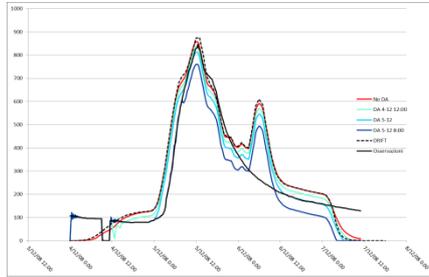


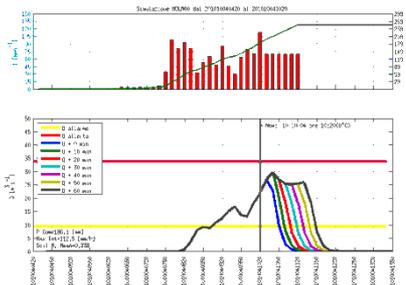
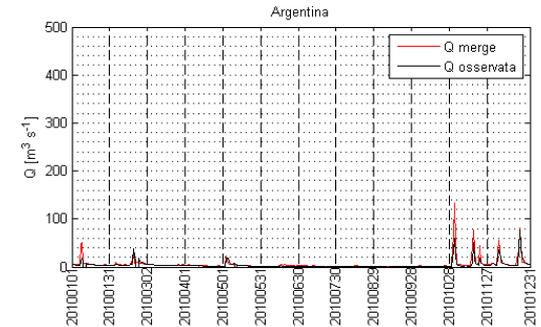
Gli sviluppi della modellistica idrologica all'interno dell'Agenzia: work in progress

Ufficio Previsioni idrologiche in collaborazione con
DHI e CIMA Foundation:
presentazione a cura di Francesca Giannoni



Studio e progettazione per il potenziamento del sistema di previsione degli eventi meteoidrologici del bacino del fiume Magra in collaborazione con DHI

Stima della portata media giornaliera attraverso la modellazione afflussi-deflussi: combinazione di un modello di piena e di un modello continuo per regimi di magra

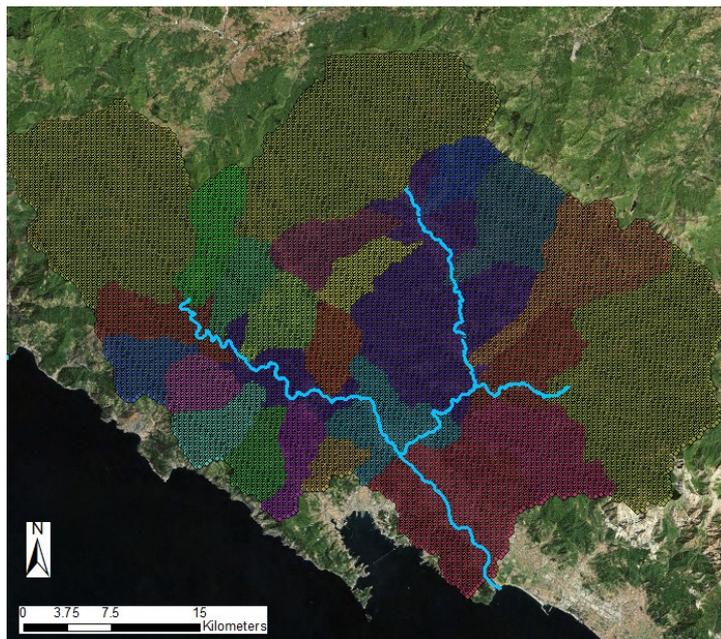


Catena modellistica per il monitoraggio dei bacini piccoli/piccolissimi in collaborazione con CIMA Foundation

Sviluppo ed implementazione operativa di un modello 1D (o quasi-2D) per i rami fluviali di interesse, con forzante derivante dai risultati della modellazione idrologica (DRiFt) sui bacini di testata e tributari.

Rami d'interesse:

- Magra: da Pontremoli allo sbocco a mare (54 km)
- Aulella: da Soliera alla confluenza in Magra (14 km)
- Vara: da Nasceto alla confluenza in Magra (45 km)



25 sezioni di chiusura idrologica (DRiFt):

Ogni sezione di chiusura costituisce un input di portata localizzato sulla rete idrografica, calcolato tramite modelli afflussi-deflussi DRiFt sollecitato dalle precipitazioni osservate

Dati

Elevazione del terreno (DTM)

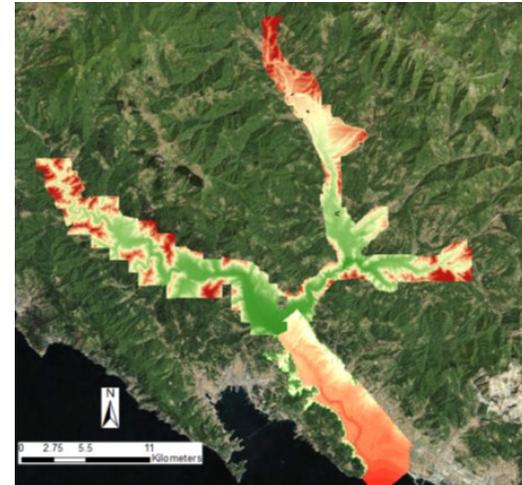
- DTM ministeriale 2008 (cell size=1 m) { Alto Magra (monte confluenza Vara)
Aulella
- DTM ministeriale 2008 + rilievi trasversali/da natante per alveo attivo post evento ottobre 2011 { Basso Magra (valle confluenza Vara)
- DTM (formato TIN) Regione FVG post evento 25/10/11 { Vara

Sezioni/Strutture attraversamento:

Vari rilievi localizzati, generalmente ante evento 2011

La rete idrografica (assi dei corsi d'acqua) è stata creata tramite il tool DHI MIKE11GIS che identifica, a partire dal DTM, il percorso di massima pendenza

Circa 340 sezioni inserite nel modello



Calibrazione

2 stazioni idrometriche con scala di deflusso:

Calamazza: Magra, circa 10 km a monte della confluenza col Vara
Ponte della Colombiera: Magra, circa 2 km a monte dello sbocco a mare. Dati non disponibili dopo l'evento di ottobre 2011.

Stazione idrometrica senza scala di deflusso

Piana Battolla (ponte): Vara, circa 8 km a monte della confluenza in Magra

4 eventi di calibrazione:

- 4/12/2008
- 22/12/2009
- 25/10/2011 (dati di Calamazza non disponibili)
- 10/11/2012 (dati di Ponte della Colombiera non disponibili)

Variabili considerate:

Portata

Calamazza

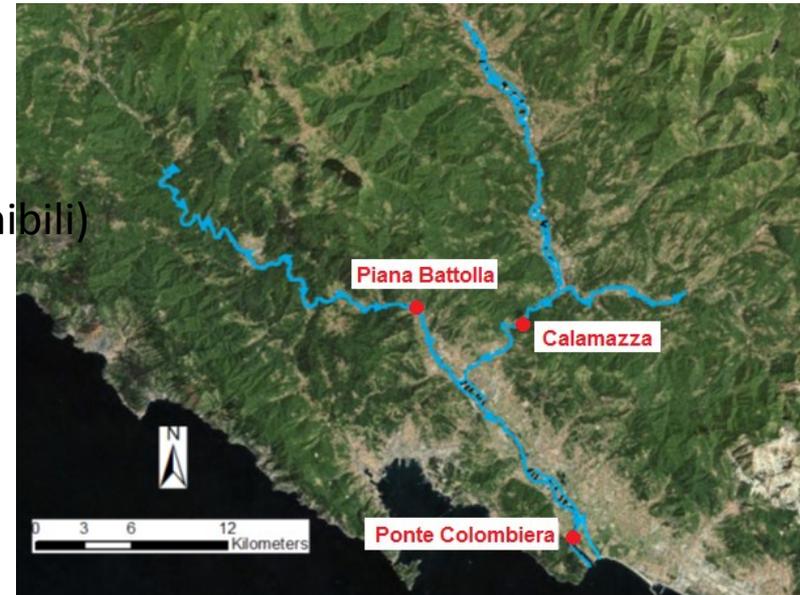
Ponte della Colombiera

Livello del pelo libero

Calamazza

Ponte della Colombiera

Piana Battolla

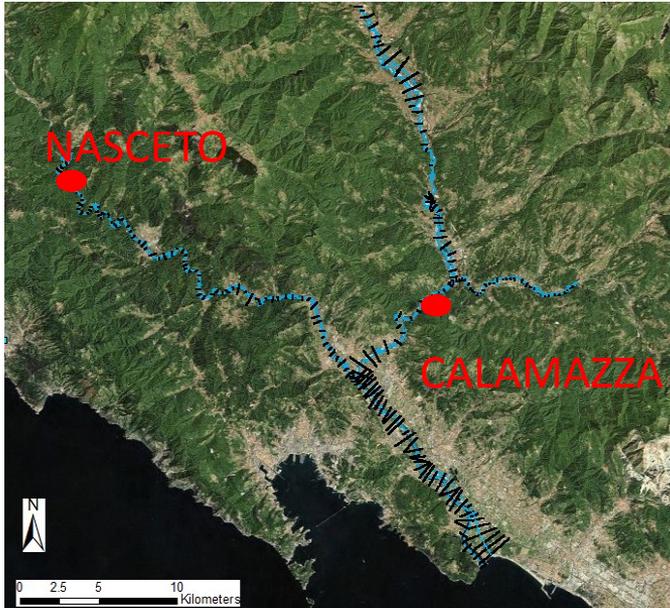
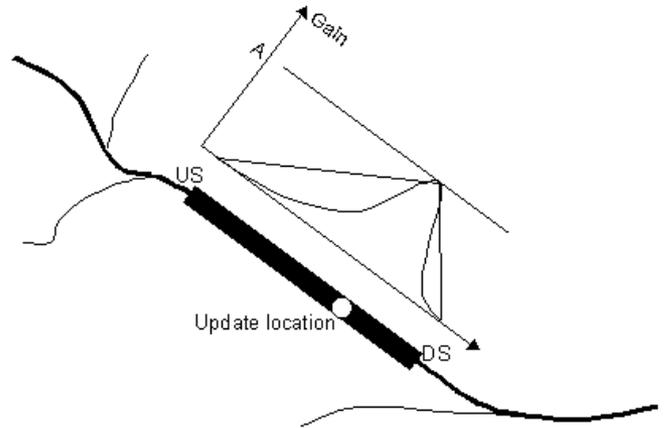


Data
assimilation

Modulo aggiuntivo DA di MIKE11:

Consente di assimilare dati (portata/livello) in determinate sezioni (stazioni di misura) e, opzionalmente, applicare una correzione ai valori simulati in base a determinate funzioni regressive.

Correzione automatica alle variabili di stato del modello idrodinamico con errore distribuito lungo l'asta secondo un andamento definibile dall'utente in fase di setup

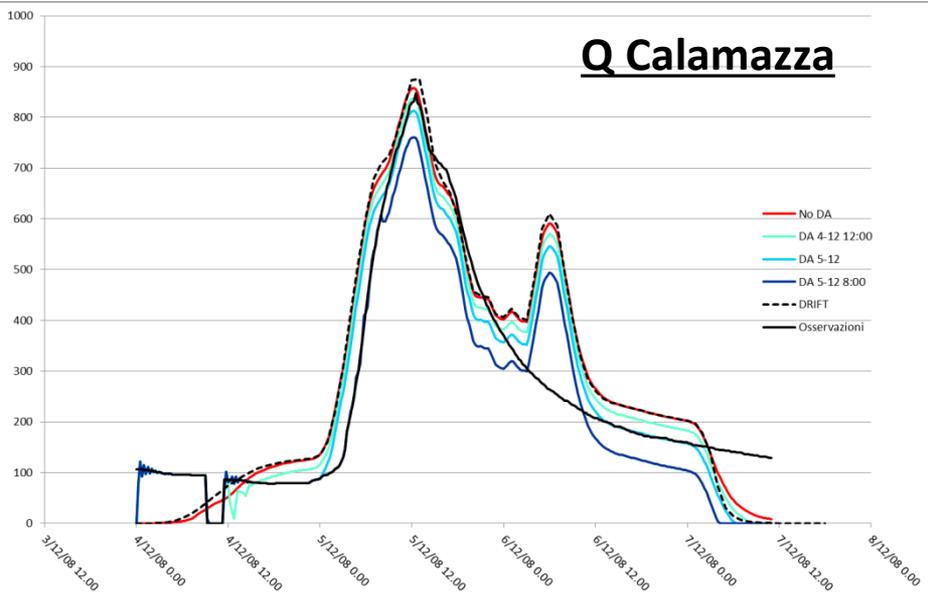


2 punti di assimilazione (portata):

