

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI
Corso di Studio in Scienze Geologiche



TESI DI LAUREA

PERICOLOSITÀ PLUVIOMETRICA:

SOGLIE CRITICHE PER L'INNESCO DEI FENOMENI FRANOSI
NEL BACINO DEL TORRENTE PIAZZA IN RELAZIONE ALLA
SICUREZZA DELL'ABITATO DI NICASTRO (CZ).

Candidato: Francesco Guzzo
Relatore: Prof. Franco Rapetti
Correlatore: Dott. Andrea Salvetti
Controrelatore: Prof. Paolo Roberto Federici

ANNO ACCADEMICO 2008-2009

INDICE

1	INTRODUZIONE	2
1.1	PREMESSA	2
1.2	MOTIVAZIONI E SCOPO DELLA TESI	7
2	AREA DI STUDIO	8
2.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	8
2.1.1	<i>Introduzione</i>	8
2.1.2	<i>Dati relativi al bacino idrografico del Torrente Piazza</i>	9
2.2	INQUADRAMENTO CLIMATICO	10
2.2.1	<i>Introduzione</i>	10
2.2.2	<i>Stazioni di rilevamento</i>	12
2.2.3	<i>Analisi dei parametri climatici</i>	16
2.2.4	<i>Classificazioni climatiche</i>	21
2.3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	26
2.4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO	30
3	CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE DEI VERSANTI	34
3.1	INTRODUZIONE	34
3.2	ANALISI SEMI-CONDIZIONALE	34
3.3	CARTE TEMATICHE	36
3.3.1	<i>Carta inventario dei fenomeni franosi</i>	37
3.3.2	<i>Carta delle acclività</i>	40
3.3.3	<i>Carta litologico-tecnica</i>	43
3.3.4	<i>Carta dell'uso del suolo</i>	45
3.3.5	<i>Carta dell'esposizione dei versanti</i>	48
3.3.6	<i>Carta dell'instabilità potenziale</i>	50
4	FRANA DI CASTURI E DATE DI INNESCO DEGLI EVENTI FRANOSI	53
4.1	INTRODUZIONE	53
4.2	LA FRANA DI CASTURI	54
4.2.1	<i>Lo stato dei danni al patrimonio pubblico e privato</i>	58
4.2.2	<i>Indagini geognostiche</i>	67
4.3	DATE DI INNESCO	70
5	ANALISI STATISTICA DEGLI EVENTI PLUVIOMETRICI DI FORTE INTENSITÀ	71
5.1	INTRODUZIONE	71
5.2	IL MODELLO	73
5.3	APPLICAZIONE DEL MODELLO ALL'AREA DI STUDIO	76
5.3.1	<i>Evento del 21 Gennaio 1998</i>	77
5.3.2	<i>Evento del 13 Giugno 1998</i>	80
5.3.3	<i>Evento del 07 Aprile 2000</i>	81
5.3.4	<i>Evento dell'08 Ottobre 2000</i>	82
5.3.5	<i>Evento del 23 Novembre 2008</i>	84
5.3.6	<i>Evento dell'11 Dicembre 2008</i>	84
5.3.7	<i>Evento dell'25 Gennaio 2009</i>	85
5.3.8	<i>Evento dell'12 Febbraio 2009</i>	86
6	CONCLUSIONI	87
7	BIBLIOGRAFIA	89
8	APPENDICE	94
8.1	STORIA DEGLI EVENTI IDROGEOLOGICI A NICASTRO	94
8.2	CARTE ED ELABORATI	100

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

L'Italia è un Paese geologicamente giovane, con delicati equilibri legati all'assetto litostutturale, alla topografia del territorio e alla pericolosità climatica tipica dell'ambiente mediterraneo. Tali condizioni, considerata l'alta vulnerabilità di alcune aree del Paese, comporta rischi idrogeologici che vengono spesso favoriti dalla mancanza di un corretto uso del territorio. Tragedie causate da eventi di frana, come ad esempio quelle del Vajont (1963) e di Stava (1985), o alluvioni come quelle del Polesine (1951), di Firenze (1966) e di Sarno (1998), sono rimaste nella memoria di ognuno per gli straordinari danni al patrimonio e per le numerosissime vittime.

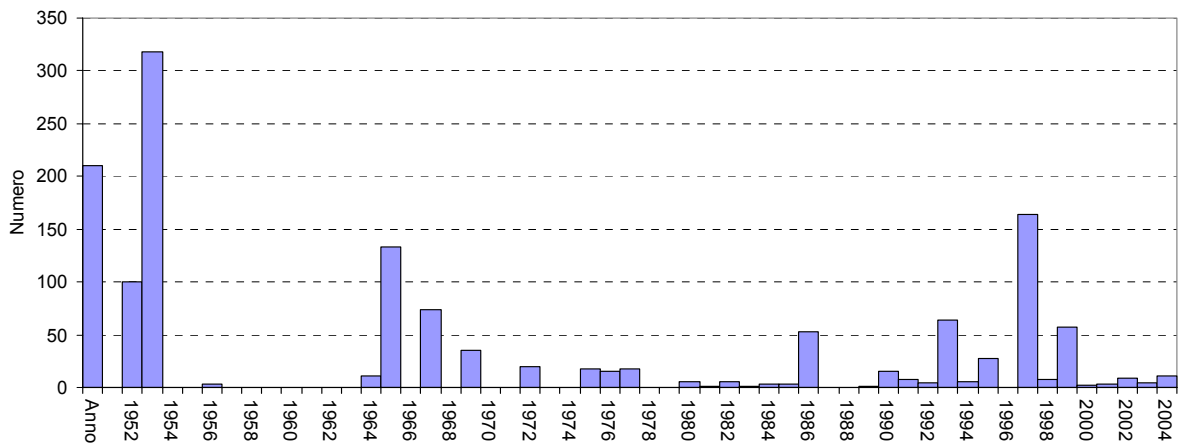


Tabella1 - Vittime delle Principali alluvioni in Italia dal 1951 al 2005 (dati ISPRA 2006)

Ma, anche al di là degli eventi più drammaticamente noti, poche cifre sono sufficienti a rendere le dimensioni del fenomeno: negli ultimi 80 anni si sono verificate in Italia non meno di 5400 alluvioni e 11500 frane di impatto rilevante. E deve essere sottolineata l'espressione "impatto rilevante", poiché il numero totale di frane attualmente censite è enorme: secondo i dati forniti dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA, ex APAT) quelle attualmente attive su tutto il territorio nazionale sono oltre 395 mila. Per far fronte a queste calamità, negli ultimi 30 anni sono stati spesi più di 100 miliardi di euro.

In conseguenza dell'alto impatto causato da tali fenomeni, da alcuni anni il Ministero dell'Ambiente ha dato avvio a un'analisi conoscitiva delle condizioni di rischio su tutto il territorio nazionale con lo scopo di rendere efficace una politica congiunta di previsione e prevenzione. Tale studio ha portato all'individuazione dei comuni a rischio idrogeologico, suddivisi per le varie Regioni a seconda del diverso "livello di attenzione" (molto elevato, elevato, medio, basso, non classificabile). L'aggiornamento al gennaio 2003 mostra i seguenti

risultati: 5581 comuni italiani (68,9% del totale) ricadono in aree classificate a potenziale rischio idrogeologico molto elevato.

Regione	N.° di eventi franosi (n.°)	Densità dei fenomeni franosi (n.°/100 km ²)	Area interessata dai fenomeni franosi (km ²)
Abruzzo	8493	78	1241
Basilicata	n.d.	n.d.	n.d.
Calabria	9416	62	822
Campania	21737	159	912
Emilia Romagna	32395	146	2165
Friuli Venezia Giulia	4323	55	514
Lazio	6426	37	245
Liguria	6003	111	387
Lombardia	118248	496	2312
Marche	42832	442	1873
Molise	22572	508	494
Piemonte	33965	122	2666
Puglia	346	2	56
Sardegna	1523	6	191
Sicilia	3657	14	500
Toscana	29208	127	1035
Trentino Alto Adige	8879	70	1229
Umbria	34631	410	615
Valle d'Aosta	2992	92	520
Veneto	7786	42	176
ITALIA	395387	135	17953

Tabella2 - Eventi franosi censiti sul territorio regionale e nazionale (dati ISPRA 2006)

La superficie nazionale classificata a potenziale rischio idrogeologico è molto elevata, pari a 21551 Km² (7,1% del totale nazionale). Di questi, 13760 Km² sono a rischio frana (compresi 1.544 Km² a rischio valanga), i rimanenti, paria a 7791 Km², a rischio alluvioni. La Regione con il maggior numero di comuni interessati è il Piemonte (1046), mentre la Sardegna è quella con il minor numero (42). Regioni come la Calabria, l'Umbria e la Valle d'Aosta invece sono caratterizzate dall'aver la quasi totalità dei propri comuni interessati da aree a rischio potenziale molto elevato.

In particolare nella regione Calabria, la provincia di Catanzaro è quella che, in percentuale, ha il maggior numero di aree a rischio frana, su una superficie di 2391,35 Km² ben 1377,66 sono aree a rischio e cioè il 57,61% dell'intera superficie provinciale (tabella 3).

Il comune di Lamezia Terme conta 0,21 ettari a rischio frana elevato (R3) e 0,98 Ha a rischio frana molto elevato (R4) mentre il comune di Platania conta 14,87 ettari in zona classificata a rischio elevato R3 (Dati Autorità di Bacino Regionale (ABR) estratti dal Piano per l'Assetto Idrogeologico della Calabria (PAI) 2002).

Province	Numero di comuni	Superficie (Km ²)	Aree a rischio frana molto elevato (R4)	Aree a rischio frana elevato (R3)	Aree a rischio frana medio (R2)	Aree a rischio frana moderato (R1)	Totali per provincia	Percentuale aree a rischio (%)
Cosenza	155	6649,96	415,99	879,00	1795,32	275,56	3365,88	50,61
Reggio C.	97	3183,19	261,75	390,73	388,79	86,70	1127,98	35,44
Catanzaro	80	2391,35	259,81	386,44	577,48	153,93	1377,66	57,61
Vibo V.	50	1139,47	61,15	142,19	201,65	54,07	459,06	40,29
Crotone	27	1716,58	56,58	85,73	115,01	17,16	274,49	15,99

Tabella 3 - Aree a rischio frana nelle province calabresi (Km²- P.A.I Calabria 2002)

I dati sopra elencati danno un'idea della situazione di dissesto idrogeologico che interessa l'intero territorio nazionale, per far fronte a questo problema negli anni sono state varate varie misure di intervento per il controllo e la mitigazione del Rischio Idrogeologico, ma la svolta decisiva è arrivata con la Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 Febbraio 2004: "Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione civile", nonché dei "Chiarimenti, interpretazioni ed ulteriori indicazioni operative" sugli stessi indirizzi emanati dal Capo del Dipartimento Nazionale della Protezione Civile con nota n. DPC/PRE/0046570 del 20 Settembre 2005. Dove per sistema di allertamento si intende l'insieme delle strutture organizzate, dei beni strumentali, delle disposizioni normative, dei piani, dei programmi e delle procedure che, in modo armonico e organizzato, possono concorrere a ridurre i danni per le persone ed i beni in caso di eventi meteorologici o idrogeologici particolarmente intensi.

In questa Direttiva viene stabilito che la gestione del sistema di allerta nazionale deve essere condotta attraverso i Centri Funzionali Regionali, i quali dopo aver suddiviso il territorio in Unità Territoriali di Riferimento, il più possibile omogenee sotto tutti i punti di vista dell'evoluzione dei processi naturali, provvedono ad individuare delle soglie di criticità per ogni fattore di rischio considerato e ad approntare i Piani di Emergenza e il coordinamento delle operazioni per l'attuazione delle procedure di attuazione.

Per quanto riguarda la Calabria, il territorio regionale è stato suddiviso in sei Zone di Allerta (fig. 1):

1. Versante Tirrenico Settentrionale
2. Versante Tirrenico Centrale
3. Versante Tirrenico Meridionale
4. Versante Ionico Settentrionale
5. Versante Ionico Centrale
6. Versante Ionico Meridionale

Mentre gli Scenari di Rischio sono suddivisi in due classi:

- Scenari di Rischio per Eventi Meteorologici, che sono quei fenomeni che possono verificarsi per effetto degli eventi meteorologici previsti o in corso;
- Scenari di Rischio per Eventi Idrogeologici, e cioè gli effetti che gli Eventi Meteorologici potrebbero produrre al territorio.

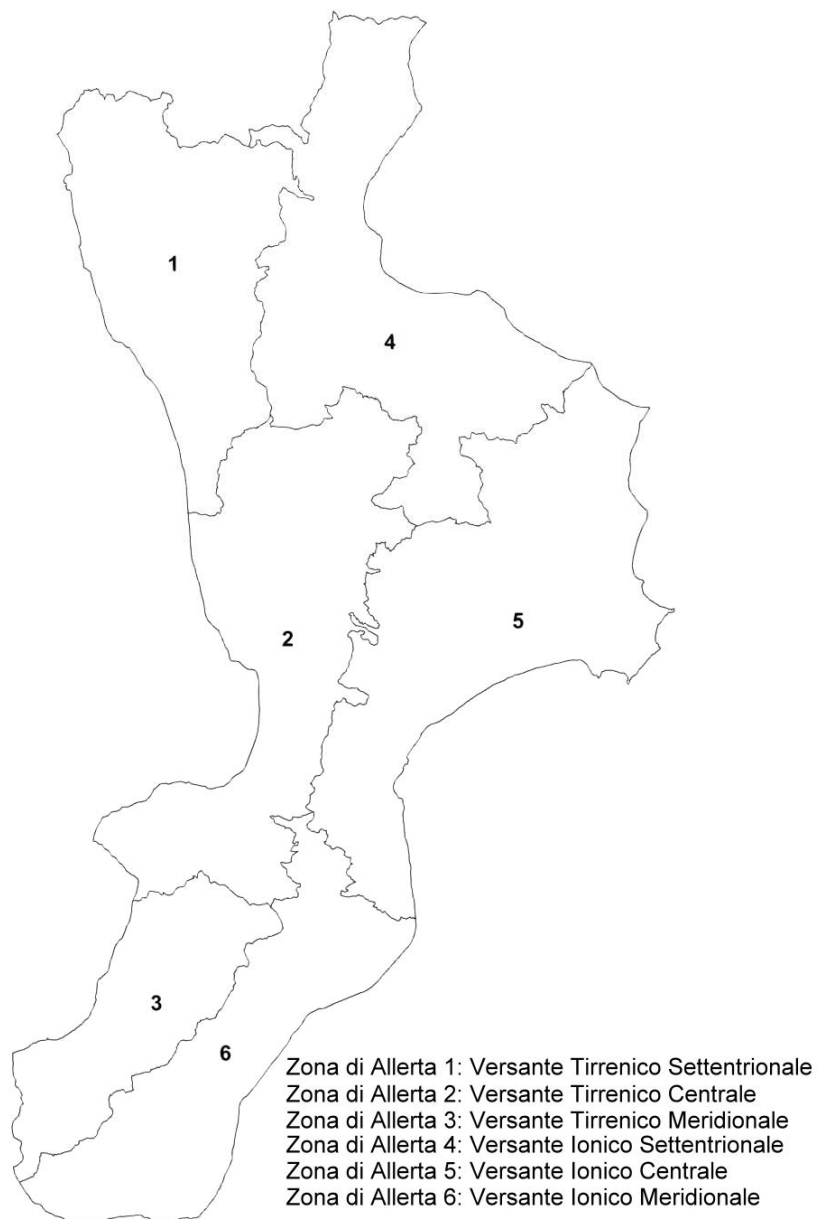


Figura 1 - Unità Territoriali di Riferimento della Calabria (Centro Funzionale della Calabria).

Per ciascuna tipologia di fenomeno sono stati individuati dei modelli matematici-statistici caratterizzati da diversi livelli di complessità in base all'estensione dell'area indagata. Per la realizzazione dei vari modelli è prevista un'attuazione in due o tre fasi temporali successive. I modelli usati sono di quattro tipi e sono divisi in:

- Modelli di Primo Livello – Definiscono dei valori di soglia preventivi di precipitazione pluviometrica sulla sola base dei periodi di ritorno degli eventi piovosi.
- Modelli di Secondo Livello – Definiscono soglie pluviometriche con modelli più avanzati che consentano di superare i limiti dei modelli di Primo Livello in base anche alle caratteristiche del territorio.
- Modelli di Terzo livello – Si differenziano a seconda del fenomeno che devono simulare e sono specifici per ogni tipologia di fenomeno atteso (inondazione o frana) e per le sue caratteristiche (dimensione del bacino o del corpo franoso, dinamica dell'evento atteso, ecc.).
- Modelli di Quarto Livello – Sono modelli molto onerosi e richiedono lunghi tempi di realizzazione, al contrario dei precedenti, richiedono attrezzature avanzate e operatori con adeguate competenze tecnico-scientifiche, in quanto si tratta di modelli Idrologici o modelli Completi di Versante.

Allo stato attuale la Regione Calabria ha attuato su tutto il territorio regionale i modelli di primo livello, riferiti a fenomeni come l'erosione del suolo, gli "smottamenti", l'erosione dell'alveo, le esondazioni localizzate e le alluvioni. Per quanto riguarda i fenomeni franosi non è stato previsto lo sviluppo e l'uso di nessun modello d'analisi.

I modelli di secondo livello sono in fase di attuazione e come per quelli di primo livello non è previsto nessuno sviluppo per i fenomeni franosi.

I modelli di terzo livello sono già stati realizzati per la provincia di Cosenza, e sono applicati al rischio inondazione e al rischio frana. La realizzazione dei modelli per le restanti province è divisa in due fasi di attuazione. La provincia di Reggio Calabria è stata inserita nella prima e le restanti province nella seconda.

Quelli di quarto livello si dividono in due modelli specifici, uno applicato al rischio inondazione e l'altro per il rischio frana. Al momento sono stati applicati solo per il rischio inondazione ai bacini idrografici dell'Ancinale a Razzona, dell'Esaro di Crotona, del Tacina, del Valanidi e del Calopinace. Per il rischio frana sono previste tre fasi di attuazione e il bacino del Torrente Piazza è inserito nella prima fase.

1.2 MOTIVAZIONI E SCOPO DELLA TESI

Lo scopo di questo lavoro di tesi è quello di valutare la pericolosità Pluviometrica del bacino del Torrente Piazza e fornire uno strumento di prevenzione che risponda ai requisiti richiesti dalla Direttiva del Consiglio dei Ministri del 27 Febbraio 2004, che abbia caratteristiche di affidabilità e velocità di esecuzione, unite a bassi oneri di gestione e che sia alternativo ai modelli di terzo livello previsti dalla direttiva sul "Sistema di Allertamento regionale per il Rischio idrogeologico e idraulico in Calabria".

A tale scopo si vuole considerare il bacino del Torrente Piazza (fig.2) come area pilota per verificare la validità, per questo territorio, del metodo delle soglie pluviometriche di allerta, già in uso in altre regioni d'Italia come l'Emilia Romagna, che si è dimostrato un valido strumento di prevenzione contro il rischio frana.



Figura 2 - Inquadramento geografico generale del bacino del Torrente Piazza.

2 AREA DI STUDIO

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

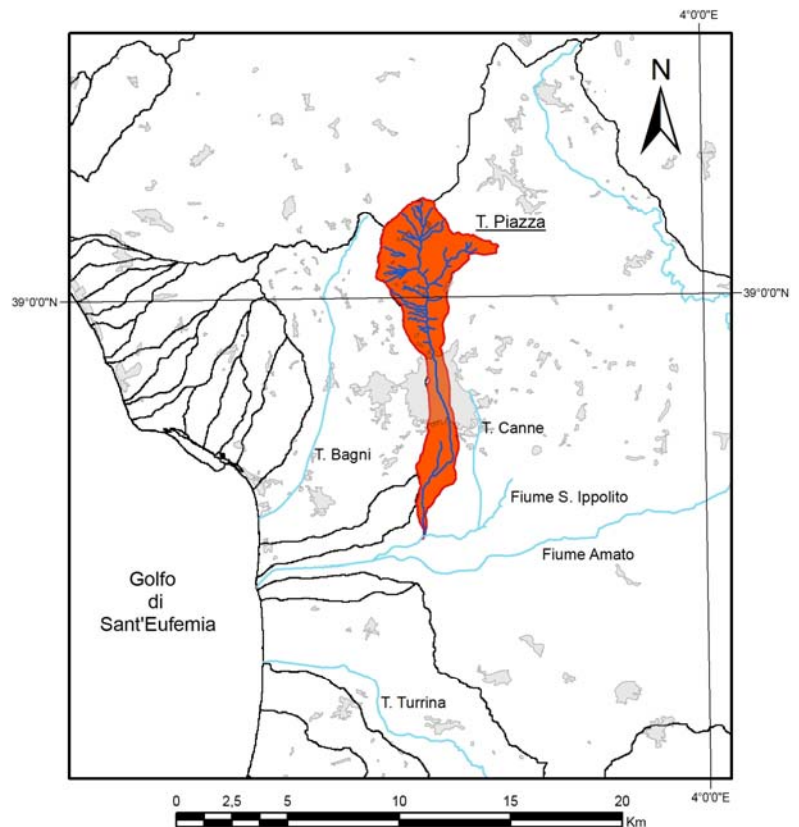
2.1.1 Introduzione

L'area di studio si trova nell'Appennino meridionale alla base della Presila catanzarese nella stretta di Catanzaro. La regione indagata ricade interamente nella provincia di Catanzaro e comprende tutta la parte montuosa e collinare del bacino idrografico del Torrente Piazza. Tale bacino ricade nei territori comunali di Lamezia Terme e Platania (fig. 2). Lo spartiacque del bacino coincide sommariamente e per buona parte, con la strada statale 109 che si trova sulla sinistra idrografica del T.

Piazza, e sul lato destro con il confine comunale tra Platania e Conflenti. A nord trova il suo limite estremo con il Monte Reventino (1414 m s.l.m.m) e a sud la confluenza con il fiume S. Ippolito (26 m s.l.m.m).

All'interno del bacino sono presenti parte dell'abitato di Platania, parte del quartiere Bella (Lamezia Terme) e parte dell'ex comune di Nicastro, ora Lamezia Terme.

Platania si trova sulla cresta dello spartiacque posto alla sinistra idrografica del T. Piazza ed il suo territorio comunale è prevalentemente montuoso e collinare. La città di Nicastro invece si trova nel fondovalle ed è interamente costruita sulle conoidi di deiezione dei torrenti Piazza e Canne.



Legenda

- Idrografia Principale
- Torrente Piazza
- Centri Abitati
- Bacino del Torrente Piazza
- Altri Bacini Principali

Figura 3 – Principali bacini idrografici nell'area di studio. In rosso è evidenziato il bacino del Torrente Piazza.

2.1.2 Dati relativi al bacino idrografico del Torrente Piazza

Il bacino del Torrente Piazza (fig. 3) è un sottobacino del fiume S. Ippolito, che a sua volta è un tributario del Fiume Amato. L'area del bacino è di circa 26,57 Km² e il perimetro misura 38,27 Km. Il 62,24% dell'area del bacino ricade nel Comune di Platania, e il restante 37,76% in quello di Lamezia Terme. Come limite tra il corso inferiore e quello superiore del Torrente Piazza è stata scelta la quota di 250 m s.l.m.m che rappresenta il limite tra la pianura e la zona collinare e montuosa nell'area, limite evidenziato dal cambio di acclività e di morfologia del territorio. In base a questa distinzione, dei 26,57 Km² del bacino solo 8,16 Km² ricadono nel corso inferiore del Torrente, mentre il corso superiore misura ben 18,41 Km² e cioè l'69,28% dell'intero bacino. La quota va dai 1414 m s.l.m.m. del M. Reventino fino ai 26 m alla confluenza con il fiume S. Ippolito. L'asta principale del Torrente ha direzione Nord – Sud con un andamento quasi rettilineo, mentre le aste secondarie sono prevalentemente perpendicolari ad essa e spesso si sviluppano in corrispondenza di faglie. Come per la grande maggioranza dei corsi d'acqua calabresi, chiamati "*fiumare*", la distribuzione non uniforme delle piogge durante l'anno e la scarsa evoluzione del reticolo idrografico ne determinano un regime a carattere torrentizio, che significa scarse, se non nulle, portate nei periodi più aridi e grandi portate nei periodi più piovosi, con rischio di esondazioni per eventi di pioggia intensi.

2.2 INQUADRAMENTO CLIMATICO

2.2.1 Introduzione

La Calabria rappresenta uno dei punti nei quali la penisola italiana raggiunge la sua minima estensione longitudinale, in corrispondenza della Piana di Catanzaro. Tale condizione geografica, non disgiunta dai rilievi di notevole altitudine quali la Sila grande, la Sila piccola e più a Sud l'Aspromonte, producono una piovosità elevata, se confrontata con la latitudine della Regione (fig. 4).

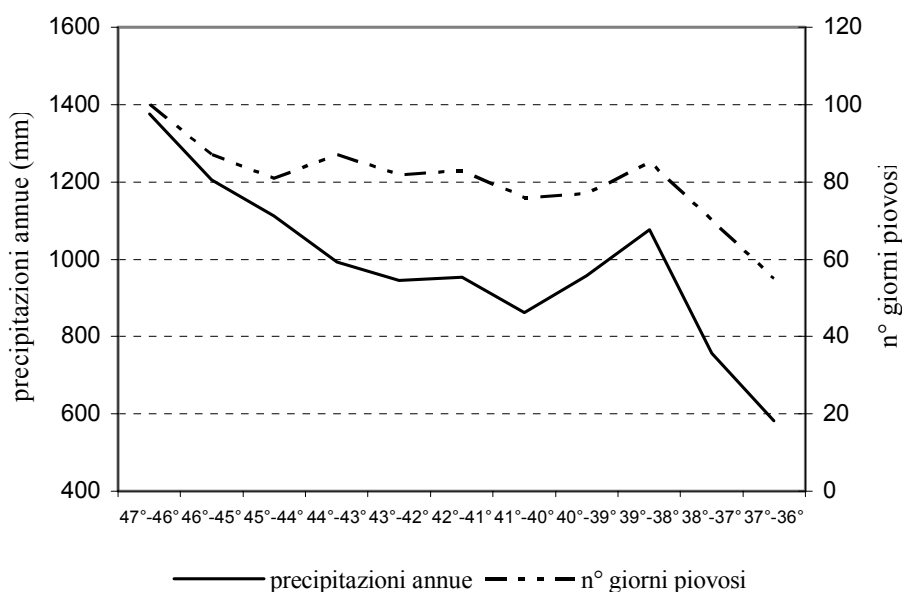


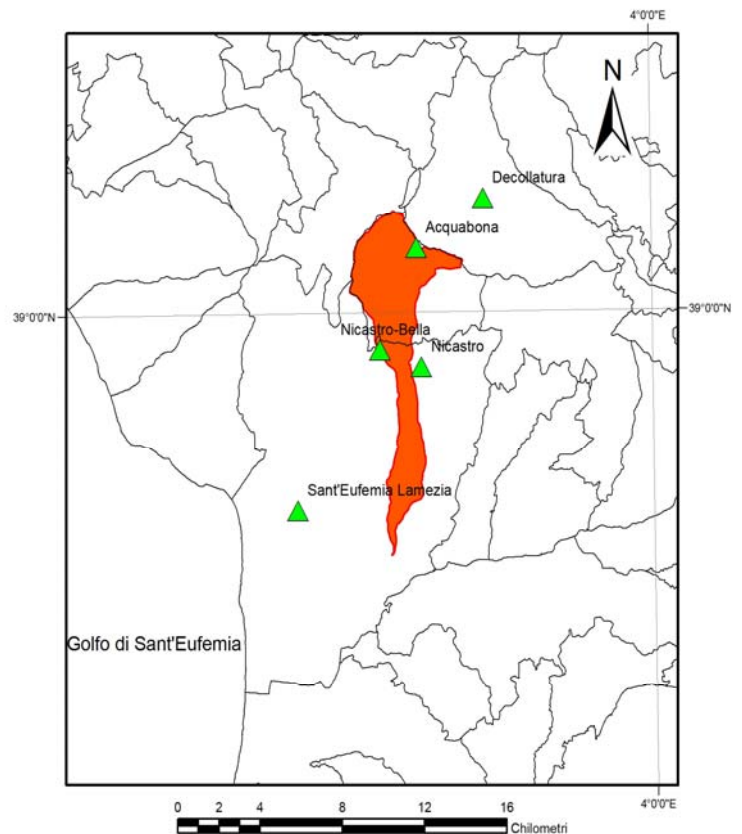
Figura 4 - Andamento degli afflussi idrometeorici e del numero di giorni piovosi in Italia in funzione della latitudine (da Bisci et alii, 2008)

Lungo la sezione si avvicendano diversi ambienti fisici e biologici, in parte determinati da condizioni climatiche estremamente variegata tra loro. Procedendo dalla costa tirrenica in prossimità di Paola in direzione di NE si risale velocemente il versante occidentale della catena costiera calabra sino alla quota di 1300 m s.l.m.m.. In questo tratto della sezione i venti di ponente, molto frequenti e carichi di umidità, scaricano quantitativi di precipitazioni compresi tra i 1300 mm del litorale ai 1700 mm annui sul crinale, così da creare un ambiente adatto allo sviluppo della foresta mediterranea. Sul versante orientale della catena, situato sottovento rispetto ai flussi mediterranei, gli apporti calano drasticamente, anche per il fatto che i flussi nord-orientali ed orientali sono poco frequenti ed apportano generalmente aria piuttosto secca. Confrontando gli afflussi meteorici nei due versanti appaiono, a parità di quota, alcune notevoli differenze: un primo minimo di precipitazioni è presente lungo il fondovalle del F. Crati, stretto tra la catena costiera ad Ovest e gli ultimi contrafforti nord-

occidentali della Sila Greca ad Est; tale posizione di "rain shadow" determina un calo delle precipitazioni fino ai 750 mm, con periodi prolungati di siccità estiva e frequenti temporali invernali. Attraversando le estreme propaggini settentrionali dell'altopiano silano le precipitazioni aumentano lievemente, per decrescere ulteriormente in prossimità della piana di Sibari, dove si attestano sui 500 mm annui. Tale carattere pluviometrico determina un ambiente arido-steppico, con periodi di assenza di precipitazioni superiori a 100 giorni, non solo durante la lunga stagione estiva, ma, pur intervallati da forti fenomeni temporaleschi, anche durante il semestre freddo.

I dati relativi alle quantità di pioggia e alle temperature nell'area oggetto di studio, sono stati acquisiti in stazioni che si trovano all'interno o poco al di fuori del bacino del T. Piazza, pertanto dal punto di vista geografico, risulterebbero molto utili e coerenti con il tipo di studio che si intende affrontare. Purtroppo però spesso le serie di dati si presentano incomplete per diversi anni, oppure non coeve, fatto questo che ci obbliga ad usare i dati con molta cautela.

In figura 5 si può vedere la distribuzione geografica delle stazioni di misura rispetto al bacino, mentre nella tabella 4 sono riportati i periodi di funzionamento delle stazioni. Si può notare che per alcune stazioni il periodo di funzionamento è molto lungo, risale addirittura ai primi decenni del 1900, ma purtroppo la raccolta dati è stata interrotta nei primi anni del 2000. Per altre stazioni invece la raccolta dei dati è tuttora attiva, ma i dati disponibili superano di poco i venti anni. Le stazioni che al momento risultano attive sono quella di Nicastro-Bella e quella di Sant'Eufemia-Palazzo. La prima sostituisce la stazione di Nicastro che ha smesso di funzionare nei primi mesi del 1973, ma la raccolta dati ha subito un'interruzione fino al



Legenda

- ▲ Stazioni Termo-Pluviometriche
- Confini Comunali
- Bacino del Torrente Piazza

Figura 5 - Distribuzione delle stazioni meteorologiche prese in esame nell'area di studio.

settembre del 1988 e la stazione è ubicata ad una quota che differisce dalla prima di 400 m. La seconda stazione invece sostituisce quella di Sant'Eufemia, purtroppo però non si è pensato a prevedere un piccolo periodo di funzionamento di entrambe, in modo da avere una sovrapposizione dei dati per verificare la compatibilità fra le stazioni. Alla luce di quanto fin qui detto il quadro che si delinea indica una situazione non favorevole, che costringe a fare alcune approssimazioni e scartare molte stazioni di misura.

Stazioni	Quota	Latitudine	Longitudine	Periodo	Sensori
Sant'Eufemia	25	38°55'17"	16°15'08"	1932-2001	Tr, P
Nicastro	200	38°58'43"	16°19'21"	1916-1973	Tm, Pr
Nicastro-Bella	600	38°59'08"	16°17'58"	1988-2009	Tr, Pr
Decollatura	780	39°02'47"	16°21'30"	1928-2004	Pr
Acquabona	1050	39°01'33"	16°21'24"	1921-1940	Pr

Tabella 4 - Distribuzione geografica e altimetrica delle stazioni meteorologiche(Dati ARPACAL).

Considerando però che lo studio del clima costituisce una parte fondamentale di questa tesi in quanto proprio i regimi idrici e quindi la quantità di acqua presente nei substrati sono responsabili dei movimenti di versante che caratterizzano la zona, si ritiene indispensabile l'uso di questi dati risultano adatti a fornire un quadro generale del clima.

2.2.2 Stazioni di rilevamento

L'analisi climatica è stata sviluppata partendo dai dati giornalieri di pioggia e di temperatura delle stazioni di Sant'Eufemia Lamezia, Nicastro, Nicastro-Bella, Decollatura e Acquabona. La stazione di Palazzo non è stata presa in considerazione in quanto, pur sostituendo di fatto quella di Sant'Eufemia, presenta tempi di registrazione troppo brevi e quindi statisticamente poco significativi. La stazione di San Tommaso, pur avendo invece una lunga sequenza di dati, è troppo lontana dal bacino e quindi non significativa. La stazione di Acquabona ricade all'interno della parte montana del bacino, ma purtroppo ha una serie di dati lunga solo 19 anni, dal 1921 al 1940.

La stazione di Sant'Eufemia invece, non è rappresentativa del clima dell'area studiata, ma è stata presa in considerazione per poter confrontare le condizioni climatiche che si hanno sulla costa e quelle nell'entroterra.

L'analisi climatica è stata condotta partendo dai dati giornalieri di piogge e temperature, in quanto i dati mensili e annuali forniti dall'Centro Funzionale Meteoidrologico dell'Agenzia

Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria (ARPACal), sono risultati viziati da errori.

L'analisi dei dati è stata condotta separatamente a livello mensile, stagionale ed annuale, utilizzando come parametri i dati di pioggia, le temperature massime e minime, l'escursione termica, il numero di giorni piovosi e l'evaporazione potenziale del suolo (Thornthwaite, 1948). La metodologia usata è in parte statistica e in parte analitico-descrittiva e ha permesso di ricostruire un quadro generale degli andamenti dei principali indici climatici dell'area nei periodi considerati, e quindi di ricostruire le caratteristiche climatologiche del bacino e delle aree adiacenti.

Verifica della rappresentatività meteorologica delle osservazioni

I dati utilizzati sono attualmente disponibili sul sito internet del Centro Funzionale Meteorologico dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria (ARPACal). Prima dell'utilizzo dei dati, è stata ritenuta opportuna una loro verifica per evitare che eventuali incompletezze degli stessi o errori strumentali o soggettivi potessero inficiare l'analisi.

Per verificare l'omogeneità dei dati è stato tracciato il *diagramma cumulativo* dei valori annui, che permette di osservare se nella serie esistano eterogeneità dovute a circostanze legate alla gestione della stazione (Cortemiglia G.C., 2002).

Di seguito vengono riportati i diagrammi cumulativi delle stazioni di Nicastro-Bella e Nicastro, riferiti alle temperature e alle precipitazioni. Per quanto riguarda la stazione di Nicastro-Bella (fig. 6), i valori medi annui cumulati delle temperature mostrano un andamento omogeneo, come viene attestato dal coefficiente di determinazione che è prossimo all'unità. La cumulazione delle precipitazioni annue (fig. 7) mostra invece qualche modesta deviazione dalla retta interpolante nel 1995 e nel 2004.

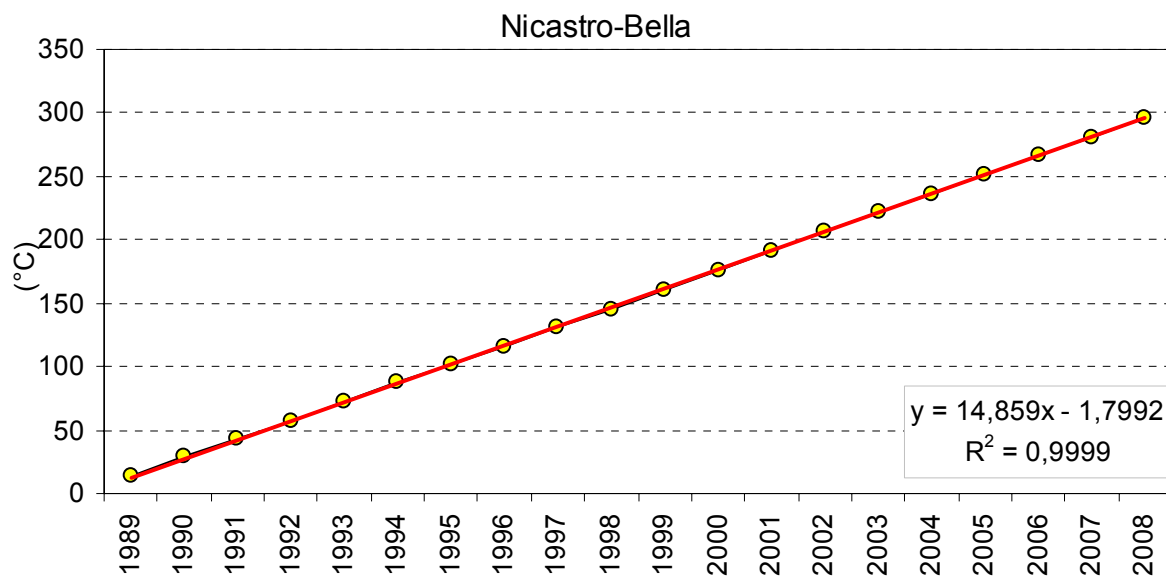


Figura 6 - Diagramma cumulativo delle temperature medie annue per la stazione di Nicastro - Bella per il periodo 1989-2008.

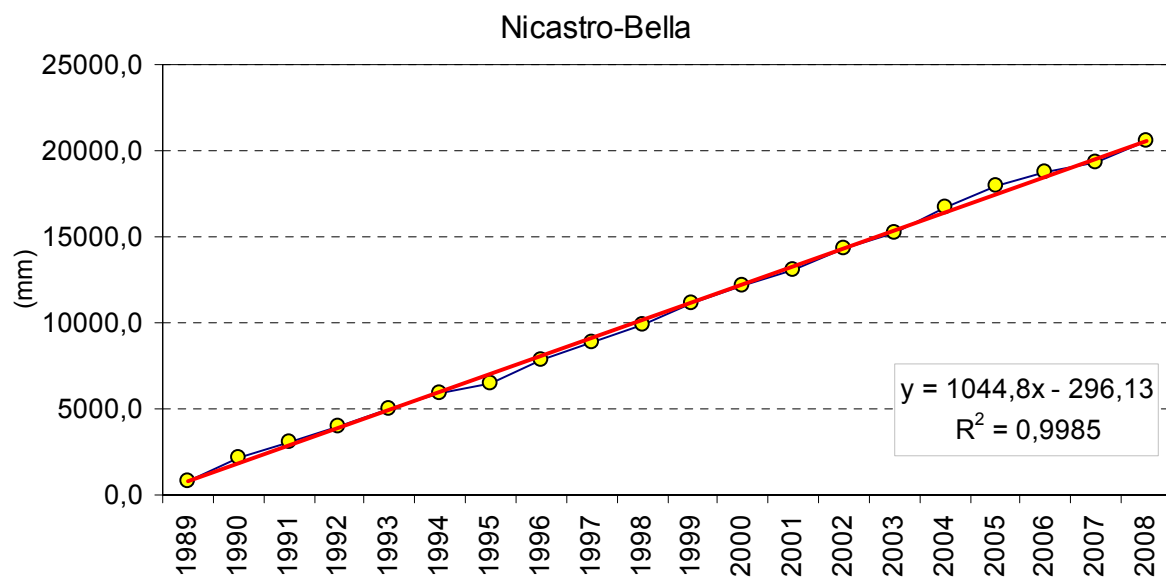


Figura 7 - Diagramma cumulativo delle precipitazioni per la stazione di Nicastro - Bella per il periodo 1989-2008.

La stazione di Nicastro presenta anch'essa una serie termica omogenea (fig. 8) ma solo a partire dall'anno 1929. I dati dal 1916 al 1928 risultano frammentari ed incompleti e pertanto sono stati scartati.

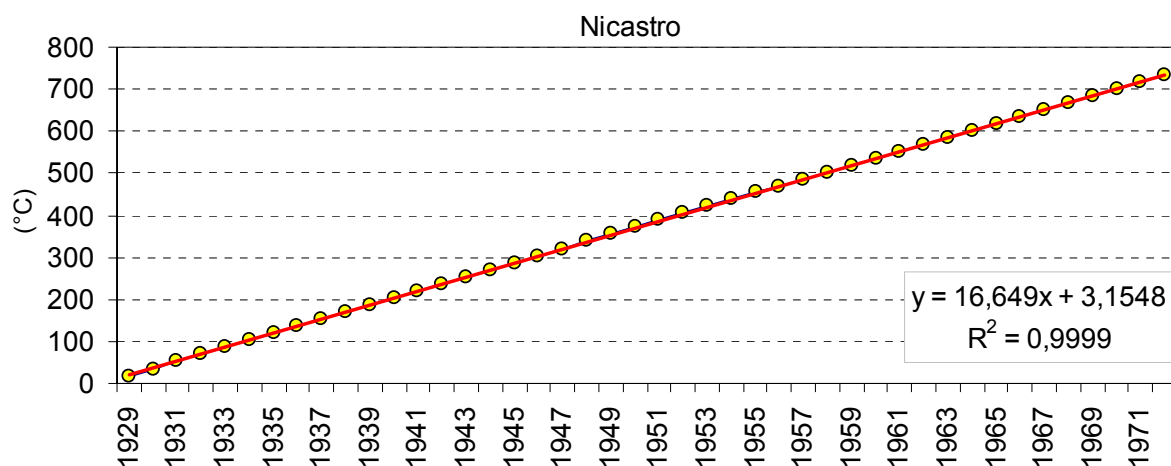


Figura 8 - Diagramma cumulativo delle temperature medie annue per la stazione di Nicastro per il periodo 1929-1972.

La cumulata delle piogge annue presenta varie deviazioni dalla retta interpolante, pur in presenza di un coefficiente di determinazione che garantisce la sostanziale affidabilità strumentale della serie. Sono stati eseguiti due diagrammi cumulativi per la stazione di Nicastro, uno con la serie completa del periodo 1916-1972 (fig. 9) e l'altro privo delle serie ritenute non valide (fig. 10).

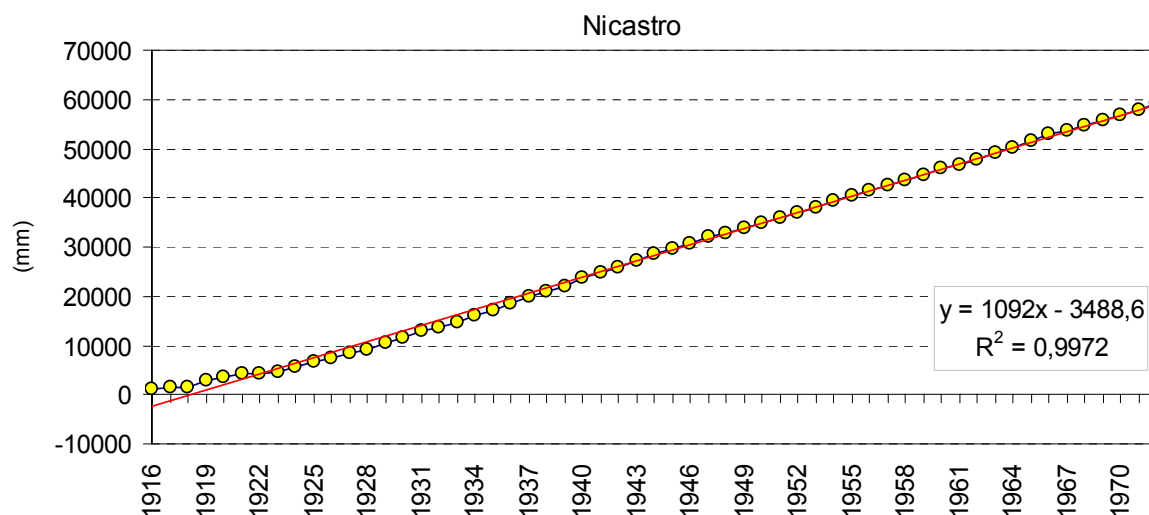


Figura 9 - Diagramma cumulativo delle piogge per la stazione di Nicastro per il periodo 1916-1972.

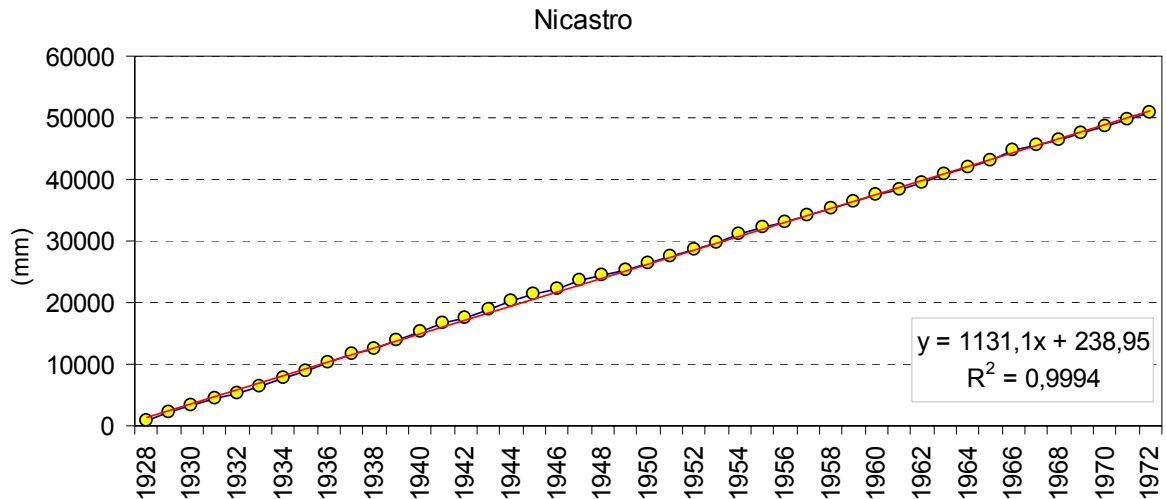


Figura 10 - Diagramma cumulativo delle piogge per la stazione di Nicastro per il periodo 1929-1972.

La stessa procedura è stata utilizzata per la stazione di Sant'Eufemia Lamezia, che è risultata quella con il maggior numero di anni totalmente o parzialmente incompleti. Pur essendo attiva fin dal 1932, solo dal 1950 presenta una serie quasi continua dei dati. Tutti gli anni relativi alla seconda guerra mondiale fino al 1950 sono totalmente o quasi totalmente privi di misurazioni. Pertanto è stata usata solo la serie dei dati che va dal 1950 al 2000.

2.2.3 Analisi dei parametri climatici

Temperatura dell'aria

L'analisi delle temperature serve nello studio dello stato termico dell'atmosfera, della frequenza degli eventi anomali e soprattutto per la determinazione dei valori dell'umidità idrico-climatica del suolo, che è appunto funzione complessa dalla temperatura dell'aria, della latitudine, dell'altitudine e delle caratteristiche idrologiche dei suoli.

Le stazioni utilizzate sono quelle di Sant'Eufemia Lamezia, di Nicastro e di Nicastro-Bella, tutte all'interno del territorio comunale di Lamezia Terme. La stazione di Sant'Eufemia è rappresentativa del clima costiero, mentre le altre due stazioni sono rappresentative del clima del settore collinare e montano del bacino del Torrente Piazza.

La stazione di Sant'Eufemia Lamezia si trova a 25 m sul livello del mare, la serie analizzata va dal 1950 al 2000. La temperatura media annua registrata in questa stazione è stata di 17,3 °C, il mese con la temperatura media più bassa risulta essere Gennaio (10,3°C), mentre la temperatura media più elevata è Agosto (25,4 °C) con un'escursione termica tra i due mesi di 14,1 °C.

La stazione di Nicastro si trova a 200 m s.l.m.m. e gli anni presi in considerazione per questo studio sono quelli che vanno dal 1929 al 1972, il valore medio annuo di temperatura è di 16,7 °C, con Gennaio che è il mese più freddo con il valore di temperatura media più bassa (9,3 °C), Agosto con la temperatura media più alta (25,0 °C) e con un'escursione termica di 15,7 °C.

