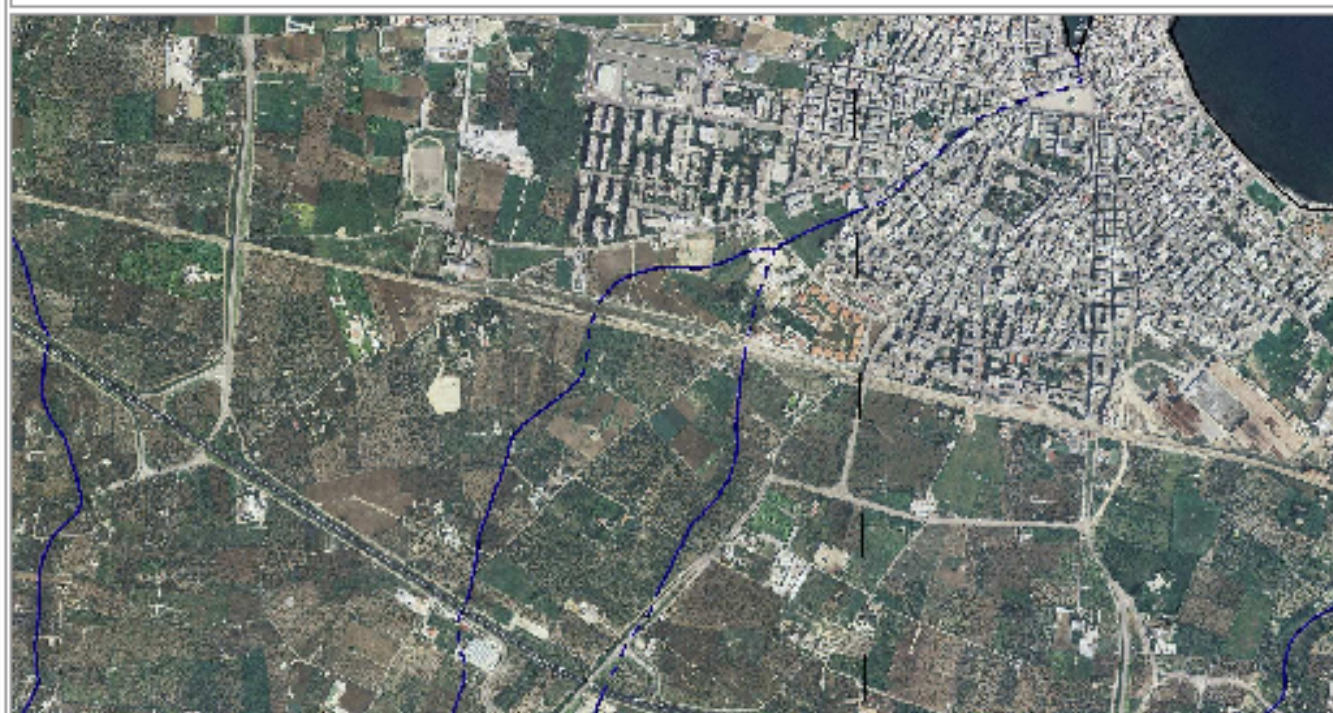




COMUNE DI GIOVINAZZO

(Prov. di Bari)

STUDIO E RILIEVO PROPEDEUTICI ALLA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA IN AREE OGGETTO DI PIANIFICAZIONE ESECUTIVA IN ATTO



APPROVAZIONE

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Arch. Vincenzo TURTURRO

PROIBITAZIONE

Ing. Giuseppe VELLUZZI

Geom. Salvatore NASCENTE

MODIFICAMENTI	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO DA
1	giugno 2010	Stesura principale	geom. Salvatore Nascente
2			
3			
4			
5			

DATA

TAVOLA

ELABORATO

Giugno 2010

SCALA

ST.01

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

INDICE GENERALE

1.	Premessa	3
2.	Inquadramento dell'area oggetto dello studio in relazione agli aspetti morfologici ed idrografici presenti sul territorio	4
3.	Analisi morfologica e individuazione dei bacini scolanti	7
4.	Analisi idrologica	16
5.	Analisi Pluviometrica	17
6.	Applicazione dei modelli afflussi-deflussi	24
7.	Analisi idraulica.....	29
8.	Simulazione idraulica	37
9.	Scelta dei limiti di rappresentazione delle aree di allagamento.....	48
10.	Effetto al suolo della simulazione condotta – Perimetrazione a diversa pericolosità idraulica proposta.	51
11.	Reticolo Idrografico: le direzioni preferenziali dei deflussi di piena nelle aree indagate	54
12.	Considerazioni conclusive.....	55

1. PREMESSA

Il presente studio viene redatto al fine di individuare le aree a diversa pericolosità idraulica, che si verificherebbero a seguito di eventi meteorologici di particolare intensità, in grado di generare fenomeni di allagamento e di transito delle piene in corrispondenza dei reticoli idrografici individuati dall'Autorità di Bacino della Puglia che in parte interessano l'abitato di Giovinazzo sino allo sbocco a mare.

La complessità dello studio svolto ha dato luogo allo sviluppo di più fasi che vengono nel seguito elencate:

Fase Preliminare

- Indagine conoscitiva preliminare dell'area di esame;
- individuazione ed analisi del reticolo idrografico;
- delimitazione dei bacini idrografici;
- attività di campo e ricognizione dei luoghi;
- individuazione preliminare delle principali criticità presenti sul territorio studiato;
- acquisizione dei dati geometrici e topografici delle sezioni di interesse sull'area oggetto di studio.

Analisi Idrologica

- Applicazione della Metodologia VAPI;
- definizione delle curve di possibilità pluviometrica;
- Implementazione dei modelli afflussi-deflussi;
- calcolo degli idrogrammi di piena nelle sezioni oggetto di studio;

Analisi Idraulica

- Implementazione del modello idraulico;
- modellazione idraulica e valutazione delle grandezze idrodinamiche delle piene di riferimento;
- descrizione delle criticità individuate;

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA OGGETTO DELLO STUDIO IN RELAZIONE AGLI ASPETTI

MORFOLOGICI ED IDROGRAFICI PRESENTI SUL TERRITORIO

L'area oggetto del presente riguarda la porzione del territorio comunale di Giovinazzo che, nella nuova carta idrogeomorfologica redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia, è caratterizzata dalla presenza di due aste del reticolo idrografico che, attraversando la SS16 prima e la linea Adriatica delle Ferrovie dello Stato, giunge sino al centro abitato di Giovinazzo e sbocca poi a mare.

Si precisa sin da ora che i reticoli che in questa relazione vengono studiati in merito alla loro potenzialità di deflusso idraulico **non risultano individuati in nessun'altra precedente cartografia** (carta IGM 1:25000 o CasMez 1:5000) tuttavia si condivide la rispondenza dei percorsi idraulici individuati dall'AdBP, tenuto conto della scala di lavoro per cui la carta idrogeomorfologica è stata redatta, percorsi che sicuramente le acque seguirebbero se non ci fosse la **presenza di interventi antropici che ne determinano, invece la sostanziale deviazione**. Infatti la **presenza dell'abitato di Giovinazzo** che ha di fatto obliterato gli impluvi, la **presenza della linea ferroviaria** più a monte che costituisce un primo sbarramento al deflusso delle acque e, soprattutto, la **presenza del rilevato della SS16** (privo di tombini di attraversamento) che costituisce la principale causa della deviazione delle acque, si pongono come ostacoli sostanziali, ormai acquisiti e imm modificabili, a quello che è il percorso idraulico individuato dall'Autorità di Bacino.

Lo studio qui condotto si pone l'obiettivo oltre che di individuare i percorsi idraulici di deflusso più aderenti alla realtà dei luoghi, anche quello di individuare i livelli di pericolosità idraulica per proporre un'integrazione al PAI.

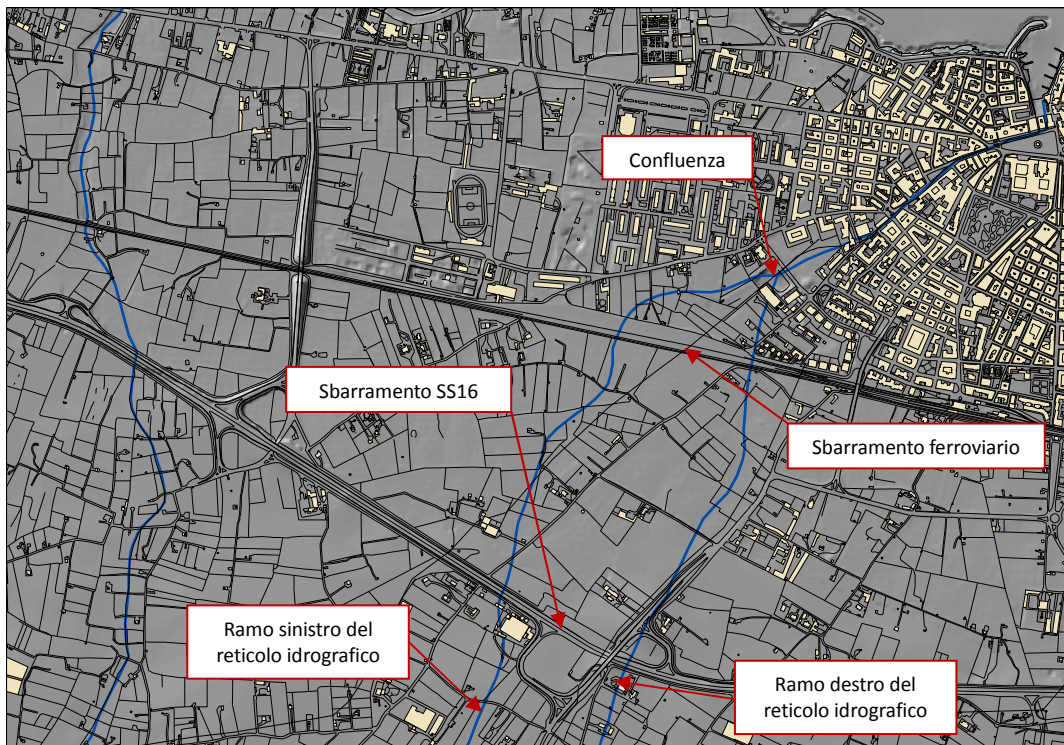
Le due aste del reticolo idrografico dell'AdB, oggetto del presente studio, provenendo da monte, superano l'Autostrada A14 e confluiscono all'interno del centro abitato di Giovinazzo. Dall'analisi dell'orografia superficiale dei percorsi idraulici, effettuata con l'ausilio di software GIS di ultima generazione, e dal confronto della morfologia riscontrata rispetto a quella della lama di Castello, si evince una netta differenza in quanto quest'ultima risulta notevolmente più solcata rispetto alle due aste del reticolo che, invece, sembrano degli impluvi, in alcuni tratti, appena accentuati. Questa condizione è nettamente verificata se si procede all'analisi dei bacini contribuenti che risultano di entità non trascurabile ma non estremamente elevata soprattutto se si considera il ramo in destra idraulica il cui bacino contribuente è di poco superiore ai 2 km².

Le valutazioni idrauliche del presente studio vengono condotte simulando la propagazione delle piene con riferimento ad un domino di calcolo bidimensionale partendo a valle dell'autostrada in una

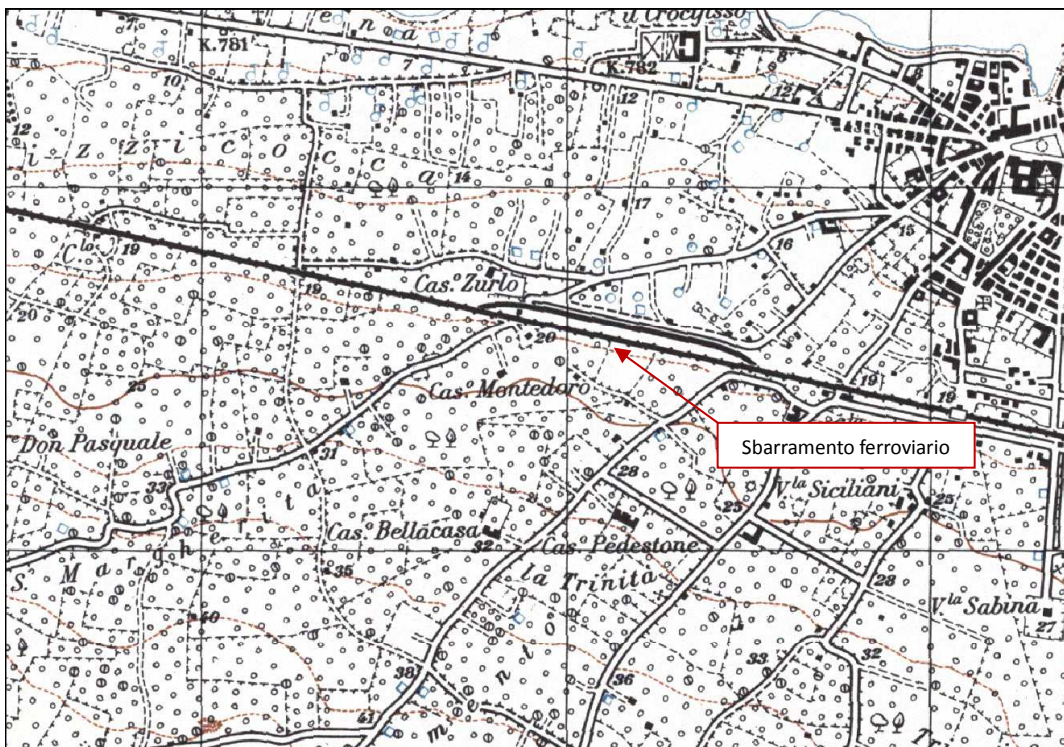
sezione sufficientemente a monte della SS16, in modo da poterne valutare gli effetti di sbarramento.



Inquadramento dell'area di intervento su ortofoto con indicazione del reticolo idrografico riportato sulla Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia.



Inquadramento dell'area di intervento su CTR 1:5000



Inquadramento dell'area di intervento su IGM 1:25000. Si nota l'assenza di linee blu indicanti il reticolo idrografico oggi riportato nella carta idrogeomorfologica della Regione Puglia.

3. ANALISI MORFOLOGICA E INDIVIDUAZIONE DEI BACINI SCOLANTI

L'approccio utilizzato per affrontare e risolvere le problematiche oggetto del presente studio parte da un'analisi a scala di bacino dei processi idrologici ed idraulici determinati dagli eventi meteorici estremi i cui effetti al suolo sono fortemente influenzati dallo stato dei luoghi, sia per l'aspetto della geomorfologia degli stessi sia dal punto di vista della loro destinazione d'uso.

Al fine di giungere a determinazioni che abbiano un riscontro attendibile rispetto alla realtà dei luoghi, è evidentemente necessario ricostruire, nella maniera quanto più dettagliata possibile, la conformazione degli stessi che si andranno ad analizzare partendo da un esame a scala di macrobacino e via via aumentando sempre più il dettaglio dell'indagine.

Il Modello Digitale del Terreno

Nel presente studio, al fine di ricavare un modello digitale del terreno sufficientemente dettagliato, si è fatto riferimento ai seguenti dati cartografici disponibili:

- Cartografia IGM in scala 1:25000;
- Nuova Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:5000;
- Rilievo di dettaglio dell'area di interesse realizzato per il presente studio;
- Ortofoto.

La base di partenza per l'ottenimento dei bacini idrografici, grazie alle moderne tecnologie disponibili, è sicuramente il modello digitale del terreno. Quanto più il modello digitale del terreno approssima il reale andamento morfologico dei luoghi, tanto più simile alle situazioni reali saranno le determinazioni rinvenienti dall'analisi morfologica. Il livello di dettaglio del modello digitale del terreno è strettamente legato al tipo di "dato grezzo" di partenza ovvero maggiore è il livello di dettaglio della cartografia disponibile migliore sarà la qualità del modello digitale del terreno da essa derivato.

Nel caso in esame si può certamente affermare che il numero di elementi disponibili è congruo per una analisi approfondita ed esaustiva dei livelli di pericolosità idraulica presenti, nello specifico il rilievo topografico di dettaglio ha consentito, oltre ad incrementare la densità di quote al suolo disponibili, di acquisire tutti quegli elementi quali, fabbricati, recinzioni, ecc., che intersecano il percorso idraulico dei deflussi di piena.

L'elaborazione di tutti gli elementi suddetti ha permesso di ricostruire il Modello Digitale del Terreno. Il Modello Digitale del Terreno (DEM) è una rappresentazione tridimensionale georeferenziata della regione oggetto di studio.

I DEM possono essere di tipo Grid o di tipo TIN (Triangulated Irregular Network). I DEM sotto forma di Grid, grazie alla distribuzione uniforme di informazioni e alla possibilità che essi danno di trattare i dati direttamente in forma matriciale, sono preferibili rispetto ai TIN.

In tutti i modi al fine di generare una procedura standard di acquisizione dei dati e della loro elaborazione, si rende necessario un controllo preliminare sulla qualità delle informazioni di partenza per la loro utilizzazione successiva.

Per un'analisi geomorfologica del territorio, i dati di base relativi alle altimetrie possono essere elaborati per la generazione di un modello tridimensionale del territorio, tale da consentire analisi sulla morfologia della superficie.

In molti software commerciali come ARCINFO, sono disponibili varie procedure per la generazione del modello tridimensionale del terreno, che costituirà la base per successive elaborazioni ed analisi che prendano in considerazione non solo la localizzazione topografica dei punti ma anche la loro elevazione altimetrica: viene così generato un modello digitale del terreno che contiene una nuova informazione relativa alla quota.

