

<p>Idroprev www.idroprev.com</p>	<p>Provincia di Asti Servizio Trasporti – Protezione Civile – Sicurezza Monitoraggio del Fiume Tanaro e degli affluenti principali Rapporto d’Evento del 24-25 Novembre 2016</p>	<p>STUDIO ARNAUD www.studioarnaud.it</p>
---	--	---

PROVINCIA DI ASTI

Monitoraggio del Fiume Tanaro e dei Torrenti minori sul territorio della Provincia di Asti

IdroPrev

RAPPORTO D’EVENTO

Evento del 24-25 Novembre 2016

Indirizzato a:

Protezione Civile Provincia di Asti – Dirigente Arch. Roberto Imparato

Redazione	Controllo	Revisione	Data
Ing. Paolo Arnaud	Ing. Diego Rivella	03	14 Dicembre 2016

NB: L’ora riportata sulle mappe di precipitazione e negli elaborati idrologici sono in ora UTC: aggiungere 1 ora per avere l’ora solare; 2 ore se in vigore l’ora legale.

<p>Idroprev www.idroprev.com</p>	<p>Provincia di Asti Servizio Trasporti – Protezione Civile – Sicurezza Monitoraggio del Fiume Tanaro e degli affluenti principali Rapporto d’Evento del 24-25 Novembre 2016</p>	<p>STUDIO ARNAUD www.studioarnaud.it</p>
---	--	--

INDICE

1. PREMESSA	3
2. IL PREANNUNCIO DELL’EVENTO DEL 24-25 NOV 2016	3
3. ELABORAZIONI IDROLOGICHE DEL MODELLO IDROPREV	8
4. OSSERVAZIONI IDROMETRICHE	10
5. INQUADRAMENTO METEOROLOGICO DEL FENOMENO DI PIENA	14
6. MODELLO IDRAULICO DELLA RETE FLUVIALE	15
7. EFFETTI DELLA PIENA SUL TERRITORIO	19
8. MODELLI IDROLOGICI DI CALIBRAZIONE	28
9. CONCLUSIONI	31

<p>Idroprev www.idroprev.com</p>	<p>Provincia di Asti Servizio Trasporti – Protezione Civile – Sicurezza Monitoraggio del Fiume Tanaro e degli affluenti principali Rapporto d’Evento del 24-25 Novembre 2016</p>	<p>STUDIO ARNAUD www.studioarnaud.it</p>
--------------------------------------	--	--

1. PREMESSA

Il presente documento descrive l’attività svolta per il preannuncio ed il monitoraggio dell’evento del 24-25 Novembre 2016 per conto del Servizio Trasporti – Protezione Civile – Sicurezza della Provincia di Asti, Provv. Dirig. n. 6536 del 27 dic 2010, ratif. del 14.03.2011.

2. IL PREANNUNCIO DELL’EVENTO DEL 24-25 NOV 2016

L’evento è stato preannunciato prima della sua formazione a partire dal 20 novembre 2016 utilizzando mappe e dati di previsione derivanti dal modello meteorologico NMM, i cui dati sono forniti alla Provincia di Asti dalla Soc. Meteoblue AG di Basilea, tramite la Società Meteoarena di Verona.

La fornitura anche dei dati numerici delle precipitazioni previste consente il loro utilizzo da parte dello scrivente per l’elaborazione con Modelli Idrologici di trasformazione Afflussi-Deflussi per la previsione delle piene dei principali corsi d’acqua sul territorio della Provincia di Asti.

I modelli idrologici elaborati e tarati dallo scrivente per effettuare le analisi idrologiche sui bacini di interesse della Provincia di Asti, sono stati trasferiti al **Modello idrologico Idroprev**, che fornisce i risultati delle elaborazioni automatizzate due volte al giorno (RUN00 e RUN12).

2.1 DATI FORNITI PER IL PREANNUNCIO DELL’EVENTO DEL 4-8 NOV 2011

Nel seguito si descrivono i diversi formati dei dati meteorologici utilizzati per le previsioni dell’evento, e inviati al Servizio di Protezione Civile.

2.1.1 MAPPE DI PRECIPITAZIONE PREVISTA CUMULATA DI 12 h

Le mappe personalizzate di Meteoblue a partire dal giorno 20 Nov 2011 sono le seguenti:

- **RUN: 20.11_00z:** la sequenza di immagini NEMS12 (Previsioni a 7 giorni su celle 12x12 km) fornisce la previsione dal 20.11_12z fino al 27.11_00z. Si riporta in Figura 1 la mappa più significativa della precipitazione cumulata prevista è quella per il 24.11.2016_09:00z dalla quale emerge una precipitazione concentrata su Alto Tanaro. Dalla sequenza si può già avere un quadro sull’entità dell’evento in arrivo, con una stima di precipitazione cumulata di circa 150 mm in 72 ore.
- **RUN: 21.11_00z:** la sequenza di immagini NEMS12 (Previsioni a 7 giorni su celle 12x12 km) fornisce la previsione dal 21.11_12z fino al 28.11_00z. Si riporta in Figura 2 la mappa più significativa della precipitazione cumulata prevista è quella per il 24.11.2016_06:00z dalla quale emerge una precipitazione concentrata su Alto Tanaro e diffusa ma assai inferiore in pianura. Dalla sequenza si può già avere un quadro sull’entità dell’evento in arrivo, con una stima di precipitazione cumulata di circa 240 mm in 84 ore, al 24.11 alle 12.00 su Alto Tanaro e Alto Bormida.

<p>Idroprev www.idroprev.com</p>	<p>Provincia di Asti Servizio Trasporti – Protezione Civile – Sicurezza Monitoraggio del Fiume Tanaro e degli affluenti principali Rapporto d’Evento del 24-25 Novembre 2016</p>	<p>STUDIO ARNAUD www.studioarnaud.it</p>
---	--	---

- **RUN: 22.11_12z:** la sequenza di immagini NEMS4 (Previsioni a 3 giorni su celle 4x4 km) fornisce la previsione dal 22.11.2016_12z fino al 25.11_00z. Si riporta in Figura 3 la mappa della precipitazione cumulata prevista per il 24.11.2016_15:00z. Dalla sequenza si può già avere un quadro sull’entità dell’evento in arrivo, con una stima di precipitazione cumulata di circa 290 mm in 60 ore, al 25.11 alle 00.00 su Alto Tanaro e Alto Bormida. Precipitazioni moderate in pianura.
- **RUN: 23.11_00z - RUN: 23.11_12z:** le sequenze di immagini NEMS4 (Previsioni a 3 giorni su celle 4x4 km) forniscono la previsione dal 23.11.2016_00z fino al 26.11_12z. Si riporta in Figura 4 la mappa della precipitazione cumulata prevista per il 25.11.2016_03:00z. Dalla sequenza si può già avere un quadro sull’entità dell’evento in arrivo, con una stima di precipitazione cumulata di circa 300 mm in 51 ore, al 25.11 alle 03.00 su Alto Tanaro e Alto Bormida. Precipitazioni moderate in pianura.
- **RUN: 24.11_00z:** la sequenza di immagini NEMS4 (Previsioni a 3 giorni su celle 4x4 km) fornisce la previsione dal 24.11.2016_00z fino al 27.11_00z. Si riporta in Figura 5 la mappa della precipitazione cumulata prevista per il 25.11.2016_00:00z. Dalla sequenza si conferma il quadro sull’entità dell’evento in arrivo, con una stima di precipitazione cumulata di circa 290 mm in 36 ore, al 25.11 alle 12.00 su Alto Tanaro e Alto Bormida. Precipitazioni moderate in pianura. Da tale quadro emerge una piena importante su alto Tanaro e Bormida di Millesimo.

