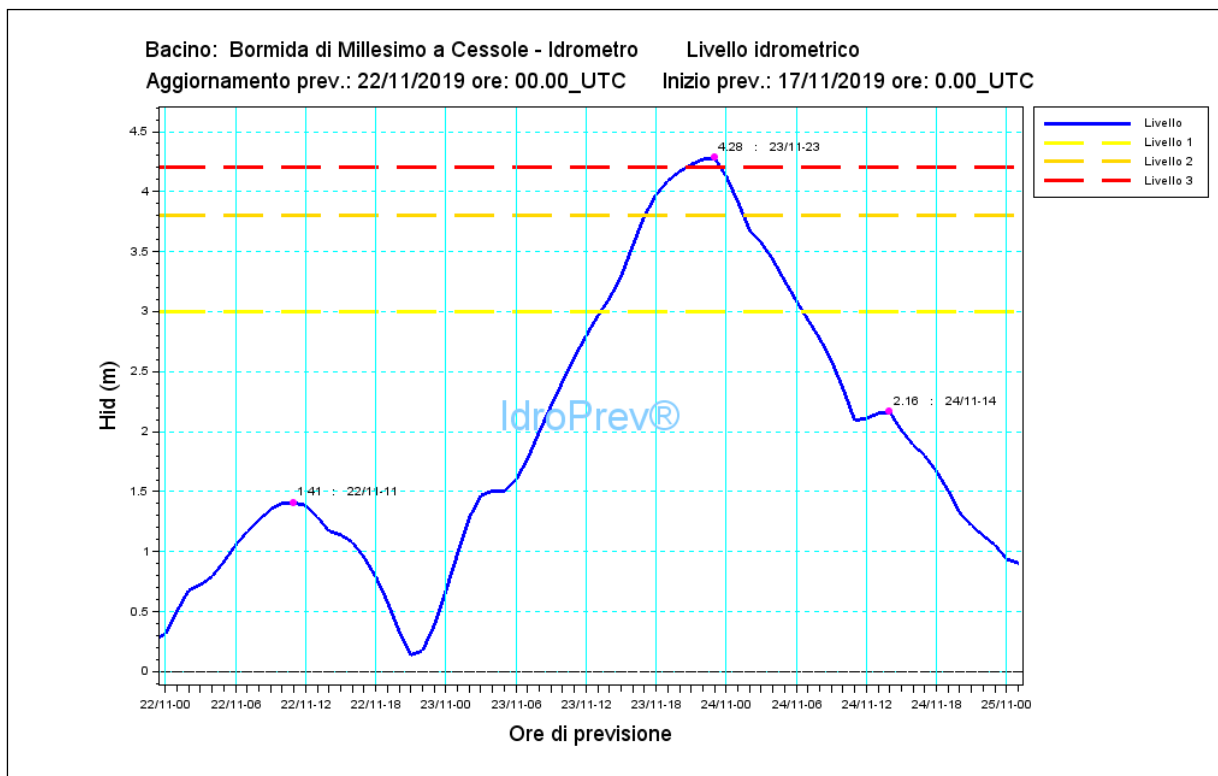


SISTEMA PREVISIONALE METEO_IDROLOGICO

IDROPREV



Il modello meteo-idrologico di previsione delle piene IdroPrev

Applicazione al bacino del fiume Bormida di Millesimo

Premessa

Da alcuni anni si assiste al verificarsi di onde di piena ed eventi alluvionali con conseguenze disastrose per la perdita di vite umane e beni materiali, pur essendo stati previsti tali eventi, nella maggior parte dei casi, da parte dei servizi meteo e di protezione civile, ma con una informazione ed un allertamento assai generici sull'entità delle onde di piena e sugli effetti al suolo provocati dalle esondazioni.

Si constata che ad oggi è carente una informazione tempestiva sui luoghi e sui tempi di arrivo di onde di piena pericolose, soprattutto nei punti di maggior criticità idraulica: aree depresse in prossimità di alvei, aree golenali spesso antropizzate, e ponti inadeguati.

A seguito di un notevole investimento di ricerca in campo meteorologico, idrologico e idraulico, fu costruito e calibrato nel 2010 un modello di previsione distribuito che consente non solo di conoscere le precipitazioni attese fino a 7 giorni d'anticipo, con elevata percentuale di precisione, ma soprattutto è possibile disporre di ulteriori parametri numerici quali la frazione nevosa, temperatura a diverse altitudini, fusione nivale, evapotraspirazione ed è quindi possibile elaborare questi dati con modelli idrologici di trasformazione afflussi-deflussi, ottenendo le onde di piena previste sui corsi d'acqua in studio, sia in termini di portate che di livelli, questi confrontabili con i valori misurati alle stazioni idrometriche delle reti regionali.

Il Modello previsionale IdroPrev colma le lacune oggi esistenti e fornisce una previsione puntuale, a livello locale e statisticamente molto affidabile, delle onde di piena attese.

La vasta esperienza in campo idraulico e del rischio sul territorio, derivante dalla conoscenza delle criticità idrauliche esistenti, ottenuta a seguito di molteplici studi idrologici e idraulici finalizzati a Piani di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), a Piani di protezione Civile, oltre che alla progettazione di opere idrauliche e ponti, consente di elaborare "Carte di criticità idraulica progressiva", che rappresentano sul territorio limitrofo a corsi d'acqua i punti più a rischio per determinate portate di piena, fornendo indicazioni utili alla salvaguardia di vite e di beni, non solo per Enti pubblici, quali Protezioni Civili di Comuni, Province e Regioni, ma anche per cantieri in alveo, opere idrauliche ed impianti idroelettrici.