La realizzazione del TIN parte dall'analisi dei punti quotati e delle curve di livello quotate in possesso. Grazie all'ausilio di specifici software è possibile elaborare i dati in modo da ottenere una superficie data da un'interpolazione di tipo lineare delle quote dei punti e delle curve di livello. Risulta ovvio come l'elaborazione effettuata su un numero di dati più fitti riduce sensibilmente l'approssimazione dovuta al tipo di interpolazione.

Ottenuto il TIN, utilizzando appositi algoritmi di conversione, è possibile passare al formato di rappresentazione matriciale o Grid. In alternativa, procedura adottata nel caso in esame, è possibile direttamente l'elaborazione dei dati topografici di partenza finalizzata alla restituzione del DEM formato Grid.

La modalità Grid permette di analizzare la superficie topografica in modo radicalmente più complesso rispetto alla modalità TIN. Come per ogni modulo di Arc/Info viene usata una modalità georelazionale per l'elaborazione dei dati geografici. La peculiarità sta nel fatto che nei Grid, l'elaborazione dei dati è basata sulla combinazione di un modello spaziale basato sulla suddivisione del territorio in porzioni quadrate di

dimensioni che possono essere scelte in base alle necessità di dettaglio richieste, dette celle, e un modello correlato di attributi associati; in questo caso si è scelto di lavorare con celle di 5m di lato per le elaborazioni morfologiche e 10m di lato per le simulazioni idrauliche descritte più avanti.

Le celle sono posizionate nello spazio in base all'andamento della superficie topografica, e contengono un valore che descrive le caratteristiche del territorio secondo tematismi scelti in base alle necessità di analisi. Tali valori costituiscono un vero e proprio database associato alle singole celle, permettendo di analizzare la variazione dei parametri in modo continuo lungo la superficie topografica.

I valori degli attributi delle celle di un grid possono essere quindi elaborati in modo matematico o statistico, o ancora raggruppati in classi di valori discreti, garantendo comunque in ogni elaborazione la corretta georeferenziazione dei valori.

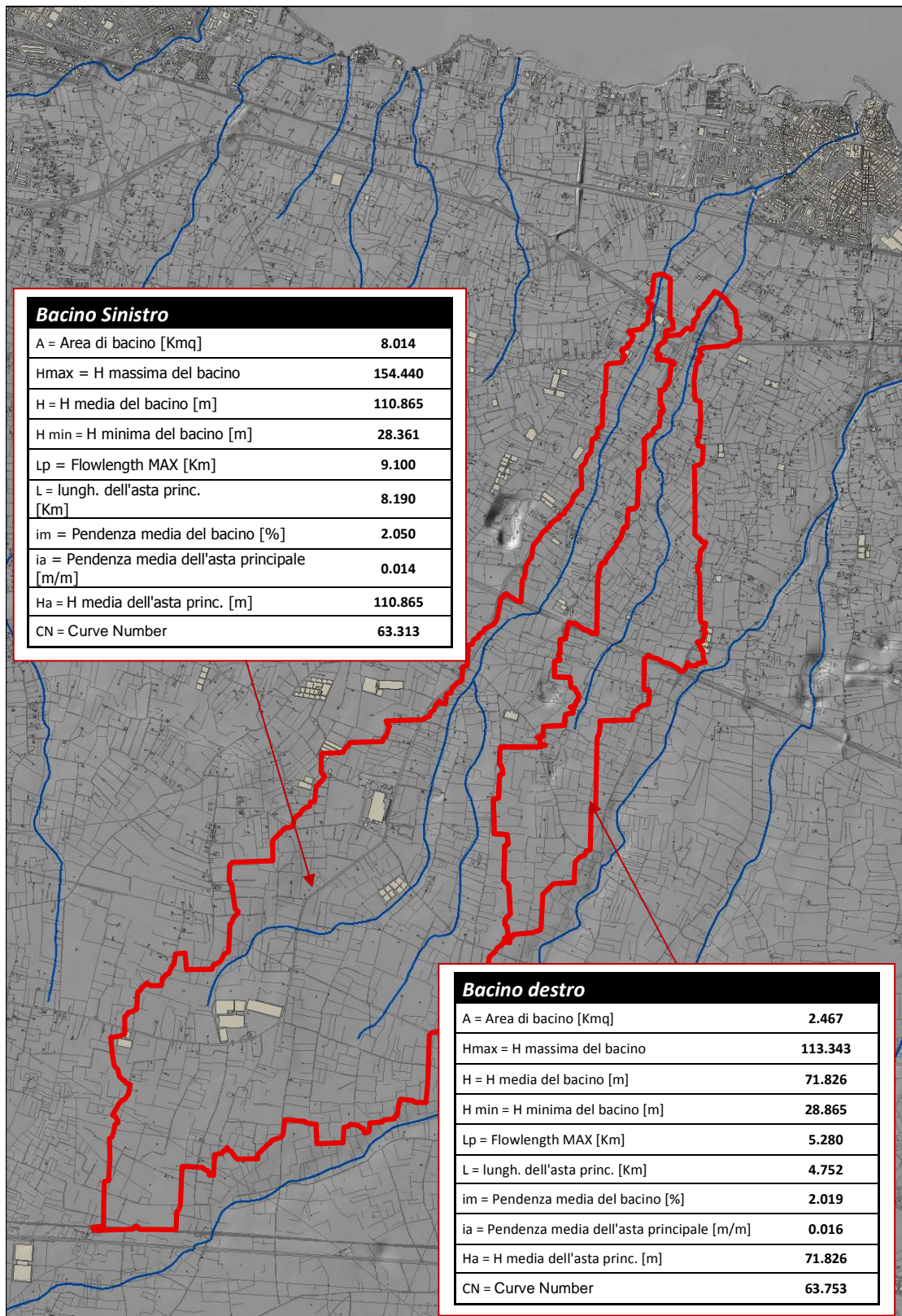
Individuazione dei Bacini scolanti e dei loro parametri caratteristici

L'individuazione del bacino scolante costituisce un passaggio fondamentale al fine di giungere alla determinazione delle portate al picco di piena. I parametri individuati da questo tipo di analisi costituiscono una parte dell'input dei modelli idrologici e idraulici applicati nel seguito. Per questo motivo è importante investire risorse sufficienti in modo da avere la maggiore certezza possibile sui risultati ottenuti.

La base dati principale sulla quale è basata l'analisi morfologica è rappresentata dal modello tridimensionale del terreno. Il modello del terreno, rappresentato nelle tre dimensioni, consente di effettuare valutazioni sull'altimetria dei luoghi, sulle pendenze, sul deflusso delle acque, ecc.; pertanto maggiore è la precisione del modello, intesa anche come densità di punti disponibili, e più attendibili sono le valutazioni che si possono fare.

Dall'analisi del modello digitale del terreno, determinato attraverso l'applicazione di software di elaborazione tipo GIS così come descritto nel paragrafo precedente, è stato possibile determinare il bacino idrografico afferente alla sezione di chiusura tirata in corrispondenza del sito di interesse per il presente studio e determinare le caratteristiche morfometriche di cui necessita l'elaborazione idrologica.

Il bacino determinato e le sue caratteristiche morfometriche ha fornito l'input per l'applicazione dei modelli di calcolo afflussi-deflussi che verranno descritti nei paragrafi successivi.



Rappresentazione dei bacini idrografici tributari alle sezioni di chiusura. Si nota come non si è considerata l'eventuale ostruzione determinata dall'Autostrada A14.

Bacino	Area kmq	Quota massima m	Quota media m	Quota minima m	Asta principale m	BASINSLP %
Sinistro	8.014	154.440	110.865	28.361	8190	2.050
Destro	2.467	113.343	71.826	28.865	4752	2.019

Caratteristiche fisiche dei bacini contribuenti

Calcolo del tempo di corrivazione

Altro parametro fondamentale che consente di identificare un primo aspetto del comportamento idrologico di un bacino è il tempo di corrivazione. Il tempo di corrivazione di un punto del bacino è il tempo necessario affinché la goccia d'acqua caduta in quel punto possa raggiungere, seguendo il percorso idraulico, la sezione di chiusura del bacino considerato. In un bacino il tempo di corrivazione massimo viene denominato tempo di corrivazione del bacino t_c , esso rappresenta il tempo che impiega la goccia d'acqua che cade nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura.

Per la determinazione del tempo di corrivazione esistono in letteratura scientifica svariate formule di natura per lo più empirica. Nel presente studio si è fatto riferimento alle relazioni elencate in tabella calcolando la media dei risultatti escludendo i valori estremi.

Per quanto riguarda la relazione del tempo di corrivazione di Viparelli si è considerata, una velocità variabile in funzione della pendenza media del bacino facendo riferimento alla seguente tabella.

Viparelli	Pendenza %	Velocità m/sec
	<6	1.0
	6 e 12	1.3
	12 e 18	1.5
	18 e 25	1.8
	>25	2.0

Fra le relazioni utilizzate quelle che nella pratica trovano maggior riscontro sotto l'aspetto delle applicazioni di questo tipo sono quelle di Giandotti, Viparelli e Kirpich. Considerato che l'approccio del Giandotti è esplicitamente rivolto a bacini di dimensioni variabili fra 170 e 70000 kmq e quello di Kirpich riguarda l'analisi di piccoli bacini americani, la formulazione razionale che appare più adatta al caso in esame risulta quella di Viparelli che, si ricorda, è stata sviluppata dall'analisi sperimentale su piccoli bacini pedemontani piemontesi ed è una delle poche ad avere un significato fisico oltre che empirico.

I tempi di corrivazione calcolati hanno dato la possibilità di arrivare al calcolo delle portate al picco di piena attraverso l'approccio razionale che sono state utilizzate come valori di confronto rispetto alla metodologia SCS-CN.

Formula	Bacino Sinistro	Bacino Destro
Giandotti	2.803	1.978
Tournon	0.988	0.529
Kirpich	1.887	1.174
Kirpich-Pezzoli	2.769	1.691
Turazza	3.072	1.704
Ventura	0.892	0.495
Pasini	0.968	0.545
Viparelli	2.275	1.320
Media	1.957	1.161

Tempi di corrivazione dei bacini determinati (i valori sono espressi in ore). La media è calcolata escludendo i due valori estremi.

Un discorso leggermente diverso vale per il tempo di corrivazione di riferimento del metodo SCS-CN, il quale verrà descritto nei paragrafi successivi.

Calcolo della suscettività al ruscellamento dei suoli del bacino secondo il metodo SCS-CN

Infine, fra le caratteristiche fondamentali da determinare per poter effettuare l'analisi idrologica, con specifico riferimento al metodo sviluppato dalla Soil Conservation Service, vi è il parametro "CN2" che individua, attraverso l'analisi geolitologica dei suoli del bacino, la capacità di risposta in termini di infiltrazione e ruscellamento a fronte di un evento di pioggia del bacino. Le caratteristiche geolitologiche sono state determinate facendo riferimento alla carta dei suoli redatta dall'IRSA CNR in scala 1:100.000, ed è stato possibile caratterizzare i suoli dal punto di vista della permeabilità secondo la classificazione SCS.

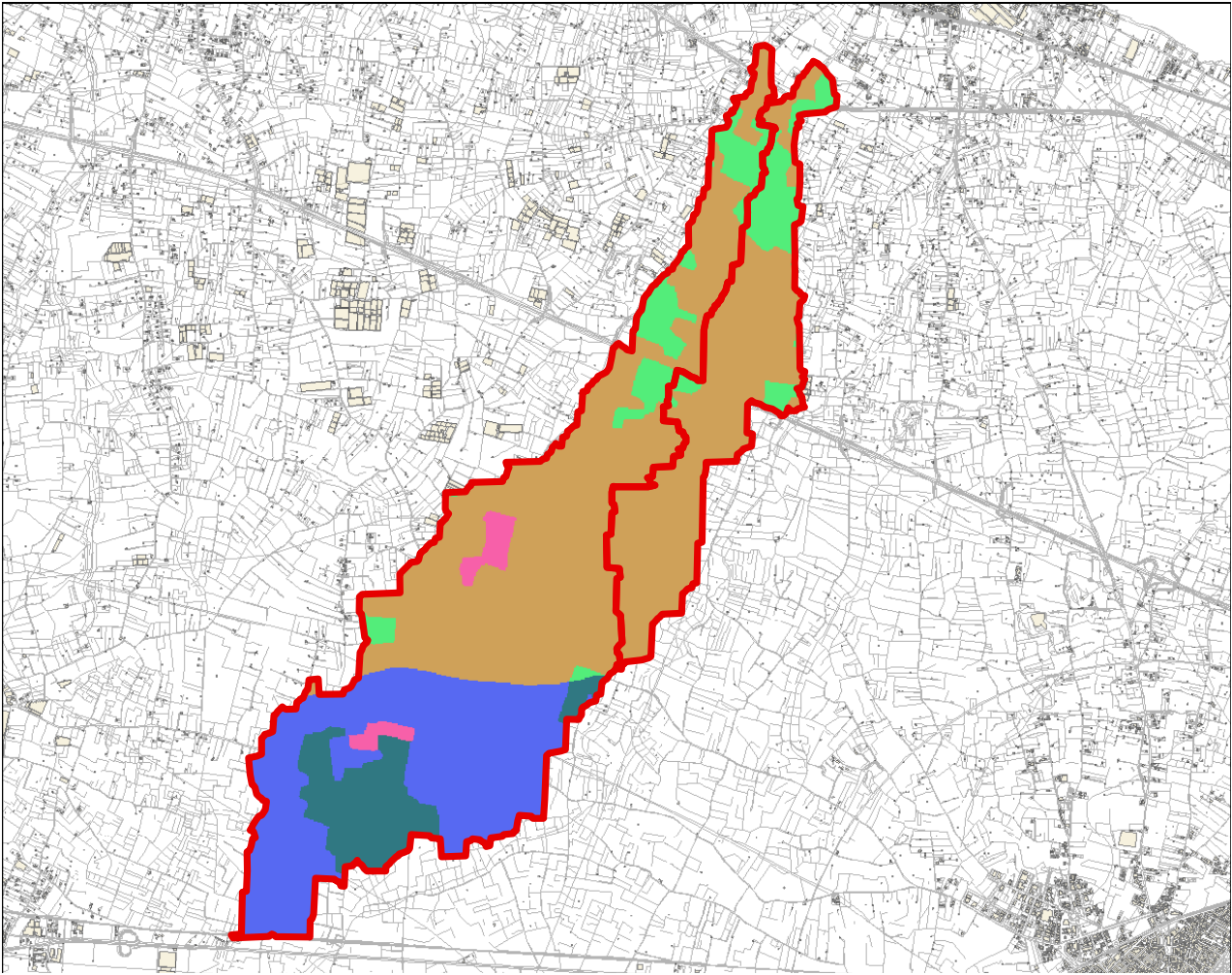
Gruppo A	Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde, con scarsissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
Gruppo B	Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
Gruppo C	Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
Gruppo D	Potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione.

Gruppi geolitologici

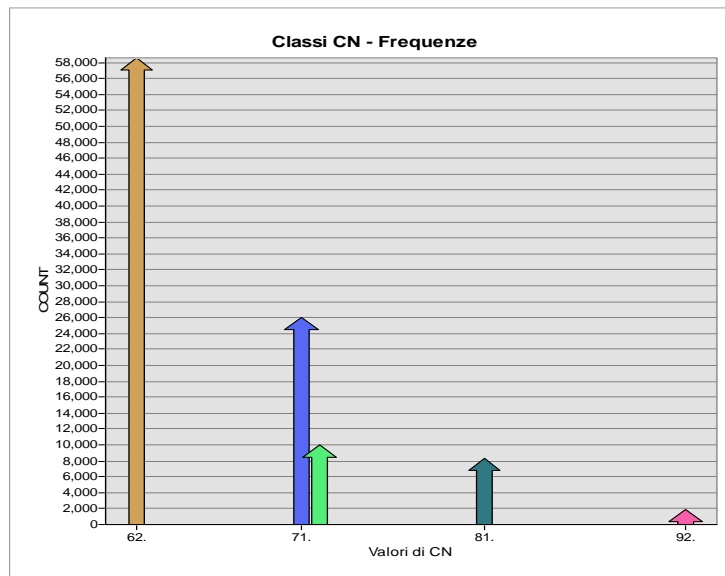
Nell'ambito delle differenti classi di permeabilità così individuate, attraverso un calcolo ponderale basato sui dati acquisiti dalla carta dell'uso del suolo, si distinguono e si individuano le classi di CN per ogni sottobacino analizzato. Nel caso in esame, come carta di uso del suolo, si è fatto riferimento allo studio ACLA condotto dal CHIEAM-BARI in cui sono state individuate le seguenti classi alle quali sono stati associati i parametri di CN riscontrati in letteratura scientifica.

Uso del Suolo	A	B	C	D
<ul style="list-style-type: none"> • Aree agricole con presenza di spazi naturali • Seminativi in aree non irrigue • Vigneti non irrigui • Colture temporanee associate a colture permanenti • Frutteti e frutti minori non irrigui 	62	71	78	81
Aree Urbane	92	92	92	92
Area residenziale	77	85	90	92
Bacini d'acqua	100	100	100	100
<ul style="list-style-type: none"> • Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo • Colture orticole a ciclo estivo autunnale/primaverile • Colture orticole a ciclo primaverile-estivo • Frutteti e frutteti minori irrigui • Oliveti irrigui • Sistemi colturali e particellari complessi • Vigneti irrigui • Sistemi colturali e particellari complessi • Vigneti irrigui 	72	81	88	91
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Zone Boscate	45	66	77	83

valori del CN in funzione del gruppo geolitologico e dell'uso del suolo



Rappresentazione delle classi del Curve Number dei bacini idrografici tributari alle sezioni di chiusura.



