

RAPPORTO DI EVENTO METEOROLOGICO DELL'8-9 giugno 2011

(redatto da N. Arena, V. Bonati, P. Gollo, B. Turato)

Abstract.....	1
1 Analisi meteorologica.....	1
2 Dati Osservati.....	4
2.1 Analisi Pluviometrica.....	4
2.1.1 Analisi dei dati a scala areale.....	4
2.1.2 Analisi dei dati puntuali.....	6
2.2 Analisi idrometrica e delle portate.....	8
2.3 Effetti al suolo e danni rilevanti.....	10
3 Conclusioni.....	10

Abstract

L'evento meteorologico che ha interessato la regione tra l'8 giugno e le prime ore del 9 giugno ha fatto registrare piogge con cumulate elevate ed con intensità molto forte sul torrente Entella. In generale le piogge sono state forti e persistenti su tutto il levante della regione e associate a temporali forti e organizzati sia nella mattinata dell'8 che nella serata e notte successiva, tra l'8 e il 9. Le precipitazioni hanno provocato un significativo innalzamento dei livelli idrici del fiume Entella e del fiume Magra, precisamente del suo affluente Vara. Gli innalzamenti più significativi si sono registrati agli idrometri di Carasco, Panesi e Nasceto.

Le piogge registrate tra il pomeriggio dell'8 giugno e la mattina del 9 evidenziano che le precipitazioni più copiose si sono avute ai pluviometri di Cichero, Giacopiane e Varese Ligure. I valori della cumulata media areale per la durata dell'intero evento (ossia tra le 00.00 dell'08/06 e le 00.00 del 10/06) sull'area C hanno raggiunto valori dell'ordine dei 120 mm. I massimi puntuali hanno registrato valori intorno ai 100 mm in 1 ora, raggiungendo intensità molto forti; nel corso dell'intero evento (circa 48 ore) sono stati registrati puntualmente quasi 280 mm di precipitazione (stazione di Cichero).

I livelli idrometrici registrati hanno mostrato decisi innalzamenti coerentemente con le precipitazioni osservate. Si sono verificate portate consistenti che hanno condotto ad alcuni allagamenti nell'asta terminale dell'Entella e in alcune zone dei tratti a monte.

1 Analisi meteorologica

Nella giornata dell'8 giugno lo scenario meteorologico europeo era caratterizzato dalla presenza di un ciclone atlantico sulla Scozia, la cui saccatura presentava un asse orientato verso Sud-Est fino al Nord Africa. Tale configurazione ha determinato lo sviluppo di un minimo orografico sottovento alla catena alpina, tra il Piemonte meridionale e la Liguria di Ponente, associato ad un importante gradiente SudOvest-NordEst. A partire dalle prime ore dell'8 giugno si sono verificati temporali diffusi e organizzati sulla Liguria di Levante, in particolare sullo spezzino, dove è risultata maggiore l'avvezione di aria umida da Sud-Ovest legata alla circolazione indotta dal minimo. Nel pomeriggio dell'8 l'intensità dei fenomeni si è temporaneamente attenuata per poi riprendere nella serata, andando ad interessare il centro della regione ed il Tigullio e continuando fino alle prime ore del 9 giugno. Proprio in questa seconda fase si è sviluppata una cella temporalesca assimilabile ad una struttura a "V" sull'entroterra di Varazze (precipitazione registrata da Il Pero di 97 mm/1h). Tale sistema si è poi mosso verso Est interessando la città di Genova e portando nuove abbondanti precipitazioni di intensità molto forte sull'entroterra di Chiavari, già interessato dalle piogge della mattina (record di precipitazione 105 mm/1h su Cichero tra le 02:00 e le 03:00 ora locale), e provocando locali esondazioni dell'Entella.

Nel corso dell'evento si possono quindi distinguere due fasi:

- una prima fase, nel corso della mattinata dell'8 giugno, con piogge persistenti sul Levante;
- una seconda fase, fra la serata dell'8 e le ore antelucane del 9 giugno, durante la quale si è sviluppato un sistema a "V" che ha interessato il settore centrale della regione ed il Tigullio facendo registrare i massimi di precipitazione.

In entrambi i casi sono stati osservati temporali forti ed organizzati, non facilmente predicibili, soprattutto per l'assenza di chiari precursori indicativi di una situazione di forte instabilità: la parte più attiva dell'anomalia in quota era, infatti, già passata sulla nostra regione nelle ore precedenti.

Al fine di comprendere la dinamica di un evento di tale intensità è opportuno analizzare alcuni fattori che possono aver avuto un ruolo determinante nell'innescare di tali fenomeni.

Innanzitutto, è importante valutare il ruolo del minimo orografico formatosi tra il Piemonte e la Liguria di Ponente che, seppur non particolarmente profondo, è risultato stazionario ed ha indotto una consistente avvezione umida nei bassi strati favorendo una marcata convergenza al suolo. Tale minimo si è approfondito nel corso della giornata e nel corso della serata ha dato origine ad un importante gradiente barico con convergenza del flusso nella zona di Varazze (Figura 2 e Figura 3), dove si è sviluppata la struttura a "V" che si è poi spostata verso Est. Le figure da Figura 4 a Figura 6 mostrano alcune fasi dello sviluppo della cella temporalesca attraverso immagini del satellite MSG nel canale IR.

Un ulteriore fattore da tenere in considerazione è la presenza di un *low level jet* a 850 hPa che incontra la costa ligure proprio nella zona di sviluppo del sistema temporalesco serale. Il *jet* è formato dal flusso diffluente attorno alla Corsica (Figura 10 e Figura 11) ed è associato al minimo orografico sopra descritto tra il Piemonte e la Liguria di Ponente, nonché ad un massimo relativo di *CAPE* (*Convective Available Potential Energy*). Tale configurazione induce a ritenere probabile che il *low level jet* abbia fornito l'umidità che ha alimentato il sistema temporalesco nei bassi strati e che la presenza di tale corrente abbia determinato un'area di convergenza che ha contribuito a mantenere condizioni di instabilità. Sul Mediterraneo, infatti, gli eventi temporaleschi che si sviluppano nelle zone costiere spesso sono associati a *low level jet* a piccola scala trasversale che impattano sull'orografia locale ed il caso analizzato potrebbe rientrare in tale casistica.