Il servizio di previsione idrologica IdroPrev

Il servizio IdroPrev fornisce due volte al giorno le previsioni di precipitazioni cumulate, di portate e livelli di piena in punti di chiusura di bacini fluviali attraverso l'elaborazione dei dati di previsione forniti da modelli matematici meteorologici a mesoscala.

I risultati del modello idrologico IdroPrev, forniti con anticipo di 3 giorni sul colmo di piena, migliorano all'avvicinarsi dello stesso, raggiungendo una buona precisione, utile per fornire una informazione completa sulla fase parossistica dell'evento previsto.

I modelli idrologici di trasformazione afflussi-deflussi utilizzano le teorie più accreditate e sperimentate a livello internazionale, ed il software per i calcoli idrologici e idraulici è stato interamente scritto e testato sulla base di tali metodi.

I modelli idrologici vengono calibrati attraverso dati pluviometrici e idrometrici di eventi di piena significativi osservati in passato, utilizzando scale di deflusso derivanti da modelli idraulici numerici, costruiti sulla base di rilievi fotogrammetrici eseguiti con droni, in sezioni fluviali già sedi di stazioni idrometriche.

Nel caso specifico del Fiume Bormida di Millesimo sono stati elaborati modelli idrologici e idraulici per le sezioni di Murialdo, Camerana (nuovo idrometro sul ponte per) e Cessole.

Il modello idrologico di trasformazione afflussi-deflussi

Il modello idrologico proprietario di IdroPrev si basa sul metodo di calcolo delle perdite "SCS Curve Number" e sui metodi di trasformazione afflussi-deflussi applicando l'idrogramma unitario SCS oppure l'idrogramma di Clark. Il software di calcolo è stato scritto in ambiente Matlab e Scilab, testando i risultati con modelli idrologici in ambiente HEC-HMS. I parametri di calcolo standard per i diversi sottobacini (coefficienti delle perdite iniziali, percentuale di impermeabilità dei bacini, parametro CN, Tlag) sono stati implementati da altri parametri di calcolo che consentono una auto calibrazione del modello in fase di taratura. Tutti i bacini di calcolo, tranne casi particolari, sono chiusi in sezioni dotate di stazioni idrometriche, con lo scopo di poter confrontare i risultati dei livelli previsti con quelli osservati in corso d'evento.

Particolare importanza riveste la calibrazione dei modelli effettuando back-analysis di eventi di piena storici, per determinare i parametri di calcolo sulla base dei dati noti delle precipitazioni alle diverse stazioni pluviometriche, ed i livelli osservati agli idrometri posti nelle sezioni di chiusura dei bacini. Certi parametri, quali il coefficiente CN, dipendono

dalla tipologia del suolo, dal tipo di copertura vegetale, ma anche dalle condizioni di saturazione del terreno del bacino, che dipende dalle precipitazioni pregresse e che può variare in corso d'evento: il codice di calcolo può tener conto di questi fattori, così come può separare la fase liquida da quella solida, in caso di precipitazione nevose su parte dei bacini.

Bacini attivi nel modello previsionale con IdroPrev

Il servizio di IdroPrev viene effettuato per Servizi di Protezione Civile, per Società di gestione energia, cantieri attivi in alveo.

I bacini principali sui quali sono oggi attive le previsioni di IdroPrev sono i seguenti:

1. Bacini del Fiume Tanaro a Pornassino (Ormea), Ponte di Nava, Garessio, Piantorre, Farigliano (CN);
2. Bacino del T. Bobore a San Damiano (AT);
3. Bacini del T. Versa a Pontesuero (AT);
4. Bacini del T. Belbo a Rocchetta Belbo, S.Stefano Belbo (CN), Castelnuovo Belbo (AT);
5. T. Nervia a Isolabona (IM);
6. T. Dora Riparia a Susa, Bussoleno, Alpignano (TO);
7. T. Orco alle dighe IREN di Agnel, Serrù, Ceresole Reale, Telessio, Valsoera, Ghiglieri, Cusalma, ed alle sezioni di Pont Canavese, T.Soana a Pont, Orco a Soana valle Pont, Orco a Spineto (TO);
8. T. Orco a Pont Canavese (TO), Ponte Ferrovia Canavesana, GTT;
9. T. Malone a San Benigno Canavese, Ponte Ferrovia Canavesana, GTT;
10. Fiume Bormida di Millesimo a Murialdo (SV), Camerana (CN), Cessole (AT);
11. Fiume Bormida di Pallare a Carcare (SV), Bormida di Spigno a Piana Crixia (SV) e Mombaldone (AL);
12. T. Orba a Tiglieto (GE), Basaluzzo, Casal Cermelli (AL);
13. T. Scrivia a Serravalle Scrivia, Guazzora (AL);
14. T. Chisola a Vinovo (TO).

Altri bacini italiani sono in corso di studio per essere aggiunti nel sistema previsionale IdroPrev, in relazione a richieste specifiche di Enti pubblici e soggetti privati.

