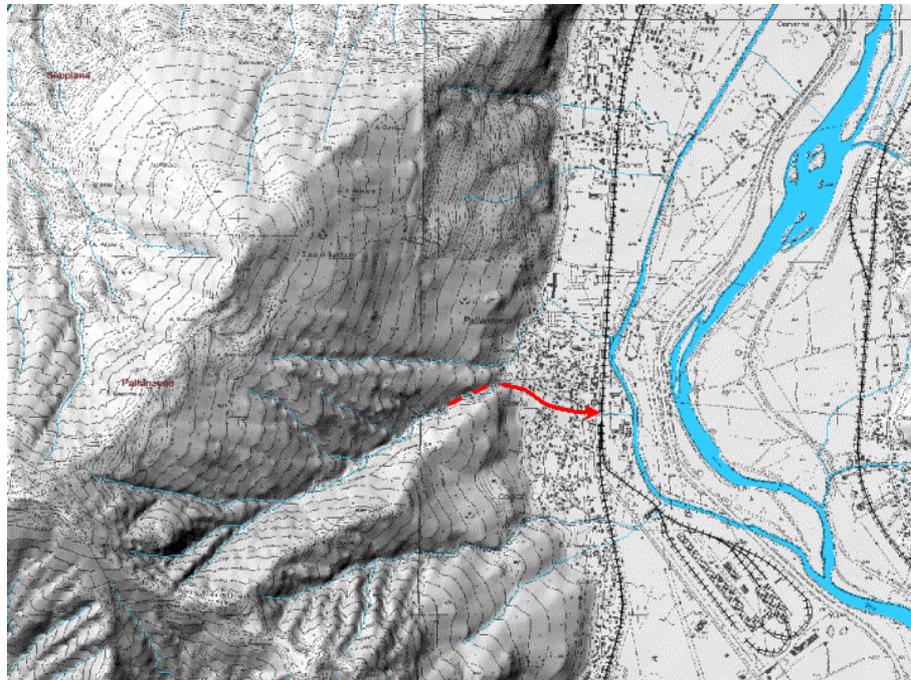
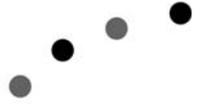


Il “trasporto in massa” a Pallanzeno (VB) del 18 Luglio 2005



Con la collaborazione dell'Area delle attività regionali per l'indirizzo ed il coordinamento in materia di prevenzione dei rischi geologici e del Dipartimento del Verbano Cusio Ossola