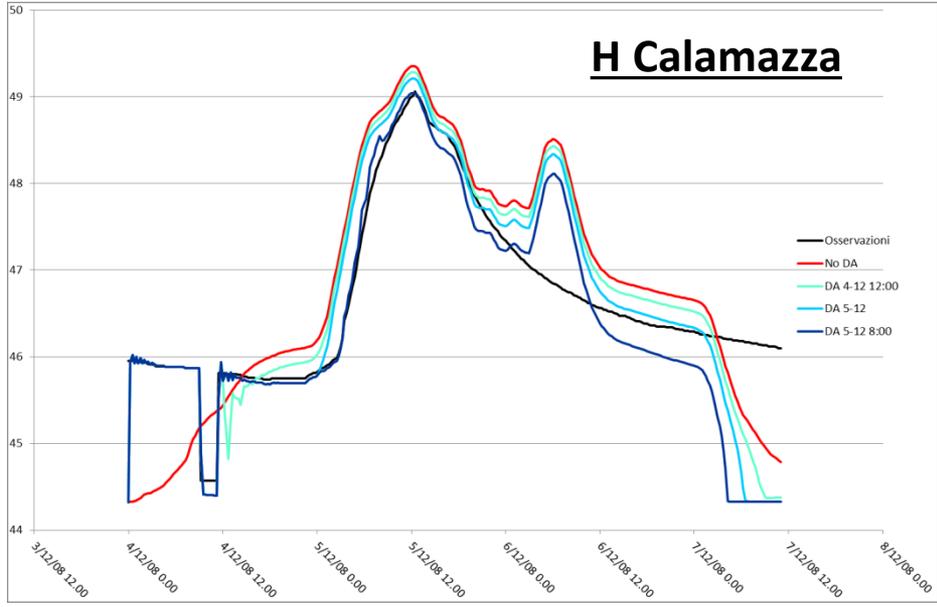
- Nasceto (Vara di testata)
- Calamazza

Evento 4/12/08

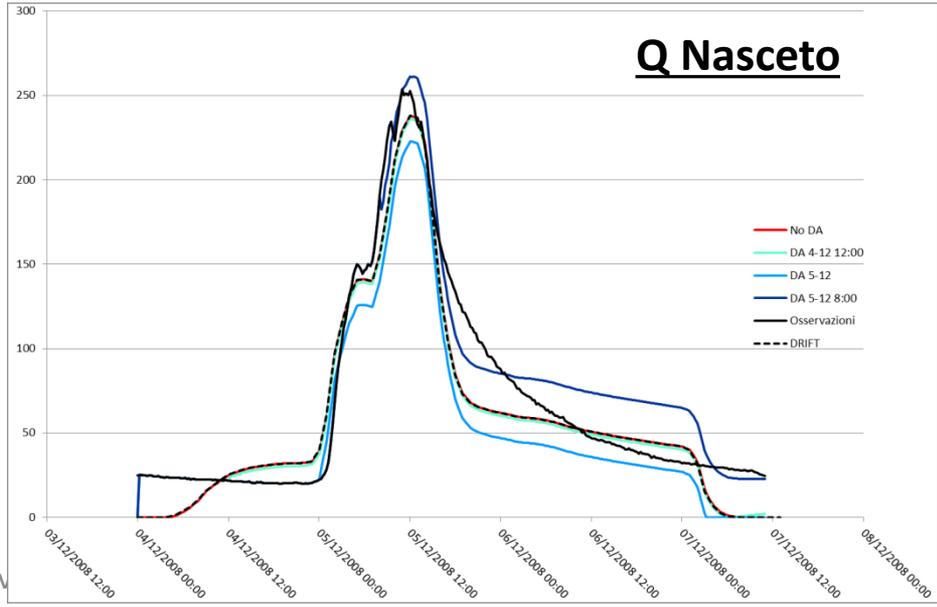
Q Calamazza



H Calamazza



Q Nasceto



Conclusioni

L'accoppiamento della modellazione idrologico-idrodinamica comporta diversi vantaggi al fine della previsione di eventi intensi:

- Considerazione dei **tempi di traslazione** dei volumi lungo l'asta, con possibilità di tenere in conto in dettaglio dei particolari morfologici di interesse (zone di deflusso laterale, presenza di manufatti di attraversamento, etc);
- Restituzione dei **tiranti idrici** nelle sezioni di interesse



Possibilità di mappe 2D in tempo reale (non di dettaglio, ma indicative dell'estensione delle aree interessate dall'eventuale esondazione)

- **Auto-correzione in tempo reale** del calcolo dei valori di portata nelle 2 sezioni di data assimilation, sulla base del bias individuato rispetto ai valori osservati

Q media giornaliera

Lo stimolo: richiesta del CNR/ISMAR U.O.S di La Spezia di avere le portate medie giornaliere dei principali corsi d'acqua liguri con foce al Mar Ligure a fini modellistici a partire dal 2004.

Nonostante degli enormi sforzi compiuti in questi ultimi anni e il notevole impegno sia economico sia in termini di risorse umane profuso dall'Agenzia per colmare la carenza relativa alle scale di deflusso non si dispone all'oggi di tutte le scale id deflusso relative a tutti i sensori idrometrici presenti in Liguria. è necessario far riferimento alla modellistica disponibile....

- Modello DRiFt (modello per piene, (Giannoni et al., 2003, 2005)
- Modello magre
- Portate osservate

Per gli scopi per cui è stato sviluppato DRiFt non può essere usato nei periodi di magra e il modello delle magre non è affidabile in corso d'evento. Ove non disponibile la scala di deflusso la portata media giornaliera dovrà essere ottenuta come merge tra i due modelli

Q media giornaliera

L'obiettivo finale è quello di trovare una procedura che secondo determinati criteri stabiliti a priori definisca quando applicare il passaggio da un modello all'altro; tale criterio generale deve poter essere applicato a tutti i bacini liguri di interesse in questo studio:

1. Nervia alla foce (185 km²)
2. Argentina alla foce (207 km²)
3. Impero alla foce (93 km²)
4. Centa molino Branca (398 km²)
5. Bisagno alla foce (96 km²)
6. Polcevera alla foce (139 km²)
7. Sansobbia alla foce (66 km²)
8. Entella a Panesi (370 km²)
9. Magra a Ponte della Colombiera (1685 km²)

La procedura è stata validata sui bacini dell'**Entella** chiuso a Panesi (365 km²), ove si effettuano frequentemente misure di portata, e dell'**Argentina** chiuso a Merelli (188 km²), in quanto in entrambi questi siti si dispone al momento di una scala di deflusso considerata valida ed affidabile.

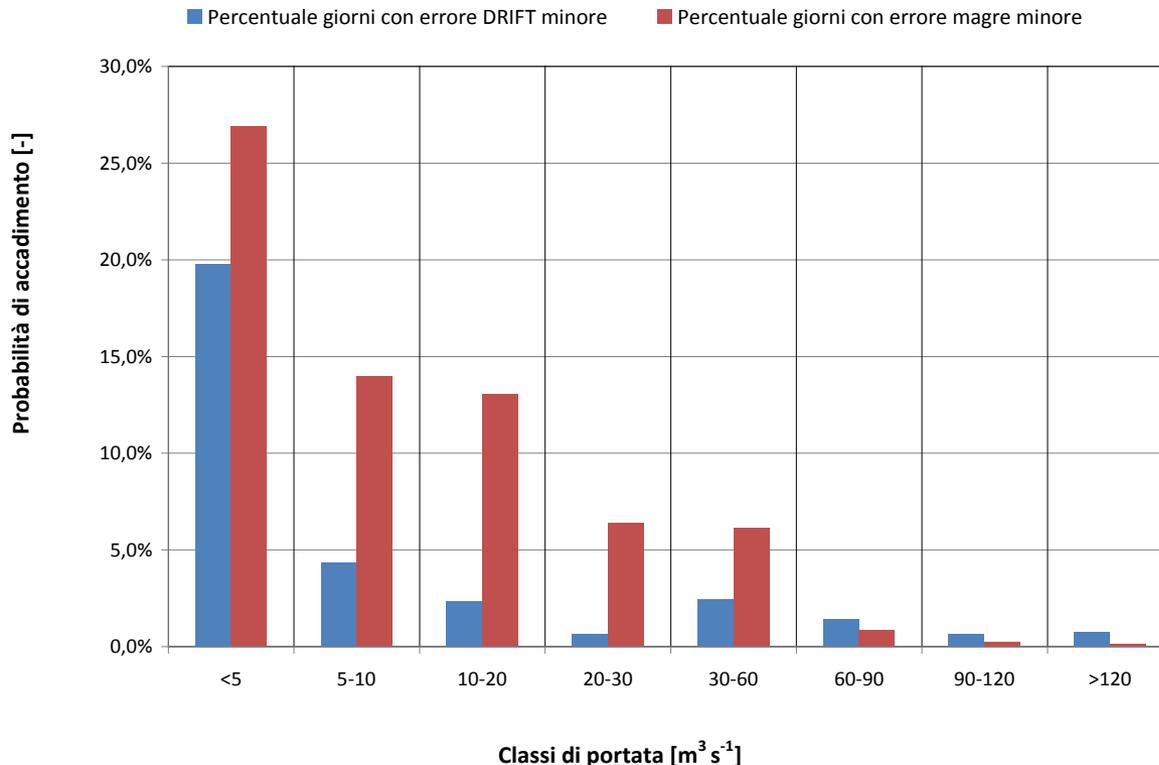
Periodo di applicazione: **1 Gennaio 2006 al 31 dicembre 2012**

