



**UNIONE EUROPEA**

FONDO EUROPEO DI SVILUPPO REGIONALE



**Autorità di Bacino  
della Puglia**



**REGIONE PUGLIA**

Area Politiche per la riqualificazione, la tutela  
e la sicurezza ambientale  
e per l'attuazione delle opere pubbliche  
SERVIZIO RISORSE NATURALI

---

**P.O. FESR 2007 – 2013  
PROGRAMMA PLURIENNALE DI ATTUAZIONE DELL'ASSE II**

**AZIONE 2.3.6.  
“MIGLIORAMENTO DEL SISTEMA DELL'INFORMAZIONE,  
DEL MONITORAGGIO E DEL CONTROLLO  
NEL SETTORE DELLA DIFESA DEL SUOLO”**

---

**STUDIO PER LA DEFINIZIONE DELLE OPERE  
NECESSARIE ALLA MESSA IN SICUREZZA DEL  
RETICOLO IDRAULICO PUGLIESE, CON  
PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE AREE DEL  
GARGANO, DELLE COSTE JONICHE E SALENTINE  
DELLA REGIONE PUGLIA**

---

**RELAZIONE GENERALE  
GARGANO**



Segretario Generale dell'AdBP: Prof. Ing. Antonio Rosario Di Santo

Coordinatori: Ing. Lia Romano e Ing. Pamela Milella, funzionari tecnici della Segreteria Tecnica Operativa dell'AdBP

Gruppo di lavoro: Ing. Valeria De Gennaro, Ing. Stefania Geronimo, Ing. Maria Montaruli, Ing. Giuseppe Verdiani

Rilievi topografici: Ing. Vito Caponio, Ing. Alessandro Micchetti, Geom. Stefano Savino, Ing. Francesco Serafino

Ufficio Cartografia e SIT: Ing. Nicola Lopez

Si ringrazia l'Ufficio Rischio Idraulico della Segreteria Tecnica Operativa dell'AdBP.

L'Autorità di Bacino della Puglia e le persone che agiscono per conto dell'ente non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo documento, al di fuori delle finalità per le quali esso è stato redatto.



## **AUTORITÀ DI BACINO DELLA PUGLIA**

L.R. 9 Dicembre 2002 n. 19

C/o INNOVA PUGLIA S.P.A - (EX TECNOPOLIS CSATA)

Str. Prov. per Casamassima Km 3 - 70010 Valenzano - Bari

tel. 080 - 9182238-242-243-269 fax. 080 9182244 - C.F. 93289020724

www.adb.puglia.it e-mail: segreteria@adb.puglia.it - PEC: segreteria@pec.adb.puglia.it

*Ultimo aggiornamento: dicembre 2015*

*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle del Gargano.*



# INDICE

<b>ELENCO ALLEGATI</b> .....	<b>III</b>
<b>PREMESSA</b> .....	<b>V</b>
<b>ANALISI CONOSCITIVA – I</b> .....	<b>1</b>
1.1 IL DATABASE GEORIFERITO DEGLI EVENTI ALLUVIONALI .....	3
1.2 L'EVENTO ALLUVIONALE DEL 05-07 SETTEMBRE 2014.....	4
1.2.1 La precipitazione del 5-7 settembre 2014.....	4
1.2.2 Gli effetti al suolo.....	10
1.2.3 Determinazione dell'idrogramma di piena .....	18
1.3 I CORSI D'ACQUA DEL GARGANO .....	22
1.3.1 Analisi qualitativa.....	22
1.3.2 Analisi quantitativa .....	25
1.4 LE STAZIONI PLUVIOMETRICHE.....	31
1.4.1 La rete della SMM-CFR Puglia.....	31
1.4.2 La rete Assocodipuglia.....	32
1.5 LE STRUTTURE TURISTICHE.....	33
<b>RILIEVI TOPOGRAFICI – II</b> .....	<b>35</b>
2.1 I CORSI D'ACQUA PRINCIPALI DEL GARGANO .....	37
2.2 I RILIEVI LIDAR .....	38
2.3 IL RILIEVO DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO .....	40
2.3.1 Descrizione della scheda monografica .....	41
2.4 LA RAPPRESENTAZIONE VETTORIALE DEI CORSI D'ACQUA .....	48
<b>CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOIDROLOGICA – III</b> .....	<b>51</b>
3.1 LE MAPPE PER LE ANALISI IDROLOGICHE.....	53
3.1.1 La componente endoreica .....	53
3.1.2 I raster delle direzioni di flusso e delle aree contribuenti.....	56
3.2 LA SCABREZZA IDRAULICA.....	57
3.2.1 Le componenti della resistenza al flusso.....	59
3.2.2 La resistenza in regime di ruscellamento superficiale .....	60
3.2.3 Attribuzione dell'indice di Manning alle categorie di uso del suolo .....	60
3.3 IL CURVE NUMBER .....	64
3.3.1 Le classi di permeabilità.....	64
3.3.2 Associazione dei valori del Curve Number alle categorie di uso del suolo.....	66
3.3.3 La mappa del Curve Number.....	68
<b>VALUTAZIONI IDROLOGICHE – IV</b> .....	<b>71</b>
4.1 I MODELLI IDROLOGICI PER LA VALUTAZIONE DELLE PORTATE E DEI VOLUMI DI PIENA .....	73
<b>MODELLAZIONE IDRAULICA – V</b> .....	<b>85</b>
5.0 INTRODUZIONE .....	87
5.0.1 Schematismo 1D e 2D.....	88
5.0.2 Il modello di calcolo TUFLOW.....	89
5.0.3 La pericolosità idraulica relativa .....	92
5.1 TORRENTE ROMANDATO.....	97
5.1.1 Descrizione geografica e morfologica .....	97
5.1.2 Scabrezza.....	97
5.1.3 Portate .....	97
5.1.4 Schematismo idraulico.....	101
5.1.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico.....	101
5.1.6 Criticità urbane / produttive.....	102
5.2 TORRENTE CALINELLA.....	103
5.2.1 Descrizione geografica e morfologica .....	103
5.2.2 Scabrezza.....	103
5.2.3 Portate .....	103

5.2.4	Schematismo idraulico.....	107
5.2.5	Analisi delle opere di attraversamento idraulico.....	107
5.2.6	Criticità urbane / produttive.....	108
5.3	TORRENTE CHIANARA.....	109
5.3.1	Descrizione geografica e morfologica.....	109
5.3.2	Scabrezza.....	109
5.3.3	Portate.....	109
5.3.4	Schematismo idraulico.....	113
5.3.5	Analisi delle opere di attraversamento idraulico.....	115
5.3.6	Criticità urbane / industriali.....	116
5.4	TORRENTE MACCHIA.....	117
5.4.1	Descrizione geografica e morfologica.....	117
5.4.2	Scabrezza.....	117
5.4.3	Portate.....	117
5.4.4	Schematismo idraulico.....	123
5.4.5	Analisi delle opere di attraversamento idraulico.....	124
5.4.6	Criticità urbane / industriali.....	124
5.5	VALLONE SAN GIULIANO.....	125
5.5.1	Descrizione geografica e morfologica.....	125
5.5.2	Scabrezza.....	125
5.5.3	Portate.....	125
5.5.4	Schematismo idraulico.....	129
5.5.5	Analisi delle opere di attraversamento idraulico.....	129
5.5.6	Criticità urbane / industriali.....	130
5.6	CANALE MACININO.....	131
5.6.1	Descrizione geografica e morfologica.....	131
5.6.2	Scabrezza.....	131
5.6.3	Portate.....	131
5.6.4	Schematismo idraulico.....	135
5.6.5	Analisi delle opere di attraversamento idraulico.....	136
5.6.6	Criticità urbane / industriali.....	136
<b>VALUTAZIONE PRELIMINARE DEGLI INTERVENTI – VI.....</b>		<b>139</b>
6.0	DESCRIZIONE GENERALE.....	141
6.1	TORRENTE ROMANDATO.....	145
6.2	TORRENTE CALINELLA.....	146
6.3	TORRENTI CHIANARA e ULSO.....	147
6.4	TORRENTE MACCHIA.....	151
6.5	VALLONE SAN GIULIANO.....	153
6.6	CANALE MACININO.....	155
<b>LINEE GUIDA DI PROGETTAZIONE – VII.....</b>		<b>157</b>
7.1	IL QUADRO NORMATIVO.....	159
7.2	CRITERI DI PROGETTAZIONE.....	159
<b>CONCLUSIONI.....</b>		<b>165</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>		<b>177</b>

# ELENCO ALLEGATI

- 1.1.1 - Eventi alluvionali. Rappresentazione cartografica
- 1.1.2 - Elenco degli eventi alluvionali
- 1.2.1 - Carta geolitologica
- 1.2.2 - Carta dell'uso del suolo
- 1.3.1 - Zone omogenee e stazioni pluviometriche
- 1.3.2 - Elenco delle stazioni pluviometriche
- 1.4 - Campeggi e strutture ricettive
  
- 2.1 - I corsi d'acqua del Gargano con area contribuente maggiore uguale ai 10 km<sup>2</sup>
- 2.2 - Copertura Lidar
- 2.3.1 - Attraversamenti idraulici rilevati. Rappresentazione cartografica
- 2.3.2 - Scheda monografica rilievo attraversamenti
- 2.3.3 - Elenco attraversamenti rilevati
- 2.4.1 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del torrente Romandato
- 2.4.2 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del torrente Calinella
- 2.4.3 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del torrente Chianara
- 2.4.4 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del torrente Macchia
- 2.4.5 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del vallone San Giuliano
- 2.4.6 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del canale Macinino
  
- 3.1 - I bacini idrografici e la componente endoreica
- 3.2 - L'indice di Manning. Relazione
- 3.3.1 - Il *Curve Number*. Relazione
- 3.3.2 - Classi di permeabilità del SCS-CN. Rappresentazione cartografica
- 3.3.3 - Macrocategorie di copertura del suolo. Rappresentazione cartografica
- 3.3.4 - Rappresentazione cartografica del *Curve Number*
  
- 4.0 - Risultati delle analisi idrologiche per i bacini del Gargano
  
- 5.0 - Schedario dei modelli idraulici
- 5.1.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, Romandato TAV.1
- 5.1.2 - Risultanze idrauliche 1D, T200, Romandato TAV.2
- 5.1.3 - Risultanze idrauliche 2D, T200, Romandato\_0
- 5.2.1 - Risultanze idrauliche 2D, T200, Calinella\_0
- 5.3.1 - Risultanze idrauliche 2D, T200, Chianara
- 5.4.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, Macchia TAV.1
- 5.4.2 - Risultanze idrauliche 1D, T200, Macchia TAV.2
- 5.4.3 - Risultanze idrauliche 2D, T200, Macchia\_0
- 5.5.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, San Giuliano TAV.1
- 5.5.2 - Risultanze idrauliche 2D, T200, San Giuliano\_0
- 5.6.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, Macinino TAV.1
- 5.6.2 - Risultanze idrauliche 1D, T200, Macinino TAV.2
- 5.6.3 - Risultanze idrauliche 2D, T200, Macinino\_0
  
- 6.0.1 - Aree critiche relative al reticolo idrografico principale
- 6.0.2 - Aree critiche relative al reticolo idrografico minore
- 6.0.3 - Attraversamenti idraulici a rischio
- 6.0.4 - Elementi esposti a rischio idraulico
- 6.0.5 - Studi idraulici in programma per le aree a rischio significativo nell'unità fisiografica del Gargano
- 6.0.1 - Aree critiche relative al reticolo idrografico principale
- 6.0.2 - Aree critiche relative al reticolo idrografico minore

- 6.0.3 - Attraversamenti idraulici a rischio
- 6.0.4 - Elementi esposti a rischio idraulico
- 6.0.5 – Studi idraulici in programma per le aree a rischio significativo nell'unità fisiografica del Gargano
- 6.1.0 - Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il torrente Romandato. Corografia generale
- 6.1.1 - Intervento 018IS01: Sistemazione della foce in loc. Cucchiara
- 6.2.0 - Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il torrente Calinella. Corografia generale
- 6.3.0 - Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il torrente Chianara. Corografia generale
- 6.3.1 - Intervento 020IS01/021IS01: Sistemazione idraulica dei torrenti Ulso e Chianara
- 6.4.0 - Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il torrente Macchia. Corografia generale
- 6.4.1 - Intervento 022IS01/024IS01: Messa in sicurezza della foce del T. Macchia e del V.ne San Giuliano
- 6.5.0 - Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il canale Macinino. Corografia generale
- 6.5.1 - Intervento 025IS01: Messa in sicurezza del Canale Macinino



## PREMESSA

L'Autorità di Bacino della Puglia, nel seguito denominata AdBP, è stata individuata come ente attuatore dell'elaborazione dello *“Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico pugliese, con particolare riferimento alle aree del Gargano, delle coste joniche e salentine della Regione Puglia”*, da parte della Regione Puglia, nell'ambito del PPA dell'Asse II del PO FESR 2007 – 2013, approvato con D.G.R. della Puglia n. 850/2009 e modificato con D.G.R. della Puglia n. 1969/2010, relativamente all'Azione 2.3.6.

L'Autorità di Bacino della Puglia, organo istituzionalmente preposto alla difesa del suolo, ha, dall'atto della sua istituzione, avviato le procedure finalizzate alla individuazione, con grado di dettaglio sempre maggiore, delle criticità idrauliche presenti nel territorio di competenza e alla loro soluzione attraverso la programmazione di interventi di mitigazione del rischio idraulico.

La necessità di definire un quadro conoscitivo delle criticità idrauliche sempre più dettagliato evidenzia, tuttavia, una notevole onerosità dello sforzo richiesto, se si pensa alla estrema varietà del paesaggio del territorio regionale pugliese.

Le attività di cui al presente disciplinare pertanto, intendono restituire un quadro completo, coerente ed aggiornato delle aree a criticità idraulica complessivamente presenti nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia e di individuare le azioni di mitigazione più appropriate per la messa in sicurezza delle aree a rischio. Lo studio presentato integra il progetto *“Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico interessate dagli eventi alluvionali di Ottobre e Novembre 2005 nelle province di Bari e Brindisi”*, finanziato dalla Regione Puglia con fondi di cui alla delibera CIPE 35 del 2005, nonché a supporto delle attività della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.

Il presente lavoro, secondo l'art. 2 del Disciplinare regolante i rapporti tra Regione e AdBP, è di seguito sintetizzato:

- integrazioni di dettaglio del quadro conoscitivo generale delle caratteristiche geomorfologiche, idrologiche ed idrauliche dei bacini idrografici afferenti i corsi delle aree di studio, attraverso l'organizzazione, l'informatizzazione e la strutturazione in database relazionale, di tutte le informazioni di natura territoriale ed ambientale disponibili, ottenute sulla base di studi e ricerche, nonché su quelle relative ad eventi alluvionali passati, interventi effettuati e risultati conseguiti;
- rilevamento topografico di dettaglio e restituzione in formato vettoriale dell'asse dei corsi d'acqua e di un congruo numero di sezioni trasversali, estese fino al limite della fascia di pertinenza fluviale, comprensivo del rilievo di dettaglio di tutti i manufatti interferenti con le predette aree di pertinenza;
- studio delle caratteristiche idrauliche e di permeabilità delle forme carsiche naturali (voragini, inghiottitoi) presenti in corrispondenza dei recapiti finali dei bacini endoreici e stima delle loro potenzialità di smaltimento delle piene in occasione di eventi alluvionali;
- sviluppo di modellazioni di tipo mono e bidimensionale, anche attraverso l'ausilio di opportuni codici di calcolo preventivamente selezionati e sperimentati, della dinamica idrologica ed idraulica dei corsi d'acqua e delle aree endoreiche oggetto dello studio, secondo diverse condizioni di regime di moto, e mediante individuazione delle potenziali aree oggetto di inondazione, in funzione dei diversi tempi di ritorno degli eventi meteo climatici;
- definizione delle opere e/o interventi più efficaci per la salvaguardia e la messa in sicurezza del territorio a diverso grado di pericolosità idraulica e definizione di linee di indirizzo sulle più opportune tecniche di mitigazione dei rischi nelle aree a vario titolo interessate da pericolosità di inondazione.

Obiettivo del presente studio è dunque quello di definire gli interventi urgenti per la messa in sicurezza dei territori afferenti all'unità fisiografica del Gargano. Nello specifico, sono individuati gli elementi a rischio, quali infrastrutture viarie e insediamenti urbani e produttivi, operando dapprima un'accurata analisi geomorfologica e idrologica e secondariamente una modellistica di tipo monodimensionale e bidimensionale per la mappatura sistematica della pericolosità idraulica e per la

verifica della funzionalità idraulica delle opere d'arte di attraversamento, avendo come riferimento il sistema di corsi d'acqua aventi bacino contribuente maggiore/uguale di 25 km<sup>2</sup> - limite adottato per l'implementazione delle Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, secondo il D.Lgs. 49/2010.

La presente relazione, resa al fine di illustrare le analisi condotte e i risultati raggiunti, è organizzata in sette capitoli (riportati a seguire), ognuno dei quali affronta con esaustività l'argomento in esame, indipendentemente dai contenuti degli altri. Per ogni capitolo sono presentati specifici allegati, in forma sia di cartografie ed elaborati tecnici di dettaglio, nonché di file digitali (shapefile, raster, modelli idraulici), i quali debbono intendersi parte integrante del presente studio e a cui la relazione puntualmente rimanda attraverso i richiami rappresentati con la seguente simbologia: [\CARTELLA\file.estensione].

<i>Capitolo I:</i>	<i>Analisi conoscitiva</i>
<i>Capitolo II:</i>	<i>Rilievi topografici</i>
<i>Capitolo III:</i>	<i>Caratterizzazione geomorfoidrologica</i>
<i>Capitolo IV:</i>	<i>Valutazioni idrologiche</i>
<i>Capitolo V:</i>	<i>Modellazione idraulica</i>
<i>Capitolo VI:</i>	<i>Valutazione preliminare interventi</i>
<i>Capitolo VII:</i>	<i>Linee guida di progettazione</i>

Lo studio prende avvio da un'analisi conoscitiva (capitolo I) finalizzata a raccogliere ogni elemento utile per la definizione della pericolosità idraulica, attraverso una ricostruzione storico-geografica degli eventi alluvionali e una analisi delle caratteristiche dei bacini idrografici dal punto di vista geologico, geomorfologico e di copertura del suolo, con l'obiettivo ultimo di operare una calibrazione della risposta idrologica del bacino.

Al fine di costruire i modelli geometrici (capitolo II), alla base della modellistica idraulica, sono acquisiti e processati i rilievi topografici di tipo LIDAR, nonché realizzate delle schede monografiche delle opere di attraversamento idraulico.

Si definiscono infine le caratteristiche geomorfologiche, idrologiche ed idrauliche dei bacini idrografici afferenti ai corsi d'acqua oggetto dello studio (capitolo III), mediante l'elaborazione di mappe in formato raster e vettoriale, utili nelle procedure di studio idrologico ed idraulico al processamento in ambiente GIS finalizzato alla stima delle perdite idrologiche e della resistenza al flusso e alla definizione dell'area contribuente, avendo particolare attenzione alla determinazione della componente endoreica.

A partire dai dati analizzati nelle fasi precedentemente descritte, lo studio (capitolo IV) definisce le portate di piena con assegnato tempo di ritorno, lungo le aste indagate.

Sulla base delle analisi idrologiche e dei modelli geometrici realizzati, è dunque operata una mappatura sistematica della pericolosità idraulica (capitolo V) sui corsi d'acqua principali, mediante l'utilizzo di schematismi idraulici monodimensionali e bidimensionali. I modelli consentono la determinazione delle grandezze idrodinamiche, ovvero dei tiranti e delle velocità della corrente, la cui rappresentazione è altresì richiesta dalla Direttiva Alluvioni.

Infine sono individuate le criticità connesse al reticolo idrografico e i provvedimenti di tipo strutturale e non strutturale, a scala di bacino, necessari alla messa in sicurezza del territorio (capitolo VI).

Sulla base dei danni determinati dai recenti eventi alluvionali, si definisce la necessità di individuare linee guida di progettazione per le opere di attraversamento idraulico, punti di particolare criticità in caso di eventi di piena (capitolo VII).

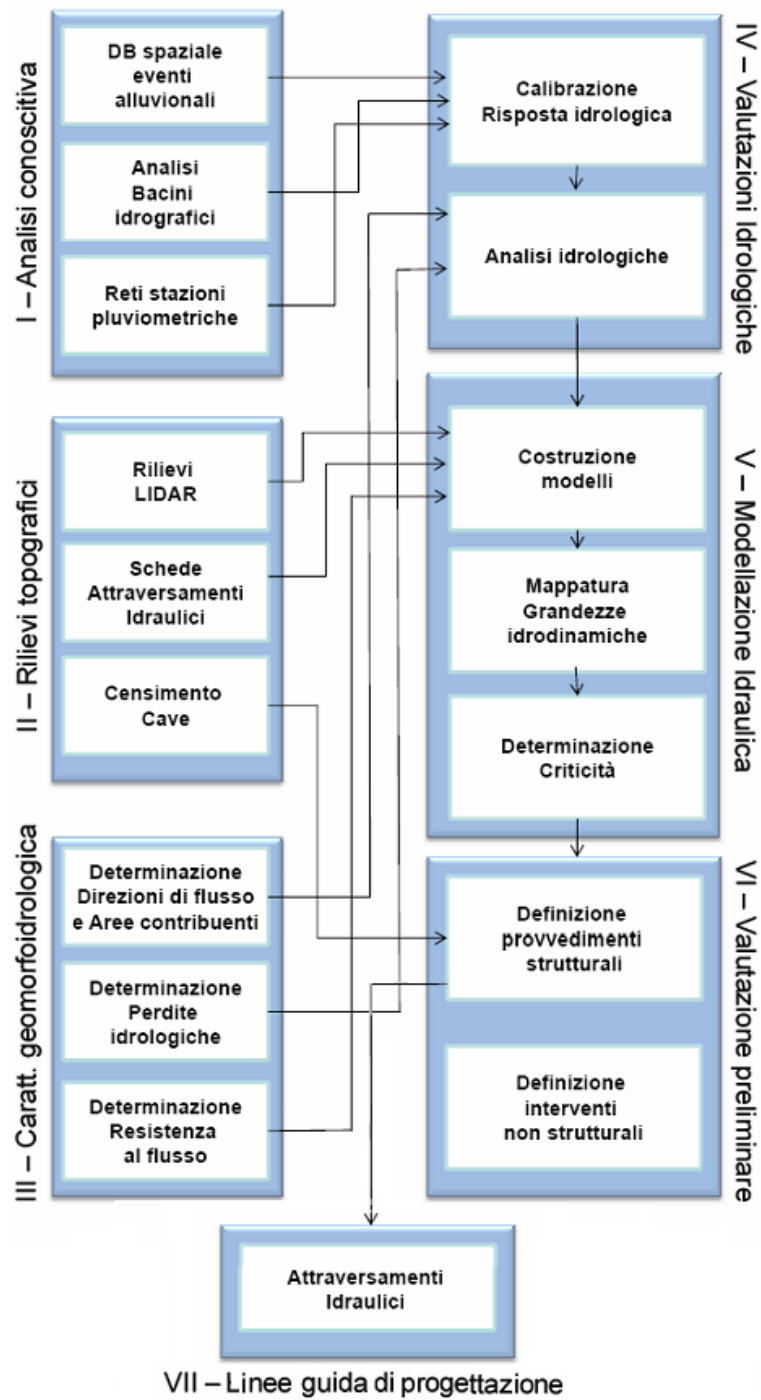


Figura 0 – Workflow del progetto



# Analisi conoscitiva – I

## ALLEGATI



- 1.1.1 - Eventi alluvionali. Rappresentazione cartografica
- 1.1.2 - Elenco degli eventi alluvionali
- 1.2.1 - Carta geolitologica
- 1.2.2 - Carta dell'uso del suolo
- 1.3.1 - Zone omogenee e stazioni pluviometriche
- 1.3.2 - Elenco delle stazioni pluviometriche
- 1.4 - Campeggi e strutture ricettive

## ARCHIVIO DIGITALE



- \EVENTI\_ALLUVIONALI
  - Eventi\_alluvionali (shp e kmz)
  - \FOTO\ (.jpeg)
  - \REGISTRAZIONI\ (.zip)
- \CARTOGRAFIA\_DI\_BASE
  - Carta geolitologica (shp)
  - Carta dell'uso del suolo (shp)
  - Zone\_omogenee (shp)
- \RETI\_PLUVIOMETRICHE
  - Stazioni idro-pluviometriche 2014 SMMPuglia e topoietai (shp e kmz)
  - Stazioni pluviometriche ASSOCODIPUGLIA (shp)
- \ANALISI
  - \BACINI\_DI\_ANALISI (shp)
- \STRUTTURE TURISTICHE
  - Camping (shp e kmz)
  - \AREE\_ATTREZZATE\ campeggi (shp)



Obiettivo di questa fase è l'integrazione del quadro conoscitivo generale per la definizione di maggior dettaglio delle caratteristiche geomorfologiche, idrologiche ed idrauliche dei principali bacini idrografici afferenti i corsi d'acqua che gravitano nell'area del Gargano.

Dapprima, è realizzato un *database* georiferito, relativo agli eventi alluvionali che hanno colpito i comuni del promontorio, al fine di una facile comprensione della pericolosità idraulica dei luoghi e per l'individuazione preliminare degli interventi di messa in sicurezza del territorio. Tale *database* rappresenta inoltre una preziosa fonte di elementi di taratura per la modellistica idrologica utilizzata sul territorio pugliese di esame, dove, a causa della sua natura carsica, è assente una rete di monitoraggio delle portate idriche.

Considerando come bacini sperimentali quelli dei torrenti Chianara e Ulso e le informazioni raccolte relativamente all'evento del 1-7 settembre 2014, attraverso un approccio idrologico di tipo concentrato accoppiato a modellistica idraulica di tipo bidimensionale, è ricostruito l'idrogramma sperimentale di piena alla sezione di chiusura. Tale elemento diviene fondamentale per la calibrazione degli idrogrammi sintetici adoperabili per i bacini non strumentati.

Allo scopo di estendere le risultanze della calibrazione alla restante parte del territorio non strumentato, il territorio di studio è analizzato dal punto di vista geomorfologico, litologico e di uso del suolo, per evidenziarne i caratteri di omogeneità relativamente ai processi di generazione dei deflussi.

Per ultimo, sono raccolte le informazioni relative alle stazioni pluviometriche afferenti ai bacini idrografici delle lame delle due province, al fine di avere una chiara e puntuale rappresentazione delle registrazioni utili ai fini delle calibrazioni e dell'analisi degli eventi alluvionali.

## 1.1 IL DATABASE GEORIFERITO DEGLI EVENTI ALLUVIONALI

Sulla base delle informazioni reperite da fonti giornalistiche (es. Gazzetta del Mezzogiorno) e progetti ministeriali (es. Progetto Speciale AVI del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche GNDICI - CNR, commissionato dal Ministro per il Coordinamento della Protezione Civile) è creato un *database* ricognitivo georeferenziato degli eventi alluvionali che hanno interessato il territorio del Gargano. Gli allegati 1.1.1 e 1.1.2 riportano rispettivamente la rappresentazione cartografica degli eventi e il contenuto testuale di tale archivio. La tabella seguente descrive i campi in cui è articolato il database, riportante diverse informazioni, quali l'identificativo dell'evento alluvionale riportato nell'allegato 1.1.1, la data di accadimento, l'inquadramento geografico, la descrizione del fenomeno e la fonte storica.

**Tabella 1.1** - Elenco dei campi del database riportato nell'Allegato 1.1.2

<b>Campo</b>	<b>Descrizione</b>
ID	Identificativo record
Data	Data espressa in <i>ggmmaaaa</i> , <i>mmaaaa</i> o <i>aaaa</i>
Provincia (Pr)	Provincia interessata
Comune	Comune coinvolto
Località	Nome della località interessata oppure breve descrizione dell'area interessata
Effetti al suolo	Descrizione dei danni indotti dal processo
Parametri dimensionali	Parametri dimensionali riferiti al processo (es. volume, tirante d'acqua e/o velocità idriche di scorrimento)
Fonte	Elenco delle fonti da cui sono tratte le informazioni

Il database rappresenta un sistema integrato di conoscenze territoriali sugli eventi storici alluvionali e si configura come punto di partenza per l'individuazione delle misure e degli interventi di carattere gestionale e/o strutturale in materia di mitigazione del rischio. Contestualmente è fruibile una documentazione delle immagini scattate a testimonianza degli effetti al suolo.

I file relativi al database sono contenuti nella cartella [\\ALL\_1\_ANALISI\_CONOSCITIVA\EVENTI\_ALLUVIONALI].

Nello specifico, per i bacini del promontorio garganico è studiato l'evento alluvionale del 05-07 settembre 2014 sui torrenti Chianara e Ulso, avendo questo consentito di raccogliere numerosi elementi utili ai fini della calibrazione dei modelli idrologici.

## 1.2 L'EVENTO ALLUVIONALE DEL 05-07 SETTEMBRE 2014

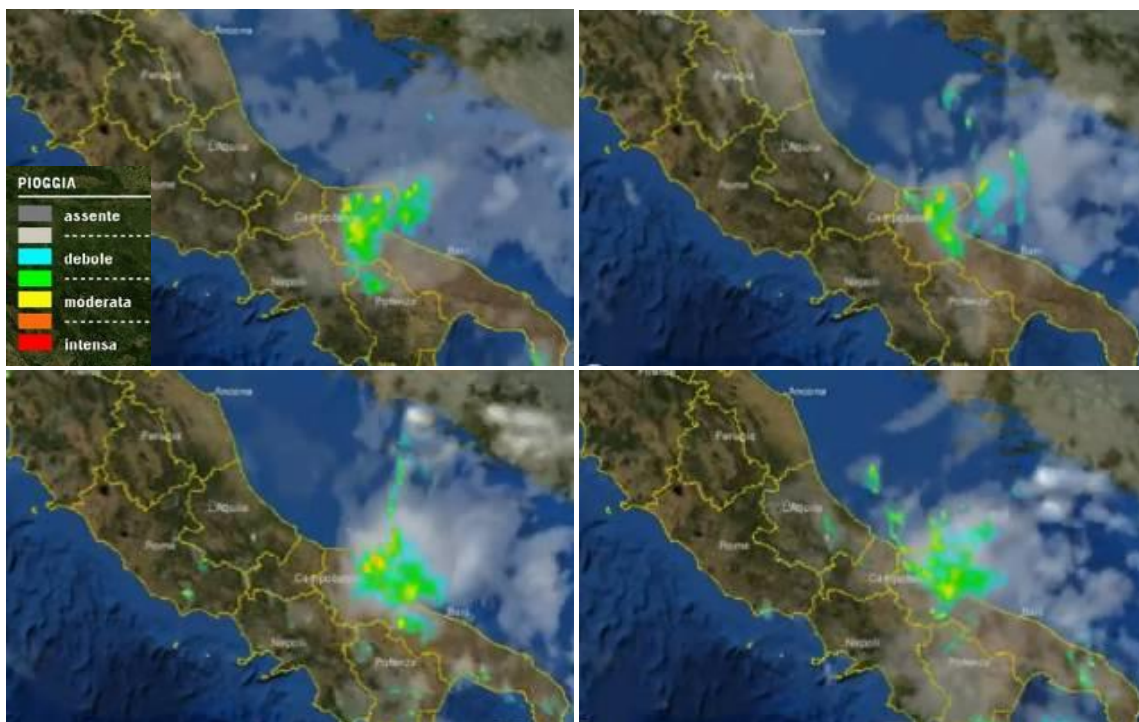
Particolare attenzione è dedicata all'esame dei dati disponibili relativamente al recente evento alluvionale che ha colpito il promontorio del Gargano nei primi giorni del mese di settembre 2014, avendo quale particolare riferimento i bacini idrografici del torrente Chianara e Ulso. L'evento citato ha determinato l'occorrenza di portate rilevanti, caratterizzate da tempi di ritorno trentennali, che si sono sviluppate in tempi modesti, con notevole trasporto solido. Le conseguenze generate dal transito delle piene sul territorio hanno consentito di raccogliere un'ampia serie di documenti e testimonianze che, se analizzata attentamente e criticamente, permette una attendibile ricostruzione di quanto accaduto, con informazioni di assoluta rilevanza sperimentale.

Si esamina quindi nel dettaglio l'evento del 05-07 settembre 2014, in relazione all'evolversi del fenomeno precipitativo, nonché degli effetti al suolo prodotti, ricostruiti sulla base delle numerose informazioni raccolte nei bacini idrografici dei torrenti Chianara ed Ulso, con il fine ultimo di ricavare elementi utili alla calibrazione dei modelli di piena per i bacini non strumentati del territorio carsico pugliese.

### 1.2.1 La precipitazione del 5-7 settembre 2014

L'evento meteorico, che dal 1 al 6 settembre 2014 ha riguardato il territorio regionale pugliese, ha colpito con particolare insistenza e con forte intensità l'area garganica (Figura 1.1). Le precipitazioni hanno fatto registrare mediamente quantitativi di pioggia al di sopra dei valori medi mensili, a fronte di una precipitazione media annua di circa 850 mm. In Figura 1.2 è indicata la mappa con l'ubicazione delle stazioni pluviometriche della rete della Protezione Civile e relativi valori delle precipitazioni cumulate nella prima settimana di settembre.

Le zone maggiormente colpite dal nubifragio sono state localizzate nei comuni di San Marco in Lamis, Rodi Garganico e Peschici e, con proporzioni diverse, San Giovanni Rotondo e Cagnano Varano. Molti disagi sono stati segnalati anche nelle strutture turistiche di Mattinata e Vieste.



**Figura 1.1** – Distribuzione delle precipitazioni nei primi giorni di settembre 2014 da immagini radar (fonte: Meteo Protezione Civile)





**Figura 1.2** – Distribuzione delle precipitazioni cumulate (in mm) dall'1 al 6 settembre 2014 registrate nelle stazioni pluviometriche del Gargano (fonte: rete della Protezione Civile)

Per quanto riguarda il comune di Peschici, le piogge particolarmente intense del 5 e 6 settembre 2014 hanno causato l'esondazione di due torrenti, l'Ulso ed il Chianara, aventi bacini idrografici rispettivamente di circa 11 e 30 km<sup>2</sup>. La figura 1.3 riporta i bacini con la sovrapposizione delle stazioni pluviometriche del Servizio Idrografico e Mareografico della Puglia, attive nel periodo di riferimento, ed i relativi topoieti.

Dall'analisi dei dati di pioggia orari registrati dal 5 al 6 settembre 2014, riportati nella cartella [ALL\_1\_ANALISI\_CONOSCITIVA\EVENTI\_ALLUVIONALI\REGISTRAZIONI], presso le stazioni pluviometriche di Vico Garganico e di Bosco Umbra, sono riconoscibili due eventi meteorici intervallati da 9 ore: il primo sviluppatosi dalle 2:20 alle 15:15 del giorno 5; il secondo dalle 00:40 alle 11:40 del giorno 6. Il primo evento è stato più intenso del secondo nella parte più alta dell'area di studio (rif. stazione Bosco Umbra), con un valore di picco di 42.6 mm/h alle ore 12:00 del giorno 5; il secondo evento è stato invece più intenso nella parte valliva (rif. stazione Vico Garganico) con un picco di 41.8 mm/h alle ore 3:00 del giorno 6. A dimostrazione di quanto detto, si vedano le registrazioni pluviometriche rappresentate nella figura 1.4. Per entrambi i bacini, l'evento caratterizzato dalla maggiore pioggia cumulata nel tempo è stato il secondo.

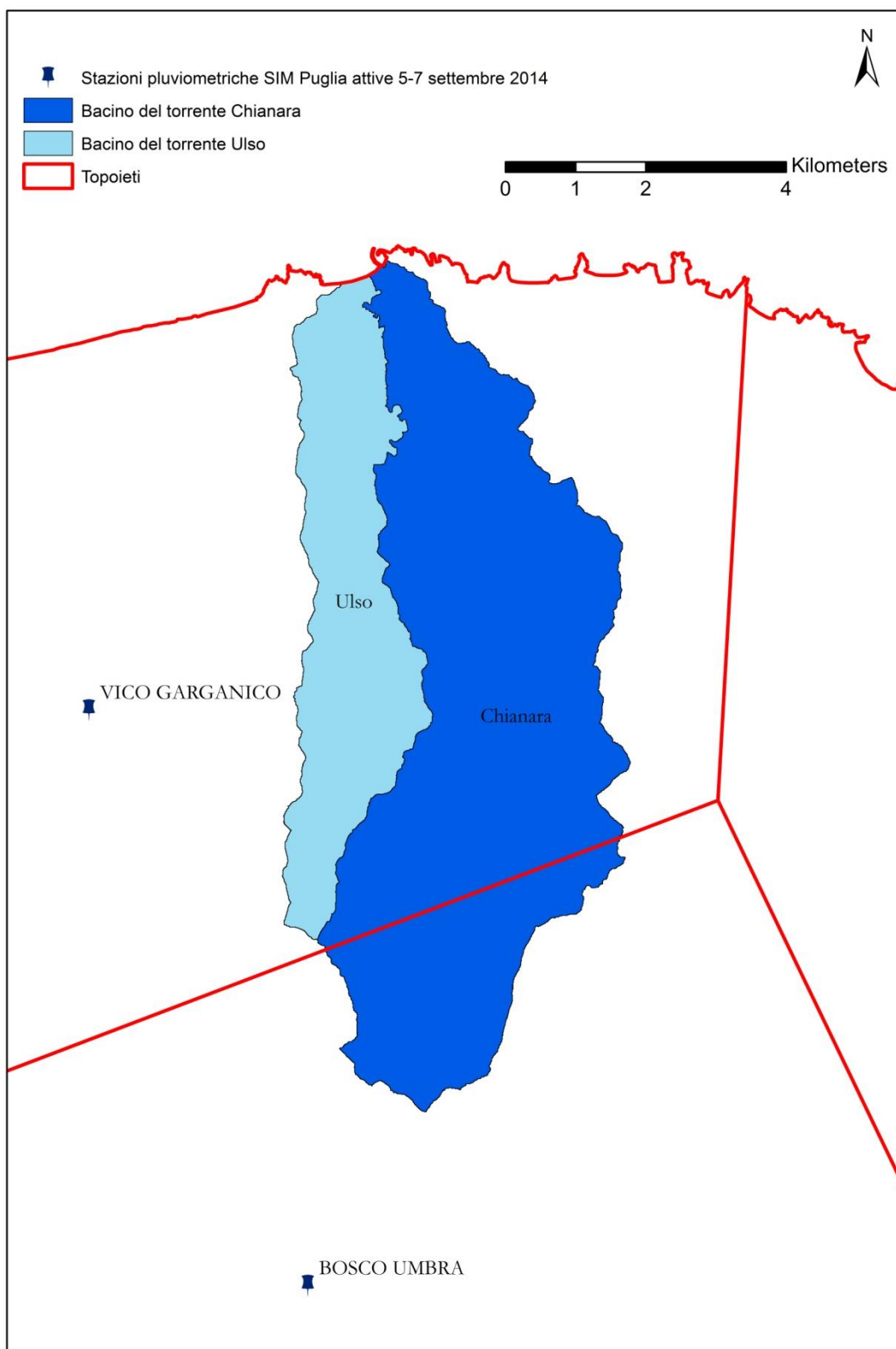
Al fine di individuare il tempo di ritorno dell'evento alluvionale, sono state ricavate le curve di possibilità pluviometrica relative alle due stazioni prese in esame. Poichè entrambi i bacini idrografici afferiscono alla zona omogenea 1, sulla base di quanto riportato nel progetto Valutazione Piene (VaPi) del Gruppo Nazionale di Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDICI), è stata applicata la seguente equazione per il calcolo del valore medio ( $x$ ) dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata  $t$ :

$$x(t, z) = 28.66t^{\left[\frac{0.720+0.00050z}{3.178}\right]} \quad \text{Equazione 1.1}$$

in cui  $z$  è la quota sul livello medio del mare, che per la stazione pluviometrica di Vico Garganico è di circa 203 m.s.l.m e per la stazione di Bosco Umbra è di 497 m.s.l.m..

I massimi annuali di precipitazione di assegnata durata  $t$  e per fissato tempo di ritorno  $T$  sono stati quindi determinati dal prodotto del valor medio dei massimi annuali di precipitazione media per il fattore probabilistico di crescita  $K_T$ :

$$K_T = 0.5648 + 0.415 \ln T \quad \text{Equazione 1.2}$$



**Figura 1.3** – Stazioni pluviometriche del Servizio Idrografico e Mareografico della Puglia e loro aree di competenza sui due bacini idrografici esaminati

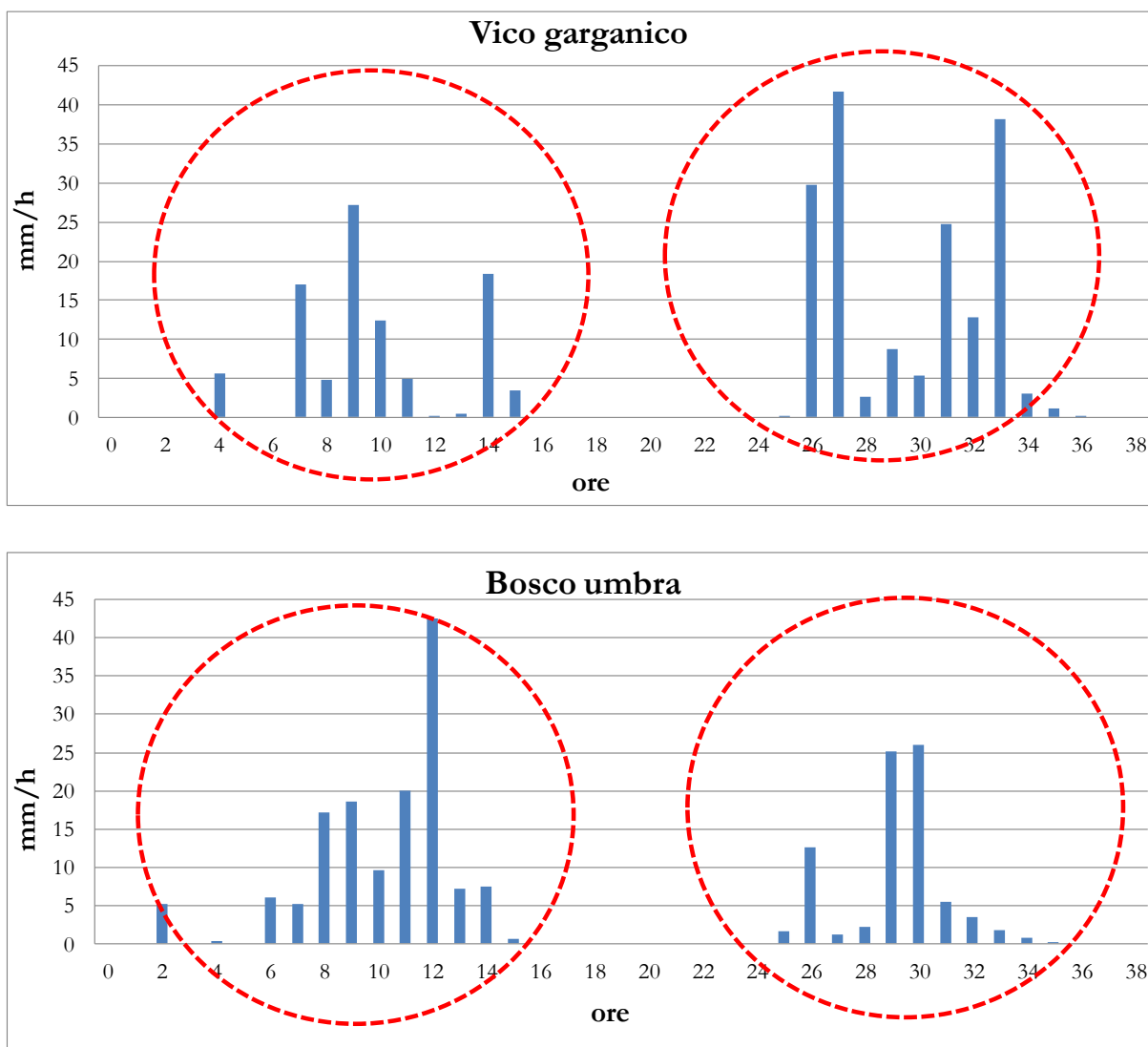


Figura 1.4 – RegISTRAZIONI pluviometriche orarie del 5-6 settembre 2014 nelle stazioni del Servizio Idrografico e Mareografico della Puglia

Le figure 1.5 e 1.6 riportano le curve di possibilità climatica relative alle stazioni di Vico Garganico e di Bosco Umbra, con le rispettive massime intensità di precipitazione registrate durante gli eventi del 5 e 6 settembre 2014.

Il tempo di ritorno dell'evento alluvionale è stato determinato valutando la durata critica che determina la massima portata, ovvero il tempo di corrivazione del bacino ( $t_c$ ) pari a:

$$t_c = \frac{t_L}{0.6} \quad \text{Equazione 1.3}$$

in cui  $t_L$  è il tempo di ritardo del bacino, determinato con la formula di Mockus:

$$t_L = 0,342 \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7} \quad \text{Equazione 1.4}$$

dove  $L$  è la lunghezza dell'asta principale in km,  $s$  è la pendenza del bacino in % e  $CN$  è il Curve Number medio del bacino.

Dalla rappresentazione dei poligoni di Thiessen riportati nella figura 1.3 si è ricavato che il 77 % del bacino del torrente Chianara afferisce alla stazione pluviometrica di Vico garganico ed il restante 23 % alla stazione di Bosco umbra. E' stata quindi ricostruita la pioggia media pesata e sono state tracciate le curve di possibilità pluviometrica del bacino (Figura 1.7). Per il bacino idrografico del torrente Ulso vale invece come riferimento la stazione pluviometrica di Vico del Gargano.

Sulla base dei grafici riportati nelle figure 1.5 e 1.7 si è visto che, in corrispondenza della durata pari al tempo di corrivazione del bacino ( $t_c$  pari a 2.18 ore per l'Ulso e 2.74 ore per il Chianara) il tempo di ritorno dell'evento del 6 settembre è di 30 anni per entrambi i bacini, mentre l'evento pluviometrico del 5 settembre è riconducibile a un evento con tempo di ritorno inferiore a 30 anni.

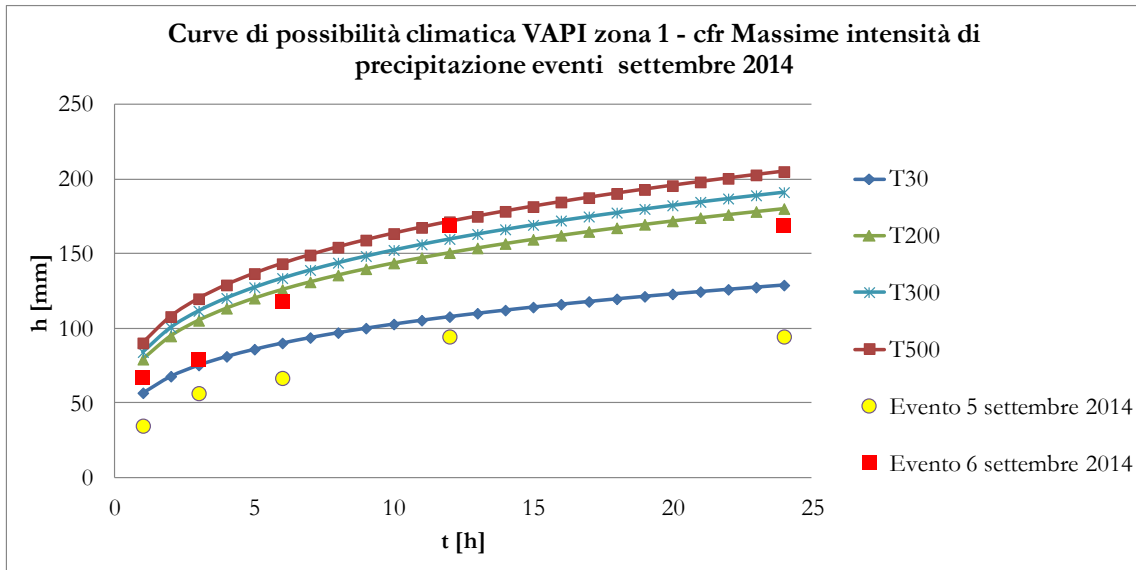


Figura 1.5 – Curve di possibilità climatiche derivanti dall'applicazione del metodo VAPI confrontate con le massime intensità di precipitazione registrate presso la stazione di Vico garganico il 5-6 settembre 2014

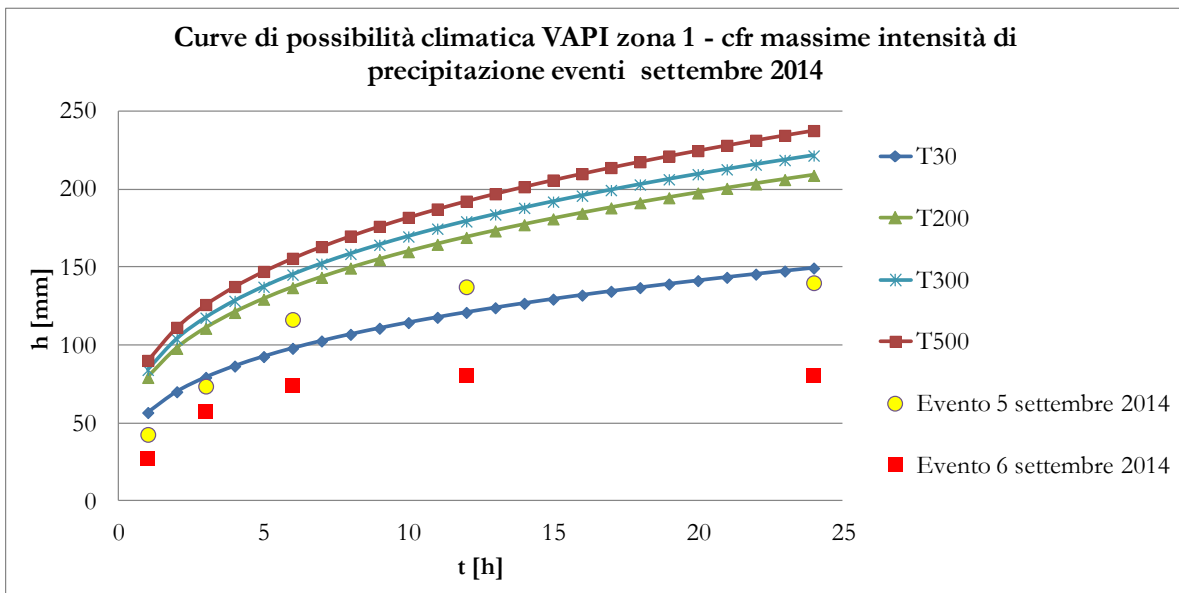


Figura 1.6 – Curve di possibilità climatiche derivanti dall'applicazione del metodo VAPI confrontate con le massime intensità di precipitazione registrate presso la stazione di Bosco umbra il 5-6 settembre 2014

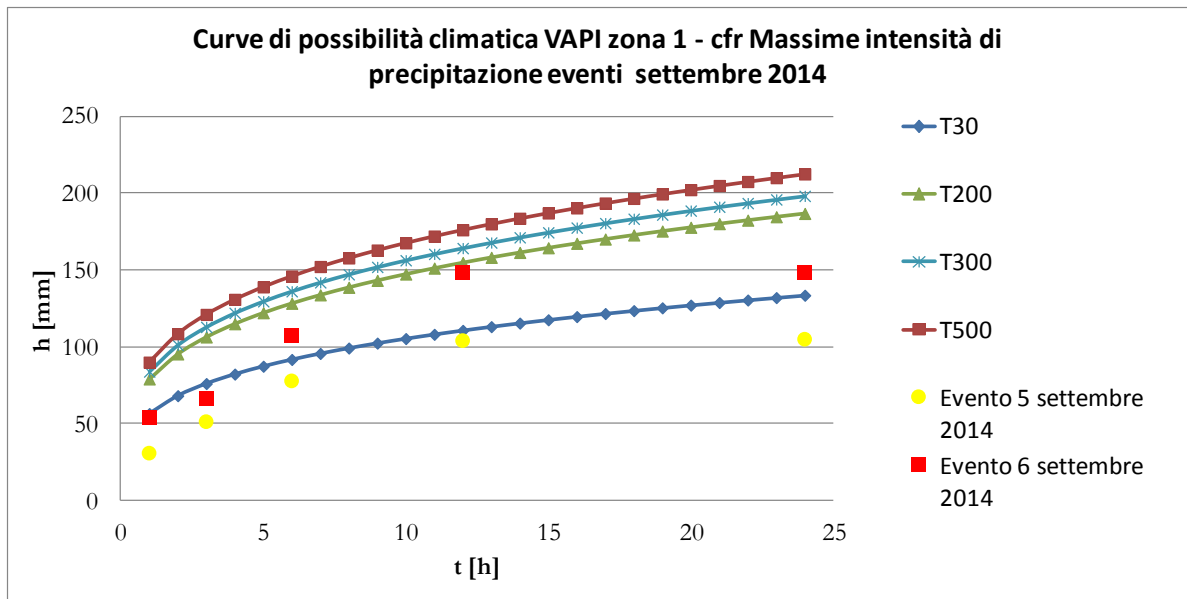


Figura 1.7 – Curve di possibilità climatiche derivanti dall'applicazione del metodo VAPI confrontate con le massime intensità di precipitazione del 5-6 settembre 2014 interessanti il bacino del Chianara

### 1.2.2 Gli effetti al suolo

**San Marco in Lamis** - Il violento nubifragio che si è abbattuto nei giorni 3-4 settembre sull'abitato di San Marco in Lamis ha trasformato le strade del centro in torrenti in piena (Figura 1.8). In tutto il territorio comunale, ma soprattutto nel quartiere San Giuseppe e Starale Alto, dove il fango e i detriti si sono riversati copiosamente a valle dalla montagna, si sono registrati movimenti franosi e rilevanti smottamenti. La zona più colpita è stata il triangolo tra via Borsellino, via Livatino e via Nardella. Evacuate oltre 150 persone che risiedono nella zona alta della città. Disagi anche per la circolazione stradale a causa della presenza di fango e detriti lungo la SS272 per San Severo, la Pedegarganica e la provinciale per San Nicandro Garganico; una situazione resa ancora più difficile dallo straripamento del torrente Candelaro.



