considerare effetti come quello del carsismo. La funzione **DEM DEPIT**, del modulo TerrainPro, elimina dal DEM o DTM iniziale le singole celle o gli aggregati più celle (pits) a quota inferiore rispetto alle circostanti: infatti, le depressioni avendo una quota altimetrica inferiore rispetto a quella dei pixel posti al contorno, isolano dalla sezione di chiusura determinate porzioni di bacino con conseguenti problemi legati alla definizione del deflusso che genera la portata di piena. Il depittaggio del DEM può essere effettuato attraverso due differenti algoritmi:

- **algoritmo antipits di scavo**: individua tra le otto celle presenti al contorno della cella pit, quella con la quota altimetrica minore e successivamente innalza la quota altimetrica del pixel depresso fino ad un valore leggermente inferiore ( $<0.001$  m) alla quota minima rilevata al contorno. Quindi, considerando una finestra di 500x500 pixel, l'algoritmo procede col ricercare la cella "solver" posta ad una quota minore e verso la quale la pendenza è massima. Infine si abbassa il valore di quota altimetrica delle celle comprese tra la "pit" e il "solver" creando, attraverso lo scavo di questo canale fittizio, una via superficiale del deflusso verso la sezione di chiusura.

- **algoritmo antipits di riempimento**: questo algoritmo opera in modo opposto al precedente cioè identificata tra le otto celle presenti al contorno della cella pit quella con la quota altimetrica minore, procede con l'incrementare l'attributo altimetrico della zona



depressa fino ad una quantità superiore ( $>0.001$  m) rispetto al valore minimo rilevato al contorno.

### 8.1.2 Area drenata 1 (*upslope area 1*)

Attraverso la funzione **Upslope Area 1** del modulo TerrainPro si va ad individuare la superficie drenata dal reticolo idrografico relativa all'intera area analizzata, sfruttando il modello unidirezionale di flusso D8. Si tratta di un tool ottimizzato per facilitare l'estrazione dello spartiacque del bacino idrografico.

### 8.1.3 Estrazione dello spartiacque

Utilizzando la funzione **Spartiacque** (sempre presente all'interno del modulo TerrainPro) e utilizzando il DEM privo di depressioni si procede all'identificazione del "watershed" (ossia lo spartiacque) del bacino idrografico in funzione alla sezione di chiusura considerata (per il rio Rì corrisponde alla briglia n° 13 mentre per il rio Val Scura corrisponde alla briglia filtrante, n° 16).

## 8.2 Fase di pre-processamento 2: GeoPro

La seconda fase di pre-processamento si basa sull'utilizzo delle funzionalità messe a disposizione del modulo GeoPro.

### 8.2.1 Area drenata 2 (*upslope area 2*)

Questa funzione partendo dal DEM depittato del watershed determina per ciascuna cella la direzione di deflusso, l'area contribuente e la lunghezza dei percorsi di flusso fino alla sezione di chiusura del bacino idrografico.

L'individuazione delle *direzioni di flusso* per ciascun pixel può essere effettuata mediante quattro differenti modelli:

1. **D8 Classic (single flow)**: si tratta di un modello di flusso di tipo unidirezionale basato su un algoritmo che computa la pendenza tra la cella considerata e gli otto pixel presenti al suo contorno, come il rapporto tra la differenza di quota e la distanza che separa i centri delle celle. Di conseguenza la direzione del flusso



corrisponde alla direzione per la quale è associata la massima pendenza sulle 8 possibili direzioni separate a 45°.

2. **D8 Facets**: è un metodo “single flow” come il D8 Classic. L’azimuth di deflusso viene calcolato con le stesse modalità del  $D_{\infty}$  ma forzato ad assumere un valore multiplo di 45°.
3. **Multiple Flow**: si tratta di un modello di flusso multidirezionale. In questo caso per ciascuna cella l’algoritmo identifica tante direzioni di flusso quante sono le celle (tra le otto che contornano quella considerata) aventi una quota altimetrica minore, suddividendo il flusso in funzione del gradiente topografico. Questo significa che maggiore è la pendenza, associata a una determinata direzione, maggiore sarà la quantità di flusso scambiata nella direzione stessa e viceversa.
4. **D Infinito ( $D_{\infty}$ )**: questo modello considera le otto facce triangolari ottenute collegando i centri delle celle che appartengono a un Kernel (gruppo di celle) centrato sul pixel analizzato. I tre vertici ogni faccia triangolare definiscono in modo univoco un piano con pendenza specifica, di conseguenza la direzione con la massima pendenza rappresenta la direzione di flusso. Questo modello, al pari del Multiple Flow, risponde in maniera efficace alle condizioni reali del bacino; a differenza del modello multidirezionale ammette un livello di dispersione del flusso limitato. Per questi motivi il modello  $D_{\infty}$ , assieme al modello D8, è uno dei più utilizzati nelle analisi idrologiche.

Per quanto riguarda invece la definizione della *superficie drenata contribuyente* relativa ad ogni singola cella del watershed viene effettuata in modo automatico mediante la somma progressiva, lungo le direzioni di flusso (Fig. 8.1 e 8.2), dei pixel compresi tra la cella che origina il flusso e la cella considerata. La superficie drenata per il bacino del rio Rì e del rio Val Scura calcolata sulla base del modello D8 e MultiFlow è rappresentata in figura 8.3, 8.4, 8.5 e 8.6.

La “*Flow Distance*”, o lunghezza dei percorsi di flusso, viene calcolata collegando i centri delle celle adiacenti fra loro lungo le direzioni di flusso assumendo, come unità di misura, le dimensioni dei pixel. Nei modelli multidirezionali (multiflow,  $D_{\infty}$ ) la lunghezza dei percorsi di flusso è calcolata come media pesata delle lunghezze di tutti i possibili percorsi.

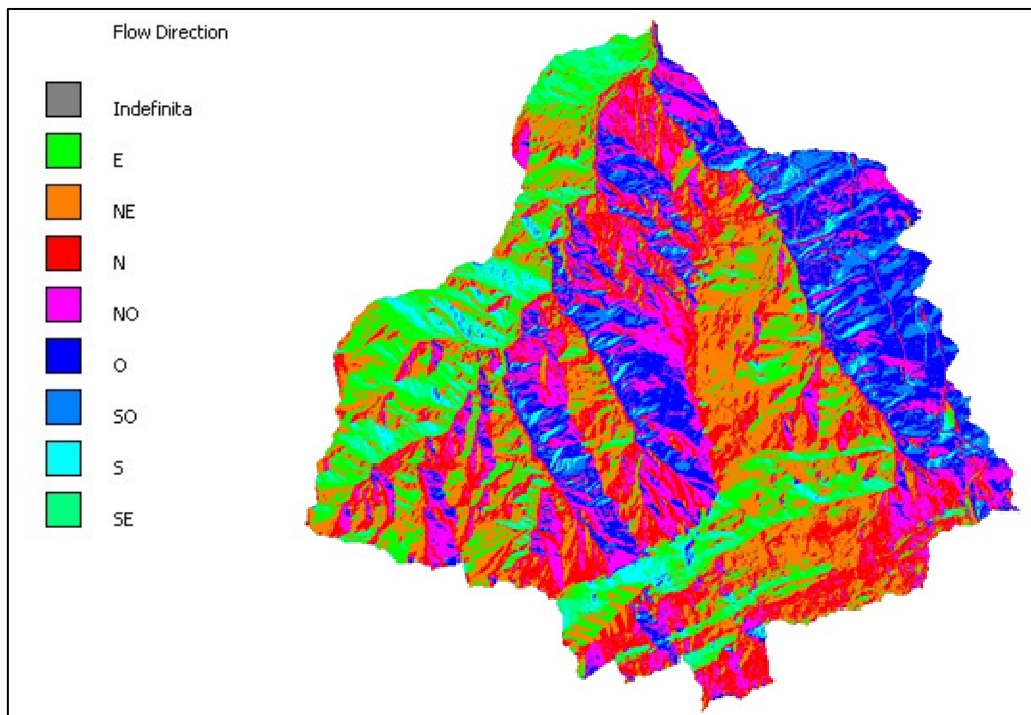


Fig. 8.1 direzioni di deflusso per il bacino del rio Rì con il modello D8 (celle 2x2 m).

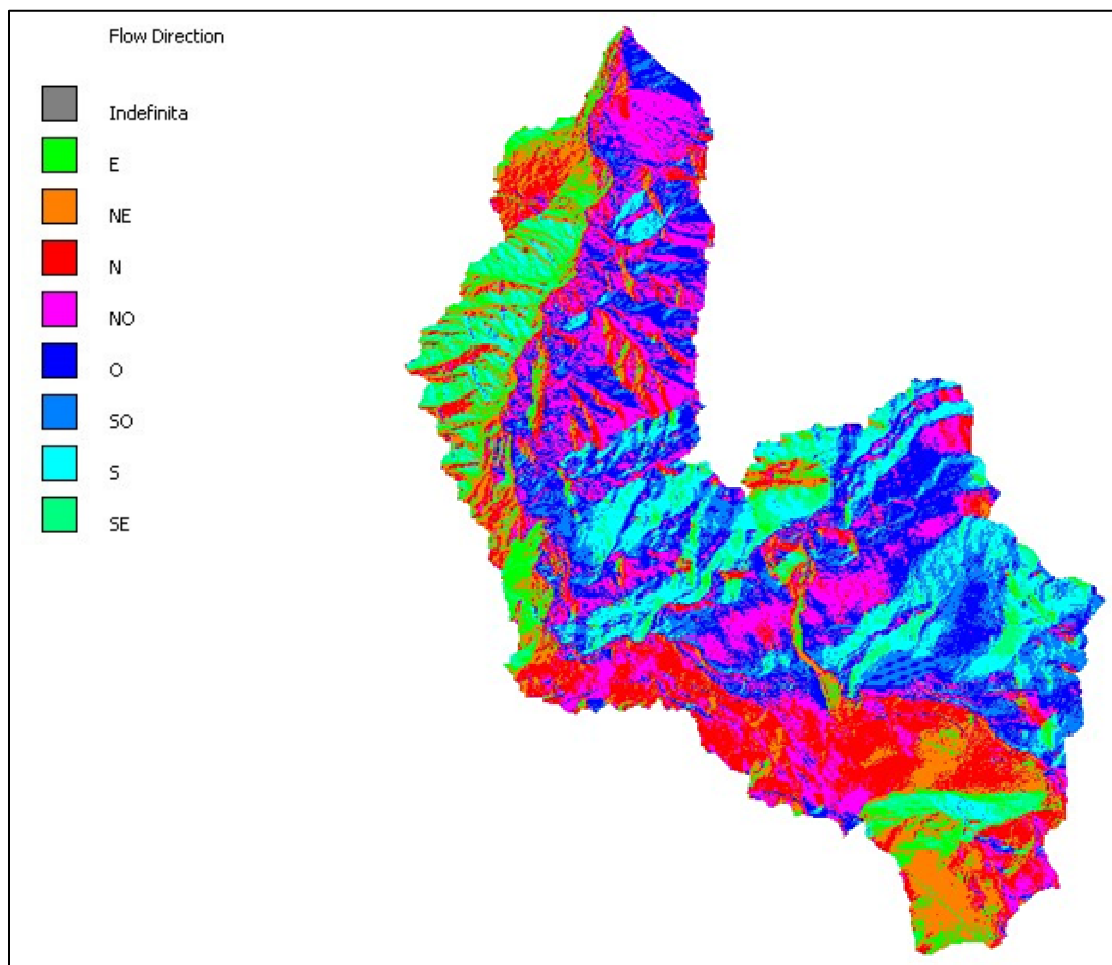
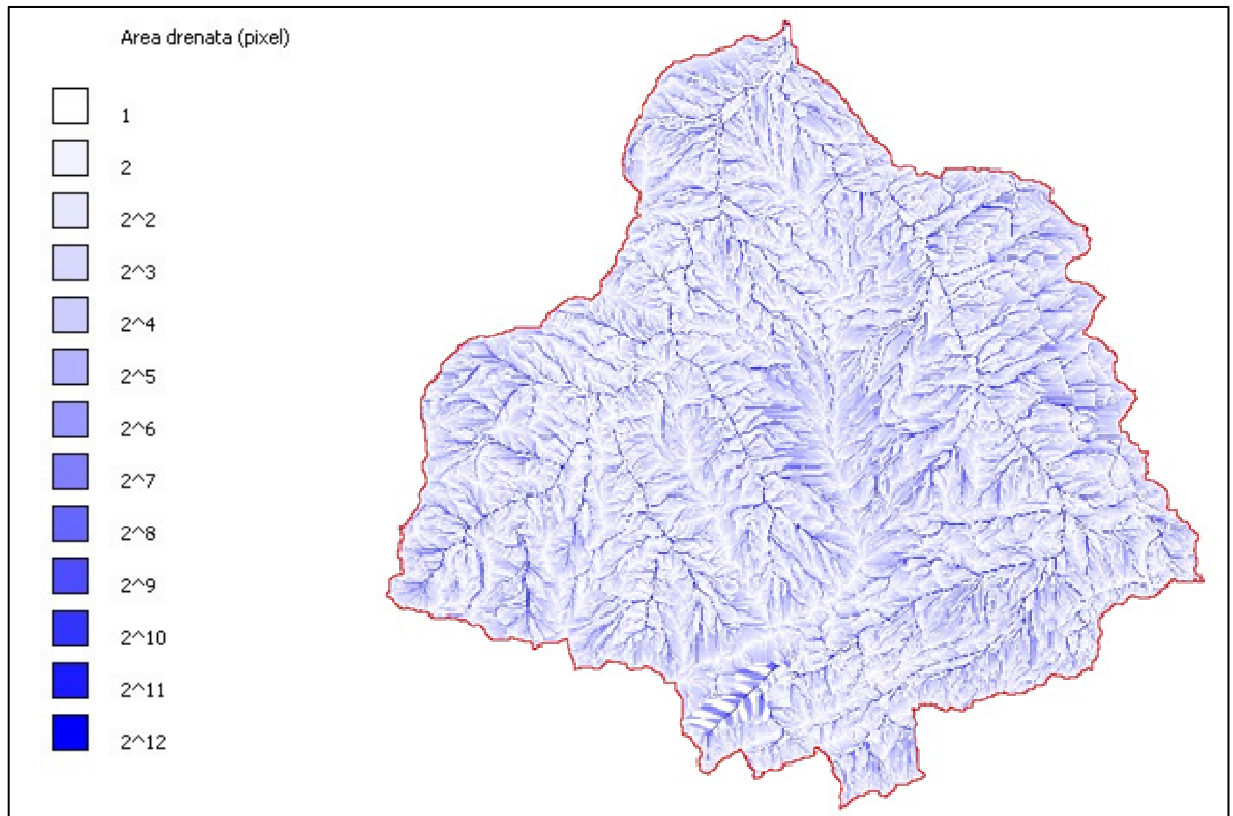
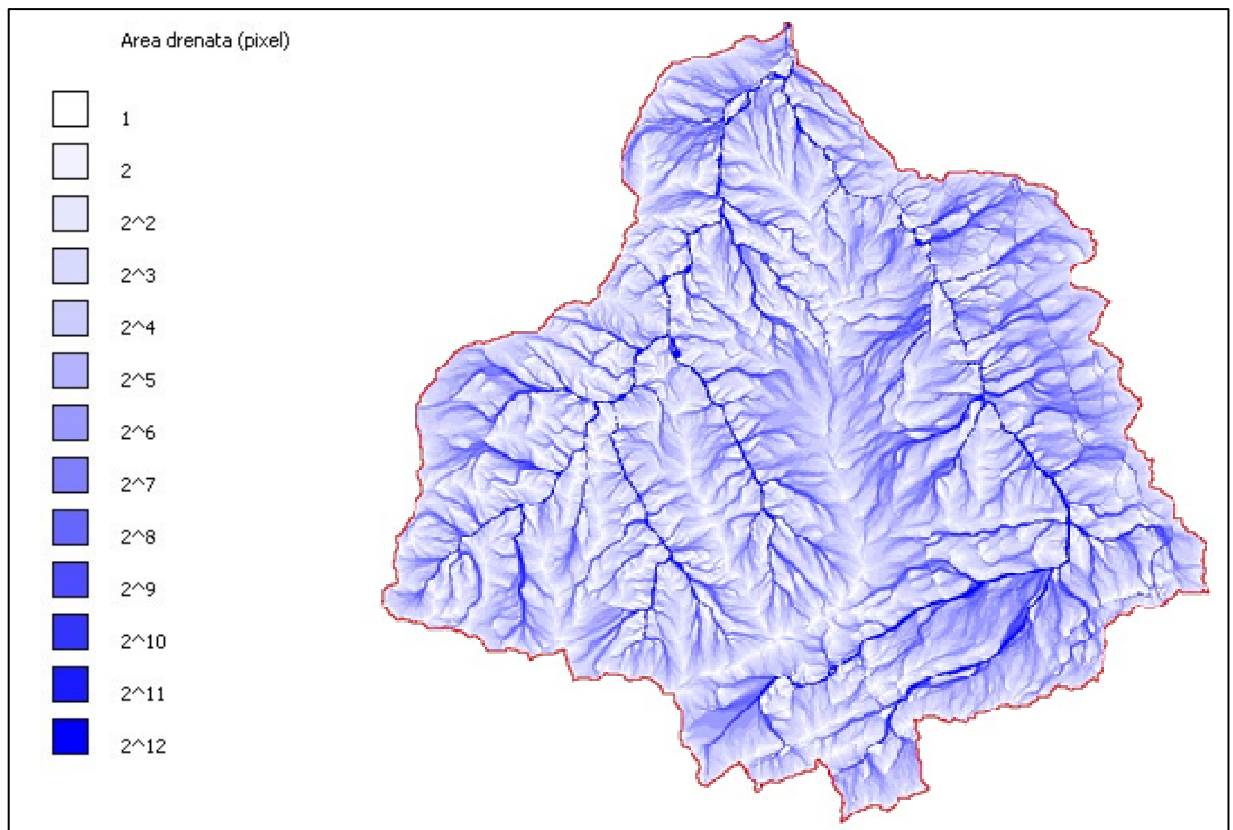


Fig. 8.2 Direzioni di deflusso per il bacino del rio Val Scura con il modello D8 (celle 3x3 m).



*Fig. 8.3 Area drenata per il bacino del rio Rì con il modello D8 (celle 2x2 m).*



*Fig. 8.4 Area drenata per il bacino del rio Rì con il modello MultiFlow (celle 2x2 m).*

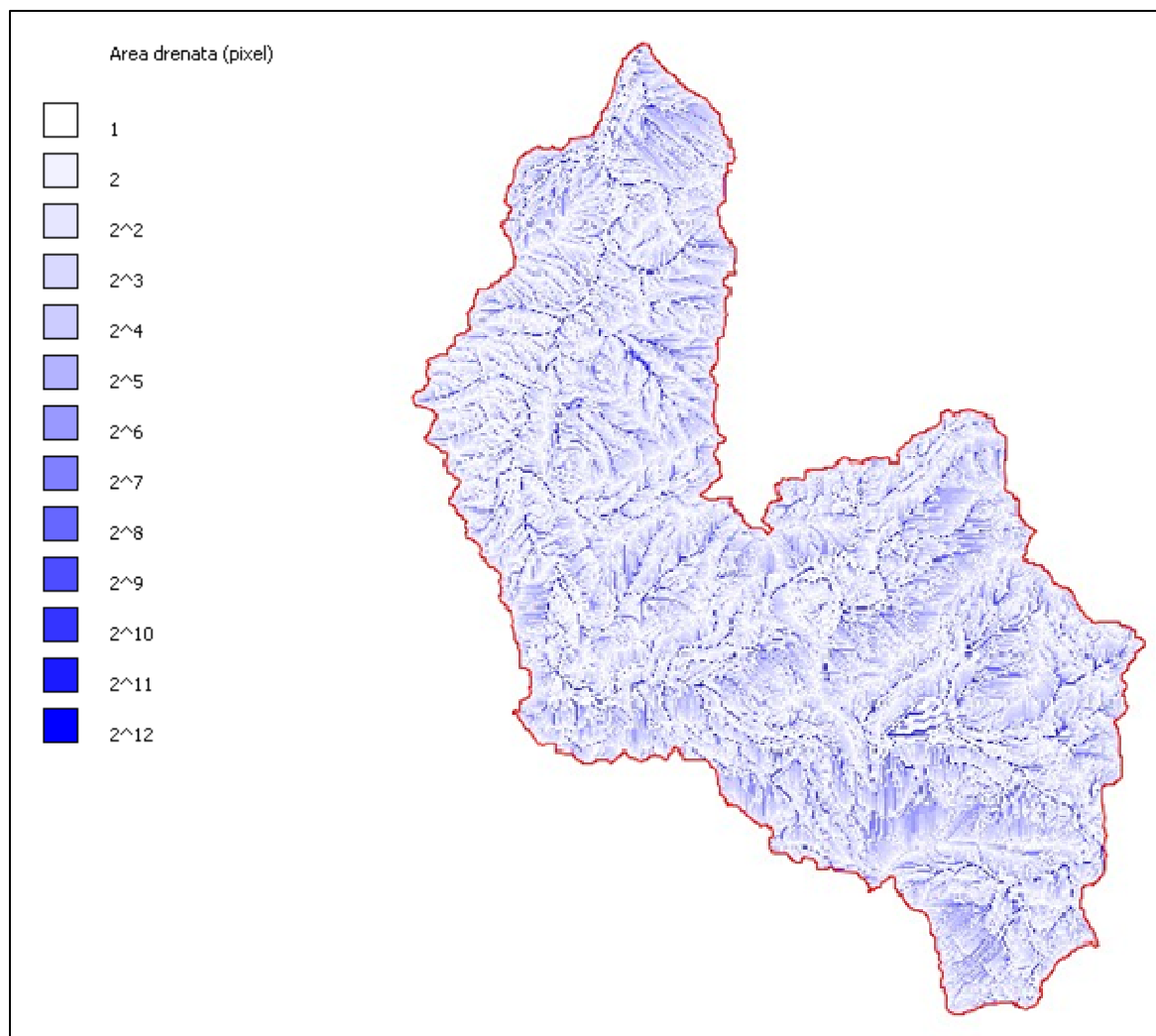


Fig. 8.5 Area drenata per il bacino del rio Val Scura con modello D8 (celle 3x3 m).

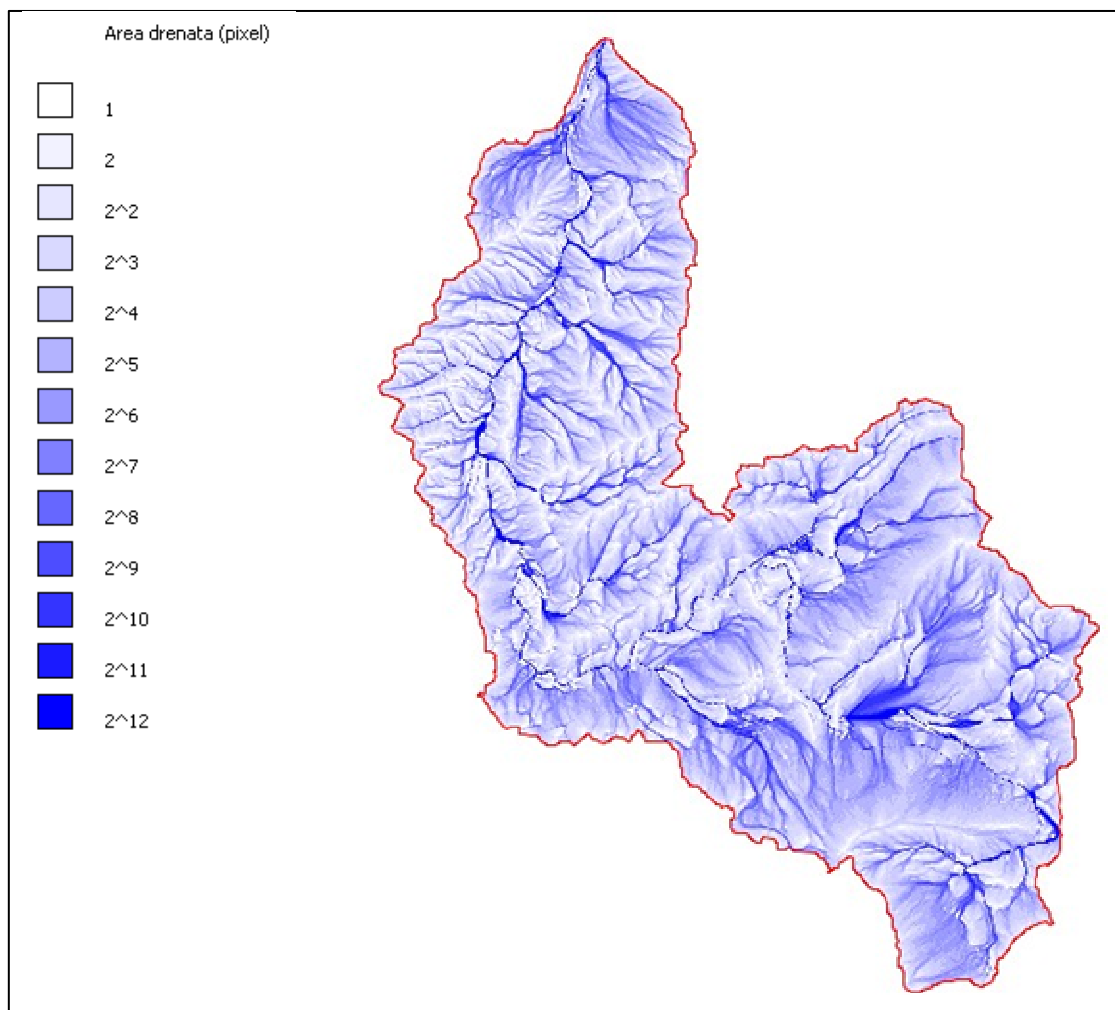


Fig. 8.6 Area drenata per il bacino del rio Val Scura con modello MultiFlow (celle 3x3 m).

