

ALLEGATO 2

METODOLOGIA ANALISI IDROLOGICA

1 PREMESSA

Nel presente elaborato sono descritte le procedure utilizzate per la determinazione dei diversi dati di input e l'analisi degli output del modello afflussi-deflussi Mike-Drift utilizzato per la modellazione idrologica delle sezioni di interesse dello studio in esame.

Il presente documento descrive le principali fasi tra cui la taratura del filtro geomorfologico utilizzato per la distinzione tra cella canale e cella versante e dei parametri cinematici nonché la costruzione degli ietogrammi sintetici di progetto per arrivare alla determinazione delle portate al colmo per i diversi tempi di ritorno.

Tale studio è stato in particolare oggetto di una prima parte di attività con la Regione Marche ed è descritta in dettaglio nel documento “Gli strumenti operativi di monitoraggio e previsione idrologica sul bacino dell'Aspìo”.

In particolare si descrive la metodologia utilizzata per la delimitazione del DEM che contiene il bacino idrografico in analisi e che deve essere inserito come input al modello afflussi-deflussi, al fine di ottenere, tra gli altri, il reticolo idrografico del bacino. Successivamente si descrive la funzione del parametro geomorfologico AS^K e la sua taratura condotta attraverso il controllo grafico delle reti di canali ottenute dai modelli digitalizzati di elevazione del territorio con i raster disponibili per il territorio in esame.

A questa segue la taratura dei valori di velocità di canale e di versante da utilizzare come input al modello, individuando la coppia di valori che descrive in maniera ottimale le caratteristiche dell'idrogramma di piena di almeno un evento intenso storicamente occorso sul bacino idrografico di interesse.

Successivamente si procede alla costruzione degli ietogrammi sintetici di progetto per i tempi di ritorno previsti a partire dall'elaborazioni statistiche delle serie storiche pluviometriche disponibili e forniti dalla Regione Marche.

Infine, si analizza la risposta idrologica di ciascun bacino agli ietogrammi definiti, valutando quindi gli idrogrammi alle sezioni di chiusura individuate.

2 PROCEDURA PER LA DETERMINAZIONE SPAZIALE DEL BACINO DI INTERESSE

Per la determinazione del reticolo idrografico del bacino oggetto di studio e quindi dei conseguenti idrogrammi di progetto, al modello idrologico utilizzato viene dato in input un DEM (Digital Elevation Model) contenente il bacino di analisi, opportunamente georeferenziato e a maglia quadrata con risoluzione ottimale per il modello utilizzato (40 m).

Lo squadro viene ottenuto in modo tale che il bacino idrografico a monte della sezione di chiusura considerata sia completamente compreso all'interno dello squadro stesso minimizzando comunque le sue dimensioni per ridurre successivamente le necessità di risorse di calcolo del modello.

Nello studio proposto il bacino dell'Aspio è stato suddiviso per la modellazione idrodinamica in tre tratti principali indicati nella relazione generale come Alto Aspio, Medio Aspio e Basso Aspio.

3 TARATURA DEL PARAMETRO GEOMORFOLOGICO ASK

Il primo passo che deve essere affrontato per estendere la validità del modello idrologico utilizzato è costituito dalla necessità di verificare che esso fornisca una corretta interpretazione dei dati forniti dall'uso del DEM. Questo significa che, a partire da informazioni planimetriche ed altimetriche il modello deve procedere ad una corretta distinzione tra la rete canalizzata e i versanti, restituendo un reticolo idrografico rappresentativo delle principali caratteristiche del bacino reale. Versanti e canali sono, infatti, sede di processi idrodinamici profondamente diversi caratterizzati da una scala cinematica di deflusso che differisce almeno per un ordine di grandezza. Inoltre, i versanti sono aree di divergenza topografica, mentre le valli sono zone di convergenza topografica. I canali si formano all'interno di aree topograficamente convergenti, ma non sono solamente definiti attraverso il tipo di curvatura: infatti è usuale considerare la concavità

topografica di un sito come una condizione necessaria, ma non sufficiente perché la canalizzazione possa aver inizio.

La mancanza di un criterio oggettivo per determinare in quale istante vi sia il passaggio da un deflusso sul versante ad uno di tipo canalizzato rappresenta una difficoltà fondamentale per riuscire a derivare la struttura della rete di drenaggio dai modelli digitali di elevazione del territorio. Il modello MIKE-Drift propone una soluzione a questo problema imponendo un valore di soglia che permette di filtrare il reticolo ottenibile da un DEM e distinguere deflusso di versante e deflusso canalizzato. Il metodo vincola i versanti ad avere una lunghezza dipendente dalle caratteristiche morfologiche locali in modo da permettere l'inizio del fenomeno deflusso canalizzato. Il filtro utilizzato in Mike-Drift si basa sull'assunzione per cui il prodotto tra area drenata (parametro A) e pendenza (parametro S) elevata ad un esponente tipico (parametro k che assegna differente importanza alla pendenza, assunto pari a 1.7) si mantiene costante all'interno della rete canalizzata ($AS^k = \text{costante}$). Se il prodotto tra area drenata e pendenza, elevata ad un tipico valore k (AS^k), risulta maggiore di un prefissato valore di soglia, si ha l'inizio del deflusso alveato.