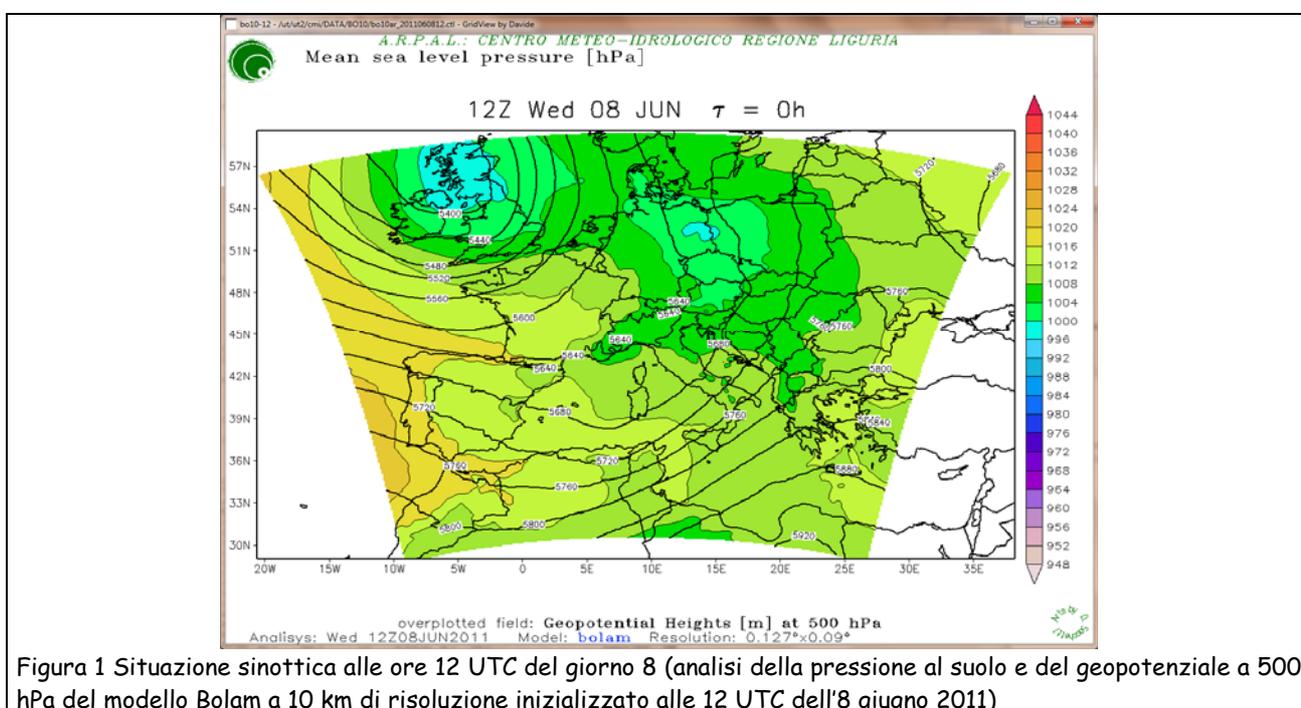


Figura 1 Situazione sinottica alle ore 12 UTC del giorno 8 (analisi della pressione al suolo e del geopotenziale a 500 hPa del modello Bolam a 10 km di risoluzione inizializzato alle 12 UTC dell'8 giugno 2011)

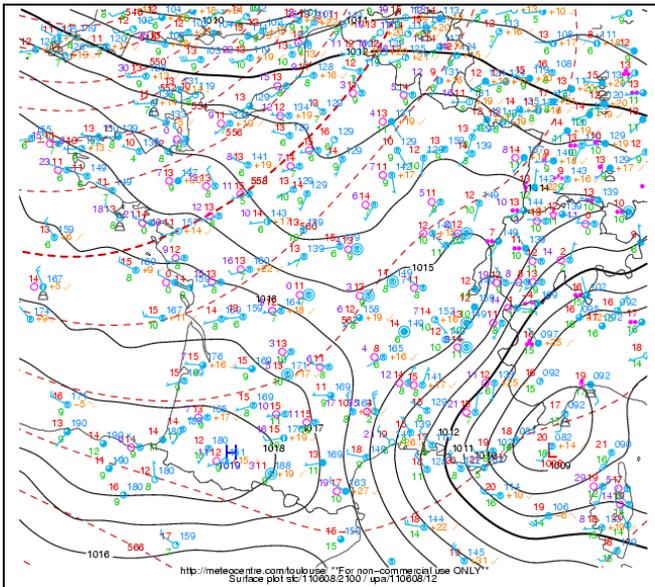


Figura 2 Mappa di osservazioni al suolo riferita alle ore 21 UTC del giorno 8 giugno 2011 (elab. Meteocentre)

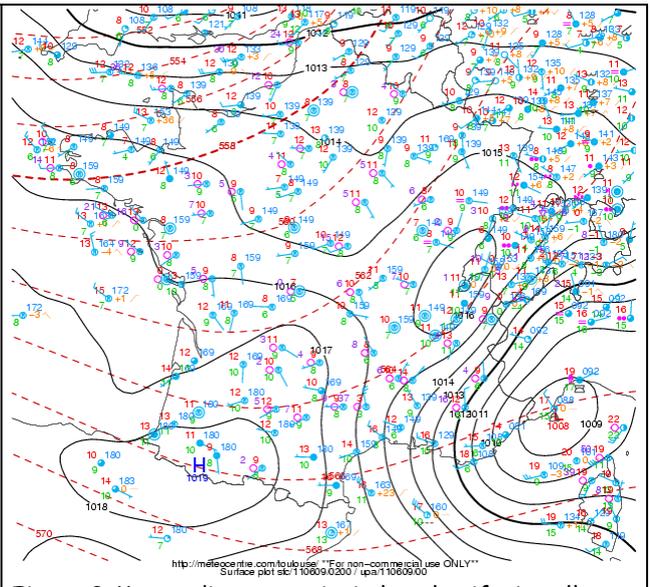


Figura 3 Mappa di osservazioni al suolo riferita alle ore 02 UTC del giorno 9 giugno 2011 (elab. Meteocentre)