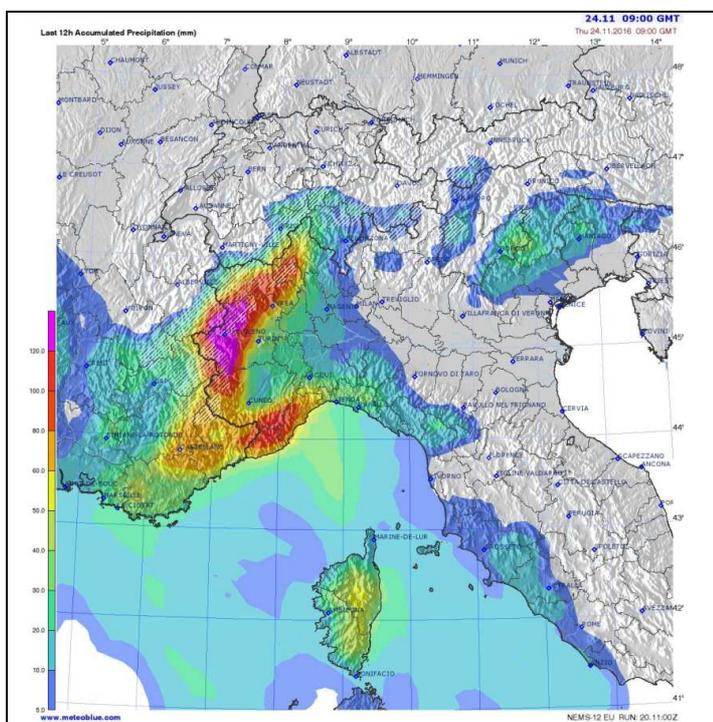


Figura 1 – RUN: 20.11_00z - Prec. Cum. 12h al 24.11_09.00

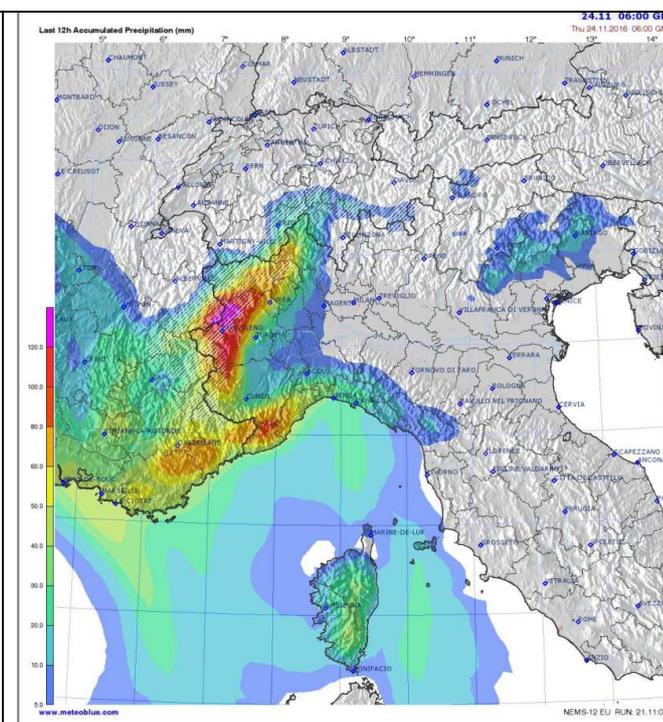


Figura 2 – RUN: 21.11_00z - Prec. Cum. 12h al 24.11_06z

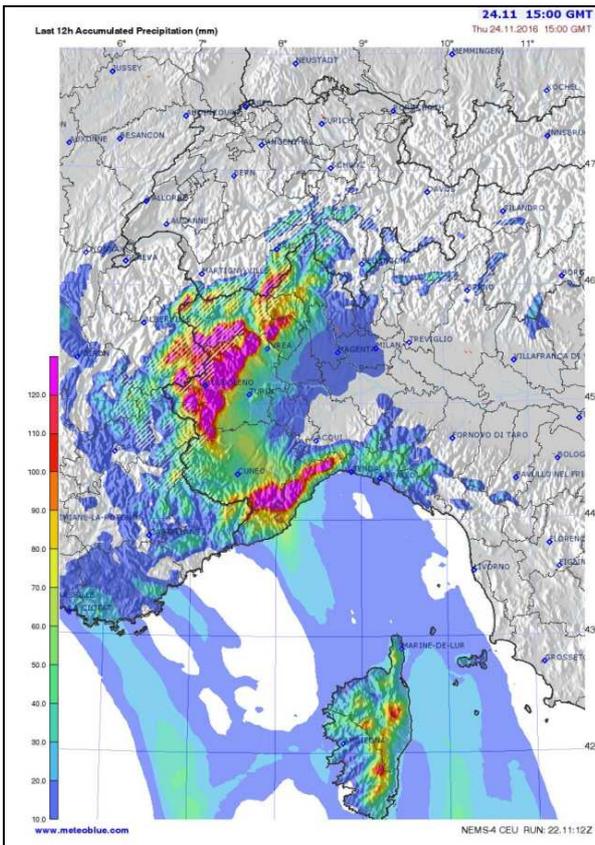


Figura 3 – RUN: 22.11_12z - Prec. Cum. 12h al 24.11_15z

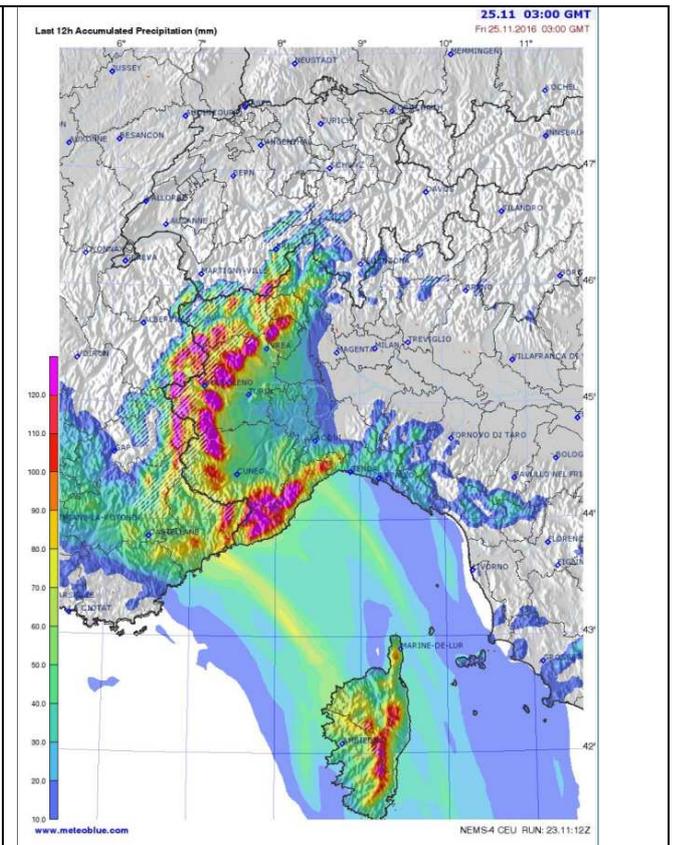


Figura 4 – RUN: 23.11_12z - Prec. Cum. 12h al 25.11_06z

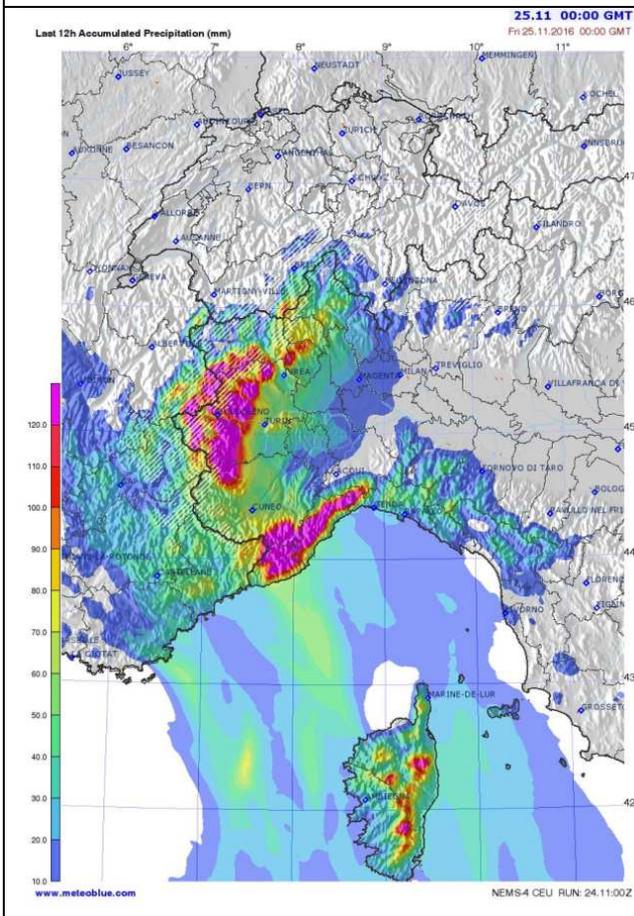


Figura 5 – RUN: 24.11_00z - Prec. Cum. 12h al 25.11_00z

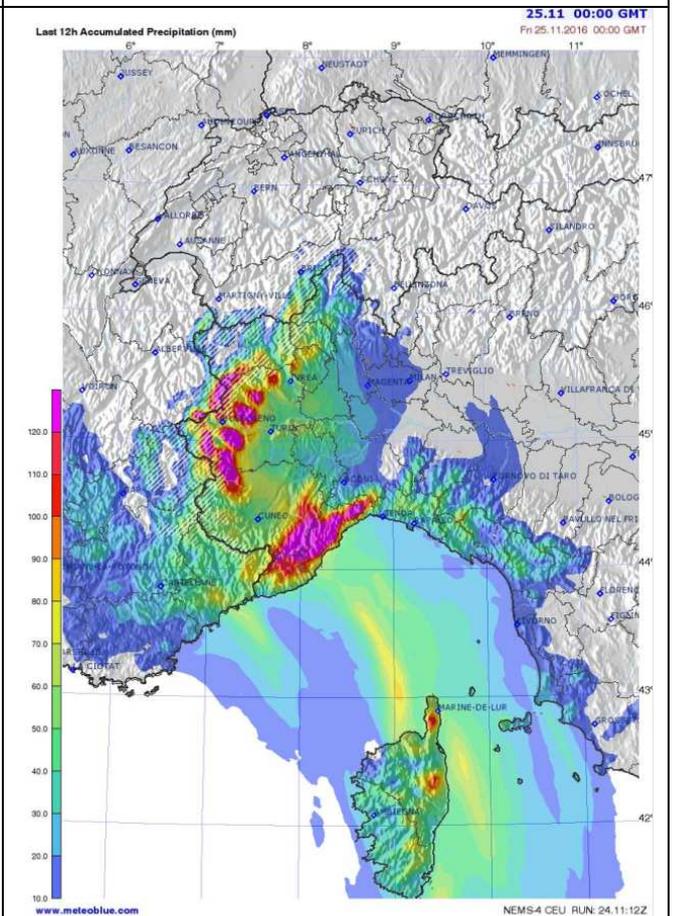


Figura 6 – RUN: 24.11_12z - Prec. Cum. 12h al 25.11_00z

<p>Idroprev www.idroprev.com</p>	<p>Provincia di Asti Servizio Trasporti – Protezione Civile – Sicurezza Monitoraggio del Fiume Tanaro e degli affluenti principali Rapporto d’Evento del 24-25 Novembre 2016</p>	<p>STUDIO ARNAUD www.studioarnaud.it</p>
---	--	--

- **RUN: 24.11_12z:** la sequenza di immagini NEMS4 (Previsioni a 3 giorni su celle 4x4 km) fornisce la previsione dal 24.11.2016_12z fino al 27.11_12z. Si riporta in Figura 6 la mappa della precipitazione cumulata prevista per il 25.11.2016_00:00z. Dalla sequenza si stima di precipitazione cumulata di circa 140 mm in 24 ore, al 25.11 alle 12.00 su Alto Tanaro e Alto Bormida. Precipitazioni moderate in pianura. Da tale quadro si conferma una piena importante su alto Tanaro e Bormida di Millesimo.

2.1.2 Dati numerici di precipitazione prevista da METEOBLUE AG per le località sedi delle stazioni pluviometriche della Rete di ARPA Piemonte

Il server Idroprev, installato presso la sede Studio Arnaud, riceve ogni 12 ore i dati forniti da Meteoblue AG di Basilea, anche forniti al Servizio di Protezione Civile della Provincia di Asti, delle precipitazioni previste: NEMS4 (griglia di celle 4x4 km) con anticipo di 72 ore, e NEMS12 (griglia di celle 12x12 km) con anticipo di 168 ore. I dati forniti consentono di effettuare elaborazioni con gli stessi Modelli Idrologici utilizzati con i dati misurati ai pluviometri. I risultati ottenuti sono le portate e i livelli alle sezioni di chiusura dei bacini in studio.

2.1.3 Dati numerici di precipitazione prevista a 3 giorni su celle di lato 3 km e a 7 giorni su celle di lato 12 km

Il Modello idrologico Idroprev (Arnaud e Rivella, 2008) utilizza i dati di previsione della precipitazione a 3 giorni e a 7 giorni, ed elabora due volte al giorno i dati di RUN00 e di RUN12 sui bacini attivati. Dalla precipitazione totale (nevosa e liquida) viene depurata la quota parte nevosa e viene calcolata la precipitazione cumulata media sui bacini, l'onda di piena espressa come portata e come livello.

Attualmente, per le analisi previsionali utili per la Provincia di Asti, sono attivi i seguenti bacini, alle rispettive sezioni di chiusura: Negrone a Pornassino, Tanaro a Ponte di Nava, Tanaro a Garessio, Tanaro a Piantorre, Tanaro a Farigliano; Belbo a Rocchetta Belbo, Tinella a Santo Stefano Belbo, Belbo a Santo Stefano Belbo, Belbo a Castelnuovo Belbo; Bobore a San Damiano, Versa ad Asti Pontesuero, Versa ad Asti, ponte di C.so Alessandria.

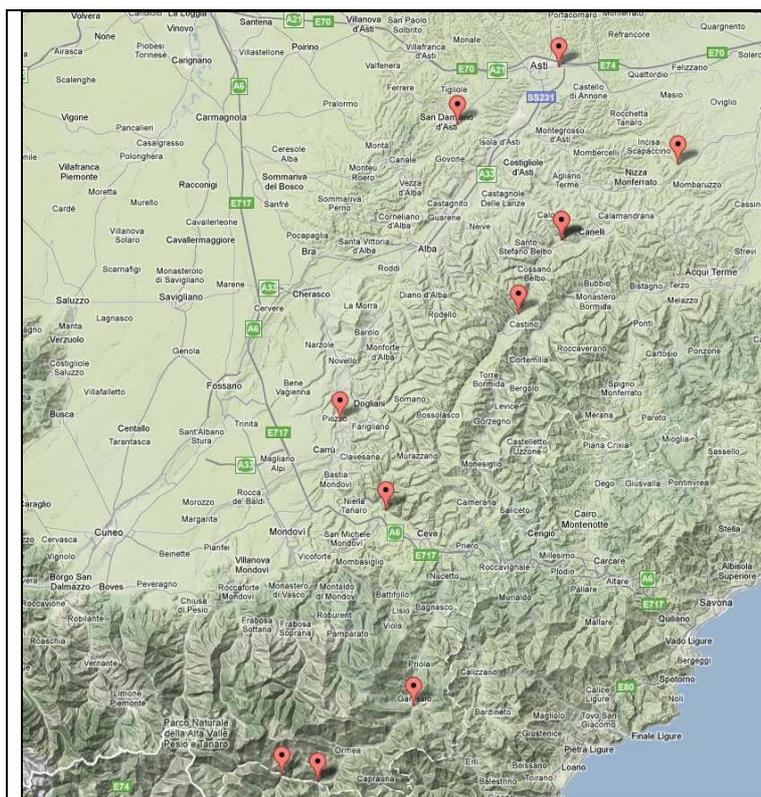


Figura 4a – Schermata del sito idroprev.com/IDROPREV/

Mappe Tanaro a Piantorre

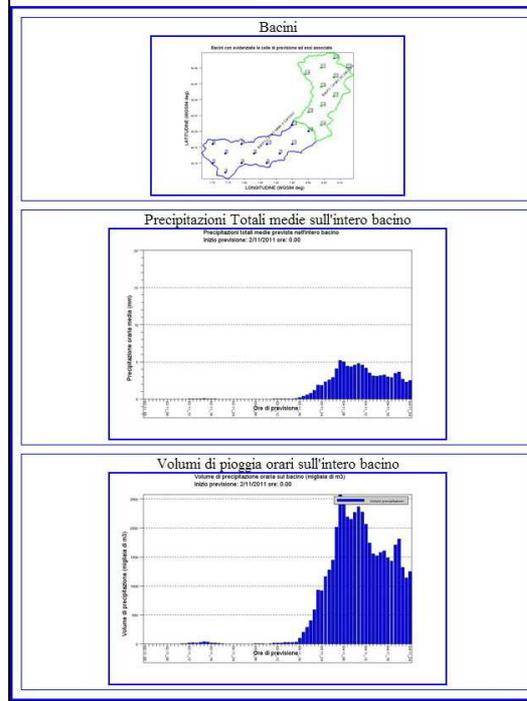


Figura 4b – Mappe di Idroprev – Tanaro Piantorre

2.1.4 Dati pluviometrici e idrometrici osservati della Rete di ARPA Piemonte

Nella fase evolutiva e parossistica dell’evento di piena è fondamentale utilizzare anche i dati osservati alle stazioni pluviometriche e idrometriche della rete ARPA Piemonte, forniti sui siti

http://www.ruparpiemonte.it/meteo/rischi_nat/index.shtml

<http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/>

I valori misurati delle precipitazioni vengono confrontati in continuo con quelli previsti.

Rispetto alla sola visualizzazione delle immagini dei grafici dei siti sopra citati, è preferibile appoggiarsi ai dati numerici scaricabili dal software Maps&View CAE presso la centrale della Sala Situazioni della Protezione Civile della Provincia di Asti, che, se fossero resi disponibili con file numerici tipo CSV in modalità automatizzata (con trasmissione FTP o con accesso remoto), potrebbero consentire di effettuare elaborazioni automatiche del Modello idrologico Idroprev nella fase parossistica degli eventi, al fine di poter calcolare portate e livelli in arrivo con elevata precisione (Arnaud, Monitoraggio delle piene dal 1999 al 2002 per Guado di Asti e per allertamento cantiere al Viadotto Tanaro-Bormida, SINA SpA – Satap SpA).

<p>Idroprev www.idroprev.com</p>	<p>Provincia di Asti Servizio Trasporti – Protezione Civile – Sicurezza Monitoraggio del Fiume Tanaro e degli affluenti principali Rapporto d’Evento del 24-25 Novembre 2016</p>	<p>STUDIO ARNAUD www.studioarnaud.it</p>
---	--	---

3. ELABORAZIONI IDROLOGICHE DEL MODELLO IDROPREV

3.1 ELABORAZIONI DI PREVISIONE SUL BACINO DEL FIUME TANARO

Le elaborazioni automatiche del **Modello Idroprev** vengono effettuate 2 volte al giorno (RUN 00 e RUN 12) ed i risultati attualmente disponibili sul bacino del fiume Tanaro sono alle seguenti sezioni, sedi misure idrometriche:

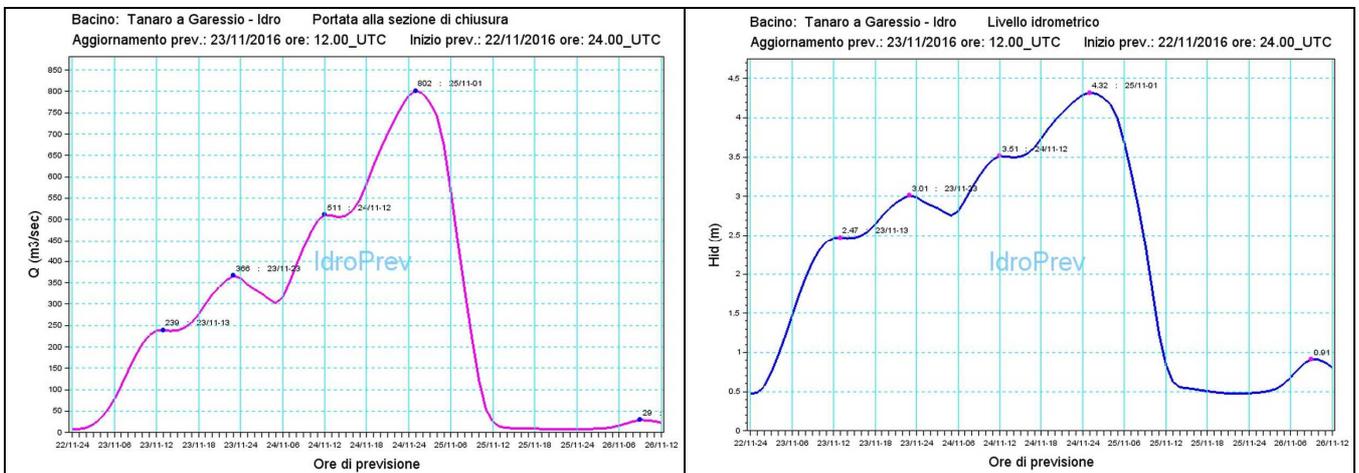
Attualmente, per le analisi previsionali utili per la Provincia di Asti, LE ELABORAZIONI DEL Modello Idroprev vengono effettuate alle sezioni di misura idrometrica dei seguenti bacini:

- Tanaro a Garessio;
- Tanaro a Piantorre;
- Tanaro a Farigliano;
- Belbo a Rocchetta Belbo;
- Tinella a Santo Stefano Belbo;
- Belbo a Santo Stefano Belbo valle confluenza Tinella;
- Belbo a Castelnuovo Belbo;
- Borbore a San Damiano;
- Versa ad Asti Pontesuero;
- Versa ad Asti ponte di C.so Alessandria.

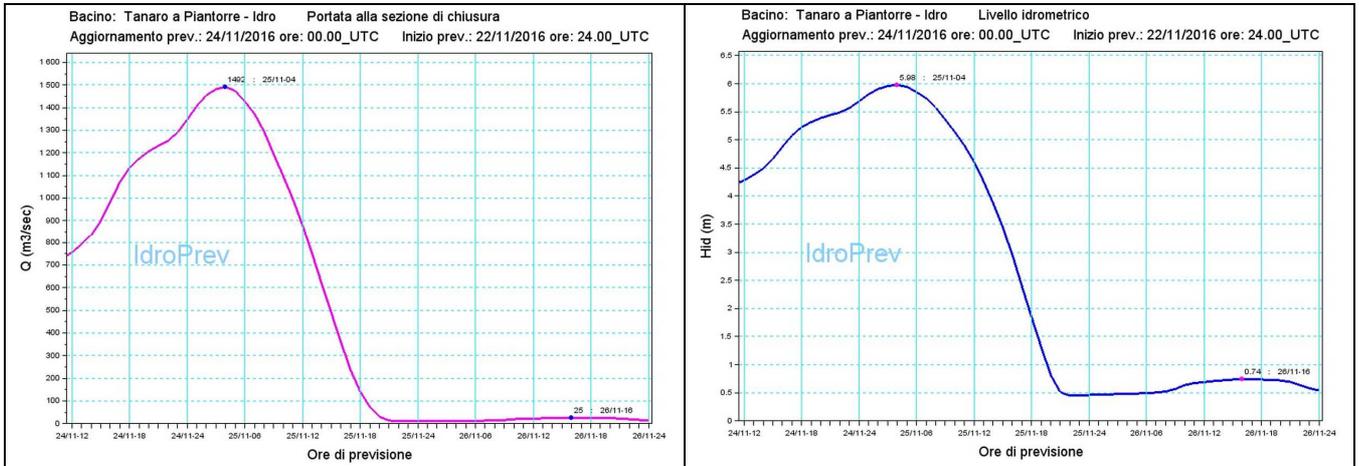
Previsioni del Modello Idroprev

Le previsioni effettuate dal Modello Idroprev sono riportate nelle Cartelle fornite al Servizio Protezione Civile via e-mail. Si riporta una sintesi dei grafici di previsione più significativi.