La determinazione del valore di soglia è stata effettuata attraverso il controllo grafico delle reti di canali ottenute dai modelli digitalizzati di elevazione del territorio con i raster disponibili per tutti i sottobacini individuati nello studio in esame.

Nella scelta della determinazione del valore di soglia si è fatto in modo che tale valore non fosse troppo basso, il che condurrebbe ad una non corretta identificazione della rete canalizzata soprattutto nelle aree di montagna, o troppo elevato, poiché, in tal caso, si perderebbero alcune importanti informazioni topologiche del fiume.

Questo lavoro è stato oggetto di una precedente collaborazione con la Regione Marche – si fa riferimento al documento “Gli strumenti operativi di monitoraggio e previsione idrologica sul bacino dell'Aspio” - i cui risultati sono utilizzati nello studio in esame.

La taratura del parametro geomorfologico per il bacino dell'Aspio, è stata condotta esaminando la coerenza della rete dei canali a confronto con le ortofoto. Si riporta un esempio che per valori di soglia troppo bassi non si ha una buona

identificazione della rete dei canali nelle aree di montagna del bacino, mentre, nelle zone vallive, si ha una densità di drenaggio non ragionevole.

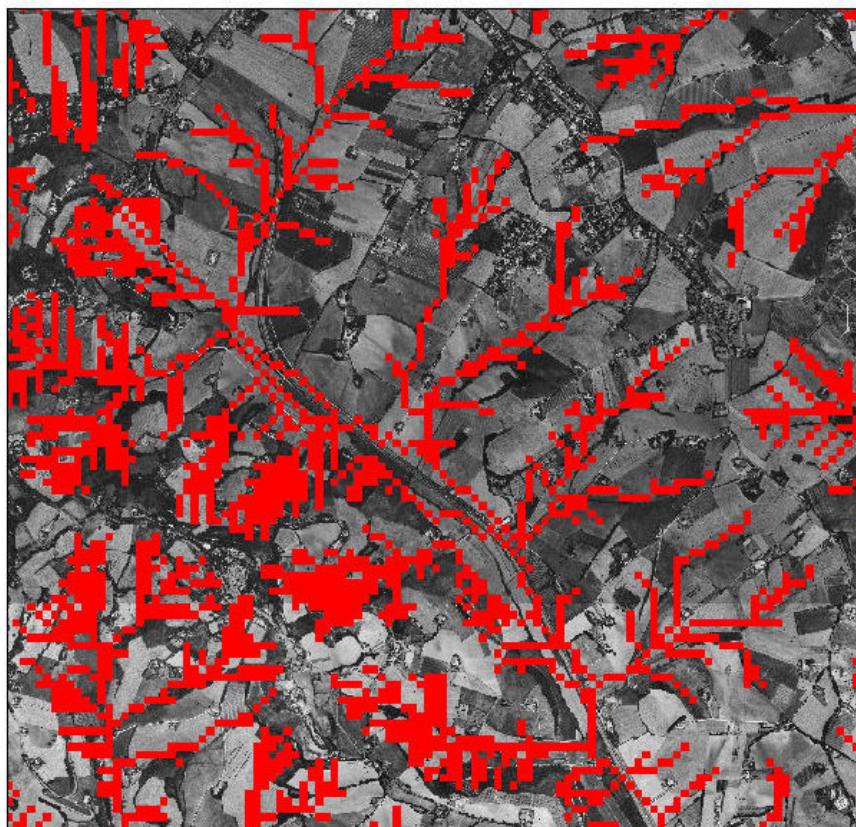


Fig. 3.1 : Visualizzazione del reticolo idrografico di una parte del bacino dell'Aspio ottenuto dal modello idrologico utilizzando un valore di soglia $ASK = 1.000$, sovrapposto all'ortofoto dell'area in esame. Si può notare come nelle zone montane il reticolo non sia ben identificato.

Viceversa, l'utilizzo di un valore di soglia troppo elevato può far perdere alcune importanti informazioni topologiche del fiume, come si evidenzia dalla Figura 3.2. Risulta, quindi, necessario cercare un valore di soglia che dia una buona identificazione del reticolo, nel quale la densità di drenaggio diminuisca in modo evidente dalle aree di montagna alle zone vallive; solo in questo modo, infatti, si conservano le caratteristiche morfologiche riguardanti la topologia della rete. Seguendo tale criterio si è stimato che il valore di soglia del parametro geomorfologico AS^k che meglio approssima il reticolo reale è pari a 10.000 (Figura 3.3), come indicato nel documento suddetto.