**Figura 1.8** – Conseguenze dell'evento alluvionale del 3-4 settembre 2014 nel centro abitato di San Marco in Lamis

**Rodi Garganico** - Nel versante orientale del Gargano, in particolar modo nel giorno 6 settembre, l'evento tipo nubifragio ha determinato precipitazioni superiori a 100 mm in poche decine di minuti poco ad est dell'abitato di Rodi Garganico. Ciò ha determinato il riversamento di colate detritiche provocando ingenti danni alle strade, alla rete ferroviaria, all'abitato stesso di Rodi Garganico e alla strada costiera ad est dell'abitato.

**Peschici** - L'evento piovoso eccezionale verificatosi prevalentemente nella prima settimana di settembre, con punte eccezionali nei giorni di 5-6, ha devastato un'area della fascia costiera ad ovest dell'abitato di Peschici (Figura 1.9). Il disastro idrogeologico si è verificato a causa delle esondazioni di due torrenti, il Chianara e l'Ulsò, che rappresentano un bacino idrografico di circa 300 ettari (di cui l'80% è boschivo). L'innalzamento dei livelli idrometrici dei torrenti ha determinato il sormonto di alcuni attraversamenti e l'isolamento di alcuni nuclei abitativi e strutture ricettive quali villaggi e campeggi posti sulla costa. Numerose sono state le famiglie evacuate e un morto. Gli alvei hanno dovuto smaltire circa 300.000 metri cubi di acqua fangosa in poche ore, per cui si è innescato un diffuso deflusso superficiale con conseguente incanalamento dei flussi negli alvei torrentizi. I potenti flussi non sono stati smaltiti completamente dagli alvei torrentizi per cui si sono verificate diffuse esondazioni specialmente nella fascia costiera antropizzata ed urbanizzata in parte. Le zone di foce sono state interessate da accentuata erosione

spondale con conseguente ampliamento dell'alveo di piena ed asportazione di ingenti volumi di sabbia della spiaggia.



**Figura 1.9** – Fascia costiera ad ovest dell'abitato di Peschici prima (Foto 1, 2 e 5) e dopo (Foto 3, 4 e 6) l'erosione dei torrenti Chianara ed Ulso (fonte: Note tecniche di F. Ortolani - [www.meteogargano.org](http://www.meteogargano.org))

A seguire si riportano aree di analisi in cui è possibile riscontrare effetti al suolo in termini quantitativi, con il fine ultimo di condurre calibrature sulla risposta idrologica dei bacini idrografici. In particolare dai riscontri visibili nelle foto dei siti n. 7 e 8 dell'area di analisi 3 è stato possibile individuare l'impronta dell'area allagata alla foce dei torrenti Chianara e Ulso. Tale impronta è stata confrontata con le risultanze della modellistica idraulica, come verrà descritto nel paragrafo seguente.

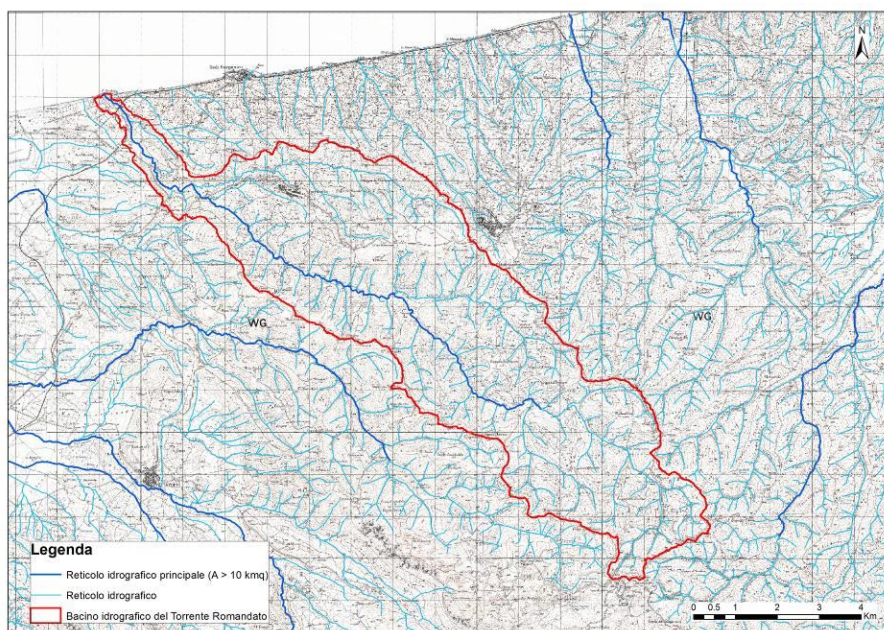
## AREA DI ANALISI 0



Perimetrazione PAI (in blu) in corrispondenza della foce del Torrente Romandato  
Strada che collega Rodi Garganico a Lido del Sole



Effetti alluvione alla foce del torrente Romandato



Bacino idrografico del torrente Romandato (50 km<sup>2</sup>)



## AREA DI ANALISI 1

BACINO	Estensione	Effetti al suolo
1	(bacino chiuso all'altezza dell'abitato di Ischitella) 8 kmq	L'ondata di piena del torrente Romandato ha interessato in più punti la sede stradale della SS693 (foto sito n. 1)



Bacino idrografico (in fucsia) del torrente Romandato chiuso all'altezza dell'abitato di Ischitella



Foto sito n. 1

## AREA DI ANALISI 2

BACINO	Estensione	Effetti al suolo
2	1 kmq	Fango e detriti all'altezza della marina-porto. I detriti si sono spinti fino al molo del porto (foto sito n. 3)
3	0.7 kmq	Colate detritiche che hanno interessato la SS89. Il materiale accumulato ha raggiunto uno spessore fino a 1 - 1.5 m (foto sito n. 4)
4	1.2 kmq	Colate detritiche che hanno interessato la SS89 e alcune strutture ricettive. Il materiale accumulato ha raggiunto uno spessore fino a 1 - 1.5 m (foto sito n. 5)



Perimetrazione PAI (in blu) in corrispondenza dei corsi d'acqua ad est di Rodi Garganico, con rappresentazione dei bacini idrografici (in fucsia)



Foto sito n. 3



Foto sito n. 4



Foto sito n. 5

Immagini prima e dopo l'evento. I flussi detritici hanno causato l'accumulo di detriti calcarei con uno spessore massimo di 2-3 m. Le lettere minuscole individuano gli stessi manufatti illustrati nelle varie immagini da 1 a 9 (fonte: Note tecniche di F. Ortolani - [www.meteogargano.org](http://www.meteogargano.org))

### AREA DI ANALISI 3

BACINO	Estensione	Effetti al suolo
5	16 kmq (Comune Vico del Gargano, Baia di Calanella)	L'ondata di piena del Torrente Calinella ha provocato notevoli danni alla spiaggia della baia (foto sito n. 6)
6	11 kmq (Comune Peschici, Baia di Peschici)	L'ondata di piena del Torrente Ulso ha provocato notevoli danni alla baia di Peschici interessata da diverse strutture ricettive e abitazioni - presenza di allagamenti diffusi (foto sito n. 7)
7	30 kmq (Comune Peschici, Baia di Peschici)	L'ondata di piena del Torrente Chianara ha provocato notevoli danni alla baia di Peschici interessata da diverse strutture ricettive e abitazioni - presenza di allagamenti diffusi (foto sito n. 8)



Perimetrazione PAI (in blu) e corsi d'acqua ad ovest di Peschici



Foto sito n. 6



Foto sito n. 7



Foto sito n. 8

### 1.2.3 Determinazione dell'idrogramma di piena

Partendo dai dati precipitativi descritti nel paragrafo 1.2.1, si vuole ora ricostruire l'idrogramma di piena alla foce dei torrenti Ulso e Chianara, avendo quali elementi utili alla calibrazione le informazioni raccolte e rappresentate nel paragrafo precedente.

Specificatamente si adopera un approccio a parametri concentrati basato sull'applicazione del metodo del Curve Number per la stima della pioggia netta. La portata al colmo di piena è stata ricavata con la seguente relazione:

$$Q_p = 0.208 \frac{VA}{t_a} \quad \text{Equazione 1.5}$$

in cui  $V$  è il volume di deflusso in mm stimato con il metodo del Curve Number,  $A$  è l'area del bacino in  $\text{km}^2$  e  $t_a$  è il tempo di accumulo (durata della fase crescente dell'idrogramma). Il tempo di accumulo si determina con:

$$t_a = 0.5 t_p + t_L \quad \text{Equazione 1.6}$$

dove  $t_p$  è tempo di pioggia.

La tabella seguente riporta le caratteristiche morfologiche dei bacini, utili per l'applicazione delle equazioni sopra richiamate.

	Chianara	Ulso
Area [ $\text{km}^2$ ]	29.93	11.04
Lunghezza asta principale [km]	15.8	10.6
Pendenza [%]	29.7	29.24
Curve Number [-]	74	72

**Tabella 1.2** – Caratteristiche morfologiche dei bacini di analisi

Dall'analisi dei dati di pioggia registrati nei 5 giorni antecedenti l'evento del 6 settembre 2014 si evince che il suolo era nella condizione umida (AMCIII). Il Curve Number medio ponderato del bacino è stato quindi moltiplicato per il fattore correttivo FIII:

$$FIII = 3.4212 - 1.1999 \log CN \quad \text{Equazione 1.7}$$

La metodologia descritta, in riferimento all'evento del 6 settembre 2014, ha prodotto i risultati sintetizzati nella tabella seguente:

	Chianara	Ulso
Precipitazione cumulata [mm]	148.32	168.8
Precipitazione netta [mm]	140.86	125.37
Volume di deflusso [ $\text{M m}^3$ ]	3.33	1.46
Portata al colmo [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	97.23	46.58

**Tabella 1.3** – Risultati derivanti dall'applicazione del metodo del Curve Number in riferimento all'evento del 6 settembre 2014

I valori di portata al colmo sopra riportati sono stati confrontati con la portata al colmo con tempo di ritorno di 30 anni, che per il bacino del Chianara è di  $103.62 \text{ m}^3/\text{s}$  e per l'Ulso è di  $40.85 \text{ m}^3/\text{s}$ .

La ricostruzione dell'idrogramma di piena è stata fatta considerando l'idrogramma unitario (relativo a un volume di deflusso pari a un millimetro) del bacino, costruito a partire dall'idrogramma adimensionale di Mockus. L'idrogramma unitario di Mockus è espresso in termini di  $Q/Q_p$  e  $t/t_a$ , in cui  $Q_p$  si ottiene dall'equazione 1.5 ponendo  $V=1$ :

$$Q_p = 0.208 \frac{A}{t_a} \quad \text{Equazione 1.8}$$

La durata della pioggia  $t_p$  che produce l'idrogramma unitario è data da:

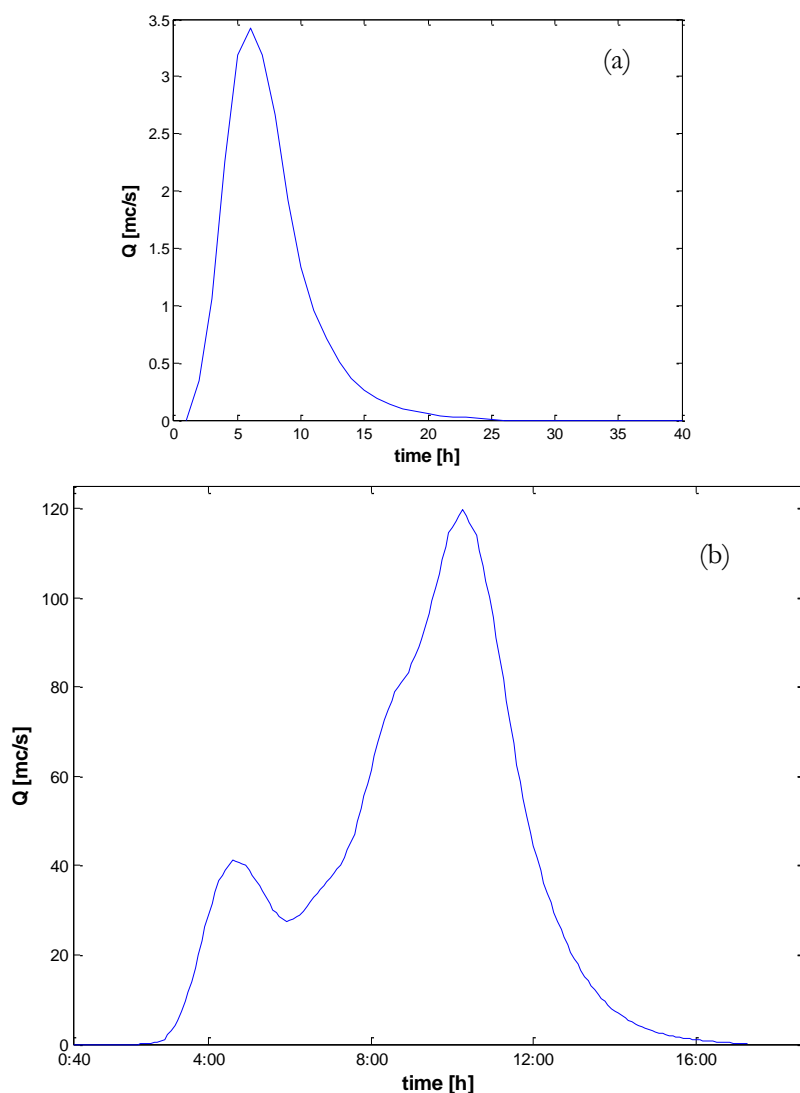
$$t_p = 0.2 t_a \quad \text{Equazione 1.9}$$

Dalle equazioni 1.6 e 1.9 si ottiene:

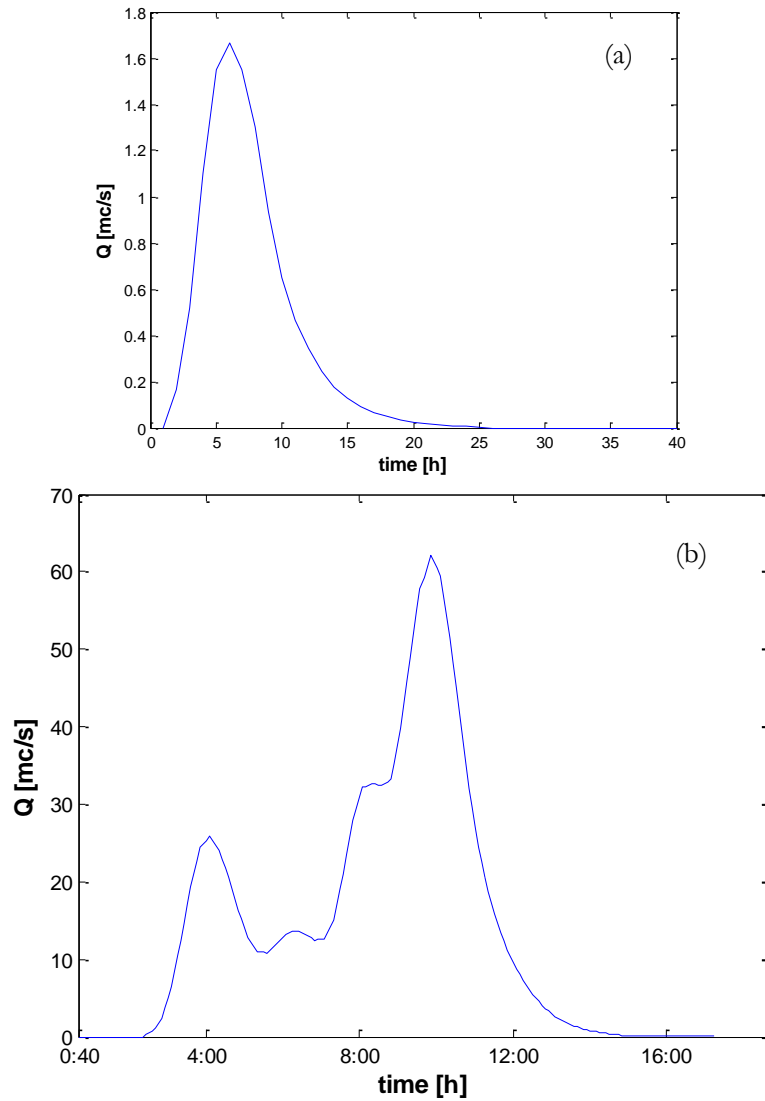
$$t_a = \frac{t_L}{0.9} \quad \text{Equazione 1.10}$$

$$t_p = \frac{t_L}{4.5} \quad \text{Equazione 1.11}$$

Sono stati quindi determinati gli incrementi di deflusso relativi agli intervalli di precipitazione di durata  $t_p$  pari alla durata della precipitazione che provoca l'idrogramma unitario (Figure 1.10a e 1.11a rispettivamente per il bacino del Chianara e dell'Ulso). Amplificando le ordinate dell'idrogramma unitario di Mockus con ciascuno di tali incrementi di deflusso si ottiene una serie di idrogrammi le cui ordinate sommate, per ogni istante  $t$ , forniscono quelle dell'idrogramma di piena (Figura 1.10b e 1.11b rispettivamente per il bacino del Chianara e dell'Ulso).



**Figura 1.10** - Bacino del Chianara: idrogramma unitario (a) e idrogramma di piena (b) relativo all'evento del 6 settembre 2014



**Figura 1.11** - Bacino dell'Ulso: idrogramma unitario (a) e idrogramma di piena (b) relativo all'evento del 6 settembre 2014

L'impronta dell'area allegata è stata infine valutata applicando una modellistica idraulica in condizioni di moto vario, per i cui dettagli si rimanda al capitolo V. L'estensione dell'impronta della piena, riportata in Figura 1.12 in termini di tiranti massimi, e ottenuta adottando quale condizione al contorno la portata con tempo di ritorno di 30 anni, risulta assolutamente confrontabile con le foto aeree dell'alluvione del 6 settembre 2014, a testimonianza della buona calibrazione del modello idrologico.





Figura 1.12 - Confronto tra le foto dell'alluvione di Peschici del 6 settembre 2014 e la ricostruzione dell'impronta dell'area allagata con il modello idraulico

### 1.3 I CORSI D'ACQUA DEL GARGANO

In linea generale, il Promontorio del Gargano è un alto strutturale dell'avampaese apulo, definitosi in gran parte durante il Plio-Pleistocene. Dal punto di vista geologico e tettonico, il Gargano è costituito prevalentemente da rocce sedimentarie di origine chimica e biochimica, ossia da rocce carbonatiche (calcari e dolomie) del Cretaceo e del Giurassico, per lo più stratificate e interessate da un elevato grado di deformazione tettonica con faglie con andamento per lo più NW-SE. Unica eccezione è costituita da Punta Pietre Nere, una massa di scure rocce vulcaniche risalenti al Triassico, affioranti sulla spiaggia di Lesina.

Dal punto di vista geomorfologico il substrato carbonatico, affiorante principalmente nella parte centrale del Gargano, è interessato da intensi fenomeni di dissoluzione carsica, giustificati da un elevato numero di doline e inghiottitoi, ecc..

Data la natura carsica appena descritta, nel Gargano non vi è una vera e propria idrografia superficiale. Non vi sono, infatti, corsi d'acqua perenni. Nelle aree meno elevate, sono numerosi invece i brevi corsi vallivi e le incisioni più ampie e profonde percorse da acque torrentizie con abbondante trasporto solido in occasione di eventi meteorologici di forte intensità e breve durata. Tali corsi d'acqua alimentano due importanti corpi idrici: il lago di Lesina (area di 51 kmq e profondità massima di 1.5 m) e il lago di Varano (60 kmq e 5.5 m di profondità massima), antiche lagune ora totalmente separate dal mare.

Il fenomeno carsico si manifesta maggiormente nelle aree calcaree che caratterizzano il settore centrale ed occidentale del Gargano. Nel settore orientale, invece, la permeabilità è minore per la presenza di depositi di bacino, costituiti da rocce carbonatiche e calcareo-marnose. Particolarmente ricca è invece l'idrografia sotterranea sviluppatasi grazie all'intenso fenomeno carsico delle rocce carbonatiche.

Nei paragrafi a seguire si vogliono mostrare gli evidenti caratteri di omogeneità del territorio carsico nei confronti della generazione dei deflussi, con l'obiettivo di rendere trasferibili a larga scala le informazioni di calibrazione derivanti dalle analisi condotte con particolare riferimento ai bacini idrografici dell'Ulso e del Chianara che, nei capoversi a seguire, sono utilizzati come elementi di raffronto.

#### 1.3.1 Analisi qualitativa

Dal punto di vista geolitologico, sulla base delle informazioni del Foglio n. 157 della Carta Geologica d'Italia 1:100.000, si riconosce che la maggior parte del territorio garganico è caratterizzato da carbonati di piattaforma del periodo Giurassico-Cretacico (Figura 1.13) che mostrano un grado di cementazione molto elevato, da un lato, ed una elevata permeabilità dall'altro. Gran parte della permeabilità di quest'unità geolitologica è da attribuire alla porosità secondaria strettamente dipendente sia dall'elevato grado di fratturazione dei calcari di origine tettonica, sia dall'intenso fenomeno carsico. Le aree di affioramento di quest'unità ricadono nella zona centrale del Gargano e nell'area compresa tra i laghi di Lesina e Varano. Tale unità ha una permeabilità alta, ovvero una bassa capacità di deflusso.

Nel territorio nord-orientale affiorano le rocce carbonatiche e calcareo-marnose ascrivibili all'unità dei carbonati di bacino (Giurassico-Cretacico). Rientrano in questo raggruppamento i bacini di calibrazione dell'Ulso e del Chianara. L'unità litologica dei carbonati di bacino presenta una porosità primaria medio-bassa a causa della prevalente tessitura fango-sostenuta della roccia, di contro la porosità secondaria è invece rilevante in corrispondenza dei piani di fratturazione delle principali discontinuità tettoniche. Tale unità ha una permeabilità medio-bassa.

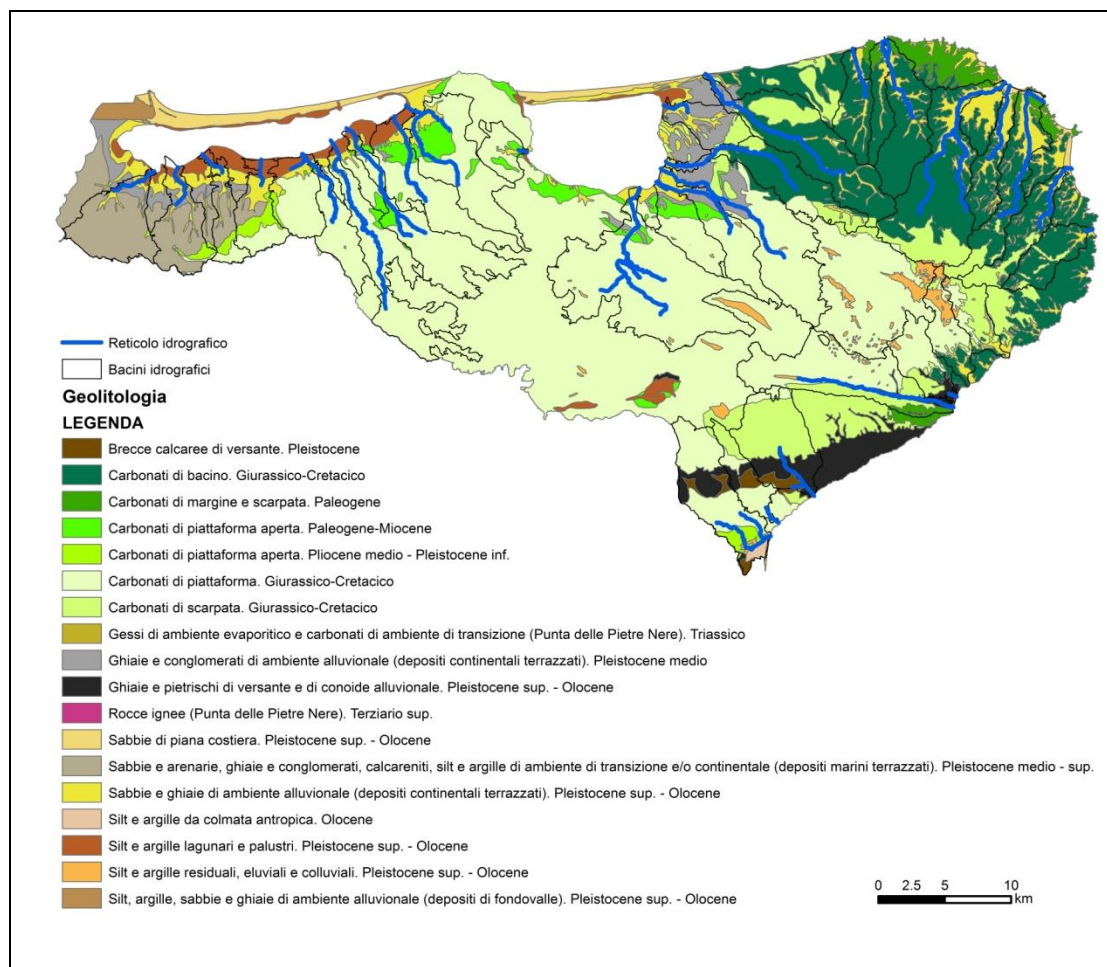


Figura 1.13 – Distribuzione delle unità litologiche nell'area garganica

Nell'area nord-occidentale del Gargano, a monte dei canali idrici che si immettono nel lago di Lesina, affiorano i depositi marini terrazzati ascrivibili all'unità delle sabbie e arenarie, ghiaie e conglomerati, calcareniti, silt e argille di ambiente di transizione e/o continentale (Pleistocene medio-superiore). Questa unità geolitologica è estremamente eterogenea e poiché sia la tessitura che il grado di cementazione variano da luogo a luogo, anche la porosità primaria può variare da bassa a elevata; la porosità secondaria è del tutto assente perché questi depositi sono completamente indeformati. Tale unità ha una permeabilità medio-alta.

Nel settore meridionale, invece, a valle del reticolo idrografico che attraversa i territori di Mattinata e Manfredonia, si rinvengono nuovamente i carbonati di piattaforma e i terreni costituiti da clasti eterometrici a prevalente composizione carbonatica e dolomitica ascrivibili all'unità delle ghiaie e pietrischi di versante e di conoide alluvionale (Pleistocene sup. – Olocene). Quest'unità geolitologica presenta un grado di cementazione variabile da nullo (conoide oloceniche) a medio/elevato (conoide pleistoceniche).

Analizzando l'uso del suolo (Figura 1.14) su tutto il territorio garganico, si nota una vasta copertura di boschi, occupata quasi totalmente da latifoglie; il resto del territorio è occupato da seminativi, pascolo e da colture agricole di uliveti. Solo una minima parte del territorio è occupata da insediamenti urbani e industriali.

Nel Gargano si registra la maggiore piovosità della regione Puglia con 1100-1200 mm totali annui, con piogge di tipo orografico a cui si aggiungono quelle d'origine frontale legate alla coiclogenesi del mediterraneo orientale. Il massimo di piovosità si verifica in novembre o in dicembre, mentre il minimo ricade in luglio.

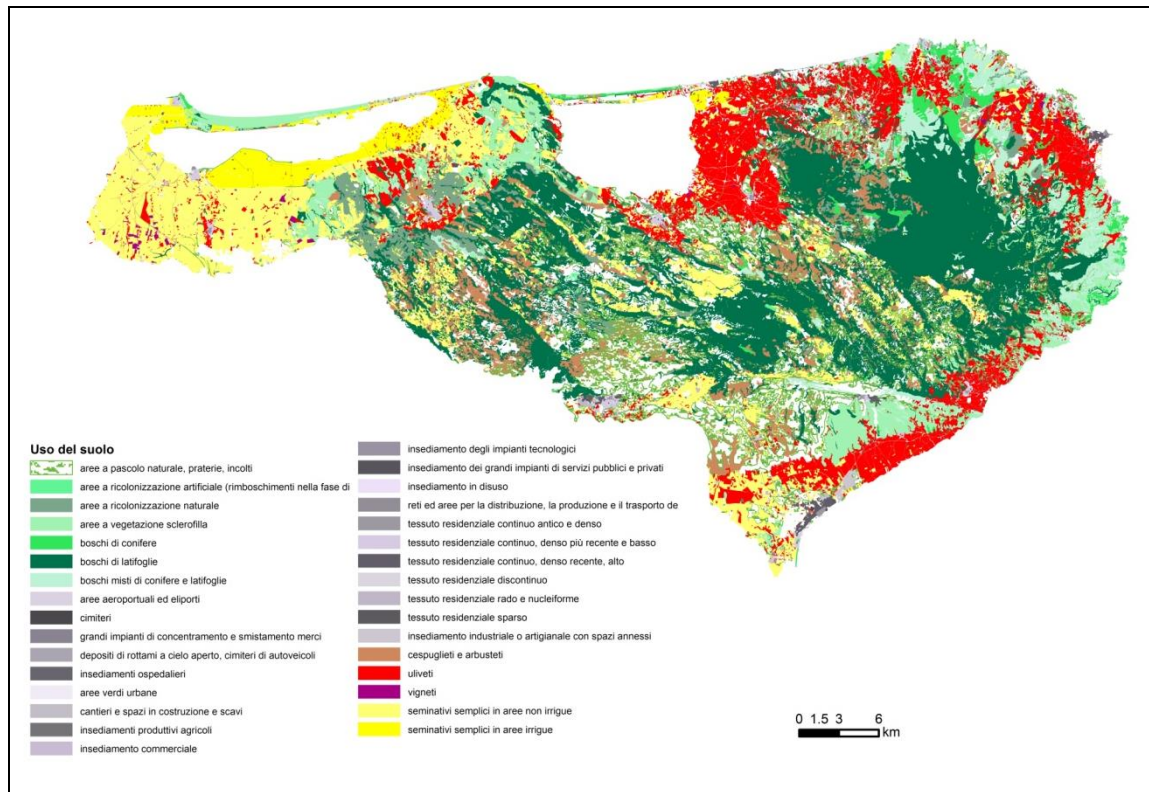


Figura 1.14 – Distribuzione dell’uso del suolo nell’area garganica

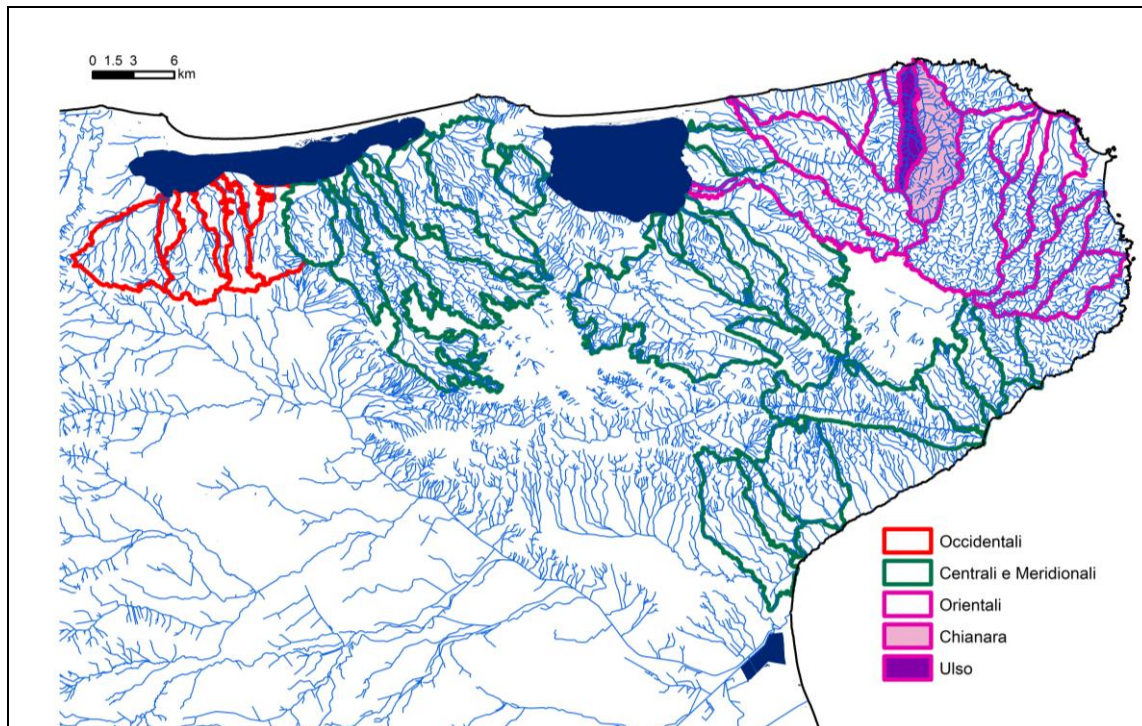


Figura 1.15 – Rappresentazione dei bacini idrografici del Gargano distinti in tre raggruppamenti: 1) occidentali, 2) centrali e meridionali e 3) orientali

L’elevata capacità di infiltrazione dei suoli, legata prevalentemente al fenomeno carsico, fa sì che, in corrispondenza di eventi meteorologici ordinari, i volumi di pioggia caduti si infiltrino nel sottosuolo, mentre in corrispondenza di eventi particolarmente intensi, senza soluzione di continuità, il reticolo idrografico possa assumere la caratteristica tipica dei deflussi torrentizi in grado di veicolare elevati volumi di acqua e di fango per percorsi idraulici lunghi decine di chilometri sino a mare.

### 1.3.2 Analisi quantitativa

Sulla base delle affinità riguardanti le caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche e di uso del suolo richiamate nel paragrafo precedente, è stato possibile distinguere tre raggruppamenti di bacini dell'area garganica (Figura 1.15):

- bacini occidentali, ricoprenti una piccola area del Gargano (circa 84 km<sup>2</sup>) ed aventi un'area media di 21 km<sup>2</sup>;
- bacini centrali e meridionali, occupanti un'area complessiva di 572 km<sup>2</sup> e un'area media di 30 km<sup>2</sup>;
- bacini orientali, aventi un'estensione complessiva di 293 km<sup>2</sup> e mediamente un'area di 27 km<sup>2</sup>.

Tra i suddetti raggruppamenti, i bacini del settore occidentale differiscono dagli altri per le loro caratteristiche idrografiche, geolitologiche e di uso del suolo. Si può notare, infatti, come nei bacini occidentali la densità del reticolo idrografico sia nettamente inferiore rispetto ai bacini occidentali e di quelli che si sviluppano nell'area centrale del Gargano. Inoltre, mentre negli altri due raggruppamenti di bacini prevalgono i carbonati (di piattaforma o di bacino), nei bacini occidentali si hanno per il 51% sedimenti estremamente eterogenei, caratterizzati da sabbie e arenarie, ghiaie e conglomerati, calcareniti, silt e argille (Tabella 1.4). Solo secondariamente si trovano sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale verso le foci dei corsi d'acqua. Per quanto riguarda l'uso del suolo qui si ha la predominanza di seminativi, mentre in tutti gli altri raggruppamenti prevalgono le superfici boscate, tra cui spiccano le latifoglie. (tabella 1.5)

**Tabella 1.4** – Analisi quantitativa relativa alle Formazioni geologiche prevalenti

		Carbonati di bacino	Carbonati di piattaforma	Sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale	Sabbie e arenarie, ghiaie e conglomerati, calcareniti, silt e argille di ambiente di transizione e/o continentale
<b>Ulso</b>	%	71.63	0.00	15.85	0.00
<b>Chianara</b>	%	81.04	0.00	15.37	0.00
<b>Bacini orientali</b>	Media [%]	51.03	4.66	15.45	0.00
	Deviazione standard	29.66	5.75	15.21	/
<b>Bacini centrali e meridionali</b>	Media [%]	6.56	59.76	5.10	0.00
	Deviazione standard	5.65	30.09	4.93	/
<b>Bacini occidentali</b>	Media [%]	0.00	16.89	13.80	51.01
	Deviazione standard	/	13.24	5.14	29.29

I bacini idrografici del sottore centrale e orientale sono caratterizzati prevalentemente da rocce carbonatiche. Calcari appartenenti all'unità dei carbonati di piattaforma affiorano nei bacini i cui corsi d'acqua sfociano ad est del lago di Lesina e nel lago di Varano (nella zona centrale del Gargano) e nei bacini ricadenti nei comuni di Mattinata, Monte Sant'Angelo e Manfredonia (parte meridionale del Gargano). Calcari appartenenti all'unità dei carbonati di bacino, nell'ordine del 51 %, affiorano nei bacini che ricadono nei territori dei comuni di Vieste, Peschici e in parte Vico del Gargano (settore orientale).

Analizzando l'uso del suolo, per i bacini orientali, centrali e meridionali si nota la presenza prevalente di boschi e in percentuale minore di uliveti, pascoli ed in minima parte di tessuto urbano ed industriale (Tabella 1.5).

I bacini di calibrazione dell'Ulso e del Chianara, ricadenti nel raggruppamento dei bacini orientali, presentano caratteristiche di omogeneità rispetto agli altri bacini del settore orientale. In particolare le superfici boscate superano mediamente il 60 % dell'area del bacino. In particolare nella parte montana prevalgono i boschi di latifoglie, mentre verso foce predominano le conifere e gli uliveti. Il reticolo

idrografico si sviluppa lungo le sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale. La parte restante dei due bacini di calibrazione (in particolare più del 70 %) risulta occupata dai carbonati di bacino.

**Tabella 1.5** – Analisi quantitativa relativa alle categorie di uso del suolo prevalenti

		<b>Boschi (latifoglie, conifere, sclerofilla)</b>	<b>Uliveti</b>	<b>Seminativi</b>	<b>Pascolo</b>	<b>Urbano e industriale</b>
<b>Ulso</b>	%	71.85	16.59	0.55	1.83	2.46
<b>Chianara</b>	%	74.82	16.55	1.80	0.90	2.12
<b>Bacini orientali</b>	Media [%]	61.95	20.73	2.12	3.86	1.71
	Deviazione standard	16.46	12.57	2.31	1.77	1.05
<b>Bacini centrali e meridionali</b>	Media [%]	36.98	13.96	15.58	12.86	1.97
	Deviazione standard	19.56	13.71	10.92	8.29	1.89
<b>Bacini occidentali</b>	Media [%]	3.29	4.76	73.89	1.60	1.76
	Deviazione standard	5.12	2.21	7.86	0.80	1.53

Sulla base di considerazioni effettuate sulla Carta di Uso del Suolo in scala 1:5.000 della Regione Puglia fornita dal Sistema Informativo Territoriale della Regione e sulla Carta Geolitologica della Puglia in scala 1:250.000, redatta dal Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università di Bari e validata dall'AdB Puglia (2009), è stato calcolato il Curve Number medio (tabella 1.6) per ogni bacino idrografico (v. capitolo III). Per i bacini dell'Ulso e del Chianara i valori medi ponderati del Curve Number sono risultati, rispettivamente, 72 e 74, confrontabili quindi con la media dei restanti bacini orientali (CN=70) ed occidentali (71). Nettamente inferiore è risultato il valore medio del Curve Number dei bacini centrali e meridionali (CN=57), tale valore così basso è attribuibile alla predominanza dei boschi di latifoglie che si sviluppano sui carbonati di piattaforma.

**Tabella 1.6** – Analisi quantitativa relativa al valore del *Curve Number*

	<b>Ulso</b>	<b>Chianara</b>	<b>Bacini orientali</b>	<b>Bacini centrali e meridionali</b>	<b>Bacini occidentali</b>
<b>Valore medio [-]</b>	71.54	74.00	69.97	56.57	70.58
<b>Deviazione standard [-]</b>	11.28	7.34	14.25	17.30	20.21

I dati relativi alla litologia, all'uso del suolo e al Curve Number appena citati mostrano una discreta omogeneità tra il bacini di calibrazione ed i bacini orientali, centrali e meridionali. Si vuole sottolineare che le modeste differenze presenti non impediscono l'adozione di un unico modello idrologico, calibrato sul bacino dell'Ulso e del Chianara, ed esteso sull'intero territorio, considerato che la risposta idrologica resta comunque funzione dell'estensione del bacino, del Curve Number e del grado di antropizzazione, che gioca un ruolo nella definizione dei tempi caratteristici del bacino idrografico.

I bacini occidentali paiono possedere invece caratteristiche diverse in relazione ai processi di generazione del deflusso.

Si esaminano invece ora, con riferimento a tutti i bacini di analisi, i valori di alcuni parametri classici di carattere morfometrico, abitualmente adoperati in linea tecnica per classificare il comportamento dei bacini dal punto di vista idrografico e idrologico in termini di generazione di eventi estremi. A questo proposito con riferimento ai parametri indicati in tabella 1.7, utilizzando le ormai usuali procedure di calcolo basate su tecniche GIS, è stato possibile predisporre la tabella 1.8, nella quale sono riportati i valori medi di tali parametri con riferimento a tutti i bacini di studio. Di particolare interesse risultano i parametri quali la dimensione frattale, la pendenza e i rapporti hortoniani, che determinano la risposta idrologica del bacino idrografico. L'esame della tabella 1.8 evidenzia come tali valori, per i bacini orientali, centrali e

meridionali, siano in media assai poco diversi tra di loro e spesso quasi coincidenti, a conferma della uniformità morfometrica dei bacini. I bacini occidentali hanno invece valori diversi rispetto agli altri raggruppamenti di bacini.

Un valido supporto all'analisi svolta è offerto dalle curve ipsometriche dei bacini esaminati. In figura 1.16, per rendere tra di loro confrontabili le curve, queste sono state tracciate in termini adimensionali (avendo riferito quote e superfici rispettivamente al valore massimo e all'area sottesa alla sezioni di chiusura). E' dunque riportata in ordinata la quota della fascia altimetrica  $h_i$  rapportata al valore massimo  $h_{max}$  ed in ascissa la superficie  $A_i$  posta a quota maggiore o eguale ad  $h_i$  rapportata alla superficie dell'intero bacino  $A_{max}$ .

Si può subito osservare come le curve dei bacini di calibrazione si collocano in posizione intermedia rispetto ai restanti bacini di analisi.

A ulteriore conferma di quanto sinora espresso si riporta la figura 1.17, nella quale è riportato l'andamento dell'indice mensile satellitare denominato NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), valutato al solito sia i bacini di calibrazione che per i tre raggruppamenti di bacini. L'NDVI è dato dalla combinazione della riflettanza nella banda del rosso, correlata all'assorbimento della luce da parte della clorofilla, e la riflettanza nella banda dell'infrarosso vicino, legata alla densità e struttura della vegetazione. E' un indice adimensionale che varia nell'intervallo tra -1 e 1, assumendo valori maggiori in presenza di vegetazione (con elevata attività fotosintetica) e valori minori in corrispondenza di superfici non vegetate o con attività fotosintetica debole. Più dettagliatamente, valori negativi dell'NDVI corrispondono all'acqua, valori vicini a zero ma positivi (da 0 a 0.1) corrispondono ai suoli e valori più alti, da 0.2 a 0.6 indicano la presenza di superfici vegetate, con valori massimi attorno a 0.8 per vegetazione molto densa. Ciò dipende dal fatto che la vegetazione, a differenza delle superfici brulle o poco vegetate, riflette la radiazione solare relativamente molto di più nel vicino infrarosso che nel visibile. Dall'analisi della figura 1.16, ricavata dalle immagini satellitari mensili del sensore NOAA-AVHRR relative all'anno 1998, si evince che mediamente non ci sono apprezzabili differenze tra i bacini orientali, centrali e meridionali in termini di NDVI mensile in quanto le linee riportate nel grafico appaiono tra di loro contigue, a testimonianza dell'appartenenza ad un unico territorio geografico. Differente appare l'andamento dell'NDVI nei bacini occidentali da maggio a dicembre. Nei bacini occidentali, infatti, poiché prevalgono i seminativi al posto delle latifoglie presenti invece negli altri raggruppamenti di bacini, l'NDVI è più basso.

Infine, per quanto concerne l'analisi delle precipitazioni, i bacini di studio rientrano tutti nella zona omogenea 1, fatta eccezione per tre bacini meridionali che appartengono alla zona omogenea 2.

Nell'allegato 1.3.1 sono individuate le zone omogenee insieme alle stazioni pluviometriche aggiornate al 2012 della Struttura di Monitoraggio Meteorologico del Centro Funzionale Regionale (già Ufficio Idrografico e Mareografico), con i relativi topoi di competenza. Ad integrazione del quadro conoscitivo sono state cartografate anche le stazioni dell'Assocodipuglia, così come illustrato nel paragrafo 1.4.