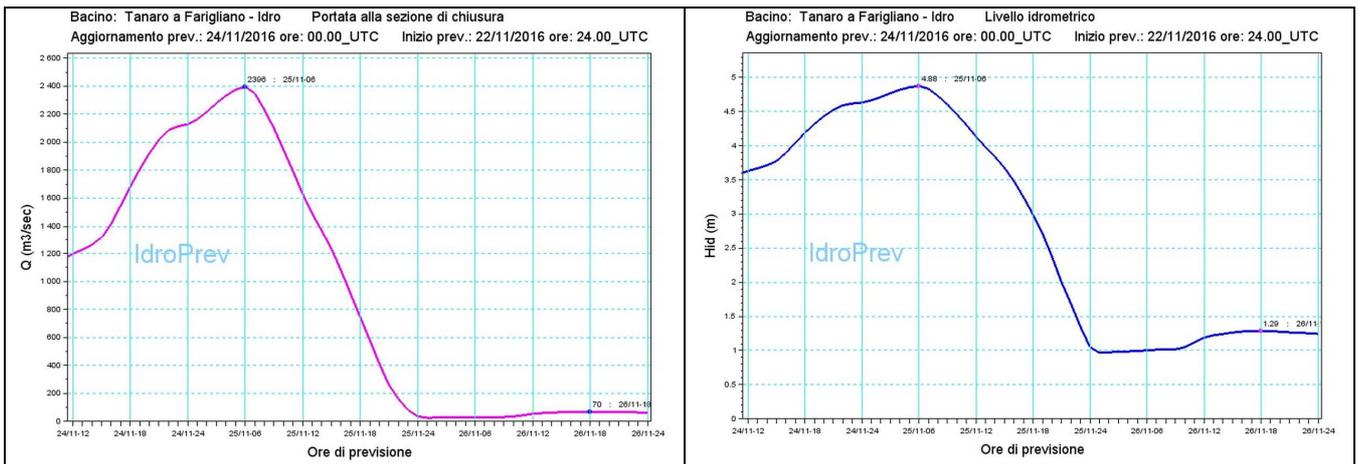
Tanaro a Garessio – RUN 23/11/2016_R12: Q=822 m³/s, H_Id=4.32 m



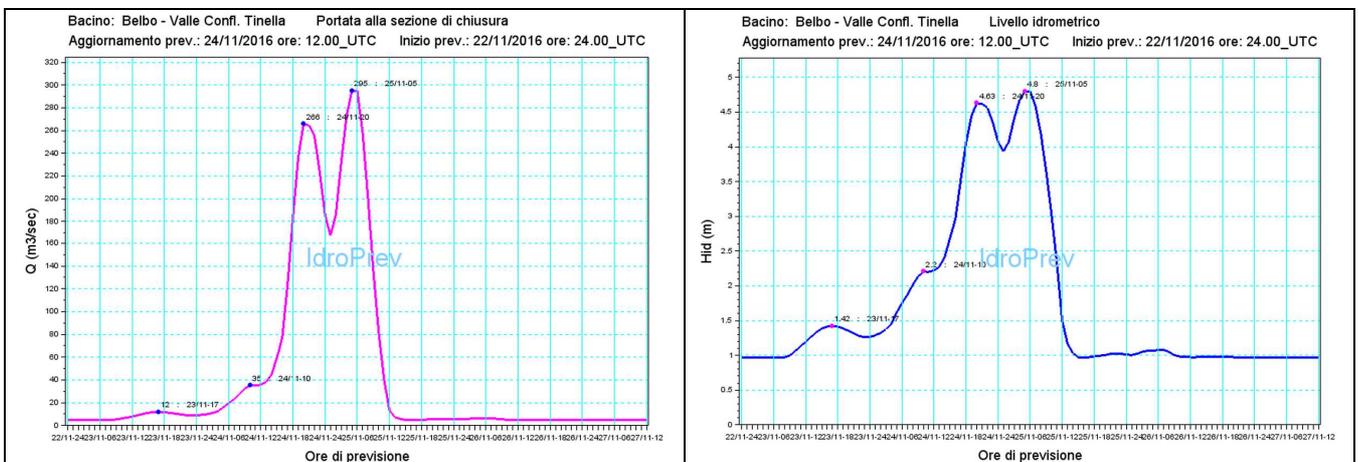
Tanaro a Piantorre – RUN 24/11/2016_R00: Q=1492 m³/s, H_Id=5.98 m



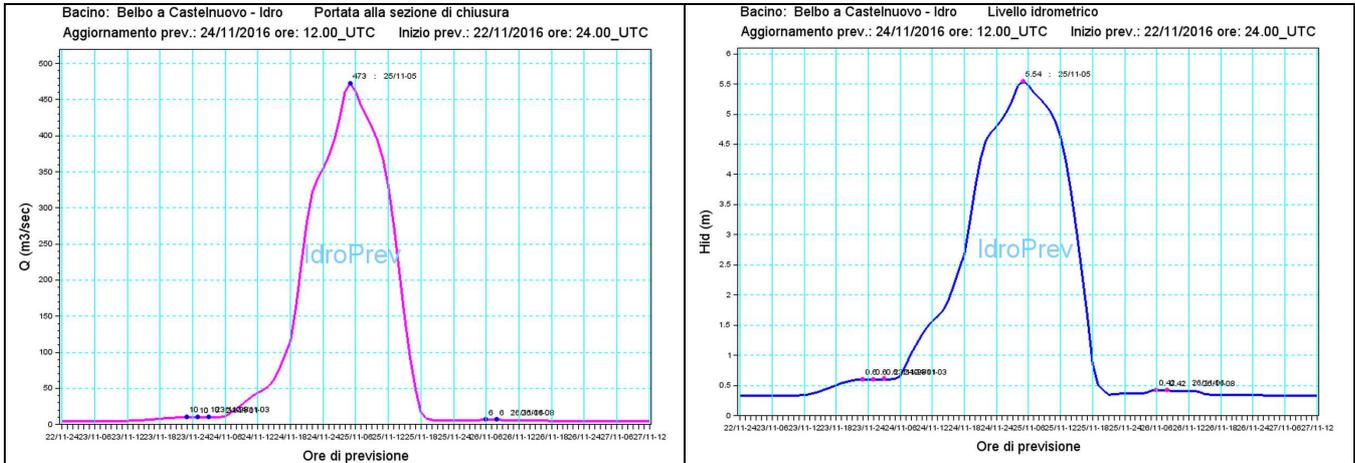
Tanaro a Farigliano – RUN 24/11/2016_R00: Q=2396 m³/s, H_Id=4.88 m



Belbo a S.Stefano Belbo – RUN 24/11/2016_R12: Q=295 m³/s, H_Id=4.80 m



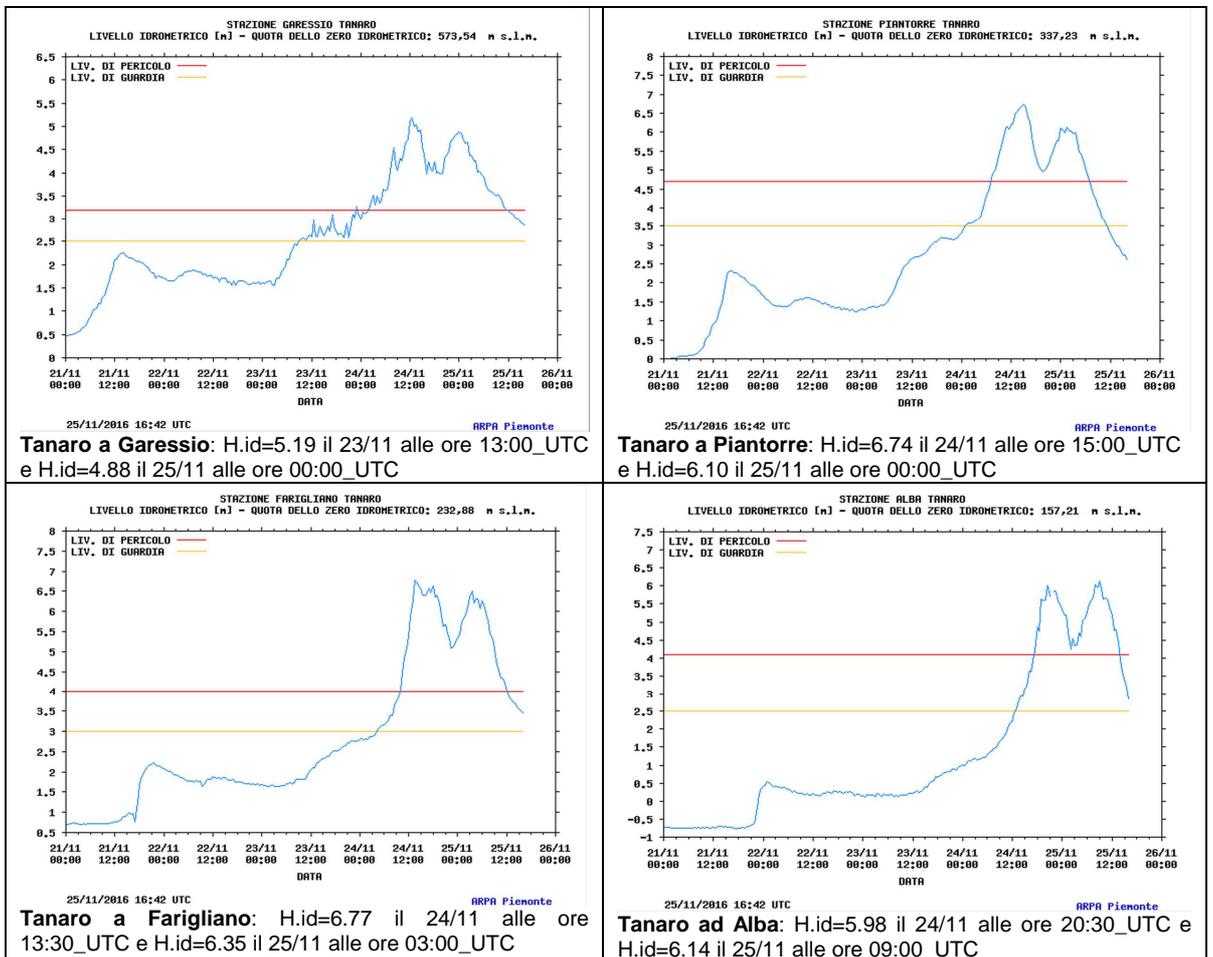
Belbo a Castelnuovo Belbo – RUN 24/11/2016_R12: Q=473 m³/s, H_Id=5.54 m

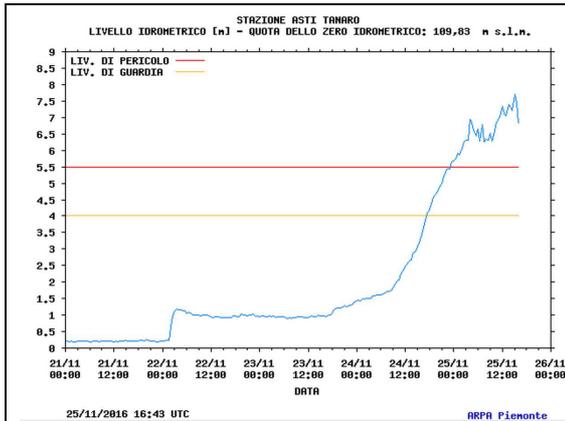


4. OSSERVAZIONI IDROMETRICHE

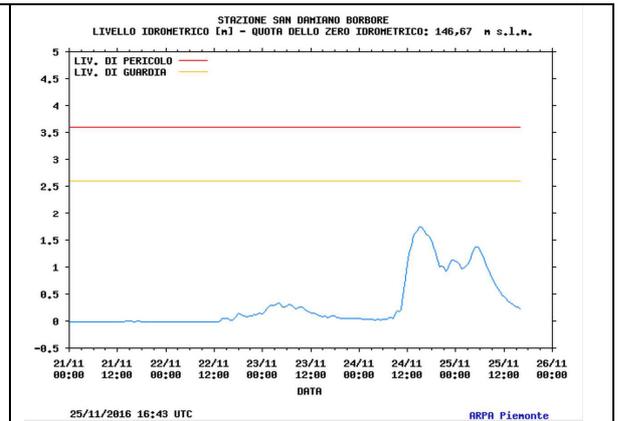
Si riportano di seguito i grafici delle osservazioni idrometriche.

Fiume Tanaro



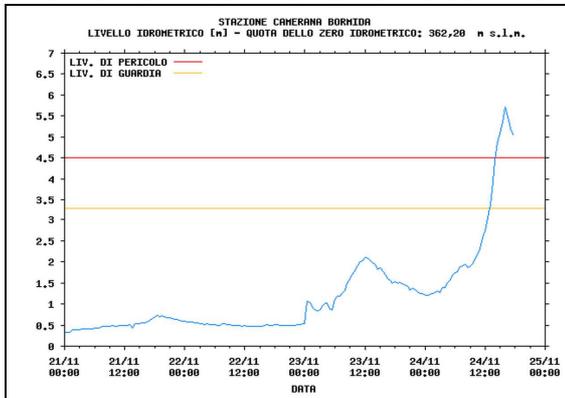


25/11/2016 16:43 UTC ARPA Piemonte
Tanaro ad Asti: H.id=6.96 il 25/11 alle ore 02:30 UTC e H.id=7.71 il 25/11 alle ore 15:00 UTC

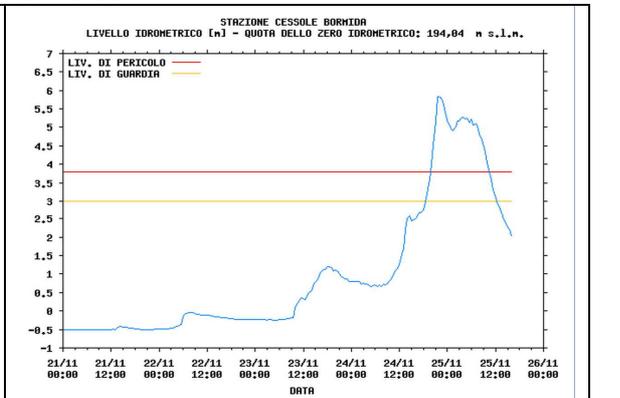


25/11/2016 16:43 UTC ARPA Piemonte
Borbore a San Damiano: H.id=1.73 il 24/11 alle ore 15:00 UTC e H.id=1.13 il 24/11 alle ore 23:00 UTC

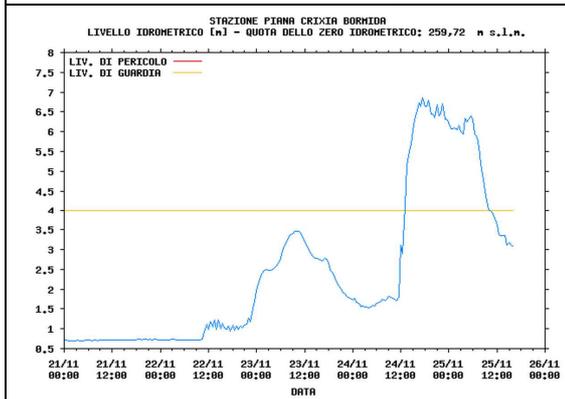
Fiume Bormida – Torrente Belbo – Torrente Versa



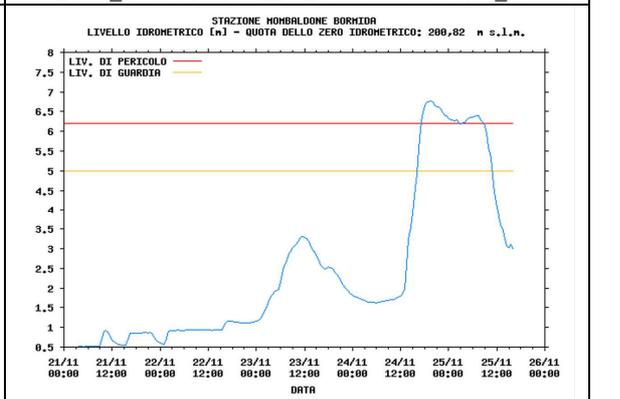
25/11/2016 16:42 UTC ARPA Piemonte
Bormida di Millesimo a Camerana: H.id=5.72 il 24/11 alle ore 16:00 UTC e H.id=del 25/11 n.p.