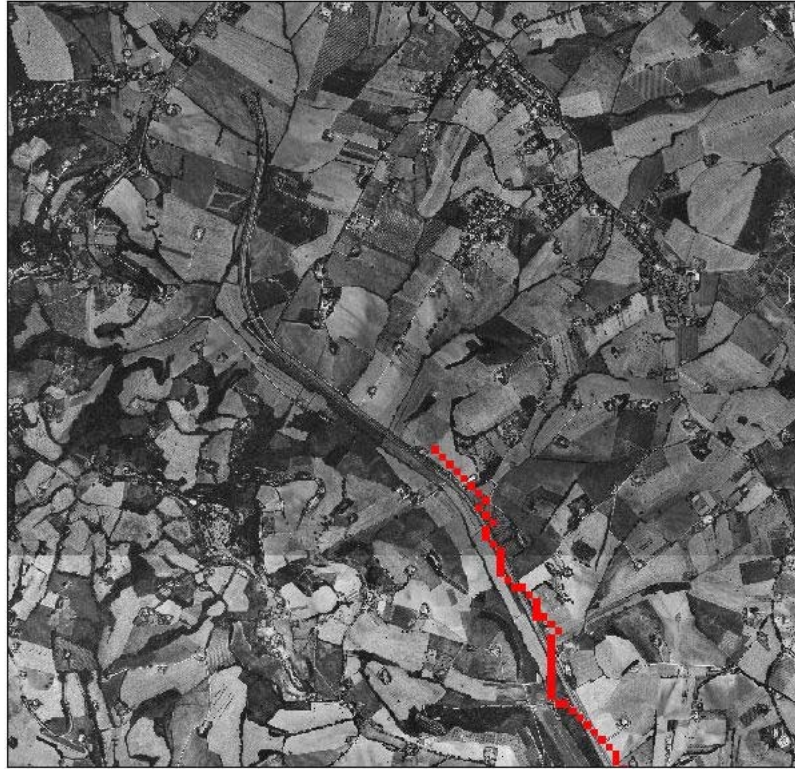


Fig. 3.2: Visualizzazione del reticolo idrografico di una parte del bacino dell'Aspio ottenuto dal modello idrologico utilizzando un valore di soglia ASK = 100.000, sovrapposto all'ortofoto dell'area. Si può notare la assenza di ramificazioni degli affluenti secondari.

