



Università degli Studi di Padova
Dipartimento di Territorio e Sistemi
Agro-Forestali



Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del
Mediterraneo
Sezione di Rende (CS)

MASTER

in

Difesa e Manutenzione del Territorio

PROJECT WORK

Il Bacino Sperimentale Bonis: Inquadramento Generale e Dissesto Idrogeologico in Atto

Candidato:

Ing. Mario Falace
matr. n. 899261

Tutor Aziendale:

Dott. Giovanni Callegari
Responsabile di Sezione

Tutor Universitario:

Prof. Marco Borga
Te.S.A.F.

*Si ringraziano per l'insostituibile collaborazione fornita,
per il materiale scientifico gentilmente concesso
e per la cortesia dimostrata nello svolgimento di tutte le attività*

Gabriele Buttafuoco,

Giuseppe Garfi,

Valeria Lupiano

Antonella Veltri

ricercatori della sezione I.E.I.F dell'I.S.A.FO.M. di Cosenza del C.N.R.

Giovanni Callegari

responsabile della sezione I.E.I.F dell'I.S.A.FO.M. di Cosenza del C.N.R..

Annelise Arcuri,

Dora Napoli

Amministrative della sezione I.E.I.F dell'I.S.A.FO.M. di Cosenza del C.N.R.

Si ringraziano per la preziosa attività di supporto

i pregiatissimi signori

Angelo Tempesta

Salvatore Tempesta

Giuseppe Sapia

insostituibili guide nel sopralluogo

del bacino Bonis

Si ringrazia in modo particolare per la collaborazione

La dott.sa Annamaria Arena

1. Introduzione

Obiettivo del lavoro è l'analisi qualitativa e quantitativa del dissesto idrogeologico del bacino sperimentale, nonché la caratterizzazione del bacino e della sua risposta idrologica, nella prospettiva di una sistemazione idraulico-forestale ed il proseguimento dell'attività sperimentale del CNR ISAFOM DI Cosenza.

Causa principale del dissesto del bacino è la quantità di materiale trasportato alla sezione di chiusura. L'intervento di sistemazione ha solamente un interesse scientifico poiché non costituisce un pericolo per opere pubbliche o private, né per insediamenti urbani. Pertanto non è giustificabile un intervento ad opera degli enti pubblici.

Gran parte del territorio calabrese è da sempre soggetto a rischio idrogeologico. A titolo d'esempio si ricorda l'alluvione del 1951 che ha devastato la Calabria. A S. Cristina d'Aspromonte in tre giorni (16, 17, 18 ottobre) furono misurati 1494,6 mm di pioggia. Al fine di proteggere il territorio calabrese si pone il problema di verificare quantitativamente gli effetti dei tagli intercalari e di utilizzazione, sul processo di trasformazione degli afflussi in deflussi e sulle perdite di suolo. In tale contesto il bacino sperimentale Bonis, di 1.39 Km², è stato attrezzato per svolgere ricerche che potessero fornire indicazioni sulla gestione dei boschi. Il bacino Bonis si trova in Sila Greca (Cosenza). Il bacino Bonis è un sottobacino del torrente Cino nel settore nord-occidentale della Sila Greca con foce allo Ionio. Esso è rappresentativo delle modificazioni intervenute nell'uso del suolo di molti bacini idrografici della Calabria a seguito delle operazioni di rimboschimento (superfici rimboschite 17.617 ha su una superficie territoriale di 60.036 ha, nel territorio compreso tra i bacini del torrente Cino e quello del torrente Arso). Le altre ragioni che hanno determinato la scelta sono la proprietà pubblica dei terreni, la facilità d'accesso e la copertura vegetale rappresentata prevalentemente da Pino laricio. Il Pino Laricio è una specie autoctona molto diffusa nel massiccio Silano e largamente impiegata nei rimboschimenti.

2. Inquadramento Geografico

Il bacino Bonis, 1.39 Km², è un sottobacino del bacino del torrente Cino. Esso è ubicato nella Sila Greca con foce nel Mar Ionio. Il Bonis è ubicato nella zona di confine fra il comune di Acri ed il comune di Longobucco (Cosenza). Le coordinate sono 39°25'15''N e 16°12'38''E Greenwich (Foto 1).

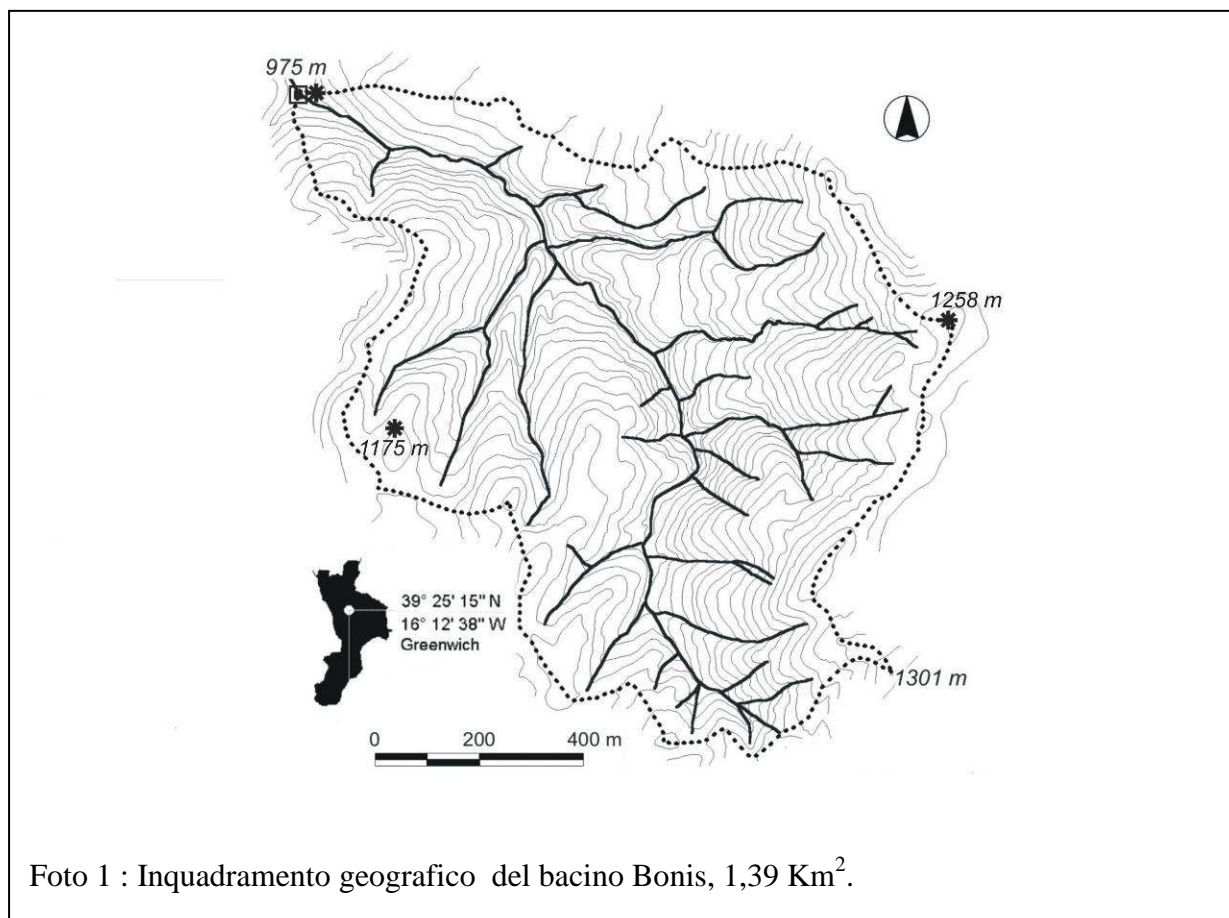
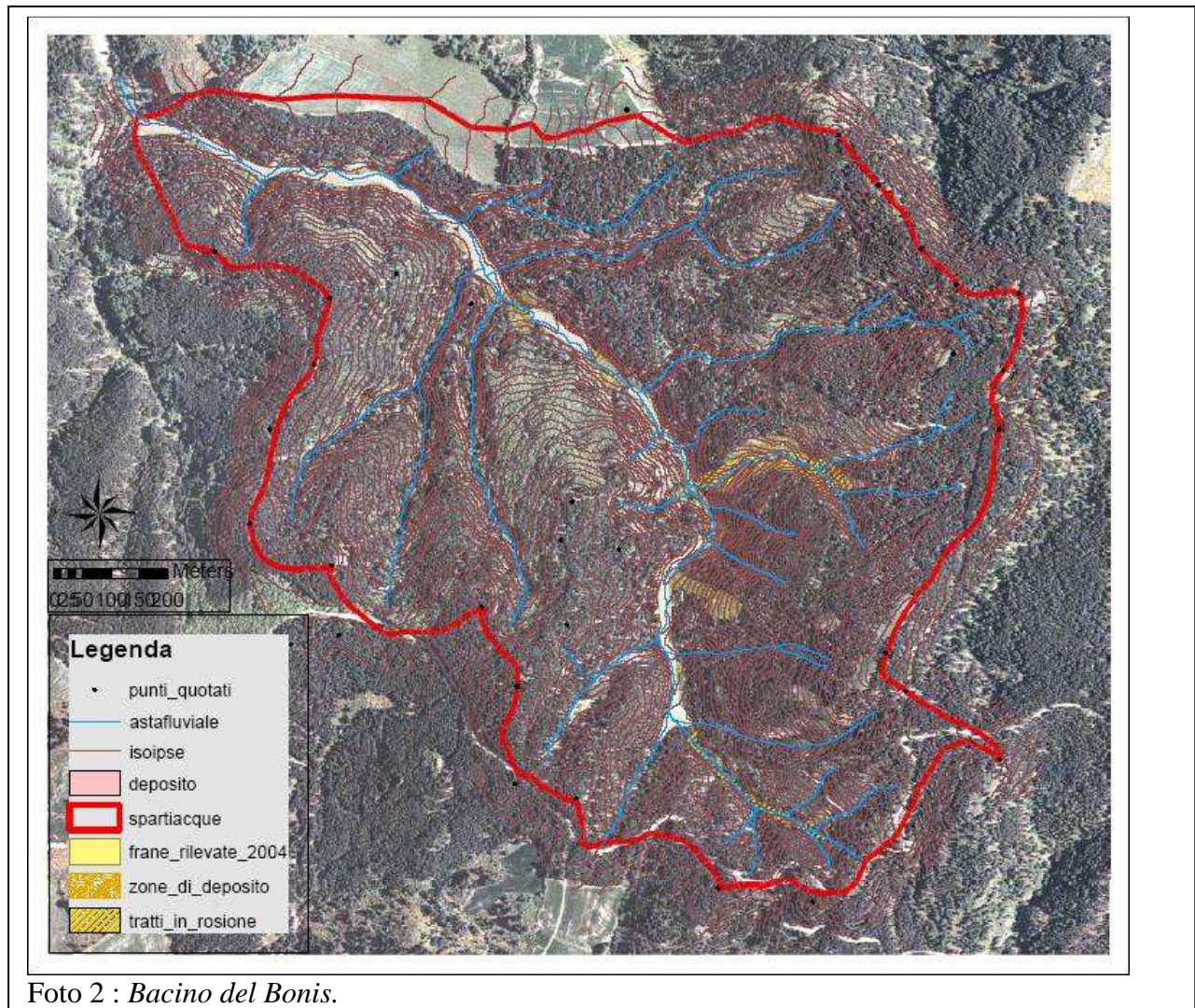


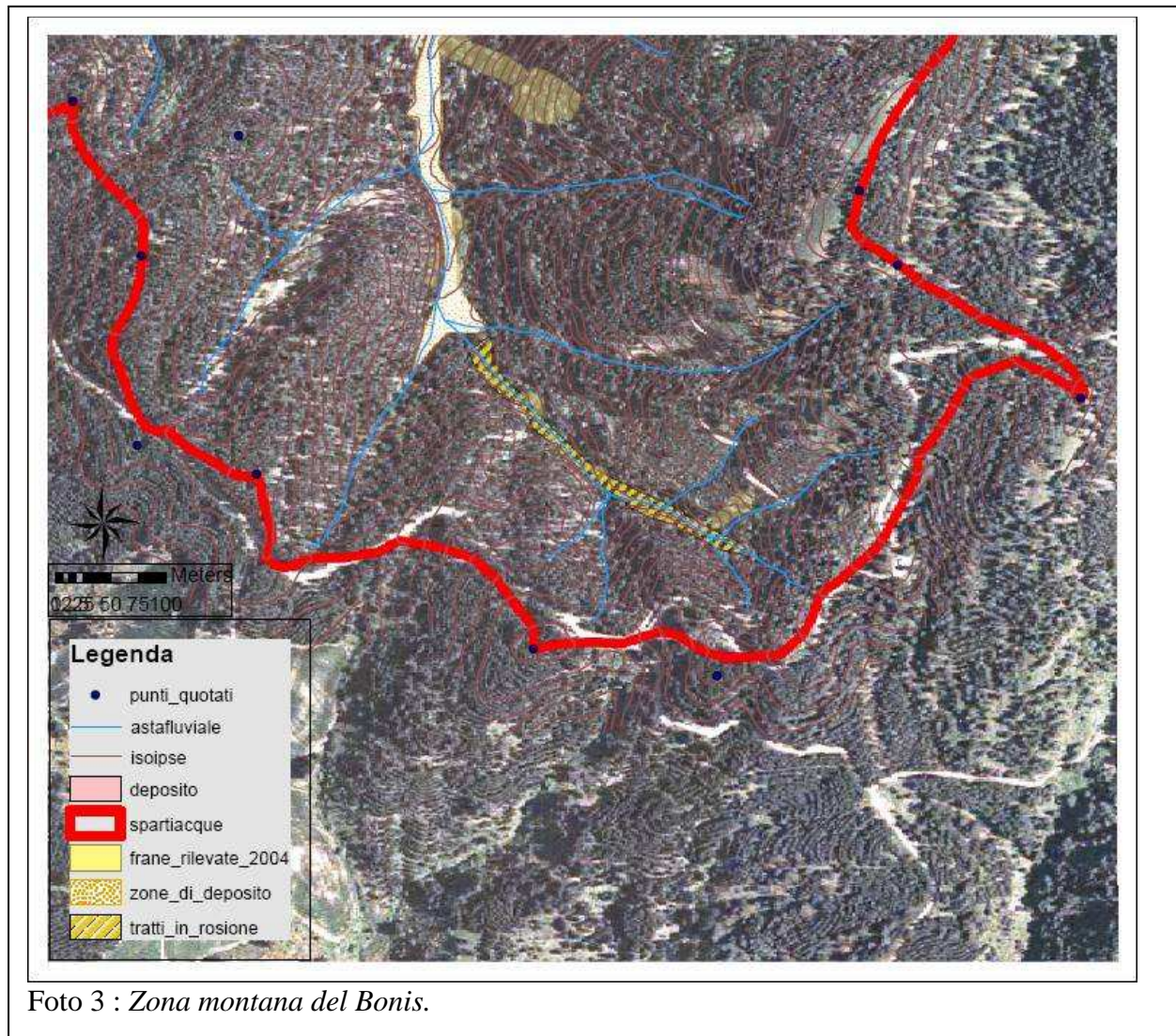
Foto 1 : Inquadramento geografico del bacino Bonis, 1,39 Km².

3. Morfologia

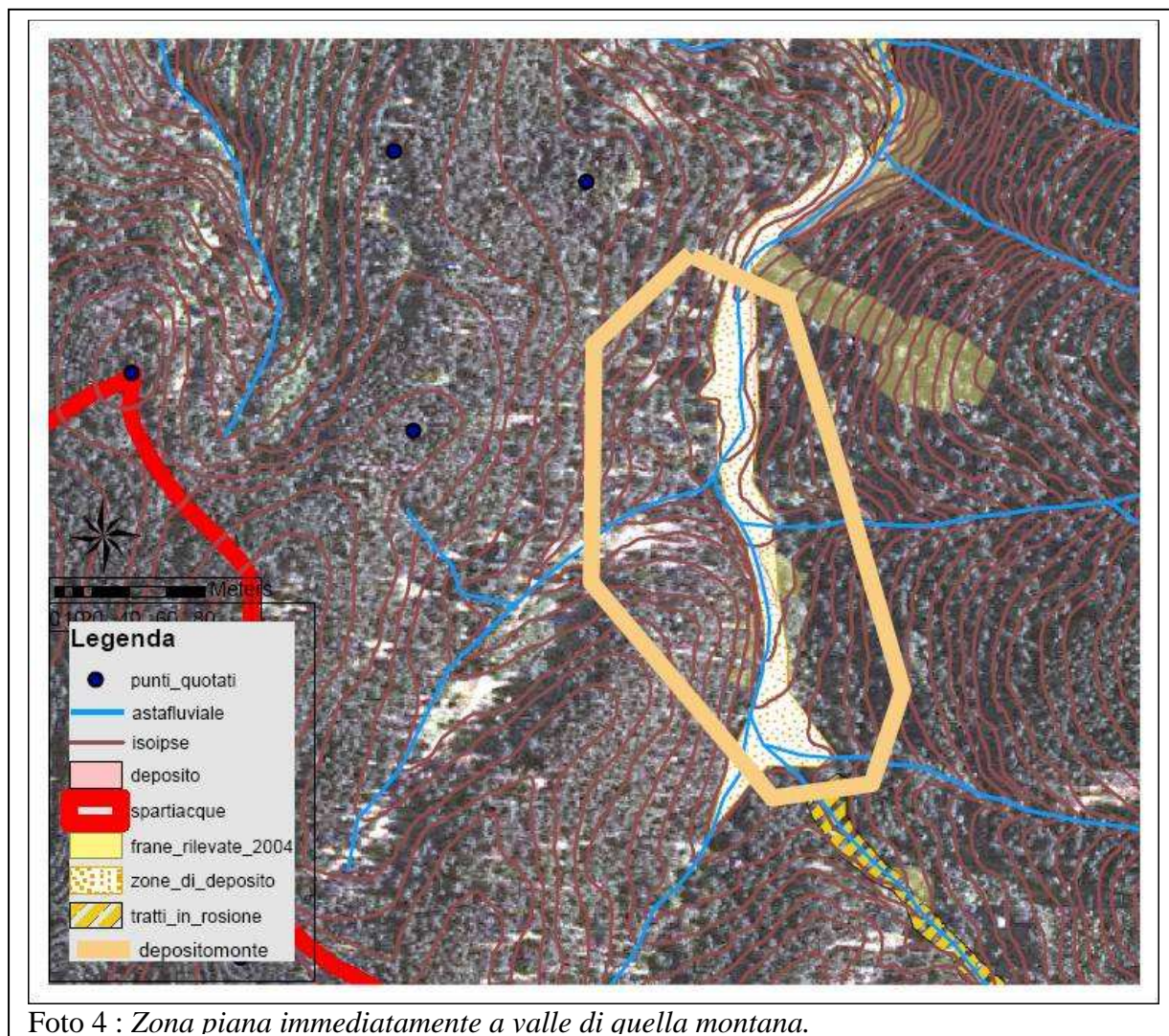
Il Bonis ha un reticolo idrografico particolarmente inciso, piccole vallate con modeste pendenze di origine alluvionale alternate a tratti con elevata pendenza e accidentate per la presenza di diverse cascate e qualche pozza isolata (Foto 2). I versanti presentano elevata pendenza da non garantirne la stabilità.



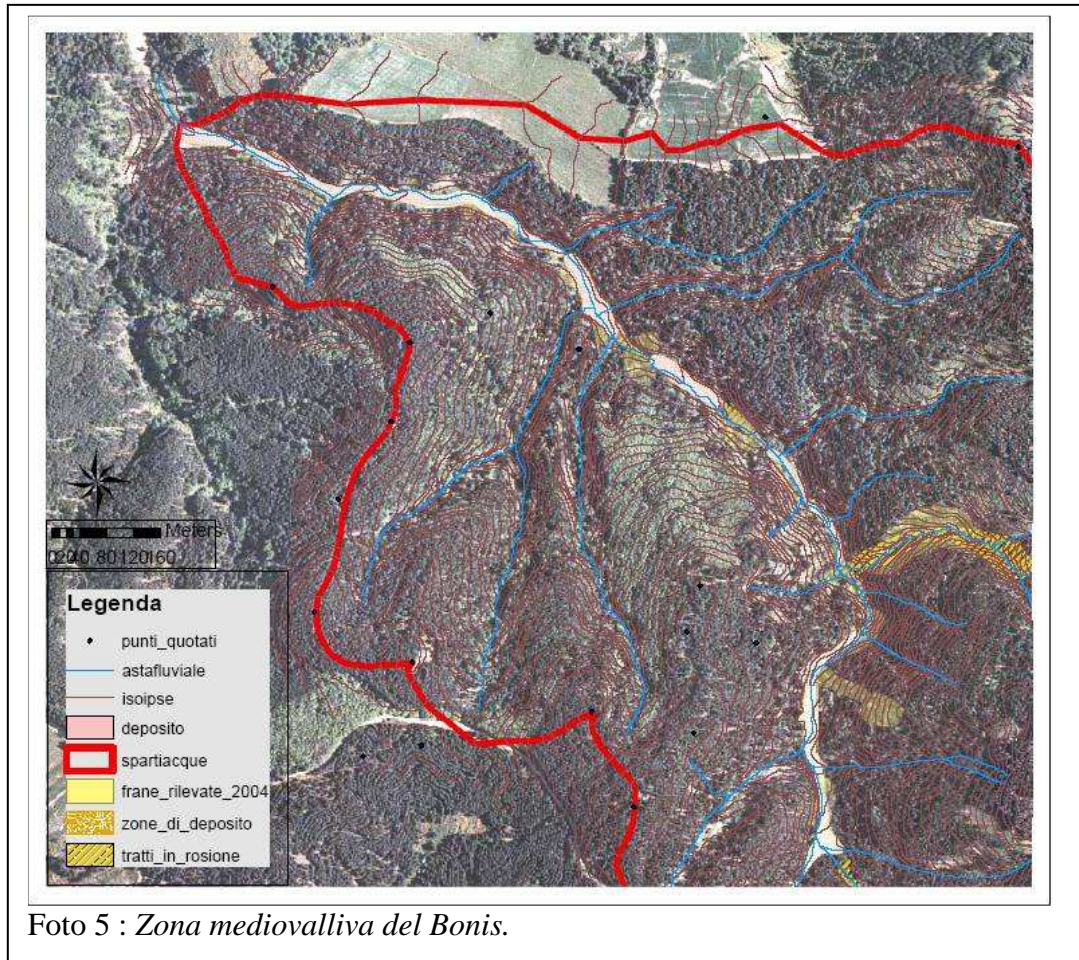
La sezione di chiusura del bacino è stata strumentata dalla sezione Idrologia e Ecologia Forestale dell'Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo per la misura del deflusso e del trasporto solido in sospensione del corso d'acqua.