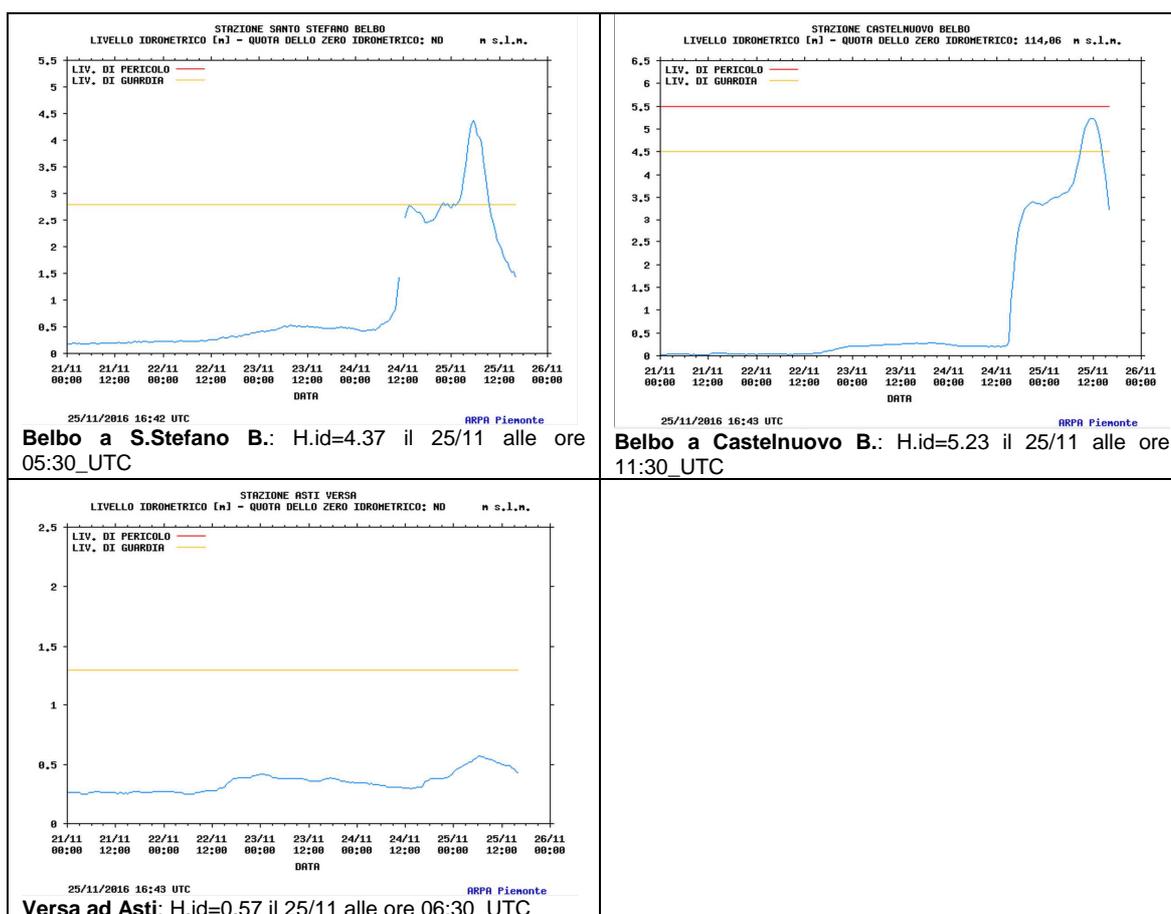
25/11/2016 16:43 UTC ARPA Piemonte
Bormida di Millesimo a Cessole: H.id=5.83 il 24/11 alle ore 21:30 UTC e H.id=5.22 il 25/11 alle ore 06:00 UTC



25/11/2016 16:43 UTC ARPA Piemonte
Bormida di Spigno a Piana Crixia: H.id=6.87 il 24/11 alle ore 17:30 UTC e H.id=6.29 il 25/11 alle ore 06:00 UTC



25/11/2016 16:43 UTC ARPA Piemonte
Bormida di Spigno a Mombaldone: H.id=6.78 il 24/11 alle ore 19:30 UTC e H.id=6.35 il 25/11 alle ore 06:00 UTC



Confronto tra i livelli delle previsioni del Modello Idroprev e quelli misurati agli Idrometri

Idrometro	Livello max osservato [m]	Data - Ora	Livello previsto Idroprev [m]	Run previsione	Err %
Tanaro a Garessio	5.19	24/11/2016 - 13:30	4.32	23/11/2016_12:00 UTC	-17
Tanaro a Piantorre	6.74	24/11/2016 - 15:00	5.98	24/11/2016_00:00 UTC	-11
Tanaro a Farigliano	6.77	24/11/2016 - 13:30	4.88	24/11/2016_00:00 UTC	-28
Belbo a S. Stefano Belbo	4.37	25/11/2016 - 05:30	4.80	24/11/2016_12:00 UTC	+10
Belbo a Castelnuovo B.	5.23	25/11/2016 - 11:30	5.54	24/11/2016_12:00 UTC	+6

Il confronto tra i livelli calcolati dal Modello Idroprev sulla base delle precipitazioni previste dal Modello NEMS4 di Meteoblue AG ed i valori idrometrici misurati fornisce una generale sottostima da parte dei modelli meteorologici delle precipitazioni sull’Alto Tanaro, in quanto le precipitazioni previste ricadevano maggiormente a Sud-Est, di conseguenza il modello idrologico, pur calibrato per eventi estremi, ha fornito portate e altezze idrometriche sottostimate, con gli errori riportati in tabella, e con un errore medio del -19%.

Complessivamente il risultato non è negativo, in quanto lo scopo fondamentale delle previsioni del Modello Meteo-Idrologico Idroprev, che è quella di fornire una informazione tempestiva sull’entità della piena imminente, è stato raggiunto: la portata al colmo di 2396 m³/s prevista a Farigliano dal Modello Idroprev nella elaborazione Run 00 del 24 Novembre individua comunque una portata superiore a quella duecentennale (definita di 2300 m³/s in D.G.R. 6656_2001, Tab.20), fornendo una indicazione importante sull’entità del fenomeno di piena imminente.

<p>Idroprev www.idroprev.com</p>	<p>Provincia di Asti Servizio Trasporti – Protezione Civile – Sicurezza Monitoraggio del Fiume Tanaro e degli affluenti principali Rapporto d’Evento del 24-25 Novembre 2016</p>	<p>STUDIO ARNAUD www.studioarnaud.it</p>
---	--	---

Sul torrente Belbo portate e livelli idrometrici sono lievemente sovrastimati, con un errore medio del 8%, che comporta un risultato soddisfacente.

Bollettini di previsione

Lo scrivente ha inviato i seguenti bollettini informativi di previsione della piena imminente:

- 1) Info via SMS inviato alle ore 01:13 del 24/11; e-mail inviata alle ore 01:22 del 24/11, con con Bollettino N. 2 e allegato file 2016.11.24.zip con mappe di Meteoblue AG, grafici di previsione Idroprev, tabella Pluvio-Idro;
- 2) E-mail inviata alle ore 16.59 del 24/11 con Bollettino N. 2, il cui testo è di seguito riportato.

Bollettino N. 2 – 24.11.2016 – 16:45

Report sintetico sulla previsione e monitoraggio:

Fiume Tanaro: i livelli misurati sull’alto Tanaro (Garessio, Piantorre, Farigliano) confermano le previsioni del Modello Idroprev (IDROPREV_2016.11.24_R00), tuttavia, alla luce delle precipitazioni previste per oggi e domani (Vedere MAPPE Multimodel) si prevedono portate e livelli anche superiori alla previsione del Modello attuale Idroprev, e la propagazione della piena ad Asti, con portata dell’ordine di circa 2000 -2400 m³/s potrebbe provocare livelli dell’ordine della piena del 2000, o anche superiori, con possibilità di esondazione dell’area circostante Cascina Appiani (Area Golf Città di Asti), entro la perimetrazione degli studi P.A.I. della piena ventennale (Q₂₀=2650 m³/s).

Torrente Versa: in relazione alle precipitazioni odierne e di domani 25/11 i livelli potrebbero raggiungere valori tali da provocare una piena ordinaria (Tempo ritorno 4 anni) però tale da rendere possibile il sormento ai lati del ponte di Corso Alessandria, creando ostacolo per la viabilità, in quanto la nuova struttura è stata solamente sopraelevata, ma la larghezza è stata lievemente ristretta e le quote ai lati al piede rampe sono rimaste inalterate.

Torrente Bobore: la piena prevista è inferiore all’ordinaria, ma si suggerisce attenzione a Vaglierano Stazione dove solitamente esonda il canale al sottopasso della S.P.

Torrente Belbo: Piena inferiore all’ordinaria.

Torrente Bormida di Millesimo: Piena inferiore all’ordinaria.

ULTIME PREVISIONI E MISURE (si allega file.zip con tabelle misure pluvio – idro e Idroprev)

Tanaro a Garessio

Previsto Idroprev: 4.88m alle 06:00 del 25 Novembre

Misurato: 5.19m alle 12:30 del 24 Novembre

Tanaro a Piantorre

Previsto: 5.98m alle 04:00 del 25 Novembre

Misurato: 6.61m alle 14:46 del 24 Novembre (livello idrometrico in continuo aumento)

Tanaro a Farigliano

Previsto: 4.88m alle 06:00 del 25 Novembre

Misurato: 6.77m alle 13:30 del 24 Novembre (stabile, forse perché uscito dagli argini)

Una relativa sottostima, dovuta al repentino innalzamento della quota di zero termico, non prevista dai modelli in mesoscala. Ora sembra che vi sia una pausa con precipitazioni deboli sull’alto Tanaro, quindi l’ondata di piena si sposta verso valle. Colmo previsto ad Asti per le ore 20:30 – 21:30.

Tuttavia sono da monitorare le prossime ore 9-12 ore sono previste ancora piogge molto forti, con la possibilità di una seconda piena sull’alto Tanaro e, di conseguenza, anche più a valle.

Previsione in fase parossistica sulla formazione delle onde di piena

Nel pomeriggio del 24 Novembre lo scrivente, dopo aver ricevuto informazioni di maggior dettaglio sulle precipitazioni previste dai diversi modelli meteorologici da Meteoblue AG / Meteoarena, ha fornito alla Protezione Civile l’informazione sulla formazione di una seconda onda di piena, non

<p>Idroprev www.idroprev.com</p>	<p>Provincia di Asti Servizio Trasporti – Protezione Civile – Sicurezza Monitoraggio del Fiume Tanaro e degli affluenti principali Rapporto d’Evento del 24-25 Novembre 2016</p>	<p>STUDIO ARNAUD www.studioarnaud.it</p>
---	--	---

prevista nei risultati del primo Modello elaborato, ma prevista nelle ultime ore, alla luce delle più recenti elaborazioni mediando i risultati di diversi modelli meteorologici, prevedendo livelli di entità anche superiore all’onda di piena in corso.

Riguardo ai valori dei dati pluviometrici e idrometrici ricevuti in tempo reale presso la Centrale della Protezione Civile della Provincia di Asti, questi si sono rivelati utili per effettuare una stima approssimata della propagazione delle onde di piena sui corsi d’acqua più preoccupanti, il fiume Tanaro ed il fiume Bormida di Millesimo, tuttavia **allo stato attuale non vi è possibilità di effettuare un invio dei dati automatico al nostro server su cui è installato il Modello Idroprev, per implementare una nuova funzionalità finalizzata alle elaborazioni idrologiche dai dati misurati, al fine di ottenere risultati assai più precisi sui livelli attesi** nelle prossime ore, in quanto la Centrale installata dalla Soc. CAE è dotata del software Maps & View per la ricezione dati con connessione ISDN ma è priva di connessione ADSL, per cui non risulta possibile un invio automatico di dati in modalità FTP. **Lo scrivente propone per il futuro di effettuare richiesta per ovviare a tale inconveniente al fine di poter automatizzare l’invio dati per una loro tempestiva elaborazione.**

5. INQUADRAMENTO METEOROLOGICO DEL FENOMENO DI PIENA

Nell’evento del 24 Novembre 2016 si sono registrate precipitazioni molto intense sull’alta valle del Tanaro. Questa configurazione, tutto sommato rara, trae origine da correnti sud orientali in quota che, impattando su Alpi Marittime, Cozie e Graie, determinano uno spiccato effetto “*stau*”, ossia d’incremento delle precipitazioni. I modelli meteorologici hanno sovrastimato le precipitazioni previste sulle Alpi Cozie e Graie e, allo stesso tempo, hanno sottostimato le precipitazioni attese sul versante piemontese delle Alpi Marittime. Un errore nell’esatta localizzazione dei fenomeni più intensi non è certo inusuale, soprattutto nel momento in cui si cerca un dettaglio spaziale spinto, tale da distinguere ciascuna vallata alpina. Nella fattispecie è plausibile che la massa d’aria fosse più instabile di quanto previsto dai modelli e quindi più incline al galleggiamento. Proprio per questa tendenza a galleggiare, le precipitazioni più intense si sono spostate dal versante ligure di Ponente, fino ad oltrepassare lo spartiacque alpino e raggiungere il basso cuneese e l’alta Val di Tanaro. Per lo stesso motivo le precipitazioni sono state meno intense del previsto sul versante italiano delle Alpi Cozie e Graie, distribuendo le precipitazioni su di un’area più vasta, anche in territorio francese.

Infine, la quota pioggia/neve si è mantenuta inferiore ai 2000m sulle Alpi Cozie e Graie, facendo sì che una parte delle precipitazioni non filtrasse nei corsi d’acqua, fermandosi al suolo in forma solida, ossia neve. Sulle Alpi Marittime, invece, la quota neve si è mantenuta per la maggior parte del peggioramento a quote superiori i 2000m, scendendo intorno ai 1800 1700m solo a fine evento. Anche questo aspetto ha contribuito ad avere piene più importanti su Tanaro e Bormida di

<p>Idroprev www.idroprev.com</p>	<p>Provincia di Asti Servizio Trasporti – Protezione Civile – Sicurezza Monitoraggio del Fiume Tanaro e degli affluenti principali Rapporto d’Evento del 24-25 Novembre 2016</p>	<p>STUDIO ARNAUD www.studioarnaud.it</p>
---	--	---

Millesimo, contrariamente a quanto previsto nei giorni precedenti in cui, la Protezione Civile, aveva diramato l'allerta rossa sulla provincia di Torino e quella Arancione su quella di Cuneo.