La stazione di Nicastro-Bella si trova a 600 m s.l.m.m, la serie di dati analizza è quella completa, che va dal 1988 al 2008, la temperatura media annua di questa stazione è di 14,6 °C, il mese con la temperatura media più bassa è Febbraio (7,4 °C), e in Agosto quella più elevata (23,6 °C) e l'escursione termica è di 16,2 °C (vedere tabella 5).

La stazione di Sant'Eufemia risulta avere temperature medie più elevate delle altre due, con la minore escursione termica. Mentre la stazione di Bella ha temperature medie più basse e l'escursione termica più elevata.

L'andamento medio delle temperature misurate mostra una crescita dell'escursione termica che va di pari passo con l'aumento di quota e il gradiente termico medio misura 0,47°C per ogni aumento di quota di 100 metri.

Stazioni	T	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno	Esc
Sant' Eufemia	min	3,4	2,7	3,9	6,3	9,9	13,3	14,5	16,1	15,3	10,3	6,5	3,2	10,5	
	data	1981	1993	1987	1968	1991	1968	1968	1968	1996	1974	1981	1991	1968	
	max	15,8	17,0	19,2	23,2	25,3	34,0	33,5	35,4	31,0	26,3	22,3	18,6	24,1	
	data	1972	1995	1959	1953	1964	1982	1972	1971	1956	1967	1963	1952	1972	
	med	10,3	10,6	12,0	14,5	18,4	22,5	25,0	25,4	22,9	19,1	15,0	11,8	17,3	14,1
Nicastro	min	2,9	3,3	4,1	7,7	11,0	14,4	16,0	15,9	14,4	10,4	8,8	4,1	10,8	
	data	1935	1956	1953	1938	1954	1933	1954	1954	1941	1956	1954	1940	1956	
	max	15,9	15,6	19,2	21,7	26,8	34,0	32,4	32,8	31,2	26,8	23,4	17,2	23,2	
	data	1936	1957	1930	1968	1945	1931	1939	1946	1946	1932	1947	1932	1928	
	med	9,3	9,8	11,4	14,3	17,8	22,1	24,5	25,0	22,5	18,3	14,5	10,9	16,7	15,7
Nicastro- Bella	min	3,3	1,7	4,1	4,9	8,3	13,9	17,0	17,5	14,0	10,8	6,6	2,3	8,3	
	data	2000	2003	1995	1997	1991	1989	1992	1990	1996	1989	1988	1991	1988	
	max	12,5	13,0	16,7	17,8	23,3	27,8	30,5	30,1	26,9	23,5	17,9	13,2	19,4	
	data	2007	2002	2001	2006	2003	2003	2003	2007	1994	2001	2000	2000	2003	
	med	7,7	7,4	9,5	11,7	16,3	20,3	23,0	23,6	20,1	16,9	12,2	8,6	14,6	16,2

Tabella 5 - Campo di variazione e valori medi mensili ed annui della temperatura dell'aria.

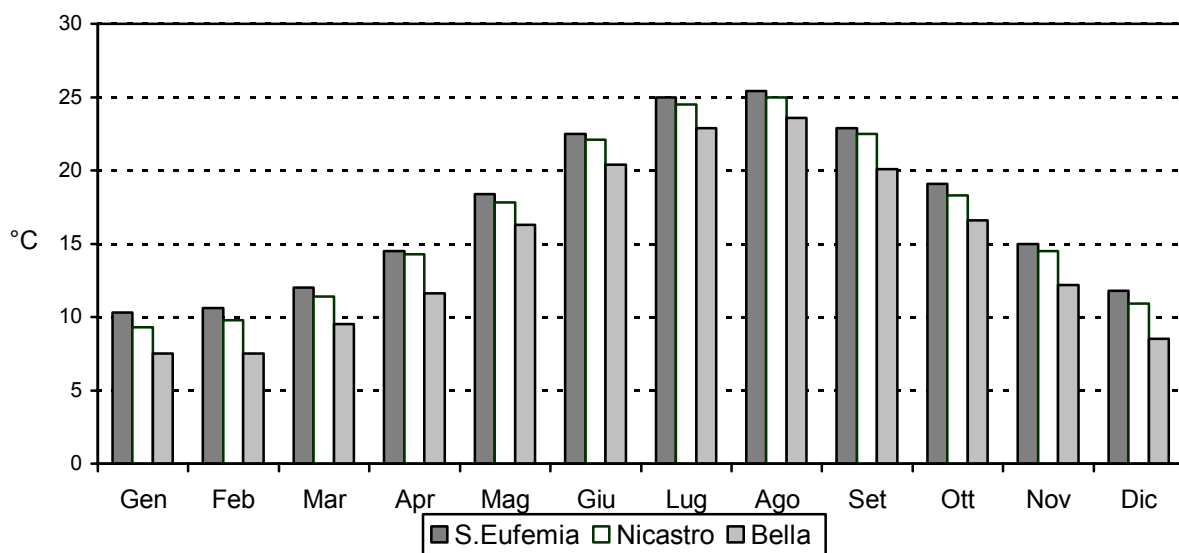


Figura 11 - Regime mensile delle temperature medie (°C) per le stazioni di Sant'Eufemia, Nicastro e Bella.

Per le stazioni di Sant'Eufemia e Nicastro mediamente il mese più freddo è Gennaio, mentre per la stazione di Bella è Febbraio. In realtà anche per la stazione di Sant'Eufemia si registra, negli ultimi due decenni, una tendenza ad avere le temperature medie più basse nel mese di Febbraio, proprio come per quanto avviene nella stazione di Bella. Il mese più caldo invece risulta essere Agosto in tutte le stazioni. Le stazioni di Sant'Eufemia e di Nicastro presentano temperature medie simili, infatti le massime si attestano sempre tra i 20° e i 25°, le medie tra i 15° e i 20° e le minime tra 10° e 15°. La stazione di Bella invece risulta essere mediamente più fredda delle altre due, con T max comprese tra 15° e 20°, medie che oscillano tra i 14 e i 16° e le minime tra 10° e 12°.

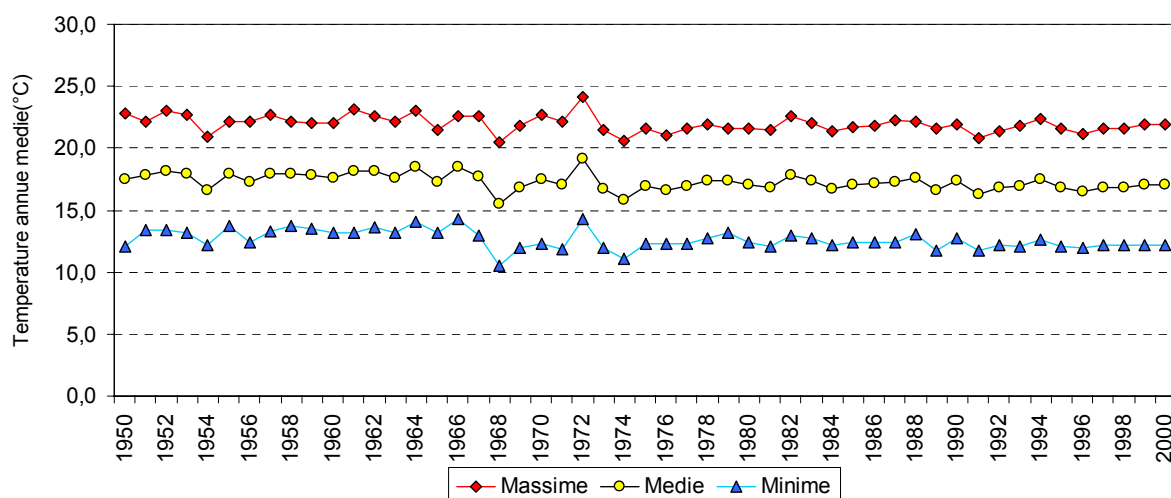


Figura 12 - Andamento interannuale delle temperature minime, massime e medie a Sant'Eufemia Lamezia (1950 - 2001).

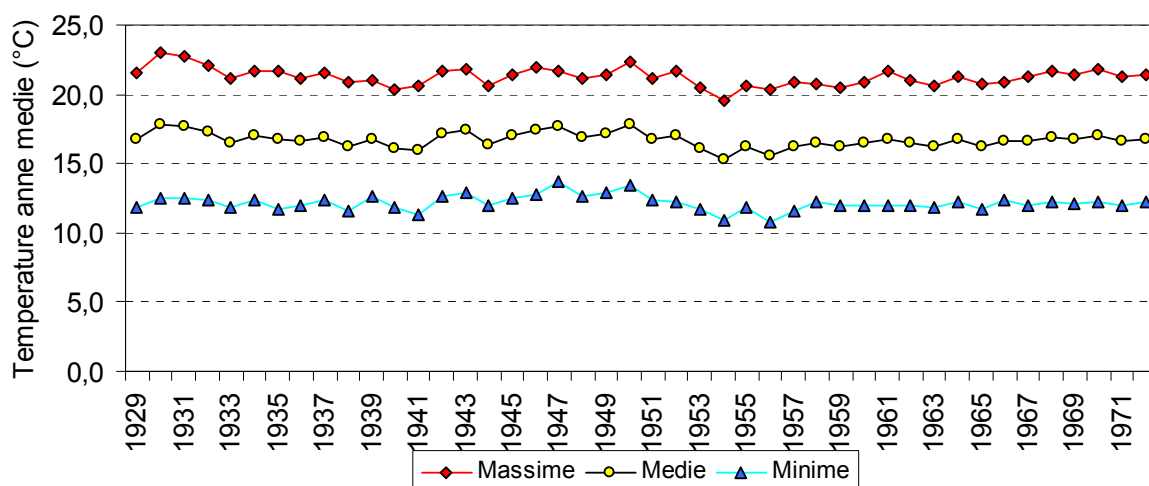


Figura 13 - Andamento interannuale delle temperature minime, massime e medie nella stazione di Nicastro (1929 - 1972).

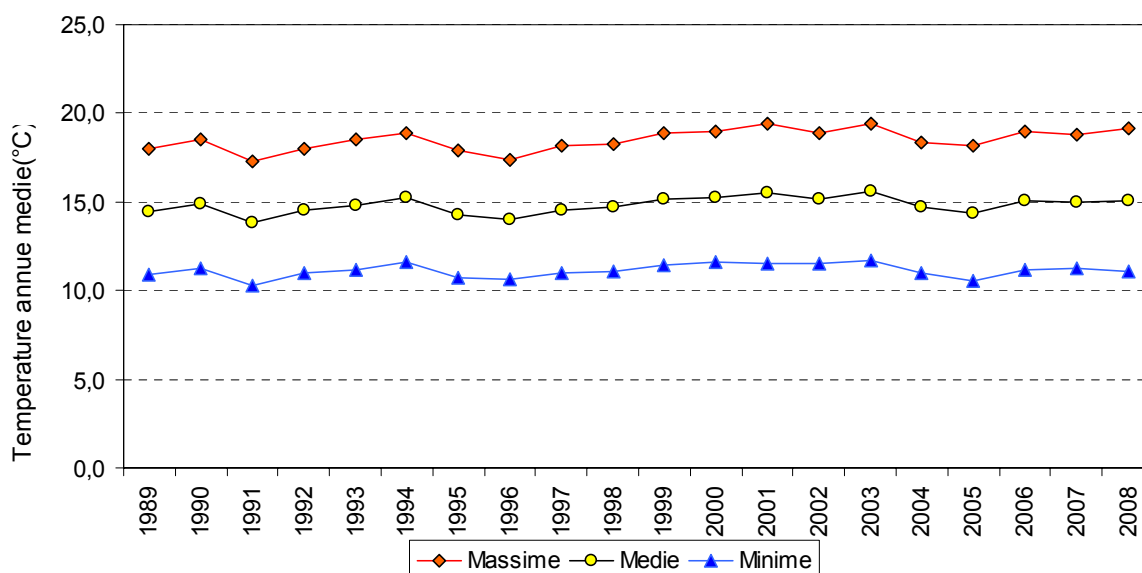


Figura 14 - Andamento interannuale delle temperature minime, massime e medie a Nicastro - Bella (1989 - 2008).

Stazioni	T	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Sant' Eufemia	min	-3,0	-4,0	-3,0	0,3	3,0	2,0	2,0	10,0	8,0	4,2	-1,5	-4,2	4,8
	data	1981	1949	1987	1950	1970	1948	1947	1968	1971	1971	1981	1941	1968
	max	23,1	26,2	31,5	34,0	38,7	48,6	40,4	43,7	39,0	39,8	29,0	25,8	29,8
	data	1979	1955	1952	1985	1994	1982	1961	1957	1988	1991	1962	1949	1952
Nicastro	min	-3,0	-4,0	-8,0	0,3	3,0	2,0	2,0	10,0	8,0	4,2	-1,5	-4,2	10,8
	data	1981	1949	1949	1950	1970	1948	1947	1968	1971	1971	1981	1941	1956
	max	23,1	26,2	31,5	34,0	38,7	48,6	40,4	43,7	39,0	39,8	29,0	25,8	23,1
	data	1979	1955	1952	1985	1994	1982	1961	1957	1988	1991	1963	1949	1930
Nicastro-Bella	min	-3,8	-4,2	-2,3	-1,4	5,6	8,2	11,7	13,1	9,5	5,4	0,2	-4,7	6
	data	2004	1991	1993	1997	1991	2006	2004	1989	2002	2007	1998	2001	2005
	max	21,5	19,5	29,1	27,6	34,9	35	40,3	40,2	33,8	32,5	25,7	24,9	26,1
	data	2001	2002	2001	1999	2006	2006	2007	2007	2000	1991	1996	1989	2006

Tabella 6 - Campo di variazione delle temperature estreme minime e massime diurne (°C).

Afflussi idrometeorici

Le stazioni con i maggiori apporti di piogge sono quelle di Aquabona e Decollatura, rispettivamente poste a 1050 e 780 metri sul livello del mare. La stazione di Aquabona si trova all'interno del bacino del T. Piazza sulla sinistra idrografica, ed è esposta a Sud-Ovest. La stazione di Decollatura invece si trova all'interno di una vallata circondata dai monti e riparata dai venti. La stazione di Nicastro, (200 m s.l.m.m.) risulta essere, per gli anni studiati, più piovosa della stazione di Bella (600 m s.l.m.m.), nonostante che l'ultima sia posta ad una altitudine maggiore della prima. La stazione di Nicastro si trova in corrispondenza di un brusco cambio di acclività nella valle del Torrente Canne, mentre la stazione di Bella si trova sulla destra idrografica del Torrente Piazza sullo spartiacque del bacino. La stazione di Sant'Eufemia si trova a 25 m di quota, in piena pianura e vicina al mare, e risulta essere la più arida. La quota quindi non è l'unico fattore che regola la distribuzione delle piogge, ma ci sono da considerare aspetti come le catene montuose, l'esposizione dei versanti e la distanza dal mare.

Stazioni		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Sant'Eufemia	min	17,2	1,8	0,0	6,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4	15,2	19,9	10,2	349,0
	data	2001	1959	1948	1935	2000	2000	2000	2000	1940	2000	1972	1985	2000
	max	275,6	268,1	212,0	180,4	181,6	196,6	219,9	110,0	359,7	309,9	273,7	430,4	1356,9
	data	1940	1973	1985	1940	1934	1936	1976	1995	1955	1996	1959	1990	1940
	media	114,0	107,5	81,3	65,9	45,9	24,3	18,6	29,2	52,0	107,1	123,2	136,5	905,4
Nicastro	min	7,0	5,6	0,0	8,2	6,4	0,0	0,0	0,0	0,2	10,2	20,0	9,3	792,5
	data	1925	1959	1948	1949	1919	1946	1946	1946	1932	1967	1967	1924	1948
	max	346,7	325,5	279,0	328,2	168,1	134,4	80,1	146,6	278,2	331,9	276,8	380,1	1586,8
	data	1942	1921	1944	1919	1951	1940	1959	1955	1955	1953	1958	1969	1940
	media	176,3	135,3	106,1	75,0	62,1	30,7	15,7	28,8	59,6	117,0	150,1	171,8	1128,5
Nicastro-Bella	min	2,6	9,4	0,2	24,2	8,2	0,4	0,2	0,6	9,6	5,2	73,2	53,6	569,0
	data	1989	2008	1994	2007	2006	1990	2007	1993	1992	1995	1989	1989	1995
	max	262,0	217,0	199,0	183,4	111,2	121,2	102,8	133,6	192,2	274,4	270,2	497,6	1495,2
	data	2003	2005	2004	2004	1996	1992	1999	1997	2002	1996	2004	1990	2004
	media	95,6	90,3	80,9	92,6	57,0	29,1	31,8	31,5	83,8	105,3	151,8	179,5	1029,2
Decollatura	min	7,0	15,4	0,0	15,0	1,4	0,0	0,0	0,0	4,4	4,8	25,8	7,7	712,7
	data	1989	1959	1948	1975	1955	1985	1984	1987	1940	2001	1986	1985	1977
	max	542,2	427,0	312,3	273,4	191,0	147,1	135,3	110,5	272,6	423,6	460,2	546,0	2202,2
	data	1940	1986	1951	1978	1954	1976	1994	1929	1955	1953	1958	1990	1996
	media	215,1	168,5	136,8	99,7	70,4	30,0	21,4	31,8	68,9	123,2	182,5	208,7	1358,8
Acquabona	min	18,0	61,0	26,1	23,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0	100,2	13,0	1104,0
	data	1925	1926	1938	1927	1931	1931	1931	1931	1924	1926	1934	1924	1922
	max	334,0	402,0	437,0	168,6	239,5	130,0	62,0	178,0	229,9	236,0	400,0	573,0	2060,0
	data	1927	1931	1928	1937	1934	1926	1926	1929	1939	1927	1925	1923	1923
	media	182,5	187,6	164,5	111,1	96,2	39,7	10,5	31,9	83,6	135,1	230,1	277,0	1549,8

Tabella 7 - Campo di variazione e valori medi mensili delle precipitazioni (mm).

Nella tabella 7 sono riportate le piogge medie annue e le medie mensili delle stazioni pluviometriche. In tutte le stazioni si nota la tendenza ad avere nei mesi estivi e soprattutto in Luglio il minor apporto di precipitazioni, mentre il massimo delle precipitazioni si registra nei mesi di Novembre e Dicembre. Nel complesso le stazioni dimostrano di avere un andamento sia mensile che annuale piuttosto simile pur avendo degli apporti meteorici differenti (fig. 15).

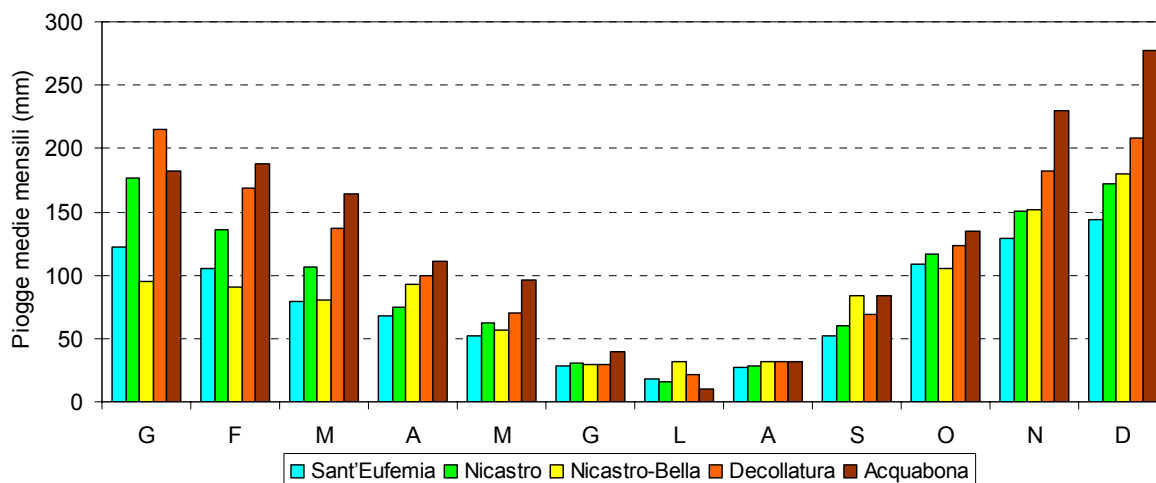


Figura 15 - Andamento medio mensile delle precipitazioni per le stazioni pluviometriche considerate.

2.2.4 Classificazioni climatiche

Bilancio idrico-climatico di Thornthwaite

Tra i numerosi sistemi fino ad oggi proposti per la definizione sintetica dei climi locali risulta di notevole interesse quello proposto da Thornthwaite (1948). Tale metodo consente una stima attendibile dell'umidità del suolo, del deflusso idrico di superficie e di quello sotterraneo. Il regime mensile di tali parametri fornisce indicazioni circa la predisposizione dei suoli all'erosione e, in campo agricolo e forestale, la disponibilità idrica della vegetazione. Le stazioni considerate per tale indagine sono quelle di Sant'Eufemia Lamezia, Nicastro e Nicastro-Bella (tab. 5 e 6).

A Sant'Eufemia l'*evapotraspirazione potenziale* (EP), definita come la quantità di acqua (mm) che in un determinato intervallo di tempo passerebbe all'atmosfera per evaporazione dal suolo e per traspirazione dalla vegetazione nella condizione che il suolo fosse permanentemente saturo, ha assunto il valore medio annuo di 880,3 mm, con un regime stagionale che attribuisce il 7,7% del totale all'Inverno, il 19,2% alla Primavera, il 48,41% all'Estate e il 25% all'Autunno. Dallo sviluppo del bilancio idrico-climatico risulta che la saturazione del suolo si raggiunge nei mesi da Dicembre ad Aprile, con un *surplus* (S) annuo di 329,9 mm; il *deficit* (D) annuo, pari a 304,8 mm, è presente da Maggio a Settembre.

Generalmente in Settembre la riserva idrica del suolo raggiunge i livelli minimi con una media di 7,6 mm; nei mesi successivi, in conseguenza della ripresa autunnale delle piogge, ha inizio la fase di ricarica del suolo, che si conclude in Dicembre. Il valore più elevato del *deflusso superficiale* (RO) si raggiunge in Febbraio con 77,2 mm.

Stazioni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno	
S. Eufemia	EP	20,7	21,6	33,1	50,3	85,6	124,2	152,6	147,1	107,5	71,5	40,4	25,6	880,3
	ST	150,0	150,0	150,0	150,0	115,1	59,1	24,2	11,0	7,6	43,2	126,0	150,0	
	AE	20,7	21,6	33,1	50,3	80,8	80,3	53,5	42,3	55,4	71,5	40,4	25,6	575,5
	D	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	43,9	99,1	104,8	52,1	0,0	0,0	0,0	304,8
	S	93,3	85,9	48,2	15,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	86,9	329,9
	RO	68,4	77,2	62,7	39,2	19,6	9,8	4,9	2,4	1,2	0,6	0,3	43,6	329,9
Nicastro	EP	18,5	20,0	31,9	51,0	82,8	122,6	149,0	144,5	106,1	67,8	39,6	23,5	857,4
	ST	150,0	150,0	150,0	150,0	130,7	70,8	29,1	13,5	9,9	59,0	150,0	150,0	
	AE	18,5	20,0	31,9	51,0	81,4	90,6	57,4	44,5	63,2	67,8	39,6	23,5	589,4
	D	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	32,1	91,6	100,1	42,9	0,0	0,0	0,0	268,0
	S	157,8	115,3	74,2	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6	148,3	539,1
	RO	118,6	116,9	95,6	59,8	29,29	14,9	7,5	3,7	1,9	0,9	10,3	79,3	359,1
Nicastro Bella	EP	17,4	16,2	29,0	43,0	79,0	111,3	136,9	133,3	92,0	65,2	34,7	19,9	777,8
	ST	150,0	150,0	150,0	150,0	129,5	74,9	37,2	18,8	17,8	58,0	150,0	150,0	
	AE	17,4	16,2	29,0	43,0	77,5	83,9	69,5	49,8	84,8	65,2	34,7	19,9	590,6
	D	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	27,6	67,4	83,5	7,2	0,0	0,0	0,0	187,2
	S	78,2	74,1	51,9	49,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,1	159,6	438,6
	RO	82,3	78,6	65,0	57,3	28,7	14,3	7,2	3,6	1,8	0,9	13,0	86,3	438,6

Tabella 8 - Bilancio idrico-climatico medio a S. Eufemia Lamezia (1950-2000) , Nicastro (1928-1972) e Nicastro-Bella(1988-2008).

A Nicastro l'evapotraspirazione potenziale media annua è di 857,4 mm, imputabile per il 7,2% all'Inverno, per il 19,3% alla Primavera, e rispettivamente per il 48,6% all'Estate e il 24,9% all'Autunno. Il valore del *surplus* è pari a 539,1 mm e copre il periodo da Novembre ad Aprile. Il *deficit idrico*, di 268 mm annui, interessa esclusivamente i mesi da Maggio a Settembre, assumendo i valori più elevati in Agosto con 100,1 mm. Il *deflusso superficiale*, che presenta i valori più elevati nei mesi invernali e primaverili, con i massimi in Gennaio (118,6 mm) e Febbraio (116,9 mm), decresce secondo una curva di esaurimento fino a Ottobre (0,9 mm) per risalire nel mese di Novembre.

A Bella (Nicastro) l'EP media annua è di 777,8 mm con un regime stagionale invernale del 6,9%, primaverile del 19,4%, estivo al 49 e autunnale del 24,7%. Il valore del *surplus* è 438,6 mm e va da Novembre ad Aprile. Il *deficit idrico* è stato presente da Maggio a

Settembre con 187,2 mm e massimo in Agosto di 83,5 mm. A differenza della stazione di Nicastro, a Bella il *deflusso superficiale* (RO) ha i suoi massimi con un mese di anticipo, in Dicembre (86,3 mm) e Gennaio (82,3 mm) e decresce fino a Ottobre (0,9 mm) (tab. 8).

La combinazione del *surplus*, del *deficit* e dell'*evapotraspirazione potenziale* secondo la relazione:

$$I_m = (S - D)/EP \times 100$$

porta alla definizione dell'indice di *umidità globale* (I_m), che costituisce l'indice guida nella classificazione dei climi di Thornthwaite e Mather (1957). I valori positivi dell' I_m rappresentano i climi umidi, secondo la seguente scala di umidità decrescente: A ($I_m > 100$), B₄ ($100 > I_m > 80$), B₃ ($80 > I_m > 60$), B₂ ($60 > I_m > 40$), B₁ ($40 > I_m > 20$), C₂ ($20 > I_m > 0$); i valori negativi dell'indice indicano i climi aridi C₁ ($0 > I_m > -33,3$), D ($-33,3 < I_m > -66,6$), E ($I_m < -66,6$). Altre relazioni consentono di determinare l'*indice di umidità* ($I_h = S/EP \times 100$), l'*indice di aridità* ($I_a = D/EP \times 100$) e la *concentrazione estiva dell'efficienza termica* (CEET = $\Sigma EP_{estiva}/EP \times 100$). Sulla base di tali indici si ricava la formula climatica, che si compone di quattro lettere: la prima rappresenta l'indice di umidità globale (I_m), la seconda l'evapotraspirazione potenziale (EP), la terza l'indice di aridità o di umidità e la quarta la concentrazione estiva dell'evapotraspirazione potenziale ($\Sigma Ep_{estiva}/Ep_{annua} \times 100$).

La stazione più arida è quella di Sant' Eufemia, che presenta un clima di tipo C₂ (subumido), mentre la stazione di Nicastro, Nicastro-Bella e, presumibilmente, le altre stazioni che si trovano a quote più elevate, presentano il tipo B₁ (umido) (tab. 9).

Stazione	Formula climatica	Descrizione sintetica
S. Eufemia L.	C ₂ B' ₃ s ₂ b' ₄	clima subumido – terzo mesotermico – forte deficit in Estate
Nicastro	B ₁ B' ₃ s b' ₄	clima umido – terzo mesotermico – deficit moderato in Estate
Nicastro-Bella	B ₁ B' ₂ s b' ₄	clima umido – secondo mesotermico – deficit moderato in Estate

Tabella 9 - Formule climatiche e descrizione sintetica dei climi (valori medi).

Gli andamenti medi non offrono tuttavia un quadro realistico delle condizioni del clima (tab. 10), che possono essere rappresentate più efficacemente dai valori estremi. A questo proposito sono stati sviluppati i bilanci idrico-climatici relativi all'anno più arido e all'anno più umido a Sant' Eufemia Nicastro e a Nicastro-Bella (Vedere in appendice le tabelle relative).

A Sant'Eufemia la massima aridità meteorologica si è verificata nel 2000, quando l'afflusso meteorico è stato di 349,0 mm, con una evapotraspirazione potenziale e reale rispettivamente di 874,2 mm e di 349,0 mm. In nessun mese si è avuta eccedenza idrica, mentre il deficit idrico, che si è sviluppato da Maggio a Novembre ha raggiunto valori molto elevati nei mesi da Luglio a Settembre, come indicazione di un estremo disseccamento del suolo. Nell'anno di massima umidità le precipitazioni sono state di 1292,5 mm (1966) e l'evapotraspirazione potenziale e reale rispettivamente di 946,9 mm e di 583,0 mm. Il contenuto idrico del suolo ha raggiunto il massimo valore da Gennaio a Marzo e da Ottobre a Dicembre. Il deficit idrico, pari a 364,0 mm, è stato presente solo nei mesi da Aprile a Settembre.

A Nicastro nell'anno di massima aridità meteorologica (1948) le precipitazioni annue sono state di 792,5 mm, l'evapotraspirazione potenziale e reale sono state rispettivamente di 858,6 mm e di 535,8 mm. L'eccedenza idrica è stata presente solo nei mesi di Gennaio e Febbraio, quando è stata raggiunta la massima capacità idrica del suolo; il deficit idrico annuo è stato di 322,8 mm, presente in Marzo, nei mesi da Maggio a Settembre e in Dicembre. Nell'anno di massima umidità (1940) le precipitazioni annue sono state di 1586,8 mm, l'evapotraspirazione potenziale e reale sono state rispettivamente di 826,9 mm e di 623,1 mm. La capacità idrica del suolo è rimasta sui valori massimi per quasi tutti i mesi dell'anno ad eccezione dei mesi che vanno da Luglio a Ottobre. Il deficit idrico annuo è stato di 203,9 mm, presente solo nei mesi da Luglio a Settembre; il surplus annuo, che ha raggiunto il valore di 963,7 mm, è stato assente solo nel mese di Maggio e nei mesi che vanno da Luglio ad Ottobre.

Stazione	Anni	Formula climatica	Descrizione sintetica
S. Eufemia	2000 anno più arido	D B ₃ d a'	Clima semiarido – terzo mesotermico – senza eccedenza
	1966 anno più umido	B ₁ B ₃ s ₂ b' ₄	Clima umido – terzo mesotermico – forte deficit in Estate
Nicastro	1948 anno più arido	C ₁ B ₃ s ₂ a'	Clima subarido – terzo mesotermico – forte deficit in Estate
	1940 anno più umido	B ₄ B ₂ s a'	Clima umido – secondo mesotermico - deficit moderato in Estate
Nicastro-Bella	1995 anno più arido	C ₁ B ₂ s b' ₄	Clima subarido–secondo mesotermico–deficit moderato in Estate
	2004 anno più umido	B ₄ B ₂ s b' ₄	Clima umido – secondo mesotermico – deficit moderato in Estate

Tabella 10 - Formule climatiche e descrizione sintetica dei climi nell'anno più arido e in quello più umido.

A Bella la massima aridità meteorologica si è verificata nel 1995, quando l'afflusso meteorico è stato di 569,0 mm, con una evapotraspirazione potenziale e reale rispettivamente di 758,4 mm e di 427,0 mm. Si è avuta eccedenza idrica solo nei mesi da Gennaio a Marzo, mentre il deficit idrico, che si è sviluppato da Aprile a Ottobre ha mantenuto valori elevati

fino a Ottobre, come indicazione di un estremo disseccamento del suolo. Nell'anno di massima umidità (2004) le precipitazioni sono state di 1495,5 mm e l'evapotraspirazione potenziale e reale rispettivamente di 767,4 mm e di 605,6 mm. Il contenuto idrico del suolo ha raggiunto il massimo valore da Gennaio a Maggio e da Novembre a Dicembre. Il deficit idrico, pari a 161,7 mm, è stato presente solo nei mesi da Giugno ad Agosto e in Ottobre (2,2 mm).

Ciclo dell'acqua nel suolo

Nelle tre località l'eccedenza idrica è presente da Gennaio ad Aprile, Nicastro presenta, rispetto alle altre due, valori più elevati da Gennaio a Marzo a causa dei maggiori afflussi idrometeorici, mentre a Bella nei mesi di Marzo e Aprile l'eccedenza idrica rimane pressoché costante (fig. 16). Dalla tarda primavera all'autunno, a causa della diminuzione degli afflussi idrometeorici e dell'aumento dell'evapotraspirazione potenziale, il contenuto idrico del suolo nelle tre località si riduce, fino a raggiungere i valori minimi nei mesi di Agosto e Settembre. Nei mesi successivi, con l'arrivo delle piogge autunnali, ha inizio la fase di ricarica della riserva idrica del suolo, che a Nicastro e Bella si conclude a Ottobre, e a Sant'Eufemia in Novembre.

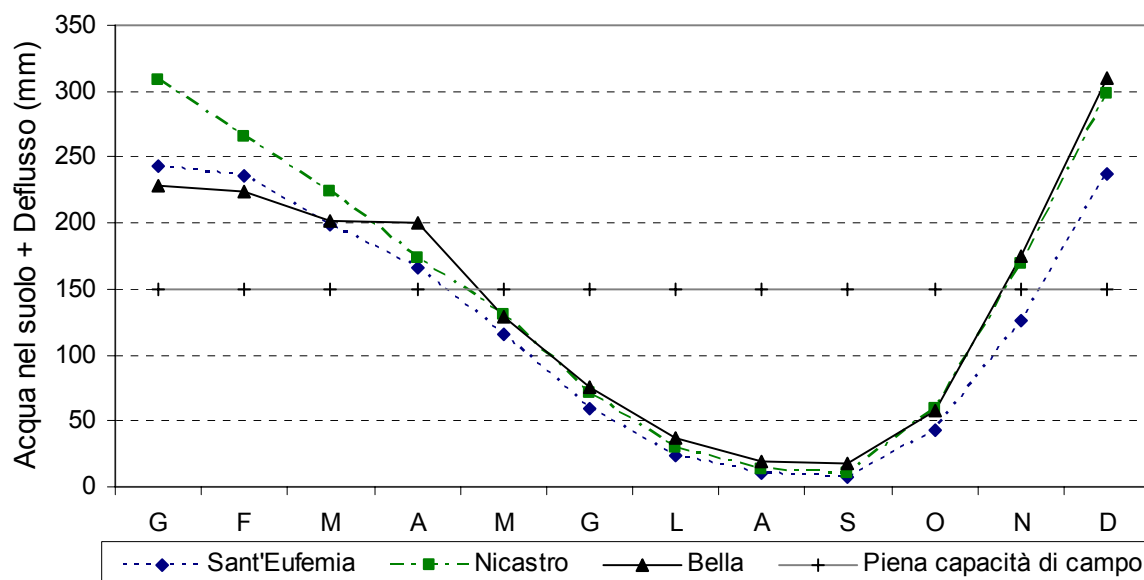
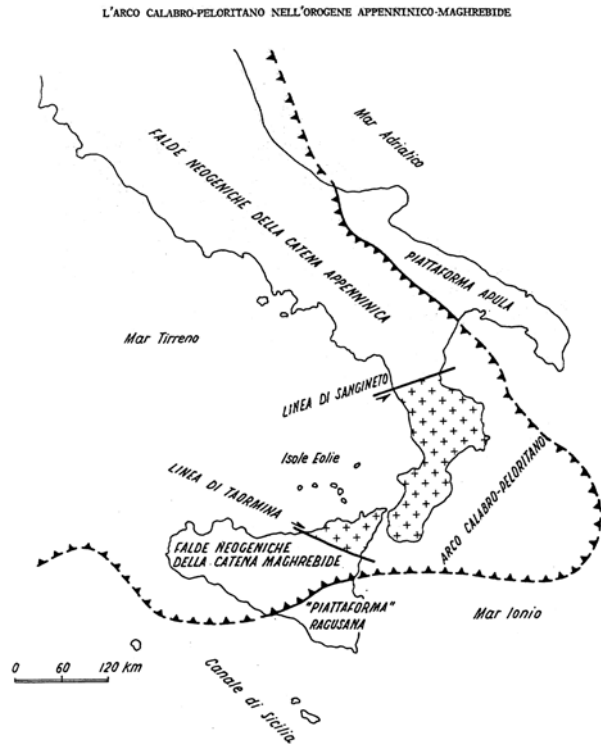


Figura 16 - Ciclo annuale dell'acqua nel suolo nelle stazioni di Sant'Eufemia, Nicastro e Bella.

2.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

La struttura geologica della Calabria, che ha un andamento ad arco (Arco Calabro-Peleoritano, fig.17), rappresenta l'attuale stato di massima distorsione della catena Appennino-Maghrebide che raccorda gli assi NW-SE dell'Appennino meridionale con quelli E-W delle Maghrebidi, che affiorano nell'area siciliana. In senso geologico si intende per Appennino il segmento NW-SE dell'orogene neogenico Africa-vergente, composto da unità tettoniche con vergenza NE, aventi per avvanpaese la zona Apula. Questo segmento della catena ha assorbito prevalentemente la componente E-W della compressione neogenica

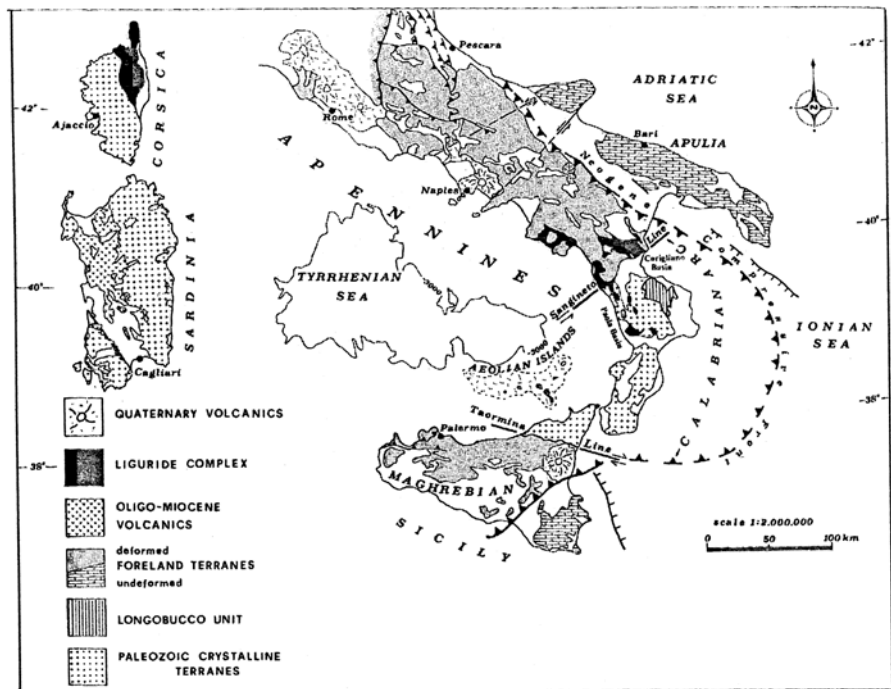


Schizzo del sistema appenninico-maghrebide nell'area in discussione.

Figura 17 - Schema del sistema Appenninico- Maghrebide (L. Amodio-Morelli, 1976)

Africa-Europa, e le unità che lo costituiscono sono rappresentate da successioni sedimentarie originariamente depositate su un basamento continentale africano. Con il termine Maghrebidi si intende invece il segmento E-W dello stesso orogene neogenico Africa-vergente, composto da coltri di ricoprimento con vergenza verso sud, avente per avvanpaese in Sicilia la zona Ibleo-Ragusana, e a W della faglia di Zaghouan, la zona Sahariana. Questo segmento della catena ha assorbito prevalentemente la componente N-S della compressione neogenica Africa-Europa, e anche qui le unità sono rappresentate esclusivamente da successioni sedimentarie originariamente deposte su basamento continentale africano.

La torsione del sistema Appenninico-Maghrebide, con velocità ed entità di espansione massime nella parte meridionale, è legata all'attività geodinamica profonda (convergenza tra il blocco euro-asiatico e quello africano), che comporta una forte attività tettonica, con l'insorgere di terremoti e un generale sollevamento



Generalized map of the southern Peri-Tyrrhenian region, from Sardinia-Corsica to the Apulia. Modified after Critelli and Le Pera (1998).

- Mappa Generale della regione Peri-Tirreniana meridionale, dalla Corsica alla zona Apula (Critelli e La Pera, 1998).

con la genesi di forti energie di rilievo. In tale contesto, l'edificio tirrenico dell'Arco Calabro risulta formato da una serie di falde sovrapposte che iniziano con un basamento cristallino pre-Mesozoico(fig.18) (con marcate analogie con la struttura Austro-sudAlpina) talvolta coperto da una successione Meso-Cenozoica con caratteristiche simili a quella delle Alpi.

Successivamente, la struttura di rocce preesistenti di età varisica, è stata trasportata in blocco verso la placca africana ed incorporata alla catena Appenninico-Maghrebide, in fase di costruzione. Questa evoluzione attiva nel Paleocene e Miocene, ha avuto forti impulsi nel Quaternario ed è ancora attiva. È a questa evoluzione che deve essere attribuita la genesi di importanti discontinuità (faglie e fratture), e la formazione di horst e graben (Graben del Crati, di Paola, di Catanzaro, del Mesima), con la deposizione all'interno di questi ultimi di terreni sedimentari continentali e marini per lo più sabbioso-argillosi e conglomeratici.

Le conseguenze di tale dinamica sono rappresentate, da un lato, dallo sviluppo di elevate energie di rilievo e, quindi, di versanti acclivi e instabili anche a causa del generale decadimento dei caratteri fisici dei terreni e, dall'altro, dalla repentina modifica della circolazione delle masse d'aria, sia di provenienza ionica sia tirrenica, e l'insorgere quindi di condizioni climatiche del tutto peculiari. Sulla base dei dati ad oggi disponibili, l'Arco

Calabro può essere suddiviso in macrozone, separate dalle grandi strutture depressionarie trasversali originatesi a partire dal Plio-Pleistocene :

1. Macrozona Catena Costiera-Sila; Essa è caratterizzata dalla presenza sia di metaofioliti di basso, medio ed alto grado, oggi affioranti dopo una subduzione, sia di lembi del basamento cristallino correlabili alle unità Austroalpine delle Alpi Occidentali. Le forti energie di rilievo e la natura litologica degli affioramenti di questa zona, che comprendono anche argilliti, argilloscisti e filladi, conferiscono un elevato grado di erosione e instabilità che si manifesta con movimenti di massa diffusi e spesso di grandi dimensioni. I corsi d'acqua sono poco evoluti e presentano elevate pendenze dell'alveo: in tali condizioni gli eventi climatici innescano portate di piena molto elevate con forti tassi di erosione nelle zone montane e collinari ed esondazioni e alluvionamenti nelle parti poste alle quote più basse.
2. Macrozona Serre-Aspromonte. La struttura "Serre-Aspromonte" è costituita dal complesso sia granitico sia metamorfico, il primo predominante nel Massiccio delle Serre, il secondo nel Massiccio dell'Aspromonte, anche se limitati affioramenti di entrambe le formazioni si trovano nei due domini. Il Massiccio delle Serre è suddiviso in due unità principali: l'Unità di Polia-Copanello caratterizzata dalla presenza di granitoidi, e l'Unità di Stilo, che può essere suddivisa in due subunità. La prima di tipo granitico e la seconda di tipo metamorfico di basso-medio grado. Il Massiccio dell'Aspromonte, esclusi i lembi dell'Unità di Stilo a Nord, è caratterizzato, prevalentemente, dalla potente Unità del basamento molto antico (Ercinico) formato da rocce metamorfiche di medio-alto grado intruse da rocce granitiche.

In base alle caratteristiche litotecniche e al conseguente comportamento nei confronti dei fenomeni franosi, sono stati raggruppati otto principali gruppi litologici. Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche delle rocce affioranti.

1. Rocce carbonatiche (Unità mesozoiche-paleogeniche). Affiorano prevalentemente nel massiccio del Pollino e sporadicamente nella Catena Costiera Tirrenica e nella Calabria meridionale.
2. Rocce intrusive acide e metamorfiche di alto grado (Unità Alpine, di derivazione continentale, Paleozoico). Costituiscono gran parte del massiccio Silano, delle Serre e dell'Aspromonte. Affiorano localmente anche in Catena Costiera

3. Rocce ofiolitiche di basso, medio ed alto grado di derivazione oceanica, localmente frammiste alle precedenti ed in particolare in aree perimetrali della Sila e nella Catena Costiera.
4. Metamorfiti di basso e medio grado (Unità sia Panormidi che Alpine di derivazione oceanica e continentale, Paleozoico). Si tratta per lo più di argilloscisti, filladi e scisti aventi scarsa resistenza alla degradazione chimica e all'erosione. Affiorano ai margini dell'Altopiano Silano e in parte della Catena Costiera Tirrenica, del massiccio del Pollino, delle Serre e dell'Aspromonte.
5. Depositi prevalentemente torbiditici e a intensa tettonizzazione(Miocene med.- inf.) (Formazione di Stilo Capo D'Orlando, depositi alto-Miocenici, Argille varicolori e Unità argilloso - calcaree). Comprendono le alternanze ritmiche arenaceo-marnose, calcareo-marnose, argilloso-marnose e le argille varicolori. Affiorano diffusamente nella Calabria nord-orientale e lungo il versante ionico delle Serre e dell'Aspromonte.
6. Terreni sedimentari detritici coerenti (Pliocene). Comprendono per lo più unità arenaceo-conglomeratiche che affiorano lungo i margini dell'altopiano Silano, della Catena Costiera, delle Serre e dell'Aspromonte.
7. Terreni sedimentari sciolti (Quaternari). Si tratta di depositi a composizione prevalente da sabbiosa ad argillosa e subordinatamente ghiaiosa. Affiorano localmente sul bordo meridionale del massiccio del Pollino e diffusamente lungo i margini pedemontani e nelle aree di pianura (valle del F. Crati, Stretta di Catanzaro, bacino di Crotona, valle del Mesima, pianure costiere).
8. Gessi e formazioni associate (Miocene superiore e Pliocene). Comprendono gessi, calcari evaporitici, marne e sedimenti silicei, spesso intercalati con argille e sabbie. Affiorano nei bacini di Crotona e Rossano e localmente in sinistra idrografica del F. Crati, tra Amantea e Lamezia Terme, nei pressi di Catanzaro, lungo la costa ionica meridionale.

2.4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO

La cartografia geologica dell'area fa riferimento ai fogli 241 I- NO (Nicastro) e 236 II-SO (Martirano Lombardo) della Carta Geologica della Calabria in scala 1:25000. Le unità che affiorano nella zona fanno parte della Catena Costiera-Sila e dal punto di vista delle litologie affioranti abbiamo tre gruppi litologici presenti all'interno del bacino che sono: metamorfiti di basso e medio grado; terreni sedimentari detritici coerenti; terreni sedimentari sciolti (fig. 19-20).

La quasi totalità del bacino è costituita da una formazione metamorfica, quella degli scisti filladici (*sf*) (Castagna e Bagni Basement Units) che predomina sulle altre formazioni che sono: Scisti verdi, composti da epidoto, clorite e quarzo (*sfe*); Serpentine (*ρ*); Residui di antichi terrazzi fluviali con depositi conglomeratici e sabbiosi (q^{cl-s}); Residui di antichi terrazzi marini (Q^{cl-s}); Depositi continentali (q_c^{s-cl}); Prodotti di soliflussione e di dilavamento, talora misti a materiale alluvionale (*a*); Alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente (*af*).

Scisti filladici grigi (*sf* – Paleozoico)

E' una formazione di basso grado metamorfico con tessitura scistoso-cristallina a composizione prevalentemente pelitica (clorite, sericite e quarzo), alle volte contiene vene di quarzo disposte sia parallelamente al piano di scistosità, sia intersecando lo stesso; occasionalmente le vene di quarzo contengono pirite.

Presenta un elevato grado di debolezza strutturale, dovuto ad un forte grado di fratturazione, discontinuità spaziali e pieghe che favoriscono la disgregazione fisica e l'alterazione chimica sia da parte degli agenti atmosferici che dagli organismi viventi vegetali ed animali. I prodotti di disfacimento di questo tipo di roccia generano una coltre detritica di alterazione di colore rossastro, che assume spessori significativi su tutta l'area esaminata.

Queste rocce hanno un basso grado di permeabilità primaria, ma visto l'alto grado di fratturazione presentano una elevata permeabilità secondaria in concomitanza delle superfici di discontinuità e nelle fratture. Questo duplice comportamento fa sì che la roccia madre inalterata si comporti da substrato per un acquifero e da piano di scollamento, mentre i prodotti di disfacimento sono sede della falda acquifera.