Classi CN presenti nei bacini individuati con la relativa percentuale di copertura.

Poiché lo studio è rivolto al calcolo delle portate di piena e considerato che in occasione di queste ultime è fondamentale la condizione di imbibimento del terreno, il metodo SCS-CN fa riferimento a tre diverse situazioni di umidità antecedenti all'evento considerato:

Classe AMC	Precipitazioni nei dieci giorni precedenti (mm)
I (Terreno secco)	0<P<50
II (Umidità media)	50<P<110
III (Terreno da mediamente umido a saturo)	P>110

classi AMC (Antecedent Moisture Conditions)

I valori di CN corrispondenti alle classi AMCI e AMCIII si determinano dal valore del CN relativo alla classe AMCII applicando le seguenti relazioni:

$$FI = 0,3 + 0,00636CN \quad \text{valida per } 20 \leq CN \leq 95$$

$$FIII = 3,4212 - 1,1999 \log CN$$

Bacino	BASINCN
Sinistro	63.313
Destro	63.753

Valori del CN II per i bacini determinati

4. ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica risulta di importanza fondamentale per il prosieguo dello studio in quanto consente di determinare le portate di ingresso, nelle sezioni di chiusura, che verranno indicate più avanti, da utilizzare come input nel modello di calcolo idraulico descritto nel paragrafo successivo. In relazione a questo caso, vista la particolarità dei modelli idraulici che verranno descritti nel seguito, il dato di ingresso deve necessariamente essere l'idrogramma di piena in quanto l'analisi idraulica è condotta in moto vario.

Per l'analisi idrologica, così come riportato nella normativa vigente sulla difesa del suolo, è possibile far riferimento allo studio sulla Valutazione delle Piene (VAPI) che riguarda la Puglia effettuato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del CNR, conformemente al DPCM del 29/09/1998 e alla Relazione di Piano allegata al PAI approvato con delibera n.39 del 30/11/2005.

Nel VAPI l'analisi idrologica è basata sulla legge di distribuzione statistica TCEV (Rossi et al. 1984); la peculiarità di questo modello è quella di riuscire a considerare anche gli estremi idrologici, che sono di fatto gli eventi che inducono un livello di pericolosità più elevato, riconducendosi al prodotto di due funzioni di distribuzione di probabilità tipo Gumbel, una che riproduce l'andamento degli eventi ordinari e l'altra che riproduce l'andamento degli eventi eccezionali.

L'analisi idrologica effettuata viene affrontata effettuando le seguenti valutazioni:

- Analisi pluviometrica;
- Applicazione dei modelli afflussi-deflussi;

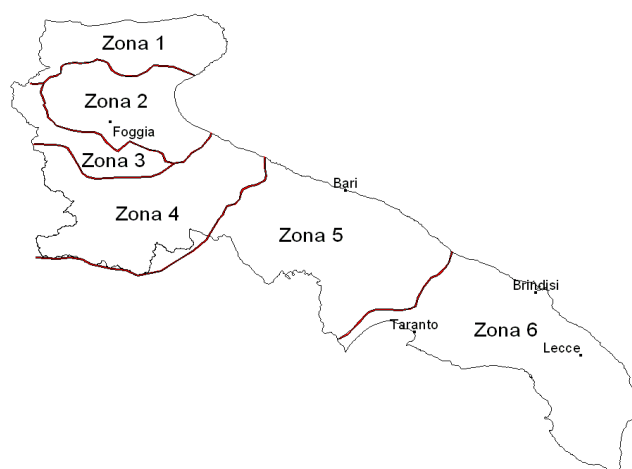
5. ANALISI PLUVIOMETRICA

Al fine di calcolare gli idrogrammi di piena da utilizzare come input nei modelli di calcolo idraulici è necessario, in prima battuta, stabilire gli ietogrammi di pioggia che consentiranno di applicare i modelli afflussi-deflussi per la determinazione delle portate di piena. Per questo motivo è necessario effettuare un'analisi statistica degli eventi piovosi verificatisi in passato che, attraverso l'analisi di un campione significativo di dati storici, consente di determinare le Curve di Possibilità Pluviometrica (CPP) dalle quali si determina lo ietogramma di pioggia.

Per far fronte alle indicazioni dell'Autorità di Bacino della Puglia, in linea tra l'altro con la normativa nazionale, in questo studio viene applicata la metodologia di analisi riportata nel VAPI Puglia, fondata sulla funzione di distribuzione di probabilità (fdp) TCEV che verrà brevemente descritta nel seguito.

La TCEV ha la caratteristica di conferire al modello idrologico maggiore flessibilità e capacità di adattamento alle serie di dati disponibili, tuttavia occorre disporre di una serie storica di dati sufficientemente lunga per non incorrere in errori di campionatura. Per ovviare a questo problema il GNDCI ha messo a punto una procedura di *regionalizzazione* (Beran et al. 1986) che ha permesso di determinare i parametri della TCEV su tutto il territorio pugliese estendendo, in questo modo, la lunghezza delle serie storiche.

In Puglia la procedura di regionalizzazione ha individuato 6 zone omogenee la cui individuazione è rappresentata nella figura seguente.



zone omogenee della Puglia

Le relazioni che regolano ognuna delle sei zone sono le seguenti:

$$\begin{aligned}
 \text{Zona 1: } & x(t,z) = 26.8 t^{[(0.720+0.00503 z)/3.178]} \\
 \text{Zona 2: } & x(t) = 22.23 t^{0.247} \\
 \text{Zona 3: } & x(t,z) = 25.325 t^{[(0.0896+0.00531 z)/3.178]} \\
 \text{Zona 4: } & x(t) = 24.70 t^{0.256} \\
 \text{Zona 5: } & x(t,z) = 28.2 t^{[(0.628+0.0002 z)/3.178]} \\
 \text{Zona 6: } & x(t,z) = 33.7 t^{[(0.488+0.0022 z)/3.178]}
 \end{aligned}$$

In particolare i bacini analizzati ricadono nella **zona omogenea numero 5**.

Pertanto, conformemente al DPCM 29/09/98 ed a quanto previsto dalla relazione di piano del PAI, si è provveduto a calcolare la CPP mediante l'applicazione della metodologia VaPi¹ (Valutazione Piene); tale nota applicazione si basa, come detto, sulla regionalizzazione dei dati pluviometrici attraverso una FDP di tipo TCEV (two components extreme value).

Per i massimi annuali delle precipitazioni giornaliere, è stato quindi adottato il modello di regionalizzazione basato sull'uso della distribuzione di probabilità TCEV (legge di distribuzione di probabilità del Valore Estremo a Doppia Componente), che rappresenta la distribuzione del massimo valore conseguito, in un dato intervallo temporale, da una variabile casuale distribuita secondo la miscela di due leggi esponenziali, nell'ipotesi che il numero di occorrenze di questa variabile segua la legge di Poisson (Rossi e Versace, 1982; Rossi et al 1984). Il modello proposto ammette, che le due componenti quella straordinaria e quella ordinaria appartengano a popolazioni diverse, tuttavia interferiscono tra loro seguendo un processo poissoniano. Il processo individua una variabile X che rappresenta il massimo valore in una certa durata D, di una variabile casuale Y distribuita secondo la miscela di due esponenziali (Y1 e Y2) con funzione di probabilità cumulata (CDF):

$$F_Y(y) = [Y \leq y] = p(1 - e^{-y/\Theta_1}) + (1-p)(1 - e^{-y/\Theta_2}); \quad Y \geq 0 \quad 0 < p \leq 1$$

dove gli indici 1 e 2 si riferiscono alla componente ordinaria e straordinaria e p indica la proporzione della prima componente nella miscela.

Il numero di occorrenze K, cioè il numero di superamenti della variabile Y, in una durata D, è distribuito secondo la legge di Poisson con parametri uguali a Λ_1 e Λ_2 tali che:

¹ Da **rapporto sintetico** sulla Valutazione Piene redatto dal CNR-GNDCI, a cui si rimanda per ogni opportuno approfondimento e confronto (<http://caronte.gndci.cs.cnr.it/GNDCI/rapporti/Bari.htm>)

$$\Lambda = \Lambda_1 + \Lambda_2 = E[Kt]$$

in cui Λ rappresenta la funzione parametro del processo, espressa come la media dei superamenti. Ipotizzando che Y_1 e Y_2 siano distribuite esponenzialmente con valori medi:

$$\Theta_1 = E[Y_1] \quad \Theta_2 = E[Y_2]$$

l'equazione diventa:

$$F_{kt}(k) = \exp [-\Lambda_1 \exp(-k/\Theta_1) - \Lambda_2 \exp(-k/\Theta_2)]$$

che definisce la distribuzione TCEV.

La probabilità p_2 che un certo valore della X provenga dalla componente straordinaria è espresso dalla relazione:

$$p_2 = -\Lambda_*/\Theta_* \sum_{j=0}^{\infty} (-1)^j / j! \Lambda_*^j \Gamma(j+1/\Theta_*)$$

nella quale Γ è la funzione speciale e:

$$\Theta_* = \Theta_2/\Theta_1, \quad \Lambda_* = \Lambda_2/(\Lambda_1^{1/\Theta_*})$$

Se si dispone di un campione $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ della variabile X (massimo annuale delle Y) osservato in n anni, la stima dei parametri della distribuzione può essere effettuata utilizzando le serie dei massimi annuali applicando il metodo della massima verosimiglianza (ML).

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria (G), quindi risultano costanti i due parametri Θ_* e Λ_* ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione, e quindi il parametro Λ_1 che da esso dipende (secondo livello di regionalizzazione). Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di probabilità della X e le caratteristiche morfologiche. In particolare si nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento.

L'analisi condotta per l'intero territorio pugliese suggerisce la presenza di una unica zona omogenea di primo livello (cioè caratterizzate dalla costanza di Θ_* e Λ_*), comprensiva di tutte le stazioni della Puglia, e di due sottozone omogenee al secondo livello.

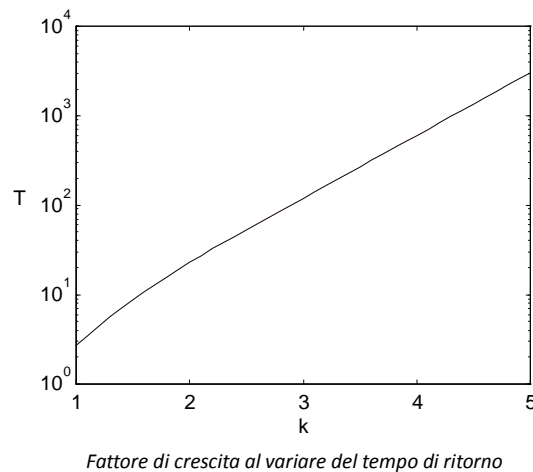
L'analisi regionale dei dati di precipitazione al primo e al secondo livello di regionalizzazione è

finalizzata alla determinazione delle curve regionali di crescita della grandezza in esame. In particolare per utilizzare al meglio le caratteristiche di omogeneità spaziale dei parametri della legge TCEV (CV e G), è utile rappresentare la legge $F(Xt)$ della distribuzione di probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata Xt come prodotto tra il suo valore medio $\mu(Xt)$ ed una quantità KT, t , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno T e della durata t , definito dal rapporto:

$$K_{t,T} = X_{t,T} / \mu(Xt) \quad (a)$$

La curva di distribuzione di probabilità del rapporto (a) corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali, in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i tre parametri della TCEV.

E' possibile rappresentare graficamente la funzione $KT=KT(T)$ al variare del tempo di ritorno Tr ; si riporta nel grafico successivo tale legge di variazione.



In alternativa alle rappresentazioni grafiche delle curve di crescita, il valore di KT può essere ricavato direttamente in funzione di Tr attraverso una approssimazione asintotica (Rossi e Villani, 1995) della legge di crescita. E' utile sottolineare che l'uso di questa approssimazione comporta una leggera sottostima del fattore di crescita, con valori che sono superiori al 5% solo per $T < 40$ anni. La relazione è la seguente:

$$K_T = a + b \ln T \quad (1)$$

in cui :

$$a = (\Theta_* \ln \Lambda_* + \ln \Lambda_1) / \eta$$

$$b = \Theta_* / \eta$$

$$\eta = \ln \Lambda_1 + C - T_0$$

To è una funzione il cui valore è stato ottenuto grazie a un programma di calcolo iterativo.

Pertanto nella tabella seguente sono riportati i valori dei parametri a e b, e i relativi valori η e To, che consentono di determinare nella forma (1) le leggi di crescita relative all'area in esame:

Zona omogenea	a	b	To	η
Puglia centro-merid.	0.0183	0.6219	-0.8256	4.2673

Coefficienti utilizzabili per l'uso dell'espressione asintotica (1)

Le aree omogenee individuate al primo e secondo livello di regionalizzazione si parzializzano al terzo livello, nel quale si analizza la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica (Viparelli, 1964), per ciascuna stazione è stato possibile correlare il valore medio x_t dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$x_t = a \cdot t^n \quad (2)$$

essendo a ed n due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di curva di probabilità pluviometrica.

Si riporta la relazione tra l'altezza media di precipitazione al variare della durata, in dipendenza con la quota del sito oggetto dello studio:

$$x_t = a \cdot t^{\frac{(C \cdot h + D + \log \alpha - \log a)}{\log 24}} \quad (4)$$

dove:

a è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di x_1 relativi alle serie con $N \geq 10$ anni ricadenti nella zona omogenea;

$\alpha = x_g/x_{24}$ è rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e di durata t=24 ore per serie storiche relative ad uno stesso periodo di misura. Per la Puglia il valore del coefficiente α è risultato in pratica costante sull'intera regione e pari a 0.89.

C e D sono i coefficienti della regressione lineare fra il valore medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota del sito di riferimento.

I valori delle stime dei parametri sono riportati nel prospetto seguente:

α	a	C	D
----------	---	---	---

0.89	33.7	0.0022	4.1223
------	------	--------	--------

Valori delle stime dei parametri utilizzati nella relazione (4)

L'area di interesse del presente studio si inquadra, nell'ambito dell'area pluviometrica omogenee individuata nel territorio regionale, in **zona 5**; pertanto l'equazione da applicare è la seguente:

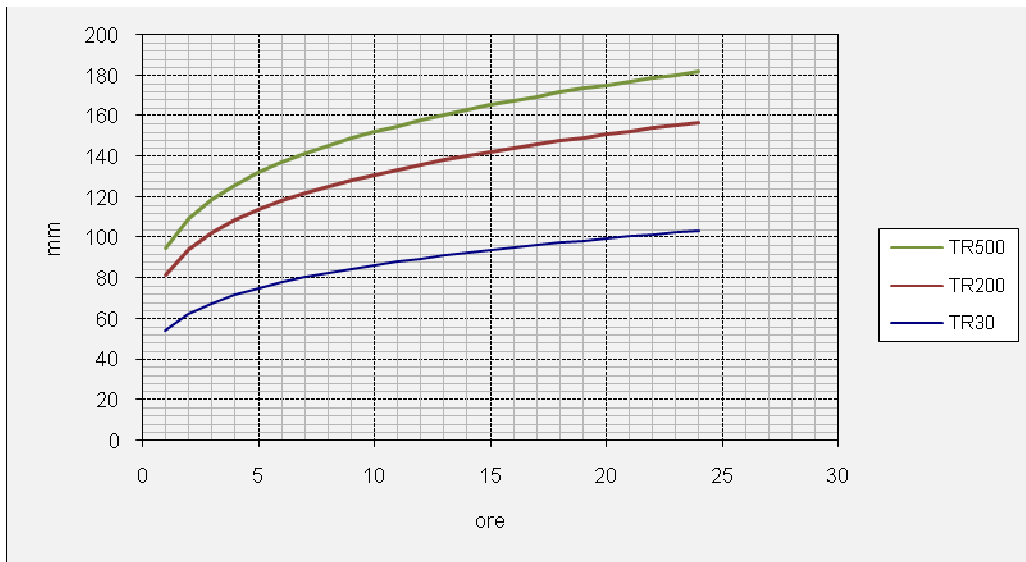
$$x(t, z) = 28.2 \cdot t^{\left(\frac{0.628+0.0002z}{3.178}\right)}$$

Tale equazione consente di valutare le altezze critiche per i differenti intervalli di precipitazione e per i vari tempi di ritorno prescelti, in funzione del solo parametro della quota assoluta sul livello del mare.

Ai valori così ottenuti, vanno applicati coefficienti moltiplicativi relativamente al Fattore di Crescita K_T (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni), ed al Fattore di Riduzione Areale K_A (funzione della superficie del bacino espressa in kmq, e della durata dell'evento di progetto espressa in ore).

Determinando i valori di x per piogge di durata variabile da 1 a 24 ore è possibile costruire le curva di possibilità pluviometrica per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

Nel seguito si riporta il grafico relativo alle tre CPP, riferite ai tre tempi di ritorno, per i bacini in esame; si inseriscono, inoltre, i valori dei parametri a ed n identificativi delle tre CPP.



Curve di Possibilità Pluviometrica per i tre tempi di ritorno di riferimento.