6. MODELLO IDRAULICO DELLA RETE FLUVIALE

Il Modello Idraulico della rete fluviale Tanaro – Bobore – Triversa – Versa

Il Modello numerico idraulico del fiume Tanaro, ai nodi fluviali di Asti ed Alessandria fu costruito dallo scrivente fin dal 1995 al fine di simulare l'evento di piena alluvionale di Tanaro e Bobore del 4-5 Novembre 1994, e successivamente integrato negli anni (Arnaud & Cavallo, 1998) e per la progettazione di infrastrutture (Ponte di C.so Savona, 1998), per la previsione e monitoraggio di eventi di piena (Guado di Asti, 1999-200), ed aggiornato con continuità per le simulazioni degli eventi di piena per il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI, Comune di Asti, Arnaud, 2012).

Grazie ad un costante lavoro di integrazione comprendente rilievi topografici, calibrazione sui diversi eventi di piena registrati, nonché studi per tesi di laurea di studenti del Politecnico di Torino, oggi questo modello viene utilizzato per la simulazione degli eventi di piena nell'ambito del Progetto di Monitoraggio e Previsione della Protezione Civile della Provincia di Asti, integrando il Modello Meteo-Idrologico Idroprev, per correlare con livelli e portate dei diversi corsi d'acqua.

In particolare in merito all'evento del 24-25 Novembre 2016 il modello idraulico consente di ricavare con precisione la portata defluente per un valore assegnato di altezza idrometrico, in questo caso il valore misurato all'Idrometro Asti Tanaro installato sul ponte di Corso Savona.

Il livello registrato al colmo di piena alle ore 15:00 UTC è stato di 7.71 m, pari alla quota 115.71 m.s.m. Dal Modello Idraulico della rete fluviale Tanaro-Bobore-Versa: a tale valore idrometrico corrisponde una portata di 4020 m³/s; tale valore risulta superiore alla portata di progetto delle opere arginali del nodo di Asti, pari a 3550 m³/s.

La portata di questo evento è confrontabile con la portata duecentennale ad Alba di 4088 m³/s definita da VA.PI. Piemonte 2006 (Prof. F. Rossi, P. Villani, CNR-CUGRI), nell'ambito del Progetto Nazionale per la Valutazione delle Piene in Italia.

Si riportano di seguito le immagini delle sezioni del Modello Idraulico 1475 - Ponte di C.so Savona, e a monte e a valle della Cascina Appiani sede Golf Città di Asti, dove lo scrivente ha misurato un livello pari a 0.73 m rispetto al piano terra del fabbricato, 90 cm in meno rispetto al tirante registrato durante l'Alluvione del 1994.

A seguito di misure dei livelli della piena a monte e a valle della sezione del ponte di Corso Savona, eseguite mediante GPS con il geom. C.Garziera, si sono elaborati i calcoli di simulazione al fine di verificare la congruenza tra i risultati alle diverse sezioni di calcolo.

Caposaldo AIPO di riferimento: Cap. Sez. AIPO 51_SX: 118.37 m.s.m;

Sezione 1475_D – Ponte Corso Savona valle: H.id = 7.71 m; Hw=115.71 m.s.m.; Q= 4020 m³/s;

Sezione 1700 – Sezione monte Cascina Appiani: Hw.cal=117.36 m.s.m;

Sezione Cascina Appiani: Hw.cal=117.23 m.s.m.; q.pc_GPS=116.36 m.s.m.; H.id.oss = 0.73 m;
Hw.oss=117.09 m.s.

Sezione 1650 – Sezione valle Cascina Appiani: Hw.cal=117.19 m.s.m.; q.Arg_GPS=117.94 m.s.m.;
Hw.oss=117.14 m.s.m.; Franco oss. = 0.80 m

Sezione 1300 – Sezione a monte ponte ferrovia AT – Nizza Monferrato: Hw.cal=114.77 m.s.m.;
q.w_GPS=114.75 m.s.m.; q.Arg_GPS=115.25 m.s.m.; Franco.oss=0.50 m.

SEZIONI DEL MODELLO IDRAULICO

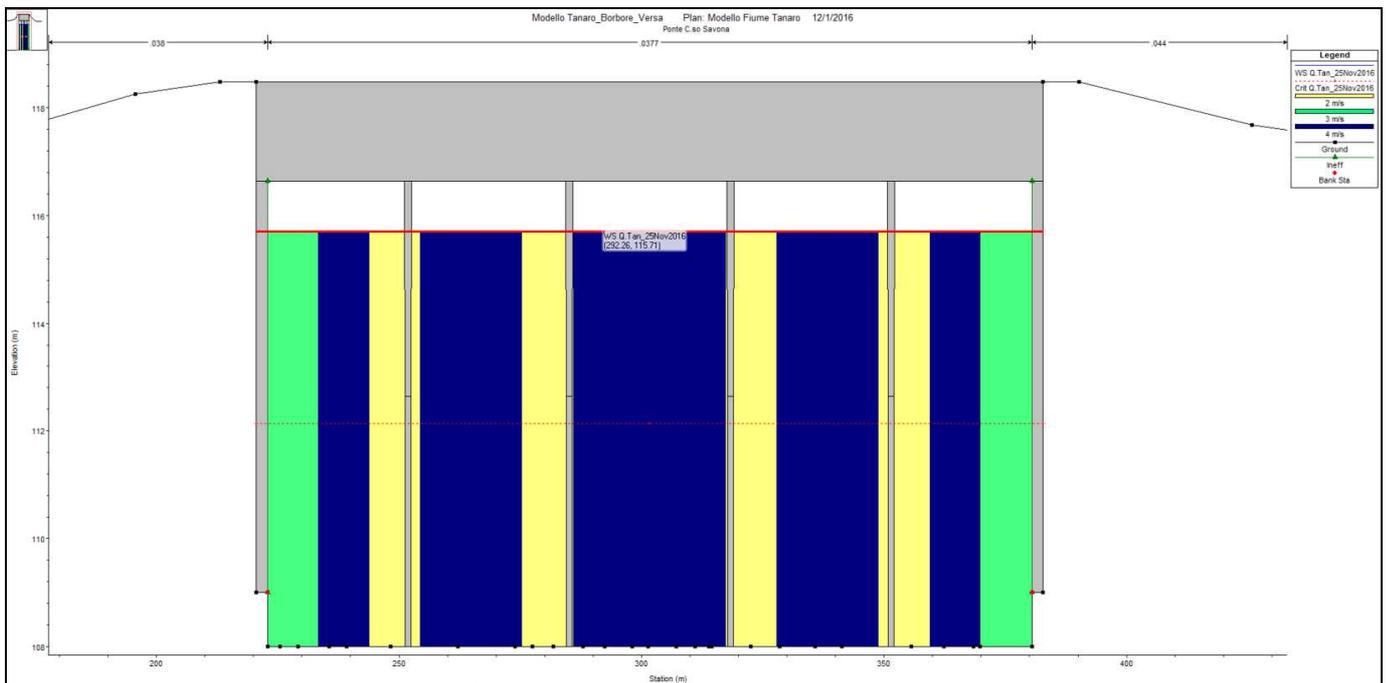


Figura 12 - Tanaro ad Asti, Elaborazione del Modello Idraulico al ponte di C.so Savona per $Q=4020 \text{ m}^3/\text{s}$, $H_{\text{idr}}=7.71 \text{ m}$ – Idrometro Asti Tanaro il 25/11 alle ore 15:00_UTC

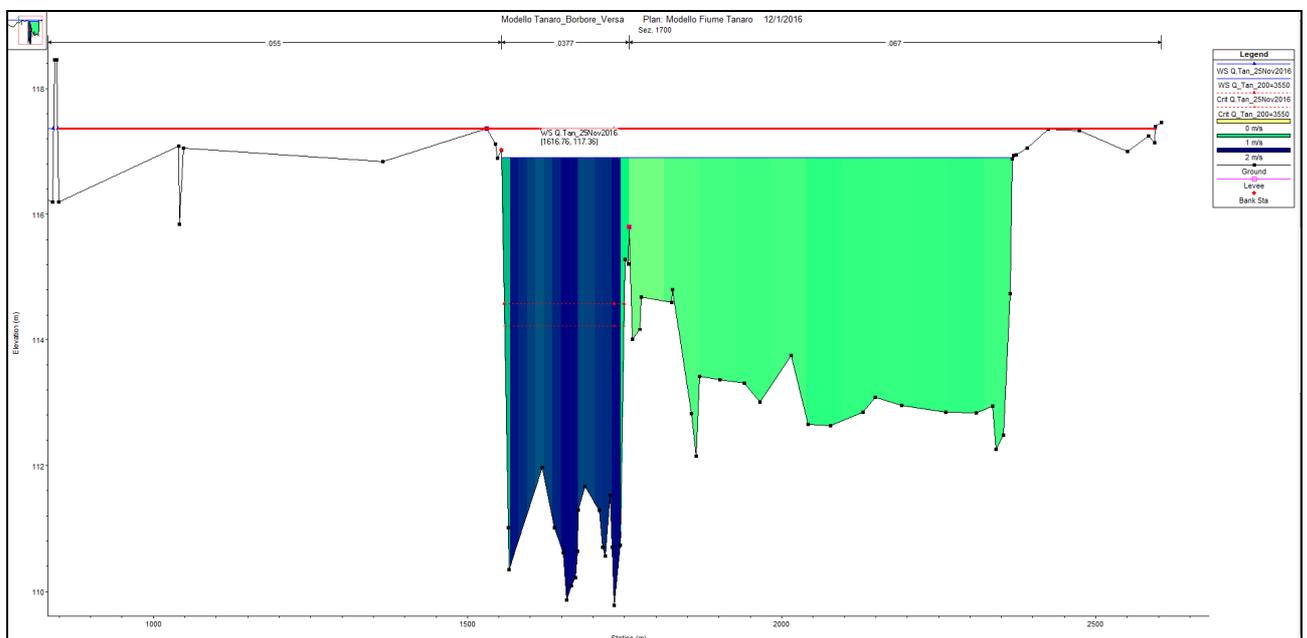


Figura 13 - Tanaro ad Asti – Elaborazione del Modello Idraulico alla Sezione 1700 - Monte Cascina Appiani – Golf Città di Asti – H=117.36 m.s.m.

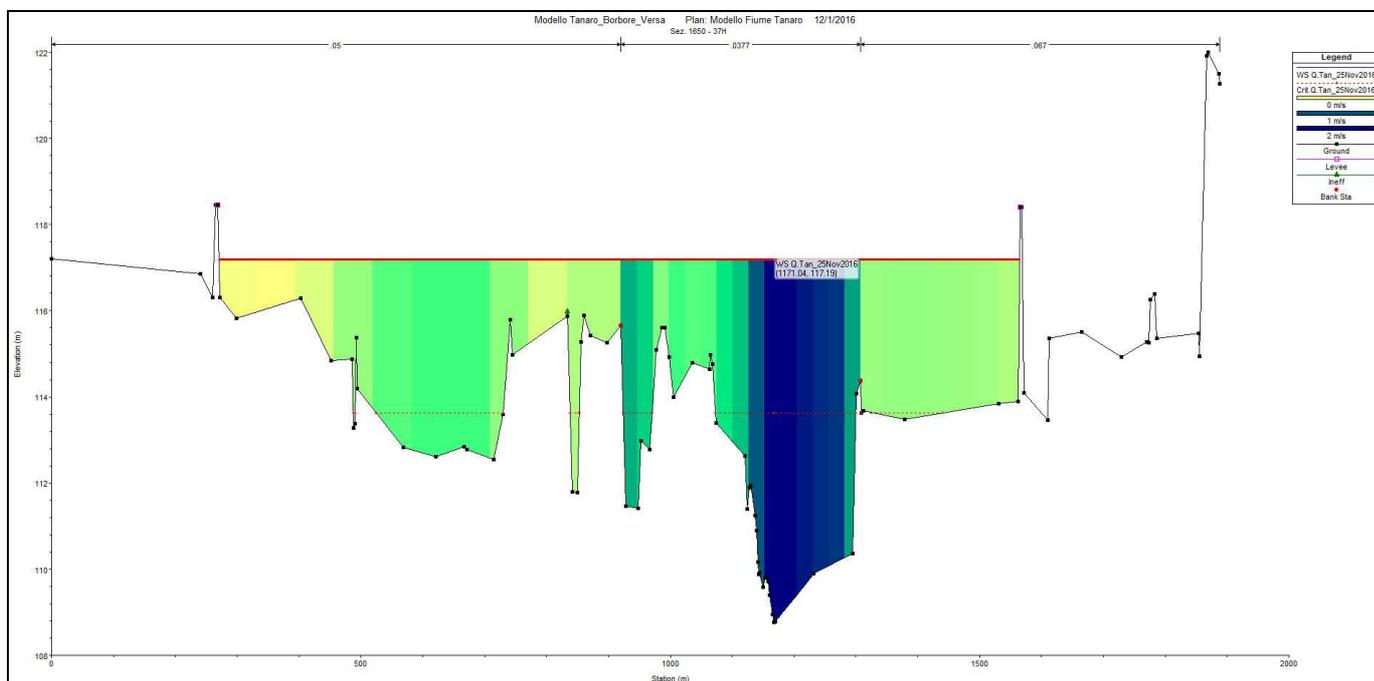


Figura 14 - Tanaro ad Asti – Elaborazione del Modello Idraulico alla Sezione 1650 - Vlle Cascina Appiani – Golf Città di Asti – H=117.19 m.s.m. (h=0.73 m rispetto al piano terra fabbricato Golf Città di Asti).