Nell'area di studio e in tutto l'entroterra collinare e montuoso del lametino, la formazione degli scisti filladici grigi, sotto forma di roccia con consistenza litoide, affiora solo in concomitanza di opere di sbancamento effettuate per costruire le reti stradali o manufatti di vario ordine e grado. L'elevato grado di debolezza strutturale di questa formazione fa sì che la

roccia inalterata sia obliterata da una coltre detritica di alterazione spessa diversi metri e con vari spessori, pertanto non si può parlare di una formazione omogenea, ma di diversi litotipi che vanno dai sabbioni di disfacimento, alle cataclasiti, ai corpi rocciosi mediamente fratturati fino a quelli integri.

Scisti verdi (*sfe*)

Questi scisti verdi sono composti essenzialmente da epidoto, clorite e quarzo, si trovano intercalati negli scisti filladici associati assieme alle intrusioni di serpentine. La loro resistenza all'erosione risulta migliore di quella degli scisti filladici in quanto sono in genere meno fratturati e disgregati. Anche in questo caso la permeabilità della roccia integra è bassa, ma aumenta con l'aumentare della fratturazione.

Serpentine (ρ)

Di colore verde scuro, queste rocce si trovano associate agli scisti verdi e associate localmente agli scisti filladici. Presentano come le rocce sopra descritte, un'intensa fratturazione e per questo risultano essere molto permeabili.

Antichi terrazzi marini (Q^{cl-s} - *Pleistocene*)

Depositi conglomeratici e sabbiosi, bruno rossastri, di terrazzo marino. Non fossiliferi. Questi conglomerati sono composti da ciottoli arrotondati e subangolari di rocce metamorfiche e quarzo. Sono in genere poco consolidati e facilmente disgregabili. Presentano una permeabilità elevata.

Antichi terrazzi fluviali (q^{cl-s} - *Pleistocene*)

Conglomerati e sabbie bruno rossastri di origine continentale. I conglomerati sono composti da ciottoli arrotondati e subangolari di rocce metamorfiche. Non fossiliferi. Le caratteristiche geotecniche di questi depositi sono simili a quelle riscontrabili nell'unità Q^{cl-s} .

Depositi continentali (q_c^{s-cl} - *Pleistocene*)

Depositi di antiche conoidi di deiezione, male selezionati e bruno rossastri, costituiti da sabbie micacee e conglomerati con ciottoli, da sub angolari ad arrotondati , di rocce metamorfiche. Le caratteristiche geotecniche di questi depositi sono simili a quelle riscontrabili nell'unità Q^{cl-s} .

Antiche superfici di erosione ($sf^{(q)}$ – *Pleistocene*)

Queste superfici di erosione, probabilmente quaternarie, si trovano sugli scisti filladici e sono composte da sottili e sporadiche coperture di materiale di dilavamento e suoli rossastri. Le rocce affioranti sulla superficie presentano una colorazione rossastra e sono in parte degradate.

Prodotti di soliflussione e di dilavamento (*a* - *Olocene*)

Sono prodotti di dilavamento talora misti a materiale alluvionale.

Legenda



Figura 19 - Legenda della carta Litogeologica.

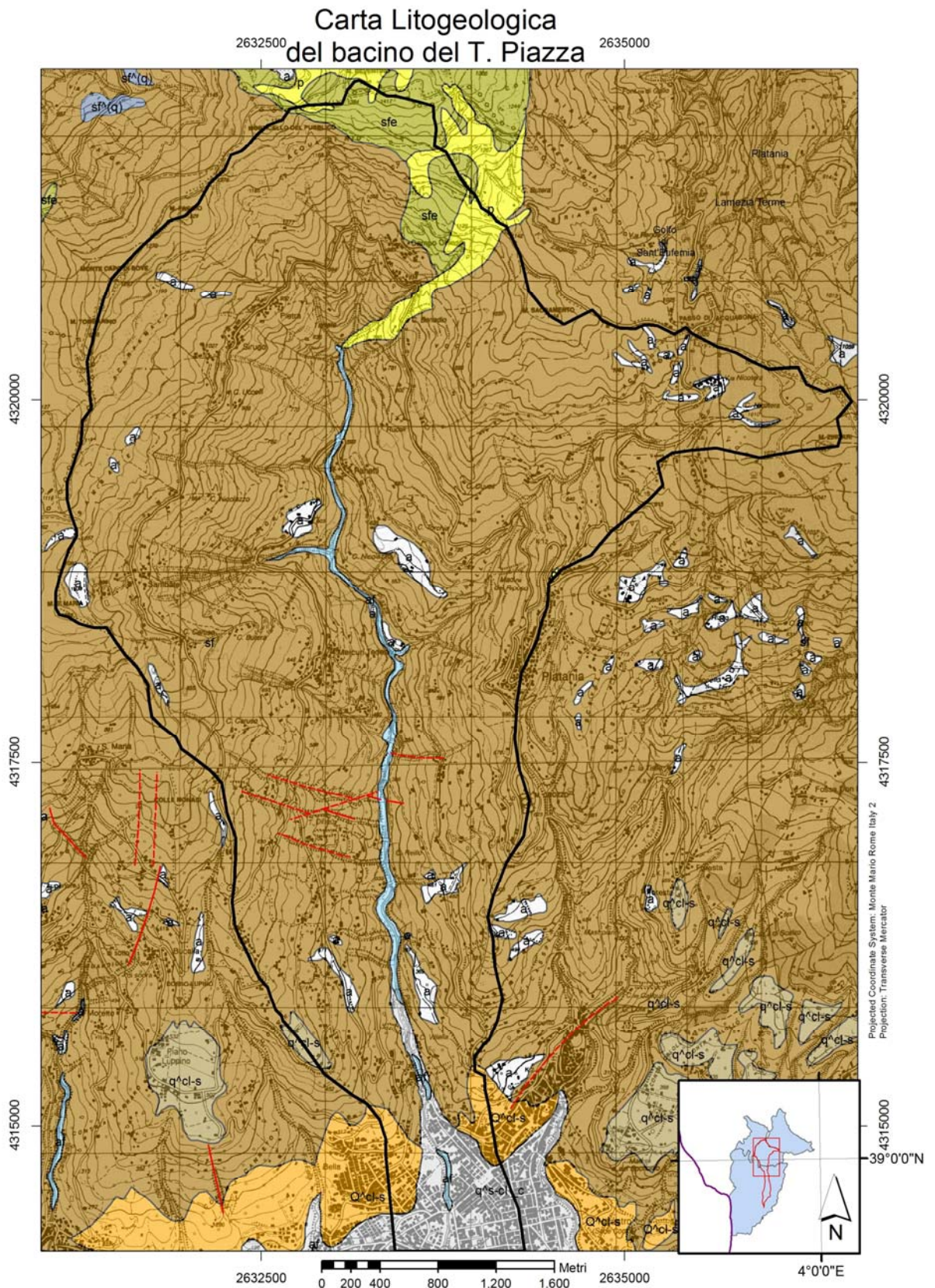


Figura 20 - Carta Litogeologica dell'area di indagine estratta dalle carte Nicastro 241 I NO sezione A e Martirano Lombardo 236 II SO sezione B della Carta Geologica della Calabria (scala 1:25'000).

3 CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE DEI VERSANTI

3.1 INTRODUZIONE

L'instabilità dei versanti è dovuta alla presenza concomitante di diversi fattori che, in vario modo e con pesi diversi, destabilizzano l'area e causano così la genesi dei fenomeni gravitativi. Le cause scatenanti in genere vengono distinte in cause preparatorie (predisponenti) e cause immediate (determinanti) (Castiglioni, 1979). Le cause predisponenti coincidono con fattori che si rifanno direttamente alla natura stessa dei materiali, come le caratteristiche litologiche, strutturali, tessiturali e giaciture dei materiali che costituiscono il pendio. Le cause determinanti invece sono quelle che agiscono sulla stabilità del pendio e che ne innescano il movimento pur non essendo direttamente legate alla natura delle rocce, come ad esempio le precipitazioni, che sono la causa scatenante della maggior parte dei movimenti di versante.

Lo scopo di questa parte del lavoro di tesi è quello di valutare la pericolosità geomorfologica e idraulica del bacino nonché il suo grado di omogeneità tramite la realizzazione di una carta dell'instabilità potenziale dei versanti, che tenga conto dei fattori predisponenti al dissesto. Per raggiungere questo obiettivo sono state utilizzate delle metodologie di zonazione basate sul calcolo statistico. Partendo dalle cause si vuole valutare la pericolosità idrogeologica, per quanto concerne i fenomeni franosi superficiali, intesa come una probabilità di accadimento riferita ad una certa area, non definita nel tempo, definibile come propensione al dissesto.

3.2 ANALISI SEMI-CONDIZIONALE

Le metodologie di zonazione relative alla stabilità dei versanti si distinguono in metodi diretti e indiretti (Carrara *et Al.*, 1995). I primi sono quelli che si basano sull'osservazione diretta (da qui il nome) dell'area da parte dell'osservatore, che in base a valutazioni soggettive identifica i dissesti e ne rileva la tipologia, l'età, lo stato di attività e procede quindi ad identificare le aree che più probabilmente si prestano maggiormente ai fenomeni gravitativi (Verstappen, 1983; Hansen *et Al.*, 1995). In questo tipo di analisi la qualità dei dati dipendono direttamente dall'esperienza e dai criteri adottati dal rilevatore.

I metodi indiretti si basano su due approcci diversi : un approccio euristico in cui i fattori vengono pesati e classificati sulla base della loro presunta capacità di innescare l'evento; un approccio statistico (o probabilistico) nel quale ogni fattore viene stimato in base alla sua distribuzione statistica passata e presente all'interno dell'evento (Noti, 1997). Tra i metodi

statistici sono state sperimentate varie metodologie, tra cui le tecniche di analisi statistica multivariata (Carrara, 1983, 1989; Carrara *et Al.*, 1991, 1992, 1995; Clerici & Dall'Olio, 1995; Guazzetti, 1993; Mark & Ellen, 1995) e quelli di analisi condizionale (Chung *et Al.*, 1995; Clerici *et Al.*, 1993, 2002; Van Western, 1993; Yin & Yan, 1988).

In questo lavoro di tesi è stata usata una metodologia che è un misto tra i metodi diretti e i metodi indiretti. L'uso di metodi diretti semi-condizionali si è reso necessario per via delle caratteristiche litotecniche delle unità affioranti nell'area. Infatti la scarsa differenziazione delle litologie renderebbe poco significativo uno studio dell'area basato sulle tecniche di analisi statistica multivariata o su quelle dell'analisi condizionale. D'altro canto la semplice analisi diretta dei fenomeni che causano i dissesti avrebbe portato ad una elaborazione troppo soggettiva e limitata delle condizioni dell'area. Si è quindi ritenuto necessario integrare l'analisi diretta con l'applicazione di tecniche dell'analisi condizionale.

Si è pertanto proceduto ad effettuare una zonazione del territorio in livelli diversificati di propensione al dissesto, basando la valutazione della suscettibilità di frana sulla Carta inventario dei fenomeni franosi, integrata dalle stime dei fattori predisponenti al dissesto legati alle condizioni geologiche, geomorfologiche e climatiche dell'area. Per la zonazione del territorio è stata applicata l'analisi statistica condizionale alle Unità di Condizioni Uniche (UCU).

La scelta delle Unità di Condizioni Uniche implica la classificazione dei fattori predisponenti in un numero limitato di classi. Per ciascun fattore predisponente si ottiene così una carta tematica, o *layer*. La sovrapposizione dei diversi *layers*, ottenuta in ambiente GIS, applicando tecniche di analisi spaziale unitamente all'algebra di mappa, porta alla definizione dei domini omogenei (UCU), caratterizzati da combinazioni uniche delle classi in cui i fattori sono stati suddivisi. Il numero e la dimensione delle unità ricavabili dipende essenzialmente dal criterio utilizzato nella riduzione in classi dei diversi fattori. Infine, calcolando la Densità di Dissesto (DD% o indice di frana) in ciascuna UCU (rapporto percentuale tra l'area in frana in ciascuna UCU e l'area della UCU) è stato possibile effettuare un primo tentativo di valutazione del grado di propensione al dissesto del territorio, secondo quanto espresso dal teorema di Bayes (Morgan, 1968) secondo cui la frequenza di un evento equivale alla probabilità che questo si verifichi. Infatti dal punto di vista formale, la probabilità condizionata è data da: $P(f | UCU) = \text{area in frana} / \text{area UCU}$, dove $P(f | UCU)$ rappresenta la probabilità (P) di frana (f) data una certa combinazione dei fattori predisponenti (UCU).

In base a questi studi è stato possibile effettuare la zonazione dei versanti che è avvenuta per fasi successive (Federici *et Al*, 2005):

- Acquisizione della cartografia di base, geologica, geomorfologica e litologico-tecnica e del DEM (o DTM);
- Vettorializzazione della cartografia di base;
- Realizzazione delle carte tematiche: Carta inventario dei fenomeni franosi, (estratta dalle carte realizzate dal P.A.I. Calabria), Carta dell'uso del suolo (ricavata dai dati del progetto Corine Land Cover), Carta litologica tecnica, Carta dell'esposizione dei versanti e Carta delle Acclività.
- Elaborazione dei tematismi mediante l'uso di software GIS (*Geographic Information System*) e tecniche statistiche;
- Sovrapposizione (overlay) e confronto dei tematismi attraverso software GIS;
- Suddivisione del territorio in aree con diversa propensione al dissesto e redazione della relativa carta.

3.3 CARTE TEMATICHE

Al fine di valutare la propensione all'instabilità dei versanti sono stati creati e usati cinque livelli informativi (Layer), ognuno dei quali è rappresentativo di un certo tipo di fattore reputato predisponente al dissesto, senza di questi non sarebbe stato possibile applicare l'analisi statistica di tipo condizionale (Soeters & van Westen, 1996). I layers usati sono:

- Carta inventario dei fenomeni franosi
- Carta delle acclività
- Carta litologico-tecnica
- Carta dell'uso del suolo
- Carta dell'esposizione dei versanti

Sono stati scelti questi livelli informativi in quanto ritenuti validi fattori predisponenti al dissesto; anche la distanza dalle faglie sarebbe stata un valido strumento di indagine, ma purtroppo la difficile interpretazione delle superfici di faglia, obliterate da diversi metri di detrito, ha reso inutilizzabile l'uso di questo layer. Alla scelta di questi layers (opportunamente suddivisi in classi o categorie) è seguita la l'operazione di sovrapposizione in ambiente GIS delle varie carte in modo da calcolare l'indice di frana per ciascuna classe o categoria (rapporto tra la percentuale dell'area in frana in una classe e l'area della classe stessa). In questo modo è stato possibile giungere ad una valutazione di tipo semi-quantitativo

dell'importanza relativa di ciascun fattore e categoria riguardo l'instabilità dei versanti (Falaschi & Giacomelli, 2007).

3.3.1 Carta inventario dei fenomeni franosi

La carta inventario dei fenomeni franosi riporta i dissesti rilevati nell'area. Per la realizzazione di questa carta è stata utilizzata come base la carta inventario delle frane realizzata nel 2001 dall'Autorità di Bacino della Regione Calabria, integrata, dove possibile, dal rilevamento originale. Tutte le frane sono state riportate come elementi poligonali in ambiente GIS, creando un apposito database per distinguere le tipologie di movimento e le caratteristiche delle aree di frana. Nel calcolo delle aree in frana sono state considerate le frane superficiali e profonde, con stato di attività sia quiescente che attivo e con tipo di movimenti complessi e di scorrimento. Sono state escluse dal computo le deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV) in quanto non in linea con gli obiettivi fissati per questa tesi. Sono state invece considerate tra i fenomeni gravitativi anche alcuni detriti di frana considerati suscettibili di eventuali future movimentazioni. Per la superficie totale dell'area è stata presa in considerazione solo la parte superiore del bacino, corrispondente al corso superiore del Torrente Piazza, in quanto è solo questa l'area del bacino interessata dai dissesti derivanti dalle frane. La superficie totale dell'area è 19.085.871,11 m², mentre la superficie in frana è di 3.958.349,76 m².

Tramite l'uso di software GIS è stato possibile dividere l'area in celle (o pixel) di 100 m²; ogni cella costituisce una unità di condizioni uniche (UCU) detta anche unità di mappa, ognuna delle quali rappresenta un dominio omogeneo, cioè una porzione di territorio che contiene un set di parametri tale da differenziare tale area da quelle adiacenti, attraverso confini ben definiti (Hansen, 1984). Ad ogni cella è stato assegnato un valore identificativo (Id), di 1 o 0 a seconda che nella cella vi fossero presenti aree in frana o meno, con il risultato di 151255 unità di mappa (UCU) con assenza di frane e 39600 UCU con frane (fig. 21e 22).

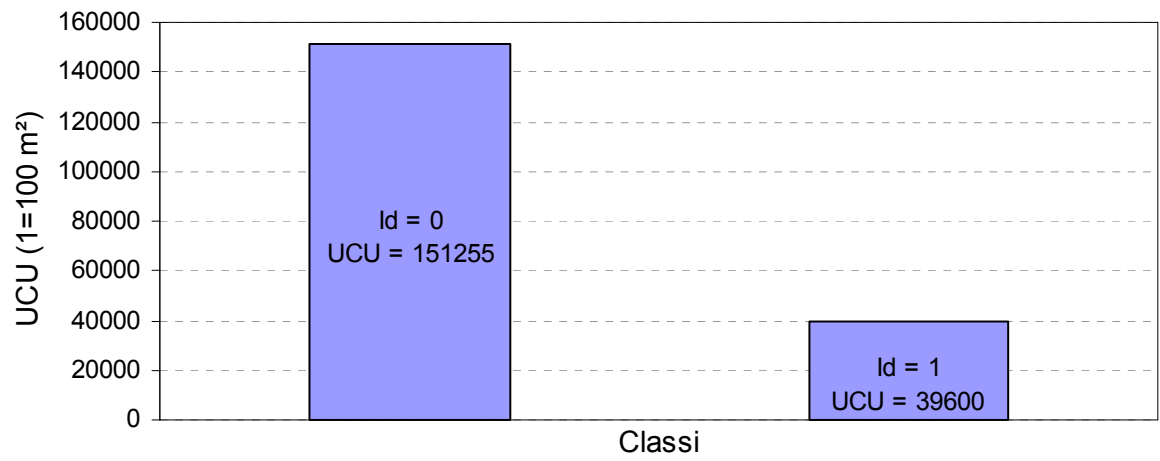


Figura 21 - Unità di mappa. Con Id = 0 sono rappresentate le aree con assenza di frane, con Id = 1 le aree interessate da frane.

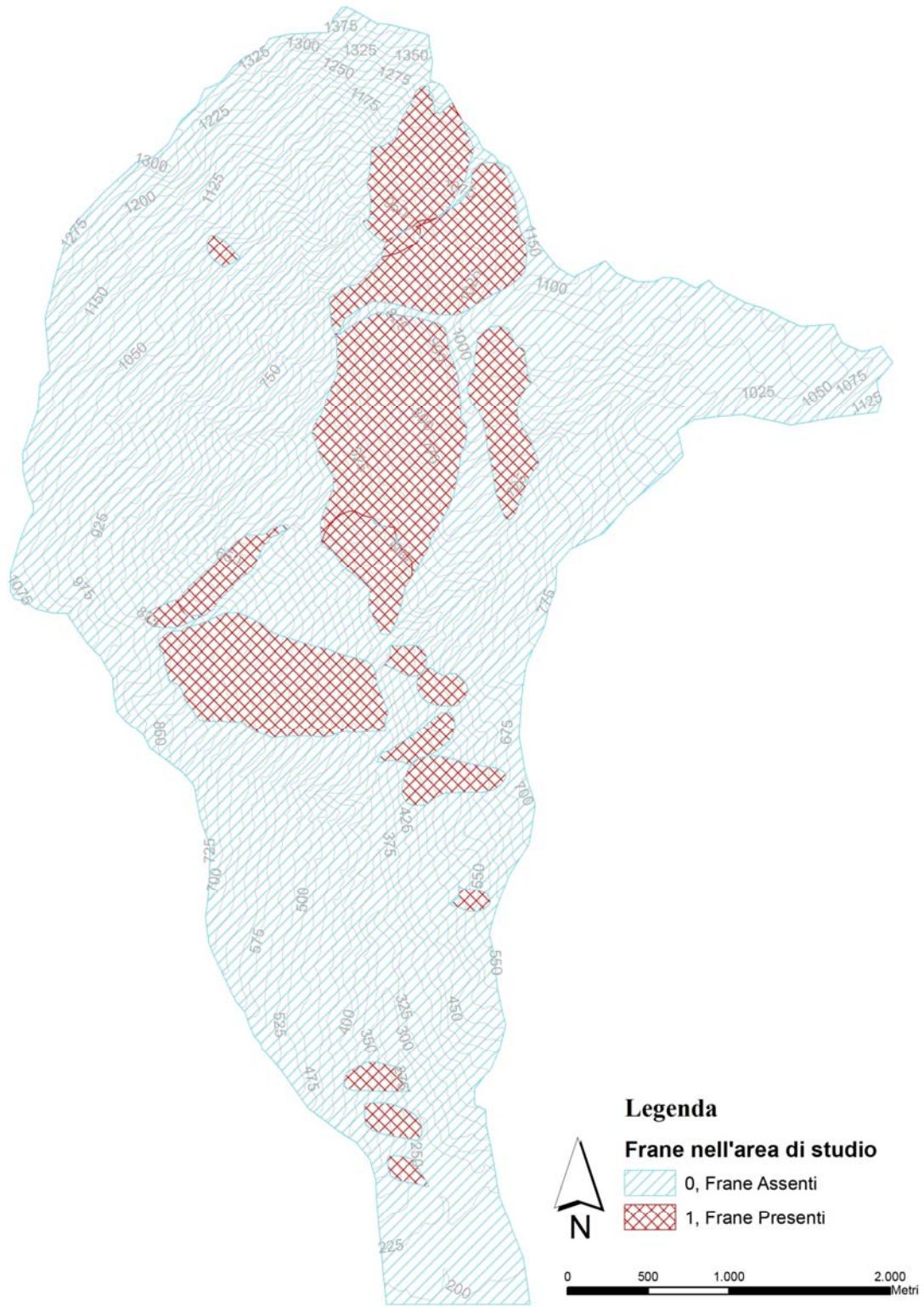


Figura 22 - Carta Inventario delle Frane nel bacino del Torrente Piazza.

3.3.2 Carta delle acclività

La carta delle acclività è stata ricavata dal modello altimetrico digitale (DEM o DTM) con passo di 5 metri acquistato presso il Centro Cartografico della Calabria e fornito sotto forma di sessanta files in formato DXF (formato nativo Autocad™). I files sono stati in seguito importati in formato shape file (formato nativo ESRI™) e dopo diverse procedure di analisi e trasformazioni in ambiente GIS, da questi dati è stato costruito il layer TIN, con un passo di campionamento di 10 metri. Da questo modello tridimensionale è stata ricavata la carta delle acclività, passando così da dati di tipo vettoriali a dati di tipo raster. Ogni unità di mappa (UCU) di questa carta è formata da un quadrato con lato pari a 10 m, con acclività che vanno da 0° a 72° divise in nove classi. Successivamente è stata apportata una riduzione del numero di classi, che sono passate da 9 a 4. La scelta di una riduzione di classi è stata dettata dalla necessità di rendere più rappresentative le stesse. Infatti la prima suddivisione fatta di default dal programma di analisi è risultata poco significativa, secondo Chung *et Al.* (1995) la numerosità delle variabili non deve essere né troppo alta, né di contro troppo bassa per evitare il rischio di incorrere in valutazioni statistiche scarsamente significative. Per la suddivisione delle nuove classi è stato usato il comando Natural Breaks presente nel programma ArcMap della ESRI, che è un metodo che determina statisticamente le classi in base alle differenze nelle caratteristiche e nei valori dei dati. Le classi di Acclività che sono risultate dal calcolo sono:

- Classe 1: da 0° a 10°, con 22360 UCU
- Classe 2: da 10° a 20°, con 70481 UCU
- Classe 3: da 20° a 30°, con 69695 UCU
- Classe 4. da 30° a 72°, con 28319 UCU.

Id Classe	Acclività	UCU	DD (%)
10	0° - 10°	22360	8,9
20	10° - 20°	70481	20,9
30	20° - 30°	69695	23,3
40	30° - 72	28319	23,5

Tabella 11 - Valori di DD % e UCU per le classi di acclività.

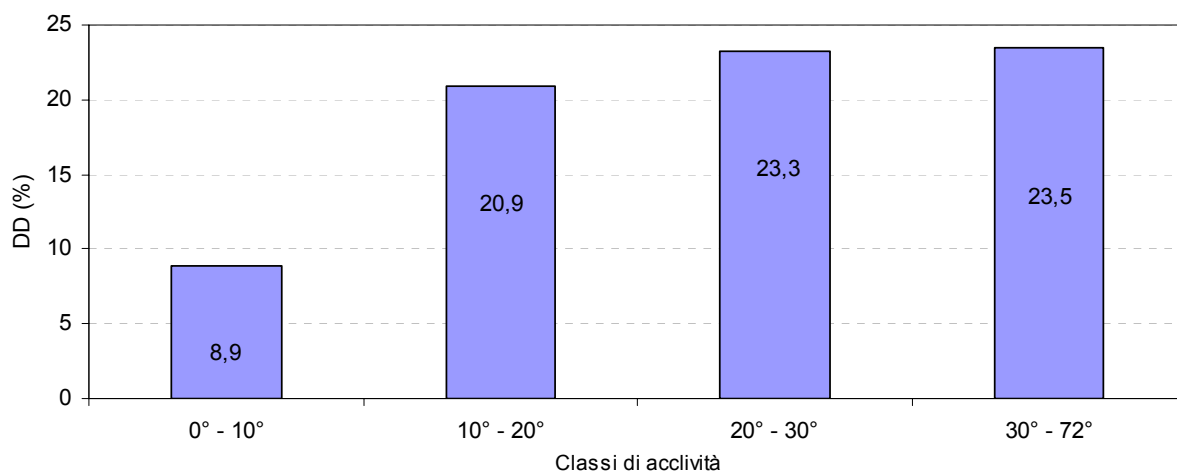


Figura 23: Valori di densità di dissesto per le classi di acclività.

La classe con la minor densità di dissesto è quella che comprende le acclività che vanno da 0° a 10° con nulla o bassa acclività e che presenta una densità di dissesto pari all'8,9 %. Le altre tre classi hanno valori percentuali simili, soprattutto le classi che vanno dai 20° ai 30° e dai 30° ai 72° che hanno valori di DD% pari a 23,3 % e 23,5%.

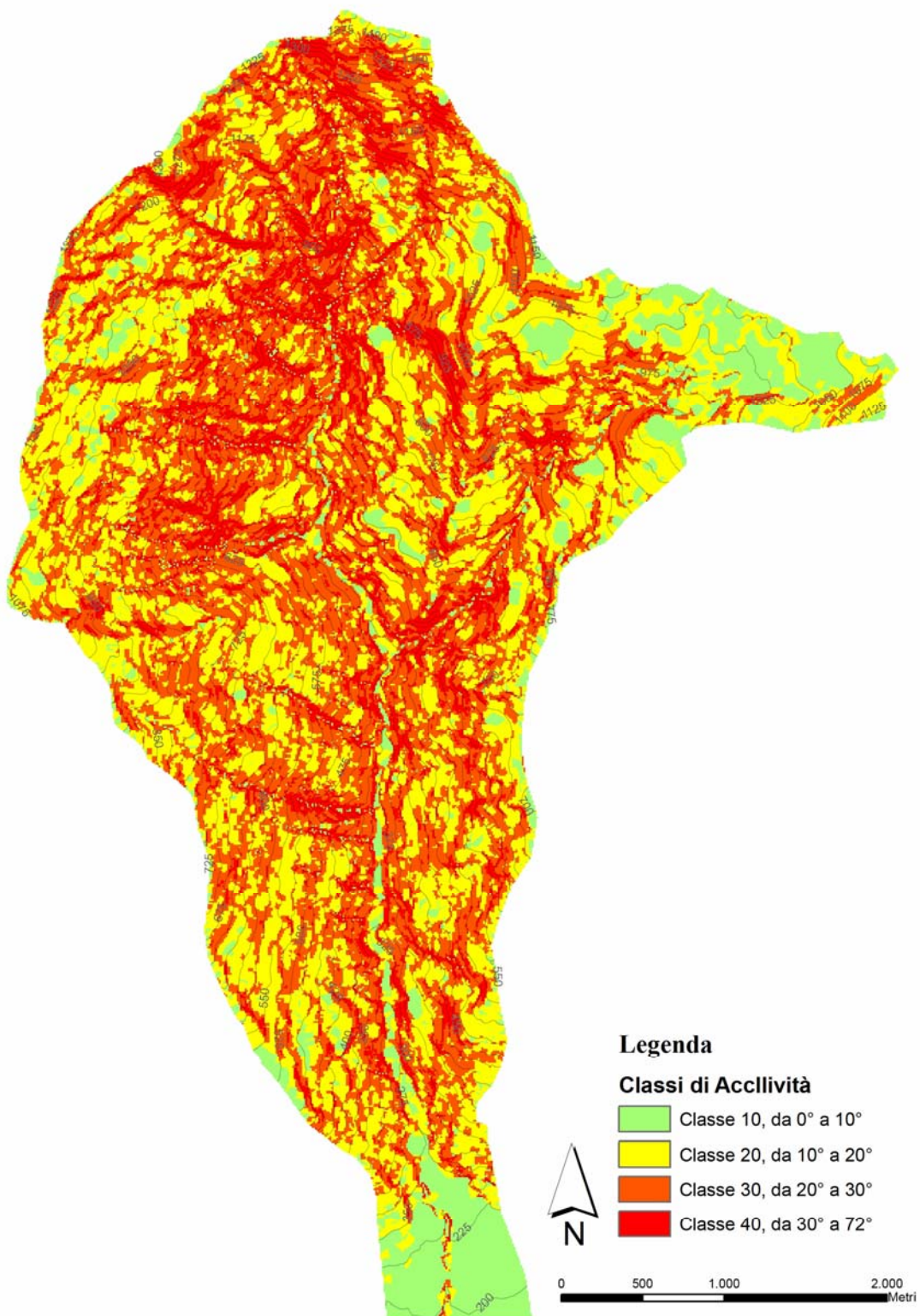


Figura 24 - Carta delle Acclività del bacino del Torrente Piazza.

3.3.3 Carta litologico-tecnica

Questa carta rappresenta le classi litotecniche presenti nell'area. La stabilità dei pendii infatti è strettamente legata alle caratteristiche tecniche e meccaniche del substrato roccioso e dei terreni di copertura. Ogni unità di mappa è rappresentata da una cella di dimensioni 10 x 10 metri. Le classi sono state considerate in base alle caratteristiche meccaniche dei materiali, e in base a ciò l'area è stata suddivisa in cinque classi:

- Classe 1 – Scisti Filladici (questa classe comprende gli scisti filladici e i prodotti di soliflussione).
- Classe 2 – Scisti verdi.
- Classe 3 – Serpentine.
- Classe 4 – Alluvioni.
- Classe 5 – Terrazzi e depositi (comprende gli antichi terrazzi marini e fluviali che insistono sugli scisti filladici, e i depositi continentali).

Id classe	Classe	UCU	DD%
100	Scisti filladici	174103	21,1
200	Scisti verdi	2634	0,0
300	Serpentine	3004	78,0
400	Alluvioni	2437	13,0
500	Terrazzi marini, fluviali e depositi continentali	8677	2,5

Tabella 12 - Valori di DD% e UCU per le classi litotecniche.

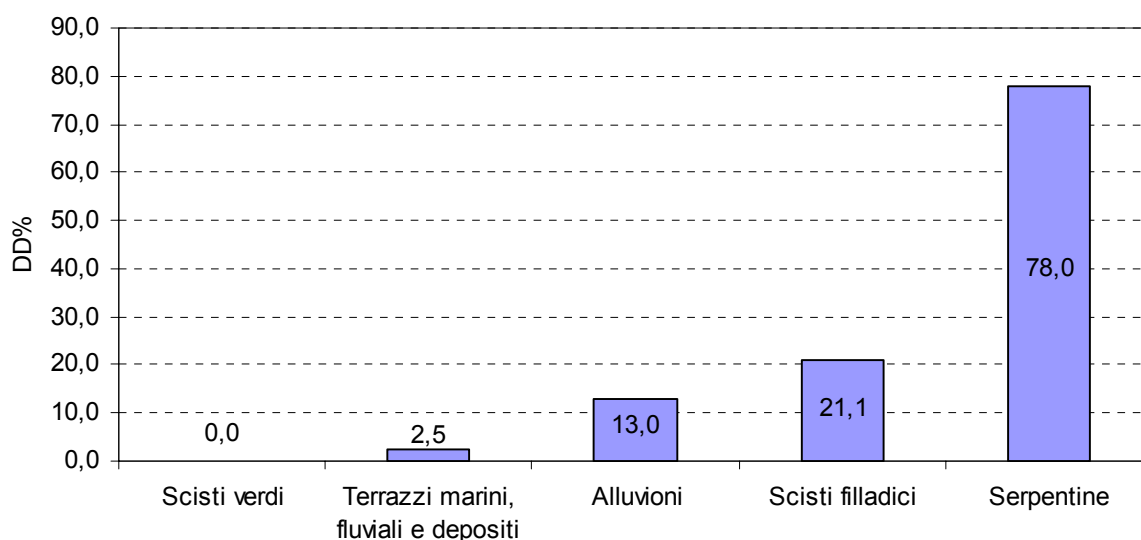


Figura 25 - Classi litotecniche e i relativi valori di densità di dissesto (DD%).

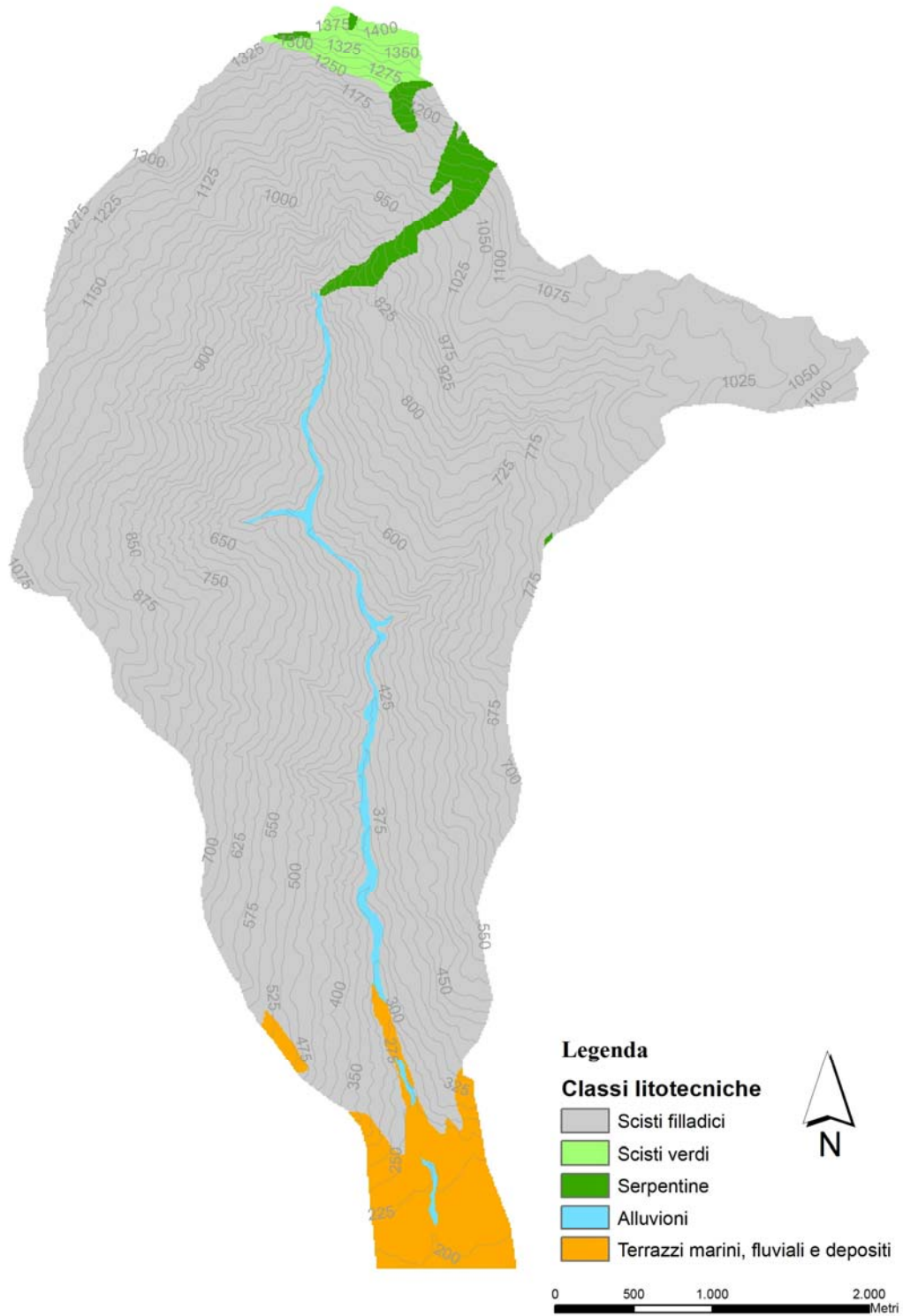


Figura 26 - Carta delle classi litotecniche nel bacino del Torrente Piazza.

3.3.4 Carta dell'uso del suolo

La carta dell'uso del suolo è stata costruita sulla base dei dati forniti dalla Regione Calabria e basati sul progetto Corine Land Cover. Come per tutte le carte, anche in questa, ogni unità di mappa corrisponde ad un quadrato con 10 metri di lato.

Nell'area sono presenti nove classi differenti, ognuna delle quali rappresenta un tipo di uso del suolo. Tre unità non presentano alcuna unità di mappa in frana e hanno quindi una densità di dissesto da frana pari a zero (tabella 13 e figura 27), queste classi sono:

- Classe 9000: Tessuto urbano continuo, che corrisponde all'abitato di Nicastro.
- Classe 6000: Seminativi in aree non irrigue.
- Classe 4000: Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione.

Id Classe	Classi	UCU	DD (%)
1000	Boschi di latifoglie	32927	40,0
2000	Uliveti	11285	13,7
3000	Boschi di conifere	3260	1,9
4000	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	3465	0,0
5000	Culture annuali associate e colture permanenti	80540	26,5
6000	Seminativi in aree non irrigue	2834	0,0
7000	Frutteti e frutti minori	25059	2,1
8000	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie, con spazi naturali.	24538	14,7
9000	Tessuto urbano continuo	6947	0,0

Tabella 13 - Valori di dissesto (DD %) e numero di unità di condizioni uniche per le relative 9 classi di uso del suolo presenti nell'area del bacino del Torrente Piazza.

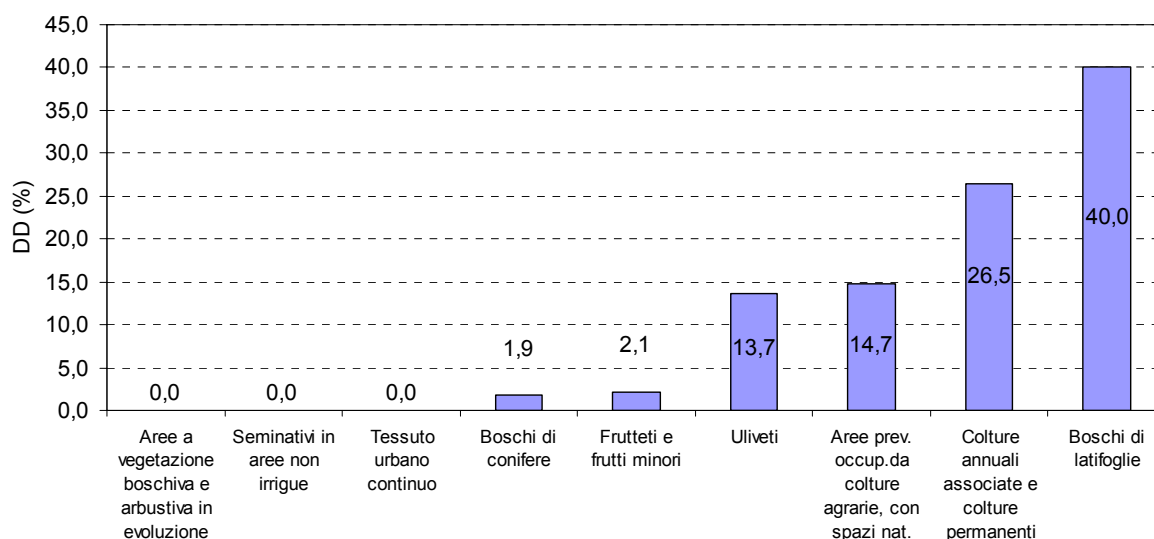


Figura 27 - Classi dell'uso del suolo e relative densità di dissesto presenti nel bacino del T. Piazza.

Visti i risultati delle prime analisi e per comodità di calcolo, sono state accorpate alcune classi simili, cosicché è stato possibile ridurre da 9 a 5 le classi di uso del suolo. Gli accorpamenti hanno riguardato le seguenti classi:

- Classi 4000, 6000 e 9000, con DD% pari a zero, e che sono diventate la nuova classe 4000;
- Classi 2000 (uliveti) e 8000 (aree prevalentemente occupate da colture agrarie, con spazi naturali.) che hanno DD % simili (13,7% e 14,7%) e che sono diventate la nuova classe 2000;
- Classi 3000 (boschi di conifere) e 7000 (frutteti e frutti minori) che hanno DD % pari a 1,9 e 2,1 e che sono state riclassificate come 3000.

Le altre classi sono rimaste invariate. Nella tabella 14 sono riportate le nuove classi e le relative Unità di Condizioni Uniche e Densità di Dissesto.

Id Classi	Classi	UCU	DD (%)
1000	Boschi di latifoglie	32927	40,0
2000	Uliveti e colture agrarie	35823	12,5
3000	Boschi di conifere, frutteti e frutti minori	28319	1,9
4000	Tessuto Urbano, Seminativi, boschi e arbusti	13246	0,0
5000	Colture annuali associate e colture permanenti	80540	2,1

Tabella 14 - Valori di Densità di Dissesto (DD %) all'interno delle classi di uso del suolo dopo la riclassificazione.

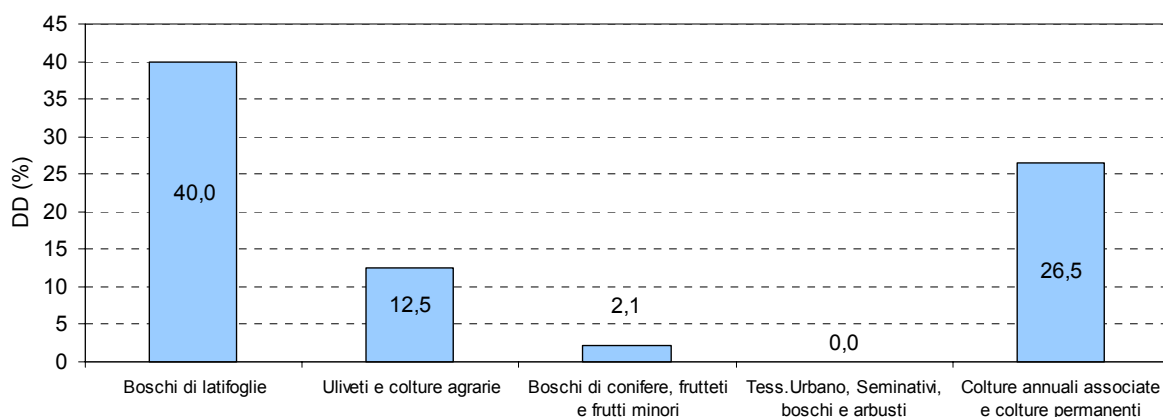


Figura 28 - Classi dell'uso del suolo e relative densità di dissesto dopo la riclassificazione.

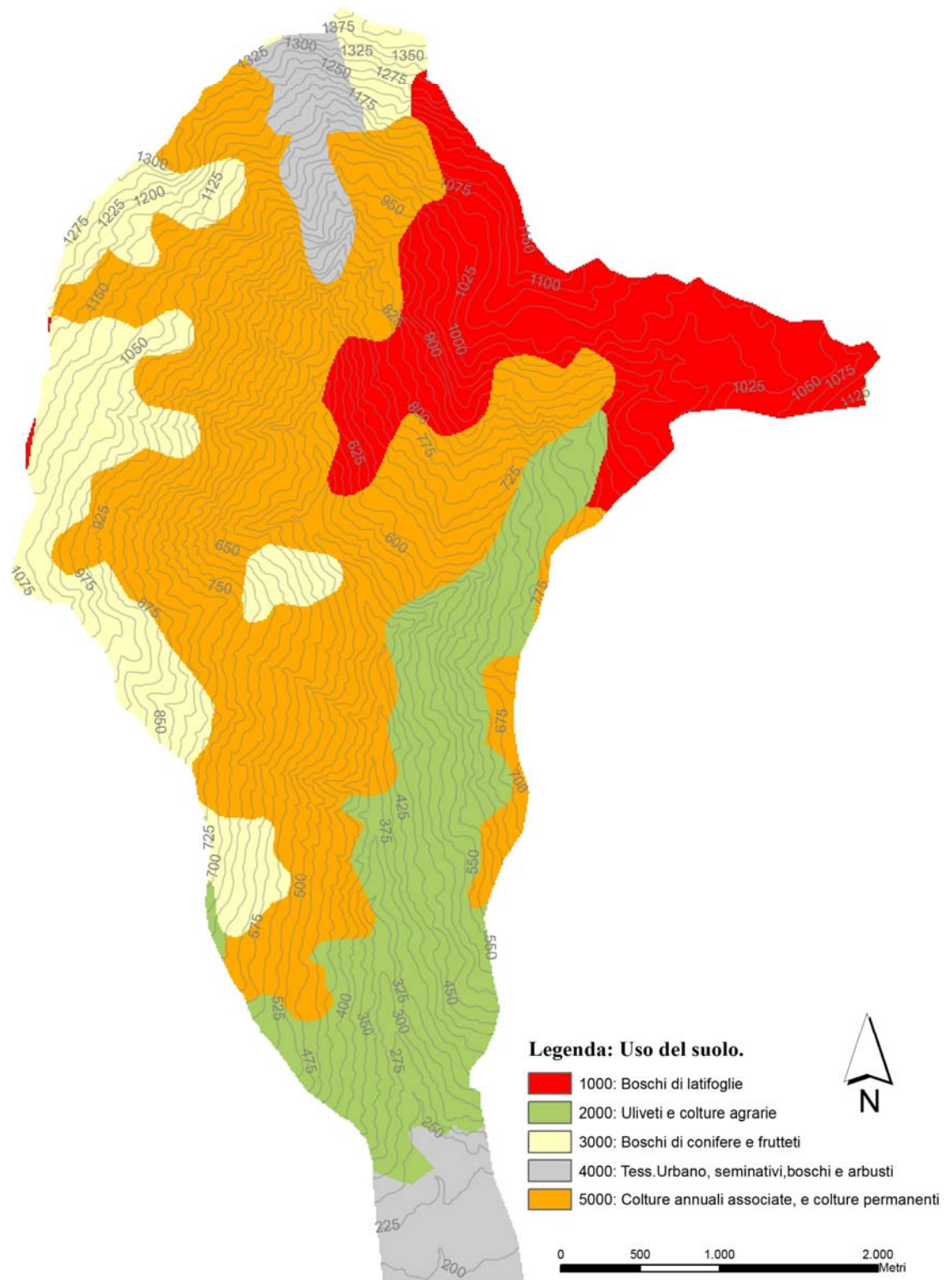


Figura 29 - Carta dell'uso del suolo nel bacino del T. Piazza.

3.3.5 Carta dell'esposizione dei versanti

La geometria del bacino è molto semplice, l'asta fluviale principale ha direzione Nord – Sud, l'acclività del bacino aumenta andando da Sud verso Nord e così anche le precipitazioni, che aumentano con la quota, mentre i versanti sono essenzialmente esposti ad Est ed ad Ovest, pertanto, fin dalle prime fasi, è stato deciso di dividere il bacino in due domini principali. La prima classe è stata denominata Est e classificata con Id = 10000, e le sono stati attribuiti tutti i valori compresi tra 0° e 180°. La seconda, chiamata Ovest e con Id = 20000, ha valori compresi tra 180° e 360°.

Id Classe	Classe	UCU	DD%
10000	0° - 180° (Est)	113970	11,9
20000	180° - 360° (Ovest)	76420	34,0

Tabella 15: Valori di densità del dissesto nelle due classi di esposizione.