### 8.2.2 Tempi di propagazione del deflusso

Attraverso la funzione di **Routing** (facente parte del modulo GeoPro) è possibile determinare i tempi di propagazione del deflusso diretto (*routing times*) su versante e sul reticolo idrografico, dovuti al fatto che la precipitazione efficace “*Pe*” (ossia la frazione di precipitazione totale che alimenta realmente il deflusso diretto) necessita di un certo lasso di tempo per poter raggiungere la sezione di chiusura del bacino.

Tra i dati di input necessari al calcolo dei tempi di propagazione, i file raster della direzione di deflusso e dell’area drenata vengono utilizzati dal software per la determinazione dei percorsi di flusso, mentre il file raster dell’uso del suolo viene utilizzato per suddividere i percorsi di flusso su versante in tanti segmenti quante sono le regioni territoriali omogenee nell’uso e nella copertura del suolo. Questo aspetto consente



di differenziare i tempi di propagazione del deflusso su versante in base al tipo di copertura o uso del suolo.

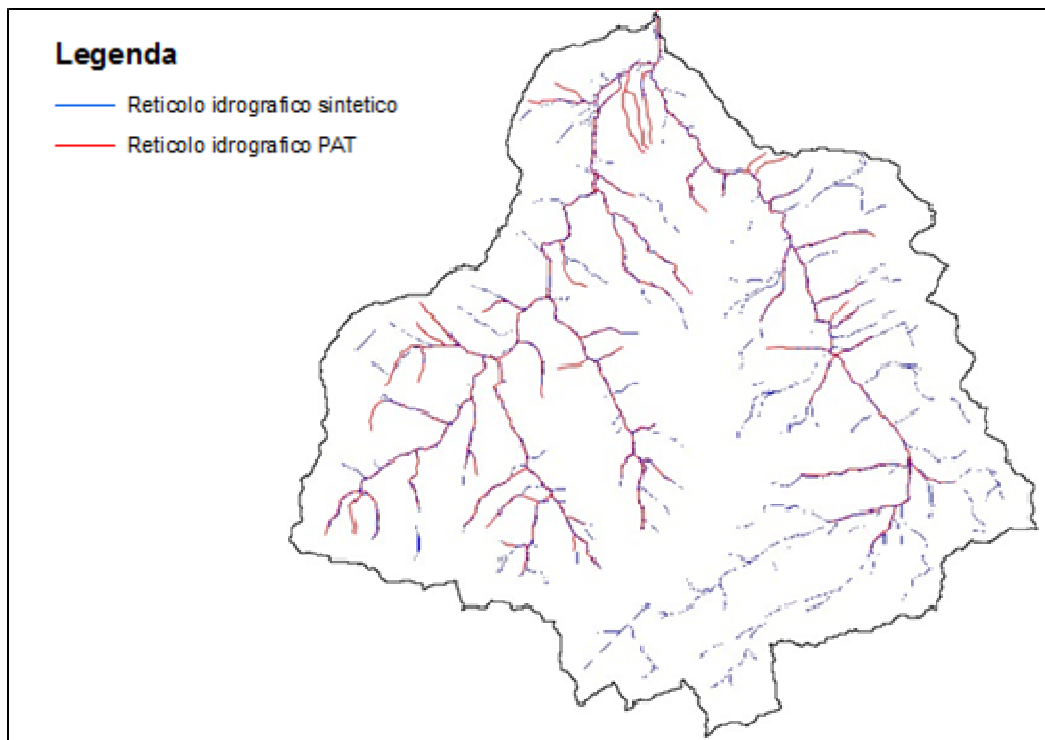
Tra i file di output di questa fase, il software elabora il reticolo idrografico di sintesi (Drain Network): nelle figure 8.7 e 8.8 sono riportati, rispettivamente per i bacini del rio Rì e della Val Scura, i reticoli idrografici sintetici e quelli definiti mediante foto-interpretazione e adottati come reticolo ufficiale dalla Provincia di Trento.

Per il bacino del rio Rì è stata utilizzata un'area di soglia, che determina il passaggio dal deflusso di versante al deflusso su reticolo, pari a  $5000 \text{ m}^2$  mentre per la Val Scura la soglia è stata posta pari a  $10000 \text{ m}^2$ . Questi valori di soglia possono essere determinati con varie metodologie più o meno complesse. In questo caso si è utilizzato un metodo empirico di confronto tra il reticolo sintetico estratto e il reticolo ufficiale della Provincia. Il valore di soglia è stato posto pari al valore per cui il reticolo sintetico era in grado di descrivere completamente il reticolo idrografico ufficiale. Naturalmente questa ipotesi ha portato ad avere un reticolo sintetico più sviluppato di quello ufficiale. Il successivo controllo, effettuato mediante il confronto tra il reticolo idrografico sintetico e l'ortofoto del 2008, ha consentito di verificare che il maggiore sviluppo del reticolo sintetico in realtà descrive bene la situazione reale, caratterizzata da numerosi canali ed impluvi in grado di produrre deflusso superficiale canalizzato. In conclusione, le aree di soglia individuate possono ben rappresentare la situazione reale dei bacini considerati.

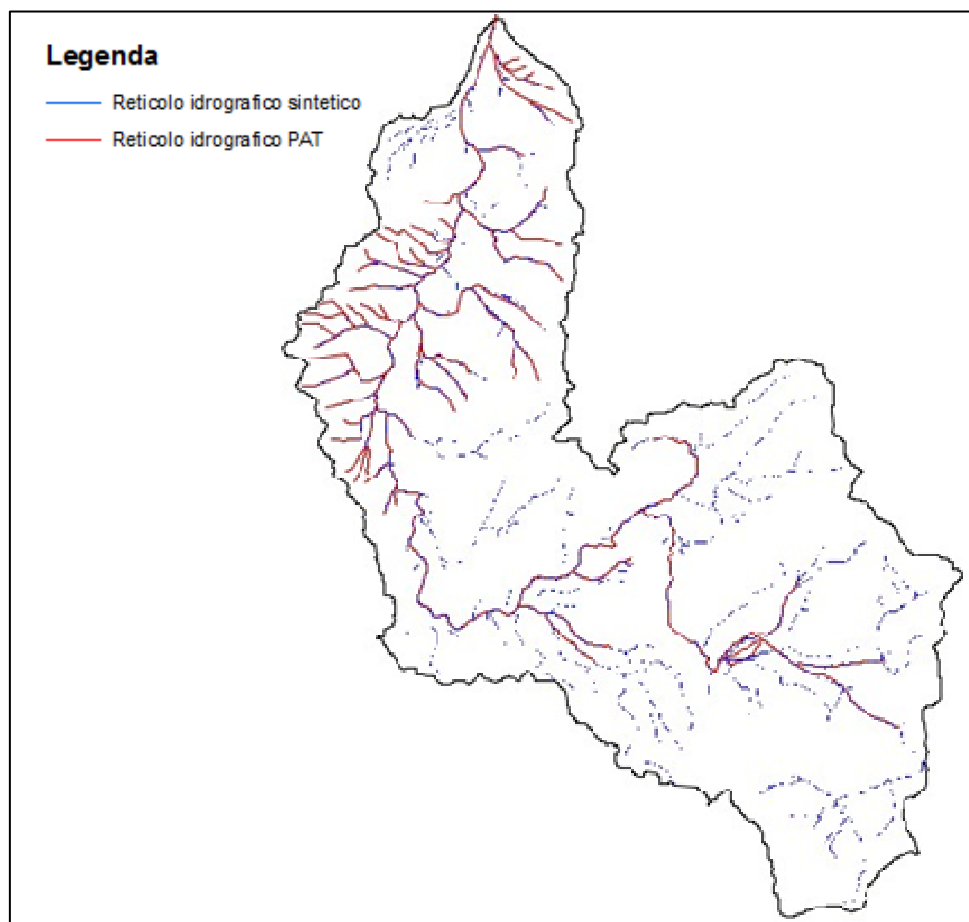
Altri file di output di questa routine sono:

- il “*Routing network*” cioè la mappa raster dei tempi di propagazione del deflusso superficiale lungo il reticolo idrografico;
- il “*Routing slope*” cioè la mappa raster dei tempi di propagazione del deflusso lungo i versanti;
- il “*Flow velocity*” cioè il file raster che rappresenta la velocità di propagazione del deflusso.

In figura 8.9, 8.10 e 8.11 sono riportate le cartografie dei suddetti file raster ottenuti per il bacino del rio Rì mentre le cartografie del rio Val Scura sono riportate in figura 8.12, 8.13, e 8.14.



*Fig. 8.7 Reticolo sintetico per il bacino del rio Rì (area di soglia 5000 m<sup>2</sup>).*



*Fig. 8.8 Reticolo sintetico per il bacino del rio Val Scura (area di soglia 10000 m<sup>2</sup>).*

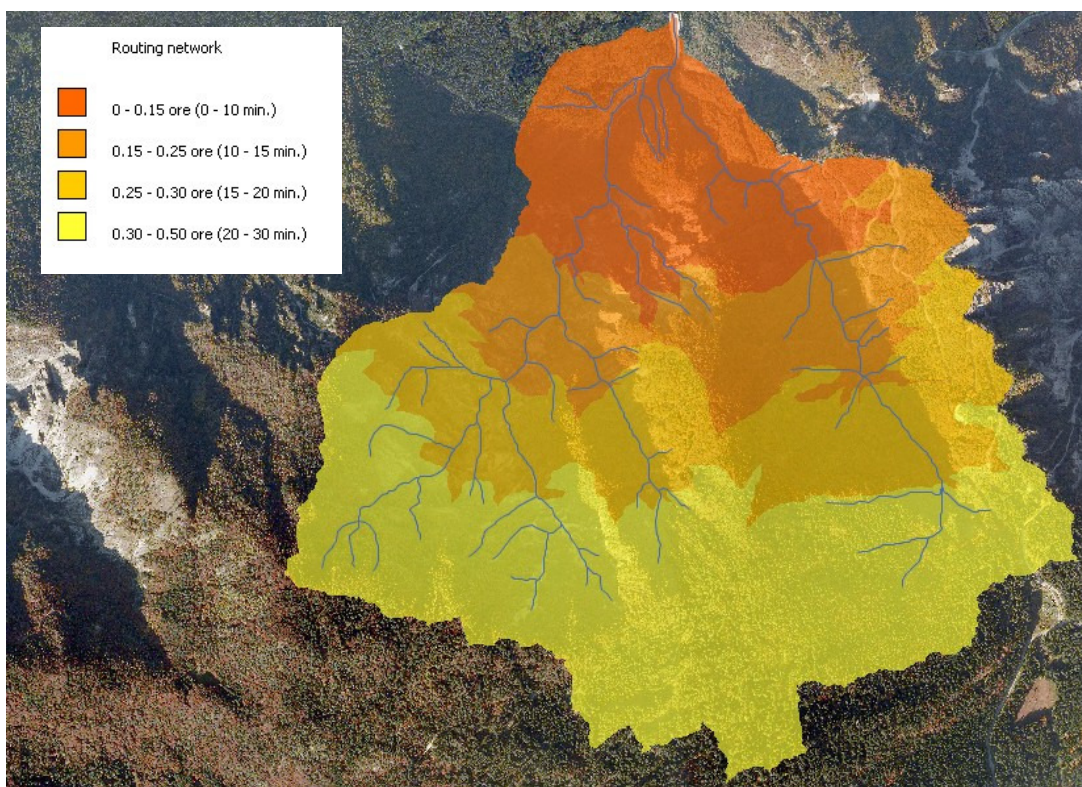


Fig. 8.9 Carta dei tempi di propagazione del deflusso lungo il reticolo (routing network) per il bacino del rio Rì (celle 2x2 m).

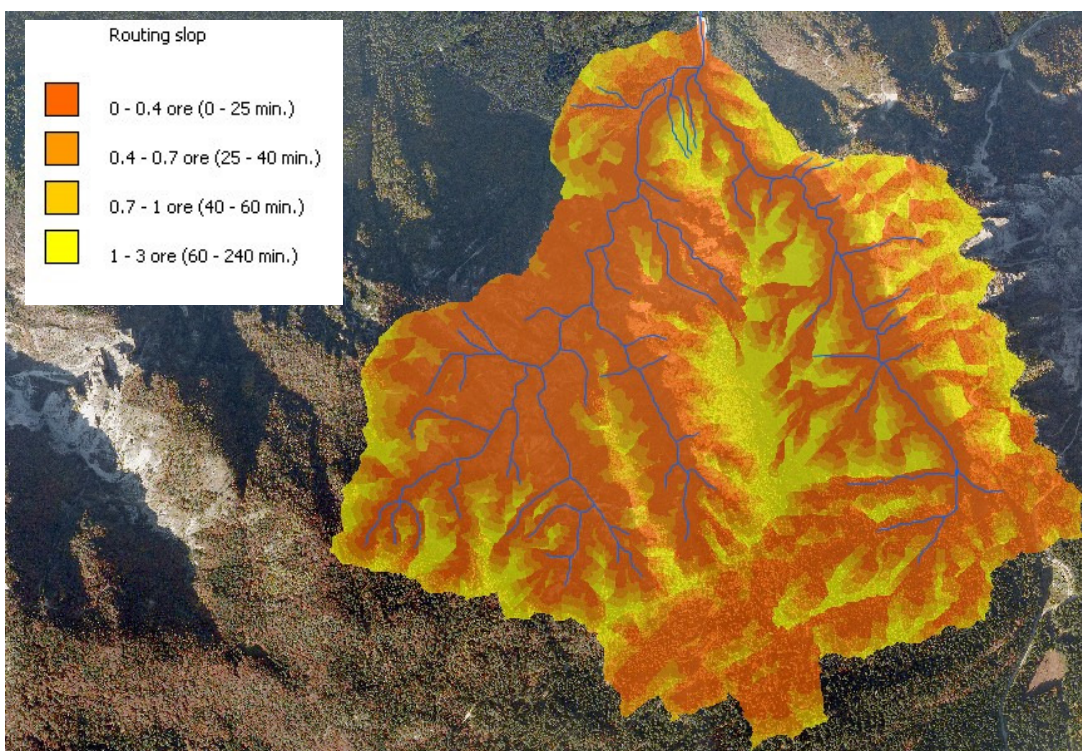
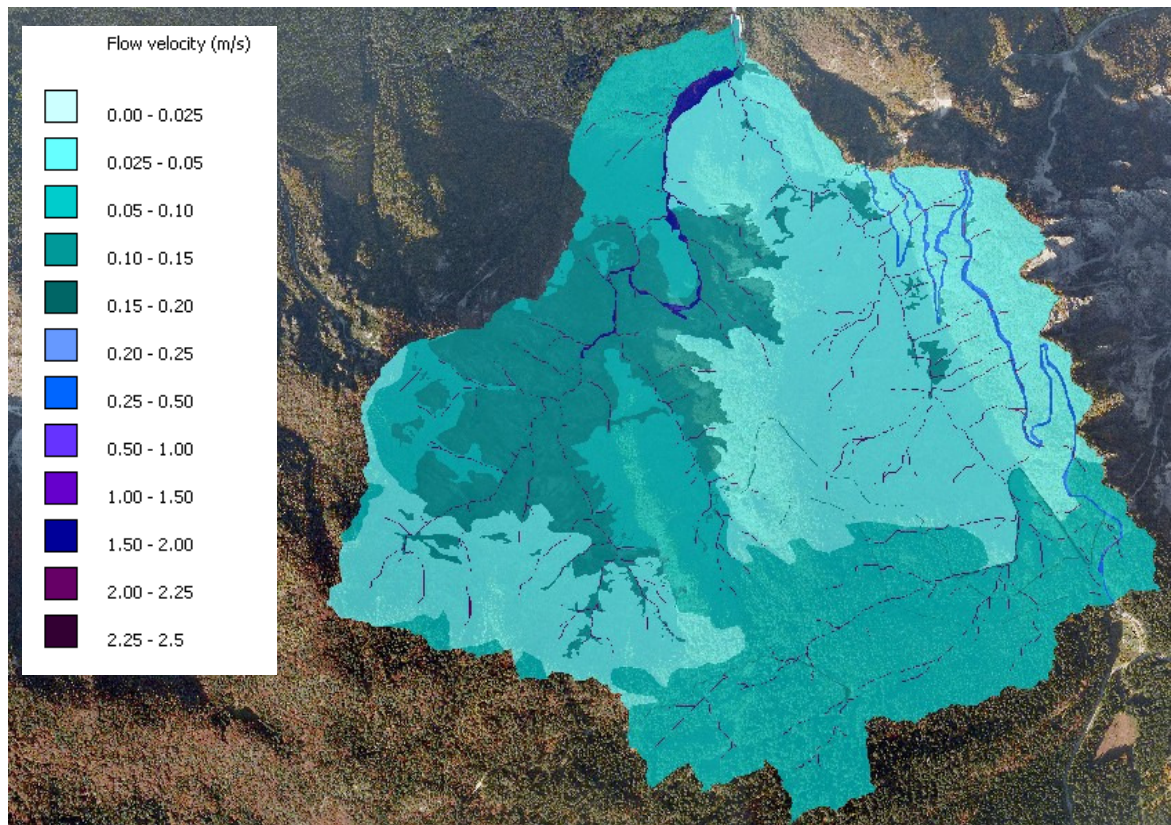
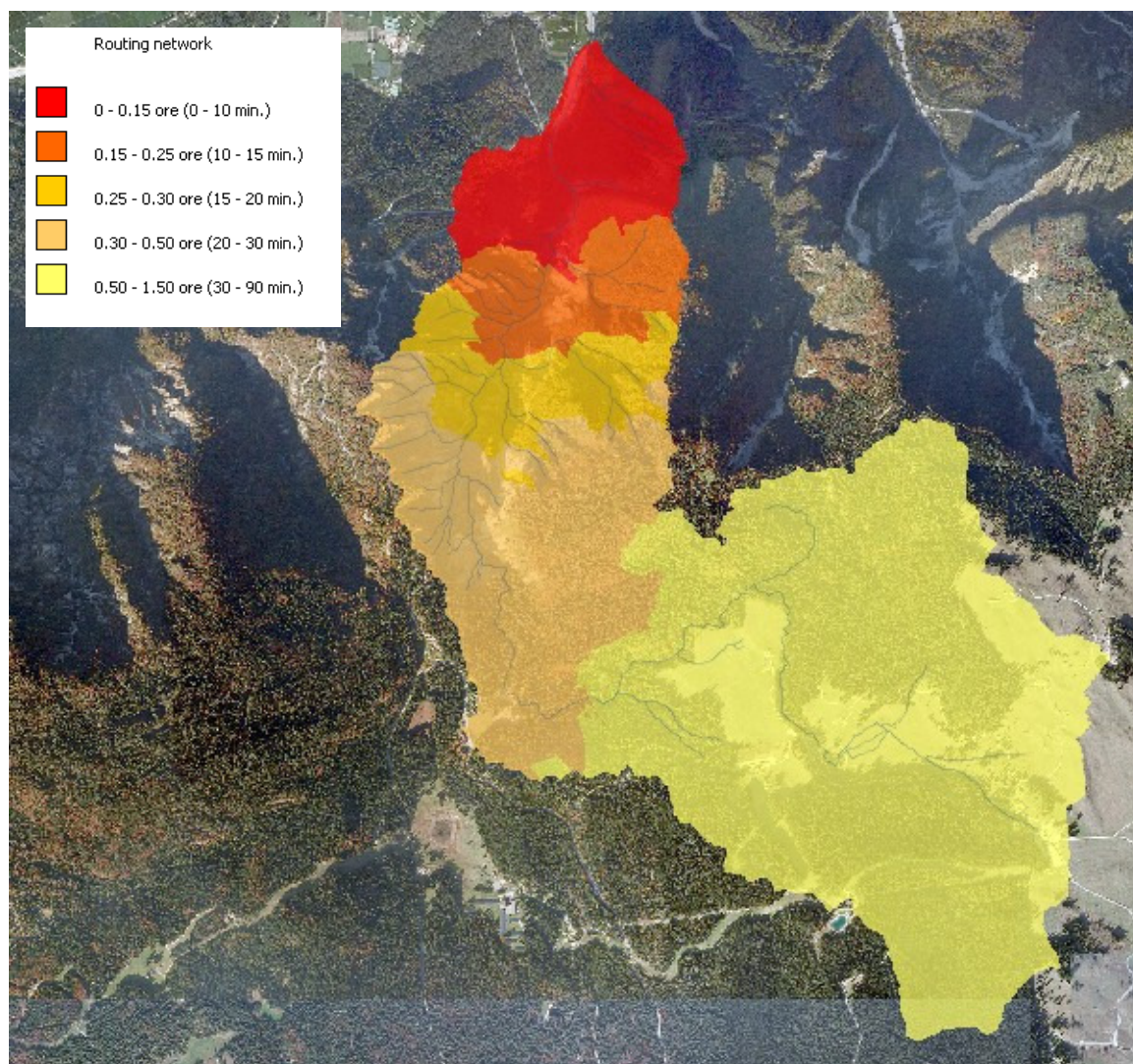


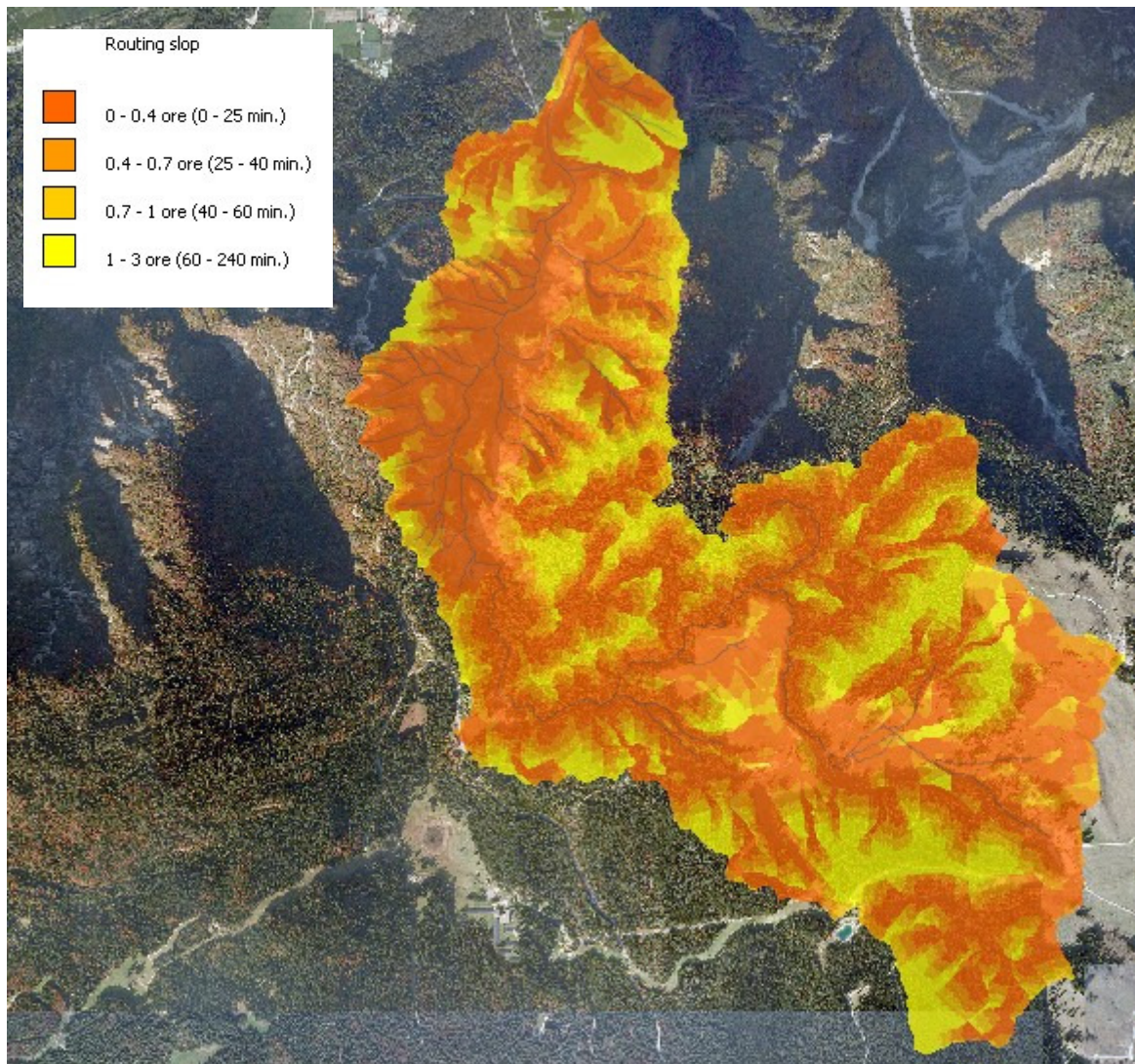
Fig. 8.10 Carta dei tempi di propagazione del deflusso lungo il versante (routing slope) per il bacino del rio Rì (celle 2x2 m).