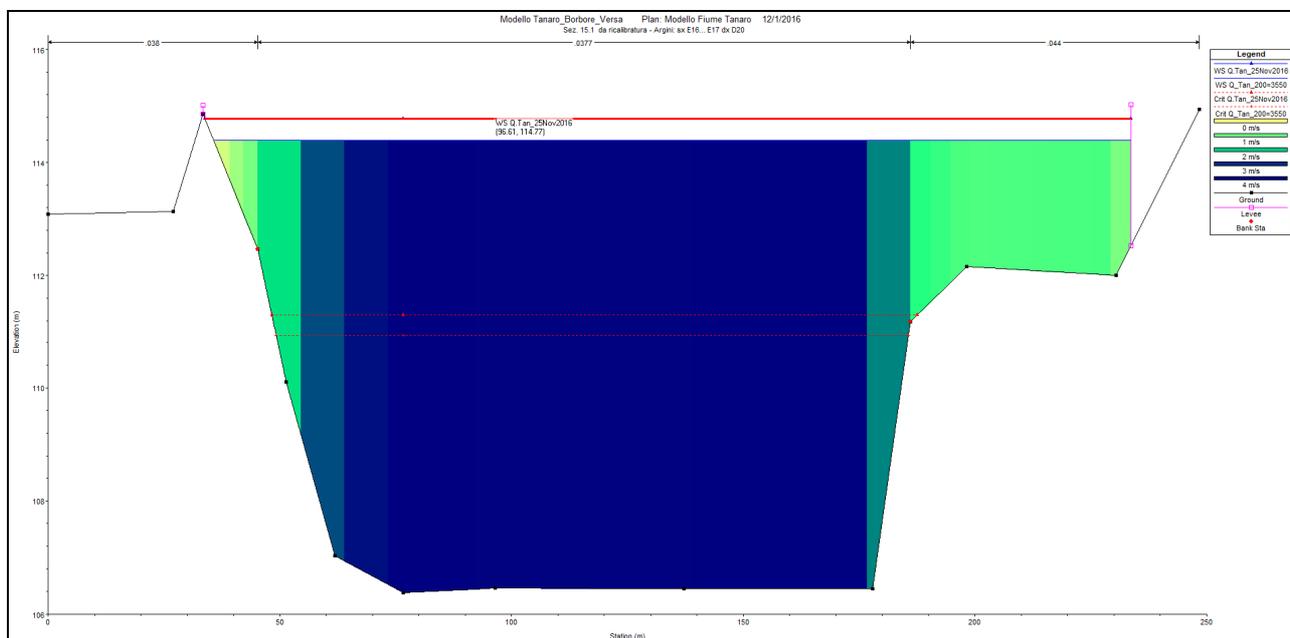


Figura 15 - Tanaro ad Asti – Elaborazione del Modello Idraulico alla Sezione 1300 - Monte ponte ferrovia AT-Nizza Monferrato – H=114.77 m.s.m. (h=- 0.15 m rispetto alla quota sommità Argine SX)

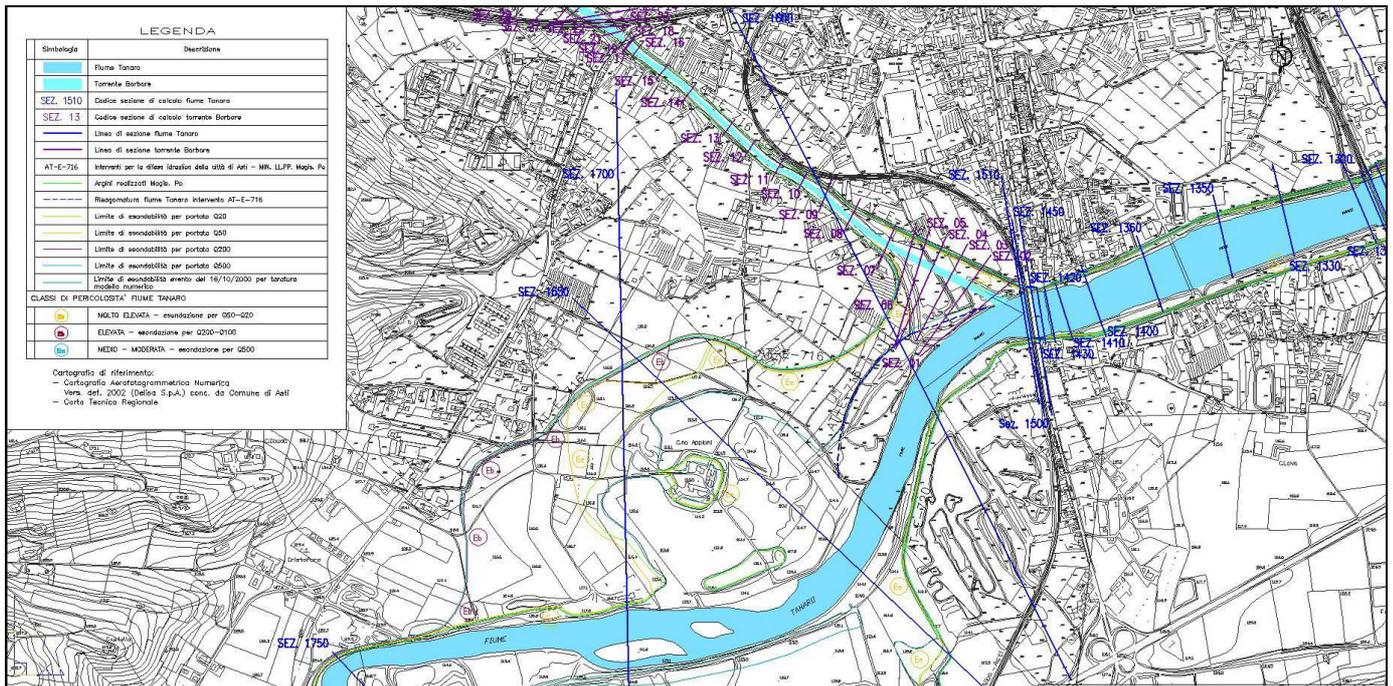


Figura 16 - Tanaro ad Asti – Monte confluenza Borbore - Classi di pericolosità del PAI da Modello Idraulico

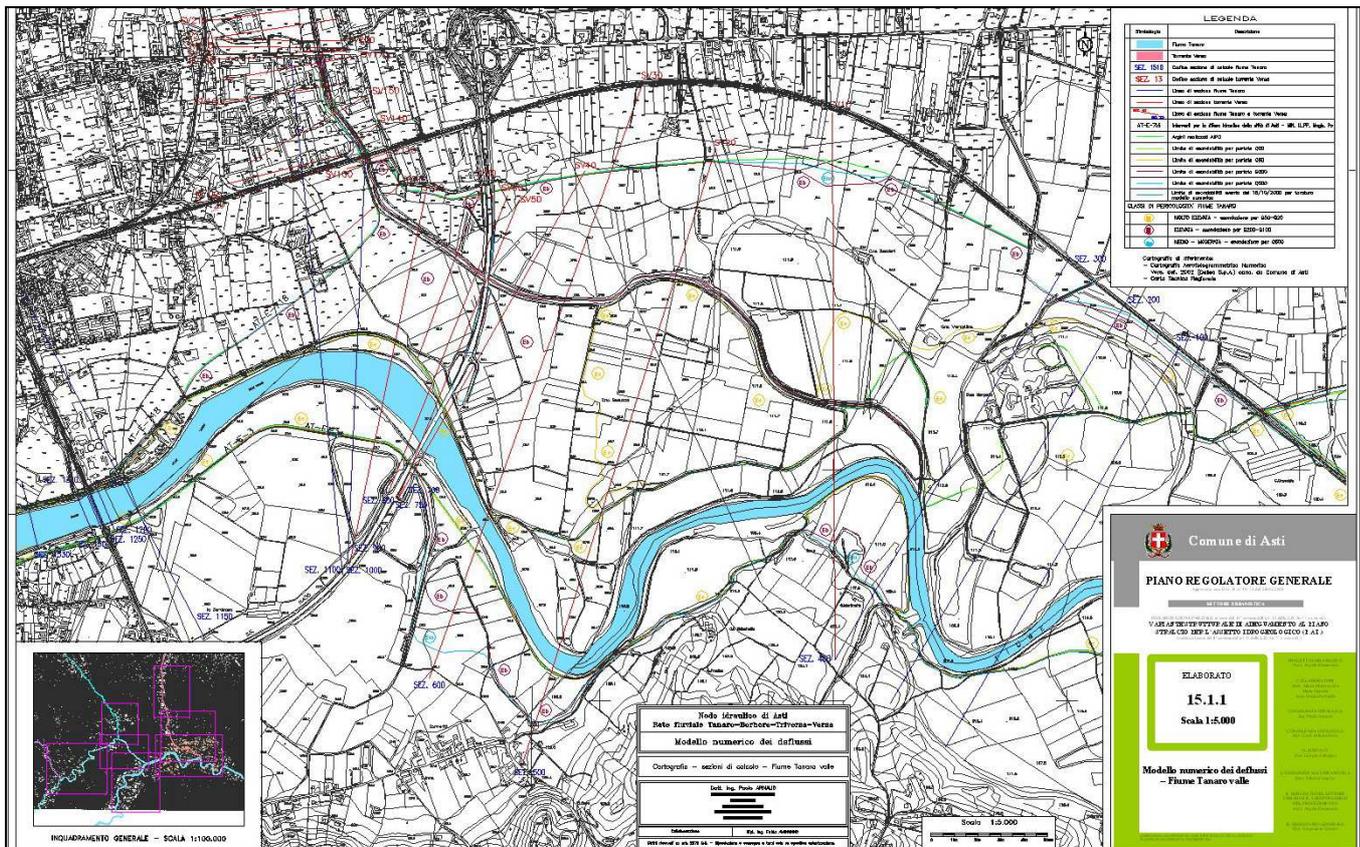


Figura 17 - Tanaro a valle di Asti - Classi di pericolosità del PAI

7. EFFETTI DELLA PIENA SUL TERRITORIO

FIUME TANARO

Si riportano nelle figure seguenti le immagini relative alle condizioni limite di esondazione.

La figura seguente rappresenta la sezione all'Idrometro Asti Tanaro sul lato valle del ponte di Corso Savona.

Idrometro Asti Tanaro

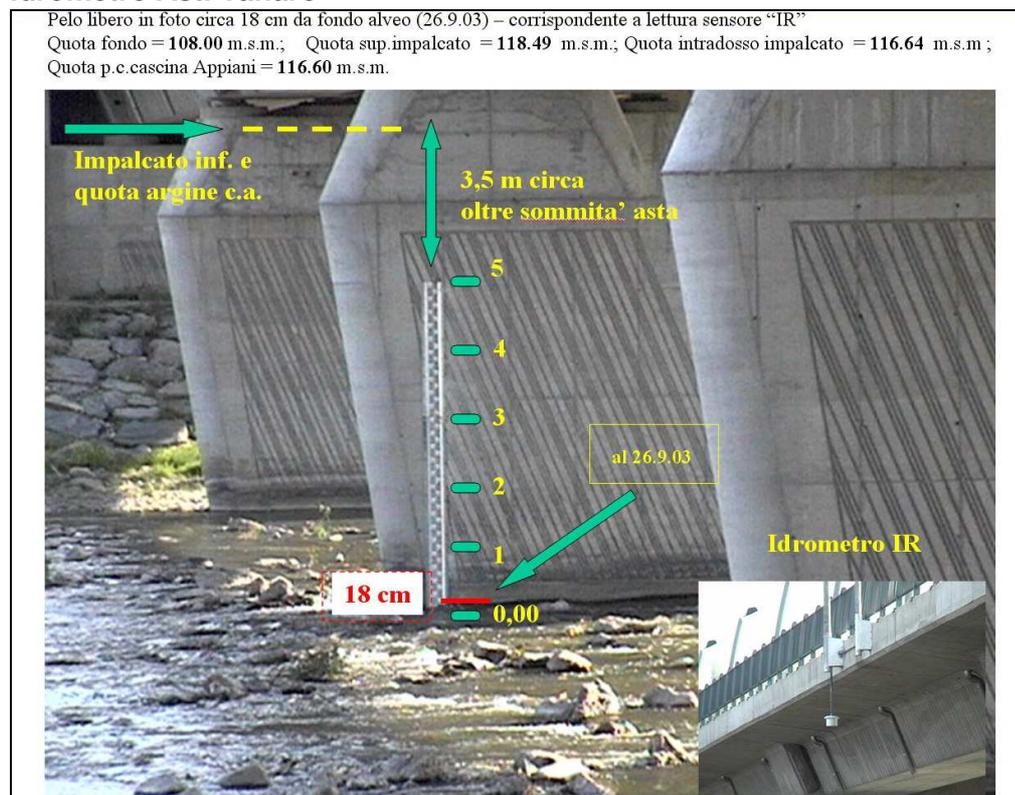
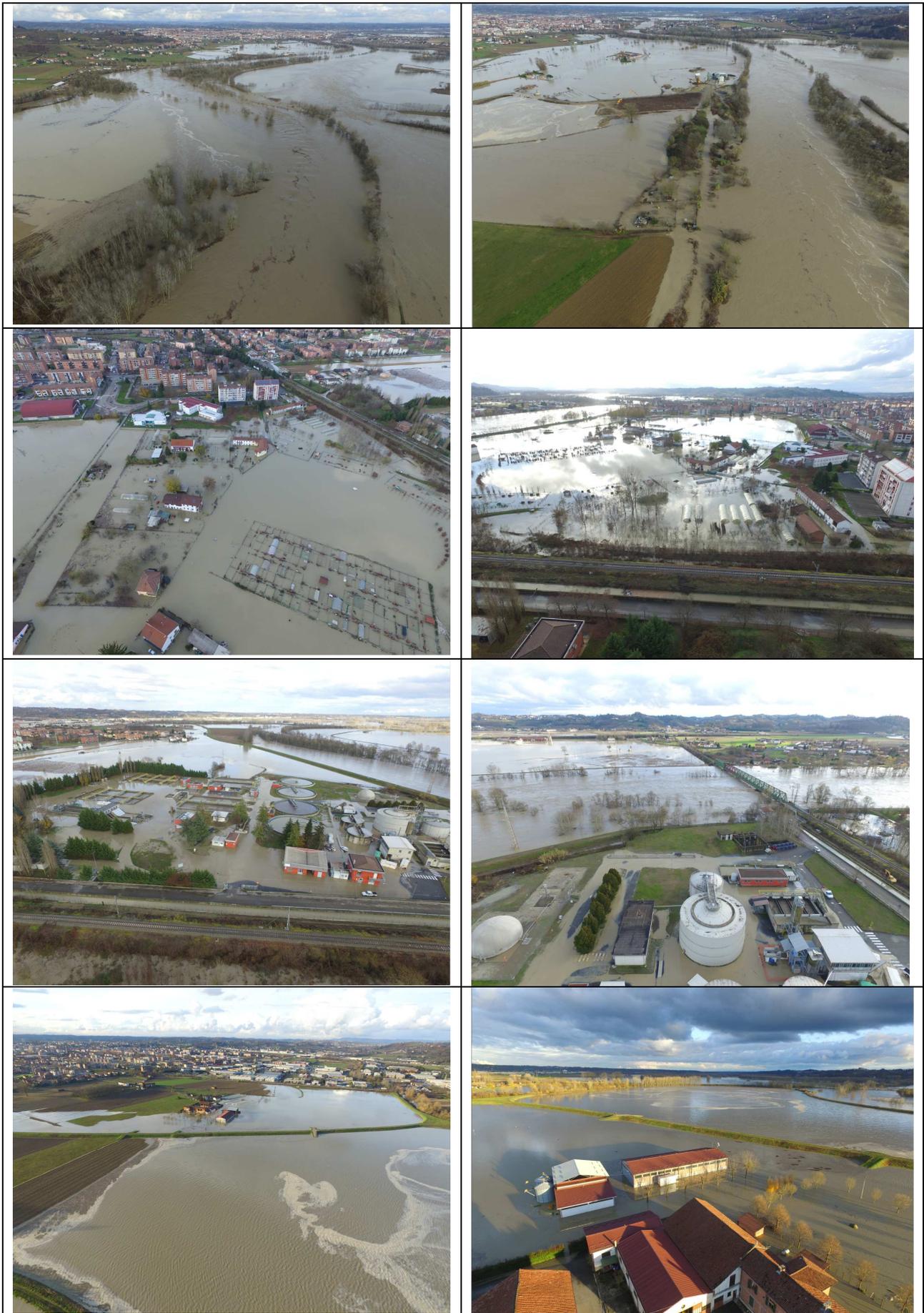


Figura 18 - Tanaro ad Asti – Idrometro del ponte di Corso Savona

RIPRESE FOTOGRAFICHE DELL’EVENTO DI PIENA – FIUME TANARO



Figura 19 – Riprese del ponte di Corso Savona del 25 e 26 Nov 2016



<p>Idroprev www.idroprev.com</p>	<p>Provincia di Asti Servizio Trasporti – Protezione Civile – Sicurezza Monitoraggio del Fiume Tanaro e degli affluenti principali Rapporto d’Evento del 24-25 Novembre 2016</p>	<p>STUDIO ARNAUD www.studioarnaud.it</p>
---	--	---



Figura 20 – Riprese del 25 Nov 2016 – Ore 13:00 – 14:00 UTC – Fonte: Studio Geom. Verrua – www.verrua.net – Aut. ENAC 7494 - ENAV ITA0000011 - Autorizzato operazioni critiche ENAC n. 8538 21/10/2016



Figura 21 – Riprese del 25 Nov 2016 – Ore 15:15 UTC - Area in sponda destra del Tanaro a monte di Asti, Argini - Cascina Appiani sede del Golf Città di Asti – Fonte: Studio Ing. Arnaud



Figura 22 – Riprese del 26 Nov 2016 – Ore 15:15 UTC - Area in sponda destra del Tanaro a monte di Asti, Argini - Cascina Appiani sede del Golf Città di Asti; Argini del lungo Tanaro in Sp. Sx. – Fonte: Studio Ing. Arnaud

<p>Idroprev www.idroprev.com</p>	<p>Provincia di Asti Servizio Trasporti – Protezione Civile – Sicurezza Monitoraggio del Fiume Tanaro e degli affluenti principali Rapporto d’Evento del 24-25 Novembre 2016</p>	<p>STUDIO ARNAUD www.studioarnaud.it</p>
---	---	---

RILIEVI TOPOGRAFICI DEI LIVELLI DI PIENA

In data 03 Dicembre 2016 lo scrivente ha effettuato una serie di rilievi mediante strumentazione GPS dei livelli di piena in alcune sezioni a monte e a valle del ponte di Corso Savona, in corrispondenza di sezioni di calcolo del Modello Idraulico.