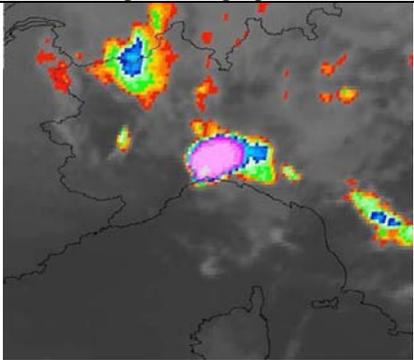


Figura 4 Immagine satellite canale IR - ore 22.00 UTC del giorno 8 giugno 2011

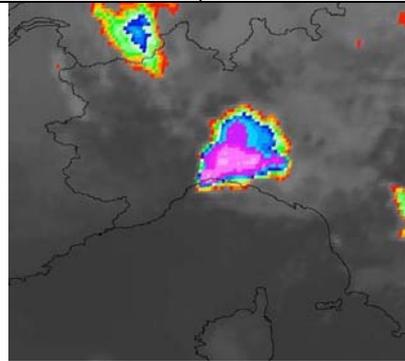


Figura 5 Immagine satellite canale IR - ore 23.15 UTC del giorno 8 giugno 2011

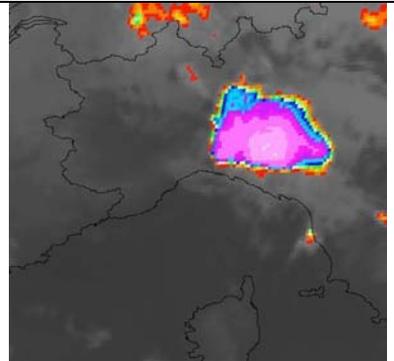


Figura 6 Immagine satellite canale IR - ore 01.30 UTC del giorno 9 giugno 2011

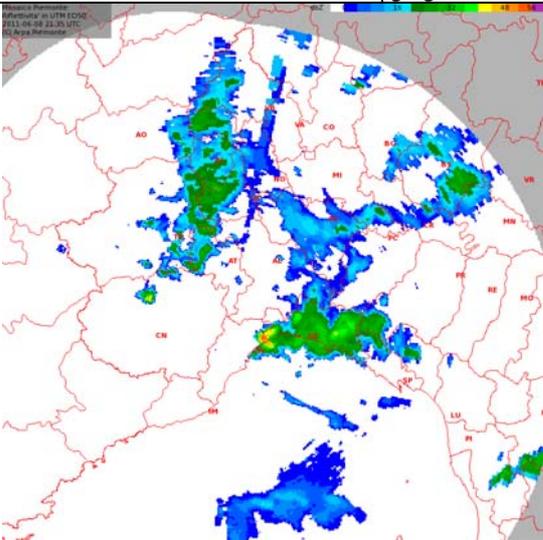


Figura 7 Immagine radar riferita alle ore 21.35 UTC del giorno 8 giugno 2011: risulta ben visibile la cella temporalesca su Varazze e si può intravedere quella su Cichero

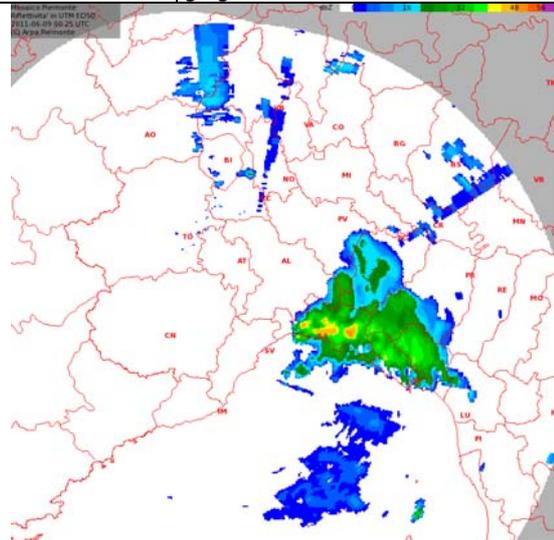


Figura 8 Immagine radar alle ore 0.25 UTC del giorno 9 giugno 2011 - la cella temporalesca su Cichero è ora ben visibile e si possono vedere anche quelle che stanno attraversando Genova.

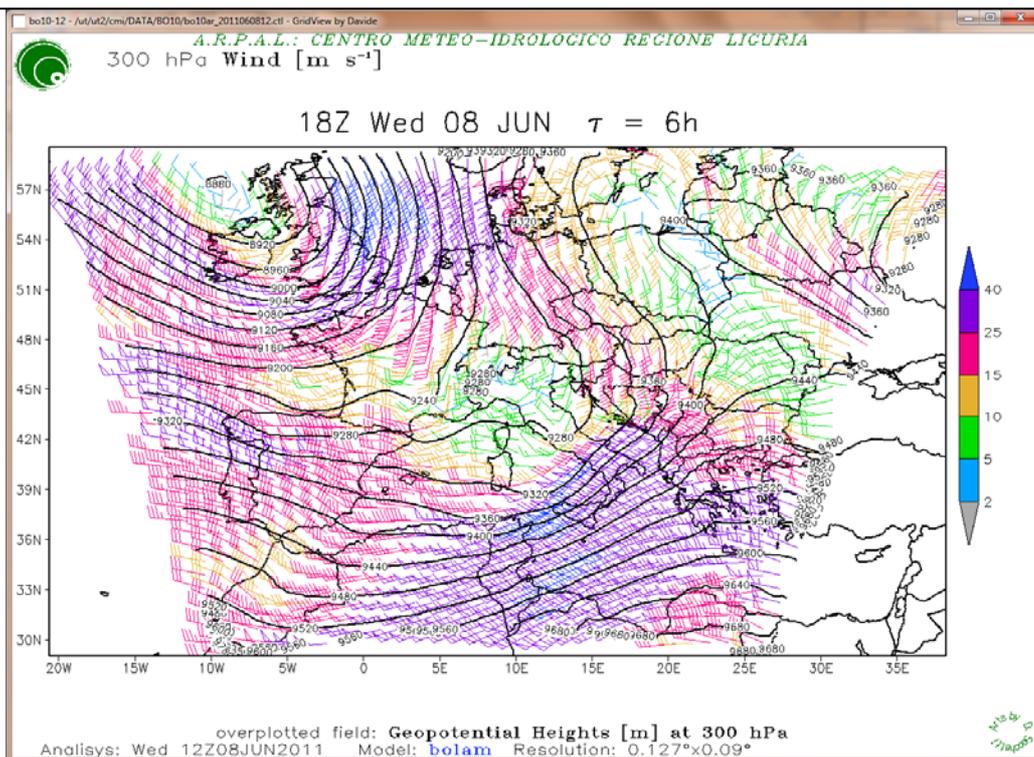


Figura 9 Venti e Altezza di Geopotenziale a 300 hPa - Ben evidente la zona di diffluenza sul Nord Italia

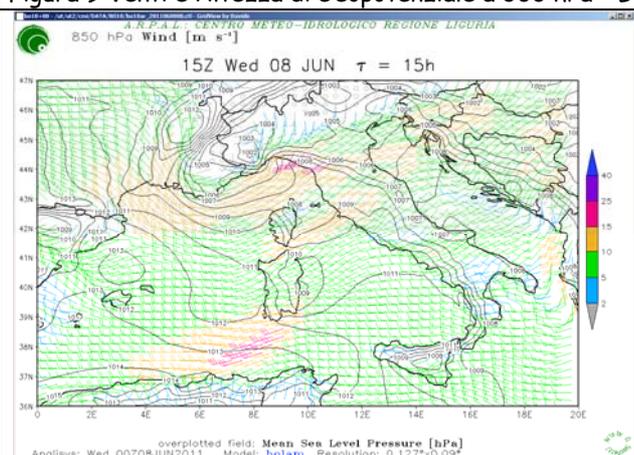


Figura 10 Mappa dei venti a 850 hPa riferita alle 15 UTC dell'8 giugno 2011 (previsione a +15 ore del modello Bolam a 10 km inizializzato alle 00 dell'8 giugno) in evidenza il Low Level Jet attorno alla Corsica