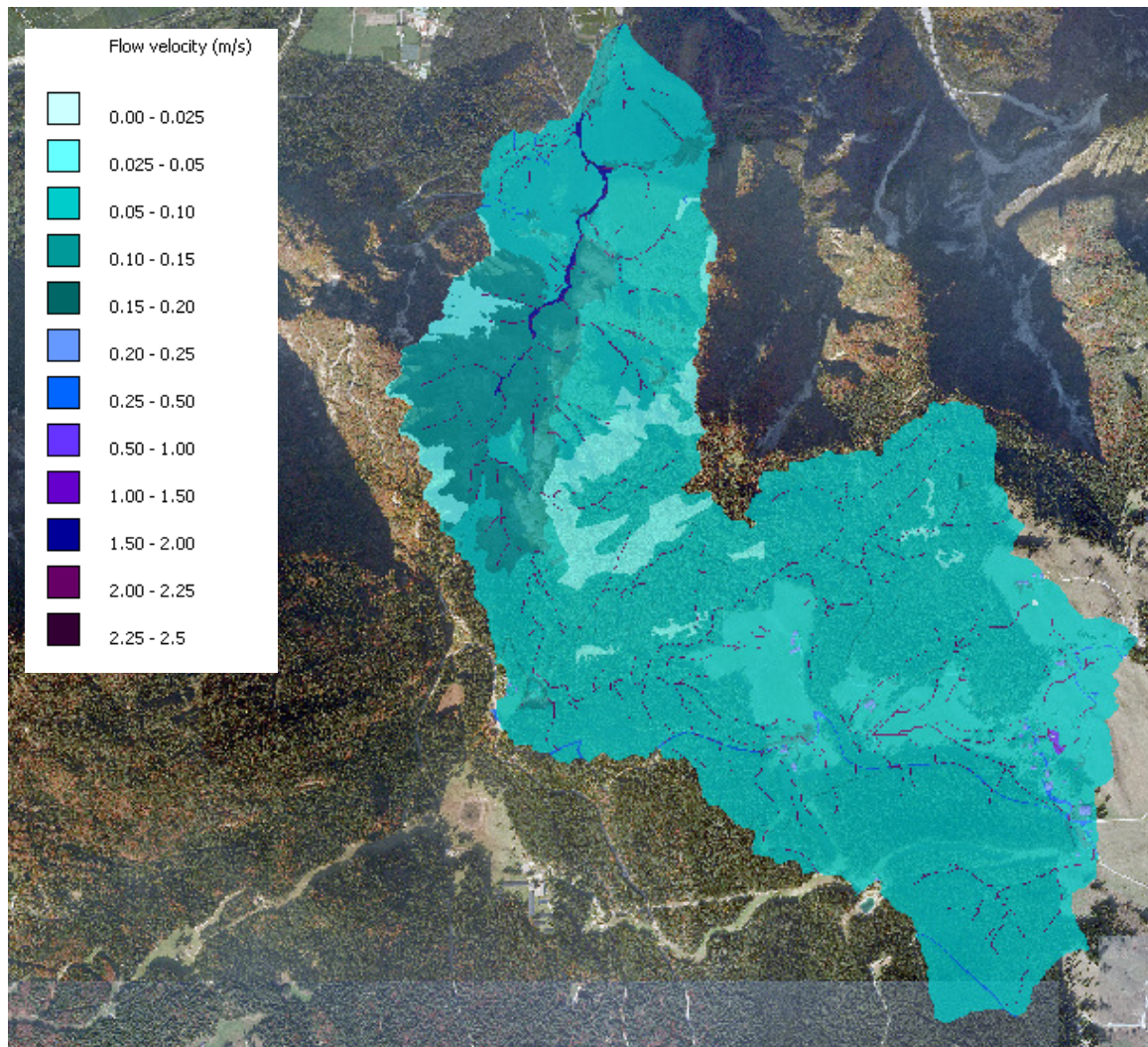
*Fig. 8.11 Carta della flow velocity per il bacino del rio Rì (celle 2x2 m).*



*Fig. 8.12 Carta dei tempi di propagazione del deflusso lungo il reticolo (routing network) per il bacino del rio Val Scura (celle 3x3 m).*



*Fig. 8.13 Carta dei tempi di propagazione del deflusso lungo il versante (routing slope) per il bacino del rio Val Scura (celle 3x3 m).*



*Fig. 8.14 Carta della flow velocity per il bacino del rio Val Scura (celle 3x3 m).*



### 8.3 Gruppi idrologici e Curve Number

Il modello idrologico utilizzato si basa sulla metodologia del “CN-SCS” ovvero del Soil Conservation Service sviluppata dal Ministero dell’Agricoltura Americano nel 1972 e poi rivisto più volte fino, all’ultima versione corretta e modificata del 2009. In questo metodo, per poter simulare l’idrogramma liquido alla sezione di chiusura è necessario calcolare il valore di precipitazione efficace,  $P_e$ , che determina il deflusso superficiale:  $P_e$  risulta proporzionale alla precipitazione cumulata lorda  $P$  depurata dalle perdite iniziali per assorbimento  $I_a$ . Le perdite iniziali  $I_a$  sono definite dal rapporto fra il volume specifico infiltrato  $F$  e il volume specifico di saturazione del terreno  $S$ .

In particolare il volume specifico di saturazione  $S$  dipende dalla natura del terreno e dall’uso del suolo, globalmente rappresentati dal parametro CN (Curve Number), secondo la relazione:

$$S = S_0 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (1)$$

$S_0$  è un fattore di scala (pari a 254 mm, ovvero 10 inches) mentre, il parametro CN è compreso teoricamente fra 0 e 100: CN vale 0 quando tutta la precipitazione si infiltra e vale 100 quando tutta la precipitazione si trasforma in deflusso superficiale. In realtà, però, dalle sperimentazioni effettuate, l’intervallo di variazione del CN è compreso fra 20 e 99. Di conseguenza, il modello di formazione del deflusso utilizza un solo parametro,  $S$  ovvero CN, per descrivere il processo di assorbimento. Si potrà quindi calcolare il deflusso  $P_e$  secondo la relazione (2) nella quale  $c$  è il coefficiente di deflusso:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad \text{sostituendo le perdite iniziali si ottiene} \quad P_e = \frac{(P - cS)^2}{P - cS + S} \quad (2)$$

Il valore del CN per i bacini del Rio Rì e del Rio Val Scura è stato calcolato seguendo la procedura proposta nell’ambito del progetto europeo PARAMOUNT (Gregoretto & Degetto, 2012), che si basa sulle seguenti fasi operative:

1. costruzione della carta di uso del suolo.
2. costruzione della carta dei gruppi idrologici.
3. calcolo della mappa del CN.



### 8.3.1 Costruzione della carta d'uso del suolo

Per prima cosa è necessario costruire la carta d'uso del suolo in formato vettoriale per l'area oggetto di studio nella quale ad ogni tipologia d'uso viene assegnato un codice numerico e una descrizione secondo quanto stabilito dal progetto Corine Land Cover varato dal Consiglio delle Comunità europee nel 1985 e, successivamente, aggiornato e giunto fino ad un grado di dettaglio del quarto livello. Nel caso in questione, però, si è preferito utilizzare un livello di dettaglio pari al terzo perchè ritenuto adeguato per caratterizzare idrologicamente i bacini del rio Rì e della Val Scura.

Ottenuta la carta d'uso del suolo vettoriale è necessario procedere, per ogni tipologia, all'assegnazione di codici interi riconosciuti dai tools sviluppati (Tab. 3.1 e 3.2) e alla trasformazione in formato raster della mappa.

### 8.3.2 Costruzione della carta dei gruppi idrologici

I gruppi idrologici sono definiti sulla base della velocità di infiltrazione e trasmissione dell'acqua all'interno del suolo, che dipendono da: granulometria dei grani, dimensione dei pori, tensione superficiale, tessitura e struttura del suolo, conduttività idraulica, condizioni iniziali di saturazione (*Antecedent Moisture Condition*) e dalla pendenza.

Per poter redigere la carta dei gruppi idrologici è necessario disporre delle seguenti cartografie dell'area analizzata: mappa pedologica, geolitologica, delle caratteristiche geotecniche dei terreni, delle pendenze e degli affioramenti rocciosi. Successivamente, tramite sovrapposizione tra le mappe (*overlay*) è possibile identificare tutte le combinazioni e le caratteristiche dello strato di suolo superficiale che viene interessato dal deflusso sottosuperficiale e con l'utilizzo delle tabelle 8.1, 8.2 e 8.3 è possibile costruire la mappa dei gruppi idrologici (Fig. 8.15 e 8.16; Tab. 8.4 e 8.5).

Tab. 8.1 Tabella per l'identificazione del gruppo idrologico in funzione dell'infiltrazione e permeabilità.

Gruppo idrologico	Tasso di infiltrazione in condizioni sature	Tasso di infiltrazione (cm/h)	Tasso iniziale di infiltrazione potenziale (mm/h)	Tasso asintotico di infiltrazione potenziale (mm/h)	Permeabilità (cm <sup>2</sup> )
<b>A</b>	Molto elevato	0.762 - 1.143	250	25.4	10 <sup>-7</sup> – 10 <sup>-2</sup>
<b>B</b>	Moderato	0.381 – 0.762	200	12.7	10 <sup>-9</sup> – 10 <sup>-7</sup>
<b>C</b>	Basso	0.127 – 0.381	125	6.3	10 <sup>-11</sup> – 10 <sup>-9</sup>
<b>D</b>	Molto basso	0.000 – 0.127	76	2.5	10 <sup>-14</sup> – 10 <sup>-11</sup>



Tab. 8.2 Identificazione del gruppo idrologico in funzione della conducibilità idrica e profondità.

Gruppo idrologico	Tasso di conducibilità idrica	Conducibilità idrica in condizioni di saturazione	Deflusso potenziale	Drenaggio	Profondità del suolo
<b>A</b>	Alto	Profondità suolo > 1.0 m : $4 \cdot 10^{-5}$	Basso e molto basso	Buono e eccessivo	Suoli profondi
<b>B</b>	Moderato	Profondità suolo < 0.5 m : $1 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-5}$ Profondità suolo > 0.5 m : $4 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-5}$	Moderatamente basso	Moderato	Suoli a moderata profondità
<b>C</b>	Basso	Profondità suolo < 0.5 m : $1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5}$ Profondità suolo > 0.5 m : $4 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-6}$	Moderatamente alto	Cattivo	Suoli superficiali o suoli profondi con uno strato impermeabile
<b>D</b>	Molto basso	Profondità suolo < 1.0 m : $< 1 \cdot 10^{-6}$ Profondità suolo > 1.0 m : $< 4 \cdot 10^{-7}$	Alto e molto alto	Molto cattivo	Suoli superficiali o suoli profondi con uno strato impermeabile superficiale

Tab. 8.3 Identificazione del gruppo idrologico in funzione della tessitura.

Gruppo idrologico	Tessitura 1	Tessitura 2	Indicazioni geo-litologiche
<b>A</b>	Ghiaie e sabbie (>90%) Limo e argilla (<10%) Tessitura: medio-grossolana con scheletro	Suoli ghiaiosi, sabbiosi-ghiaiosi e sabbiosi. Possono ricadere in questa categoria: limo argilloso, sabbia argillosa, terra grassa con buona struttura o con scheletro >35%	Rocce altamente fratturate, detriti e ciottoli su pendenze moderate, tifi inconsistenti, sabbia, gesso, cenere, calcare non compatto, rocce frammentate più o meno cementate.
<b>B</b>	Ghiaie e sabbie (50-90%) Limo e argilla (10-20%) Tessitura: medio-grossolana	Suoli sabbiosi e argillosi. Possono ricadere in questa categoria: terre grasse limo argilloso, limo, suoli sabbiosi e argillosi con buona struttura o con scheletro >35%	Rocce piuttosto frammentate, depositi glaciali su pendenze ridotte, conglomerati, sabbie cementate e breccie.
<b>C</b>	Sabbie (<50%) Limo (>10%) Argilla e colloidali (20-40%) Tessitura: medio-fina	Terre grasse, suoli limosi e argillosi, sabbiosi e argillosi, argillosi con basso contenuto organico. Possono inoltre rientrare: suoli sabbiosi e argillosi, limosi e argillosi argille con buona struttura o con scheletro >35%	Rocce fratturate, rocce sedimentarie compatte, marne, arenaria, pomice, detriti e ciottoli su forti pendenze, calcare dolomitico compatto.
<b>D</b>	Sabbie (<50%) Limo (<10%) Argilla strutturata e omogenea (>40%) Tessitura: fina	Suoli argillosi e limoso argillosi. Sono suoli argilloso rigonfiabili. Ricadono in questa categoria tutti i suoli con strato superficiale impermeabile (profondità <0.5m) o quelli con elevato e permanente strato d'acqua (prof. <0.6m). Affioramenti rocciosi, ghiaione con relativo strato su strato impermeabile sottile a forte pendenza	Rocce leggermente fratturate, rocce ignee, scisti, rocce metamorfiche, micascisti, quarziti, scisti e filladi.

Secondo il metodo SCS-CN i gruppi idrologici sono quattro:

- *Gruppo A*: suoli a bassa capacità di deflusso con elevata propensione all'infiltrazione anche se completamente saturi (es: sabbie e ghiaie profonde ben drenate) con notevole conducibilità idrica;



- *Gruppo B*: suoli con moderata infiltrazione se saturi, discretamente drenati e profondi con tessitura medio-grossolana e conducibilità idrica media;
- *Gruppo C*: suoli a tessitura medio-fine con bassa infiltrazione se saturi caratterizzati dalla presenza di uno strato che inibisce la percolazione verticale e con conducibilità idrica bassa;
- *Gruppo D*: suoli a elevata capacità di deflusso, poco profondi e ricchi di argilla con conducibilità idrica molto bassa.

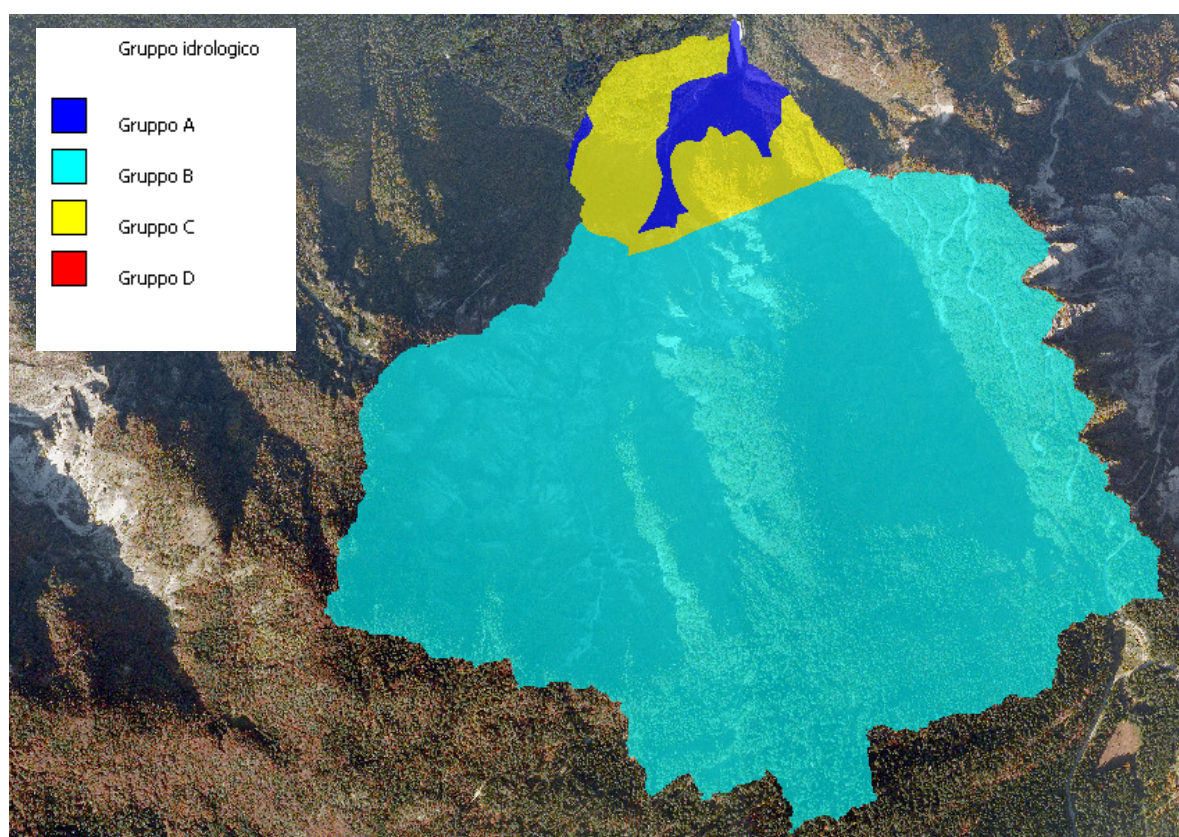


Fig. 8.15 Carta dei gruppi idrologici del bacino de rio Rì (celle 2x2 m).

Tab. 8.4 Percentuale dei gruppi idrologici del bacino del rio Rì.

Gruppo idrologico	Area (km <sup>2</sup> )	Percentuale (%)
A	0.08	2.7
B	2.71	90
C	0.22	7.3
D	0	0

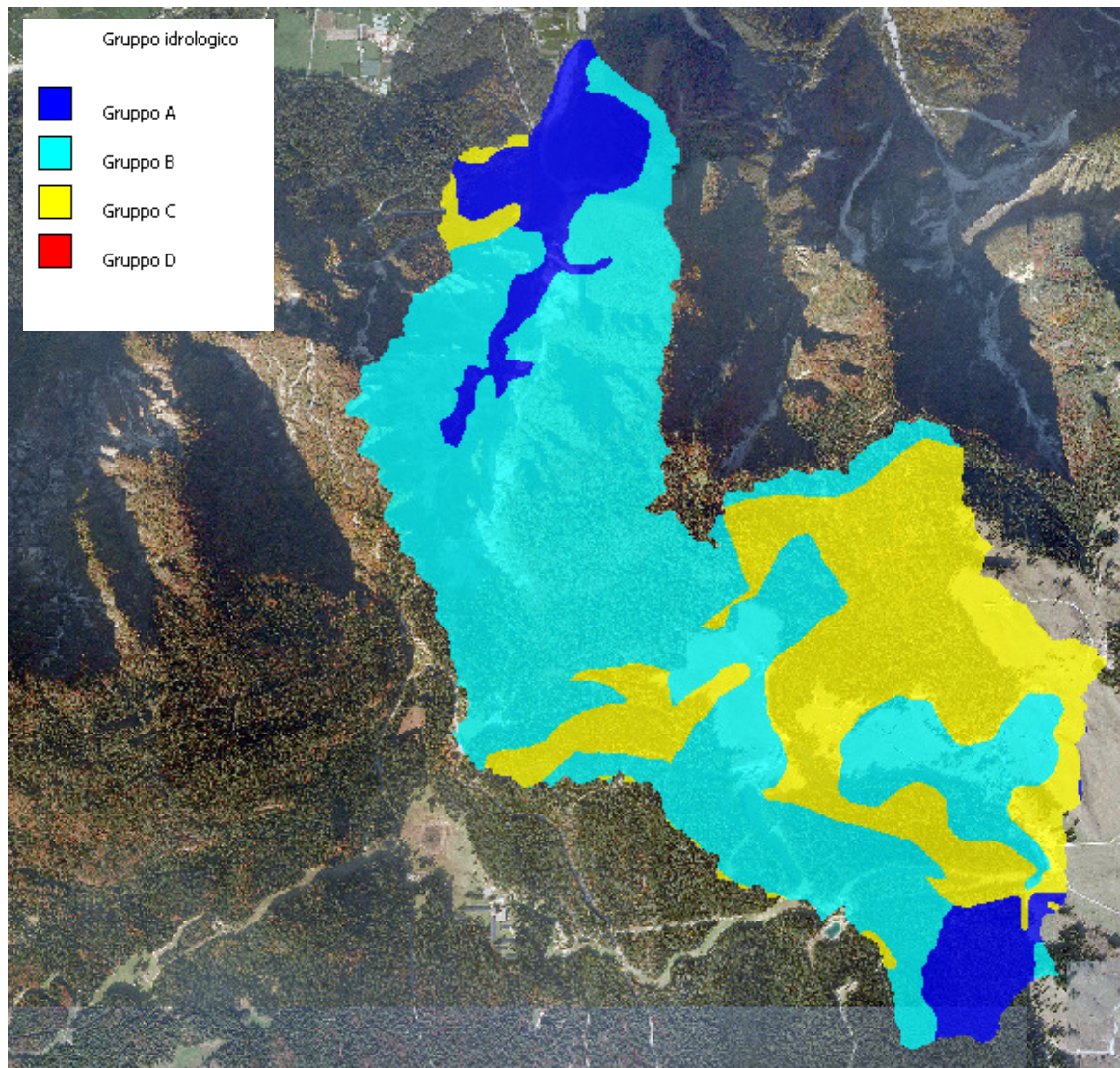


Fig. 8.16 Carta dei gruppi idrologici del bacino de rio Val Scura (celle 3x3 m).

Tab. 8.5 Percentuale dei gruppi idrologici del bacino del rio Val Scura.

Gruppo idrologico	Area (km <sup>2</sup> )	Percentuale (%)
A	0.65	10.9
B	3.63	60.7
C	1.7	28.4
D	0	0



### 8.3.3 Definizione del Curve Number

Il valore del CN è ottenuto per riclassificazione della mappa ottenuta dalla sovrapposizione (*overlay*) della mappa di uso del suolo e dei gruppi idrologici.

Il tool è presente in AdB-ToolBox usando la routine “*curve number*” presente in “*HydroModel*”. La tabella di riclassificazione che assegna ad ogni combinazione un valore di CN è quella realizzata per l’ambito alpino nel progetto PARAMount (Gregoretto & Degetto, 2012) riferita ad una condizione di saturazione iniziale AMC (*Antecedent Moisture Condition*) normale (AMC-II). Questo valore potrà, se necessario, essere automaticamente convertito ad una condizione di saturazione iniziale secca (AMC-I) oppure umida (AMC-III) in funzione dell’altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l’evento considerato.

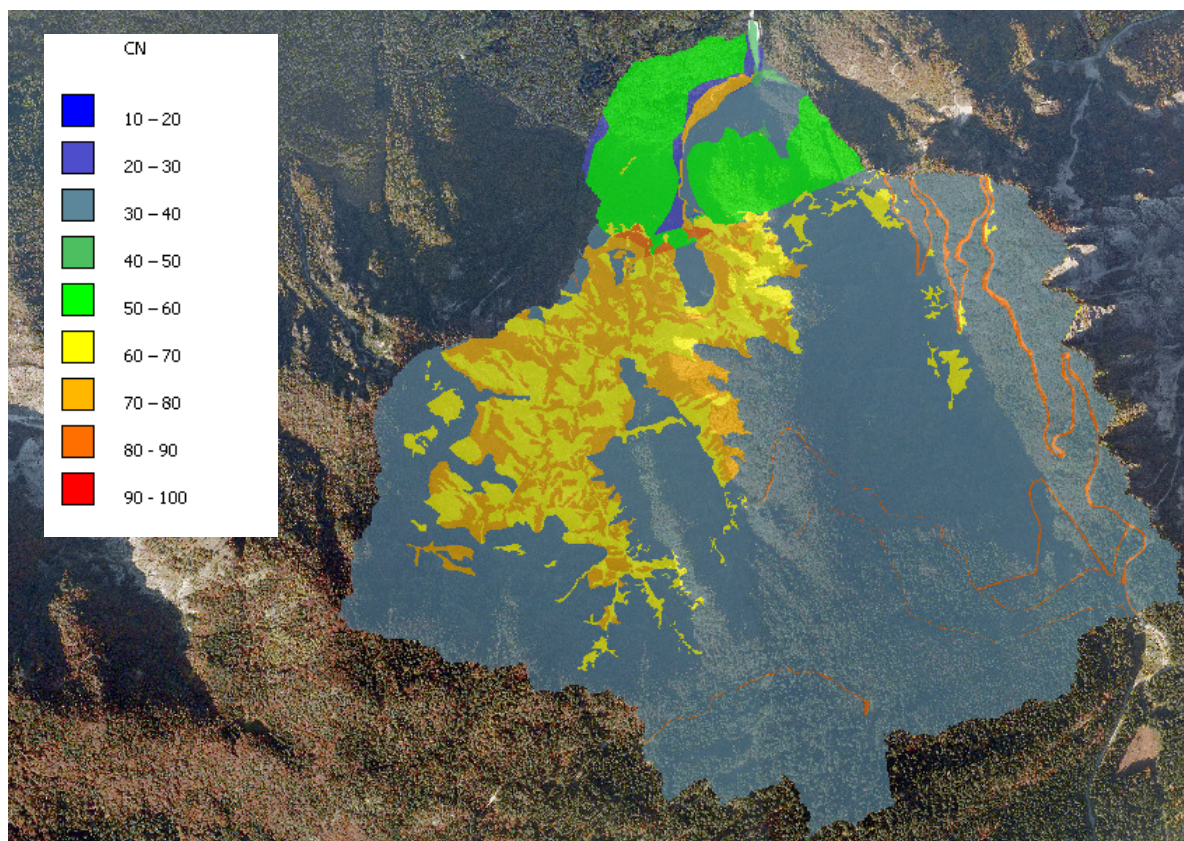
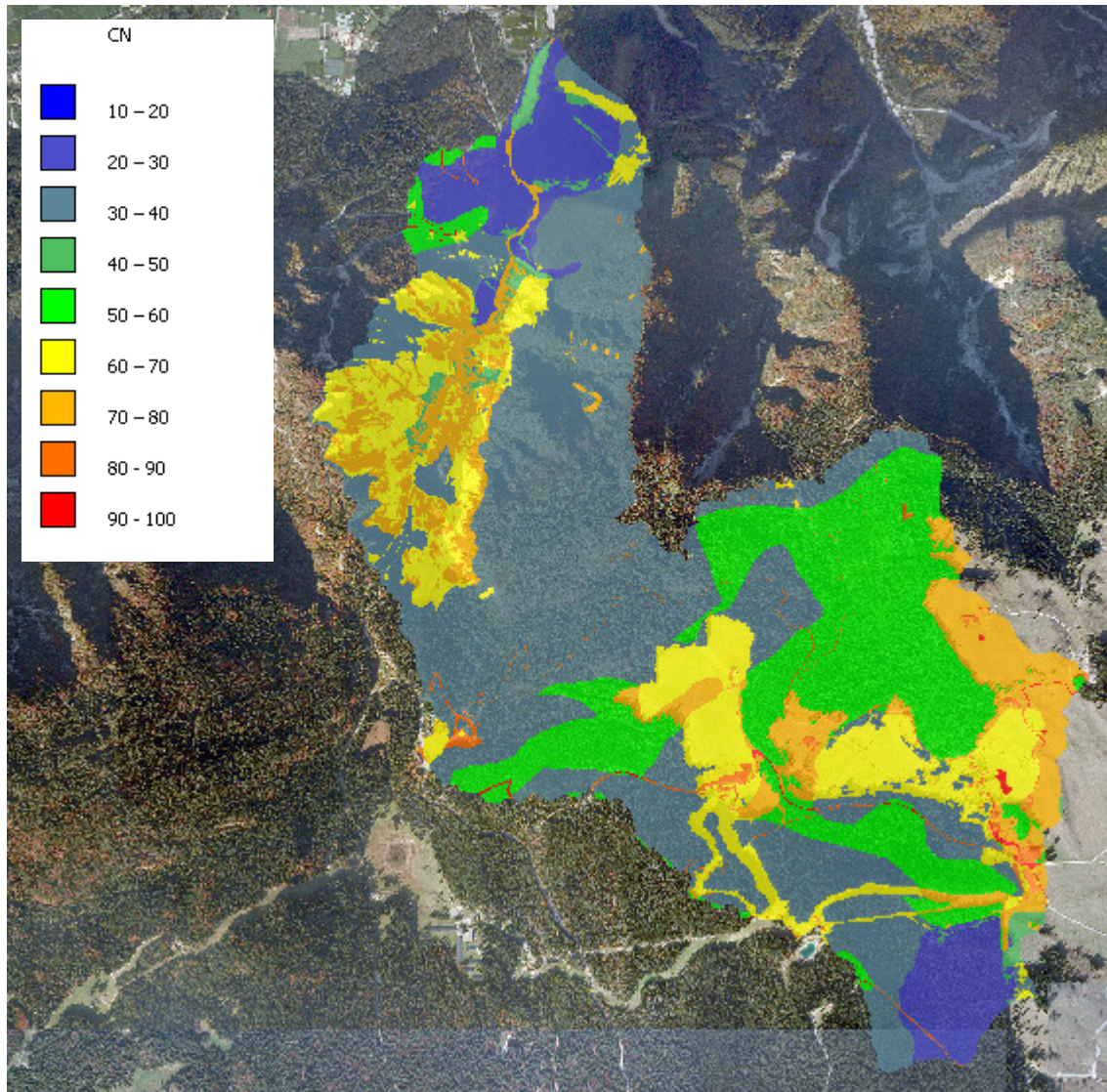


Fig. 8.17 Carta del Curve Number del bacino de rio Rì (celle 2x2 m).