I rilievi sono stati effettuati da parte del geom. Claudio Garziera con la direzione di chi scrive, iniziando a battere i punti dei caposaldi AIPO, individuati grazie alle monografie degli stessi rese disponibili da AIPO. Sono stati rilevati i seguenti caposaldi:

- Cap. Sez. 52_DX (ponte ferrovia Sp. Dx) – Quota imposta 118.370 m.s.m.;
- Cap. Sez. 52_SX – Quota caposaldo 118.350 m.s.m.; quota rilevata: 118.314 m.s.m.;
- Cap. Sez. 49_SX – Quota caposaldo 112.619 m.s.m.; quota rilevata: 112.590 m.s.m.

Rilievo dei livelli idrici in corrispondenza di sezioni di calcolo

- Punto GPS0016: Marciapiede Cascina Appiani – Golf Città di Asti: $q = 116.361$ m.s.m.;
-



Caposaldo AIPO Sez. 52_DX – $q=118.370$ m.s.m.



Caposaldo AIPO Sez. 52_SX – $q=118.314$ m.s.m.



Sez. 1350 q.Arg= 115.717 m.s.m.



Sez. 1350 q.w= 115.197 m.s.m. – Franco = 0.52 m

<p>Idroprev www.idroprev.com</p>	<p>Provincia di Asti Servizio Trasporti – Protezione Civile – Sicurezza Monitoraggio del Fiume Tanaro e degli affluenti principali Rapporto d’Evento del 24-25 Novembre 2016</p>	<p>STUDIO ARNAUD www.studioarnaud.it</p>
---	--	---



Figura 23 – Rilievi topografici GPS dei livelli della piena del 25 Nov 2016 – Fonte: Studio Ing. Arnaud

<p>Idroprev www.idroprev.com</p>	<p>Provincia di Asti Servizio Trasporti – Protezione Civile – Sicurezza Monitoraggio del Fiume Tanaro e degli affluenti principali Rapporto d’Evento del 24-25 Novembre 2016</p>	<p>STUDIO ARNAUD www.studioarnaud.it</p>
---	--	---

FIUME BORMIDA

In data 04 Dicembre 2016 lo scrivente ha effettuato sopralluoghi lungo il fiume Bormida, e precisamente a Bubbio, Monastero Bormida, sul territorio del Comune di Sessame dove si è verificato un taglio di meandro della Bormida di Millesimo in Sp. Dx, e successivamente presso il ponte della SP228 , e a valle della confluenza con la Bormida di Spigno, lungo la SP228 e presso la Centrale idroelettrica della Soc. SEAM, esondata completamente.

RIPRESE FOTOGRAFICHE DELL’EVENTO DI PIENA – FIUME BORMIDA



Figura 24 – Riprese del 05 Dic 2016 – Aree in sponda sinistra del Bormida di Millesimo a Bubbio e Monastero Bormida
– Fonte: Studio Ing. Arnaud

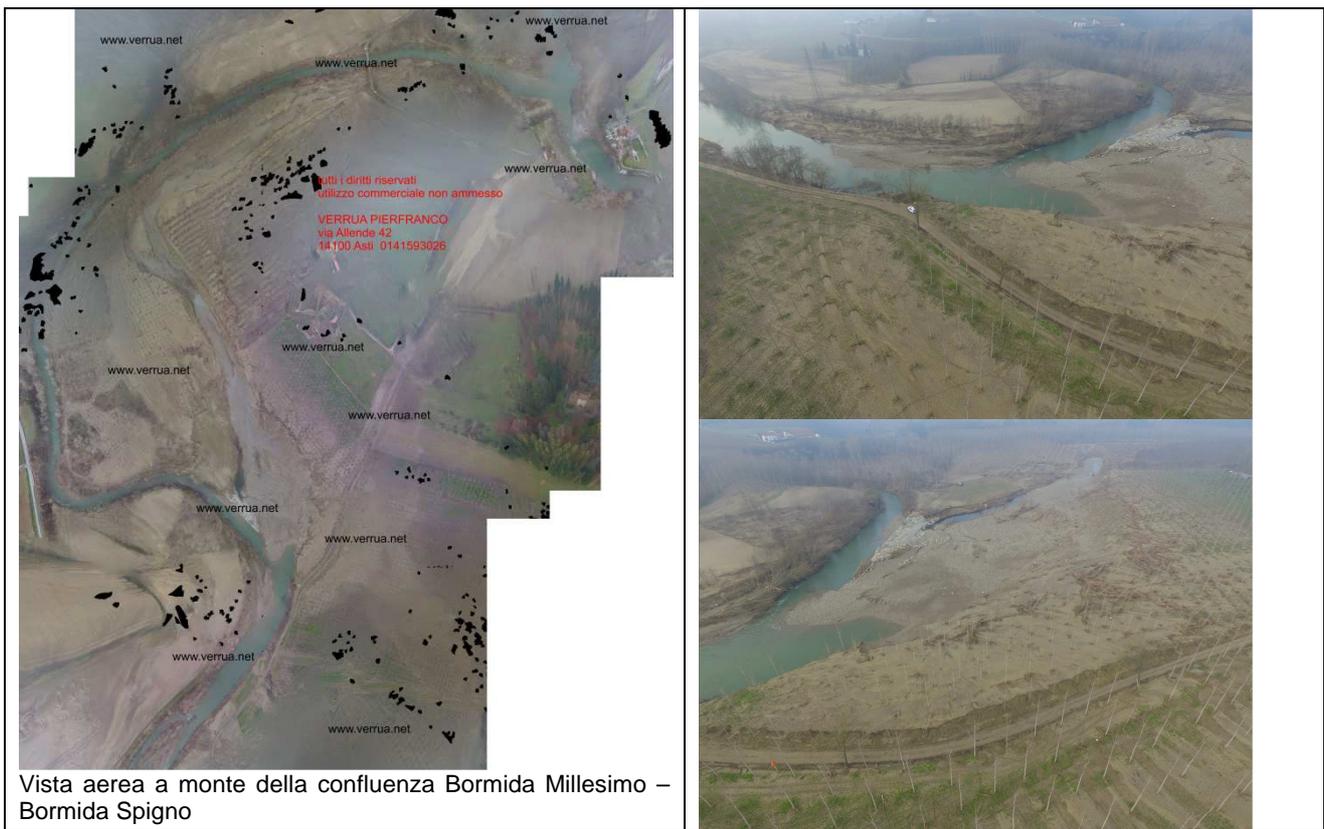


Figura 25 – Riprese del 05 Dic 2016 – Vista aerea a monte della confluenza Bormida di Millesimo con Bormida di Spigno e taglio meandro in Sp. Dx. - Riprese da drone gentilmente concesse dal geom. Pierfranco Verrua



Figura 26 – Riprese del 05 Dic 2016 – Taglio meandro in Sp. Dx. a monte dell’opera di protezione realizzata nel 2015 – Fonte: Studio Ing. Arnaud

<p>Idroprev www.idroprev.com</p>	<p>Provincia di Asti Servizio Trasporti – Protezione Civile – Sicurezza Monitoraggio del Fiume Tanaro e degli affluenti principali Rapporto d’Evento del 24-25 Novembre 2016</p>	<p>STUDIO ARNAUD www.studioarnaud.it</p>
---	--	---



Figura 27 – Riprese del 05 Dic 2016 – Deposito ingente di materiale ligneo in Sp. Dx. del Fiume Bormida di Millesimo a monte del ponte della SP 228 e nuovo ramo del fiume in Sp. Dx. sul territorio del Comune di Sessame



Figura 28 – Riprese del 05 Dic 2016 – Recente traversa a Bistagno a valle della confluenza Bormida di Millesimo – Bormida di Spigno realizzata per la nuova Centrale Idroelettrica SEAM totalmente esondata con un tirante di circa 1 m superiormente alle paratoie in figura.

8. MODELLI IDROLOGICI DI CALIBRAZIONE

Si riportano nelle figure seguenti le immagini relative ai modelli idrologici elaborati dallo STUDIO ARNAUD dal 2000 al 2016. Tali modelli sono stati utilizzati per il le previsioni ed il monitoraggio delle piene del fiume Tanaro e dei suoi maggiori affluenti: torrenti Borbore, Versa, Belbo e Bormida.

I modelli idrologici sono rappresentati come schema funzionale in ambiente HMS – HEC (Hydraulic Engineering Center – U.S. Army Force), e vengono attualmente utilizzati per la calibrazione del Modello Idrologico automatizzato IDROPREV.

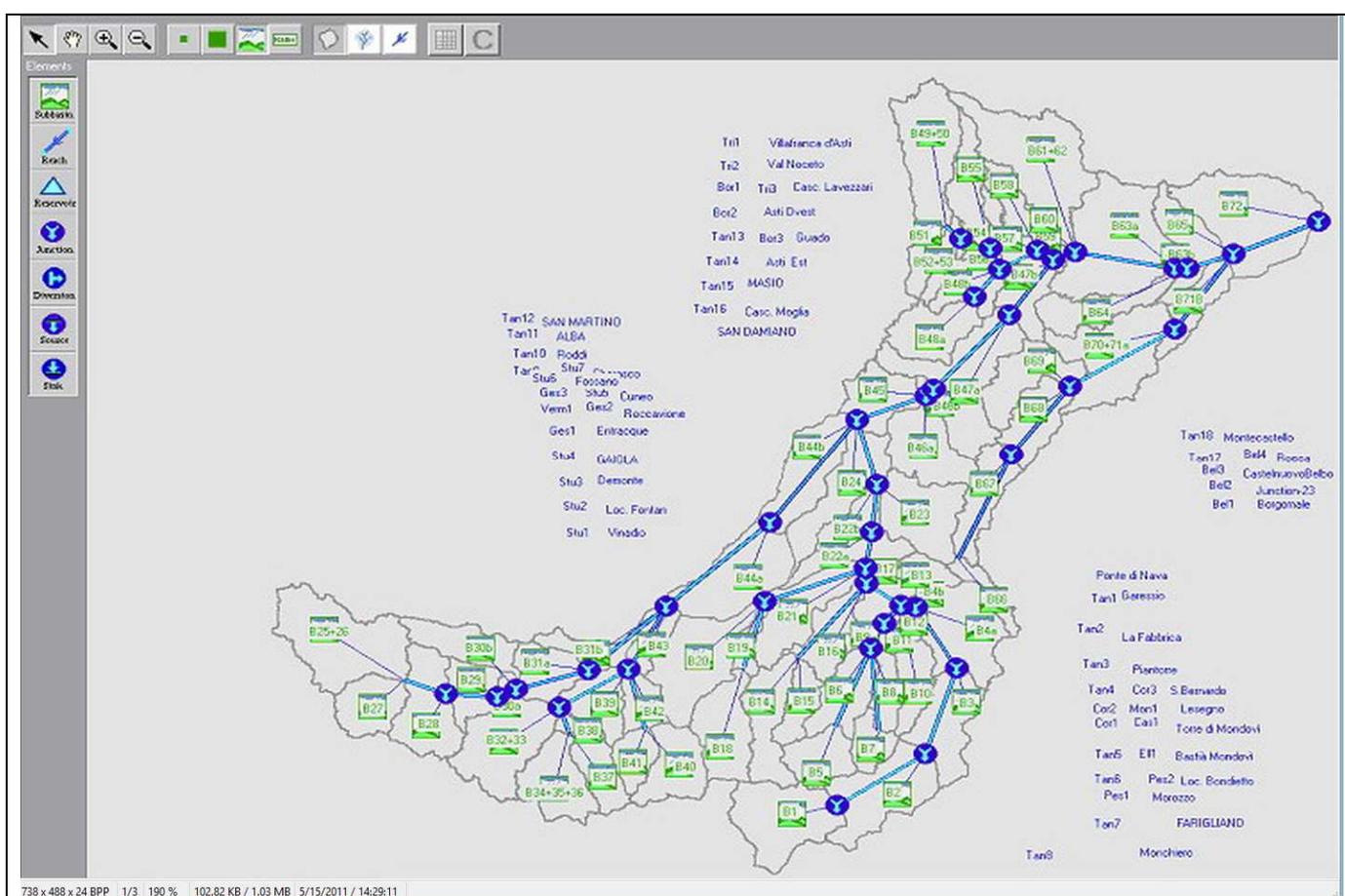


Figura 29 – Modello Idrologico del bacino del Fiume Tanaro chiuso ad Alessandria, Preannuncio e Monitoraggio delle piene per cantiere Viadotto Tanro-Bormida a valle di Alessandria, SINA SpA – Satap SpA, Arnaud & Cavallo, 2000