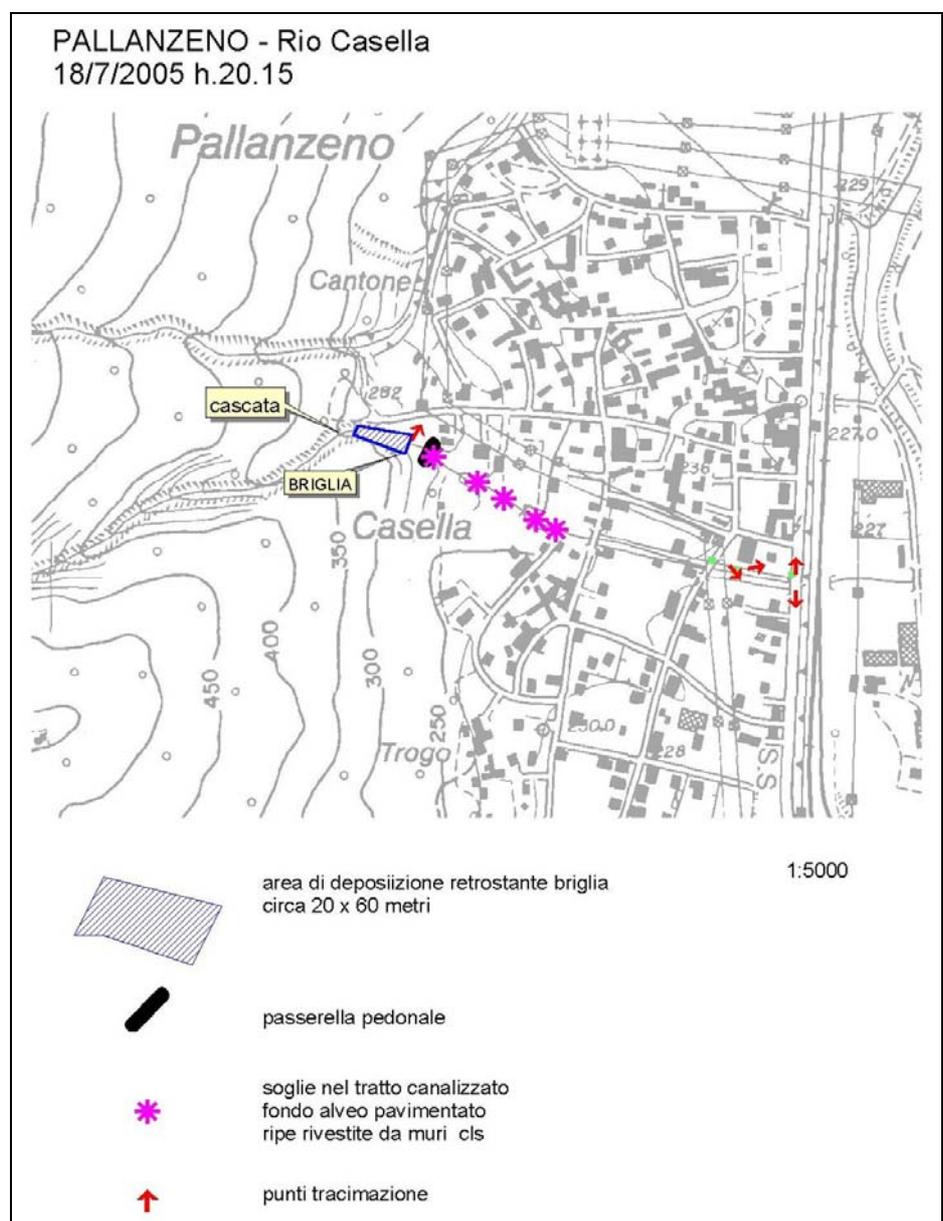
Indice

Introduzione	2
Le precipitazioni	4
Descrizione degli effetti	7
Analisi stratigrafica e sedimentologica dei depositi	11
Depositi in apice di conoide	11
Depositi in alveo	15
Apporti di materiale dai versanti	18
Analisi dei fattori predisponenti	21
Attività del Centro Funzionale	24

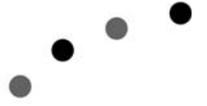
Introduzione

A seguito delle precipitazioni brevi e localizzate che nella giornata di lunedì 18 luglio 2005 hanno interessato con moderate intensità la provincia del Verbano-Cusio-Ossola, si sono innescati, nel territorio comunale di Pallanzeno, fenomeni di trasporto in massa lungo i Rii Casella e Moiana, tributari di destra idrografica del Fiume Toce (Fig. 1), che hanno raggiunto l'abitato di Pallanzeno intorno alle ore 20.

Figura 1: Area interessata dal fenomeno



Il bacino del Rio Casella, con un'estensione di circa 1,5 km², è modellato in litotipi appartenenti alla *Serie dei massicci gneissici*



costituiti in prevalenza da gneiss occhiadini e minuti, kinzigiti, micascisti, metabasiti e subordinati marmi bianchi a silicati.

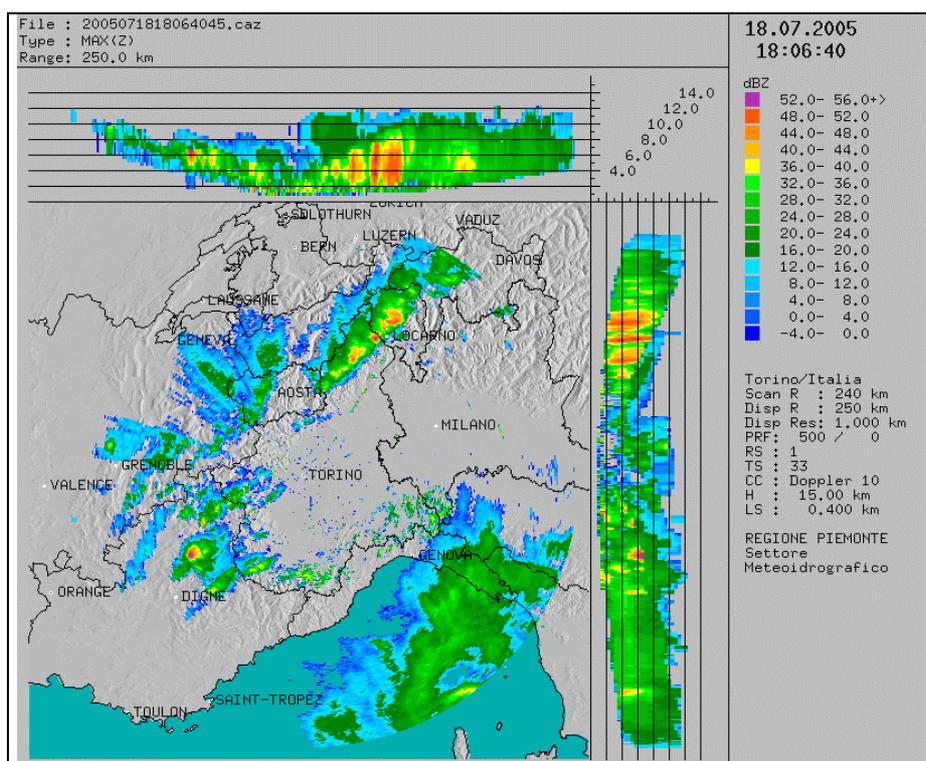
Le litologie del substrato rispecchiano, anche nelle percentuali di abbondanza, quelle dei sedimenti che costituiscono i depositi di conoide del Rio Casella, inquadrandolo di fatto nel *Group 3 - Inferno type* (prevalenti litotipi metamorfici e/o ignei massicci) secondo la classificazione dei conoidi alluvionali alpini proposta da A. Moscariello *et al.* (2002)¹ che correla la morfologia dei conoidi alluvionali e la tipologia di processi che avvengono lungo i corsi d'acqua minori ai litotipi costituenti il substrato del bacino.