VAPI zona 5	a	n	a	n
TR30	54.058	0.205	54.058	0.202
TR200	81.696	0.205	81.696	0.202
TR500	95.044	0.205	95.044	0.202
Bacino	Sinistra		Destra	

valori dei parametri a ed n delle curve di possibilità pluviometrica per i bacini Sinistro e Destro

6. APPLICAZIONE DEI MODELLI AFFLUSSI-DEFLUSSI

METODO SCS-CN

Il metodo SCS trova ormai larga diffusione nell'ambito delle applicazioni tecniche di questo tipo per qualunque tipologia di bacino ed è ampiamente diffuso anche in Italia. Il metodo consente sia la semplice valutazione del volume della piena, o della sua portata al colmo, sia la ricostruzione dell'idrogramma. La stima dell'idrogramma di piena generato da un bacino, a seguito di una determinata precipitazione caratteristica, avviene attraverso l'analisi geomorfologica e di uso del suolo del bacino; l'idrogramma di piena viene valutato attraverso la preventiva acquisizione di diversi parametri tra cui quelli elencati nel seguito:

- CN (Curve Number);
- S grado di saturazione del terreno;
- IA (Initial Abstraction), grado di assorbimento iniziale del terreno;
- AMC (Antecedent Moisture Condition), grado di imbibizione precedente l'evento;
- TL (Time Lag), tempo di ritardo tra il centro del pluviogramma e quello dell'idrogramma;
- RL (Reach Lag), tempo impiegato dall'onda di piena per il trasferimento attraverso l'asta.

La metodologia si basa sull'ipotesi che sia sempre valida la seguente relazione:

$$\frac{V}{P_n} = \frac{W}{S}$$

con :

- V = volume di deflusso;
- P_n = Pioggia netta;
- W = volume idrico realmente invasato nel suolo;
- S = volume massimo che il suolo può immagazzinare.

La pioggia netta si può determinare sottraendo alla precipitazione totale il parametro *I_a* che tiene conto dell'accumulo di volumi idrici in superficie, dell'infiltrazione iniziale e superficiale nel suolo e dell'intercettazione operata dalla copertura vegetale.

In linea generale il valore di Ia può essere assunto, come è stato fatto per il presente studio secondo le indicazioni dell' SCS, pari a:

$$Ia = 0,2 S$$

Pertanto il volume di deflusso V può essere ricavato dalla seguente relazione:

$$V = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)}$$

La valutazione di S viene effettuata con l'ausilio della relazione seguente:

$$S = 25,4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

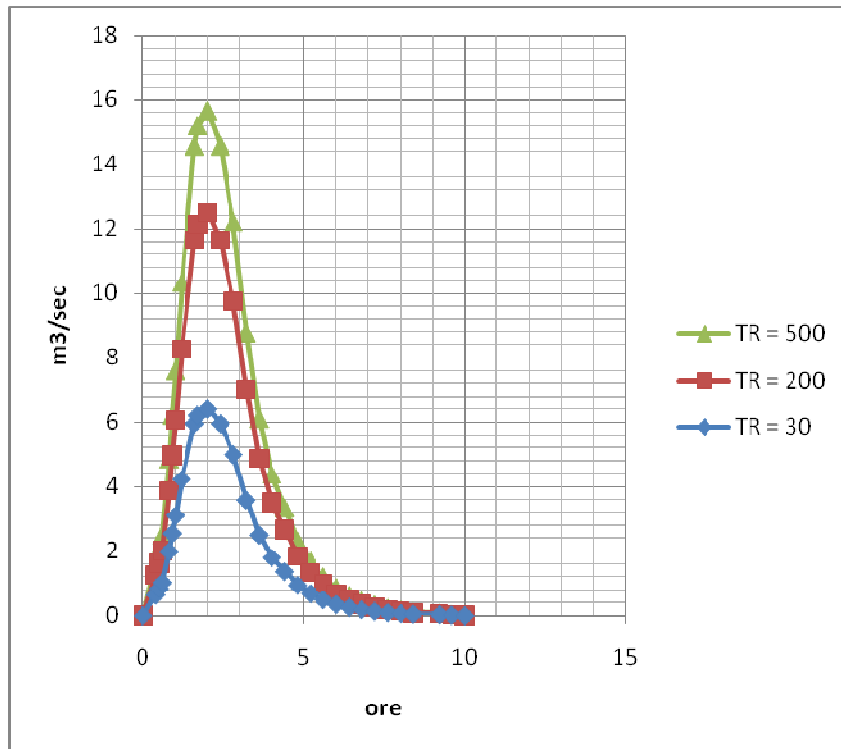
Il parametro CN è denominato Curve Number esso indica l'attitudine del bacino a produrre deflusso e si stima sulla base delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale. La stima del CN si effettua determinando il gruppo idrologico di appartenenza e, all'interno di ciascun gruppo, valutando la copertura d'uso del suolo; alle sottoclassi così determinate viene associato un valore di CN.

I valori del CN sono stati determinati per ogni sottobacino e sono quelli riportati in tabella nel primo capitolo del presente studio.

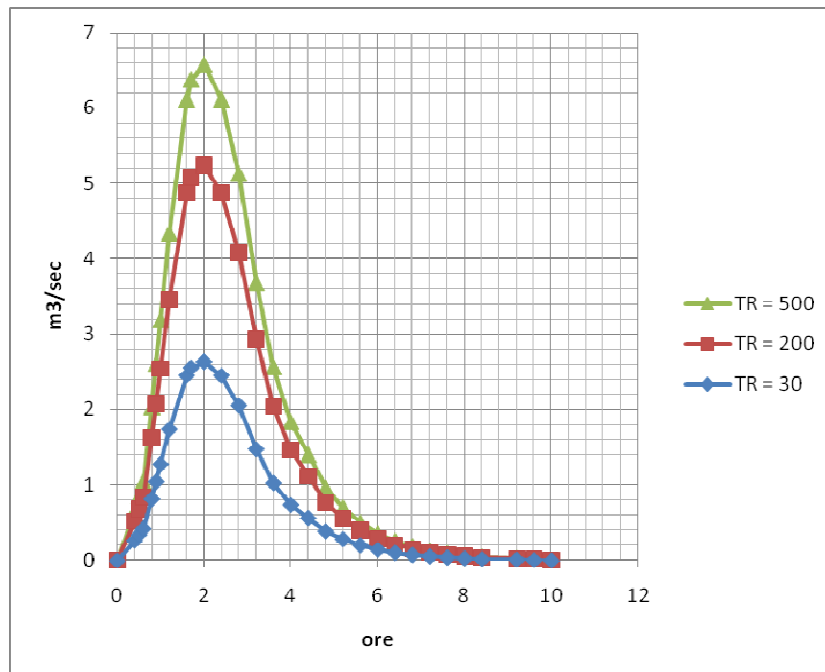
Nel presente studio, come ampiamente descritto nell'analisi pluviometrica, sono stati applicati i risultati rinvenienti dall'approccio VAPI. In questa analisi è stata ipotizzata una pioggia uniformemente distribuita sui bacini studiati, in funzione della zona omogenea considerata (zona 5), a cui è stato applicato uno ietogramma costante ricavato dall'analisi delle Curve di Possibilità Pluviometrica riferite ai tre tempi di ritorno di 30, 200 e 50 anni. Come già detto si è utilizzato uno $Ia=0,2S$, una condizione antecedente all'evento di tipo **AMC=III (CN3) e i dati di input sono stati ricavati dall'analisi morfometrica e pluviometrica descritte in precedenza.**

Calcolo degli idrogrammi di piena e delle portate al picco

L'applicazione del modello idrologico ha consentito di determinare gli idrogrammi di piena riferiti ad eventi con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni. Si è fatto riferimento all'approccio di Mokus per la costruzione dell'idrogramma di piena. Il tempo di pioggia caratteristico o tempo di corrivazione, come suggerito dalla SCS, è stato fissato pari a $T_p/0,6$, tempo in cui la portata esprime il valore massimo.



Idrogrammi di piena relativi ai tre tempi di ritorno prefissati calcolati in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino del ramo sinistro del reticolo studiato



Idrogrammi di piena relativi ai tre tempi di ritorno prefissati calcolati in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino del ramo destro del reticolo studiato

Nel seguito viene riportata la tabella delle portate al picco di piena per tutti i sottobacini individuati in funzione dei tre tempi di ritorno di riferimento.

Bacino	Q30	Q200	Q500
Sinistro	6.42	12.52	15.66
Destro	2.63	5.23	6.58

Portate al colmo di piena per ogni sottobacino in funzione dei diversi tempi di ritorno per ognuno dei due bacini

METODO RAZIONALE

La formula razionale consente la valutazione delle portate di piena mediante la seguente relazione:

$$Q_T = \frac{C \cdot i_t \cdot A}{3,6}$$

In cui:

- A = superficie del bacino in km²
- i_t = intensità critica della precipitazione con assegnato tempo di ritorno T in mm/ora
- C = coefficiente di deflusso
- 3.6 = fattore di conversione delle unità di misura che permette di ottenere la portata risultante in m³/sec

L'intensità critica della precipitazione i_t , fisicamente, è quella intensità costante di pioggia, supposta anche uniformemente distribuita, che determina la portata massima con assegnato tempo di ritorno.

L'intensità critica si deduce dalla curva di possibilità pluviometrica in corrispondenza di una pioggia di durata tale da avere il contributo areale massimo, alla sezione di chiusura, con la maggiore intensità. Nell'approccio razionale questa pioggia è quella che ha una durata pari al tempo di corrivazione del bacino, pertanto risulta:

$$i_t = \frac{h_{t_c}}{t_c}$$

Riguardo al coefficiente di deflusso, parametro fondamentale per la stima della portata al picco, si è

fatto riferimento alla carta geologica e alla carta dell'uso del suolo al 100.000 facendo riferimento al metodo SCS-CN precedentemente descritto effettuando il rapporto fra la pioggia netta e la pioggia totale in riferimento ad un evento con tempo di ritorno di 30 anni. La procedura adottata, in definitiva, ha dato luogo all'utilizzo di un unico coefficiente di deflusso fissato pari a **0,15**.

Per la relazione del tempo di corrivazione di Viparelli si è considerata, una velocità di 1 m/sec (dato l'andamento alquanto pianeggiante, l'elevato grado di assorbimento del terreno e la presenza di numerosi muretti a secco).

Dalle elaborazioni effettuate si è visto che i tempi di corrivazione, secondo le formulazioni descritte in precedenza, presentano diversi limiti. Alcuni sono esclusivamente dipendenti solo da alcune delle grandezze che regolano il fenomeno e, al variare del bacino e quindi dell'area contribuyente per esempio, il tempo di corrivazione resta grossomodo costante (Kirpich-Pezzoli, Ventura, Pasini). La formulazione di Giandotti è quella che ha un maggiore incremento in funzione dell'aumento dell'area contribuyente.

Confrontando i risultati ottenuti dall'applicazione della metodologia Razionale si evince una grossa variabilità di risultati in funzione della formulazione utilizzata, segno del fatto che il metodo è fortemente empirico e legato al bacino sperimentale a cui gli studiosi hanno fatto riferimento per determinare la formula. Questa metodologia, inoltre, ha lo svantaggio di lasciare troppa libertà riguardo all'individuazione del coefficiente di deflusso. I risultati ottenuti sono stati spesso irrealistici ed hanno fornito coefficienti udometrici non adottabili.

Viste le numerose incertezze legate a questo tipo di approccio si è ritenuto opportuno adoperare, per l'analisi idraulica, le portate al picco rinvenienti dall'applicazione del metodo SCS-CN, di gran lunga più stabile rispetto al metodo razionale. Inoltre, il metodo SCS-CN, considera un'approccio per la determinazione degli idrogrammi molto più rispondente alla realtà rispetto al classico idrogramma "triangolare" spesso adoperato per la formulazione razionale.

7. ANALISI IDRAULICA

Una volta definito il valore delle portate critiche, ovvero i picchi degli idrogrammi di piena relativamente a tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, nonché la forma degli idrogrammi di piena e il relativo *volume di piena*, grandezze determinate con il metodo SCS-CN così come descritto nei paragrafi precedenti, si è proceduto con la simulazione della propagazione delle piene in moto permanente al fine di individuare le aree inondabili.

L'output dello studio idrologico-idraulico, simulando tra gli altri eventi con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni consente di individuare la parte di territorio allagabile al fine di definire il livello di pericolosità: Alta, Media e Bassa.

Teoria del modello idraulico

L'analisi idraulica del reticolo analizzato nel presente studio, a causa della morfologia sub pianeggiante del territorio, dello stato di antropizzazione nelle aree di interesse, delle conseguenti incertezze nel poter unicamente definire una direzione preferenziale dei deflussi in maniera immediata, tenuto conto degli sbarramenti determinati dalla SS16, dalla linea delle Ferrovie dello Stato e, infine, da una parte della città di Giovinazzo, non può essere condotta facendo riferimento a software di propagazione delle piene lungo percorsi monodimensionali.

Al fine di poter stabilire e ricostruire le dinamiche di propagazione delle piene che arriverebbero, dato per scontato che ciò avvenga senza trovare ulteriori ostacoli lungo il percorso, a monte della SS16, tenendo conto delle eventuali deviazioni che le correnti idrodinamiche riceverebbero urtando contro gli ostacoli lungo il percorso, si è utilizzato un modello di propagazione delle piene in campo bidimensionale operando analisi idrauliche in moto vario. Il software utilizzato è il FLO-2D (*FLO-2D Software, Inc. – Arizona – USA*).

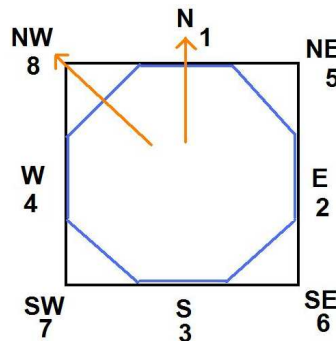
Il software studia la dinamica della modellazione della piena in condizioni di alvei incisi e di territori pianeggianti, modella la propagazione secondo due direzioni anziché una come i modelli monodimensionali. Di seguito si illustrano brevemente i contenuti del modello, rimandando ogni approfondimento, ai documenti presenti sul sito ufficiale (www.flo2D.com).

Il modello matematico del moto vario è quello che meglio si presta a descrivere la traslazione dell'onda di piena. La sua formulazione deriva dal sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali di De Saint Venant che, scritte nella forma ad una dimensione risultano le seguenti:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \text{equazione di continuità}$$

$$\frac{\partial y}{\partial x} + \frac{U}{g} \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} = i_f - J \quad \text{equazione dinamica}$$

dove y rappresenta il tirante idrico e U rappresenta la velocità media nella sezione in una delle otto direzioni del flusso della cella.



L'equazione di continuità, esprime il bilancio delle masse entranti ed uscenti da una generica cella invece l'equazione dell'energia, esprime, per quella medesima cella, il bilancio energetico. Questa è differenziata dal moto permanente per l'introduzione delle derivate parziali rispetto tempo. La portata è variabile sia nello spazio che nel tempo. Le perdite di carico sono basate sull'equazione di Manning.

Per il processo alluvionale le equazioni del moto in FLO2D sono applicate calcolando la velocità media di flusso attraverso il confine della griglia di calcolo una direzione alla volta delle otto potenziali disponibili come condizioni al contorno di queste otto, quattro sono nel verso ortogonale degli assi principali (Nord-est sud e ovest) e quattro in direzione diagonale (NE-SE-SW e NW). Ciascun calcolo di velocità è essenzialmente unidimensionale in natura e viene risolto indipendentemente dalle altre sette direzioni. La stabilità di questo schema numerico è basata su un rigido criterio per il controllo della misura della variabile computazionale del passo temporale.