Il corso d'acqua presenta da pendenze molto elevate variabile dal 35-40 % nella zona montana (Foto 3), accentuato da salti, e cascate, fino ad una quota di quasi 1150 m s.l.m.m. caratterizzato da alveo in elevata erosione e dalla presenza di materiale grossolano nel greto del corso d'acqua.



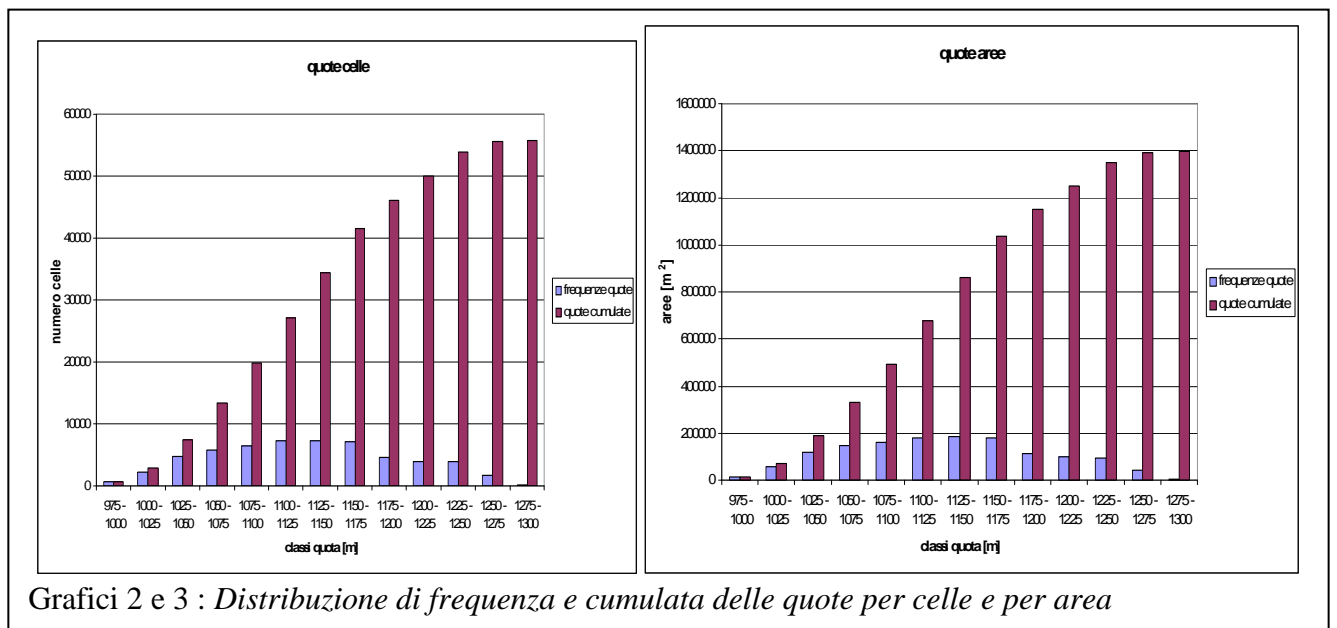
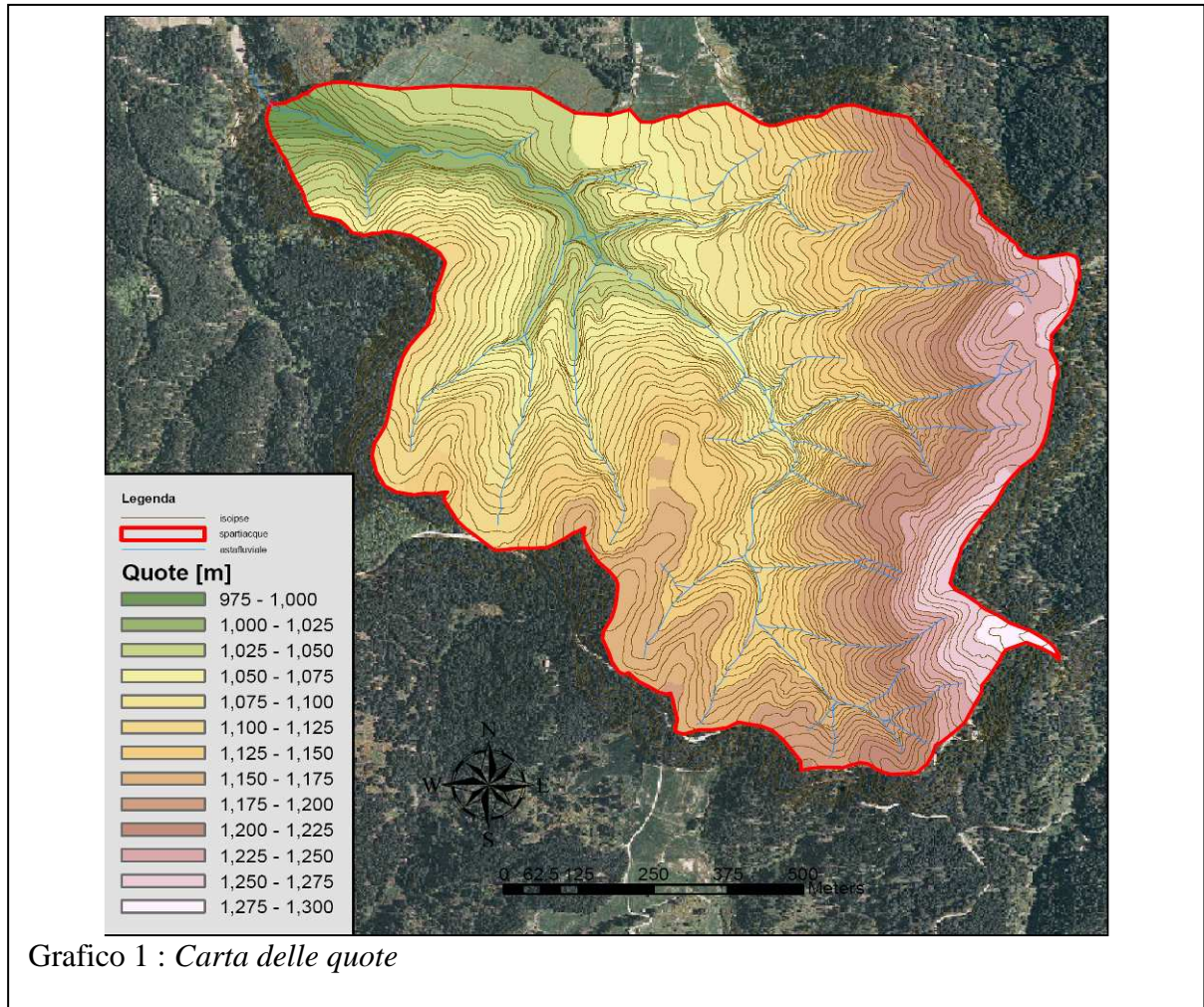
Nella parte più a valle le pendenze sono relativamente moderate tra il 10-20 % e interrotte da piccoli salti, ed è caratterizzato da barre di deposito laterali, in zone a pendenza tra il 7-8%, di materiale sabbioso, nonché da una sinuosità sensibilmente maggiore del tratto precedente, tale zona si estende fino a quota 1100 m (Foto 4). Da quota 1100 m la pendenza aumenta nuovamente con punte intorno al 20%, seguono tratti a bassa pendenza 10%, alcuni tratti con pendenza intorno al 25%, con alcune cascate (Foto 5). A valle intorno a quota 1000 m circa le pendenze diminuiscono e si presentano grosse zone di accumulo con sabbia, il torrente è caratterizzato da una sinuosità apprezzabile, in questo tratto la morfologia è stata modificata da alcune opere di sbarramento in legno che hanno accentuato il carattere deposizionale del torrente.



4. Morfometria

L'analisi morfometrica è stata sviluppata con strumenti GIS: da un "TIN" derivato dai punti quotati e dalle carte delle isoipse, è stato ottenuto un "DEM" che presenta celle quadrate di lato 5 m. Dal DEM sono state calcolate le quote, le pendenze e l'esposizione. In grafico 1 è riportata la carta delle quote, mentre nei Grafici 3 e 4 la distribuzione di frequenza delle quote e sua cumulata, espressa sia in numero di celle che in m². La quota massima è di 1300,47 m, la minima di 975m e la media di 1129,22 m. In Grafico 4 è riportata la curva ipsometrica del bacino.

Dalla carta delle pendenze (Grafici 5,6,7) si rileva che il Bonis è in forte pendenza, con qualche tratto in piano e con pendenze isolate che denotano pendii pressoché a parete verticale, dovuti essenzialmente ai movimenti franosi. La pendenza minima è nulla, la pendenza massima è del 163 % e la pendenza media del 40 %.



L'esposizione prevalente del bacino è principalmente ad Ovest (Grafico 8) con le distribuzioni riportate nei Grafici 9 e 10 che mostrano un range da Sud-Ovest a Nord-Ovest.

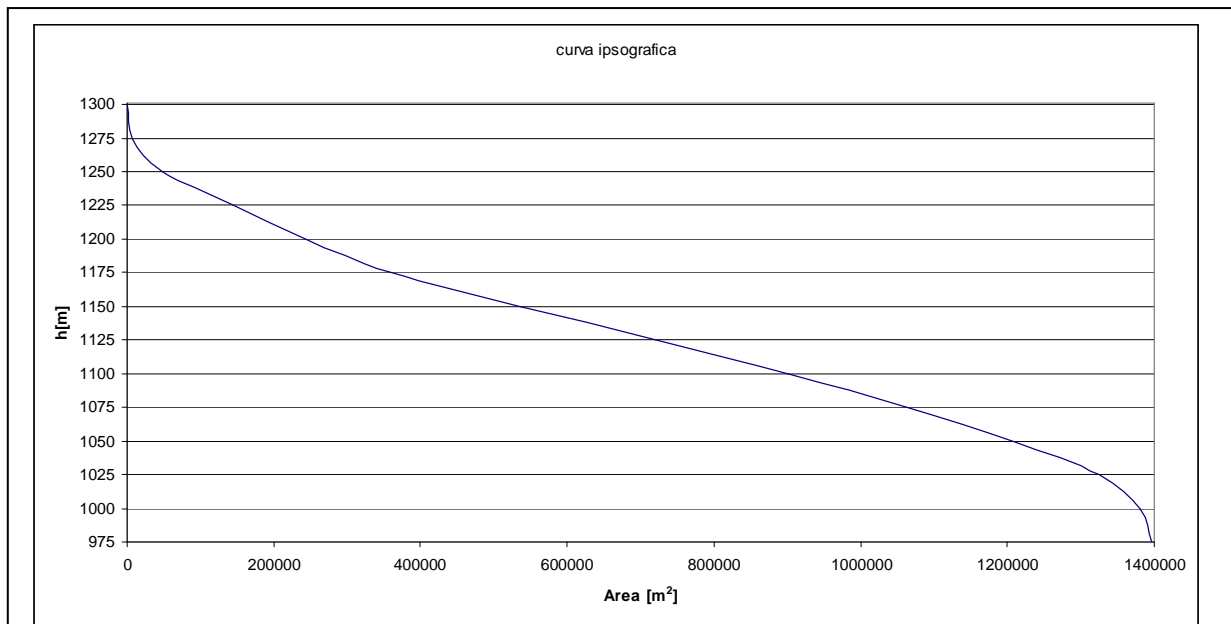


Grafico 4 : *Curva Ipsografica.*

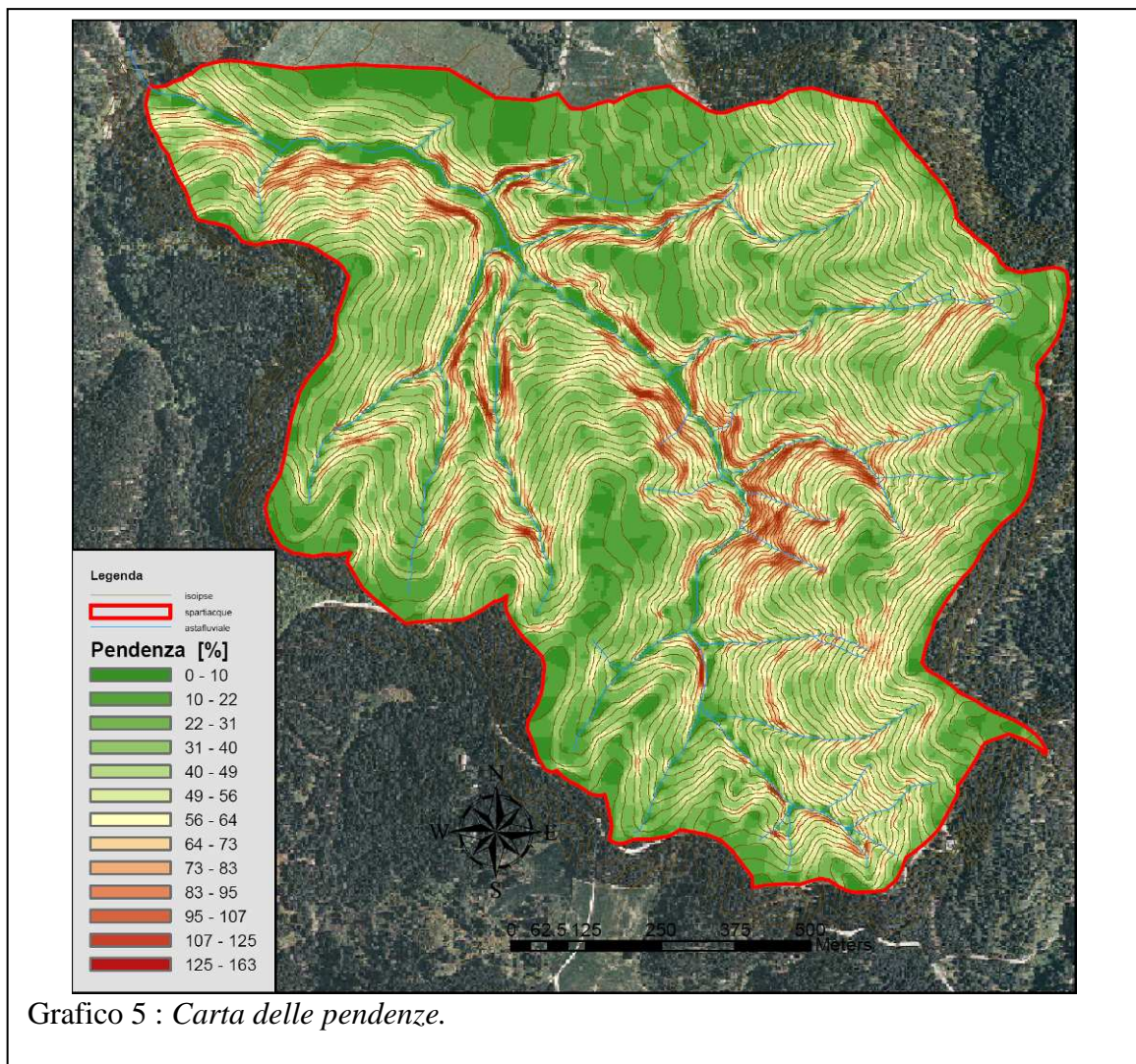
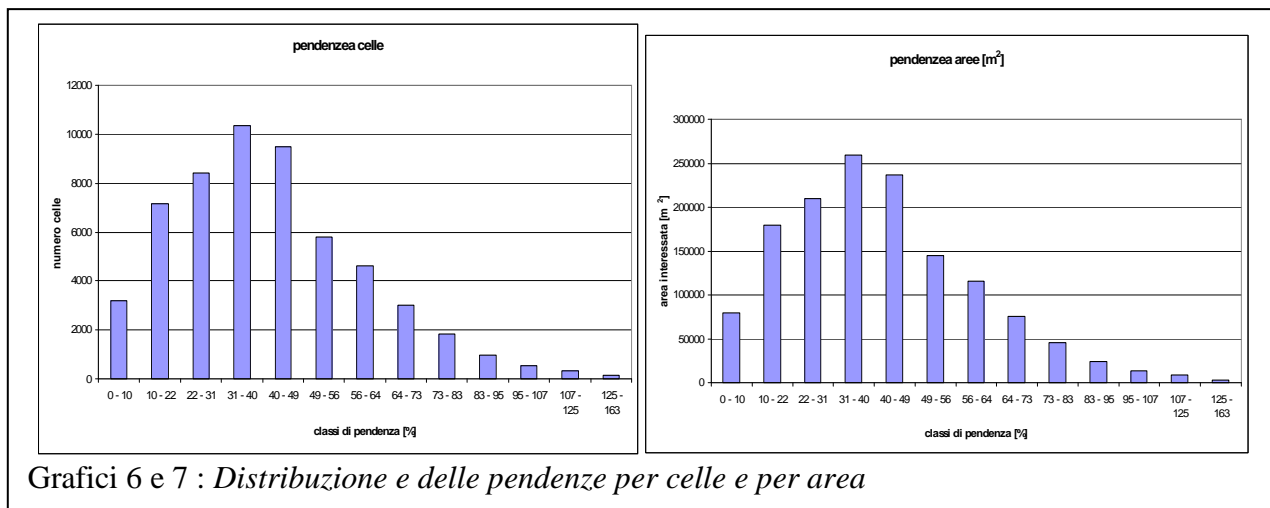
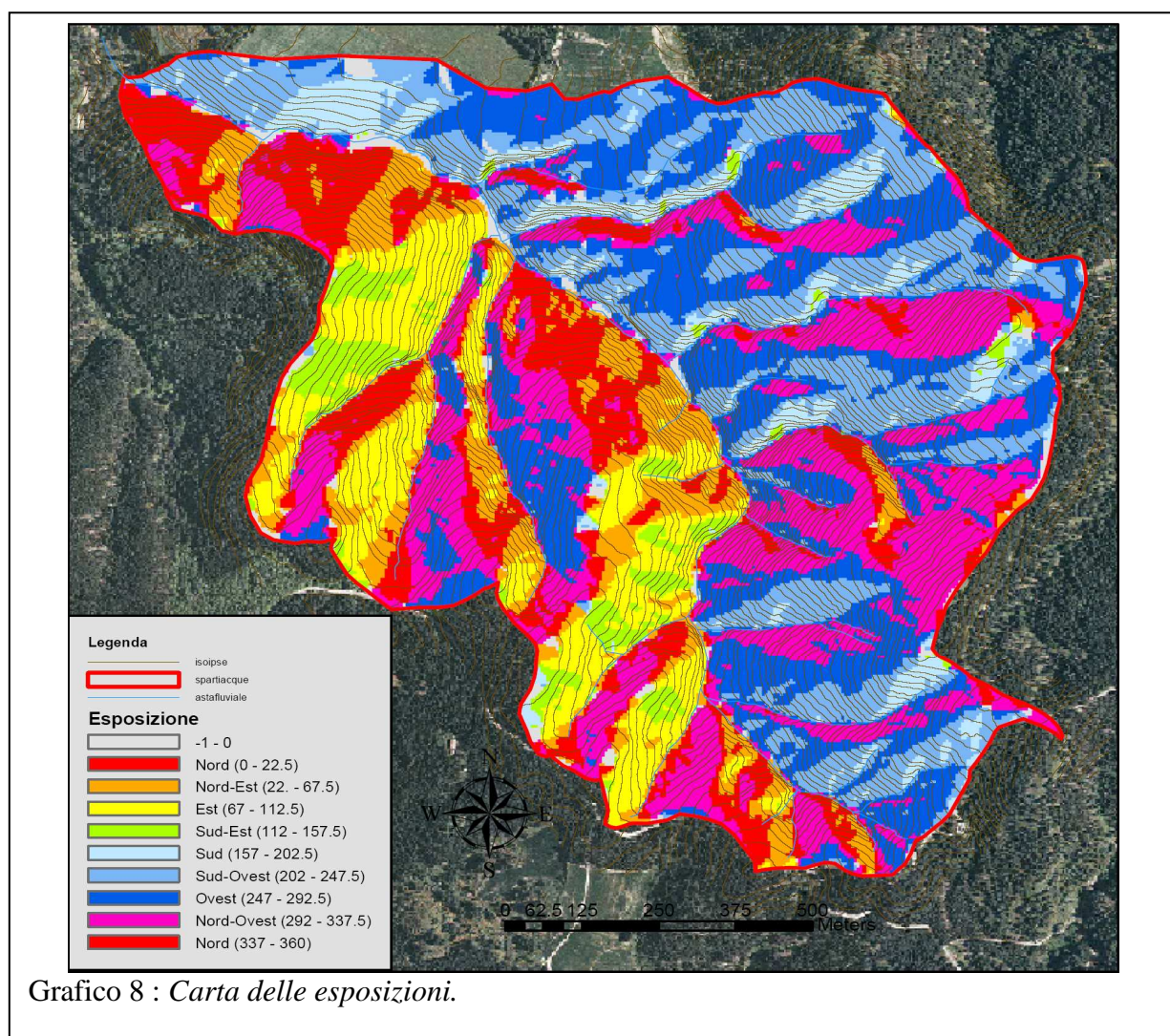
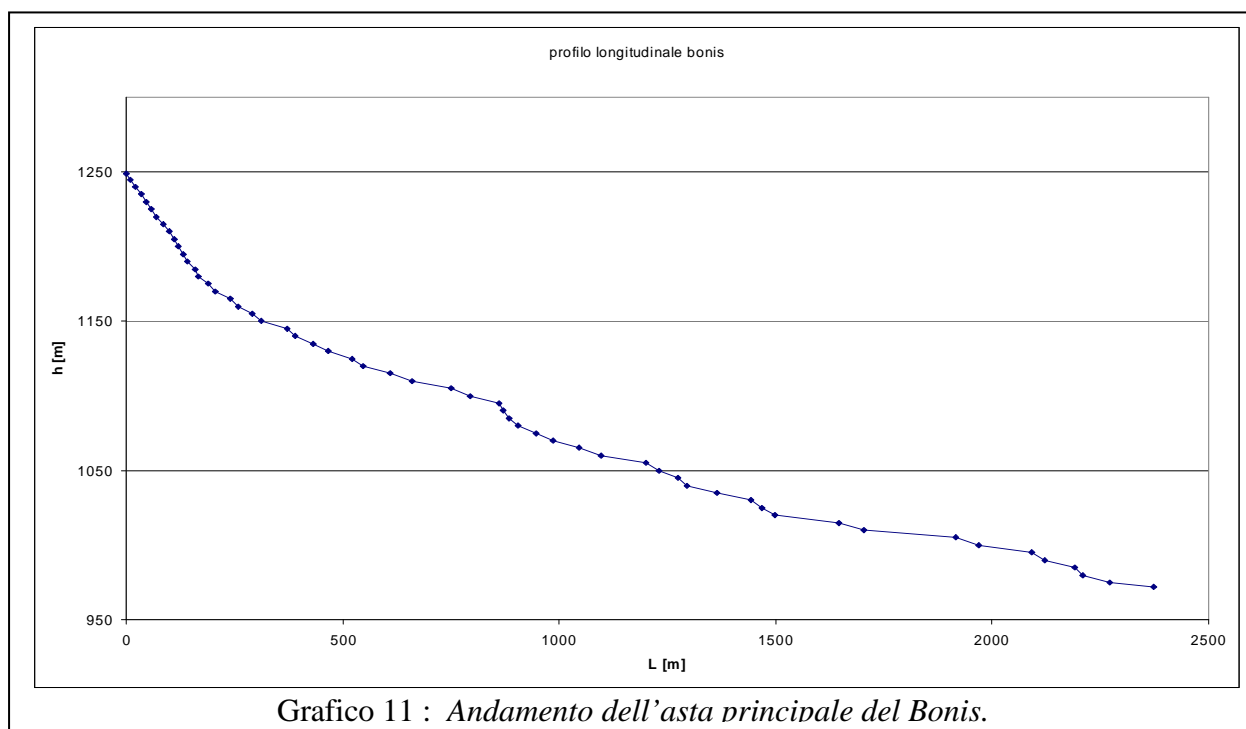
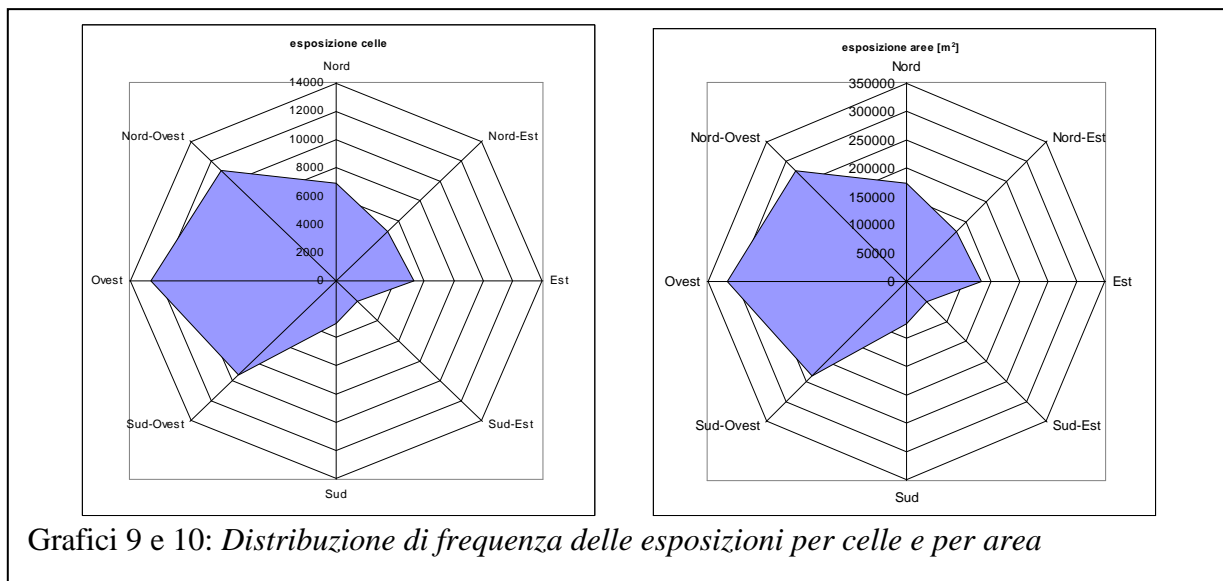