¹ A. Moscariello, L. Marchi, F. Maraga and G. Mortara "Alluvial fans in the Alps: sedimentary facies and processes", *Spec. Publs int. Ass. Sediment.* (2002) **32**, 141-66

Le precipitazioni

Nella giornata di lunedì 18 luglio 2005 il territorio piemontese è stato interessato da fenomeni temporaleschi originatisi in prossimità dei rilievi alpini ed appenninici in rapido movimento da sudovest (Figura 2).

Figura 2: Immagini radar di riflettività registrate alle 18:06 UTC

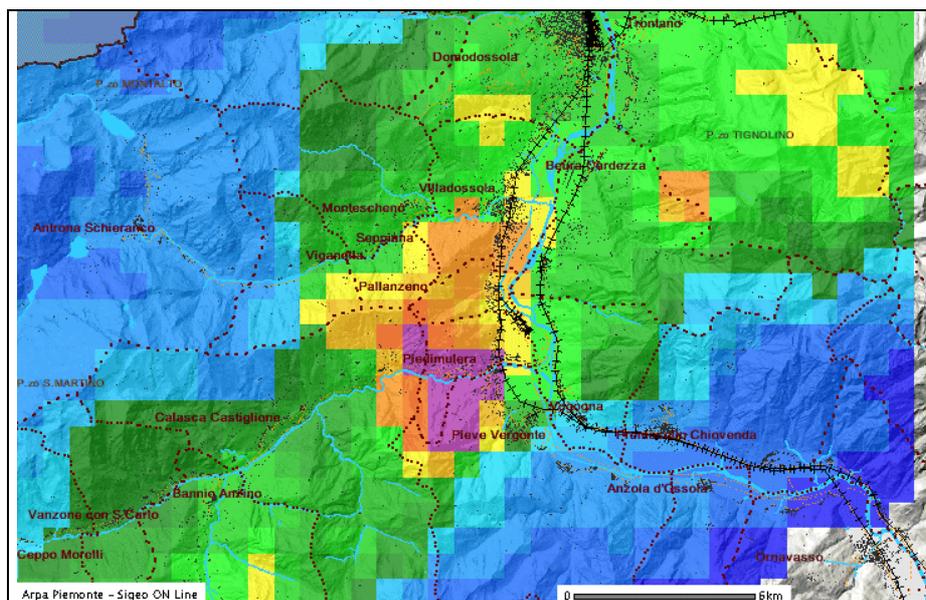


La zona del Toce è stata colpita sin dal primo pomeriggio da temporali e rovesci di moderata intensità, rilevati dal sistema di sorveglianza radar meteorologica e dai pluviometri della rete di monitoraggio dell'Arpa Piemonte ubicati in zona. Le stazioni di misura più vicine al comune su cui si è verificato il trasporto in massa e maggiormente significative sono Fomarco (252 m s.l.m.) situata nel comune di Pieve Vergonte e Domodossola, entrambe in provincia di Verbania.

Un primo temporale di modesta intensità è iniziato intorno alle ore 12 UTC (Universal Time Coordinated - l'ora UTC corrisponde all'ora italiana meno 2 ore quando vige l'ora legale), in occasione del quale il pluviometro di Fomarco ha registrato un picco di 6.8 mm in 30 minuti. Il fenomeno si è esaurito in circa un'ora.

Un secondo temporale ha interessato la zona a partire dalle ore 18 UTC con durata maggiore e precipitazioni più intense. La Figura 3 evidenzia il campo di precipitazione rilevato dal radar meteorologico da cui si desume un centro di scroscio su Piedimulera ed in corrispondenza della testata del Rio Casella.

Figura 3: Dettaglio della massima riflettività alle 18:06 UTC sul comune di Pallanzeno (VB)



Il pluviometro di Fomarco, prossimo al “centro di scroscio”, ha registrato valori pari a 15.8 mm in 30 minuti. Pochi minuti dopo la stazione di Domodossola, interessata dal transito della cella temporalesca, ha registrato un picco significativo pari a 20.2 mm in 30 minuti.

Dalla nottata si è assistito ad una generale attenuazione dei fenomeni su tutta la zona del Toce.

In Figura 4 sono mostrati gli ietogrammi di pioggia oraria e cumulata registrati nelle stazioni maggiormente significative.

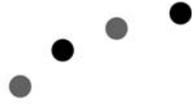
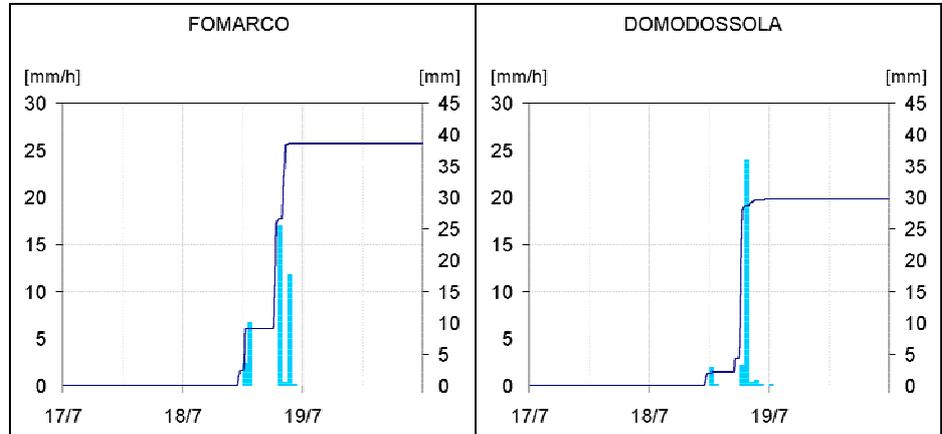


Figura 4: Ietogrammi di pioggia oraria e cumulata registrati nelle stazioni pluviometriche più significative



Le precipitazioni totali dell'evento registrate il 18 luglio sono pari a 38.6 mm a Fomarco e 29.8 mm a Domodossola in meno di tre ore.