La procedura di calcolo dell'algoritmo consiste in:

- calcolo dei parametri caratteristici idraulici (tirante, pendenza e Manning) sono mediati sul contorno tra i due elementi della griglia,

- Ogni cella è associata univocamente ad un valore di elevazione, un coefficiente di scabrezza di Manning ed un tirante idrico;
- il tirante idrico per il calcolo della velocità lungo i confini della cella è stimato dal precedente valore del timestep incrementato in maniera lineare con la formula di Manning;

$$d_x^{i+1} = d_x^i + d_{x+1}^i$$

- la prima stima della velocità è computata utilizzando l'equazione dell'onda diffusiva ($S_f = S_o - \partial h / \partial x$);
- il valore di velocità individuato viene utilizzato come primo valore per il metodo di Newton-Raphson (metodo delle tangenti) per la risoluzione dell'equazione dell'onda dinamica completa. Le velocità V nelle singole direzioni sono determinate separatamente;
- la portata in ogni singola direzione viene computata moltiplicando la velocità individuata con l'area della sezione idraulica corretta con un parametro che tiene conto della riduzione dovuta ad ostacoli (WRFs);
- Anche gli altri parametri idraulici sono mediati tra le celle adiacenti in direzione del flusso per calcolare la velocità, scabrezza, sezione bagnata, tirante e perimetro bagnato;
- L'incremento di portata nel passo temporale lungo le otto direzioni viene sommato e distribuito negli accumuli locali e successivamente trasformato in aumento di tirante idrico;

$$\Delta Q_x^{i+1} = Q_n + Q_e + Q_s + Q_w + Q_{ne} + Q_{se} + Q_{sw} + Q_{nw}$$

$$\Delta d_x^{i+1} = \Delta Q_x^{i+1} \Delta t / A_{surf}$$

- Il processo deve essere verificato se supera criterio di stabilità numerica senza il quale la simulazione è riportata all'istante precedente e aumentato il time step fino alla determinazione della velocità che soddisfa i criteri di stabilità:

Ossia: $\Delta t < \zeta S_o \Delta x^2 \div q_o$

dove:

Δt = Passo temporale

ζ = Coeffic. empirico ($0.10 < \zeta < 1.0$)

S_o = Pendenza del fondo

Δx = Dimensione della cella

q_o = Portata specifica per il canale

Implementazione del modello idraulico relativo al caso esaminato

1) RILIEVO TOPOGRAFICO:

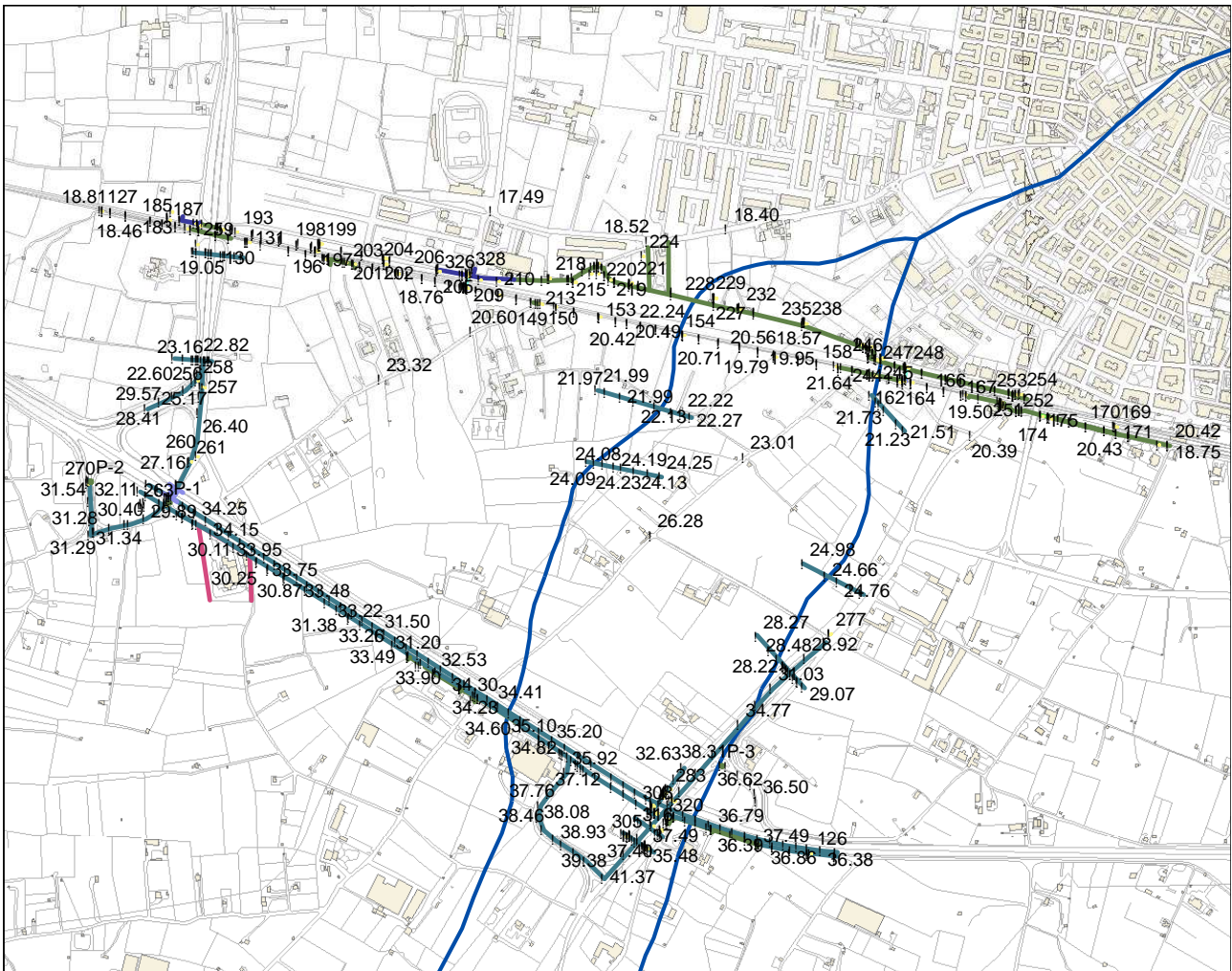
Allo scopo di poter eseguire i calcoli idraulici descritti nei paragrafi precedenti si è reso necessario un rilievo topografico di dettaglio con la finalità di rilevare, oltre che la geometria fondamentale del tratto di impluvi analizzati, tutte le particolarità riscontrate. Il rilievo, pertanto, ha consentito di determinare l'andamento planoaltimetrico degli impluvi, necessario per il suo studio morfologico. Il rilievo delle sezioni e/o punti quotati è stato effettuato con strumentazione GPS di alta precisione, con infittimento dei punti campionati dove sono state riscontrate:

- variazioni evidenti della geometria della sezione;
- variazione significativa della pendenza;
- infrastrutture di attraversamento (comprensivo del rilievo immediatamente a monte e a valle di ognuno di essi);
- Singolarità idrauliche o strutture di regimazione della piena quali briglie e soglie (comprensivo del rilievo immediatamente a monte e a valle di ognuna di esse);
- in assenza di quanto sopra, secondo una equidistanza variabile in funzione della conformazione planoaltimetrica del tratto di reticolo analizzato.

La morfologia dei luoghi è tale da non rendere apprezzabile ad occhio nudo un impluvio evidente. Questa condizione ha comportato l'esecuzione di un rilievo quanto più esteso possibile. La difficoltà è stata ancora più accentuata a causa della destinazione d'uso del territorio spesso inaccessibile.

Per questo motivo, al fine di effettuare valutazioni congrue con il tipo di fenomeno che questo studio vuole indagare, laddove si è reso necessario, è stato necessario integrare il rilievo effettuato facendo ricorso alla nuova CTR 1:5000 in modo da poter aver a disposizione quanti più elementi possibili da poter inserire nel domino di calcolo.

Particolare attenzione si è posta nel rilevare le quote della SS 16, comprensiva di sottopasso stradale, e della linea ferroviaria, comprensiva del rilievo dei muri perimetrali presenti.

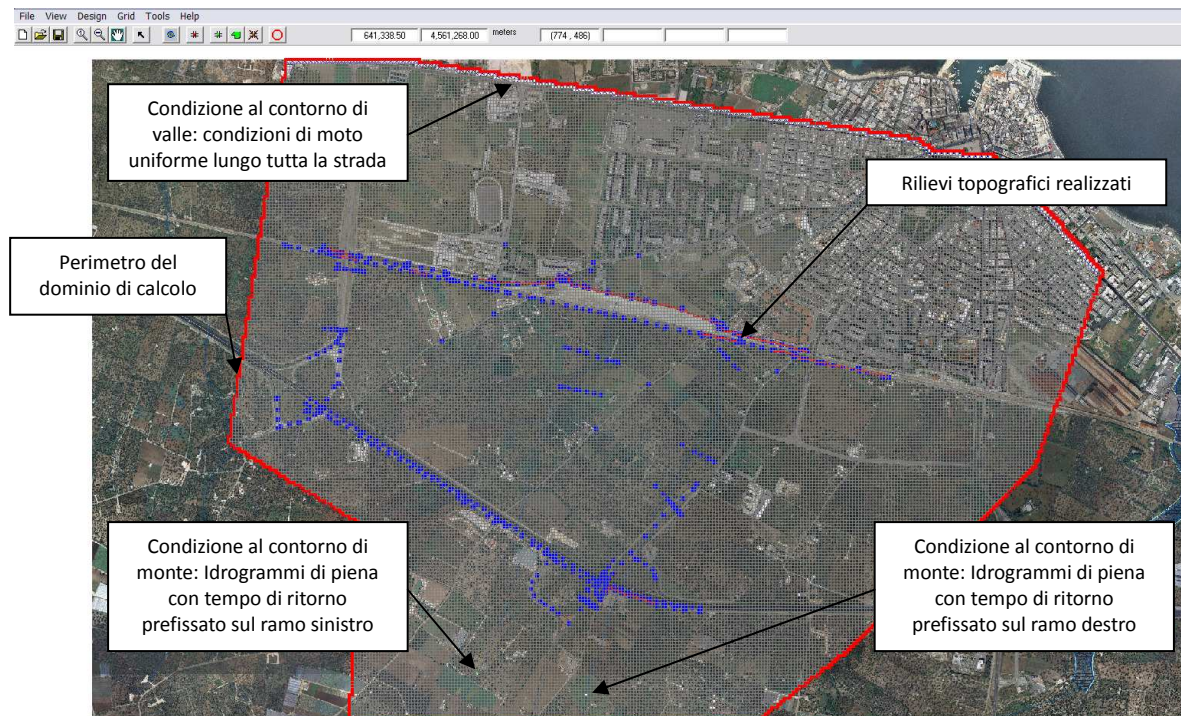


Rappresentazione dei punti rilevati

2) GEOMETRIA DEL MODELLO IDRAULICO:

Allo scopo di poter eseguire i calcoli idraulici si sono adottate le informazioni piano altimetriche disponibili dal DTM della cartografia ufficiale (CTR 1:5000) utilizzando le informazioni piano altimetriche disponibili in formato ASCII integrate con il rilievo topografico di dettaglio sopra descritto. Il DEM ricavato è stato processato attraverso il PREPROCESSING GRID DEVELOPER SYSTEM (GDS). Il GDS consente di elaborare il DEM inserendo tutti gli elementi necessari per la costruzione della geometria di calcolo. Il GDS opera su un grid di dimensione di cella predefinita, ovviamente la dimensione della cella è correlata alla stabilità del sistema in funzione del time-step di calcolo, delle condizioni al contorno, ecc. Nel caso in esame è stata utilizzata una griglia di calcolo la cui dimensione di cella è stata prefissata pari a 10 metri. La scelta è stata molto onerosa in quanto se si pensa all'elevato numero di "girate" necessarie per giungere ad una configurazione del fenomeno quanto più possibile aderente alla realtà dei luoghi e agli elevatissimi tempi di calcolo (30 ore in media per ogni girata), nonostante l'utilizzo di PC molto performanti. Si rimanda, per ogni

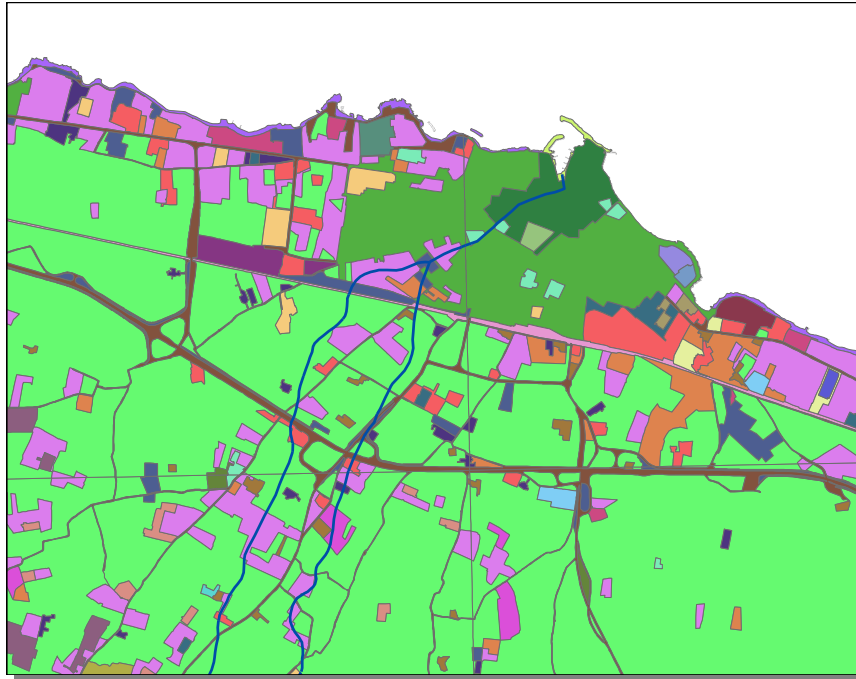
approfondimento relativo agli aspetti tecnici e alla teoria del modello idraulico, ai documenti presenti sul sito ufficiale dei produttori del software (www.flo2d.com).



Geometria del modello idraulico (planimetria) comprensiva delle sezioni rilevate e di quelle interpolate

Il confine del dominio è stato scelto in maniera tale da contenere il fenomeno di propagazione completamente al suo interno.



































Sono stati inseriti gli sbarramenti determinati dalla recinzioni in cemento poste in prossimità della SS16 e della Ferrovia attraverso i levee e la presenza di cancelli mobili inserendo un fattore di riduzione areale ($ARF = 0,8$). Le valutazioni sono state condotte a scabrezza variabile in modo da tener conto dell'effetto dell'uso del suolo sui fenomeni di propagazione. I dati di scabrezza sono stati desunti dalle mappe dell'uso del suolo rese disponibili dall'Ufficio Cartografico Regionale.



Mapa dell'uso del suolo e delle scabrezze di Manning

Legenda

coefficiente di scabrezza di Manning

 aree a pascolo naturale, praterie, incolti, 0.06	 insediamento degli impianti tecnologici, 0.9
 aree estrattive, 0.04	 insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati, 0.9
 aree portuali, 0.02	 insediamento in disuso, 0.9
 aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc), 0.9	 insediamento industriale o artigianale con spazi annessi, 0.9
 aree verdi urbane, 0.06	 reti ferroviarie comprese le superfici annesse, 0.03
 bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui, 0.8	 reti stradali e spazi accessori, 0.02
 campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows o simili, 0.9	 rocce nude, falesie e affioramenti, 0.03
 cantieri e spazi in costruzione e scavi, 0.08	 seminativi semplici in aree non irrigue, 0.06
 cespuglieti e arbusteti, 0.08	 sistemi colturali e particellari complessi, 0.06
 cimiteri, 0.9	 suoli rimaneggiati e artefatti, 0.02
 colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue, 0.8	 tessuto residenziale continuo antico e denso, 0.9
 colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue, 0.9	 tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso, 0.9
 colture temporanee associate a colture permanenti, 0.06	 tessuto residenziale continuo, denso recente, alto, 0.9
 frutteti e frutti minori, 0.08	 tessuto residenziale discontinuo, 0.9
 insediamenti ospedalieri, 0.9	 tessuto residenziale sparso, 0.9
 insediamenti produttivi agricoli, 0.9	 uliveti, 0.08
 insediamento commerciale, 0.9	 vigneti, 0.08

Legenda relativa alla mapa dell'uso del suolo e delle scabrezze di Manning

Nell'implementazione della geometria del modello NON si è tenuto conto della presenza dei piccoli tombini (piccole tubazioni), ove presenti, in quanto prive di continuità idraulica a valle (tombini ferrovia).

3) CONDIZIONI AL CONTORNO:

Nel caso in esame le condizioni a contorno di monte, inserite lungo i due rami del reticolo sufficientemente a monte della SS16, hanno riguardato i tre idrogrammi di piena (relativi ai tre tempi di ritorno di riferimento) per ognuno dei due rami di reticolo considerati.

Le condizioni al contorno di valle sono state inserite lungo la lunghezza dell'intero dominio, in quanto impossibile a priori stabilire il percorso dell'acqua vista la presenza degli sbarramenti delle infrastrutture a rete presenti, ed hanno riguardato la condizione di moto uniforme automaticamente determinata dal modello.

Si sottolinea che la modellazione idraulica è stata condotta per aree sensibilmente più a monte e più a valle rispetto alla parte di reticolo che si desiderava analizzare, pertanto l'influenza della scelta delle condizioni al contorno sulle sezioni del modello di cui vogliono rendersi note le grandezze idrodinamiche relative alle piene di riferimento, è praticamente nulla.

8. SIMULAZIONE IDRAULICA

Le simulazioni idrauliche, come detto, sono state condotte inserendo come input del modello, gli idrogrammi di piena relativi ai tre tempi di ritorno di riferimento (30, 200 e 500 anni), ed effettuando le elaborazioni in condizioni di moto vario. Le analisi idrauliche hanno consentito di ricavare, cella per cella, per ognuno dei tempi di ritorno studiati, una serie di grandezze idrodinamiche fondamentali per le valutazioni conseguenti tra cui la determinazione dei livelli di pericolosità idraulica connessi.