*Fig. 8.18 Carta del Curve Number del bacino de rio Val Scura (celle 3x3 m).*



## 9. Analisi del territorio

Al fine di conoscere meglio gli aspetti legati all'instabilità dei versanti, alle forme di erosione e di trasporto sono stati utilizzati alcuni tools presenti in AdB-ToolBox per l'analisi del bacino e dei collettori attraverso alcuni indici legati alla morfometria. Per queste analisi il DTM e le mappe raster utilizzate per il rio Rì presentano una dimensione della cella 2x2 m mentre quelle del rio Val Scura una dimensione di 3x3m.

### 9.1 Analisi della stabilità del bacino

#### 9.1.1 Efficienza idrologica del soprasuolo

L'efficienza idrologica è un indice qualitativo della capacità di produrre deflusso superficiale da parte di una determinata copertura del suolo. A parità di apporti idrici, coperture del suolo in grado di produrre più deflusso superficiale hanno bassa efficienza idrologica mentre, coperture del suolo in grado di produrre poco deflusso superficiale hanno alta efficienza idrologica. Quest'analisi è stata condotta su AdB-ToolBox mediante un tool che esegue una riclassificazione delle diverse classi di uso del suolo: l'efficienza idrologica viene rappresentata con una scala che va dal valore 1 (minima efficienza) al valore 100 (massima efficienza).

La cartografia dell'efficienza idrologica del soprasuolo del bacino del rio Rì e del rio Val Scura sono riportate in figura 9.1a e 9.2a e i rispettivi valori numerici nella tabella 9.1.

*Tab. 9.1 Classi di efficienza idrologica del soprasuolo per il bacino del rio Rì.e della Val Scura.*

Classe di efficienza idrologica	bacino del rio Rì		bacino del rio Val Scura	
	Area (km <sup>2</sup> )	Percentuale (%)	Area (km <sup>2</sup> )	Percentuale (%)
Assente	0	0	0.004	0.07
Bassissima	0.03	1.00	0.03	0.50
Molto bassa	0.57	18.80	0.012	0.20
Bassa	0	0	0.740	12.41
Medio - bassa	0	0	0	0
Media	0	0	0	0
Medio - alta	0	0	0.980	16.42
Alta	0	0	0	0
Molto alta	1.32	43.80	0.370	6.20
Altissima	1.10	36.40	3.840	64.20



### 9.1.2 Propensione al dissesto

La propensione al dissesto si ottiene mediante riclassificazione della carta dei litotipi, basata sull'intrinseca propensione al dissesto delle diverse formazioni litoidi. L'elaborazione condotta con un tool in AdB-Toolbox è riportata nelle figure 9.1b e 9.2b per i rispettivi bacini del rio Rì e della Val Scura. I dati numerici sono riportati nella tabella 9.2.

*Tab. 9.2 Classi di instabilità per il bacino del rio Rì e della Val Scura.*

Classe di instabilità	bacino del rio Rì		bacino del rio Val Scura	
	Area (km <sup>2</sup> )	Percentuale (%)	Area (km <sup>2</sup> )	Percentuale (%)
Bassissima	0.11	3.70	0.03	0.50
Molto bassa	2.82	93.70	4.33	72.40
Bassa	0	0	0	0
Medio - bassa	0	0	0	0
Media	0	0	0	0
Medio - alta	0	0	0	0
Alta	0	0	0.06	1.00
Molto alta	0	0	0.97	16.20
Altissima	0.08	2.60	0.59	9.90

### 9.1.3 Aree in dissesto attivo

La carta dei dissesti attivi per il bacino del rio Rì e del rio Val Scura è stata realizzata mediante foto-interpretazione utilizzando l'ortofoto del 2008 e la successiva verifica di campo. In figura 9.1d e 9.2d vengono riportati i dissesti attivi presenti nel bacino del rio Rì e della Val Scura includendo non solo le aree in erosione e in frana ma anche le zone di accumulo di sedimenti lungo l'alveo (oggetto continuo di erosione e deposito).

### 9.1.4 Erodibilità

L'erodibilità dei bacini, definita sulla base della struttura geo-litologica, è stata determinata nel 2003 dal Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento. Per l'erodibilità sono state definite 6 classi sufficienti a coprire in modo qualitativo la variabilità del grado di erodibilità delle strutture litologiche al deflusso superficiale



diffuso. Nelle figure 9.1c e 9.2c si riportano le mappe di erodibilità per il bacino del rio Rì e della Val Scura corredandole anche delle tabelle con i valori percentuali (Tab. 9.3).

Tab. 9.3 Classi di erodibilità per il bacino del rio Rì e della Val Scura.

Classe di erodibilità	Grado di erodibilità	bacino del rio Rì		bacino del rio Val Scura	
		Area (km <sup>2</sup> )	Percentuale (%)	Area (km <sup>2</sup> )	Percentuale (%)
1	Altissimo	0.08	2.65	1.64	27.48
2	Alto	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Medio - alto	2.45	81.40	0.86	14.37
4	Medio	0.00	0.00	0.02	0.42
5	Basso	0.48	15.95	2.74	45.88
6	Bassissimo	0.00	0.00	0.71	11.85

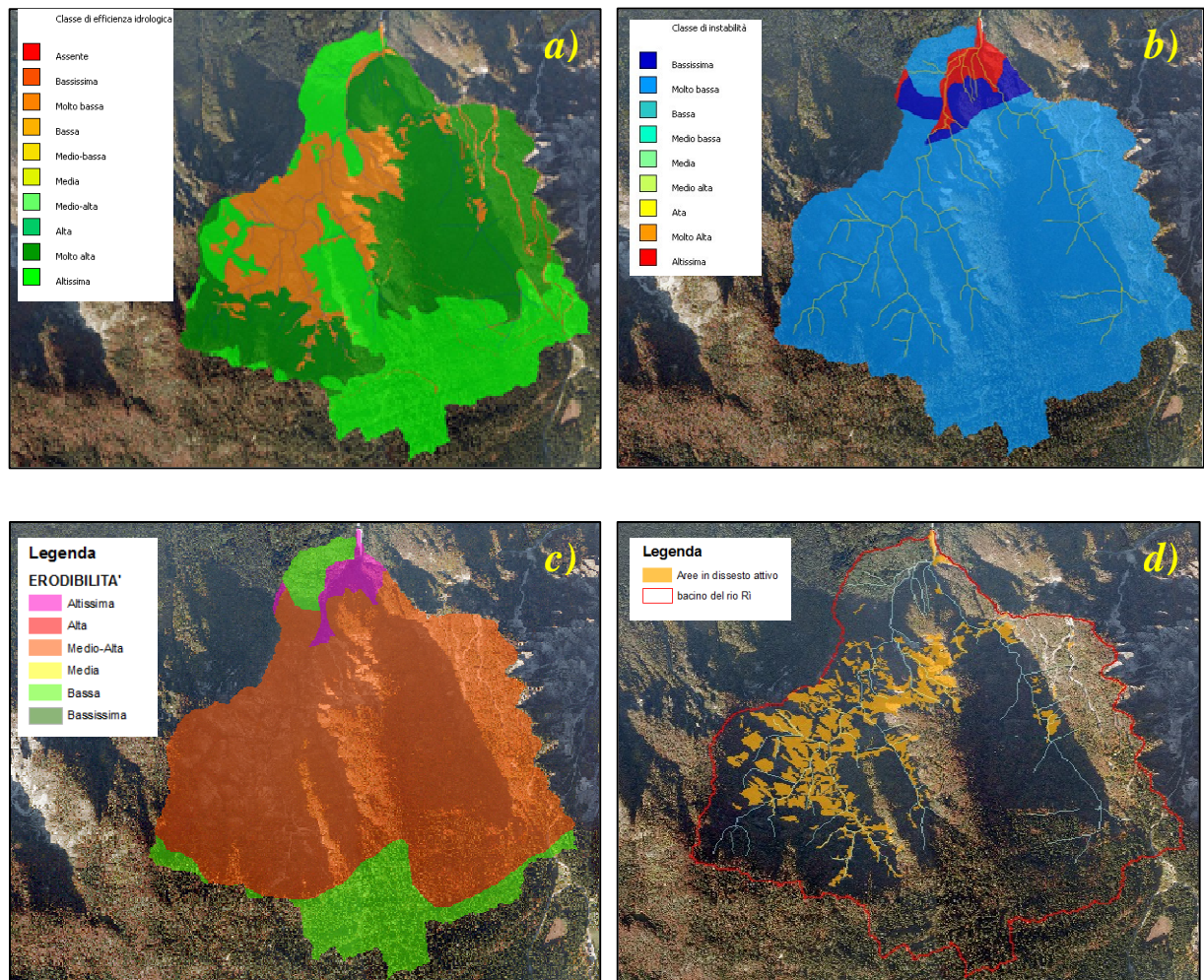


Fig. 9.1 Bacino del rio Rì: a) mappa dell'efficienza idrologica del suolo, b) mappa della propensione al dissesto, c) mappa dell'erodibilità, d) mappa delle aree in dissesto attivo.

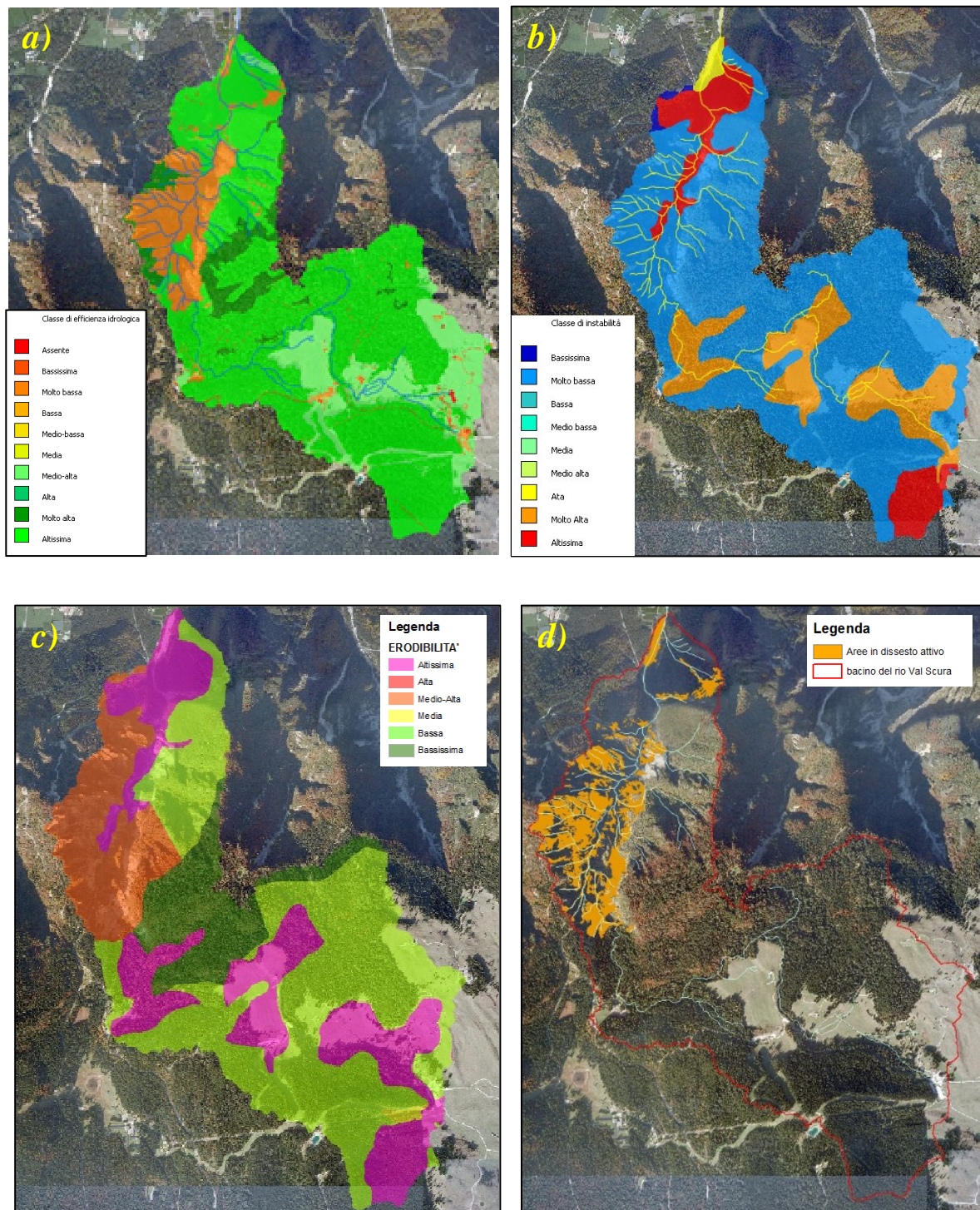


Fig. 9.2 Bacino del rio Val Scura: a) mappa dell'efficienza idrologica del suolo, b) mappa della propensione al dissesto, c) mappa dell'erodibilità, d) mappa delle aree in dissesto attivo.



Dal confronto delle mappe presenti nelle figure 9.1 e 9.2 si possono trarre le seguenti considerazioni:

➤ Bacino del rio Rì:

- la maggior parte del bacino presenta una classe di efficienza idrologica elevata dovuta alla presenza di boschi misti di conifere e latifoglie (Fig. 9.1a). Ciò sta a indicare che la risposta idrologica agli impulsi meteorici sarà piuttosto tardiva e prolungata nel tempo. Solo nella parte centrale del bacino e lungo il collettore principale, corrispondente al quarto e ultimo tratto di collettore (cap. 4, par. 4.4), si nota una ridotta efficienza idrologica da parte del soprassuolo segno della carenza di copertura vegetale. Proprio in quest'area si generano quelle portate liquide in grado di erodere in modo molto marcato le sponde e i depositi a valle. Anche le aree in dissesto attivo corrispondono proprio alle stesse aree con minore efficienza idrologica (Fig. 9.1a e 9.1d);
- diversamente dalle carte precedenti, considerando le carte dell'instabilità e dell'erodibilità (Fig. 9.1b, 9.1c), si nota che le aree critiche sono proprio in corrispondenza non delle aree a scarsa copertura vegetale ma, nel tratto subito a valle, tra la briglia austriaca (a monte) e la briglia n°13 con le finestre (a valle). La situazione appare svilupparsi, quindi, secondo la seguente modalità: nell'area a scarsa efficienza idrologica si raccolgono rapidamente le acque in flussi concentrati che, da qui, scendendo impetuosi giungono nell'area dei depositi di falda a lato del canale principale. Qui si innescano importanti erosioni di sponda al piede di questi ripidi versanti formati da detriti instabili ricoperti da rada vegetazione (Fig. 9.3) e, in breve spazio, si generano quei fenomeni di elevato trasporto solido e di legname che si riscontra, poi, nelle zone delle piazze di deposito;
- i volumi di sedimento e di legname trasportati dal rio Rì, quindi, traggono la loro origine nel tratto compreso tra la briglia austriaca e la briglia n°13; naturalmente una certa parte dei volumi dei detriti trasportati proverrà anche dall'area dissestata e a canali presente a monte. Tuttavia è proprio in questo breve tratto di circa 500 m tra le due briglie che il trasporto solido di detrito e



legname assume un carattere molto marcato e determinante per le dinamiche idrauliche che ne derivano a valle e, in particolare, presso la briglia filtrante.



*Fig. 9.3 Fenomeno franoso nella parte bassa del bacino del rio Rì vicino alla briglia n° 13.*

➤ Bacino del rio Val Scura:

- Anche nel caso della Val Scura le mappe dell'efficienza idrologica del soprassuolo e quella dei dissesti attivi concordano e localizzano la minore efficienza idrologica proprio nella parte centrale del bacino, laddove risulta chiuso nella valle e percorso da numerosi canali e canaloni (Fig. 9.2a e 9.2d). La maggior parte del bacino risulta avere un'elevata efficienza idrologica e l'assenza di dissesti attivi segno che il bacino presenta una buona copertura vegetale. L'ampia area, poi, dell'altopiano di Lavarone, formata da pascoli e boschi, sembra essere tale da condizionare marginalmente le dinamiche erosive che si sviluppano più a valle nel bacino;



- diversamente dal rio Rì, le mappe di instabilità e di erodibilità risultano localizzare la zona di formazione dei volumi solidi di detrito proprio nell'area a minore efficienza idrologica e con sviluppato grado di dissesto attivo. Qui, infatti, la produzione di detrito legnoso e di sedimento avviene a monte del tratto di alveo sistemato e consolidato con briglie. La presenza della grande zona di conoide instabile (ghiaione franoso) in sponda destra non fa altro che contribuire al trasporto solido in un punto in cui la corrente arriva già carica di sedimenti e detrito.
- per questo collettore è difficile determinare la zona di maggior produzione di detrito legnoso poiché anche a monte dell'area instabile, nel tratto di alveo a valle delle cascate e a monte di esse, la presenza di piante sradicate, di ramaglia, di tronchi spezzati, è assai frequente.

## 9.2 Analisi degli indici legati al trasporto solido

### 9.2.1 Indice di scabrezza topografica (TRI)

L'indice di scabrezza topografica (*Topographic Roughness Index*, TRI) è un parametro che misura la variabilità locale delle quote facendo scorrere sulle celle del DEM una finestra mobile quadrata, di dimensioni impostate dall'utente, che caratterizza determinate forme morfologiche della superficie del suolo. La scelta della dimensione della finestra è legata alle reali dimensioni delle forme che si intendono analizzare: più piccola è la finestra mobile, più dettagliata è la scabrezza che si vuole analizzare (microscabrezza). Viceversa, più grande è la finestra mobile, più grandi saranno le forme morfologiche analizzate (macroscabrezza).

L'indice di scabrezza topografica (TRI) viene calcolato mediante la seguente relazione

$$TRI = \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k \cdot k} (x_i - x_m)^2}{k \cdot k}} \quad (1)$$

dove  $k$  è la dimensione della finestra,  $x_i$  è il valore di una specifica cella all'interno della finestra, e  $x_m$  è la media dei valori delle celle ricadenti nella finestra.

Il limite inferiore è dato dalla dimensione della cella del DEM mentre, il limite superiore è pari a 15 volte la dimensione della cella.



Questo indice è disponibile come tool in AdB-ToolBox ed è stato applicato ai due bacini (Rì e Val Scura) utilizzando le seguenti dimensioni per la finestra mobile:

- **3 celle:** per la micro scabrezza topografica (Fig. 9.4a e 9.5a).
- **15 celle:** per evidenziare la macro scabrezza topografica (Fig. 9.4b e 9.5b).

### 9.2.2 Indice di suscettibilità al trasporto (STI)

L'indice di suscettibilità al trasporto (*Sediment Transport Index*, STI) mette in relazione l'area drenata con la pendenza locale: si ottengono informazioni circa la capacità erosiva del deflusso superficiale. Tale indice viene determinato secondo la relazione

$$STI = (1 + m) \cdot \left( \frac{A}{d \cdot 22.13} \right)^m \cdot \left( \frac{\sin(S)}{0.0896} \right)^n \quad (2)$$

dove  $A$  è l'area drenata,  $S$  è la pendenza locale,  $d$  è la dimensione della cella,  $m$  ed  $n$  sono due parametri legati all'area e al gradiente pari rispettivamente a 0.6 e 1.3. In figura 9.4c e 9.5c sono riportate le relative mappe dell'indice STI per i due bacini oggetto di studio.

### 9.2.3 Wetness Index (WI)

Un ulteriore indice è il *Wetness Index* (WI) che descrive l'effetto della topografia sulla posizione e dimensione delle aree di accumulo di acqua nel suolo. Il *Wetness Index* viene calcolato secondo la relazione:

$$WI = \ln \left( \frac{A}{\tan(S)} \right) \quad (3)$$

dove  $A$  è l'area drenata ed  $S$  la pendenza locale.

In figura 9.4d e 9.5d sono riportate le cartografie del *Wetness Index* per il bacino del rio Rì e del rio Val Scura.

### 9.2.4 Indice di Stream Power e saturazione (SPI)

L'indice di *Stream Power* (SPI) mette in relazione l'area drenata ( $A$ ) con la pendenza locale e definisce la dissipazione di energia potenziale per unità di lunghezza del canale. La pendenza viene calcolata esaminando le otto celle adiacenti alla cella oggetto di calcolo e individuando la direzione di massima pendenza.

L'indice SPI viene calcolato secondo la seguente relazione:

$$SPI = A^\alpha \cdot S^\beta \quad (4)$$

con  $\alpha$  e  $\beta$  parametri pari a 0.5 e 1.0.



Una volta calcolato l'indice di *Stream Power* è possibile ricavare l'indice adimensionale di *Stream Power* (ASPI) normalizzando l'indice stesso e utilizzando un valore di soglia che permette di individuare i punti di inizio del reticolo idrografico. Le mappe di SPI e ASPI del rio Rì e Val Scura sono riportate in figura 9.4e, 9.4f, 9.5e, 9.5f.

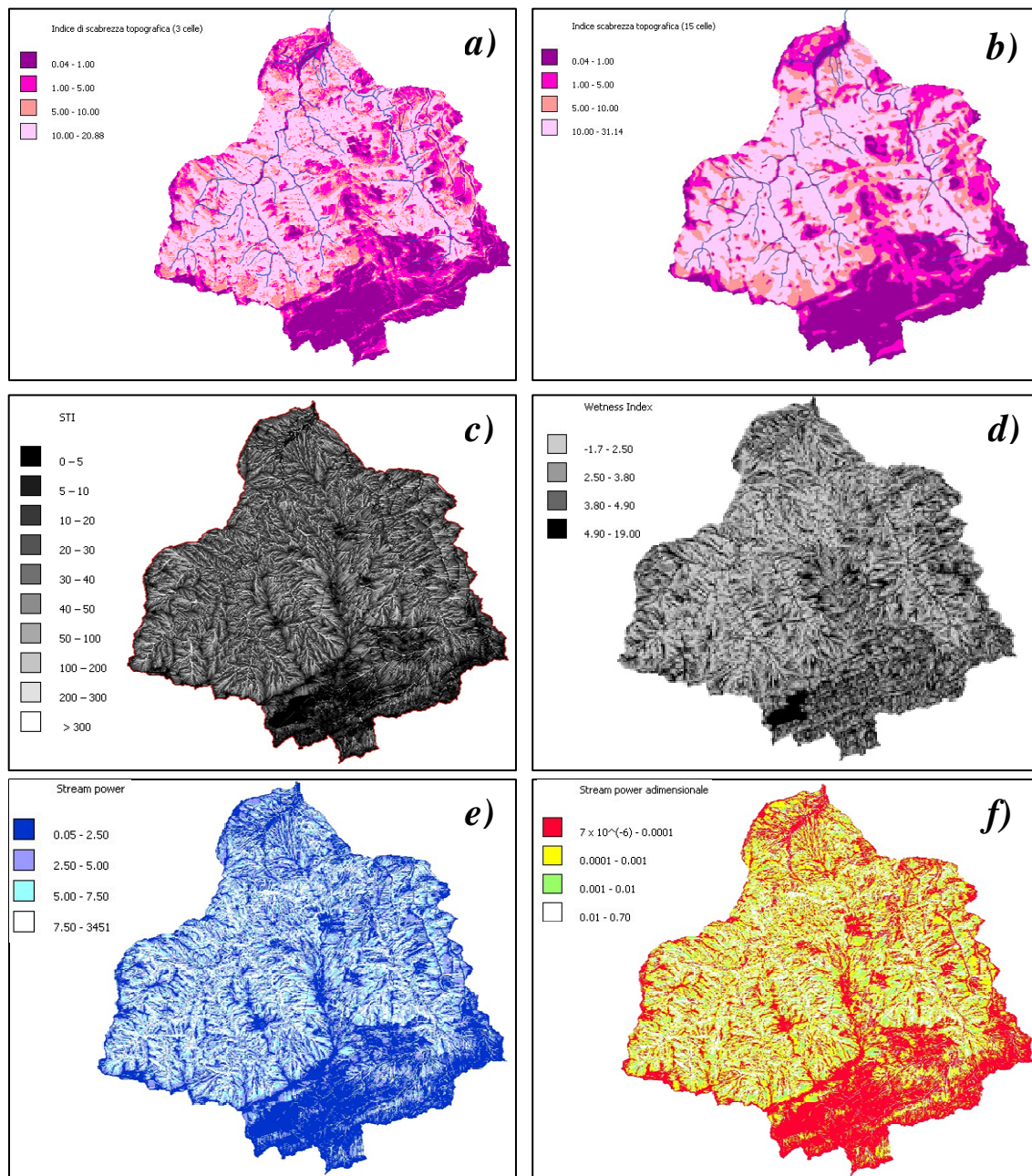


Fig. 9.4 Bacino del rio Rì: a) mappa dell'indice di scabrezza topografica (3 celle), b) mappa dell'indice di scabrezza topografica (15 celle), c) mappa dell'indice di suscettibilità al trasporto, d) mappa del Wetness Index, e) mappa dell'indice di stream power, f) mappa dell'indice di stream power adimensionale.