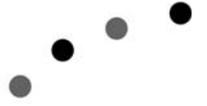
In Tabella 1 sono raccolti i dati di sintesi delle misure pluviometriche.

Tabella 1: Massime altezze di precipitazione osservata per differenti durate

ZONA	Stazione	Massima altezza di pioggia [mm]						
		10 min	30 min	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Toce	Fomarco	6.0	15.8	17.2	29.2	29.4	38.6	38.6
	Domodossola	10.6	20.2	24.0	26.6	27.4	29.6	29.8

Le stazioni pluviometriche della zona del Toce hanno registrato nello stesso giorno valori di precipitazione, per le durate da 1 a 24 ore, analoghi ed in alcuni casi leggermente superiori a quelli riportati in Tabella 1.

Le massime altezze di pioggia registrate sono risultate inferiori ai valori di soglia pluviometrica adottati nel sistema di monitoraggio di Arpa Piemonte. Infatti le piogge cadute hanno un tempo di ritorno (tempo medio di attesa stimato tra l'occorrere di un determinato evento e il successivo con medesime caratteristiche) inferiore a due anni e quindi di assoluta ordinarietà.



Descrizione degli effetti

Sono state effettuate, tramite sopralluogo, osservazioni puntuali lungo l'alveo del Rio Casella nel tratto in conoide, dall'apice ai sottopassi della S.S. n. 33 e della linea ferroviaria.

L'apice del conoide si trova alla base di una soglia in roccia che forma una cascata (Figura 5).

Figura 5: Sedimenti in zona apicale del conoide.



Una grossa briglia (Figura 6) con gàveta trapezia e funi d'acciaio tesate tra le ali, posizionata circa 60 metri a valle della soglia, forma una piazza di sedimentazione di discrete dimensioni (60m x 20m) delimitata sulla sinistra da un muraglione in calcestruzzo e sulla destra da una parete subverticale di roccia.

Figura 6: Vista verso monte della briglia delimitante la piazza deposizionale.



Nella suddetta piazza deposizionale sono stati trattieneuti circa 4.000 metri cubi, secondo i rilevamenti effettuati dal comune di Pallanzeno. Parte della colata ha tracimato l'ala sinistra della briglia disperdendosi nei percorsi obbligati determinati dalla viabilità cittadina.

A valle della briglia l'alveo è canalizzato fino al sottopasso della linea ferroviaria, con profilo di fondo rivestito, segmentato da soglie progressivamente più distanziate e più basse al decrescere dell'inclinazione di fondo. Entrambe le ripe del canale sono artificiali, formate da muri spondali in calcestruzzo. Il canale si presenta ampio, privo di depositi e con buche localizzate a valle di alcune soglie fino a circa 80 metri prima del sottopasso della S.S. n. 33; da questo punto il canale inizia anche a restringersi. Nessuno dei tre ponti presenti in questo tratto ha ostacolato il deflusso (Figura 7).

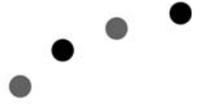


Figura 7: I tratti rettificati del canale non sono stati sede di deposizione.



Mentre i sottopassi della S.S. n. 33 e segnatamente quello della linea ferroviaria, più stretto, unitamente ad una marcata diminuzione della pendenza di fondo, hanno ostacolato il deflusso e determinato fenomeni di rigurgito. In questo tratto è avvenuta sedimentazione e tracimazione di entrambe le ripe con deposizione sul fondo dell'alveo, sulle strade e nei giardini delle case limitrofe, di sedimenti prevalentemente fini e legname (Figura 8).

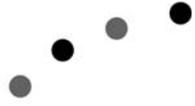
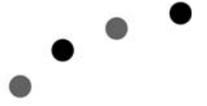


Figura 8: Tronchi e rami semi-carbonizzati portati a valle dal trasporto in massa del Rio Casella ed accatastati a bordo strada.



La strada è rimasta non transitabile fino al giorno successivo.



Analisi stratigrafica e sedimentologica dei depositi

Le indagini di carattere stratigrafico-sedimentologico sui depositi torrentizi, sono indispensabili per comprendere le dinamiche che hanno caratterizzato il trasporto in massa, poiché tramite l'identificazione dei diversi eventi sedimentari ed i reciproci rapporti temporali, è possibile risalire ai regimi energetici in cui sono stati prelevati, trasportati e depositati e, di conseguenza, ad una stima qualitativa degli apporti idrici correlati all'insacco ed evoluzione del fenomeno di trasporto in massa.

Il rilevamento è stato maggiormente focalizzato sui depositi presenti in apice di conoide, in prossimità del bacino di sedimentazione artificiale delimitato a valle dalla briglia (282 m s.l.m.), che separa la sezione di alveo naturale dal tratto artificiale canalizzato che attraversa l'abitato di Pallanzeno.