Grafico 5 : *Carta delle pendenze.*



Grafici 6 e 7 : Distribuzione e delle pendenze per celle e per area



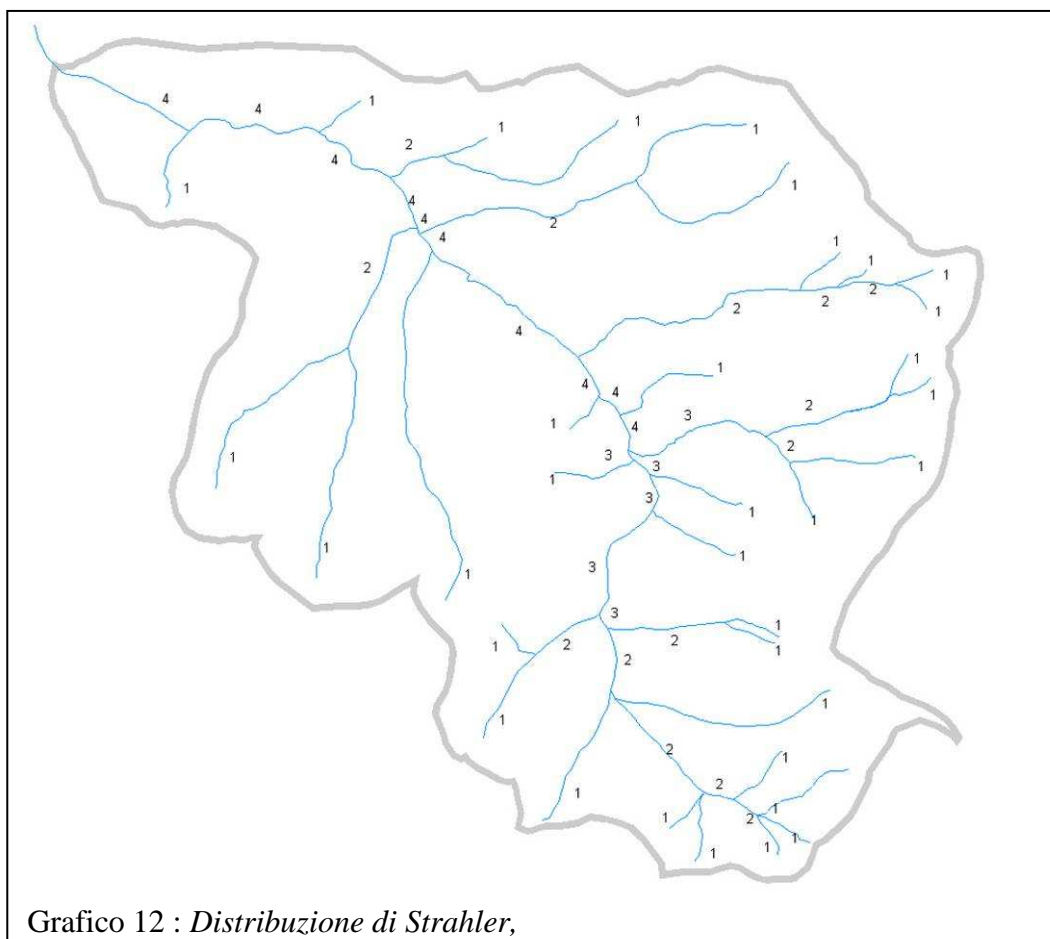


L'asta fluviale in esame ha una lunghezza di circa 2374 m; parte da una quota di 1249 m s.l.m.m. e termina ad una quota di 975 m s.l.m.m. presenta una pendenza media di circa il 10% meglio rappresentata dal grafico 11 e dalla tabella 1

h [m]	i	i [%]
1230		
1200	0.54	54
1150	0.24	24
1100	0.10	10
1050	0.10	10
1000	0.07	7
975	0.03	3

Tabella 1 : Pendenze dei tratti principali

Il reticolo idrografico si estende per 11750 m è del 4° ordine secondo la classificazione di Strahler (Grafico 12) e rispetta le leggi di Horton con un rapporto di biforcazione di circa 2,2.



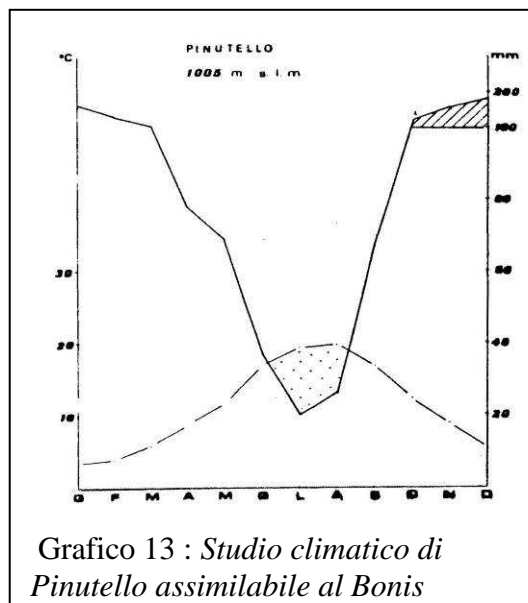
5. Quadro Climatico

Per l'analisi climatica dell'area di studio per le piogge sono state utilizzate le stazioni del Servizio Idrografico, mentre per le temperature sono state utilizzate "le equazioni di regressione calcolate da Ciancio (1971) sulla base della correlazione statistica tra altitudine e temperatura, valide per la Calabria".

Le temperature medie mensili variano fra 16,7°C di luglio ed un minimo di 1,3°C di gennaio, la temperatura media annua è di 8,8 ° C. La pioggia varia da 19,6 mm registrati a giugno e 136,2 mm registrati a dicembre. La precipitazione media annua per il bacino del Bonis è pari a 1250 mm/anno (Callegare et al.); essa aumenta fino a 900 metri di quota, subisce una lieve flessione fino a 1100 m per poi riprendere la crescita.

La stagione più piovosa è l'inverno con il 39.5% delle precipitazioni. Si ha un "clima montano-mediterraneo" con inverni freddi e piovosi ed estati fresche. Tali caratteristiche sono evidenziate dagli indici climatici e dai diagrammi termopluviometrici di Bagnouls e Gaussen (Grafico 13).

Il Bonis per similitudine orografica, quota è stato assimilato idrologicamente alla stazione di Pinutello (1005 m s.l.m.).



6. Inquadramento Geologico

Geologicamente gran parte della superficie è interessata da rocce acide plutoniche; una piccola area in destra idrografica da sabbie ghiaiose di un terrazzo fluviale pleistocenico in un ex bacino lacustre.

Dal punto di vista pedologico i suoli su rocce plutoniche rientrano prevalentemente nell'associazione dei Typic Xerumbrepts; quelli sul terrazzo fluviale nell'associazione degli Ultic Haploxeralfs (Dimase e Iovino: 1988). I primi sono suoli da mediamente profondi a profondi con tessitura dominante franca sabbiosa; lo scheletro, generalmente scarso nell'orizzonte umbrico, diventa frequente e talvolta abbondante negli altri orizzonti; il drenaggio è rapido; la pietrosità è comune tranne nelle zone più erose; la rocciosità è generalmente scarsa. La reazione è da moderatamente a fortemente acida. Gli Ultic Haploxeralfs hanno, invece, tessitura da franca, franca argillosa a franca limosa argillosa; lo scheletro, generalmente assente o scarso, è di piccole e medie dimensioni; il drenaggio è buono o moderatamente buono; la pietrosità è assente o scarsa; la rocciosità è assente. La reazione è da mediamente a fortemente acida.

L'origine della valle è di tipo alluvionale, la conformazione a valle indica come da sempre questa sia soggetta ad eventi alluvionali critici, frane, fenomeni di colamenti e di deflussi iperconcentrati di materiale fine e grossolano di grande entità. Il Bonis è soggetto ed eventi di questo tipo da sempre in periodi più o meno lunghi e più o meno distanti nel tempo.

7. Inquadramento Vegetazionale

La vegetazione forestale è rappresentata in massima parte da popolamenti artificiali di Pino laricio realizzati nel periodo 1955-1970. In alcune zone, particolarmente nella parte più alta del bacino, in sinistra e in destra idrografica, vi sono nuclei d'origine naturale d'età prossima a quella dei rimboschimenti effettuati. Su limitate superfici è stato impiegato castagno a tratti anche misto a Pino laricio; più precisamente, si riscontrano zone nelle quali il castagno è stato utilizzato su gradoni distanti dieci metri e tra i gradoni, a buche, il Pino laricio. Tutti i fossi principali sono colonizzati da Ontano nero (*Alnus glutinosa* L.).

In merito alla copertura vegetale, la superficie del bacino risulta per l'80% interessata da popolamenti di pino laricio (*Pinus laricio spp. calabrica*), diversificati per origine, densità, grado di copertura e parametri dendro-auxometrici; rimboschimenti di castagno interessano circa il 6% della superficie; la restante parte è ripartita tra radure, seminativi e fossi del reticolo idrografico colonizzati, per ampi tratti, da ontano nero (*Alnus glutinosa* L.) (Tab 2).

TIPOLOGIE	SUPERFICIE	
	ha	%
Popolamenti di pino laricio di origine naturale	17.6	12.7%
Rimboschimenti di pino laricio	42.9	30.9%
Rimboschimenti di castagno	7.9	5.7%
Rimboschimenti di pino laricio e castagno	13.4	9.7%
Rimboschimenti degradati	25.6	18.5%
Piante sparse di pino laricio e vegetazione naturale	11.2	8.1%
Pioppo e ontano	1.6	1.2%
Radure e chiarie	2.8	2.0%
Aree percorse da fuoco	2.3	1.6%
Alveo colonizzato da ontano	11.3	8.2%
Seminativo	2.0	1.40/o.
TOTALE	138.7	100.0%

Tab 2: Copertura boschiva messa a dimora.

La caratterizzazione della copertura forestale è stata effettuata da fotointerpretazione e restituzione cartografica a scala di dettaglio (1:2000). Per ogni tipo colturale è stato effettuato il rilievo dei parametri dendrometrici, mediante un campionamento per aree di saggio e transetti. I rilievi, eseguiti nel 1986, sono stati ripetuti nel 1993 e nel 1999 (Tab. 3).

Table 2. Stand condition in the study site

Stand type	1986 ^a				1993 before thinning			1993 after thinning			1999 ^c		
	area ^b (%)	N. of trees	Basal area (m ²)	Mean diameter (cm)	No. of trees	Basal area (m ²)	Mean diameter (cm)	No. of trees	Basal area (m ²)	Mean diameter (cm)	No. of trees	Basal area (m ²)	Mean diameter (cm)
natural													
High density	13.3	4000	52.8	13.0	3120	50.7	14.4	1270	37.4	19.2	1240	48.9	22.4
Low density	3.4	2700	52.3	15.7	1870	47.8	18.0	1100	35.8	20.0	1000	43.9	23.6
artificial													
high density	48.8	2200	55.8	18.0	1701	52.2	19.8	1150	39.2	20.8	1102	49.1	23.8
low density	5.0	1250	40.2	20.2	1162	43.2	21.8	800	32.4	22.8	775	45.8	27.4
mixedd													
	4.7	1325	43.9	21.0	1208	46.4	22.1	900	34.8	22.3	888	48.6	26.0

^adata refer to the total catchment area. ^bdata refer at the beginning of the research. ^cdata refer to the last dendrometric sampling. ^ddata concern only pine trees.

Tab 3 : Copertura boschiva nei diversi momenti.

8. Inquadramento Storico

Nel bacino Bonis sono stati realizzati rimboschimenti alla fine degli anni cinquanta del secolo scorso. Gli interventi sono stati realizzati per salvaguardare il territorio dagli eventi alluvionali. La vulnerabilità di queste aree era dovuta all'irrazionale sfruttamento agricolo del suolo (foto 6). Per gli abitanti della zona l'agricoltura era l'unica fonte di sostentamento e con l'abbandono delle zone montane la vulnerabilità agli eventi alluvionali è aumentata. Il rimboschimento e le opere idrauliche realizzate hanno ridotto la vulnerabilità delle aree a rischio come testimoniato le foto aeree successive al rimboschimento (foto 7, 8, 9, 10).

Da qualche anno si è osserva un progressivo aumento del dissesto idrogeologico sul corso d'acqua in esame. La ragione del dissesto è legata alla natura litologica del substrato costituito da granito fortemente alterato (foto 11).



Foto 6 : *L'area del Bonis nella foto aerea del 1954. Mostra come il territorio era fortemente sottoposto ad uso agricolo e in parte abbandonato.*

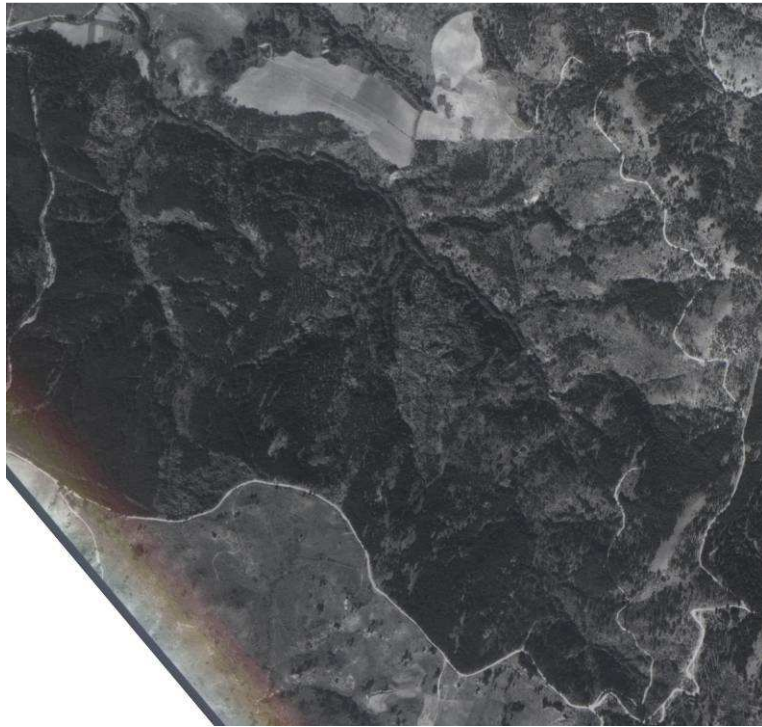


Foto 7 : Ripresa aerea del 1978, si vedono i risultati del rimboschimento.



Foto 8 : Dalla foto aerea del 1984 si vede come gli effetti del rimboschimento si dimostrino sostanzialmente stabili.



Foto 9 : *Dalla foto del 1991*



Foto 10 : *Dalla foto del 1996 .*

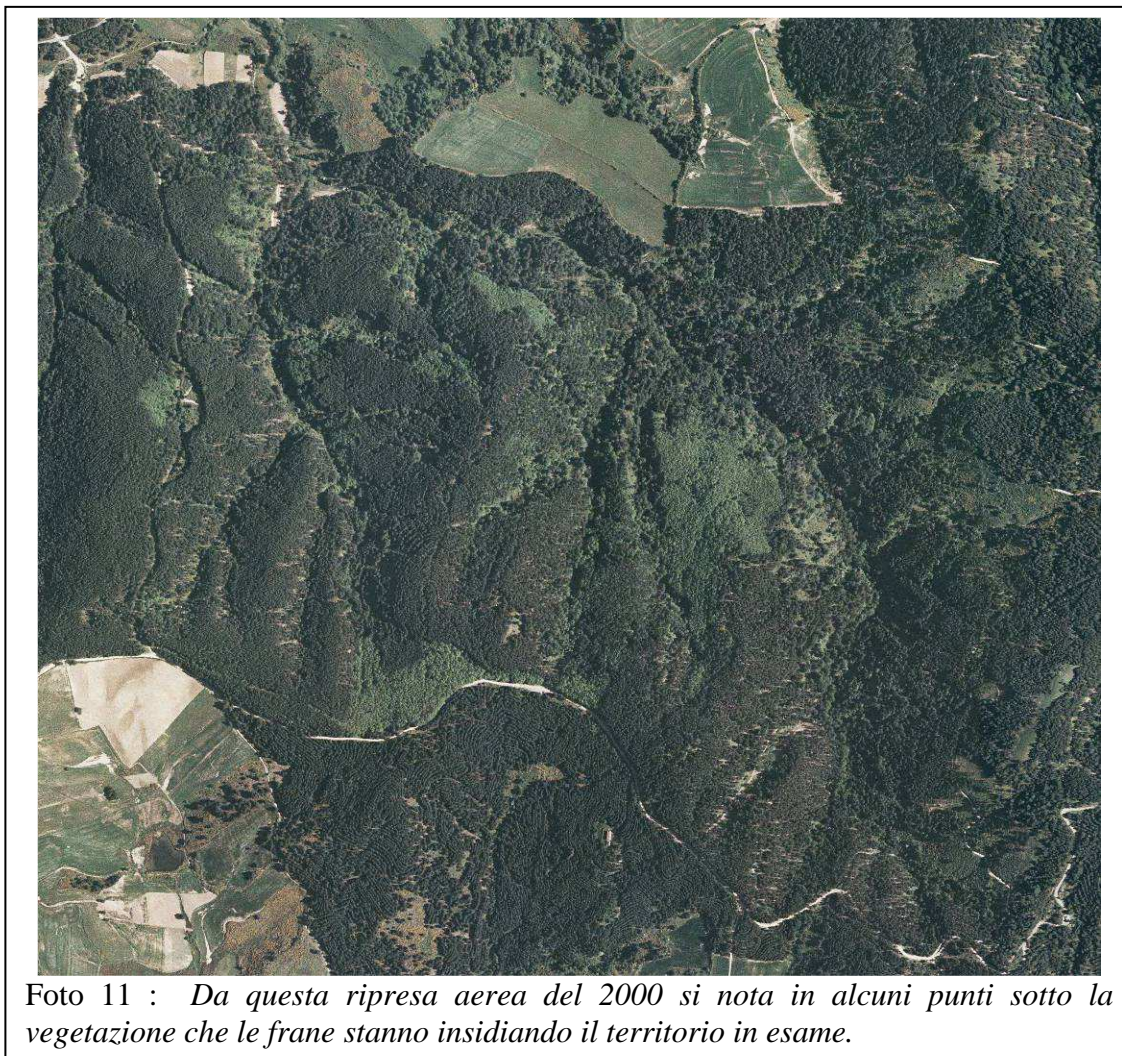


Foto 11 : *Da questa ripresa aerea del 2000 si nota in alcuni punti sotto la vegetazione che le frane stanno insidiando il territorio in esame.*

9. Il Quadro Idrologico

La risposta idrologica del Bacino, è ampiamente documentata da diverse pubblicazioni frutto di venti anni d'indagini da parte dei ricercatori dell'ex I.E.I.F.

La maggior parte di queste indagini erano finalizzate alla valutazione degli effetti della copertura vegetale sui deflussi. Risulta approfondire ulteriormente l'indagine idrologica con metodi appropriati alla determinazione dei parametri progettuali.