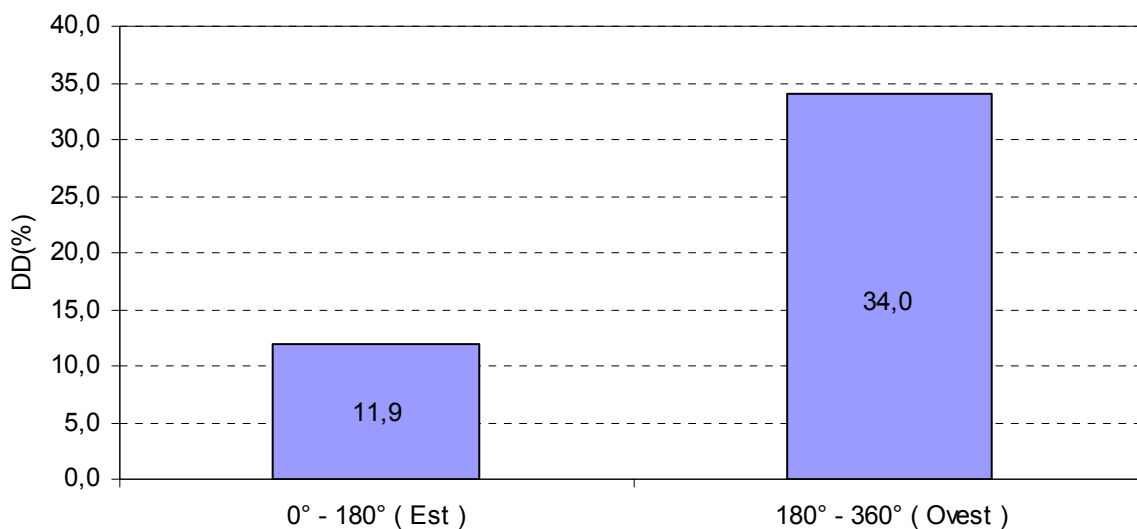


Figura 30 – Classi di esposizioni dei versanti e relativi valori di Densità di Dissesto(DD %).

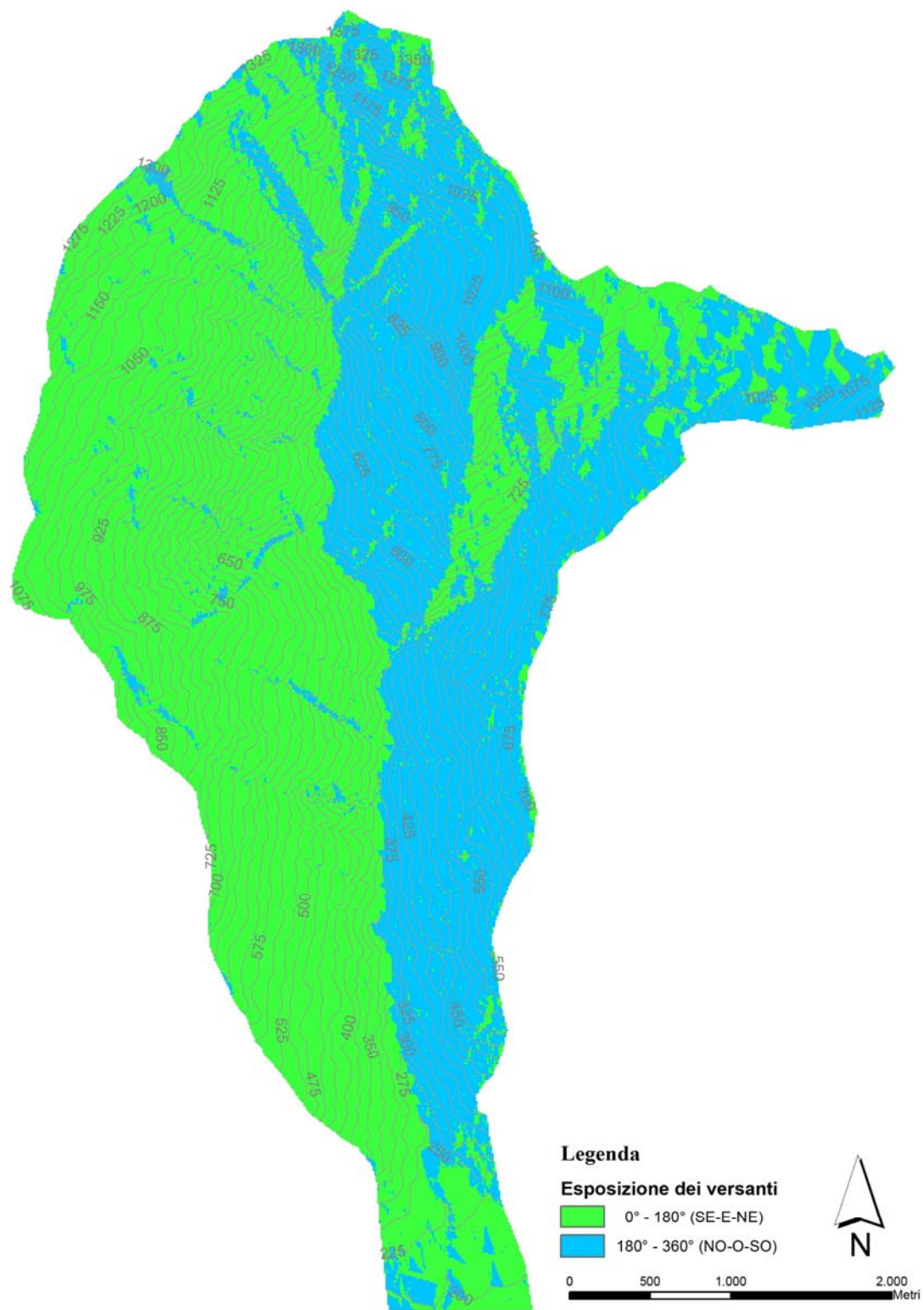


Figura 31 - Carta dell'esposizione dei versanti nel bacino del T. Piazza.

3.3.6 Carta dell'instabilità potenziale

Dalla Carta delle Acclività si osserva che la classe con il minor numero di aree coinvolte nei fenomeni gravitativi è quella che presenta valori compresi tra 0° e 10° con una percentuale di unità in frana pari a 8,6 %. Tra i 10° e 20° si ha una percentuale di densità di dissesto pari al 20,3 %. Mentre per i valori di acclività superiori ai 20° fino ad arrivare ai 72° la densità di dissesto ha valori sostanzialmente simili che si aggirano tra il 23,3 % e il 23,5 %. Si può pertanto affermare che è possibile discriminare le classi di acclività in due famiglie con diversa propensione al dissesto. La prima è quella che comprende i valori tra 0° e 10° con propensione al dissesto bassa, e la seconda comprende tutti i valori superiori a 10° e che presentano un'alta propensione al dissesto.

Dalle classi litologiche si osserva che quella delle Serpentine (*p*) ha una densità di dissesto pari al 78,0% ed è quindi la litologia con la più alta propensione al dissesto da frana, seguita dagli Scisti Filladici (*sf*) con DD% pari a 23,1, dai depositi alluvionali (*af*) con il 13 % e dai depositi Pleistocenici di origine marina, fluviale e continentale con DD% = a 2,5 %. Nessun unità di dissesto fa riferimento agli Scisti Verdi (*sfe*).

Dai dati relativi alla copertura del suolo, le aree occupate da boschi a latifoglie presentano una densità di dissesto pari al 40,0%, le aree occupate da colture annuali e da colture permanenti hanno valori di DD% pari al 26,5%, il 12,5 % compete agli uliveti e alle colture agrarie, mentre si ha solo il 2,1 % nelle aree occupate dai frutteti e da boschi a conifere.

Una sostanziale differenza si può notare tra i versanti esposti ad Est e quelli a Ovest, dove i primi presentano una densità di dissesto pari al 35,9 % mentre i secondi del 13,8 %.

Riassumendo, le classi con la più alta propensione al dissesto sono quelle occupate dalle Serpentine e dagli Scisti Filladici per via del loro intenso stato di fratturazione, i boschi a latifoglie e le colture annuali sono risultate essere le coperture vegetali che meno si prestano a contrastare l'azione erosiva degli agenti atmosferici e quella gravitativa che interessa le coperture detritiche, per quanto riguarda l'esposizione dei versanti, le aree esposte ad Est risultano essere più vulnerabili al dissesto da frana. Per quanto riguarda l'acclività dei versanti solo le aree con acclività inferiore ai 10° sembrano essere sostanzialmente poco vulnerabili.

In base a queste considerazioni è stata costruita una carta dell'instabilità potenziale del bacino del T. Piazza (fig. 32) dove le aree del bacino sono state distinte in:

1. Aree instabili ad alta pericolosità, comprendenti: frane attive e frane quiescenti,
2. Aree con instabilità potenziale elevata per caratteristiche morfologiche e litologiche: comprendono tutte quelle aree che pur non essendo in frana, presentano una concomitanza di elementi prevalentemente di natura morfologica e litologica, che

inducono ad valutazione ragionevole su una loro predisposizione al dissesto e al fenomeno franoso.

3. Aree instabili per grandi movimenti di massa e deformazione gravitativa profonda.
4. Aree di media stabilità e aree stabili: sono quelle aree che presentano sporadici indizi di instabilità o con assenza di frane attive e quiescenti. Queste aree rappresentano zone a bassa pericolosità.

Dalla carta dell'instabilità potenziale risulta essere presente in tutto il bacino un rischio frana pressoché omogeneo ed elevato sul tutto il territorio, ad esclusione di poche aree che riguardano le zone con acclività inferiori ai 10° e quelle dove affiorano gli scisti verdi.

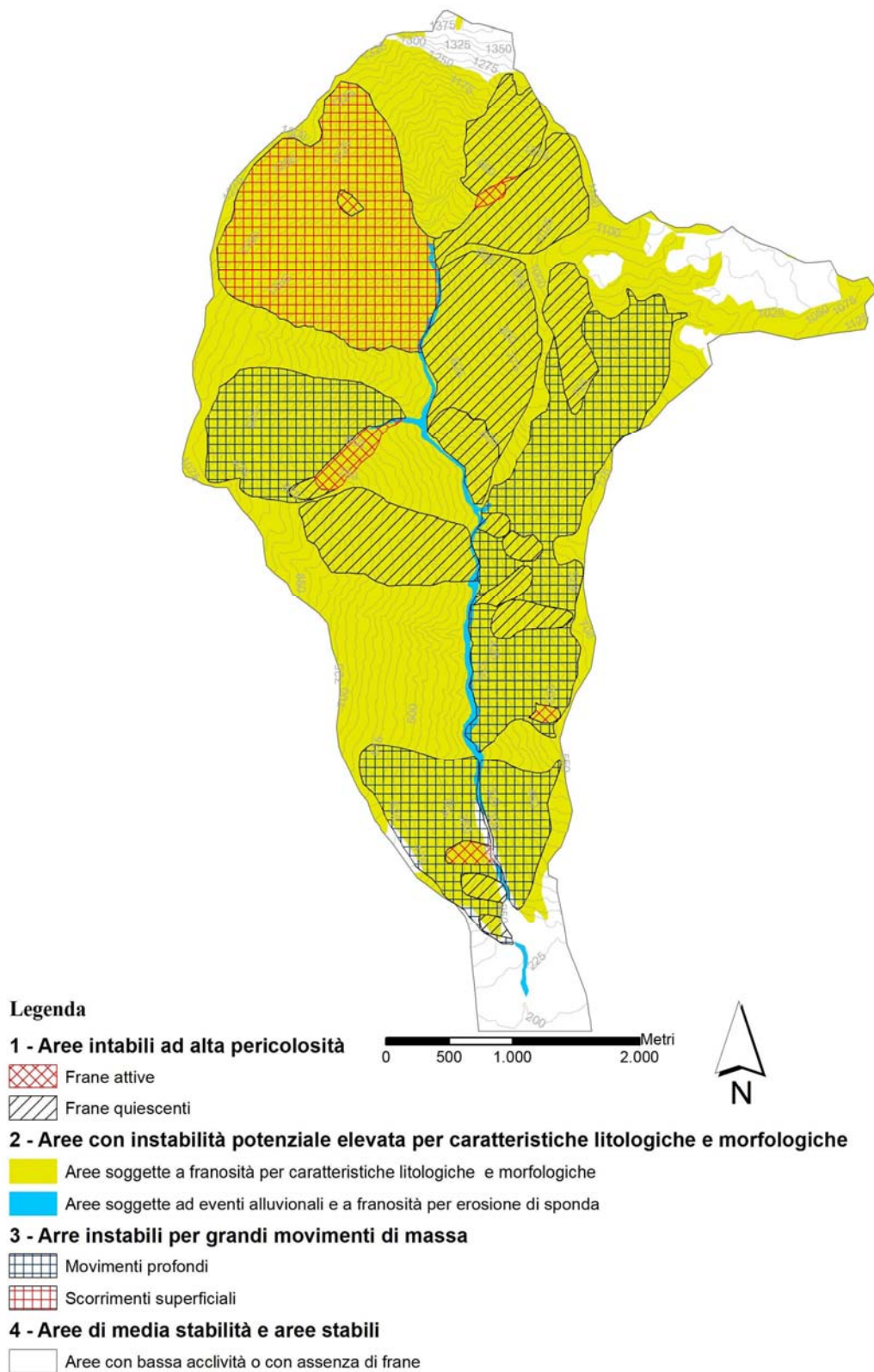


Figura 32 - Carta dell'instabilità potenziale del bacino del Torrente Piazza.

4 FRANA DI CASTURI E DATE DI INNESCO DEGLI EVENTI FRANOSI

4.1 INTRODUZIONE

Al fine di poter tarare il modello delle soglie critiche per l'innescò delle frane è necessario disporre di informazioni relative alle date in cui sono stati registrati i fenomeni di frana, in modo da poter correlare gli eventi di frana ai relativi eventi di pioggia. Per reperire tali dati è stato fatto riferimento a diverse fonti, quali l'Ufficio Tecnico Comunale di Lamezia Terme, la stampa locale e le interviste ai residenti e ai proprietari delle abitazioni coinvolte dagli eventi franosi.

Oltre alla necessità di reperire informazioni sulle date di innesco degli eventi, è necessario determinare su che tipo di frane si vuole impostare lo studio per la ricerca delle soglie pluviometriche critiche di innesco. Le soglie critiche infatti si basano sui valori di accumulo delle precipitazioni, e cioè sulle cumulate dei valori di pioggia antecedenti all'evento di frana. I valori delle soglie di innesco variano quindi a seconda dei giorni antecedenti al dissesto considerati e della risposta del terreno agli eventi meteorici. Per questo motivo questi modelli statistici non possono essere utilizzati su vaste aree, e con caratteristiche dei suoli e delle coperture molto diversi tra loro.

Dalle ricerche storiche e dai dati raccolti sulle tipologie di frane che caratterizzano l'area, si può notare che la tipologia dei fenomeni franosi che caratterizzano l'intero bacino è costituita prevalentemente da frane di scivolamento (scivolamenti di terra e slittamenti di detrito) da colate di terra e detriti, e da fenomeni complessi laddove le due precedenti tipologie di frane interessano la stessa area di frana (Varnes, 1978).

Si è quindi ricercata un'area che fosse rappresentativa delle condizioni generali del bacino e della quale fossero note le caratteristiche dei fenomeni franosi e le date associate agli eventi. L'attenzione si è quindi rivolta alla frana che si trova in località Casturi, una frazione del comune di Lamezia Terme, sita poco al di fuori del centro storico di Nicastro e mediamente abitata, collocata su di un pendio sulla destra idrografica del Torrente Piazza, in un'area che anche nel passato è stata oggetto di eventi franosi di notevole entità. La frana si trova vicino alle stazioni termo-pluviometriche di Nicastro e Nicastro Bella (fig.33), e quindi anche i dati riferiti alle quantità di pioggia risultano essere molto accurati. Inoltre si tratta di una frana nota, sulla quale sono state fatte diverse indagini geognostiche, quali carotaggi, tomografie elettriche e misure inclinometriche. I dati utilizzati sono quelli presi da due studi commissionati dall'Amministrazione comunale di Lamezia Terme a professionisti del luogo. Il primo, supportato da carotaggi e letture inclinometriche, fu richiesto in seguito agli eventi

meteorici che nell'inverno 1997-1998 innescarono le frane che causarono danni ingenti ad alcuni edifici che sorgevano sulla testata e al piede della frana. Il secondo, corredato di tomografie elettriche, fu redatto nel settembre del 2006.

Lo studio dei due lavori è stato utile per conoscere gli spessori della coltre detritica, lo stile dei movimenti del versante e l'individuazione delle date in cui si sono verificate le frane.

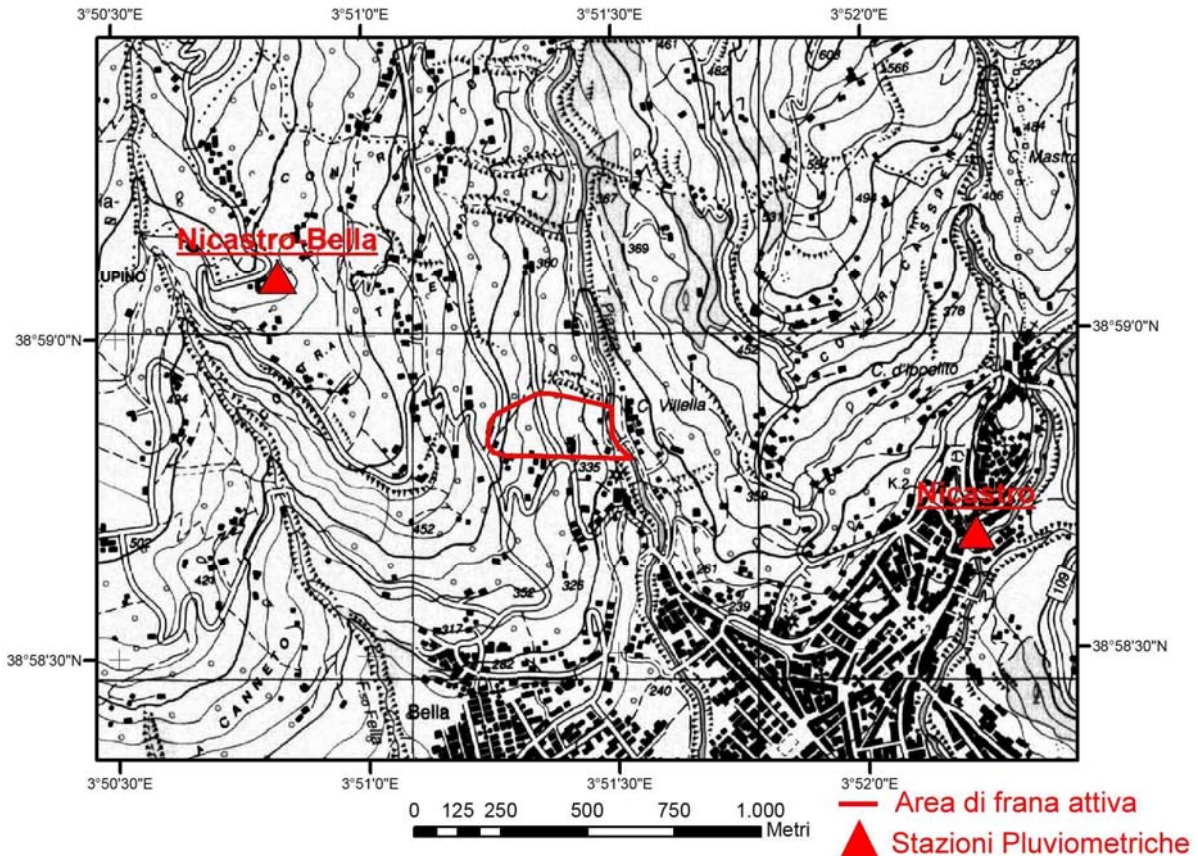


Figura 33:Rapporti spaziali tra le stazioni termo-pluvimetriche e l'area di frana (dati Arpacal 2009).

4.2 LA FRANA DI CASTURI

La frana si trova in località "Casturi" nel territorio di Lamezia Terme, a Nord-Ovest dell'abitato di Nicastro, l'area è localizzata nel foglio 241 nel quadrante I N.O. sez. A denominato Nicastro. La testata della frana si trova a circa 400 m s.l.m.(fig. 34 e 35), mentre l'unghia è a circa 275 m s.l.m. a ridosso del letto del Torrente Piazza (fig. 36 e 37). La lunghezza totale (L) della frana è di circa 380 m e la larghezza della superficie di rottura (W_r) di 180 m, la profondità della superficie di rottura (D_r) stimata e di circa 26 m, con una superficie di circa 52500 m².

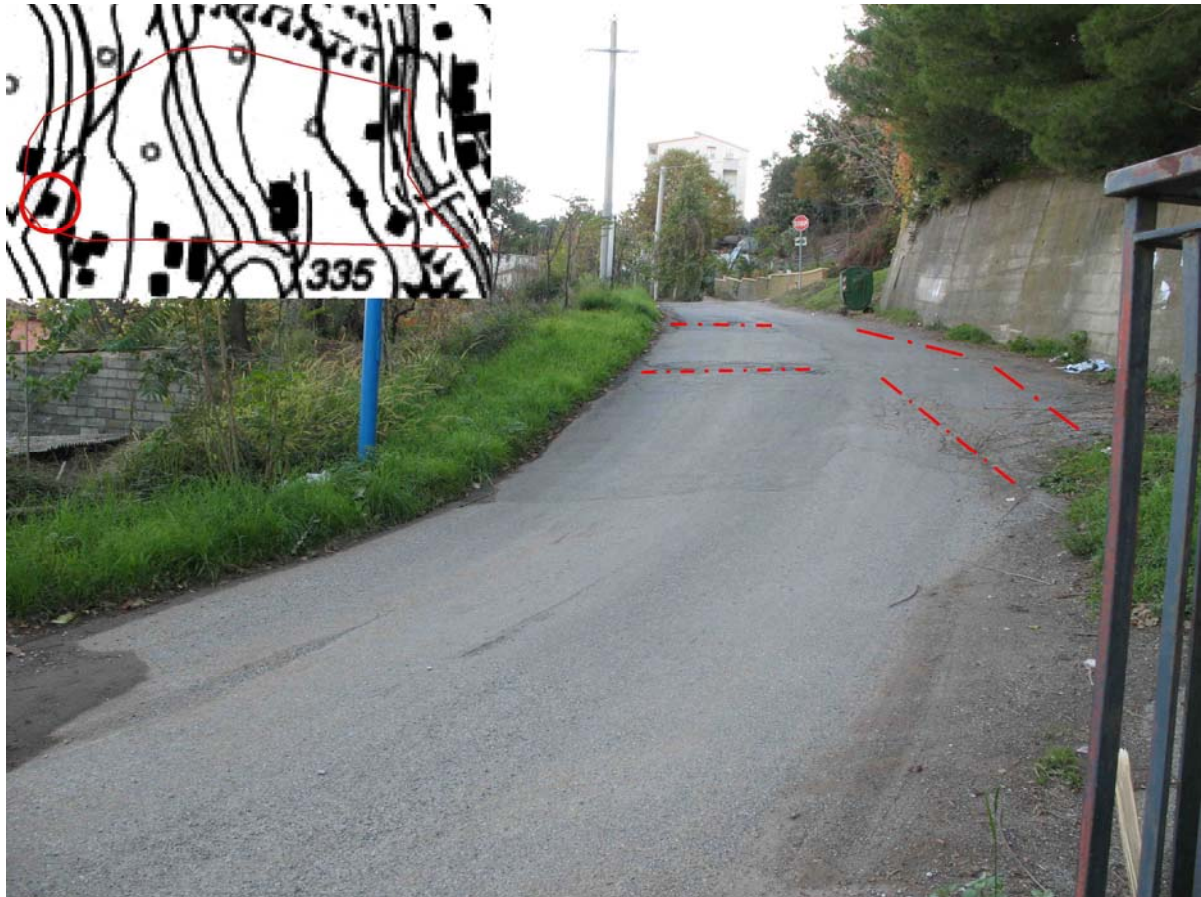


Figura 34: Testata del corpo di frana in prossimità della chiesa dell'Annunziata (Novembre 2006).

La frana è tuttora attiva, gli ultimi movimenti si sono verificati in seguito alle intense piogge registrate nella stazione termo-pluviometrica di Nicastro - Bella nel corso dell'inverno 2008-2009. I movimenti hanno interessato edifici e manufatti quali strade e muri di sostegno, che mostrano crepe e fratture, diversi edifici sia al piede della frana che sulla testata sono stati sgomberati a causa dei gravi danni strutturali subiti a seguito dei movimenti, già dall'inverno del 1997-1998. Le strade, nonostante la continua manutenzione, si presentano con avvallamenti e crepe che dimostrano uno stato di attività costante e in continuo movimento. Tutto il versante presenta un cinematisma che varia dallo scorrimento alla colata a seconda del contenuto d'acqua e degli spessori interessati. Dalle misure inclinometriche effettuate tra il 1998 e il 2000 risulta una velocità media annua pari a circa 20 mm/anno e quindi secondo la classificazione di Varnes (1978) modificata (Cruden & Varnes 1994) è una frana con classe di velocità di tipo molto lenta (classe 2, tra i 16 mm/anno e inferiore ai 1.6 m/anno), ma storicamente la stessa zona e le stesse litologie sono state il teatro di colate di detrito di enorme portata e con velocità elevate (vedere appendice – storia degli eventi idrogeologici a Nicastro). Il contenuto d'acqua del terreno va da umido a bagnato e si ha la presenza di sorgenti al piede della frana anche nei mesi più aridi.

La stabilità del pendio può essere modificata a causa di fattori che incrementano gli sforzi agenti sul pendio o da quei meccanismi che portano ad una riduzione delle resistenze. Tra i primi fattori possiamo inserire :

- carichi esterni (edifici, acqua, riporti di terreno)
- aumento del peso di volume per aumento del contenuto d'acqua
- rimozione di parte del pendio a causa di sbancamenti o trincee
- fenomeni sismici.

Tra i fattori del secondo gruppo ci sono:

- pressione dell'acqua nei pori
- rottura o decadimento delle strutture del terreno per vibrazioni o attività sismiche
- deformazione e rottura progressiva in terre sensitive e rocce fragili
- alterazione chimica e biochimica.

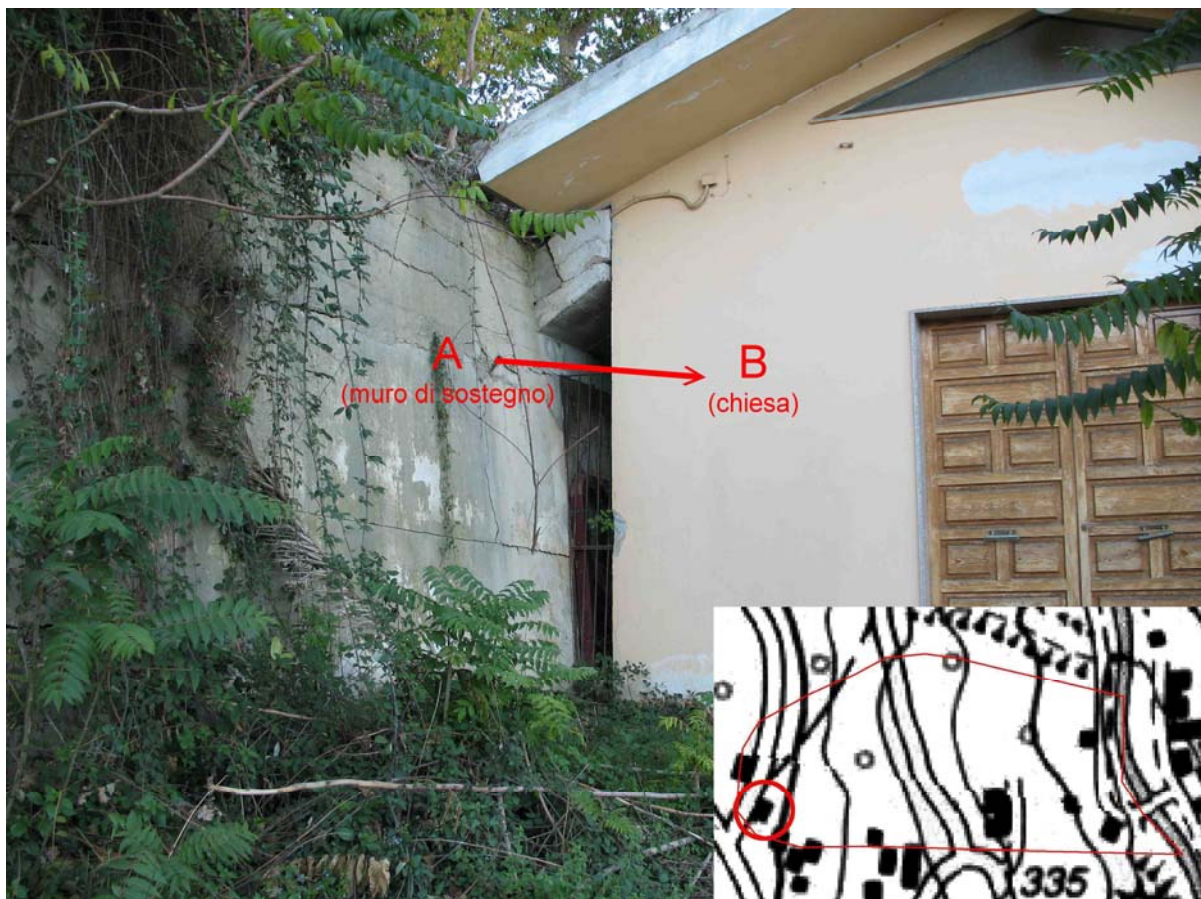


Figura 35: Testata della frana. Muro di sostegno (A) e chiesa (B) al margine della superficie di coronamento della frana. Il muro di sostegno ha subito una traslazione verso la chiesa pari a circa 2 metri.

Tra i fattori strutturali e geometrici del versante che concorrono all'instabilità abbiamo una roccia filladica che si presenta con molti e fitti piani di scistosità, una fitta presenza di faglie e

fratture associate ed una coltre detritica diseguale e disomogenea, composta prevalentemente da depositi clastici poco addensati ed eterometrici che sono il risultato del disfacimento della roccia filladica e che si presentano con spessori a volte superiori ai 24 metri. L'alternanza di strati litoidi e materiali dalle scadenti caratteristiche meccaniche e l'alternanza di livelli permeabili e meno permeabili fanno sì che ci siano diversi piani e spazi dove l'acqua può circolare facilmente e che diventano ottimi piani di scivolamento. A tutto ciò si unisce l'azione del Torrente Piazza, le cui acque per buona parte del suo percorso erodono le sponde del fiume causando lo scalzamento al piede della frana.



Foto 36: Erosione delle sponde del T. Piazza e scalzamento al piede della frana (Novembre 2006).

Un altro fattore predisponente è l'acclività del versante che mediamente si aggira attorno ai 24° ma che nella zona del piede aumenta e in alcuni punti supera i 45° fino al limite della quasi verticalità a ridosso degli edifici sgomberati.

Tra i fattori scatenanti devono invece essere annoverati quei meccanismi che inducono riduzioni degli sforzi effettivi provocati ad esempio dall'aumento delle pressioni dell'acqua interstiziale. Tali fenomeni sono imputabili alla presenza dell'acqua nel terreno che causa

l'innalzamento della superficie di falda e fenomeni di filtrazione e liquefazione che minano la resistenza agli sforzi di taglio nel materiale e che talvolta ne causano il collasso. Nonostante il primo studio sia stato consegnato nel 2000, ad oggi non è presente nessun artefatto per il drenaggio delle acque meteoriche, pertanto tutto il versante è tuttora soggetto agli eventi atmosferici, con tutte le relative conseguenze.



Foto 37: Piede della Frana. Versante quasi verticale a ridosso di un edificio gravemente danneggiato. Da notare la natura eterometrica del materiale coinvolto nel movimento (foto Novembre 2006) .

4.2.1 Lo stato dei danni al patrimonio pubblico e privato

Attualmente gli edifici sgomberati per le loro precarie condizioni di stabilità strutturale risultano essere quattro, la chiesa dell'Annunziata (fig. 35, 38 e 39) che si trova sul punto sommitale, e tre abitazioni private (fig. 42, 43, 44 e 45) che si trovano al piede della frana.

I danni al patrimonio pubblico si limitano alle infrastrutture quali strade e rete idrica e fognaria, mentre risultano danneggiati tutti i muri di recinzione delle varie proprietà che si trovano sul corpo di frana, a testimonianza del fatto che i movimenti sono molteplici e differenziali.

Segue ora una descrizione dei danni subiti dalle strutture, a partire dalle quote superiori fino all'alveo del Torrente.

- Zona del punto Sommitale

Chiesa dell'Annunziata:

La chiesa si trova a quota 395 m, verosimilmente sulla testata secondaria del corpo di frana. I danni principali riportati dalla struttura sembrano essere dovuti principalmente agli sforzi tangenziali che la struttura ha subito a seguito della traslazione del muro di sostegno che si trova alle spalle della chiesa e che la sovrasta e che pertanto dovrebbe essere sulla testata principale. Queste spinte sono state assorbite dalla struttura al livello del solaio di copertura, causando la rottura e il distacco del medesimo dalle colonne sottostanti (fig. 35 e 38).



Foto 38: Testata della frana. Lato Sud della chiesa dell'Annunziata. Ad ovest il muro di sostegno di un'altra abitazione che nello scivolamento a valle ha danneggiato la struttura della chiesa (foto Novembre 2006).

I movimenti differenziali del terreno invece sembrano essere i responsabili del distacco della canonica dal corpo centrale della chiesa (fig. 39). Anche la strada che si trova nei pressi della chiesa presenta fenomeni di dissesto dovuti ad un abbassamento del terreno che ha causato un dislivello di quasi un metro (fig. 34). In tutti i muri di cinta e di sostegno posti nelle vicinanze della chiesa si riscontrano crepe e fratture con spessori delle aperture che vanno dai pochi millimetri a qualche decimetro.



Figura 39 :Testata di frana. Canonica della chiesa dell'Annunziata (foto Novembre 2006).

- Zona Intermedia

Strada Privata

A quota più bassa, circa 340 m s.l.m. (fig. 40, nel riquadro in alto a destra nel cerchio blu, in rosso l'area di frana attiva) su una strada privata si nota un abbassamento del manto stradale di circa un metro rispetto alla quota normale della strada. Si può notare un primo tentativo di ripristino della quota iniziale della strada, ma come risulta dalla figura 39 il terreno ha continuato a cedere e nuove crepe e fratture si sono aperte.

Abitazione Privata

Nel cerchio blu in figura 41 è segnata l'abitazione che nell'Ottobre del 2000, a seguito di eventi di pioggia particolarmente intensi che hanno raggiunto il culmine il giorno 8, è stata coinvolta da un evento di frana. A detta dei testimoni dell'evento, la casa avrebbe subito una traslazione assieme al versante in movimento.



Figura 40: Fenomeni di crepe e cedimenti su strade secondarie.

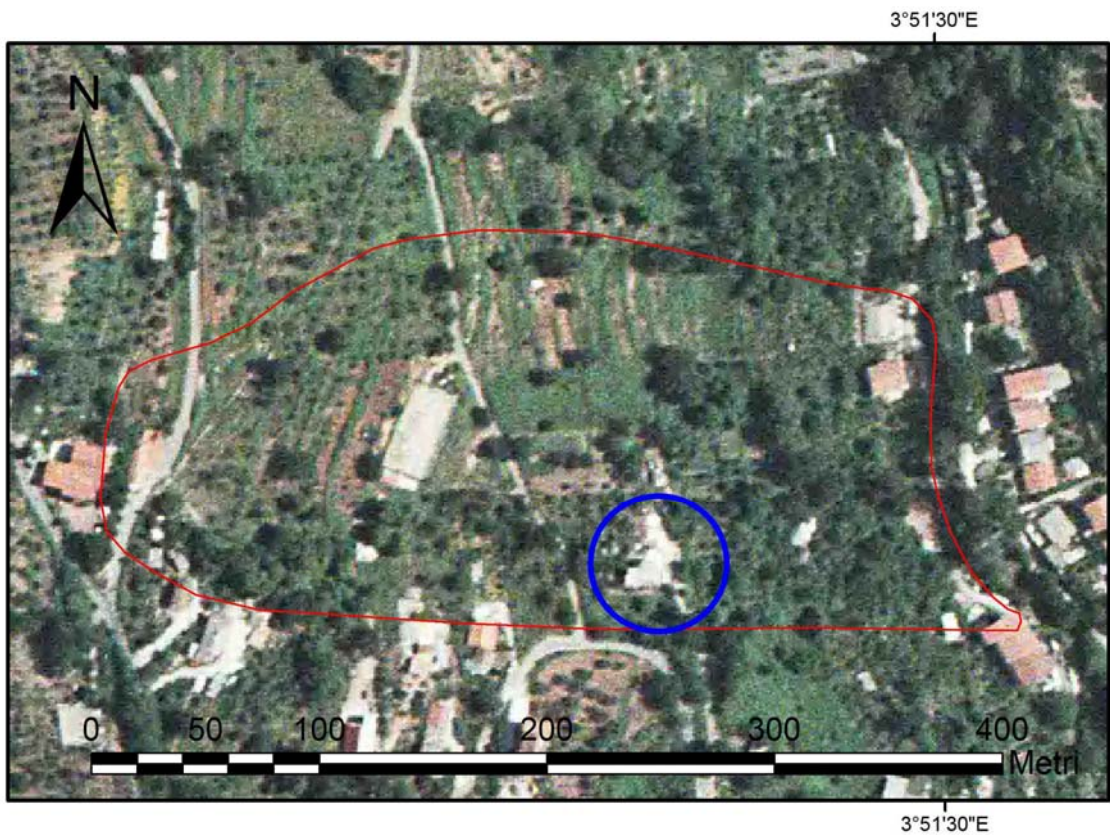


Figura 41: Nel cerchio blu l'abitazione coinvolta nei fenomeni gravitativi della notte tra l'8 e il 9 Ottobre 2000. In rosso l'area classificata a rischio frana R4 (PAI Calabria)

Nonostante il movimento la casa sembra essere scivolata più a valle senza nessun danno, né alle strutture portanti, né alle tramezzature, inoltre le colonne hanno mantenuto la loro verticalità e i pavimenti l'orizzontalità iniziale. Questo fa pensare che la casa e il versante abbiano subito un movimento traslativo ma non rotazionale.

Zona del Piede

Nella zona del piede sono presenti tre case, tutte evacuate dopo gli eventi dell'inverno 1997-1998. Per comodità e per distinguerli tra loro, verranno chiamate Fabbricato n°1, n°2 e n°3 in ordine da Sud a Nord .

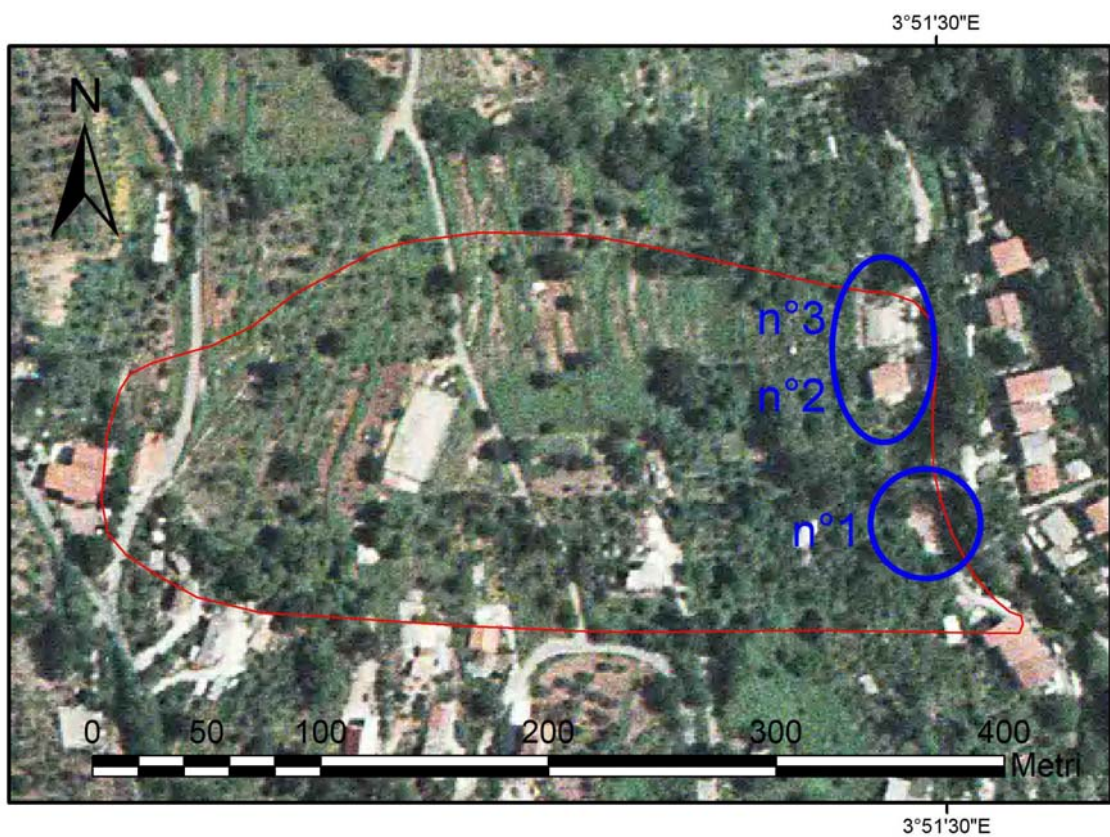


Figura 42: Ubicazione dei fabbricati (in blu) in zona del piede della frana e area classificata a rischio frana R4 (in rosso, PAI Calabria)

Fabbricato n°1

Questa casa è quella che più di tutte ha subito danni alle strutture portanti, e sembra trovarsi in piena zona di accumulo. Si trova a qualche metro dall'alveo, sul lato destro del Torrente, di fronte ad un piccolo e stretto ponte dove il corso del Piazza compie una piccola curva e aggira un enorme masso di almeno una ventina di metri cubi composto da scisti filladici, che assieme ad altri massi di eguali dimensioni è posto all'interno del letto del Torrente. Questi massi sono stati trasportati presumibilmente dagli eventi storici del 6 Gennaio del 1563 e di quello imprecisato precedente al terremoto del 1638 (vedere in appendice – Storia degli eventi idrogeologici di Nicastro). La massa di detriti spostata dalla frana, ha gravato sui muri perimetrali esposti a Ovest caricando le colonne portanti della struttura con una forza ortogonale alle stesse, determinando il piegamento dell'intera struttura verso il lato Est, e cioè dal lato dell'alveo del Piazza. La casa non sembra essere posizionata in zona di distacco, in quanto alla base delle fondazioni e attorno al perimetro del fabbricato non c'è traccia di segni che ne indicano la traslazione e/o la rotazione, mentre le colonne ancorate alle fondazioni si sono piegate per via del movimento del versante. A dimostrazione che il terreno al di sotto delle fondazioni non si è spostato ci sono i pali della rete elettrica e dell'illuminazione pubblica che sono perfettamente verticali e non hanno risentito di nessuna spinta da parte del terreno, al contrario di tutte le strutture portanti del piano terreno che sono gravemente compromesse e inclinate per via della spinta esercitata dai detriti di frana. In seguito ai primi movimenti avvenuti, a detta delle persone informate dei fatti, nell'inverno 1997-1998 e che sono stati progressivi ma lenti, è stato costruito un muro di sostegno posto contro le colonne portanti sul lato Est della casa, costituito da un pilastro inclinato di circa 30° atto a contrastare la spinta del detrito, che però non ha impedito ai movimenti successivi di danneggiare ulteriormente la struttura. (Vedere figura 43).

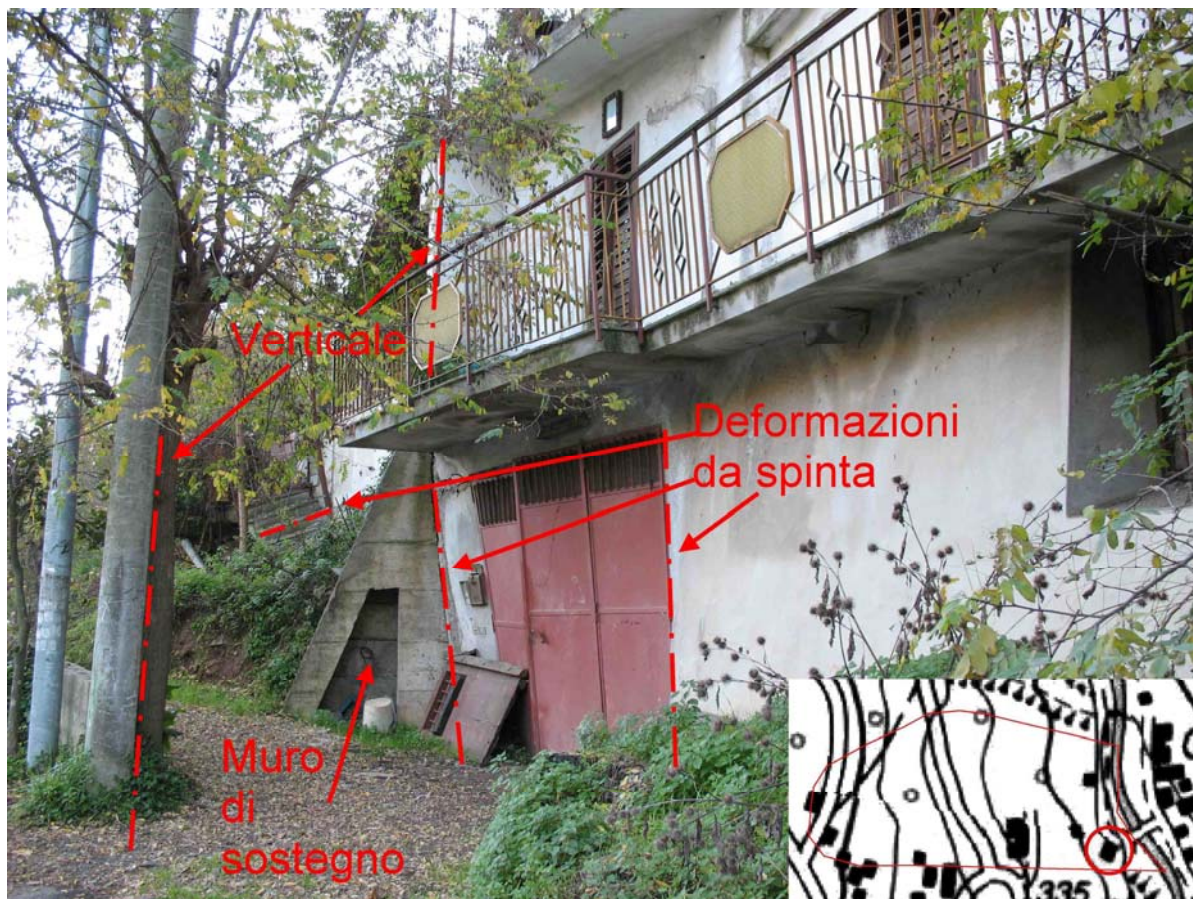
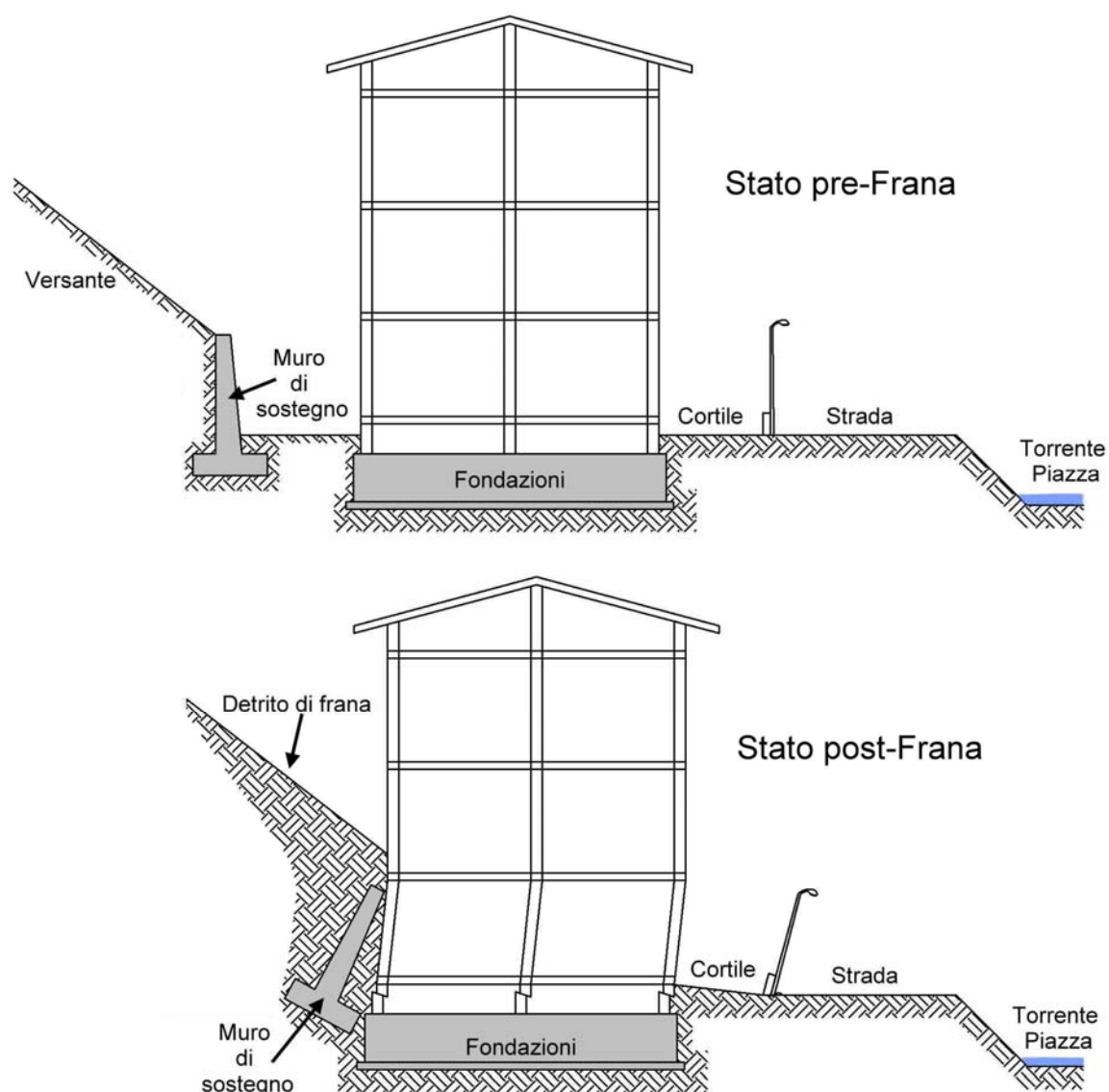


Figura 43: Piede della frana. Casa n°1, lato Est.