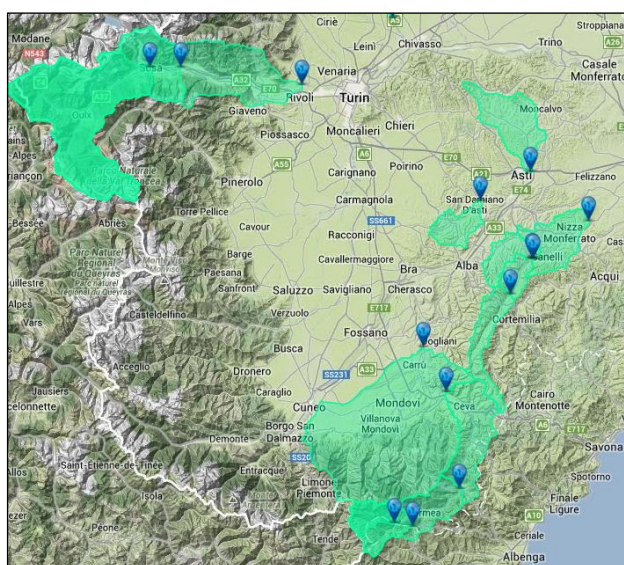


Figura 1 – Interfaccia grafica di IdroPrev su Google Maps: bacini attivi e punti di chiusura

Esempio di Mappe di previsione sul bacino del fiume Tanaro (Evento del 3-6 Nov 2011).

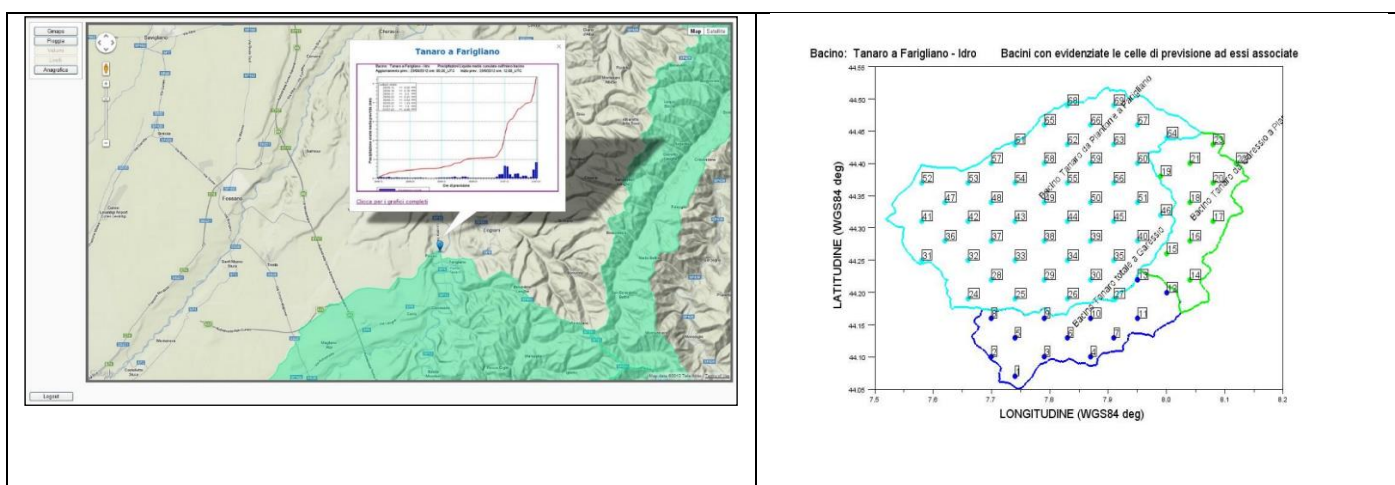


Figura 2 – Clic su Idrometro Tanaro a Farigliano – Celle dati di previsione bacino chiuso a Farigliano