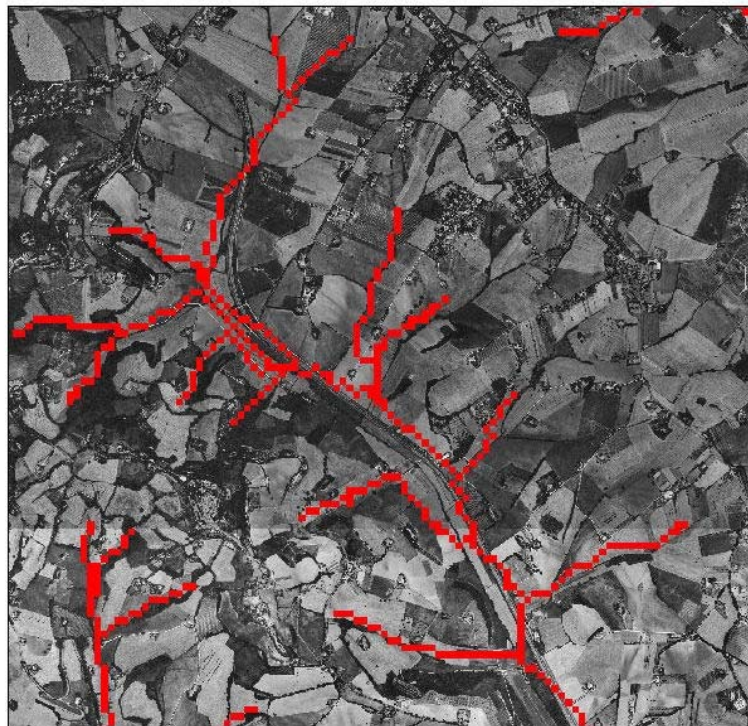


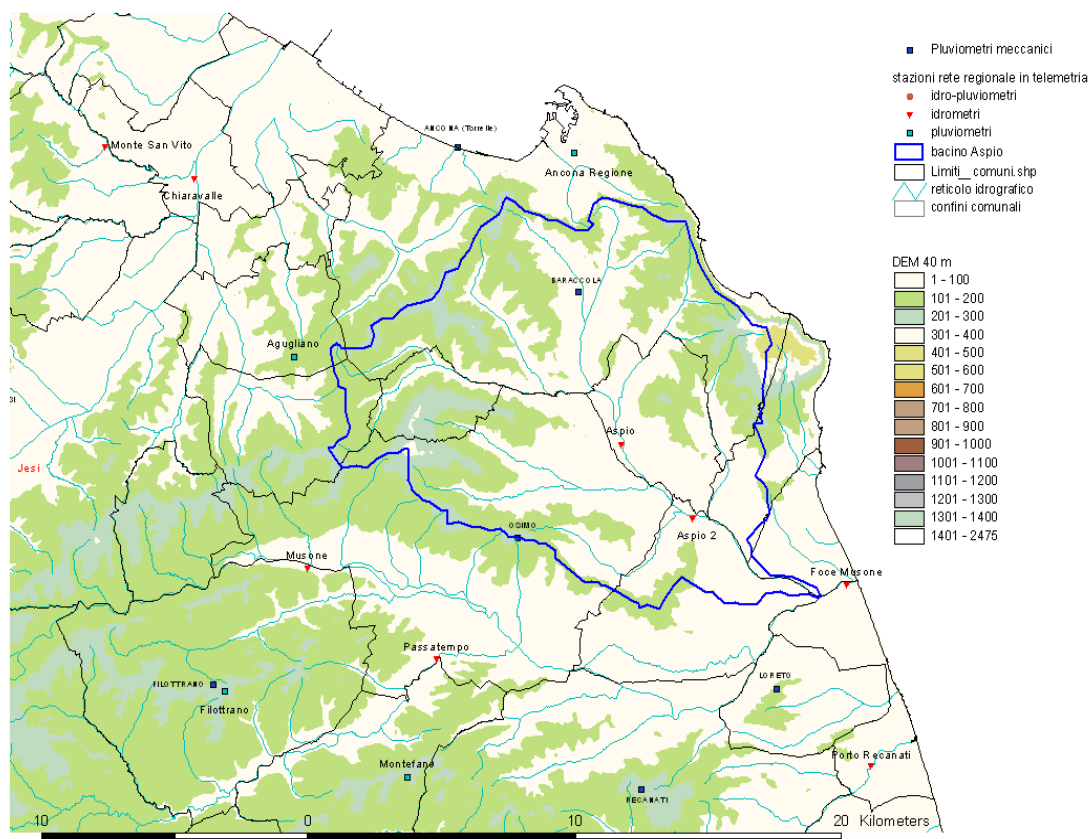
Fig. 3.3: Visualizzazione del reticolo idrografico di una parte del bacino dell'Aspio ottenuto dal modello idrologico utilizzando un valore di soglia ASK = 10.000, sovrapposto all'ortofoto. Tale valore del parametro geomorfologico è quello che meglio approssima il reticolo reale.

4 TARATURA DELLE VELOCITA' DI CANALE E DI VERSANTE

La taratura dei parametri cinematici velocità di canale e di versante è stata condotta assegnando combinazioni differenti di V_c e V_h come input al modello afflussi – deflussi ed individuando quale coppia di valori descrivesse in maniera ottimale le caratteristiche dell'idrogramma di piena di un evento intenso realmente occorso sul bacino idrografico di interesse. La variazione dei valori attribuiti ai due parametri tempo varianti genera differenti effetti sul comportamento delle principali caratteristiche dell'idrogramma di piena. Un incremento della velocità sul versante conduce ad un restringimento della base dell'idrogramma, e un relativo aumento del valore al picco e la stessa tendenza risulta variando la velocità all'interno del canale, mentre il rapporto tra i due parametri cinematici influenza la forma dell'idrogramma nelle sue caratteristiche fondamentali (asimmetria, risalita, esaurimento).

La condizione di antecedente bagnamento del suolo rappresenta, infine, un grado di libertà che si deve lasciare al modello e non è quindi un parametro tarabile a priori. Infatti, il parametro è in grado di modificare in maniera sostanziale la risposta del modello ad un evento di pioggia ed è caratteristica estremamente importante avere la possibilità di modificare di volta in volta la condizione di bagnamento iniziale del terreno.

La taratura dei parametri velocità di canale e di versante per il bacino dell'Aspio è stata effettuata utilizzando gli eventi estremi di pioggia disponibili per le stazioni riportate nella figura seguente e descritta in dettaglio nel documento “Gli strumenti operativi di monitoraggio e previsione idrologica sul bacino dell'Aspio”.



Per gli eventi storici utilizzati per la taratura del modello si effettuano dei run del modello Mike – Drift con le diverse combinazioni di valori di velocità canale e versante. Inoltre si variano le condizioni antecedenti di bagnamento del terreno in accordo con il significato fisico di tale condizione iniziale.

La difficoltà è nel valutare l'accoppiata di condizioni dinamiche e fisiche che riproducano le caratteristiche dell'idrogramma di piena sia in termini di picco sia come andamento temporale.

I valori velocità di scorrimento del deflusso superficiale attribuiti alle celle-canale e di formazione attribuiti alle celle – versante assunti per la modellazione idrologica del bacino del fiume Aspio derivano dalla media aritmetica tra le coppie di valori individuati in fase di calibrazione: V_c e V_h sono stimate rispettivamente pari a 1.4 m/s e 0.4 m/s.