Fabbricati n°2 e n°3.

Le due case sono confinanti e hanno caratteristiche simili, sia per quanto riguarda i danni subiti, che per le condizioni morfologiche del versante. Come la casa n°1 sono separate dal Torrente Piazza solo da qualche metro di cortile e dalla strada che costeggia il Piazza. Il versante in prossimità delle due abitazioni raggiunge delle pendenze superiori ai 45° e a contatto con i muri perimetrali delle due abitazioni il detrito supera i 5 metri di spessore con una acclività vicina alla verticale (fig. 41). Le strutture portanti risultano essere deformate, specialmente quelle del piano terreno che hanno assorbito la gran parte delle tensioni, le colonne portanti sono quasi completamente troncate poco al di sopra del piano fondazioni, fino ad una trentina di centimetri dal piano campagna. Fratture e deformazioni interessano anche i muri di cinta che separano la strada dal cortile. All'interno dei cortili la pavimentazione risulta danneggiata e sollevata, sono evidenti crepe centimetriche e i sollevamenti sono dell'ordine delle decine di centimetri, soprattutto nelle immediate vicinanze delle costruzioni. La strada a contatto con i muri di recinzione presenta deformazioni da spinta e fratture, e i pali dell'illuminazione pubblica e della rete elettrica risultano

inclinati di diversi gradi, segno che i muri hanno subito una traslazione, e che la spinta è stata data loro dallo spostamento della casa (figure 44 e 45). Questi particolari sembrano indicare che le abitazioni siano al di fuori della zona di distacco e che i movimenti del terreno siano superficiali e dovuti alla spinta che il terreno ha subito in seguito agli spostamenti dei muri di sostegno e dalla spinta delle fondazioni. Infatti, nel momento in cui le abitazioni sono state investite dal detrito di frana, parte della spinta è stata assorbita dalle colonne del piano terra, che si sono piegate e rotte, e il resto è stato assorbito dalle fondazioni che hanno scaricato al suolo la spinta e lo hanno deformato.



Schema semplificato dello stato dei fabbricati n°1 e 2 prima e dopo i movimenti di versante dell'inverno 1997-1998 e 2000-2001

Figura 44: Piede della Frana. Schema della sezione lato Sud degli edifici, prima e dopo i movimenti di versante.



Figura 45: Unghia della frana. Manto stradale deformato in prossimità dei muri perimetrali dei fabbricati 1 e 2.

Nelle vicinanze delle due case sono stati eseguiti tre degli otto carotaggi fatti su tutta l'area di frana, e nel sito numero 5 è stato piazzato un inclinometro, il numero 4, che ha misurato gli spostamenti del terreno dal 24 Giugno del 1998 al 2 Dicembre 2000 per una profondità di 13 metri. Gli spostamenti misurati in due anni e mezzo sono stati di diversi centimetri, e il movimento è avvenuto tra i 4 e i 2 metri di profondità. Gli spostamenti misurati coincidono con le osservazioni fatte sul terreno e convalidano la tesi che l'area dove sorgono le due abitazioni è al di fuori della superficie di rottura e in piena zona di piede della frana.

Torrente Piazza

Per buona parte del suo percorso, il Torrente Piazza tende ad approfondire l'alveo e a erodere le sponde (fig. 36). Per tutto il corso superiore del Torrente l'alveo è cosparso di massi che si presentano con dimensioni e volumi notevoli, spesso superiori ai 20 metri cubi. Come riportato in appendice nel capitolo XY dedicato alla storia degli eventi disastrosi che colpiscono la città di Nicastro, il Torrente più volte, durante le

piene, portò a valle massi di queste dimensioni, che in più occasioni provocarono numerosi morti e distruzione di ponti e case. Un esempio del genere capitò nelle alluvioni del 6 gennaio del 1563, in quella precedente al terremoto del 1636 e quella dell'8 novembre del 1823, dove per sgomberare l'argine dai massi fu necessario l'uso di cariche di dinamite. Massi di queste dimensioni sono in grado di distruggere una casa, e proprio in questa area del Torrente, che tra le tante è anche densamente popolata, il numero di questi massi è enorme. Sempre in questa zona l'alveo del Torrente è particolarmente stretto e delimitato su entrambe le sponde da edifici, piante e ponti molto bassi e con arcate particolarmente strette. Il rischio che il corso del Torrente venga ostruito e che si crei uno sbarramento, non solo da parte di un'eventuale frana ma anche da semplici alberi, durante una piena è particolarmente elevato.

4.2.2 Indagini geognostiche

Come già accennato nei paragrafi precedenti, per meglio studiare la frana, il rilevamento dell'area è stato affiancato dall'uso di elaborati ed indagini geognostiche quali carotaggi, tomografie elettriche del versante e da dati inclinometrici e piezometrici. Tali elaborati sono riportati in appendice. Nell'area di frana sono stati praticati otto fori di sondaggio a rotazione e carotaggio continuo, e con misure S.P.T. per la valutazione della resistenza in diversi punti dei fori. All'interno dei fori di sondaggio sono stati piazzati quattro piezometri e quattro inclinometri. I tubi inclinometrici sono stati messi all'interno dei fori S1, S2, S4 ed S5, e sono nominati rispettivamente e a loro volta S1, S2, S3 ed S4. Nella tabella 13 sono riportate le date di messa in opera e delle misure degli inclinometri.

Misura	Tubo S1	Tubo S2	Tubo S3	Tubo S4
Misura di zero	10/06/1998	10/06/1998	24/06/1998	24/06/1998
n°1	24/06/1998	24/06/1998	09/07/1998	09/07/1998
n°2	-	09/07/1998	20/07/1998	20/07/1998
n°3	-	23/02/2000	23/02/2000	23/02/2000
n°4	-	30/05/2000	30/05/2000	30/05/2000
n°5	-	02/12/2000	02/12/2000	02/12/2000

Tabella 16: Date delle letture di “zero” e delle misure effettuate sui tubi inclinometrici posti nell'area di frana.

Mentre in figura 46 è riportata l'ubicazione dei sondaggi e degli inclinometri nell'area.

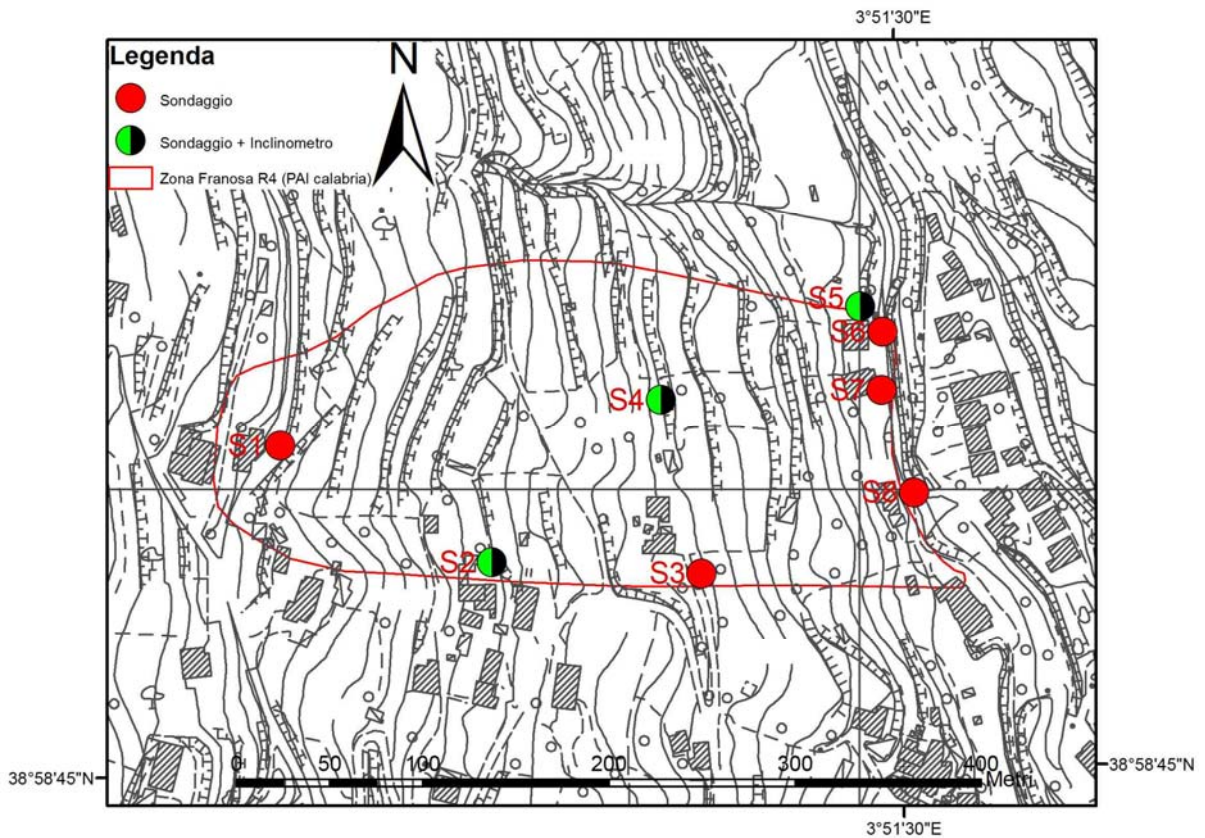


Figura 46: Ubicazione dei sondaggi e degli inclinometri nell'area.

Tubo inclinometrico S1

Si trova a quota 392 m s.l.m.m poco sotto la chiesa dell'Annunziata. Il tubo inclinometrico S1 si è danneggiato poco dopo la sua messa in opera, risultando inutilizzabile, pertanto nessuna misura utile è stata prodotta. L'unica considerazione possibile che si può fare, è che tra la data di messa in opera (10 Giugno 1998) e la prima lettura (24 Giugno 1998) si è verificato un movimento di dimensioni tali da danneggiare il tubo e renderlo inutilizzabile. A tale periodo corrisponde l'evento pluviometrico del 13 Giugno 1998 con 24 mm e del contributo delle piogge precedenti.

Tubo inclinometrico S2

L'inclinometro è stato messo in posto il 10 Giugno del 1998 all'interno del foro di sondaggio S2 e la sua profondità di misura è di 23 metri al di sotto del piano campagna. I movimenti registrati sono su due livelli separati. Il piano di scorrimento più superficiale si trova a 5 metri e corrisponde all'interfaccia di separazione tra un terreno limoso-argilloso poco addensato e compressibile e un deposito clastico che si trova al di sotto dei 4,80 m del P.C. La seconda

superficie di scorrimento si trova al di sotto dei 23 metri, all'interno di un livello di scisti filladici molto fratturati e con consistenza sublitoide.

Misura	Data	Tipo di movimento	Profondità del movimento
Misura di zero	10/06/1998	-	-
n°1	24/06/1998	Profondo	23 metri
n°2	09/07/1998	Superficiale	5 metri
n°3	23/02/2000	Profondo	13 metri
n°4	30/05/2000	Profondo	13 metri
n°5	02/12/2000	Profondo	13 metri

Tabella 17 - Date di lettura strumentale e relativi eventi associati nel tubo inclinometrico S2.

Tubo inclinometrico S3

Questo inclinometro si trova all'interno del foro S3, e la misura di zero strumentale è del 24 Giugno 1998, la profondità di misura è di 23 metri. Dalle misure degli spostamenti risultano anche qui due piani distinti di scivolamento, il primo tra gli 8 e i 7 metri, e il secondo al di sotto dei 23 m. Dai campioni raccolti risulta che il piano di scivolamento più superficiale si trova tra un livello clastico di genesi eluviale, che va dal P.C. ai 7,2 metri, ed un livello di scisti filladici completamente degradati con bande argillificate. Il secondo piano di scivolamento si trova al di sotto dei 23 metri, presumibilmente all'interfaccia tra il livello di scisti filladici completamente degradati e il livello inferiore costituito da scisti filladici fratturati ma con consistenza litoide.

Tipo di misura	Data	Tipo di movimento	Profondità del movimento
Misura di zero	24/06/1998	-	-
n°1	09/07/1998	Profondo	23 metri
n°2	20/07/1998	Prof. – Sup.	23-8 metri
n°3	23/02/2000	Profondo	23 metri
n°4	30/05/2000	Profondo	23 metri
n°5	02/12/2000	Profondo	23 metri

Tabella 18 - Tubo inclinometrico S3, date di lettura e eventi associati.

Tubo inclinometrico S4

Si trova all'interno del foro di sondaggio S5 e si trova nei pressi del fabbricato n°3 ma ad una quota superiore, tra un muro di sostegno adiacente alla strada e il fronte della frana. La profondità di indagine è di 13 metri. Gli spostamenti misurati sono tutti compresi tra i 2 e i 4 metri dal piano campagna, all'interno di un livello costituito da un deposito clastico composto da ciottoli a spigoli vivi immersi una matrice sabbioso-limosa poco addensata e compressibile. Dal 24 Giugno del 1998 al 2 Dicembre 2000 lo spostamento misurato è stato di circa 20mm.

Tipo di misura	Data	Tipo di movimento	Profondità del movimento
Misura di zero	24/06/1998	-	-
n°1	09/07/1998	-	-
n°2	20/07/1998	Superficiale	4 metri
n°3	23/02/2000	Superficiale	4 metri
n°4	30/05/2000	Superficiale	4 metri
n°5	02/12/2000	Superficiale	4 metri

Tabella 19 - Tubo inclinometrico S4, date di lettura strumentale e relativi movimenti.

4.3 DATE DI INNESCO

Dai dati ricavati dalle interviste alle persone informate dei fatti, quali tecnici e abitanti, e dai movimenti registrati dalle misure fatte nei tubi inclinometrici, sono state individuate una serie di date corrispondenti ai movimenti franosi, utili per poter confrontare le curve di probabilità pluviometrica con la curva delle precipitazioni cumulate. Le date in questione sono state ricavate dalle interviste e dalle misure inclinometriche, le ultime sono state anche utili per verificare a che profondità, dal piano di campagna, si sono verificati i dissesti. Le date degli eventi, ritenute affidabili si riferiscono agli eventi del 21 Gennaio 1998, del 13 Giugno 1998, del 6 e 7 Aprile 2000, quello dell'8 Ottobre 2000, del 23 Novembre e dell'11 Dicembre 2008, del 25 Gennaio e del 12 Febbraio 2009.

5 ANALISI STATISTICA DEGLI EVENTI PLUVIOMETRICI DI FORTE INTENSITÀ

5.1 INTRODUZIONE

I fenomeni franosi fanno parte della categoria più generale dei movimenti di massa, o movimenti in massa, ovvero dei processi morfogenetici caratterizzati da movimenti di masse di materiale sulla superficie della terra che avvengono in seguito all'azione della forza di gravità. La gravità non è però l'unico agente che entra in gioco nel generare tali movimenti. L'acqua, sia in superficie che nel sottosuolo, ha infatti un ruolo rilevante nei processi di modellamento della superficie terrestre, poiché è uno degli agenti esogeni più importanti presente in natura.

L'acqua, sotto forma di precipitazione, è una delle cause principali dei fenomeni di innesco delle frane. Esiste infatti una correlazione tra gli eventi franosi e le quantità e le intensità dei fenomeni meteorici. E' assodato che periodi di eccezionale franosità coincidono con eventi pluviometrici estremi, e che la distribuzione dei fenomeni franosi è legata ai massimi stagionali di piogge o nei periodi del disgelo, in quanto proprio la presenza di acqua nel suolo è responsabile delle sovrappressioni che agiscono a livello interstiziale e lungo le superfici di discontinuità presenti nel materiale detritico o roccioso, e che quindi peggiorano le caratteristiche geotecniche dei materiali creando situazioni di collasso gravitazionale.

La letteratura scientifica dell'ultimo trentennio è ricca di ricerche inerenti alle relazioni tra frane ed eventi meteorici, con lo scopo di definire dei "valori soglia" delle precipitazioni, dove con il termine "soglia" si indica un valore minimo o massimo di una certa quantità necessaria per innescare un processo o un cambiamento (White *et Al.* 1996): una soglia minima é il livello inferiore sotto il quale il processo non accade e una soglia massima rappresenta il livello sopra il quale il processo avviene sempre (Crozier 1996).

I modelli usati nello studio delle frane si possono dividere in due categorie principali: "modelli empirici" e "modelli fisicamente basati".

I modelli empirici sono basati sull'analisi statistica dei dati storici e forniscono relazioni empiriche esistenti tra piogge e fenomeni franosi; i modelli fisicamente basati invece si sviluppano sull'elaborazione di modelli numerici che prendono in considerazione gli aspetti geotecnici, geologici e idrogeologici del versante nel tentativo di riprodurre i fenomeni fisici che intervengono nel processo di destabilizzazione(Montgomery and Dietrich 1994, Wilson and Wieczorek 1995, Crosta 1998, Crosta *et Al* 2003).

I modelli fisicamente basati sono i più completi in quanto analizzano gli effetti delle piogge sulle pressioni interstiziali, sulle modalità di deflusso e infiltrazione delle acque, e quindi sono

la riproduzione più o meno fedele delle effettive condizioni naturali del mezzo studiato. Ma la complessità delle condizioni naturali prevede l'acquisizione di enormi quantità di dati, che spesso non sono disponibili e hanno alti costi, soprattutto per studi a scala di bacino. Tali fattori limitano l'uso di queste metodologie a favore dei metodi empirici, che invece hanno il pregio di utilizzare dati molto più accessibili e meno costosi, permettendo di fare studi a grandi scale. Queste ultime metodologie si basano sulle relazioni tra intensità, durata e altezza di pioggia giornaliera e/o pioggia cumulata in un periodo antecedente all'evento (Govi *et Al* 1985, Lumb 1975, De Vita 2002, Chleborad A. F., 2000), ma per poter essere applicate devono riferirsi ad aree con caratteristiche geologiche morfologiche e climatologiche omogenee.

In questo capitolo, attraverso l'osservazione di eventi franosi avvenuti in passato nel bacino del Torrente Piazza, si vogliono definire dei valori di soglia oltre i quali la probabilità che un evento si verifichi è significativamente elevata. La metodologia usata è basata sui modelli empirici come il modello per la determinazione delle soglie critiche di innesco dei fenomeni franosi (Benedetti A. *et Al* 2005, Agarini I. & Rapetti F. 2008) attualmente in uso presso la regione Emilia Romagna. Il modello è basato sull'analisi delle precipitazioni cumulate su finestre di ampiezza variabile (da 1 a 365 giorni) analizzando, per ogni ampiezza del periodo di cumulo, la serie storica della stazione pluviometrica di Nicastro-Bella (ottobre 1988-febbraio 2009).

Il metodo è stato applicato alla stazione di Nicastro – Bella in quanto considerata la più idonea, sia per quanto riguarda la posizione geografica (è situata all'interno del bacino e si trova in prossimità delle frane che più interessano il centro abitato) sia perchè attualmente è l'unica stazione attiva nel bacino e quindi l'unica che può essere usata per l'applicazione del modello al monitoraggio in tempo reale così da soddisfare le procedure di protezione civile.

Per il calcolo di queste soglie è stato usato il programma "CreaSigma" (Agarini I. & Sartore M., 2007) sviluppato da Ilaria Agarini nella sua tesi di dottorato di ricerca presso l'Università degli Studi di Pisa.

Il modello può essere usato nell'area in quanto il bacino superiore del Torrente Piazza ha caratteristiche geologiche, morfologiche e climatiche abbastanza omogenee. Come già scritto nei capitoli precedenti, la litologia predominante è costituita da Scisti Filladici ricoperti da una spessa coltre detritica costituita da depositi elastici eterogranulari, che sono il risultato dell'argillificazione e del degrado della roccia madre. Dal punto di vista climatico la stazione presa in considerazione è mediamente rappresentativa in tutto il bacino superiore del Torrente

Piazza, e anche le caratteristiche morfologiche dell'area sono abbastanza uniformi, sia per quanto riguarda le classi di acclività, che quelle di esposizione dei versanti.

5.2 IL MODELLO

Come già detto, il modello utilizzato è un modello che rientra tra i modelli definiti *Idrologici* e si basa sulla stima delle cumulate di pioggia antecedenti all'evento franoso su finestre ad ampiezza variabile. Questo perchè si è visto che raramente un evento franoso ha luogo per il solo contributo di un singolo evento di pioggia, in quanto c'è la necessità che il terreno abbia raggiunto la saturazione, che di solito avviene solo dopo una serie giorni di pioggia non necessariamente consecutivi. La durata dell'evento pluviometrico capace di generare l'innescò di fenomeni di versante non è esattamente definibile, in quanto varia al variare del tipo di fenomeno generato (frane superficiali o profonde) e in base alle condizioni dell'area indagata, quali la morfologia, le caratteristiche dei suoli di copertura e la vegetazione presente. In generale per frane superficiali si considerano le piogge cadute in intervalli tra 1 e 5 giorni consecutivi (Govi M. & Sorzana P.F., 1980; Crozier, 1999; Wieczoreck *et Al*, 2000) mentre per frane più profonde si analizzano tempi più lunghi, che in alcuni casi possono superare addirittura i 100 giorni (Cascini L. & Versace P., 1988).

Nei movimenti franosi più superficiali come le colate o gli scivolamenti di sabbia e detrito, che si sviluppano in terreni con permeabilità medio-alta, la definizione dei valori di pioggia capaci di innescare tali movimenti è di facile applicazione, in quanto questa tipologia di substrati è caratterizzata da una rapida risposta alle piogge brevi ed intense (Galliani *et Al.*, 2001). Per i movimenti franosi profondi invece la definizione dei valori di soglia risulta più complessa, in quanto non è sufficiente basare l'analisi sull'intensità e la durata di un solo evento, ma bisogna considerare le quantità di pioggia antecedenti all'evento per un periodo che varia a seconda delle caratteristiche di permeabilità dei terreni considerati. L'estrema variabilità delle condizioni ambientali genera una risposta diversa sia nelle tipologie di frane che nelle condizioni di innescò, anche all'interno della stessa area. Questa variabilità rende pertanto impossibile individuare un solo valore di pioggia critica per vaste aree.

Il modello statistico usato è stato scelto perchè non si basa solo sullo studio degli eventi pluviometrici estremi, ma tiene conto di tutti quei fenomeni che si discostano anche di poco dalla norma, e che non hanno necessariamente un'elevata intensità ma piuttosto si distribuiscono su tempi più lunghi. Infatti l'area studiata ha la peculiarità di avere un'alta densità di fenomeni gravitativi profondi di tipo lento che si attivano in presenza di fenomeni pluviometrici non estremi, ma prolungati nel tempo.

L'individuazione delle soglie pluviometriche d'innescò farà pertanto riferimento a quei valori di pioggia che risultano essere anomali ma non estremi, e quindi verrà considerato il limite tra i valori di pioggia ordinari e quelli anomali come possibile valore di soglia per l'innescò dei movimenti gravitativi. La procedura che il modello statistico scelto adottata permette di dividere la distribuzione dei dati pluviometrici in tre diverse classi di dati: quelli nella norma, quelli definiti anormali e quelli definiti estremi (De Oliveira T., 1983).

Il metodo si basa sull'individuazione dei valori anomali mediante la teoria di identificazione degli *outliers* (termine usato in statistica per indicare valori anomali chiaramente distinguibili dal resto dei dati), che indicano quale porzione della distribuzione dei valori deve essere trattata per la definizione delle soglie pluviometriche, in quanto al di fuori della distribuzione di quelli ordinari ($\pm 1,5 \sigma$), ma non ancora nella porzione della distribuzione degli afflussi ritenuti estremi ($\pm 2,5 \sigma$) (Agarini I., 2009).

La fase preliminare per l'applicazione di questo metodo riguarda l'individuazione di dati pluviometrici giornalieri riferiti ad una stazione con periodo di rilevamento sufficientemente ampio (statisticamente per periodo sufficientemente ampio si intende superiore a 20 - 30 anni) e senza dati mancanti. Successivamente si procede alla creazione delle cumulate di precipitazione per tutte le ampiezze comprese tra 2 e 365 giorni con la tecnica sul foglio di calcolo definita della "finestra mobile" con spostamento progressivo lungo la serie, definito passo, pari a 1 giorno. Questo ha permesso di svincolare i dati ottenuti, da analisi legate a termini calendariali come ad esempio i valori mensili, settimanali (Benedetti A.I. *et alii*, 2005).

Dopo aver calcolato le cumulate devono essere stabilite le ampiezze delle classi di precipitazioni, la cui definizione deriva dal dettaglio che si vuol ottenere con l'analisi; in questo studio l'ampiezza è stata stabilita in 20 mm. Successivamente viene calcolata la frequenza delle diverse classi nell'insieme delle cumulate.

La figura 47 riporta come esempio l'istogramma di frequenza delle precipitazioni cumulate su 30 giorni per la stazione di Nicastro bella ottenuti dall'analisi dei valori di precipitazioni del periodo 1988 fino a Febbraio 2009. Come è possibile osservare, l'istogramma mostra una distribuzione nettamente asimmetrica che tende ad risultare più accentuata per periodi di cumulo più brevi.

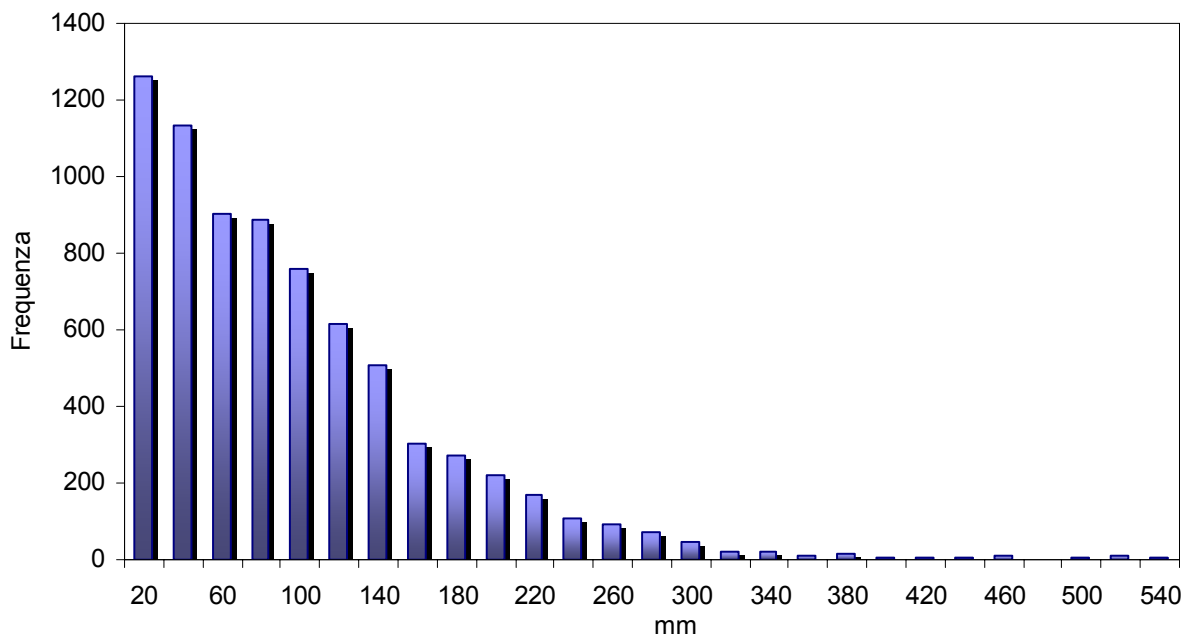


Figura 47: Istogramma di frequenza delle classi di precipitazione cumulate su 30 giorni per la stazione di Nicastro Bella.

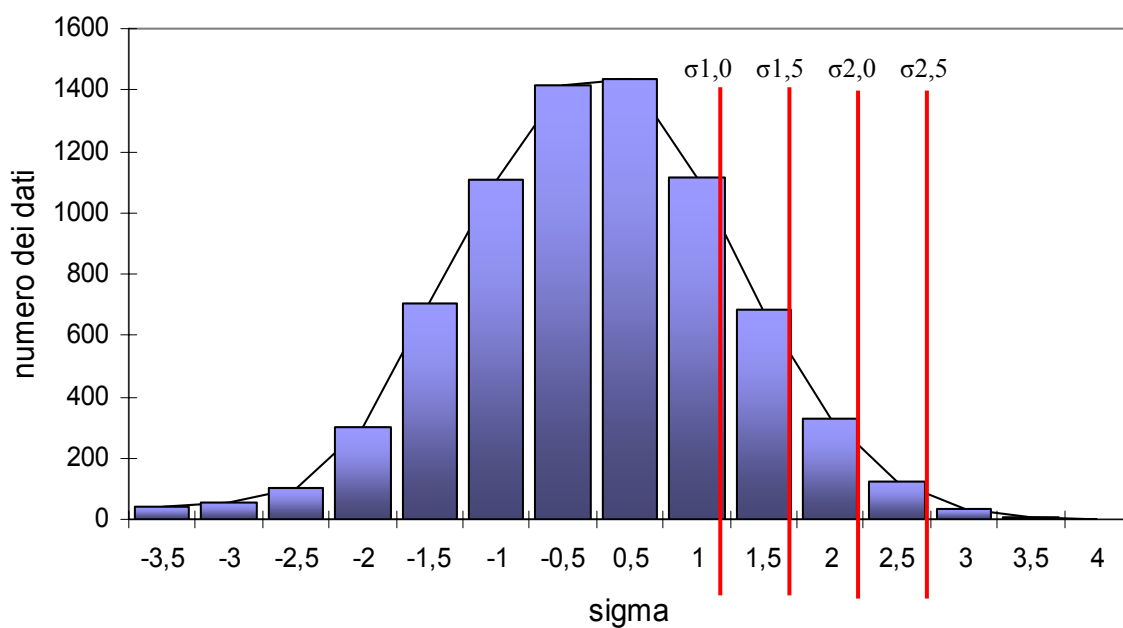


Figura 48 - precipitazioni della stazione di Nicastro - Bella (1988-2009) cumulate su 30gg cumulate.

Tale asimmetria rappresenta un limite per la trattazione dei dati in quanto non può essere applicato il modello della distribuzione normale. Infatti, il requisito essenziale per l'individuazione dei dati anomali nella serie è la possibilità di associare un valore di probabilità di accadimento a ciascun valore di precipitazione. Il passaggio successivo è quindi quello di trasformare la distribuzione originale adattando i dati iniziali ad una funzione scelta

come modello (Goovaerts P., 1997). Generalmente, per la rappresentazione di variabili con distribuzione asimmetrica caratterizzata da un basso numero di valori estremi, viene utilizzata la curva di Gauss come funzione di riferimento (fig.48). Questa procedura di trasformazione è stata eseguita automaticamente dal programma "CreaSigma" (Agarini I. & Sartore M., 2007) e con la trasformazione della distribuzione originale in quella di Gauss è stato possibile calcolare il valore della deviazione standard (σ). Si sono dunque considerati come valori soglia i valori positivi della deviazione standard, secondo dei livelli crescenti di criticità (fig.49).

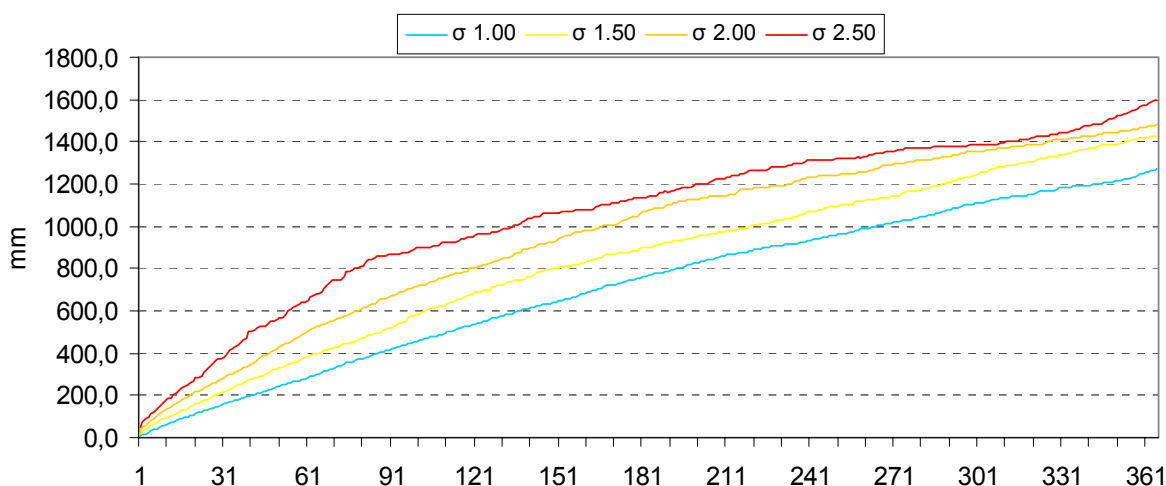


Figura 49 - Esempio di curve di probabilità pluviometrica calcolate con il periodo di cumulo da 1 a 365 gg per la stazione di Nicastro Bella (1988-2009) (Del Maschio *et Al.* 2006).

Oltre alla scelta dei valori soglia, è molto importante scegliere un adeguato valore per il periodo di cumulo. Infatti i valori da scegliere, come osservato, variano a seconda del tipo di evento di frana che si desidera analizzare: per frane superficiali, che interessano solo la coltre detritica, i tempi di risposta sono attorno alla decina di giorni, quindi un periodo di cumulo di dieci giorni è adatto per questo tipo di frane; per le frane profonde, specialmente laddove vengono coinvolti orizzonti più resistenti alle forze di taglio e laddove si ha una diminuzione della permeabilità degli strati, assumono molta importanza le precipitazioni cadute e cumulate nelle settimane e nei mesi precedenti al fenomeno di frana, e per questo verrà impostato un periodo di cumulo da 30 fino a 365 giorni, a seconda della valutazione dei parametri precedentemente menzionati.

5.3 APPLICAZIONE DEL MODELLO ALL'AREA DI STUDIO

La prima fase del lavoro è consistita nell'acquisizione dei dati storici, sia pluviometrici che relativi alle date di avvenimento dei dissesti. In seguito, in base alle caratteristiche dei dati

disponibili e alle caratteristiche fisiche del bacino, si è cercato in letteratura la metodologia più idonea da applicare all'area. Alla ricerca dei dati e di un modello valido è seguita la fase di creazione dei database, per i dati di pioggia e di temperatura, sotto forma di fogli di calcolo elettronici. Questi database sono serviti sia per l'individuazione delle soglie critiche di innesco delle frane, sia per individuare le caratteristiche climatiche dell'area studiata e delle aree limitrofe. Le stazioni usate nella fase preliminare dello studio, sono le stesse usate per la definizione del clima dell'area, ma per l'applicazione del modello è stata considerata la stazione di Nicastro-Bella, con la serie di misure che vanno dal 1988 a fine Febbraio 2009, in quanto la più rappresentativa del clima medio del bacino, è anche l'unica stazione al momento attiva e con una serie di dati continua e omogenea.

Il database storico delle frane è stato costruito in base ai dati ricavati dall'interpretazione delle misure inclinometriche relative alla frana sita in località Casturi e alle testimonianze dirette dei residenti nell'area. Tali dati sono stati poi confrontati con i dati di pioggia per controllare le corrispondenze ed eliminare gli errori di interpretazione o quelli delle interviste.

Gli eventi principali studiati che hanno interessato l'area fanno riferimento ai movimenti di versante che hanno interessato la località di Casturi. Anche se nello studio sono state considerate solo le frane che hanno coinvolto la copertura detritica, visto che nell'area interessata dalla frana, le coltri hanno spessori anche superiori ai 20 metri è sembrato un buon esercizio confrontare, in alcuni casi, le cumulate di pioggia con periodi di cumulo superiori ai 10 giorni.

Gli eventi considerati sono:

- 21 Gennaio 1998
- 13 Giugno 1998
- 07 Aprile 2000
- 08 Ottobre 2000
- 23 Novembre 2008
- 11 Dicembre 2008
- 25 Gennaio 2009
- 12 Febbraio 2009

5.3.1 Evento del 21 Gennaio 1998

L'evento del 21 Gennaio 1998 è uno dei tanti eventi meteorici che nell'inverno tra il 1997 e il 1998 hanno colpito l'area e provocato danni a strade e abitazioni, e dato il via alle indagini geognostiche sulla frana sita in località Casturi. Fin dal mese di Ottobre le piogge sono state

abbondantemente sopra la media annua per la stazione di Nicastro–Bella (+58,4 mm a Ottobre e +89,9 mm a Novembre), e lo stesso si può dire per il mese di Gennaio 1998. Nei mesi precedenti l’evento sono stati vari i dissesti in tutto il bacino, caratterizzati da scivolamenti superficiali e profondi, verificatisi nei mesi di Ottobre e Novembre. Purtroppo però nessuna data di attivazione di movimenti franosi precisa è disponibile per i mesi precedenti a Gennaio. Nel mese di Dicembre e per quasi tutto il mese di Gennaio le piogge si sono mantenute nella media stagionale per poi aumentare di nuovo dal 15 di Gennaio. In meno di dieci giorni le precipitazioni hanno raggiunto il valore di 129,4 mm di pioggia, contro i 106,6 della media mensile. Dalla tabella 20 e dalla figura 50, che fanno riferimento alle piogge cumulate relative ai 10 giorni antecedenti al 21 Gennaio, si può notare che il superamento delle soglie di $\sigma > 1,00$ e $\sigma > 1,50$ avvenuto il giorno 19, corrisponde alla movimentazione di masse di detrito superficiale osservate in molte aree del bacino del Torrente Piazza e nei bacini adiacenti, mentre i giorni 20 e 21, in concomitanza con movimenti di versante più importanti, sono stati quasi superati i valori corrispondenti a $\sigma > 2,00$ (tabella 20 e figura 50).

Data	Cumulate (mm)	1.00 σ	1.50 σ	2.00 σ	2.50 σ
12/01/98	0,2	4,8	14,6	28,0	45,4
13/01/98	0,4	12,6	26,0	45,0	71,2
14/01/98	0,4	19,6	36,6	60,0	87,4
15/01/98	2,6	25,4	45,4	73,4	101,2
16/01/98	10,0	31,4	54,4	82,8	112,0
17/01/98	25,6	37,4	63,0	92,6	119,8
18/01/98	25,8	43,4	71,0	103,0	136,2
19/01/98	82,6	49,2	78,2	111,8	148,4
20/01/98	118,2	54,8	85,8	118,8	159,8
21/01/98	129,4	60,0	92,2	130,0	168,6

Tabella 20: Valori pluviometrici e delle deviazioni standard dell'evento del 21 Gennaio 1998 per la stazione di Bella.

C'è anche da notare che i fenomeni gravitativi avvengono in condizioni di eccedenza idrica del suolo, condizione raggiunta già nei mesi di Novembre e Dicembre e che quindi il terreno è in condizioni sature.

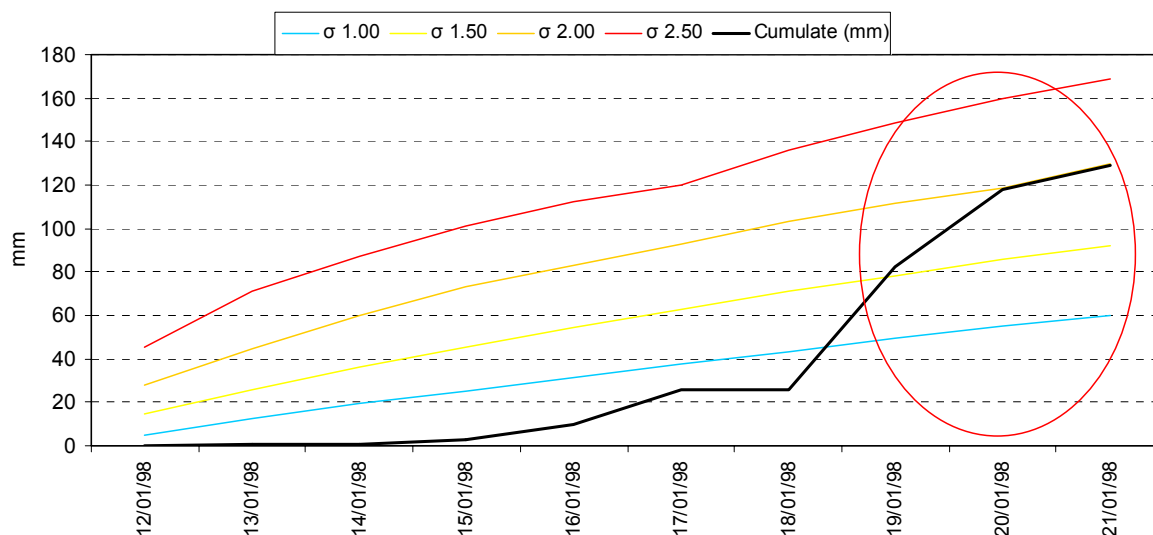


Figura 50 - Curve di probabilità pluviometrica con sovrapposizione della sequenza di precipitazioni cumulate su 10 giorni per l'evento del 21 Gennaio 1998, registrate dalla stazione di Nicastro – Bella.

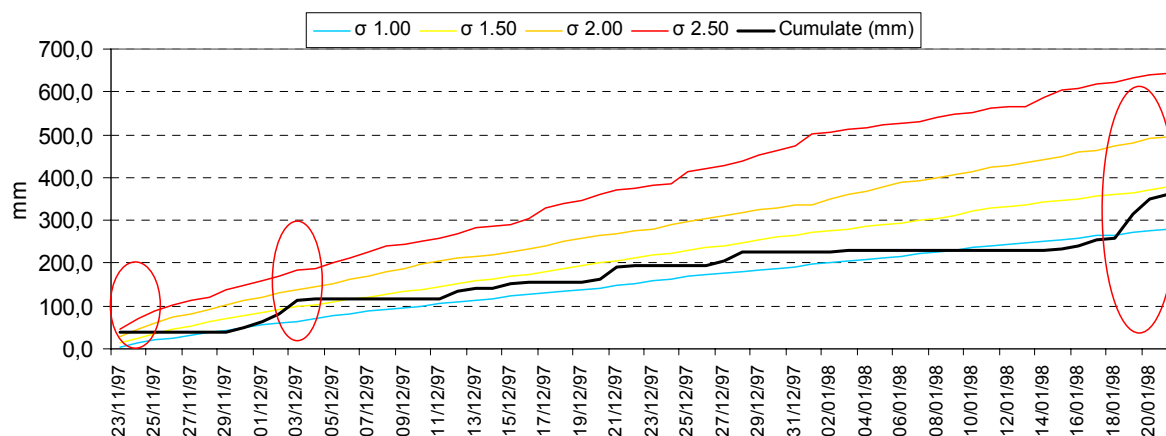


Figura 51 - Curve di probabilità pluviometrica con sovrapposizione della sequenza di precipitazioni cumulate su 60 giorni per l'evento del 21 Gennaio 1998, registrate dalla stazione di Nicastro – Bella.

Se si guarda lo stesso evento usando una finestra di 60 giorni (fig. 51), si può notare come la soglia pluviometrica $\sigma > 2,00$ viene superata già il 23 Novembre del 1997, la 1,50 σ viene superata nuovamente il 3 Dicembre, per la maggior parte del periodo i valori di pioggia cumulata rimangono al di sopra della $\sigma > 1,00$, a conferma del fatto che in tutto il periodo si sono verificate delle frane in tutto il bacino. Si nota anche la quasi mancanza di piogge nel periodo che va dal 29 Dicembre al 14 Gennaio e che maschera in parte l'evento del 21. Con una finestra di 90 giorni si eliminano in parte gli effetti di mascheramento dovuti alla mancanza di pioggia delle prime settimane di Gennaio, si può notare che la sequenza delle cumulate già il 24 Ottobre supera la soglia di $\sigma > 2,50$, purtroppo però non si ha a disposizione nessuna informazione precisa sulle date di attivazione di frane precedenti al 21 Gennaio. Si può solo dire che agli eventi di frana che hanno interessato la località di Casturi nell'inverno nei mesi precedenti a Gennaio 1998, sembrano corrispondere ai vari episodi di

superamento della $\sigma > 2,00$ avvenuti tra la seconda decade di Novembre e la seconda decade di Dicembre 1997. Eventi ben visibili anche con finestre mobili con ampiezza di 60 e 90 giorni (fig. 51 e 52).

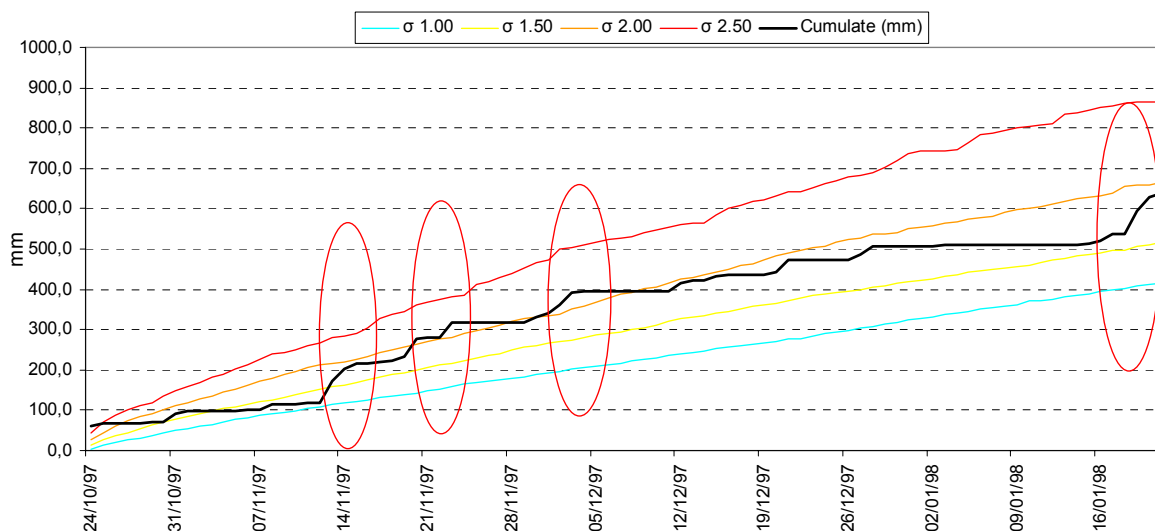


Figura 52 - Curve di probabilità pluviometrica con sovrapposizione della sequenza di precipitazioni cumulate su 90 giorni per l'evento del 21 Gennaio 1998, registrate dalla stazione di Nicastro – Bella.

5.3.2 Evento del 13 Giugno 1998

La data del 13 Giugno 1998 corrisponde all'unico evento pluviometrico importante avvenuto tra la data di messa in esercizio del tubo inclinometrico S1 (10 Giugno 1998) e la data corrispondente alla prima lettura strumentale (24 Giugno 1998). Lettura che non ha dato nessun risultato in quanto il tubo è risultato inutilizzabile. Le cause della rottura del tubo non sono note, è potrebbero essere di varia natura. Una prima ipotesi si basa sull'idea che il tubo iclinometrico possa essere stato coinvolto da un movimento di frana che lo ha deformato a tal punto da renderlo inutilizzabile. La seconda possibilità è che il tubo sia stato messo in opera in maniera errata, da qui la sua incapacità a fornire misure inclinometriche.

In base alla prima ipotesi è stata sovrapposta la cumulata delle piogge antecedenti all'evento meteorico del 13 Giugno (in cui in un solo giorno si sono registrati 24 mm di pioggia) alle curve delle soglie di criticità, Nella sovrapposizione delle curve non c'è nessun superamento delle soglie critiche (fig. 53), e quindi nessuna eventuale correlazione con un ipotetico movimento di versante, come invece avvenuto per l'evento del 21 Gennaio 1998. Qualora la rottura del tubo inclinometrico fosse avvenuta a causa di una frana, il procedimento usato non avrebbe dato nessun risultato con una finestra mobile di 10 giorni.