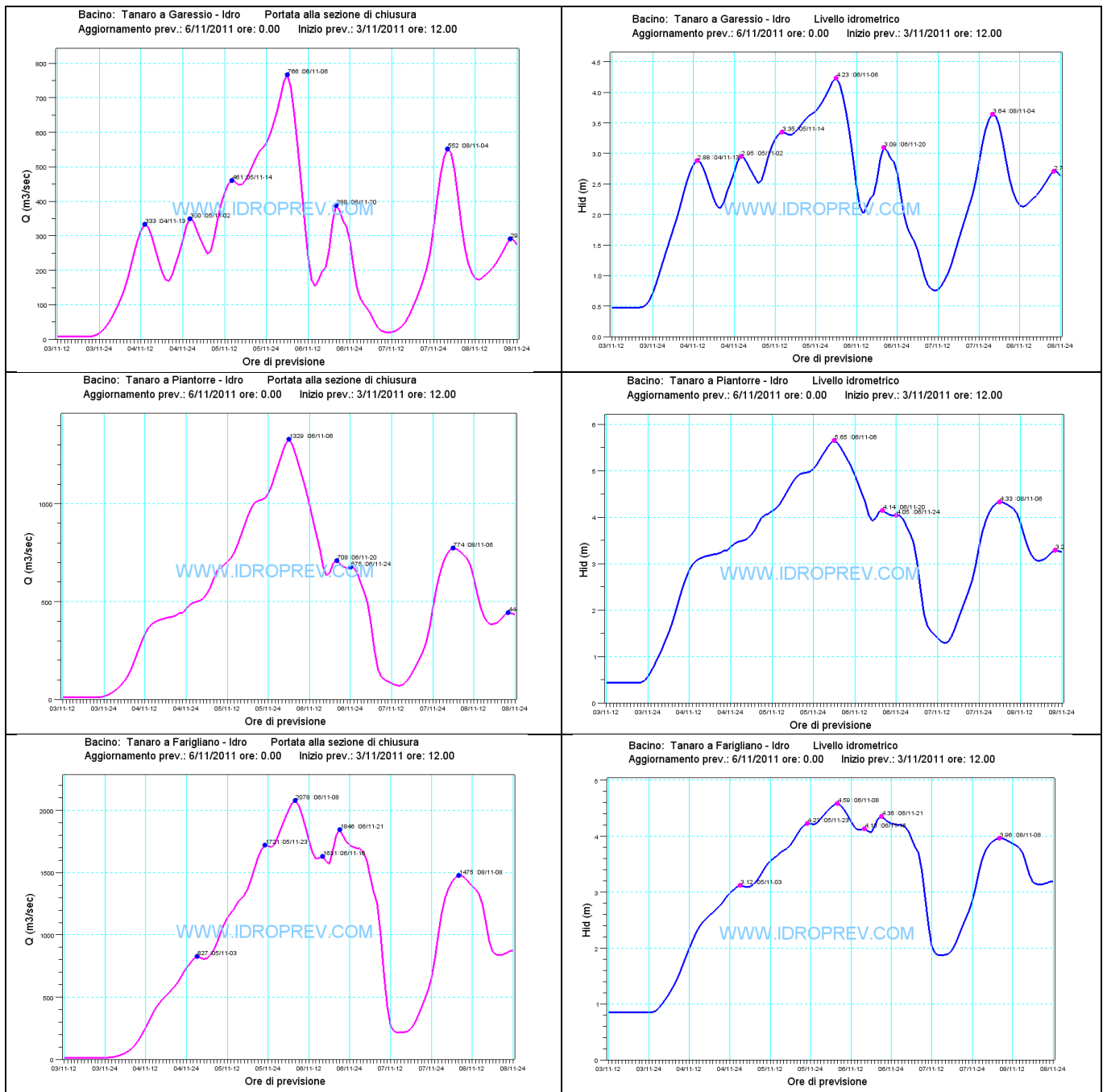


Figura 3.1 – Mappe di Portata e Livello a Garesio, Piantorre, Farigliano (Evento del 3-6 Nov 2011)