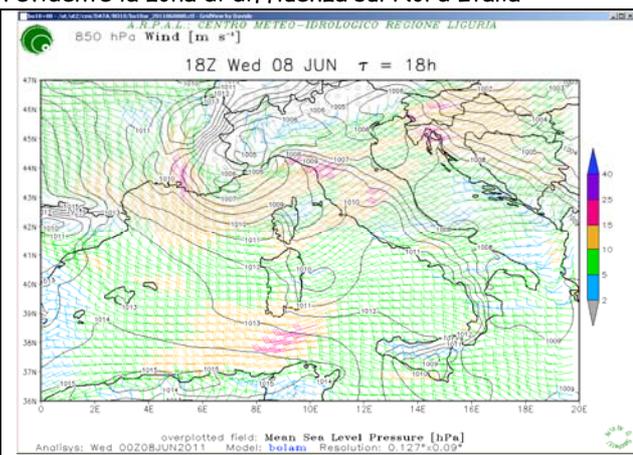


Figura 11 Mappa dei venti a 850 hPa riferita alle 18 UTC dell'8 giugno 2011 (previsione a +18 ore del modello Bolam a 10 km inizializzato alle 00 dell'8 giugno) in evidenza il Low Level Jet attorno alla Corsica

2 Dati Osservati

2.1 Analisi Pluviometrica

L'evento ha interessato il ponente della regione in maniera marginale; le piogge più importanti si sono registrate su tutto l'arco di levante, a partire da Genova fino a La Spezia. Le zone più colpite sono state la valle dell'Entella e la Val di Vara. I fenomeni registrati sono stati principalmente di natura temporalesca e di rovescio.

2.1.1 Analisi dei dati a scala areale

Dal punto di vista della distribuzione delle precipitazioni l'evento può essere considerato diffuso; ha interessato, infatti, gran parte del Levante, ed in particolare le zone di allertamento B, C ed E, come si può evincere dai valori delle altezze medie areali cumulate su diverse finestre temporali sotto riportate.

Si sono verificate copiose precipitazioni sull'intero bacino dell'Entella e del Magra, in particolare sulla zona del torrente Cicagna e del Vara.

Zona allerta	1h (mm)	3h (mm)	6h (mm)	12h (mm)	24h (mm)	Durata evento (48h)
A	1	3	3	3	4	4
B	8	19	35	43	50	50
C ¹	14	38	57	72	121	125
D	1	3	5	6	6	7
E	10	25	37	44	77	79
C+	16	40	62	73	122	125
C-	17	34	50	61	118	121
Magra	18	46	69	79	124	126

Tabella 1 Media areale sulle zone di allertamento della cumulata di pioggia registrata per diverse durate

Di seguito si riportano le mappe di precipitazione cumulata areale relative ai giorni 08-09 Giugno 2011. Tali mappe sono ottenute dai dati puntuali della rete di misura OMIRL (cumulate di precipitazioni in 12, 24, 48 ore), mediante algoritmo di interpolazione con l'inverso della distanza al quadrato. Come si evince dalle mappe e come già esposto in precedenza, le zone di allertamento più colpite risultano la parte di levante di B, la zona C (in particolare la zona del bacino dell'Entella e del bacino del Vara) e la zona E.