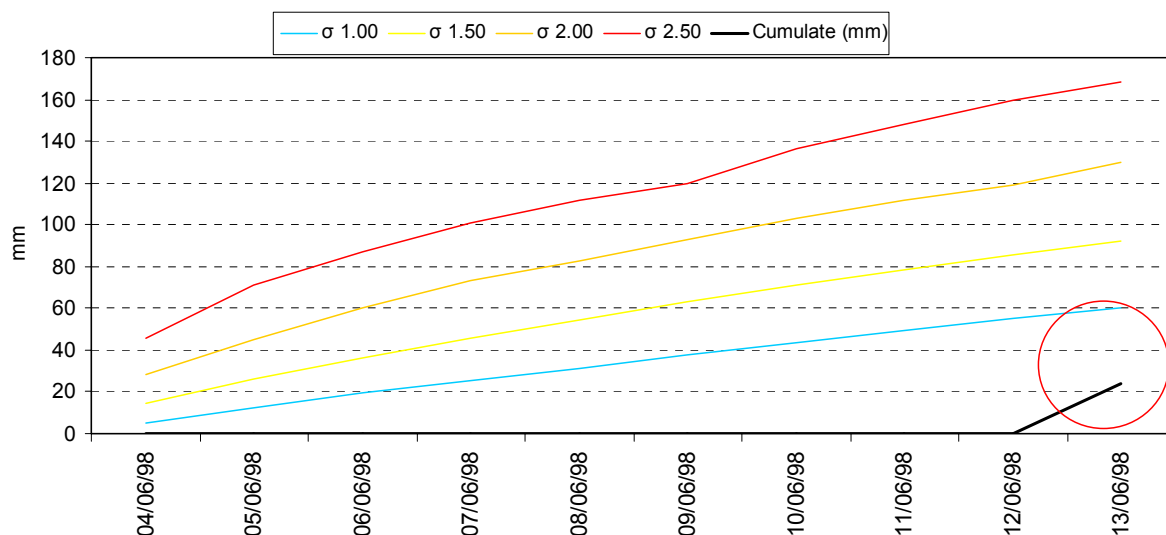


Figura 53 - Curve di probabilità pluviometrica con sovrapposizione della sequenza di precipitazioni cumulate su 10 giorni per l'evento del 13 Giugno 1998, registrate dalla stazione di Nicastro – Bella.

5.3.3 Evento del 07 Aprile 2000

L'evento del 7 Aprile 2000 trova riscontro nelle misure inclinometriche lette il 30 Giugno 2000 e che hanno registrato dei movimenti di alcuni mm a 13 e a 23 metri sotto al piano campagna nel tubo inclinometrico S2, a 23 m nel tubo S3 e a 4 e 13 metri nel tubo S4. Confrontando la curva delle piogge cumulate per i dieci giorni antecedenti all'evento di frana, si può constatare il superamento della soglia $\sigma > 1,00$ e l'intercettazione della $\sigma > 1,50$, e quindi la correlazione tra gli eventi di frana registrati dagli inclinometri e il superamento delle soglie critiche (fig. 54).

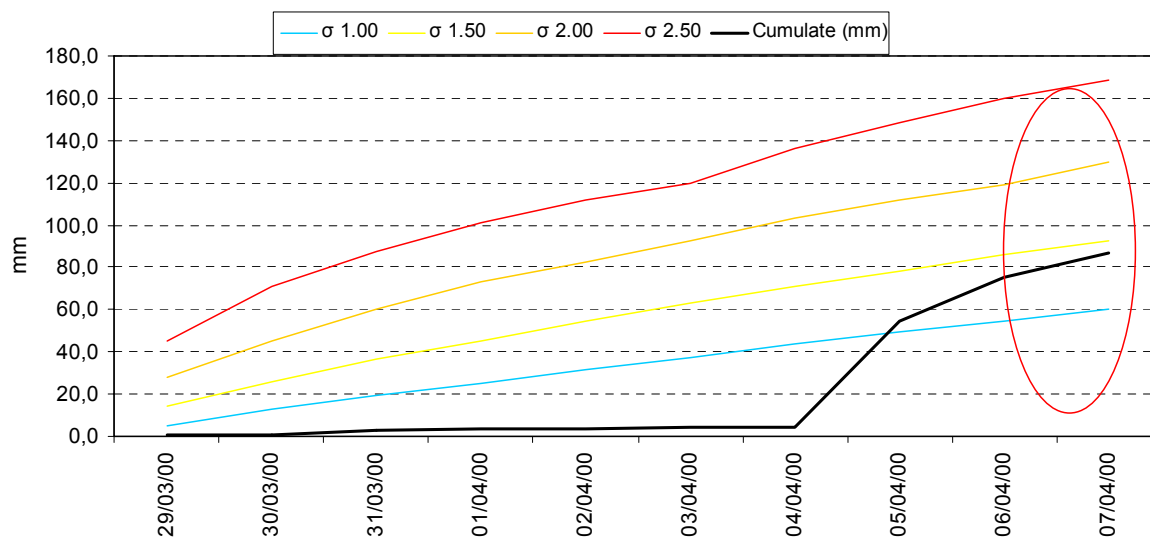


Figura 54 - Curve di probabilità pluviometrica con sovrapposizione della sequenza di precipitazioni cumulate su 10 giorni per l'evento del 7 Aprile 2000, registrate dalla stazione di Nicastro – Bella.

5.3.4 Evento dell'08 Ottobre 2000

Tra il 30 Settembre e l'8 Ottobre 2000, a causa di una perturbazione che ha interessato gran parte d'Italia, nella stazione di Bella sono stati registrati 163,4 mm di pioggia e cioè quasi 60 mm di pioggia in più rispetto alla media mensile del mese di Ottobre. In tutto il bacino del T. Piazza e in quelli vicini sono stati registrati intensi fenomeni di dissesto, e in località Casturi si sono verificati dei movimenti di versante sia superficiali che profondi, misurati dagli inclinometri e avvertiti dalla popolazione.

Data	Cumulate (mm)	1.00 σ	1.50 σ	2.00 σ	2.50 σ
29/09/2000	0,0	4,8	14,6	28,0	45,4
30/09/2000	17,2	12,6	26,0	45,0	71,2
01/10/2000	17,2	19,6	36,6	60,0	87,4
02/10/2000	27,8	25,4	45,4	73,4	101,2
03/10/2000	29,8	31,4	54,4	82,8	112,0
04/10/2000	30,6	37,4	63,0	92,6	119,8
05/10/2000	48,0	43,4	71,0	103,0	136,2
06/10/2000	48,0	49,2	78,2	111,8	148,4
07/10/2000	92,0	54,8	85,8	118,8	159,8
08/10/2000	163,4	60,0	92,2	130,0	168,6

Tabella 21: Valori pluviometrici e delle deviazioni standard dell'evento del 08/10/2000 per la stazione di Bella.

Anche in questo caso, applicando il modello ai dati pluviometrici dell'evento che si è verificato il giorno 8, si nota una buona correlazione tra il superamento delle soglie critiche di innesco e i movimenti di versante, sia superficiali che profondi. Piccole frane e cedimenti sono avvenuti anche nei giorni precedenti all'evento di frana principale. Questi eventi, anche se di minore importanza corrispondono al superamento dei valori delle cumulate di pioggia e la soglia di 1,00 σ (fig. 55). I movimenti che invece hanno interessato il versante in località Casturi fino a profondità di oltre 23 metri dal piano campagna, corrispondono al superamento della soglia $\sigma > 2,00$, con valori prossimi a $\sigma > 2,50$.

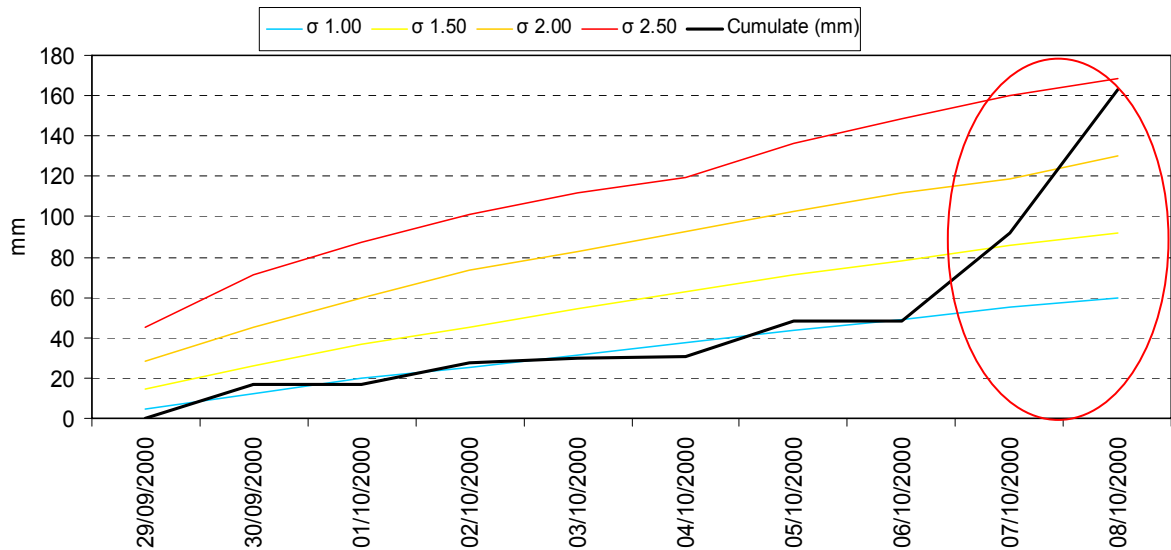


Figura 55 - Curve di probabilità pluviometrica con sovrapposizione della sequenza di precipitazioni cumulate su 10 giorni per l'evento dell'8 Ottobre 2000, registrate dalla stazione di Nicastro – Bella.

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITE

Stazione: Nicastro Bella Quota 600,0 m Lat. 38°59' N Long. 16°17' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 150 Valori calcolati sul periodo 2000 - 2000

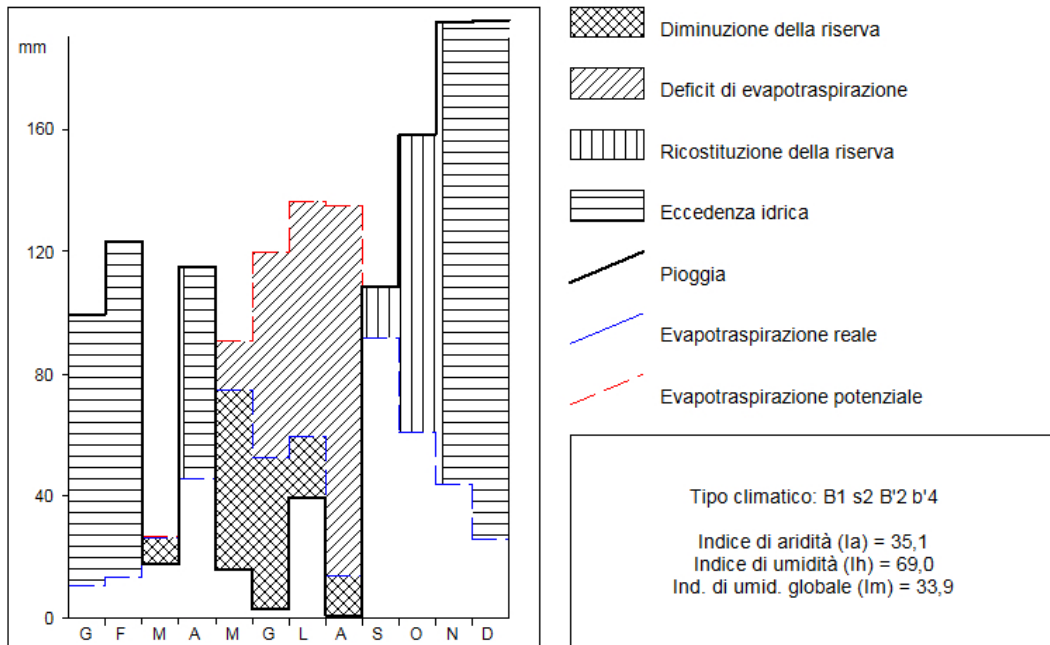


Figura 56: Grafico delle precipitazioni e dei valori di evapotraspirazione reale e potenziale per la stazione di Bella nell'anno 2000.

Al contrario dell'evento del 21 Gennaio del 1998, in questo caso gli eventi di frana si sono verificati in un momento in cui il suolo non ha ancora raggiunto la piena capacità di campo, e si è ancora nella fase della ricostituzione della riserva idrica (fig. 56). In questo caso il modello funziona bene considerando le piogge cumulate con finestre mobili di 10 giorni.

5.3.5 Evento del 23 Novembre 2008

Tra il giorno 21 e il 23 Novembre del 2008 si sono verificati intensi fenomeni di frana, più o meno superficiali, in tutta l'area del Bacino del Torrente Piazza e nei bacini limitrofi a causa delle intense piogge che hanno interessato l'intera penisola Italiana. Le frane, perlopiù sotto forma di colate di detrito, che hanno interessato i suoli e le coltri più superficiali, si sono attivate già il 21 Novembre, rendendo disagiata il transito su alcune strade private e secondarie a causa del detrito presente sul manto stradale, mentre le più profonde si sono verificate a seguito delle piogge del 22 e del 23 Novembre che hanno causato parziali crolli ai margini delle carreggiate di alcune strade secondarie. In località Casturi si sono verificati fenomeni dello stesso tipo, purtroppo però non è stato possibile reperire nessuna misura inclinometrica.

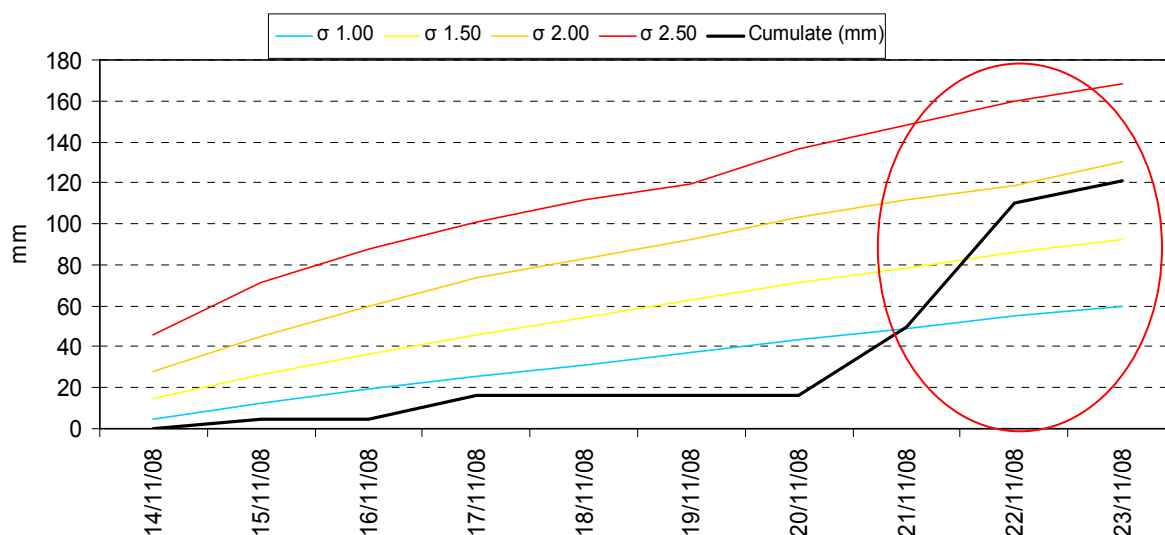


Figura 57 - Curve di probabilità pluviometrica con sovrapposizione della sequenza di precipitazioni cumulate su 10 giorni per l'evento dell'23 Novembre 2008, registrate dalla stazione di Nicastro – Bella.

Anche in questo caso esiste una buona correlazione tra gli eventi pluviometrici estremi e gli eventi di frana avvenuti nel bacino del Torrente Piazza (fig. 57).

5.3.6 Evento dell'11 Dicembre 2008

Nel mese di Dicembre si sono registrati diversi fenomeni franosi in tutto il territorio nazionale e regionale. Nel bacino del Torrente Piazza per tutto il mese sono stati registrati fenomeni di frana diffusi su tutto il territorio, e in particolare tra il 10 e l'11 Dicembre si sono verificati due eventi pluviometrici di notevole portata. In soli 2 giorni sono stati registrati 211,8 mm di pioggia pari al 20,5% delle precipitazioni medie annue. In tutto il bacino si sono verificati eventi di frana che hanno coinvolto strade e abitazioni. Nove frane hanno coinvolto

la frazione di Casturi e nel bacino del Torrente Piazza in diversi punti la strada adiacente al corso d'acqua ha subito crolli che ne hanno causato la chiusura. Purtroppo anche in questo caso non è stato possibile reperire misure, né inclinometriche né di altra natura, ma, al piede della frana di Casturi, le case descritte in precedenza hanno subito ulteriori danni.

Dalle cumulate di pioggia antecedenti all'evento pluviometrico dell'11 Dicembre si può osservare come per tutto il periodo esaminato, in concomitanza con i vari fenomeni gravitativi, le cumulate siano state ben al di sopra delle soglie critiche $\sigma > 1,0$ e $\sigma > 1,5$ e come nei giorni 10 e 11 Novembre siano state superate tutte le soglie previste (fig. 58). Purtroppo per assenza di informazioni non è stato possibile fare nessuna considerazione sui fenomeni gravitativi profondi di versante ma, per quanto riguarda l'area esaminata, tutti i fenomeni gravitativi precedentemente osservati si sono riattivati.

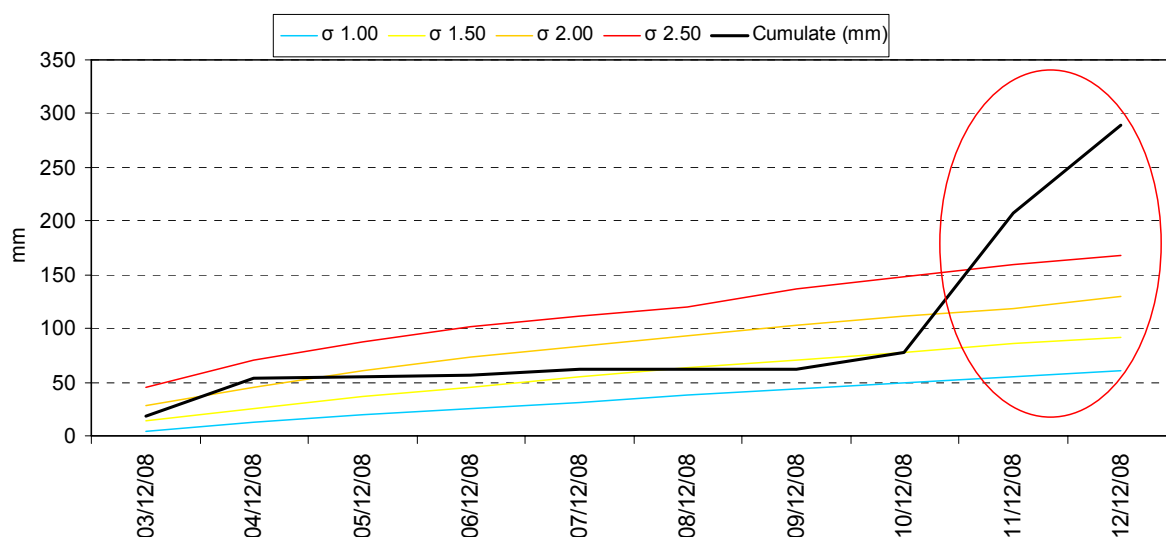


Figura 58 - Curve di probabilità pluviometrica con sovrapposizione della sequenza di precipitazioni cumulate su 10 giorni per l'evento dell'23 Novembre 2008, registrate dalla stazione di Nicastro – Bella.

5.3.7 Evento dell'25 Gennaio 2009

Come per i mesi di Novembre e Dicembre 2008 anche nel Gennaio 2009 si sono verificati vari fenomeni franosi in tutto il bacino del Torrente Piazza. Come in Novembre si sono osservate colate di fango e detriti sulle strade, e anche in questo caso in concomitanza di eventi di pioggia estremi. In figura 59 si osserva, in concomitanza con i fenomeni franosi, il superamento delle soglie di criticità con valori di σ maggiori di 1,50 e 2,00 da parte delle cumulate di pioggia in un inverno che si è dimostrato estremamente piovoso e disastroso per tutto il territorio nazionale.

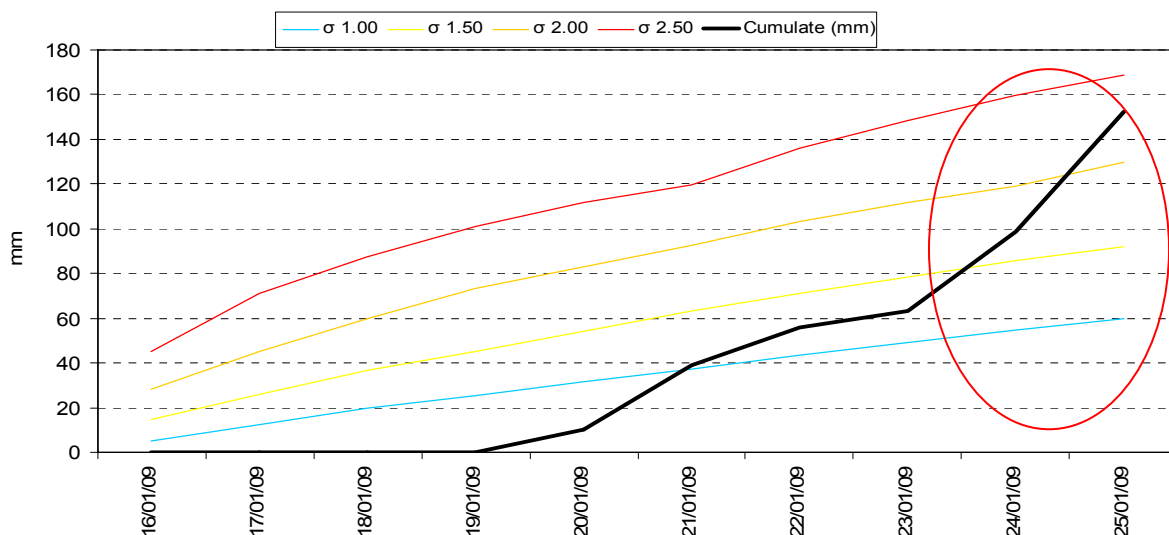


Figura 59 - Curve di probabilità pluviometrica con sovrapposizione della sequenza di precipitazioni cumulate su 10 giorni per l'evento dell'25 Gennaio 2009, registrate dalla stazione di Nicastro – Bella.

5.3.8 Evento dell'12 Febbraio 2009

In Febbraio anche se di minore entità sono stati osservati diversi movimenti di versante nel bacino del Torrente Piazza e in buona parte della Calabria. Anche per quanto riguarda gli eventi franosi dell'11 e 12 Febbraio 2009 si osserva una corrispondenza con gli eventi pluviometrici estremi che corrispondono ad un superamento del valore di σ maggiore di 1,50 (fig. 56).

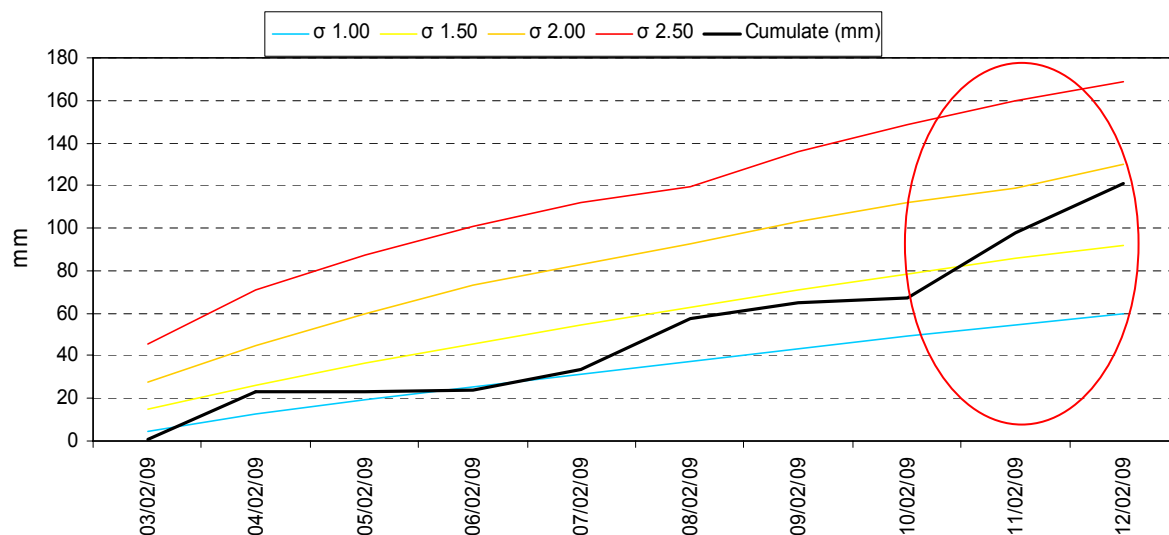


Figura 60 - Curve di probabilità pluviometrica con sovrapposizione della sequenza di precipitazioni cumulate su 10 giorni per l'evento dell'12 Febbraio 2009, registrate dalla stazione di Nicastro – Bella.

6 CONCLUSIONI

L'analisi delle sequele temporali degli afflussi idrometeorici e delle frane che si sono verificate dall'Inverno del 1998 a Febbraio del 2009 nel bacino del Torrente Piazza dimostra la sostanziale concomitanza tra i due tipi di fenomeni. Il modello statistico utilizzato per l'analisi pluviometrica ha permesso di costruire le curve di probabilità pluviometrica rappresentanti diversi livelli di criticità correlati a valori della deviazione standard comprese tra +1,0 e +2,5. Tali curve sono state poste a confronto con le sequenze pluviometriche relative agli eventi pluviometrici di lunga durata che sono culminati con movimenti delle coltri di alterazione superficiale. Considerando che sono stati considerati solo i movimenti superficiali (fino a 23 m di profondità) l'analisi statistica ha considerato gli afflussi idrometeorici antecedenti all'evento di frana secondo una cumulazione decadica, perché considerata la più consona nello studio dei movimenti gravitativi superficiali.

Lo studio dei parametri climatici del bacino e la redazione delle carte tematiche (Carta inventario dei fenomeni franosi, Carta delle acclività, Carta litologico-tecnica, Carta dell'uso del suolo e Carta dell'esposizione dei versanti) sono serviti per fare una stima dell'omogeneità del bacino del Torrente Piazza. Infatti il modello statistico utilizzato può essere applicato solo per aree omogenee sia dal punto di vista climatico e delle caratteristiche geografiche e litotecniche.

Lo studio tecnico della frana sita in località Casturi (Lamezia Terme) è servito per fare una stima degli spessori delle coltri detritiche e per l'individuazione delle superfici di scivolamento: grazie infatti all'uso di dati inclinometrici e di sezioni stratigrafiche relativi al corpo di frana è stato possibile individuare alcune superfici preferenziali di scivolamento, situate a profondità tra i 4 e i 23 metri al di sotto del piano di campagna. L'uso di questi dati è stato altresì utile per l'individuazione delle date di innesco di alcuni dei fenomeni franosi, e per verificare, dove possibile, quanto riferito dai pratici del luogo riguardo agli eventi di frana medesimi. Per la validazione del sistema sono stati altresì considerati gli eventi gravitativi di versante non collegabili a eventi pluviometrici significativi (falsi positivi) ovvero l'assenza di frane in presenza di afflussi idrometeorici intensi e prolungati (falsi negativi): tra gli otto eventi esaminati risulta solo quello del 13 Giugno 1998, anche se di natura incerta, risulta essere un falso positivo.

In base alle correlazioni occorse tra gli eventi di frana e gli eventi pluviometrici, si può affermare che il modello di ricerca delle soglie pluviometriche di attenzione e criticità rappresenta un valido strumento per la previsione degli eventi meteorici capaci di innescare

dissesti, e che risulta adeguato anche per la previsione in tempo reale della pericolosità pluviometrica, in linea con quanto stabilito dalla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 Febbraio 2004, e dalle attuali procedure dei Centri Funzionali Regionali.

7 BIBLIOGRAFIA

- AGARINI I. & RAPETTI F. (2008) – Movimenti franosi a Galliciano in Garfagnana (Toscana) nel novembre 2000: un tentativo di definizione delle soglie pluviometriche di innesco dei movimenti franosi. In Atti del Convegno in onore del prof. A. Biancotti – Dipartimento di Scienze della Terra – Università di Torino.
- AGARINI I. & SARTORE M. (2007) – Programma informatico-statistico per la determinazione delle curve di probabilità pluviometrica (CreaSigma) non brevettato.
- BELVEDERE G. (2006) Relazione geologico-geotecnica – Area in frana in località Calia-Casturi-Annunziata di Lamezia terme. Comune di Lamezia Terme.
- BISCI C., FAZZINI M., RAPETTI F. (2008) – *Gli afflussi idrometeorici in Italia*. In: Atlante Tematico delle Acque d'Italia. Stamperia Brigati, Genova: 21-28.
- BENEDETTI A.I., CASAGLI N., DAPPORTO S., PALMIERI M. & ZINONI F. (2005) – Modello statistico per la previsione operativa dei fenomeni franosi nella Regione Emilia-Romagna. Boll. Soc. Geol. It., 124, pp. 333-344.
- BONARDI ET AL (1982) - Osservazioni sull'evoluzione dell'Arco Calabro Peleoritano nel miocene inferiore: La Formazione di Stilo-Capo d'Orlando. Boll. Soc. Geol. It. 99, 365-393.
- CAINE N. (1980) – The rainfall intensity-duration control of shallow landslides and debris flows. Geografiska Annal, 62A, pp. 3-27.
- CAMPBELL R.H. (1975) – Soil slips, debris flows, and rainstorms in the Santa Monica mountains and vicinity, Southern California. U.S. Geological Survey, Professional Paper 851.
- CASTIGLIONI, Gb. (1979) - *Geomorfologia*, Hoepli, Milano
- CARRARA A. (1983). A multivariate model for landslide hazard evaluation. Mathematical Geology, 15, 403-426.
- CARRARA A. (1989). Landslide hazard mapping by statistical methods: a "black-box" model approach. Proc. of the Workshop on Natural Disasters in European-Mediterranean Countries, Perugia, CNR- US NFS, 427-445.
- CARRARA A., CARDINALI M., DETTI R., GUZZETTI F., PASQUI V., REICHENBACH P. (1991). GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard. Earth Surface Processes and Landsform, 16, 427-445.
- CARRARA A., CARDINALI M., GUZZETTI F. (1992). Uncertainty in assessing landslide hazard and risk. ITC Journal, The Netherlands, 2, 172-183.
- CARRARA A., CARDINALI M., GUZZETTI F., REICHENBACH P. (1995). GIS technology in mapping landslide hazard. In: Carrara A., Guzzetti F. (Eds.), Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands, 135-175.

CASCINI L. & VERSACE P. (1986) – Eventi pluviometrici e movimenti franosi. Atti XVI Conv. Naz. di Geotecnica, 3, pp. 171-184, Bologna.

CERMINARA M. (2000). Relazione geologico-geotecnica - Dissesto in località "Casturi" del territorio comunale: indagini geognostiche e geotecniche. Comune di Lamezia Terme.

CHUNG C.H. & FABBRI A.G. (1995). Multivariate regression analysis for landslide hazard zonation. In: Carrara A., Guzzetti F. (Eds.), Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht , The Netherlands , 107-142.

CLERICI A. & DALL'OLIO N. (1995). La realizzazione di una carta della stabilità potenziale dei versanti mediante tecniche di analisi statistica multivariata e un Sistema d'Informazione Geografica. Geologia Tecnica & Ambientale, 4, 49-57.

CRITELLI S. (1999) - The interplay of lithospheric flexure and thrust accomodation in forming stratigraphic sequences in the southern apennines foreland basin system, Italy. Rend. Fis. Acc. Lincei, s.9, 10 , 257-326

CORTEMIGLIA G.C. (2002) - Messa a punto di una procedura per l'analisi climatica delle serie termopluviometriche storiche italiane con relativa applicazione esemplificativa alla serie storica di Genova (1833-2001). Quaderno N. 3. Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse dell'Università di Genova. Litocoop Tortona, pp. 1-162.

CROZIER M.J. (1996) – Magnitude/frequency issues in landslide hazard assessment in Mausbacher R. And Schulte A. (Eds) Beitrage zur Physiogeographie. Barsch T estscrift, Heidelbeger Geographische Arbeiten. Heft 104, pp. 221-236.

CROZIER M.J. (1999) – Prediction of rainfall triggered landslides: a test of the antecedent water status model. Earth Surface Processes and Landforms, 24 pp. 825-833.

DEL MASCHIO L., GOZZA G., MONNI A., PIGNONE S. & PIZZILO M. (2005) – La previsione delle frane nel Centro Funzionale dell'Emilia-Romagna. ArpaSIM – Regione Emilia-Romagna.

DE OLIVEIRA T. (1983) – Statistical extremes and application. NATO ASI Series C: Mathematical and Physical Scienze, 13.

FALASCHI F. ET AL (2007). – Metodologie di valutazione della suscettibilità di frana in alcune aree campione della Toscana settentrionale. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat.,Mem.,Serie A, 112,21-39.

FILICE E. & VERSACE P. (1990) – Identificazione delle piogge capaci di innescare movimenti franosi. XXII Conv. di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Cosenza.

GALLIANI G., POMI L., ZINONI F. & CASAGLI N. (2001) – Analisi meteoclimatologica e soglie di innesco delle frane nella Regione Emilia-Romagna negli anni 1994-1996. Quaderni di Geologia Applicata, 8, pp. 75-91.

GIULIANI P. (1893) - Memorie storiche della Città di Nicastro, dai tempi più rimoti fino al 1820. II Edizione. Stab. Tip. V. Nicotera. Nicastro.

GOOVAERTS P. (1997) – Geostatistics for Natural Resources Evaluation. Oxford University Press.

GOVI M. & SORZANA P.F. (1980) – Landslide susceptibility as a function of critical rainfall amount in Piedmont basin (NW Italy). Studia Geomorfologia Carpatho-Balanica, 14, pp. 43-61.

GOVI M., MORTARA G. & SORZANA P.F. (1985) – Eventi idrologici e frane. Geol. Appl. E Idrog., 20, pp. 395-401.

Guzzetti F., Cardinali M., Reichenbach P. (1994). The AVI Project: A bibliographical and archive inventory of landslides and floods in Italy . Environmental Management, 18 (4), 623-633.

HANSEN A. (1984). Landslide hazard analysis. In: Brunsten D., Prior D.B. (Eds.), Slope Instability. Wiley, New York , 523-602.

HANSEN A., FRANKS C.A.M., KIRK P.A., BRIMICOMBE A.J., TUNG F. (1995). Application of GIS to hazard assessment, with particular reference to landslides in Hong Kong . In: Carrara A., Guzzetti F. (Eds.), Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht , The Netherlands , 135-175.

IUFFRIDA G. (1981)“ Città-paese e realismo urbanistico - Nicastro 1782 – 1962” ed. Qualecultura – Jaca Book: 16.

MARTONNE DE E. (1941) - Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité. La Météorologie, 1: pp. 3-20.

MARUCA GIOVANNI “ Bozza di una raccolta di notizie storiche della città di Nicastro “ manoscritto di 75 pagine articolato in XX capitoli. Biblioteca Comunale di Lamezia Terme.

MARK R.K. & ELLEN S.D. (1995). Statistical and simulation models for mapping debris-flows hazard. In: Carrara A., Guzzetti F. (Eds.), Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht , The Netherlands , 93-106.

MORELLI AMODIO et AL (1976) - L'Arco Calabro Peleoritano nell'orogene appenninico-maghrebide. Mem. Soc. Geol. It., 17, 1-60.

MORGAN W., (1968) - Rises, Trenches, Great Faults, and Crustal Blocks”, *Journal of Geophysical Research* 73/6, pp. 1959-1982 ?)

NARDI R., DEL SEPIA N., COSCINI N., FALASCHI F., (2008). Valutazione della pericolosità geologica e geomorfologica: “La carta della franosità del bacino del fiume Serchio” come strumento conoscitivo ed operativo. Firenze, Ordine dei Geologi della Toscana, 2008. In Simposio del territorio e delle risorse naturali in Toscana. Pagg. 117 – 124.

PUCCINELLI A.ET AL. (2008) Valutazione della suscettibilità di frana in alcune aree della toscana settentrionale: confronto tra metodologie. Articolo in atti di congresso - Stato del territorio e delle risorse naturali in Toscana – Firenze 2008 pag 95 - 105 Ordine dei Geologi della Toscana

SOETERS, R, AND VAN WESTEN, C.J. (1996) - Slope instability recognition, analysis and zonation. In: “Special Report 247: Landslides Investigation and Mitigation” (Turner, A.K., Schuster, R.L., Eds.), Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C., Chapter 8, p. 129-177

THORNTHWAITE C.W. (1948) - An approach towards a rational classification of climate. *Geogr. Rev. American Geogr. Society*, **55**, 94.

TORTORICI L. (1982) - Lineamenti Geologico-strutturali dell’Arco Calabro Peleoritano. *Rend. Soc. It. Minerar. Petrogr.* 38 , 927-940.

VARNES D.J. (1978). Slope movements, type and processes. In: Schuster R.L. & Krizek R.J. (Eds.), *Landslides analysis and control*. Washington Transportation Research Board, Special Report 176. National Academy of Sciences , WA , 11-33.

VAN WESTEN C.J. (1993). Application of Geographical Information System to landslide hazard zonation. ITC publication no 15, ITC, Enschede, The Netherlands, 245 pp.

VERSTAPPEN H.T. (1983). *Applied Geomorphology: Geomorphological Survey for Environmental Development*. Elsevier, Amsterdam.

WIECZOREK G.F., MORGAN B.A. & CAMPBELL R.H. (2000) – *Debris flows hazards in the Blue Ridge of Centra Virginia*. *Environmental and Engineering Geoscience*, 6, pp. 3-23.

YIN K.L. & YAN T.Z. (1988). Statistical prediction model for slope instability of metamorphosed rocks. *Proc. 5th Int. Symp. on Landslides, Lausanne* , **2**, 1269-1272.

SITOGRAFIA

ISPRA (ex APAT)

www.apat.gov.it/site/_files/Rapporto_frane/Capitolo_23_Calabria.pdf

ISPRA (ex APAT)

http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Suolo_e_Territorio/Rischio_idrogeologico/

Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) APAT - Dipartimento Difesa del Suolo-Servizio Geologico d'Italia - Regione/Provincia Autonoma di Catanzaro. (2006) e www.sinanet.apat.it/progettoiffi.

Centro Cartografico della Calabria

8 APPENDICE

8.1 STORIA DEGLI EVENTI IDROGEOLOGICI A NICASTRO

Le più accurate notizie che si hanno sugli eventi calamitosi legati alle alluvioni che, nel corso dei secoli, hanno colpito la città di Nicastro si possono ricavare, oltre che dai documenti reperibili nei vari Archivi pubblici e privati, essenzialmente dalle opere di due storici locali dell'Ottocento: Pasquale Giuliani e Giovanni Maruca, nonché da un accurato lavoro dell'architetto Giovanni Iuffrida.

Il Giuliani, nel primo capitolo della sua opera dal titolo: "Sito e antichità di Nicastro", esordisce con una descrizione che è oltremodo interessante riportare con le sue stesse espressioni (Giuliani, 1893):

"L'estrema parte della penisola Italiana, che Bruzio e Magna Grecia addimandavano gli antichi, ed ora si denomina Calabria, viene quasi partita naturalmente in due da quell'Istmo che, intercedendo tra i golfi di S.Eufemia e di Squillace, Botta chiama strangolamento d'Italia. La parte del medesimo, che risponde a ponente, e dalle onde Tirrene è bagnata, si distende sul predetto lido lametico in ubertosa pianura, che dalle foci dell'Angitola alla punta Caposuvero per circa venti chilometri si dilunga e per dodici si spazia dal mare alle radici dei soprastanti appennini boreali. Da detti monti, nella parte che il declive forma della nevosa vetta Riventino, sgorgano due fiumi che il nome l'uno prende di Canne e di Piazza l'altro; e che discesi, nel piano in uno si uniscono; e vanno così ad ingrossare il non lontano S. Ippolito: e nel sito della confluenza di detti fiumi Canne e Piazza sorge a ponente la città di Nicastro fra i gradi 32,30 di longitudine; e 39,10 di latitudine a circa dodici chilometri dal mar tirreno, la quale dopo di essersi spaziata per la pianura circondata da dette due correnti sale come anfiteatro sulle colline a ponente; e sull'altra a borea; e questa parte frastagliata dal rimanente della Città dal rivolo detto del Ponticello, ora della Piedechiusa formava un dì l'antica acropoli, che cinta da mura, non più ora esistenti, e coronata da valida e potente rocca, poté gli urti e le offese rintuzzare delle barbariche genti che, nei primi secoli della nostra era, a diluvio percotavano questa misera parte d'Italia.

In quei tempi rimoti però il fiume Piazza lungi di chiudere a ponente la parte piana della città, scorreva per lo mezzo; e siccome lambiva la maggior piazza, che di convegno serviva ai cittadini e di ornamento al duomo, così da quella assunse il nome che tuttavia conserva. Similmente sulla destra sponda del Canne era com'è tuttavia un agglomerato di case, ove è

fama che ghetto fosse stato di ebrei; e che dal luogo sassoso e dirupato si è sempre nominato Timpone.

Mettendo da parte ogni considerazione sul lessico e sulla sintassi dell'erudito avv. Giuliani un fatto salta subito agli occhi: l'enorme centralità data ai fiumi o, per meglio dire, ai torrenti Canne e Piazza. Essi hanno rappresentato per Nicastro e dintorni fonte di ricchezza, oltre all'industria serica, all'agricoltura, alla ceramica o "*vasellame di terra*": sorgevano infatti in città varie strutture produttive quali i "*trappeti*" e i mulini che ciclicamente gli stessi fiumi hanno travolto il centro abitato innumerevoli volte con l'impeto delle loro acque e dei detriti, portando quasi sempre distruzione e morte. L'Autore compila un elenco dettagliato delle inondazioni che colpiscono la città e, poiché i mali non vengono mai da soli, registra che spesso le inondazioni furono precedute o seguite da gravi terremoti. La prima inondazione di cui dà notizia risale al 6 Gennaio 1563, quando il Canne e il Piedechiusa portarono a valle detriti che superavano "*i cinque metri e venti palmi*" e provocarono numerosi morti. Riporta, inoltre, notizie di un disastro avvenuto in un anno imprecisato del 1600, sicuramente prima del terremoto del 1638 quando lo straripamento del fiume Piazza, nel quartiere delle Capanne, provocò 18 vittime e trasportò un macigno ampio "*sette canne e alto ventidue palmi*". Sempre secondo il Giuliani dal 1683 tante altre inondazioni colpiscono la città, in una di queste, quella del 18 Ottobre, i danni furono enormi: in una sola notte scomparvero sotto le acque palazzi nobiliari, edifici pubblici, chiese e abitazioni private. Fortunatamente la popolazione poté mettersi in salvo grazie alla tempestiva organizzazione dei soccorsi approntata dall'abate Domenico Spada cavaliere cappellano di Malta di S. Giovanni degli Spedalieri. Egli "*ebbe la prevegenza di leggere alcuni segnali atmosferici e a tal fine pensò di vigilare e farsi circondare da uomini gagliardi avvisando col suono delle campane il suo popolo a stare vigilante. Quando durante la notte arrivò la piena, replicò il suono delle campane e coi suoi uomini poté salvare moltissimi uomini*"

Per avere un quadro più esauriente della situazione si possono integrare le notizie relative ai disastri ambientali riportate nell'opera del Giuliani, con quelle contenute nel manoscritto di Giovanni Maruca e in particolare nel XIX capitolo intitolato: "*Sulle cause che produssero i grandi alluvioni dei fiumi Piazza e Canne, che apportarono i disastri di Nicastro*". Il Maruca infatti registra alcune date che non sono riportate dal Giuliani e, se vogliamo, lo fa con un linguaggio altrettanto suggestivo.

A pag. 64 del suo manoscritto, cita l'alluvione del fiume Piazza nel 1727 in cui perirono 127 persone: "*il dieci dicembre alle ore quattro di notte il fiume si gonpiò in modo che distrusse*

una torretta di Guardia, intieramente il ponte e i fabbricati vicini la chiesa di S. Croce allagando la parte piana della città".

Delle alluvioni del Torrente Piazza del 1782 e del 1792 da notizia solo il Giuliani :

" La città nostra rimasta immune al tremuoto del 1783 (26 Febbraio) nel dicembre del 1782 era stata colpita da altra non meno calamitosa sciagura a causa di una terribile inondazione del fiume Piazza che distrusse tutta la parte piana della medesima e fece 113 morti. Due lustri scorreano di sicurezza e pace quando nel dì 2 ottobre 1792, il Piazza tornava a rinnovare ai poveri nicastresi i non obliati palpiti del 1782". Il disastro fu meno grave del precedente (33 vittime).

Mentre dell'inondazione dell'8 novembre 1823 forniscono dettagliate descrizioni sia il Giuliani che il Maruca, secondo quest'ultimo in questo frangente il *"fiume Piazza trasportò una grande quantità di grosse pietre sulla metà del Ponte di legno rimasto allo in piede che bisognò farla saltare per mezzo della polvere"* in quella stessa circostanza secondo il Maruca *"il fiume Piazza si congiunse al Canne nel suo Ponte dei Capuccini e all'opposto lato colmò di loto il pianoterreno del rione di Terravecchia, cosicchè rimase dissabitato diversi anni. In ultimo per la forte scossa di tirrimoto del 1832, a spese del Comune furono abbattuti i muri delle case rimaste abbandonate per timore del fiume, onde evitarla di potere crollare sulle persone che passavano per quella disertata via".*

Entrambi gli storici ritengono poi che tutti gli eventi calamitosi verificatisi nel territorio nicastrese nel "700" e nell'"800" siano stati causati dai profondi cambiamenti avvenuti in concomitanza alla fondazione del villaggio di S. Angelo il 16 settembre 1686, eretto a comune col nome di Platania nel 1812. Secondo il Maruca *"il disboscamento della foresta, unito alla coltivazione dei territori universali, per la crescente popolazione di Platania, furono la causa dei grandi alluvioni del fiume Piazza [.....] poiché coltivati quelli territori di posizione ripidissimi e di natura franosa, le dirotte piogge , fanno scoscendere nell'alvio del fiume un enorme quantità di pietre, di loto e di arena che unendosi alle acque acresce talmente il volume della corrente del fiume, da non potersi immaginare da colui che non vide i grandi alluvioni del fiume Piazza [.....] Così frequenti e grandi gonpiamenti del fiume richiamarono l'attenzione dell'Autorità Governativa della Provincia. E nel 1840, l'Intendente della Provincia ordinò una generale ispezione della vallata del fiume sulle norme date dalla Legge Forestale del 1836. La medesima venne eseguita dalla Guardia Generale del Circondario Silvano, assistito dall'ingegnere Provinciale e collo intervento della Deputazione dei Decurionati di Nicastro e Platania e si riconobbe che la maggior parte della vallata, era di terreni di natura appesi nome datogli dalla cennata Legge Forestale, e si*

propose il rinboschimento di una fascia di terreno lungo le due sponde del fiume, e la proibizione delli indicati terreni appesi [.....] Ora tenendosi antiquate quelle ordinanze si è generalizzata la coltivazione della vallata del fiume, e Nicastro viene minacciata d' una catastrofa peggiore di quella sofferta nel 1782. Poiché nel passato marzo 1869 il fiume Piazza trasportò tale enorme quantità di arena che colmato l' ordinario suo letto lo fece riversare nel sottoposto alvio del fiume Canne da renderlo al paro di quello del Piazza.

Il fiume Canne, per la causa medesima, si rese pure rovinoso alla città ma in minore proporzione, per la natura più solida del terreno della sua vallata, pure tutta coperta di boschi, e pel più breve suo corso. [.....]

Ora perché la vallata del fiume trovasi tutta coltivata e pel detto riversamento nel suo alvio del Piazza, il fiume Canne minaccia la città di fargli soffrire novelle grandi rovine".

In verità già nel 1727, dopo l'ennesima alluvione che aveva parzialmente distrutto il ponte murato del fiume Piazza, l'Università di Nicastro chiese di imporre, a carico degli abitanti di Platania, la "*proibizione della coltura nelle colline adiacenti a' fiumi*" e "*l'imposizione inter cives*" di una tassa per costruire "*due grandi muraglioni di fabbrica*" a salvaguardia della città.

Il progetto, però, non fu realizzato e varie furono le alluvioni dei due torrenti nei decenni successivi, la più calamitosa quella del 10 Dicembre 1782 che, come già detto, provocò 113 morti. A questo punto anche il Re sentì l'esigenza di intervenire commissionando un progetto al "*tavolaio*" Dr. Gaetano de' Tommaso il quale pensò a due soluzioni: costruire argini sul fiume e proibire la coltura sulle colline. Purtroppo il terremoto del 1783 impedì l'attuazione del progetto che non venne nemmeno approvato dalla Regia Camera .