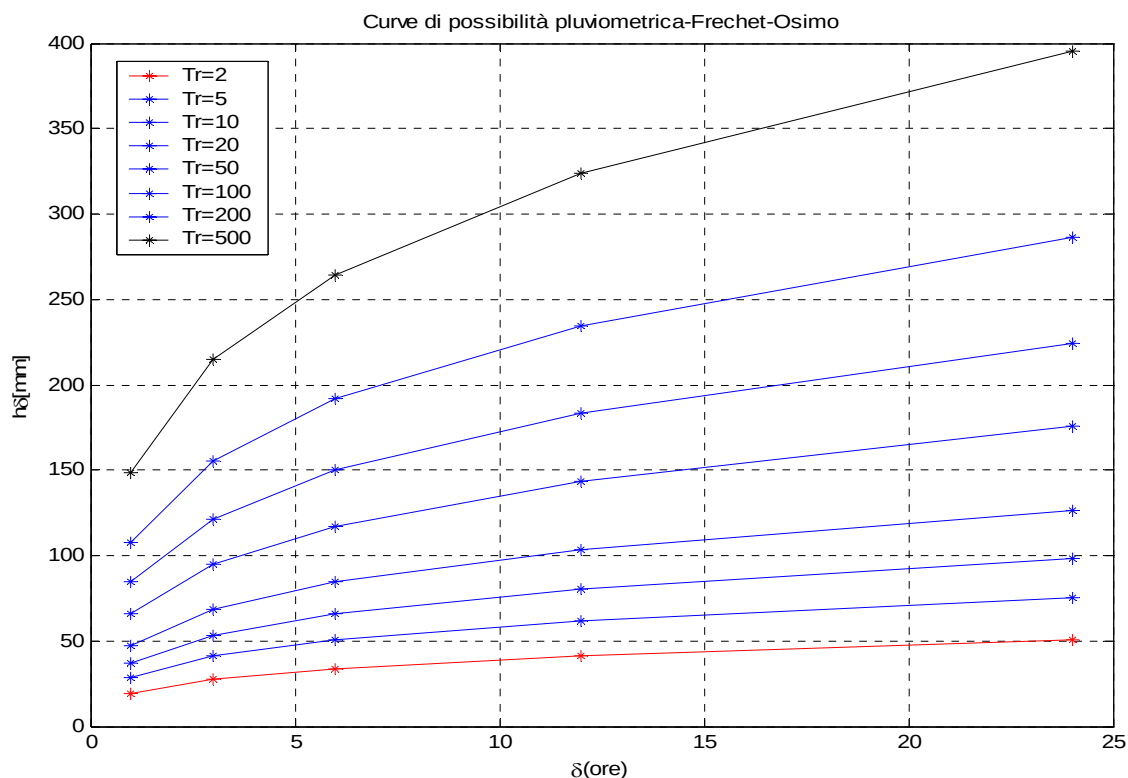
5 LINEE SEGNALETTRICI – IETOGRAMMI DI PROGETTO

In un documento riportato come Allegato 2_A è descritta l'analisi di dettaglio per la stima delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometria (LSPP) – documento Curve di Probabilità Pluviometrica per i pluviometri di Ancona Torrette, Baraccola, Osimo e Recanati redatto dalla Regione Marche, Centro Funzionale Meteorologia, Idrologia e Sismologia, luglio 2008 e qui riportato come Allegato 1 della presente relazione tecnica -.

Da queste linee segnalatrici si sono prodotti gli ietogrammi di progetto e il SW Mike Drift ha generato delle mappe di pioggia (rain map) per la produzione degli idrogrammi di input necessari per la modellazione idrodinamica con MIKE11.

Per la simulazione dell'evento del settembre 2006 si sono utilizzate le LSPP relative ai dati dell'evento

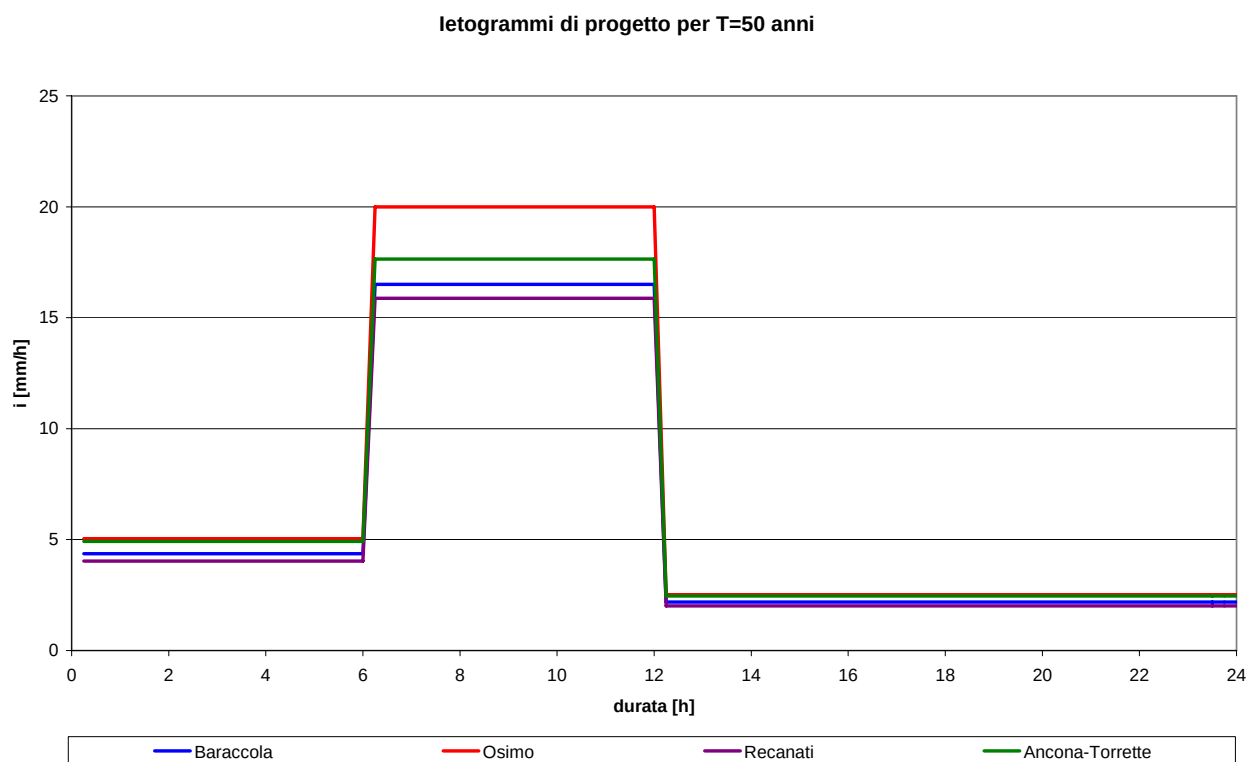
Calcolata la pioggia indice $m[h(d)]$ per la durata di 12 ore (in accordo con il valore del tempo di concentrazione del bacino del fiume Apsìo) e moltiplicata questa per il coefficiente di variazione K_t relativo a ciascun tempo di ritorno di progetto si ottengono valori di massima altezza di pioggia probabilisticamente accettabili $h(d,T)$ in mm, che graficati in un sistema cartesiano altezza-durata, rappresentano le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica (LSPP), di cui si riporta un esempio per la stazione di Osimo.