Un rilevamento speditivo è stato invece dedicato ai depositi presenti nel primo tratto d'alveo a monte del conoide, fino ad una quota di 450 m s.l.m.

Deposit

Le osservazioni di terreno hanno portato all'identificazione di almeno tre processi sedimentari attribuibili all'evento pluviometrico del 18 luglio, e almeno uno ascrivibile ad eventi pluviometrici avvenuti nei mesi precedenti.

Ciò che infatti si osserva in prima battuta è un deposito costituito da prevalenti granulometrie grossolane (dalle ghiaie ai blocchi), potente fino a circa 3 metri nella parte centrale del bacino di deposizione, che poggia su depositi costituiti in prevalenza da sedimenti fini (dai silt argillosi alle sabbie grossolane). I rapporti stratigrafici tra i due depositi sono prevalentemente di sovrapposizione ed in rari casi, al bordo del bacino, di incastramento. Al contatto tra i due depositi sono osservabili strutture da carico che deformano i sedimenti fini del deposito sottostante (Figura 9).

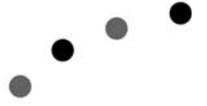


Figura 9: I blocchi giacciono sui depositi siltoso-sabbiosi originando strutture sedimentarie post-deposizionali da carico.



Nel dettaglio, i depositi ascrivibili all'evento pluviometrico del 18 luglio evidenziano almeno 3 distinti eventi sedimentari: due primari ed uno secondario.

L'ordine cronologico degli eventi sedimentari distinti è determinabile sulla base dei rapporti stratigrafici, dei depositi e delle superfici erosionali, nonché sulla base delle caratteristiche sedimentologiche.

Il primo evento sedimentario primario è consistito nella deposizione di blocchi di dimensioni metriche tramite un meccanismo di trasporto definito *non-cohesive sediment gravity flow*, ossia da un meccanismo di trasporto per rotolamento, saltazione e scivolamento dei clasti con abbondante componente liquida costituita essenzialmente da acqua. La dinamica che ha portato alla deposizione di questi sedimenti è desumibile dalla particolare tessitura del deposito e dalla granulometria che lo caratterizza; si tratta infatti di un deposito di forma lobata con struttura *open-work* (totale assenza di matrice negli spazi tra i clasti) in cui i blocchi sono embricati con l'asse maggiore disposto perpendicolarmente alla direzione di trasporto (Figura 10).

Figura 10: Blocchi embricati con angoli di circa 45°, con l'asse maggiore disposto perpendicolarmente alla direzione di trasporto.



Il successivo evento sedimentario primario è invece del tipo *choesive sediment gravity flow*, come testimoniato dai depositi organizzati in cordoli e dalla presenza di abbondante matrice sabbioso-siltosa tra gli spazi lasciati dai clasti, di dimensioni da decimetriche a pluridecimetriche, a formare una struttura *clast-supported*. Tale stile deposizionale indica, in questo particolare caso, una diminuzione del contenuto idrico e dell'energia della corrente rispetto al primo evento sopra descritto. I depositi di questo tipo sono subordinati ed hanno dimensioni minori rispetto ai precedenti e si ritrovano ben conservati nelle zone marginali del bacino deposizionale (Figura 11).

Figura 11: Cordoli formati da ciottoli e blocchi con matrice sabbioso-siltosa. I clasti presentano l'asse maggiore disposto parallelamente alla direzione di trasporto e, in alcuni casi, si dispongono a formare embricature ad alto angolo (sub-verticali). Inoltre, i sedimenti si sono depositati senza danneggiare la vegetazione, ciò sottolinea la bassa energia di trasporto.



Il terzo evento sedimentario è di tipo secondario, ossia caratterizzato da processi prevalentemente erosivi che rielaborano e dilavano le frazioni più fini dei sedimenti costituenti i depositi ascrivibili al secondo evento sedimentario primario. In questa fase correnti pulite in regime critico, incidono canali nei depositi preesistenti e rielaborano, per dilavamento del silt e per rideposizione di ghiaie e sabbie, il sedimento riorganizzandolo in strutture denominate *incised channel facies*. Al diminuire dell'energia della corrente, si passa ad una normale deposizione torrentizia (*water bedloaded deposit*) con arricchimento di matrice sabbiosa (Figura 12).

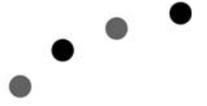


Figura 12: *Hight speed water channel* modellato ad opera di acque in regime critico.



Depositi in alveo

I sedimenti presenti nel tratto d'alveo compreso tra l'apice di conoide (280 m s.l.m.) ed una quota di 450 m s.l.m., costituiscono cospicui depositi organizzati in cordoli, caratterizzati da pezzature e composizioni dei clasti disomogenee e da variabili quantità di matrice (ghiaie, sabbie e subordinatamente silt), al pari dei depositi presenti in apice di conoide corrispondenti al secondo evento sedimentario primario (Figura 13).

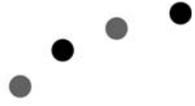


Figura 13: Depositi in alveo rielaborati dall'evento del 18 luglio.



Salendo di quota dai 425 m. s.l.m. lungo l'alveo, si osserva un brusco cambiamento nella struttura e tessitura dei depositi, sottolineato da un canale inciso da correnti veloci che forma un alto angolo rispetto alla sezione longitudinale del Rio Casella. Da questo punto, i clasti costituenti i depositi aumentano di dimensioni e la pezzatura risulta più uniforme, mentre la matrice, costituita da sabbie e silt, che riempie gli spazi tra i grossi blocchi, è attribuibile ad eventi sedimentari successivi alla deposizione dei grossi blocchi (Figura 14).