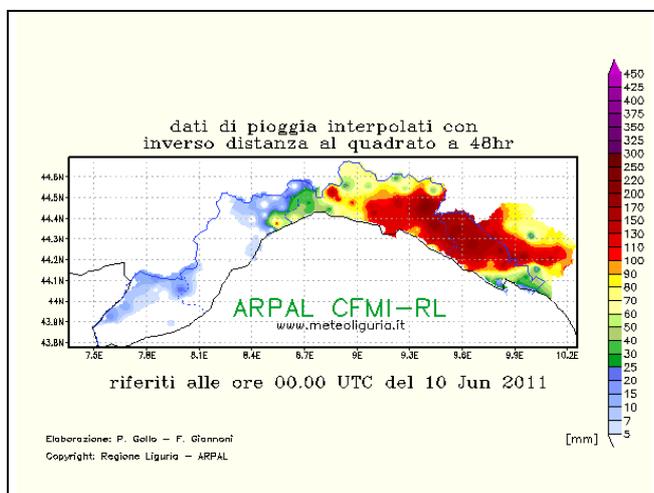


Figura 12 Piogge cumulate in 48 ore l'08-09/06/2011

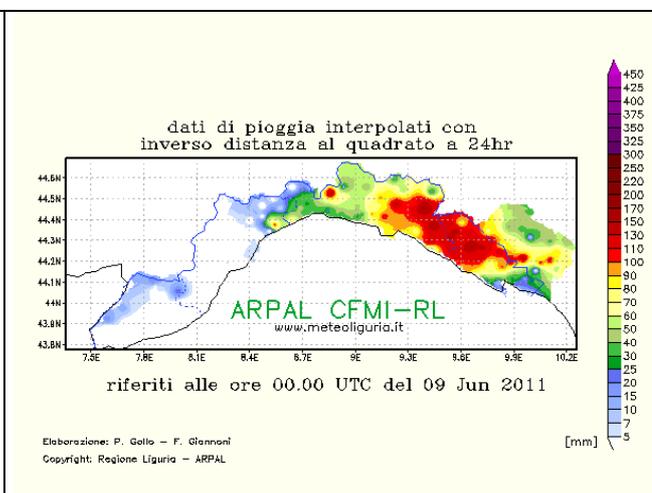


Figura 13 Piogge cumulate in 24 ore l'08/06/2011

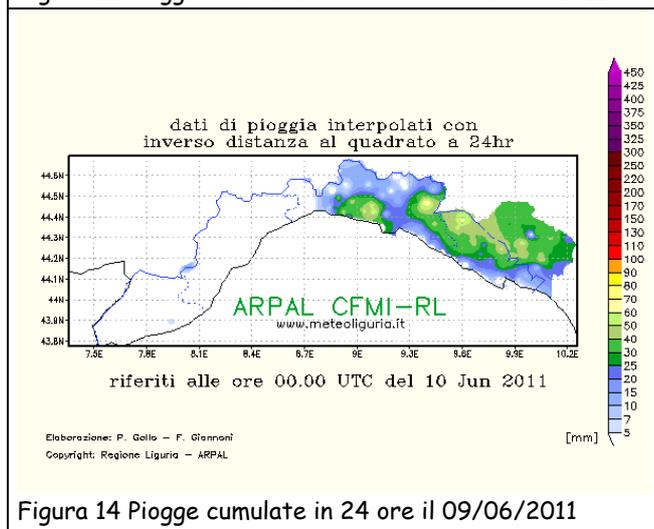


Figura 14 Piogge cumulate in 24 ore il 09/06/2011

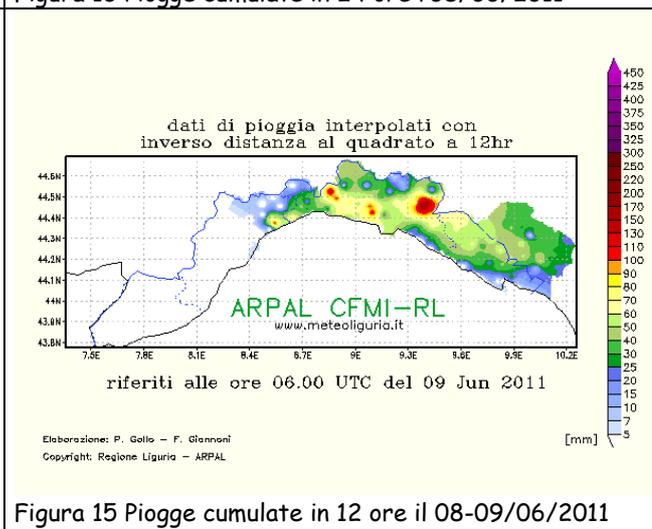


Figura 15 Piogge cumulate in 12 ore il 08-09/06/2011

¹ Le precipitazioni areali sull'area C vengono calcolate considerando anche le stazioni toscane ricadenti sul bacino del Magra

2.1.2 Analisi dei dati puntuali

La Tabella 2 evidenzia i valori massimi PUNTUALI di precipitazione registrati nel periodo tra le 00 UTC dell'8/6/2011 e le 00 UTC del 10/6/2011, distinti per zone di allertamento e per diverse durate (non si riportano dati relativi all'area D in quanto su tale zona le piogge non sono state significative). Come evidente dalla tabella i valori più intensi di precipitazione sono stati registrati sulle zone B e C, dove si sono raggiunti quantitativi elevati e molto elevati.

	Stazione	Max 5 min	Max 1hr	Max 3 hr	Max 6hr	Max 12 hr	Max 24 hr
A	Ranzo	7 08/06/2011 13.00 UTC	22 08/06/2011 13.00 UTC	23 08/06/2011 15.00 UTC	23 08/06/2011 16.00 UTC	23 08/06/2011 16.00 UTC	38 08/06/2011 16.00 UTC
	Bargagli	8 09/06/2011 01.00 UTC	57 09/06/2011 01.00 UTC	92 09/06/2011 02.00 UTC	110 09/06/2011 02.00 UTC	123 09/06/2011 03.00 UTC	156 09/06/2011 02.00 UTC
B	Il Pero	19 08/06/2011 22.00 UTC	97 08/06/2011 23.00 UTC	98 08/06/2011 23.00 UTC	103 08/06/2011 23.00 UTC	103 08/06/2011 23.00 UTC	104 09/06/2011 08.00 UTC
	Isoverde	12 08/06/2011 21.00 UTC	53 08/06/2011 22.00 UTC	95 08/06/2011 21.00 UTC	130 09/06/2011 00.00 UTC	142 09/06/2011 00.00 UTC	145 09/06/2011 01.00 UTC
C	Cichero	13 09/06/2011 01.00 UTC	102 09/06/2011 02.00 UTC	149 09/06/2011 02.00 UTC	200 09/06/2011 02.00 UTC	206 09/06/2011 03.00 UTC	260 09/06/2011 03.00 UTC
	Reppia	7 08/06/2011 07.00 UTC	40 08/06/2011 08.00 UTC	70 08/06/2011 10.00 UTC	106 08/06/2011 10.00 UTC	119 08/06/2011 15.00 UTC	180 09/06/2011 03.00 UTC
	Varese Ligure	8 09/06/2011 02.00 UTC	36 09/06/2011 03.00 UTC	65 09/06/2011 03.00 UTC	83 08/06/2011 14.00 UTC	132 08/06/2011 16.00 UTC	213 09/06/2011 04.00 UTC
	Giacopiane	6 09/06/2011 02.00 UTC	52 09/06/2011 02.00 UTC	113 09/06/2011 02.00 UTC	163 09/06/2011 03.00 UTC	170 09/06/2011 02.00 UTC	214 09/06/2011 03.00 UTC
	Borzone	7 09/06/2011 01.00 UTC	39 09/06/2011 02.00 UTC	84 09/06/2011 3.00 UTC	117 09/06/2011 03.00 UTC	127 09/06/2011 03.00 UTC	189 09/06/2011 04.00 UTC
	Tavarone	8 08/06/2011 09.00 UTC	50 08/06/2011 10.00 UTC	91 08/06/2011 10.00 UTC	105 08/06/2011 10.00 UTC	120 08/06/2011 15.00 UTC	172 09/06/2011 04.00 UTC
E	Cabanne	18 09/06/2011 00.00 UTC	39 09/06/2011 01.00 UTC	63 09/06/2011 02.00 UTC	75 09/06/2011 03.00 UTC	95 09/06/2011 01.00 UTC	132 09/06/2011 05.00 UTC
	Barbagelata	15 08/06/2011 10.00 UTC	42 08/06/2011 11.00 UTC	52 08/06/2011 13.00 UTC	63 08/06/2011 16.00 UTC	81 08/06/2011 22.00 UTC	145 09/06/2011 03.00 UTC

Tabella 2 Valori massimi PUNTUALI di precipitazione registrati dai pluviometri della rete OMIRL nel periodo tra le 00 UTC dell'8/06/2011 e le 00 UTC del 10/06/2011 distinti per zone di allertamento e per diverse durate.

Si riportano di seguito gli ietogrammi significativi relativi ad alcune stazioni che hanno registrato i valori massimi puntuali. Le intensità di pioggia, valutate in base alle cumulate su 1 e 3 ore, e le quantità, valutate in base alle cumulate su 6, 12 e 24 ore, sono state definite in accordo con le soglie definite dal CFMI-PC.