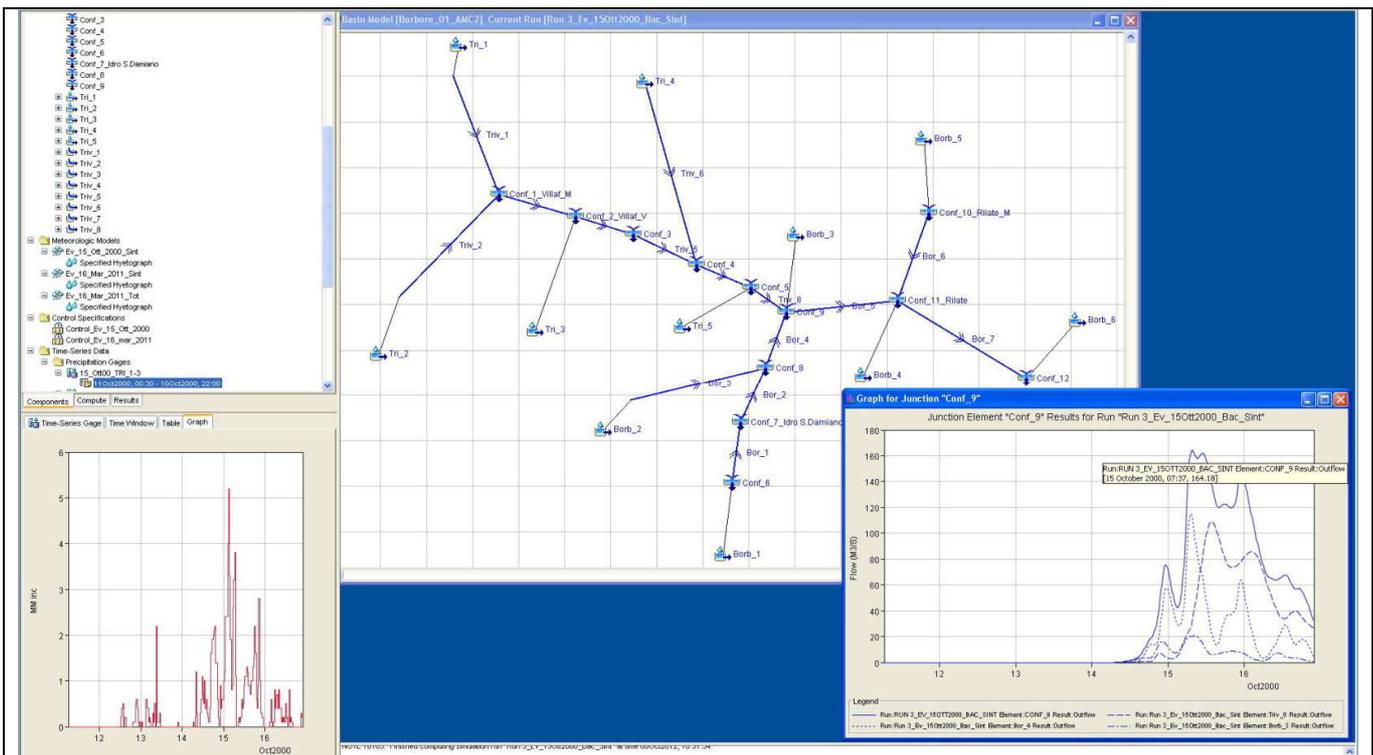


Figura 30 – Modello Idrologico del bacino del torrente Borbore chiuso alla confluenza con il Fiume Tanaro – Simulazione dell'Evento del 15 Ottobre 2000, STUDIO ARNAUD, 2012, Servizio Protezione Civile della Provincia di Asti

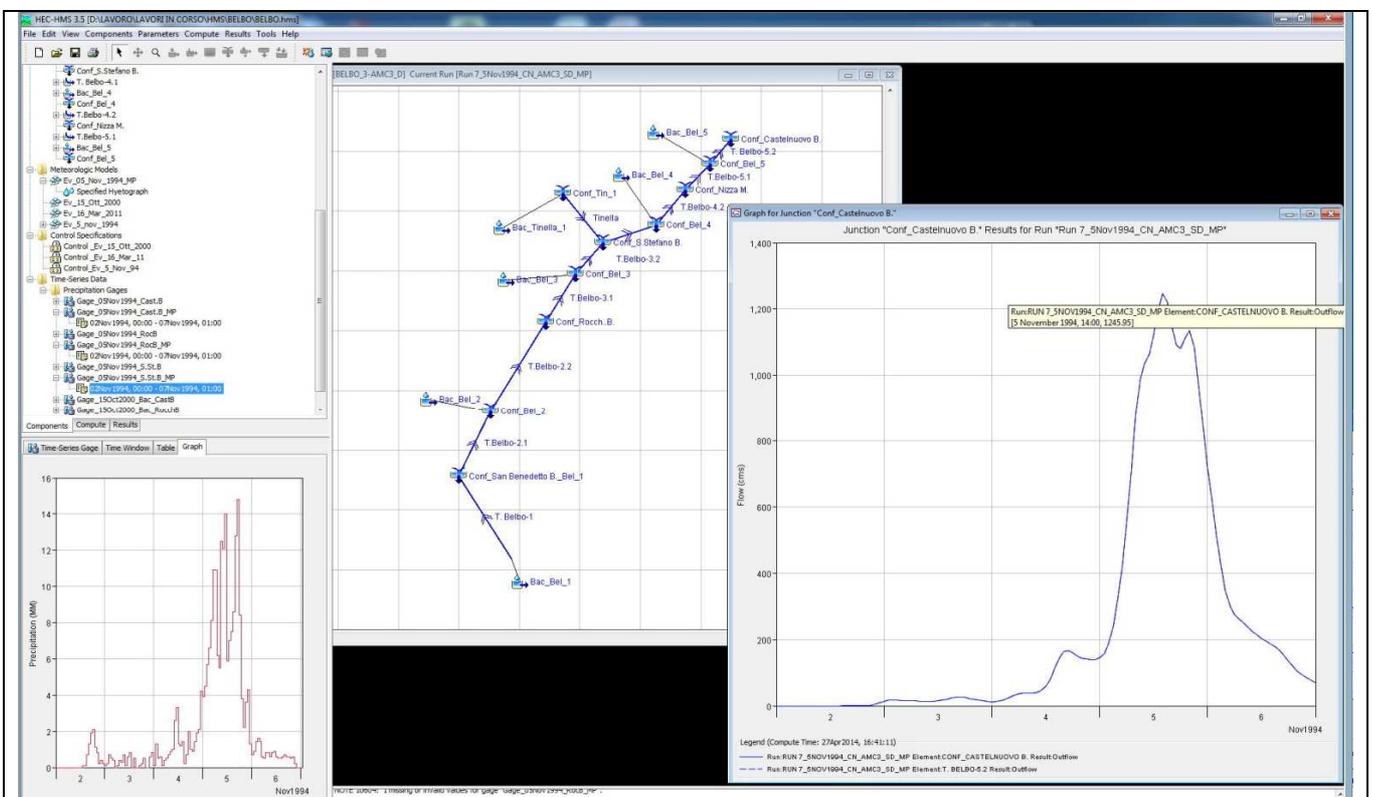


Figura 31 – Modello Idrologico del bacino del torrente Belbo chiuso alla sezione di Castelnuovo Belbo – Simulazione dell'Evento del 4-5 Novembre 1994, STUDIO ARNAUD, 2014, Servizio Protezione Civile della Provincia di Asti

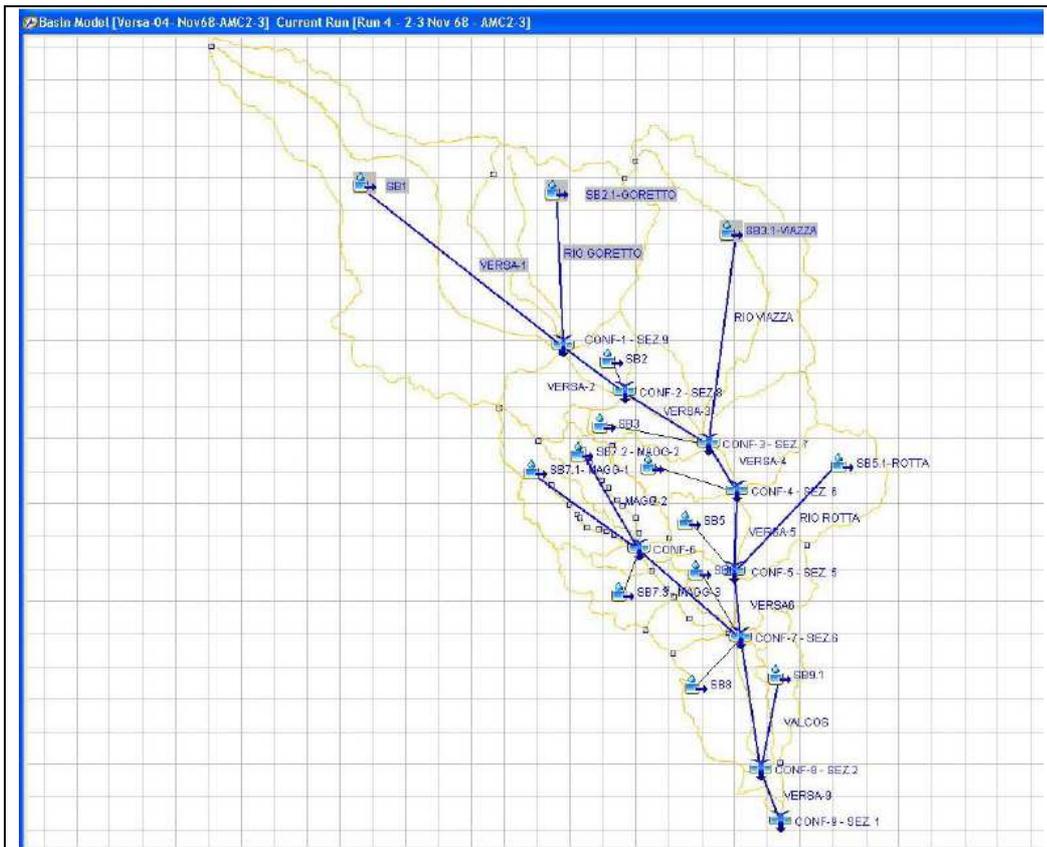


Figura 32 – Modello Idrologico del bacino del torrente Versa chiuso alla sezione di Asti – Simulazione dell’Evento del 2-3 Novembre 1968, STUDIO ARNAUD, 2008, P.A.I. Comune di Asti; Servizio Idroprev Protezione Civile Provincia di Asti

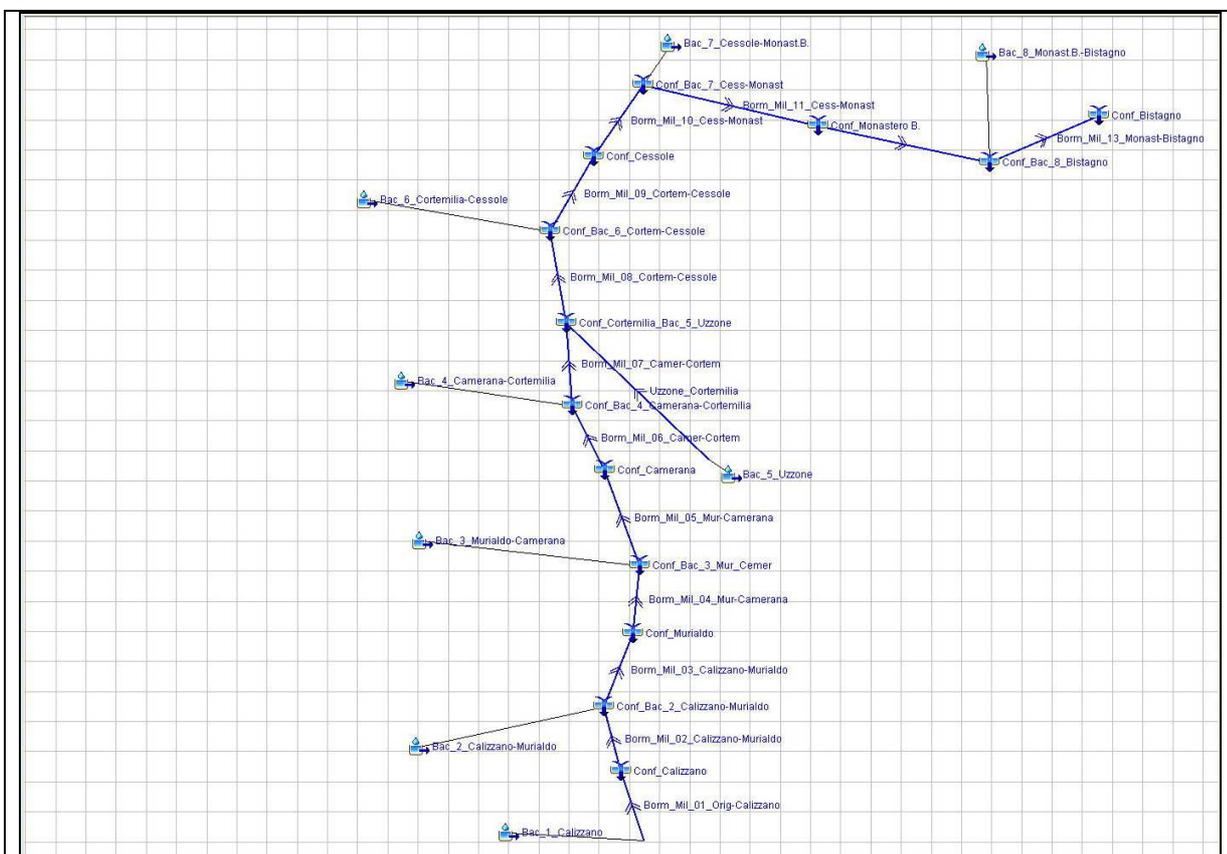


Figura 33 – Modello Idrologico del bacino del Fiume Bormida chiuso alla confluenza con il Bormida di Spigno – Studio Idrologico su Fiume Bormida, Progetto di opera di difesa, Comune di Sessame, 2014, Gruppo Ingegneria Torino.

<p>Idroprev www.idroprev.com</p>	<p>Provincia di Asti Servizio Trasporti – Protezione Civile – Sicurezza Monitoraggio del Fiume Tanaro e degli affluenti principali Rapporto d’Evento del 24-25 Novembre 2016</p>	<p>STUDIO ARNAUD www.studioarnaud.it</p>
---	--	---

9. CONCLUSIONI

L’attività di preannuncio e monitoraggio della piena del 24-25 Nov 2016 è stata condotta con discreti risultati per quanto riguarda la precisione delle previsioni, grazie alla evoluzione del Modello Meteo-Idrologico Idroprev, tuttavia con valutazioni sottostimate sull’Alto Tanaro in relazione ad una sottostima delle precipitazioni da parte dei diversi modelli meteorologici.

Il monitoraggio del 24-25 Nov 2016 ha messo in evidenza (come già si legge nel Rapporto d’Evento del 4-8 Novembre 2011) gli aspetti e le criticità più importanti, sia per quanto riguarda la necessità di acquisizione in automatico ed in remoto di dati numerici di misure pluviometriche e idrometriche dalla Centrale installata presso il Servizio Protezione Civile della Provincia di Asti, necessari per automatizzare le procedure di software di calcolo di portate e livelli con una precisione superiore a quella ottenibile dal solo Modello Idroprev basato sui valori di precipitazione prevista dai modelli meteorologici, al fine di migliorare il preannuncio in caso di piena.

Altrettanto importante a parere dello scrivente sarà l’installazione di stazioni idrometriche su alcuni corsi d’acqua, tra cui l’Alto Belbo (San Benedetto Belbo), Alto Bormida (Camerana), e Bobore (a valle della confluenza con il Triversa), strumentazione necessaria per il monitoraggio dei livelli e per il controllo in tempo reale delle tarature dei modelli idrologici e di quelli idraulici.

Occorre proseguire con la messa a punto delle procedure da mettere in atto da parte del personale del Servizio di Protezione Civile, al fine di rendere il Servizio più autonomo e funzionale.

Dai recenti eventi ed dal ripetersi delle condizioni di maggior vulnerabilità sempre delle stesse zone del territorio provinciale, sarebbe opportuno prevedere interventi strutturali ed opere di mitigazione del rischio che contemplino sostanziali miglioramenti alle strutture viarie, sistemazioni idrauliche e realizzazione di vasche di laminazione e/o di aree di espansione controllata ((Studio di fattibilità per la realizzazione di casse di laminazione sul torrente Versa per la mitigazione della pericolosità idraulica, nei Comuni di Tonco, e Castell’Alfero in Provincia di Asti, M.Albergucci, P.Arnaud, G.Bianco, I.Colombo, G.Ricca, C.Cavallo, GEAM, 2014).

Ing. Paolo Arnaud