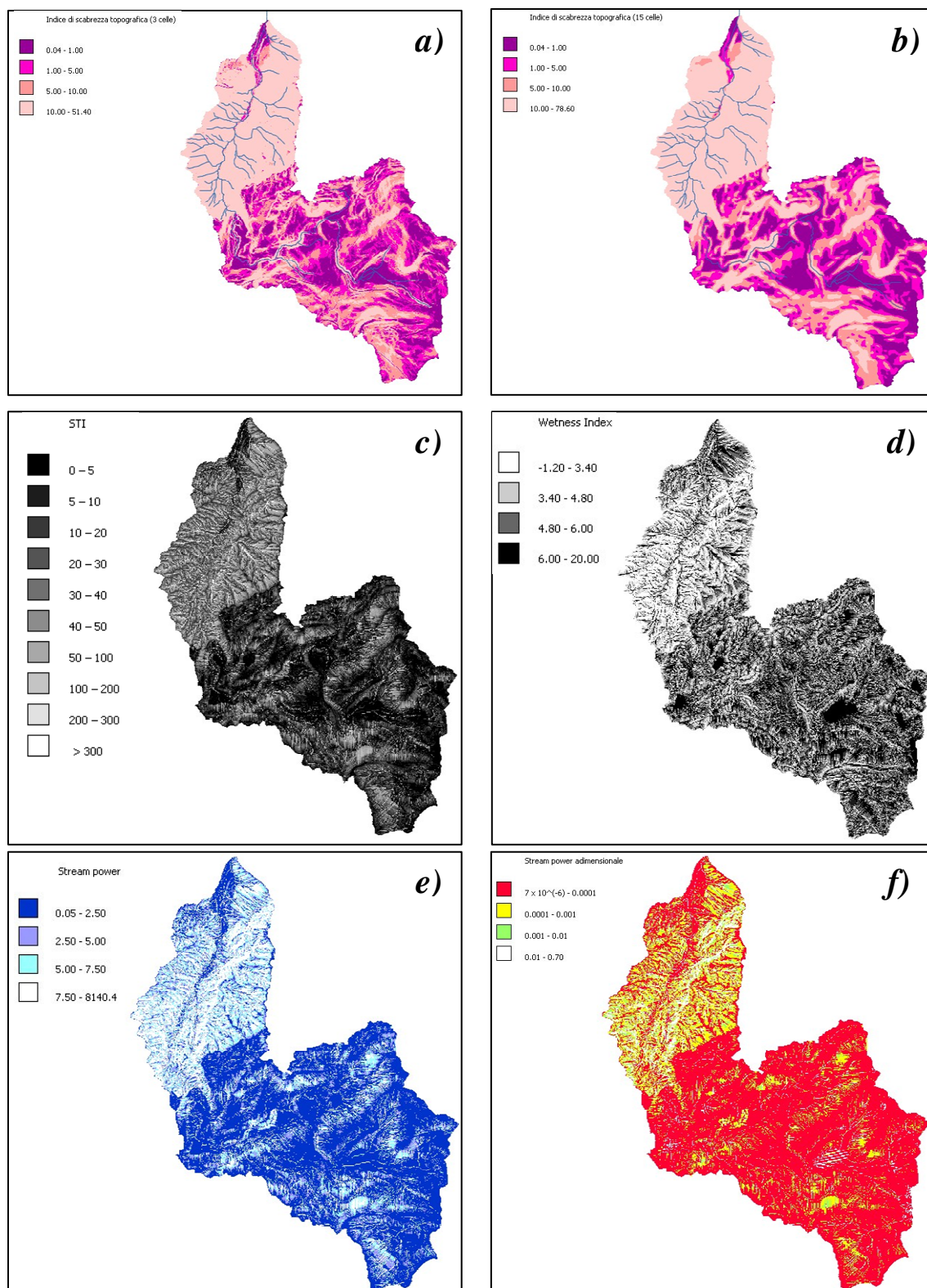


Fig. 9.5 Bacino del rio Val Scura: a) mappa dell'indice di scabrezza topografica (3 celle), b) mappa dell'indice di scabrezza topografica (15 celle), c) mappa dell'indice di suscettibilità al trasporto, d) mappa del Wetness Index, e) mappa dell'indice di stream power, f) mappa dell'indice di stream power adimensionale.



Dal confronto delle mappe presenti nelle figure 9.4 e 9.5 si possono trarre le seguenti considerazioni:

➤ Bacino del rio Rì:

- nella zona di testata del bacino la micro e la macro scabrezza assume valori molto piccoli in congruenza con l'andamento molto dolce e ondulato, di pascoli e boschi, nell'area dell'altopiano di Lavarone. Nella parte media del bacino, invece, si assiste ad un drastico aumento della scabrezza, sia micro che macro (Fig. 9.4a, 9.4b), segno che le incisioni dei canali principali, i canali secondari e i dissesti di versante determinano un'articolazione geomorfologica complessa e articolata. Questi risultati sono stati confermati dal rilievo di campo lungo l'alveo principale;
- la maggior parte del bacino, soprattutto l'area a forte incisione nella zona centrale del bacino, presenta elevati valori di suscettibilità al trasporto solido (Fig. 9.4c). Questo indice di suscettibilità al trasporto, mettendo in relazione l'area drenata con la pendenza locale, evidenzia come le acque superficiali si raccolgano rapidamente entro canalizzazioni a forte pendenza. Pertanto si può dedurre che il bacino del rio Rì presenta una rete di drenaggio superficiale molto sviluppata e, causa le forti pendenze, in grado di convogliare deflussi liquidi e solidi con elevata energia. Tale aspetto risulta confermato anche dal *Wetness Index* (Fig. 9.4d), che evidenzia le aree di accumulo di acqua nel suolo, e dallo *Stream Power* (Fig. 9.4e ed f) che definisce la dissipazione di energia potenziale. Il *Wetness Index* rappresenta, in un certo senso, il "negativo" dell'indice di suscettibilità al trasporto solido mentre, lo *Stream Power* mette in evidenza i valori elevati di dissipazione energetica lungo il reticolo idrografico e le canalizzazioni laterali. Quanto ricavato da questa analisi condotte in modo automatico sul software GIS sono confermate dal rilievo geomorfologico eseguito lungo l'alveo (cap. 4).

➤ Bacino del rio Val Scura:

- anche in questo caso, come per il rio Rì, si osserva che l'area del bacino della Val Scura ricadente sull'Altopiano di Lavarone presenta una scabrezza molto



limitata coerentemente con l'andamento molto dolce e ondulato di quest'area. Anche la parte basale, corrispondente alle piazze di deposito, mostra una morfologia poco scabra mentre, proprio la parte media del bacino presenta una micro e macro scabrezza molto accentuata con valori quasi tre volte più grandi rispetto a quelli del bacino del rio Rì (Fig. 9.4a, 9.4b). Questi valori di scabrezza topografica rappresentano correttamente la situazione reale formata da incisioni, canali principali e secondari, dissesti di versante, che sono indice di un'articolazione geomorfologica complessa;

- la maggior parte del bacino, soprattutto l'area a forte incisione nella zona centrale del bacino, presenta elevati valori di suscettibilità al trasporto solido (Fig. 9.4c). Questo indice di suscettività al trasporto, mettendo in relazione l'area drenata con la pendenza locale, evidenzia anche qui, come per il rio Rì, come le acque superficiali si raccolgano entro canalizzazioni a forte pendenza. Pertanto si può ricavare che il bacino del rio Val Scura presenta una rete di drenaggio superficiale molto sviluppata nella parte media del bacino che risulta anche la più ricca d'acqua (*Wetness Index*, Fig. 9.5d) e la più dinamica secondo lo *Stream Power* (Fig. 9.5e ed f). Queste mappe sembrano "emarginare" da ogni fenomeno la parte del bacino del Val Scura corrispondente all'Altopiano di Lavarone dove le basse energie dissipate, il limitato accumulo di acqua e la scarsa capacità di generare trasporto solido caratterizzano le dinamiche idrologiche superficiali. Ogni fenomeno, quindi, legato al trasporto di sedimento e di legname sembra rilegato al quella parte di bacino che va dalla zona a monte delle piazze di deposito fino alla zona delle cascate dove si sviluppa la discontinuità geo-litologica.

Le analisi di stabilità del bacino e gli indici legati al trasporto solido confermano quanto rilevato e descritto nel rilievo geomorfologico condotto direttamente lungo le aste principali dei due bacini.



## 10. Il legname in alveo

Le correnti idriche, in relazione ai valori di velocità e ai caratteri della loro turbolenza, sono in grado di trasportare materiali solidi di differente granulometria. Questo fenomeno fisico, definito *trasporto solido*, rappresenta il punto di unione tra i fenomeni di erosione che interessano la parte montana di un corso d'acqua e i fenomeni di deposito caratteristici della zona valliva (fino alla foce) di un corso d'acqua (V. Ferro, 2006).

Molto spesso, nella parte montana di un'asta fluviale, accanto al trasporto di materiale solido si verifica il trasporto del legname che giunge in alveo per molteplici cause, tra cui la principale è dovuta all'erosione di sponda.

Il trasporto del legname in alveo non va sottovalutato: la sua presenza accresce il rischio di sovralluvionamento ed esondazione durante gli eventi di piena, in quanto riduce la sezione di deflusso degli alvei e la luce dei ponti. Inoltre, gli accumuli di legname possono ridurre la funzionalità delle opere di trattenuta come le briglie filtranti.

Entrambi i bacini oggetto di studio (bacino del rio Rì e del rio Val Scura) sono caratterizzati da un ingente trasporto di materiale legnoso durante gli eventi alluvionali.

A riguardo sono stati effettuati diversi studi e rilievi del legname (Degetto M. 1998, Furlan M., 2004) presente lungo il collettore principale, utilizzando la seguente metodologia di campionamento:

- la lunghezza minima del legno da rilevare deve essere uguale alla distanza tra gli elementi orizzontali della briglia filtrante (generalmente 0.20-0.30 cm), mentre il diametro minimo è stato definito pari a 0.02 m, in modo da escludere dai rilievi le ramaglie;
- il diametro è stato misurato a metà lunghezza con arrotondamento per eccesso al centimetro pieno;
- le misure delle lunghezze sono state prese secondo la retta che unisce le due estremità del legno, è questa infatti la misura che mi determina l'ingombro con cui l'elemento si presenterà sul filtro;
- le lunghezze misurate sono state distribuite all'interno di classi di ampiezza pari a 0.5 m, in quanto si è visto che una tale distribuzione comporta un'accettabile approssimazione delle informazioni raccolte, agevolando al tempo stesso le operazioni di rilievo;



- le ceppaie sono rilevate nel seguente modo: l'estensione dell'apparato radicale con due misure incrociate, la profondità raggiunta dell'apparato radicale, la lunghezza totale della ceppaia ed il diametro del tronco preso a metà lunghezza;
- i *cluster* e i *log-step* di legname sono stati rilevati i singoli elementi di cui sono composti, con misurazioni uguali a quelle eseguite per il materiale disperso;
- delle ceppaie, dei *cluster* e dei *log-step* è stata determinata la posizione in alveo.

Di seguito vengono riportati i dati dei rilievi effettuati nel 1998, 2004, 2010 e 2011.

### 10.1 Rilievi del 1998

Nell'ambito di uno studio del trasporto del legname in alveo effettuato dal dott. Degetto Massimo nel 1998 è stato rilevato il detrito legnoso presente sul filtro della briglia n° 1 (secondo la numerazione del catasto delle opere del Servizio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Trento) posta a chiusura del bacino del rio Rì e sul filtro della briglia n° 16 posta a chiusura del bacino del rio Val Scura. Nel corso della misurazione (Tab. 10.1, Tab. 10.2, in cui tutti i dati sono riportati in m) era stato osservato come i filtri fossero intasati non solo da ramaglia e da tronchetti, ma anche da fronde e piante intere, e come tale ostruzione determinasse il deposito di sabbie, foglie, erbe e quant'altro trasportato dalla corrente (Degetto M., 1998).

Tab. 10.1 Misure legname presente nel filtro della briglia filtrante n° 6 del rio Rì (Degetto M., 1998).

Diametro	Lunghezza	A insid	Volume	Vol stero
0.07	0.6		0.002308	0.00294
0.075	0.75		0.003312	0.00422
0.08	0.3	0.2	0.001507	0.00192
0.04	0.8		0.001005	0.00128
0.025	0.55		0.00027	0.00034
0.04	0.8		0.001005	0.00128
0.05	2		0.003925	0.005
0.04	0.5		0.000628	0.0008
0.035	0.28		0.000269	0.00034
0.035	0.6		0.000577	0.00074
0.025	0.48		0.000236	0.0003
0.02	0.8		0.000251	0.00032
0.14	0.4		0.006154	0.00784
0.05	0.63		0.001236	0.00158



0.06	1.55		0.00438	0.00558
0.04	0.42		0.000528	0.00067
0.07	1.55		0.005962	0.0076
0.11	0.64		0.006079	0.00774
0.045	0.66		0.001049	0.00134
0.025	0.55		0.00027	0.00034
0.03	0.57		0.000403	0.00051
0.025	0.72		0.000353	0.00045
0.04	0.38		0.000477	0.00061
0.035	0.74		0.000712	0.00091
0.045	0.9		0.001431	0.00182
0.04	0.5		0.000628	0.0008
0.025	0.56		0.000275	0.00035
0.13	0.54		0.007164	0.00913
0.045	0.65		0.001033	0.00132
0.03	0.82		0.000579	0.00074
0.05	1.9		0.003729	0.00475
0.03	0.92		0.00065	0.00083
0.11	0.78		0.007409	0.00944
0.045	1.23		0.001955	0.00249
0.06	0.65		0.001837	0.00234
0.03	0.54		0.000382	0.00049
0.035	0.94		0.000904	0.00115
0.17	0.93		0.021098	0.02688
0.01	0.37		0.000029	0.00004
0.065	0.38		0.00126	0.00161
0.15	0.94		0.016603	0.02115
0.015	0.54		0.000095	0.00012
0.035	0.75		0.000721	0.00092
0.04	0.77		0.000967	0.00123
0.12	1.4		0.015826	0.02016
0.15	2.1		0.037091	0.04725
0.22	1.7		0.06459	0.08228
0.1	1.3		0.010205	0.013
0.45	2.2		0.349718	0.4455
0.5	1.7		0.333625	0.425



Tab. 10.2 Misure legname presente nel filtro della briglia filtrante n° 16 del rio Val Scura  
(Degetto M., 1998).

Diametro	Lunghezza	A insid	Volume	Diametro	Lunghezza	A insid	Volume
0.03	0.7		0.00049455	0.04	0.57		0.000716
0.02	0.35		0.0001099	0.02	0.7		0.00022
0.04	0.9		0.0011304	0.17	1.4		0.031761
0.04	0.3		0.0003768	0.03	1.1		0.000777
0.07	0.63		0.002423295	0.03	0.38		0.000268
0.02	0.35		0.0001099	0.06	0.4		0.00113
0.17	0.3		0.00680595	0.06	0.4		0.00113
0.13	0.49		0.006500585	0.01	0.2		0.000157
0.02	0.53		0.00016642	0.02	0.24		7.54E-05
0.01	0.5		0.00003925	0.05	0.4		0.000785
0.01	0.5		0.00003925	0.02	0.33		0.000104
0.06	0.58		0.00163908	0.01	0.4		3.14E-05
0.01	0.53		0.000041605	0.04	0.44		0.000553
0.01	0.28		0.00002198	0.01	0.42		3.3E-05
0.02	0.2		0.0000628	0.01	0.2		6.28E-05
0.06	0.95		0.0026847	0.01	0.35		2.75E-05
0.05	0.25		0.000490625	0.01	0.28		2.2E-05
0.04	0.4		0.0005024	0.01	0.24		1.88E-05
0.01	0.3		0.00002355	0.02	2.3		0.000722
0.02	0.9		0.0002826	0.03	1.2	0.44	0.000848
0.01	0.4		0.0000314	0.04	3	0.17	0.003768
0.01	0.4		0.0000314	0.03	1.4	0.3	0.000989
0.02	0.44		0.00013816	0.01	1.2		9.42E-05
0.04	0.77		0.00096712	0.03	0.5		0.000353
0.03	0.35		0.000247275	0.02	2	0.5	0.000628
0.01	0.38		0.00002983	0.04	2.6	0.5	0.003266
0.01	0.32		0.00002512	0.02	0.63		0.000198
0.03	0.92		0.00064998	0.13	4	0.6	0.053066
0.02	0.37		0.00011618	0.01	0.8		6.28E-05
0.03	0.7		0.00049455	0.03	1.15		0.000812
0.13	1.16		0.01538914	0.03	1.7	0.3	0.001201
0.01	0.28		0.00002198	0.03	0.6		0.000424
0.04	0.57		0.00071592	0.02	0.5		0.000157
0.03	0.37		0.000261405	0.16	2		0.040192
0.01	1		0.0000785	0.04	0.9		0.00113
0.03	0.43		0.000303795	0.02	0.9		0.000283
0.03	0.46		0.00032499	0.09	0.43		0.002734
0.02	1.7		0.0005338	0.02	0.46		0.000144
0.01	2.1		0.00016485	0.04	0.66		0.000829
0.03	0.43		0.000303795	0.02	0.46		0.000144
0.03	0.24		0.00016956	0.03	0.7		0.000495
0.05	1.15		0.002256875	0.02	0.8		0.000251
0.01	0.42		0.00003297	0.03	0.51		0.00036
0.04	0.9		0.0011304	0.01	1.8	0.15	0.000141
0.01	1	0.1	0.0000785	0.01	2.3		0.000181
0.02	1.3	0.1	0.0004082	0.02	2.4	0.15	0.000754
0.04	0.9		0.0011304	0.02	1.2	0.22	0.000377
0.02	2.3	0.5	0.0007222	0.02	1		0.000314
0.05	0.54		0.00105975	0.2	1.5		0.0471
0.01	1	0.2	0.0000785	0.02	1.3		0.000408



## 10.2 Rilievi del 2004

Nel 2004 nell'ambito della tesi di laurea *“Rilievo del legname e difesa da sovralluvionamento nel torrente Rio Rì”*, redatta da M. Furlan, è stato effettuato il rilievo del legname presente lungo l'alveo del rio Rì nella situazione pre (agosto 2004) e post evento (dicembre 2004). La misurazione del detrito legnoso è stata effettuata secondo le modalità descritte precedentemente con alcune variazioni dovute alla specificità dello studio (ad esempio la lunghezza minima rilevata è stata posta pari a 0.26 cm cioè la distanza fra gli elementi orizzontali della briglia filtrante) suddividendo l'asta torrentizia del rio Rì in quattro differenti settori di rilevazione (Fig. 10.1) :

- **Primo settore:** piazza di deposito della briglia filtrante (300 m).
- **Secondo settore:** compreso tra la briglia n°7 e la briglia n°13 (230 m).
- **Terzo settore:** piazza di deposito della briglia n° 13 (90 m).
- **Quarto settore:** si estende per 440 m a monte della piazza della briglia n°13.

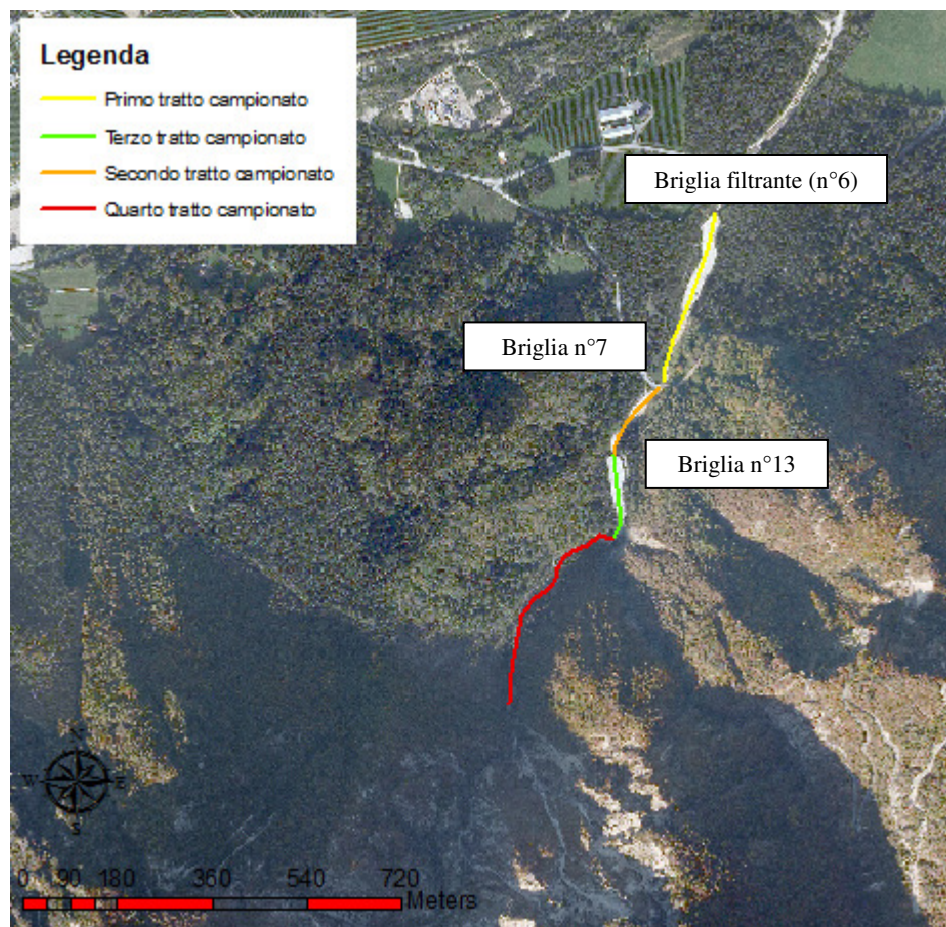


Fig. 10.1 Inquadramento dei tratti analizzati durante il rilievo del 2004.



In tabella 10.3 sono riportati i valori ottenuti nell'agosto 2004 durante la misurazione pre evento, mentre nella tabella 10.4 sono riportati quelli del dicembre 2004 (post evento).

Tab. 10.3 Misure legname pre evento del 2004 lungo il rio Rì (Furlan M., 2004).

1° SETTORE				2° SETTORE		3° SETTORE		4° SETTORE	
Distanza (X10m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Distanza (X10m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Distanza (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Distanza (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Distanza (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
s.b.	0,042	16	0,052	14	0,011	90	0,309	90	1,388
1	0,003	17	0,079	33	0,089			180	1,900
2	0,020	18	0,015	53	0,011			310	0,925
3	0,236	19	0,087	172	0,504			440	1,004
4	0,033	20	0,000	215	0,099				
5	0,026	21	0,001						
6	0,014	22	0,000						
7	0,046	23	0,057						
8	0,131	24	0,070						
9	0,089	25	0,039						
10	0,115	26	0,138						
11	0,070	27	0,016						
12	0,112	28	0,026						
13	0,038	29	0,038						
14	0,050	30	0,031						
15	0,016								
		<b>Vtot 1°s.</b>	1,69	<b>Vtot 2°s.</b>	0,71	<b>Vtot 3°s.</b>	0,31	<b>Vtot 4°s.</b>	5,22
<b>Volume totale dell'intero tratto percorso (m<sup>3</sup>):</b>							<b>7,93</b>		

Tab. 10.3 Misure legname post evento del 2004 lungo il rio Rì (Furlan M., 2004).

1° SETTORE				2° SETTORE		3° SETTORE		4° SETTORE	
Distanza (X10m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Distanza (X10m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Distanza (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Distanza (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Distanza (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
s.b.	0,273	16	0,017	14	0,047	90	0,009	90	0,538
1	0,017	17	0,122	33	0,202			180	0,682
2	0,024	18	0,027	53	0,075			310	0,930
3	0,050	19	0,081	172	0,511			440	0,991
4	0,182	20	0,120	215	0,586				
5	0,390	21	0,046						
6	0,184	22	0,056						
7	0,139	23	0,078						
8	0,177	24	0,033						
9	0,099	25	0,061						
10	0,033	26	0,018						
11	0,237	27	0,073						
12	0,203	28	0,027						
13	0,096	29	0,022						
14	0,155	30	0,031						
15	0,074								
		<b>Vtot 1°s.</b>	3,14	<b>Vtot 2°s.</b>	1,42	<b>Vtot 3°s.</b>	0,01	<b>Vtot 4°s.</b>	3,14
<b>Volume totale dell'intero tratto percorso (m<sup>3</sup>):</b>							<b>7,71</b>		



### 10.3 Rilievi del 2010

Tra il 14 e il 15 agosto 2010 delle forti precipitazioni investirono l'intero bacino del rio Rì innescando uno degli eventi alluvionali più intensi tra tutti quelli che colpiscono il bacino fino a quell'anno. L'avulsione dell'alveo tra la briglia a finestre e la briglia austriaca unita all'erosione delle sponde inglobò notevole materiale legnoso per lo più formato da arbusti, ramaglia e piccoli alberi.