**Tabella 1.7 – Parametri morfometrici**

Superficie del bacino [km <sup>2</sup> ]	$A$
Perimetro del bacino [km]	$P$
Dimensione frattale [-]	$D$
Lunghezza dell'asta principale [km]	$L$
Pendenza media dell'asta principale [m/m]	$i_m$
Pendenza media dei versanti [m/m]	$i_v$
Lunghezza del vettore di orientamento [km] Il vettore di orientamento è il segmento che unisce il baricentro del bacino con la sua sezione di chiusura	$L_v = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$
Quota media del bacino [m. s.l.m.]	$Z_{mean}$
Tempo di ritardo [ore]	$t_L$
Tempo di corrivazione [ore]	$t_c$
Rapporto di circolarità [-] E' il rapporto tra l'area del bacino e quella del cerchio avente lo stesso perimetro del bacino. Più il bacino presenta una forma circolare più il valore di tale rapporto è prossimo ad 1	$R_C = \frac{4\pi A}{P^2}$
Rapporto di allungamento [-] E' il rapporto tra il diametro del cerchio di area uguale a quella del bacino e la lunghezza dell'asta principale del bacino	$R_{AL} = \frac{2\sqrt{\frac{A}{\pi}}}{L}$
Coefficiente di compattezza [-] E' il rapporto tra il perimetro del bacino e il diametro del cerchio avente la stessa area del bacino	$C_{COMP} = \frac{P}{2\sqrt{\frac{A}{\pi}}}$
Fattore di forma di Horton [-] E' il rapporto tra l'area del bacino e il quadrato della lunghezza dell'asta principale del bacino	$R_K = \frac{A}{L^2}$
Rapporto delle lunghezze [-] E' il rapporto tra la lunghezza del vettore orientamento e la lunghezza dell'asta principale del bacino	$R_L = \frac{L_v}{L}$



**Tabella 1.8** – Valori medi dei parametri della tabella 1.7 per i bacini di analisi

<b>MEDIA</b>	<b>Ulso</b>	<b>Chianara</b>	<b>Bacini orientali</b>	<b>Bacini centrali e meridionali</b>	<b>Bacini occidentali</b>
A [km <sup>2</sup> ]	11.04	29.93	26.58	27.08	21.02
P [km]	30.69	44.58	44.36	53.10	41.96
D [-]	1.43	1.20	1.23	1.12	1.04
L [km]	10.61	15.83	15.59	15.18	10.29
i <sub>m</sub> [m/m]	0.06	0.05	0.05	0.06	0.02
i <sub>v</sub> [m/m]	0.29	0.30	0.29	0.22	0.07
L <sub>v</sub> [km]	4.48	6.43	6.28	5.89	4.50
Z <sub>mean</sub> [m]	203.31	271.13	305.93	347.89	62.17
t <sub>L</sub> [h]	1.23	1.64	1.59	2.93	2.76
t <sub>c</sub> [h]	2.18	2.74	2.65	4.89	4.60
R <sub>c</sub> [-]	0.15	0.19	0.17	0.12	0.15
R <sub>AL</sub> [-]	0.35	0.39	0.37	0.39	0.50
C <sub>COMP</sub> [-]	8.19	7.22	7.62	9.04	8.11
R <sub>K</sub> [-]	0.10	0.12	0.11	0.12	0.20
R <sub>L</sub> [-]	0.42	0.41	0.40	0.39	0.44

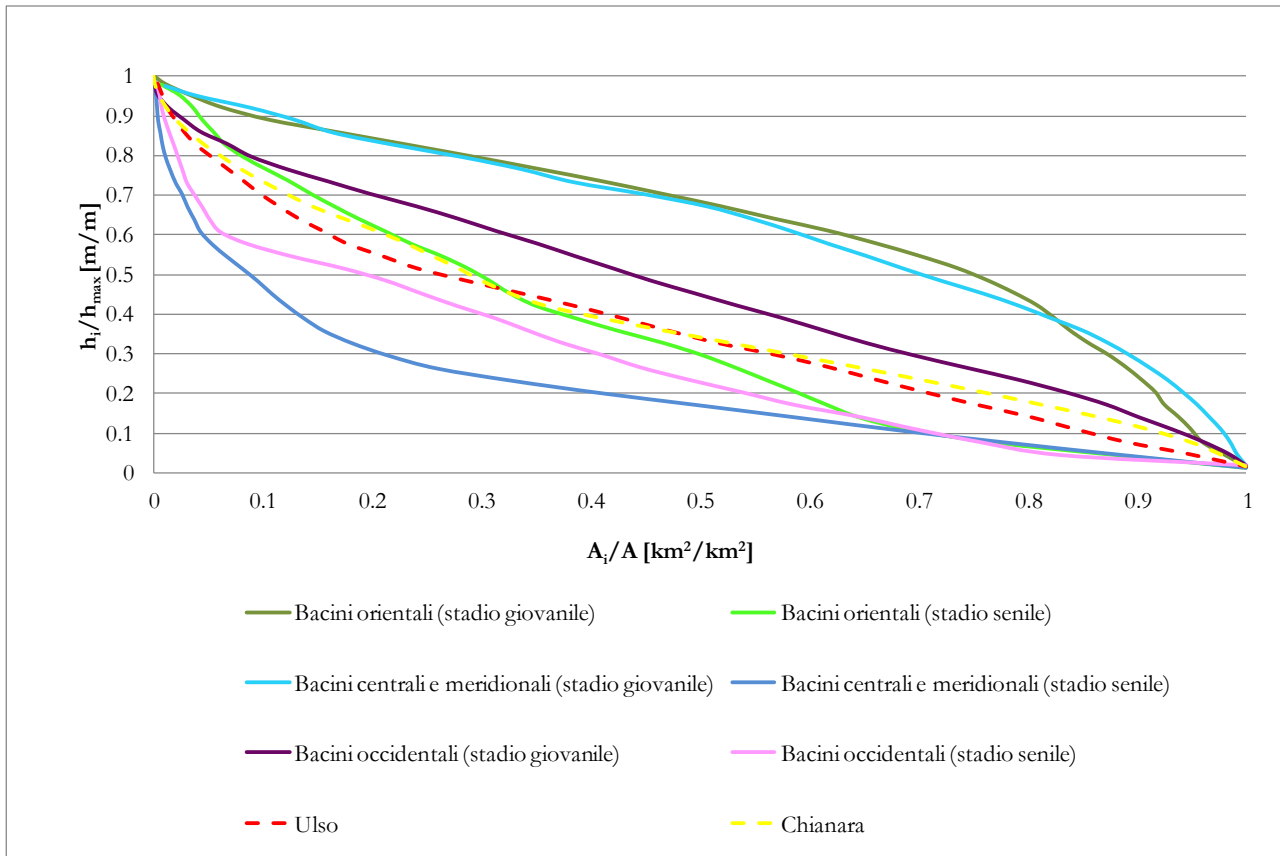


Figura 1.16 - Curve ipsometriche relative ai bacini di studio

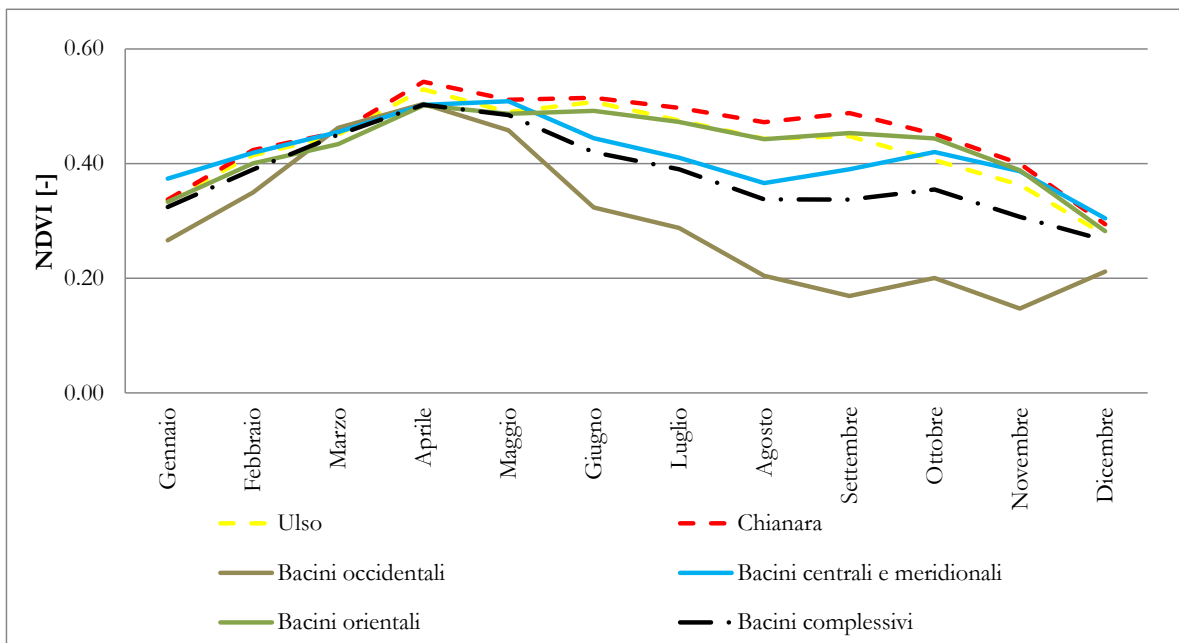


Figura 1.17 – Andamento mensile dell'NDVI medio ponderato relativo ai bacini di analisi (anno 1998)

## 1.4 LE STAZIONI PLUVIOMETRICHE

In questo paragrafo si vuole dare puntuale rappresentazione delle stazioni pluviometriche presenti sul territorio, integrando quelle del Servizio Idrografico e Mareografico della Regione Puglia, al fine di incrementare il quadro conoscitivo utile agli studi idrologico-idraulici.

Nell'allegato 1.3.1 sono quindi cartografate, ed elencate nell'allegato 1.3.2, le stazioni pluviometriche oggetto di ricognizione, aggiornate al 2014, appartenenti alla Struttura di Monitoraggio Meteorologico del Centro Funzionale Regionale (già Ufficio Idrografico e Mareografico), con i relativi topoi di competenza, e le stazioni della rete Assocodipuglia.

### 1.4.1 La rete della SMM-CFR Puglia

Si riporta di seguito, per eshaustività, quanto pubblicato sul sito della Protezione Civile Regionale, relativamente al 'Centro Funzionale Regionale e Struttura di Monitoraggio Meteorologico'.

*La Struttura di Monitoraggio Meteorologico del Centro Funzionale Regionale (già Ufficio Idrografico e Mareografico) svolge le attività "storiche" di rilevamento, validazione, archiviazione e pubblicazione delle grandezze climatiche, idrologiche ed idrografiche interessanti il reticolo idrografico superficiale e sotterraneo tra il bacino del torrente Candelaro e quello del fiume Lato, compreso il bacino interregionale del fiume Ofanto. Tali attività sono fonte di dati indispensabili per la conoscenza dei fenomeni naturali di carattere meteorologico ed idrologico che sono supporto imprescindibile per la progettazione delle opere idrauliche di utilizzazione delle risorse idriche e di difesa dai rischi indotti dagli eventi estremi.*

*La Struttura, istituita sin dal 1917 come Sezione autonoma del Genio Civile, è stata trasferita alla Regione Puglia a seguito del D.P.C.M. 24.07.2002 ed è incorporata nel Servizio Protezione Civile con le competenze di cui agli artt. 22 e 23 del DPR 24.01.1991, n.85.*

*Le attività si possono sintetizzare nello studio, rilevamento e analisi dei fenomeni fisici e nella conservazione, pubblicazione e divulgazione dei dati e delle informazioni di carattere meteo-climatico, idrologico e idraulico. La Struttura ha provveduto a dare massima diffusione ai dati rilevati dalle stazioni di monitoraggio con la pubblicazione degli Annali Idrologici e tramite il sito del Servizio.*

*La struttura degli Annali, modificata nel corso degli anni, si presenta articolata su due fascicoli (parte prima e parte seconda). Nel primo sono trattate la termometria, la pluviometria e la meteorologia e sono contenuti i seguenti elementi:*

- a) *Termometria: Massime e minime temperature giornaliere e valori medi estremi delle temperature mensili;*
- b) *Pluviometria: Totali giornalieri – totali mensili e annui - precipitazioni massime di 1, 3, 6, 12 e 24 ore consecutive - massime precipitazioni dell'anno per periodi di più giorni consecutivi - precipitazioni di notevole intensità e breve durata e manto nevoso (elaborato e pubblicato sino all'anno 2000);*
- c) *Meteorologia: Pressione atmosferica - umidità relativa e vento al suolo.*

*Nel secondo, sono trattati i corsi d'acqua ed ai relativi bacini e sono contenuti i seguenti dati e tabelle: afflussi meteorici su alcuni bacini - altezze idrometriche giornaliere - portate e bilanci idrologici - osservazioni freatiche - trasporto torbido - indagini, studi idrologici, ed eventi di carattere eccezionale (in questo capitolo conclusivo vengono descritti, qualora si verificano, i fenomeni eccezionali come alluvioni o lunghi periodi di siccità). Alcuni Annali Idrologici hanno, in allegato, elaborazioni cartografiche relative alle isoiete e/o alle isoterme, osservate nel corso dell'anno.*

*La Struttura ha avviato un processo di armonizzazione e potenziamento del sistema di rilevamento dei dati meteorologici con strumentazioni elettroniche in telemisura in pregio ai principi di economicità efficienza ed efficacia. Nelle more della stampa degli Annali Idrologici successivi all'anno 1996, si ritiene utile promuovere sul portale web la diffusione dei seguenti dati:*

- a) *Annali Idrologici – parte prima, per gli anni dal 1997 al 2009;*
- b) *Valori termo-pluviometrici storici medi ed estremi;*
- c) *Elaborazioni grafiche rilevate presso alcune stazioni.*

*Gli Annali Idrologici, pubblicati dall'Ufficio di Bari, dal 1921 al 1996, per il territorio di propria competenza, sono consultabili presso la sede della Struttura, insieme alle principali pubblicazioni edite nel corso della sua storia istituzionale.*

Essendo assente sul territorio carsico pugliese una rete di monitoraggio idrometrico, la rappresentazione cartografica in allegato 1.3.1 riporta le sole stazioni pluviometriche e i relativi topoi,

individuati dallo shapefile reperibile con il corrispettivo kmz in [\ALL\_1\_ANALISI\_CONOSCITIVA\RETIPLUVIOMETRICHE\Stazioni\_IdroPluviometriche\_2014\_SMPuglia].

Nell'allegato 1.3.2 sono elencate le stazioni di riferimento, descritte attraverso i seguenti campi:

Nome (label)	RH=umidità aria
Tipo: Radio o GSM	VV=velocità del vento
Località	DV=direzione del vento
Provincia	RS=radiazione solare
Coordinata X e Y in UTM WGS84	PA=pressione atmosferica
PP=pluviometrica	MSLDM=metri su livello medio mare
TA=temperatura	
LV=livello idrico	

#### 1.4.2 La rete Assocodipuglia

Ad integrazione del quadro conoscitivo sono state cartografate nell'allegato 1.3.1 anche le stazioni dell'Associazione Regionale dei Consorzi di Difesa della Puglia, denominata ASSOCODIPUGLIA, istituita con legge regionale n. 24 dell'11 maggio 1990 (Bollettino uff. della Regione Puglia n. 97 del 4/6/90 art. 11). La Banca Dati del Servizio Agrometeorologico della Regione Puglia rende disponibili le grandezze meteorologiche e agrometeorologiche, rilevate da alcune stazioni negli ultimi due giorni. Mentre i dati storici di tutte le stazioni possono comunque essere richiesti, come forniture una-tantum o continuative, all'Assocodipuglia tramite registrazione.

Nell'allegato 1.3.2 è presente l'elenco delle stazioni, denominate attraverso il campo 'codice stazione', fornito dall'Assocodipuglia. Per ogni stazione è indicata la data di inizio e quella di fine registrazione. Lo shapefile puntuale e il corrispettivo kmz è reperibile in [\ALL\_1\_ANALISI\_CONOSCITIVA\RETIPLUVIOMETRICHE\stazioni\_assocodipuglia] e presenta i seguenti campi descrittivi dei record:

str_1: codice della stazione (label)
dbl_1: latitudine
dbl_2: longitudine
str_2: località

## 1.5 LE STRUTTURE TURISTICHE

L'area del Gargano ha una forte vocazione turistica per effetto della diffusa presenza di beni naturalistici, culturali, ambientali ed enogastronomici. La crescente domanda di turismo, prevalentemente balneare, ha tuttavia determinato l'incremento della pressione antropica sugli ecosistemi fluviali, ambientali e agro-territoriali del Gargano. Per soddisfare la domanda turistica si sono infatti insediate strutture ricettive non sempre rispettose degli equilibri idrogeologici, ambientali ed ecosistemici del territorio. Nello specifico, si riscontra la presenza di strutture turistiche nelle fasce di rispetto dei corsi d'acqua e/o in aree a pericolosità idraulica. Inoltre, le trasformazioni d'uso del suolo, connesse alla realizzazione di aree e strutture turistico – ricettive, non hanno garantito l'invarianza idraulica del territorio con ricadute negative sulla risposta idrologica dei bacini.

In questo contesto, gli effetti al suolo degli eventi alluvionali possono quindi determinare rischi per gli edifici ad uso turistico e per la popolazione turistica fluttuante. Tali rischi si sono recentemente palesati durante l'evento alluvionale di settembre 2014, che ha determinato l'allagamento di alcuni campeggi e concreti rischi per l'incolumità della popolazione sia residente che turistica.

I pesanti effetti dell'evento alluvionale hanno messo in evidenza la già nota necessità di attuare una pianificazione turistico-territoriale rispettosa della capacità di carico dell'ambiente e dell'assetto idraulico del territorio. E' dunque necessario analizzare le relazioni esistenti tra strutture turistiche, il reticolo idrografico e le aree a pericolosità idraulica.

A tal fine, con nota prot. n. 15641 del 03/12/2014, sono state richieste alla Regione Puglia, Servizio di Protezione Civile e Servizio Turismo, nonché all'Agenzia Regionale del Turismo, informazioni sulle strutture ricettive, con riferimento a:

- ubicazione (comune, località/via, coordinate geografiche);
- distribuzione stagionale dei flussi turistici;
- shapefile puntuale o poligonale di aree e strutture turistico - ricettive.

I dati richiesti saranno utilizzati per localizzare le strutture ricettive, individuare gli insediamenti ricadenti nelle aree a pericolosità idraulica e determinare la popolazione turistica fluttuante realmente esposta a rischio di alluvioni.

Nelle more dell'acquisizione di tali informazioni, si utilizzano i seguenti strati informativi, rappresentati nell'allegato 1.4:

- le aree turistiche, quali “campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows e simili” della CTR Puglia.

*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle del Gargano.*

# Rilievi topografici – II

## ALLEGATI



- 2.1 - I corsi d'acqua del Gargano con area contribuyente maggiore uguale ai 10 km<sup>2</sup>
- 2.2 - Copertura Lidar
- 2.3.1 - Attraversamenti idraulici rilevati. Rappresentazione cartografica
- 2.3.2 - Scheda monografica rilievo attraversamenti
- 2.3.3 - Elenco attraversamenti rilevati
- 2.4.1 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del torrente Romandato
- 2.4.2 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del torrente Calinella
- 2.4.3 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Chianara
- 2.4.4 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del torrente Macchia
- 2.4.5 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Vallone San Giuliano
- 2.4.6 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Canale Macinino

## ARCHIVIO DIGITALE



- \IDROGRAFIA
  - Reticolo 10 km<sup>2</sup> (shp e kmz)
  - Bacini idrografici 10 km<sup>2</sup> (shp e kmz)
- \LIDAR
  - Coperture Lidar (shp)
  - Tavolette Lidar (ascii)
- \ATTRAVERSAMENTI\_IDRAULICI
  - Attraversamenti idraulici rilevati (shp e kmz)
  - Schede monografiche dei rilievi
- \MORFOLOGIA
  - Sezioni trasversali 3D (shp e kmz)



Obiettivo di questa fase è l'integrazione del rilievo topografico disponibile e la restituzione in formato vettoriale della morfologia dei corsi d'acqua indagati, con la definizione di un rappresentativo numero di sezioni trasversali, estese fino al limite della fascia di pertinenza fluviale, comprensivo del rilievo di dettaglio di tutti i manufatti interferenti con le predette aree di pertinenza.



## 2.1 I CORSI D'ACQUA PRINCIPALI DEL GARGANO

I corsi d'acqua indagati sono quelli aventi bacino idrografico maggiore di 10 km<sup>2</sup>, coperti da rilievo LIDAR, così come rappresentati nella tavola allegata 2.1, codificati secondo la seguente tabella. I bacini idrografici e il corso principale dei corsi d'acqua sono riportati in forma vettoriale nella cartella [\\ALL\_2\_TOPOGRAFIA\IDROGRAFIA], sia come shapefile che come kmz.

**Tabella 2.1** – Codifica dei corsi d'acqua

BACINO
TORRENTE ROMANDATO [GAR01]
TORRENTE CALINELLA [GAR02]
CHIANARA [GAR03]
TORRENTE MACCHIA [GAR04]
VALLONE SAN GIULIANO [GAR05]
CANALE MACININO [GAR06]

La base geometrica per la creazione dei vettoriali rappresentanti la morfologia dei corsi d'acqua è costituita, in ordine di priorità, da:

- 1) rilievi LIDAR, acquisiti a partire dal 25 gennaio 2010, mediante intese avviate con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare;
- 2) DTM con cella di 8 m derivante dalla Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 della Regione Puglia.

Tale base geometrica è infine integrata da:

- 3) rilievi di campo dei canali artificiali;
- 4) rilievi delle opere di attraversamento idraulico.

Per i corsi d'acqua principali sono quindi realizzati modelli Hec-Ras, mediante procedimento Hec-GeoRAS implementato in ambiente GIS. Tale procedura consente sia la restituzione vettoriale che la definizione tabellare di sezioni trasversali tracciate, con passo significativo, lungo l'asse dei corsi d'acqua.

Inoltre, nei modelli è possibile inserire la rappresentazione geometrica dei principali attraversamenti idraulici, avvalendosi di accurati rilievi in campo e documentazione fotografica. Il sistema di riferimento adottato è il WGS84-UTM 33 N.

## 2.2 I RILIEVI LIDAR

Il LIDAR (*Light Detection and Ranging*) è una tecnica di telerilevamento attivo che consente l'esecuzione di rilievi topografici ad alta risoluzione e ad elevata velocità di acquisizione dei dati, attraverso un laser scanner, installato su di un aereo, costituito da un trasmettitore (laser), un ricevitore (composto da un telescopio) ed un sistema di acquisizione dei dati.

Nel dettaglio, il distanziometro laser emette una quantità prestabilita di impulsi ad alta frequenza che viene deviata perpendicolarmente da uno specchio rotante. Maggiore è il numero di impulsi, maggiore è l'accuratezza del rilievo. L'intensità del segnale riflesso e la quota del terreno, calcolata sulla base del tempo trascorso tra il segnale emesso e quello riflesso, vengono registrati da un sensore.

All'interno del velivolo sono presenti un sistema di posizionamento satellitare (GPS) ed un sistema inerziale di navigazione (INS), che consentono di determinare la posizione e l'orientamento dell'aereo in ogni istante. A terra sono invece posizionate stazioni GPS sui vertici di una rete geodetica appositamente creata, al fine di poter correggere la posizione dell'aereo nella fase di post-processing dei dati.

Sulla base della dimensione e della forma della superficie che si vuole scansionare si organizzano i piani di volo; la raccolta dei dati avviene tramite ricognizione su predefinite aree del territorio, dette "strisce". La larghezza di queste strisce è funzione di vari elementi, come le caratteristiche dello scanner impiegato, il tipo e la risoluzione del rilievo che si vuole ottenere e l'altezza di volo.

Il processo di elaborazione dei dati può essere sintetizzato nelle seguenti fasi:

1. stima della traiettoria e dell'orientazione del sensore tramite il sistema di posizionamento satellitare ed il sistema inerziale di navigazione;
2. generazione dell'archivio di punti registrati con le relative coordinate e quote;
3. classificazione dei punti sulla base dell'altezza e dell'intensità del segnale riflesso, attribuendo un ben preciso significato fisico agli elementi rilevati;
4. generazione dei modelli digitali del terreno o della superficie (DTM, DSM).

I punti acquisiti dal rilievo LiDAR sono quindi trattati dal punto di vista della georeferenziazione e successivamente classificati in base all'appartenenza al terreno o al "non - terreno" (edifici, pali, tralicci, copertura vegetale). Tale procedura si effettua mediante algoritmi automatici e semi - automatici che consentono di ricavare da tali nuvole di punti modelli a maglia regolare. I DSM - *Digital Surface Model* rappresentano sia i terreni aperti che le sommità di manufatti, edifici e specie vegetali. L'eliminazione degli oggetti solidi in elevazione e la sostituzione con porzioni di superficie ottenute per interpolazione dei valori circostanti, consente di ottenere i modelli digitali del solo terreno, ovvero i DTM - *Digital Terrain Model*. La differenza tra DSM e DTM è rappresentata nella figura di seguito riportata.

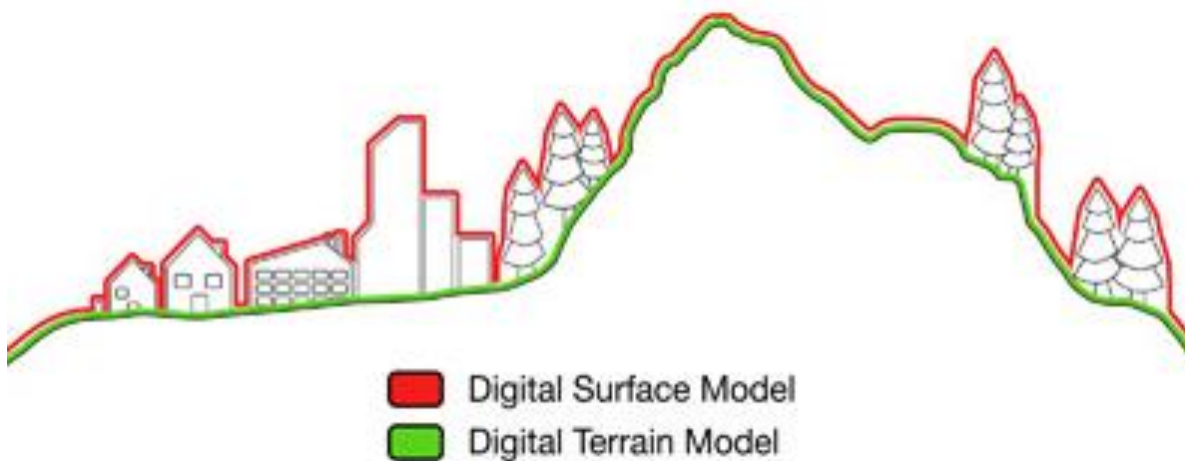


Figura 2.1 – Differenza tra DSM e DTM

La copertura dei rilievi LIDAR acquisiti è rappresentata dalla cartografia allegata 2.2. Si condividono inoltre i grigliati delle tavolette in [\ALL\_2\_TOPOGRAFIA\LIDAR]. Il sistema di riferimento delle tavolette è il Sistema di Coordinate Geografiche WGS-84. La copertura riguarda il reticolo idrografico con area contribuente di 10 kmq, la fascia costiera e altre aree critiche. Le coperture sono individuate dagli shapefile in WGS84-UTM33N in [\ALL\_2\_TOPOGRAFIA\LIDAR\Coperture], uno per ogni campagna di rilievo, secondo l'associazione in tabella 2.2. Il nome delle tavolette è indicato nel campo 'tavola' degli shapefile. Le tavolette, in formato ascii, sono archiviate nei file .zip, denominati con la sigla del rispettivo shapefile relativo al progetto di copertura LIDAR.

**Tabella 2.2** – Codifica delle campagne di rilievo

_01:	progetto Miadra
_02:	estensione progetto Miadra
_03:	progetto PST_A
_03C:	progetto PST_A fascia costiera
_04:	estensione 2008 PST_A

Nell'allegato cartografico sono inoltre rappresentati i rilievi LIDAR che verranno acquisiti dalla nuova campagna di copertura del MATTM, nonché le aree il cui rilievo sarà oggetto di specifico bando. Lo shape-file di tali aree è incluso nella cartella [\ALL\_2\_TOPOGRAFIA\LIDAR\Coperture].

## 2.3 IL RILIEVO DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO

L'Autorità di Bacino della Puglia ha realizzato un *database* degli attraversamenti idraulici del reticolo idrografico con la rete stradale e ferroviaria. Tale *database* vuole rappresentare un incremento del quadro conoscitivo con una duplice finalità. Da un lato vuole essere uno strumento utile alla modellistica idraulica per la caratterizzazione idraulico-geometrica dell'attraversamento, dall'altro vuole rappresentare un elemento di analisi delle criticità ai fini di polizia idraulica.

Gli attraversamenti analizzati sono quelli che derivano dall'intersezione del reticolo idrografico della Carta Idrogeomorfologica dell'AdB Puglia (notificata all'Amministrazione regionale della Puglia in data 05/01/2010 con nota prot. 75 e consultabile all'indirizzo web [www.adb.puglia.it](http://www.adb.puglia.it)) con la viabilità stradale e ferroviaria del progetto DBPrior10K-Ottobre 2007 del Centro Interregionale.

Per la viabilità stradale sono stati acquisiti tutti gli elementi rappresentanti gli assi delle strade di tipo Autostrade, Strade Statali, Regionali e Provinciali, nonché le strade comunali o militari necessarie a garantire la connessione al grafo di tutti i Centri Abitati indicati nella relativa copertura ISTAT 1991; inoltre, sono state acquisite le strade urbane di scorrimento in modo da garantire la connessione tra le varie strade extraurbane che convergono nei centri urbani. Per la viabilità ferroviaria sono acquisite tutte le ferrovie del territorio nazionale, sia appartenenti alle Ferrovie dello Stato che ad altre compagnie.

Ogni attraversamento è stato codificato secondo il seguente metodo esemplificativo:

*GA XXX YYYYY FV*

dove:

- le prime 2 lettere costituiscono l'identificativo dell'ambito territoriale di indagine (GA);
- la prima tripletta di numeri (XXX) identifica il bacino in cui è ubicato l'attraversamento;
- le successive 5 cifre (YYYYY) identificano l'attraversamento all'interno del bacino;
- le ultime due lettere rappresentano la tipologia della strada attraversata (ad esempio FV = ferrovia, SS = strada statale, SP = strada provinciale, AS = autostrada, SL = strade locali, NC = non cartografate).

Lo *shape-file* contenente gli attraversamenti dell'ambito territoriale del Gargano è denominato 'AttravIdr\_AdBP\_Gar2014', nel quale ogni opera è identificata da un codice univoco (di seguito denominato CodAttr) e da una coppia di coordinate geografiche (E\_geo, N\_geo), riportate in elenco nell'allegato 2.3.3. Tale *shape-file* corredato dal file .kmz è disponibile nella cartella [\\ALL\_2\_TOPOGRAFIA\\ATTRAVERSAMENTI]. La rappresentazione cartografica è rimandata alla tavola 2.3.1. Ad ogni punto rilevato è associata una scheda monografica del *database*, riportata all'allegato 2.3.2 ed illustrata a seguire.

Successivamente, il rilievo è stato esteso agli attraversamenti idraulici relativi alle infrastrutture stradali e ferroviarie classificate appartenenti a viabilità minore, individuati sulla base della loro rilevanza ai fini della modellistica idraulica.

### 2.3.1 Descrizione della scheda monografica

#### SEZIONE 1 - identificazione dell'opera.

- **Codice Attraversamento:** codice dell'opera di attraversamento (es. BA 001 00001 FV), identificato dallo *shape-file* 'AttravIdr\_AdBP\_Gar2014'.
- **Coord Piana X UTM WGS84:** campo numerico riportante le coordinate piana X nel sistema di riferimento UTM-WGS84, definita dallo *shape-file* 'AttravIdr\_AdBP\_Gar2014'.
- **Coord Piana Y UTM WGS84:** campo numerico riportante le coordinate piana Y nel sistema di riferimento UTM-WGS84, definita dallo *shape-file* 'AttravIdr\_AdBP\_Gar2014'.
- **Coord Geo E WGS84:** campo numerico riportante le coordinate geografica Est nel sistema di riferimento WGS84, definita dallo *shape-file* 'AttravIdr\_AdBP\_Gar2014'.
- **Coord Geo N WGS84:** campo numerico riportante le coordinate geografica Nord nel sistema di riferimento WGS84, definita dallo *shape-file* 'AttravIdr\_AdBP\_Gar2014'.
- **Regione:** campo alfabetico, da compilare sulla base dell'ubicazione del punto relativamente allo *shape-file* denominato 'Comuni\_AdBP\_2012.shp'.
- **Provincia:** campo alfabetico, da compilare sulla base dell'ubicazione del punto relativamente allo *shape-file* denominato 'Comuni\_AdBP\_2012.shp'.
- **Comune:** campo alfabetico, da compilare sulla base dell'ubicazione del punto relativamente allo *shape-file* denominato 'Comuni\_AdBP\_2012.shp'.
- **Tipo di infrastruttura:** campo alfabetico, selezionabile tra 'Ferrovia, Autostrada, Strada Statale, Strada Provinciale, Strade Locali', da compilare in funzione del codice dell'attraversamento in cui le ultime due lettere rappresentano la tipologia della strada attraversata (FV = ferrovia; SS = strada statale; SP = strada provinciale; AS = autostrada; SL = strade locali).
- **Data del rilievo:** campo data da compilare.
- **Rilevatore:** campo alfanumerico contenente cognome, nome e società.
- **Data della compilazione:** campo data da compilare.
- **Area contribuente:** campo numerico da NON compilare.
- **foto monte attraversamento idraulico:** campo alfanumerico recante il nome del file contenente la fotografia scattata al lato monte dell'attraversamento (CodAttr\_MA.jpg).
- **foto valle attraversamento idraulico:** campo alfanumerico recante il nome del file contenente la fotografia scattata al lato valle dell'attraversamento (CodAttr\_VA.jpg).
- **foto monte alveo:** campo alfanumerico recante il nome del file contenente la fotografia scattata a monte dell'attraversamento verso monte (CodAttr\_MM.jpg).
- **foto valle alveo:** campo alfanumerico recante il nome del file contenente la fotografia scattata a valle dell'attraversamento verso valle (CodAttr\_VV.jpg).
- **foto particolari:** campo alfanumerico recante nome dei file contenenti le fotografie scattate ad elementi di particolare importanza -es. ostruzioni, soglie, ecc. non ben visibili nelle precedenti foto - (CodAttr\_PX.jpg).
- **descrizione particolari:** campo alfanumerico recante la descrizione delle foto dei particolari.
- **Caposaldo:** deve essere indicata la posizione del punto di materializzazione con le rispettive coordinate X, Y e Z nel sistema di riferimento UTM-WGS84.
  - collocazione altimetrica: scegliendo tra 'estradosso' nel caso in cui il caposaldo è sull'impalcato e 'invert' nel caso in cui il caposaldo è alla base dell'imbocco;
  - collocazione planimetrica: scegliendo tra 'centro', 'sx M', 'sx V', 'dx M', 'dx V', secondo lo schema in figura 6 e le indicazioni fornite nella sezione 2 per l'infrastruttura a raso o il rilevato pieno.
- **Foto caposaldo:** campo alfanumerico recante il nome del file contenente la fotografia con l'inquadramento del caposaldo (CodAttr\_CS.jpg)

## SEZIONE 2 - caratterizzazione geometrica

E' selezionabile una tra le quattro differenti opere con cui l'infrastruttura stradale/ferroviaria interseca il reticolo idrografico:

### a) A RASO

- **muri laterali in cemento:** campo booleano, da spuntare qualora l'attraversamento stradale-ferroviario sia accompagnato da muri laterali in cemento;
- **muri laterali a secco:** campo booleano, da spuntare qualora l'attraversamento stradale-ferroviario sia accompagnato da muri laterali a secco;
- **altezza muri:** campo numerico contenente l'altezza in metri degli eventuali muri laterali;
- **Q centro X:** campo numerico riportante le coordinate X nel sistema di riferimento UTM-WGS84, rilevata con strumentazione GPS sul rilevato in corrispondenza del suo asse di simmetria trasversale.
- **Q centro Y:** campo numerico riportante le coordinate Y nel sistema di riferimento UTM-WGS84, rilevata con strumentazione GPS sul rilevato in corrispondenza del suo asse di simmetria trasversale.
- **Q centro Z:** campo numerico riportante le coordinate Z nel sistema di riferimento UTM-WGS84, rilevata con strumentazione GPS sul rilevato in corrispondenza del suo asse di simmetria trasversale.

### b) RILEVATO PIENO

- **altezza rilevato:** campo numerico recante l'altezza in metri del rilevato, ovvero il dislivello tra il fondo dell'alveo e l'estradosso del rilevato.
- **Q centro X:** campo numerico riportante le coordinate X nel sistema di riferimento UTM-WGS84, rilevata con strumentazione GPS sul rilevato in corrispondenza del suo asse di simmetria trasversale.
- **Q centro Y:** campo numerico riportante le coordinate Y nel sistema di riferimento UTM-WGS84, rilevata con strumentazione GPS sul rilevato in corrispondenza del suo asse di simmetria trasversale.
- **Q centro Z:** campo numerico riportante le coordinate Z nel sistema di riferimento UTM-WGS84, rilevata con strumentazione GPS sul rilevato in corrispondenza del suo asse di simmetria trasversale.
- **handrail:** campo booleano da spuntare nel caso in cui vi sia la presenza di ringhiere o muri di protezione sull'estradosso del rilevato; se spuntato deve essere indicata l'**altezza** in metri di tale elemento e la **% di blocco** nei rispettivi campi numerici;

### c) PONTE

Devono essere compilate due tabelle. La prima (Tabella A) contiene le coordinate in WGS84 UTM 33 N di quattro punti di inquadramento, le cui ubicazioni sull'estradosso del ponte sono individuate nella vista planimetrica in figura 2.5:

- **Qext sx M:** punto di inizio della luce libera al deflusso sul lato di monte;
- **Qext sx V:** punto di fine della luce libera al deflusso sul lato di monte;
- **Qext dx M:** punto di inizio della luce libera al deflusso sul lato di monte;
- **Qext dx V:** punto di fine della luce libera al deflusso sul lato di monte.

La seconda tabella (Tabella B) contiene le informazioni relative alla caratterizzazione geometrica trasversale del ponte per definire l'area lorda libera al deflusso (secondo la raffigurazione della sezione trasversale in figura A). In ogni riga si inserisce la larghezza della luce L, l'altezza della luce H ovvero l'altezza in chiave HC e in spalla HS, lo spessore dell'impalcato D e la larghezza della pila successiva P in destra idraulica. Il numero di righe deve corrispondere al numero di luci.

Seguono i campi:

- **forma pila:** campo alfabetico selezionabile tra '*semicircular nose and tail (A)*, *cylinder piers with connecting diaphragm (B)*, *cylinder piers without diaphragm (C)*, *triangular nose and tail (D)*, *square nose and tail (E)*', secondo lo schema in figura B;
- **lunghezza singola pila:** campo numerico dove inserire la lunghezza della singola pila, la cui forma è rappresentata graficamente con il relativo simbolo "ℓ" (circolare, ovoidale, rettangolare) come in figura C;

Tabella A. Coordinate piano altimetriche dei punti di inquadramento

	X	Y	Z
Qext sx M	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
Qext sx V	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
Qext dx M	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
Qext dx V	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>

Tabella B. Caratterizzazione geometrica trasversale del ponte

n.ro luci	L	Ho o Hc	Hs	D	P
1	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
2	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
3	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	//
4 ...					

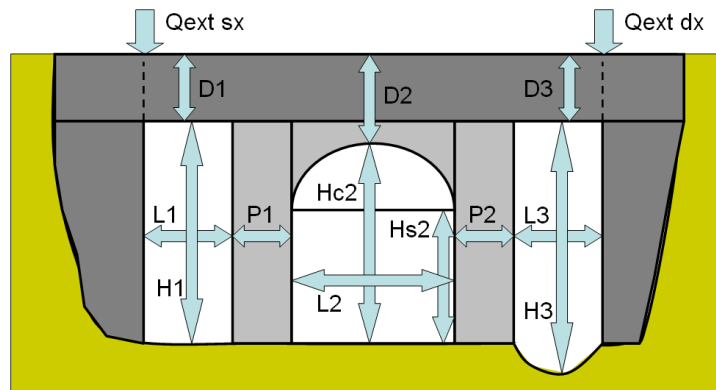


Figura A. Elementi caratteristici della geometria trasversale del ponte

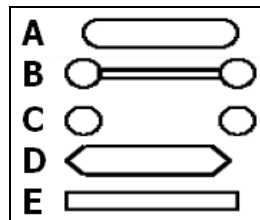


Figura B. Tipologia delle pile del ponte

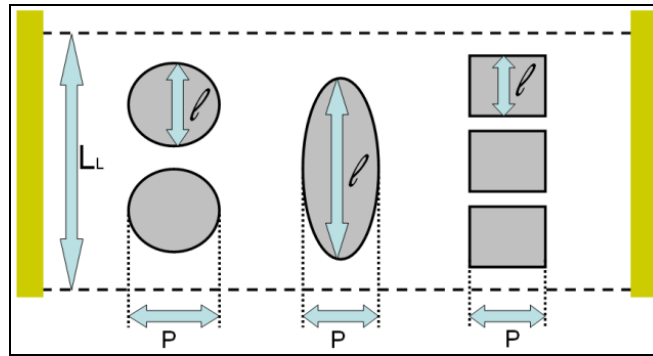


Figura C. Elementi caratteristici della geometria trasversale del ponte

d) **CULVERT**

Devono essere compilate due tabelle. La prima (Tabella C) contiene le coordinate in WGS84 UTM 33 N di 4 punti di inquadramento (le cui ubicazioni sono individuate nella vista planimetrica di figura 2.5), analogamente al caso 'ponte'. La seconda tabella (Tabella D) contiene le informazioni per la caratterizzazione geometrica trasversale del *culvert*, secondo la raffigurazione della sezione trasversale in figura 2.4. In ogni riga si inserisce la forma del *culvert* (selezionabile tra S-scatolare, O-ovoidale e A-arco), la larghezza del *culvert* B o il diametro orizzontale  $D_o$ , l'altezza del *culvert* H o il diametro verticale  $D_v$  ovvero l'altezza in chiave  $H_c$  e in spalla  $H_s$ , lo spessore dell'impalcato D e la larghezza del pieno successivo P (in destra idraulica). Il numero di righe deve corrispondere al numero dei *culvert*.

Tabella C. Coordinate piano altimetriche dei punti di inquadramento

	X	Y	Z
Qext sx M	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
Qext sx V	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
Qext dx M	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
Qext dx V	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>

Tabella D. Caratterizzazione geometrica trasversale del culvert

n.ro culvert	forma	B o $D_o$	H o $D_v$ o $H_c$	$H_s$	D	P
1	S o O o A	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
2	S o O o A	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
3	S o O o A	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	//
4	S o O o A					
5	S o O o A					
...	S o O o A					



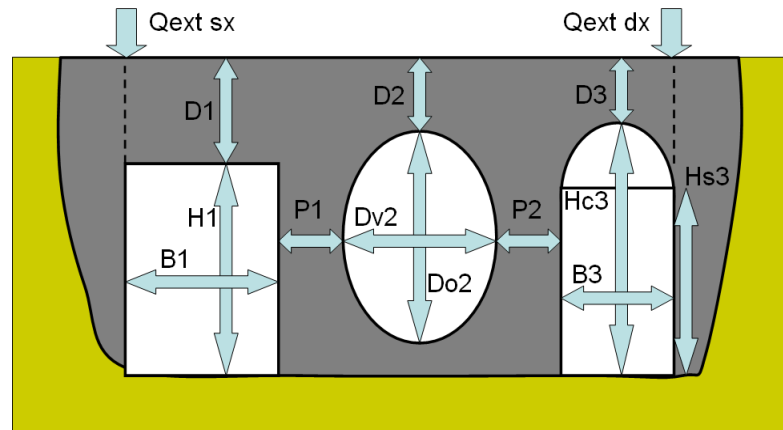


Figura D. Elementi caratteristici della geometria trasversale del *culvert*

### SEZIONE 3 – inserimento dell'opera

Questa sezione deve essere compilata solo nel caso di ponte o *culvert*.

- **materiale**: campo alfabetico selezionabile tra 'cemento, pareti metalliche, armco, legno, muratura';
- **lunghezza**: campo numerico nel quale inserire la lunghezza longitudinale in metri dell'attraversamento, rappresentata con il simbolo  $L_L$  in figura 2.5;
- **inclinazione asse-rilevato**: campo numerico nel quale inserire l'angolo in gradi tra l'asse longitudinale del rilevato e l'asse longitudinale dell'attraversamento idraulico rappresentato con il simbolo  $\alpha$  in figura E, orientativamente a scelta tra 15°, 35°, 75° e 90°;
- **tratto canalizzato**: campo booleano da spuntare nel caso in cui l'attraversamento si inserisce in un tratto canalizzato
- **platea**: campo booleano da spuntare nel caso in cui ci sia la presenza di una platea sul fondo dell'attraversamento;
- **presenza di aree golenali**: campo booleano da spuntare nel caso in cui l'opera di attraversamento interessa anche aree golenali;
- **presenza di arginature**: campo booleano da spuntare nel caso in cui ci sono argini interni alla luce totale dell'attraversamento;
- **imbocco sporgente**: campo booleano da spuntare nel caso in cui l'imbocco sia sporgente rispetto alla faccia di monte del rilevato; se spuntato deve essere indicata la lunghezza in metri della sporgenza nel campo numerico **sporgenza**;
- **muri d'ala di imbocco**: campo booleano da spuntare nel caso in cui a monte dell'attraversamento vi sia la presenza di muri d'ala di accompagnamento all'imbocco; in tal caso deve essere indicato l'angolo in gradi tra muro e asse longitudinale dell'attraversamento idraulico nel campo numerico **inclinazione**, orientativamente a scelta tra 15°, 35°, 75° e 90°;
- **salto di fondo monte**: campo booleano da spuntare nel caso in cui a monte dell'attraversamento vi sia la presenza di un salto di fondo; in tal caso deve essere indicata la **lunghezza** e la **profondità** del salto in metri nei rispettivi campi numerici;
- **handrail**: campo booleano da spuntare nel caso in cui vi sia la presenza di ringhiere o muri di protezione sull'estradosso del rilevato; se spuntato deve essere indicata l'**altezza** in metri di tale elemento e la **% di blocco** nei rispettivi campi numerici;
- **sbocco a sbalzo**: campo booleano da spuntare nel caso in cui lo sbocco sia sopraelevato rispetto al fondo dell'alveo di valle; se spuntato deve essere indicata l'**altezza** del salto in metri nel campo numerico **dislivello**;
- **muri d'ala di sbocco**: campo booleano da spuntare nel caso in cui a valle dell'attraversamento vi sia la presenza di muri d'ala di accompagnamento allo sbocco; in tal caso deve essere indicato l'angolo in gradi tra muro e asse longitudinale dell'attraversamento idraulico nel campo numerico **inclinazione**, orientativamente a scelta tra 15°, 35°, 75° e 90°;
- **briglia di valle**: campo booleano da spuntare nel caso in cui a valle dell'attraversamento vi sia la presenza di una briglia; in tal caso devono essere indicati in metri la **distanza** dallo sbocco e la **larghezza dello stramazzo** nei rispettivi campi numerici;
- **sede stradale**: campo booleano da spuntare nel caso in cui l'attraversamento idraulico è sede di un sottopasso stradale;
- **presenza di segni di scalzamento**: campo booleano da spuntare nel caso in cui vi sia la presenza di segni di scalzamento; in tal caso deve essere indicata in metri la **profondità** dello scalzamento nel campo numerico associato;
- **presenza significativa di sedimenti**: campo booleano da spuntare nel caso in cui vi sia la presenza significativa di sedimenti; in tal caso deve essere indicata la **% di ostruzione** rispetto alla luce libera;
- **vegetazione**: campo alfabetico selezionabile tra 'assente, rada, fitta'; deve essere indicata la **% di ostruzione** nel campo numerico associato;
- **presenza significativa di materiale di rifiuto**: campo booleano da spuntare nel caso in cui l'attraversamento sia occupato da materiale di rifiuto; in tal caso deve essere indicata la **% di ostruzione** nel campo numerico associato;
- **presenza di elementi strutturali di riduzione della sez. libera**: campo booleano da spuntare nel caso in cui l'attraversamento sia interessato dalla presenza trasversale o longitudinale di elementi strutturali che ne riducono la sezione libera; in tal caso devono essere indicati nei rispettivi campi la **tipologia di elemento trasversale e/o longitudinale alla direzione di flusso** (es. condotta, trave, pilastro) e la sua **% di ostruzione** della luce libera.

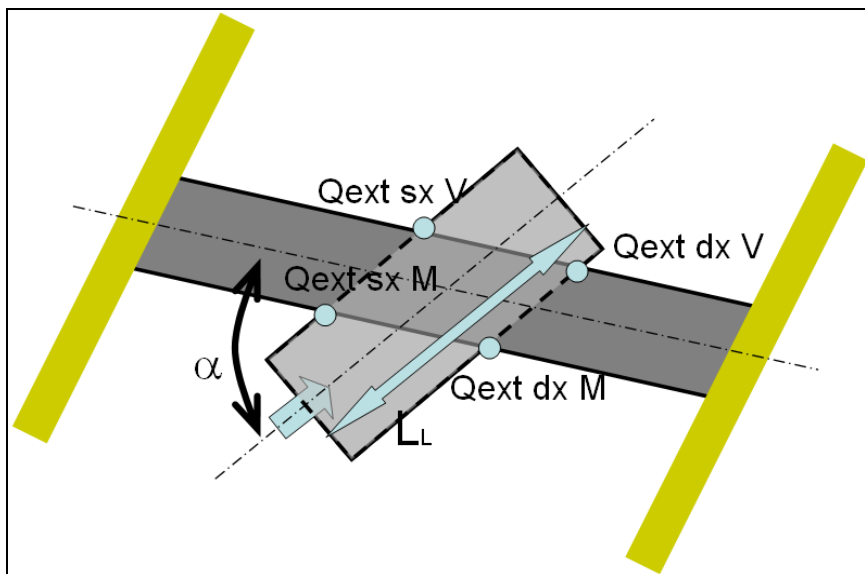


Figura E. Rappresentazione planimetrica dell'attraversamento idraulico

#### SEZIONE 4 – polizia idraulica

La compilazione della sezione seguente prevede valutazioni qualitative sull'opera di attraversamento in relazione alla polizia idraulica in merito ai seguenti aspetti:

L'opera è ortogonale all'asse della corrente	SI	NO	
L'opera è ubicata in un tratto di alveo:	rettilineo	curva	
Difese spondali	assenti	sporadiche	diffuse
Opere di stabilizzazione del fondo	assenti	sporadiche	diffuse
Condizione opere	buone	dissestate	
Presenza di infrastrutture e/o fabbricati in alveo	SI	NO	
Si rileva un fenomeno generalizzato di abbassamento d'alveo	SI	NO	
Le fondazioni presentano segni di dissesto	SI	NO	
L'opera presenta una sezione decisamente inadeguata anche rispetto all'alveo inciso	SI	NO	
Le pile favoriscono il deposito di materiale e/o vegetazione	SI	NO	
Le pile condizionano la funzionalità idraulica	SI	NO	
Le pile favoriscono erosione e deposito	SI	NO	
L'opera determina riduzione in larghezza	SI	NO	
L'opera determina riduzione in altezza	SI	NO	

#### SEZIONE 5 – note

Campo alfanumerico in cui riportare ogni nota utile alla descrizione dell'attraversamento.

Nella scheda cartacea di campo è richiesto una rappresentazione grafica dell'attraversamento.

## 2.4 LA RAPPRESENTAZIONE VETTORIALE DEI CORSI D'ACQUA

Gli allegati 2.4 contengono le cartografie dei corsi d'acqua oggetto di studio, in cui principalmente sono individuati gli elementi geometrici e topografici che caratterizzano il modello idraulico realizzato.

Nello specifico, per ogni asta fluviale, sono rappresentati l'asse del corso d'acqua, le sue sponde, le tracce delle sezioni trasversali, la copertura LiDAR delle aree limitrofe e gli attraversamenti idraulici, secondo la legenda raffigurata in figura 2.2.

L'asse del corso d'acqua (*stream centerline*) e le sponde in destra e sinistra idraulica (*banks*) sono stati digitalizzati in ambiente GIS sulla base del modello digitale del terreno e dell'ortofoto. Tali elementi sono necessari per individuare la direzione del corso d'acqua e la sua estensione morfologica. Le sezioni idrauliche (*river station*) sono state anch'esse tracciate in ambiente GIS con un passo di circa 100 metri ed in corrispondenza di variazioni di pendenza e di forma, nonché a monte e a valle delle opere di attraversamento idraulico. La definizione delle sezioni idrauliche è stata effettuata con l'obiettivo di ricostruire dettagliatamente le caratteristiche morfologiche del corso d'acqua.

Nella cartella [ \ALL\_2\_TOPOGRAFIA\MORFOLOGIA ] sono contenute le sezioni trasversali estratte su base LIDAR, riportate come shapefile 3D. Nella cartella [ \ALL\_5\_MODELLI\_IDRAULICI ] sono inseriti i modelli HEC-RAS dei corsi d'acqua, contenenti la rappresentazione geometrica delle sezioni trasversali (v. figura 2.3) e dei profili del corso d'acqua.

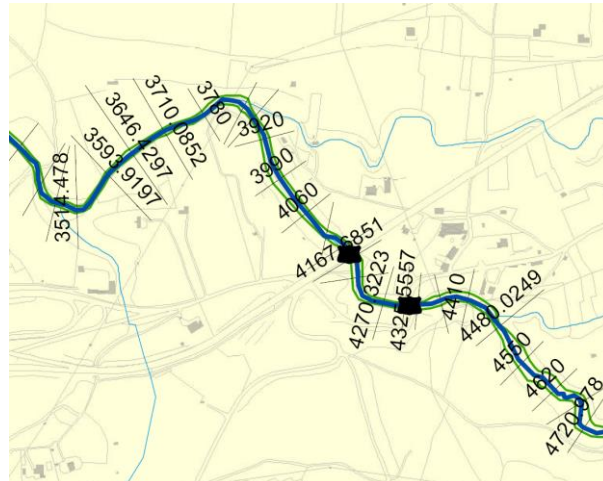


Figura 2.2 – Rappresentazione della morfologia del corso d'acqua

In nero le tracce delle sezioni trasversali, in verde e in blu rispettivamente le sponde e l'asse del corso d'acqua.  
Con il simbolo nero sono rappresentati gli attraversamenti viari.