Procedura merge modello DRiFt con modello magre

1. Applicazione del modello idrologico per le piene (**DRiFt**) e determinazione della serie continua di portate medie giornaliere da modello piene (serie 1) nel periodo considerato;
2. Applicazione del modello idrologico per le **magre** e determinazione della serie continua di portate medie giornaliere dal modello magre (serie 2) nel periodo considerato;
3. Validazione del dato di livello registrato e stima della **portata media giornaliera** attraverso l'applicazione della scala di deflusso (serie 3) nel periodo considerato;
4. Confronto tra le portate simulate con i due modelli disponibili (serie 1 con serie2) e la portata osservata (serie3);
5. Determinazione della **portata di soglia** per l'assunzione automatica di un valore specifico tra i due disponibili;
6. Procedura automatica di **merge** della serie1 e serie 2;
7. Validazione sull'**Entella a Panesi** e sull'**Argentina a Merelli**.

Q media giornaliera

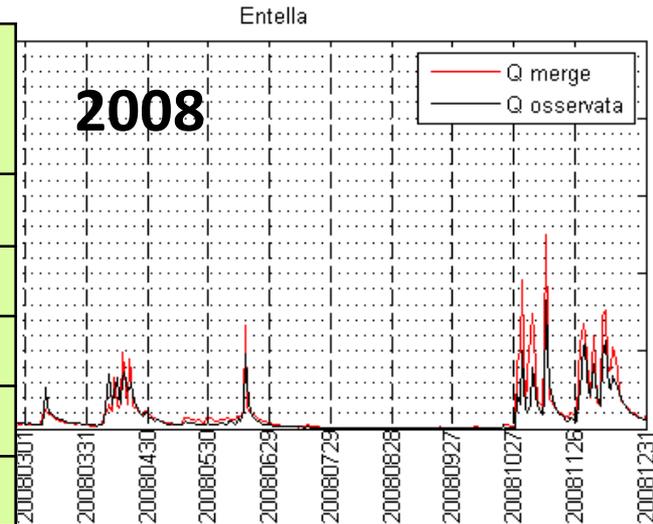
Si è considerato in prima battuta di utilizzare parametri quali ad es. la differenza massima giornaliera di livello idrometrico accoppiata alla precipitazione per effettuare la sogliatura, ma questi parametri risultano indirettamente e non linearmente legati alla portata. Correlando invece la soglia di interesse ad una portata caratteristica del bacino, e.g la **media sul periodo delle portate medie giornaliere da annali**, definita nella tabella 'ELEMENTI CARATTERISTICI PER IL PERIODO' sez. C, Annali Idrologici, Parte II), si rende il criterio sito-specifico rispetto al bacino idrografico che si vuole considerare.



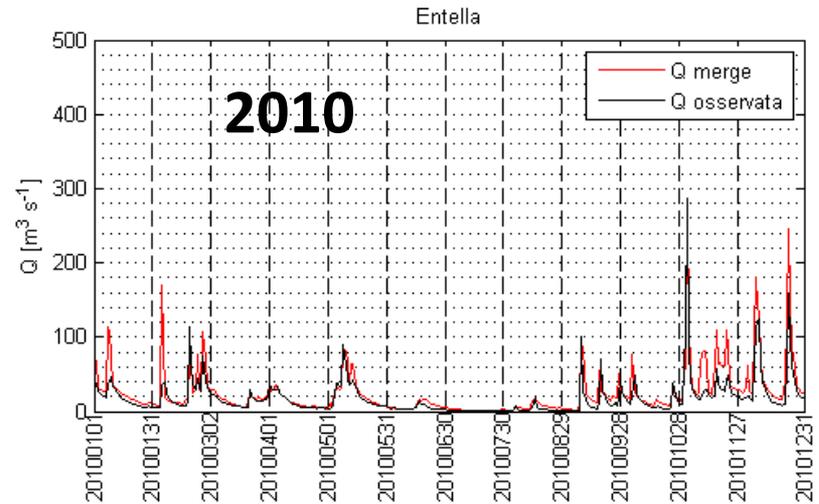
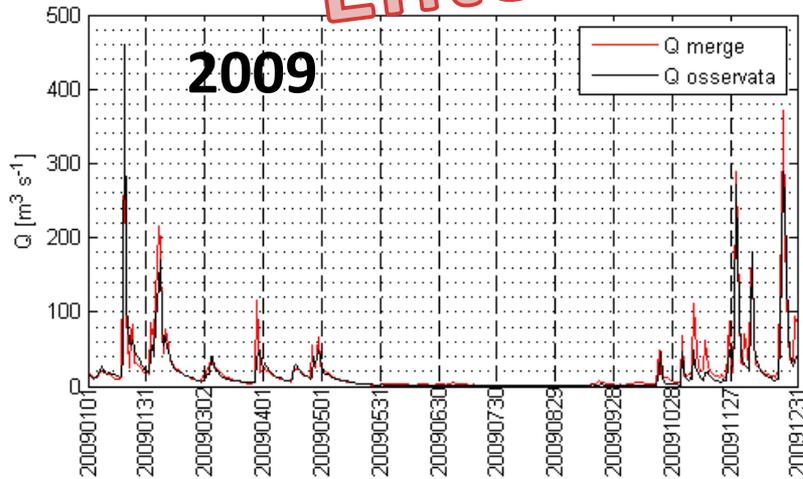
Si nota che il valore di $60 m^3 s^{-1}$, che rappresenta per questo caso studio (Entella a Panesi) il valore discriminante tra i due modelli, è quattro volte il valore della media annua sul periodo della portata media giornaliera (sez. C, Annali Idrologici, Parte II).