Nei giorni successivi all'evento (17, 18 e 19 agosto 2010) venne effettuato, da parte del Ing. Masetto Carlo, il campionamento del suddetto detrito legnoso (Tab. 10.5).

*Tab. 10.5 Misure legname dell'agosto 2010 lungo il rio Rì (Masetto C., 2010)*

BATTUTA	DIAMETRO (cm)	LUNGHEZZA (m)	TIPO	n° cluster	NOTE
0-1	18	2	cluster	1	
	6	3.5	cluster	1	
	9	2.5	cluster	1	
	2	1.5	cluster	1	
	8	1.5	cluster	2	
	6	1	cluster	2	
	4	0.5	cluster	2	
	2	1	cluster	2	
	1	1	disperso, singolo		
	4	1.5	disperso, singolo		
	4	0.5	disperso, singolo		
1-2	5	1	cluster	3	
	3	0.5	cluster	3	
	2	0.5	cluster	3	
	4	0.5	cluster	3	
	3	1	cluster	3	
	2	1	cluster	3	
	4	1	cluster	3	
	5	1	disperso, singolo		
	3	0.5	disperso, singolo		
	14	2.5	disperso, singolo		
	12	2.5	log-step		
	2	0.5	disperso, singolo		
	4	1	disperso, singolo		
	6	1.5	disperso, singolo		
	1	0.5	disperso, singolo		
	9	0.5	disperso, singolo		
	2	0.5	disperso, singolo		
	3	0.5	disperso, singolo		
2	1	disperso, singolo			



	3	0.5	disperso, singolo		
	7	1	disperso, singolo		
	2	1	disperso, singolo		
	1	0.5	disperso, singolo		
	5	1	cluster	4	
	3	0.5	cluster	4	
	2	0.5	cluster	4	
	6	0.5	disperso, singolo		
	6	1	cluster	5	
	3	0.5	cluster	5	
	4	0.5	cluster	5	
	3	0.5	cluster	5	
2-3	3	0.5	disperso, singolo		
	2	0.5	cluster	6	
	3	0.5	cluster	6	
	4	1	cluster	6	
	2	0.5	cluster	6	
	2	0.5	disperso, singolo		
	4	1	log-step		
	5	1	cluster	7	
	5	0.5	cluster	7	
	4	1.5	cluster	7	
	2	2.5	cluster	7	
	6	1.5	cluster	7	
	4	1	cluster	7	
	3	0.5	cluster	7	
	4	1	cluster	7	
	3	4	cluster	7	
	3	2.5	cluster	7	
	4	3	cluster	7	
	1	1.5	cluster	7	
	1	1.5	cluster	7	
	1	2	cluster	7	
	1	1	cluster	7	
	6	0.5	disperso, singolo		
	7	1	cluster	8	
	5	2	cluster	8	
	7	1.5	cluster	8	
	4	1.5	cluster	8	
	2	1	cluster	8	
	4	1	cluster	8	
	6	1	cluster	8	
	3	0.5	cluster	8	
	4	0.5	cluster	8	
	5	0.5	cluster	8	
	3	0.5	cluster	8	
	3	0.5	cluster	8	
	8	1.5	singolo		
	4	1.5	cluster	9	
	4	1.5	cluster	9	
	2	1	cluster	9	
	2	0.5	cluster	9	
	7	1.5	singolo		
	4	1	singolo		
	6	1	singolo		
	4	0.5	singolo		
	3	1.5	singolo		
	1	0.5	singolo		
	6	0.5	singolo		
	2	0.5	singolo		
	4	1	singolo		
	2	1	singolo		
	6	1	log-step		



	14	1	log-step		metàà sotto masso e metà in alveo
	3	0.5	cluster	10	
	3	0.5	cluster	10	
	3	0.5	cluster	10	
	2	0.5	singolo		
	10	1.5	singolo		buona parte posta sotto masso ciclopico
	4	1	singolo		
	4	0.5	singolo		
	4	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	4	0.5	singolo		
	5	1.5	singolo		
	4	2	singolo		
	4	1	singolo		
	4	1.5	log-step		valore stimato
	3	1	singolo		
	3	1.5	singolo		
	5	1.25	singolo		
<b>3-4</b>	10	1.5	log-step		
	3	0.5	singolo		
	7	1.5	log-step		
	3	1	singolo		
	2	1	cluster	11	
	3	0.5	cluster	11	
		1	cluster	11	
	2	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	6	1	singolo		
	3	1	singolo		
	2	0.5	cluster	12	
	2	0.5	cluster	12	
	2	0.5	cluster	12	
	2	0.5	cluster	12	
	3	0.5	cluster	12	
	2	1	cluster	13	
	2	1	cluster	13	
	3	1.5	cluster	13	
	4	0.5	cluster	14	questo cluster ha originato una piccola barriera su cui sin è depositato materiale
	3	0.5	cluster	14	
	3	0.5	cluster	14	
	3	0.5	cluster	14	
	5	1.5	singolo		
	3	1	singolo		
	10	1	log-step		
	3	2	cluster	15	questo cluster è posto sopra grande ceppaia
	4	2.5	cluster	15	
	9	2	cluster	15	
	5	0.5	cluster	15	
	14 (30 -70) 14	2 (0.59)	ceppaia		la ceppaia sostiene il cluster 15 e fa da sbarramento
	4	1.5	singolo		
	3	1.5	singolo		
	3	1	singolo		
	3	0.5	singolo		
	5	1.5	singolo		
	3	2	singolo		
	4	1	singolo		
	11	1.5	singolo		
	3	0.5	cluster	16	
	4	1	cluster	16	
	2	0.5	cluster	16	
	9	1	cluster	17	
	8	1	cluster	17	
	8	1	cluster	17	



4-5	4	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	8	2	singolo		
	2	0.5	singolo		
	4	1	singolo		
	9	0.5	singolo		
	3	1	singolo		
	5	0.5	singolo		
	4	0.5	singolo		
	7	2	singolo		
	2	1	singolo		
	5	1	singolo		
	7	3	singolo		albero di piccole dimensioni ancora piantato ma morto
	6	5.5	singolo		albero di piccole dimensioni ancora piantato ma morto
	8	1.5	singolo		
	20	2	log-step		lunghezza stimata-grosso pezzo sommerso
	6	0.5	singolo		
	5	0.5	singolo		
	10	0.5	singolo		
	4	0.5	singolo		
	8	5.5	singolo		albero morto, piegato ma ancora ancorato al terreno
5-6	3	0.5	singolo		
	4	0.5	singolo		
	6	2	log-step		interrato
	10 (12) 30	1.5	ceppaia		
	5	1	singolo		
	3	0.5	singolo		
	3	1.5	log-step		
	4	4	singolo		
	3	0.5	singolo		
	2	0.5	singolo		
	7	1	log-step		
	2	1	singolo		
	6	0.5	singolo		
	5	0.5	singolo		
	8	2	cluster	18	
	2	2	cluster	18	
	7	0.5			
6-7	8	1	cluster	19	
	5	1	cluster	19	
	5	1.5	cluster	19	
	6	1	cluster	19	cluster 19 e 20 sono molto vicini, potrebbero diventare un unico cluster
	3	0.5	cluster	19	
	10	3	cluster	19	
	6	1	cluster	19	
	4	1	cluster	20	
	6	1	cluster	20	
	4	1.5	cluster	20	
	3	0.5	cluster	20	
	3	0.5	cluster	20	
	4	0.5	cluster	20	
	7	0.5	cluster	20	
	6	0.5	cluster	20	
	4	0.5	cluster	20	
	3	1.5	cluster	20	
	4	0.5	singolo		
	8	2	singolo		
	4	1.5	log-step		
	4	0.5	log-step		
	3	0.5	log-step		
	2	0.5	singolo		



	7	1	log-step		
	4	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	2	1.5	singolo		
	2	0.5	singolo		
	2	1	singolo		
<b>7-8</b>	4	0.5	singolo		danneggiato
	4	1	singolo		
	13 (25-50)	1 (0.5)	ceppaia		ceppaia incastrata sotto masso
	9	1.5	log-step		
	3	1	singolo		
	10	2.5	singolo		
	6	2	singolo		
	9	1.5	singolo		
	15	1	cluster, log-step, radici	21	
	15	0.5	cluster, log-step, radici	21	
	5	0.5	cluster, log-step, radici	21	
	6	2.5	cluster, log-step, radici	21	
	2	0.5	singolo		
<b>8-9</b>	4	0.5	singolo		
	5	0.5	singolo/log-step		
	12-40	6 (0.35)	ceppaia		
	4 (8-17)	3 (0.33)	ceppaia		
	4	0.5	singolo		
	4	1	singolo		
	4	0.5	singolo		
	8	0.5	singolo		
	3	1	singolo		
	2	1	singolo		
	4	1	singolo		
<b>9-10</b>	3	1	cluster	22	
	2	0.5	cluster	22	
	2	0.5	cluster	22	
	3	1	singolo		
	3	1.5	singolo		
	4	1	singolo		
	13 (22-95)	5.5 (1.13)	ceppaia		molto fogliame verde
	22 (25-60)	2 (0.4)	ceppaia		ramificazione quasi parallela
	8	1.5			
<b>10-11</b>	2	0.5	singolo		
	7	1.5	log-step		
	6 (8-67)	5 (0.6)	ceppaia		molto fogliame secco
	5 (7-26)	3 (1.15)	ceppaia		fogliame verde
	5	1.5	singolo		
	5	1	singolo		
	8	1.5	singolo		
	7	1	singolo		
	8	1.5	singolo		sotterrato, lunghezza stimata
<b>11-12</b>	12	2.5	singolo		
	5	1.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	5	1.5	log-step		stimato
	3	0.5	singolo		
	7	1.5	log-step		stimato
	4	2.5	singolo		



	5	//	radice		ingombro: 60*80*45 (cm)
	9	1.5	singolo		
	9	2	log-step		
	3	0.5	singolo		
	4	3	singolo		incastrato su masso
	6	2	log-step		stimato
	5	0.5	singolo		
	6	0.5	singolo		
	5	1.5	log-step/cluster	23	sono legati piccoli pezzi di legno
	6	1.5	log-step/cluster	23	
	5	1	log-step/cluster	23	
	5	1.5	log-step/cluster	23	
	6	1.5	singolo		
	5	4.5	cluster	24	parzialmente sotterrato
	5	1	cluster	24	
	4	1.5	cluster	24	sotterrato
	6	1.5	cluster	24	sotterrato
	8	1.5	singolo/log-step		
<b>12-13</b>	2	1.5	singolo		
	4	1	singolo		
	3	1	singolo		
	3	1.5	cluster	25	
	2	0.5	cluster	25	
	4	2	singolo		
	4	1.5	cluster	26	presenza di rametti insignificanti
	3	1	cluster	26	presenza di rametti insignificanti
	11	1.5	log-step		
	4	0.5	singolo		
	4	0.5	singolo		
	1.2	1.5	log-step		lunghezza stimata
	3	0.5	singolo		
	3	1	singolo		
	8	1	singolo		
	5	2.5	singolo		
	2	0.5	singolo		
	6	1.5	log-step		
	10	1.5	ceppia/cluster	27	non si è considerato ceppia perché difficile da individuare le radici, alternativamente considero il volume 2,3*2,5*1,1
	10	1	ceppia/cluster		
	8	2	ceppia/cluster		
	7	1	ceppia/cluster		
	5	1	ceppia/cluster		
	4	1	ceppia/cluster		
	6	0.5	ceppia/cluster		
	7	0.5	singolo		
	5	1	singolo		
<b>13-14</b>	6	1.5	singolo		
	3	1	singolo		
	4	1.5	singolo		
	4	1	singolo		
	7	0.5	singolo		
	7	2	cluster	28	
	2	0.5	cluster	28	
	2	0.5	cluster	28	
	2	0.5	cluster	28	
	8	1.5	singolo		
	2	0.5	singolo		
	7	0.5	singolo		con radici, circa 20*1.5
	5	0.5	singolo		
	5	1.5	log-step		



14-15	3	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	2 (95)	2.5	ceppaia		radici con forma piuttosto cilindrica, tre alberelli con le stesse radici (D:95, H:55)
	3 (95)	1.5	ceppaia		
	2 (95)	1.5	ceppaia		
	14	3.5	log-step/cluster	29	
	18	3	log-step/cluster	29	log-step di traverso all'alveo che trattiene diversi massi, il cluster 29 è un ammasso di legname e massi incastrati e sotterrati l'uno sotto l'altro, quasi tutto il legname è sotterrato quindi la lunghezza in tutti i casi è stata stimata
	8	1.5	log-step/cluster	29	
	8	1	log-step/cluster	29	
	5	1.5	log-step/cluster	29	
	6	1.5	log-step/cluster	29	
	7	1	log-step/cluster	29	
	6	1	log-step/cluster	29	
	12	2	log-step/cluster		
	12	1.5	log-step/cluster	29	
	3	0.5	singolo		
	4	1	singolo		
	8 (10-76)	6 (1.3)	ceppaia		
	10	2	cluster	30	incastrato sotto la ceppaia precedente
	6	2.5	cluster	30	
	6	1.5	cluster	30	
	7	1	cluster	30	
	5	1	cluster	30	
	8	1.5	cluster	30	
	6	1	singolo		
	5	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	3	1.5	singolo		
	7	2	singolo		
	3	0.5	singolo		
	8	1	log-step		
			ammasso radici/cluster		volume approssimato: 45*95*1
			ammasso radici/cluster		volume approssimato: 40*30*1.1
	4	1.5	cluster	31	
	6	0.5	cluster	31	
	5	0.5	cluster	31	
	4	0.5	cluster	31	
	7	1.5	singolo/log-step		sono sotterrati e sembrano legati, lunghezza stimata
	8	1.5	singolo/log-step		
	2	0.5	singolo		
	6	1.5	log-step/cluster	32	sono quasi tutti sotterrati di conseguenza la lunghezza è stata stimata
	7	2	log-step/cluster	32	
	8	1.5	log-step/cluster	32	
	6	1.5	log-step/cluster	32	
	4	1	singolo		
	10	1.5	cluster	33	
	5	1	cluster	33	
	4	1.5	cluster	33	
	4	1	cluster	33	
	7	1	cluster	33	
	5	0.5	cluster	33	
	5	0.5			
			ammasso misto		volume approssimato: 20*35*80
	7	1	cluster	34	
	4	1.5	cluster	34	
	5	1	cluster	34	
	10 (0.25-0.8)	3 (0.5)	ceppaia		ceppaia sotto cluster
	10 (0.25-0.8)	3 (0.5)	ceppaia		
	5	1.5	cluster	34	
	5	1	cluster	34	
	6	1	cluster	34	
	5	1	cluster	34	



<b>15-16</b>	3	7	singolo		
	4	1.5	cluster	35	
	5	2	cluster	35	
	7	1.5	cluster	35	
	4	1.4	cluster	35	
	6 (9-115)	4.5 (0.8)	ceppaia		
	3 (7-47)	2 (0.55)	ceppaia		
	2	0.5	singolo		
	3	1	singolo		
	5	0.5	singolo		
	5 (12-78)	5.5 (0.6)	ceppaia		adagiata sulla sponda destra
	2	1.5	singolo		
	6	5	ceppaia		sepolta per buona parte, impossibile estrarla
	7	1	singolo		
	2	0.5	singolo		
	2	0.5	singolo		
	7	1	singolo		
	7	1.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	7	2	singolo		
	3	2	singolo		
<b>16-17</b>	3	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	4	0.5	singolo		
	15	1	singolo		
	2	2	singolo		
	12	0.5	singolo		
	2	0.5	log-step/cluster	36	
	4	0.5	log-step/cluster	36	
	4	1.5	log-step/cluster	36	
	5	1	log-step/cluster	36	
	5	1.5	log-step/cluster	36	
	7	1.5	singolo		
	4	2	singolo		
	5	1	singolo		
	6	0.5	singolo		
	4	1.5	singolo		
	13	2	log-step/cluster	37	
	6	1.5	log-step/cluster	37	lunghezza stimata
	8	2	log-step/cluster	37	lunghezza stimata
	5 (7-95)	3.5 (40)	ceppaia		
	28	1			pezzo staccato di corteccia
	9	0.5			
	3	0.5	cluster	38	
	3	0.5	cluster	38	
	4	0.5	cluster	38	
<b>17-18</b>	4	0.5	singolo		
	7	2	singolo		
	4	1	singolo		
	2	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	7	1	singolo		
	21	2.5	log-step/cluster	39	
	9	1.5	log-step/cluster	39	
	6	1.5	log-step/cluster	39	
	8	1	log-step/cluster	39	
	10	2	log-step/cluster	39	
	7	1.5	log-step/cluster	39	
	5	1.5	log-step/cluster	39	



	6	1	log-step/cluster	40	aggregati di detriti e legname
	7	2	log-step/cluster	40	
	6	2	log-step/cluster	40	
	3	1	log-step/cluster	40	
	10	1.5	log-step/cluster	40	
	8	1.5	log-step/cluster	40	
	4	1	singolo		
	8	1.5	singolo		
	4	0.5	singolo		
	5	1	singolo		
	35 (90)	2.5	singolo		tronco di grandi dimensioni
	5	1	cluster	41	
	9	1	cluster	41	
	7	2	cluster	41	
	3	1	cluster	41	
	32	1	singolo		cippo di legno
	5	0.5	singolo		
	8	1.5	cluster	42	
	14	1.5	cluster	42	
	10	1.5	cluster	42	
	5	1	cluster	42	
	3	1.5	cluster	42	
	10	0.5	cluster	42	
	11	0.5	cluster	42	
	24	1.5	log-step		
	7	1.5	singolo		
	6 (12-95)	3.5 (0.8)	ceppaia		spoglia, anche di radici
	9 (13)	4	ceppaia		spoglia, radici interrato e quindi il diametro non è misurabile
	3	3	singolo		
	5	2	singolo		
	8	2	singolo		
	4	1	singolo		
	5	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	4 (8-45)	4 (0.4)	ceppaia		spoglia anche di radici
	<b>da qui in poi la dicitura log-step/cluster viene sostituita dalla siglia LSC per indicare il gruppo</b>				
<b>18-19</b>	6	1.5	singolo		
	4	0.5	singolo		
	7	0.5	singolo		
	5	1	singolo		
	3	1	cluster	43	
	2	1	cluster	43	
	2	0.5	cluster	43	
	1	0.5	singolo		
	2	1.5	singolo		
	2	0.5	singolo		
	3	1	singolo		
	3	1	singolo		
	4	1.5	log-step		
	11 (15-1.5)	6 (0.6)	ceppaia/log-step		
	6	1.5	singolo		
	7	1	singolo		
	3	3	LSC		
	5	2.5	LSC		
	4	2.5	LSC		
	3	2	LSC		
	3	1	LSC		
	7	1.5	LSC		
	4	0.5	LSC		
	4	1.5	LSC		



	10	1	LSC		
	8	1	LSC		
	6	1.5	LSC		
	8	1	LSC		
	5	1.5	LSC		
	5	1.5	LSC		
	4	0.5	LSC		
	8	1.5	LSC		
	4	0.5	LSC		
	4	1	LSC		
	6	2	LSC		
	4	0.5	singolo		
	2	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	4	0.5	singolo		
	2	1.5	singolo		
	5	1	singolo/log-step		
	2	2	singolo		
	4	1.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	3	1	singolo		
	2	0.5	singolo		
	7	1.5	singolo		
	7	0.5	singolo		
	5	1	singolo		
	3	0.5	singolo		
	5	0.5	singolo		
	5	0.5	singolo		
	6	2	singolo		
<b>19-20</b>	4	0.5	singolo		
	2	0.5	singolo		
	6	1	singolo		
	6	0.5	singolo		
	5	1	LSC		
	5	1	LSC		
	6	0.5	LSC		
	3	0.5	LSC		
	2	1	singolo		
			ammasso radici		D:45, h:0.5
	4	1	LSC		con rametti e massi (la lunghezza è stata stimata)
	5	1.5	LSC		
	8	2	LSC		
	8	2	LSC		
	9	1.5	LSC		
	7	1	LSC		
	3	1.5	LSC		
	3	1	LSC		
	16	1	singolo		
	10	1.5	singolo		
	6	1	cluster	44	
	3	0.5	cluster	44	
	7	1	cluster	44	
	7	1	cluster	44	
	5	1	singolo		



20-21	6	1	log-step/singolo		
	4	2	singolo		
	3	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	12	1.5	singolo		
	8	1.5	singolo		
	4	1	singolo		
	3	0.5	singolo		
	8	2.5	LSC		
	8	1.5	LSC		
	5	0.5	LSC		
	4	0.5	LSC		
	6	0.5	LSC		
	4	1	LSC		
	3	0.5	LSC		
	9	1.5	singolo		
	4	1	singolo		
	2	0.5	singolo		
	13	1.5	singolo		
	5	3	singolo		
	9	1.5	LSC		
	4	1	LSC		
	4	1	singolo		
	3	3	singolo		
	4	1	singolo		
	5 (8-45)	4 (0.35)	ceppaia		messa di traverso su pianta in spoda
	7	1.5	singolo		
	6	1	singolo		
21-22	6	1	log-step		
	8	1	log-step		
	6	1.5	LSC		
	5	0.5	LSC		
	8	0.5	LSC		
	6	1.5	LSC		
	5	1	LSC		
	4	1.5	LSC		
	5	0.5	LSC		
	20	1.5	LSC		pezzo molto tozzo e irregolare
	3	0.5	singolo		
	6	1	singolo		
	3	0.5	singolo		
	2 (4-30)	2.5 (0.15)	ceppaia/cluster		
	2 (4-25)	1.5 (0.2)	ceppaia/cluster		
	6	0.5	singolo		
	7	1	singolo/log-step		
	8	3	LSC		
	4	0.5	LSC		
	8	1	LSC		
	5	1	LSC		
	6	1	LSC		
	7	1	LSC		
	4	1	LSC		
	5	1	LSC		
	5	0.5	LSC		
	7	0.5	LSC		
	2	2	LSC		
	8 (12-50)	2.5 (0.4)	ceppaia		legata al log step precedente, radici legate fra loro
	11 (20-60)	1.5 (0.3)	ceppaia		legata al log step precedente, radici legate fra loro
	6	1	singolo		
	10	1.5	singolo/log-step		



	5	2	singolo		
	4	1.5	singolo		
	7	0.5	singolo		
	3	1.5	singolo		
	2	0.5	singolo		
	3	1	singolo		
	6	1	singolo		
	2	0.5	singolo		
	2	1	singolo		
	21 (46)	2			ceppaia sotterrata con log-step, priva di radici
	2	0.5	log-step		
	4	0.5	log-step		
	3	0.5	log-step		
<b>22-23</b>	3	1	singolo		
	2	1.5	singolo		
	8	2	LSC		
	9	2.5	LSC		
	10	1	LSC		
	7	1.5	LSC		
	7	0.5	LSC		
	8	1.5	log-step/singolo		
	5	2	LSC		
	5	1.5	LSC		
	7	1	LSC		
	6	1	LSC		
	5	2.5	LSC		
	6	0.5	LSC		
	5	1	LSC		
	7	1.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	18	1.5	singolo		molto irregolare
	9	1	LSC		
	9	1	LSC		
	5	0.5	LSC		
	4	1	singolo		
	3	0.5	singolo		
	6	1.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	2	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	5	0.5	singolo		
	2	0.5	singolo		
	6	1.5	singolo		
	7	1.5	log-step/singolo		
	5	0.5	singolo		
	8 (12-25)	1.5 (0.4)	ceppia/log-step		
	5	1	singolo		
	3	0.5	singolo		
	6	0.5	singolo		



23-24	5	1	singolo	
			ammasso radici-sterpaglia	2*0.6*0.8
			ammasso radici-sterpaglia	0.9*0.7*0.2
	5	1.5	singolo	
	2	0.5	singolo	
	2	1	singolo	
	6	2	singolo	
	7	1.5	singolo	
	9	1	singolo	
	3	1	singolo	
	7	0.5	singolo	
	6	1.5	singolo	
	3	1	singolo	
	8	1	singolo	
	2	0.5	singolo	
	3	0.5	singolo	
	6	0.5	singolo/log-step	
	4	1	singolo/log-step	
	3	0.5	singolo	
24-25	in questo punto due grossi tronchi sono posto trasversalmente formando un salto e trattenendo molto materiale detritico			
	25	5	primo tronco	
	15	5	secondo tronco	
	70-150	0.8	radici tronchi	
	18	2	singolo	
	15	2.5	tronco interrato	
	7	2.5	LSC	
	5	1.5	LSC	
	3	0.5	singolo	
	4	0.5	singolo	
	7	2.5	cluster/ceppaia	legati al log step dei due tronchi assieme a delle piante con radici ancora ancorate al terreno ma prossime al distacco, poco fogliame e presenza di materiale detritico fine
	4	1	cluster/ceppaia	
	5	1.5	cluster/ceppaia	
	4	2.5	cluster/ceppaia	
	3	2	cluster/ceppaia	
	2	1	cluster/ceppaia	
	2	1	cluster/ceppaia	
			radici	
	3	2	cluster/radici/rami	posti appena sopra il cluster sopra descritti
	3	1.5	cluster/radici/rami	
	2	1	cluster/radici/rami	
	3	2.5	cluster/radici/rami	
	2	1.5	cluster/radici/rami	
	4	1.5	LSC	
	3	1.5	LSC	
	5	1	LSC	
	3	0.5	LSC	
	7	1	LSC	più ramaglie varie
	8	1	LSC	
	5	1	LSC	
25-26	6 (8-35)	2.5 (0.2)	singolo/ceppaia	radici spoglie
			radici	volume stimato 0.8*0.5*0.3
	7	0.5	singolo	
	6	1	singolo/log-step	
	3	1	singolo	
	4	1	singolo	
	5	1	singolo	
			radici	volume stimato 0.9*0.2*0.04
	7	1.5	singolo	
	8	1	singolo	