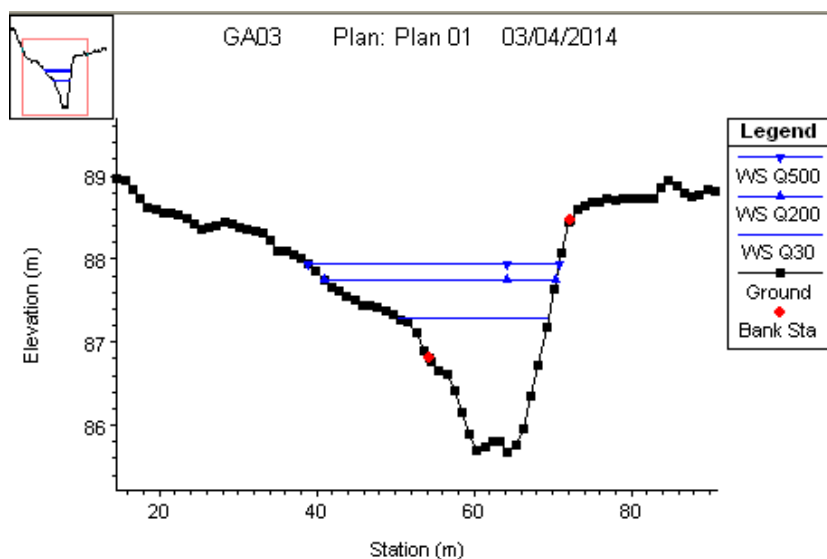


Figura 2.3 – Sezione trasversale estratta su base LIDAR, rappresentata con il software HECRAS

*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle del Gargano.*



# Caratterizzazione geomorfoidrologica – III

## ALLEGATI



- 3.1 - I bacini idrografici e la componente endoreica
- 3.2 - L'indice di Manning. Relazione
- 3.3.1 - Il *Curve Number*. Relazione
- 3.3.2 - Classi di permeabilità del SCS-CN. Rappresentazione cartografica
- 3.3.3 - Macrocategorie di copertura del suolo. Rappresentazione cartografica
- 3.3.4 - Rappresentazione cartografica del *Curve Number*

## ARCHIVIO DIGITALE



```
\LAYERS_GEOIDRO
  \\ALL PROCESSING
    DEM (raster)
    Flow-Direction (raster)
    Flow-Accumulation (raster)
    zone omogenee (shp)
    bacini Gargano (shp)
  \\RASTER
    Flow-Direction (raster)
    Flow-Accumulation (raster)
  \\VETTORIALI
    Bacini_endoreici (shp)
    Bacini esoreici (shp)
    Unità fisiografica Gargano (shp)
    Sezioni Q (shp)
\MANNING
  Tabelle dell'indice di Manning (xls)
  Mappa dell'uso del suolo (shp)
\CURVE NUMBER
  Mappa geolitologica con attribuzione delle classi di permeabilità (shp)
  Mappa delle macrocategorie di uso del suolo (shp)
  Mappa del Curve Number (shp e raster)
```



Obiettivo di questa fase è la definizione delle caratteristiche geomorfologiche e idrologiche dei bacini idrografici afferenti ai corsi d'acqua oggetto dello studio, avendo particolare cura nella stima di parametri di particolare significatività mediante tecnologie di nuova generazione.

In particolare, si vogliono elaborare mappe utili agli studi idrologico-idraulici, sia per la definizione univoca dei bacini idrografici, che per la definizione della scabrezza idraulica, parametro adoperato per la rappresentazione della resistenza al flusso, e del *Curve Number*, parametro comunemente utilizzato per la determinazione delle perdite idrologiche.



### 3.1 LE MAPPE PER LE ANALISI IDROLOGICHE

I bacini idrografici sono comunemente determinati attraverso modelli digitali del terreno mediante procedure automatiche in ambiente GIS, le quali possono essere schematizzate attraverso le seguenti fasi:

1. DEM: costruzione del modello digitale del terreno attraverso curve di livello o punti.
2. FILL: depittaggio del modello digitale del terreno.
3. FLOWDIRECTION: definizione delle direzioni di flusso.
4. FLOWACCUMULATION: definizione delle aree contribuenti.

La creazione di questi raster, mediante step successivi, consente di determinare il bacino idrografico in qualsiasi sezione di chiusura individuata sul reticolo idrografico.

Tuttavia, l'accuratezza con la quale le linee di displuvio e compluvio sono definite dipende da numerosi fattori quali - per citarne solo alcuni di più immediata comprensione - la risoluzione del DEM di partenza, la presenza di elementi antropici (es. canali, rilevati) o di depressioni naturali. Quando i bacini idrografici hanno ordine di grandezza maggiore delle centinaia di chilometri quadrati e si adoperano DEM con risoluzione centometrica, il dettaglio di questi elementi è spesso ininfluenza o comunque l'incertezza della definizione del bacino è percentualmente irrilevante rispetto alla dimensione dello stesso. I bacini del Gargano, chiusi alla loro foce in mare, sono invece mediamente dell'ordine delle decine di chilometri quadrati. Ciò determina la necessità di operare in maniera molto accurata per la definizione degli stessi.

Per tale ragione si è provveduto a creare le mappe delle direzioni di flusso e delle aree contribuenti su tutto il territorio delle due province. Queste mappe consentono una definizione univoca dei bacini idrografici, avendo quale base il modello digitale del terreno (DTM), prodotto dalla Regione Puglia nell'ambito del progetto della Carta Tecnica Regionale, con risoluzione al suolo pari a 8 metri, e il reticolo della Carta Idrogeomorfologica della Puglia, nonché una speditiva valutazione della componente endoreica, così come illustrato nei paragrafi seguenti.

Si rappresenta che le suddette mappe, essendo derivate da procedure prevalentemente automatizzate, non tengono conto di particolari situazioni (quali ad esempio opere antropiche o rilievi di maggior dettaglio) che possono determinare differenti distribuzioni delle aree contribuenti.

#### 3.1.1 La componente endoreica

I bacini endoreici risultano enormemente diffusi nel territorio pugliese, con particolare riferimento alle aree del rilievo garganico, e si caratterizzano per avere una zona di recapito interna al continente ove, in caso di eventi meteorici significativi, si registra di regola un processo di invaso naturale che porta alla formazione di uno specchio d'acqua avente estensione areale proporzionale all'intensità e durata dell'evento pluviometrico.

Per la definizione delle componenti endoreiche, è utilizzato il tema 'recapiti finali di bacini endoreici' della Carta Idrogeomorfologica della Puglia. Tali recapiti circoscrivono le aree, aventi per scelta progettuale estensione massima dell'ordine di 10000 m<sup>2</sup>, che rappresentano le zone più depresse di un bacino idrografico privo di foce a mare avente area contribuyente maggiore di 1 km<sup>2</sup>.

L'individuazione di tali forme, denominate 'conche' (figura 3.1), è stata ottenuta attraverso l'applicazione di specifici modelli idrologici-idraulici, utilizzando come base topografica di riferimento quella del DTM della Regione Puglia con risoluzione di 8 metri al suolo, imponendo una estensione massima in termini areali dei relativi simboli grafici pari a 10000 m<sup>2</sup>.

Si considerano inoltre le forme morfologiche derivanti dai peculiari processi di natura carsica che hanno agito o agiscono sul territorio pugliese. Detti processi sono ampiamente diffusi in molte aree del territorio, ove affiorano in superficie e si sviluppano per significativa profondità rocce di natura carbonatica. Nello specifico si tratta di forme carsiche quali voragini, inghiottitoi o pozzi di crollo (figura 3.2), e "doline" (figura 3.3). L'altopiano del Gargano è caratterizzato dalla presenza di estesi campi di doline, tra le quali si cita la Dolina Pozzatina (figura 3.5), la più grande della Puglia: è una cavità di forma ellittica con l'asse maggiore di 675 m, quello minore di 440 m, ed una profondità maggiore di 100 m.

Inoltre si evidenziano gli "Orli di depressione carsica a morfologia complessa" (figura 3.4), ossia gli orli morfologici di estese depressioni originate da processi fluvio-carsici o tettono-carsici (alcune delle

quali nella terminologia scientifica sono comunemente denominate col termine di "polje"), presenti in corrispondenza dei rilievi garganici.

Tutte queste forme sono state analizzate per valutare qualitativamente, principalmente attraverso l'analisi di fattori morfologici (es. volume del recapito in rapporto alla dimensione del bacino sotteso) e ubicativi rispetto al reticolo idrografico, la loro capacità di determinare aree non contribuenti ai bacini esoreici.

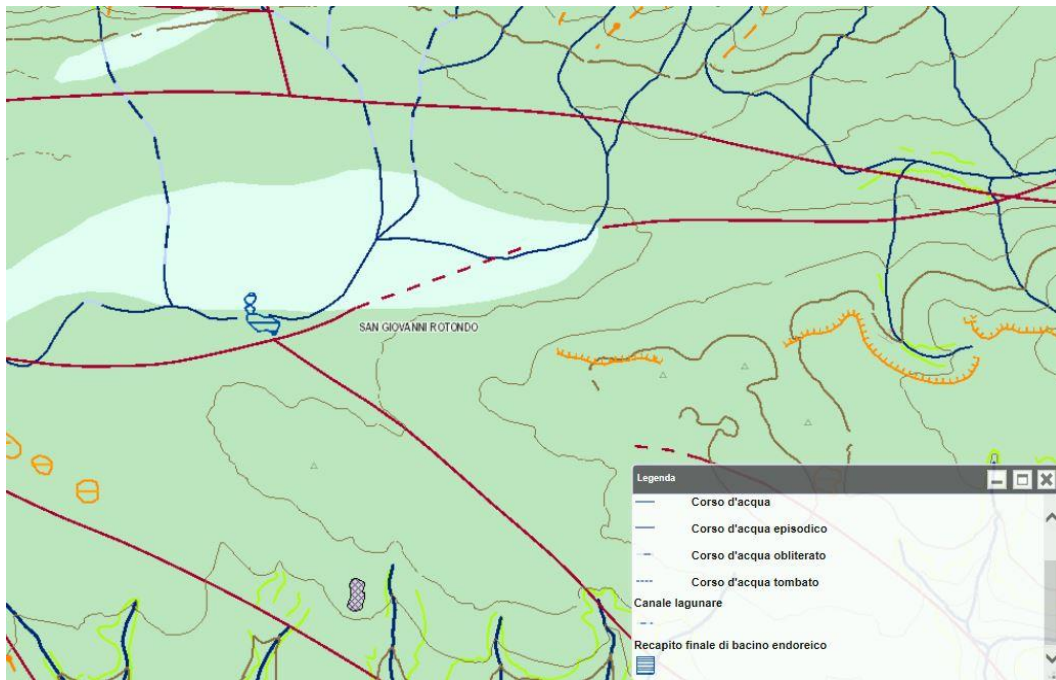


Figura 3.1 – Conca rappresentata nella Carta Idrogeomorfologica

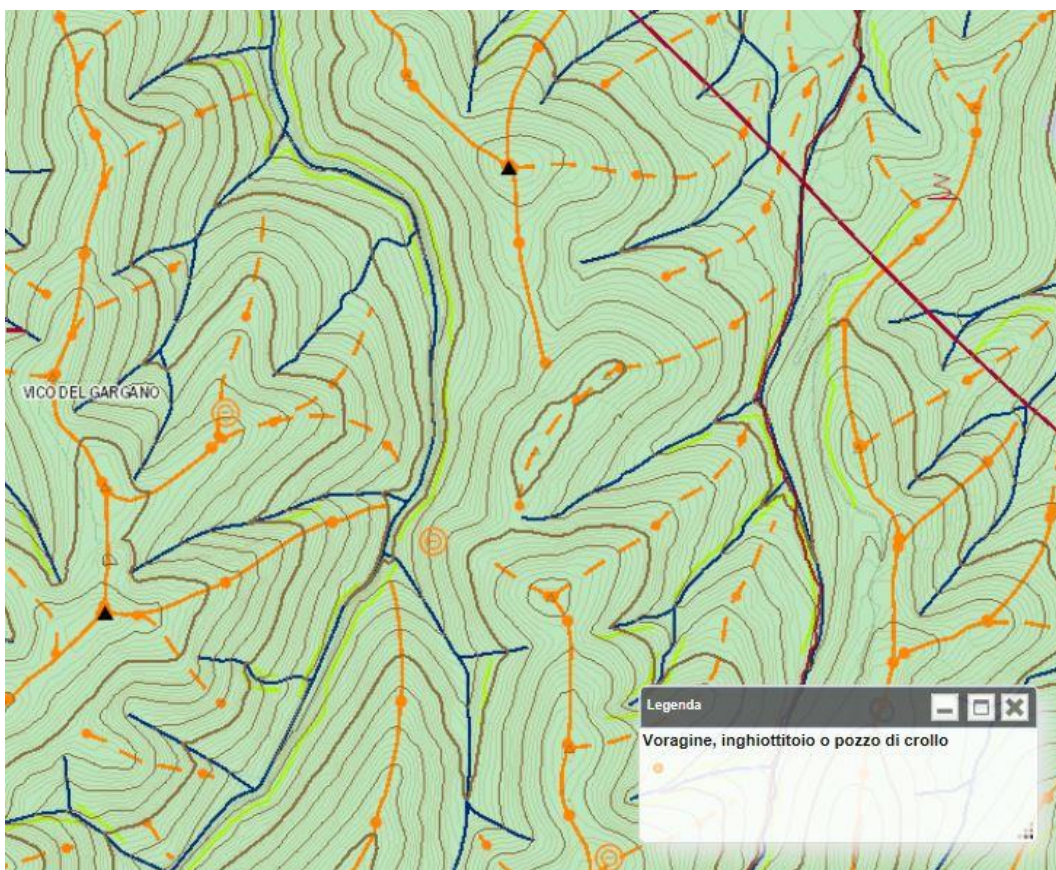


Figura 3.2 – Voragini rappresentate nella Carta Idrogeomorfologica

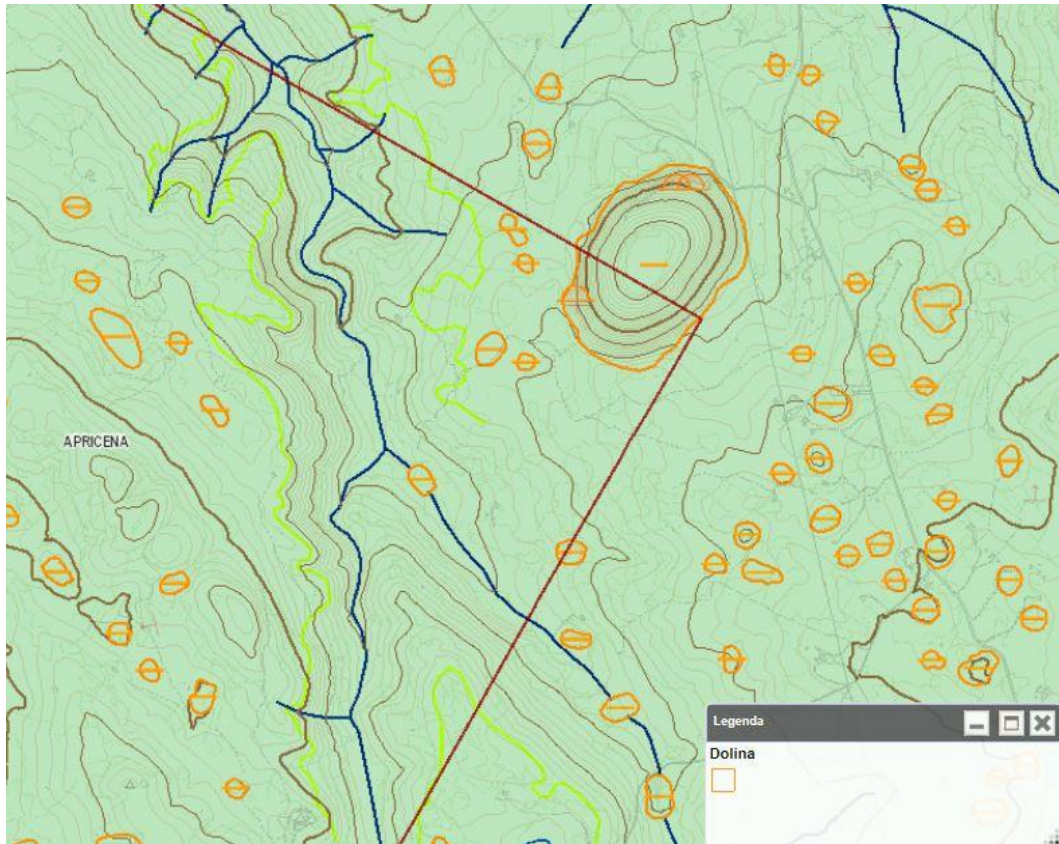


Figura 3.3 – Dolina rappresentata nella Carta Idrogeomorfologica

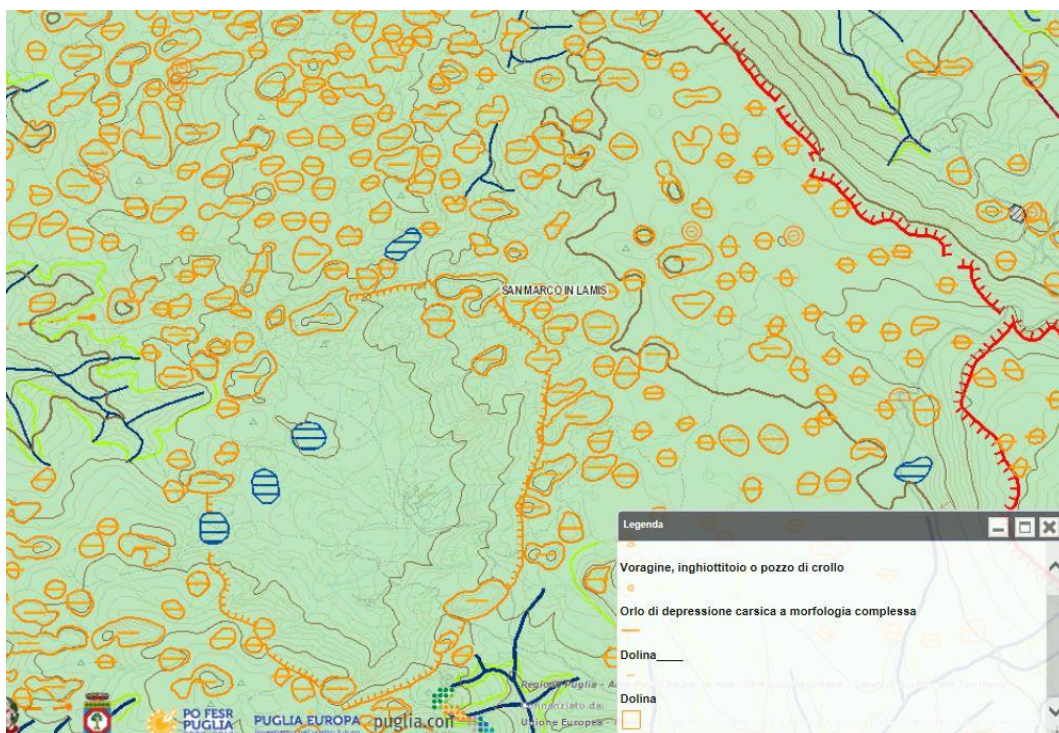


Figura 3.4 – Polje rappresentata nella Carta Idrogeomorfologica



Figura 3.5 – Dolina Pozzatina situata nel comune di San NicandroGarganico

### 3.1.2 I raster delle direzioni di flusso e delle aree contribuenti

Tutte le conche di primo livello sono rappresentate nella tavola allegata 3.1 con un numero identificativo. Lo shape-file di tali conche [\ALL\_3\_GEOMORFOIDROLOGICA\LAYERS\_GEOIDRO\VETTORIALI\depressioni\_morfologiche.shp] riporta dettagliatamente in specifici campi le analisi quantitative illustrate al paragrafo 3.1.1. Le conche raffigurate nella tavola con colore rosso individuano i recapiti finali endoreici, ovvero le zone più depresse dei bacini idrografici privi di foce a mare. Depittate le conche di colore verde, contribuenti verso valle, sono state ricavate le mappe delle direzioni di flusso (*fdir*) e delle aree contribuenti (*facc\_mq*) al fine di individuare conseguentemente i bacini idrografici esoreici ed endoreici, rappresentati rispettivamente nella succitata tavola con colore giallo e con colore arancio. I layers qui descritti, condivisi in [\ALL\_3\_GEOMORFOIDROLOGICA\LAYERS\_GEOIDRO\RASTER], costituiscono gli elementi base del modello idrologico descritto al capitolo IV.

La caratterizzazione idrogeomorfologica è basata sulla valutazione dei percorsi di scorrimento delle acque superficiali ottenuti mediante l'assegnazione, per ogni cella del bacino, della direzione di drenaggio locale. La determinazione della *Flow Direction* si basa sul principio fisico secondo il quale, una massa che procede a gravità, quale una particella liquida che scorre sul terreno, segue la direzione della massima pendenza [Petroselli et al., 2008]. Le direzioni di flusso, pertanto, individuano, tra le otto direzioni, quattro cardinali (Est, Nord, Ovest, Sud) e quattro diagonali (Nord-Est, Nord-Ovest, Sud-Ovest, Sud-Est), quella preferenziale di scorrimento sulla base del confronto tra il valore di altezza proprio di ciascun pixel e quello dei pixel contermini secondo lo schema indicato in figura 3.6.

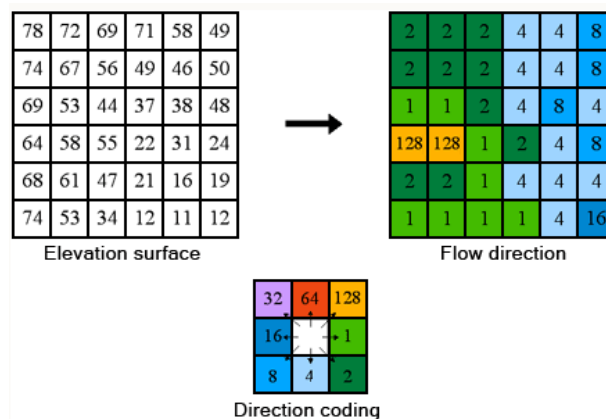


Figura 3.6 – Griglia delle direzioni di flusso

Le *Flow-Accumulation* definiscono cella per cella l'area contribuente in esse, ovvero la dimensione, nello specifico espressa in [mq], del bacino idrografico superficiale che afferisce alla cella.

### 3.2 LA SCABREZZA IDRAULICA

La scabrezza, elemento chiave nella definizione delle componenti che oppongono resistenza al moto - quali ostruzioni, irregolarità superficiali e vegetazione -, regola come conseguenza tiranti idrici e velocità di scorrimento. A causa dell'impossibilità di condurre misurazioni in campo e su larga scala di tale parametro ed a causa dell'assenza di dati utili alla calibrazione, la valutazione è generalmente condotta facendo ricorso a valori desunti dalla letteratura tecnica di settore [Chow 1959; Barnes 1967; Arcement and Schneider 1989].

L'opportunità di definire con accuratezza i valori dell'indice di Manning, comunemente adoperato per stimare la resistenza al flusso, nasce dall'elevata sensibilità che i tiranti e le velocità hanno in relazione a questo parametro, secondo il legame rappresentato dalla formula di Manning in equazione 3.1:

$$Q = V\Omega = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \Omega$$

Equazione 3.1

dove  $V$  è la velocità media nella sezione trasversale, pari alla portata fratto l'area interessata dal flusso  $\Omega$ ,  $n$  è l'indice di Manning,  $R$  il raggio idraulico e  $I$  la pendenza del fondo dell'alveo.

Si riporta a titolo di esempio nelle figure seguenti la variazione dei tiranti e delle velocità in una lama tipica del territorio di Bari al variare dell'indice di Manning adoperato, incrementandolo da un minimo di 0.03 ed un massimo di 0.2, valori comunemente associati rispettivamente ad alvei privi di vegetazione e a quelli fortemente inerbiti. Nello specifico, in figura 3.7 è rappresentata la variazione percentuale dei tiranti e delle velocità corrispondente all'incremento dell'indice di Manning dal valore 0.03 ai valori 0.05, 0.10, 0.15 e 0.2. Tale analisi è condotta al variare del tempo di ritorno e quindi della magnitudine delle grandezze idrodinamiche in gioco. Si evidenzia che aumentando la scabrezza di soli 0.02 punti, la variazione dei tiranti è dell'ordine del 20% e tale valore cresce linearmente fino a raddoppiare il valore stesso del tirante passando da una condizione di alveo pulito ad una di alveo fortemente vegetato. Al contrario la velocità si riduce dal 30% al 70%. La sensibilità all'indice di Manning è inoltre tanto più importante quanto minore è la portata. In figura 3.8 sono esplicitati i valori dei tiranti e delle velocità, mediamente pari a 1 m e 3 m/s, per cui sono state calcolate tali percentuali.

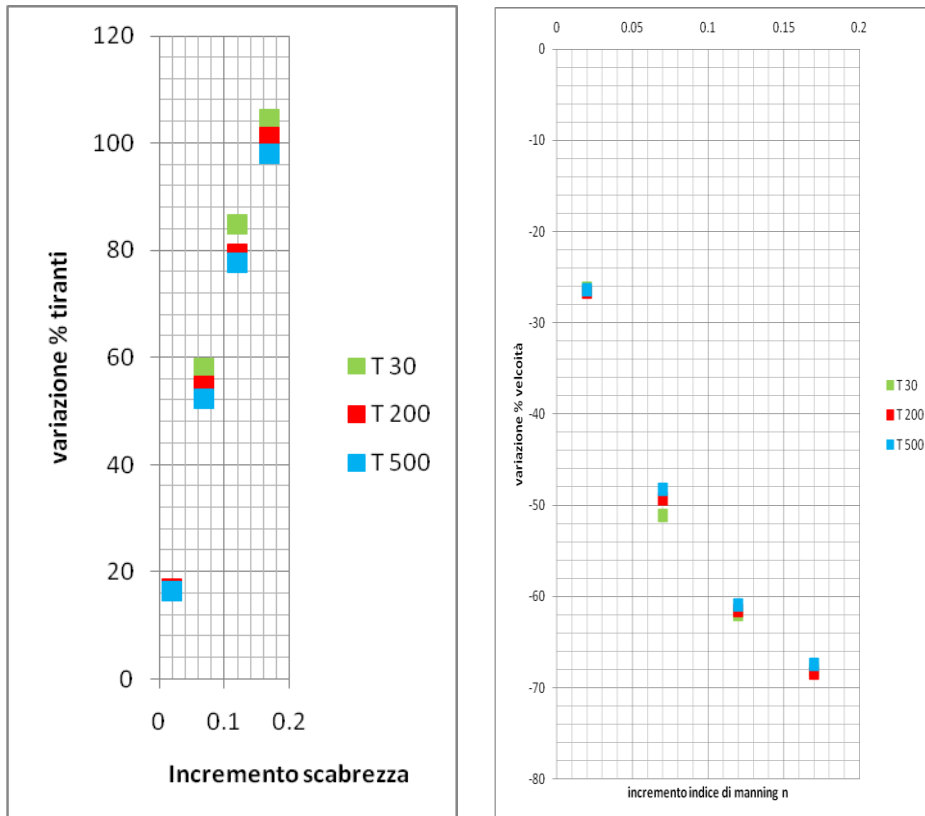


Figura 3.7 – Incrementi medi percentuali dei tiranti (a sinistra) e delle velocità (a destra) per i differenti tempi di ritorno in funzione della variazione dell'indice di Manning

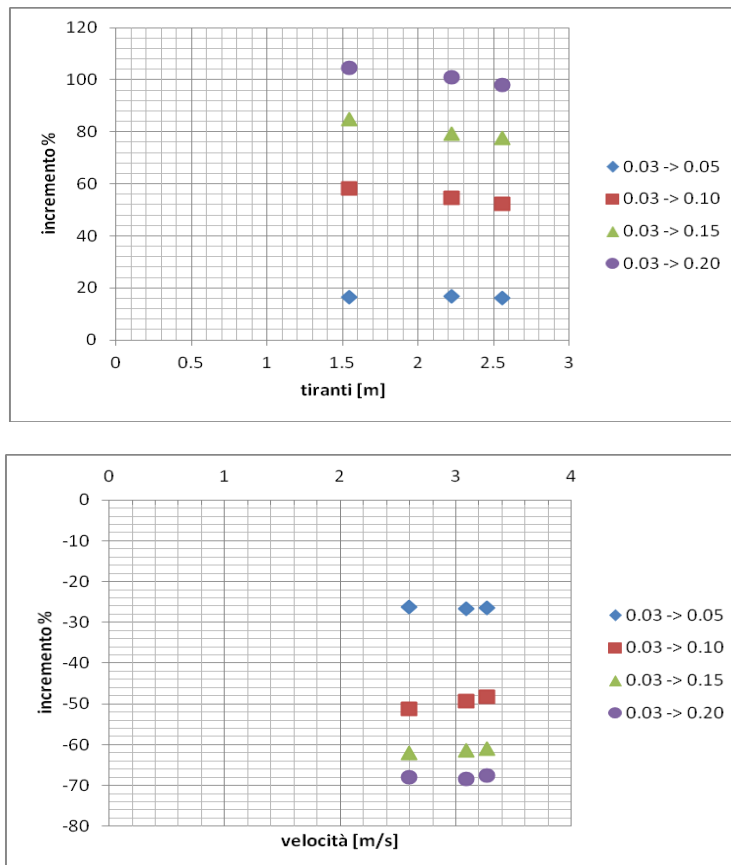


Figura 3.8 – Incrementi medi percentuali dei tiranti (in alto) e delle velocità (in basso) in relazione alla variazione dell'indice di Manning

### 3.2.1 Le componenti della resistenza al flusso

E' opportuno considerare che nei canali, e ancor più negli alvei naturali, alla resistenza del contorno si aggiungono altre fonti di perdita di energia dovute alla continua variazione di geometria del contorno (allargamenti, restringimenti, variazioni di forma, ostruzioni, ecc.), che non sono puntualmente valutabili. Per tale ragione, il loro effetto si suole valutarlo con un adeguato incremento del coefficiente di scabrezza. Per valutare la resistenza al moto in un alveo naturale, Cowen (1956) consiglia di sommare tra loro gli effetti di tutti i fattori che ostacolano la corrente, determinando il coefficiente di scabrezza di Manning con la relazione:

$$n=(n_0+n_1+n_2+n_3+n_4)m_5 \quad \text{Equazione 3.2}$$

dove

- $n_0$  = valore base dell'indice di Manning relativo ad alveo naturale rettilineo, uniforme, privo di vegetazione;
- $n_1$  = fattore di correzione legato alle irregolarità superficiali;
- $n_2$  = valore relativo alle variazioni di forma e dimensione della sezione;
- $n_3$  = valore relativo alle ostruzioni;
- $n_4$  = valore legato allo stato vegetativo e alle condizioni di flusso;
- $m$  = fattore di correzione legato alla sinuosità del corso d'acqua.

Quando la larghezza della sezione è sensibilmente più grande del tirante, gli effetti delle irregolarità superficiali, legate ad esempio all'erosione di fondo o alle radici degli alberi, devono essere tenuti in conto e possono dar luogo a significativi aggiustamenti dell'indice di Manning. Chow (1959) e Benson and Dalrymple (1967) mostrano che alle aree golenali severamente erose può essere associato un incremento di scabrezza  $n_1$  pari a 0.02, valore crescente all'aumentare delle irregolarità presenti sulla superficie.

Il valore della scabrezza non è affetto dalle variazioni di forma e dimensione quando queste sono graduali ed uniformi, mentre deve essere aumentato quando si alternano sezioni larghe e strette lungo il corso d'acqua e quando i cambiamenti di forma e le costrizioni si presentano ora su una sponda ora sull'altra. Tale incremento è proporzionale principalmente al numero di restringimenti e allargamenti e secondariamente alla magnitudine di questi cambiamenti. Gli effetti dei bruschi cambiamenti devono essere estesi a valle per diverse centinaia di metri. Un incremento massimo dell'indice di Manning  $n_2$  per le variazioni di forma e dimensione che comunemente si trovano sui corsi d'acqua naturali è pari a 0.03 [Benson and Dalrymple, 1967].

Le ostruzioni, dovute a tronchi, ceppi, edifici, massi, rottami e macerie, o anche alle pile dei ponti, disturbano la corrente e quindi determinano un aumento della scabrezza. Tale incremento dipende dalla forma delle ostruzioni, dalla dimensione delle stesse in relazione alla dimensione della sezione, nonché dal loro numero, disposizione e distanza. Gli effetti delle ostruzioni sulla scabrezza sono tuttavia anche funzione della velocità. Generalmente per pendenze leggere e moderate tale influenza si estende dalle tre alle cinque volte la larghezza dell'ostruzione. Inoltre, numerose ostruzioni disposte lungo il corso d'acqua possono creare sfere di influenza che si sovrappongono tra loro creando disturbi rilevanti alla corrente, sebbene per ogni sezione esse vadano ad occupare solo una piccola parte. Chow (1959) assegna un valore correttivo dell'indice di Manning  $n_3$  a quattro livelli di ostruzione: non significativo, minore, apprezzabile, rilevante.

L'influenza della vegetazione sull'indice di Manning dipende da una serie di elementi, quali l'altezza del tirante idrico, la percentuale del perimetro bagnato coperto da vegetazione, la densità della stessa sotto il livello idrico, la flessibilità della vegetazione in relazione alla spinta della corrente e l'allineamento rispetto al flusso. Ad esempio, filari di vegetazione paralleli al flusso determinano, a parità di ogni altra circostanza, una resistenza al flusso minore rispetto a filari disposti perpendicolarmente. Se il canale è relativamente stretto e le aree golenali sono ripide, coperte da vegetazione densa, l'incremento di scabrezza  $n_4$  può raggiungere il valore di 0.03. Valori più grandi sono applicati solo laddove la vegetazione copre la maggior parte del corso d'acqua.

Il fattore  $m$  legato alla sinuosità dipende dal rapporto tra la lunghezza del corso d'acqua misurata seguendo la sua sinuosità e la lunghezza in linea d'aria. Se tale rapporto è compreso tra 1.0 e 1.2 la sinuosità è considerata minore; è invece apprezzabile se varia tra 1.2 e 1.5; mentre è significativa se il rapporto è maggiore o uguale di 1.5. Secondo Chow (1959), la sinuosità può incrementare il valore dell'indice di Manning più del 30% laddove il flusso è ben confinato.

I valori di tali addendi sono riportati nelle tabelle 2 e 3 del manuale “*Guide for Selecting Manning’s Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains*” [Arcement, Jr. and V.R. Schneider, 1989].

### 3.2.2 La resistenza in regime di ruscellamento superficiale

Per il ruscellamento superficiale bisogna prestare particolare attenzione alla scelta del valore dell'indice di Manning. In tale condizione infatti i tiranti sono dello stesso ordine di grandezza degli elementi che determinano la scabrezza superficiale, ovvero di pochi centimetri. In tal caso si parla di sheet-flow o shallow-flow. Nonostante la letteratura scientifica sia molto ricca di dati in merito alla scabrezza in condizioni di flusso incanalato (tiranti dell'ordine di 1 metro), poche informazioni sono presenti per valutare l'indice di Manning nel caso di correnti distribuite su superfici naturali con tiranti molto modesti [Engman, 1986].

In tabella 3.1 (Engman, 1986) si riportano alcuni valori di letteratura direttamente riferibili ad una lama d'acqua di altezza inferiore a 0.02 - 0.03 m, limite entro il quale si considera congruo il riferimento al ruscellamento superficiale.

**Tabella 3.1** - Indice di Manning per il ruscellamento superficiale, stimati secondo la metodologia di Engman (1986) in corrispondenza di un tirante inferiore a 0.03 m

Surface description	$n$ <sup>1/2</sup>
Smooth surface (concrete, asphalt, gravel, or bare soil).....	0.011
Fallow (no residue).....	0.05
Cultivated soils:	
Residue cover $\leq$ 20%.....	0.06
Residue cover $>$ 20%.....	0.17
Grass:	
Short-grass prairie.....	0.15
Dense grasses <sup>2/3</sup> .....	0.24
Bermudagrass.....	0.41
Range (natural).....	0.13
Woods: <sup>2/3</sup>	
Light underbrush.....	0.40
Dense underbrush.....	0.80

### 3.2.3 Attribuzione dell'indice di Manning alle categorie di uso del suolo

Al fine di fornire un valido strumento per la scelta dell'indice di *Manning*, utilizzando noti riferimenti della letteratura scientifica di settore (Arcement e Schneide, 1989; Barnes, 1967; Chow, 1959; Cowen, 1956; Engman, 1986; Huang, 2009; Linsley et al. 1982; Mills and Badcock, 2011; Paoletti, 2010; Phillips e Ingersoll, 1998; Van der Sande et. al., 2003) e tenendo in debito conto le considerazioni precedentemente esposte, è stata prodotta la tabella 3.3 in cui sono attribuiti i valori dell'indice di *Manning* alle classi di uso del suolo della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000. Nello specifico per ogni classe è individuato un valore minimo, uno medio e uno massimo per la condizione di channel-flow e un valore per la condizione di sheet-flow. Per una descrizione dettagliata si rimanda alla relazione allegata 3.2.



In particolare si vogliono qui considerare le classi di uso prevalenti presenti sui territori delle due provincie, ovvero frutteti, uliveti e vigneti, evidenziandone le differenze in termini di densità vegetativa, su cui si è anche basata la determinazione dei valori dell'indice di Manning. Le informazioni puntuali sulla vegetazione sono estrapolate dal modello digitale della vegetazione, creato mediante l'utilizzo del Laser Scanner Terrestre, nonché da un prodotto derivato dai LIDAR, definito CHM (*Canopy Height Model*), che si ottiene dalla sottrazione del DTM dal DSM (v. figura 3.9). In dettaglio, gli uliveti presentano una densità vegetativa pari al 10% sostanzialmente costante per tutta la loro altezza, mediamente di 5 m, così come dimostra la cumulata rappresentata dalla linea blu a pendenza costante in figura 3.10. I vigneti invece presentano una densità vegetativa inferiore allo 0.05% in corrispondenza dei tronchi; la stessa diviene invece massima, maggiore del 30%, in corrispondenza della chioma, all'altezza di 2 m. Il frutteto esaminato invece, con altezze variabili dai 2 ai 5 m, manifesta una densità vegetativa molto bassa, ovvero inferiore allo 0.05% sostanzialmente costante, a ragione del suo allineamento con la direzione di flusso, ben evidente in figura 3.12.

L'utilizzo della carta di Uso del Suolo consente dunque di ricavare una mappa spazialmente distribuita da adoperare sia per le modellazioni idrauliche monodimensionali che per quelle bidimensionali. Sulla base di tale mappa, nel dominio di calcolo 2D è dunque possibile assegnare, cella per cella, un diverso indice di scabrezza, il cui valore può essere costante o funzione del tirante idrico.

Quanto riferito ai valori di scabrezza in questo capitolo, con particolare riferimento alla tabella 3.2, rappresenta ciò che è stato adottato nel prosieguo del presente studio e perde di validità al di fuori di esso. Il valore dell'indice di Manning deve infatti essere sempre correlato alla risoluzione adottata per la modellistica idraulica.

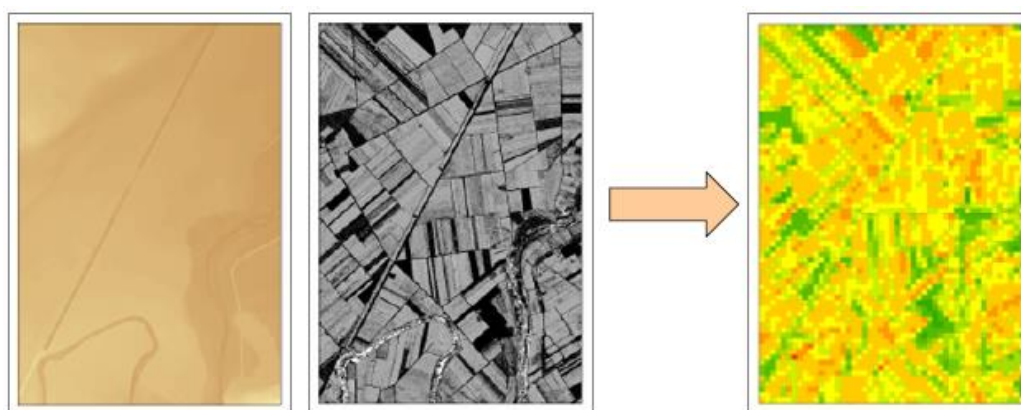


Figura 3.9 – Elaborazione sui DTM (prima immagine a sinistra) e DSM (seconda immagine a sinistra) per ottenere il CHM (a destra)

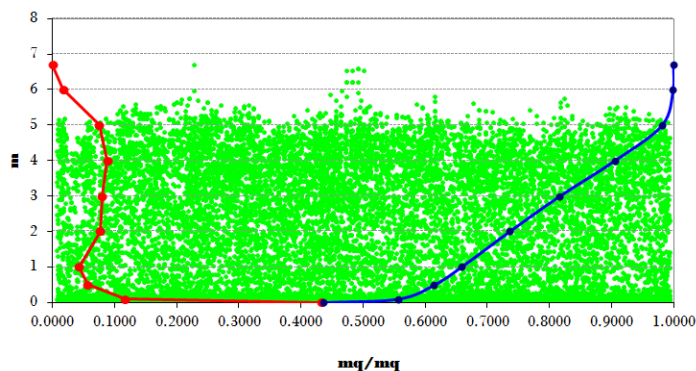


Figura 3.10 – Densità vegetativa degli uliveti

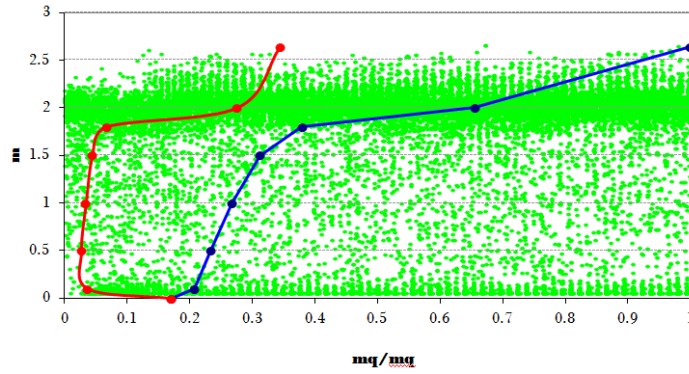


Figura 3.11 – Densità vegetativa dei vigneti

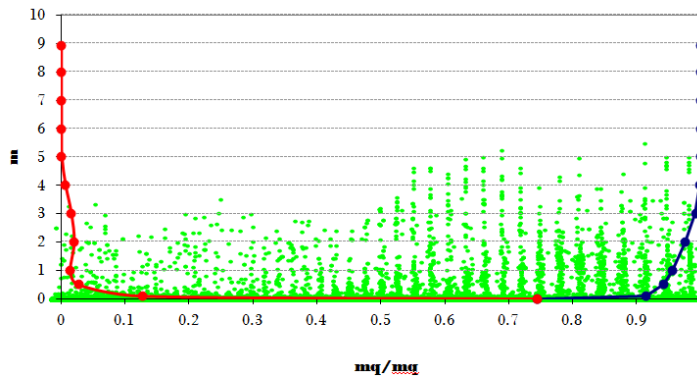


Figura 3.12 – Densità vegetativa dei frutteti

Tabella 3.2 - Indice di Manning per le categorie di uso del suolo della CTR Puglia 1:5000

Categoria di uso del suolo		CHANNEL-FLOW			SHEET-FLOW
		Min.	Norm.	Max	
0	Acquaculture	0.027	0.032	0.035	0.032
1	Altre colture permanenti	0.050	0.060	0.080	0.400
2	Aree a pascolo naturale, praterie, incolti	0.025	0.030	0.035	0.150
3	Aree a ricolonizzazione artificiale (rimboschimenti nella fase di novelleto)	0.070	0.100	0.160	0.800
4	Aree a ricolonizzazione naturale	0.040	0.060	0.080	0.400
5	Aree a vegetazione sclerofilla	0.058	0.085	0.135	0.600
6	Aree aeroportuali ed eliporti	0.054	0.054	0.054	0.011
7	Aree agroforestali	0.030	0.035	0.050	0.240
8	Aree archeologiche	0.100	0.120	0.140	0.011
9	Aree con vegetazione rada	0.030	0.035	0.050	0.240
10	Aree estrattive	0.100	0.120	0.140	0.050
11	Aree interessate da incendi o altri eventi dannosi	0.035	0.050	0.060	0.400
12	Aree per gli impianti delle telecomunicazioni	0.054	0.054	0.054	0.011
13	Aree portuali	0.054	0.054	0.054	0.011
14	Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali	0.035	0.050	0.070	0.170
15	Aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	0.073	0.073	0.073	0.130
16	Aree verdi urbane	0.020	0.020	0.020	0.130
17	Bacini con prevalentemente utilizzazione per scopi irrigui	0.025	0.030	0.033	0.030
18	Bacini senza manifeste utilizzazioni produttive	0.025	0.030	0.033	0.030
19	Boschi di conifere	0.110	0.150	0.200	0.800
20	Boschi di latifoglie	0.100	0.120	0.160	0.400
21	Boschi misti di conifere e latifoglie	0.105	0.135	0.180	0.600
22	Campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows o simili	0.073	0.073	0.073	0.130
23	Canali e idrovie	0.015	0.025	0.035	0.025
24	Cantieri e spazi in costruzione e scavi	0.100	0.120	0.140	0.130
25	Cespuglieti e arbusteti	0.035	0.050	0.070	0.240
26	Cimiteri	0.150	0.150	0.150	0.011

**STUDIO PER LA DEFINIZIONE DELLE OPERE NECESSARIE ALLA MESSA IN SICUREZZA DEL RETICOLO IDRAULICO PUGLIESE,  
CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE AREE DEL GARGANO, DELLE COSTE JONICHE E SALENTINE DELLA REGIONE PUGLIA - GARGANO**

Categoria di uso del suolo		CHANNEL-FLOW			SHEET-FLOW
		Min.	Norm.	Max	
27	Colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue	0.060	0.070	0.080	0.011
28	Colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue	0.060	0.070	0.080	0.011
29	Colture temporanee associate a colture permanenti	0.030	0.040	0.050	0.170
30	Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	0.200	0.200	0.200	0.011
31	Discariche e depositi di cave, miniere, industrie	0.100	0.120	0.140	0.120
32	Estuari	0.025	0.030	0.033	0.030
33	Fiumi, torrenti e fossi	0.025	0.030	0.033	0.030
34	Frutteti e frutti minori	0.050	0.060	0.080	0.400
35	Grandi impianti di concentrazione e smistamento merci	0.200	0.200	0.200	0.011
36	Insedimenti ospedalieri	0.150	0.150	0.150	0.011
37	Insedimenti produttivi agricoli	0.100	0.100	0.100	0.011
38	Insedimento commerciale	0.200	0.200	0.200	0.011
39	Insedimento degli impianti tecnologici	0.100	0.100	0.100	0.011
40	Insedimento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	0.100	0.100	0.100	0.011
41	Insedimento in disuso	0.100	0.120	0.140	0.011
42	Insedimento industriale o artigianale con spazi annessi	0.200	0.200	0.200	0.011
43	Lagune, laghi e stagni costieri	0.040	0.040	0.040	0.040
44	Paludi interne	0.050	0.050	0.050	0.050
45	Paludi salmastre	0.040	0.040	0.040	0.040
46	Parchi di divertimento (acquapark, zoosafari e simili)	0.073	0.073	0.073	0.011
47	Prati alberati, pascoli alberati	0.035	0.050	0.060	0.400
48	Reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia	0.100	0.100	0.100	0.011
49	Reti ferroviarie comprese le superfici annesse	0.023	0.033	0.036	0.011
50	Reti stradali e spazi accessori	0.020	0.020	0.020	0.011
51	Rocce nude, falesie e affioramenti	0.030	0.040	0.047	0.050
52	Saline	0.040	0.040	0.040	0.040
53	Seminativi semplici in aree irrigue	0.030	0.040	0.050	0.170
54	Seminativi semplici in aree non irrigue	0.030	0.040	0.050	0.170
55	Sistemi colturali e particellari complessi	0.028	0.037	0.045	0.170
56	Spiagge, dune, sabbie	0.020	0.020	0.020	0.010
57	Suoli rimaneggiati e artefatti	0.100	0.120	0.140	0.050
58	Superfici a copertura erbacea densa	0.030	0.035	0.050	0.240
59	Tessuto residenziale continuo antico e denso	0.200	0.200	0.200	0.011
60	Tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso	0.200	0.200	0.200	0.011
61	Tessuto residenziale continuo, denso, recente e alto	0.200	0.200	0.200	0.011
62	Tessuto residenziale discontinuo	0.100	0.100	0.100	0.011
63	Tessuto residenziale rado e nucleiforme	0.100	0.100	0.100	0.011
64	Tessuto residenziale sparso	0.100	0.100	0.100	0.011
65	Uliveti	0.050	0.060	0.080	0.400
66	Vigneti	0.080	0.100	0.120	0.400

### 3.3 IL CURVE NUMBER

Il *Curve Number*, proposto nella procedura del *Soil Conservation Service* [SCS, 1972], è un parametro di fondamentale importanza nelle valutazioni idrologiche, in quanto largamente usato per determinare l'aliquota di precipitazione netta, ovvero l'aliquota di precipitazione totale che contribuisce direttamente alla formazione del deflusso, sia a scala di versante sia di bacino.

Tra le peculiarità del modello SCS CN c'è quella di descrivere un processo di produzione del deflusso di tipo prevalentemente hortoniano, come ben noto in letteratura [Rallison, 1980; Hjelmfelt, 1980a, 1980b, Mishra & Singh, 2003, Gabellani et al., 2008] e già affermato da Mockus, cui è universalmente attribuita la paternità della metodologia. Il meccanismo individuato da Horton (1933), a cui si riconduce il comportamento dei bacini del territorio carsico pugliese, si verifica quando l'intensità della pioggia  $p(t)$  supera la velocità di infiltrazione del suolo  $f(t)$ , producendo un deflusso superficiale pari alla differenza fra volume piovuto e capacità di assorbimento nell'unità di tempo. Nello specifico il metodo SCS-CN per la stima del volume netto di precipitazione è descritto nella relazione allegata 3.3.1.

Tale parametro assume valori compresi tra 100 e 0. Esso rappresenta l'attitudine del bacino a produrre deflusso e si stima in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale. La stima del CN presuppone, inizialmente, la determinazione del gruppo idrologico di ciascun suolo e, all'interno di ciascun gruppo, l'individuazione di aree omogenee per destinazione d'uso, sistemazione e condizione idrica [Ferro, 2006].

Gli strati informativi utili alla definizione del CN sono quindi rappresentati dalla carta geolitologica e dalla carta di uso del suolo. Tale parametro viene di prassi stimato sulla base di tabelle funzioni della permeabilità e degli usi del suolo, effettuando delle valutazioni medio-ponderate sui bacini idrografici oggetto di indagine.