Q media giornaliera

	Merge due modelli (serie 4)	Modello magre (serie 2)	Modello DRIFT (serie 1)
Nash	0.66	0.50	0.51
r	0.9	0.76	0.87
r ²	0.81	0.58	0.76
RMSE [m ³ s ⁻¹]	16.24	19.88	19.61
MAE [m ³ s ⁻¹]	7.17	7.16	11.79



Entella a Panesi

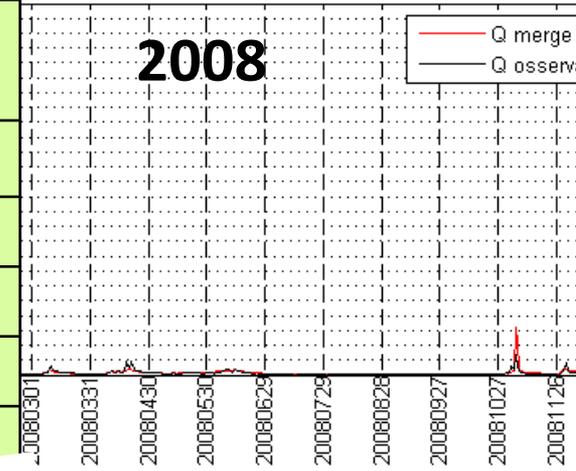


Q media giornaliera

Argentina

2008

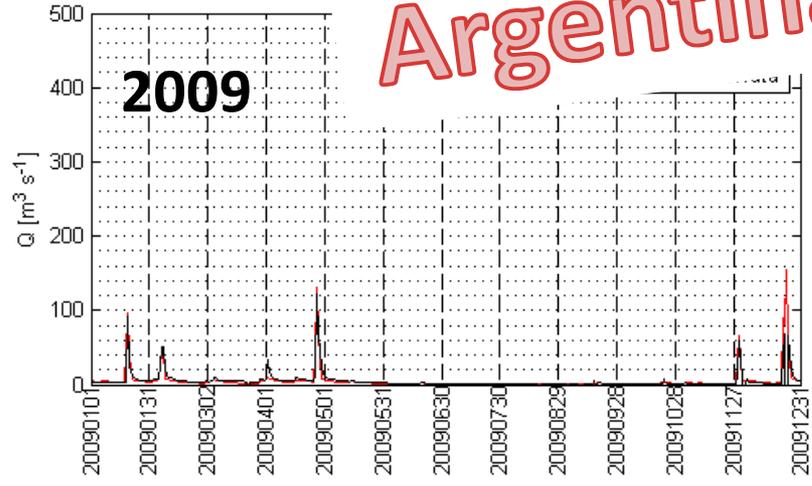
Q merge
Q osserva



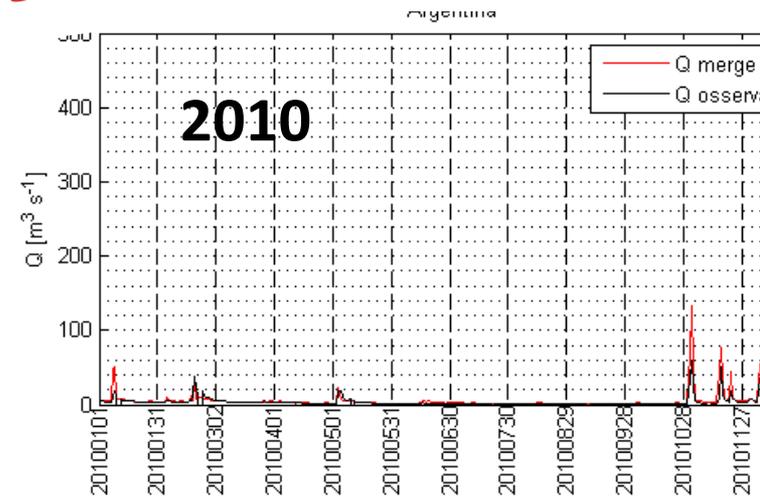
	Merge due modelli (serie 4)	Modello magre (serie 2)	Modello DRiFT (serie 1)
Nash	0.75	0.59	0.34
r	0.88	0.71	0.8
r ²	0.77	0.50	0.64
RMSE [m ³ s ⁻¹]	4.71	6.03	7.4
MAE [m ³ s ⁻¹]	1.55	1.78	4.21