Il bacino è attrezzato con tre pluviografi, ma non sono in funzione da un periodo sufficientemente lungo da fornire un campione statisticamente rappresentativo ai fini progettuali (almeno un tempo di ritorno di 50 anni). I tre pluviografi, hanno avuto nel corso degli anni alcuni periodi di malfunzionamento, il numero di osservazioni a disposizione è un campione statisticamente rappresentativo, ma non sufficientemente grande da permettere di estrapolare un'altezza di pioggia con tempo di ritorno pari a 50 anni. Per avere un'altezza di pioggia statisticamente rappresentativa e con tempo di ritorno di almeno 50 anni, si è ritenuto utile utilizzare pluviografi esterni al bacino installati sul territorio dal servizio idrografico (Foto 12) dal 19221 al 2000. Fra questi alcuni funzionano solo da alcuni anni, specialmente se si considerano gli eventi di

breve durata. I pluviografi più prossimi al bacino o affini sono quelli di Staggi, Pinutello C.C., Difesella, San Giacomo d'Acri, Cecita. Solo i dati di Cecita sono reperibili. I pluviografi utilizzabili sono Cecita, Longobucco, San Giorgio Albanese, Macchia Albanese, Acri. Anche in questi casi non tutti i pluviografi possiedono una serie storica sufficientemente lunga per il calcolo di piogge con un tempo di ritorno pari a 50 anni (Grafico 14).

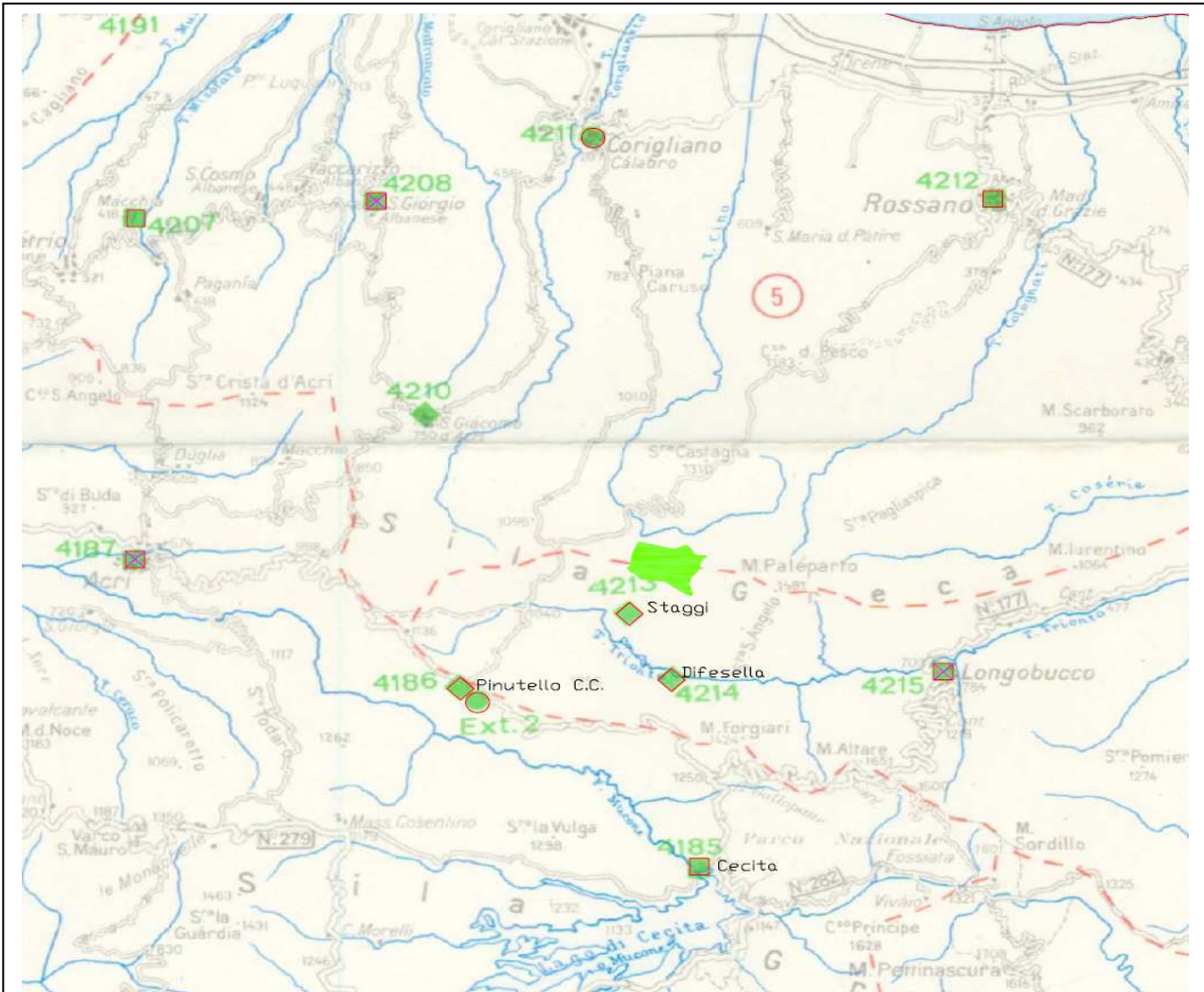
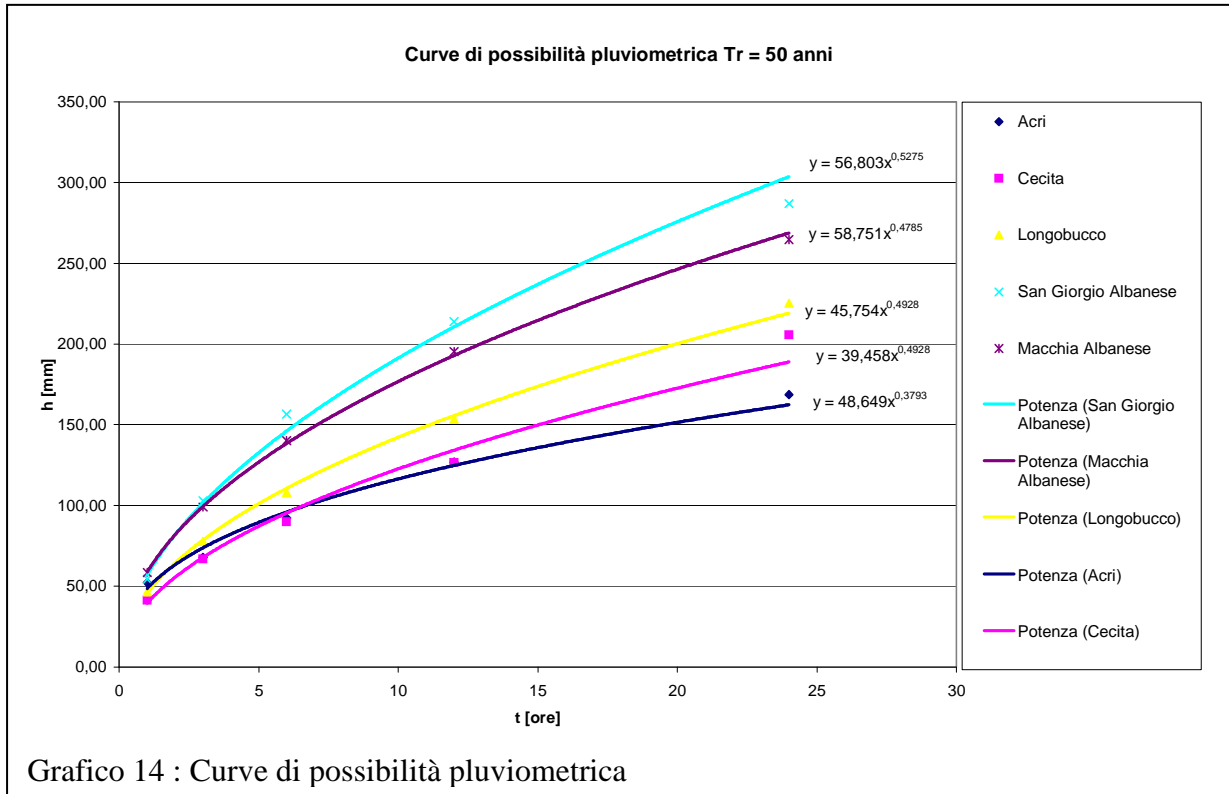


Foto 12 : Zona del Bonis.

Questi risultati possono essere messi a confronto con quelli ottenuti tramite il processo di regionalizzazione per la regione Calabria, che utilizza tutti i dati a disposizione, tiene conto di una legge statistica più accurata rispetto a quella di Gumbell fin qui usata per ottenere le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica.

La regionalizzazione col metodo del T.C.E.V. prevede per un tempo di ritorno di 20, 50, 100, 200, 500 anni.

le seguenti linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (Grafico 16).



$$X_t = ct^{(d+ah)/\log 24} = 31,02t^{(0,517+0,00016 \cdot 1132)/\log 24}$$

per la zona della Calabria in esame

Dati della curva di crescita					
T=	20 anni	50 anni	100 anni	200 anni	500 anni
X' =	1,968	2,455	2,843	3,239	3,769

Tab. 4: Dati delle curva di crescita.

Relativi alla curva di crescita (grafico 15):

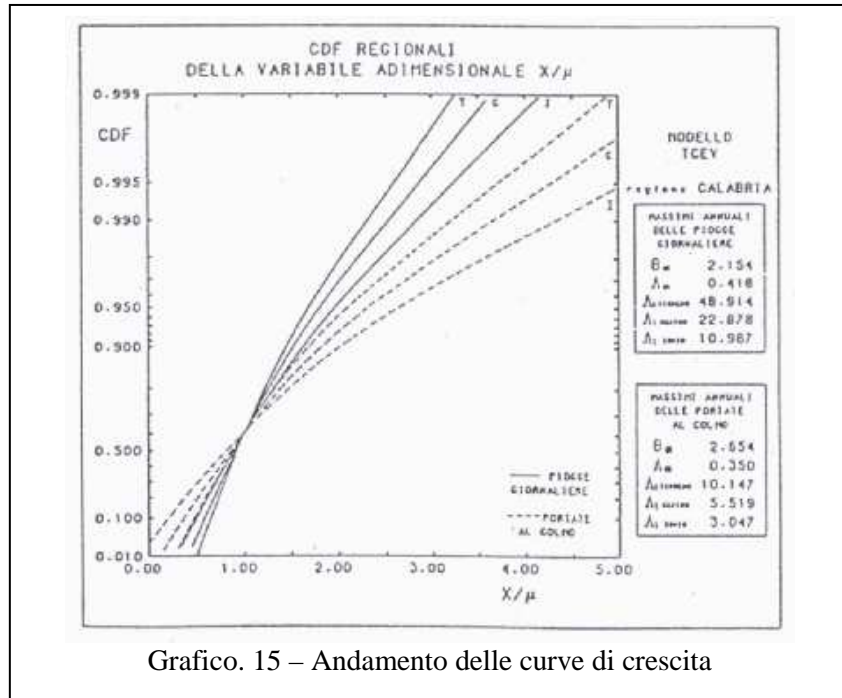


Grafico. 15 – Andamento delle curve di crescita

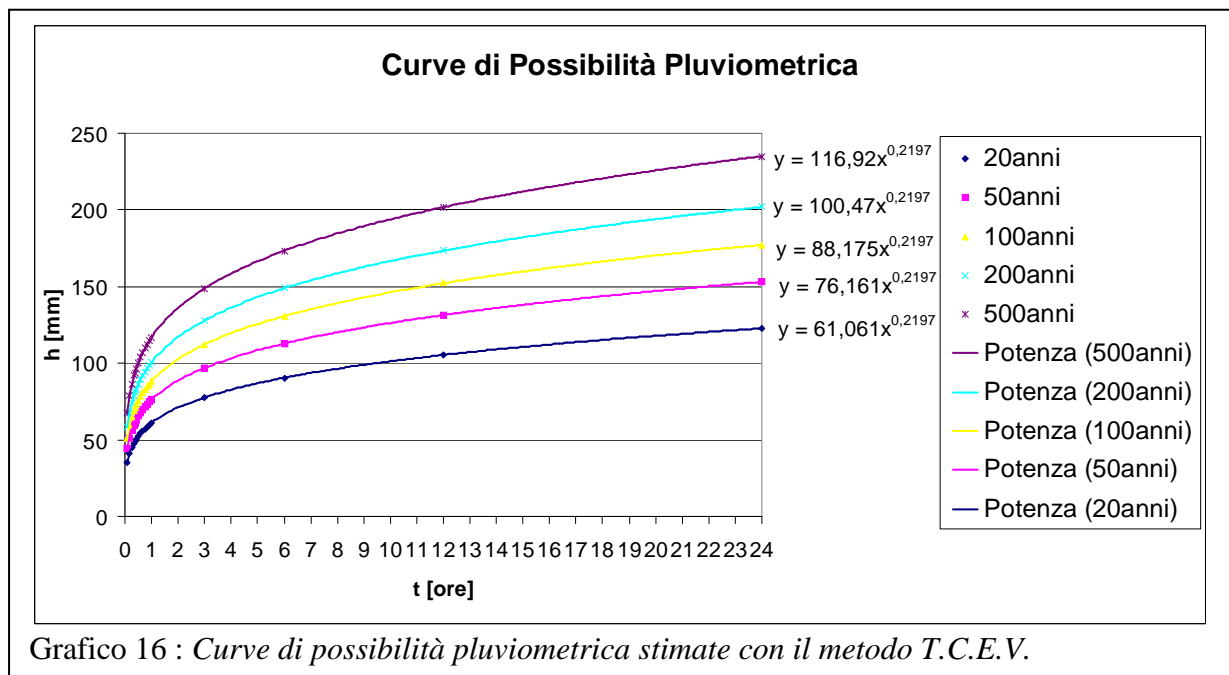


Grafico 16 : Curve di possibilità pluviometrica stimate con il metodo T.C.E.V.

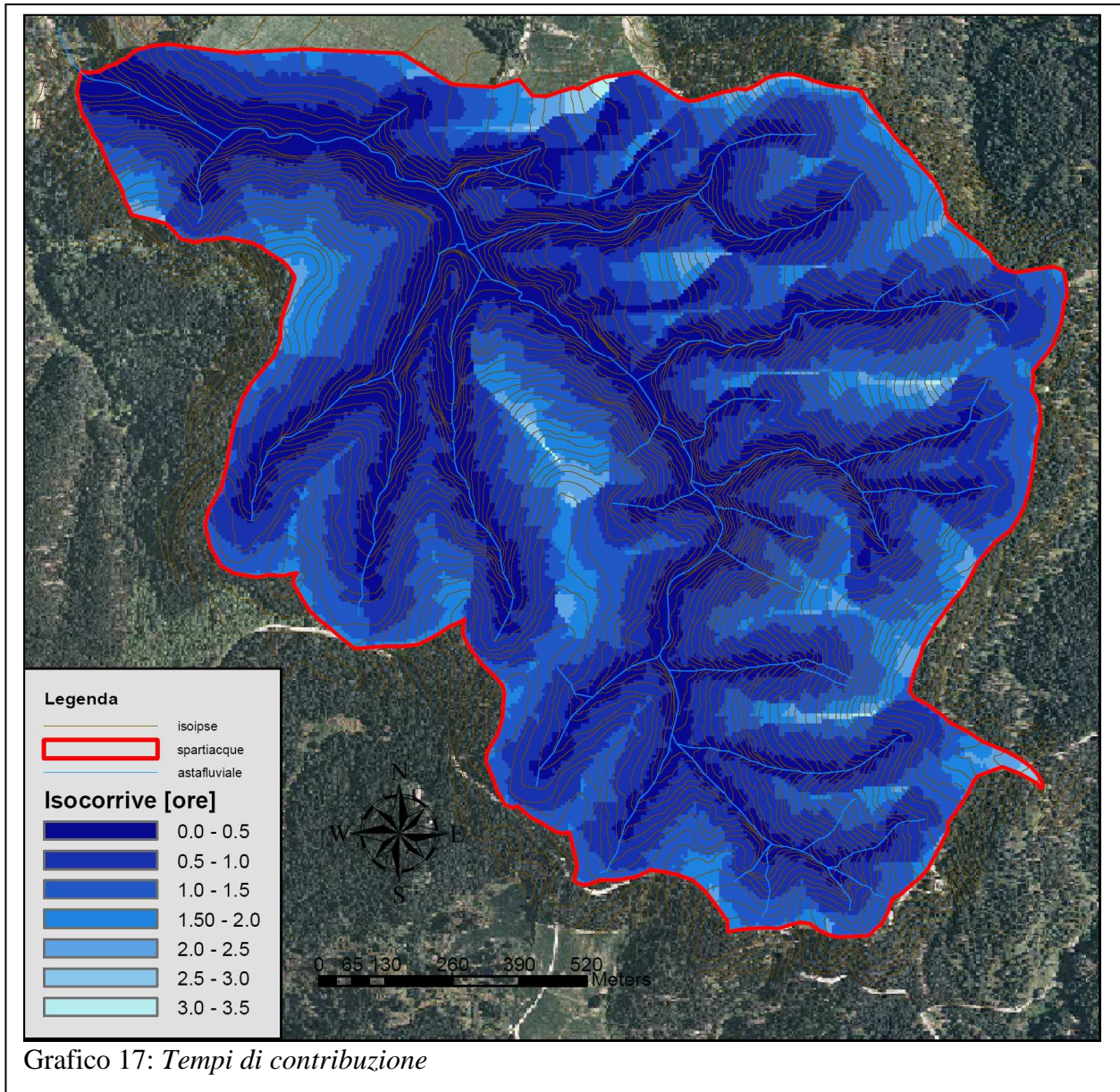
Visto che non sono presenti nel bacino elementi a rischi che prevedano verifiche per tempi di ritorno eccessivamente elevati, si può pensare di fare riferimento al tempo di ritorno di 50 anni: $h = 76,161t^{0,2197}$.

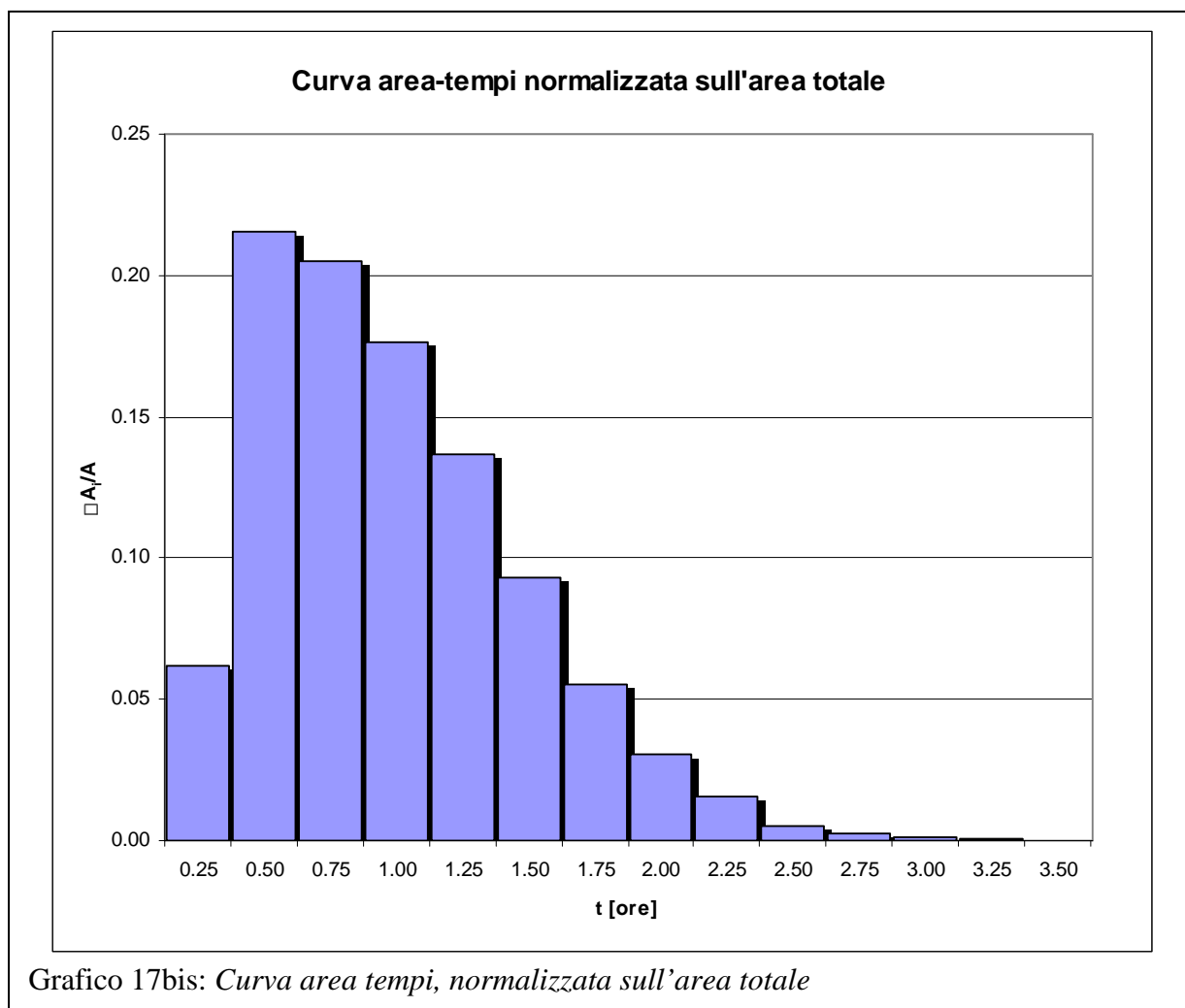
Determinata la curva di probabilità pluviometrica, si procede indagando come queste piogge possano interagire col bacino Bonis e dar luogo alla sua risposta idrologica. Uno strumento adeguato interfacciabile con le applicazioni GIS è il pacchetto Hydro Grid. (Cazorzi, disponibile su <http://www.dpvta.uniud.it/~Cazorzi/HydroGrid2k2/HyGrid2k2.htm>). Questo

permette, a partire dal DEM del Bacino, dal raster dell'uso del suolo e dal raster dei gruppi idrologici del suolo, di pervenire alla risposta idrologica del bacino interessato da una pioggia assegnata, il modello permette di inserire direttamente i parametri della curva di probabilità pluviometrica.

L'uso di strumenti GIS abbinato con il pacchetto Hydro Grid (o di pacchetti gis integrati come il Geo-Hms) permette di elaborare una carta dei tempi di contribuzione di ciascuna cella, arrivando quindi alla stesura di una vera e propria mappa delle isocorrive a partire dal DEM.

Il primo passo consiste nel depittaggio del DEM (operazione atta ad impedire che il DEM presenti delle depressioni locali, che a volte sono esistenti nel territorio e altre volte sono il frutto di errori o imprecisioni nel calcolo: comunque costituiscono un impedimento ai calcoli del deflusso che si eseguono successivamente). Eseguita questa operazione si passa al calcolo delle direzioni di deflusso, in questo caso si è usato il modello D8 classico, ed al calcolo delle celle drenate da ogni cella, elementi utili per il passaggio successivo che rappresenta il calcolo della mappa dei tempi di contribuzione.