Figura 14: Zona di innesco del fenomeno di trasporto in massa, sottolineato da una netta variazione delle caratteristiche dei depositi e dalla presenza di un *high speed water channel* orientato quasi ortogonalmente all'asse del Rio Casella.

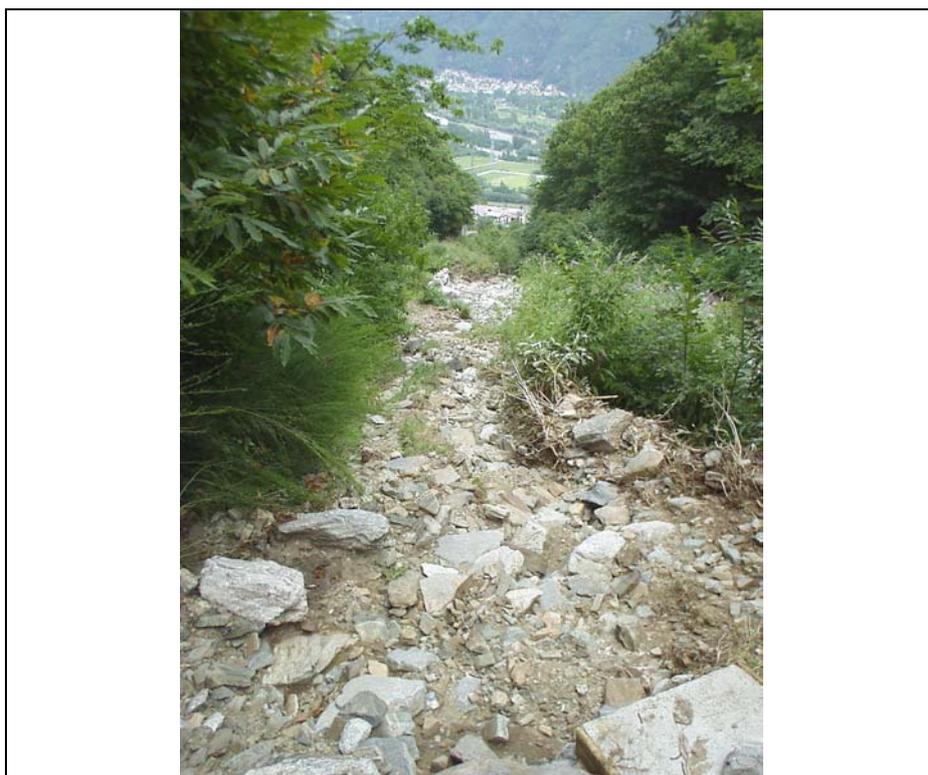


Questa sezione d'alveo rappresenta la, o una, probabile area di innesco, ovvero l'area interessata maggiormente dalla mobilizzazione del materiale presente in alveo. L'innesco in questo tratto d'alveo, che non presenta bruschi cambi di pendenza, potrebbe essere attribuibile ad apporti idrici cospicui dai versanti. Il punto di osservazione di figura 14 coincide infatti con il punto di confluenza tra un piccolo fenomeno di *debris flow* (Figura 15) proveniente dal versante in sinistra ed il Rio Casella.

Apporti di materiale dai versanti

Il contributo da parte di fenomeni franosi dai versanti prospicienti il Rio Casella, non sembra aver avuto un ruolo importante nell'apporto di materiale in alveo, poiché gli unici fenomeni rilevati, osservabili in sinistra idrografica, consistono in piccole colate detritiche avvenute per convergenza negli impluvi naturali di materiale superficiale, in parte dilavato dalle acque ruscellanti ed in parte mobilizzato ad opera di colamenti per saturazione e fluidificazione della coltre detritico-colluviale (Figura 15). Non tutti i colamenti detritici incanalati hanno raggiunto l'alveo del rio e, comunque, gli apporti detritici ad opera di quelli che invece si sono propagati in alveo, sono di modesta entità.

Figura 15: Debris flow di modeste dimensioni sul versante in sinistra idrografica del Rio Casella.



L'esiguo apporto di materiale proveniente dai versanti è anche testimoniato dalla scarsissima presenza di sedimenti fini (silt e argille) che ha caratterizzato il fenomeno innescatosi il 18 luglio, rispetto ai fenomeni avvenuti nei mesi precedenti a poca distanza dall'incendio

che nel marzo ha interessato la copertura vegetale, essenzialmente arbustiva, dei versanti.

Le sponde non sono infatti interessate da patine fangose, ma a testimoniare il passaggio della colata detritica sono invece il coricamento e l'isorientazione della vegetazione riparia (Figura 16).

Figura 16: Traccia del passaggio del fenomeno torrentizio sulla vegetazione riparia, indicante l'altezza massima raggiunta dal fenomeno in questa sezione d'alveo.



Ciò indica che il fenomeno di trasporto in massa del 18 è avvenuto in presenza di acque pulite che hanno trasportato sedimenti con granulometria minima riconducibile alla classe delle sabbie fini-silt, come confermato dal deposito lasciato su alcuni blocchi in apice di conoide in fase di decantazione in acque a bassa o nulla energia (lento deflusso e stagnazione delle acque al termine dell'evento torrentizio) (Figura 17).