Argentina a Merelli

2009

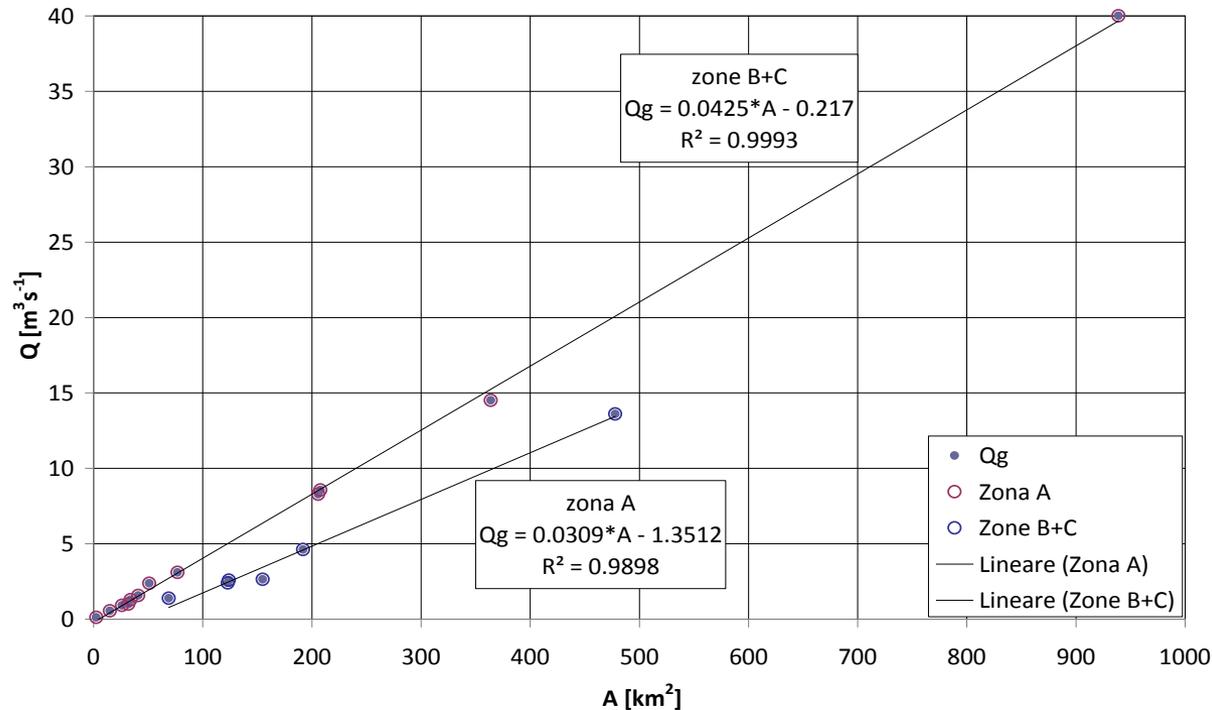


2010



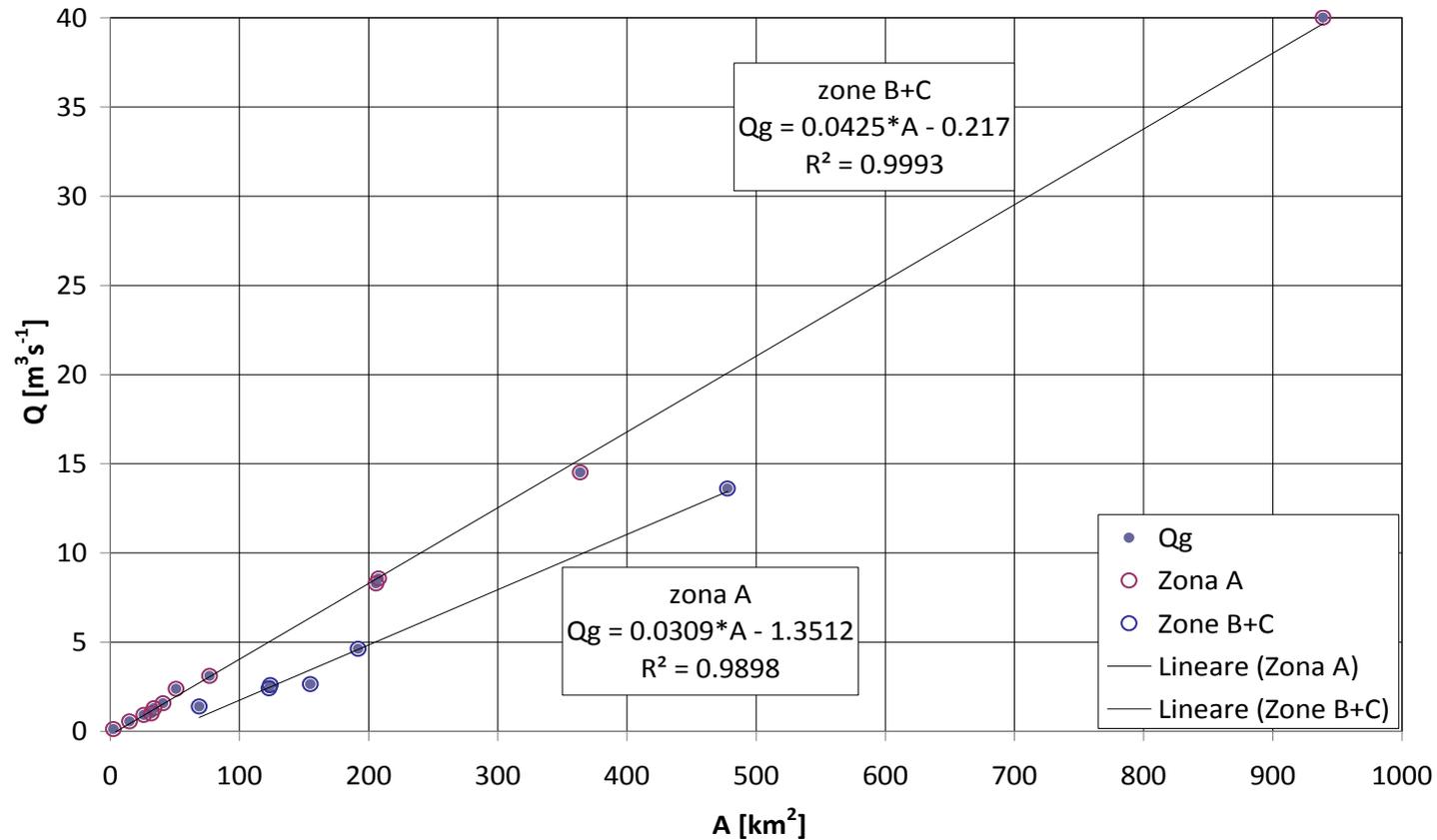
Q media giornaliera

Correlazione tra portata media giornaliera e area del bacino



La correlazione tra area drenata e e portata medie giornaliere è differente tra bacini di ponente (zona A) e centro-levante (zone B e C) evidenziando un differente comportamento legato a caratteristiche climatiche e territoriali diverse tra bacini di Ponente e di Centro-Levante.

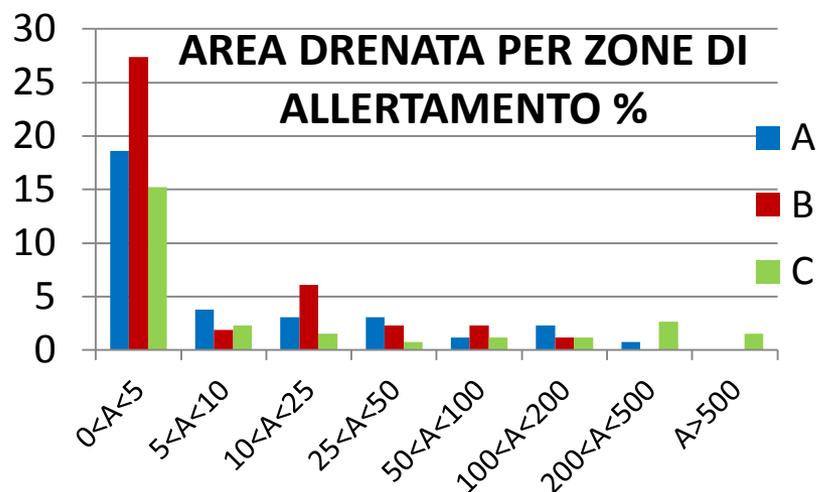
Correlazione tra portata media giornaliera e area del bacino



La correlazione tra area drenata e e portata medie giornaliere è differente tra bacini di ponente (zona A) e centro-levante (zone B e C) evidenziando un differente comportamento legato a caratteristiche climatiche e territoriali diverse tra bacini di Ponente e di Centro-Levante.

Conclusioni

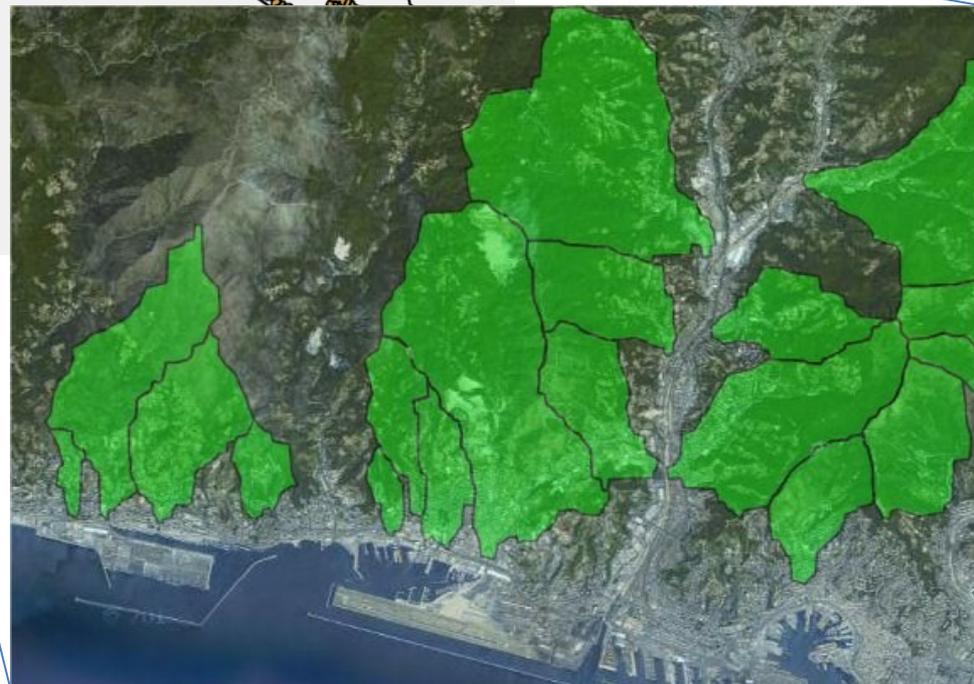
- Obiettivo: determinazione di una procedura atta alla ricostruzione della portata media giornaliera in predefiniti bacini idrografici liguri.
- Tenuto presente della mancanza di scale di deflusso ritenute affidabili per tutti i regimi di moto nei siti di interesse del presente lavoro è necessario ricorrere alla modellazione afflussi deflussi per la stima della portata media giornaliera.
- Nel presente lavoro è stata determinata una procedura di merge dei risultati dei modelli idrologici disponibili presso il CFMI.
- Bacino studio Entella a Panesi, (disponibile scala di deflusso) validazione bacino dell'Argentina a Merelli. I risultati ottenuti, sia in termini di errore sia in termini di correlazione sono molto soddisfacenti.
- Estensione della metodologia a tutti i bacini di interesse: bacini di Ponente: Nervia, Argentina, Impero e Centa, e bacini di Centro–Levante, Sansobbia, Polcevera, Bisagno, Entella e Magra, ricavando la portata media giornaliera dal 1 gennaio 2006 al 31 dicembre 2012.
- Per l'Argentina e dell'Entella, per il periodo di validità delle scale di deflusso, si forniscono i dati di portata osservata e non i valori ricostruiti.
- La disponibilità di nuove misure di portata consentirà l'aggiornamento e miglioramento della presente metodologia, che è quindi da intendersi suscettibile di perfezionamento sulla base dei nuovi dati misurati via via disponibili.