Si passa, infine, alla determinazione del tempo che la pioggia caduta su ciascuna cella impiega a raggiungere la sezione di chiusura, si dispone una mappa con i tempi di contribuzione, relativi a tutte le celle, suddivisi in classi (Grafico 17); contemporaneamente si ricava la mappa delle velocità di deflusso (Grafico 18) che evidenzia il reticolo sintetico: nelle zone di canale si ha una velocità molto maggiore che sui versanti.

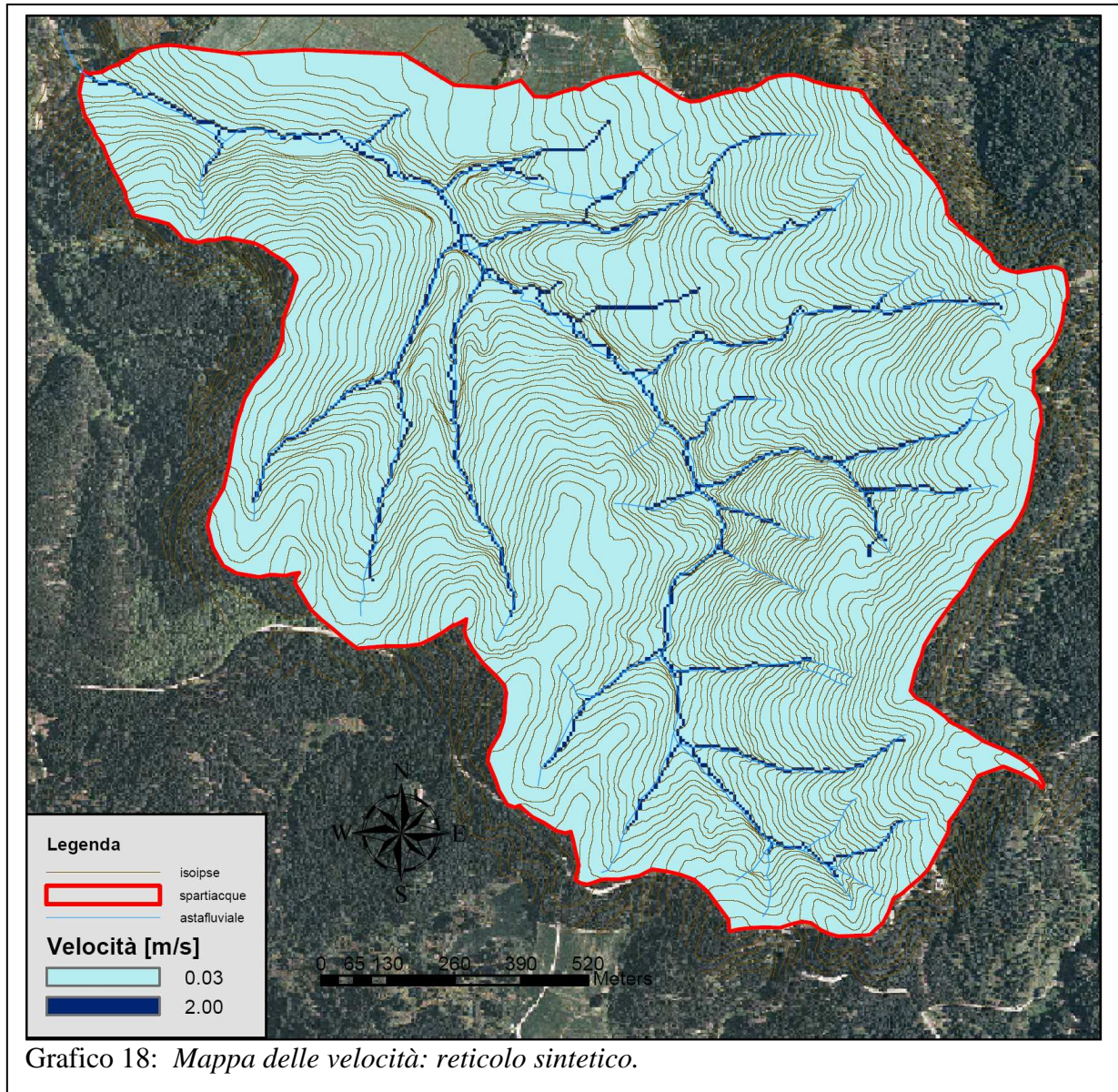


Grafico 18: *Mappe delle velocità: reticolo sintetico.*

Operativamente si procede con la taratura dei parametri, si imposta la velocità del deflusso sui versanti e nei canali, i valori de default sono di 2 m/s per i canali e di 0,03 m/s per i versanti, si è scelto di operare con i valori di default, non perché questi possano essere considerati realmente applicabili al bacino considerato, ma perché da innumerevoli studi risultano essere rappresentativi dell'ordine di grandezza del fenomeno; un altro parametro che l'applicazione richiede è l'area di soglia minima dopo il quale le celle drenate danno luogo a reticolo idrografico, ovvero a canale, in questo caso l'ordine di grandezza messo in evidenza da studi precedenti è di pochi ettari, con range abbastanza variabile, si è così proceduto alla taratura di questo parametro, confrontando il reticolo osservato con quello sintetico, da cui risulta che l'area di soglia minima per il bacino in esame è di 8250 m², il tempo massimo necessario alla pioggia caduta nella cella più svantaggiata per giungere alla sezione di chiusura è di 3,50 ore, questo può essere suddiviso in 14 intervalli di 15 minuti (0,25 ore).

Successivamente si passa ad elaborare, a partire dalla carta dei tempi di contribuzione, l'effetto della pioggia sul bacino: si fa riferimento ad un modello afflussi-deflussi distribuito, applicato a ogni cella secondo la direzione di deflusso. Il modello utilizzato dal pacchetto Hydro Grid è quello proposto dal Soil Conservation System detto Curve Number, di seguito riportato. È uno dei metodi più utilizzati per questo tipo di stima. Secondo il Curve Number l'equazione di bilancio si scrive: $Q = P - S$ dove Q [mm] è il volume per unità di superficie defluito, P [mm] è il volume per unità di superficie affluito, S [mm] è il volume per unità di superficie complessivamente perduto. Il metodo ipotizza una relazione di proporzionalità lineare fra: $Q : P = S : S'$ dove S' è il massimo volume per unità di superficie immagazzinabile nel terreno a saturazione. Per sostituzione si ha:

$$Q = \frac{P^2}{(P + S')}$$

tale P deve però tenere in conto delle perdite iniziali per unità di superficie (vegetazione, fossi, ecc...) si introduce I_a tale che :

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{((P - I_a) + S')}$$

I_a può essere stimato intorno al 20% di S' e per tanto si ha:

$$Q = \frac{(P - 0.2S')^2}{(P + 0.8S')}$$

Dove $S' = 25400 / CN(II) - 254$ proposto per i bacini americani e di argo uso anche in Europa. L'indice CN può essere soggetto a variazioni a secondo della classe di pioggia dei 5 giorni precedenti:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}, \quad CN(I) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

Tipo di copertura (USO del suolo)	A	B	C	D
Terreno coltivato. Senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
Terreno coltivato. Con interventi di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo. Cattive condizioni	68	79	86	89
Terreno da pascolo. Buone condizioni	39	61	74	80
Praterie Buone condizioni	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestati. Terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
Terreni boscosi o forestati. Sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi. Buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
Spazi aperti, prati rasati, parchi. Condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (imp. 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali. Impermeabilità media 65%	77	85	90	92
Aree residenziali. Impermeabilità media 38%	61	75	83	87
Aree residenziali. Impermeabilità media 30%	57	72	81	86
Aree residenziali. Impermeabilità media 25%	54	70	80	85
Aree residenziali. Impermeabilità media 20%	51	68	79	84
Parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	93	98
Strade. Pavimentate, con cordoli e fognature	98	98	98	98
Strade. Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
Strade in terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Tab. 5: SCS CN Tipi di suoli , uso del suolo e CN corrispondenti

Tipo di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con I scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Tab. 6: S.C.S. C.N. Tipi di suolo

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti (mm)	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	<13	<36
II	13-28	36-54
III	>28	>54

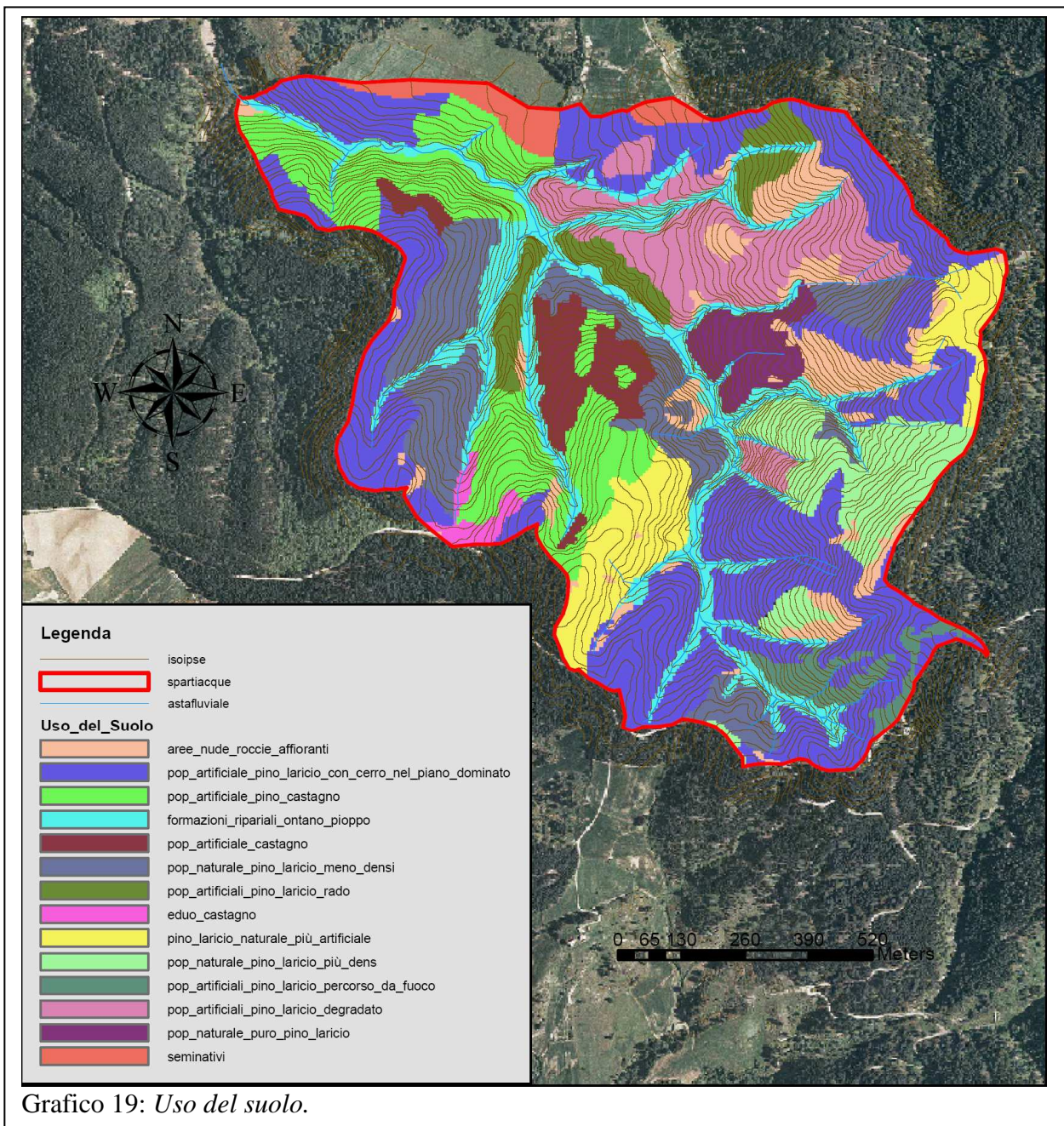
Tab. 7: Classe di C.N. al variare dell'umidità e del clima

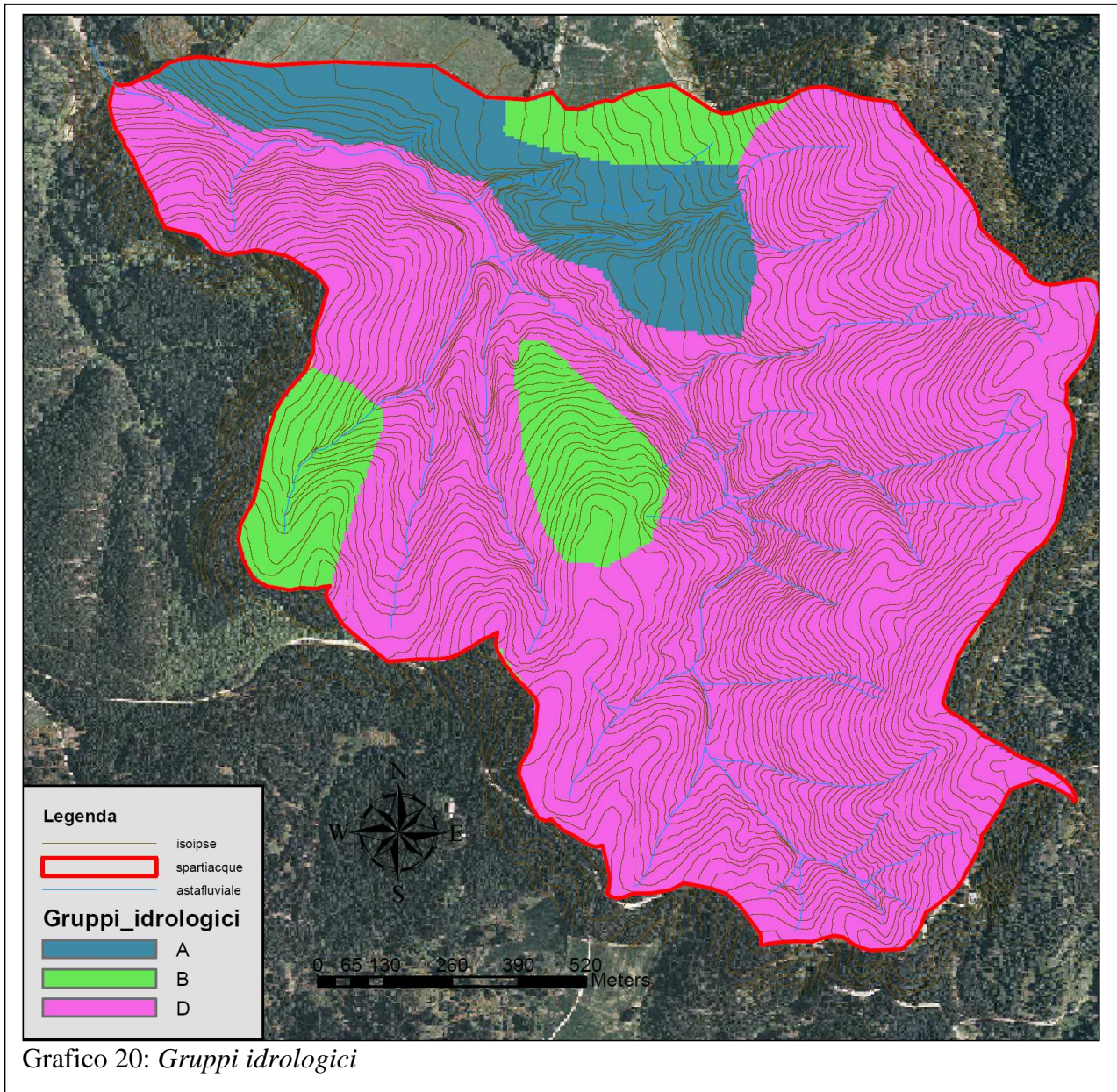
Gli studi del prof Cazorzi per il pacchetto Hydro Grid hanno determinato la serie di CN riportati in tabella 8:

Tabella I- Valori del CN per i vari complessi suolo. Soprassuolo				
Uso del suolo	Classe di permeabilità			
	A	B	C	D
Fustaia di conifere densa	22	25	35	39
Fustaia mista densa	30	34	40	45
Fustaia di conifere rada	36	40	47	52
Fustaia di latifoglie	45	48	54	59
Ontani	52	55	61	66
Mughi	52	55	61	66
Arbusti	52	55	61	66
Prati e Colture	68	70	78	81
Rupi vegetate	70	72	80	83
Piste da sci	74	76	83	85
Improduttivo	75	77	84	86
Aree urbane	92	94	96	98
Corsi d'acqua e Laghi	99	99	99	99

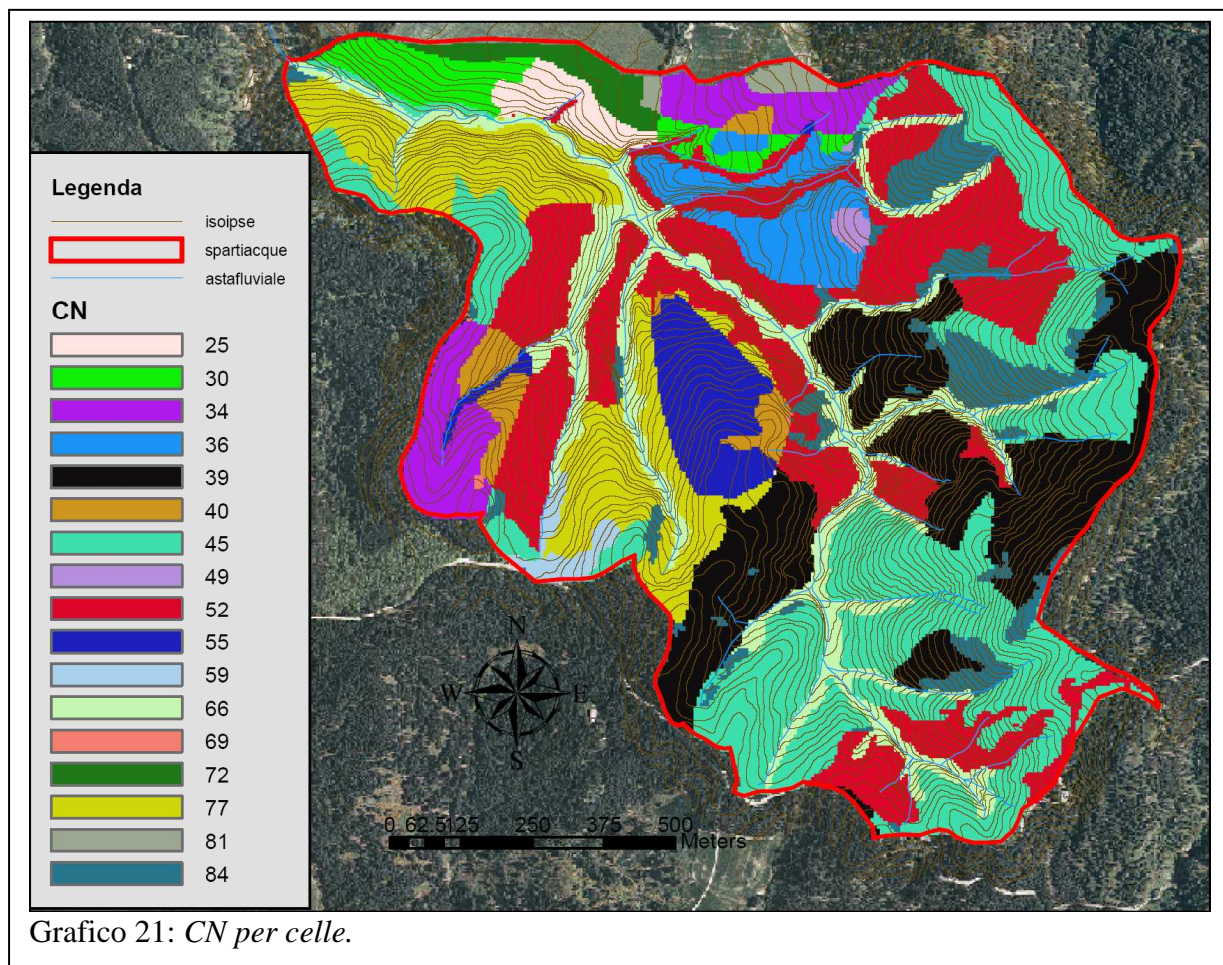
Tab 8: SCS CN Tipi di suoli , uso del suolo e CN corrispondenti.

Il modello (applicazione CLEM) ha bisogno della mappa dei tempi di contribuzione, dei parametri della curva di probabilità pluviometrica, e di una mappa raster (Grid) che associ un valore di CN ad ogni cella. Come è noto il modello Curve Number assegna i valori di CN in merito all'uso del suolo ed al tipo di suolo. È necessario produrre un raster dei valori di CN assegnati alle singole celle. Il pacchetto Hydro Grid contiene un'applicazione utile a questo scopo, il "Curve Number" che, a partire da un raster dell'uso del suolo (Grafico19) ed uno dei gruppi idrologici del suolo (Grafico 20) assegnati i valori di CN per i diversi usi del suolo e gruppi idrologici del suolo, produce una mappa raster (Grafico 21).