Mappe Tanaro a Farigliano

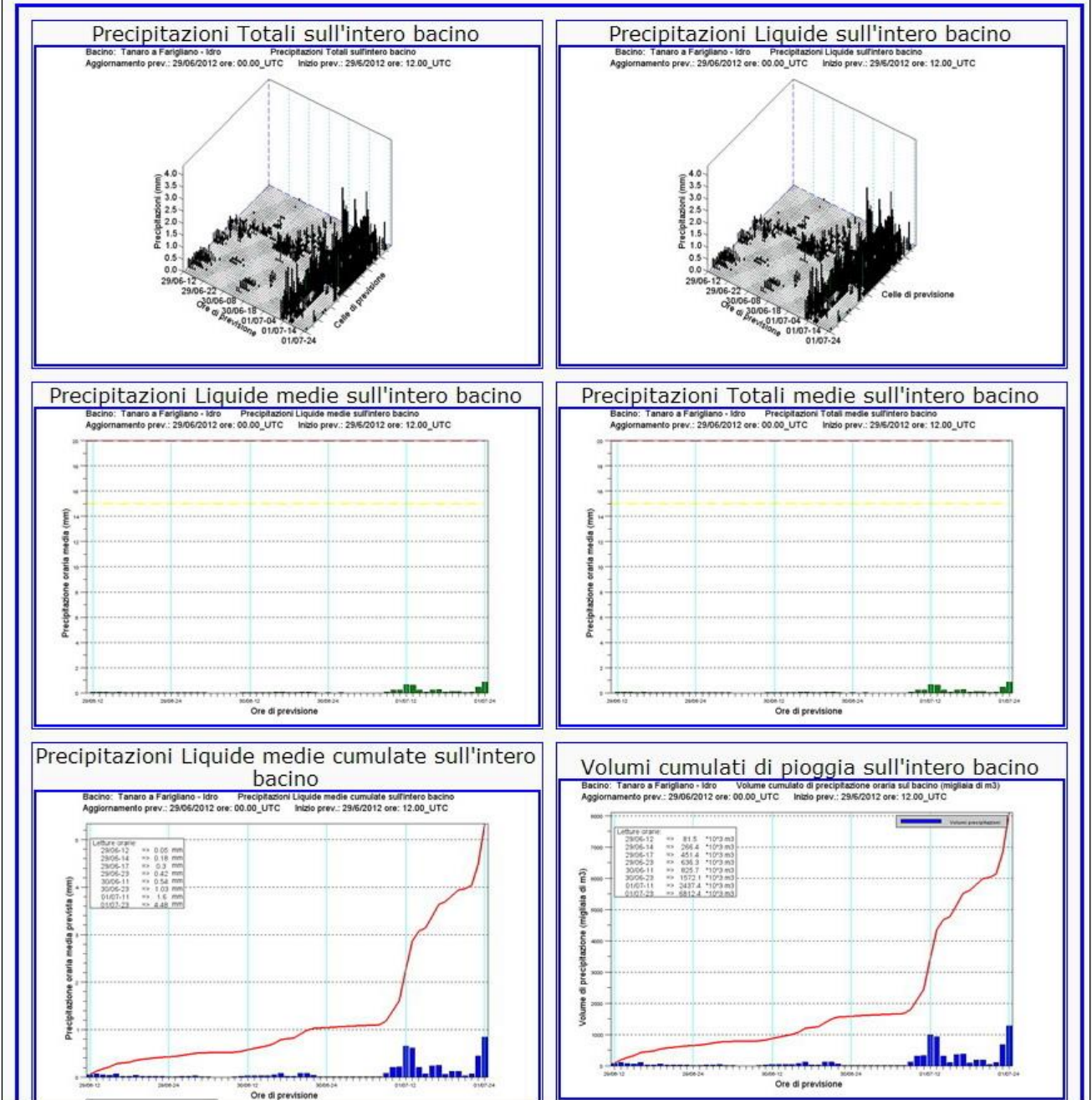


Figura 3.2 – Esempio di Mappe delle precipitazioni del Tanaro a Farigliano

Esempio applicativo sul bacino del Fiume Bormida – Evento del 24-25 Nov 2016

A seguito dell'evento alluvionale del 24-25 Novembre 2016, e sulla base di incarichi iniziali a Gruppo Ingegneria Torino Srl da parte dei Comuni di Sessame e di Bubbio, seguiti da incarico da parte di UMLAVB, si costruì un modello idrologico mediante il codice HEC-HMS (US Army Corps of Engineers) del Fiume Bormida di Millesimo, finalizzato alla riproduzione in "back analysis" degli eventi di piena del 2011 e del 2016, e al calcolo delle portate al colmo registrate agli idrometri esistenti a Murialdo, Camerana e Cessole.

Tale modello idrologico è in fase di integrazione, comprendendo il bacino del fiume Bormida di Spigno, sul quale sono disponibili le misure idrometriche a Piana Crixia e Mombaldone, ed esteso a valle della confluenza di Bistagno, fino a Cassine, sede di una storica stazione idrometrica di controllo, comprendendo anche il bacino del torrente Erro, di cui si dispone delle misure della stazione idrometrica di Cartosio.