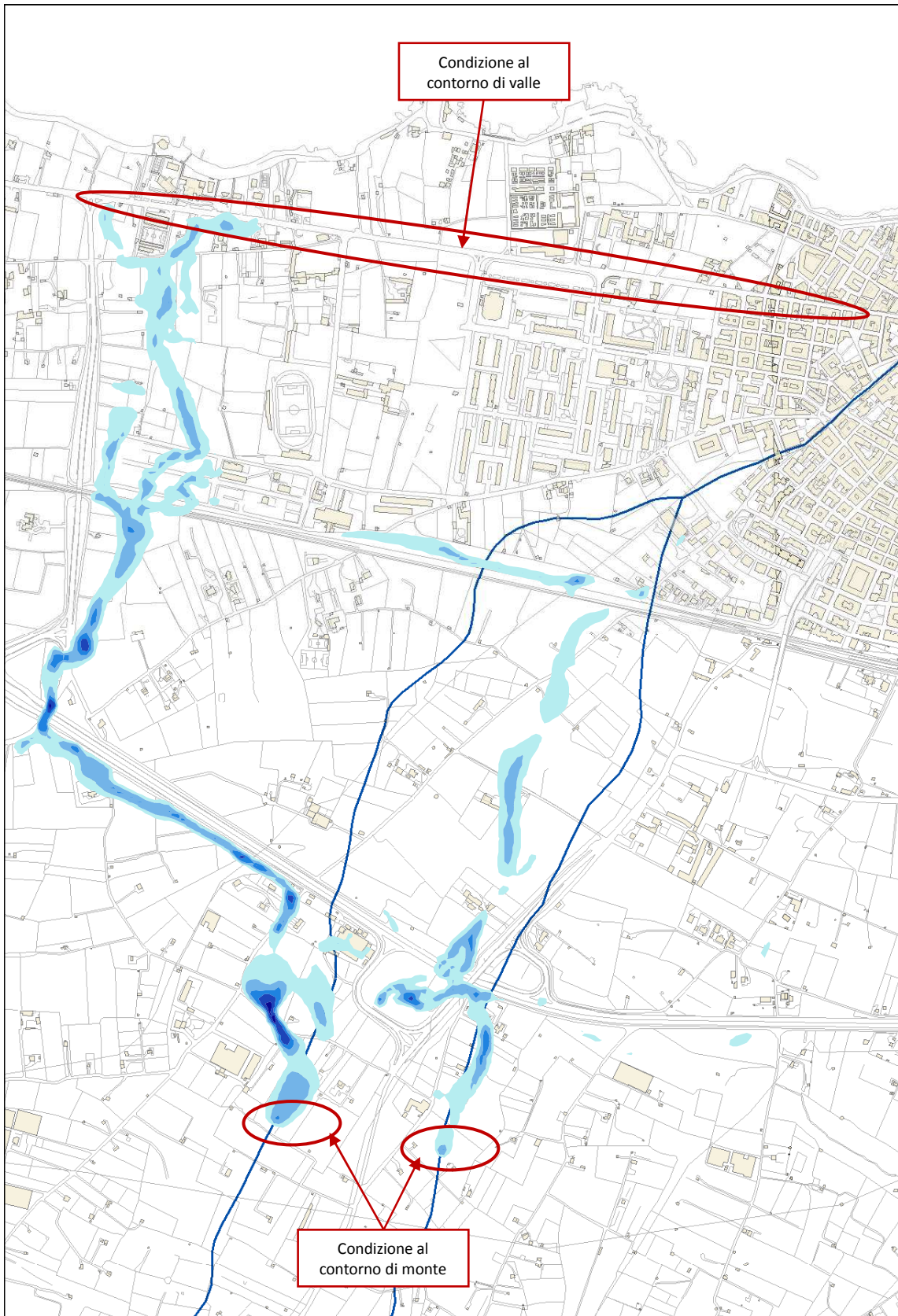
Alcune delle grandezze idrodinamiche ricavate, cella per cella, istante per istante e relative a i tre tempi di ritorno di riferimento sono:

- livello del tirante idrico;
- velocità della corrente;
- numero di Froude;
- spinta idrodinamica;
- pressione statica;
- energia specifica;

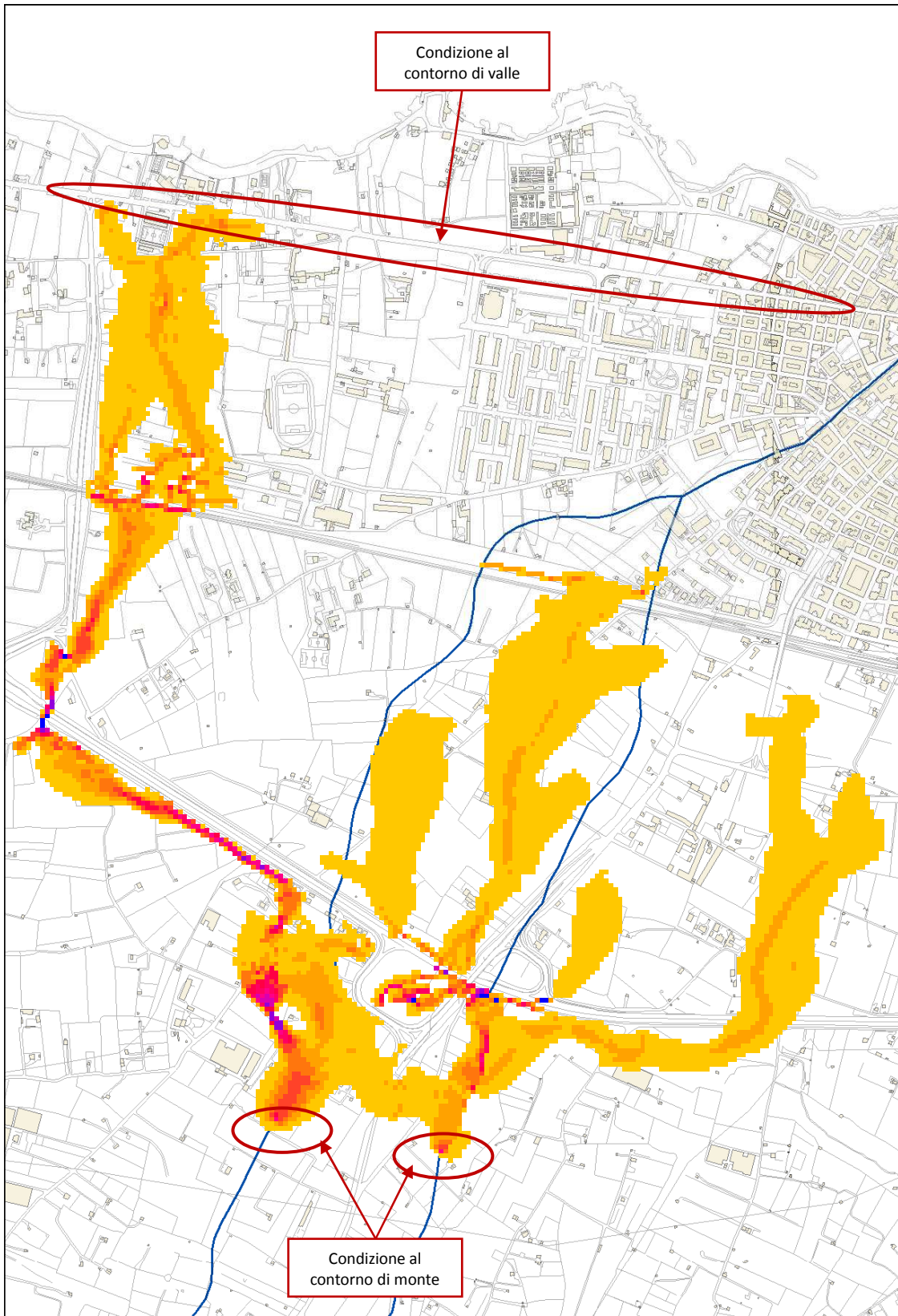
Nel caso in esame, in funzione dei risultati ottenuti dalle simulazioni effettuate, vengono estratte le seguenti mappe che riguardano l'andamento dei massimi temporali dei tiranti idrici, utilizzando una soglia minima di 10 cm, e l'andamento delle velocità. Elaborando una combinazione fra i valori di velocità e i valori del relativo tirante idrico, in funzione di un concetto che verrà esposta più avanti, verranno estrapolate le mappe delle pericolosità idrauliche in funzione dei tre tempi di ritorno di riferimento, 30, 200 e 500 anni.



Output dei tiranti idraulici relativi alla simulazione con TR=200. I valori dei tiranti variano da 0,1 metri (verde) a 2,8 metri (rosso).



Output delle velocità relative alla simulazione con TR=200. I valori delle velocità variano da un minimo di 0,3 m/sec (celeste) a 1.6 m/sec (blu).



Output dei valori della spinta idrodinamica relativi alla simulazione con $TR=200$. I valori delle variano da un minimo insignificante di $0,01 \text{ N/m}^2$ (giallo) ad un massimo (solo in zone molto limitate) di 2450 N/m^2 (rosso e poi blu).

Esaminando gli output descritti nelle figure sopra riportate, si possono effettuare alcune considerazioni di fondamentale importanza. Prima di tutto si evince come la presenza della SS16 costituisca un ostacolo estremamente significativo che ha di fatto completamente deviato i percorsi originari delle acque di piena.

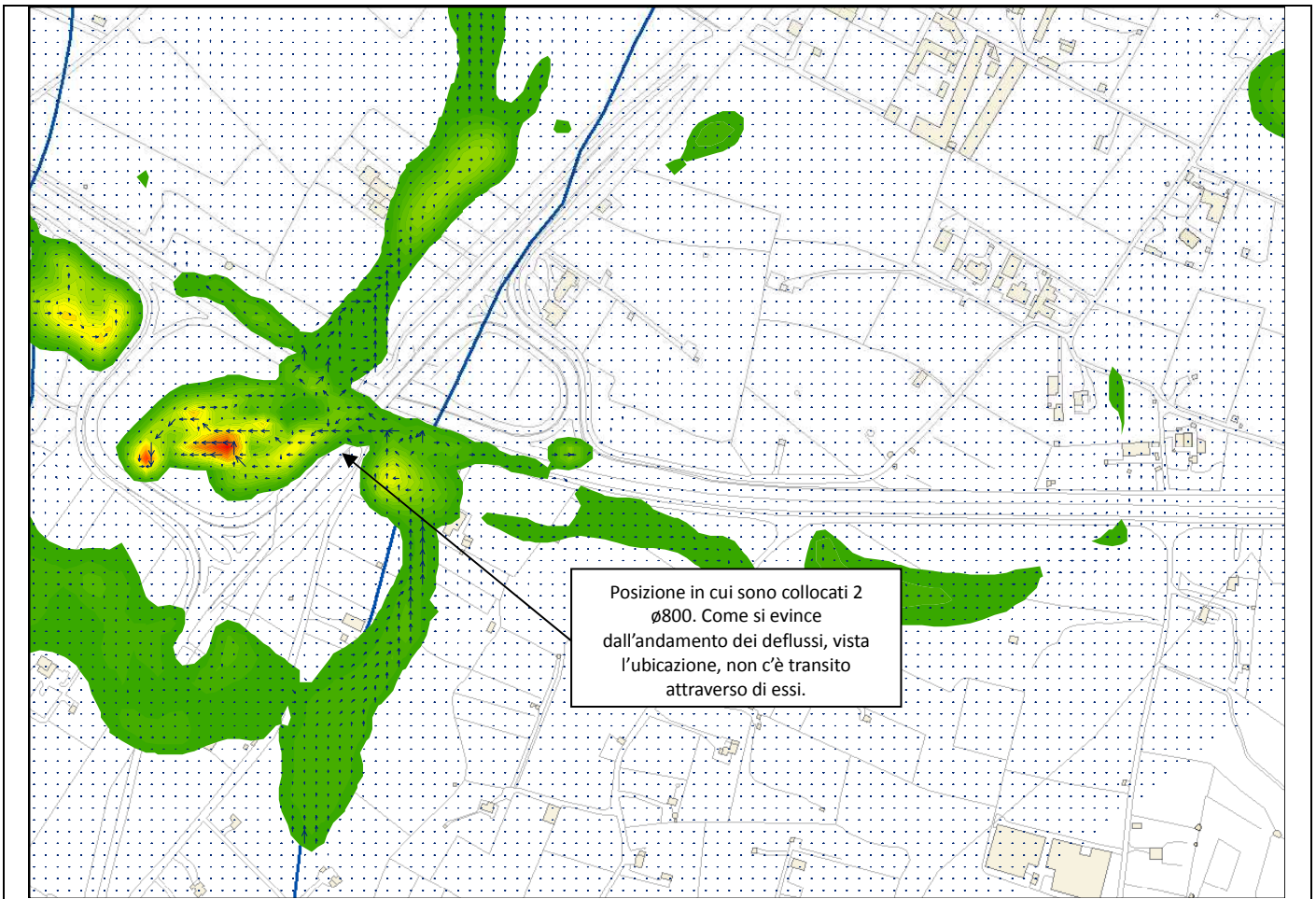
I deflussi provenienti dal ramo di destra, una volta sbarrati dal rilevato della SS16 e deviati in sinistra, riescono a sormontarlo subito dopo in quanto la livelletta stradale diviene leggermente più bassa. Tuttavia volumi considerevoli vengono invasati a monte del rilevato stradale. Un ulteriore sormonto degli stessi deflussi, anche se con entità minore, si verifica in destra.

Si è rilevata, inoltre, la presenza di due piccole tubazioni ($\varnothing 800$) poste lungo la provinciale numero 88, che non vengono interessate da alcun deflusso di piena vista la loro ubicazione.

Percorrendo il cavalcavia della SP88 verso valle, osservando il paramento di valle della SS16, si può notare un'altra piccola tubazione ($\varnothing 400$). In realtà quest'ultima non connette monte e valle ma serve per allontanare i deflussi della piattaforma stradale che, al centro dello spartitraffico, possiede una caditoia per il raccoglimento delle acque di pioggia ordinaria. Questi elementi, cautelativamente, non sono stati considerati nelle valutazioni.

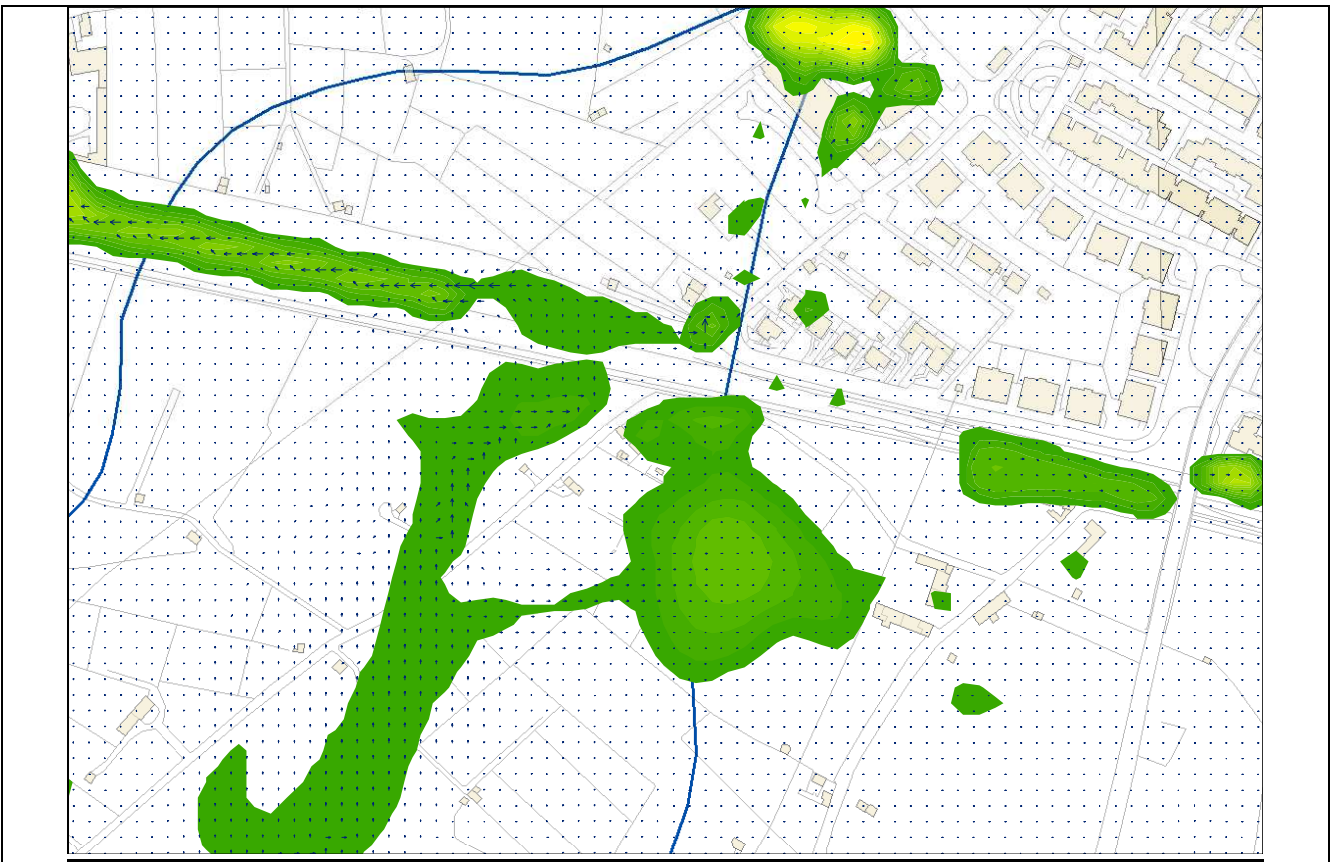


Nella prima foto è raffigurata la caditoia sulla piattaforma stradale che allontana le acque verso valle, attraverso la tubazione indicata nella seconda foto.



Indicazione dell'ostacolo determinato dalla SS16 rispetto al ramo in destra idraulica. Si nota come i due tubi posti sulla provinciale (ø800) siano ubicati in maniera non funzionale e i deflussi oltrepassano il cavalcavia verso sinistra passando al di sotto di esso. In blu sono indicati i vettori velocità la cui dimensione è proporzionale al valore di velocità massima registrato nel tempo in ogni cella.