Stesso destino ebbe il progetto di sistemazione del Piazza affidato all'ing. Ermenegildo Sintès, allievo di Luigi Vanvitelli, dopo che il fiume era ancora una volta straripato nell'Ottobre del 1792. L'ing. suggerì la realizzazione di "*chiuse e stramazzi in legname o di muratura e la costruzione di una chiusa all'altezza della Pietra di Savia*" la mancanza di fondi ed un'altra inondazione nell'Aprile del 1793 impedirono la realizzazione dell'opera. Infine l'ing. idraulico Carlo Pollio riprese l'idea progettuale del Sintès, integrandola con la soluzione adottata da Nicola Vivencio per il Vallo di Diano, proponendo di costruire le chiuse con "*ceppi di alberi intessuti con più minuto legname*" e di eliminare "*le crude svolte*" del Torrente "*fortificando le ripe e ripristinando i terreni montuosi attorno alla pianura di Nicastro allo antico imboscamento*".

Durante il decennio francese (1796-1806) tutto sembra procedere verso la riappropriazione del territorio da parte della comunità, in realtà, la necessità di un "*più agevole controllo*

militare del territorio", tramite la costruzione di nuove strade, determina un selvaggio disboscamento. Nei primi anni della Restaurazione il Comune intraprende i lavori di arginazione del Torrente Piazza che esonda l' 8 Novembre 1823 *"portando un macigno di smisurata grandezza"* all'altezza del ponte di legno che dovrà essere minato per sgombrarne il passaggio. Nel 1860 l'alluvione del Piazza provoca la perdita di molte case nel sobborgo Terravecchia e, dal 1862 al 1878, si registrarono numerosi episodi di straripamento come quello del 2 Novembre 1871 quando *"molte famiglie rimangono senza tetto"*.

Ma è nel periodo compreso tra il 1871 e il 1878 che il Piazza forma *"il suo cono di deiezione asportando enormi massi del volume di parecchi metri cubi ciascuno"*, inoltre, in prossimità del centro abitato, amplia il proprio alveo fino a portarlo alla larghezza di 150 metri, occupando praticamente tutto lo spazio libero compreso tra i macelli comunali e il quartiere di Terravecchia. Intanto facoltosi privati e il Comune il 20 Maggio 1877 si erano costituiti in Consorzio per un'arginazione provvisoria e per il prolungamento del muraglione costruito sul lato sinistro del fiume dopo l'alluvione del 1876. Dei lavori fu incaricato l'ing. Salvati che approntò un progetto sia per la sistemazione montana del corso d'acqua, sia per l'inlveazione artificiale nel suo corso di deiezione fino al S.Ippolito. Le opere, però, non furono realizzate a causa degli alti costi relativi all'escavazione .

Il susseguirsi delle impietose piene dal 1876 al 1878 costrinse, in ogni caso, il Comune a realizzare un argine sinistro *"chiuso in una cassa di pali intrecciati con vimini il cui nucleo è costituito da breccia del Torrente e il petto di sasso a secco"* nel frattempo il fiume si era aperto una nuova via sulla destra al di là di Terravecchia mentre per effetto della legge del 20/06/1877 il bacino montano fu sottoposto a vincolo forestale determinando un cambiamento tecnico radicale rispetto all'assetto idrogeologico del territorio, appunto perché il rimboschimento venne considerato *"il Golia dei rimedi"*.

L'inizio del XX secolo registra il costituirsi di un *"Comitato per l'esecuzione delle opere di bonifica nel territorio tra il Capo Suvero e la foce dell'Angitola"* (Luglio 1903) che vede il Torrente Piazza chiamato in causa insieme ai fiumi Cantagalli e Bagni. Ma, a causa della carenza di organicità negli interventi e dei difetti progettuali, il Piazza, nonostante i continui interventi di consolidamento anche nel 1910 è soggetto a movimenti franosi e, poiché i lavori di sistemazione non sono ancora ultimati neanche nel 1920, l'ufficio del Genio Civile negherà al Comune l'autorizzazione ad eliminare l'argine che permetterebbe di creare suoli edificatori. L'autorizzazione alla demolizione del suddetto argine arriverà nel 1922 per concessione del Ministero dei Lavori Pubblici. Negli anni trenta ormai la regimazione delle acque del Torrente Piazza venne considerata assicurata, però nel 1933 e 34 le alluvioni provocarono preoccupanti

movimenti franosi nei pressi del rione S. Teodoro, nel 1938 una frana interessò il bosco di S. Antonio danneggiando seriamente l' Ospedale Civile, mentre il 17 Febbraio 1940 crollò il ponte in legno che serviva da collegamento al rione S. Teodoro.

Nel corso della Seconda guerra mondiale poi i nicastresi, oltre a dover fronteggiare i danni provocati dai bombardamenti aerei, devono fare i conti con quelli causati dall'alluvione del 27 Novembre 1944, che interessò oltre 50 fabbricati del rione Timpone.

8.2 CARTE ED ELABORATI

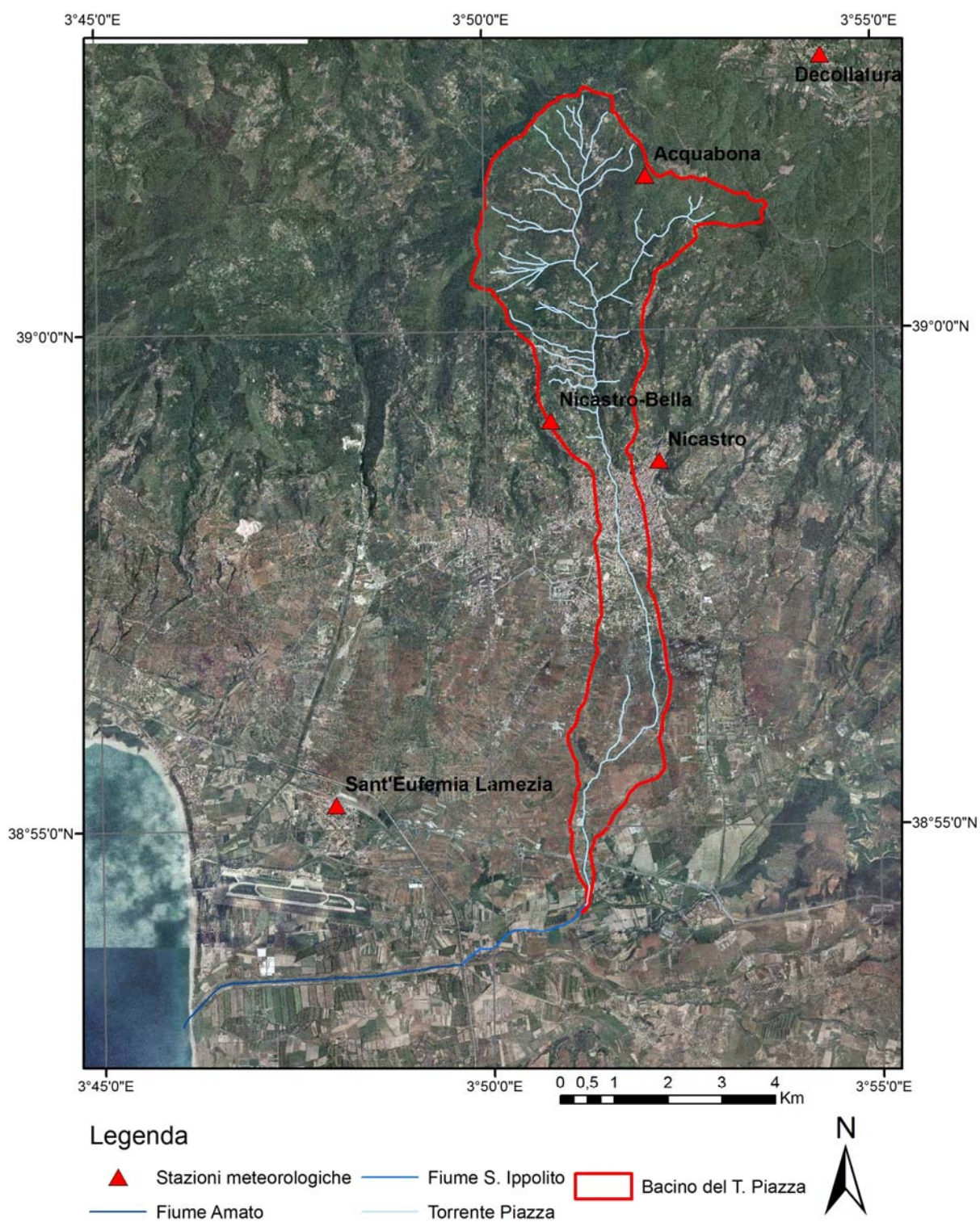


Figura 61: Ubicazione delle stazioni meteorologiche prese in esame e del bacino del Torrente Piazza. (Ortofoto: Centro Cartografico della Calabria).

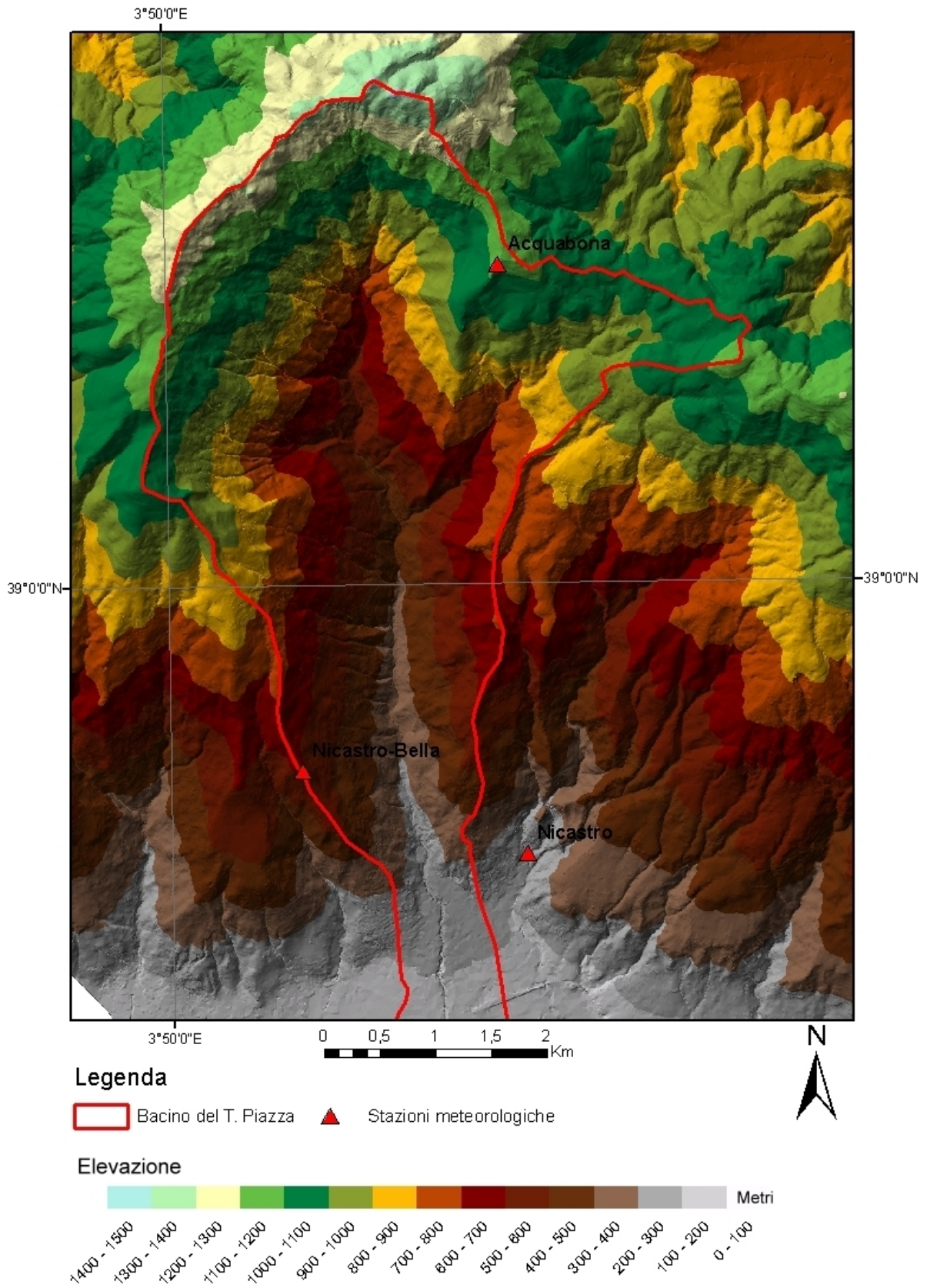
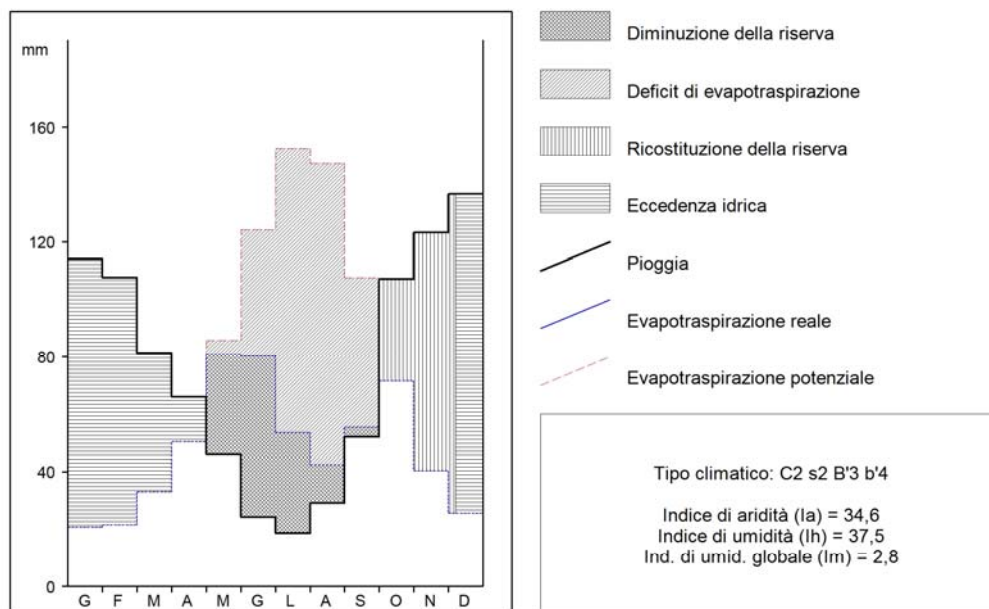


Figura 62: Modello altimetrico digitale dell'area di studio elaborato dai dati forniti dal Centro Cartografico della Calabria.

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITTE

Stazione: Sant'Eufemia Quota 25,0 m Lat. 38°55' N Long. 16°15' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 150 Valori calcolati sul periodo 1950 - 2000
 Anno Medio



INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)												
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	
67,4	62,6	44,3	32,3	19,4	9,0	6,4	9,9	19,0	44,2	59,1	75,1	
Indice annuo di aridità di De Martonne (1923)		Dm	33,2									
Indice di aridità di De Martonne (modif. 1941)		DMm	19,8									
Indice di aridità di Bagnouls-Gaussen (1953)		BG	73,8									
Indice di aridità di Bagnouls-Gaussen (mod. 1957)		BGm	59,0									
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)		IF	41,3% (Nov Dic Gen)									
Indice di erosione (Fournier modificato)		IFm	20,6									
Indice capacità erosiva del clima (CORINE 1990)		IFco	96,5									
Angolo di continentalità di Gorzinski (1930)		GOR	20,4									
Angolo di continentalità di Gorzinski (modif. 1951)		GORm	19,9 (Tmin = 10,3)									
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)		EMB	206,0									
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)		Turc	687,4									
Angolo di continentalità di Gams ()		Gams	1,6									

Figura 63: Stazione Meteorologica di Sant'Eufemia. Classificazione climatica secondo il metodo di Thornthwaite – Mather e grafico inerente all'acqua nel suolo calcolati in base ai dati mensili medi per il periodo compreso tra il 1950 e il 2000 (Dati: Centro Funzionale della Calabria, modificati).

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTWHAITE

Stazione: Sant'Eufemia Quota 25,0 m Lat. 38°55' N Long. 16°15' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 150 Valori calcolati sul periodo 1950 - 2000
 Anno Medio

Esponente 'm': 1,00 (Formola di Thornthwaite-Mather)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
T	10,3	10,6	12,0	14,5	18,4	22,5	25,0	25,4	22,9	19,1	15,0	11,8	17,3
P	114,0	107,5	81,3	65,9	45,9	24,3	18,6	29,1	52,0	107,1	123,2	136,5	905,4
EP	20,7	21,6	33,1	50,3	85,6	124,2	152,6	147,1	107,5	71,5	40,4	25,6	880,3
P-EP	93,3	85,9	48,2	15,6	-39,7	-99,9	-134,0	-118,0	-55,5	35,6	82,8	110,9	25,1
A.P.WL	0,0	0,0	0,0	0,0	-39,7	-139,6	-273,7	-391,7	-447,2	0,0	0,0	0,0	
ST	150,0	150,0	150,0	150,0	115,1	59,1	24,2	11,0	7,6	43,2	126,0	150,0	
C.ST	0,0	0,0	0,0	0,0	-34,9	-56,0	-34,9	-13,2	-3,4	35,6	82,8	24,0	
AE	20,7	21,6	33,1	50,3	80,8	80,3	53,5	42,3	55,4	71,5	40,4	25,6	575,5
D	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	43,9	99,1	104,8	52,1	0,0	0,0	0,0	304,8
S	93,3	85,9	48,2	15,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	86,9
RO	68,4	77,2	62,7	39,2	19,6	9,8	4,9	2,4	1,2	0,6	0,3	43,6	329,9
S.M.RO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T.RO	68,4	77,2	62,7	39,2	19,6	9,8	4,9	2,4	1,2	0,6	0,3	43,6	329,9
TD	218,4	227,2	212,7	189,2	134,7	68,9	29,1	13,5	8,8	43,8	126,3	193,6	

Tipo climatico: C2 s2 B'3 b'4 (equivalente in acqua della neve: 0,0 mm)

Indice di aridità (Ia) = 34,6 Indice di umidità (Ih) = 37,5 Indice di umidità globale (Im) = 2,8

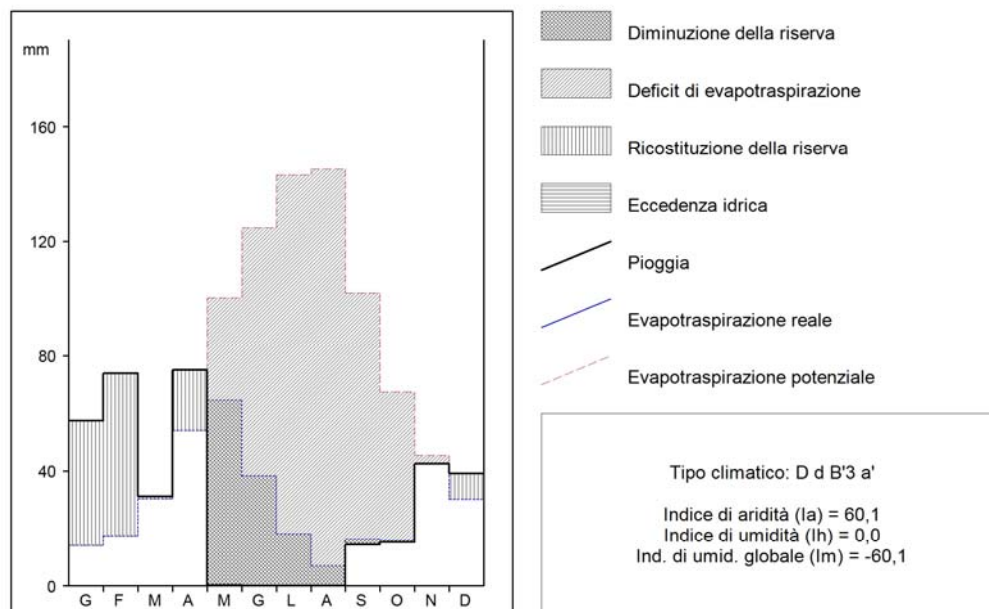
INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)													
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic		
67,4	62,6	44,3	32,3	19,4	9,0	6,4	9,9	19,0	44,2	59,1	75,1		
Indice annuo di aridità di De Martonne (1923)												Dm	33,2
Indice di aridità di De Martonne (modif. 1941)												DMm	19,8
Indice di aridità di Bagnouls-Gaussen (1953)												BG	73,8
Indice di aridità di Bagnouls-Gaussen (mod. 1957)												BGm	59,0
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)												IF	41,3% (Nov Dic Gen)
Indice di erosione (Fournier modificato)												IFm	20,6
Indice capacità erosiva del clima (CORINE 1990)												IFco	96,5
Angolo di continentalità di Gorzinski (1930)												GOR	20,4
Angolo di continentalità di Gorzinski (modif. 1951)												GORm	19,9 (Tmin = 10,3)
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)												EMB	206,0
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)												Turc	687,4
Angolo di continentalità di Gams ()												Gams	1,6

Figura 64 Stazione Meteorologica di Sant'Eufemia. Classificazione climatica, secondo il metodo di Thornthwaite – Mather, e indici climatici calcolati in base ai dati mensili medi per il periodo compreso tra il 1950 e il 2000 (Dati: Centro Funzionale della Calabria, modificati)

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITTE

Stazione: Sant'Eufemia Quota 25,0 m Lat. 38°55' N Long. 16°15' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 150 Valori calcolati sul periodo 2000 - 2000
 Anno Arido



INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)											
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
37,8	45,9	17,6	36,0	0,1	0,0	0,0	0,0	5,4	6,4	19,7	20,6
Indice annuo di aridità' di De Martonne (1923)	Dm	12,9									
Indice di aridità' di De Martonne (modif. 1941)	DMm	6,4									
Indice di aridità' di Bagnouls-Gausson (1953)	BG	235,0									
Indice di aridità' di Bagnouls-Gausson (mod. 1957)	BGm	188,0									
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)	IF	51,6% (Feb Mar Apr)									
Indice di erosione (Fournier modificato)	IFm	16,1									
Indice capacità' erosiva del clima (CORINE 1990)	IFco	54,8									
Angolo di continentalità' di Gorzinski (1930)	GOR	25,5									
Angolo di continentalità' di Gorzinski (modif.1951)	GORm	24,2 (Tmin = 8,2)									
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)	EMB	70,8									
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)	Turc	344,2									
Angolo di continentalità di Gams ()	Gams	4,1									

Figura 65 - Stazione Meteorologica di Sant'Eufemia. Classificazione climatica secondo il metodo di Thornthwaite – Mather, e grafico inerente all'acqua nel suolo calcolati in base ai dati mensili medi per l'anno 2000 (Dati: Centro Funzionale della Calabria, modificati).

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITTE

Stazione: Sant'Eufemia Quota 25,0 m Lat. 38°55' N Long. 16°15' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 150 Valori calcolati sul periodo 2000 - 2000
 Anno Arido

Esponente 'm': 1,00 (Formola di Thornthwaite-Mather)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
T	8,2	9,3	11,3	15,0	20,0	22,5	24,1	25,2	22,2	18,4	15,9	12,8	17,1
P	57,4	73,8	31,2	75,0	0,2	0,0	0,0	0,0	14,4	15,2	42,6	39,2	349,0
EP	14,1	17,5	30,3	54,1	100,2	124,6	143,2	145,2	102,1	67,4	45,4	30,1	874,2
P-EP	43,3	56,3	0,9	20,9	-100,0	-124,6	-143,2	-145,2	-87,7	-52,2	-2,8	9,1	-525,2
A.P.WL	0,0	0,0	0,0	0,0	-100,0	-224,6	-367,8	-513,0	-600,6	-652,8	-655,7	0,0	
ST	54,0	110,4	111,3	132,2	67,9	29,6	11,4	4,3	2,4	1,7	1,7	10,7	
C.ST	43,3	56,3	0,9	20,9	-64,3	-38,3	-18,2	-7,1	-1,9	-0,7	0,0	9,1	
AE	14,1	17,5	30,3	54,1	64,5	38,3	18,2	7,1	16,3	15,9	42,6	30,1	349,0
D	0,0	0,0	0,0	0,0	35,7	86,3	125,0	138,1	85,7	51,5	2,8	0,0	525,2
S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
S.M.RO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T.RO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TD	54,0	110,4	111,3	132,2	67,9	29,6	11,4	4,3	2,4	1,7	1,7	10,7	

Tipo climatico: D d B'3 a' (equivalente in acqua della neve: 0,0 mm)

Indice di aridità (Ia) = 60,1 Indice di umidità (Ih) = 0,0 Indice di umidità globale (Im) = -60,1

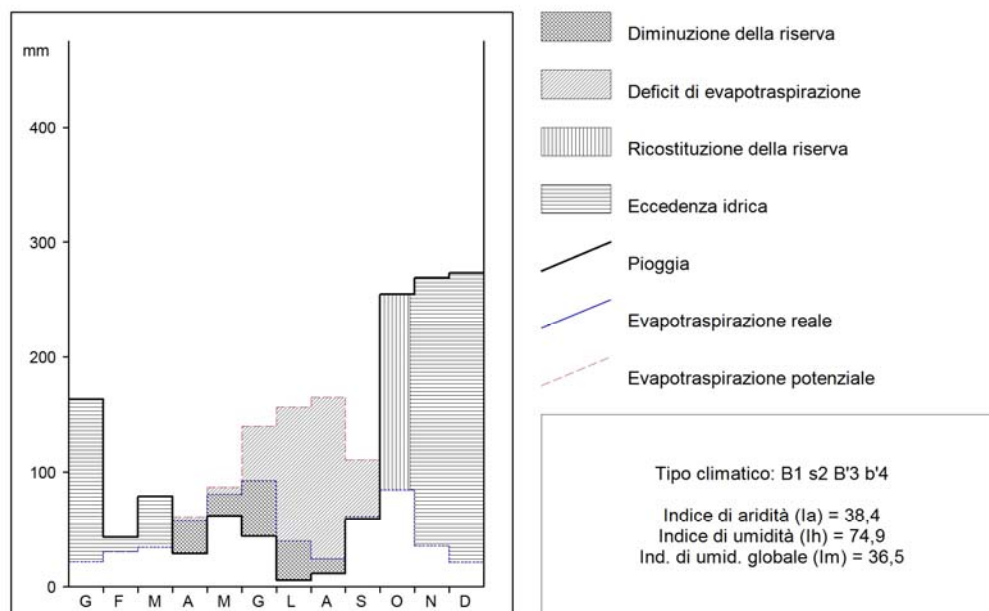
INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)													
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic		
37,8	45,9	17,6	36,0	0,1	0,0	0,0	0,0	5,4	6,4	19,7	20,6		
Indice annuo di aridità di De Martonne (1923)							Dm	12,9					
Indice di aridità di De Martonne (modif. 1941)							DMm	6,4					
Indice di aridità di Bagnouls-Gaussen (1953)							BG	235,0					
Indice di aridità di Bagnouls-Gaussen (mod. 1957)							BGm	188,0					
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)							IF	51,6% (Feb Mar Apr)					
Indice di erosione (Fournier modificato)							IFm	16,1					
Indice capacità erosiva del clima (CORINE 1990)							IFco	54,8					
Angolo di continentalità di Gorzinski (1930)							GOR	25,5					
Angolo di continentalità di Gorzinski (modif. 1951)							GORm	24,2 (Tmin = 8,2)					
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)							EMB	70,8					
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)							Turc	344,2					
Angolo di continentalità di Gams ()							Gams	4,1					

Figura 66 - Stazione Meteorologica di Sant'Eufemia. Classificazione climatica, secondo il metodo di Thornthwaite – Mather, e indici climatici calcolati in base ai dati mensili medi per l'anno 2000 (Dati: Centro Funzionale della Calabria modificati)

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITTE

Stazione: Sant'Eufemia Quota 25,0 m Lat. 38°55' N Long. 16°15' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 150 Valori calcolati sul periodo 1966 - 1966
 Anno Umido



INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)												
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	
91,5	22,0	41,2	12,9	25,5	15,5	1,8	3,7	21,1	97,6	130,6	153,2	
Indice annuo di aridità di De Martonne (1923)	Dm	45,4										
Indice di aridità di De Martonne (modif. 1941)	DMm	23,6										
Indice di aridità di Bagnouls-Gaussen (1953)	BG	97,1										
Indice di aridità di Bagnouls-Gaussen (mod. 1957)	BGm	77,7										
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)	IF	61,6%	(Ott Nov Dic)									
Indice di erosione (Fournier modificato)	IFm	57,7										
Indice capacità erosiva del clima (CORINE 1990)	IFco	198,6										
Angolo di continentalità di Gorzinski (1930)	GOR	21,7										
Angolo di continentalità di Gorzinski (modif. 1951)	GORm	21,0	(Tmin = 11,4)									
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)	EMB	283,4										
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)	Turc	844,1										
Angolo di continentalità di Gams ()	Gams	1,1										

Figura 67 - Stazione Meteorologica di Sant'Eufemia. Classificazione climatica secondo il metodo di Thornthwaite – Mather, e grafico inerente all'acqua nel suolo calcolati in base ai dati mensili medi per l'anno 1966 (Dati: Centro Funzionale della Calabria, modificati)

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTWHAITE

Stazione: Sant'Eufemia Quota 25,0 m Lat. 38°55' N Long. 16°15' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 150 Valori calcolati sul periodo 1966 - 1966
 Anno Umido

Esponente 'm': 1,00 (Formola di Thornthwaite-Mather)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
T	11,4	13,6	13,0	16,8	19,1	24,2	25,4	27,0	23,5	21,3	14,7	11,4	18,5
P	163,2	43,2	79,0	28,8	61,9	44,1	5,4	11,4	59,0	254,5	268,8	273,2	1.292,5
EP	21,8	30,5	34,2	61,1	87,1	139,7	156,1	164,9	110,6	84,2	35,6	21,1	946,9
P-EP	141,4	12,7	44,8	-32,3	-25,2	-95,6	-150,7	-153,5	-51,6	170,3	233,2	252,1	345,6
A.P.WL	0,0	0,0	0,0	-32,3	-57,4	-153,1	-303,8	-457,3	-508,9	0,0	0,0	0,0	
ST	150,0	150,0	150,0	121,0	102,3	54,1	19,8	7,1	5,0	150,0	150,0	150,0	
C.ST	0,0	0,0	0,0	-29,0	-18,7	-48,2	-34,3	-12,7	-2,1	145,0	0,0	0,0	
AE	21,8	30,5	34,2	57,8	80,6	92,3	39,7	24,1	61,1	84,2	35,6	21,1	583,0
D	0,0	0,0	0,0	3,2	6,5	47,4	116,5	140,8	49,6	0,0	0,0	0,0	364,0
S	141,4	12,7	44,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,4	233,2	252,1	709,5
RO	164,5	88,6	66,7	33,3	16,7	8,3	4,2	2,1	1,0	13,2	123,2	187,7	709,5
S.M.RO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T.RO	164,5	88,6	66,7	33,3	16,7	8,3	4,2	2,1	1,0	13,2	123,2	187,7	709,5
TD	314,5	238,6	216,7	154,3	118,9	62,4	24,0	9,2	6,1	163,2	273,2	337,7	

Tipo climatico: B1 s2 B'3 b'4 (equivalente in acqua della neve: 0,0 mm)

Indice di aridità (Ia) = 38,4 Indice di umidità (Ih) = 74,9 Indice di umidità globale (Im) = 36,5

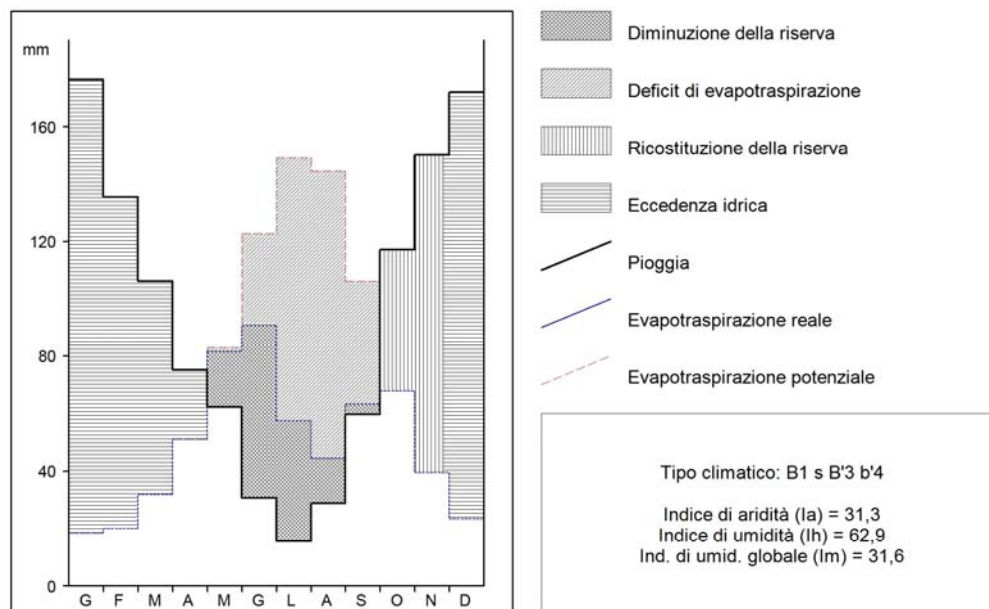
INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)													
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic		
91,5	22,0	41,2	12,9	25,5	15,5	1,8	3,7	21,1	97,6	130,6	153,2		
Indice annuo di aridità di De Martonne (1923)							Dm	45,4					
Indice di aridità di De Martonne (modif. 1941)							DMm	23,6					
Indice di aridità di Bagnouls-Gaussen (1953)							BG	97,1					
Indice di aridità di Bagnouls-Gaussen (mod. 1957)							BGm	77,7					
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)							IF	61,6% (Ott Nov Dic)					
Indice di erosione (Fournier modificato)							IFm	57,7					
Indice capacità erosiva del clima (CORINE 1990)							IFco	198,6					
Angolo di continentalità di Gorzinski (1930)							GOR	21,7					
Angolo di continentalità di Gorzinski (modif. 1951)							GORm	21,0 (Tmin = 11,4)					
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)							EMB	283,4					
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)							Turc	844,1					
Angolo di continentalità di Gams ()							Gams	1,1					

Figura 68 - Stazione Meteorologica di Sant'Eufemia. Classificazione climatica, secondo il metodo di Thornthwaite – Mather, e indici climatici calcolati in base ai dati mensili medi per l'anno 1966 (Dati: Centro Funzionale della Calabria, modificati).

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITTE

Stazione: Nicastro Quota 200,0 m Lat. 38°58' N Long. 16°19' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 150 Valori calcolati sul periodo 1928 - 1972
 Anno Medio



INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)											
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
109,6	82,0	59,5	37,0	26,8	11,4	5,4	9,8	21,9	49,6	73,5	98,6
Indice annuo di aridità' di De Martonne (1923)	Dm	42,2									
Indice di aridità' di De Martonne (modif. 1941)	DMm	23,8									
Indice di aridità' di Bagnouls-Gausson (1953)	BG	68,6									
Indice di aridità' di Bagnouls-Gausson (mod. 1957)	BGm	54,9									
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)	IF	44,1%	(Nov Dic Gen)								
Indice di erosione (Fournier modificato)	IFm	27,5									
Indice capacità' erosiva del clima (CORINE 1990)	IFco	125,3									
Angolo di continentalità' di Gorzinski (1930)	GOR	22,3									
Angolo di continentalità' di Gorzinski (modif. 1951)	GORm	20,7	(Tmin = 9,3)								
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)	EMB	246,0									
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)	Turc	743,6									
Angolo di continentalità di Gams ()	Gams	10,0									

Figura 69 - Stazione Meteorologica di Nicastro. Classificazione climatica secondo il metodo di Thornthwaite – Mather e grafico inerente all'acqua nel suolo calcolati in base ai dati mensili medi per il periodo compreso tra il 1928 e il 1972 (Dati: Centro Funzionale della Calabria, modificati).

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITTE

Stazione: Nicastro Quota 200,0 m Lat. 38°58' N Long. 16°19' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 150 Valori calcolati sul periodo 1928 - 1972
 Anno Medio

Esponente 'm': 1,00 (Formola di Thornthwaite-Mather)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
T	9,3	9,8	11,4	14,3	17,8	22,2	24,6	25,1	22,6	18,3	14,5	10,9	16,7
P	176,3	135,3	106,1	75,0	62,1	30,7	15,7	28,8	59,6	117,0	150,1	171,8	1.128,5
EP	18,5	20,0	31,9	51,0	82,8	122,6	149,0	144,5	106,1	67,8	39,6	23,5	857,4
P-EP	157,8	115,3	74,2	24,0	-20,7	-91,9	-133,3	-115,7	-46,5	49,2	110,5	148,3	271,1
A.P.WL	0,0	0,0	0,0	0,0	-20,7	-112,6	-245,9	-361,6	-408,1	0,0	0,0	0,0	
ST	150,0	150,0	150,0	150,0	130,7	70,8	29,1	13,5	9,9	59,0	150,0	150,0	
C.ST	0,0	0,0	0,0	0,0	-19,3	-59,9	-41,7	-15,7	-3,6	49,2	91,0	0,0	
AE	18,5	20,0	31,9	51,0	81,4	90,6	57,4	44,5	63,2	67,8	39,6	23,5	589,4
D	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	32,1	91,6	100,1	42,9	0,0	0,0	0,0	268,0
S	157,8	115,3	74,2	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6	148,3	539,1
RO	118,6	116,9	95,6	59,8	29,9	14,9	7,5	3,7	1,9	0,9	10,3	79,3	539,1
S.M.RO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T.RO	118,6	116,9	95,6	59,8	29,9	14,9	7,5	3,7	1,9	0,9	10,3	79,3	539,1
TD	268,5	266,9	245,6	209,8	160,5	85,7	36,6	17,2	11,7	60,0	160,3	229,3	

Tipo climatico: B1 s B'3 b'4 (equivalente in acqua della neve: 0,0 mm)

Indice di aridità (Ia) = 31,3 Indice di umidità (Ih) = 62,9 Indice di umidità globale (Im) = 31,6

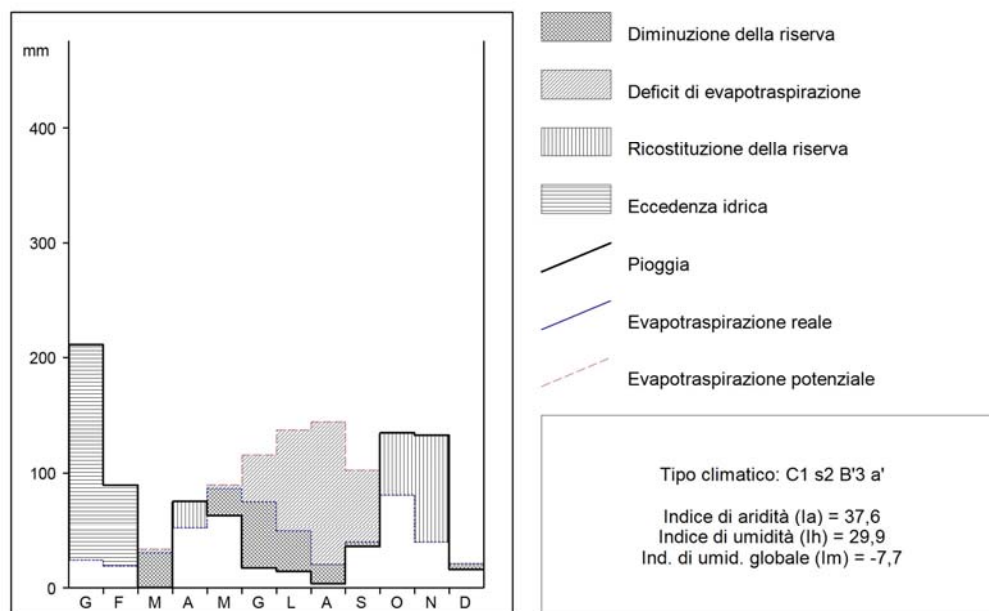
INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)													
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic		
109,6	82,0	59,5	37,0	26,8	11,4	5,4	9,8	21,9	49,6	73,5	98,6		
Indice annuo di aridità di De Martonne (1923)												Dm	42,2
Indice di aridità di De Martonne (modif. 1941)												DMm	23,8
Indice di aridità di Bagnouls-Gausson (1953)												BG	68,6
Indice di aridità di Bagnouls-Gausson (mod. 1957)												BGm	54,9
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)												IF	44,1% (Nov Dic Gen)
Indice di erosione (Fournier modificato)												IFm	27,5
Indice capacità erosiva del clima (CORINE 1990)												IFco	125,3
Angolo di continentalità di Gorzinski (1930)												GOR	22,3
Angolo di continentalità di Gorzinski (modif. 1951)												GORm	20,7 (Tmin = 9,3)
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)												EMB	246,0
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)												Turc	743,6
Angolo di continentalità di Gams ()												Gams	10,0

Figura 70 - Stazione Meteorologica di Nicastro. Classificazione climatica, secondo il metodo di Thornthwaite – Mather, e indici climatici calcolati in base ai dati mensili medi per il periodo compreso tra il 1928 e il 1972 (Dati: Centro Funzionale della Calabria, modificati)

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITTE

Stazione: Nicastro Quota 200,0 m Lat. 38°58' N Long. 16°19' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 150 Valori calcolati sul periodo 1948 - 1948
 Anno Arido



INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)											
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
121,6	55,0	0,0	37,1	26,4	6,4	5,1	1,2	13,3	53,4	64,6	9,4
Indice annuo di aridità di De Martonne (1923)	Dm	29,5									
Indice di aridità di De Martonne (modif. 1941)	DMm	14,7									
Indice di aridità di Bagnouls-Gaussen (1953)	BG	142,7									
Indice di aridità di Bagnouls-Gaussen (mod. 1957)	BGm	114,2									
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)	IF	45,3%	(Nov Dic Gen)								
Indice di erosione (Fournier modificato)	IFm	56,1									
Indice capacità erosiva del clima (CORINE 1990)	IFco	126,1									
Angolo di continentalità di Gorzinski (1930)	GOR	21,7									
Angolo di continentalità di Gorzinski (modif. 1951)	GORm	20,2	(Tmin = 9,5)								
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)	EMB	174,9									
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)	Turc	631,3									
Angolo di continentalità di Gams ()	Gams	14,2									

Figura 71 - Stazione Meteorologica di Nicastro. Classificazione climatica secondo il metodo di Thornthwaite – Mather, e grafico inerente all'acqua nel suolo calcolati in base ai dati mensili medi per l'anno 1948 (Dati: Centro Funzionale della Calabria, modificati).

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITTE

Stazione: Nicastro Quota 200,0 m Lat. 38°58' N Long. 16°19' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 150 Valori calcolati sul periodo 1948 - 1948
 Anno Arido

Esponente 'm': 1,00 (Formola di Thornthwaite-Mather)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
T	10,8	9,5	11,8	14,5	18,7	21,5	23,5	25,1	22,2	20,3	14,6	10,3	16,9
P	210,8	89,4	0,0	75,7	63,1	16,9	14,3	3,4	35,6	134,9	132,5	15,9	792,5
EP	23,6	18,6	33,5	51,8	89,7	115,6	137,3	144,4	102,6	80,9	39,7	21,0	858,6
P-EP	187,2	70,8	-33,5	23,9	-26,6	-98,7	-123,0	-141,0	-67,0	54,0	92,8	-5,1	-66,1
A.P.WL	0,0	0,0	-33,5	0,0	-26,6	-125,3	-248,3	-389,3	-456,3	0,0	0,0	-5,1	
ST	150,0	150,0	120,0	143,9	120,5	62,4	27,5	10,7	6,9	60,9	150,0	145,0	
C.ST	5,0	0,0	-30,0	23,9	-23,4	-58,1	-34,9	-16,8	-3,9	54,0	89,1	-5,0	
AE	23,6	18,6	30,0	51,8	86,5	75,0	49,2	20,2	39,5	80,9	39,7	20,9	535,8
D	0,0	0,0	3,5	0,0	3,2	40,6	88,1	124,2	63,1	0,0	0,0	0,1	322,8
S	182,2	70,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	0,0	256,7
RO	91,6	81,2	40,6	20,3	10,1	5,1	2,5	1,3	0,6	0,3	2,0	1,0	256,7
S.M.RO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T.RO	91,6	81,2	40,6	20,3	10,1	5,1	2,5	1,3	0,6	0,3	2,0	1,0	256,7
TD	241,6	231,2	160,6	164,2	130,7	67,5	30,0	12,0	7,5	61,2	152,0	146,0	

Tipo climatico: C1 s2 B'3 a' (equivalente in acqua della neve: 0,0 mm)

Indice di aridità (Ia) = 37,6 Indice di umidità (Ih) = 29,9 Indice di umidità globale (Im) = -7,7

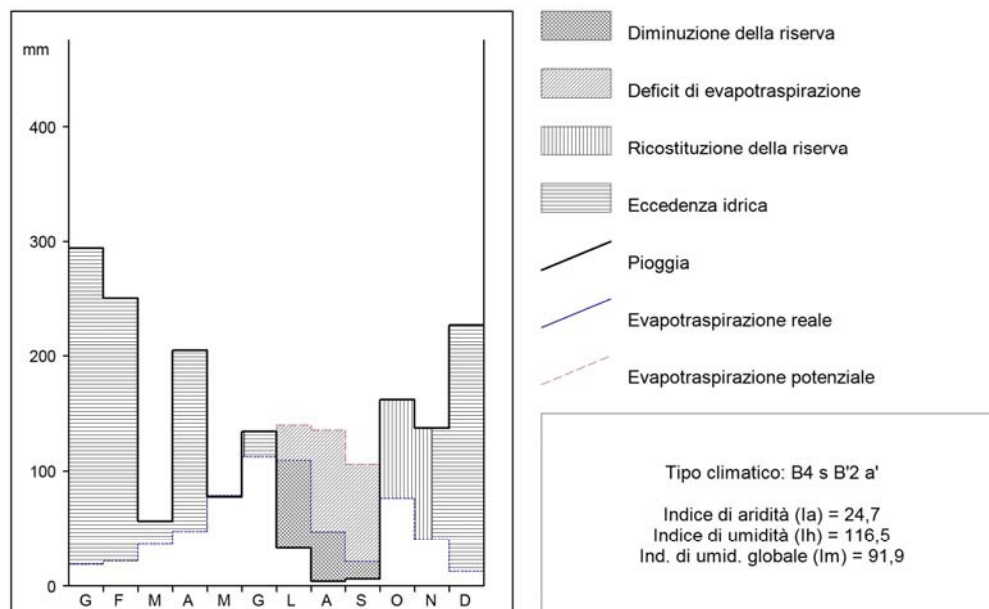
INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)													
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic		
121,6	55,0	0,0	37,1	26,4	6,4	5,1	1,2	13,3	53,4	64,6	9,4		
Indice annuo di aridità di De Martonne (1923)												Dm	29,5
Indice di aridità di De Martonne (modif. 1941)												DMm	14,7
Indice di aridità di Bagnouls-Gausson (1953)												BG	142,7
Indice di aridità di Bagnouls-Gausson (mod. 1957)												BGm	114,2
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)												IF	45,3% (Nov Dic Gen)
Indice di erosione (Fournier modificato)												IFm	56,1
Indice capacità erosiva del clima (CORINE 1990)												IFco	126,1
Angolo di continentalità di Gorzinski (1930)												GOR	21,7
Angolo di continentalità di Gorzinski (modif. 1951)												GORm	20,2 (Tmin = 9,5)
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)												EMB	174,9
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)												Turc	631,3
Angolo di continentalità di Gams ()												Gams	14,2

Figura 72 - Stazione Meteorologica di Nicastro. Classificazione climatica, secondo il metodo di Thornthwaite – Mather, e indici climatici calcolati in base ai dati mensili medi per l'anno 1948 (Dati: Centro Funzionale della Calabria, modificati).

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITTE

Stazione: Nicastro Quota 200,0 m Lat. 38°58' N Long. 16°19' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 150 Valori calcolati sul periodo 1940 - 1940
 Anno Umido



INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)											
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
185,7	151,0	30,9	105,5	34,4	52,2	11,8	1,4	2,3	66,2	67,9	157,6
Indice annuo di aridità' di De Martonne (1923)	Dm	60,8									
Indice di aridità' di De Martonne (modif. 1941)	DMm	31,1									
Indice di aridità' di Bagnouls-Gaussen (1953)	BG	97,0									
Indice di aridità' di Bagnouls-Gaussen (mod. 1957)	BGm	77,6									
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)	IF	48,6%	(Dic Gen Feb)								
Indice di erosione (Fournier modificato)	IFm	54,5									
Indice capacità' erosiva del clima (CORINE 1990)	IFco	199,2									
Angolo di continentalità' di Gorzinski (1930)	GOR	25,0									
Angolo di continentalità' di Gorzinski (modif. 1951)	GORm	22,9	(Tmin = 7,3)								
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)	EMB	326,9									
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)	Turc	799,4									
Angolo di continentalità di Gams ()	Gams	7,2									

Figura 73 - Stazione Meteorologica di Nicastro. Classificazione climatica secondo il metodo di Thornthwaite – Mather, e grafico inerente all'acqua nel suolo calcolati in base ai dati mensili medi per l'anno 1940 (Dati: Centro Funzionale della Calabria, modificati).