Bacini con Area inferiore ai 5km² sono più del 60% dei bacini liguri tirrenici

Step :

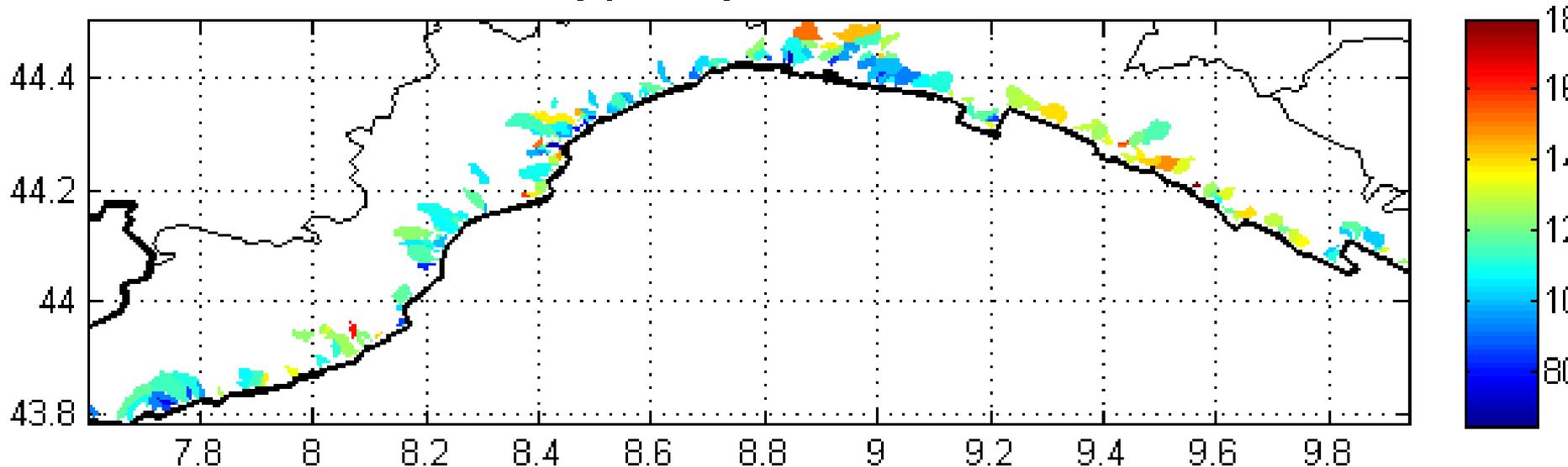
- identificazione dei piccoli bacini su supporto cartografico GIS
- confronto e riallineamento con la toponomastica della CTR (1:5000)
- Identificazione delle caratteristiche di assorbimento del suolo (metodo del CN)
- sviluppo modello idrologico semplificato (Nash) per la determinazione della portata defluente quando sollecitato da precipitazione
- Identificazione di valori di soglia $Q_{allarme}$ e $Q_{allerta}$ anche in collaborazione con le Province per quanto non ancora disponibile in rete



Utilizzo combinato delle informazioni derivanti dal reticolo ISPRA e Piani di bacino per l'identificazione di 196 piccoli bacini sui versanti tirrenici con $0.2 < A < 15 \text{ km}^2$

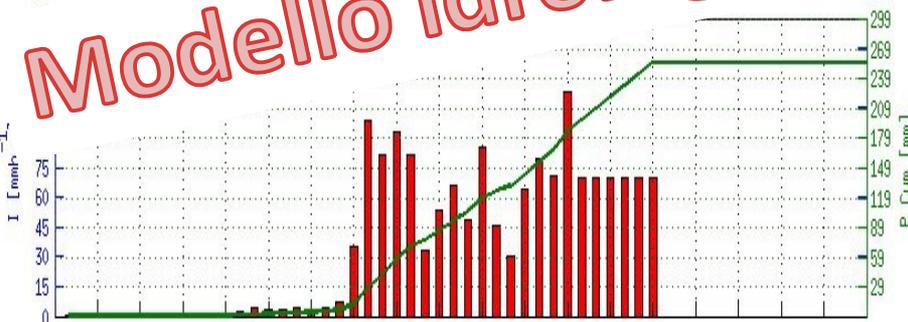
Caratteristiche bacino

- Mappa S piccoli bacini

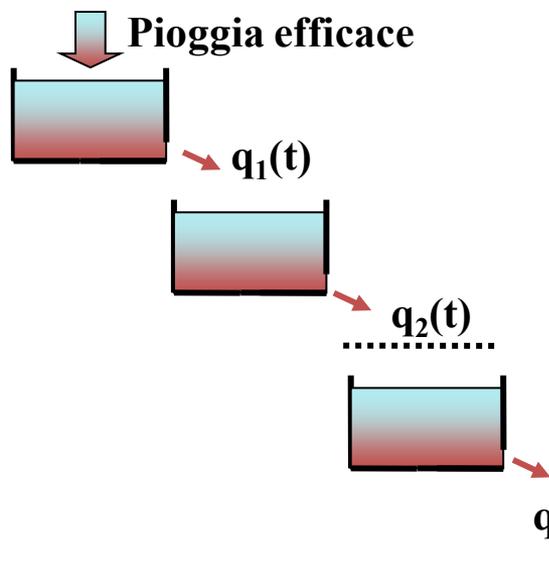


Identificazione del Curve Number (CN) medio a scala di bacino a partire dalla mappa di CN regionale.

Modello idrologico



Input di precipitazione: campo di precipitazione osservato interpolato a scala di bacino (step 10 minuti) a cui si aggiunge in coda uno ietogramma in previsione (1 ora) con intensità oraria costante uguale alla media dell'ultima ora di pioggia osservata.



Modello idro: portata simulata tramite modello di **Nash**, costituito da n serbatoi lineari uguali *in serie*; ogni serbatoio utilizza come input l'output del serbatoio precedente. L'idrogramma in una fissata sezione di chiusura si ottiene attraverso l'integrale di convoluzione.