26-27	3	0.5			sulla sponda sinistra presenza di pino pericolante
	7	4	ceppaia		lunghezza stimata
	3	1.8	ceppaia		sotterrata da detriti, la misura è riferita alla parte visibile
	7	0.4	ceppaia		sotterrata da detriti, la misura è riferita alla parte visibile
	3	1.5	singolo		formati da detriti, forma ad arco e per metà sommerso
	8	1.5	cluster		
	4	1	cluster		
	7	1.5	cluster		
	4	1	cluster		
	3	1	cluster		
	6	0.5	cluster		
	10	1	cluster		
	5	1	singolo		
	8	5	ceppaia		fusto in alveo, radici sotterrate in sponda, valutabile solo il diametro visibile del fusto
	3	0.5	singolo		
	4	0.5	singolo		
	2	1	singolo		
	4	1	singolo		
	7	2.5	log-step/singolo		
	12	2.5	singolo		con due biforcazioni parallele, con d:6 e d:7
	6-11	3	ceppaia		senza apparato radicale, con ramificazioni
	4	0.5	singolo		
27-28	6	2.5	ceppaia		presenza di numerose ceppaie in gran parte interrate, per tanto è stata rilevata solo l'altezza che esce dal terreno, in caso di piena potrebbero essere portate a valle. La sponda dx come la sx è rialzata, mentre l'alveo è scavato e questo trattiene molto fogliame e ramaglie
	3	1.5	ceppaia		
	5	3	ceppaia		
	10 (15-80)	3 (0.55)	ceppaia		
	4	2.5	ceppaia		
	2	2	ceppaia		
	2	2	ceppaia		
	2	0.5	ceppaia		
	9	1.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
28-29	4	3.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	7 (12)	3.5	ceppaia		ceppaia in alveo come quelle sopra descritte
	4	2	singolo		
	5	0.5	singolo		
	7	1	log-step		
	6	1	log-step		
	9	2.5	singolo		
	7	1	log-step		in parte in alveo
	4	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	4	1	singolo		
	4	0.5	singolo		
	5	0.5	singolo		
	5	1	singolo		
	5	1	singolo		
	8	2.5	singolo		
	2	0.5	singolo		
	4	1	singolo		
	9 (17-80)	2.5 (0.45)	ceppaia		
	4	1	singolo		
	5	1.5	singolo		



29-30	6	1.5	ceppaia/singolo		
	6	2.5	singolo		
	5	0.5	singolo		
	5	1	singolo		
	4	0.5	singolo		
	4	1	singolo		
	3	0.5	singolo		
	6	0.5	singolo		
	5	1	singolo		
	4	0.5	singolo		
	5	1	singolo		
	12	2	log-step		ammasso ben consolidato che ha trattenuto alcuni massi di grandi dimensioni, la lunghezza è stata stimata
	4	0.5	log-step		
	5	0.5	log-step		
	8	1	log-step		
	4	1	log-step		
	14	3.5	log-step/tronco		unica pianta con due tronchi, lunghezza stimata
	11	3.5	ceppaia		
	36-60	0.7	radici		
	13	0.5	singolo		ceppo irregolare
	6	1	cluster		
	14	1.5	cluster		
	17 (25-70)	7.5 (0.5)	ceppaia		
7	2	cluster su pianta		legname incastrato su tre piante e su un tronco molto lungo che sostengono l'intero ammasso di legname e detriti. La tre piante sono danneggiate e nonostante siano ancora ancorate al terreno sono destinate a morire, sono quindi potenzialmente pericolose.	
6	1	cluster su pianta			
8	1.5	cluster su pianta			
5	0.5	cluster su pianta			
8	2	cluster su pianta			
6	3	cluster su pianta			
8	6	cluster su pianta			
12	1	cluster su pianta			
4	1	cluster su pianta			
4	1.5	cluster su pianta			
6	0.5	cluster su pianta			
15	2.5	tronco sotto			
6	1.5	cluster su pianta		per questo ammasso vale la descrizione vista sopra ma con una sola pianta. La lunghezza è stata stimata in quanto gli elementi non sono completamente visibili	
4	1	cluster su pianta			
8	1	cluster su pianta			
3	1.5	cluster su pianta			
7	1	cluster su pianta			
7	2	cluster su pianta			
6	0.5	cluster su pianta			
5	4	cluster su pianta			
6	5	cluster su pianta			
8	1.5	cluster su pianta			
12	2.5	cluster su pianta			
4 (6-40)	3 (0.2)	ceppaia			
6	2	singolo			
5	1	singolo			
8	0.5	singolo			
6	5	singolo			
2	1	singolo			
30-31	7	2	singolo		
	2	0.5	singolo		
	4	0.5	singolo		
	6	2	singolo		
	16 (30-50)	3 (0.3)	cluster/log step		detriti incastrato su di una pianta ancora ancorata al terreno sulla sponda sinistra. Alcune lunghezze sono state stimate, non essendo possibile misurarle direttamente
	6	2	cluster/log step		
	7	2.5	cluster/log step		
5	1	cluster/log step			



	8	1.5	cluster/log step	
	6	1	cluster/log step	
	10	2.5	cluster/log step	
	5	1	cluster/log step	
	7	0.5	cluster/log step	
	4	2.5	cluster/log step	
	4	1.5	cluster/log step	
	14 (22)	8	ceppaia	ceppaia facente parte del cluster suddetto, radici sotterrate, ma visibilmente staccato
	3	2	cluster/log step	
	4	1	cluster/log step	
	4	1.5	cluster/log step	
	7	0.5	cluster/log step	
	5	1	cluster/log step	
	3	1	cluster/log step	
	2	1.5	cluster/log step	
	8	2	cluster/log step	
	11 (15)	4	ceppaia	
	5	1	singolo	
	2	1.5	singolo	
	7	1.5	singolo	
	4	0.5	singolo	
	3	0.5	singolo	
			ammaso radici	volume stimato 0.5*0.8*0.1
	7 (14-40)	2.5 (0.2)	ceppaia	completamente spoglia e secca
	18	1	singolo	
	9 (11-20)	2.5(0.1)	ceppaia	aggrappata su pianta
	3	1	singolo	
	5	2	singolo	
	3	1	singolo	
	4	1	singolo	
	12	1.5	log-step-singolo	
	4	2	singolo	
	2	2	singolo	
	3	1	singolo	
	2	1	singolo	
	4	0.5	singolo	
	4	0.5	singolo	
	9	1	singolo	
	4	0.5	singolo	
	4	1	singolo	
	5	0.5	singolo	
	3	2	singolo	
			ammaso radici/ceppaie	
	5	3.5	ceppaia	volume stimato 0.4*0.9*1, insieme di ceppaie con radici ancora ancorate al terreno ma destinate a staccarsi
	6	4	ceppaia	
	7	4	ceppaia	
	7	4	ceppaia	
	5	3.5	ceppaia	
	6	5	ceppaia	
	3	4	ceppaia	
	3	2	singolo	
	9	1	singolo	
<b>31-32</b>	9 (16-60)	6 (0.3)	ceppaia	radici spoglie
	9 (12-35)	2 (0.4)	ceppaia	completamente secca
	6	0.5	cluster	
	5	0.5	cluster	
	3	0.5	cluster	
	4	0.5	cluster	
	3	0.5	cluster	
	2	0.5	cluster	



	3	1	cluster		
	5	1	singolo		
	7	1.5	singolo		
	6	1	singolo		
	5	0.5	singolo		
	5	0.5	singolo		
	12	2	log-step		lunghezza stimata
	6 (11-40)	4 (0.5)	ceppaia/log-step		
	4	2.5	log-step		
	8 (12)	2	ceppaia/log-step		
	4	2	log-step		
	10	1.5	singolo		
	6	1	singolo		
	6	1.5	singolo		
	8	3.5	singolo		
	7	0.5	singolo		
	4	1	singolo		
	3	1	singolo		
	2	1.5	singolo		
	6	1	singolo		
	3	2	singolo		
	3	2	singolo		
	3	1.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	3	1.5	singolo		
	4	0.5	singolo		
	3	1	singolo		
	4	0.5	singolo		
<b>32-33</b>	7	1	cluster su albero		
	8	2	cluster su albero		
	7	1.5	cluster su albero		
	3	0.5	cluster su albero		
	3	0.5	cluster su albero		
	6	0.5	cluster su albero		
	2	0.5	cluster su albero		
	5	0.5	cluster su albero		
	6	1	cluster su albero		
	5	1	cluster su albero		
	3	1	cluster su albero		
	2	1	cluster su albero		
	6	0.5	cluster su albero		
	2	1.5	cluster su albero		
	8	2	cluster su albero		
	3	1	cluster su albero		
	3	0.5	cluster su albero		
	7	1	cluster su albero		
	11	1	cluster su albero		
	8	1.5	cluster su albero		
	2	2	singolo		
	6	1.5	singolo		
	5	2.5	singolo		
	2	3	singolo		
	5	0.5	singolo		
	3	1	singolo		
	4	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	7	1	singolo		
	5	1	singolo		
	4	1	singolo		
	5	1.5	singolo		



	10	1	singolo		
	2	0.5	singolo		
	7	2	log-step/singolo		molto incastrato ma visibile
	3	0.5	singolo		
	5	1.5	LSC		
	7	1	LSC		
	6	0.5	LSC		
	3	0.5	LSC		
	12	1.5	LSC		
	5	1	cluster		
	3	0.5	cluster		
	4	0.5	cluster		
	2	2	cluster		
	4	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	4	1	singolo		
	4	0.5	singolo		
	5	1.5	singolo		
	3	1	singolo		
	3	1	singolo		
<b>33-34</b>	4	1	singolo		
	5 (18)	4	ceppaia		queste tre ceppaie fanno parte di un'unica radice, ancora ancorata al terreno ma prossime al distacco
	8 (18)	3	ceppaia		
	6 (18)	2.5	ceppaia		
	2	1	singolo		
	3	1	singolo		
	5	1	singolo		
	5	1	log-step/singolo		
	7	1.5	singolo		
	2	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	6	0.5	singolo		
	7	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	4	1	singolo		
	6	1	singolo		sulla sponda dell'alveo inciso (a destra) è presente un ammasso di radici e ramaglie, con spessore di almeno un metro, larghezza di circa 0.5 m, ma è in gran parte sotterrato
<b>34-35</b>	in questa battuta la maggior parte del legname è stato rilevato sulla sponda sinistra, il talveg è praticamente libero				
	4	1	singolo		
	3	1	singolo		
	2	0.5	singolo		
	5	1	singolo		
	8	1	singolo		
	11	2	singolo		
	3	1	singolo		
	4	2	singolo		
	14	0.5	singolo		incastrato su pianta
	7 (10-30)	2.5 (0.3)	ceppaia		completamente secca
	11	2	singolo		
	2	0.5	cluster/log- step su pianta		
	5	1	cluster/log- step su pianta		
	4	0.5	cluster/log- step su pianta		
	5	0.5	cluster/log- step su pianta		
	3	1	cluster/log- step su pianta		
	5	1	singolo		
	4	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		



	13	1.5	singolo		fermi su pianta ma non sotterrati
	9	1	singolo		
	7	1	singolo		
	5	0.5	singolo		due tronchi
	10	2.6	ceppaia		
	10	1	ceppaia		
	25-70	0.45	base radice		
	4 (8-50)	5 (0.45)	ceppaia		ancorata al terreno ma instabile
	6-10	2	ceppaia		senza radici, ancorata al terreno ma pericolante, questa radice come la precedente è difficile da misurare perché
	3	0.5	singolo		
	2	1	singolo		
	5	1	singolo		
	6	0.5	singolo		
	8	1	singolo		
	6	1	singolo		
	5	1	singolo		
	3	1.5	singolo		
	5	1	singolo		
	7	1	singolo		
	6	0.5	singolo		essendo interrati la lunghezza è stata stimata
	3	1			possibile cluster, lunghezza stimata
	2	1			
	6	0.5			
	4	0.5			
	6	0.5			
<b>35-36</b>	6	1	log-step/singolo		
	4	0.5	singolo		
	8	0.5	singolo		
	3	1	singolo		
	4	1	singolo		
	6	1	singolo		
	12	1.5	singolo		
	4	1.5	singolo		
	4	1	singolo		
	5	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	12	1	singolo		
	2	0.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
<b>36-37</b>			ammasso radici		volume stimato 0.1*0.35*0.2
	6	1.5	ceppaia		deposito
	4	1	singolo		
	3	0.5	singolo		
	2	1	singolo		
<b>37-38</b>	6	1.5	singolo		
	8	2.5	singolo		
	4	1.5	singolo		
	2	2	singolo		
	7	1.5	singolo		
	6	4	singolo		
	4	3.5	singolo		
	4	0.5	singolo		
	3	1	singolo		



	3	0.5	singolo		
	5	1.5	singolo		
	3	1.5	singolo		
	3	1.5	singolo		
	9	0.5	singolo		
	4	1	singolo		
	6	1.5	singolo		
	3	0.5	singolo		
	2	1	singolo		
	6	1	singolo		
	8	2	singolo		
	4	2.5	singolo		con rami e foglie
	5	3.5	singolo		
	3	2	singolo		
	3	2.5	singolo		
	4	1.5	singolo		
	5	1.5	singolo		
<b>38-39</b>	3	2.37	cespugli		
	3	2.42	cespugli		
	7	4.95	albero		
	3	1.1			
			ammasso radici		volume stimato 0.75*0.65*0.4
	3	0.98	singolo		
	4	0.6	singolo		
<b>39-40</b>	6 (14-65)	110 (30)	ceppaia		
	7 (8-30)	1.3 (0.4)	ceppaia		
	8	0.6	singolo		
	8	1.6	singolo		
	2	1.04	singolo		
	2	1.2	singolo		
	2	1.52	singolo		
	2	0.93	singolo		
	4	1.9	cluster		con ramaglie e fogliame
	2	1.9	cluster		con ramaglie e fogliame
	2	1.9	cluster		con ramaglie e fogliame
			ceppaia con radici		volume stimato 0.3*0.3*0.10
	12	1	cluster		con ramaglie e fogliame
	8	2.1	cluster		con ramaglie e fogliame
	6	1.7	cluster		con ramaglie e fogliame
	5	6	cluster		con ramaglie e fogliame
	4	4.25	cluster		con ramaglie e fogliame
	6	2.2	singolo		
	5	2.6	singolo		
	7	3	singolo		
	7	2.9	singolo		
	5	1.6	singolo		
	3	1.2	singolo		
<b>40-41</b>	20-44	0.3	ammasso radici		
	5	1.8	singolo		
	3	3.5	singolo		
	7	1.4	singolo		
	6	0.37	singolo		
	3	1.55	rami singoli		
	4	1.95	rami singoli		
	2	1.04	rami singoli		
	2	1.25	singolo		



## 10.4 Rilievi del 2011

In data 21 maggio 2011 è stato effettuato il campionamento del legname presente lungo l'alveo del rio Rì e del rio Val Scura, più precisamente i tratti analizzati sono i seguenti:

- **Rio Rì:** settore compreso tra la briglia filtrante (briglia n°6 secondo il catasto delle opere del Servizio Bacini Montani) e la briglia n° 9 (Fig. 10.3).
- **Rio Val Scura:** settore compreso tra la briglia filtrante (briglia n°16 secondo il catasto delle opere del Servizio Bacini Montani) e la briglia n° 7 (Fig. 10.3).

Il rilievo del legname è stato effettuato mediante l'utilizzo di cavalletto dendrometrico e seguendo la metodologia descritta precedentemente. In tabella 10.6 e 10.7 sono riportati i risultati ottenuti dal campionamento.

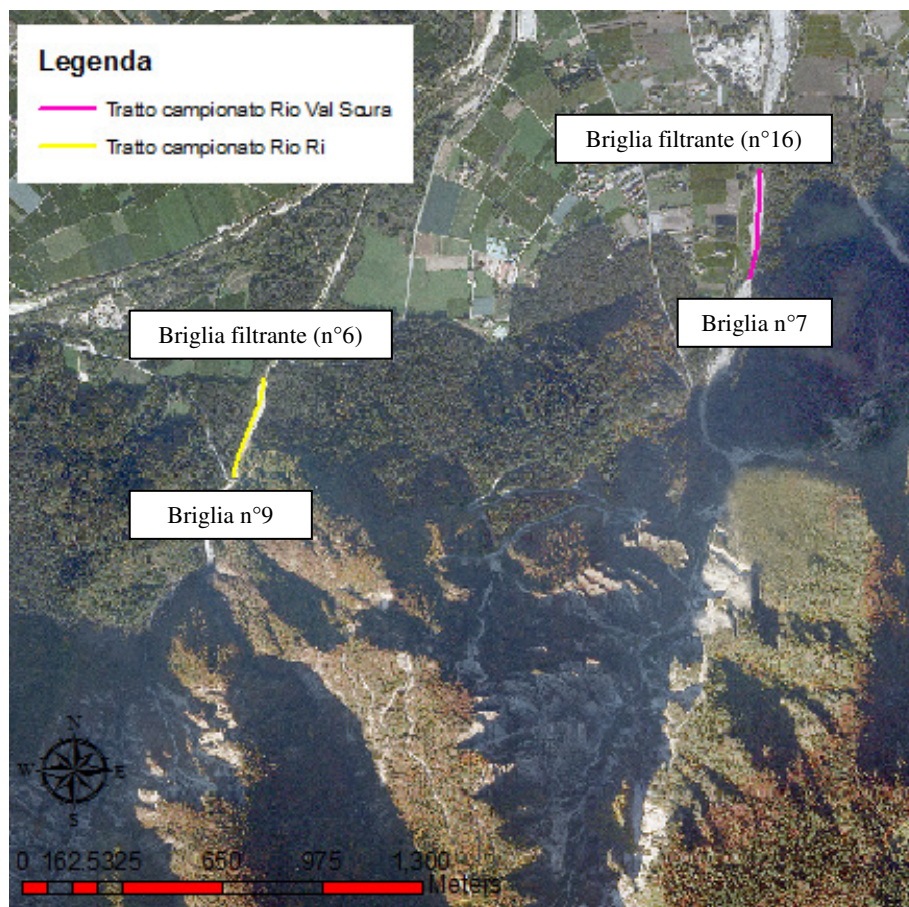


Fig. 10.3 Inquadratura dei tratti analizzati durante il rilievo del 2011.



Tab. 10.6 Misurazione legname 2011 lungo il rio Rì

DIAMETRO (cm)	LUNGHEZZA (cm)	LUNG. RADICI (cm)	SPONDA DX	SPONDA SX	DISTANZA SPONDA (m)	POSIZIONE RESIDUO LEGNAME
0,3 m <sup>3</sup>	stima volume		X		0	BRIGLIA FILTRANTE A MONTE PONTE
6	60		X		0	BRIGLIA FILTRANTE A MONTE PONTE
4	90		X		0	BRIGLIA FILTRANTE A MONTE PONTE
8	130		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (2 m)
10	90		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (2 m)
4	180		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (2 m)
6	68		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (4 m)
10	70		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (4 m)
3	40		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (10 m)
7	62		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (10 m)
11	50		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (10 m)
8	100		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (10 m)
4,5	70		X		1	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (15 m)
4	40		X		1	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (15 m)
7,5	25		X		1	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (15 m)
3	55		X		3	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (15 m)
6	80		X		3	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (15 m)
3,5	59		X		3	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (15 m)
5,5	110		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (15 m)
5	139		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (15 m)
4,5	70		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (20 m)
7,5	135		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (20 m)
9	61		X		7	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (20 m)
5	122		Centro alveo		3	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (20 m)
5	200		X		3	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (30/40m)
2,5	220		X		4	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (30/40m)
2,5	95		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (30/40m)
4,5	54		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (30/40m)
4	116		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (30/40m)
5	210		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40/50m)
3,5	200		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40/50m)
6,5	370	1,5/2	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40/50m)
5,5	110		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40/50m)
20	67		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (60 m)
7,5	130		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (60 m)
8,5	350	3/8,5	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (60 m)
5	300		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (60 m)
4	250		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (60 m)
8	500		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (60 m)
6,5	550		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (60 m)
9	300	3,5/2,5/4,5	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (60 m)
5,5	460	1,5/2,5/4	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70m)
9	450		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70m)
9,5	1000		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70m)
8,5	400		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70m)
14,5	700		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70m)
4,5	1500		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70m)
2,5	162		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70m)
4	129		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (80 m)
9,5	130		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (80 m)
13	500		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (80 m)
5,5	350		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (80 m)
9,5	400		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (80/90m)
5	300	2,5/3,5/4/2	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (80/90m)
6,5	350		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (80/90m)
3	360		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (80/90m)
6,5	300		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (80/90m)
7	350		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (80/90m)
5	400		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (100 m)
6	400		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (100 m)
3	200		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (100 m)



6	450		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (100 m)
11	156		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (100/120 m)
6.5	310		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (100/120 m)
3	158		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (100/120 m)
6.5	550	2.5	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (100/120 m)
8	500		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (100/120 m)
7	600		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (100/120 m)
4.5	370		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (100/120 m)
7	500		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (100/120 m)
10.5	700	3/1.5	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (100/120 m)
7	550		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (100/120m)
8	200		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (100/120m)
9	500		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (100/120m)
8	200		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (120/130 m)
6	250		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (120/130 m)
5	200		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (120/130 m)
5	180		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (120/130 m)
4.5	200		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (120/130 m)
3.8	400		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (120/130 m)
9	200		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (120/130 m)
5.5	150	3/2.5/1	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (120/130 m)
3.2	105	2/1.5	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (120/130 m)
5	100		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130 m)
4	80		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130 m)
9	100		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130 m)
8	450	2.5/4/2	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130 m)
6	400		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130 m)
6.5	500		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130 m)
6	300		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130 m)
5.5	300		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130 m)
12	400		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130/140m)
8.5	500		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130/140m)
5	350		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130/140m)
7	250		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130/140m)
8	270		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130/140m)
7	180		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130/140m)
3.5	400		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130/140m)
5.5	500		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130/140m)
5	450	2/3/2.5	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130/140m)
3.2	250	5/4.5	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130/140m)
4	250		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130/140m)
5	200	2/3.5/1.5	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130/140m)
6.5	2400	8 PEZZI	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130/140m)
7.5	500	1/1.5	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130/140m)
9	100				0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130/140m)
8	110				0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130/140m)
4	120				0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130/140m)
7	500		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (140/160m)
4	450		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (140/160m)
2.5	450		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (140/160m)
6	500		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (140/160m)
6.2	550		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (140/160m)
8.5	500	3/2/2.5/1	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (140/160m)
6	500		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (140/160m)
6.3	350		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (140/160m)
4	250		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (140/160m)
3.3	200		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (140/160m)
12	200		X		4	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (140/160m)
4	190		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (140/160m)
6	80		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (140/160m)
5.5	190		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (140/160m)
8	200		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
7.2	100		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
8	56		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
6.5	59		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
7	53		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
5	71		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
11	49		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
6	60		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
12	45		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
4	300	2/1.3	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
3	150		X	185	0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
16	100		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)



4	300	2/1,3	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
3	150		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
16	100		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
7	90		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
4.8	90		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
5	72		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
3	150		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
5	100		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
4	120		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
4.5	200		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
7	400		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
13	147				0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
8	550	2,5/4,2	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
10	600	2/1,5/1	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
6.5	350		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (160/180m)
7.5	400		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
6	200		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
6	250	0,5/1/2	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
7	500		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
6.5	120		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
10	400	3/2,5	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
4	200		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
4.5	200		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
3	170		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
20	71		X		4	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
6	70		X		7	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
9	700		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
3	400		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
4.5	600		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
7	500	1,5/2,5	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
7	600		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
2.5	150		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
8.5	750	1/1,5	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
9.5	700	2/2,5	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
8	400		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
4	250		X		1	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
4.5	180		X		1	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
4	0,5/1		X		1	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
3	150	1,5/0,5	X		2	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
5	75		X		1	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
4.5	400		X		2	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
10	700	3,5/3/0,5	X		3	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
6	180		X		1	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
7	32		X		2	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
8	36		X		2	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
3.5	130		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180/200m)
8.5	200		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200/220m)
6.5	400		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200/220m)
2	40		X		6	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200/220m)
6	200		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200/220m)
7	400		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200/220m)
6	350		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200/220m)
6	500		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200/220m)
11.5	210		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200/220m)
8	120		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200/220m)
9.5	49		X		2	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200/220m)
5	100		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200/220m)
6.5	61		X		1	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200/220m)
8	74		X		1	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200/220m)
7	106		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200/220m)
5	100		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200/220m)
24	63		Centro alveo		0	A VALLE BRIGLIA N°9 (220/200 m)
4	30		Centro alveo		0	A VALLE BRIGLIA N°9 (220/200 m)