A ragione dell'aggiornamento cartografico, derivante da un lato dalla redazione da parte dell'Autorità di Bacino della Puglia della Carta Idrogeomorfologica sul territorio pugliese (delibera n. 48/2009) e dall'altro dalla disponibilità della Carta di Uso del Suolo della Carta Tecnica Regionale della SIT Puglia, e del crescente impiego delle tecniche GIS, si vuole dare puntuale determinazione del valore del *Curve Number*, attraverso la disposizione di una mappa in formato sia raster che vettoriale, georeferenziata in WGS 84 – UTM 33 N, da adoperare per la stima delle perdite idrologiche nel modello proposto nel capitolo IV, condivisa in [ \ALL\_3\_GEOMORFOIDROLOGICA\CURVE\_NUMBER ] .

#### 3.3.1 Le classi di permeabilità

L'attribuzione delle 4 classi di permeabilità (A, B, C, D) del metodo SCS-CN è operata avendo quale base cartografica la Carta geo-litologica della Puglia 1:250.000, impostata sulla elaborazione e sintesi della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, prodotta dal Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università degli Studi di Bari, a seguito di specifica convenzione con l'Autorità di Bacino della Puglia (Responsabile della Convenzione Prof. Marcello Tropeano), nonché elemento della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia (delibera n. 48/2009), pubblicata sul portale internet della stessa Autorità ([www.adb.puglia.it](http://www.adb.puglia.it)).

Stante l'impossibilità di effettuare misure della permeabilità basate sui rilievi in campo su larga scala, è associato un livello di permeabilità a ciascuna unità geolitologica valutando in maniera qualitativa porosità, fessurazione, fatturazione, carsismo e pendenza. Si rimanda alla relazione 3.3.1 per maggiori dettagli. La carta geolitologica è dunque riclassificata in quattro gruppi litologici:

- **A:** permeabilità alta, bassa capacità di deflusso, suoli con elevata capacità di infiltrazione anche se completamente saturi, sabbie e ghiaie profonde ben drenate; notevole conducibilità idrica.
- **B:** permeabilità medio-alta, suoli con moderata capacità di infiltrazione se saturi, suoli con tessitura medio-fine e bassa capacità di infiltrazione, conducibilità idrica media.
- **C:** permeabilità medio-bassa, suoli con bassa capacità di infiltrazione se saturi, suoli con tessitura medio-fine e bassa capacità di infiltrazione, conducibilità idrica bassa.
- **D:** permeabilità bassa, capacità di deflusso elevata, suoli con capacità di infiltrazione ridottissima in condizioni di saturazione, suoli ricchi di argilla rigonfianti, conducibilità idrica estremamente bassa.

Si riportano in tabella 3.3 le 27 unità litologiche contemplate nella carta geolitologica con la classe di permeabilità associata, secondo le considerazioni sopra esposte. Nella relazione tecnica allegata 3.3.1 è esaminata, nel dettaglio, ciascuna unità con l'individuazione delle aree di ubicazione e stralcio cartografico. Nella cartografia allegata 3.3.2 sono rappresentate le quattro classi di permeabilità nelle due province, riportate nello shapefile del raggruppamento delle unità geolitologiche [\\ALL\_3\_GEOMORFOIDROLOGICA\CURVE\_NUMBER\lito\_puglia\_diss.shp].

**Tabella 3.3 - Raggruppamento delle unità geolitologiche in classi di permeabilità**

<b>UNITA' GEOLITOLOGICA</b>	<b>CLASSE</b>
Alternanze arenaceo-pelitiche di ambiente torbido. Miocene	B
Alternanze calcareo-argillose di ambiente torbido. Miocene	C
Areniti silicoclastiche e/o carbonatiche di ambiente di transizione. Pliocene	B
Argille, argille siltose e argille marnose di piattaforma. Pliocene medio - Pleistocene medio	D
Brecce calcaree di versante. Pleistocene	C
Carbonati di bacino. Giurassico-Cretacico	C
Carbonati di margine e scarpata. Paleogene	B
Carbonati di piattaforma aperta. Paleogene-Miocene	C
Carbonati di piattaforma aperta. Pliocene medio - Pleistocene inf.	B
Carbonati di piattaforma. Giurassico-Cretacico	A
Carbonati di scarpata. Giurassico-Cretacico	C
Complesso argilloso caotico da melange tettonico. Cretacico - Miocene	D
Conglomerati di ambiente di transizione. Pliocene	B
Conglomerati e ghiaie con lenti sabbiose di ambiente di transizione e/o continentale. Pleistocene inf.	B
Gessi di ambiente evaporitico e carbonati di ambiente di transizione (Punta delle Pietre Nere). Triassico	A
Ghiaie e conglomerati di ambiente alluvionale (depositi continentali terrazzati). Pleistocene medio	B
Ghiaie e pietrischi di versante e di conoide alluvionale. Pleistocene sup. - Olocene	B
Materiali caotici ed eterogenei (corpi di frana). Pleistocene sup. - Olocene	C
Rocce ignee (Punta delle Pietre Nere). Terziario sup	D
Sabbie di piana costiera. Pleistocene sup. - Olocene	A
Sabbie e arenarie, ghiaie e conglomerati, calcareniti, silt e argille di ambiente di transizione e/o continentale (depositi marini terrazzati). Pleistocene medio - sup.	B
Sabbie e areniti con lenti argillose e ghiaioso-conglomeratiche di ambiente di transizione e/o continentale. Pleistocene inf.	B
Sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale (depositi continentali terrazzati). Pleistocene sup. - Olocene	B
Silt e argille da colmata antropica. Olocene	D
Silt e argille lagunari e palustri. Pleistocene sup. - Olocene	D
Silt e argille residuali, eluviali e colluviali. Pleistocene sup. - Olocene	D
Silt, argille, sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale (depositi di fondovalle). Pleistocene sup. - Olocene	C

### 3.3.2 Associazione dei valori del Curve Number alle categorie di uso del suolo

La copertura del suolo è valutata attraverso la Carta di Uso del Suolo della Carta Tecnica Regionale del SIT Puglia in scala 1:5000, pubblicata sul portale SIT Puglia ([www.sit.puglia.it](http://www.sit.puglia.it)). Ad ognuna delle 67 tipologie di uso del suolo è associata una macrocategoria di copertura del suolo tra quelle riportate nella tabella 2 della relazione tecnica allegata 3.3.1, determinando la definizione dei valori del *Curve Number* variabili a seconda delle differenti classi di permeabilità, secondo la tabella riportata a seguire.

Nella relazione tecnica allegata 3.3.1 sono altresì riportate le schede illustrative delle varie tipologie, le quali contengono una descrizione tratta dal “Manuale di Fotointerpretazione” della Carta Uso del Suolo della Regione Puglia, la relativa immagine ortofoto e l’indicazione della macrocategoria associata con i valori del Curve Number corrispondenti.

Nella cartografia 3.3.3 è rappresentata la distribuzione delle macrocategorie di copertura del suolo derivanti dalla carta di uso del suolo adoperata, contenuta in [\ALL\_3\_GEOMORFOIDROLOGICA\CURVE\_NUMBER\uds\_macrocategorie.shp], secondo l’associazione della tabella 3.4.

**Tabella 3.4** - Determinazione dei valori di Curve Number per le categorie di uso del suolo della CTR Puglia

Categorie di uso del suolo	Macrocategoria associata	A	B	C	D
Acquaculture	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Altre colture permanenti	Terre coltivate con trattamenti di conservazione del suolo	62	71	78	81
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	Pascolo in cattive condizioni	68	79	86	89
aree a ricolonizzazione artificiale (rimboschimenti nella fase di novelleto)	Boschi con copertura rada	45	66	77	83
aree a ricolonizzazione naturale	Boschi con copertura rada	45	66	77	83
aree a vegetazione sclerofilla	Boschi con copertura rada	45	66	77	83
Aree aeroportuali ed eliporti	Aree residenziali (65 % impermeabili)	77	85	90	92
Aree agroforestali	Boschi con copertura rada	45	66	77	83
Aree archeologiche	Terreno incolto	77	86	91	94
Aree con vegetazione rada	Pascolo in cattive condizioni	68	79	86	89
Aree estrattive	Superfici al 100 % permeabili	0	0	0	0
Aree interessate da incendi o altri eventi dannosi	Boschi con copertura rada	45	66	77	83
Aree per gli impianti delle telecomunicazioni	Aree residenziali (65 % impermeabili)	77	85	90	92
Aree portuali	Parcheggi, tetti, strade carrabili	98	98	98	98
Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali	Terre coltivate con trattamenti di conservazione del suolo	62	71	78	81
Aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	Spazi aperti e parchi in condizioni medie	49	69	79	84
Aree verdi urbane	Aree residenziali (12 % impermeabili)	46	65	77	82
Bacini con prevalentemente utilizzazione per scopi irrigui	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Bacini senza manifeste utilizzazioni produttive	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Boschi di conifere	Boschi con copertura media	36	60	73	79
Boschi di latifoglie	Boschi con copertura media	36	60	73	79
Boschi misti di conifere e latifoglie	Boschi con copertura media	36	60	73	79
Campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows o simili	Spazi aperti e parchi in condizioni medie	49	69	79	84
Canali e idrovie	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Cantieri e spazi in costruzione e scavi	Aree residenziali (65 % impermeabili)	77	85	90	92
Cespuglieti e arbusteti	Boschi con copertura rada	45	66	77	83
Cimiteri	Aree residenziali (38 % impermeabili)	61	75	83	87
Colture orticole in pieno campo in serra e sotto	Colture in filari, dritti in cattive	72	81	88	91

**STUDIO PER LA DEFINIZIONE DELLE OPERE NECESSARIE ALLA MESSA IN SICUREZZA DEL RETICOLO IDRAULICO PUGLIESE,  
CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE AREE DEL GARGANO, DELLE COSTE JONICHE E SALENTINE DELLA REGIONE PUGLIA - GARGANO**

<b>Categorie di uso del suolo</b>	<b>Macrocategoria associata</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
plastica in aree irrigue	condizioni				
Colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue	Colture in filari, dritti in cattive condizioni	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanenti	Terre coltivate con trattamenti di conservazione del suolo	62	71	78	81
Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95
Discariche e depositi di cave, miniere, industrie	Terreno incolto	77	86	91	94
Estuari	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Fiumi, torrenti e fossi	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Frutteti e frutti minori	Colture in filari dritti in buone condizioni	67	78	85	89
Grandi impianti di concentrazione e smistamento merci	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95
Insedimenti ospedalieri	Aree commerciali (72 % impermeabili)	81	88	91	93
Insedimenti produttivi agricoli	Aree residenziali (65 % impermeabili)	77	85	90	92
Insedimento commerciale	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95
Insedimento degli impianti tecnologici	Aree commerciali (72 % impermeabili)	81	88	91	93
Insedimento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95
Insedimento in disuso	Aree residenziali (38 % impermeabili)	61	75	83	87
Insedimento industriale o artigianale con spazi annessi	Aree commerciali (72 % impermeabile)	81	88	91	93
Lagune, laghi e stagni costieri	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Paludi interne	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Paludi salmastre	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Parchi di divertimento (acquapark, zoosafari e simili)	Spazi aperti e parchi in condizioni medie	49	69	79	84
Prati alberati, pascoli alberati	Pascolo in condizioni medie	49	69	79	84
Reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95
Reti ferroviarie comprese le superfici annesse	Strade in ghiaia	76	85	89	91
Reti stradali e spazi accessori	Strade pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	98
Rocce nude, falesie e affioramenti	Terreno incolto	77	86	91	94
Saline	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Seminativi semplici in aree irrigue	Grano in buone condizioni (filari dritti)	63	75	83	87
Seminativi semplici in aree non irrigue	Grano in cattive condizioni (filari dritti)	65	76	84	88
Sistemi colturali e particellari complessi	Terre coltivate senza trattamenti di conservazione del suolo	72	81	88	91
Spiagge, dune, sabbie	Spazi aperti e parchi in condizioni medie	49	69	79	84
Suoli rimaneggiati e artefatti	Terreno incolto	77	86	91	94
Superfici a copertura erbacea densa	Pascolo in condizioni medie	49	69	79	84
Tessuto residenziale continuo antico e denso	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95
Tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95
Tessuto residenziale continuo, denso, recente e alto	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95

Categorie di uso del suolo	Macrocategoria associata	A	B	C	D
Tessuto residenziale discontinuo	Aree residenziali (65 % impermeabile)	77	85	90	92
Tessuto residenziale rado e nucleiforme	Aree residenziali (38 % impermeabili)	61	75	83	87
Tessuto residenziale sparso	Aree residenziali (30 % impermeabili)	57	72	81	86
Uliveti	Colture in filari dritti in buone condizioni	67	78	85	89
Vigneti	Colture in filari dritti in buone condizioni	67	78	85	89

### 3.3.3 La mappa del Curve Number

La mappa del Curve Number è prodotta intersecando la carta di uso del suolo della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 e la Carta geo-litologica della Puglia, impostata sulla elaborazione e sintesi della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, attraverso le associazioni illustrate nei due paragrafi precedenti.

Tale mappa, raffigurata all'allegato 3.3.4, rappresentante la distribuzione dei valori che assume il Curve Number sul territorio della Regione Puglia, è resa disponibile in formato raster, georeferenziata in WGS 84 – UTM 33 N nella cartella [\ALL\_3\_GEOMORFOIDROLOGICA\CURVE\_NUMBER].

La mappa succitata può essere adoperata sia per la determinazione del CN in ogni cella di discretizzazione del territorio, nonché per determinare il CN medio ponderato di un bacino idrografico attraverso procedure in ambiente GIS, così come illustrate a titolo esemplificativo nella relazione tecnica allegata 3.3.1.

Gli effetti di tale mappatura sono stati adoperati per il prosieguo di questo studio. Al di fuori di questa attività assumono valore indicativo e informativo di primo livello, senza escludere che approcci altrettanto plausibili nella attribuzione dei parametri che condizionano il valore del CN sono possibili a partire da cartografie (e/o conoscenze provenienti da altre esperienze) diverse da quelle qui adoperate.



*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle del Gargano.*



# Valutazioni idrologiche – IV

## ALLEGATI



4.0 – Risultati delle analisi idrologiche per i bacini del Gargano

## ARCHIVIO DIGITALE



Analisi idrologiche (xls)



Obiettivo di questa fase è la stime delle portate idrologiche per i corsi d'acqua oggetto di studio, attraverso approcci metodologici di larga diffusione e comprovata validità scientifica.

#### 4.1 I MODELLI IDROLOGICI PER LA VALUTAZIONE DELLE PORTATE E DEI VOLUMI DI PIENA

La valutazione idrologica per i bacini ricadenti nell'unità fisiografica del Gargano, come da figura 4.1, è condotta attraverso l'applicazione della metodologia del *Curve Number* del *Soil Conservation Service* (CN-SCS), la quale consente la stima della portata, a partire dall'idrogramma adimensionale di Mockus.

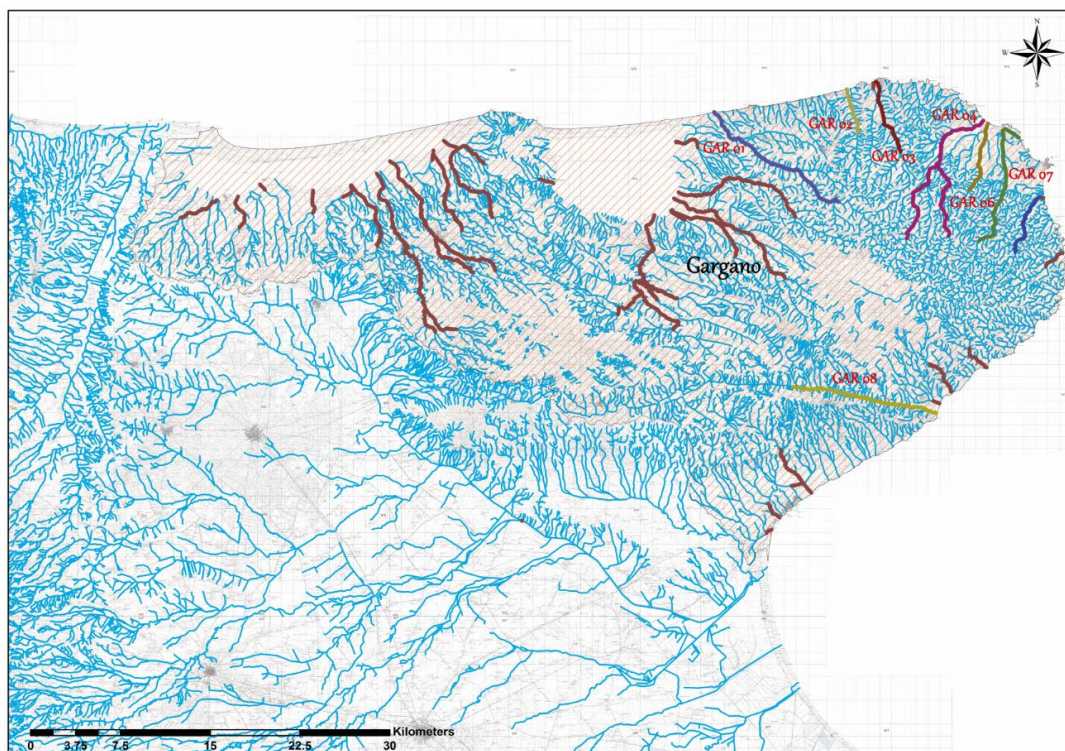


Figura 4.1 - Inquadramento dell'unità fisiografica del Gargano

Lo studio idrologico ha lo scopo di stimare le portate generate da un bacino idrografico in seguito al verificarsi di eventi precipitativi straordinari con prefissato tempo di ritorno. Nello specifico, l'Autorità di Bacino della Puglia ha individuato i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, per la definizione degli scenari rispettivamente di alta, media e bassa probabilità, così come definito dalla direttiva 2007/60/CE e dal decreto di recepimento D.Lgs. 49/2010, assumendo altresì come riferimento per la condizione di sicurezza idraulica lo scenario con tempo di ritorno di 200 anni.

L'analisi idrologica si compone delle seguenti fasi:

- analisi pluviometrica per la definizione dell'altezza totale di precipitazione;
- definizione della precipitazione netta, ovvero la componente di precipitazione che partecipa al deflusso, pari alla precipitazione totale depurata da quella che risulta persa in conseguenza a perdite idrologiche (immagazzinamento superficiale, intercettazione della vegetazione, evaporazione, infiltrazione);
- trasformazione afflussi-deflussi per il calcolo delle caratteristiche della piena.

Per l'individuazione delle caratteristiche pluviometriche dell'evento si opera in conformità a quanto previsto dal progetto Valutazione Piene (VaPi) del Gruppo Nazionale di Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDICI). Il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia è suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica. Nello specifico i bacini del Gargano ricadono nelle zone omogenee 1 e 2 (figura 4.2), per le quali valgono le seguenti equazioni:

$$\text{Zona1} : x(t, z) = 28.66t^{\left[ \frac{0.720+0.00050z}{3.178} \right]}$$

Equazioni 4.1

$$\text{Zona2} : x(t, z) = 22.23t^{0.247}$$

dove  $t$  è il tempo caratteristico dell'evento relativo al modello idrologico adottato e  $\bar{x}$  è la quota media sul livello medio del mare del bacino idrografico.

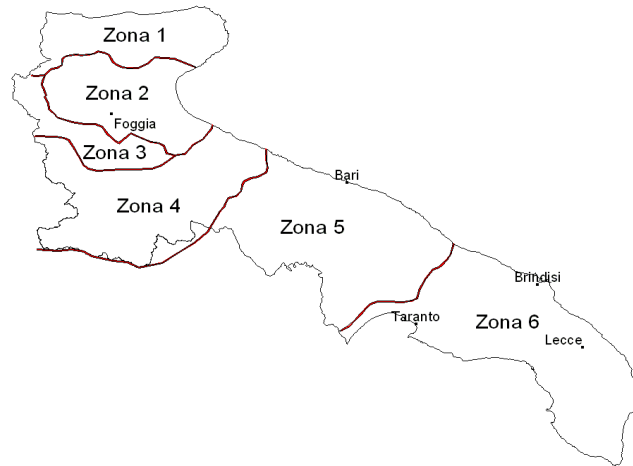


Figura 4.2 - Zone omogenee individuate dal VaPi Puglia

L'applicazione della formula della curva di possibilità pluviometrica consente la stima dell'altezza media di precipitazione espressa in mm. Per valutare la precipitazione avente tempo di ritorno di 30, 200 e 500, si moltiplica l'altezza media per il fattore di crescita, il quale assume la seguente espressione:

$$K_{t,T} = 0.5648 + 0.415 \ln T \quad \text{Equazione 4.2}$$

Il calcolo della precipitazione netta è invece condotto, come anticipato, seconda la metodologia SCS-CN, largamente utilizzata nell'ambito delle applicazioni tecniche. Tale metodo consente sia la semplice valutazione del volume della piena, o della sua portata al colmo, che la ricostruzione dell'idrogramma di piena in funzione delle caratteristiche geomorfologiche e di uso del suolo dei bacini in esame.

Dalla sua applicazione deriva la diretta proporzionalità tra il volume specifico di pioggia netta  $P_{net}$ , la precipitazione cumulata lorda  $P$ , depurata dell'assorbimento iniziale  $I_a$  che tiene conto dell'accumulo di volumi idrici in superficie, dell'infiltrazione iniziale e superficiale nel suolo e dell'intercettazione fogliare, e il rapporto tra il volume idrico realmente invasato nel suolo  $W$ , e il volume massimo di saturazione del terreno  $S$ :

$$P_{net} = (P - I_a) \cdot \frac{W}{S} \quad \text{Equazione 4.3}$$

con :

- $I_a$  = perdita iniziale;
- $V$  =  $(P - I_a)$  volume di deflusso;
- $P_{net}$  = pioggia netta;
- $W$  = volume idrico realmente invasato nel suolo;
- $S$  = volume massimo che il suolo può immagazzinare.

pertanto dalla precedente relazione (4.3), considerato che la metodologia adottata si basa sull'ipotesi di validità della relazione seguente:

$$\frac{V}{P_{net}} = \frac{W}{S} \quad \text{Equazione 4.4}$$

si calcola il volume di deflusso  $V$  dalla relazione (4.5):

$$V = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)} \quad \text{Equazione 4.5}$$

l'applicazione della quale presuppone la conoscenza della precipitazione totale  $P$  e la valutazione del volume di massimo invasato del suolo  $S$  (4.6):

$$S = 2.4 \left( \frac{1000}{CN} \right)$$

Equazione 4.6

oltreché la determinazione del parametro  $CN$  in funzione delle caratteristiche idrologiche e di copertura vegetale dei suoli.

Per il calcolo della portata di picco il metodo SCS- CN considera un idrogramma approssimato di forma triangolare (fig. 4.3) che ha una fase crescente di durata  $t_a$  (tempo di accumulo) ed una fase di esaurimento di durata  $t_e$  (tempo di esaurimento) ed il cui volume, indicata con  $t_b$  la durata dell'evento di piena, ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_p}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2} \quad \text{Equazione 4.7}$$

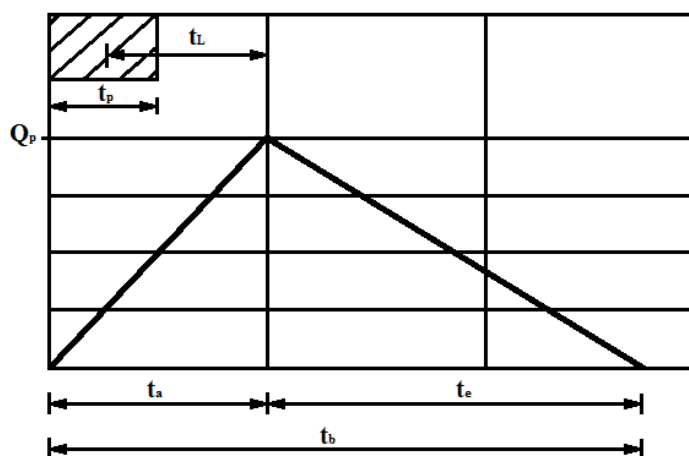


Figura 4.3 - Idrogramma triangolare impiegato per il calcolo della portata di picco con il metodo SCS

Da evidenze sperimentali è risultato che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37,5% del volume totale  $V$  di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena  $t_b$  da cui risulta che:

$$t_b = 2,67 t_a \quad \text{Equazione 4.8}$$

Dalle ultime due relazioni (4.7 e 4.8), esprimendo il volume di deflusso  $V$  in mm, il tempo  $t_a$  in ore, l'area  $A$  del bacino in  $km^2$ , si ottiene:

$$Q_p = 0,208 \frac{VA}{t_a} \quad \text{Equazione 4.9}$$

Ipotizzata costante l'intensità di pioggia di durata  $t_p$  ed indicato con  $t_L$  il tempo di ritardo calcolato con la formula di Mockus, in funzione della pendenza del bacino  $s$  [%], della lunghezza dell'asta principale  $L$  e del  $CN$ , si ottiene:

$$t_L = 0,342 \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7} \quad \text{Equazione 4.10}$$

Al fine di considerare l'influenza dello stato iniziale di umidità del suolo (AMC: *antecedent moisture condition*), l'SCS ha individuato tre condizioni di umidità in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico e della stagione vegetativa: AMCI, AMCII, AMCIII corrispondenti rispettivamente alle condizioni di suolo asciutto, mediamente imbibito e umido.

Per bacini idrografici con superficie imbriferata superiore a 30-50  $km^2$  l'utilizzo del metodo SCS abbinato al  $CN_{AMCII}$  può portare in genere ad una sottostima delle portate rispetto a quelle prodotte con altri metodi. Per questo motivo è raccomandabile l'utilizzo del  $CN_{AMCIII}$  per bacini con superficie maggiore di 30  $km^2$ .

Inoltre, solitamente gli eventi caratterizzati da un tempo di ritorno uguale o maggiore a 30 anni si manifestano in situazioni in cui il bacino è già sufficientemente imbibito. Per tali ragioni, per il calcolo delle portate afferenti alle sezioni di chiusura di ciascun bacino idrografico esaminato si sono considerati valori del  $CN$  corrispondenti alla condizione *umida AMCIII*, ottenuti attraverso l'applicazione del fattore correttivo  $FIII$  (4.11) al valore del curve number relativo alla classe di umidità media (4.12):

$$FIII \cdot CN_{AMCIII} = FIII \cdot CN_{AMCII} \quad \text{Equazione 4.11}$$

valida in tutto il campo dei valori di  $CN$  ( $5 \leq CN \leq 100$ ), da cui ne deriva:

$$CN_{AMCIII} = FIII \cdot CN_{AMCII} \quad \text{Equazione 4.12}$$

La valutazione del tempo  $t_a$  si effettua per mezzo della seguente relazione:

$$t_a = 0,5t_p + t_L$$

La durata critica dell'evento, che determina la massima portata transitante nella sezione di calcolo, è pari al tempo di corrvazione del bacino:

$$t_c = \frac{t_L}{0.6} \quad \text{Equazione 4.13}$$

L'idrogramma unitario (riferito ad un volume di deflusso pari a 1 mm) adottato è, come già detto, l'idrogramma adimensionale di Mockus che mette in relazione il rapporto tra la generica portata  $Q$  all'istante  $t$  e la portata al colmo  $Q_p$ , che si verifica all'istante  $t_a$  (durata della fase di crescita), con la variabile adimensionale  $t/t_a$ . L'evento di pioggia viene scomposto in intervalli di durata pari al tempo  $t_p$  e si procede al calcolo dell'incremento di deflusso relativo a ciascun intervallo di durata  $t_p$  e al relativo idrogramma. L'idrogramma complessivo è il risultato dell'integrale di convoluzione.

I calcoli delle portate per i bacini idrografici esaminati è riportato nell'allegato 4.0. In particolare, per due bacini del Gargano (il torrente Macchio ed il Macinino, indicati rispettivamente nei modelli con gli acronimi GAR\_04 e GAR\_06) si è resa necessaria l'applicazione di regressioni per la stima delle portate, individuate sulla base del comportamento dei bacini nelle aree vallive. Infatti, per i bacini indicati, da un'analisi condotta sulle caratteristiche litologiche dell'area di indagine si è visto che per la parte montana di questi bacini prevale l'unità litologica dei calcari di scarpata avente spessori ridotti da alcuni metri ad alcune decine di metri al massimo. Tale unità litologica poggia direttamente sui calcari di bacino aventi localmente uno spessore maggiore ed un valore di permeabilità di gran lunga inferiore dei sovrastanti calcari di scarpata (si veda la carta geologica foglio 157 Mattinata). Nel processo di percolazione dei deflussi, lo strato che ha quindi un peso maggiore tra i due è quello inferiore dei calcari di bacino. Al fine di considerare tali fattori, e quindi un maggiore contributo di deflusso superficiale rispetto a quello profondo, le portate nelle sezioni di monte dei bacini del Macchio e del Macinino sono state calcolate sulla base di regressioni in cui la portata è funzione del coefficiente udometrico e dell'area del bacino (figg. 4.4 e 4.5).



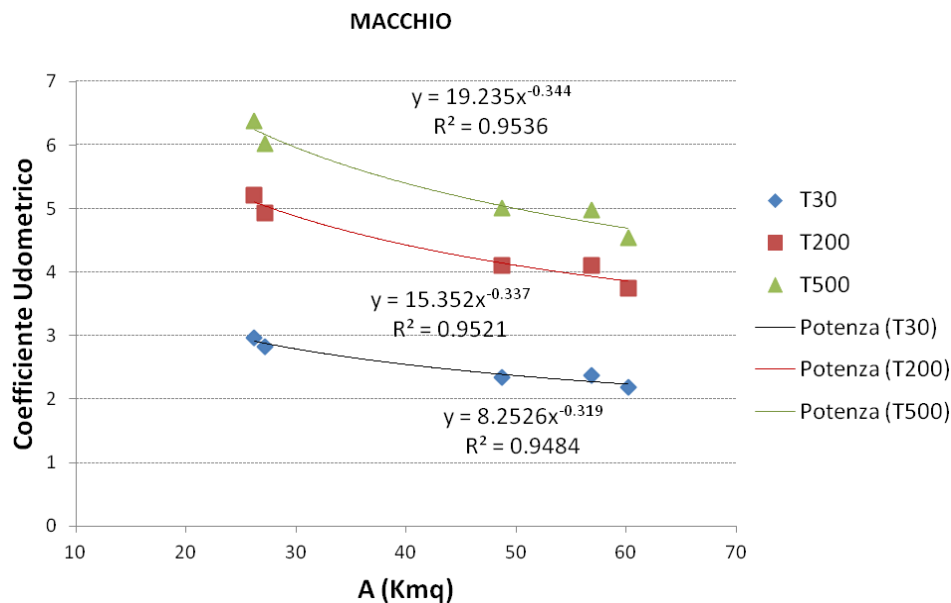


Figura 4.4 - Andamento dei coefficienti udometrici del torrente Macchio (sezioni di valle: 123, 124, 125, 80, 79)

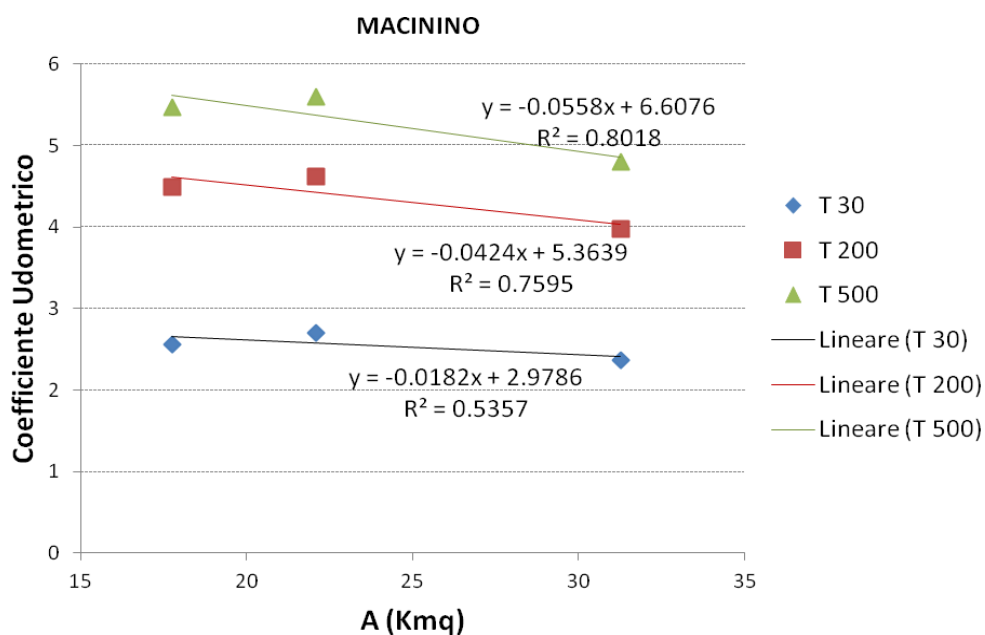


Figura 4.5 - Andamento dei coefficienti udometrici del torrente Macinino (sezioni di valle: 89, 86, 85)

Nei grafici seguenti sono invece sintetizzati i risultati in termini di coefficienti udometrici per i differenti tempi di ritorno per tutti i bacini di analisi (figg. 4.6 – 4.8), nonché la variazione delle portate al picco di piena (figura. 4.9) e del tempo di ritardo (figura. 4.10) all'aumentare dell'area contribuyente. In tabella 4.1 si riportano le caratteristiche idrologiche e morfologiche dei bacini idrografici del Gargano.

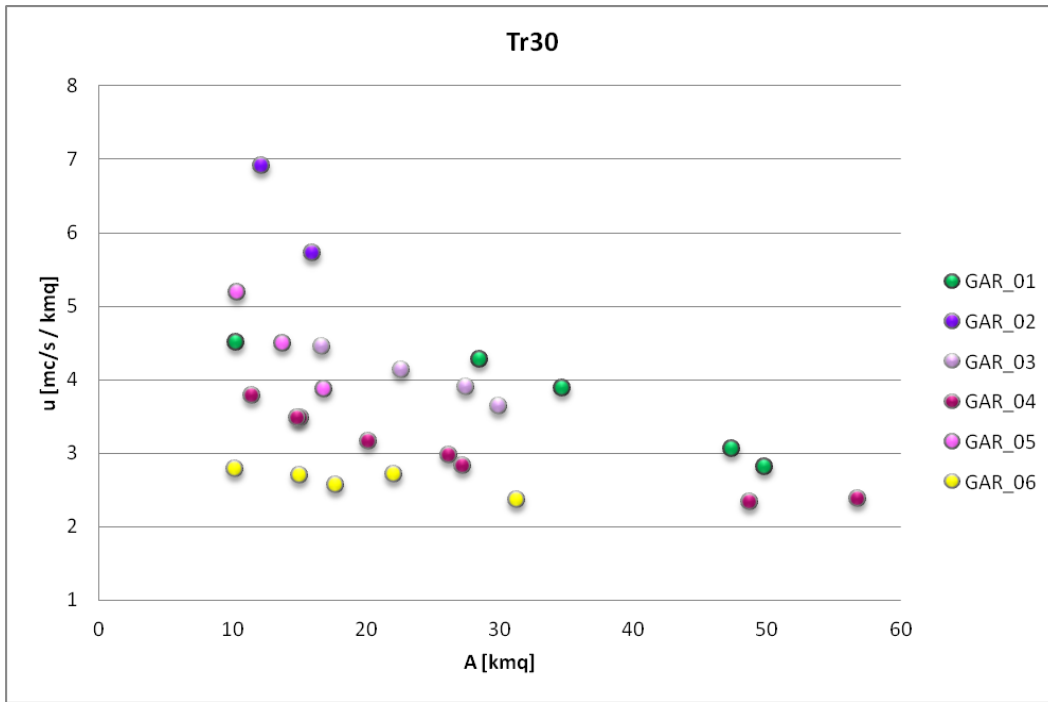


Figura 4.6 – Coefficienti udometrici per i bacini dell'unità fisiografica del Gargano - Tr 30 anni

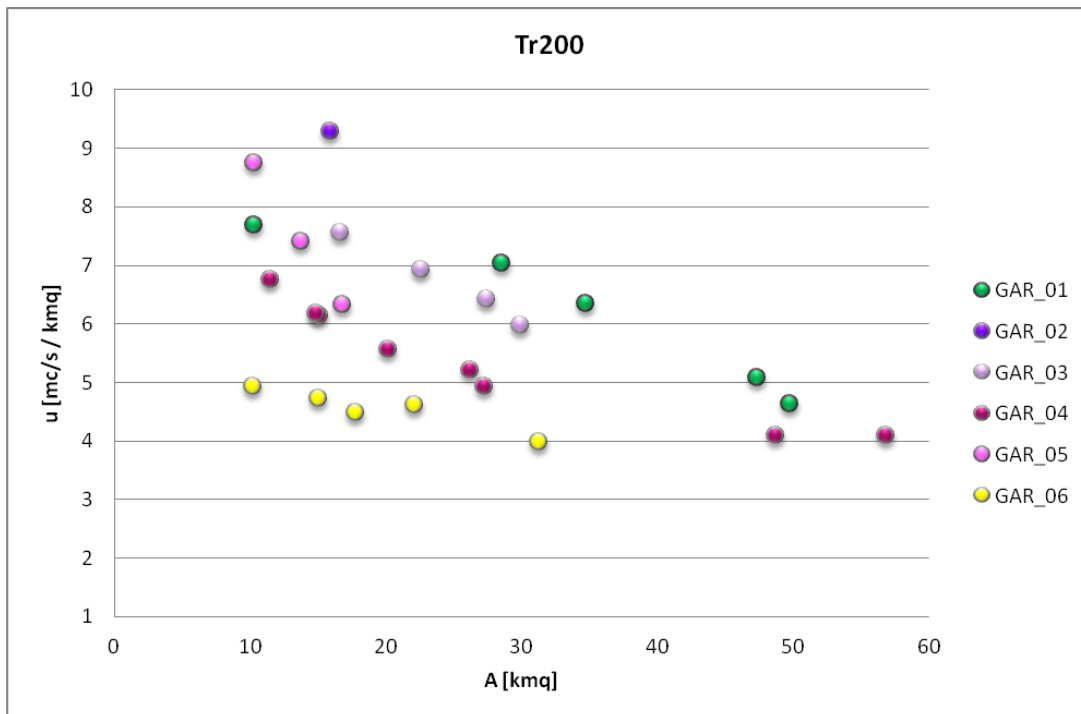


Figura 4.7 – Coefficienti udometrici per i bacini dell'unità fisiografica del Gargano - Tr 200 anni

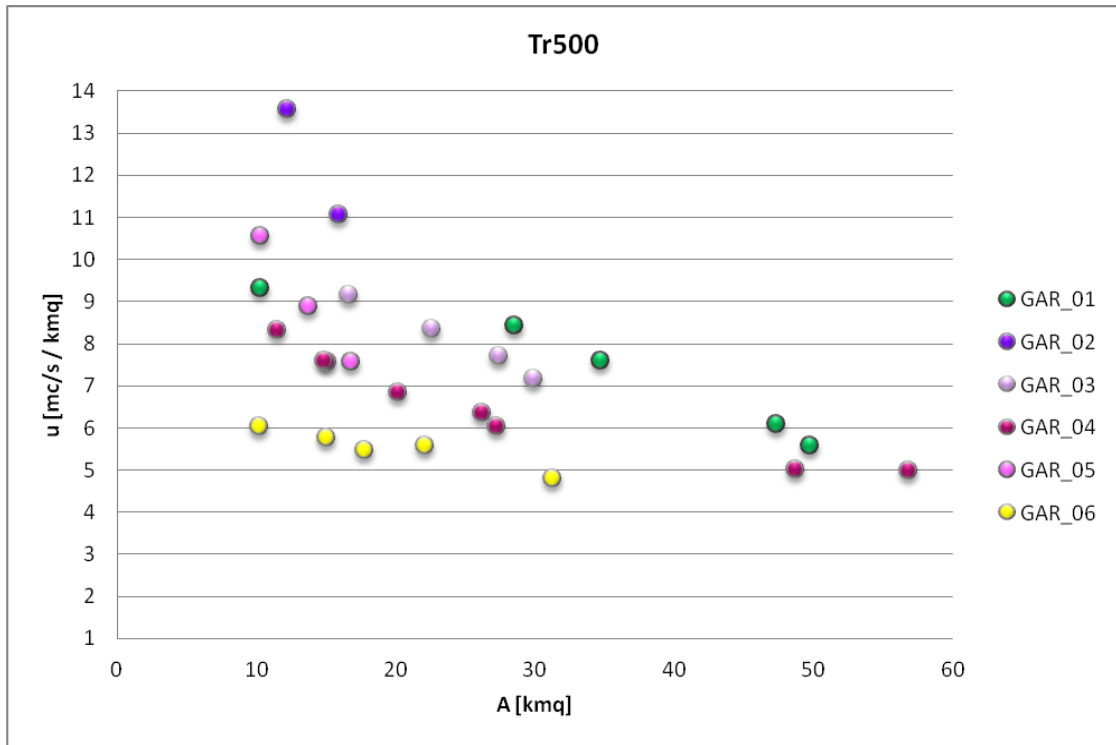


Figura 4.8 – Coefficienti udometrici per i bacini dell'unità fisiografica del Gargano – Tr 500 anni

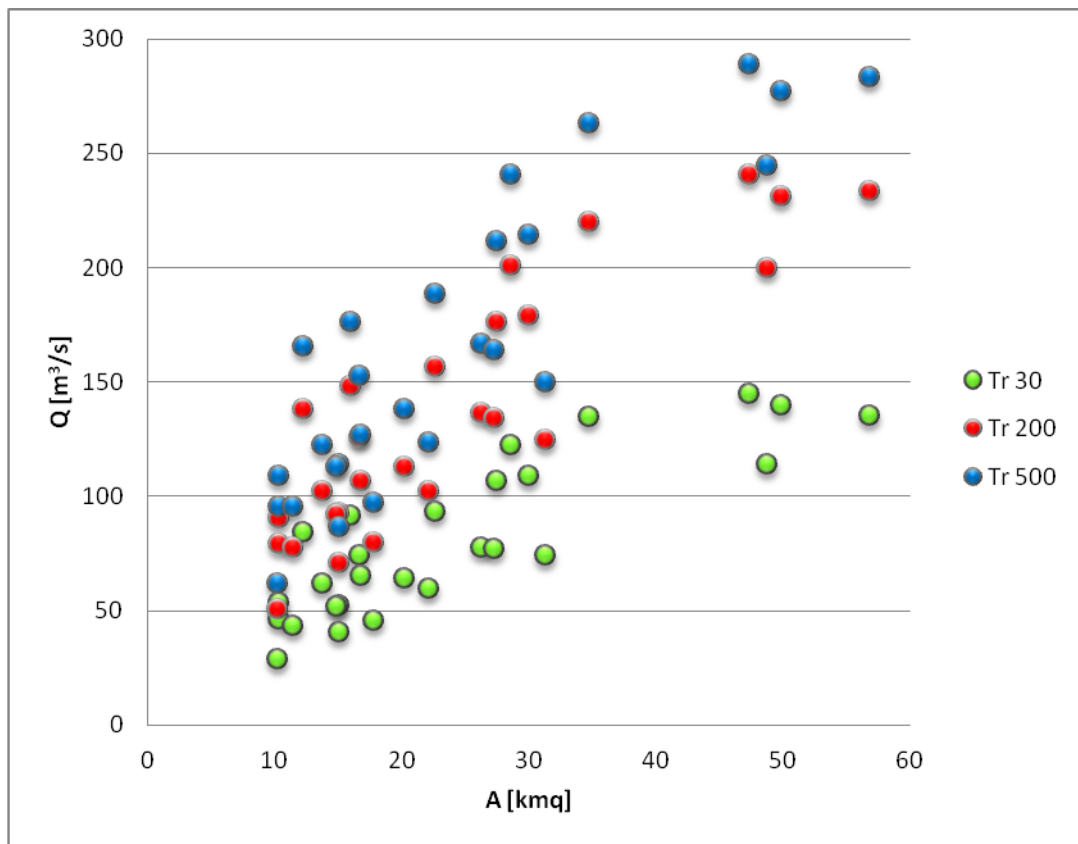


Figura 4.9 – Aree contribuenti e portate al picco di piena per i bacini dell'unità fisiografica del Gargano, secondo la metodologia SCS-CN

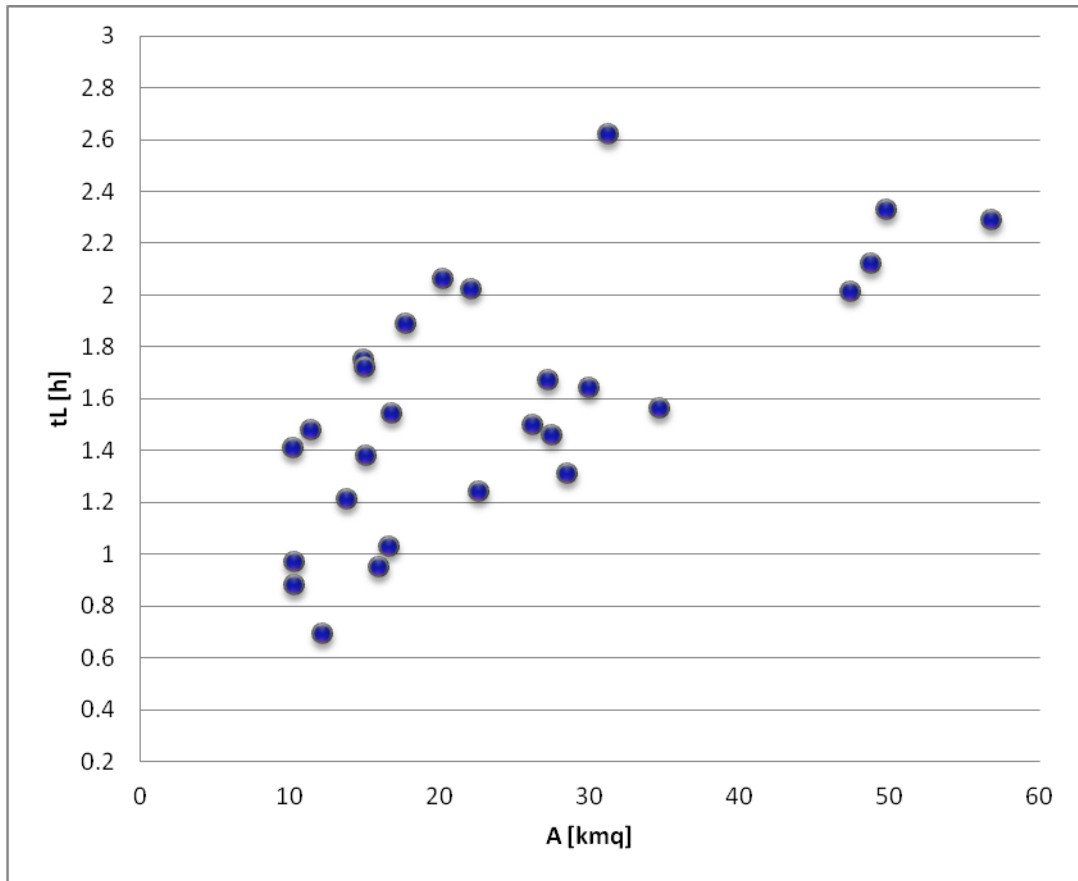


Figura 4.10 – Tempi di ritardo dei bacini dell'unità fisiografica del Gargano, secondo la metodologia SCS-CN

Tabella 4.1 – Caratteristiche idrologiche e morfologiche dei bacini idrografici del Gargano

Basin	Area[kmq]	Z <sub>mean</sub>	i <sub>m</sub> [m/m]	i <sub>v</sub> [m/m]	L[km]	CN	zona	ldBasTot	t <sub>i</sub> [h]	t <sub>a</sub> [h]	t <sub>p</sub> [h]	t <sub>c</sub> [h]	Q <sub>p</sub> [mc/s]	T 30		T 200		T 500	
														Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u
62	49.79	431.86	0.034	0.327	23.5	71	1	GAR01	2.33	2.59	0.52	3.89	3.99	139.93	2.81	231.16	4.64	277.20	5.57
63	47.35	450.4	0.037	0.338	19.9	71	1	GAR01	2.01	2.23	0.45	3.35	4.41	144.88	3.06	240.40	5.08	288.87	6.10
64	34.69	503.93	0.04	0.36	16.8	74	1	GAR01	1.56	1.74	0.35	2.61	4.15	134.61	3.88	220.16	6.35	263.32	7.59
65	28.51	539.89	0.044	0.348	13.16	74	1	GAR01	1.31	1.45	0.29	2.18	4.08	122.15	4.28	200.74	7.04	240.68	8.44
66	10.27	645.11	0.05	0.305	7.55	71	1	GAR01	0.97	1.08	0.22	1.62	1.97	46.35	4.51	78.99	7.69	95.69	9.32
67	15.94	254.09	0.059	0.324	9.78	78	1	GAR02	0.95	1.06	0.21	1.59	3.14	91.34	5.73	147.99	9.28	176.23	11.06
68	12.19	294.99	0.074	0.353	6.9	78	1	GAR02	0.69	0.77	0.15	1.15	3.31	84.31	6.92	138.26	11.34	165.27	13.56
70	29.93	271.31	0.046	0.297	15.82	74	1	GAR03	1.69	1.88	0.38	2.81	3.32	108.86	3.64	179.16	5.98	214.36	7.16
71	16.65	380.44	0.07	0.332	8.81	72	1	GAR03	1.03	1.14	0.23	1.71	3.03	74.14	4.45	125.92	7.56	152.48	9.16
72	22.61	324.58	0.059	0.316	11.23	73	1	GAR03	1.24	1.38	0.28	2.07	3.40	93.51	4.14	156.82	6.94	188.80	8.35
73	27.44	287.71	0.051	0.302	13.85	74	1	GAR03	1.46	1.63	0.33	2.44	3.51	106.86	3.89	176.47	6.43	211.41	7.70
78	15.07	661.05	0.058	0.341	8.46	59	1	GAR04	1.38	1.53	0.31	2.30	2.04	52.35	3.47	92.72	6.15	114.01	7.57
123	26.19	581.92	0.053	0.334	11.25	65	1	GAR04	1.50	1.67	0.33	2.50	3.26	77.78	2.97	136.41	5.21	166.92	6.37
124	27.21	569.12	0.052	0.33	12.72	65	1	GAR04	1.67	1.85	0.37	2.78	3.06	76.92	2.83	134.27	4.93	163.97	6.03
76	11.45	640.79	0.065	0.321	7.16	52	1	GAR04	1.48	1.65	0.33	2.47	1.44	43.41	3.79	77.30	6.75	95.21	8.32
77	14.89	586.62	0.057	0.322	10.35	57	1	GAR04	1.75	1.95	0.39	2.92	1.59	51.92	3.49	92.00	6.18	113.11	7.60
75	20.19	502.68	0.049	0.309	14.02	61	1	GAR04	2.06	2.29	0.46	3.44	1.83	63.88	3.16	112.58	5.58	138.12	6.84
125	48.74	530.67	0.046	0.319	15.8	63	1	GAR04	2.12	2.36	0.47	3.54	4.30	113.90	2.34	199.94	4.10	244.49	5.02
80	56.83	479.44	0.043	0.308	18.08	65	1	GAR04	2.29	2.54	0.51	3.81	4.65	135.03	2.38	233.18	4.10	283.26	4.98
79	60.14	457.38	0.038	0.3	21.73	65	1	GAR04	2.68	2.98	0.60	4.47	4.20	131.28	2.18	224.84	3.74	272.84	4.54
81	10.31	323.3	0.058	0.341	7.9	74	1	GAR05	0.88	0.98	0.20	1.46	2.20	53.52	5.19	90.24	8.75	108.86	10.56
84	13.77	274.14	0.048	0.306	11.36	75	1	GAR05	1.21	1.34	0.27	2.01	2.14	61.93	4.50	102.17	7.42	122.37	8.89
83	16.81	230.83	0.041	0.268	14.25	75	1	GAR05	1.54	1.72	0.34	2.57	2.04	65.10	3.87	106.42	6.33	127.09	7.56

**STUDIO PER LA DEFINIZIONE DELLE OPERE NECESSARIE ALLA MESSA IN SICUREZZA DEL RETICOLO IDRAULICO PUGLIESE,  
CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE AREE DEL GARGANO, DELLE COSTE JONICHE E SALENTINE DELLA REGIONE PUGLIA - GARGANO**

---

Basin	Area[kmq]	Z <sub>mean</sub>	i <sub>m</sub> [m/m]	i <sub>v</sub> [m/m]	L[km]	CN	zona	ldBasTot	t <sub>i</sub> [h]	t <sub>a</sub> [h]	t <sub>r</sub> [h]	t <sub>c</sub> [h]	Q <sub>p</sub> [mc/s]	T 30		T 200		T 500	
														Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u
87	10.21	551.62	0.066	0.33	8.25	58	1	GAR06	1.41	1.57	0.31	2.35	1.36	28.51	2.79	50.35	4.93	61.65	6.04
88	15	465.87	0.055	0.329	12.39	63	1	GAR06	1.72	1.91	0.38	2.87	1.63	40.58	2.71	70.92	4.73	86.56	5.77
89	17.75	425.82	0.051	0.324	14.69	65	1	GAR06	1.89	2.10	0.42	3.15	1.76	45.53	2.56	79.62	4.49	97.11	5.47
86	22.09	367.57	0.047	0.3	16.86	68	1	GAR06	2.02	2.25	0.45	3.37	2.04	59.82	2.71	101.92	4.61	123.53	5.59
85	31.26	270.43	0.038	0.25	21.47	69	1	GAR06	2.62	2.91	0.58	4.37	2.23	73.95	2.37	124.40	3.98	149.90	4.80

*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle del Gargano.*





# Modellazione idraulica – V

## ALLEGATI



- 5.0 – Schedario dei modelli idraulici
- 5.1.1 – Risultanze schematismo 1D, T200, Romandato TAV.1
- 5.1.2 – Risultanze schematismo 1D, T200, Romandato TAV.2
- 5.1.3 – Risultanze schematismo 2D, T200, Romandato\_0
- 5.2.1 – Risultanze schematismo 2D, T200, Calinella\_0
- 5.3.1 – Risultanze schematismo 2D, T200, Chianara
- 5.4.1 – Risultanze schematismo 1D, T200, Macchia TAV.1
- 5.4.2 – Risultanze schematismo 1D, T200, Macchia TAV.2
- 5.4.3 – Risultanze schematismo 2D, T200, Macchia\_0
- 5.5.1 – Risultanze schematismo 1D, T200, San Giuliano TAV.1
- 5.5.2 – Risultanze schematismo 1D, T200, San Giuliano\_0
- 5.6.1 – Risultanze schematismo 1D, T200, Macinino TAV.1
- 5.6.2 – Risultanze schematismo 1D, T200, Macinino TAV.2
- 5.6.3 – Risultanze schematismo 2D, T200, Macinino\_0

## ARCHIVIO DIGITALE



```
\CODICE_CORSO D'ACQUA
  \AREE_2D\Aree_2d (shp)
  \ATTRAV_IDRA\AttravIdr (shp)
  \CRITICITA'
    Attraversamenti_critici (shp)
    esposti (shp)
  \DEM\Dem (raster)
  \HEC-RAS
  \IDROLOGIA
    \BACINI\Bacini (shp)
    \IDROGRAMMI\IDRO30,200,500 (txt)
    REPORT30, 200, 500 (xls)
    SezioniQ (shp)
  \OUTPUT_1D\d30,200,500 e v30,200,500 (raster)
  \OUTPUT_2D\AREA_2D\d30,200,500 e v30,200,500 (raster)
  \PreRAS\ (mdb)
  \RETICOLO_10_KMQ\net_10kmq (shp)
  \TUFLOW\modelli (zip)
  \UDS\UdS (shp)
```



Obiettivo di questa fase è la modellazione del comportamento idraulico dei corsi d'acqua oggetto dello studio, in diverse condizioni di moto, attraverso l'ausilio di opportuni codici di calcolo, anche bidimensionale, preventivamente selezionati e sperimentati. Viene quindi dapprima fornita una descrizione teorica dei modelli mono e bidimensionali utilizzati. Successivamente sono rappresentati i modelli realizzati per i corsi d'acqua indicati nel capitolo II. I paragrafi, ognuno dei quali è relativo a ciascuno dei corsi d'acqua oggetto di studio, si compongono dell'indicazione delle condizioni al contorno, ovvero le portate idriche per i diversi tempi di ritorno, e dei parametri di scabrezza, nonché dell'analisi delle risultanze dei modelli mono e bidimensionali, sia in termini di valutazione dell'efficienza idraulica delle opere di attraversamento delle reti viarie, che in termini di valutazione delle aree a rischio.