Per interpolare i dati delle stazioni pluviometriche disponibili ed ottenere un'espressione coerente si sono utilizzate la distribuzione di Gumbel e la distribuzione di Fretecht.

Da queste si è proceduto alla generazione dello ietogramma progettuale, la durata dell'evento sintetico di progetto è stata stabilita pari a 12 ore essendo il tempo di concentrazione del bacino inferiore a tale soglia.

Si riporta lo ietogramma utilizzati per sollecitare il bacino dell'Aspìo per eventi con tempo di ritorno di 50 anni, quale esempio del risultato prodotto.



6 RISPOSTA DEL BACINO AGLI IETOGRAMMI DI PROGETTO – ANALISI DEI RISULTATI

I valori assunti per la coppia di parametri cinematici che meglio riproduce gli idrogrammi osservati scelti per la calibrazione, sono utilizzati come condizioni iniziali al secondo modulo del modello afflussi-deflussi che determina per ogni cella il relativo tempo di corrivazione e tramite i quali vengono calcolati gli idrogrammi unitari istantanei. Ogni bacino è stato quindi sollecitato dagli ietogrammi sintetici di progetto costruiti a partire dalle curve di possibilità pluviometrica corrispondenti ai tempi di ritorno previsti. Mike – Drift, sfruttando la proprietà dei sistemi lineari, effettua la convoluzione degli idrogrammi unitari e restituisce così gli idrogrammi di piena nelle prefissate sezione di chiusura definite attraverso il controllo grafico della rete idrografica contenente le sole tratte di interesse con le corrispettive blue lines dei raster in scala 1:50.000. La sezione di chiusura per ciascuno dei tre bacini è il punto più a valle in cui non si riscontra più la sovrapposizione delle due cartografie.

Individuata graficamente la posizione della sezione, si precisa sulla choice del modello la sua locazione all'interno del reticolo e le coordinate griglia della stessa vengono inserite come condizioni iniziali alla simulazione.