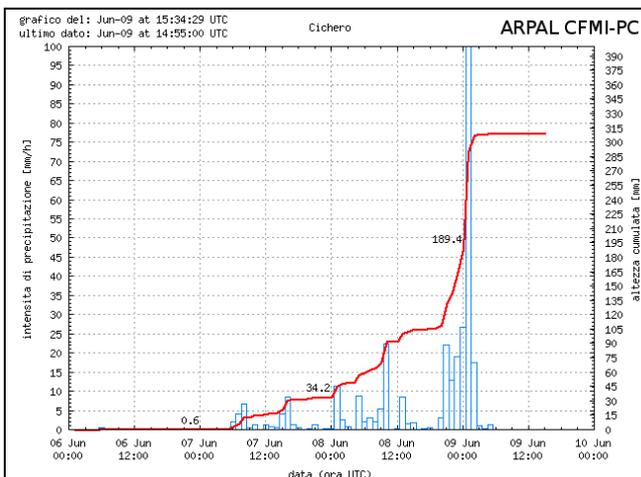


Figura 16 Ietogramma e cumulata di Cichero
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forti
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevate

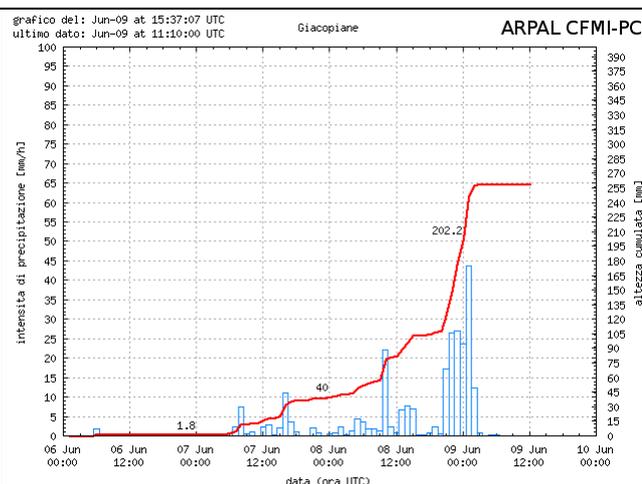


Figura 17 Ietogramma e cumulata di Giacopiane
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forti
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevate

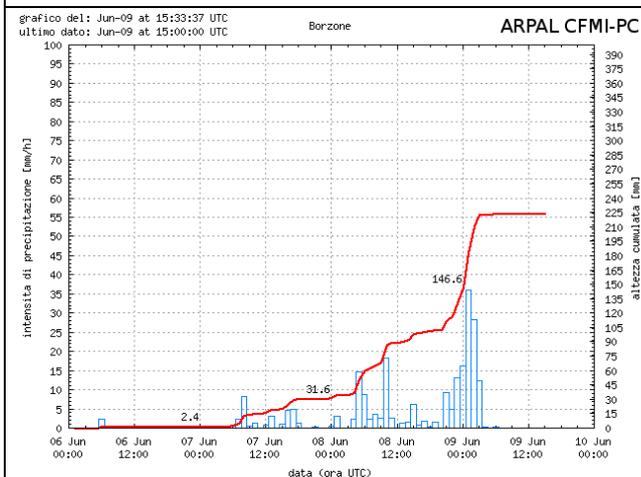


Figura 18 Ietogramma e cumulata di Borzone
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) forti, molto forti
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevate

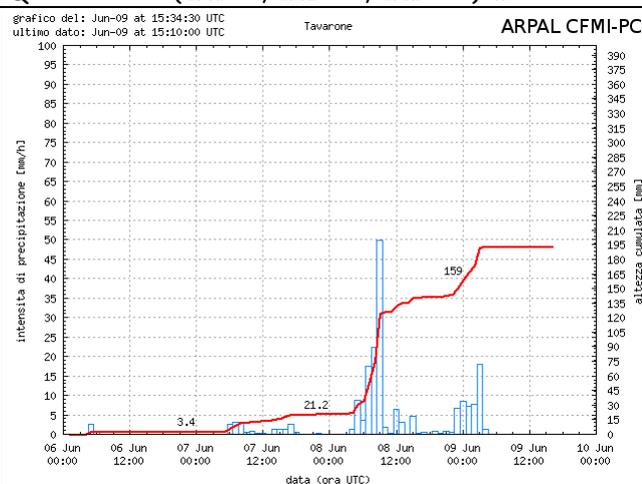


Figura 19 Ietogramma e cumulata di Tavarone
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) forti, molto forti
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevate

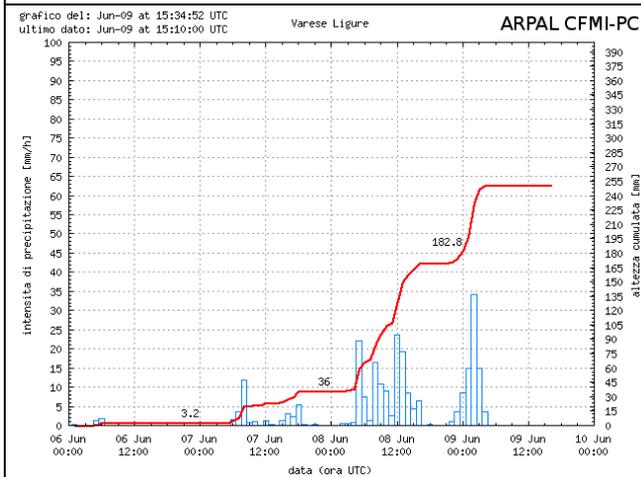


Figura 20 Ietogramma e cumulata di Varese Ligure
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) forti
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) elevate, molto elevate

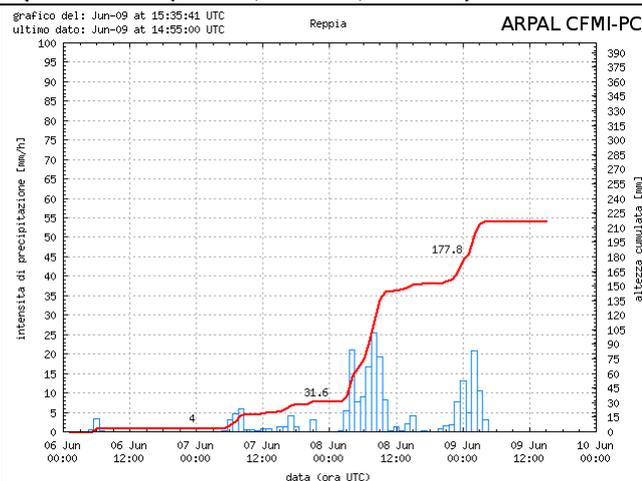


Figura 21 Ietogramma e cumulata di Reppia
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) forti
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevate

Si può notare come le precipitazioni siano state di intensità tra forti e molto forti, con quantitativi molto elevati già a partire dalle cumulate in 6 ore. Appare anche evidente che l'evento si sia svolto in due momenti distinti: una prima fase collocabile tra la mattina e le prime ore del pomeriggio dell'8 giugno ed una seconda fase nelle prime ore del 9 giugno. Le piogge evidenziano prevalentemente carattere un temporalesco o di rovescio.

Dall'analisi statistica delle precipitazioni osservate (Tabella 3) si evince che le massime intensità puntuali per le diverse durate registrate hanno frequenze di accadimento diverse per le varie durate.