## 5.0 INTRODUZIONE

In questo capitolo è descritta l'attività di modellazione idraulica, dedicata all'implementazione dei modelli numerici con schematismo monodimensionale e bidimensionale (schedati all'allegato 5.0), operata in funzione delle peculiarità del territorio e delle esigenze specifiche di analisi e rappresentazione, con il fine ultimo di individuare le criticità connesse all'assetto idraulico del territorio.

Gli studi qui condotti sono da ritenersi validi per le finalità del presente lavoro, mentre non hanno valenza di studi definitivi per l'aggiornamento delle perimetrazioni del PAI – assetto idraulico. Essi infatti sono coerenti con i principi della Relazione di Piano, tuttavia necessitano di ulteriori approfondimenti, quali ad esempio rilievi di maggiore dettaglio e verifiche sul campo, secondo le accurate modalità proprie della Segreteria Tecnica Operativa.

I rilievi alla base della modellistica idraulica (sia per la definizione della morfologia dei corsi d'acqua che della geometria degli attraversamenti) derivano dai dati acquisiti dall'Autorità di Bacino così come descritti nel capitolo II, ovvero rilievi LIDAR e rilievi delle opere di attraversamento idraulico realizzati appositamente per il presente studio. Non si esclude dunque che alcune delle problematiche di sicurezza idraulica che ne emergono siano già state oggetto di analisi con l'individuazione di progetti di mitigazione del rischio, sulla quale questa Autorità ha espresso un proprio parere di competenza, ma che di fatto non hanno ancora prodotto una risolutiva modifica dello stato dei luoghi. Si ritiene invece opportuno non condurre analisi idrauliche laddove i rilievi in possesso risultano difformi dalla conoscenza dei luoghi (stato di fatto o in evoluzione per effetti di progetti in corso) disponibile nel periodo di riferimento mediano tra le date di inizio e conclusione delle attività di redazione.

Per ciascun bacino esaminato, al fine di fornire una descrizione esaustiva del modello idraulico realizzato, sono presentati sei sottoparagrafi, illustrati con maggior dettaglio a seguire, contenenti i) la descrizione geografica e morfologica del bacino, ii) le scelte legate al parametro di scabrezza, iii) le portate idrologiche del modello, iv) lo schematismo idraulico adottato per la rappresentazione della pericolosità idraulica, v) l'analisi delle opere di attraversamento idraulico e vi) le criticità urbane ed industriali individuate dalle risultanze del modello.

### 1. Descrizione geografica e morfologica

Si descrive il corso d'acqua in relazione alle sue caratteristiche morfologiche e al suo sviluppo sui territori comunali del promontorio.

### 2. Scabrezza

Sono rappresentate le caratteristiche di uso del suolo con relativa documentazione fotografica, al fine di avere rapida contezza della resistenza al flusso negli alvei e nelle aree contermini oggetto di analisi. In generale si è adottato, tra i valori proposti al paragrafo 3.2.3, quello relativo alla condizione media, ai fini di adottare cautela nei confronti di entrambe le due grandezze idrodinamiche esaminate, considerando che un indice di Manning più basso, rappresentativo di una resistenza al flusso minore, determina una riduzione dei tiranti idrici con contestuale aumento della velocità di scorrimento; mentre un indice di Manning più alto, rappresentativo di una resistenza al flusso maggiore, determina l'effetto opposto. La scelta del valor medio dell'indice di Manning appare tanto più ponderata, rispetto ad una scelta di maggior cautela in relazione all'estensione delle aree a pericolosità idraulica, se si considera che la resistenza massima al flusso, che giustificerebbe l'adozione dell'indice di Manning di valore massimo, è in generale offerta quando lo stato vegetativo è più denso, condizione che si verifica solitamente nei periodi estivo-primaverili, quando l'occorrenza di eventi precipitativi estremi è ridotta rispetto alle altre stagioni.

### 3. Portate

Si riportano le portate di piena per le varie sezioni di chiusura esaminate lungo il corso d'acqua, indicate nelle cartografie allegate (da 5.1 a 5.6). Nel dettaglio la tabella riporta tutti i parametri geoidromorfologici che concorrono alla stima idrologica, oltreché l'individuazione delle sezioni del modello idraulico utilizzate come condizioni al contorno corrispondenti. E' inoltre rappresentato l'andamento del coefficiente idrometrico in funzione dell'area contribuyente per i differenti tempi di ritorno, al fine di ottenere una stima rapida di prima approssimazione delle portate nelle varie sezioni di chiusura lungo il reticolo del bacino idrografico.

#### 4. Schematismo idraulico

E' indicata la tipologia di modellistica idraulica adottata, in funzione delle caratteristiche morfologiche dell'area esaminata. In particolare si rappresenta che i modelli numerici adoperati sono a fondo fisso (validi per pendenze di fondo non troppo elevate, non superiori al 10%). Una descrizione degli schematismi idraulici monodimensionali e bidimensionali è offerta ai sottoparagrafi 5.0.1 e 5.0.2. Si precisa inoltre che lo schematismo 1D è accoppiato ad un regime di moto permanente, mentre lo schematismo 2D ad un regime di moto vario. Nello specifico nelle cartografie allegate (da 5.1 a 5.11) sono riportate le risultanze delle simulazioni idrauliche, condotte con schematismo 1D, nonché individuate le aree che necessitano l'adozione di una modellistica 2D. Queste aree sono elencate in una tabella, in cui sono specificate, nei diversi campi, a) le ragioni che determinano la necessità dell'utilizzo del bidimensionale, b) la tipologia degli esposti nell'area e c) la priorità della redazione di uno studio bidimensionale. In quest'ultimo campo si assegna valore 0 a quelle aree dove, pur non essendo corretto l'utilizzo dello schematismo 1D, non risulta necessario un elevato dettaglio di rappresentazione della pericolosità idraulica; il valore 0.5 è associato a quelle aree dove è necessaria una modellistica idraulica bidimensionale al fine di determinare correttamente l'estensione delle aree allagate e delle grandezze idrodinamiche in gioco; mentre il valore 1 è assegnato quando la modellistica bidimensionale diviene fondamentale per l'individuazione delle opere necessarie alla messa in sicurezza dove sono presenti esposti di natura rilevante. Le simulazioni idrauliche in campo bidimensionale, di più complessa applicazione rispetto al monodimensionale, sono state quindi condotte in aree con priorità pari a 1 e 0.5.

#### 5. Analisi delle opere di attraversamento idraulico

Si analizzano nel dettaglio le opere di attraversamento idraulico delle infrastrutture viarie oggetto del censimento, essendo tali intersezioni con il reticolo idrografico punti di particolare criticità. La vulnerabilità dei ponti è valutata in relazione al loro comportamento idraulico in regime di piena, classificato schematicamente in luce di sbocco non sommerso, sbocco sommerso e sormonto. Non è invece condotta alcuna valutazione sulla vulnerabilità strutturale o legata a fenomeni di permeazione, erosione o trasporto, la quale non attiene alle competenze del presente studio. Non è possibile escludere dunque che attraversamenti ritenuti verificati possano determinare situazioni di criticità diverse da quelle qui esaminate.

NOTA: Gli attraversamenti classificati come NC, qualora non verificati, sono stati anch'essi oggetto di classificazione per la successiva fase di valutazione preliminare degli interventi.

#### 6. Criticità urbane / industriali

Si offre una rapida descrizione delle criticità evidenziate in relazione alla sovrapposizione delle aree a pericolosità idraulica con le infrastrutture viarie e gli insediamenti residenziali e produttivi.

Per ciascun corso d'acqua sono riportati nelle cartografie allegate le risultanze degli studi idraulici, in termini di massimo valore del tirante idrico, relativo allo scenario con tempo di ritorno di 200 anni – di riferimento per la sicurezza idraulica –, con individuazione contestuale delle sezioni di inserimento delle portate, del regime idraulico degli attraversamenti e delle aree che necessitano di schematismo di tipo 2D. In [ALL\_5\_MODELLI\_IDRAULICI] sono invece allegate le risultanze complete prodotte, ovvero le mappe raster di tiranti idrici e delle velocità di scorrimento per gli scenari aventi tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni, oltreché i modelli Hec-Ras realizzati e tutti gli elementi utili alla definizione degli studi idrologico-idraulici.

### 5.0.1 Schematismo 1D e 2D

I modelli matematici per la rappresentazione dei fenomeni di propagazione delle piene possono essere ad una oppure a due dimensioni. Nei modelli monodimensionali il sistema è rappresentato da una serie di sezioni trasversali, che si sviluppano tra alveo e golena, all'interno delle quali i tiranti idrici e le velocità di scorrimento sono assunte in ogni punto costanti. I modelli idraulici bidimensionali sono capaci di considerare, a differenza dei monodimensionali, anche le componenti della velocità ortogonali alla direzione dell'asse dell'alveo e quindi in grado di descrivere fenomeni di flusso che si sviluppano nel piano, fornendo in ogni punto la direzione e l'intensità della velocità media sulla verticale.

Il territorio carsico pugliese è caratterizzato da tratti a morfologia definita, alternati a zone in cui invece non è possibile definire univocamente la direzione di flusso. Per tale ragione è opportuno accoppiare schemi di calcolo idraulici monodimensionali a schemi di tipo bidimensionale.

Per lo sviluppo della modellistica di tipo monodimensionale è stato scelto il software HEC-RAS della U.S. Army Corps of Engineering, di comprovata affidabilità e di distribuzione gratuita. Per la modellistica di tipo bidimensionale ci si è avvalsi del codice di calcolo noto con l'acronimo di TUFLOW (Two-dimensional Unsteady FLOW) della BMT WBM, con interfaccia SMS v.10.0, commercializzato dalla Aquaveo Llc, di cui l'Autorità di Bacino della Puglia ha acquisito regolare licenza d'uso nell'ambito del progetto. Essendo l'HEC-RAS un codice di calcolo largamente utilizzato a livello mondiale e del quale è possibile reperire in maniera libera ogni informazione, nel sottoparagrafo successivo verrà offerta una completa descrizione del solo codice di calcolo TUFLOW.

Si precisa che in fasi successive di studio, di maggiore approfondimento, risulterà opportuna l'adozione di modellistica a fondo mobile, più idonea ad una fenomenologia alluvionale caratterizzata da notevole trasporto solido, come quella garganica.

### 5.0.2 Il modello di calcolo TUFLOW

La definizione della pericolosità idraulica è stata operata, laddove necessario, mediante l'utilizzo di un modello di calcolo idraulico bidimensionale in grado di definire componenti della velocità ortogonali alla direzione dell'asse principale del corso d'acqua e quindi di descrivere fenomeni di moto che si sviluppano nel piano x-y, fornendo in ogni punto la direzione e l'intensità della velocità mediata nella direzione verticale z.

Il modello utilizzato è noto con l'acronimo di TUFLOW (Two-dimensional Unsteady FLOW) della BMT WBM, con interfaccia SMS v.10.0, commercializzato dalla Aquaveo Llc, di cui l'Autorità di Bacino della Puglia ha acquisito regolare licenza d'uso. Tale strumento è tra i più moderni ed efficienti codici di calcolo nel campo dell'idrodinamica.

Il TUFLOW è specifico per le simulazioni idrauliche bidimensionali delle correnti a superficie libera e risulta quindi atto a descrivere comportamenti idrodinamici in ambienti come aree costiere, estuari, fiumi, pianure alluvionali e aree urbane, dove le complesse direzioni di flusso non sono correttamente rappresentabili mediante i tradizionali modelli monodimensionali.

Il modello è stato sviluppato da una ricerca congiunta tra la WBM Oceanics Australia e l'Università del Queensland nel 1990. Nato come modello idraulico puramente bidimensionale, oggi incorpora anche le funzionalità del sistema ESTRY, basato sulle equazioni complete monodimensionali, ed implementa il legame dinamico 1D/2D, che offre al modello maggiore versatilità e stabilità. Il TUFLOW è stato inoltre sottoposto a diversi ed intensi test di validazione, che ne certificano l'affidabilità.

Altre caratteristiche, che hanno determinato la sua scelta da parte di questa Autorità, sono la rappresentazione di domini multipli 2D, la rappresentazione delle strutture idrauliche 1D e 2D, la simulazione delle correnti supercritiche 1D e 2D, l'interfaccia con il GIS e gli accurati strumenti di controllo della qualità degli output.

Da un punto di vista analitico, il TUFLOW fornisce le soluzioni delle equazioni monodimensionali e bidimensionali delle acque basse (o Shallow Water), conosciute anche come equazioni complete di De Saint Venant, utilizzate per simulare la propagazione dell'onda nelle correnti a superficie libera.

Tali equazioni derivano dalle equazioni di Navier-Stokes e sono impiegate per modellare onde lunghe, come quelle delle alluvioni e delle onde oceaniche, in quanto si basano sull'ipotesi che la componente orizzontale della velocità sia uniforme lungo la verticale e sull'ipotesi di assenza di accelerazione verticale (ipotesi di distribuzione idrostatica delle pressioni), assunzioni valide dove la dimensione dell'onda è maggiore di quella del tirante idrico.

Le equazioni di shallow water valide in campo bidimensionale sono descritte dalle equazioni differenziali parziali della continuità della massa e della conservazione della quantità di moto nella direzione X, parallela all'asse dell'alveo, e Y, normale all'asse dell'alveo, in moto vario:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(Hu)}{\partial x} + \frac{\partial(Hv)}{\partial y} = 0 \quad (\text{Eq. continuit\`a}) \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - c_f v + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + g u \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{C^2 H} - \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = F_x \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + c_f u + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + g v \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{C^2 H} - \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = F_y \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (\text{Eq. moto lungo X}) \\ (\text{Eq. moto lungo Y}) \end{array}$$

dove  $\zeta$  = elevazione del pelo libero  
 $u$  e  $v$  = componenti della velocità mediate lungo la verticale nelle direzioni X e Y  
 $H$  = tirante del pelo libero  
 $t$  = tempo  
 $x$  e  $y$  = distanze nelle direzioni X e Y  
 $c_f$  = coefficiente della forza di Coriolis  
 $C$  = coefficiente di Chezy  
 $\mu$  = coefficiente di viscosità  
 $p$  = pressione atmosferica  
 $\rho$  = densità dell'acqua  
 $F_x$  e  $F_y$  = somma delle componenti delle forze esterne nelle direzioni X e Y

In riferimento all'equazione del moto sia lungo la direzione X sia lungo Y, si precisa quanto segue.

I primi tre termini rappresentano i termini inerziali e più precisamente il primo dà conto dell'inerzia locale, mentre il secondo e il terzo rappresentano quella convettiva.

Il quarto termine rappresenta la forza di Coriolis. Questa è una forza apparente, legata all'accelerazione generata dalla rotazione terrestre ed, in termini matematici, ha la forma seguente:

$$F_C = -2m\omega \times v$$

ove  $m$  è la massa del corpo che si muove con velocità  $v$  rispetto al sistema di riferimento rotante con velocità angolare  $\omega$ . Esplicitando la dipendenza dell'angolo  $\alpha$ , formato dall'asse di rotazione del sistema di riferimento con la direzione della velocità del corpo, l'intensità della forza vale:

$$F_C = 2m\omega v |\sin \alpha| = c_f \cdot v$$

Con riferimento alle simulazioni condotte, si precisa che tale termine è stato considerato pari a 0.

Il quinto termine rappresenta la variazione del pelo libero nella direzione considerata.

Il sesto termine è la pendenza della linea dell'energia come determinata dalla resistenza al contorno. Il coefficiente  $C$  è determinato mediante l'equazione di Manning, che lo pone in relazione con un indice di scabrezza  $n$  e con il raggio idraulico  $R$ , ovvero con la scabrezza relativa dell'alveo:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

Il settimo termine rappresenta la pendenza della linea dell'energia legata agli sforzi tangenziali di natura viscosa, che determinano la resistenza allo scorrimento. In condizioni di turbolenza, quali quelle in esame, il fenomeno di scambio e dissipazione energetica per sforzo tangenziale interno è convenzionalmente determinato con una struttura matematica analoga a quello tipico del caso laminare, nel quale al parametro di viscosità dinamica si sostituisce la eddy viscosity o coefficiente di scambio turbolento, il cui valore è tra 100 e 1000 volte quello del coefficiente di viscosità dinamica ( $1.12 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}^{-2}\text{s}$ ). Tale parametro è formulato nel TUFLOW con due metodi alternativi. Il primo fissa per tale parametro un valore costante, nei casi in cui la dimensione delle celle di calcolo è maggiore di quella del tirante della corrente idrica. Il secondo metodo è un'approssimazione della formulazione di Smagorinsky, da utilizzare quando la dimensione delle celle è prossima o minore del tirante della corrente idrica e la cui espressione è la seguente:

$$\mu = C_s \sqrt{A_c} \sqrt{\left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2}$$

nella quale  $A_c$  è l'area della cella e  $C_s$  il coefficiente di Smagorinsky, convenzionalmente posto pari a 0.2.

L'ottavo termine rappresenta il gradiente della pressione barometrica. In riferimento alle simulazioni idrauliche condotte, si precisa che tale termine è stato considerato pari a 0.

Il nono termine rappresenta infine tutte le forze esterne non esplicitate in precedenza (es. forza del vento). In riferimento alle simulazioni idrauliche condotte, si precisa che tale termine è stato considerato pari a 0.

La soluzione completa delle equazioni delle acque basse (Shallow Water Equations) si basa sull'algoritmo di Stelling (1984), fondato sul metodo implicito alle differenze finite a direzioni alternate, così come documentato da Syme (1991). La procedura computazionale, riportata in seguito, si divide in 2 fasi, ognuna delle quali comporta 2 step, che richiedono la soluzione di una matrice diagonale di terzo ordine.

<p><u>STAGE - I</u> <i>1° Step</i> Risolve l'equazione del moto nella direzione Y per la velocità <math>u</math>, utilizzando un metodo iterativo, che richiede 2 sweeps. Per il primo sweep, il calcolo procede colonna per colonna nella direzione Y. Se il segno di tutte le velocità nella direzione X è lo stesso, il secondo sweep non è necessario, altrimenti il calcolo è ripetuto nella direzione opposta.</p> <p><i>2° Step</i> Determina il tirante e la velocità <math>u</math> attraverso la soluzione delle equazioni di continuità e di moto nella direzione X. Nell'equazione di continuità viene esplicitato il termine della velocità in funzione dell'equazione di moto. Si determina così il tirante, che viene poi introdotto nell'equazione di moto per ricavare la componente della velocità. Questo processo è ripetuto per 2 iterazioni. Diversi test hanno mostrato che ci sono pochi benefici ad utilizzare più di 2 iterazioni.</p> <p><u>STAGE - II</u> Il secondo stage procede nella stessa maniera dello stage 1, ma nel primo step si utilizza l'equazione del moto della direzione x e nel secondo step sono impiegate l'equazione di continuità e l'equazione del moto nella direzione Y.</p>
---

### 5.0.3 La pericolosità idraulica relativa

Il PAI dell’Autorità di Bacino della Puglia individua quali aree a pericolosità idraulica le porzioni di territorio caratterizzate da uguale probabilità di inondazione, che, in accordo con la vigente normativa nazionale di settore, corrispondono ai tempi di ritorno della piena di riferimento pari a 30, 200 e 500 anni.

**Tabella 5.1** – Pericolosità di inondazione in funzione del tempo di ritorno dell’evento straordinario di riferimento

Tempo di ritorno	Pericolosità di Inondazione
30	AP – Alta Pericolosità
200	MP – Media Pericolosità
500	BP – Bassa Pericolosità

Questa impostazione si basa sulla consolidata assunzione che un evento di inondazione sia tanto più pericoloso quanto più è frequente. Tale approccio risulta valido dove il flusso è confinato in un alveo morfologicamente definito e quindi l’estensione dell’impronta al suolo della piena di riferimento, con tempo di ritorno assegnato, è sufficiente a definirne la pericolosità. Tuttavia è possibile che a morfologie in cui il flusso risulta concentrato, si alternino porzioni di territorio in cui si determina l’inondazione di vaste aree con tiranti e velocità talora di bassa entità. Da ciò deriva l’opportunità di valutare la pericolosità idraulica non solo in funzione della probabilità di accadimento dell’evento, ma anche in funzione all’entità massima di tiranti idrici e velocità di scorrimento. La rilevanza del problema appare evidente nella pianificazione, nell’ottica di garantire, nel rispetto del naturale assetto idrogeomorfologico e del corretto funzionamento idraulico, l’esigenza dell’uomo di utilizzare il territorio.

I modelli idraulici consentono la determinazione delle grandezze idrodinamiche necessarie ai fini di una più dettagliata caratterizzazione della pericolosità idraulica, la cui rappresentazione è peraltro richiesta dalla direttiva europea 2007/60/CE e del relativo decreto di attuazione D.Lgs 49/2010. Si propone dunque una metodologia di mappatura delle aree a diversa pericolosità idraulica basata non solo sulla probabilità dell’evento di piena straordinario (pericolosità assoluta), ma anche sull’entità delle grandezze idrodinamiche in gioco (pericolosità relativa), onde evitare la sovrastima sistematica di fenomeni in realtà poco pericolosi.

In particolare, si valuta l’entità dei massimi tiranti idrici e delle velocità di scorrimento che si realizzano nelle aree inondabili con assegnato tempo di ritorno. I valori dei tiranti idrici e della velocità sono quelli massimi che si possono realizzare nell’area durantel’evoluzione della piena. Tale assunzione è cautelativa e di semplice applicazione e verifica; tuttavia, poiché, i valori massimi di tirante e velocità in un punto, in generale, non si verificano contestualmente durante l’evoluzione della inondazione, possono in alternativa essere utilizzati i valori massimi del tirante idrico accoppiati ai contestuali valori di velocità.

Per tali grandezze fondamentali devono essere determinate le soglie caratteristiche per la discriminazione di classi di diversa pericolosità relativa. Il criterio fondamentale assunto come riferimento per l’individuazione dei valori limite per la definizione dei gradi di pericolosità relativa è basato sulla determinazione di soglie idrodinamiche fondate sul concetto di spinta tollerabile di una corrente, sulla base degli studi condotti dal prof. R. Rosso del Politecnico di Milano. L’applicazione di tale criterio porta alla definizione della relazione tirante idrico – velocità di scorrimento associato ad una spinta assegnata condizionata dall’energia specifica (figura 5.1), definita dalla seguente equazione:

$$S = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 + \rho \cdot h \cdot v^2$$

dove  $\gamma$  e  $\rho$  sono rispettivamente il peso specifico [N/m<sup>3</sup>] e la densità del fluido [Kg/m<sup>3</sup>],  $h$  il tirante idrico [m] e  $v$  la velocità di scorrimento [m/s]. In merito ai valori di spinta tollerabile, in base ai risultati sperimentali e alle diverse prescrizioni ricavabili dalla letteratura, con particolare riferimento alla stabilità degli individui, alla resistenza delle infrastrutture e degli edifici e alla mobilitazione degli autoveicoli in condizioni di inondazione, è stato assunto il valore di 1500 N/m quale rappresentativo della bassa pericolosità, mentre al superamento di un valore di circa 2500 N/m, si realizzano invece condizioni di alta pericolosità [AdBLiguria, 2005].



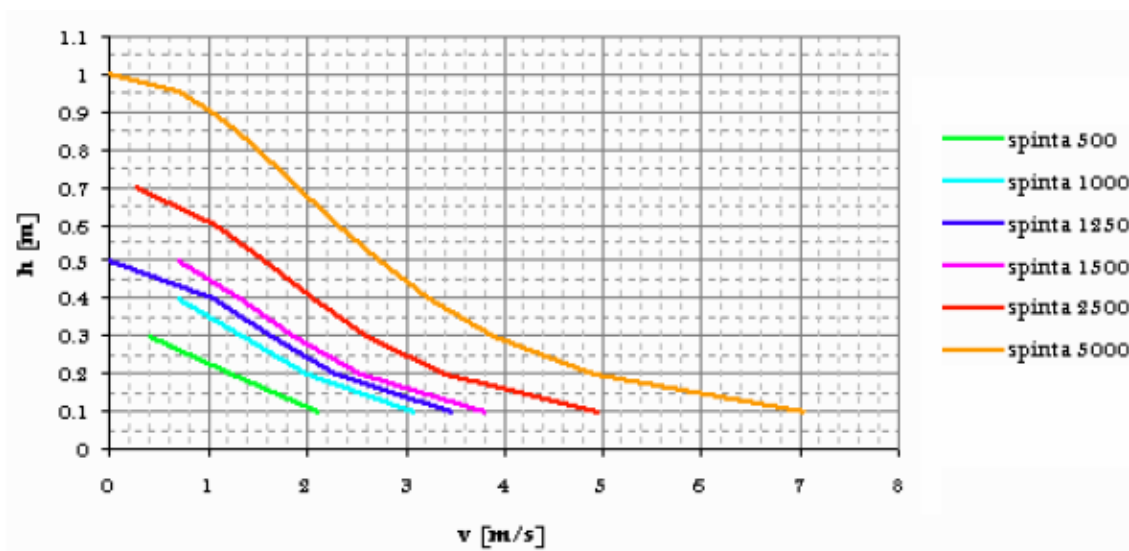


Figura 5.1 – Spinta idraulica di una corrente in funzione dell’altezza idrica e della velocità di scorrimento

Ne consegue, ai fini applicativi, che le coppie di valori tirante idrico - velocità di scorrimento inferiori alla soglia indicata dalla spinta di 1500 N/m sono individuate come ricadenti in condizioni di bassa pericolosità relativa, mentre le coppie di valori superiori a tale soglia ricadono in condizioni di alta pericolosità relativa, essendo la zona compresa tra le spinte di 1500 N/m e di 2500 N/m non definibile con certezza e quindi assimilata ad alta pericolosità relativa (v. figura 5.2). Le soglie di riferimento delle coppie di valori tirante idrico e velocità di scorrimento, per la individuazione delle condizioni di bassa e alta pericolosità relativa, indipendentemente quindi dal tempo di ritorno dell’evento che li ha prodotti, sono riportate in tabella 5.2.

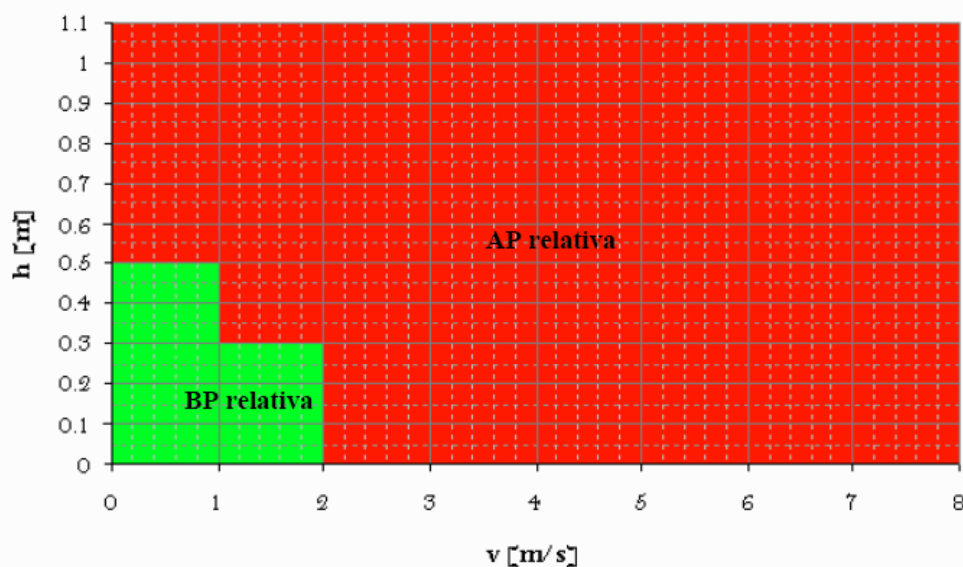


Figura 5.2 – Definizione dell’alta e bassa pericolosità relativa in funzione dei tiranti idrici  $h$  e della velocità di scorrimento  $v$

Tabella 5.2 – Soglie di pericolosità relativa in termini di tirante idrico condizionato dalla velocità di scorrimento

Condizioni di velocità di scorrimento	Condizioni di tirante idrico	
	BP relativa	AP relativa
$v < 1 \text{ m/s}$	$H < 0.5 \text{ m}$	$H \geq 0.5 \text{ m}$
$1 \text{ m/s} \leq v < 2 \text{ m/s}$	$H < 0.3 \text{ m}$	$H \geq 0.3 \text{ m}$
$v \geq 2 \text{ m/s}$	/	$H > 0 \text{ m}$

Partendo quindi dalla valutazione congiunta dei massimi tiranti e delle massime velocità di scorrimento risultanti dagli studi idraulici condotti per i differenti tempi di ritorno, si definisce la pericolosità idraulica relativa per ogni tempo di ritorno. Per ultimo la pericolosità relativa viene incrociata con i tempi di ritorno degli eventi, per determinare la pericolosità assoluta secondo il criterio di seguito schematizzato e riportato in tabella 5.3:

- all'interno delle aree inondabili con tempo di ritorno di 30 anni (ex alta pericolosità di inondazione) si individuano, sulla base dei risultati delle simulazioni in termini di altezze idriche e velocità di scorrimento, sottozone ad alta pericolosità relativa e sottozone a bassa pericolosità relativa; mentre le prime sono associate ad un'alta pericolosità, le seconde sono declassate in media pericolosità;

- all'interno delle aree inondabili con tempo di ritorno di 200 anni (ex media pericolosità di inondazione) si individuano, sulla base dei risultati delle simulazioni in termini di altezze idriche e velocità di scorrimento, sottozone ad alta pericolosità relativa e sottozone a bassa pericolosità relativa; mentre le prime sono associate ad una media pericolosità, le seconde sono declassate in bassa pericolosità;

- le aree inondabili con tempo di ritorno di 500 anni restano definite come a bassa pericolosità di inondazione, indipendentemente dai tiranti e dalle velocità.

L'applicazione di tale metodologia di mappatura della pericolosità idraulica deve basarsi sui risultati di studi idraulici di dettaglio, che permettono di determinare affidabilmente, oltre alla perimetrazione delle aree inondabili, anche l'entità di tiranti idrici e velocità di scorrimento che si realizzano. Per tale ragione è opportuno associare alla stima delle grandezze idrodinamiche la loro incertezza.

**Tabella 5.3** – Definizione della pericolosità idraulica in funzione della pericolosità relativa e del tempo di ritorno

Pericolosità relativa  Tempo di ritorno	Alta		Bassa	
	30	AP – Alta Pericolosità		MP – Media Pericolosità
200	MP – Media Pericolosità		BP – Bassa Pericolosità	
500	BP – Bassa Pericolosità			

Si riporta a seguire un esempio di applicazione su una porzione di territorio studiato attraverso l'utilizzo di uno schematismo bidimensionale. Nell'immagine in figura 5.3 è riportata la rappresentazione delle aree di allagamento lungo i Torrenti Macchia e San Giuliano in termini di tiranti idrici con tempo di ritorno di 200 anni. I risultati riferiti a tutti i corsi d'acqua studiati sono riportati nelle cartografie allegate alla presente relazione (allegati 5.1.1-5.6.3).

In figura 5.4a è riportata la perimetrazione delle aree ad alta (tempo di ritorno=30 anni), media (tempo di ritorno=200 anni) e bassa (tempo di ritorno=500 anni) pericolosità secondo le vigenti norme del PAI; mentre in figura 5.4b è riportata la perimetrazione delle aree a pericolosità considerando non solo il tempo di ritorno dell'evento ma anche i valori di tirante idrico e velocità di scorrimento della corrente.

L'approccio culturale che sta alla base di quanto in precedenza esposto è in linea con le conoscenze di settore indicate nella letteratura tecnica recente. Tuttavia esso, pur significativo, appare non applicabile in via speditiva poiché confligge con le vigenti NTA del PAI e peraltro si riferisce, nell'esempio indicato, ad una porzione non trascurabile, ma comunque non maggioritaria del territorio di competenza dell'AdBP, quale è quella esaminata nel presente studio.

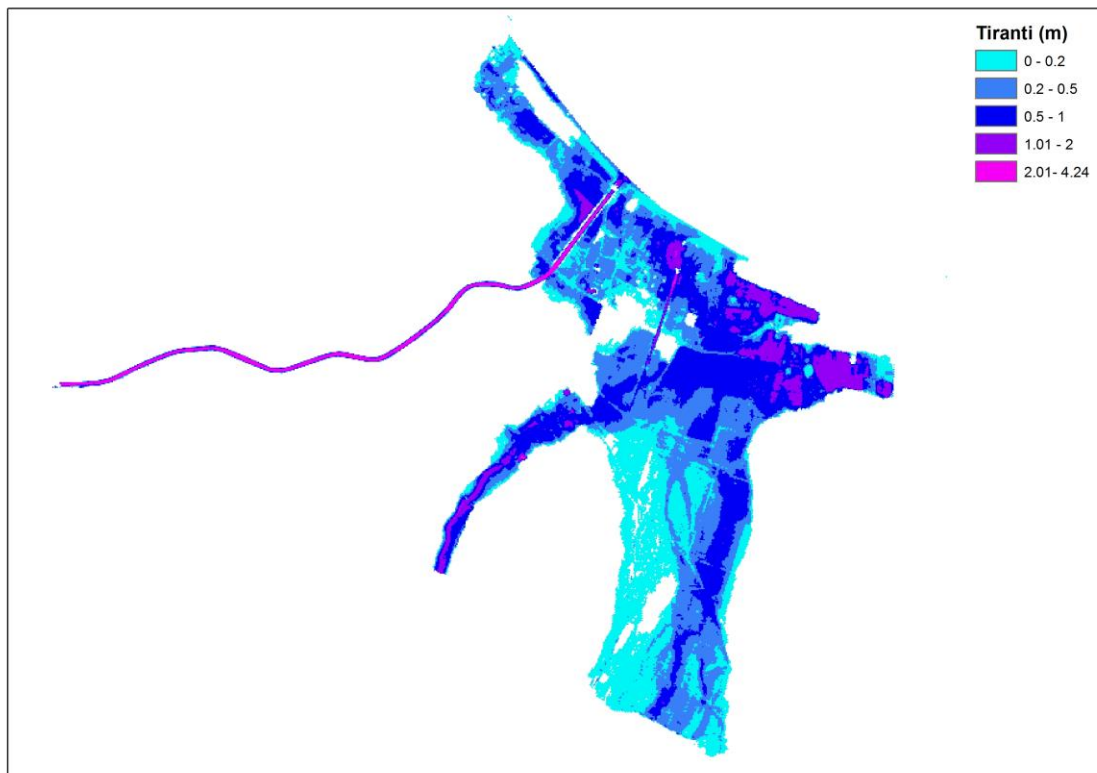


Figura 5.3 – Aree di allagamento espresse in termini di tiranti idrici

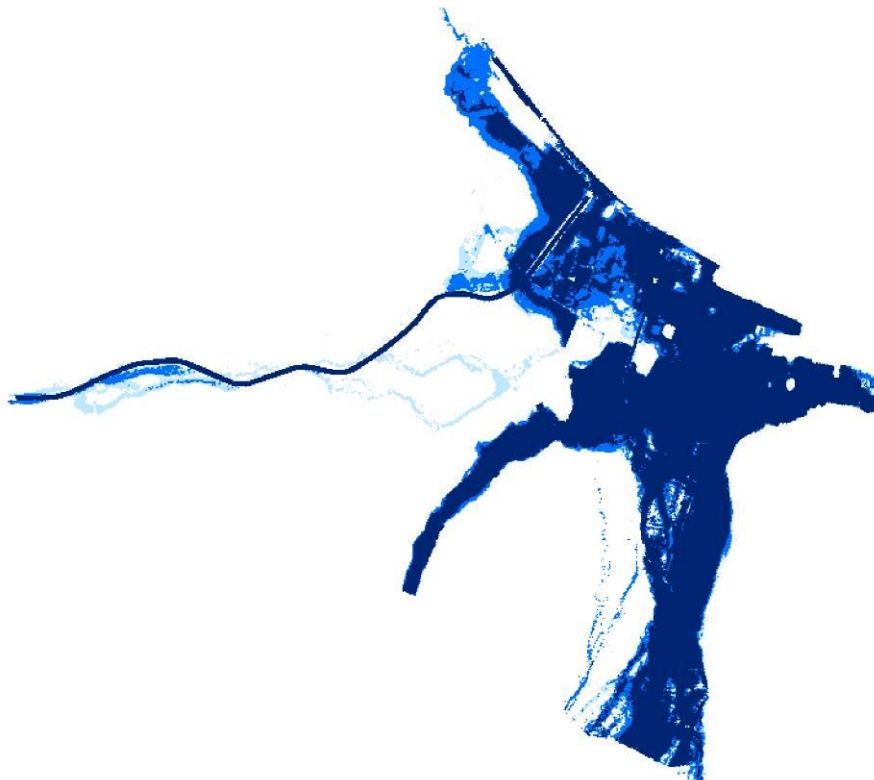
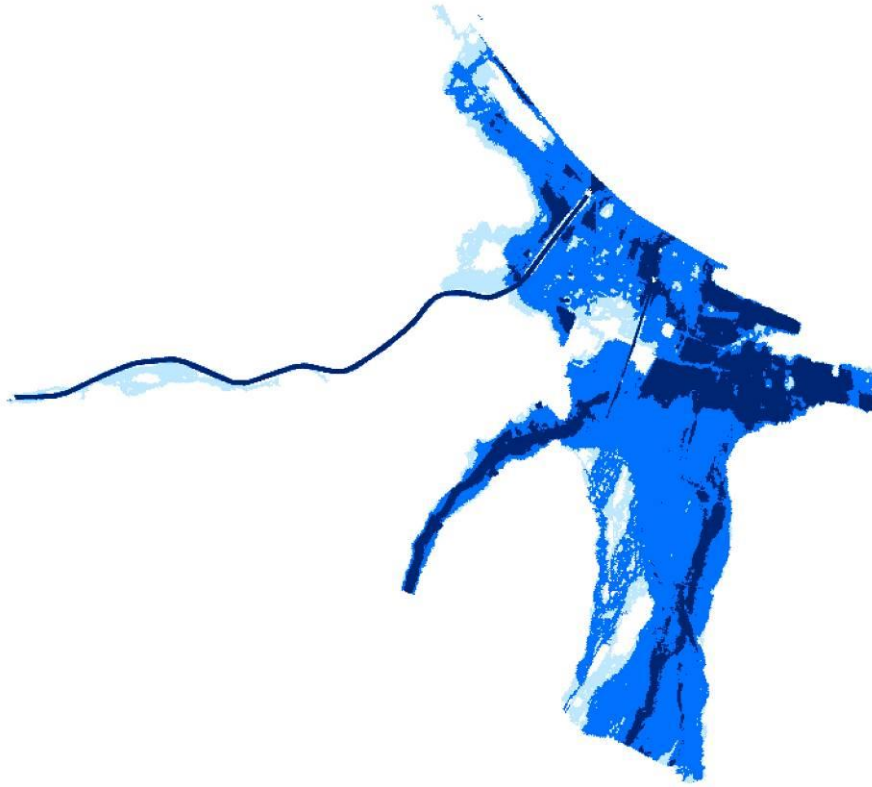


Figura 5.4a– Aree a diversa pericolosità idraulica secondo le vigenti norme del PAI



**Figura 5.4b** – Aree a diversa pericolosità idraulica sulla base della valutazione combinata del tempo di ritorno e delle grandezze idrodinamiche

## 5.1 TORRENTE ROMANDATO

### 5.1.1 Descrizione geografica e morfologica

Il Torrente Romandato ha un bacino contribuyente di circa 50 km<sup>2</sup> ed attraversa i territori comunali, da monte a valle, di Vico del Gargano, Ischitella e Rodi Garganico dove sfocia in mare in località Punta Cucchiara. Il territorio attraversato è a forte connotazione agroforestale ed è caratterizzato dall'assenza di aree urbane ad elevata densità abitativa. Il torrente, inciso e ben evidente per tutto il suo percorso, presenta sezioni di larghezza compresa tra 5 e 10 metri e profondità tra 1 e 2 metri. Nel tratto di valle ricadente nel Comune di Rodi Garganico si osserva un appiattimento della morfologia.

### 5.1.2 Scabrezza

Nella parte montana del bacino, il torrente Romandato attraversa boschi di latifoglie.

Dall'intersezione con la S.P. 51 verso la foce, l'uso del suolo è quasi prevalentemente agricolo con la presenza di colture arboree, seminativi ed aree a pascolo naturale. L'alveo del torrente in tutto il suo percorso non risulta interessato dalla presenza di colture agrarie.

Nelle immagini a seguire è possibile avere rapida contezza della resistenza al flusso negli alvei oggetto di analisi. In particolare, secondo i dettami del capitolo III, si è assunto per i boschi di latifoglie un indice di Manning  $n=0.12$ , per gli uliveti e i frutteti  $n=0.06$ , per i vigneti  $n=0.1$ , per le aree a pascolo naturale  $n=0.03$ , per i cespuglieti  $n=0.05$ , per i seminativi  $n=0.04$ , per le aree a ricolonizzazione naturale  $n=0.06$ .

### 5.1.3 Portate

La portata alla foce del bacino idrografico del Torrente Romandato, assunto quale riferimento un tempo di ritorno di 200 anni, è pari a circa 290 m<sup>3</sup>/s. I coefficienti udometrici lungo il corso del torrente assumono valori compresi tra 5.6 e 8.3.

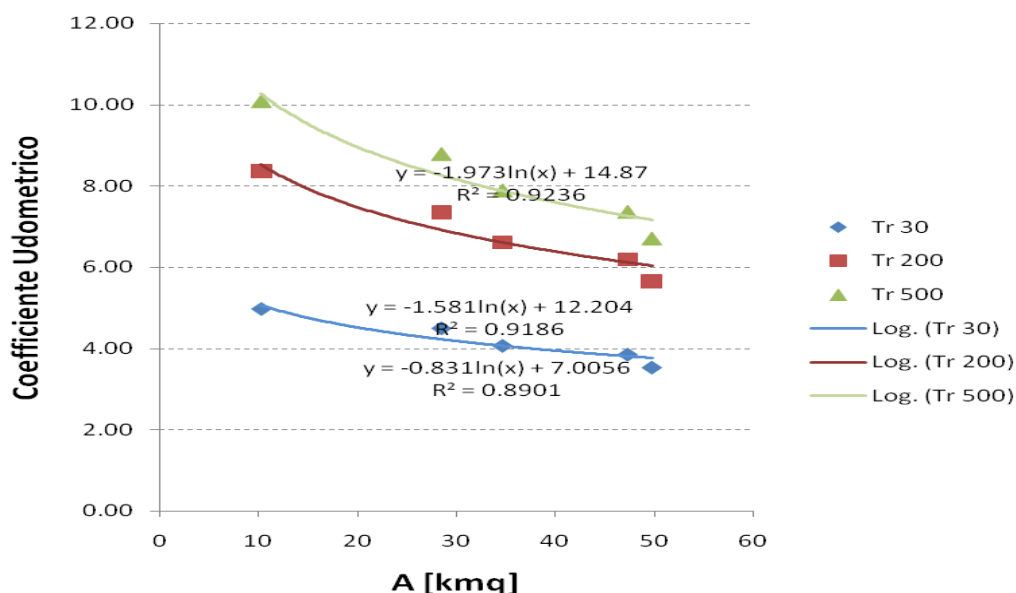


Figura 5.5 – Andamento del coefficiente udometrico del Torrente Romandato



Boschi latifoglie  
a valle della sezione 4325  
Gargano\_01



Boschi di latifoglie  
a monte della sezione 4167  
Gargano\_01



Uliveti a valle  
della sezione 4167  
Gargano\_01



Aree a pascolo naturale  
a valle della sezione 2460  
Gargano\_01

CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE DEL TORRENTE ROMANDATO																	T30		T 200		T 500		INSERIMENTO	
Basin	Area [kmq]	Z <sub>mean</sub>	Z <sub>max</sub>	Z <sub>min</sub>	i <sub>m</sub> [m/m]	i <sub>v</sub> [m/m]	L [km]	L <sub>tot</sub> [km]	L <sub>ca</sub> [km]	t <sub>l</sub> [h]	t <sub>c</sub> [h]	D	CN	Urban [%]	zona	IdBasTot	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	station	river
62	49.79	431.86	809.25	3.23	0.034	0.327	23.5	52.36	9.58	2.33	3.89	1.211	71	1.97	1	GAR01	139.93	2.81	231.16	4.64	277.20	5.57	-	-
63	47.35	450.4	809.25	68.5	0.037	0.338	19.9	48.87	7.29	2.01	3.35	1.195	71	1.8	1	GAR01	144.88	3.06	240.40	5.08	288.87	6.10	6300	1
64	34.69	503.93	809.25	142.1	0.04	0.36	16.8	32.87	6.2	1.56	2.61	1.219	74	0.71	1	GAR01	134.61	3.88	220.16	6.35	263.32	7.59	10280	1
65	28.51	539.89	809.25	230.63	0.044	0.348	13.16	28.78	4.33	1.31	2.18	1.212	74	0.71	1	GAR01	122.15	4.28	200.74	7.04	240.68	8.44	15749	1
66	10.27	645.11	809.25	434.53	0.05	0.305	7.55	10.94	2.63	0.97	1.62	1.135	71	0.18	1	GAR01	46.35	4.51	78.99	7.69	95.69	9.32	16072	1

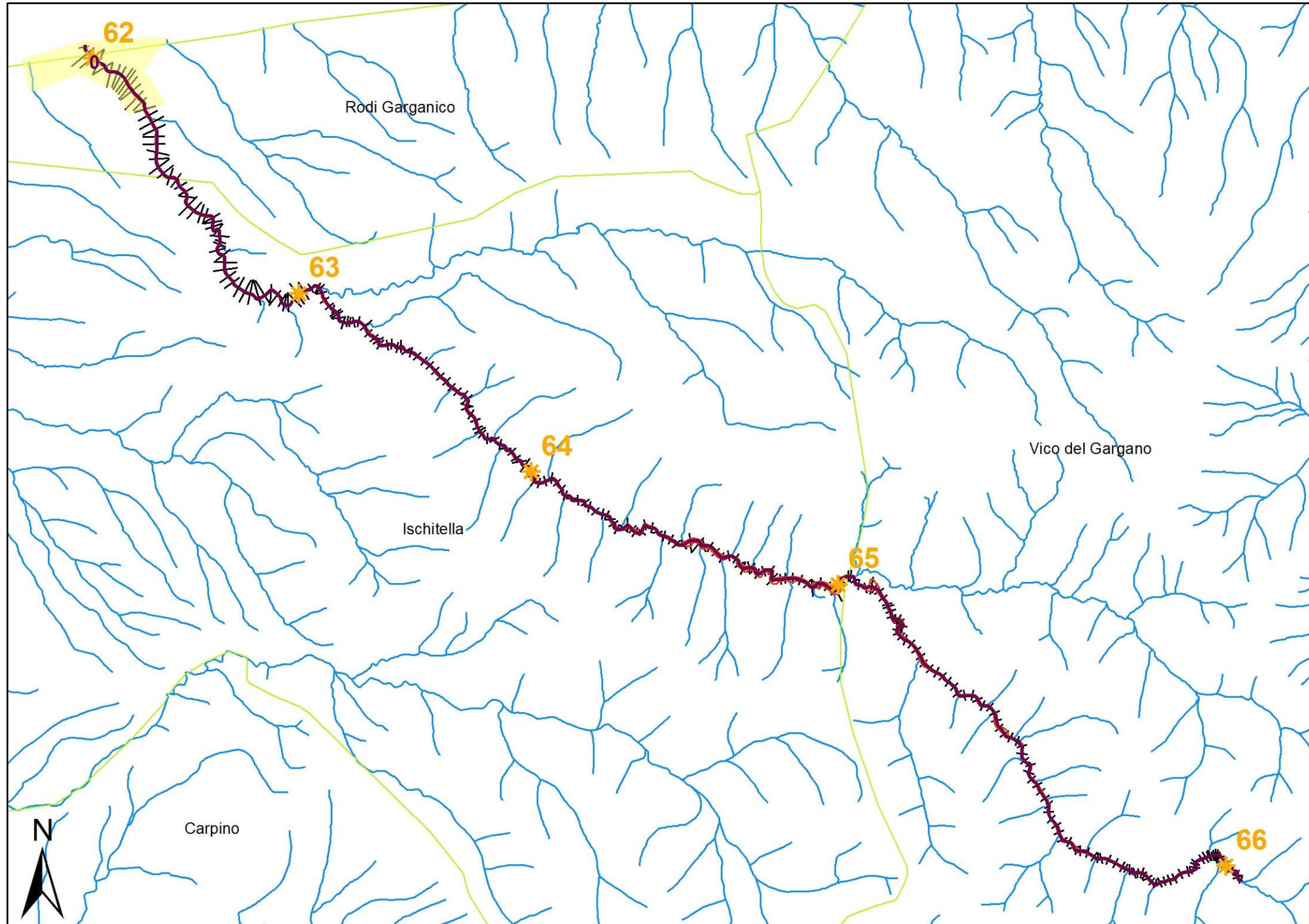


Figura 5.6 – Rappresentazione cartografica delle aree di studio bidimensionale (in giallo) e delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) del Torrente Romandato



#### 5.1.4 Schematismo idraulico

I deflussi idrici risultano morfologicamente contenuti per la prevalenza del Torrente Romandato. L'applicazione di modellistica idraulica monodimensionale risulta dunque corretta fino alla sezione 843.