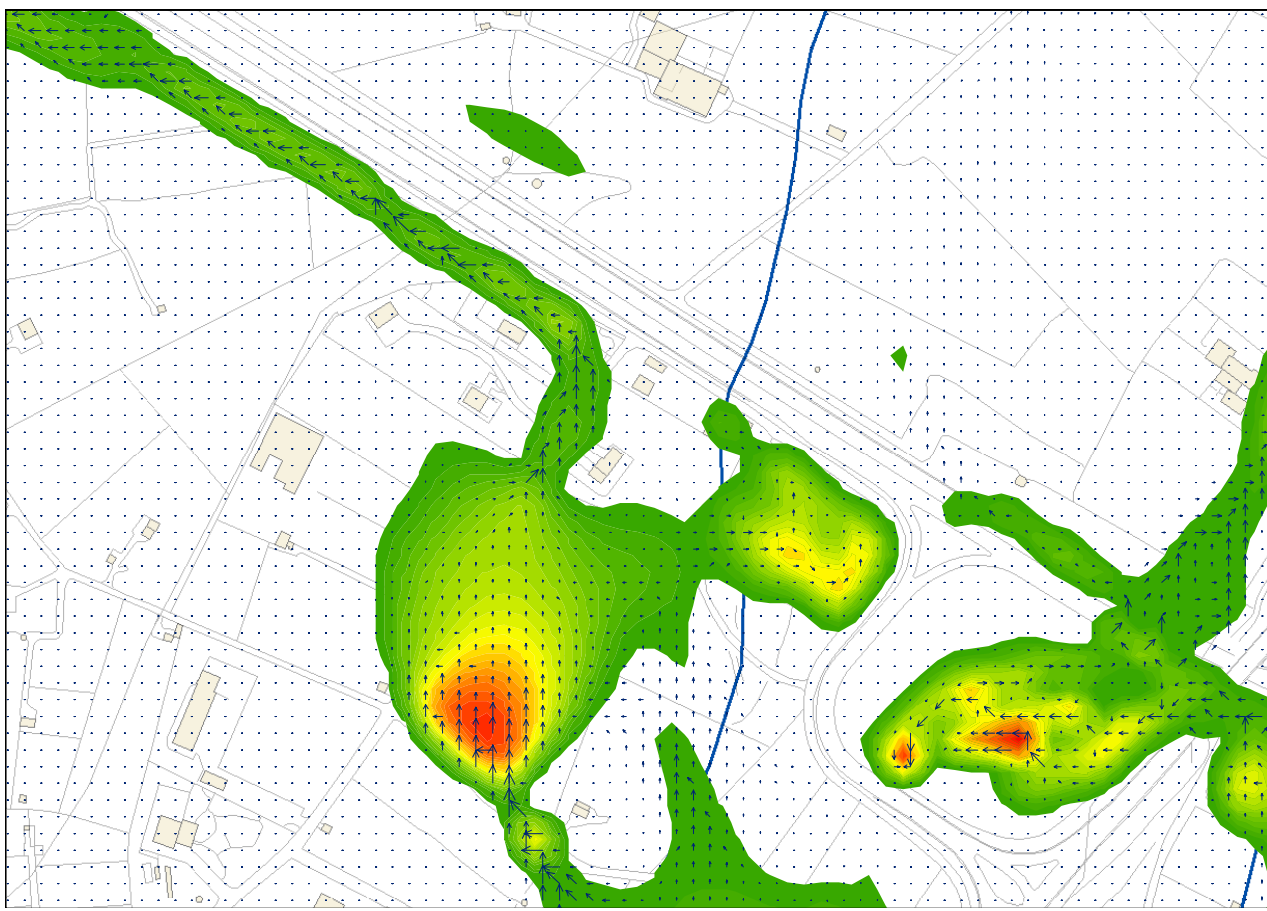
Proseguendo verso valle lungo il ramo destro, i deflussi incontrano lo sbarramento determinato dalla linea ferroviaria e dalle recinzioni ad essa adiacenti. L'acqua inonda e oltrepassa i binari e viene deviata nel terminal presente immediatamente a valle. Quest'ultimo presenta un cancello di grosse dimensioni che non è escluso possa ritenersi aperto durante il verificarsi dell'evento. Per questo motivo si è considerata una soluzione di continuità nella recinzione in corrispondenza del cancello considerando un fattore di resistenza dell'80%.



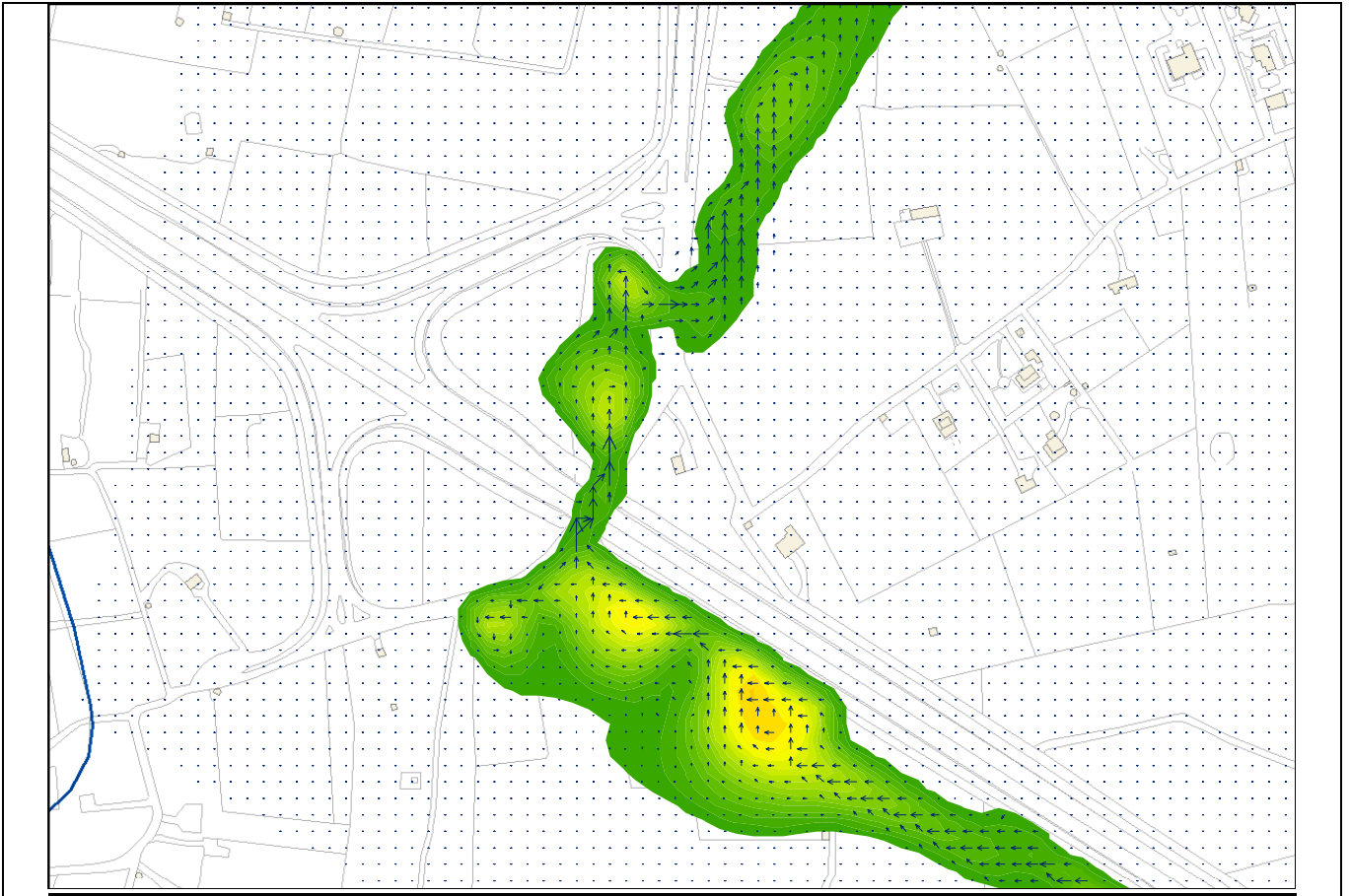


Sbarramento determinato dalla linea ferroviaria sul ramo destro del reticolo idrografico studiato. In blu sono indicati i vettori velocità la cui dimensione è proporzionale al valore di velocità massimo registrato nel tempo in ogni cella. Si nota come i deflussi riescono ad oltrepassare i binari. Si è rilevata la presenza di un piccolo tombino (circa 90cm x 50cm) a monte direttamente collegato alla fogna pluviale della lottizzazione posta a valle della ferrovia.

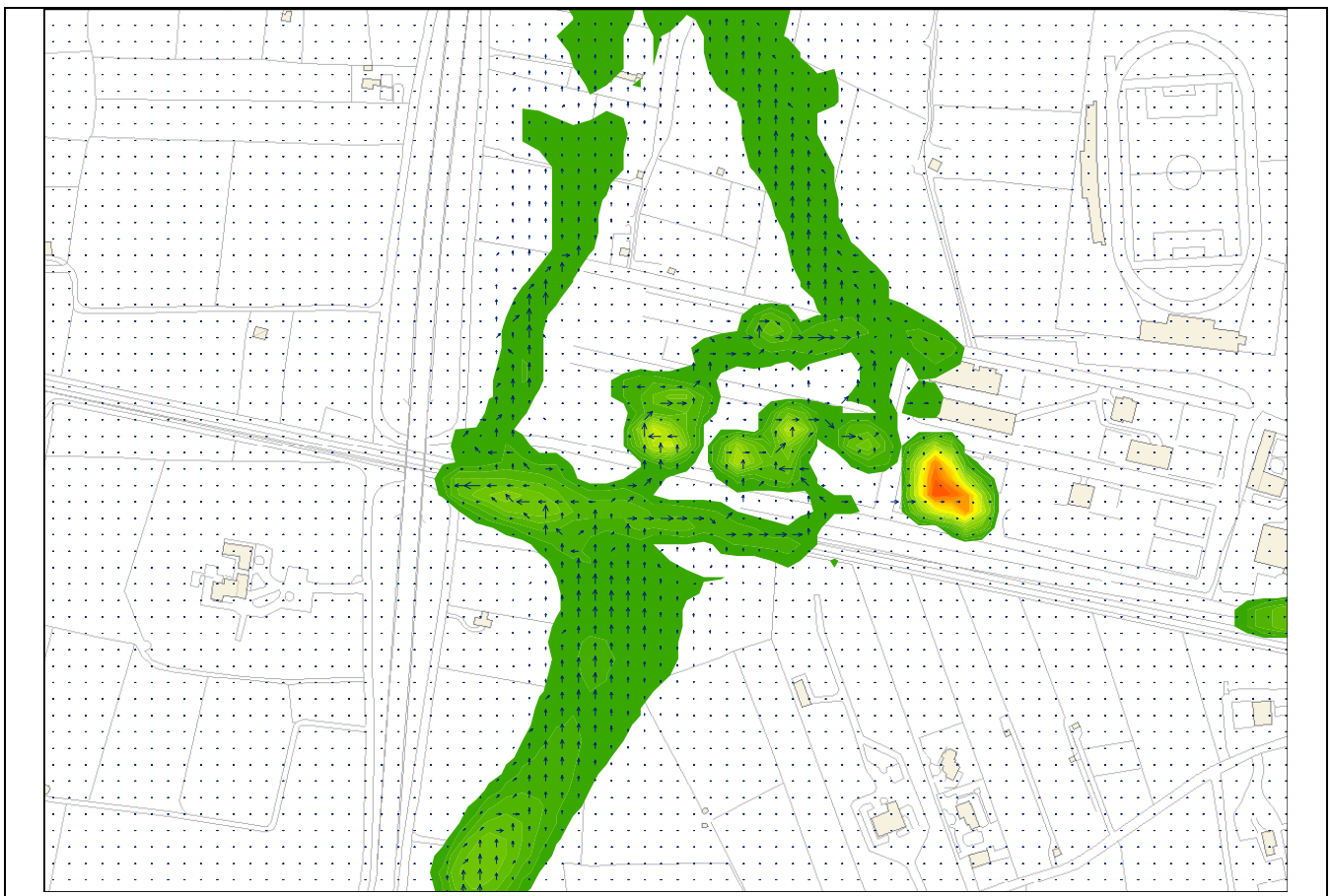
Il ramo in sinistra idraulica del reticolo studiato, invece, viene sbarrato in maniera sostanziale dal rilevato della SS16 e deviato in direzione nord lungo la strada statale. I deflussi trovano l'unico passaggio possibile verso valle attraverso il sottopasso della strada comunale Colaolidda. Da qui le acque defluiscono verso valle, superano la linea ferroviaria ed arrivano a mare.



Sbarramento determinato dalla SS16 che non presenta alcun tombino e che implica la deviazione dei deflussi di piena verso la sinistra idraulica.



Sottopasso della strada comunale Colaolidda, attraverso il quale defluisce la piena. Nella seconda foto si nota come a destra le quote diventano più basse e quindi le acque tendano a defluire verso quella direzione



Sbarramento determinato dalla linea ferroviaria che, ad ogni modo, viene sormontata dai deflussi di piena sul lato destro rispetto al cavalcavia.

9. SCELTA DEI LIMITI DI RAPPRESENTAZIONE DELLE AREE DI ALLAGAMENTO

Le valutazioni idrauliche condotte e sopra descritte hanno consentito di individuare le aree interessate dall'inondazione in riferimento alle piene relative ad i tre tempi di ritorno di riferimento, 30, 200 e 500 anni.

L'indicazione di allagamento di una superficie non è di per sè un fattore di pericolosità, particolari condizioni di allagamento però possono mettere in condizioni di pericolo le persone presenti nelle aree in cui essi si verificano.

Oltre al tirante idrico, i fattori che influiscono sul livello di pericolo sono la velocità di scorrimento idrico e la persistenza del fenomeno. Infatti un allagamento che presenta un tirante idrico di 0,1 metri risulta diverso da quello derivante da 2 metri, anche se si verifica con lo stesso tempo di ritorno. Al contrario, se il primo possiede una elevata velocità di scorrimento, potrebbe diventare più pericoloso del secondo valore se fosse quest'ultimo quasi statico.

L'Autorità di Bacino della Puglia non da indicazioni a riguardo, tuttavia altre Autorità di Bacino propongono una serie di approcci per procedere alla perimetrazione delle aree di allagamento.

L'Autorità di Bacino del Tevere ha proposto un diagramma che mette in relazione i due parametri fondamentali nella determinazione del livello di pericolosità dell'inondazione, tirante e velocità.

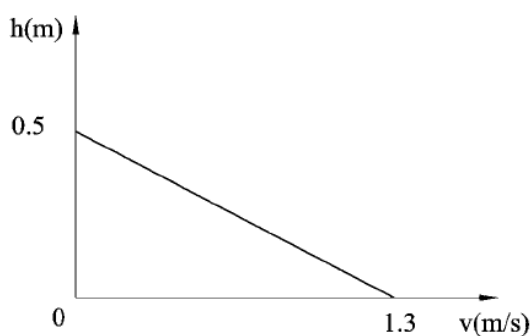


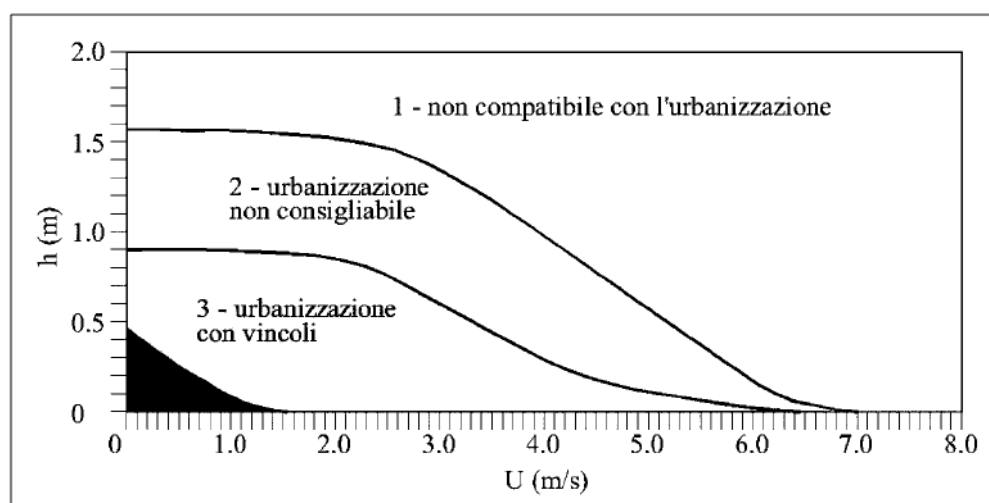
Diagramma della vulnerabilità (autorità di Bacino del Tevere)

Nel caso dell'Autorità del Tevere la superficie esondata è stata suddivisa in sotto-zone caratterizzate da un medesimo valore della spinta idrostatica. Il valore della spinta è funzione della velocità di scorrimento U , e del tirante idrico h ; nel grafico sottostante ($U-h$) sono identificate porzioni caratterizzate da stesso valore delle spinta. A seconda della coppia $U-h$ ogni punto geografico dell'area allagata è catalogato con il

riferimento (1, 2, 3, 4) relativo alla porzione del grafico all'interno del quale ricade il punto (U-h).

Vengono così definite aree "marginali", quelle ricadenti nella porzione 4 del grafico precedente o colorato in nero nel grafico successivo; qui le condizioni di rischio in termini di incolumità delle persone risultano accettabili anche per minori e disabili con accompagnamento.

Si giunge quindi ad una distinzione generale delle aree a pericolosità in tre classi: dirette, indirette e marginali. I primi due termini derivano da considerazioni prettamente idrauliche, già esposte in precedenza e funzione delle caratteristiche del deflusso, il terzo esprime una condizione di effettiva trascurabilità del rischio.



fonte: A.B. Tevere, 2002

In definitiva, in questo studio, viene messo in evidenza il fatto che le condizioni di rischio non dipendono solo dalla presenza/assenza d'acqua e dell'entità del tirante idrico ma anche il fattore velocità di scorrimento (valutata localmente) gioca un ruolo nell'attribuzione del livello di danno effettivo.