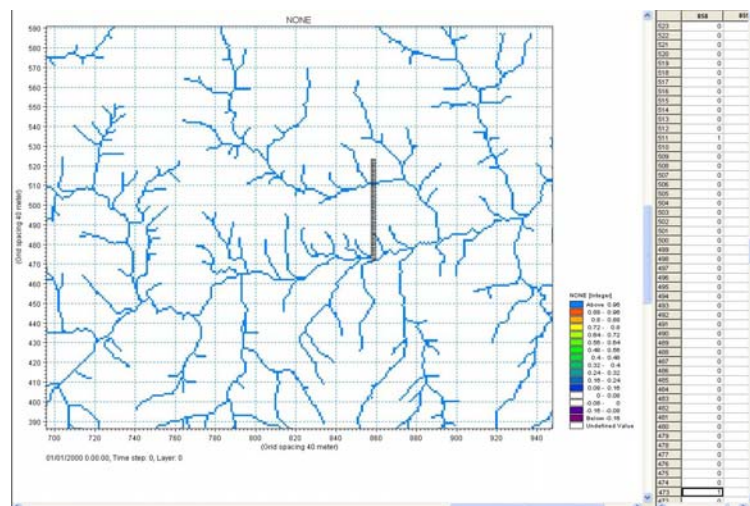
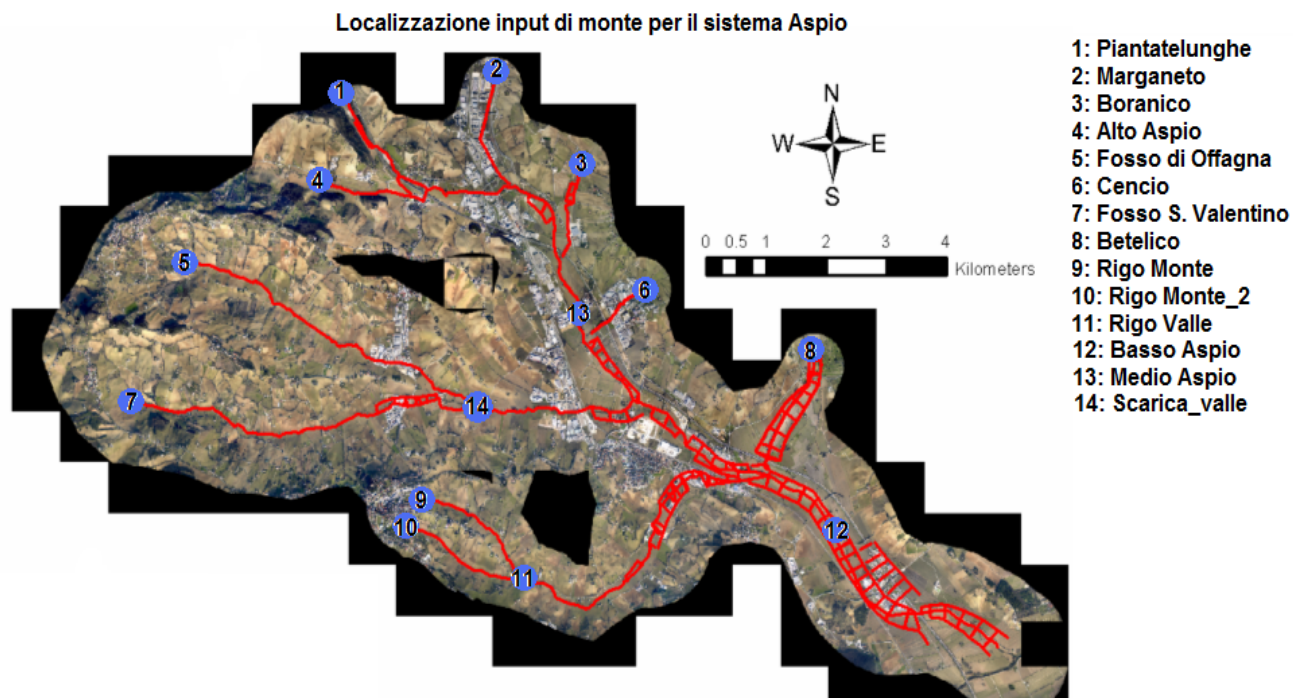
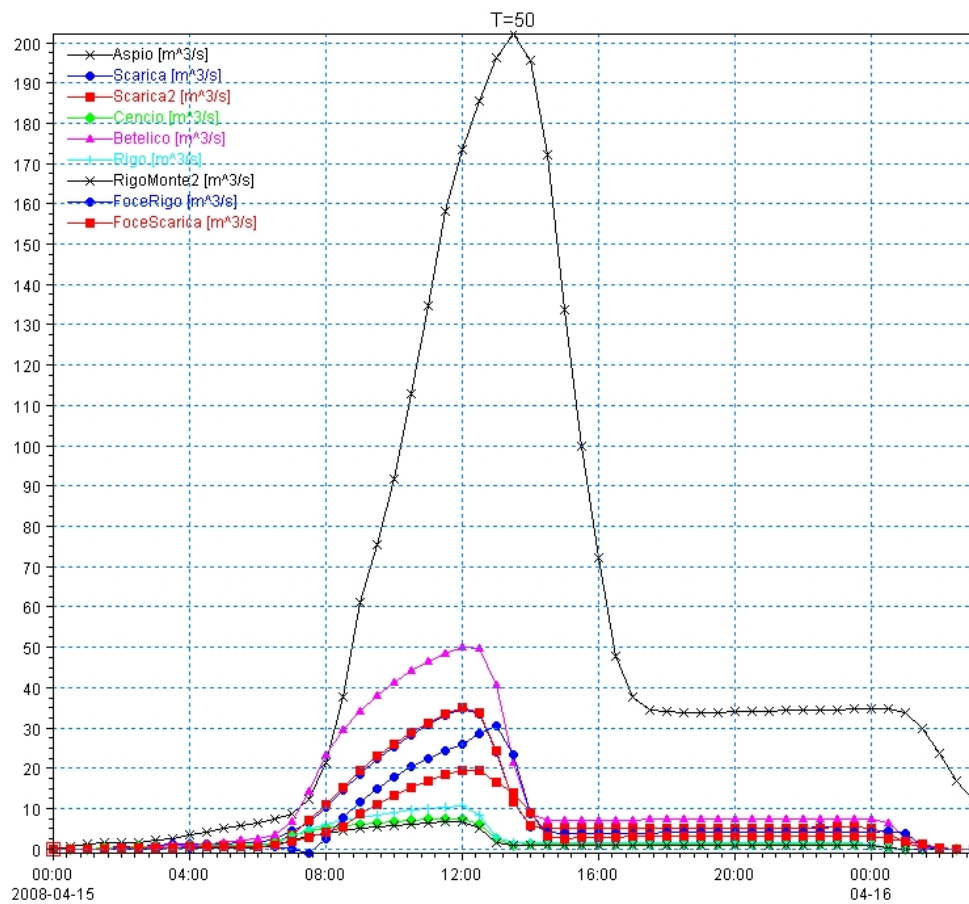