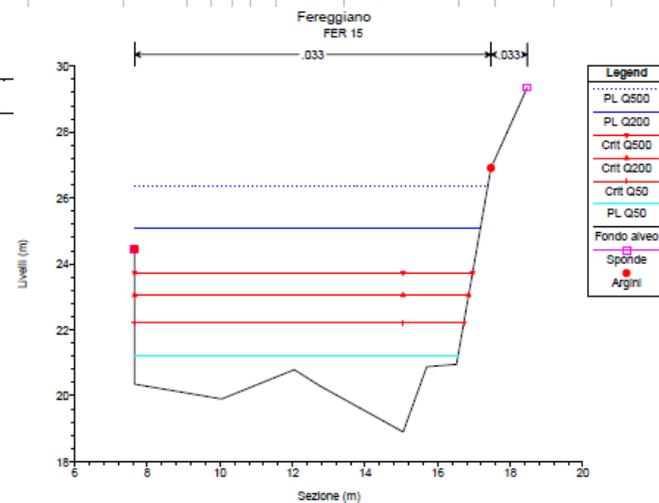
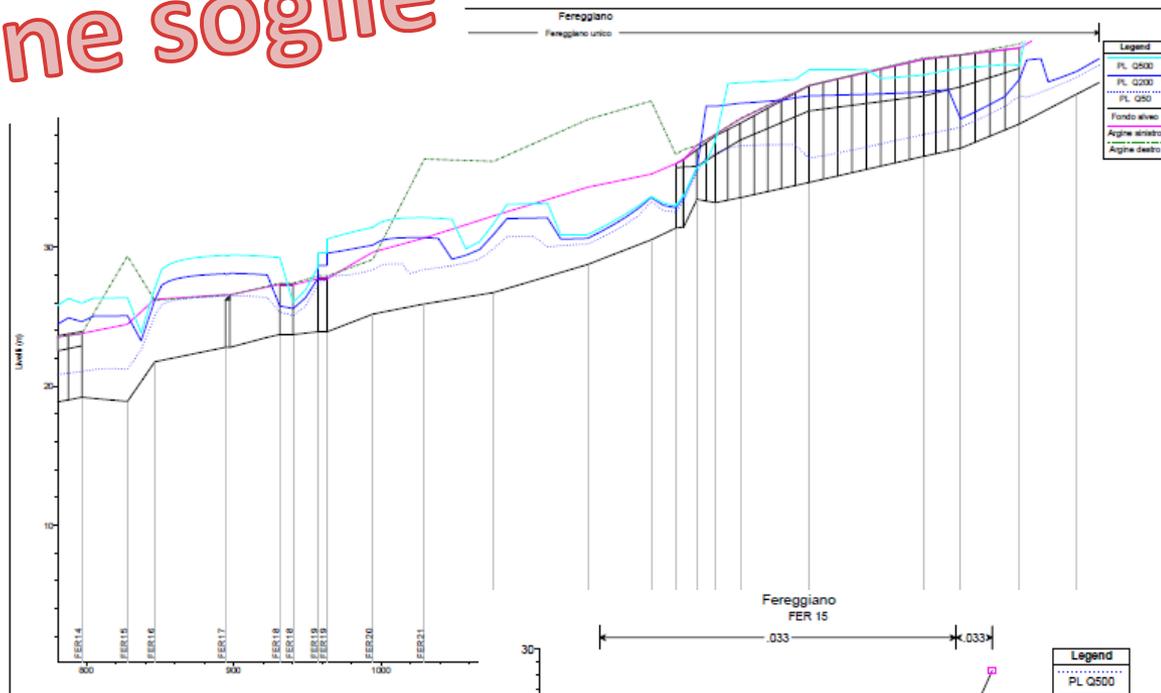
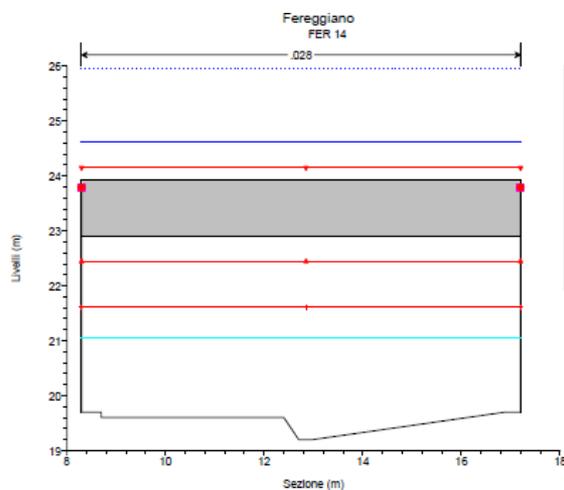
$$Q(t) = \int i(\tau)w(t - \tau)d\tau$$

$$w(t) = b^n \frac{t^{n-1}}{(n-1)!} e^{-bt} \quad \text{Idrogramma unitario istantaneo}$$

$$b = \frac{n-1}{T_p} \quad T_p = f(A)$$

n = numero di serbatoi T_p = tempo al picco

Determinazione soglie

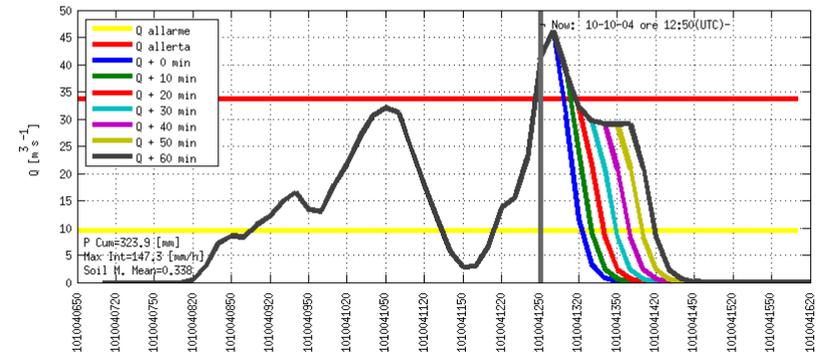
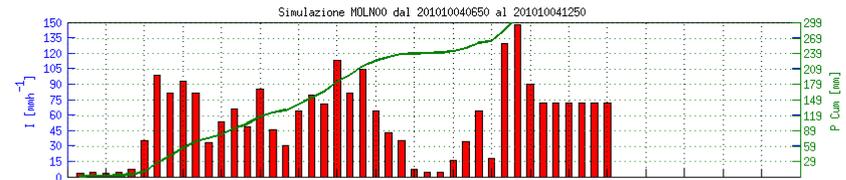


Per ognuno dei 196 bacini sono identificate le soglie di portata $Q_{allarme}$ e $Q_{allerta}$ utilizzando le verifiche idrauliche dei Piani di Bacino quando disponibili ed i quantili di portata per T=5 anni e T=10 anni dove non sono presenti le verifiche idrauliche dei Piani di bacino

Conclusioni

Da concludere la fase di raccolta dati e sviluppo dei codici.

Da verificare l'uso operativo (possibili vantaggi: capillarità e speditezza; limiti: poche info morfologiche/idrauliche di base e dati pluvio in input ricostruiti)



GRAZIE per l'ATTENZIONE!

I lavori qui presentati sono svolti dall'ufficio Previsioni idrologiche del CFMI-PC di Arpal in collaborazione con il DHI e CIMA Foundation.

Si ringraziano le Province per la fornitura dei dati delle verifiche idrauliche anche non ancora disponibili in rete