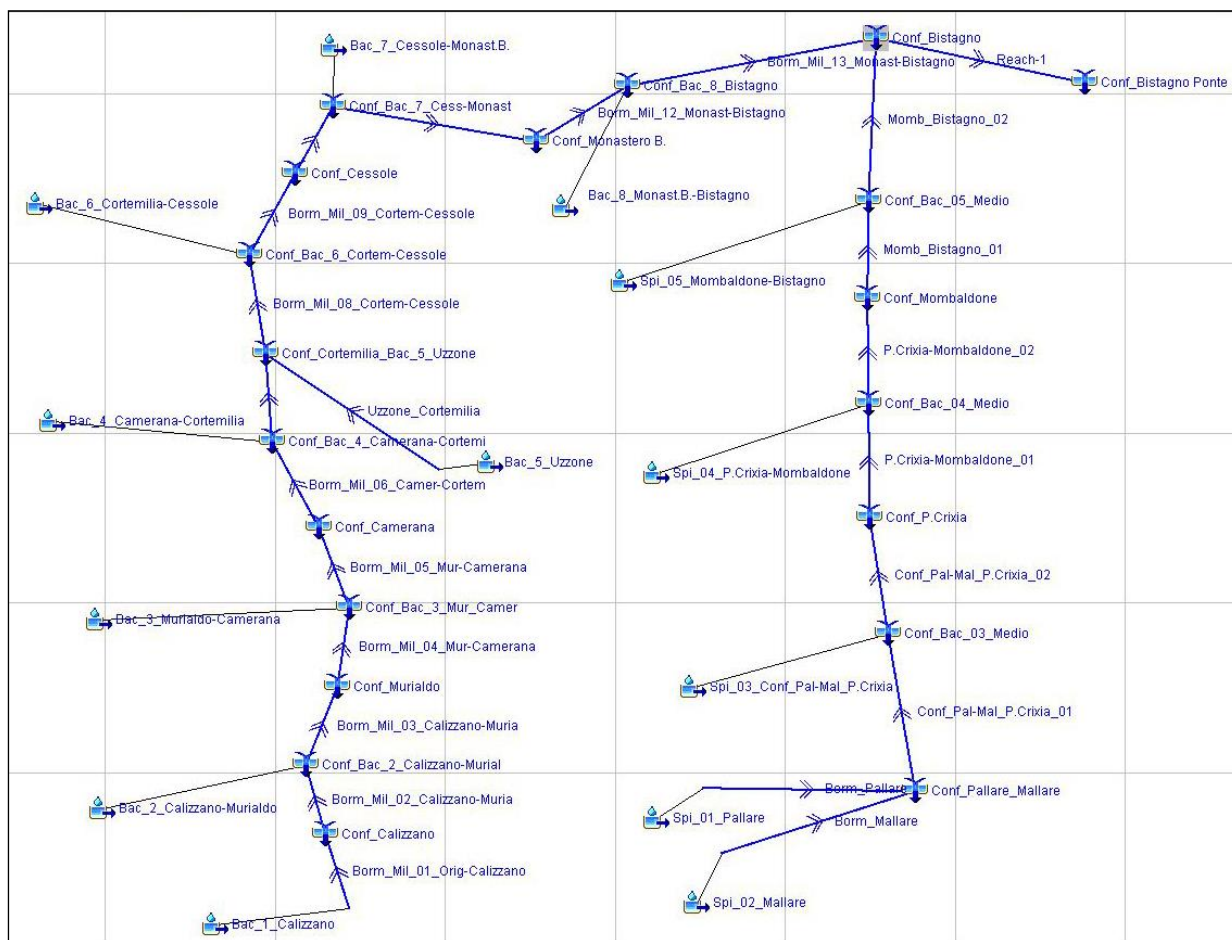


Figura 4 – Modello idrologico del fiume Bormida

Calibrazione delle stazioni idrometriche del bacino del Fiume Bormida

Pur disponendo delle misure storiche (Arpa, Banca Dati Idrometrica), dagli anni 2009 al 2016, dalle quali è stato possibile ricavare le scale di deflusso, in particolare per le stazioni di Mombaldone, Cessole e Cassine, alla luce della variabilità nel tempo della geometria degli alvei, si ritiene necessario effettuare una calibrazione delle scale di deflusso tramite modelli idraulici numerici, costruiti sulla base della geometria del suolo derivante da DTM (Modello Digitale del Terreno) ricavata da Lidar, Ministero dell'Ambiente, sulla base del quale viene anche costruito l'intero Modello Idraulico Numerico del Fiume Bormida di Millesimo, per l'intero tratto in Provincia di Asti (da Ponte di Perletto fino a Bistagno), comprendente anche un tratto di Bormida di Spigno e Bormida a valle della confluenza, fino al ponte di Bistagno.

Si osserva che la stazione idrometrica di Camerana, il cui idrometro a pressione è stato danneggiato durante l'evento del 24-25 Nov 2016, è stata prontamente ripristinata da Arpa Piemonte mediante l'installazione di un idrometro a ultrasuoni posizionato sul paramento di valle del ponte di recente costruzione ubicato a valle di Camerana. Ci si propone quindi di effettuare una calibrazione della scala di deflusso mediante modello idraulico anche di questa stazione idrometrica.

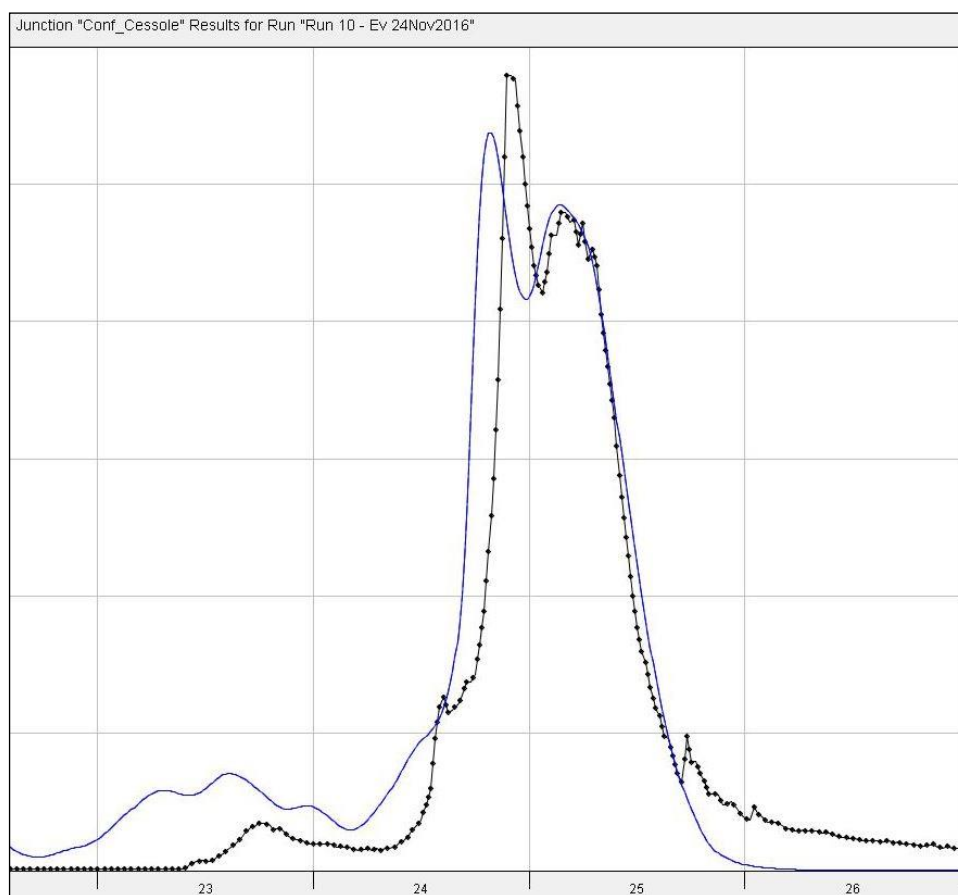


Figura 5 – Stazione di Cessole - Onda calcolate dal Modello idrologico e onda osservata

Applicazione del Modello IdroPrev al Fiume Bormida di Millesimo

A seguito della calibrazione del Modello Idrologico HMS del fiume Bormida di Millesimo per gli eventi del 2011 e del 2016, e della determinazione delle scale di deflusso come esposto al paragrafo precedente, è stato inizialmente calibrato il Modello Idroprev, i cui parametri sono stati tarati sulla base dei livelli e portate osservati negli eventi del 2011 e del 2106.

Successivamente la validazione del modello in IdroPrev è stata effettuata attraverso la calibrazione automatica effettuata anche per eventi di piena pregressi osservati (1994, 2000, 2011), per determinare i parametri di calcolo del modello afflussi-deflussi più “probabili”.

Applicazione del modello di preannuncio e monitoraggio dei fenomeni di piena sul Fiume Bormida di Millesimo e di Spigno – Unione Montana Langa Astigiana Val Bormida (UMLAVB), Gruppo Ingegneria Torino, 2018-2019

Come esposto in premessa, si dispone delle previsioni a 7 giorni e a 3 giorni dei fenomeni meteorologici e della formazione di onde di piena, e di seguito si espongono le diverse Fasi del processo di previsione, allertamento e monitoraggio dei fenomeni di piena.