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTWHAITE

Stazione: Nicastro Quota 200,0 m Lat. 38°58' N Long. 16°19' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 150 Valori calcolati sul periodo 1940 - 1940
 Anno Umido

Esponente 'm': 1,00 (Formola di Thornthwaite-Mather)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
T	9,0	9,9	11,9	13,3	17,0	20,9	23,6	24,1	22,4	19,3	14,3	7,3	16,1
P	294,0	250,4	56,4	204,8	77,4	134,4	33,0	4,0	6,2	161,6	137,4	227,2	1.586,8
EP	18,9	21,9	36,5	47,4	79,0	112,4	139,9	135,6	105,8	76,2	40,4	12,9	826,9
P-EP	275,1	228,5	19,9	157,4	-1,6	22,0	-106,9	-131,6	-99,6	85,4	97,0	214,3	759,9
A.P.WL	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,6	0,0	-106,9	-238,5	-338,1	0,0	0,0	0,0	
ST	150,0	150,0	150,0	150,0	148,4	150,0	73,6	30,6	15,7	101,1	150,0	150,0	
C.ST	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,6	1,6	-76,4	-43,0	-14,8	85,4	48,9	0,0	
AE	18,9	21,9	36,5	47,4	79,0	112,4	109,4	47,0	21,0	76,2	40,4	12,9	623,1
D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,4	88,7	84,8	0,0	0,0	0,0	203,9
S	275,1	228,5	19,9	157,4	0,0	20,4	0,0	0,0	0,0	0,0	48,1	214,3	963,7
RO	197,5	213,0	116,4	136,9	68,5	44,4	22,2	11,1	5,6	2,8	25,4	119,9	963,7
S.M.RO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T.RO	197,5	213,0	116,4	136,9	68,5	44,4	22,2	11,1	5,6	2,8	25,4	119,9	963,7
TD	347,5	363,0	266,4	286,9	216,9	194,4	95,8	41,7	21,3	103,9	175,4	269,9	

Tipo climatico: B4 s B'2 a' (equivalente in acqua della neve: 0,0 mm)

Indice di aridità (Ia) = 24,7 Indice di umidità (Ih) = 116,5 Indice di umidità globale (Im) = 91,9

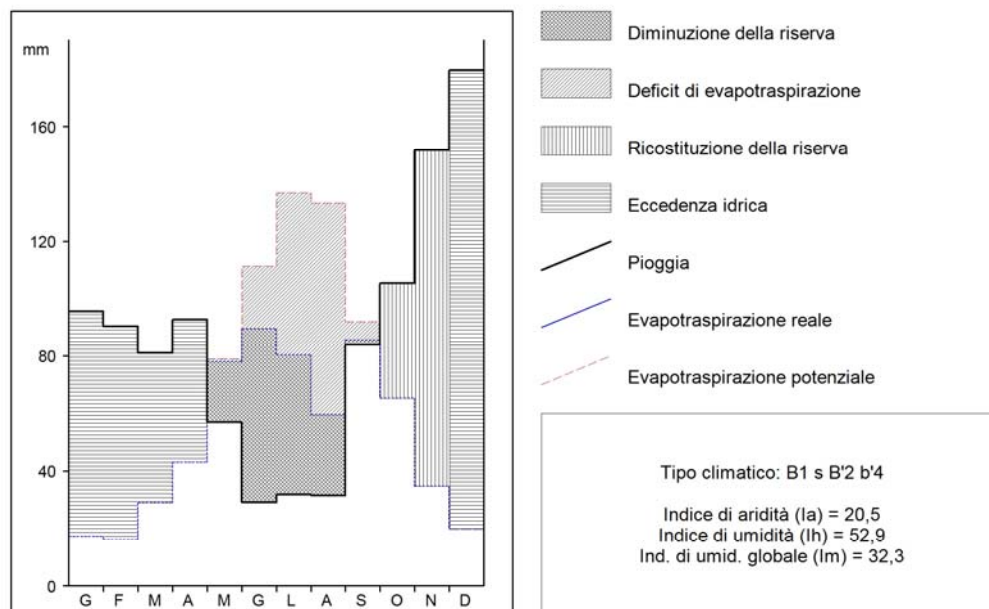
INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)													
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic		
185,7	151,0	30,9	105,5	34,4	52,2	11,8	1,4	2,3	66,2	67,9	157,6		
Indice annuo di aridità di De Martonne (1923)												Dm	60,8
Indice di aridità di De Martonne (modif. 1941)												DMm	31,1
Indice di aridità di Bagnouls-Gausson (1953)												BG	97,0
Indice di aridità di Bagnouls-Gausson (mod. 1957)												BGm	77,6
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)												IF	48,6% (Dic Gen Feb)
Indice di erosione (Fournier modificato)												IFm	54,5
Indice capacità erosiva del clima (CORINE 1990)												IFco	199,2
Angolo di continentalità di Gorzinski (1930)												GOR	25,0
Angolo di continentalità di Gorzinski (modif. 1951)												GORm	22,9 (Tmin = 7,3)
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)												EMB	326,9
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)												Turc	799,4
Angolo di continentalità di Gams ()												Gams	7,2

Figura 74 - Stazione Meteorologica di Nicastro. Classificazione climatica, secondo il metodo di Thornthwaite – Mather, e indici climatici calcolati in base ai dati mensili medi per l'anno 1940 (Dati: Centro Funzionale della Calabria, modificati).

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITTE

Stazione: Nicastro Bella Quota 600,0 m Lat. 38°59' N Long. 16°17' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 200 Valori calcolati sul periodo 1988 - 2008
 Anno Medio



INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)											
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
64,8	62,3	49,8	51,2	26,0	11,5	11,6	11,3	33,4	47,0	82,1	115,8
Indice annuo di aridità' di De Martonne (1923)	Dm	41,5									
Indice di aridità' di De Martonne (modif. 1941)	DMm	26,4									
Indice di aridità' di Bagnouls-Gausson (1953)	BG	41,4									
Indice di aridità' di Bagnouls-Gausson (mod. 1957)	BGm	33,1									
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)	IF	42,4%	(Ott Nov Dic)								
Indice di erosione (Fournier modificato)	IFm	31,3									
Indice capacità' erosiva del clima (CORINE 1990)	IFco	108,7									
Angolo di continentalità' di Gorzinski (1930)	GOR	23,4									
Angolo di continentalità' di Gorzinski (modif.1951)	GORm	19,9	(Tmin = 7,4)								
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)	EMB	220,1									
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)	Turc	659,5									
Angolo di continentalità di Gams ()	Gams	30,2									

Figura 75 - Stazione Meteorologica di Nicastro - Bella. Classificazione climatica secondo il metodo di Thornthwaite – Mather e grafico inerente all'acqua nel suolo calcolati in base ai dati mensili medi per il periodo compreso tra il 1988 e il 2008 (Dati: Centro Funzionale della Calabria, modificati).

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITTE

Stazione: Nicastro Bella Quota 600,0 m Lat. 38°59' N Long. 16°17' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 200 Valori calcolati sul periodo 1988 - 2008
 Anno Medio

Esponente 'm': 1,00 (Formola di Thornthwaite-Mather)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
T	7,7	7,4	9,5	11,7	16,3	20,3	23,0	23,6	20,1	16,9	12,2	8,6	14,8
P	95,6	90,3	80,9	92,6	57,0	29,1	31,8	31,5	83,8	105,3	151,8	179,5	1.029,2
EP	17,4	16,2	29,0	43,0	79,0	111,3	136,9	133,3	92,0	65,2	34,7	19,9	777,8
P-EP	78,2	74,1	51,9	49,6	-22,0	-82,2	-105,1	-101,8	-8,2	40,1	117,1	159,6	251,4
A.P.WL	0,0	0,0	0,0	0,0	-22,0	-104,2	-209,3	-311,1	-319,3	0,0	0,0	0,0	
ST	200,0	200,0	200,0	200,0	179,2	118,8	70,2	42,2	40,5	80,7	197,8	200,0	
C.ST	0,0	0,0	0,0	0,0	-20,8	-60,4	-48,5	-28,0	-1,7	40,1	117,1	2,2	
AE	17,4	16,2	29,0	43,0	77,8	89,5	80,3	59,5	85,5	65,2	34,7	19,9	617,9
D	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	21,8	56,5	73,8	6,5	0,0	0,0	0,0	159,8
S	78,2	74,1	51,9	49,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	157,4	411,3
RO	78,6	76,4	64,1	56,9	28,4	14,2	7,1	3,6	1,8	0,9	0,4	78,9	411,3
S.M.RO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T.RO	78,6	76,4	64,1	56,9	28,4	14,2	7,1	3,6	1,8	0,9	0,4	78,9	411,3
TD	278,6	276,4	264,1	256,9	207,6	133,0	77,3	45,8	42,3	81,5	198,2	278,9	

Tipo climatico: B1 s B'2 b'4 (equivalente in acqua della neve: 0,0 mm)

Indice di aridità (Ia) = 20,5 Indice di umidità (Ih) = 52,9 Indice di umidità globale (Im) = 32,3

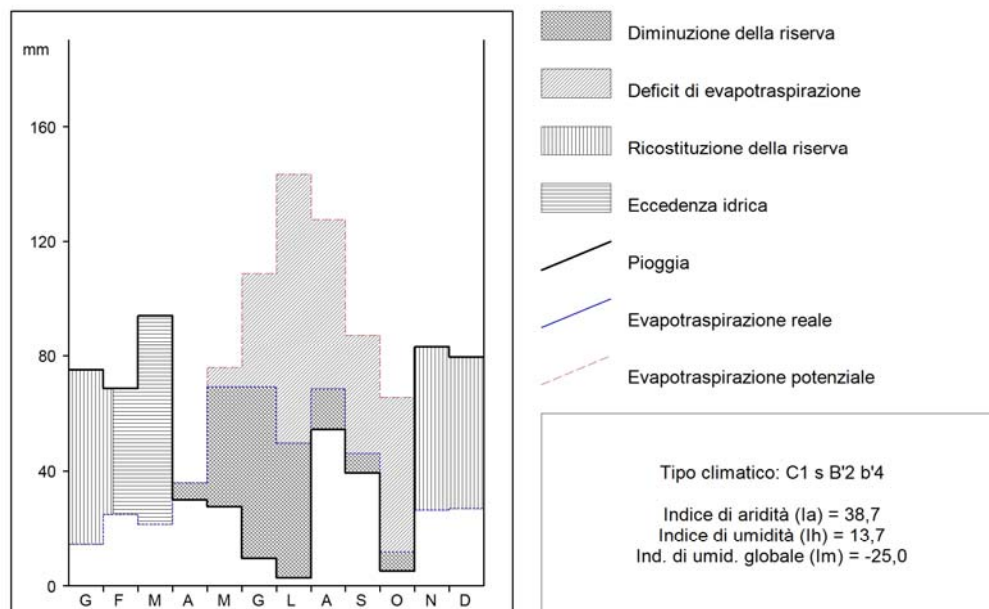
INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)													
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic		
64,8	62,3	49,8	51,2	26,0	11,5	11,6	11,3	33,4	47,0	82,1	115,8		
Indice annuo di aridità di De Martonne (1923)												Dm	41,5
Indice di aridità di De Martonne (modif. 1941)												DMm	26,4
Indice di aridità di Bagnouls-Gausson (1953)												BG	41,4
Indice di aridità di Bagnouls-Gausson (mod. 1957)												BGm	33,1
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)												IF	42,4% (Ott Nov Dic)
Indice di erosione (Fournier modificato)												IFm	31,3
Indice capacità erosiva del clima (CORINE 1990)												IFco	108,7
Angolo di continentalità di Gorzinski (1930)												GOR	23,4
Angolo di continentalità di Gorzinski (modif. 1951)												GORm	19,9 (Tmin = 7,4)
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)												EMB	220,1
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)												Turc	659,5
Angolo di continentalità di Gams ()												Gams	30,2

Figura 76 - Stazione Meteorologica di Nicastro- Bella. Classificazione climatica, secondo il metodo di Thornthwaite – Mather, e indici climatici calcolati in base ai dati mensili medi per il periodo compreso tra il 1988 e il 2008 (Dati: Centro Funzionale della Calabria, modificati).

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITTE

Stazione: Nicastro Bella Quota 600,0 m Lat. 38°59' N Long. 16°17' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 200 Valori calcolati sul periodo 1995 - 1995
 Anno Arido



INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)											
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giù	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
54,5	42,2	64,5	17,9	12,9	3,9	1,0	19,9	16,2	2,3	50,1	47,2
Indice annuo di aridità' di De Martonne (1923)	Dm	23,4									
Indice di aridità' di De Martonne (modif. 1941)	DMm	12,2									
Indice di aridità' di Bagnouls-Gausson (1953)	BG	106,2									
Indice di aridità' di Bagnouls-Gausson (mod. 1957)	BGm	85,0									
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)	IF	41,8% (Gen Feb Mar)									
Indice di erosione (Fournier modificato)	IFm	15,5									
Indice capacità' erosiva del clima (CORINE 1990)	IFco	67,9									
Angolo di continentalità' di Gorzinski (1930)	GOR	25,8									
Angolo di continentalità' di Gorzinski (modif.1951)	GORm	21,8 (Tmin = 6,5)									
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)	EMB	115,4									
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)	Turc	480,5									
Angolo di continentalità di Gams ()	Gams	46,5									

Figura 77 - Stazione Meteorologica di Nicastro- Bella. Classificazione climatica secondo il metodo di Thornthwaite – Mather, e grafico inerente all'acqua nel suolo calcolati in base ai dati mensili medi per l'anno 1995 (Dati: Centro Funzionale della Calabria, modificati).

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITTE

Stazione: Nicastro Bella Quota 600,0 m Lat. 38°59' N Long. 16°17' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 200 Valori calcolati sul periodo 1995 - 1995
 Anno Arido

Esponente 'm': 1,00 (Formola di Thornthwaite-Mather)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
T	6,5	9,5	7,5	10,1	15,6	19,8	23,6	22,8	19,2	16,7	9,9	10,2	14,3
P	75,0	68,6	94,0	30,0	27,6	9,6	2,8	54,4	39,4	5,2	83,0	79,4	569,0
EP	14,4	24,9	21,5	36,0	75,9	108,8	143,3	127,5	87,2	65,5	26,5	27,0	758,4
P-EP	60,6	43,7	72,5	-6,0	-48,3	-99,2	-140,5	-73,1	-47,8	-60,3	56,5	52,4	-189,4
A.P.WL	0,0	0,0	0,0	-6,0	-54,3	-153,5	-293,9	-367,1	-414,8	-475,1	0,0	0,0	
ST	188,1	200,0	200,0	194,1	152,4	92,8	46,0	31,9	25,1	18,6	75,1	127,5	
C.ST	60,6	11,9	0,0	-5,9	-41,6	-59,6	-46,8	-14,1	-6,8	-6,5	56,5	52,4	
AE	14,4	24,9	21,5	35,9	69,2	69,2	49,6	68,5	46,2	11,7	26,5	27,0	464,7
D	0,0	0,0	0,0	0,1	6,7	39,6	93,6	59,0	41,0	53,7	0,0	0,0	293,7
S	0,0	31,8	72,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	104,3
RO	0,0	15,9	44,2	22,1	11,0	5,5	2,8	1,4	0,7	0,3	0,2	0,1	104,3
S.M.RO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T.RO	0,0	15,9	44,2	22,1	11,0	5,5	2,8	1,4	0,7	0,3	0,2	0,1	104,3
TD	188,2	215,9	244,2	216,2	163,5	98,4	48,8	33,3	25,8	18,9	75,3	127,6	

Tipo climatico: C1 s B'2 b'4 (equivalente in acqua della neve: 0,0 mm)

Indice di aridità (Ia) = 38,7 Indice di umidità (Ih) = 13,7 Indice di umidità globale (Im) = -25,0

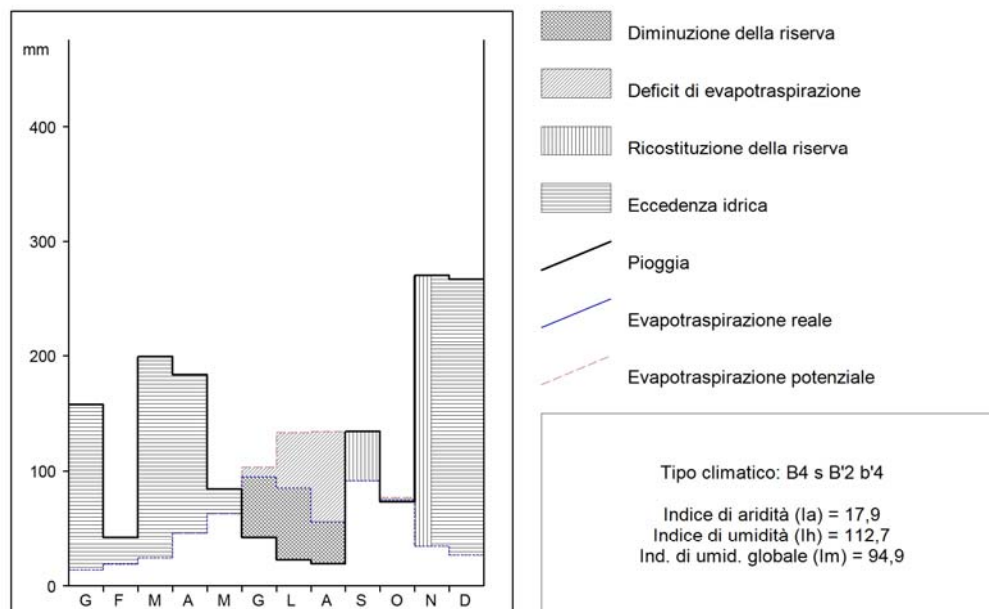
INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)												
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	
54,5	42,2	64,5	17,9	12,9	3,9	1,0	19,9	16,2	2,3	50,1	47,2	
Indice annuo di aridità di De Martonne (1923)		Dm		23,4								
Indice di aridità di De Martonne (modif. 1941)		DMm		12,2								
Indice di aridità di Bagnouls-Gausson (1953)		BG		106,2								
Indice di aridità di Bagnouls-Gausson (mod. 1957)		BGm		85,0								
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)		IF		41,8% (Gen Feb Mar)								
Indice di erosione (Fournier modificato)		IFm		15,5								
Indice capacità erosiva del clima (CORINE 1990)		IFco		67,9								
Angolo di continentalità di Gorzinski (1930)		GOR		25,8								
Angolo di continentalità di Gorzinski (modif. 1951)		GORm		21,8 (Tmin = 6,5)								
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)		EMB		115,4								
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)		Turc		480,5								
Angolo di continentalità di Gams ()		Gams		46,5								

Figura 78 - Stazione Meteorologica di Nicastro- Bella. Classificazione climatica, secondo il metodo di Thornthwaite – Mather, e indici climatici calcolati in base ai dati mensili medi per l'anno 1995 (Dati: Centro Funzionale della Calabria, modificati).

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITTE

Stazione: Nicastro Bella Quota 600,0 m Lat. 38°59' N Long. 16°17' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 200 Valori calcolati sul periodo 2004 - 2004
 Anno Umido



INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)											
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
114,5	28,2	129,8	99,1	42,2	17,4	8,2	6,8	53,8	30,5	146,7	156,9
Indice annuo di aridità' di De Martonne (1923)	Dm	60,6									
Indice di aridità' di De Martonne (modif. 1941)	DMm	33,7									
Indice di aridità' di Bagnouls-Gausson (1953)	BG	51,2									
Indice di aridità' di Bagnouls-Gausson (mod. 1957)	BGm	41,0									
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)	IF	46,4%	(Nov Dic Gen)								
Indice di erosione (Fournier modificato)	IFm	48,8									
Indice capacità' erosiva del clima (CORINE 1990)	IFco	185,4									
Angolo di continentalità' di Gorzinski (1930)	GOR	26,1									
Angolo di continentalità' di Gorzinski (modif.1951)	GORm	22,0	(Tmin = 6,5)								
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)	EMB	301,5									
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)	Turc	730,8									
Angolo di continentalità di Gams ()	Gams	21,9									

Figura 79 - Stazione Meteorologica di Nicastro- Bella. Classificazione climatica secondo il metodo di Thornthwaite – Mather, e grafico inerente all'acqua nel suolo calcolati in base ai dati mensili medi per l'anno 2004 (Dati: Centro Funzionale della Calabria, modificati).

CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITTE

Stazione: Nicastro Bella Quota 600,0 m Lat. 38°59' N Long. 16°17' E Grw
 Capacità di ritenzione del suolo: U = 200 Valori calcolati sul periodo 2004 - 2004
 Anno Umido

Esponente 'm': 1,00 (Formola di Thornthwaite-Mather)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
T	6,5	8,1	8,4	12,2	14,0	19,3	22,6	23,7	20,0	18,8	12,1	10,4	14,7
P	157,4	42,6	199,0	183,4	84,4	42,4	22,4	19,0	134,4	73,2	270,2	266,8	1.495,2
EP	13,6	18,8	24,4	46,2	63,1	103,4	133,5	134,4	91,6	77,0	34,5	26,8	767,4
P-EP	143,8	23,8	174,6	137,2	21,3	-61,0	-111,1	-115,4	42,8	-3,8	235,7	240,0	727,8
A.P.WL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-61,0	-172,2	-287,5	0,0	-3,8	0,0	0,0	
ST	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	147,4	84,6	47,5	90,3	88,6	200,0	200,0	
C.ST	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-52,6	-62,8	-37,1	42,8	-1,7	111,4	0,0	
AE	13,6	18,8	24,4	46,2	63,1	95,0	85,2	56,1	91,6	74,9	34,5	26,8	630,2
D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	48,3	78,3	0,0	2,1	0,0	0,0	137,1
S	143,8	23,8	174,6	137,2	21,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	124,3	240,0	865,0
RO	147,7	85,8	130,2	133,7	77,5	38,7	19,4	9,7	4,8	2,4	63,4	151,7	865,0
S.M.RO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T.RO	147,7	85,8	130,2	133,7	77,5	38,7	19,4	9,7	4,8	2,4	63,4	151,7	865,0
TD	347,7	285,8	330,2	333,7	277,5	186,1	103,9	57,2	95,2	91,1	263,4	351,7	

Tipo climatico: B4 s B'2 b'4 (equivalente in acqua della neve: 0,0 mm)

Indice di aridità (Ia) = 17,9 Indice di umidità (Ih) = 112,7 Indice di umidità globale (Im) = 94,9

INDICI CLIMATICI

Indice mensile di aridità di De Martonne (1923)													
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic		
114,5	28,2	129,8	99,1	42,2	17,4	8,2	6,8	53,8	30,5	146,7	156,9		
Indice annuo di aridità di De Martonne (1923)												Dm	60,6
Indice di aridità di De Martonne (modif. 1941)												DMm	33,7
Indice di aridità di Bagnouls-Gausson (1953)												BG	51,2
Indice di aridità di Bagnouls-Gausson (mod. 1957)												BGm	41,0
Indice di Fournier e trimestre più piovoso (1960)												IF	46,4% (Nov Dic Gen)
Indice di erosione (Fournier modificato)												IFm	48,8
Indice capacità erosiva del clima (CORINE 1990)												IFco	185,4
Angolo di continentalità di Gorzinski (1930)												GOR	26,1
Angolo di continentalità di Gorzinski (modif. 1951)												GORm	22,0 (Tmin = 6,5)
Quoziente pluviometrico di Emberger (1955)												EMB	301,5
Evapotraspirazione reale annua (Turc 1951)												Turc	730,8
Angolo di continentalità di Gams ()												Gams	21,9

Figura 80 - Stazione Meteorologica di Nicastro- Bella. Classificazione climatica, secondo il metodo di Thornthwaite – Mather, e indici climatici calcolati in base ai dati mensili medi per l'anno 2004 (Dati: Centro Funzionale della Calabria, modificati).

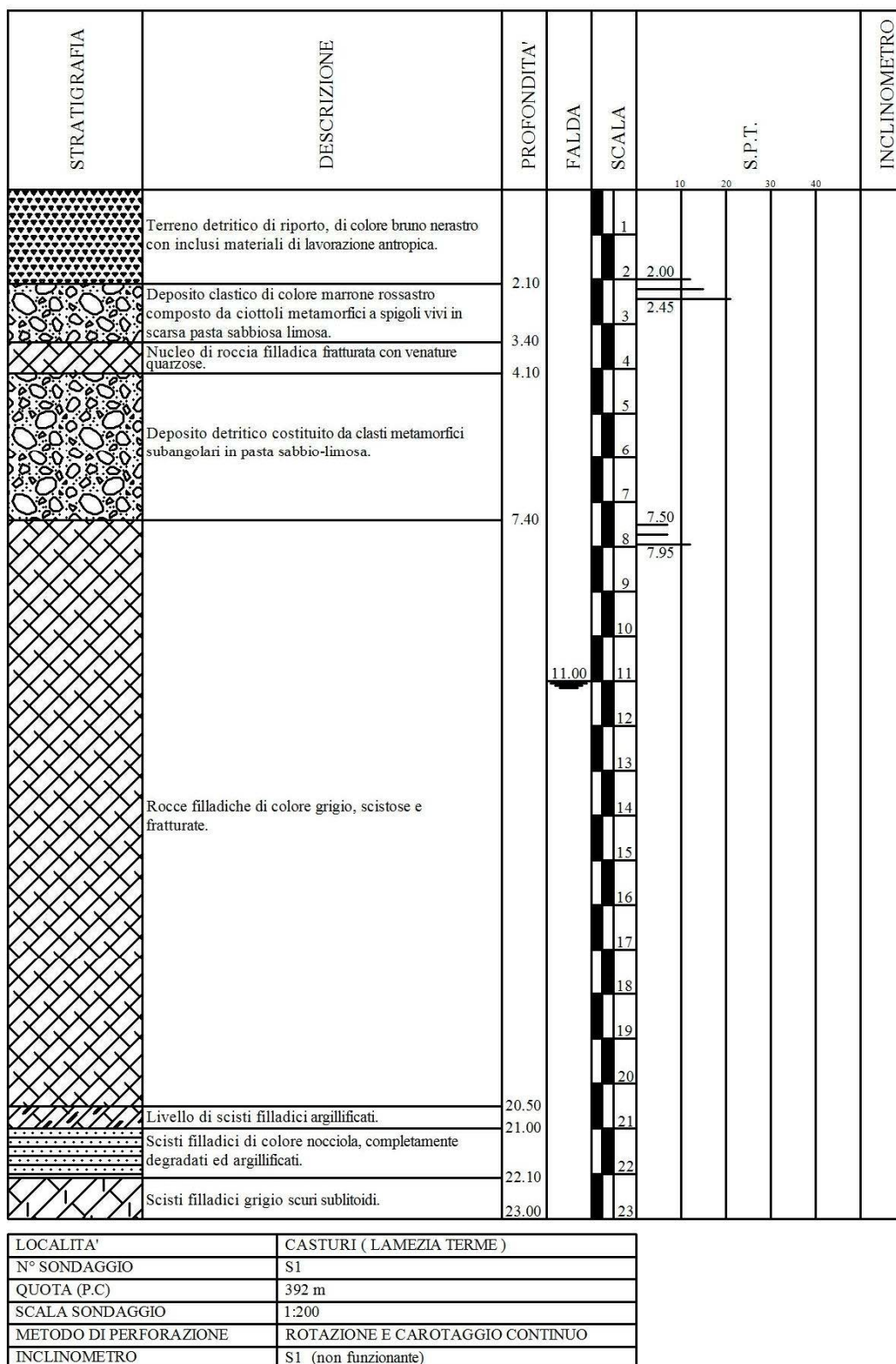


Figura 81 - Sezioni stratigrafiche: Carotaggio S1 e tubo inclinometrico S1 (M. Cerminara, modificato).

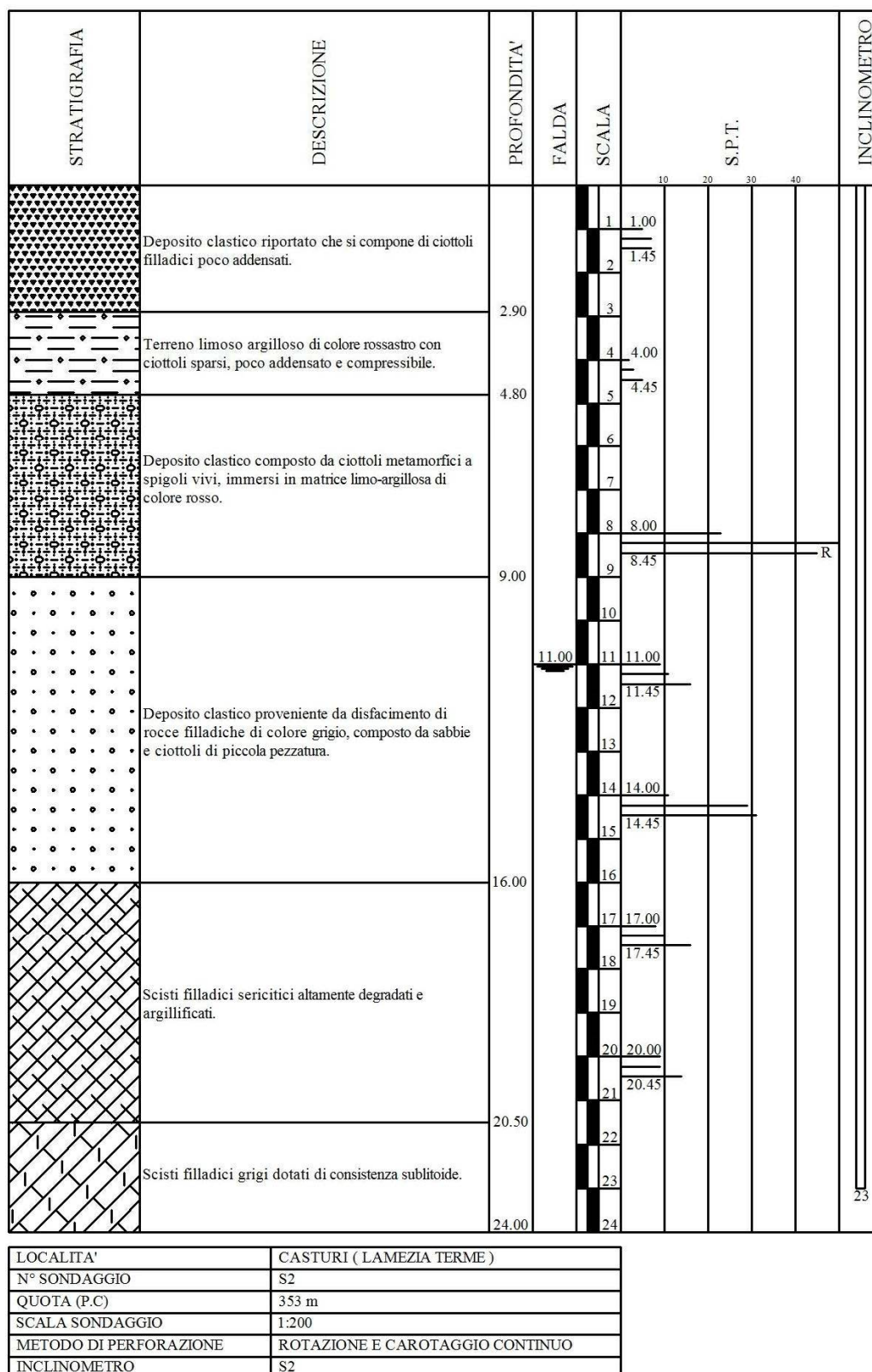


Figura 82 - Sezioni stratigrafiche: Carotaggio S2 e tubo inclinometrico S2 (M. Cerminara, modificato).

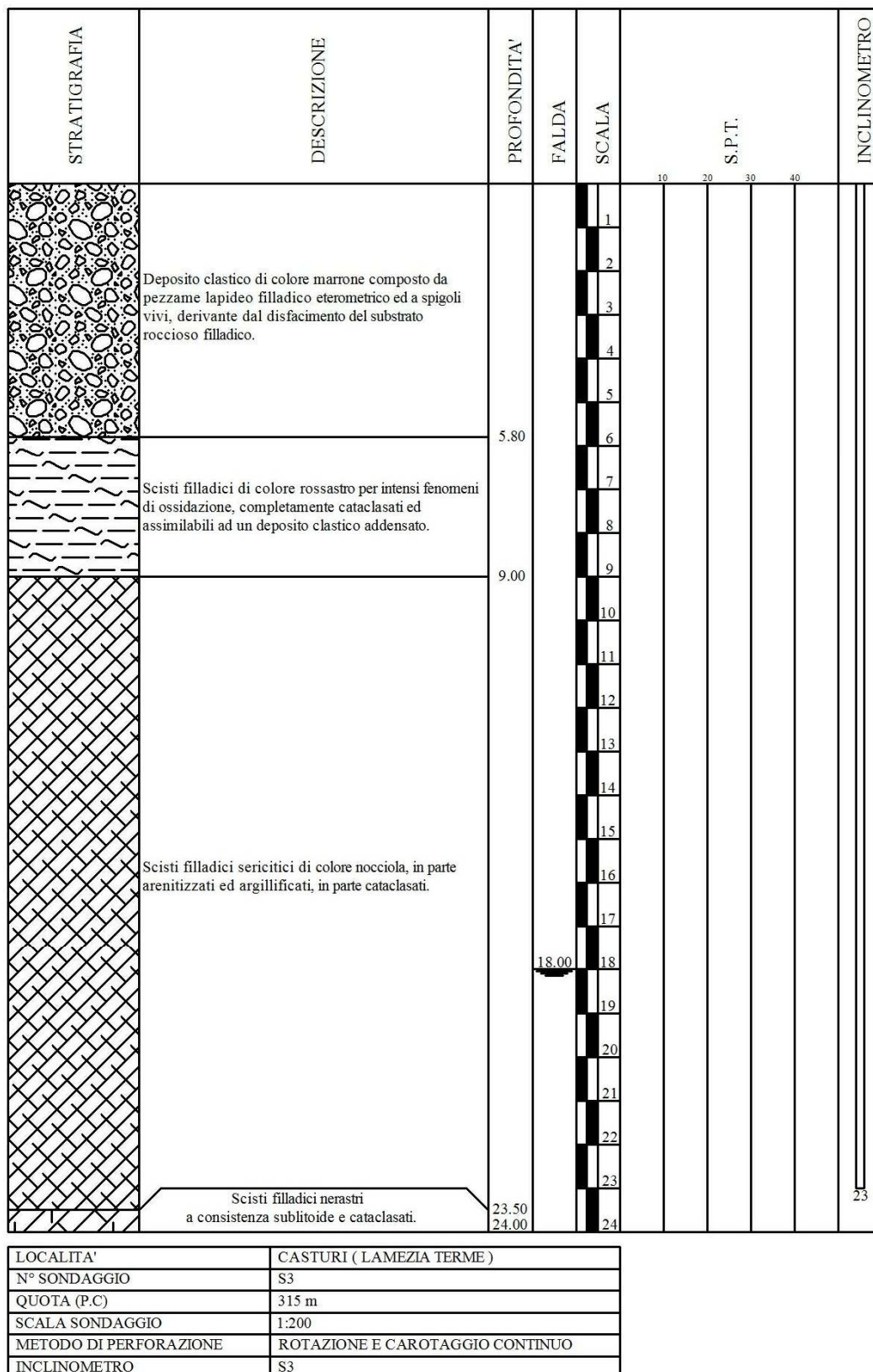
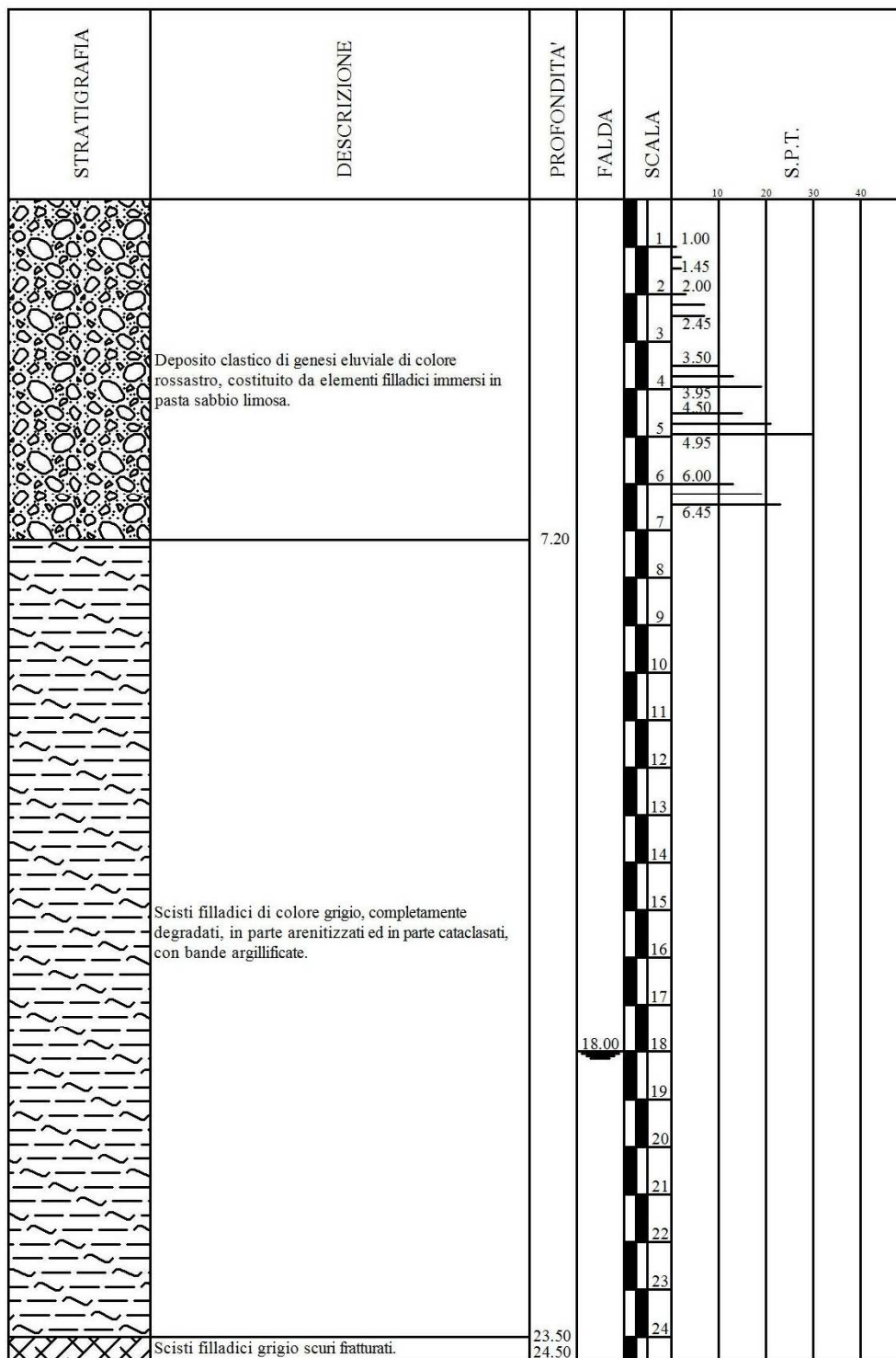
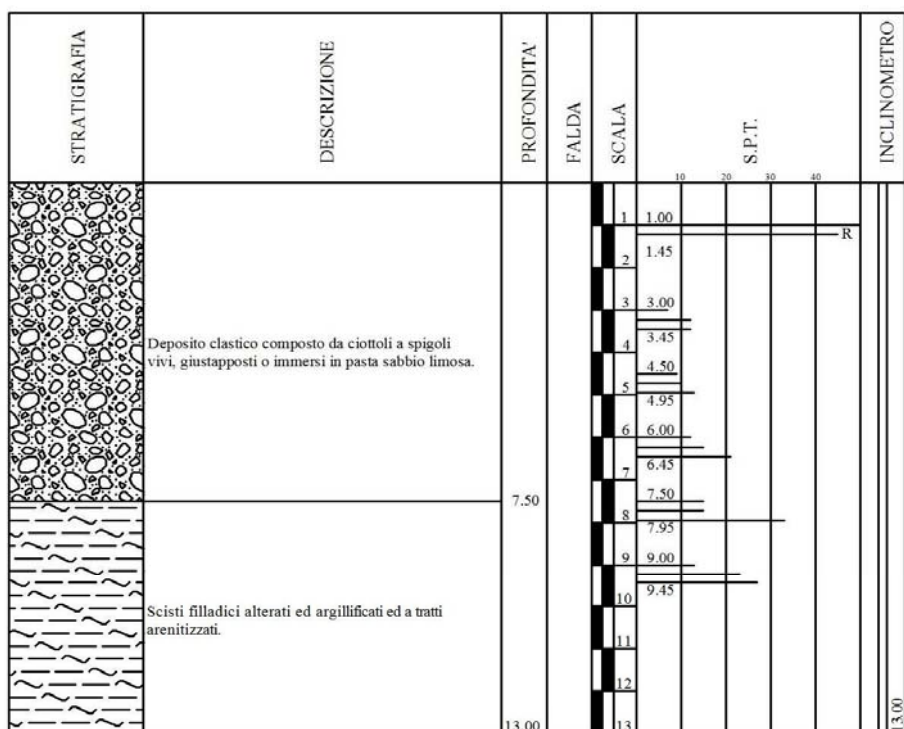


Figura 83 - Sezioni stratigrafiche: Carotaggio S3 e tubo inclinometrico S3 (M. Cerminara, modificato).

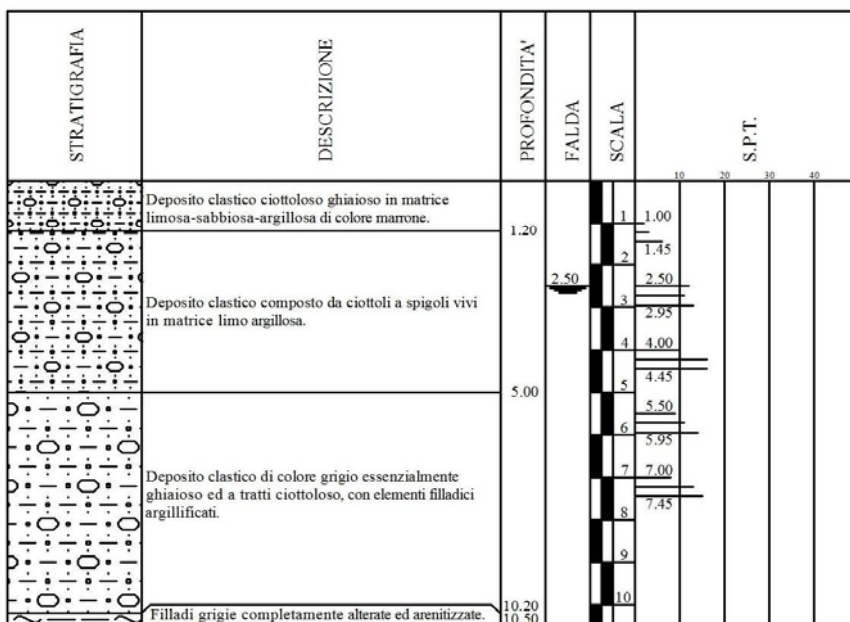


LOCALITA'	CASTURI (LAMEZIA TERME)
N° SONDAGGIO	S4
QUOTA (P.C)	317 m
SCALA SONDAGGIO	1:200
METODO DI PERFORAZIONE	ROTAZIONE E CAROTAGGIO CONTINUO

Figura 84 - Sezioni stratigrafiche: Carotaggio S4 (M. Cerminara, modificato).

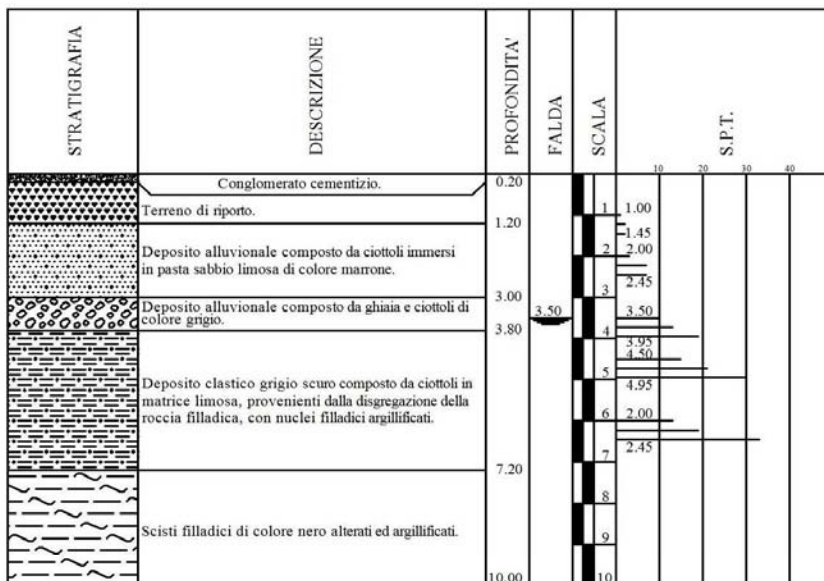


LOCALITA'	CASTURI (LAMEZIA TERME)
N° SONDAGGIO	S5
QUOTA (P.C)	272 m
SCALA SONDAGGIO	1:200
METODO DI PERFORAZIONE	ROTAZIONE E CAROTAGGIO CONTINUO
INCLINOMETRO	S4

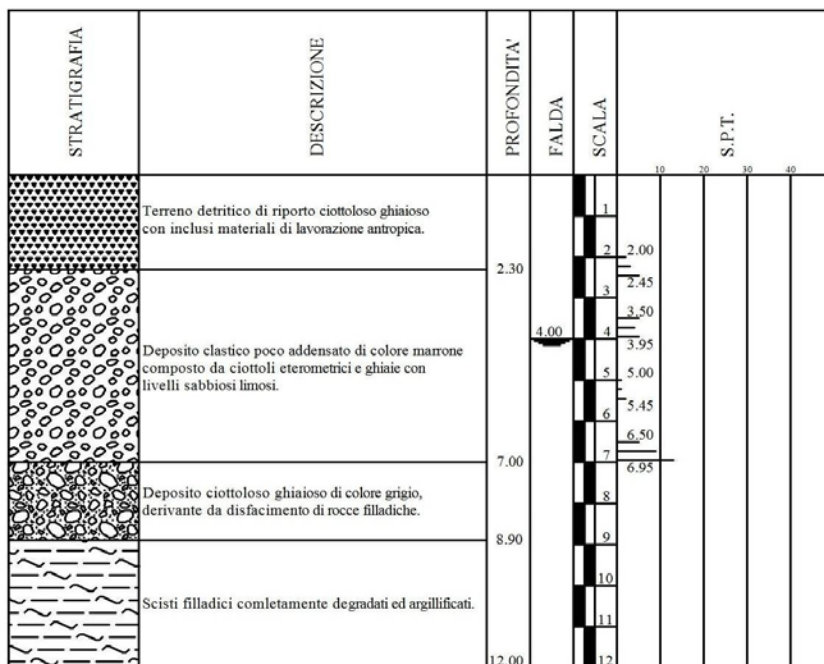


LOCALITA'	CASTURI (LAMEZIA TERME)
N° SONDAGGIO	S7
QUOTA (P.C)	264 m
SCALA SONDAGGIO	1:200
METODO DI PERFORAZIONE	ROTAZIONE E CAROTAGGIO CONTINUO

Figura 85 - Sezioni stratigrafiche: Carotaggi S5 ed S7, tubo inclinometrico S4 (M. Cerminara, modificati).



LOCALITA'	CASTURI (LAMEZIA TERME)
N° SONDAGGIO	S6
QUOTA (P.C)	265 m
SCALA SONDAGGIO	1:200
METODO DI PERFORAZIONE	ROTAZIONE E CAROTAGGIO CONTINUO



LOCALITA'	CASTURI (LAMEZIA TERME)
N° SONDAGGIO	S8
QUOTA (P.C)	265 m
SCALA SONDAGGIO	1:200
METODO DI PERFORAZIONE	ROTAZIONE E CAROTAGGIO CONTINUO

Figura 86 - Sezioni stratigrafiche: Carotaggi S6 ed S8 (M. Cerminara, modificati).

Ringraziamenti:

Un ringraziamento speciale al professore Franco Rapetti, con il quale ho avuto l'onore di iniziare e finire la mia carriera universitaria.

Ad Ilaria Agarini, Andrea Salvetti, Francesco Falaschi e Matteo Spagnolo che ho costantemente assillato durante tutta la stesura della tesi.

A Giuseppe Belvedere e a Enzo De Sando, che mi hanno fornito un valido aiuto e tanto materiale per la tesi.

Ai miei genitori, per il loro affetto, la pazienza, l'esempio datomi e per avermi sempre lasciato libero di fare le mie scelte.

Ai miei fratelli, per il tempo passato assieme.

A tutti i miei amici, a chi se n'è andato e a quelli che sono rimasti, se sono quello che sono lo devo anche a loro.

Grazie a tutti.