I tempi di ritorno delle precipitazioni per le brevi durate (1, 3 e 6 ore) risultano rispettivamente di 120, 100 e 110 anni, quelle associate alle durate maggiori (12 e 24 ore) hanno dei tempi di ritorno molto più bassi, cioè 30 e 35 anni.

durata	Stazione [zona di allertamento]	Valore registrato [mm]	Tempo di ritorno ² (anni)
1h	Cichero (C)	102	120
3h	Cichero (C)	149	100
6h	Cichero (C)	200	110
12h	Cichero (C)	206	35
24h	Cichero (C)	260	30

Tabella 3 Tempi di ritorno delle massime intensità puntuali registrate durante l'evento per diverse durate

2.2 Analisi idrometrica e delle portate

In seguito delle precipitazioni sopra descritte si sono registrati innalzamenti significativi dei livelli idrici dei corsi d'acqua delle zone di allerta interessate dall'evento:

Bacino e sezione	[zona allerta]	Livello idrometrico ³ osservato (m)	Incremento di livello osservato (m)
Lavagna a Carasco	C	5.86	5.00
Entella a Panesi	C	4.73	5.98
Aveto a Cabanne	E	1.56	1.60
Vara a Nasceto	C	4.45	4.02

Tabella 4 Livelli idrometrici registrati agli idrometri sul bacino del Magra

Come si evince dalla tabella e dai grafici sotto riportati (da Figura 22 a Figura 25) si sono verificati innalzamenti dei corsi d'acqua soprattutto della zona di allerta C. Le figure evidenziano che gli innalzamenti maggiori si sono verificati sul bacino dell'Entella con livelli che hanno avuto un incremento di 5-6 metri in brevissimo tempo (Figura 23).

Il fenomeno è spiegabile osservando che le piogge più abbondanti si sono verificate sul sottobacino dello Sturla, il quale ha un'area alla chiusura di circa 130 km²; un'ulteriore analisi ha messo in evidenza che i 100 mm/h registrati alla stazione di Cichero hanno interessato un sottobacino dello Sturla, il Cicana, che ha un'area complessiva ancora più ridotta, ossia di circa 22 km². Per tale ragione le risposte idrologiche sono state caratterizzate da innalzamenti molto rapidi dei livelli idrici nelle stazioni di Carasco e Panesi, verificatisi poco dopo lo scroscio precipitativo più intenso.

² Stima da procedura di regionalizzazione del CIMA

³ Il livello idrometrico è un valore convenzionale che può assumere valori negativi; pertanto assume maggior significato il valore dell'incremento di livello osservato (rispetto ad una quota standard definita "zero idrometrico")

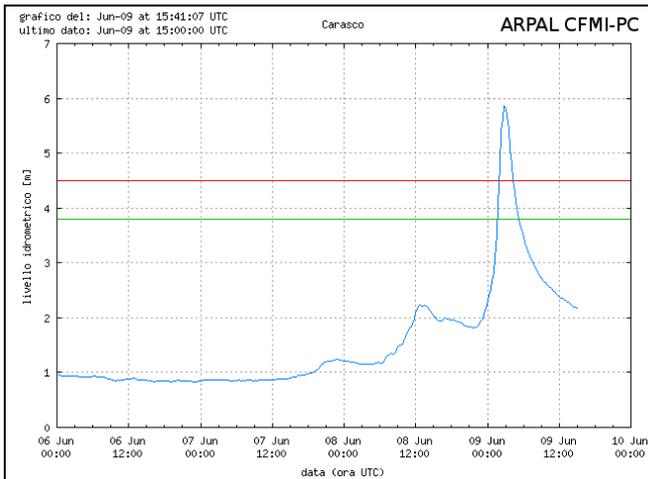


Figura 22 Livello idrometrico (Lavagna a Carasco)

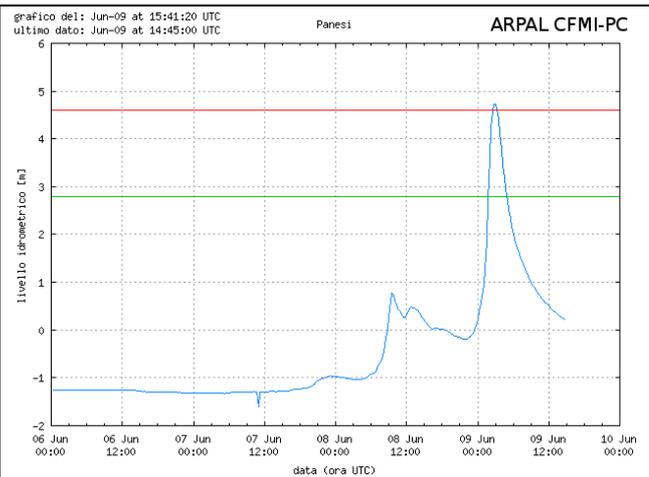


Figura 23 Livello idrometrico (Entella a Panesi)

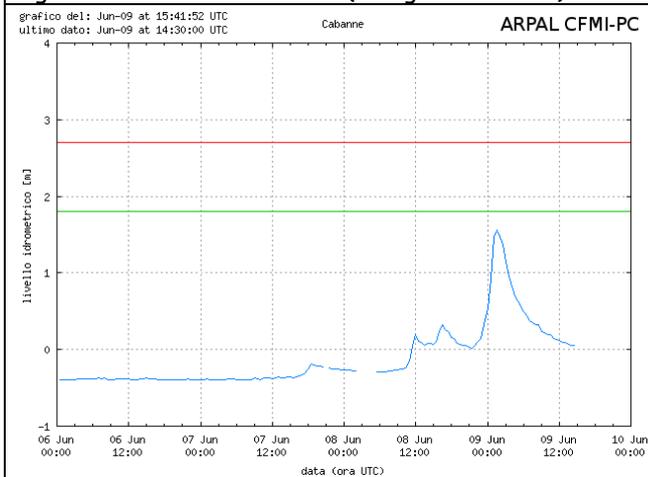


Figura 24 Livello idrometrico (Aveto a Cabanne)

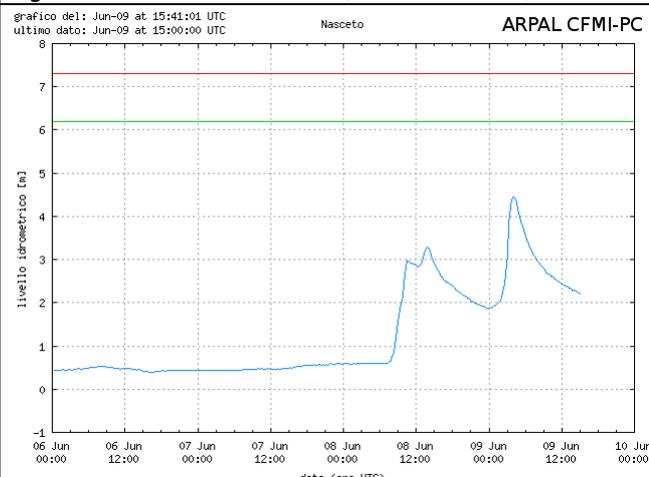


Figura 25 Livello idrometrico (Vara a Nasceto)