Fase 1 – Preannuncio iniziale - Analisi di mappe di precipitazione cumulata

Tale fase viene condotta a livello interno, esaminando le mappe sintetiche delle altezze di precipitazione cumulate previste dai modelli meteorologici a mesoscala, in particolare i modelli nems4 e nems12, i più idonei per lo studio di eventi intensi. Nel caso in cui le precipitazioni cumulate in X ore, stabilite in funzione del tempo di corrivazione (tempo di formazione della piena), risultino superiori a valori prefissati, si passa alla Fase 2

Fase 2 – Preannuncio - Analisi delle previsioni di IdroPrev

Tale fase comprende l'analisi delle previsioni di Idroprev, che vengono effettuate ogni 12 ore, fornendo i grafici delle precipitazioni totali, precipitazioni liquide, depurate dalla frazione nivale, precipitazioni cumulate, onde di piena in Portata, Onde di piena in Livello Idrico (vedasi figure).

Qualora i valori dei livelli e delle portate superino valori di soglia prefissati, verrà emesso un Bollettino informativo iniziale, che descrive l'evento previsto nel suo complesso, e le previsioni per le aree in esame. Potrà trattarsi di un'informativa sul tipo di soglia prevista:

- A) Soglia di piena ordinaria (verde); non sussiste rischio di piena pericolosa;
- B) Soglia di attenzione (giallo); si raccomanda attenzione ai futuri bollettini informativi;
- C) Soglia di allerta (arancione), che comporta l'informazione rivolta ad amministratori e tecnici dell'avvicinarsi di un evento mediamente pericoloso, con deflusso a piene rive o poco più;
- D) Soglia di allarme (rosso), che comporta l'informazione sull'avvicinarsi di un evento di elevata intensità, con pericolo di esondazione

Fase 3 – Fase parossistica – Monitoraggio dell'evento

Tale fase comporta analisi di Idroprev basate sulle informazioni ricevute immediatamente prima o durante l'evento di piena.

Fase di monitoraggio: si osservano anche i valori misurati ai pluviometri e idrometri della rete di monitoraggio di Arpa Piemonte, al fine di effettuare confronti con i valori previsti dei livelli di piena.

Qualora i valori dei livelli e delle portate superino valori di soglia prefissati, verrà emesso un Bollettino informativo, che descrive l'evento nel suo complesso, e le previsioni per le aree in esame. Potrà trattarsi di un'informativa sul tipo di soglia prevista:

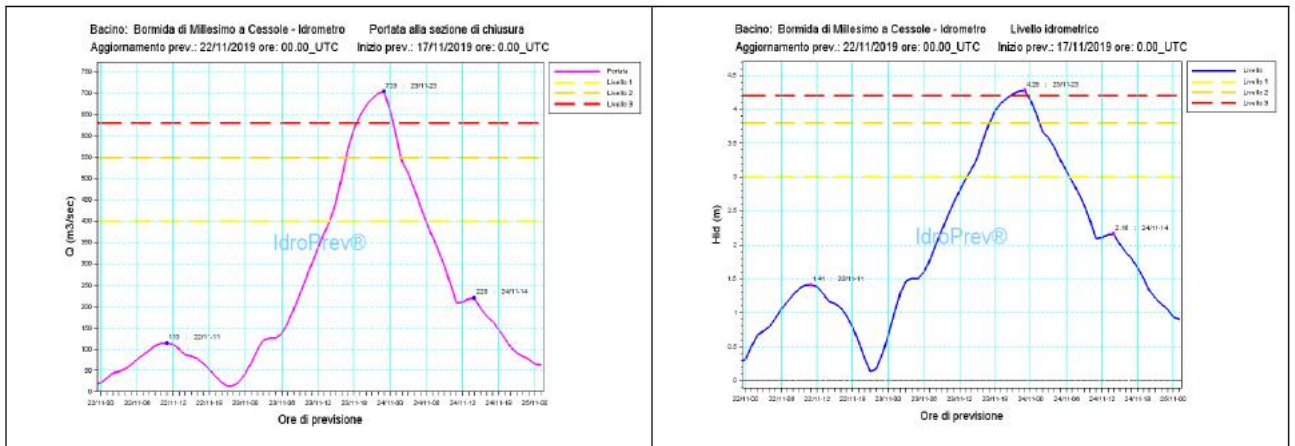
- A) Soglia di piena ordinaria (verde); non sussiste rischio di piena pericolosa;
- B) Soglia di attenzione (giallo); si raccomanda attenzione ai futuri bollettini informativi;
- C) Soglia di allerta (arancione), che comporta l'informazione rivolta ad amministratori e tecnici dell'avvicinarsi di un evento mediamente pericoloso, con deflusso a piene rive o poco più;
- D) Soglia di allarme (rosso), che comporta l'informazione sull'avvicinarsi di un evento di elevata intensità, con pericolo di esondazione

In funzione del livello di piena previsto / osservato alle stazioni idrometriche di monte, vengono consultate le Carte di Pericolosità progressiva, che riportano i diversi livelli di esondazione possibile associati alle portate / livelli previsti / osservati.