Solo il tratto di foce, così come indicato nelle cartografie 5.1.1 e 5.1.2, necessita di sviluppi bidimensionali per effetto dell'appiattimento della morfologia. In tale area si riscontra la presenza della linea ferroviaria e di insediamenti ad uso abitativo e turistico che rendono necessario lo studio idraulico bidimensionale. Nella tabella seguente sono riportate le cause che determinano la necessità di una modellistica idraulica di tipo bidimensionale, la natura degli esposti e la priorità dello studio bidimensionale, secondo quanto spiegato nel paragrafo introduttivo 5.0. Sono state dunque condotte modellazioni bidimensionali per l'area indicata in tabella con identificativo 0, il cui modello e risultati sono riportati rispettivamente in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\GAR\_01\TUFLOW] e in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\GAR\_01\OUTPUT\_2D].

ID	Ragione	Esposto	Priorità	Codice modello 2D	Allegato Risultanze 2D
0	Appiattimento morfologia, insufficienza del canale e antropizzazione	Infrastrutture viarie, insediamenti (foce)	1	Romandato_0	5.1.3

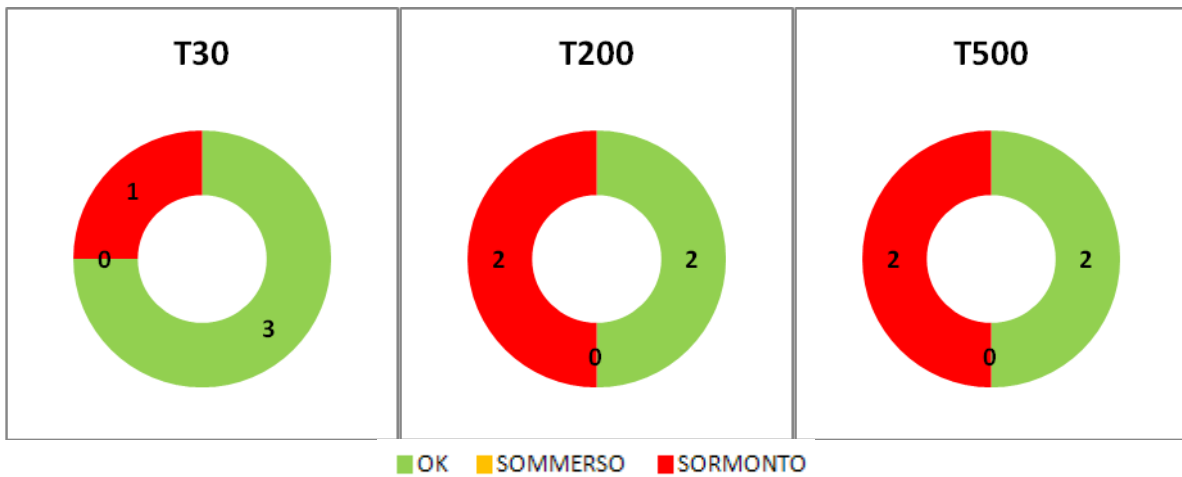
Con riferimento all'area avente identificativo n. 0, è stata adottata come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 62 (ovvero 63) sul ramo principale; mentre, come condizione di valle, è stato adottato il livello medio del mare, pari a 0.50 m s.l.m.. Lo schematismo è un puro 2D. I risultati delle modellazioni condotte mostrano l'allagamento delle aree contigue al reticolo principale per un'estensione complessiva di circa 130 m, della linea ferroviaria, per il tratto realizzato in trincea, e delle aree in prossimità della foce, dove sono presenti insediamenti turistici. In sinistra idraulica i deflussi sono confinati dalla presenza del muro di recinzione di un villaggio turistico e dagli insediamenti abitativi presenti, prossimi al reticolo idrografico ad ovest del corso d'acqua Romandato. In destra idraulica, allo stesso modo, le aree di allagamento non raggiungono il corso d'acqua ad est del Romandato.

Tali reticoli secondari (con area contribuente inferiore a 10 km<sup>2</sup>), non sono stati, in questa fase, oggetto di studio. Le aree di allagamento dell'area esaimanta sono dunque solo relative ai deflussi del corso d'acqua Romandato. Le risultanze dello scenario con tempo di ritorno di 200 anni sono illustrate nell'allegato 5.1.3 in termini di tiranti idrici.

#### 5.1.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

Nella tabella seguente è indicato il regime di funzionamento degli attraversamenti relativamente alle portate transitori con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni, classificandolo in maniera schematica in sbocco non sommerso, sbocco sommerso e sormonto

Su 4 attraversamenti presenti nel tratto analizzato, 2 risultano correttamente dimensionati per portate aventi tempi di ritorno fino a 500 anni ed uno fino a 30 anni.



attraversamento	regime		
	T30	T200	T500
GARGANO_01			
GA00000042SP	verificato	verificato	verificato
GA00000001SL	verificato	verificato	verificato
GA00000067SS	verificato	sormonto	sormonto
GA00000028FV	sormonto	sormonto	sormonto

L'attraversamento GA00000028FV necessita di adeguamento, in quanto determina un restringimento alla sezione libera di deflusso con esondazione in destra idraulica ed interessamento della sede ferroviaria in trincea

#### 5.1.6 Criticità urbane / produttive

Gli esposti alla pericolosità idraulica sono localizzati nel territorio comunale di Rodi Garganico, nella parte più a valle del Torrente Romandato (sez. 540 - 16), dove i deflussi idrici transitanti interessare la linea ferroviaria ed insediamenti sparsi ad uso abitativo e turistico.

## 5.2 TORRENTE CALINELLA

### 5.2.1 Descrizione geografica e morfologica

Il Torrente Calinella ha un bacino contribuyente di circa 16 km<sup>2</sup> e ricade interamente nel territorio comunale di Vico del Gargano. L'uso del suolo nel bacino imbrifero è prevalentemente di tipo rurale e risultano assenti aree urbane ed insediamenti produttivi. L'alveo del torrente, ben evidente in tutto il suo percorso, ha una larghezza compresa tra 10 e 20 metri ed una profondità compresa tra 3 e 4 metri.

### 5.2.2 Scabrezza

Il Torrente Calinella attraversa il territorio rurale del comune di Vico del Gargano dove sono presenti prevalentemente specie arboree (uliveti) e seminativi.

Nelle immagini a seguire è possibile avere rapida contezza della resistenza al flusso negli alvei oggetto di analisi. In particolare, secondo i dettami del capitolo III, si è assunto per gli uliveti e i frutteti  $n=0.06$  e per i seminativi  $n=0.04$ .

### 5.2.3 Portate

La portata alla foce del bacino idrografico del Torrente Calinella, assunto quale riferimento un tempo di ritorno di 200 anni, è pari a circa 150 m<sup>3</sup>/s. I coefficienti udometrici lungo il corso del torrente assumono valori compresi tra 9.7 e 11.9.

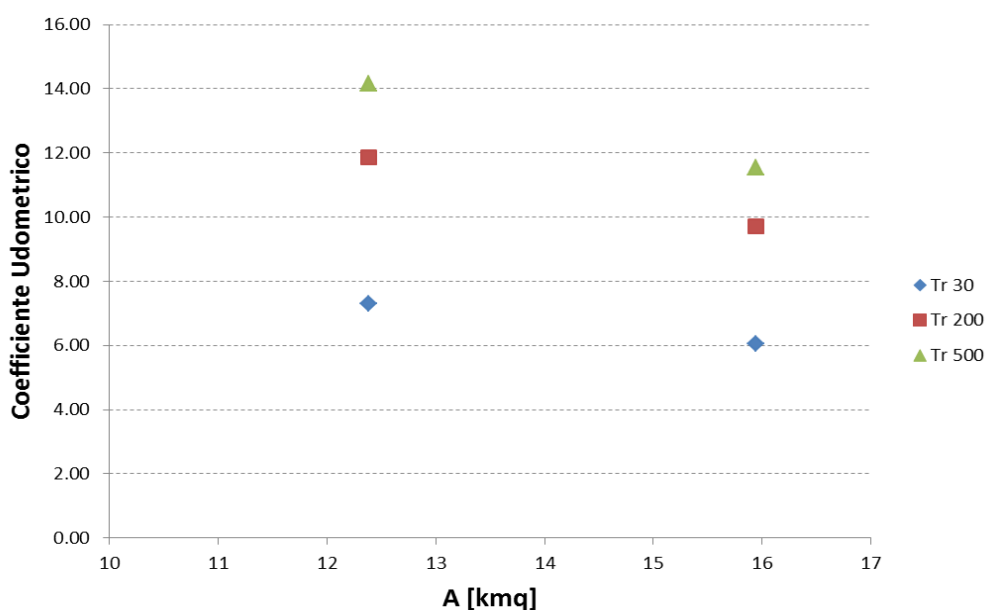


Figura 5.7 – Andamento del coefficiente udometrico del Torrente Calinella



Uliveti a valle della  
sezione 4479  
Gargano\_02



Uliveti a valle della  
sezione 3710  
Gargano\_02



Prati e seminativi a  
monte della sezione  
567 Gargano\_02

CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE TORRENTE CALINELLA																	T30		T 200		T 500		INSERIMENTO	
Basin	Area [kmq]	Z <sub>mean</sub>	Z <sub>max</sub>	Z <sub>min</sub>	i <sub>m</sub> [m/m]	i <sub>v</sub> [m/m]	L [km]	L <sub>tot</sub> [km]	L <sub>ca</sub> [km]	t <sub>L</sub> [h]	t <sub>C</sub> [h]	D	CN	Urban [%]	zona	IdBasTot	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	station	river
67	15.94	254.09	578.75	2.77	0.059	0.324	9.78	16.48	4.55	0.95	1.59	1.067	78	3.05	1	GAR02	91.34	5.73	147.99	9.28	176.23	11.06	2800	1
68	12.19	294.99	578.75	69.44	0.074	0.353	6.9	10.88	2.95	0.69	1.15	1.049	78	3.15	1	GAR02	84.31	6.92	138.26	11.34	165.27	13.56	4479	1

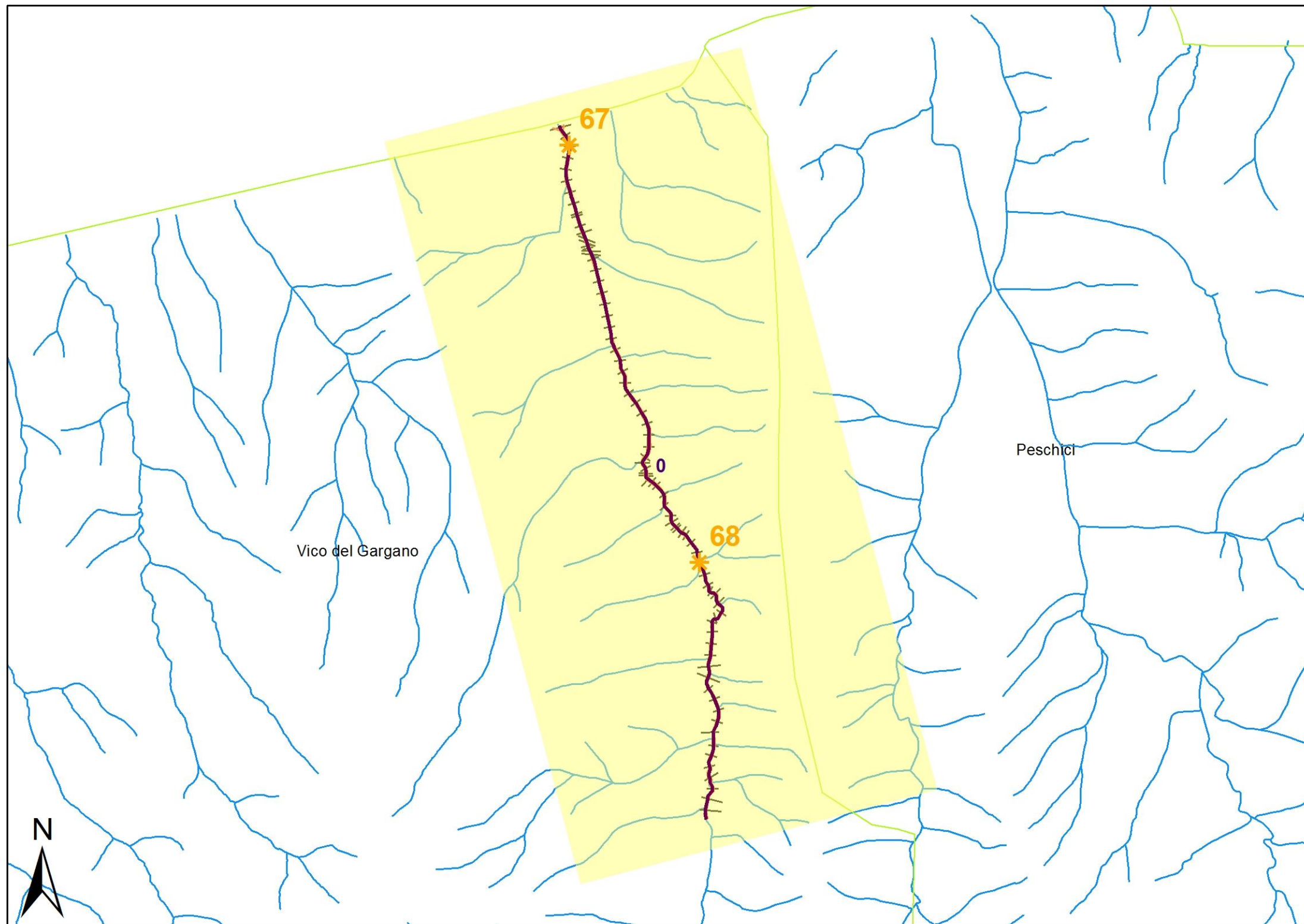


Figura 5.8 – Rappresentazione cartografica delle aree di studio bidimensionale (in giallo) e delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) del Torrente Calinella

#### 5.2.4 Schematismo idraulico

I deflussi idrici non risultano morfologicamente contenuti per la prevalenza del Torrente Calinella. L'applicazione di modellistica idraulica monodimensionale non è pertanto adeguata alla determinazione delle caratteristiche idrodinamiche dei deflussi idrici. L'intero corso d'acqua è stato pertanto analizzato con modelli bidimensionali per la valutazione dell'impronta della piena, dei tiranti e delle velocità.

Nella tabella seguente sono riportate le cause che determinano la necessità di una modellistica idraulica di tipo bidimensionale, la natura degli esposti e la priorità dello studio bidimensionale, secondo quanto spiegato nel paragrafo introduttivo 5.0. Sono state dunque condotte modellazioni bidimensionali per l'area indicata in tabella con identificativo 0, il cui modello e risultati sono riportati rispettivamente in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\GAR\_02\TUFLOW] e in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\GAR\_02\OUTPUT\_2D].

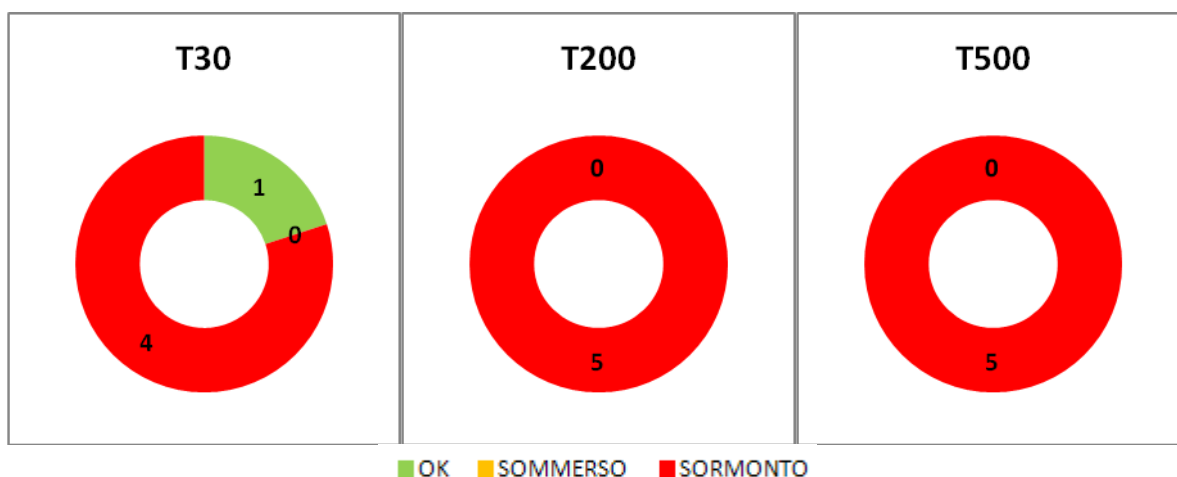
ID	Ragione	Esposto	Priorità	Codice modello 2D	Allegato Risultanze 2D
0	Insufficienza del canale	Infrastruttura viaria locale ed insediamenti ad uso abitativo	1	Calinella_0	5.2.1

Con riferimento all'area avente identificativo n. 0, è stata adottata come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 67 sul ramo principale; mentre, come condizione di valle, è stato adottato il livello medio del mare, pari a 0.50 m s.l.m.. Lo schematismo adottato è 1D/2D, con la modellazione monodimensionale del canale artificiale principale. Inoltre nel modello sono stati inseriti ulteriori tre attraversamenti minori (uno lungo la ferrovia, ad ovest dell'attraversamento 32FV, e due lungo la strada statale, ad ovest dell'attraversamento 71SS). Le risultanze dello scenario con tempo di ritorno di 200 anni sono illustrate nell'allegato 5.2.1 in termini di tiranti idrici.

#### 5.2.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

Nella tabella seguente è indicato il regime di funzionamento degli attraversamenti relativamente alle portate transittanti con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni, classificandolo in maniera schematica in sbocco non sommerso, sbocco sommerso e sormonto

I cinque attraversamenti presenti non risultano verificati con riferimento alla portata avente tempo di ritorno pari a 200 anni.



attraversamento	regime		
	T30	T200	T500
GARGANO_02			
GA00000021NC	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000022NC	verificato	sormonto	sormonto
GA00000071SS	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000032FV	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000025NC	sormonto	sormonto	sormonto

### 5.2.6 Criticità urbane / produttive

I deflussi idrici transitanti possono interessare aree sportive, strutture turistiche, infrastrutture viarie ed edifici sparsi ad uso abitativo presenti nel Comune di Vico del Gargano. Nello specifico risultano esposti a rischio idraulico gli edifici compresi tra le sezioni 2609 - 2276 e 1120 - 840.



## 5.3 TORRENTE CHIANARA

### 5.3.1 Descrizione geografica e morfologica

Il corso d'acqua "Chianara" (detto anche 'Càlena') ha un bacino contribuyente di circa 30 km<sup>2</sup> ed attraversa il territorio di Peschici. L'uso del suolo nel bacino imbrifero è prevalentemente agricolo e sono presenti aree interessate dalla presenza di edifici sparsi ad uso abitativo e produttivo. Il corso d'acqua, inciso e ben evidente per tutto il suo percorso, presenta sezioni aventi larghezza media di 15 m e profondità compresa tra 2 e 3.5 m.

### 5.3.2 Scabrezza

Il corso d'acqua "Chianara" attraversa boschi di latifoglie a monte, incolti ed aree agricole con ordinamento colturale caratterizzato prevalentemente da uliveti. L'alveo di magra in tutto il suo percorso non risulta interessato dalla presenza di colture agrarie.

Nelle immagini a seguire è possibile avere rapida contezza della resistenza al flusso negli alvei oggetto di analisi. In particolare, secondo i dettami del capitolo III, si è assunto per per gli uliveti e i frutteti  $n=0.06$ , per le aree a pascolo naturale  $n=0.03$ , per i cespuglieti  $n=0.05$ , per i seminativi  $n=0.04$ , per le aree a ricolonizzazione naturale  $n = 0.06$ .

### 5.3.3 Portate

La portata alla foce del bacino idrografico del "Chianara", assunto quale riferimento un tempo di ritorno di 200 anni, è pari a circa 180 m<sup>3</sup>/s. I coefficienti udometrici lungo il corso del torrente assumono valori compresi tra 6 e 8.

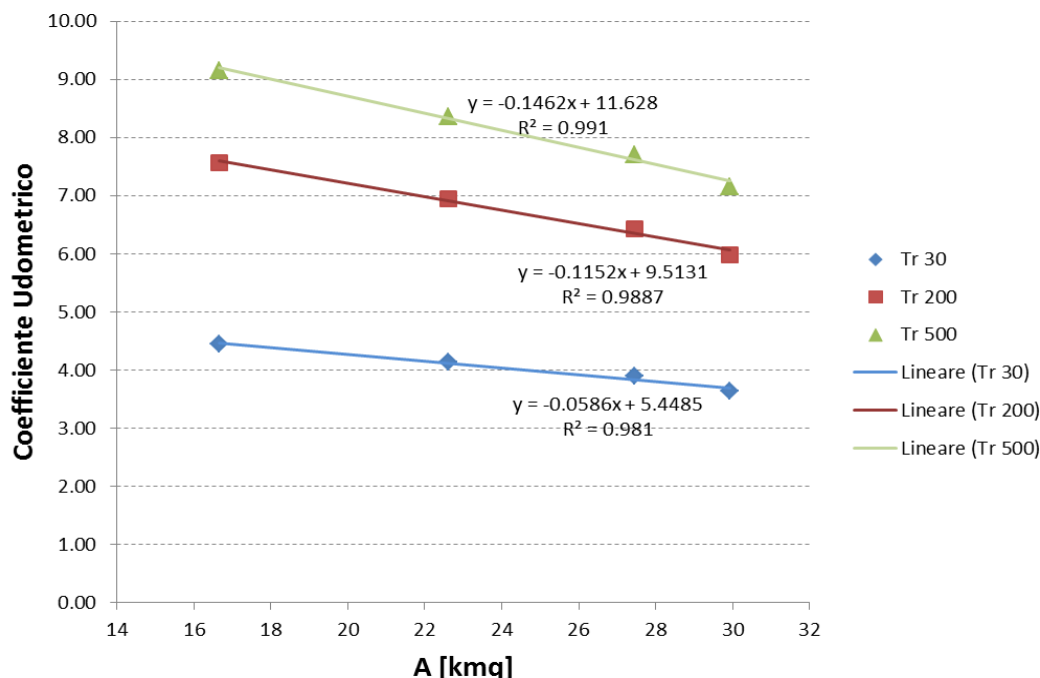


Figura 5.9 – Andamento del coefficiente udometrico del Chianara



Incolti  
a valle della sezione 4901  
Gargano\_03



Uliveti ed insediamenti  
produttivi  
a valle della sezione 4142  
Gargano\_03



Uliveti a valle  
della sezione 4167  
Gargano\_03



Aree a pascolo naturale  
a monte della sezione 2460  
Gargano\_03

CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE CHIANARA																	T30		T 200		T 500		INSERIMENTO	
Basin	Area [kmq]	Z <sub>mean</sub>	Z <sub>max</sub>	Z <sub>min</sub>	i <sub>m</sub> [m/m]	i <sub>v</sub> [m/m]	L [km]	L <sub>tot</sub> [km]	L <sub>ca</sub> [km]	t <sub>L</sub> [h]	t <sub>C</sub> [h]	D	CN	Urban [%]	zona	IdBasTot	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	station	river
70	29.93	271.31	733.35	0.46	0.046	0.297	15.82	30.71	6.43	1.64	2.73	1.198	74	1.72	1	GAR03	108.86	3.64	179.16	5.98	214.36	7.16	1759	-
71	16.65	380.44	733.35	113.5	0.07	0.332	8.81	18.15	3.04	1.03	1.71	1.224	72	0.01	1	GAR03	74.14	4.45	125.92	7.56	152.48	9.16	7070	1
72	22.61	324.58	733.35	65.76	0.059	0.316	11.23	23.45	3.79	1.24	2.07	1.203	73	0.25	1	GAR03	93.55	4.14	156.90	6.94	188.90	8.35	6580	1
73	27.44	287.71	733.35	20.12	0.051	0.302	13.85	27.39	5.14	1.46	2.44	1.197	74	0.62	1	GAR03	106.96	3.90	176.64	6.44	211.63	7.71	3861	1

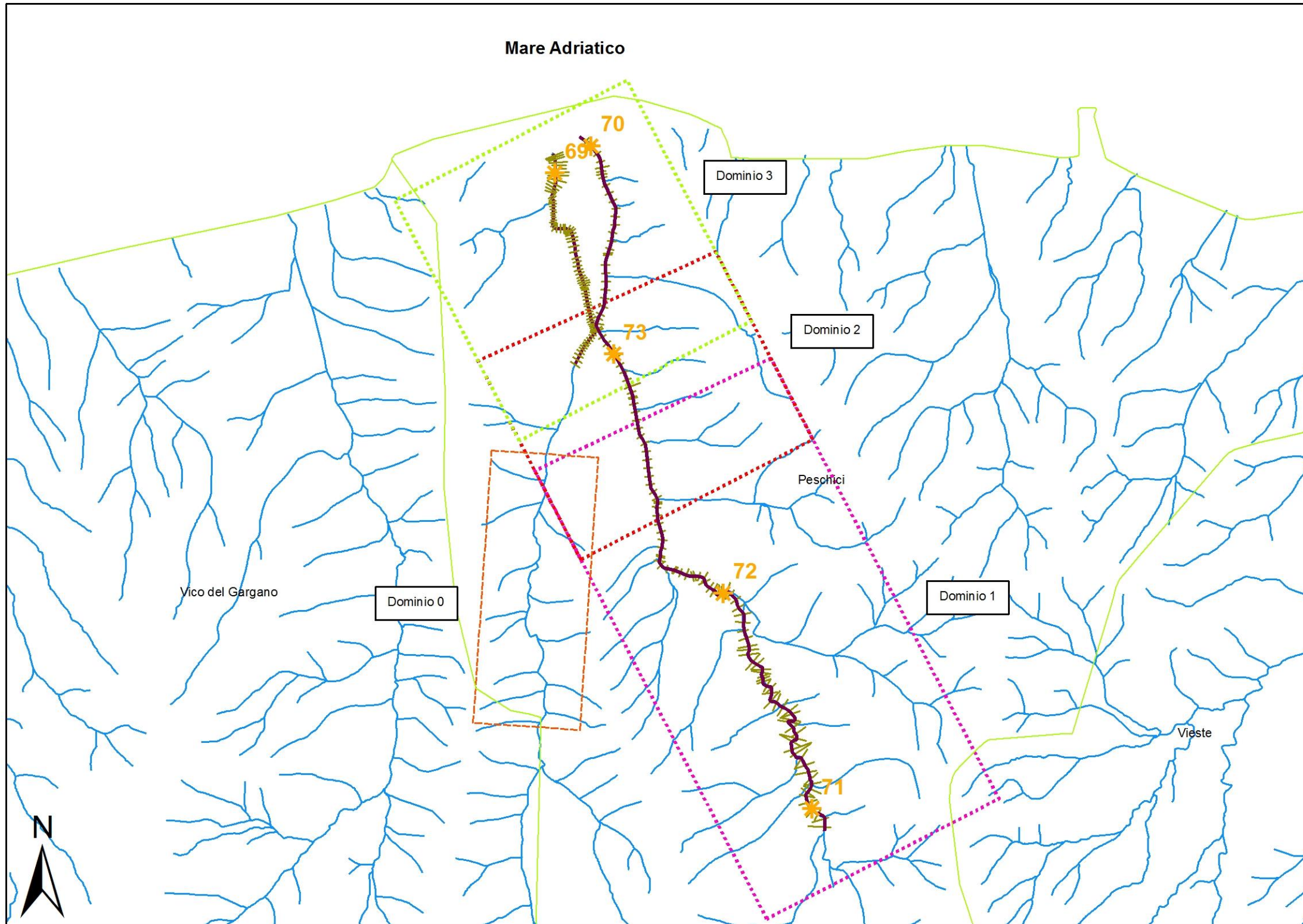


Figura 5.10 – Rappresentazione cartografica delle aree di studio bidimensionale (in giallo) e delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) del Chianara

### 5.3.4 Schematismo idraulico

I deflussi idrici non sono contenuti all'interno del canale ed è dunque necessario realizzare modelli bidimensionali. Il Chianara è stato suddiviso in tre domini (figura 5.10). Inoltre, è stato anche studiato il corso d'acqua immediatamente ad ovest del Chianara (torrente Ulso), per la reciproca influenza in termini di aree di allagamento, al fine altresì di inglobare il villaggio Moresco. Nella tabella seguente sono riportati i vari domini. La rappresentazione complessiva delle aree di allagamento è riportata nella tavola 5.3.1 in termini di tiranti idrici con tempo di ritorno di 200 anni.

ID	Dominio	Estensione	Codice modello 2D	Allegato Risultanze 2D
0	Dominio 0	Torrente Ulso da località C.Seppese a Bodinazzo	Chianara_0	5.3.1
1	Dominio 1	dalla sez. 7068 alla sez. 4518 del Chianara	Chianara_1	5.3.1
2	Dominio 2	dalla sez 4761 alla sez. 2029 del Chianara + Torrente Ulso da località Bodinazzo alla sez. 1868	Chianara_2	5.3.1
3	Dominio 3	dalla sez 2240 alla foce del Chianara + Torrente Ulso dalla sez. 1979 alla foce	Chianara_3	5.3.1

- Con riferimento all'area avente identificativo **n. 0**, sono stati adottati come condizione al contorno di monte gli idrogrammi di piena del torrente Ulso (v. figura 5.11), calcolata in lungo il corso d'acqua in prossimità della località C. Seppese. Come condizione al contorno di valle è stata adottata l'altezza di moto uniforme.

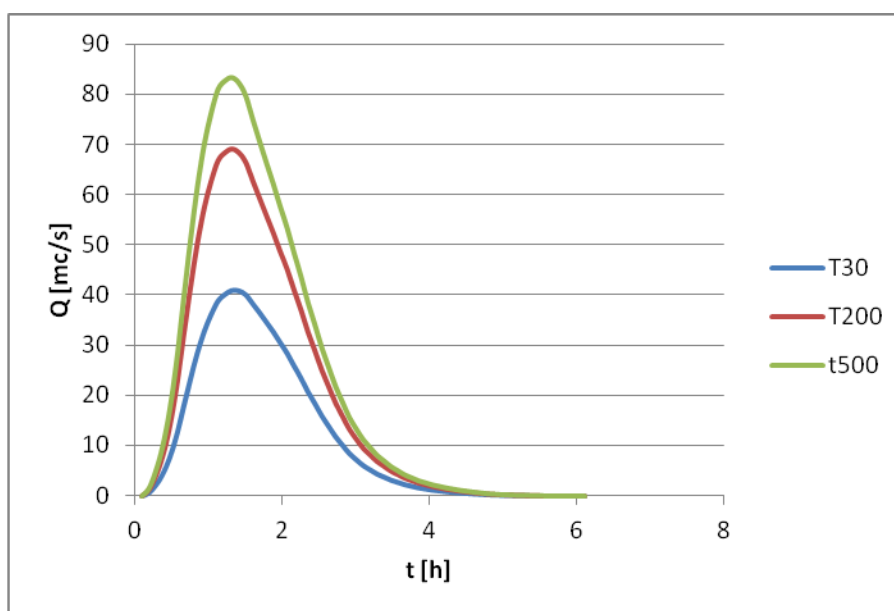


Figura 5.11 – Idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno relativi al torrente Ulso

I modelli TUFLOW e i raster dei tiranti e delle velocità sono riportati rispettivamente in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\GAR\_03] [\TUFLOW\Chianara\_0] e in [\OUTPUT\_2D\Chianara\_0].

- Con riferimento all'area avente identificativo **n. 1**, è stata adottata come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena della sezione di chiusura collocata tra la sezione 71 e 72, sul ramo

principale, rappresentato in figura 5.12. Lo schematismo adottato è 1D/2D, con modellazione monodimensionale per il tratto interno alle sponde del corso d'acqua Chianara. I modelli TUFLOW e i raster dei tiranti e delle velocità sono riportati rispettivamente in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\GAR\_03] [\TUFLOW\Chianara\_1] e in [\OUTPUT\_2D\Chianara\_1].

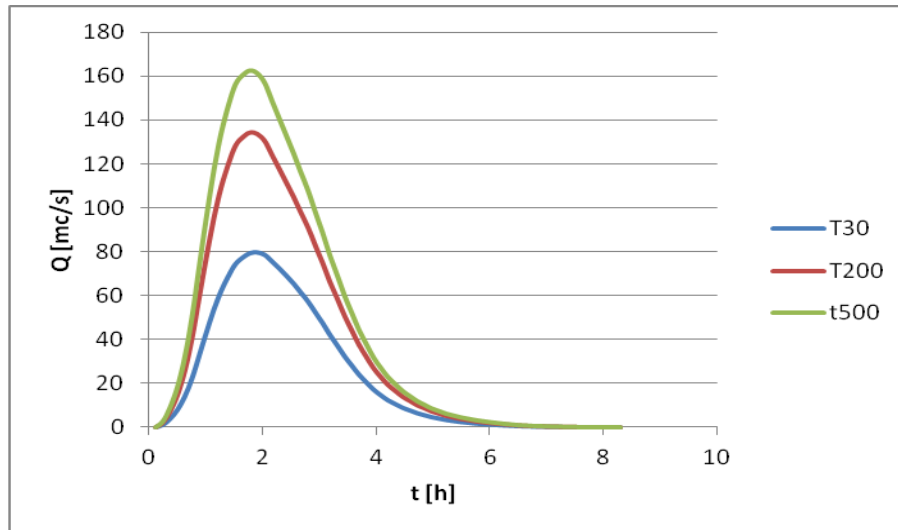


Figura 5.12 – Idrogrammi di piena della sezione di chiusura posta tra la sezione 71 e 72, sul ramo principale del Chianara

- Con riferimento all'area avente identificativo **n. 2**, è stata adottata come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena della sezione di chiusura collocata tra la sezione 72 e 73, sul ramo principale, rappresentato in figura 5.13, mentre per il torrente Ulso sono stati adottati gli idrogrammi di piena della sezione di chiusura 69. Lo schematismo adottato è 1D/2D, con modellazione monodimensionale per il tratto interno alle sponde del corso d'acqua Chianara e del torrente Ulso. I modelli TUFLOW e i raster dei tiranti e delle velocità sono riportati rispettivamente in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\GAR\_03] [\TUFLOW\Chianara\_2] e in [\OUTPUT\_2D\Chianara\_2].

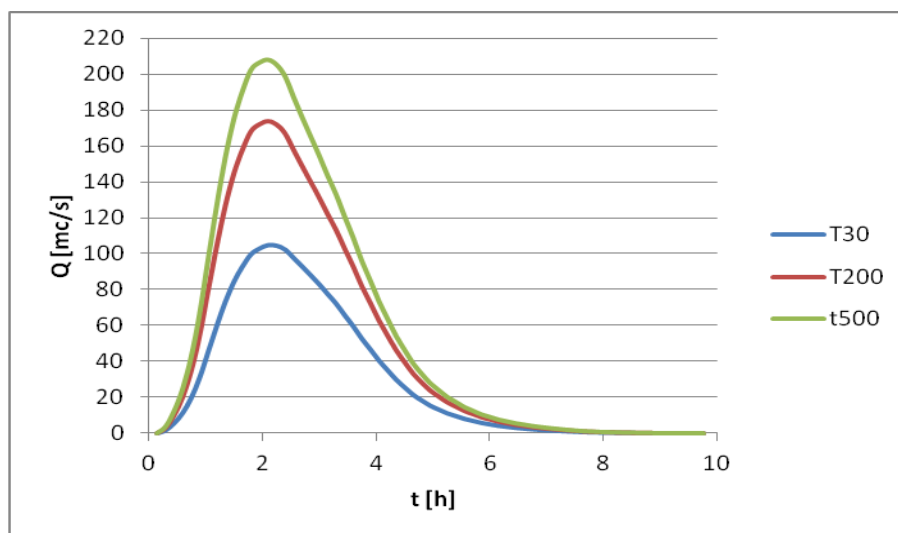


Figura 5.13 – Idrogrammi di piena della sezione di chiusura posta tra la sezione 72 e 73, sul ramo principale del Chianara

- Con riferimento all'area avente identificativo **n. 3**, è stata adottata come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 70 sul ramo principale del Chianara, mentre per il torrente Ulso sono stati adottati gli idrogrammi di piena della sezione di chiusura 69 (figura

5.14). La condizione al contorno di valle è rappresentata dal livello medio del mare, pari a 0.50 m s.l.m.. Lo schematismo adottato è 1D/2D, con modellazione monodimensionale per il tratto interno alle sponde del corso d'acqua Chianara e del torrente Ulso. In particolare per il torrente Ulso è stato inserito nel modello idraulico il canale artificiale, appositamente rilevato, per il tratto di valle, circa 500 m prima della foce. Nella circostanza è stata inoltre riscontrata una difformità dello stato dei luoghi rispetto al rilievo LIDAR, in aree adiacenti al canale in destra e sinistra idraulica. I modelli TUFLOW e i raster dei tiranti e delle velocità sono riportati rispettivamente in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\GAR\_03] [\TUFLOW\Chianara\_2] e in [\OUTPUT\_2D\Chianara\_2].

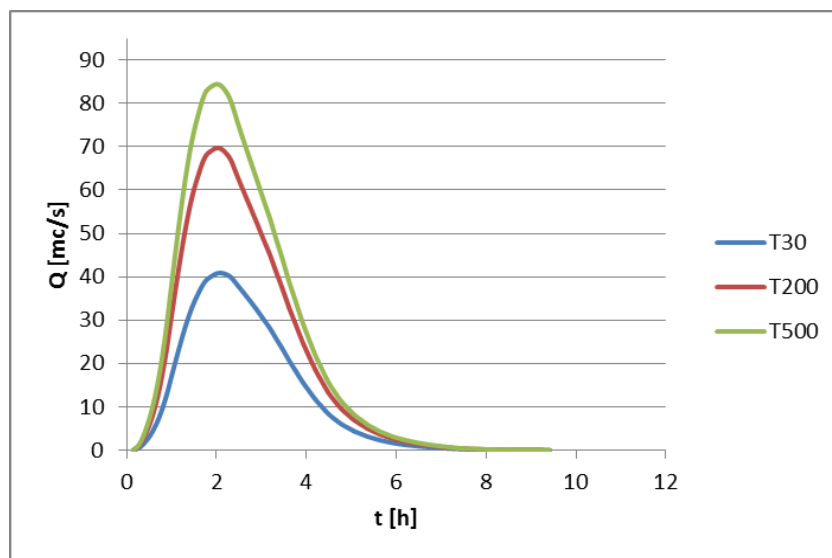
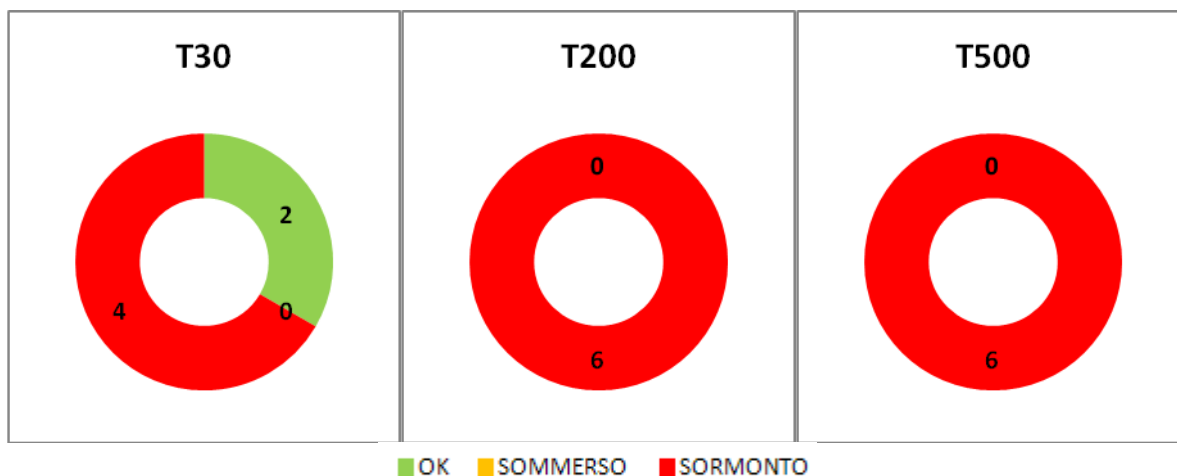


Figura 5.14 – Idrogrammi di piena della sezione di chiusura 69 sul ramo principale del torrente Ulso

### 5.3.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

Nella tabella seguente è indicato il regime di funzionamento degli attraversamenti relativamente alle portate transitori con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni, classificandolo in maniera schematica in sbocco non sommerso, sbocco sommerso e sormonto

Su 6 attraversamenti presenti nel tratto analizzato, 2 risultano correttamente dimensionati per portate aventi tempi di ritorno fino a 30 anni e nessuno risulta verificato per portate con tempi di ritorno pari o maggiori a 200 anni..



attraversamento	regime		
	T30	T200	T500
GARGANO_03			
GA00000018NC	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000019NC	verificato	sormonto	sormonto
GA00000020NC	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000023NC	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000024NC	verificato	sormonto	sormonto
GA00000073SS	sormonto	sormonto	sormonto

Il regime di funzionamento è stato analizzato anche per l'attraversamento GA00000072SS che interessa il Torrente Ulso, corso d'acqua in sinistra idraulica rispetto al Chianara (GAR03). Tale attraversamento risulta sormontato con riferimento a portate aventi tempi di ritorno pari o superiori a 30 anni.

### 5.3.6 Criticità urbane / industriali

I deflussi idrici transiti possono interessare le infrastrutture presenti nel Comune di Peschici. Nello specifico risultano esposti a rischio idraulico eliporto, aree sportive, strutture turistiche, insediamenti agricoli produttivi, insediamenti industriali e artigianali ed edifici collocati nell'ambito di tessuti residenziali sparsi.



## 5.4 TORRENTE MACCHIA

### 5.4.1 Descrizione geografica e morfologica

Il Torrente Macchia (o Macchio) ha un bacino contribuyente di circa 60 km<sup>2</sup> ed attraversa il territorio di Vico del Gargano e Vieste dove sfocia in mare in prossimità di Spiaggia Scialmarino. Il bacino imbrifero è caratterizzato dalla presenza di specie forestali ed agrarie. In prossimità della foce sono presenti edifici ad uso abitativo e turistico. Il corso d'acqua, inciso e ben evidente per tutto il suo percorso, presenta sezioni aventi larghezza compresa tra 10 e 15 m e profondità compresa tra 2 e 5 m.

### 5.4.2 Scabrezza

Il Torrente Macchia attraversa boschi di latifoglie a monte ed aree agricole con seminativi e colture arboree. L'alveo di magra in tutto il suo percorso non risulta interessato dalla presenza di colture agrarie.

Nelle immagini a seguire è possibile avere rapida contezza della resistenza al flusso negli alvei oggetto di analisi. In particolare, secondo i dettami del capitolo III, si è assunto per i boschi di latifoglie un indice di Manning  $n=0.12$ , per gli uliveti e i frutteti  $n=0.06$ , per i vigneti  $n=0.1$ , per le aree a pascolo naturale  $n=0.03$ , per i cespuglieti  $n=0.05$ , per i seminativi  $n=0.04$ , per le aree a ricolonizzazione naturale  $n = 0.06$ .

### 5.4.3 Portate

La portata alla foce del bacino idrografico del Torrente Macchia, assunto quale riferimento un tempo di ritorno di 200 anni, è pari a circa 230 m<sup>3</sup>/s. I coefficienti udometrici lungo il corso del torrente assumono valori compresi tra 4 e 8.5.