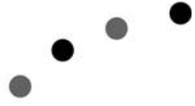


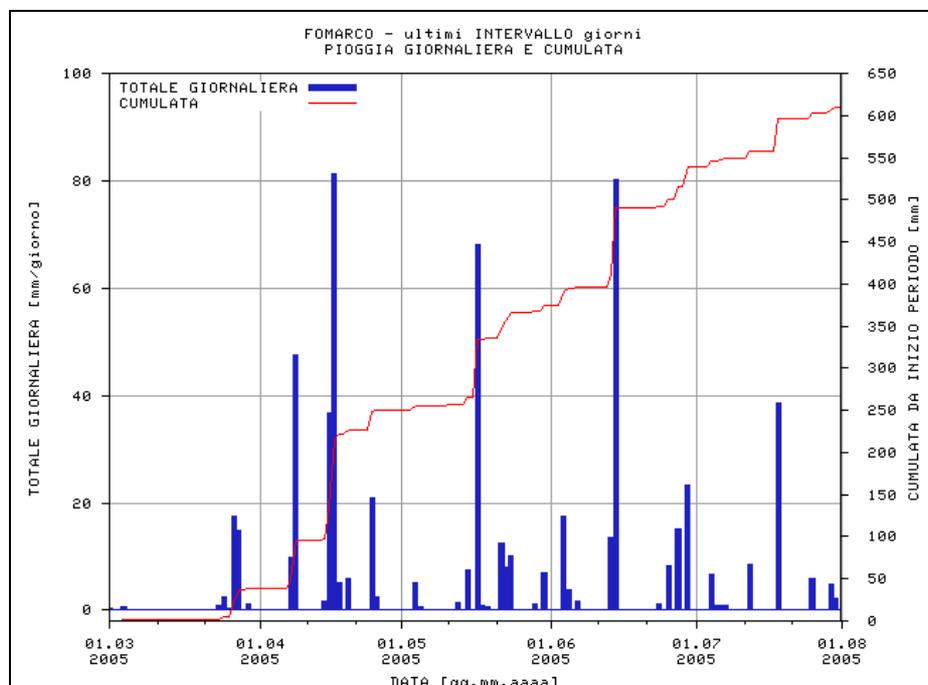
Figura 17: Sedimenti sabbioso-siltosi e resti vegetali carbonizzati depositati per decantazione su un blocco nella fase conclusiva del fenomeno torrentizio.

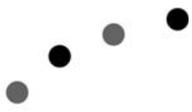


Analisi dei fattori predisponenti

Il fenomeno di trasporto in massa avvenuto il 18 luglio non rappresenta un evento di particolare magnitudo, come anche gli eventi minori verificatisi nei mesi precedenti e nei primi giorni di agosto. L'innescò del trasporto in massa si è verificato in presenza di precipitazioni registrate di moderata intensità, soprattutto se paragonate a quelle che hanno caratterizzato i mesi precedenti (Figura 18).

Figura 18: Ietogramma della stazione di Fomarco per il periodo compreso tra il primo di marzo e il primo di agosto 2005.





sabbie fini nel caso trattato) derivanti dalla destrutturazione per dilatazione termica dell'orizzonte più superficiale del suolo. Le precipitazioni piovose che avvengono in un periodo successivo all'incendio, rimuovono per dilavamento il materiale derivante dalla combustione e lo convogliano verso l'asta principale del bacino, in questo caso rappresentata dal Rio Casella. Il dilavamento può avvenire in fasi successive e si esaurisce con la completa asportazione del livello di materiale combusto (eventi pluviometrici precedenti a quello verificatosi il 18 luglio), lasciando esposto un suolo impoverito e reso localmente più impermeabile per fenomeni di vetrificazione pellicolare ad opera delle alte e protratte temperature sviluppate dall'incendio radente. Il risultato consiste in una percettibile diminuzione temporanea della permeabilità del suolo ed un conseguente aumento del *run-off* delle acque meteoriche sui versanti. A parità di intensità di precipitazione (mm/t) in condizioni normali, aumentano le quantità d'acqua convogliate in alveo mentre i tempi di corrivazione diminuiscono. In tali condizioni risulta più efficace l'azione delle precipitazioni nel mobilizzare i sedimenti presenti in alveo. Secondariamente si sommano apporti detritici dai versanti sottoforma di piccole frane superficiali passanti a modesti fenomeni di *debris flow* per convergenza verso impluvi naturali e conseguente incanalamento.

Un altro importante fattore predisponente concomitante è rappresentato dalle elevate pendenze che caratterizzano i versanti bordanti il bacino del Rio Casella, come mostrato in figura 19.