Fig. 6.2: Esempio di visualizzazione tramite interfaccia grafica di MIKE-DRIFT del file *.choice che rappresenta il reticolo idrografico. In corrispondenza della griglia è individuata la sezione di chiusura con le sue rispettive coordinate.

Per quanto riguarda il bacino dell'Aspio sono stati determinati diversi sottobacini, chiusi alle rispettive sezioni individuate, e distintamente sollecitati con gli eventi di pioggia sintetici costruiti. L'indicazione delle sezioni di chiusura per il calcolo dell'idrogramma con MIKE-Drift e di input per la modellazione idrodinamica con MIKE11 è riportata nella seguente figura



Si riporta un esempio di idrogramma ottenuto per il tratto d'asta del Medio Aspìo per un tempo di ritorno 50 anni



7 CONCLUSIONI

Per la modellazione idrologica del bacino del fiume Aspio è stata condotta la taratura del parametro geomorfologico AS^k , per i vari tratti presi in esame tramite la quale si è individuato il valore di soglia che meglio approssima le condizioni morfologiche del territorio in esame; esso risulta pari a 10.000. Per quanto riguarda la fase di taratura dei parametri cinematici questa è stata effettuata utilizzando i dati storici a disposizione.

Stabiliti tutti i parametri di input al modello afflussi – deflussi, si è proceduto alla valutazione delle portate al colmo di piena per i tempi di ritorno di previsti nel progetto alle sezioni di chiusura delle tratte analizzate.

BIBLIOGRAFIA

- F. Delogu, *Identificazioni di rete idrografiche con l'ausilio di modelli digitali ad alta definizione*, 2002.
- Regione Marche, Giunta Regionale. *L'ambiente fisico delle Marche: geologia, geomorfologia, idrogeologia*. SELCA srl., 1991.
- Regione Marche – CIMA, *Gli strumenti operativi di monitoraggio e previsione idrologica sul bacino dell'Aspìo*. 2007
- Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Web site at <http://www.gndci.cnr.it/>
- Relazione VAPI – Rapporto Toscana, Emilia, Marche, CNR-GNDCI, 1994.
(<http://caronte.gndci.cs.cnr.it/GNDCI/Vapi.htm>)
- Bras, R.L., *Hydrology, an Introduction to Hydrology Science*, Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
- Kottegoda, N.T., R. Rosso, *Probability and Reliability for civil and environmental Engineers*, Mc Graw – Hill International Edition Civil Engineering Series, 1997.
- Rodriguez – Iturbe, I., M.Marani, R. Rigon, A. Rinaldo, *Self-organized river basin landscape: Fractal and multifractal characteristics*, Water Resour. Res., 30(12), 3531 - 3539, 1994.
- G. Roth, P. La Barbera, M. Greco, *On the description of the basin drainage structure*, J. Hydrol., 187, 119 - 135, 1996.
- Giannoni, F., G. Roth, and R. Rudari, *A Semi - Distributed Rainfall - Runoff Model Based on a Geomorphologic Approach*, Physics and Chemistry of the Earth, 25/7-8, 665-671, 2000.
- Giannoni, F., Roth G., and Rudari, R., *A procedure for drainage network identification from geomorphology and its application to the prediction of the hydrologic response*, Advances in Water Resources, 28, 6, 567-581, 2005.
- Mc Cuen, R.H., *A guide to hydrologic analysis using SCS methods*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, INC, 1982.
- Rossi F., Fiorentino M., e Versace P.; *Two component extreme value distribution for flood frequency analysis*, Water Resources Research, 20(7), 847-856, 1984.
- Fiorentino V., Gabriele S., Rossi F., e Versace P., *Hierarchical approach for regional flood frequency analysis*, in V. P. Singh (eds), Regional flood frequency analysis, 35-49, D. Reidel, Norwell, Mass, 1987.
- Versace, P., Ferrari, E., Gabriele, S. and Rossi, F. (1989) *Valutazione delle piene in Calabria*, IRPI-CNR, Geodata, Cosenza.
- G. Boni, C. Messori, M. Morando, F. Siccardi *L'Uso del Vapi in Meteorologia*, 2002

ALLEGATO 2_A – Curve di Possibilità Pluviometriche bacino Aspìo, luglio 2008, Regione Marche