4	50		Centro alveo	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (220/200 m)	CENTRO ALVEO
3.5	40		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (220/200 m)	
2.5	160		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (220/200 m)	
9	300		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (220/200 m)	
6	180		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (220/200 m)	
2.5	30		X	3	A VALLE BRIGLIA N°9 (220/200 m)	
21	500	4,5/8	X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (220/200 m)	
5	60		X	2	A VALLE BRIGLIA N°9 (220/200 m)	
9.5	110		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (220/200 m)	
7.5	250	3/2/1,5	X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (220/200 m)	
5.5	60		X	3	A VALLE BRIGLIA N°9 (200/180 m)	
8.5	200		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (200/180 m)	
4.5	200		Centro alveo	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (200/180 m)	CENTRO ALVEO
6.5	250		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (200/180 m)	
10.5	190		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (200/180 m)	
9	100		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (200/180 m)	
3	90		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (200/180 m)	
21	120		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (200/180 m)	
8	150		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (200/180 m)	
4	60		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (200/180 m)	
2.5	75		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (200/180 m)	
11	120		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (200/180 m)	
9	140		X	0	A VALLE PRIMA BRIGLIA (180/160 m)	
10	80		X	1	A VALLE BRIGLIA N°9 (180/160 m)	
3.5	150		X	1	A VALLE BRIGLIA N°9 (180/160 m)	
7	126		Centro alveo	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (180/160 m)	CENTRO ALVEO
4	60		Centro alveo	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (180/160 m)	CENTRO ALVEO
10	160		X	4	A VALLE BRIGLIA N°9 (180/160 m)	
8	400		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (180/160 m)	SOPRA SPONDA
6	300	4,5/1,5	X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (180/160 m)	
14	130		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (160/150 m)	
7.5	400		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (160/150 m)	
4.5	50		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (160/150 m)	
4.5	85		X	0.5	A VALLE BRIGLIA N°9 (150/110 m)	
3.5	100		X	2	A VALLE BRIGLIA N°9 (150/110 m)	
7.2	64		X	1	A VALLE BRIGLIA N°9 (150/110 m)	
9	63		X	2	A VALLE BRIGLIA N°9 (150/110 m)	
3	150		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (150/110 m)	
6	140		X	8	A VALLE BRIGLIA N°9 (100/50 m)	
5	100		X	7	A VALLE BRIGLIA N°9 (100/50 m)	
8.5	130		X	2	A VALLE BRIGLIA N°9 (100/50 m)	
6	300		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (100/50 m)	SOPRA SPONDA
14.3	130		X	6	A VALLE BRIGLIA N°9 (100/50 m)	
5.5	95		X	7	A VALLE BRIGLIA N°9 (100/50 m)	
3.5	100		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (100/50 m)	
6	120		X	12	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
3	60		X	3	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
2	130		X	6	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
11	50		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
5	90		X	1	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
12	100		X	2	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
4.5	100		X	2	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
4.5	120		X	2	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
8	110		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
7	60		X	3	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
8	200		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	SOPRA SPONDA
8	200		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	SOPRA SPONDA
12	600		Fuori alveo	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	FUORI ALVEO
6	50		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
10	63		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
5	150		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
5	100		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
4.5	130		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
5.5	140		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
5.2	100		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
2	200		Centro alveo	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	CENTRO ALVEO
8	180		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
9.5	54		Fuori alveo	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	FUORI ALVEO
9	100		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	
4	50		X	0	A VALLE BRIGLIA N°9 (50/40 m)	



Tab. 10.7 Misurazione legname 2011 lungo il rio Val Scura

DIAMETRO (cm)	LUNGHEZZA (cm)	LUNG. RADICI (cm)	SPONDA DX	SPONDA SX	DISTANZA SPONDA (m)	POSIZIONE RESIDUO LEGNAME
5.5	250		X		0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
6	300		X		0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
9.5	150		X		0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
5	200		X		0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
5	180		X		0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
7	150		X		0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
11	200		X		0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
3	32		X		0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
1	100		X		0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
3.5	150		X		0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
2.2	30			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
3.2	63			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
3	16			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
8.5	50			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
10	45			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
4	34			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
1	54			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
3	60			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
3	70			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
11	300	4/5.2		X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
13.5	300			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
16	170			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
4.5	150			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
5	147			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
2.5	150			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
5	180			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
5.2	210			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
10.5	105	2.5/4/3.3		X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
13.5	134+150	3.5/3.5/3		X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
7	400			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
6	200			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
5	350			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
8	200			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
22	220			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
4	100			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
4	110			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
4.5	90			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
9	62			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
14	120			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
11.5	51			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
8.5	250			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
6	450			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
18.5	300			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
9.5	120			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
14	48			X	0	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
6	100			X	6	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
6.5	100			X	6	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
4	61			X	6	ACCUMULO BRIGLIA FILTRANTE
8	68		Centro alveo		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (5,5m)
7.5	156		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (10m)
6	150		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (10m)
10	100		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (10/15m)
5.5	157		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (10/15m)
7.5	164	3/4/4.2	X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (20m)
26	48		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (20/30m)
18	450		X		4	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40m)
13	200		X		4	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40m)
8	356		X		6	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40/50m)
8	500		X		10	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40/50m)
9.5	100		X		10	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40/50m)
4.5	250		X		3	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40/50m)
30	46		X		3	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40/50m)
4	80+75		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40/50m)



17	163		X		4	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40/50m)
6	400		X		1	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40/50m)
7	500		X		3	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40/50m)
11	600		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40/50m)
13	150		X		2	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40/50m)
8	300		X		5	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40/50m)
1 m <sup>3</sup>	stima volume		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (50/60m)
11	700			Centro alveo	0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (50/60m)
9	700				2.5	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (50/60m)
0.85 m <sup>3</sup>	stima volume		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (50/60m)
5	400		X		5	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (60/70m)
7	500		X		1.5	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (60/70m)
5.5	400		X		3	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (60/70m)
6	200		X		3	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (60/70m)
5	400		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70/75m)
4	300		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70/80m)
6	400		X		2	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70/80m)
6	500		X		2	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70/80m)
9	200		X		2	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70/80m)
7	600		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70/80m)
7	500		X		5	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70/80m)
3	200		X		3	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70/80m)
6.5	600		X		3	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70/80m)
8.5	300		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70/80m)
4	200		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70/80m)
4	200		X		1	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (70/80m)
8	700		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (80/90m)
5	200		X		2	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (80/90m)
5	400		X		2	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (80/90m)
7	200		X		3	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (80/90m)
4	200		X		3	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (80/90m)
9	350		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (80/90m)
6	300		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (80/90m)
0.20 m <sup>3</sup>	stima volume		X			BRIGLIA FILTRANTE
21	265			Centro alveo	0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (40/50m)
10	200		X		15	(90/100m)
10	100		X		4	(90/100m)
11	530		X		4	(100/120m)
5.5	200		X		3	(100/120m)
4	280		X		4	(100/120m)
10	400		X		3	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (120 m)
7	400		X		3	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (120 m)
0.10 m <sup>3</sup>	stima volume		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (120 m)
3	200		X		1	(120/130m)
2	221		X		1	(120/130m)
4.5	405		X		5	(120/130m)
12.5	600	7/3/2.5		Centro alveo	0	(120/130m)
5	200	CIMALE		Centro alveo	0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130 m)
4	70			Centro alveo	0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130 m)
5.5	300	2/2.5	X		2	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130 m)
4	320		X		2	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130 m)
8	170		X		2	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (130 m)
9	300		X		0	(130/140m)
7	400	4/3/1.1	X		0	(130/140m)
7	400		X		0	(130/140m)
3	150		X		0	(130/140m)
6	250		X		0	(130/140m)
7.5	300		X		0	(140/150m)
5.5	200		X		0	(140/150m)
6	150		X		0	(140/150m)
15	240		X		0	(140/150m)
8	250		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (150 m)
8	300		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (150 m)
18	53	11.6/6/6/2.2			0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180 m)
7	350		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180 m)
30	700		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180 m)
13	300		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180 m)
20	520		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180 m)
30	700		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180 m)
22	550		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180 m)
15	700		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (180 m)
10	1000		X		2	(180/190m)
10	300		X		2	(180/190m)
11	350		X		2	(180/190m)



20	400		X		0	(180/190m)
5	321		X		4	(180/190m)
5	310		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200 m)
11	300		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200 m)
8	630		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200 m)
23	600		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200 m)
10	732		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200 m)
0.80 m <sup>3</sup>	stima volume		X			A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (200 m)
13	100			Centro alveo	0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (250 m)
8	230			Centro alveo	0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (250 m)
9	120		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (250 m)
3	210		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (250 m)
8	400		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (250 m)
4	360		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (250 m)
11	140		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (250 m)
5	630		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (250 m)
10	80			X	0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (250 m)
33	220			X	0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (250 m)
7	140			X	0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (250 m)
8.5	250+120			X	0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (250 m)
12	70			X	0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (250 m)
6.5	130			X	0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (250 m)
8	180			X	0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (250 m)
7.5	200		X		0	A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (250 m)
1 m <sup>3</sup>	stima volume		X			A MONTE BRIGLIA FILTRANTE (250 m)
3	600			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (20 m)
6.5	170			X	10	A VALLE BRIGLIA N°7 (20 m)
8.5	80			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (20 m)
7	130			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (20 m)
3.5	300			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (20 m)
5.5	140			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (20 m)
11	600	3.5/5.5/5		X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (20 m)
2	180			X	1	A VALLE BRIGLIA N°7 (20/30 m)
3	350			X	1	A VALLE BRIGLIA N°7 (20/30 m)
5.5	330	4/2/2.2		X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (20/30 m)
6.5	80			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (20/30 m)
4.5	350	1.5/2/0.5		X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (20/30 m)
4.5	400	2.5		X	15	A VALLE BRIGLIA N°7(30 m)
5.5	350	4/3.5		X	2	A VALLE BRIGLIA N°7(30 m)
5	230			X	2	A VALLE BRIGLIA N°7(30 m)
6.5	300			X	2	A VALLE BRIGLIA N°7(30 m)
8	550	5/6/8.5		X	2.5	A VALLE BRIGLIA N°7 (40 m)
6	260			X	2	A VALLE BRIGLIA N°7 (40 m)
5.5	260			X	2	A VALLE BRIGLIA N°7 (40 m)
6.5	90			Centro alveo	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (40 m)
5	105			X	3	A VALLE BRIGLIA N°7 (60 m)
12.5	120			X	1.5	A VALLE BRIGLIA N°7 (60 m)
9.5	140			Centro alveo	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (60 m)
10	40			X	4	A VALLE BRIGLIA N°7 (70 m)
0.3 m <sup>3</sup>	stima volume			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (70 m)
40	60			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (80 m)
2	65			X	7	A VALLE BRIGLIA N°7 (80 m)
17	600	7/8/3/4/3.5		X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (80 m)
21	750			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (80 m)
4	70			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7(90 m)
9	85			Centro alveo	0	A VALLE BRIGLIA N°7(90 m)
3	120			Centro alveo	0	A VALLE BRIGLIA N°7(90 m)
4.5	220			Centro alveo	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (90/100 m)
12	50			Centro alveo	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (90/100 m)
5.5	49			Centro alveo	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (90/100 m)
4	80			Centro alveo	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (90/100 m)
2.5	105				0	A VALLE BRIGLIA N°7 (90/100 m)
8	300			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (90/100 m)
8.5	200			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (90/100 m)
9.5	650			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (90/100 m)
14	650			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (90/100 m)
7	150			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (90/100 m)
4.5	300			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (90/100 m)
6	350			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (90/100 m)
15	115			Centro alveo	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (100/110 m)
6	420	2.5/2.5		X	0.5	A VALLE BRIGLIA N°7 (100/110 m)



5.5	230			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (100/110 m)
6	220			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (100/110 m)
3.5	350			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (100/110 m)
13	600			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (100/110 m)
12	600	5,5/3/1,1		X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (100/110 m)
8	160			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (100/120 m)
3.5	180			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (100/120 m)
6	70			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (100/120 m)
6	200			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (100/120 m)
3.5	220			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (100/120 m)
13	150			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (100/120 m)
5	120			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (100/120 m)
6.5	150		Centro alveo		0	A VALLE BRIGLIA N°7 (100/120 m)
3.5	120		Centro alveo		0	A VALLE BRIGLIA N°7 (100/120 m)
8	320			X	3	A VALLE BRIGLIA N°7 (125/130 m)
13	90			X	10	A VALLE BRIGLIA N°7 (125/130 m)
10	300			X	10	A VALLE BRIGLIA N°7 (125/130 m)
6	250			X	10	A VALLE BRIGLIA N°7 (125/130 m)
2	4			X	12	A VALLE BRIGLIA N°7 (125/130 m)
16	4/9/6,5			X	13	A VALLE BRIGLIA N°7 (125/130 m)
8.5	173			X	13	A VALLE BRIGLIA N°7 (125/130 m)
6	180			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (125/130 m)
6.5	142		Centro alveo		0	A VALLE BRIGLIA N°7 (125/130 m)
13	220		Centro alveo		0	A VALLE BRIGLIA N°7 (125/130 m)
5.5	250		Centro alveo		0	A VALLE BRIGLIA N°7 (125/130 m)
12	500		Centro alveo		0	A VALLE BRIGLIA N°7 (125/130 m)
9.5	700			X	14	A VALLE BRIGLIA N°7 (125/130 m)
8	220			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (140/150 m)
4	43			X	14	A VALLE BRIGLIA N°7 (140/150 m)
4	160			X	14	A VALLE BRIGLIA N°7 (140/150 m)
3.5	160			X	10	A VALLE BRIGLIA N°7 (140/150 m)
8	500	4/4,5/4		X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (140/150 m)
12	500			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (140/150 m)
12	650	5		X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (140/150 m)
4	100			X	10	A VALLE BRIGLIA N°7 (140/150 m)
2.5	60			X	10	A VALLE BRIGLIA N°7 (140/150 m)
4	145			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (160/170 m)
3.5	105			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (160/170 m)
2.5	150			X	0	A VALLE BRIGLIA N°7 (160/170 m)
6.5	350	6/5/2,5		X	14	A VALLE BRIGLIA N°7 (160/170 m)
6	74		Centro alveo		0	A VALLE BRIGLIA N°7 (170/180 m)
7	320		Centro alveo		0	A VALLE BRIGLIA N°7 (170/180 m)
4	200		Centro alveo		0	A VALLE BRIGLIA N°7 (170/180 m)
1 m <sup>3</sup>	stima volume				0	A VALLE BRIGLIA N°7 (170/180 m)



## 10.5 Analisi dei volumi

Sulla base delle misurazioni del detrito legnoso trasportato dalla corrente nei bacini del rio Rì e del rio Val Scura nel 1998, 2004, 2010 e 2011 è stato possibile calcolare il relativo volume e rapportarlo alla precipitazione totale registrata dalle stazioni di Caldonazzo paese, Caldonazzo – lago e di Lavarone (Tab. 10.8).

Queste stazioni non ricadono all'interno dei bacini studiati, di conseguenza è stato necessario compensare e ragguagliare i dati con il metodo dei "poligoni di Thiessen".

Tab. 10.8 Volumi di legname e totale piogge registrati durante gli eventi alluvionali più intensi nel bacino del rio Rì e del rio Val Scura.

Data evento	Volume legname rio Rì (m <sup>3</sup> )	Pioggia totale evento (mm)	Volume legname rio Val Scura (m <sup>3</sup> )	Pioggia totale evento (mm)
4 - 8 agosto 1998	0.92 *** (rilievo del 28/11/1998)	186.60	0.25 *** (rilievo del 28/11/1998)	184.02
29 novembre - 1 dicembre 2004	7.71* (rilievo del dicembre 2004)	85.10	0	75.80
14 - 15 agosto 2010	290** (rilievo del 17-19/08/2010)	107.70	0	107.00
dall'agosto 2010 al maggio 2011 non ci sono stati eventi significativi	146.5*** (rilievo del 21 maggio 2011)	/	190.1*** (rilievo del 21 maggio 2011)	/
* il rilievo è stato effettuato dalla briglia filtrante fino a 400 a monte della briglia n° 13				
** il rilievo è stato fatto a monte della briglia n° 13 fino circa alla briglia austriaca				
*** il rilievo è stato fatto sulla piazza di deposito della briglia filtrante e sul suo filtro				

Dal calcolo dei volumi di legname trasportati dalla corrente lungo i due corsi d'acqua si nota come il bacino del rio Rì anche se di dimensioni inferiori rispetto a quello del rio Val Scura sia caratterizzato durante gli eventi alluvionali da un più elevato trasporto di detrito legnoso rispetto a quest'ultimo bacino. La principale causa di questo fenomeno può essere imputata al fatto che le aree maggiormente instabili, e quindi le principali fonti di materiale, siano situate nella parte boscata del bacino la dove le portate che si sono generate a monte lungo i versanti, caratterizzati da una ridotta efficienza idrologica,



giungono a velocità elevate incrementando i fenomeni di erosione delle sponde e movimentando in breve tempo grandi quantità di legname.

Nel caso del rio Val Scura, invece, le ampie zone boscate sono situate nella parte medio alta del bacino, ovvero la zone delle cascate in roccia e soprattutto dell'Altopiano di Lavarone, ed è proprio in questa aree che il reticolo idrografico, caratterizzato da sezioni di deflusso e pendenze limitate, ha origine, di conseguenza le portate che si generano essendo ridotte e piuttosto lente non sono in grado di innescare significativi fenomeni di erosione e di trasporto del legname.

Solamente nella parte basale del bacino la corrente dopo aver acquistato velocità a monte nei tratti a forte pendenza riesce a movimentare il materiale legnoso, proveniente dalle sponde instabili di questa zona, e che si riscontra a valle nelle piazze di deposito e sul filtro della briglia.



## Conclusioni

Il bacino idrografico del rio Rì e del rio Val Scura ha le caratteristiche tipiche dei piccoli bacini delle zone di montagna ovvero, dimensioni ridotte, forti pendenze del collettore principale ed elevate quantità di materiale detritico e legnoso movimentabile durante i fenomeni alluvionali.

I due bacini sono adiacenti uno all'altro e presentano una geologia, una geomorfologia e un substrato piuttosto simile.

L'approfondito lavoro di analisi dei parametri morfometrici, della stabilità del terreno, della morfologia del collettore principale e la redazione ex novo della carta di uso del suolo con maggiore livello di dettaglio, ha evidenziato come le dinamiche evolutive e la risposta dei bacini, in caso di eventi meteorici, siano differenti.

Infatti, nel caso del rio Rì le portate liquide si generano nella zona medio alta del bacino e giungono nelle aree sorgenti di materiale detritico con correnti rapide e turbolente che in breve tempo movimentano verso valle grandi quantitativi di sedimento e di legname.

Al contrario, nel bacino del rio Val Scura la zona di accumulo dei deflussi superficiali e di formazione delle portate coincide con le aree dominate dai fenomeni di instabilità e di erosione e, quindi, arrivano nella parte basale del bacino, in corrispondenza del tratto sistemato a briglie, ormai cariche di sedimento e detrito; qui, l'ampio deposito di falda, posto in destra idrografica nell'area delle briglie, non fa altro che alimentare ulteriormente il fenomeno del trasporto solido.

Per quanto riguarda il trasporto di legname, l'analisi dei rilievi effettuati nel 1998, 2004, 2010 e nel maggio 2011 durante questo lavoro di tesi, hanno dimostrato che il bacino del rio Rì, nonostante abbia una superficie che è quasi la metà di quello del rio Val Scura, in caso di eventi particolarmente intensi è in grado di produrre dei volumi di legname maggiori di quelli della Val Scura a parità di indice di boscosità del bacino.

Questo è dovuto probabilmente al fatto che, lungo il rio Rì, le zone boscate o con una densa vegetazione coincidono con quelle instabili e, di conseguenza, il detrito legnoso giunge con facilità in alveo, dove viene movimentato verso valle dalle ingenti portate liquide che si sono generate a monte. Invece, nel rio Val Scura le aree in dissesto presentano una minore copertura vegetazionale e coincidono al tempo stesso con le zone a minore efficienza idrologica, ciò significa che a parità di apporti idrici le coperture del



suolo sono in grado di produrre più deflusso superficiale rispetto a quelle con elevata efficienza idrologica, e dove si generano le portate liquide le quali, inizialmente, saranno piuttosto ridotte e quindi in grado di movimentare quantitativi di sedimento e legname inferiori rispetto al rio Rì.

Un importante contributo allo studio dei due bacini è stato poi dato dall'installazione di tre trasduttori di pressione lungo l'asta torrentizia del rio Rì e del rio Val Scura che hanno consentito il monitoraggio continuo da aprile 2011 ad oggi del livello idrometrico, sulla base del quale sono state calcolate le portate liquide defluite attraverso la sezione di chiusura dei bacini e attraverso le quali è stato possibile tarare il relativo modello idrologico.

Oltre alla taratura del modello idrologico, il costante controllo delle portate ai piezometri, posizionati lungo i due corsi d'acqua, ha permesso di cogliere il comportamento dei due bacini idrografici in occasione di forti piogge. L'alveo del rio Rì e quello del rio Val Scura sono caratterizzati da un materasso detritico molto permeabile e spesso, in particolare in corrispondenza delle piazze di deposito. La geologia, inoltre, individua i bacini come possibili luoghi di fenomeni carsici. Tutto ciò favorisce il deflusso sottosuperficiale lasciando, nei periodi di magra, gli alvei asciutti. Dal confronto tra le portate simulate con il modello idrologico e quelle misurate (calcolate sulla base dei dati piezometrici), si evidenzia come il modello afflussi-deflussi, cinematico, distribuito, basato sul metodo SCS-CN e, in particolare, la funzione lineare del deflusso sottosuperficiale, non siano in grado di rappresentare in modo efficace bacini dominati dal deflusso sottosuperficiale.

Nel bacino del rio Rì e del rio Val Scura una parte significativa delle portate liquide che giungono alla sezione di chiusura sono dovute alla saturazione dei depositi alluvionali e al successivo affioramento in superficie dei deflussi sottosuperficiali; è molto probabile che parte dei deflussi scenda verso valle in profondità senza essere intercettato dalle briglie (sezioni di controllo) e quindi dai sensori di misura delle portate.

Pertanto, sarà necessario cambiare o modificare il modello idrologico usato per le simulazioni simulando il deflusso sottosuperficiale in un modo più fisicamente basato.



## Bibliografia

Agostini A. (2003). *Natura 2000, il contributo trentino alla rete europea della biodiversità* (271 pp). Servizio parchi e conservazione della natura – Provincia Autonoma di Trento.

Avanzini M., Bargossi G.M., Borsato A., Selli L. (2010). *Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 060 Trento* (244 pp). ISPRA – Servizio Geologico d'Italia. Servizio Geologico - Provincia Autonoma di Trento.

Borga M. (2011). *Appunti di lezione*. Università degli Studi di Padova.

Comin P. (1993). *Piano di assestamento forestale del Comune di Caldonazzo*. Servizio Foreste e Fauna (Ufficio pianificazione e selvicoltura) – Provincia Autonoma di Trento.

Crucil G. (2010). *Monitoraggio delle colate di detrito*. Tesi di laurea triennale in Tecnologie Forestali e Ambientali. Università degli Studi di Padova.

Degetto M. (2000). *Dinamica del legname in alveo e modellazione del suo comportamento in presenza di briglie filtranti*. Tesi di laurea magistrale in Scienze Forestali. Università degli Studi di Padova.

Degetto M. & Sonda D. (2000). *Relazione tecnica sulla situazione delle piazze di deposito e briglie filtranti sul rio Rì e sul rio Val Scura*. Servizio Bacini Montani - Provincia Autonoma di Trento.

Ferro V. (2006). *La sistemazione dei bacini idrografici* (848 pp.). Seconda edizione. McGraw – Hill.

Furlan M. (2004). *Rilievo del legname e difesa da sovralluvionamento nel torrente rio Rì*. Tesi di laurea triennale in Tutela e Manutenzione del Territorio. Università degli Studi di Padova.

Gabrielli F. (1995). *Teoria e sperimentazione sul funzionamento delle briglie aperte. Indagine in campo sull'opera filtrante del rio Val Scura*. Tesi di laurea magistrale in Scienze Forestali. Università degli Studi di Padova.



Giovanni R. (1989). *Piano di bacino del torrente Centa*. Servizio Bacini Montani - Provincia Autonoma di Trento.

Gregoretti C. & Degetto M. (2012). *Debris Flow Modelling Tool – Reference Manual*. PARAMount Project (improved Accessibility: Reliability and security of Alpine transport infrastructure related to mountainous hazards in a changing climate).

Gregoretti C. & Degetto M. (2012). *Debris Flow Modelling Tool – User Manual*. PARAMount Project (improved Accessibility: Reliability and security of Alpine transport infrastructure related to mountainous hazards in a changing climate).

Grisotto S. (2004). *Piano degli Interventi di Sistemazione Idraulico – Forestale del torrente Centa*. Servizio Bacini Montani - Provincia Autonoma di Trento.

Lenzi M.A. (2011). Appunti di lezione. Università degli Studi di Padova.

Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione Generale per la Difesa del Suolo (2011). *Utilizzo del software AdB – Toolbox* (63 pp).

Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione Generale per la Difesa del Suolo (2011). *Manuale d’uso del software applicativo AdB – Toolbox. Estensione ANALISI GEOMORFOLOGICHE* (32 pp).

Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione Generale per la Difesa del Suolo (2011). *Manuale d’uso del software applicativo AdB – Toolbox. Estensione ANALISI IDROLOGICHE* (41 pp).

Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione Generale per la Difesa del Suolo (2011). *Manuale d’uso del software applicativo AdB – Toolbox. Estensione ANALISI E VERFICHE IDRAULICHE* (137 pp).

Rainato R. (2008). *Nuove metodologie GIS per la quantificazione del legname in alveo nei torrenti alpini*. Tesi di laurea triennale in Tutela e Riassetto del Territorio. Università degli Studi di Padova.



Sferlazza E. (2011). *Guida all'uso dei dati Geografici con AdB – Toolbox* ( 70 pp). SITR Sicilia –Nodo Provinciale Agrigento.

Sito cartografico PAT. Indirizzo : <http://www.lidar.provincia.tn.it>. Mappe raster del DTM da volo LiDAR 2009.

Tomasetti R. (1999). *La gestione dell'erosione*. In: Convegno Internazionale “La gestione dell'erosione”, Trento – Bolzano, Italia, 19 gennaio 1999 (11 – 16).