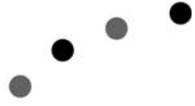
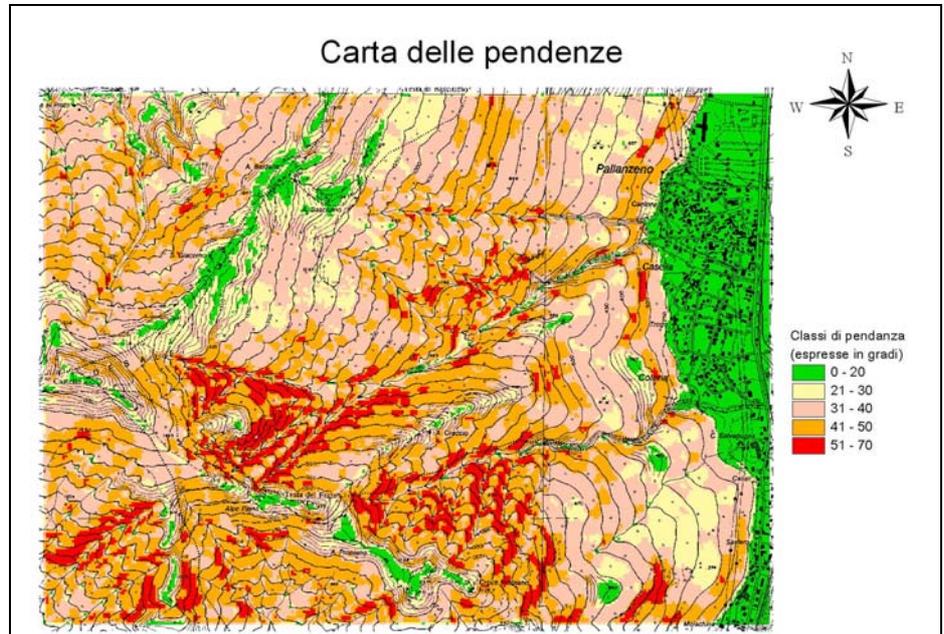
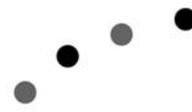


Figura 19: Carta delle pendenze per il bacino del Rio Casella.





Attività del Centro Funzionale

Nella giornata di lunedì 18 luglio, nell'ambito della consueta attività previsionale, veniva emesso alle ore 13 il bollettino di allertamento (Figura 20) per rischio idrogeologico in cui si segnalavano fenomeni temporaleschi anche di forte intensità a partire dal pomeriggio e per la notte; le aree interessate erano le zone di allerta "A" (Toce), "B" (Sesia Dora Baltea), "C" (Orco Bassa Dora Riparia Sangone), "D" (Alta Dora Riparia Po). In conseguenza di ciò veniva associato uno scenario di "ordinaria criticità" ai sensi della Direttiva del P.C.M. del 27 febbraio 2004 "Gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale e regionale ai fini di protezione civile". L'entità e l'intensità delle precipitazioni cadute nell'area sono state rilevate dalle stazioni automatiche della rete meteoidrografica regionale e dal radar meteorologico. Come si evince dall'analisi pluviometrica su esposta, l'entità delle precipitazioni non riveste un carattere di eccezionalità, gli effetti osservati sono piuttosto da imputarsi ad una particolare vulnerabilità del territorio, conseguenza dell'incendio avvenuto nel marzo 2005, che ha amplificato gli effetti al suolo di un fenomeno temporalesco di modesta rilevanza.

Figura 20: Bollettino di allertamento n. 199 del 18 luglio 2005 emesso alle ore 13.00

		AREA PREVISIONE E MONITORAGGIO AMBIENTALE					
BOLLETTINO DI ALLERTAMENTO PER RISCHIO IDROGEOLOGICO							
Bollettino n° 199/2005 di Lunedì 18/07/2005			Emissione: lunedì 18/07/2005 ore 13:00 locali Inizio validità: lunedì 18/07/2005 ore 13:00 locali Fine validità: martedì 19/07/2005 ore 24:00 locali Aggiornamento: martedì 19/07/2005 ore 13:00 locali				
AMBITO TERRITORIALE Zona di Allertamento e Sigla della Provincia	Situazione Meteo Idrologica	Tipo di Rischio	Scenario	INFORMAZIONI AGGIUNTIVE			
				Previsione per le prossime 24 ore			
				Pioggia media	Quota neve (metri slm)		
A Toce	VB 1	Ordinaria Criticità	-	Ordinaria Criticità	Debole	3200	
B Sesia Bassa Dora Baltea	BI TO VC 1	Ordinaria Criticità	-	Ordinaria Criticità	Debole	3200	
C Orco Bassa Dora Riparia Sangone	TO 1	Ordinaria Criticità	-	Ordinaria Criticità	Debole	3200	
D Alta Dora Riparia Po	CN TO 1	Ordinaria Criticità	-	Ordinaria Criticità	Debole	3300	
E Varaita Stura di Demonte	CN 1	Situazione Ordinaria	-	-	Debole	3400	
F Alto Tanaro	CN 1	Situazione Ordinaria	-	-	Debole	3600	
G Belbo Orba	AL AT CN 1	Situazione Ordinaria	-	-	Debole	3600	
H Scrivia	AL 1	Situazione Ordinaria	-	-	Debole	3400	
I Pianura Settentrionale	BI NO TO VC 1	Situazione Ordinaria	-	-	Debole	3400	
L Pianura Meridionale Colline Piemontesi	AL AT CN TO 1	Situazione Ordinaria	-	-	Debole	3400	

Note : Dal pomeriggio odierno e nel corso della notte potranno verificarsi temporali con piogge di intensità localmente molto forte, con associati fenomeni grandinigeni e forti raffiche di vento, sulle zone A,B,C e D.

N. B. Per una corretta interpretazione consultare sempre il manuale d'uso