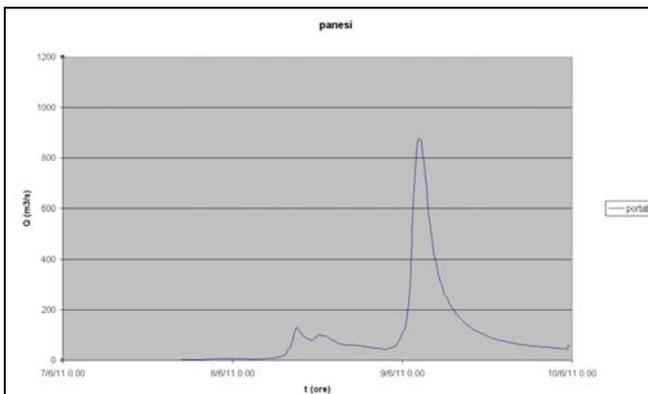


Figura 26 Portata (Entella a Panesi)

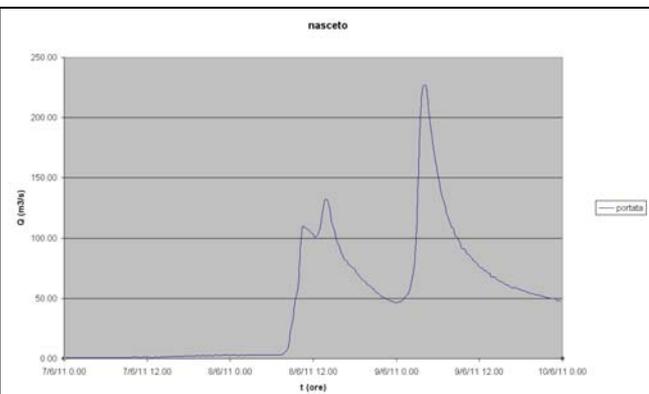


Figura 27 Portata (Vara a Nasceto)

Applicando la scala di deflusso al fine di ottenere una stima dei volumi d'acqua transitati su alcune sezioni note dei corsi d'acqua interessati dalle precipitazioni, si nota come l'evento potrebbe aver prodotto una portata superiore ai $900 \text{ m}^3/\text{s}$ a Panesi (Figura 26), e di circa $230 \text{ m}^3/\text{s}$ a Nasceto (Figura 27). Analizzando la distribuzione delle precipitazioni, i livelli idrometrici e l'andamento della portata a Panesi si può concludere che la quasi totalità della portata è stata generata dal ramo in sponda destra (torrente Lavagna) che si immette nell'asta dell'Entella e sfocia successivamente in mare.

2.3 Effetti al suolo e danni rilevanti

La zona più colpita dalle piogge è stata il levante ligure. Le informazioni fornite dai mass media possono essere sintetizzate come segue:

- segnalati allagamenti nella zona di Rapallo, San Michele di Pagana e nelle frazioni limitrofe;
- si è registrata un'esondazione nella zona di Calvari: l'acqua ha invaso l'area sportiva e l'antica cappella di San Lorenzo;
- nelle prime ore della mattina del 9 giugno l'Entella ha iniziato ad uscire dall'argine in più punti, lungo entrambe le sponde: nella parte bassa di San Salvatore e nella zona del Ponte della Maddalena (sponda sinistra) e dalle parti del viadotto autostradale, a Ri (sponda destra). Si sono avuti anche allagamenti dovuti al crollo di un breve tratto dell'argine del torrente Ghiararo;
- nella zona del levante si sono verificate anche alcune frane: le più significative risultano quelle di San Lorenzo della Costa, in località Ferriere, dove una frana si è riversata sulla provinciale 225 e a Caminata.

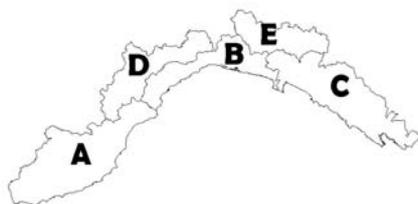
3 Conclusioni

Tra l'8 ed il 9 giugno la Liguria è stata interessata da condizioni di forte instabilità che hanno favorito lo sviluppo di fenomeni temporaleschi molto intensi e stazionari sul centro e Levante della regione.

Le precipitazioni più copiose sono state registrate sull'intero bacino del torrente Entella e su gran parte del bacino del fiume Magra; in particolare è stata colpita l'alta Val di Vara. Precipitazioni abbondanti si sono anche osservate nella parte padana della Val d'Aveto, con cumulate medie areali di più di 120 mm considerando tutta la durata dell'evento. Il massimo puntuale di oltre 100 mm/h è stato registrato dalla stazione di Cichero, nell'alta valle Sturla. I livelli idrometrici registrati hanno mostrato decisi innalzamenti, coerentemente con le precipitazioni osservate. Gli innalzamenti più significativi si sono registrati agli idrometri di Carasco e Panesi con incrementi di livello intorno ai 5-6 metri. Si sono verificate portate consistenti che hanno condotto ad esondazione soprattutto nella parte terminale del fiume Entella, zona peraltro già nota come esondabile, e svariate frane lungo la val Fontanabuona, la Val Graveglia e la Val di Vara.

LEGENDA

a) Definizione dei limiti territoriali delle zone di allertamento:



b) Soglie di precipitazione puntuale:

Durata		INTENSITA' (basata su tempi di ritorno 2-5 anni)			
		deboli	moderate	forti	Molto forti
	mm/1h	<10	10-35	35-50	>50
	mm/3h	<15	15-55	55-75	>75

Durata		QUANTITA' (basata su tempi di ritorno 1-4 anni)			
		scarse	significative	elevate	molto elevate
	mm/6h	<20	20-40	40-85	>85
	mm/12h	<25	25-50	50-110	>110
	mm/24h	<30	30-65	65-145	>145

NB: la precipitazione viene considerata tale se > 0.5 mm/24h (limite minimo)

c) Grafici dei livelli idrometrici:

Le linee verde e rossa riportate sui grafici degli idrogrammi e delle portate indicano rispettivamente:

Linea verde (PIENA ORDINARIA): la portata transita occupando interamente l'alveo del corso d'acqua con livelli localmente inferiori alla quota degli argini o del piano campagna. Possono instaurarsi i primi fenomeni di erosione delle sponde con inondazioni localizzate in aree limitrofe all'alveo.

Linea rossa (PIENA STRAORDINARIA): la portata non può transitare contenuta nell'alveo determinando fenomeni di inondazione.