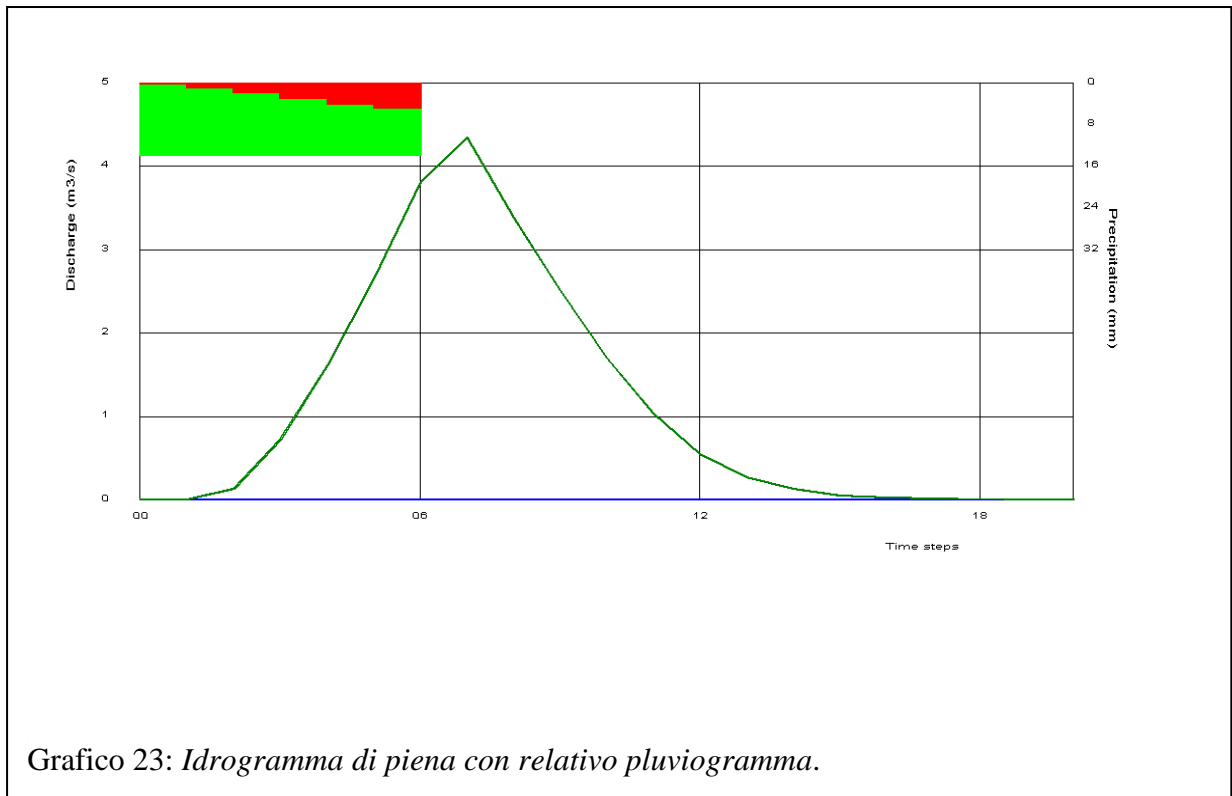
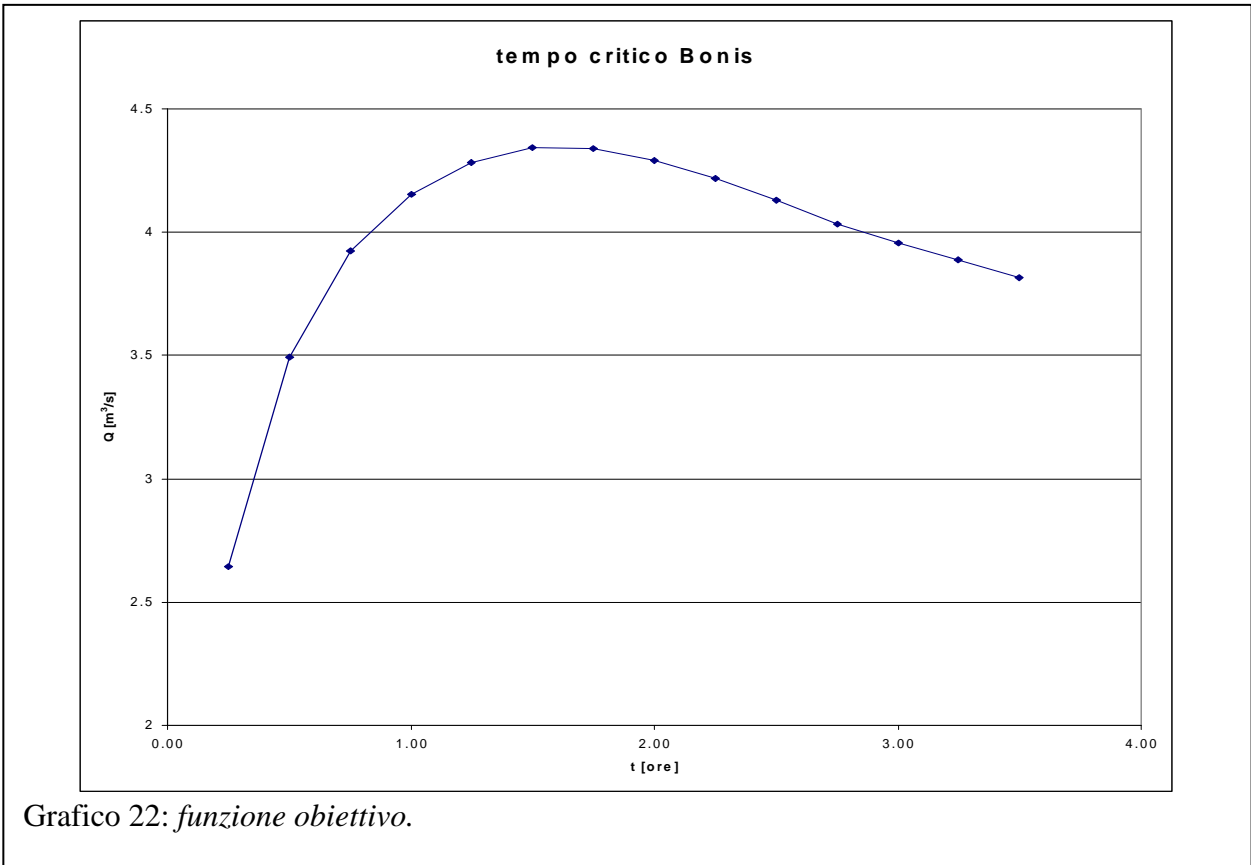


La carta dei gruppi idrologici è stata ricavata dalla carta geologica associando sabbie e ghiaie al gruppo A del CN, al gruppo B materiali eluviali e colluviale risultanti dall'alterazione di rocce acide intrusive ed al gruppo D le rocce acide intrusive ed al gruppo fratturate. Una volta implementato il CLEM con quest'ultimo dato il modello è in grado di fornire l'onda di piena. Restano da assegnare i diversi parametri: la portata iniziale è trascurata a causa del regime del corso d'acqua con portate di morbida trascurabile, gli intervalli scelti sono di 15 minuti, si deve assegnare la durata della pioggia. Per capire qual è la pioggia critica si fa riferimento ad una funzione obiettivo, atta ad individuare per quale tempo di pioggia si ha la portata maggiore. Si fa riferimento a intervalli di 15 minuti con tempi compresi fra 0,25 ore e 3,5 ore (massimo della mappa dei tempi di corrivazione) (Tab. 9 Grafico 22) si stima un tempo critico di 1,5 ore con il quale si ha la portata di $4,342 \text{ m}^3/\text{s}$ e l'idrogramma di piena in grafico 23 con relativo pluviogramma rettangolare.



t_p	h [mm]	CN	% Area	PerditeDirette [mm]	PerditeBase [mm]	t picco [ore]	Q [m ³ /s]
0.25	56.2	57.418	96.005	6.2	50.0	0.50	2.643
0.50	65.4	56.660	98.609	8.8	56.6	0.75	3.493
0.75	71.5	56.251	98.609	10.7	60.8	1.00	3.926
1.00	76.2	55.973	98.609	12.3	63.8	1.25	4.154
1.25	80.0	55.796	100	13.7	66.2	1.50	4.282
1.50	83.3	55.609	100	14.9	68.3	1.75	4.342
1.75	86.1	55.475	100	16.0	70.1	2.00	4.339
2.00	88.7	55.362	100	17.0	71.6	2.25	4.29
2.25	91.0	55.264	100	18.0	73.0	2.50	4.217
2.50	93.1	55.178	100	18.9	74.3	2.75	4.129
2.75	95.1	55.101	100	19.7	75.0	3.00	4.032
3.00	97.0	55.031	100	20.4	76.5	3.00	3.956
3.25	98.7	54.968	100	21.2	77.5	3.25	3.89
3.50	100.3	54.910	100	21.9	78.4	3.50	3.816

Tab 9: Portata massima e tempo critico



9. Situazione del Bonis

Il Bonis si presenta oggi in una condizione di totale dissesto con versanti particolarmente erosi. Le numerose frane forniscono al corso d'acqua una grande quantità di detriti. Il materiale trasportato è raccolto nella sezione di chiusura del bacino all'interno della vasca di calma per la misura dei deflussi.

In alcune zone l'erosione ha asportato completamente il suolo sino alla roccia madre costituita da granito alterato e facilmente erodibile.

Un ulteriore elemento di dissesto è la presenza di tronchi caduti all'interno del corso d'acqua che a volte si posizionano in maniera trasversale alla linea di talweg, dando luogo a veri e propri sbarramenti che trattengono i detriti man mano che la corrente li trascina. In condizioni di morbida o anche di piene non eccessive i detriti non hanno spinta sufficiente per attraversare lo sbarramento, ma in caso di grosse piene possono essere facilmente asportati e provocare dissesto a valle.

10. I Meccanismi del Dissesto

Il dissesto è dovuto principalmente a fenomeni di erosione che procedono da monte verso valle, il materiale sciolto (foto 13) o facilmente erodibile nelle zone di elevata pendenza, viene trasportato dal deflusso superficiale fino al tratto d'alveo immediatamente disponibile, specialmente dagli scrosci di breve durata e forte intensità, caratteristiche del clima mediterraneo. Specialmente nel periodo estivo gli eventi di piena sono iperconcentrati di materiale solido che aumenta la capacità erosiva del flusso immediatamente a valle. Tale processo è molto simile ad una vera e propria colata detritica. In realtà, manca un vero e proprio canale di scorrimento perchè i detriti trasportati, erodono al piede i versanti, percorrono l'alveo senza creare un canale di scorrimento, depositandosi sul greto del fiume. In effetti, questo meccanismo si spiega col fatto che mentre la colata detritica presenta un meccanismo per cui i le particelle di materiale solido sono in condizione di saturazione e a contatto reciproco continuato nel tempo. Questo non avviene per il flusso con trasporto iperconcentrato che conferisce al materiale un minore potere di escavazione, dell'alveo e dei versanti. Il processo si propaga verso valle procedendo d'evento in evento a scalzare al piede i versanti immediatamente a valle, versanti soggetti via via a fenomeni di trigger successivi, franano a livello superficiale dando luogo a nuovo detrito, immediatamente disponibile al deflusso iperconcentrato che arriva con maggiore capacità erosiva a valle. Inoltre il detrito che non riesce ad entrare in soluzione, resta depositato al piede della frana, fungendo da serbatoio per gli eventi critici successivi. La morfologia del corso d'acqua prevede anche delle zone in pendenza relativamente debole, immediatamente a valle delle zone a forte pendenza, in tali zone il moto del fluido è frenato e si formano zone di deposito consistenti. Dalla carta si riscontra come a zone di erosione susseguono zone in deposito, che corrispondono alle zone a pendenza relativamente moderata come si evince dall'andamento dell'asta principale del Bonis (Grafico 11 e Foto 14).



Foto 13 : *Depositi detritici nella parte alta del bacino.*

Questa peculiarità si evidenzia soprattutto nel tratto più elevato, dove ad una zona in forte pendenza segue, come descritto, una zona in debole pendenza. Tale riduzione di pendenza comporta la creazione di ampie zone di deposito che mitigano la capacità erosiva degli eventi di piena. Il materiale eroso si deposita nell'alveo, il greto del corso d'acqua è quasi totalmente riempito di detriti che hanno invaso anche le zone riportate in erosione. In questi tratti si notano barre laterali e mediane di deposito fortemente incise che sono, pertanto, esposte ad una forte erosione producono una ingente quantità di detriti anche in presenza di portate di morbida (Foto 13).

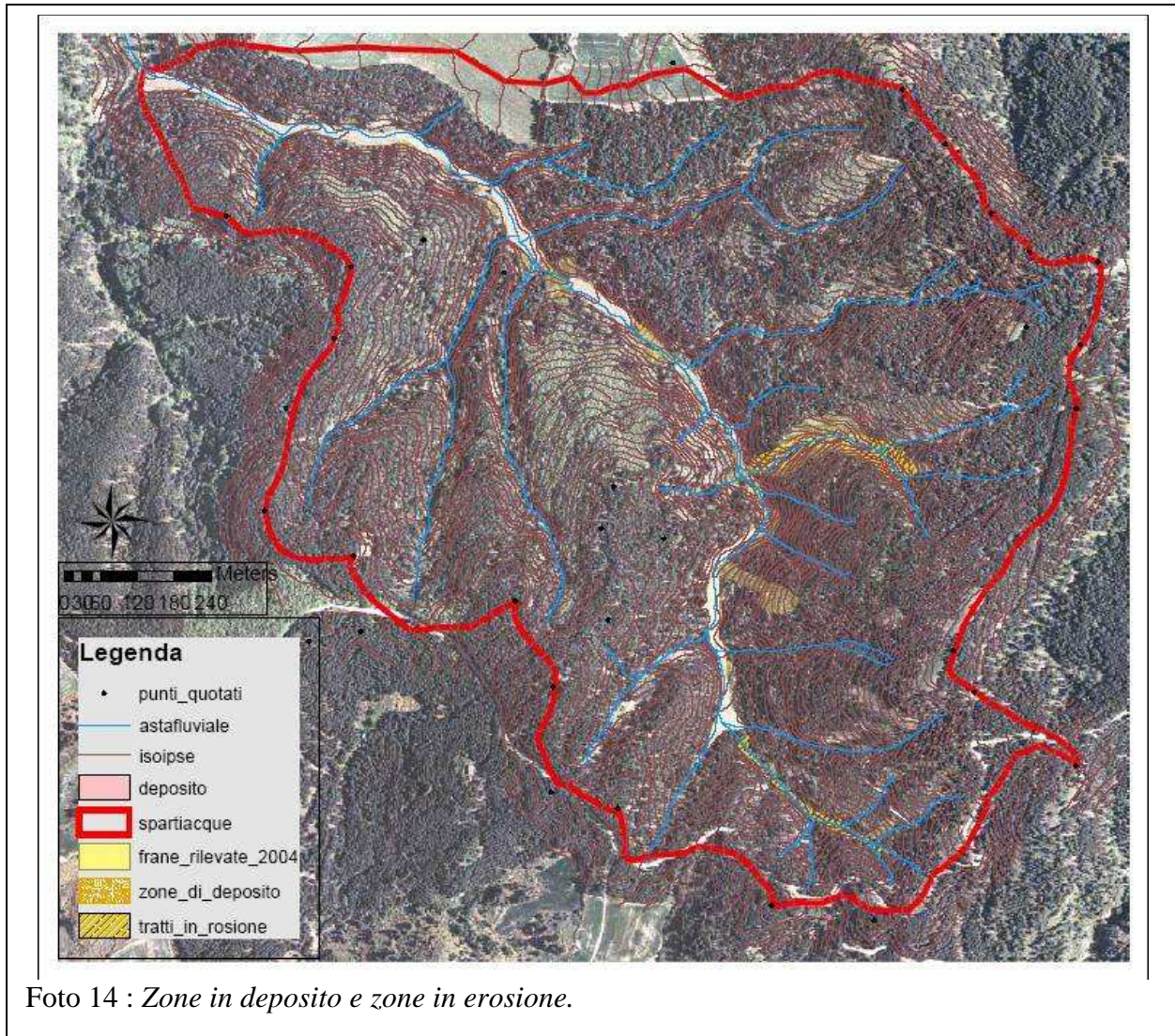


Foto 14 : Zone in deposito e zone in erosione.

A questo processo va soggetto l'intero corso d'acqua, in particolare procedendo da monte, si evidenzia che nella prima zona di deposito si è arrestato il processo fin qui descritto (Foto 15 e 16), che riprende a valle quando aumentano le pendenze e per la presenza di frane. Le piogge abbondanti e gli scrosci degli ultimi mesi, con particolare intensità quello del 17 Giugno 2004 (107 mm in 90 minuti corrispondente ad un'intensità di 71,33 mm/h ed a un evento con tempo di ritorno superiore ai 200 anni) insieme ai danni causati dall'erosione e dal deflusso iperconcentrato per la presenza di materiali via via di più maggiori dimensioni, sono la causa fondamentale del dissesto. Il fenomeno è aggravato ulteriormente dalla caduta di alcune frane causate dall'erosione al piede dello stesso versante in frana (Foto 17, 18, 19, 20, 21, 22).

Il processo erosivo si è innescato nuovamente più a valle a causa della caduta di frane di una certa importanza e riportando in alveo altri detriti, il processo erosivo aumenta.



Foto 15: *Il tratto in piano dove si deposita il materiale ed è sconnesso da quello a valle.*



Foto 16: *Il tratto in piano dove si deposita il materiale presenta un apprezzabile sinuosità.*



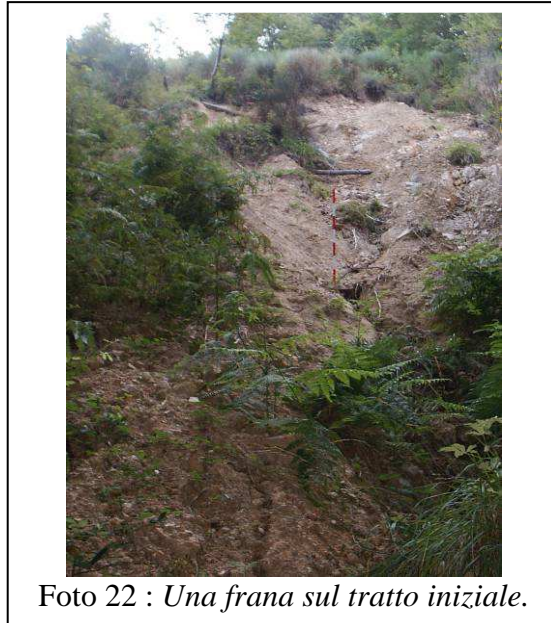






Foto 31 e 32 : *Una grossa frana che si è formata a causa dell'erosione al piede e che continua a fornire sedimenti al processo erosivo.*



Foto 33 e 34: *Zona montana fortemente incisa e degradata, con detriti.*



Foto 35 : *La vasca sperimentale svuotata*



Foto 36 : *L'invaso creato sul Bonis è ormai pieno di detriti.*



Foto 37 : *Il tubo installato dai ricercatori non assolve più la sua funzione, serviva infatti per quantificare i deflussi.*

Una prima frana, non superficiale(frana H), si è innescata, a causa del degrado dei graniti della Sila, su un versante in destra idrografica, poi si è abbattuta sul corso d'acqua percorrendo per più di 50 m il versante e depositandosi nel letto del corso d'acqua come una vera e propria colata. Il materiale sciolto, mescolato all'acqua e ormai adagiato sull'alveo, da luogo, negli eventi pluviometrici di forte intensità, ad una soluzione di flusso iperconcentrato che percorrendo versanti in precaria stabilità provoca il loro scalzamento al piede, riducendo ulteriormente il coefficiente di sicurezza. Inoltre il materiale che si è depositato funge da serbatoio di sedimenti per questa soluzione erosiva prolungando nel tempo il pericolo (foto 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30). Il pericolo di eventi di trasporto iperconcentrato successivi diventano possibili con eventi pluviometrici anche di modesta entità. Il fenomeno descritto si ripete più volte man mano che si procede verso valle. In modo particolare, immediatamente a valle della frana innescante si è staccata una frana particolarmente importante per la quantità di detriti resi disponibili(frana I e foto 31-32). Procedendo verso valle s'incontrano effetti sempre più rovinosi, si passa da un alveo fortemente inciso nella parte montana, a zone che presentano veri e propri versanti in frana nella zona valliva (foto 33 e 34). Va sottolineato come tale dissesto pregiudichi il lavoro fin qui svolto dai ricercatori, rendendo impossibile il prosieguo delle ricerche sul trasporto solido in sospensione (Foto 35 e 36, 37).

Il tratto a monte in condizioni di elevato dissesto rischia di congiungersi con quello di valle ed è urgente la necessità di fare in modo che i due circuiti di dissesto non si connettano, poiché porterebbe il sistema sottostante a ricaricarsi ulteriormente di materiale, aggravandone irreversibilmente il processo di dissesto in atto.

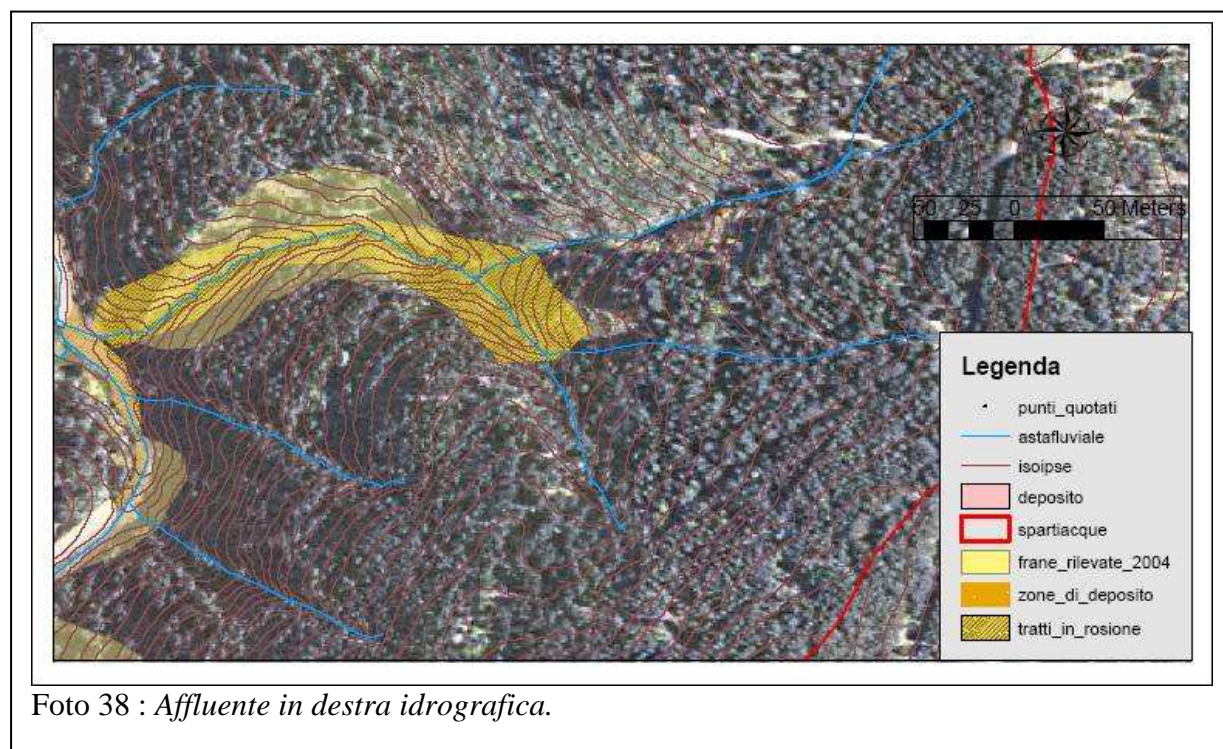


Foto 38 : *Affluente in destra idrografica.*

Nella zona adiacente alla vasca sperimentale ci sono alcune zone di deposito dovute ad alcune opere di sbarramento in legname, di carattere provvisorio ed urgente, nelle quali si ritrovano le sabbie erose a monte, alternativamente ai depositi si trovano alcuni tratti in forte erosione a causa del raggiungimento dei limiti tecnologici delle opere.

Nel tratto centrale del corso d'acqua non si può trascurare la presenza di qualche affluente che immette nel corso principale, una notevole quantità di detriti sotto forma di vere e proprie colate detritiche la cui azione erosiva sull' asta principale è mitigata dal fatto che la loro confluenza è in un tratto a scarsa pendenza.