Altro esempio, da prendere come riferimento, sono le indicazioni dell'Autorità di Bacino dell'Adige che ha individuato 4 aree di pericolosità idraulica (molto elevata, elevata, media, moderata) in base allo schema seguente:

*1) aree di pericolosità idraulica molto elevata (P4): aree allagate in occasione dell'evento di piena con tempo di ritorno di 30 anni nel quale risulti o la presenza di una **lama d'acqua sul piano di campagna superiore ad 1m o una velocità massima di trasferimento superiore ad 1m/s;***

*2) aree di pericolosità idraulica elevata (P3): aree allagate o in occasione di un evento di piena con tempo di ritorno di 30 anni e condizioni di **lama d'acqua massima raggiunta sul piano di campagna tra 50 cm ed 1m, o per un evento più raro (Tr=100 anni) con condizioni come quelle stabilite per pericolosità molto***

elevata (**lama d'acqua massima maggiore di 1m oppure velocità superiore ad 1 m/s**);

3) **aree di pericolosità idraulica media (P2): aree allagate per un evento caratterizzato da un tempo di ritorno di 100 anni nelle quali si instaurino condizioni di lama d'acqua massima sul piano di campagna compresa tra 0 cm ed 1 m;**

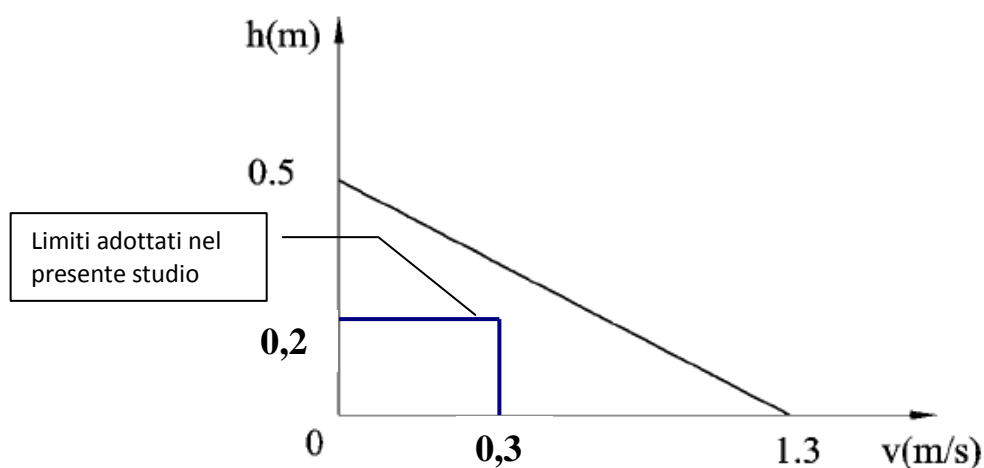
4) **aree di pericolosità idraulica moderata (P1): aree esondabili con eventi di piena meno frequenti ($Tr=200$ anni) in qualunque condizioni di lama d'acqua e velocità sul piano di campagna.**

Sulla base di questa distinzione sono state perimetrare aree a diversa pericolosità, attraverso un modello di propagazione dell'onda di piena. Ovviamente le ultime due classi di pericolosità danno luogo ad un rischio NON elevato e quindi non pericoloso per l'incolumità di persone o cose.

Nel caso in oggetto si è preferito, cautelativamente, assumere come limiti di rappresentazione della pericolosità, e quindi della vulnerabilità idraulica, i seguenti limiti:

- **tirante idrico > 0,2 m**
- **velocità > 0,3 m/s.**

Che risultano comunque molto cautelativi rispetto ai limiti proposti dalla letteratura tecnica del settore e dalle Autorità di Bacino sopra indicate.



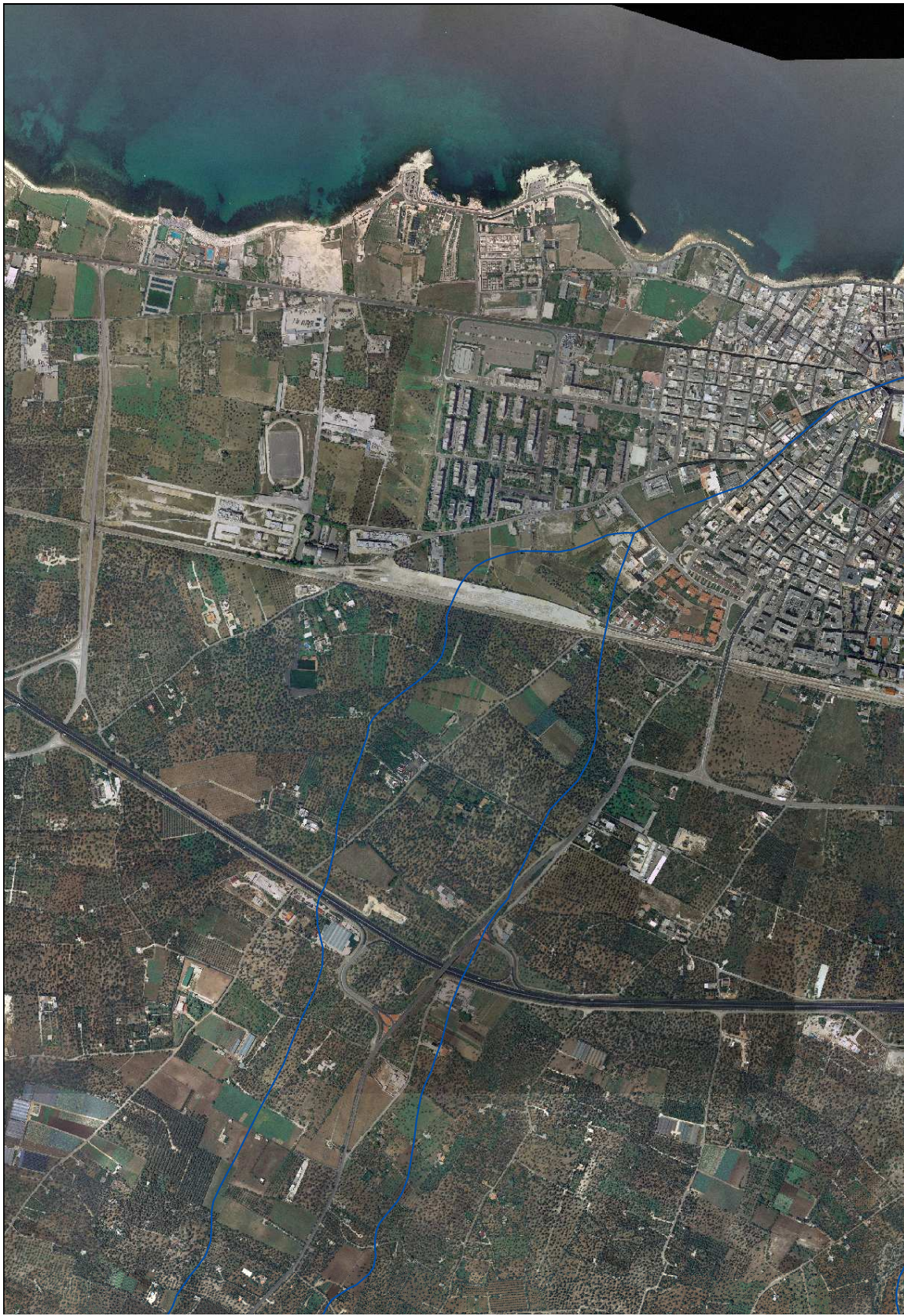
10. EFFETTO AL SUOLO DELLA SIMULAZIONE CONDOTTA – PERIMETRAZIONE A DIVERSA PERICOLOSITÀ IDRAULICA PROPOSTA.

Il modello di calcolo applicato ha consentito di determinare gli effetti al suolo delle simulazioni condotte attraverso l'applicazione di software di calcolo in grado di acquisire la posizione nello spazio dei tiranti idrici determinati in ogni cella del dominio bidimensionale considerato per i tre tempi di ritorno di riferimento; il modello, inoltre ha consentito di valutare cella per cella, istante per istante e per ogni tempo di ritorno i valori e le direzioni della velocità della corrente oltre che numerosi altri parametri idrodinamici. Dall'esame dei valori riscontrati è stato possibile ricavare la mappa delle aree allagabili.

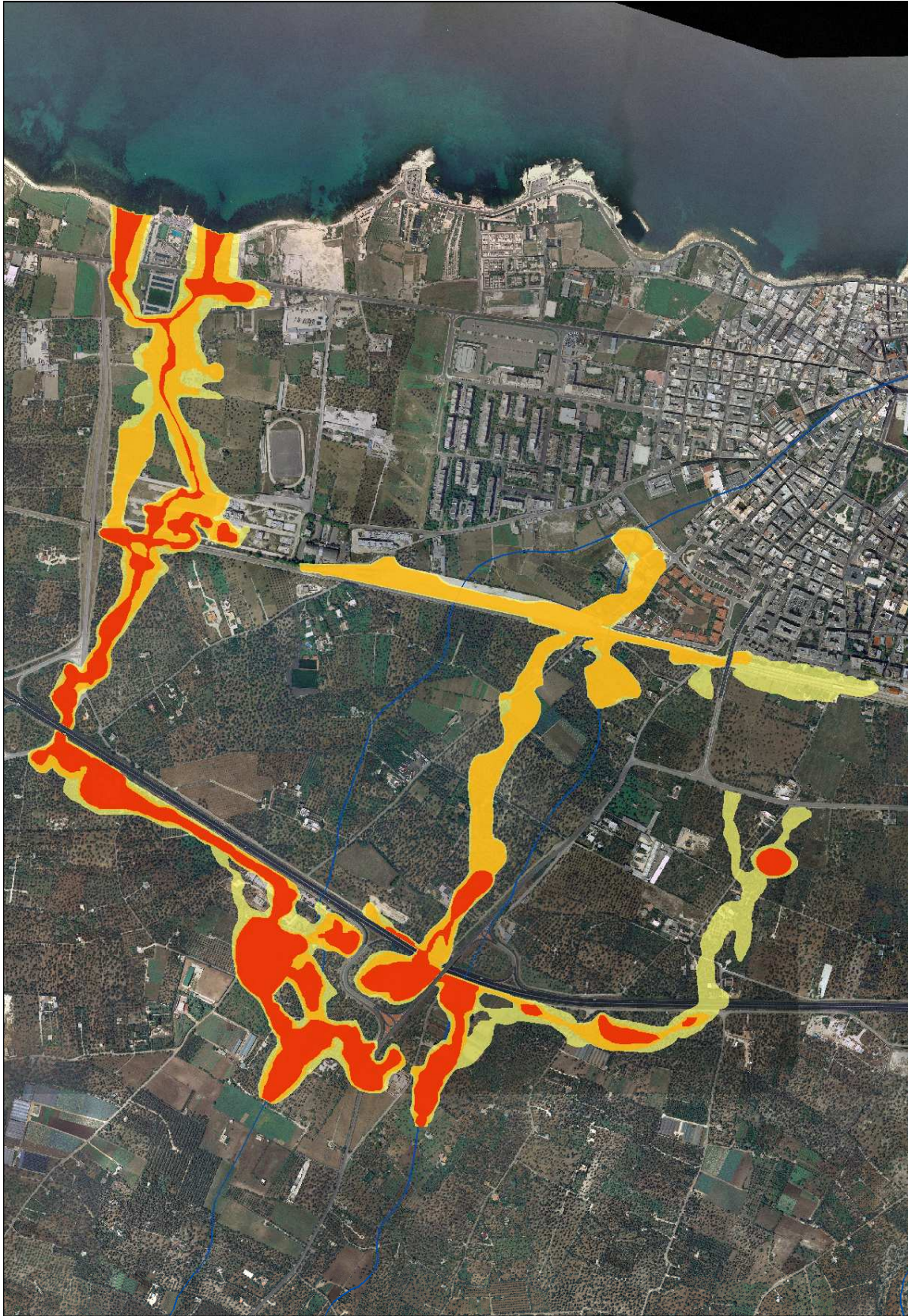
I risultati ottenuti dall'elaborazione così condotta sono stati poi oggetto di ulteriore verifica e integrazione su base conoscitiva piano altimetrica al fine di renderli omogenei adoperando, naturalmente, esclusivamente valutazioni cautelative.

Nelle figure sottostanti viene proposto un confronto fra la perimetrazione Idraulica vigente (in realtà assente poiché non sono mai stati rilevati livelli di pericolosità) e la modifica/integrazione proposta che contempla l'inserimento di nuove perimetrazioni in Alta, Media e della Bassa Pericolosità Idraulica.

Le perimetrazioni determinate dal presente studio costituiscono richiesta formale di modifica alle perimetrazioni del PAI ai sensi dell'art.25 delle NTA.



PAI vigente con indicazione del reticolo idrografico della carta idrogeomorfologica. Non ci sono perimetrazioni a diversa pericolosità idraulica.



Proposta di modifica alle perimetrazioni del PAI con individuazione di aree ad Alta (rosso), Media(arancione) e bassa (giallo) Pericolosità Idraulica

11. RETICOLO IDROGRAFICO: LE DIREZIONI PREFERENZIALI DEI DEFLUSSI DI PIENA NELLE AREE INDAGATE

Nella carta idrogeomorfologica l'Autorità di Bacino della Puglia ha individuato il reticolo idrografico. Quest'ultimo costituisce l'insieme delle linee preferenziali di deflusso lungo cui le piene dovrebbero trovare il loro percorso. Nel caso in esame, per i motivi sopra abbondantemente descritti è indispensabile sottolineare che il reticolo indicato nella carta idrogeomorfologica non corrisponde al reale stato dei luoghi. Pertanto si propongono delle modifiche al reticolo idrografico effettuate sulla base della simulazione idrodinamica sopra descritta. La modifica proposta, raffigurata nella figura sotto riportata, costituisce **formale richiesta di modifica alla carta idrogeomorfologica della Regione Puglia.**



Proposta di modifica del reticolo idrografico. Raffigurazione che riporta esclusivamente la modifica nella parte poco più a monte della SS16 sino a mare

12. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente studio specialistico è stato commissionato al fine di giungere ad una determinazione delle aree a diversa pericolosità idraulica presenti sul territorio comunale di Giovinazzo nelle aree sopra descritte, inoltre, al fine di determinare il reale andamento dei deflussi di piena che, affrontando gli ostacoli che man mano incontrano nel loro cammino, subiscono deviazioni sostanziali rispetto ai percorsi originari, sono state condotte valutazioni che hanno portato a proporre una modifica dell'andamento delle linee di deflusso del reticolo idrografico della Carta Idrogeomorfologica sulla base del reale stato dei luoghi.

Le valutazioni di carattere idrologico ed idraulico sono state eseguite **secondo quanto prescritto dalle indicazioni tecniche riportate nella relazione di Piano del PAI Puglia**. Il PAI vigente, nel territorio comunale di Giovinazzo, per la precisione in corrispondenza delle linee del reticolo idrografico studiate, non risulta allo stato attuale perimetrato dal PAI vigente. Poiché il rilevato della SS16 prima e lo sbarramento della linea ferroviaria poi, costituiscono un ostacolo sostanziale per i deflussi di piena, tanto che lo studio effettuato ha consentito di determinare i reali andamenti dei percorsi idrici, viene dimostrato che, in caso di fenomeni alluvionali, le acque non giungerebbero nella città. Tuttavia si riscontrano aree di allagamento in corrispondenza della SS16 e successivamente anche della ferrovia. Si sottolinea che sia la SS16 che la ferrovia sono in alcuni punti soggette ad allagamenti. Soprattutto la SS16 risulta essere sormontata, in un caso, anche da eventi di piena con tempo di ritorno di 30 anni. In funzione delle perimetrazioni ottenute e, quindi, in funzione delle aree soggette alla propagazione delle piene, è stato possibile definire le linee del reticolo idrografico. Per il reticolo destro, vista la non continuità verso il mare a valle della ferrovia, si è ipotizzato il percorso del collettore principale di fogna bianca che scorre al di sotto del centro abitato. Quest'ultimo tratto, come da legenda della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, è stato indicato come tratto "obliterato".

Nelle fasi preliminari e successive, al fine di giungere ad una perimetrazione dei luoghi molto prossima alla realtà, sono stati condotti numerosi sopralluoghi in campo e rilievi topografici di dettaglio finalizzati al rilevamento di tutti gli elementi numerici necessari per una analisi idrologica ed idraulica completa ed esaustiva.

E' stata condotta in primo luogo un'analisi morfologica e morfometrica dei luoghi ricostruendo il modello di elevazione digitale del terreno, integrando i rilievi di dettaglio eseguiti con quelli resi disponibili dalla nuova CTR della Regione Puglia. Le elaborazioni del DEM hanno infine consentito di determinare i bacini idrografici chiusi alle due diverse sezioni di riferimento per i due rami del reticolo studiati e, per ognuno di essi, di determinare i parametri morfometrici significativi.

L'analisi idrologica ha consentito di determinare i tre idrogrammi di piena ($T_R=30$ anni, $T_R=200$ anni, $T_R=500$ anni) per ognuno dei bacini considerati applicando i più diffusi approcci modellistici presenti in letteratura tecnico-scientifica.

E' stata quindi simulata la propagazione delle tre piene adoperando uno schema ed un modello di calcolo capaci di simulare la propagazione delle piene in un domino di calcolo **bidimensionale**. L'analisi è, ovviamente, stata condotta in **moto vario**. Nel modello di calcolo sono stati inseriti tutti gli ostacoli significativi interferenti con il transito delle piene. Detta analisi ha avuto come risultato finale l'individuazione delle aree a diversa pericolosità idraulica sul territorio.

I risultati ottenuti, infine, sono stati poi analizzati ed elaborati su base plano-altimetrica, al fine di rendere le perimetrazioni omogenee.

Per quanto sopra esposto si propone l'accoglimento della modifica al PAI ai sensi dell'art.25 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI e la modifica del reticolo idrografico della Carta Idrogeomorfologica, come da tavole allegate.

Il tecnico incaricato