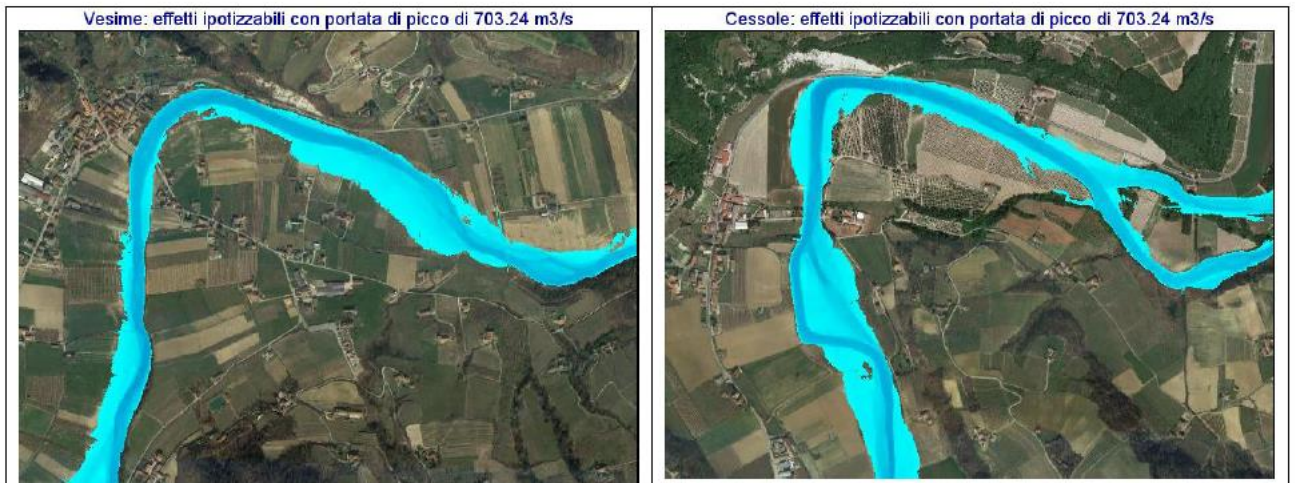
Da tale esame deriva un Bollettino di allerta nei confronti degli amministratori (Sindaco, Segretario Comunale,...) per fornire informative specifiche sulle esondazioni attese e sul rischio di interruzione della viabilità.

Segue un esempio di Mappe di previsione della piena del 24-25 Novembre 2016 sul Fiume Bormida di Millesimo con gli scenari di esondazione previsti da Modello Idraulico 2D.

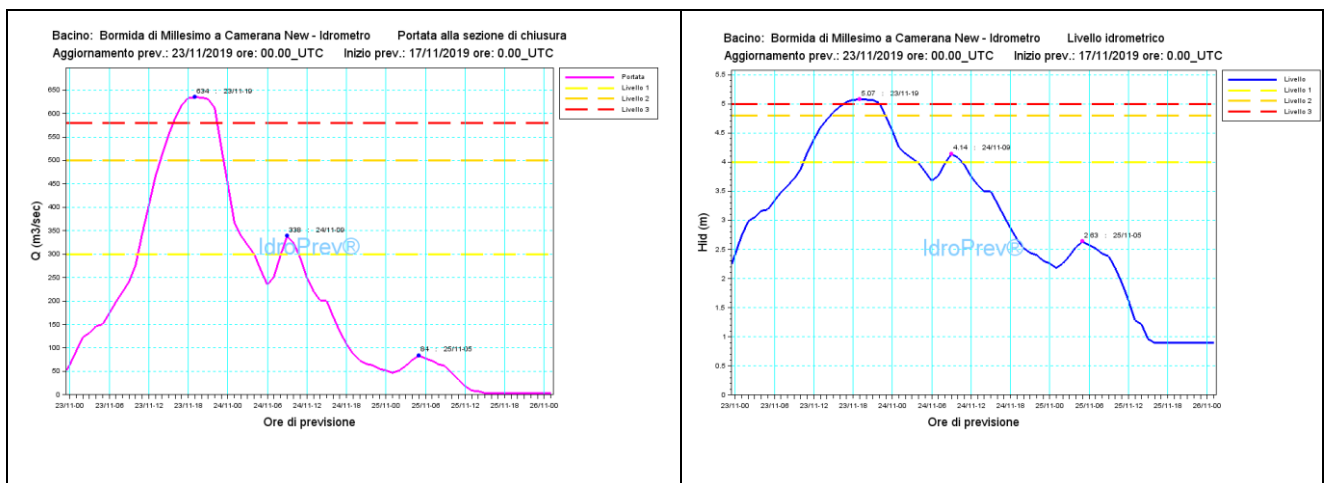
Bormida di Millesimo a Cessole – RUN 22/11/2019_R00 - GRAFICI: Q=703 m³/s, H_Id=4.28 m



Bormida di Millesimo a Cessole – RUN 22/11/2019_R00 - SCENARI: Q=703 m³/s



Bormida di Millesimo a Camerana – RUN 00 del 23/11/2019 – Q = 634 m³/s, H_id=5.07 m



Rapporti d'evento

Quali esempi di procedura di preannuncio di eventi di piena importanti si rimanda ai seguenti Rapporti d'evento contenenti diverse Mappe di previsione:

- Rapporto d'evento del 16/03/2011;
- Rapporto d'evento del 4-8/11/2011;
- Rapporto d'evento del 24-25/11/2016;
- Rapporto d'evento del 23-24/11/2019;
- Mappe_Idroprev_Tanaro_01.10.2020_R00.

ing. Paolo Arnaud
met.go Angelo Amicarelli