Grazie al meccanismo di dissesto a valle e con l'aumentato deposito, il materiale detritico con un evento meteorico intenso potrebbe mettersi in movimento creando delle vere e proprie colate detritiche. In modo particolare un affluente in destra idrografica nella parte centrale del corso d'acqua è la causa principale del materiale presente nell'alveo a valle.

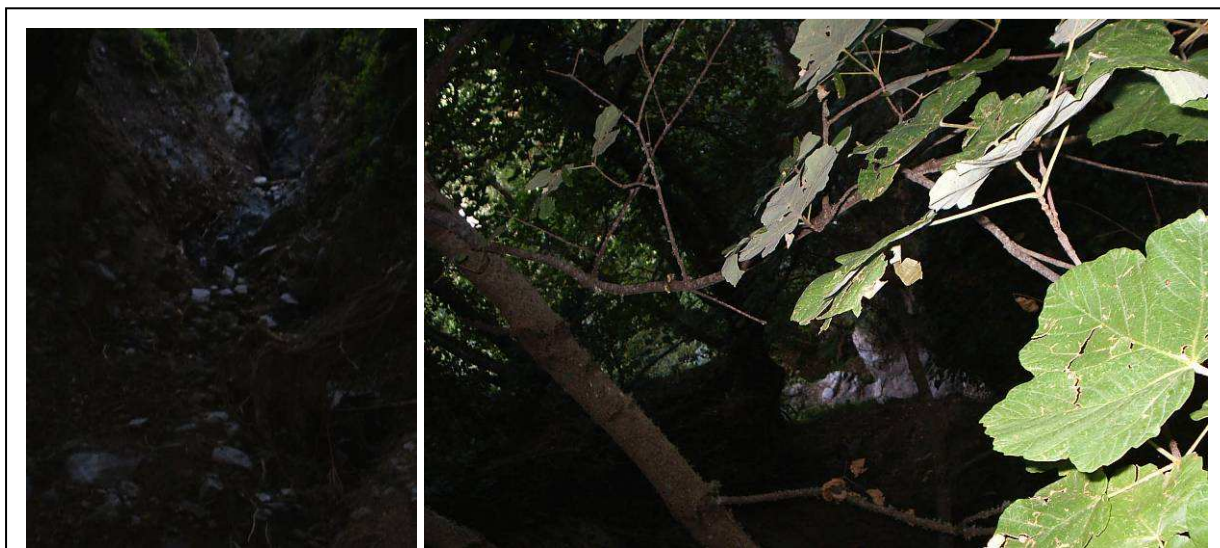


Foto 39 e 40 : il torrente inciso visto da valle e da monte.

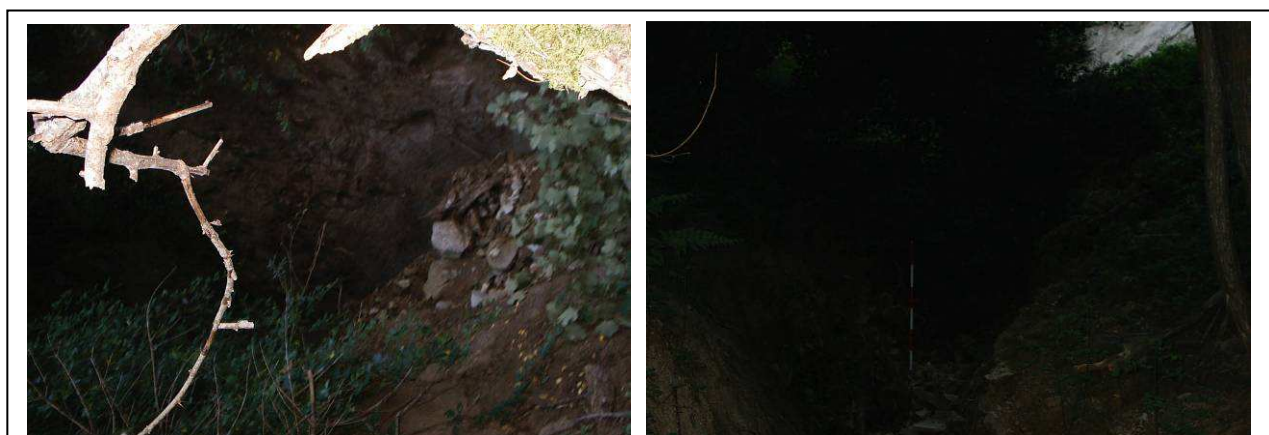


Foto 41 e 42 : il torrente inciso visto da monte.

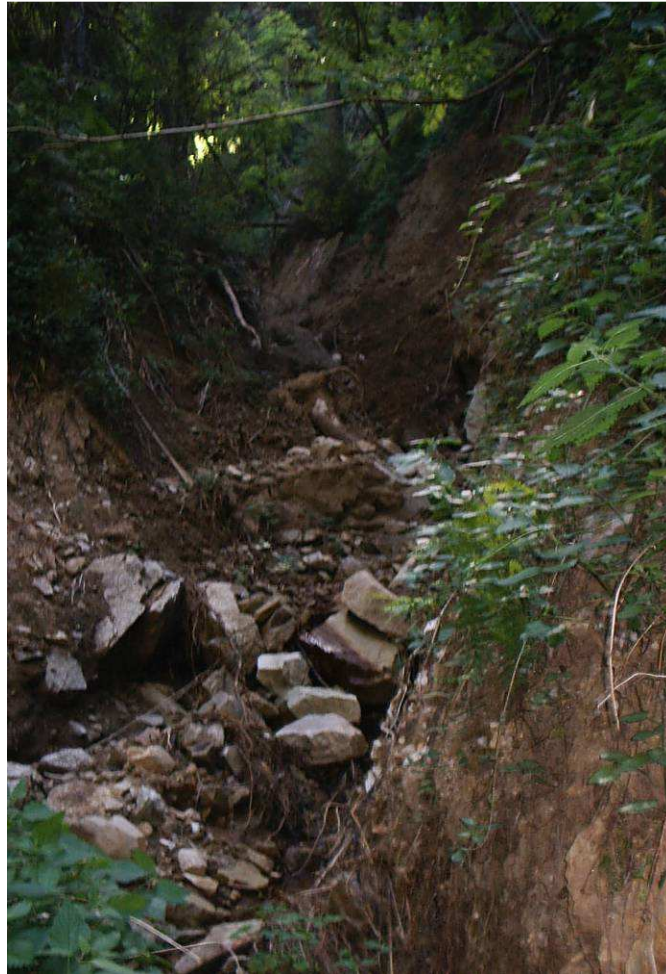
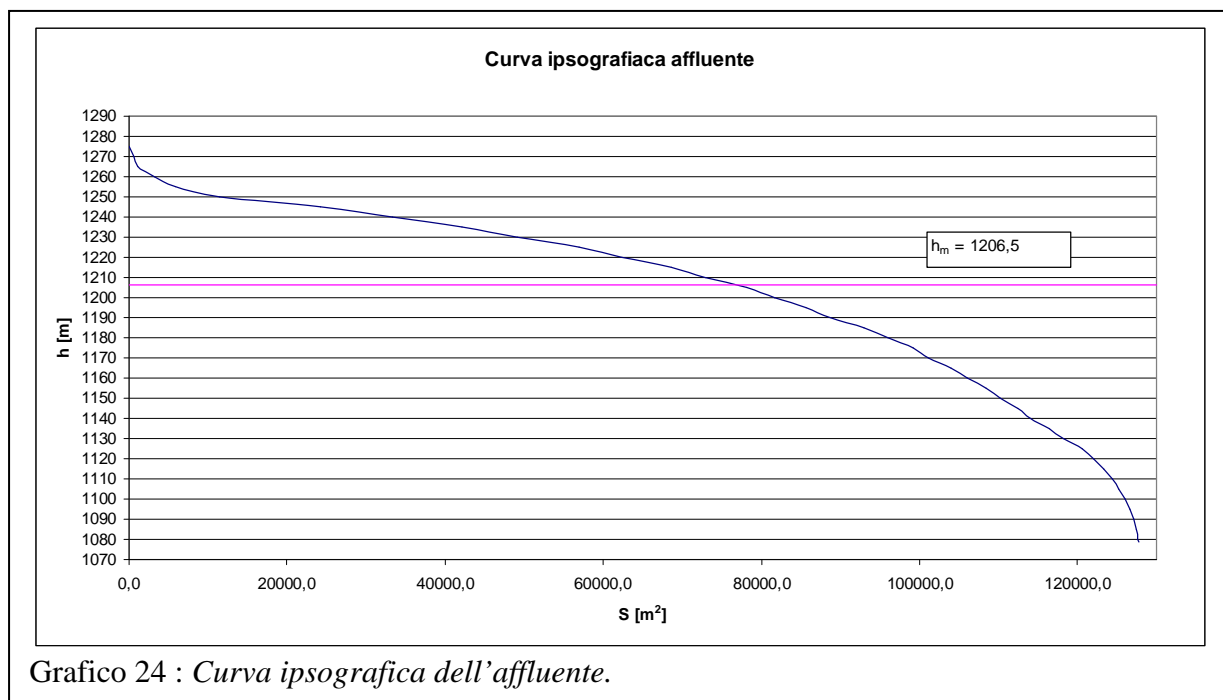


Foto 43 : *l'alveo risulta fortemente inciso, e carico di materiali di grossa pezzatura*

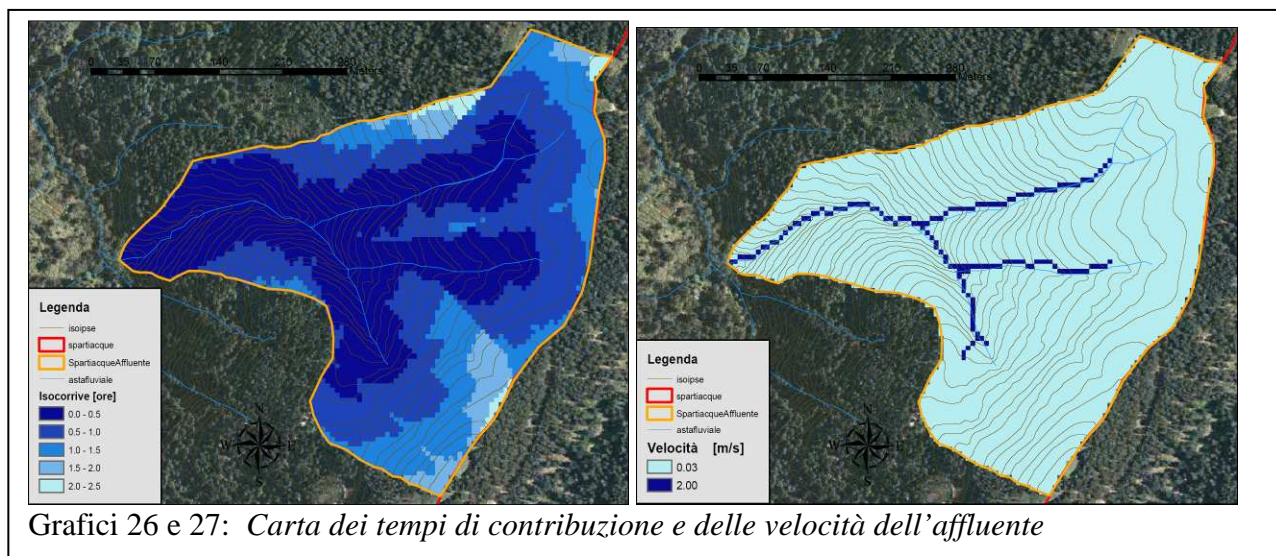
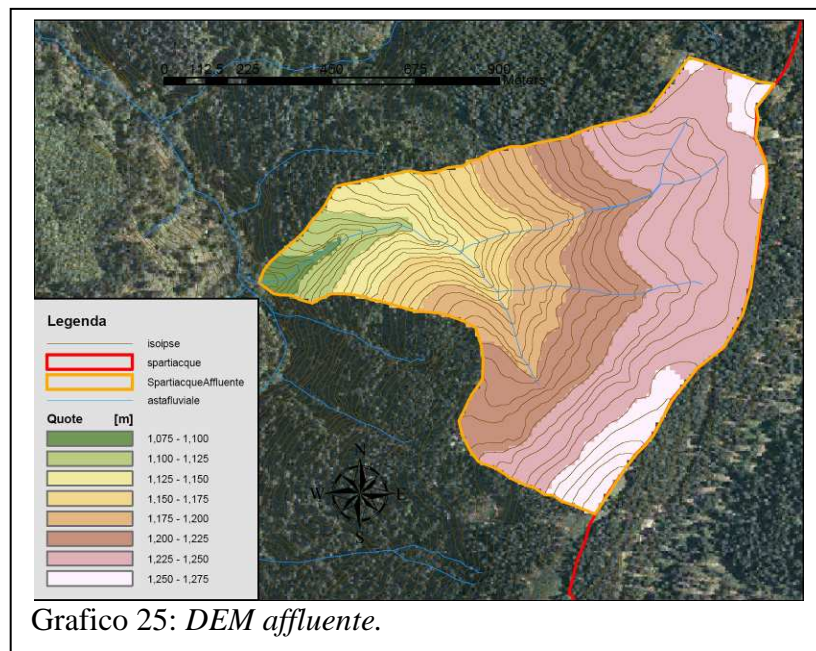
Questo affluente è molto inciso, con pendenze superiori al 40%, con grossi salti e con diversi fenomeni di frana nella parte finale del corso d'acqua (Foto 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47). Difficilmente in questa situazione si potrà ricorrere delle soluzioni economicamente sostenibili per sistemare questa parte del Bonis, è fondamentale eliminare l'apporto di detriti che quest'affluente porta nel corso principale. Un opera trasversale potrebbe fermare una grande parte di questi detriti minimizzando l'impatto ambientale.



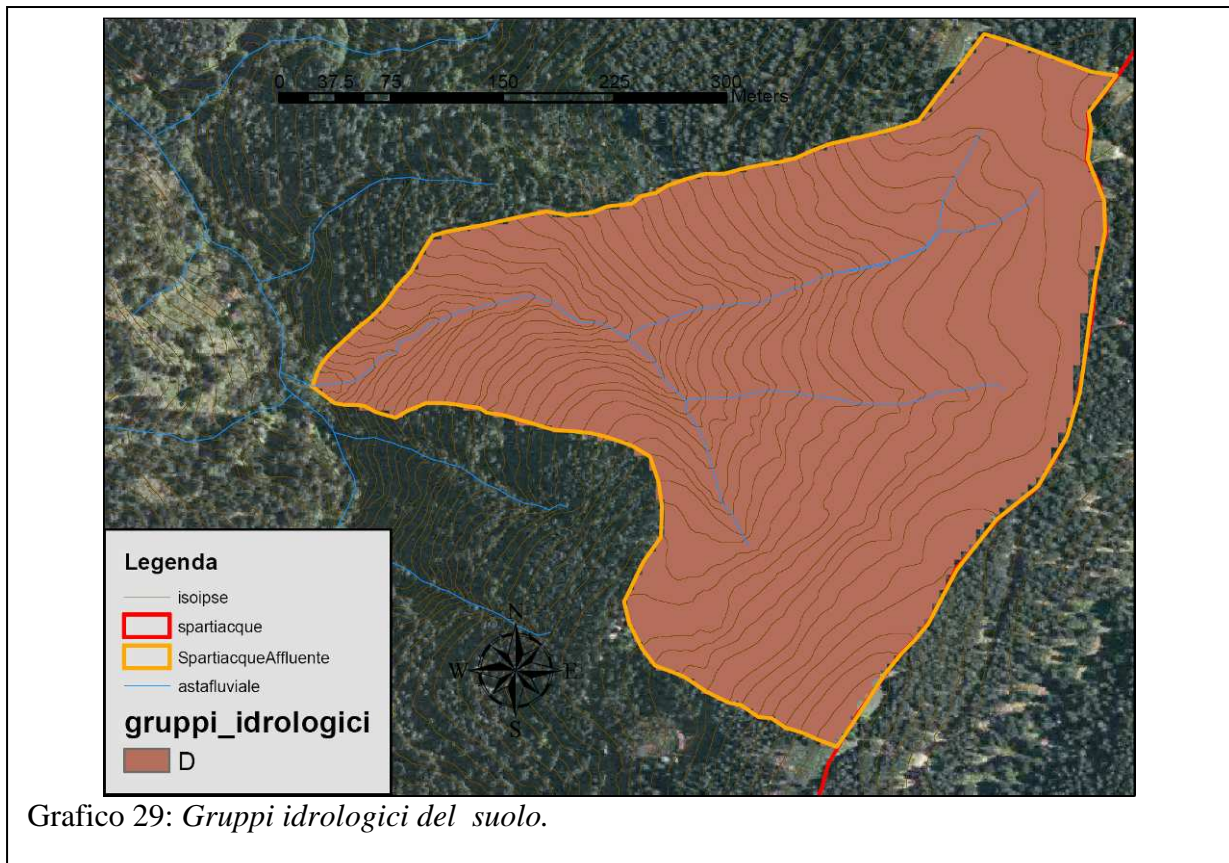
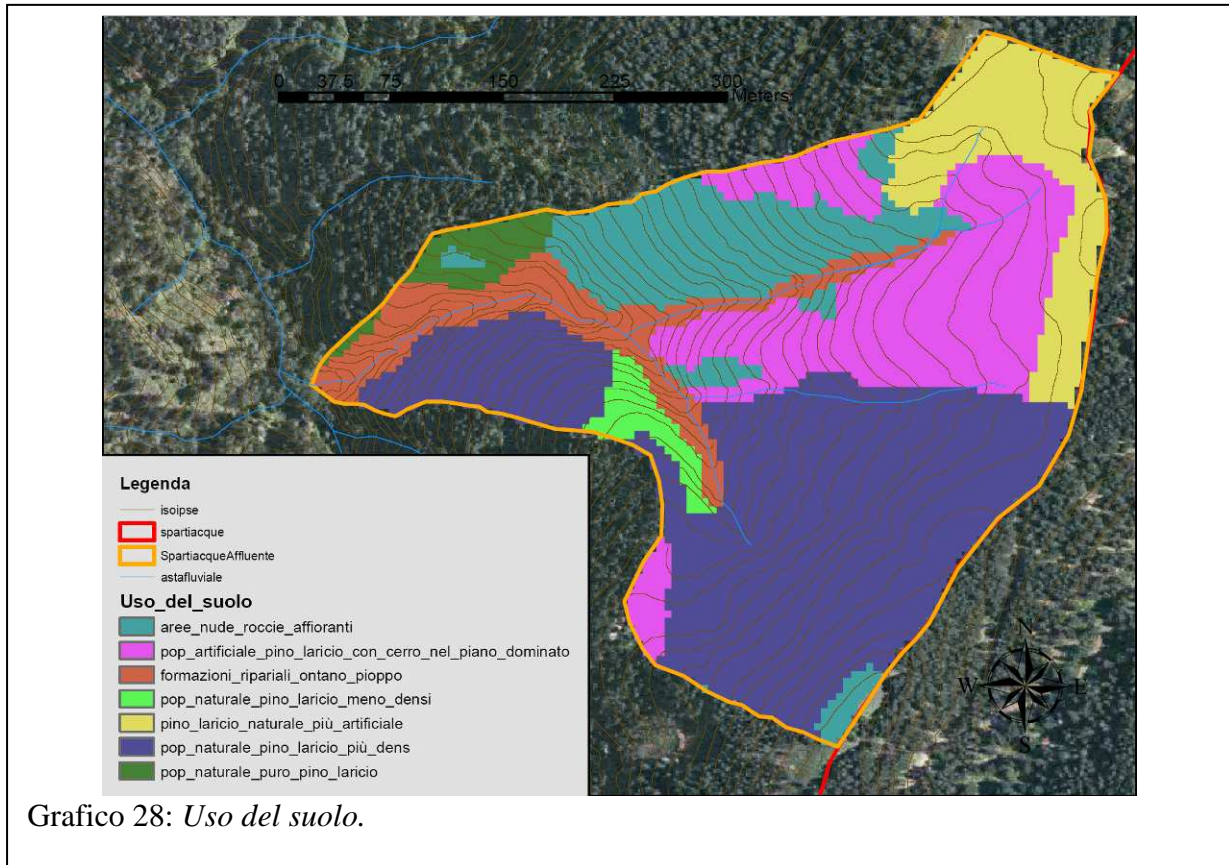
Per quanto riguarda la carta delle quote, delle pendenze e dell'esposizione si può far riferimento a quelle prodotte per l'intero bacino. Il corso d'acqua presenta una lunghezza di 459 m sottende un bacino un'area di 0,13 km², ha un'altezza minima di 1075 m, una altezza media di 1206,5 m, un'altezza massima di 1270 m e può essere rappresentato dalla seguente curva ipsografica (Grafico 24):

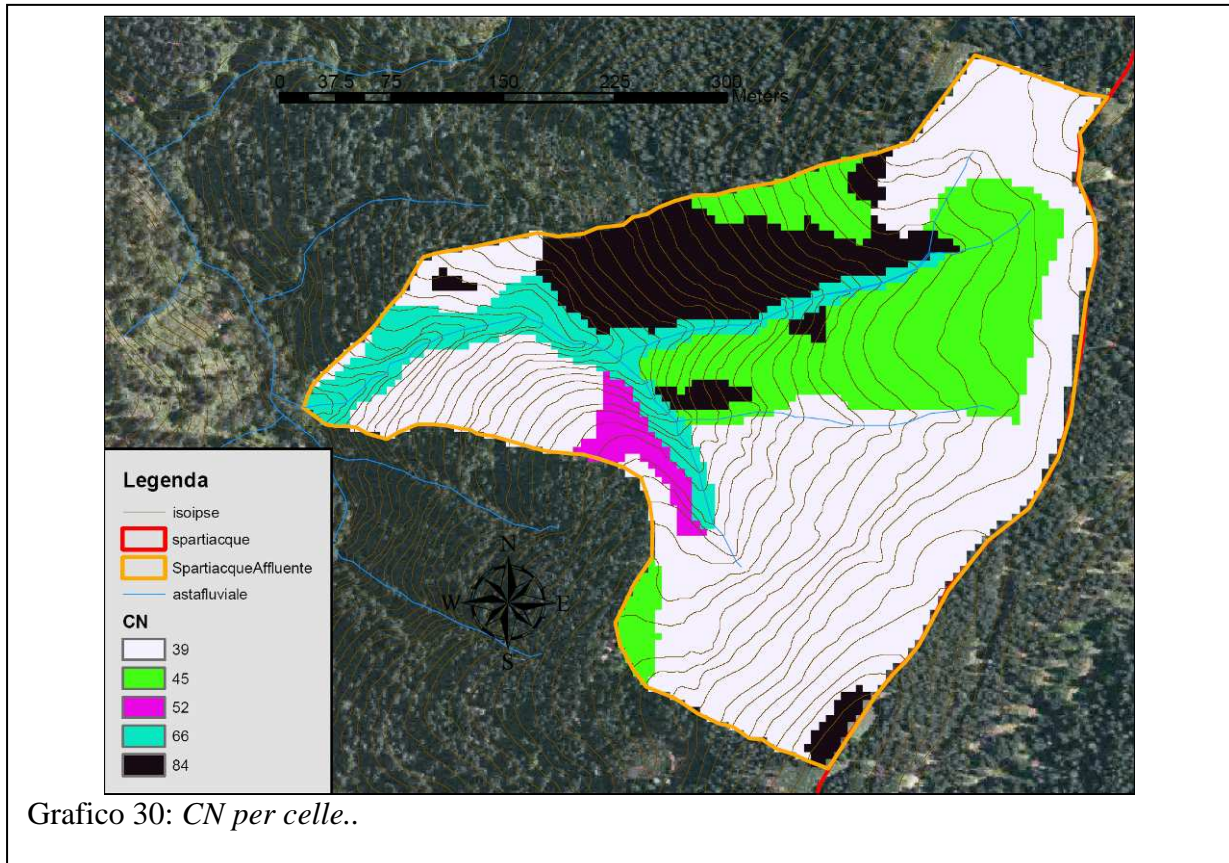


Come per l'intero bacino a partire dal DEM (Grafico 25) si può avere una carta dei tempi di contribuzione (Grafico 26) e una delle velocità che denota il reticolo sintetico (Grafico 27).



Mantenendo i dati la curva di probabilità pluviometrica e i valori caratteristici trovati per l'intero bacino si è proceduto a ricavare dall'uso del suolo (Grafico 28) e dai gruppi idrologici del suolo (Grafico 29) la mappa dei CN (Grafico 30). Da qui si è proceduto nel calcolo (Tabella 11 e Grafico 31) del tempo critico del sottobacino, di 1,25 ore, e dell'idrogramma di piena che si forma in tale tempo (Grafico 32) con il relativo pluviogramma rettangolare, che da luogo ad una portata di $0,381 \text{ m}^3/\text{s}$.





Tp [ore]	Q [m ³ /s]
0.25	0.230
0.50	0.326
0.75	0.363
1.00	0.377
1.25	0.381
1.50	0.379
1.75	0.374
2.00	0.369
2.25	0.362
2.50	0.356

Tab 11: Tempi di pioggia e portate.

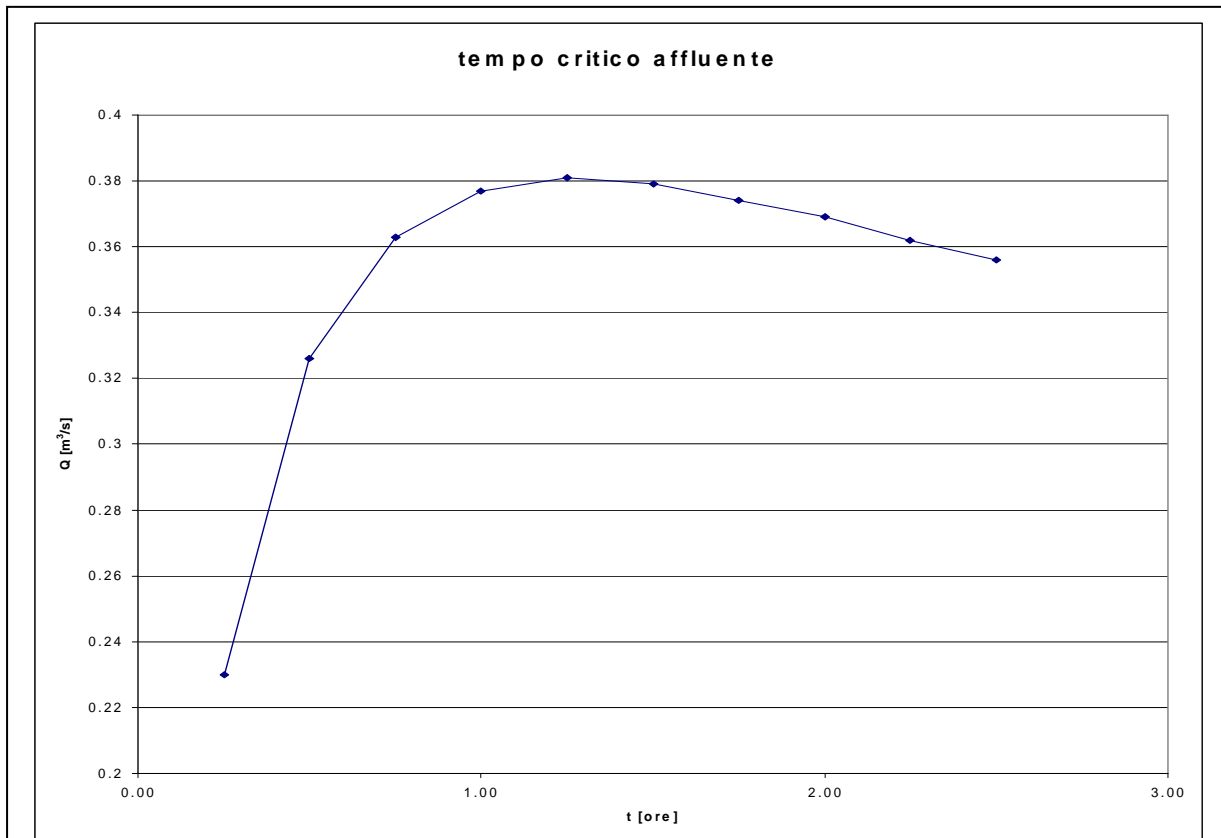


Grafico 31: *funzione obiettivo.*

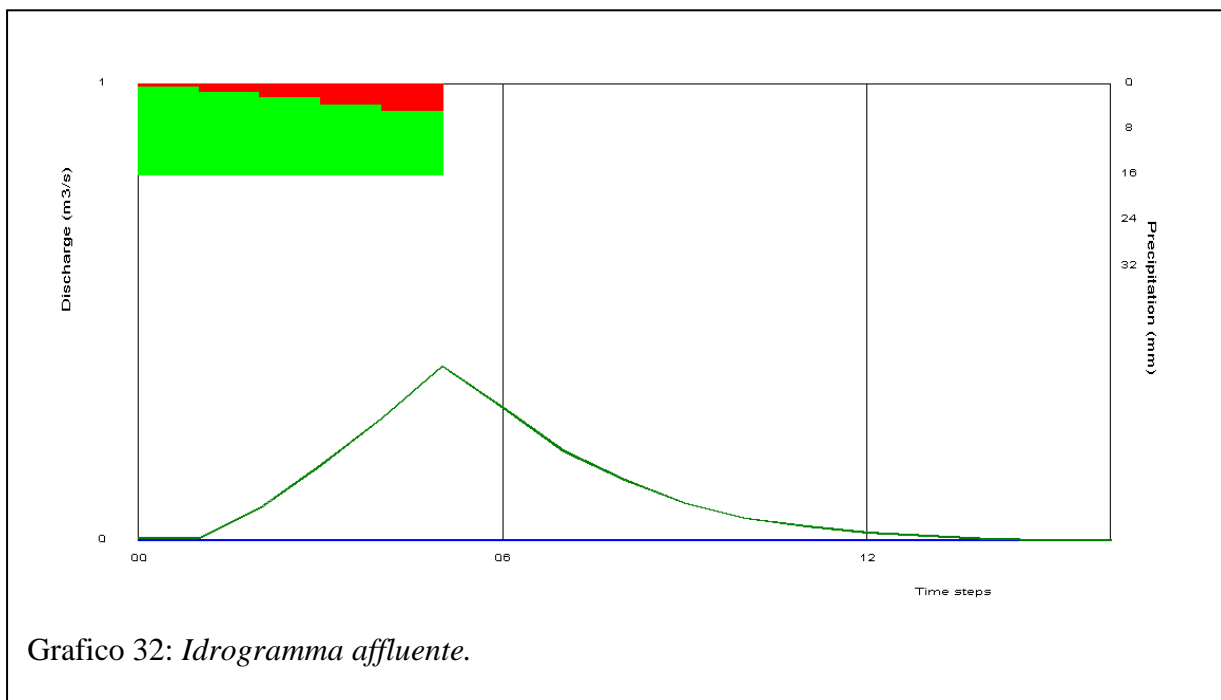


Grafico 32: *Idrogramma affluente.*

11. Il Riassetto Prevedibile

Per quanto riguarda la possibilità di riordinare il sistema preso in esame, al fine di consentire nuovamente al C.N.R. di eseguire gli studi sul trasporto solido in alveo, si deve innanzitutto tenere in conto la possibilità reale di eseguire i lavori di sistemazione del bacino sia dal punto di vista tecnologico sia da quello strettamente economico. La quantità di materiale trasportato non si può misurare perchè l'opera di sbarramento usata per creare l'invaso sperimentale (lunghezza 15,40 m, larghezza 7,70 m e profondità 4,50 m con un volume di 533,61 m³) è tracimata in occasione di eventi critici, portando al di fuori della vasca sperimentale parte dei sedimenti e sfuggendo al computo totale. Sia dal punto di vista tecnologico che da quello economico è chiaro che difficilmente si riuscirà ad eseguire uno o più interventi in calcestruzzo armato o che richiedano massicci interventi con mezzi pesanti, si dovrà cercare pertanto di limitarne l'uso di questi interventi alle sole prestazioni inevitabili.

Vista poi la pregevolezza del territorio è obbligatorio cercare di realizzare tali interventi con tecniche a basso impatto ambientale ovvero con tecniche d'ingegneria naturalistica. Visto il meccanismo di dissesto è essenziale ridurre la velocità della corrente, nei tratti in erosione, al duplice fine di ridurre la capacità erosiva dovuta alle piene con trasporto iperconcentrato e ridurre la capacità erosiva dovuta ai solidi trasportati costringendoli a sedimentare sul fondo. Al fine di ridurre la velocità è utile pensare all'impiego di briglie, perchè oltre a ridurre la pendenza si può ragionevolmente credere che porti un ripascimento spondale subito a monte dell'opera stessa, utile al consolidamento dei versanti prossimi alla frana. La briglia inoltre offre una buona capacità d'invaso rispetto a possibili eventi successivi, stoccando il materiale si può mitigare il rischio che possano fungere da aree sorgenti di sedimento per eventuali eventi alluvionali e dar luogo a vere e proprie colate detritiche. La tecnologia costruttiva consigliata è quella di eseguire briglie a cassone in legname e pietrame, con apertura a coda di rondine, con l'accortezza di procedere durante le fasi d'esecuzione, da valle verso monte. Per ottimizzare i costi e mitigare l'impatto ambientale, è utile ed economico usare legname e pietrame presente in zona. Per ubicare e stabilire il numero, nonché le caratteristiche geometriche delle briglie, sarà decisivo oltre che i limiti tecnologici, le caratteristiche del corso d'acqua considerare la possibilità di attestare l'opera in sezioni adeguate.

Nel tratto medio del torrente, laddove non dovesse essere conveniente operare con briglie, si può intervenire fornendo alla corrente degli ostacoli, quali possono essere steep-pool riproducenti quelli naturali già presenti in alveo. Bisognerà poi procedere al ripristino delle aree in frana, considerando singolarmente ogni frana.

Si può pensare di procedere, dopo aver naturalmente asportato la parte pericolante, ad una palificata viva e rinverdita per la frana che ha innescato il processo, corredata di un cunettone di drenaggio esterno al corpo di frana e un sistema di drenaggio del corpo frana che evacui l'acqua. Si può pensare ad un drenaggio a fascinate vive che oltre a drenare questa piccola parte di versante lo rinverdisca. La frana successivamente a valle può essere drenata dal cunettone di drenaggio esterno al corpo di frana e con l'utilizzo di cunei filtranti rinverditi. Potrebbe essere eventualmente protetta e rinverdita con le graticciate vive opportunamente adagate

ed ancorate o con terre armate. Si deve considerare la possibilità di consolidare le frane superficiali e i versanti con opere di vimate e rimboschimenti adeguati per tutte le altre frane e per i particolari costruttivi bisognerà far riferimento ad ulteriori sopralluoghi e campagne di misura.

Si deve tener in conto il fatto che il dissesto procede da monte verso valle, pertanto bisogna ripristinare con priorità le zone dissestate di monte per evitare che le frane di monte vadano a disturbare gli interventi di valle. A questo proposito, è utile conoscere il modo in cui le diverse frane intervengono nel processo di degrado, come i materiali di frana riescono a spostarsi fino a dentro l'alveo, si potrà così avere una conoscenza più approfondita dell'incidenza di ogni frana sul processo erosivo, fornendo ulteriori informazioni riguardo la pericolosità di ognuna e sulla priorità di intervento da considerare. Per avere una conoscenza di tale fenomeno e per verificare i meccanismi di erosione, potrà essere utile l'espedito di immettere sulle frane una certa quantità di materiale colorato e verificarne la frazione presente nei punti a valle nell'alveo. Per quanto riguarda i terreni coesivi non è possibile colorare il materiale a parte, per non rompere la coesione, sarà opportuno colorare il materiale in sito, gettando semplicemente il colorante sul suolo o con altri accorgimenti del caso.

Al fine di evitare che l'affluente descritto in destra idrografica apporti una quantità eccessiva di materiale di grossa pezzatura sarebbe utile procedere inserendo alla fine di quest'ultimo corso d'acqua una briglia a fessura con lo scopo di trattenere i ciottoli di fissato diametro caratteristico. Quest'opera di sistemazione permetterebbe la deposizione del più grosso diametro caratteristico che potrebbe compromettere ulteriormente la stabilità dei versanti. Per la realizzazione di tali opere è necessario, o quantomeno utile, la conoscenza approfondita e puntuale della stratigrafia del terreno (in modo particolare del tratto interessato), quali di tutte le altre caratteristiche geotecniche e idrauliche che caratterizzano il terreno, permeabilità intrinseca, densità del terreno, contenuto d'acqua, ecc..., caratteristiche che richiederebbero ancora accurate campagne di misura e di elaborazione dei dati.

12. Conclusioni

Nel presente lavoro si sono indagate le cause ed i meccanismi del dissesto in atto sul bacino sperimentale Bonis, ubicato nella Sila Greca in provincia di Cosenza. Dall'analisi territoriale svolta con strumenti GIS si evince la risposta idrologica del bacino. Questa è stata ottenuta a partire da una curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno di 50 anni $h = 76.161t^{0.2197}$, stimata mediante il modello di regionalizzazione per la Calabria. Il calcolo dell'idrogramma di piena è stato svolto mediante il pacchetto Hydro Grid: a partire da un DEM a maglia quadrata di lato 5 m si è ricavati la carta delle isocorrive; grazie alla mappa di uso del suolo, i gruppi idrologici e ai parametri di CN si è implementato il modello di calcolo, che ha fornito l'idrogramma di piena, la portata massima e il tempo critico del bacino.

A causa della conformazione e l'origine alluvionale della valle, sembra molto probabile che il ripetersi ciclicamente di eventi in trasporto iperconcentrato, sia

inevitabile e che gli eventi dissestanti domineranno la scena del Bonis, alternandosi a periodi relativamente brevi di equilibrio.

I meccanismi erosivi sono dovuti al franamento di versanti associato a deflussi iperconcentrati, alimentati questi ultimi dai materiali di frana che ne aumentano la capacità erosiva a valle. Questo determina lo scalzamento al piede dei versanti di valle, che franando alimentano in modo ciclico il dissesto. Tali meccanismi appaiono in questo periodo in evoluzione, e non sembrano indirizzati a scemare.

Nell'ultimo evento pluviometrico critico verificatosi il 17/06/2004, si sono avuti 107 mm di pioggia in 90 minuti. Dopo gli eventi franosi e di deflussi iperconcentrati che ne sono derivati si è potuto stimare che a causa del dissesto in atto in quest'ultimo periodo, sul bacino sono stati mobilitati quasi 10000 m³ di materiale.

Sul Bonis non sono presenti elementi a rischio e per tanto risulta sprecato ogni pubblico intervento di riassetto idrogeologico.

Alla luce di queste considerazioni appare inutile prevedere interventi per il riassetto idrogeologico del Bonis, sia in relazione alla sostenibilità, che all'efficacia degli interventi stessi.

Risulta, ulteriormente inutile continuare alla misurazione del trasporto in sospensione nella vasca sperimentale, perchè continuando in queste condizioni parte del materiale trasportato trascina l'opera e sfugge al computo. Inoltre tra un riempimento e l'altro il materiale trasportato è sottratto al computo, la cosa non è trascurabile sia per le difficoltà operative che si incontrano nello svuotamento dell'opera, sia perchè il materiale trasportato è di ingente quantità. Gli eventi potrebbero susseguirsi, poi, con una certa frequenza ed il materiale depositato in alveo si lascia erodere e trasportare da eventi pluviometrici di bassa intensità, che aggravano la situazione esistente.

Il presente lavoro non fornisce risultati confortanti per un eventuale riassetto del bacino, ne è utile al prosieguo dello studio sul trasporto solido avviato, esso costituisce, però, una valida procedura di indagine circa i fenomeni di dissesto fin qui enunciati, abbinata allo studio della risposta idrologica con un modello distribuito.

Questa metodologia costituisce uno strumento di grande utilità allo scopo di indagare su situazioni e problematiche analoghe, in bacini simili al Bonis, che si manifestano su bacini di più elevato interesse antropico; caratterizzati dalla presenza di elementi vulnerabili esposti a rischio.

13. BIBLIOGRAFIA

BOVIO G., CALLEGARI G., CAMIA A., FRANCESETTA, IOVINO F., PORTO P., VELTRIA. (2001.)

Prove sperimentali per valutare l'impatto degli incendi boschivi sull'idrologia superficiale e sull'erosione dei suoli Italia Forestale e Montana - Anno LVI - Fasc. N° 4 Pag 233-236 Luglio- Agosto 2001 . Firenze

CAZORZI *Manuale d'uso di Hydro Grid, disponibile su*

<http://www.dpvta.uniud.it/~Cazorzi/HydroGrid2k2/HyGrid2k2.htm>

CALLEGARI G., CINNIRELLA S., MENDICINO V., VELTRI A. (1998)

Influenza della gestione dei sistemi forestali sulla conservazione del suolo Atti della giornata preparatoria al Secondo Congresso Nazionale di Selvicoltura . Crotone, 14 Marzo 1998

CALLEGARI G., GARFI G. IOVINO F., VELTRI A. (2002) . *Effetti delle ceduzioni sul rischio di erosione in cedui di castagno della catena costiera cosentina*. In: Atti del Convegno "Il castagno in Calabria: stato attuale, ricerca scientifica, prospettive". Camigliatello Silano, 24-25 ottobre 2002

CALLEGARI G., IOVINO F., VELTRI A., (1994) Effects of silvicultural operations on the hydrological balance processes in an experimental watershed (First results). Proc. of the International Symposium on Forest Hydrology, 24-28 Oct, 1994 Tokyo (Japan).

CALLEGARI G., INFUSINO E., (1996) *Piogge acide su due tipi di boschi calabresi*. Corso di aggiornamento "Tecniche per la difesa dall'inquinamento". Guardia Piemontese Terme, Italy, 29 Maggio-1 Giugno 1996 pp 415-438

CALLEGARI G., IOVINO F., VELTRIA. (2001) *Influenza degli interventi selvicolturali sul bilancio idrogeologico in un bacino sperimentale*. Atti Accademia Nazionale dei Lincei- XIX Giornata dell'Ambiente "Il dissesto idrogeologico: inventario e prospettive" Pag 195-203 5 giugno 2001 Roma.

CALLEGARI G , IOVINO F , VELTRI A (2001) *Influenza dei diradamenti sul processo di intercettazione in rimboschimenti di pino laricio* Atti del III° Congresso della SISEF "Alberi e Foreste per il nuovo Millennio" pp.143-146. 15-16 ottobre 2001 Viterbo.

CALLEGARI G., IOVINO F., VELTRIA., (1999) *Bilancio idrogeologico in rimboschimenti di pino laricio*. Congresso SISEF Applicazioni e prospettive per la ricerca Forestale 20-22 Ottobre 1999 Bologna

CALLEGARI G., VELTRI A., (1995) *Il tempo di concentrazione in un piccolo bacino boscato dell'Italia meridionale*. L'Italia Forestale e Montana, 3/1995.

FERRARI E., CALLEGARI G., GARFI G., IOVINO F., VELTRI A. (2003) *Impact of thinning on the water balance of a catchment in Mediterranean environment.* The Forestry Chronicle, vol. 79, n. 2, 2003: 301-306

FERRARI E., CALLEGARI G., IOVINO F., VELTRIA., (2002) *Influenza della copertura forestale e impatto degli interventi selvicolturali sulla risposta idrologica in un bacino sperimentale della Calabria*. XVIII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche pag 356-365 16-19 settembre 2002 Potenza.

FERRARI E. , GABRIELE S. , ROSSI F. , VERSACE P. , VILLANI P., – Rapporto sulla valutazione delle piene in Calabria.

FERRO V., PORTO P., CALLEGARI G., IOVINO F., MENDICINO V., VELTRI A., (1998). *Evaluating the effectiveness of forest crop to mitigate erosion using a sediment delivery distributed model.* IUFRO Division 8 "Forest Environment". Kyoto University, 19-23 Oct 1998 .pp.439-454

IOVINO F., CINNIRELLA S., VELTRI A., CALLEGARI G. (1999), *Processus hydriques dans des écosystèmes forestiers.* Ecologie, 1999 21 (1).pp.369-375

PUGLISI S., CANTORE V., CALLEGARI G., IOVINO F., PONTECORVO G., TRISORIO LIUZZI G., (1986) *Il ruolo delle sistemazioni idraulico-forestali nel recupero di terre marginali in alcuni bacini della Sila greca.* Atti del Convegno "Marginalità e sviluppo" P.F. CNR-IPRA Aree Marginali, Rossano (CS) 14-12-1985, 262-340, Marra Editore, Cosenza.

VELTRIA, CALLEGARI G., IOVINO F., (2001) *Impatto della gestione dei rimboschimenti di pino laricio sul bilancio idrico* Italia Forestale e Montana - Anno LVI - Fasc. N° 5 Pag 252-261 Settembre - Ottobre 2001 .Firenze

INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
3. MORFOLOGIA	4
4. MORFOMETRIA	8
5. QUADRO CLIMATICO	13
6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	14
7. INQUADRAMENTO VEGETAZIONALE	15
8. INQUADRAMENTO STORICO	16
9. IL QUADRO IDROLOGICO	19
9. SITUAZIONE DEL BONIS	34
10. I MECCANISMI DEL DISSESTO	34
11. IL RIASSETTO PREVEDIBILE	51
12. CONCLUSIONI	52
13. BIBLIOGRAFIA	54