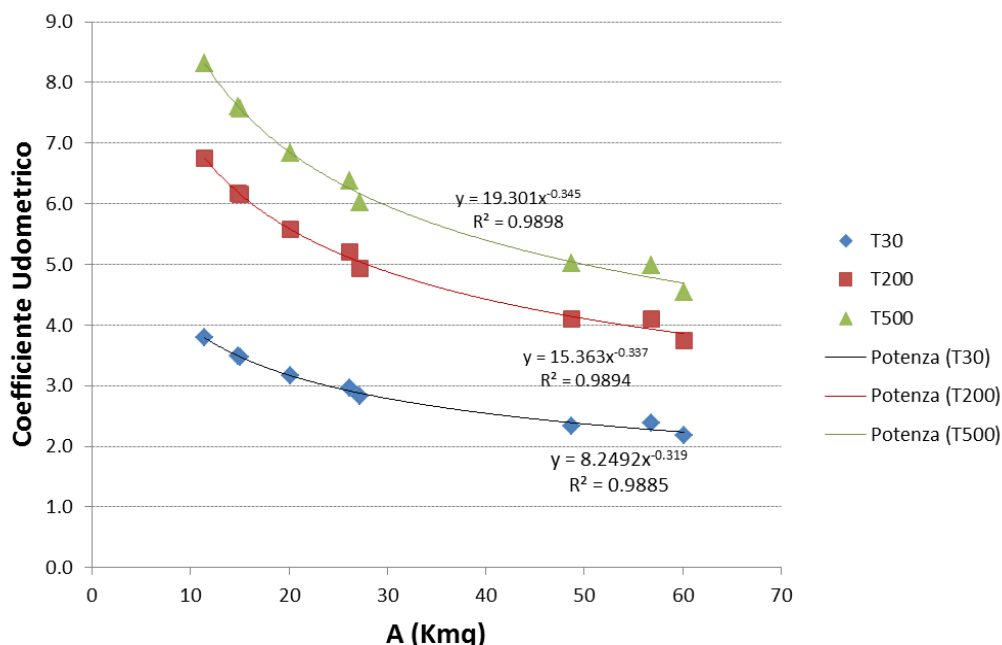
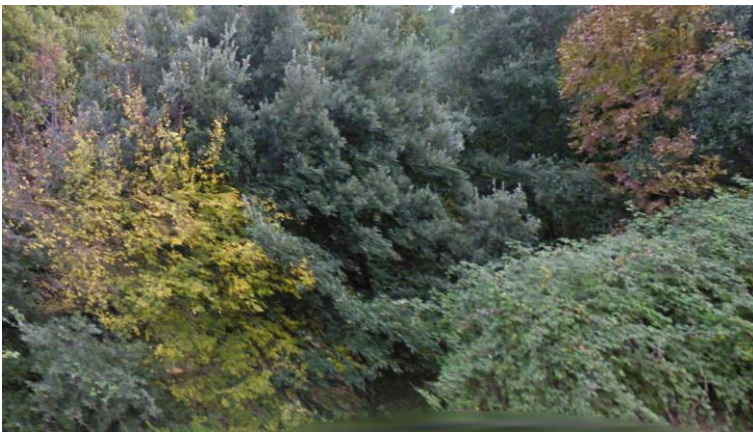


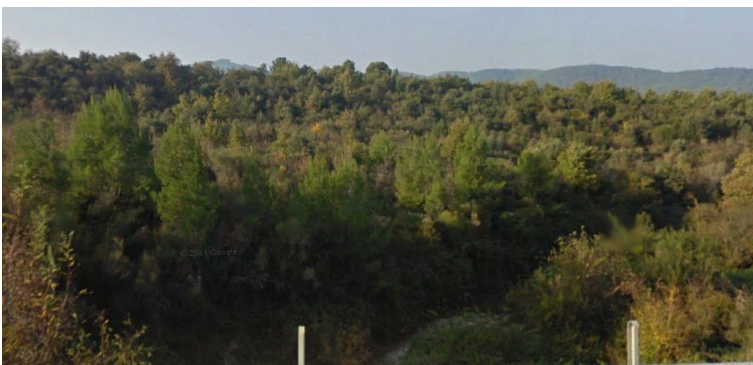
Figura 5.15 – Andamento del coefficiente udometrico del Torrente Macchia



Boschi di latifoglie  
a valle della sezione 3686  
Gargano\_04\_3



Boschi di latifoglie  
a monte della sezione 587  
Gargano\_04\_3



Boschi di latifoglie  
a valle della sezione 5919  
Gargano\_04\_1



Boschi di latifoglie  
a valle della sezione 3825  
Gargano\_04\_1



Uliveti e prati  
a monte della sezione 2399  
Gargano\_04\_1



Insedimenti e colture arboree  
a monte della sezione 467  
Gargano\_04\_1



**STUDIO PER LA DEFINIZIONE DELLE OPERE NECESSARIE ALLA MESSA IN SICUREZZA DEL RETICOLO IDRAULICO PUGLIESE,  
CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE AREE DEL GARGANO, DELLE COSTE JONICHE E SALENTINE DELLA REGIONE PUGLIA - GARGANO**

CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE TORRENTE MACCHIA																		T30		T 200		T 500		INSERIMENTO	
Basin	Area [kmq]	Z <sub>mean</sub>	Z <sub>max</sub>	Z <sub>min</sub>	i <sub>m</sub> [m/m]	i <sub>v</sub> [m/m]	L [km]	L <sub>tot</sub> [km]	L <sub>ca</sub> [km]	t <sub>L</sub> [h]	t <sub>C</sub> [h]	D	CN	Urban [%]	zona	IdBasTot	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	station	river	
78	15.07	661.05	814.07	323.74	0.058	0.341	8.46	14.13	3.64	1.38	2.3	1.004	59	0	1	GAR04	52.35	3.47	92.72	6.15	114.01	7.57	52.35		
123	26.19	581.92	814.07	216.4	0.053	0.334	11.25	28.17	4.54	1.5	2.5	1.098	65	0.01	1	GAR04	77.78	2.97	136.41	5.21	166.92	6.37	77.78		
124	27.21	569.12	814.07	153.32	0.052	0.33	12.72	29.59	5.63	1.67	2.78	1.105	65	0.01	1	GAR04	76.92	2.83	134.27	4.93	163.97	6.03	76.92		
76	11.45	640.79	828	363.32	0.065	0.321	7.16	12.43	2.94	1.48	2.47	1.075	52	0.03	1	GAR04	43.41	3.79	77.30	6.75	95.21	8.32	43.41		
77	14.89	586.62	828	240.36	0.057	0.322	10.35	17.97	4.55	1.75	2.92	1.089	57	0.03	1	GAR04	51.92	3.49	92.00	6.18	113.11	7.60	51.92		
75	20.19	502.68	828	143.64	0.049	0.309	14.02	23.11	5.54	2.06	3.44	1.155	61	0.17	1	GAR04	63.88	3.16	112.58	5.58	138.12	6.84	63.88		
125	48.74	530.67	828	97.77	0.046	0.319	15.8	55.5	6.68	2.12	3.54	1.138	63	0.13	1	GAR04	113.90	2.34	199.94	4.10	244.49	5.02	113.90		
80	56.83	479.44	828	53.18	0.043	0.308	18.08	65.26	7.41	2.28	3.81	1.126	65	0.26	1	GAR04	135.03	2.38	233.18	4.10	283.26	4.98	135.03		
79	60.14	457.38	828	1	0.038	0.3	21.73	69.49	9.2	2.68	4.47	1.125	65	0.45	1	GAR04	131.28	2.18	224.84	3.74	272.84	4.54	131.28		

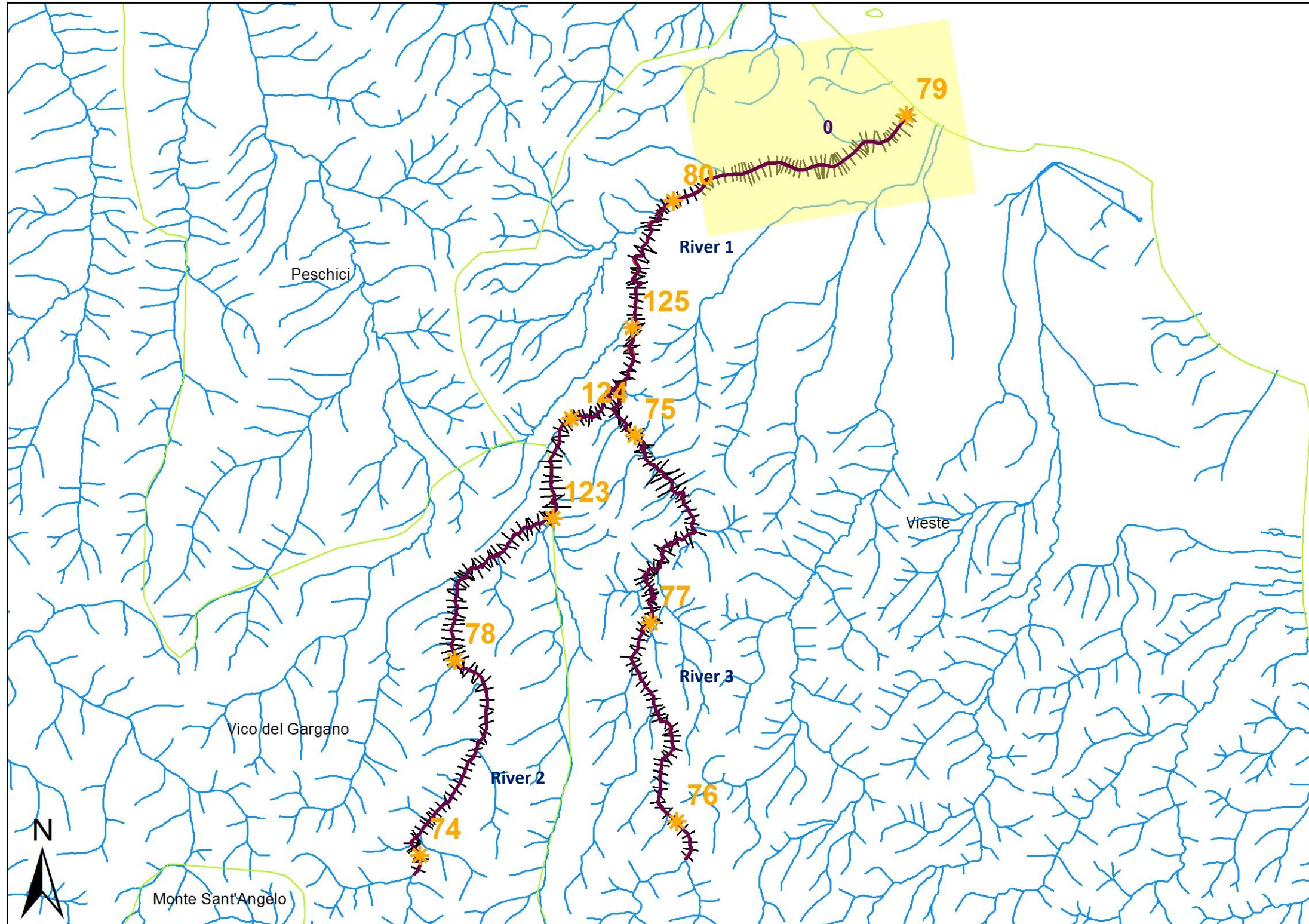


Figura 5.16 – Rappresentazione cartografica delle aree di studio bidimensionale (in giallo) e delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) del Torrente Macchia

#### 5.4.4 Schematismo idraulico

I deflussi idrici risultano morfologicamente contenuti per la prevalenza del Torrente Macchia. L'applicazione di modellistica idraulica monodimensionale risulta dunque corretta fino alla sezione 2700, così come indicati nelle cartografie allegate 5.4.1-2. Solo il tratto di foce necessita pertanto di sviluppi bidimensionali per effetto dell'insufficienza idraulica del canale e della conseguente inondazione. L'applicazione di modelli idraulici bidimensionali è inoltre motivata dalla presenza di insediamenti nelle aree a pericolosità idraulica.

Nella tabella seguente sono riportate le cause che determinano la necessità di una modellistica idraulica di tipo bidimensionale, la natura degli esposti e la priorità dello studio bidimensionale, secondo quanto spiegato nel paragrafo introduttivo 5.0. Sono state dunque condotte modellazioni bidimensionali per l'area indicata in tabella con identificativo 0, i cui modelli e risultati sono riportati rispettivamente in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\GAR\_04\TUFLOW] e in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\GAR\_04\OUTPUT\_2D].

ID	Ragione	Esposto	Priorità	Codice modello 2D	Allegato Risultanze 2D
0	Insufficienza idraulica del canale	Insedimenti ad uso abitativo e turistico,	1	Macchia_0	5.4.3

Con riferimento all'area avente identificativo n. 0, sono state studiate in un unico modello le aree di foce del corso principale del torrente Macchia e del Vallone San Giuliano, nonché del reticolo minore interposto tra i due. Sono stati adottati come condizioni al contorno di monte gli idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno della sezione di chiusura 79 (ovvero 80) per il torrente Macchia, della sezione 82 per il reticolo minore intermedio e della sezione 83 per il Vallone San Giuliano. Lo schematismo è 1D/2D, con modellazione monodimensionale per il canale artificiale del torrente Macchia e per un canale artificiale per il tratto di foce del reticolo intermedio, appositamente rilevato. La chiusura del dominio ad est intercetta i deflussi, i cui idrogrammi sono riportati in figura 5.17. Verso il limite ovest invece i deflussi, che pur non trovano sviluppo nel dominio di indagine, hanno portate non significative. Le risultanze dello scenario con tempo di ritorno di 200 anni sono illustrate nell'allegato 5.4.3 in termini di tiranti idrici.

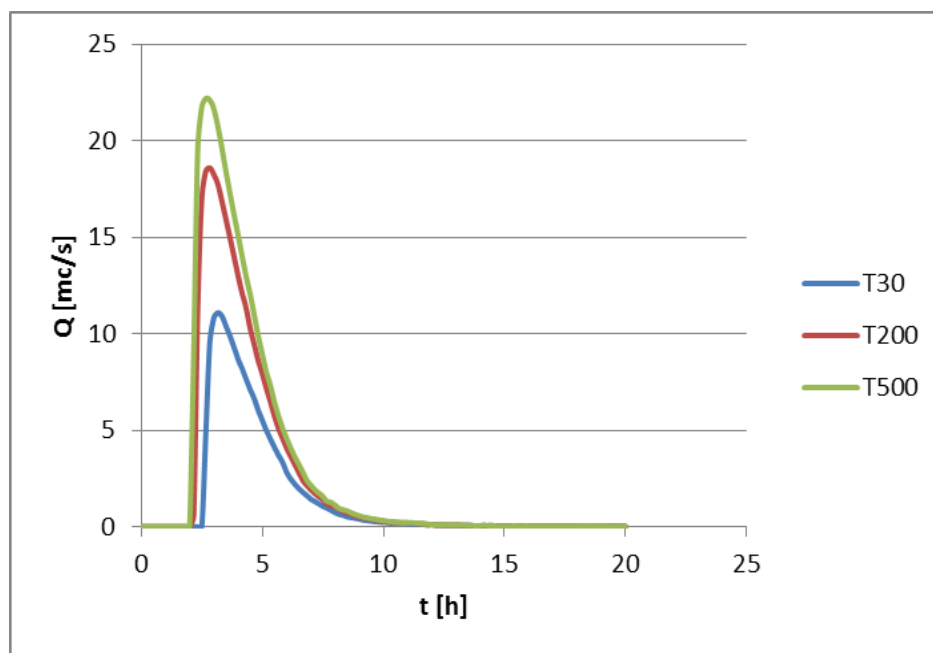
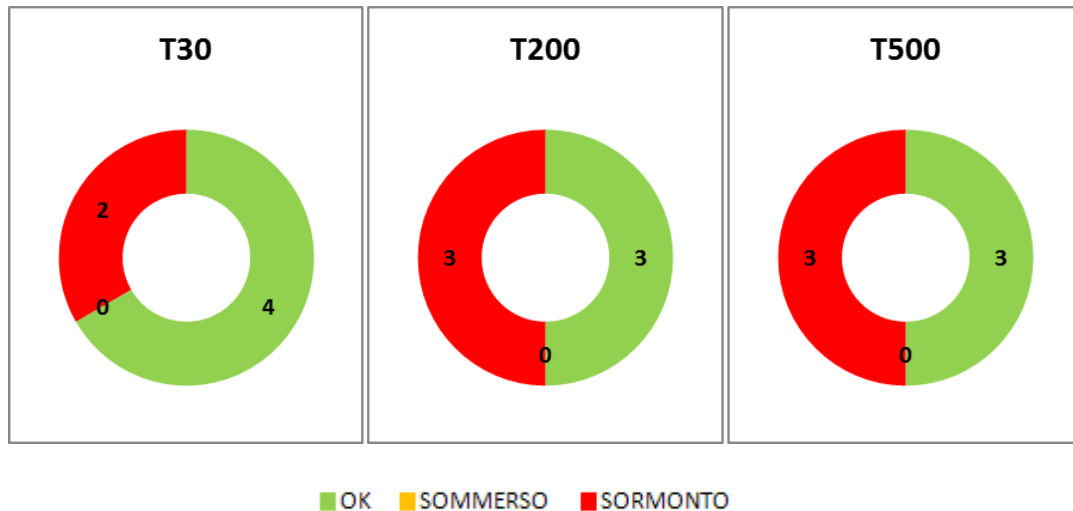


Figura 5.17 – Idrogramma di piena al limite orientale del dominio

#### 5.4.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

Nella tabella seguente è indicato il regime di funzionamento degli attraversamenti relativamente alle portate transanti con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni, classificandolo in maniera schematica in sbocco non sommerso, sbocco sommerso e sormonto

Su 6 attraversamenti presenti nel tratto analizzato, 3 risultano correttamente dimensionati per portate aventi tempi di ritorno fino a 200 anni. Gli attraversamenti GA00000047SP e GA00000026NC possono invece essere soggetti a sormonto anche per tempi di ritorno pari a 30 anni.



attraversamento	regime		
	T30	T200	T500
GARGANO_04			
GA00000043SP	verificato	sormonto	sormonto
GA00000044SP	verificato	verificato	verificato
GA00000076SS	verificato	verificato	verificato
GA00000014NC	verificato	verificato	verificato
GA00000026NC	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000047SP	sormonto	sormonto	sormonto

#### 5.4.6 Criticità urbane / industriali

I deflussi idrici transanti possono interessare insediamenti sparsi collocati nell'ambito di tessuti residenziali sparsi e villaggi turistici. Tali insediamenti ricadono interamente nel Comune di Vieste.



## 5.5 VALLONE SAN GIULIANO

### 5.5.1 Descrizione geografica e morfologica

Il Vallone San Giuliano (anche detto 'La Teglia') ha un bacino contribuyente di circa 17 km<sup>2</sup> ed attraversa il territorio di Vieste dove sfocia in mare in prossimità di Spiaggia Scialmarino. Il bacino imbrifero è caratterizzato dalla presenza di colture agrarie prevalentemente arboree. Nell'area in prossimità della foce sono presenti edifici ad uso abitativo e turistico. Il corso d'acqua si presenta inciso solo nella parte di monte dove le sezioni hanno larghezza media di 10 m e profondità compresa tra 1 e 2 m. Nel tratto medio - vallivo del corso d'acqua si osserva l'appiattimento della morfologia e l'occupazione dell'area di pertinenza fluviale per fini colturali e antropici.

### 5.5.2 Scabrezza

Il Vallone San Giuliano attraversa prevalentemente aree coltivate ad oliveti. L'alveo nella parte medio - valliva risulta inoltre occupato da colture agrarie ed insediamenti antropici.

Nelle immagini a seguire è possibile avere rapida contezza della resistenza al flusso negli alvei oggetto di analisi. In particolare, secondo i dettami del capitolo III, si è assunto per i boschi di latifoglie un indice di Manning  $n=0.12$ , per gli uliveti e i frutteti  $n=0.06$ , per i vigneti  $n=0.1$ , per le aree a pascolo naturale  $n=0.03$ , per i cespuglieti  $n=0.05$ , per i seminativi  $n=0.04$ , per le aree a ricolonizzazione naturale  $n=0.06$ .

### 5.5.3 Portate

La portata alla foce del bacino idrografico del Vallone San Giuliano, assunto quale riferimento un tempo di ritorno di 200 anni, è pari a circa 106 m<sup>3</sup>/s. I coefficienti udometrici lungo il corso del torrente assumono valori compresi tra 6.3 e 8.7.

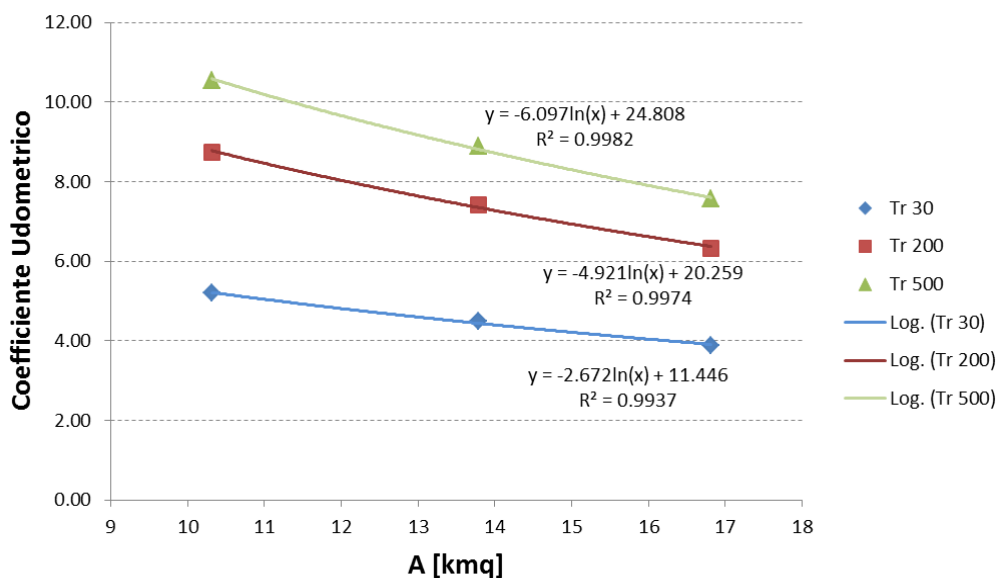


Figura 5.18 – Andamento del coefficiente udometrico del Vallone San Giuliano



Oliveti  
a valle della sezione 2921  
Gargano\_05



Oliveti  
a monte della sezione 2267  
Gargano\_05



Oliveti  
a valle della sezione 1200  
Gargano\_05



Foce  
a valle della sezione 3825  
Gargano\_04\_1

CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE VALLONE SAN GIULIANO																	T30		T 200		T 500		INSERIMENTO	
Basin	Area [kmq]	Z <sub>mean</sub>	Z <sub>max</sub>	Z <sub>min</sub>	i <sub>m</sub> [m/m]	i <sub>v</sub> [m/m]	L [km]	L <sub>tot</sub> [km]	L <sub>ca</sub> [km]	t <sub>L</sub> [h]	t <sub>C</sub> [h]	D	CN	Urban [%]	zona	IdBasTot	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	station	river
81	10.31	323.3	589.58	129.58	0.058	0.341	7.9	10.63	2.57	0.88	1.46	1.212	74	0.61	1	GAR05	53.52	5.19	90.24	8.75	108.86	10.56	8846	1
84	13.77	274.14	589.58	47.44	0.048	0.306	11.36	14.21	4.41	1.21	2.01	1.24	75	1.08	1	GAR05	61.93	4.50	102.17	7.42	122.37	8.89	5444	1
83	16.81	230.83	589.58	0.93	0.041	0.268	14.25	18.39	6.04	1.54	2.57	1.261	75	1.27	1	GAR05	65.10	3.87	106.42	6.33	127.09	7.56	1305	1

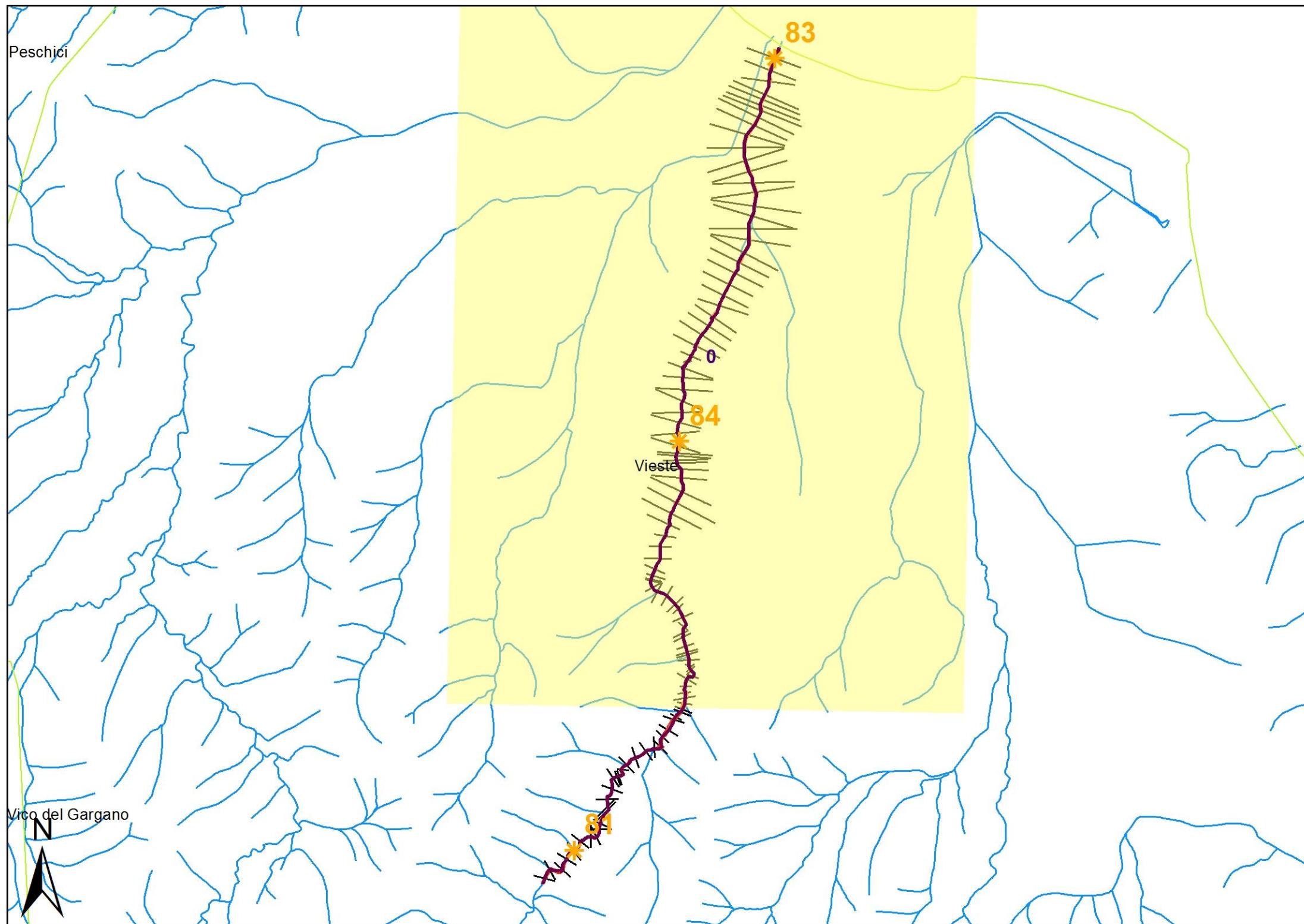


Figura 5.19 – Rappresentazione cartografica delle aree di studio bidimensionale (in giallo) e delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) del Vallone San Giuliano

#### 5.5.4 Schematismo idraulico

I deflussi idrici risultano morfologicamente contenuti solo nel tratto di monte del Vallone San Giuliano L'applicazione di modellistica idraulica monodimensionale risulta dunque corretta fino alla sezione 3520. Da tale sezione fino a foce valle risulta necessario effettuare studi bidimensionali, come indicato nella cartografia allegata 5.5.1, a causa dell'appiattimento della morfologia fino alla sezione 488 e dell'insufficienza idraulica del canale nel tratto terminale. L'applicazione di modelli idraulici bidimensionali è inoltre motivata dalla presenza di insediamenti nelle aree a pericolosità idraulica. Nella tabella seguente sono riportate le cause che determinano la necessità di una modellistica idraulica di tipo bidimensionale, la natura degli esposti e la priorità dello studio bidimensionale, secondo quanto spiegato nel paragrafo introduttivo 5.0. Sono state dunque condotte modellazioni bidimensionali per l'area indicata in tabella con identificativo 0, i cui modelli e risultati sono riportati rispettivamente in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\GAR\_05\TUFLOW] e in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\ GAR\_05\ OUTPUT\_2D].

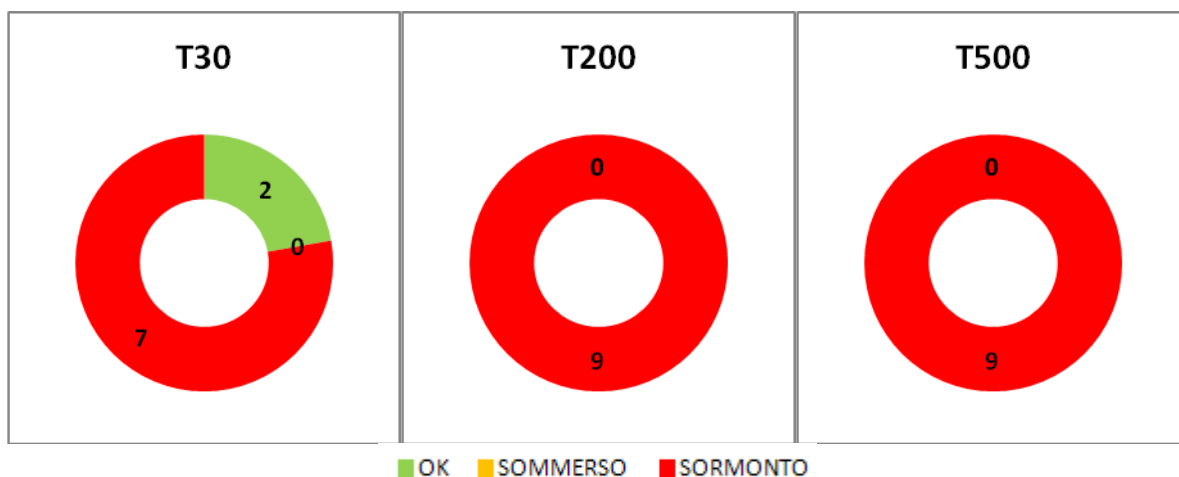
ID	Ragione	Esposto	Priorità	Codice modello 2D	Allegato Risultanze 2D
0	Appiattimento della morfologia ed insufficienza idraulica del canale	Insedimenti ad uso abitativo e turistico viaria	1	SanGiuliano_0	5.5.2

Con riferimento all'area avente identificativo n. 0, sono state adottate come condizioni al contorno di monte gli idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno della sezione di chiusura 84 e come condizione al contorno di valle il livello medio del mare. Lo schematismo adottato è un puro 2D. I risultati del modello mostrano un'esondazione in destra idraulica in prossimità dell'Agriturismo Splendido (per tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni). Le risultanze dello scenario con tempo di ritorno di 200 anni sono illustrate nell'allegato 5.5.2 in termini di tiranti idrici. Per il tratto di foce (a valle della sezione 1189) si considerano comunque i risultati del modello riportati nel paragrafo 5.4.4 per il modello bidimensionale con identificativo n. 0, riportati nell'allegato 5.4.3, in cui sono stati esaminati contestualmente i contributi provenienti dal Torrente Macchia e dal reticolo minore intermedio in località Monticello.

#### 5.5.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

Nella tabella seguente è indicato il regime di funzionamento degli attraversamenti relativamente alle portate transistanti con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni, classificandolo in maniera schematica in sbocco non sommerso, sbocco sommerso e sormonto

Su 9 attraversamenti presenti nel tratto analizzato, nessuno risulta correttamente dimensionato per il transito di portate aventi tempi di ritorno pari o superiori a 200 anni. Al contempo n. 2 attraversamenti sono verificati con riferimento a portate con tempo di ritorno pari a 30 anni.



attraversamento	regime		
	T30	T200	T500
GARGANO_05			
GA00000001NC	verificato	sormonto	sormonto
GA00000003NC	verificato	sormonto	sormonto
GA00000004NC	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000006NC	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000007NC	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000008NC	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000077SS	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000011NC	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000048SP	sormonto	sormonto	sormonto

### 5.5.6 Criticità urbane / industriali

I deflussi idrici transitanti possono interessare insediamenti sparsi ad uso abitativo e turistico ricadenti nel Comune di Vieste.

## 5.6 CANALE MACININO

### 5.6.1 Descrizione geografica e morfologica

Il Canale Macinino ha un bacino contribuyente di circa 31 km<sup>2</sup> ed attraversa il territorio di Vieste dove sfocia in mare. Il bacino imbrifero è a forte connotazione agroforestale con la presenza di aree edificate nel tratto vallivo. Il corso d'acqua si presenta prevalentemente inciso con la presenza di variazioni morfologiche che in alcuni tratti ne determinano l'appiattimento. L'alveo non risulta interessato dalla presenza di insediamenti antropici e colture agrarie.

### 5.6.2 Scabrezza

Il Canale Macinino attraversa prevalentemente territori forestali nella parte a monte (sez. 13200 - sez. 7900), uliveti, seminativi ed aree antropizzate.

Nelle immagini a seguire è possibile avere rapida contezza della resistenza al flusso negli alvei oggetto di analisi. In particolare, secondo i dettami del capitolo III, si è assunto per i boschi di latifoglie un indice di Manning  $n=0.12$ , per gli uliveti e i frutteti  $n=0.06$ , per i vigneti  $n=0.1$ , per le aree a pascolo naturale  $n=0.03$ , per i cespuglieti  $n=0.05$ , per i seminativi  $n=0.04$ , per le aree a ricolonizzazione naturale  $n = 0.06$ .

### 5.6.3 Portate

La portata alla foce del bacino idrografico del canale Macinino, assunto quale riferimento un tempo di ritorno di 200 anni, è pari a circa 124 m<sup>3</sup>/s. I coefficienti udometrici lungo il corso del torrente assumono valori compresi tra 4 ed 5.

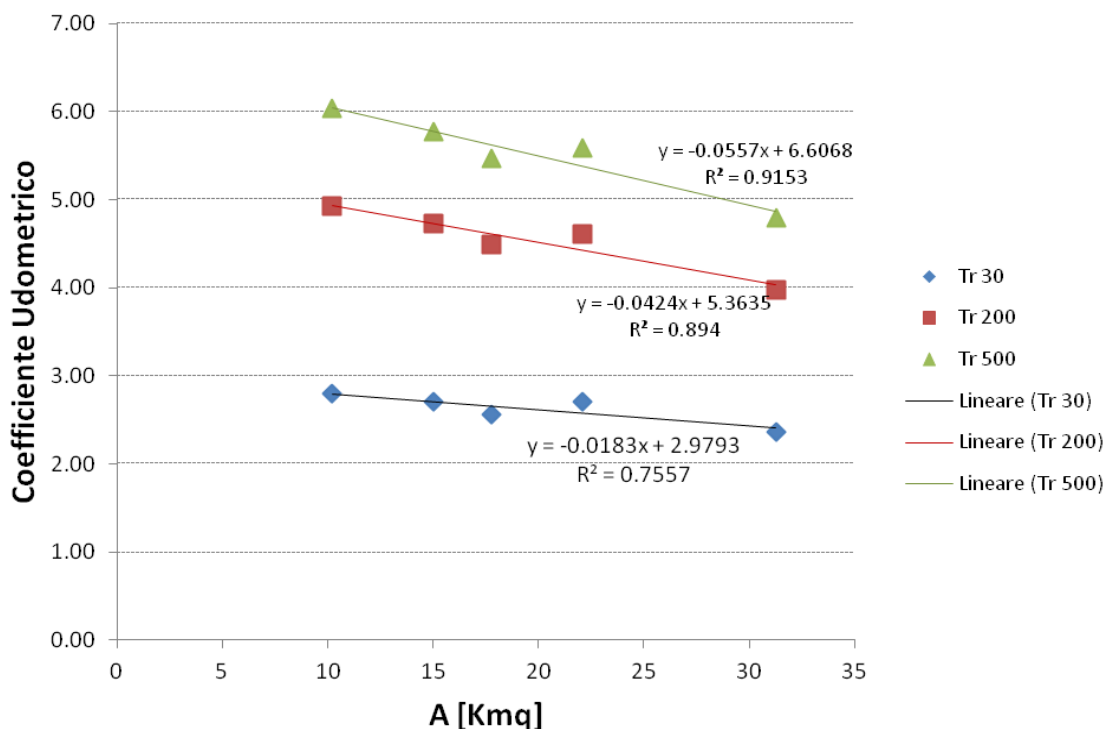


Figura 5.20 – Andamento del coefficiente udometrico del Canale Macinino



Oliveti  
a monte della sezione 6162  
Gargano\_06



Oliveti  
a valle della sezione 5512  
Gargano\_06



Seminativi ed insediamenti  
antropici a valle della sezione  
2357  
Gargano\_06



Seminativi ed insediamenti  
antropici a valle della sezione  
2357  
Gargano\_06



CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE CANALE MACININO																	T30		T 200		T 500		INSERIMENTO	
Basin	Area [kmq]	Z <sub>mean</sub>	Z <sub>max</sub>	Z <sub>min</sub>	i <sub>m</sub> [m/m]	i <sub>v</sub> [m/m]	L [km]	L <sub>tot</sub> [km]	L <sub>ca</sub> [km]	t <sub>L</sub> [h]	t <sub>C</sub> [h]	D	CN	Urban [%]	zona	IdBasTot	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	station	river
87	10.21	551.64	820	274	0.066	0.331	8.25	11.5	2.81	1.41	2.35	1.277	74	0.76	1	GAR06	28.51	2.79	50.35	4.93	61.65	6.04	13200	1
88	15	465.81	820	135	0.055	0.329	12.4	16.96	4.44	1.72	2.87	1.308	74	0.94	1	GAR06	40.58	2.71	70.92	4.73	86.56	5.77	12300	1
89	17.75	425.6	820	76	0.051	0.324	14.7	20.42	5.6	1.89	3.15	1.319	74	0.9	1	GAR06	45.53	2.56	79.62	4.49	97.11	5.47	8200	1
86	22.09	367.47	820	26	0.047	0.3	16.87	25.17	6.25	2.02	3.37	1.356	75	0.96	1	GAR06	59.82	2.71	101.92	4.61	123.53	5.59	5300	1
85	31.26	270.23	820	-1	0.038	0.251	21.48	36.54	6.85	2.62	4.37	1.38	76	1.86	1	GAR06	73.95	2.37	124.40	3.98	149.90	4.80	3500	1
87	10.21	551.64	820	274	0.066	0.331	8.25	11.5	2.81	1.41	2.35	1.277	74	0.76	1	GAR06	28.51	2.79	50.35	4.93	61.65	6.04	13200	1

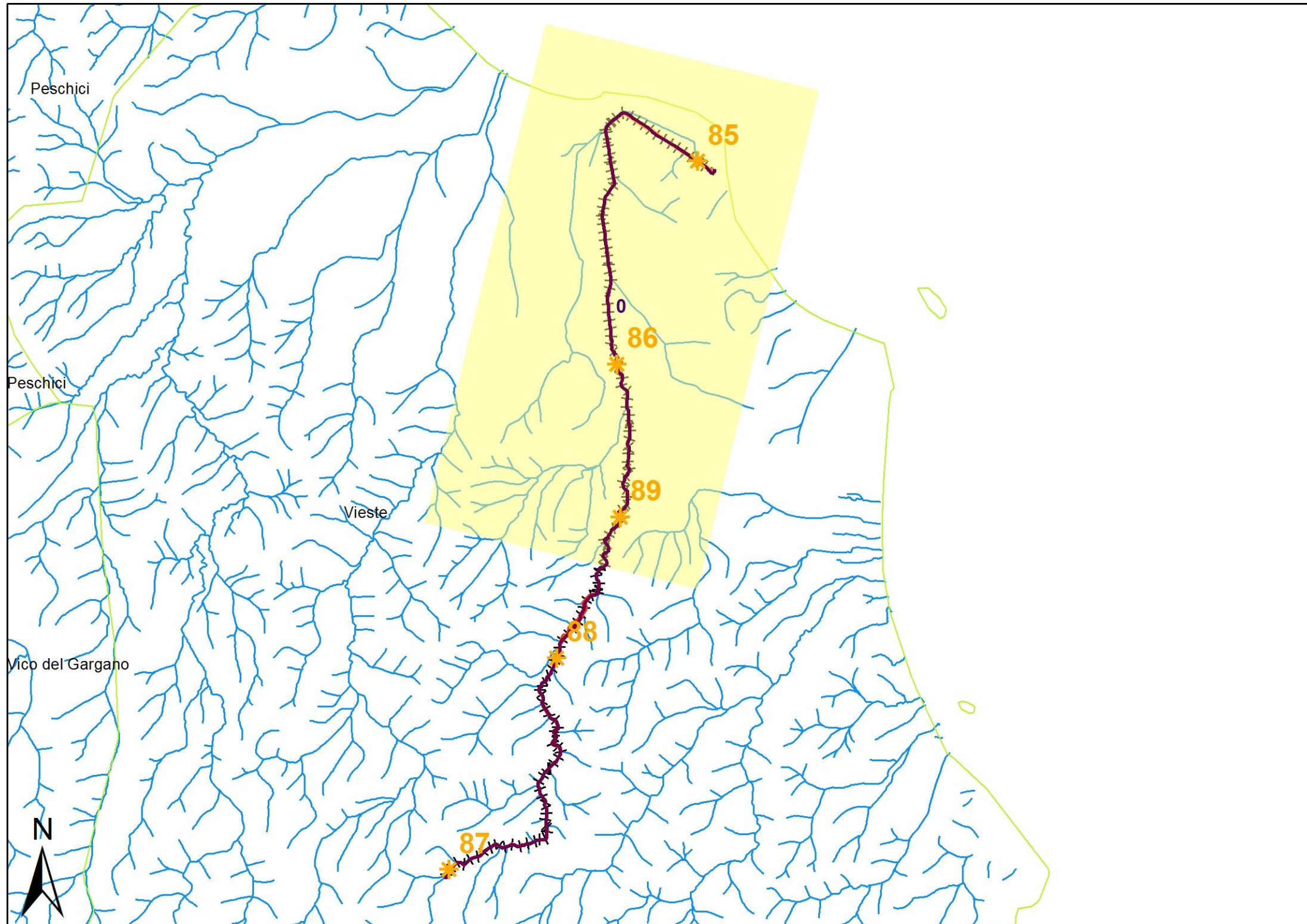


Figura 5.21 – Rappresentazione cartografica delle aree di studio bidimensionale (in giallo) e delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) del Canale Macinino

#### 5.6.4 Schematismo idraulico

I deflussi idrici risultano morfologicamente contenuti nel tratto di monte del Canale Macinino fino alla sezione 6300. Fino a tale sezione risulta quindi corretta l'applicazione di modellistica idraulica monodimensionale. Dalla sezione 6300 verso foce è stato invece utilizzato un modello idraulico bidimensionali a causa dell'appiattimento della morfologia e della presenza di insediamenti antropici significativi, come indicato nella cartografia allegata 5.6.1-2.

Nella tabella seguente sono riportate le cause che determinano la necessità di una modellistica idraulica di tipo bidimensionale, la natura degli esposti e la priorità dello studio bidimensionale, secondo quanto spiegato nel paragrafo introduttivo 5.0. Sono state dunque condotte modellazioni bidimensionali per le aree indicate in tabella con identificativo 0, i cui modelli e risultati sono riportati rispettivamente in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\GAR\_06\TUFLOW] e in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\GAR\_06\OUTPUT\_2D].

ID	Ragione	Insedamenti antropici	Priorità	Codice modello 2D	Allegato Risultanze 2D
0	Appiattimento della morfologia	Insedamenti antropici	1	Macinino_0	5.6.3

Con riferimento all'area avente identificativo n. 0, sono stati adottati come condizioni al contorno di monte gli idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno della sezione di chiusura 89 per il ramo principale, nonché del contributo dell'affluente in sinistra idraulica, a monte della sezione di chiusura 86.

Nello specifico tale idrogramma è stato calcolato al fine di avere come picco di piena la portata di foce della sezione 85. Inoltre è stato considerato il contributo di piena proveniente dall'area delle foci del Torrente Macchia e del Vallone San Giuliano (v. paragrafo 5.4.4, area bidimensionale con identificativo n. 0), indicato nella figura 5.22. Lo schematismo adottato è un puro 2D. Le risultanze dello scenario con tempo di ritorno di 200 anni sono illustrate nell'allegato 5.6.3 in termini di tiranti idrici.

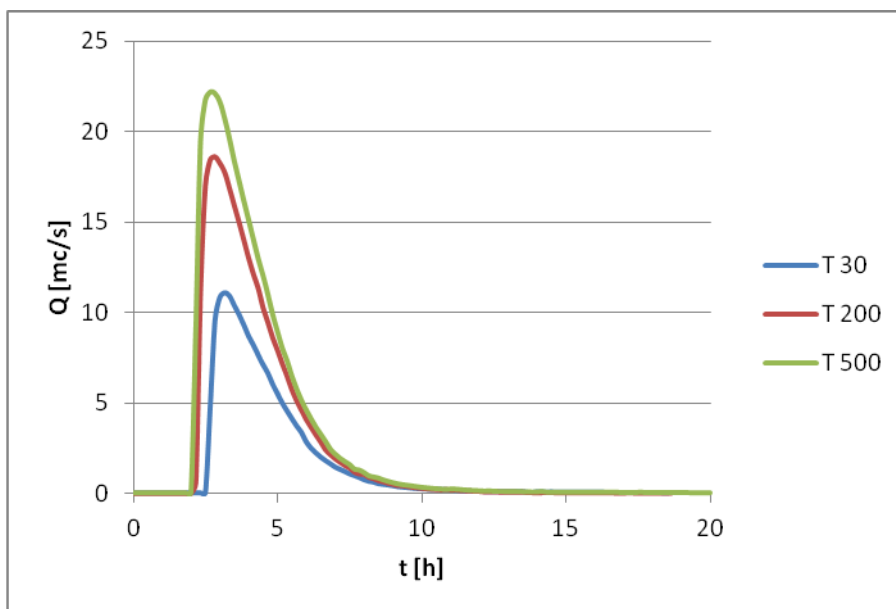
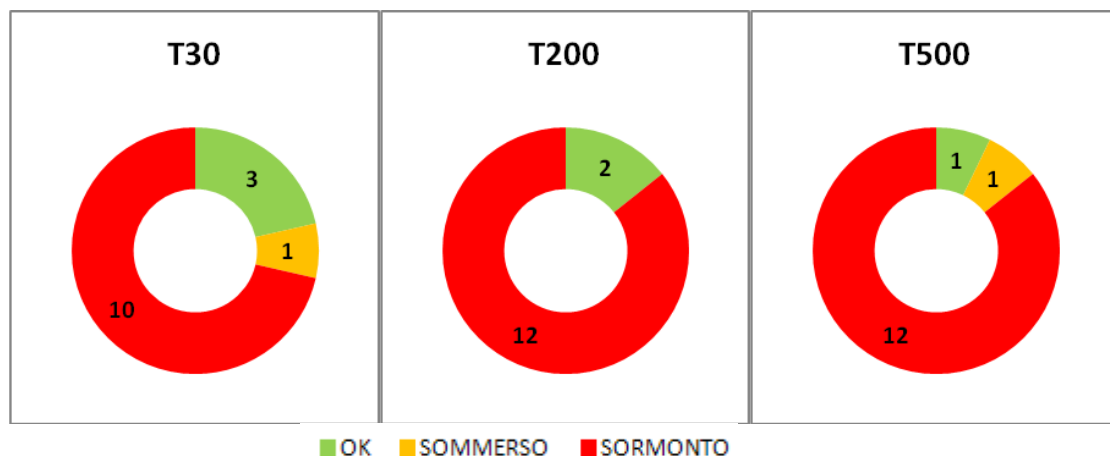


Figura 5.22 - Idrogrammi di piena adottati per la condizione al contorno di monte relativa al contributo dell'area di foce del Torrente Macchia e del Vallone San Giuliano.

### 5.6.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

Nella tabella seguente è indicato il regime di funzionamento degli attraversamenti relativamente alle portate transanti con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni, classificandolo in maniera schematica in sbocco non sommerso, sbocco sommerso e sormonto

Su 14 attraversamenti presenti nel tratto analizzato, soltanto due risultano correttamente dimensionati per il transito di portate aventi tempi di ritorno pari o superiori a 200 anni. Con riferimento a portate con tempo di ritorno pari a 30 anni sono invece verificati n. 3 attraversamenti.



attraversamento	regime		
	T30	T200	T500
GARGANO_06			
GA00000078SS	verificato	verificato	sommerso
GA00000079SS	verificato	sormonto	sormonto
GA00000080SS	verificato	verificato	verificato
GA00000002NC	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000005NC	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000081SS	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000009NC	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000010NC	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000012NC	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000013NC	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000049SP	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000016NC	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000050SP	sormonto	sormonto	sormonto
GA00000015NC	sommerso	sormonto	sormonto

### 5.6.6 Criticità urbane / industriali

I deflussi idrici transanti possono interessare aree residenziali dense ricadenti nel Comune di Vieste dove sono presenti insediamenti sparsi ad uso abitativo e turistico.

*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle del Gargano.*



# Valutazione preliminare degli interventi – VI

## ALLEGATI



- 6.0.1 - Aree critiche relative al reticolo idrografico principale
- 6.0.2 - Aree critiche relative al reticolo idrografico minore
- 6.0.3 - Attraversamenti idraulici a rischio
- 6.0.4 - Elementi esposti a rischio idraulico
- 6.0.5 – Studi idraulici in programma per le aree a rischio significativo nell'unità fisiografica del Gargano
- 6.1.0 - Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il torrente Romandato. Corografia generale
- 6.1.1 - Intervento 018IS01: Sistemazione della foce in loc. Cucchiara
- 6.2.0 - Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il torrente Calinella. Corografia generale
- 6.3.0 - Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il torrente Chianara. Corografia generale
- 6.3.1 - Intervento 020IS01/021IS01: Sistemazione idraulica dei torrenti Ulso e Chianara
- 6.4.0 - Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il torrente Macchia. Corografia generale
- 6.4.1 - Intervento 022IS01/024IS01: Messa in sicurezza della foce del T. Macchia e del V.ne San Giuliano
- 6.5.0 - Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il canale Macinino. Corografia generale
- 6.5.1 - Intervento 025IS01: Messa in sicurezza del Canale Macinino



Obiettivo di questa fase è la valutazione preliminare delle azioni e/o degli interventi necessari alla messa in sicurezza del territorio. In funzione delle risultanze delle modellazioni idrauliche, sono definiti interventi di tipo strutturale e non strutturale (nell'ambito della Pianificazione di Emergenza a scala Comunale), da porre in essere per la mitigazione del rischio sul reticolo idrografico principale e sul reticolo idrografico minore.



## 6.0 DESCRIZIONE GENERALE

Nei paragrafi seguenti, per ogni bacino idrografico, in funzione delle risultanze delle modellazioni idrauliche, si elencano le criticità e i conseguenti provvedimenti per la messa in sicurezza del territorio, con riferimento al reticolo principale, ovvero quello avente area contribuyente maggiore/uguale a 10 km<sup>2</sup>. Tali criticità sono evidenziate con un codice identificativo nella tavola corografica generale 6.X.0.

La loro individuazione deve essere rapportata allo stato dei luoghi nel periodo di redazione dello studio. Non si esclude dunque che alcune delle problematiche di sicurezza idraulica che ne emergono siano già state oggetto di analisi con l'individuazione di progetti di mitigazione del rischio, sulla quale questa Autorità ha espresso un proprio parere di competenza, ma che di fatto non hanno ancora prodotto una risolutiva modifica dello stato dei luoghi. Quanto proposto nella valutazione preliminare rappresenta inoltre solo possibili scenari di intervento, che non individuano in alcun modo scelte preferenziali da parte di questa Autorità per finalità diverse da quelle del presente studio.

In generale, si definiscono:

- interventi di tipo strutturale, ovvero opere di mitigazione del rischio che prevedono la realizzazione di argini, l'adeguamento idraulico delle opere di attraversamento, canalizzazioni, casse di espansione o l'utilizzo di cave per la laminazione delle piene;
- interventi di tipo non strutturale, ovvero la predisposizione di azioni di presidio e di protocolli da porre in essere in caso di eventi di piena nell'ambito del Piano di Emergenza Comunale, nonché la disposizione di specifica segnaletica.

Nella individuazione degli interventi, in linea di principio, si è orientati a limitare gli interventi strutturali, prediligendo invece gli interventi di delocalizzazione e/o la predisposizione di sistemi di allertamento, in quelle aree in cui il territorio non è stato oggetto di un massiccio consumo di suolo, al fine di preservare la naturalità dei luoghi e il libero deflusso delle acque.

Realizzare opere a difesa di edifici costruiti in luoghi palesemente sbagliati e quindi soggetti ad inondazioni richiede l'investimento di denaro pubblico per difendere beni di valore spesso inferiore all'investimento sostenuto, con l'aggravamento di danneggiare, artificializzando, il corso d'acqua e di esportare il rischio a valle. E' difatti opportuno considerare che la canalizzazione dei deflussi, se da un lato consente il recupero di suolo, dall'altro incrementa la pericolosità delle aree vallive, poiché determina un aumento della velocità della corrente idrica, con conseguente riduzione dei tempi di concentrazione delle portate e aumento dei picchi di piena.

In relazione al tipo di criticità, nei paragrafi seguenti sono dunque riportati:

- i provvedimenti di tipo non strutturale per le infrastrutture a rischio di estensione limitata e interesse privato;
- i provvedimenti di tipo non strutturale per le opere presenti sulle intersezioni con la rete viaria di livello secondario che manifestano una insufficienza della capacità di deflusso;
- i provvedimenti di tipo strutturale per le aree a rischio di interesse strategico e pubblica rilevanza;
- gli adeguamenti delle opere di attraversamento idraulico per la rete viaria principale.

Come già riferito nel capitolo precedente, la vulnerabilità delle opere di attraversamento delle intersezioni viarie con il reticolo idrografico è valutata in relazione al loro comportamento idraulico in regime di piena senza considerare il trasporto solido, mentre non è condotta alcuna valutazione sulla vulnerabilità strutturale o legata a fenomeni di permeazione, erosione o trasporto, la quale non attiene alle competenze del presente studio. Non è possibile escludere dunque che attraversamenti ritenuti verificati possano determinare situazioni di criticità diverse da quelle qui esaminata.

Nelle schede a seguire, le criticità che richiedono provvedimenti di tipo non strutturale sono elencate divise per comune, al fine di rendere agevole la consultazione per competenza territoriale. Per quanto concerne i provvedimenti di tipo strutturale, nel caso dell'adeguamento delle opere di attraversamento idraulico, è indicata la portata di progetto con tempo di ritorno di 200 anni, mentre gli interventi per le aree a rischio di interesse strategico e pubblica rilevanza sono illustrati sinteticamente e rappresentati nelle rispettive cartografie di dettaglio.

Relativamente al reticolo idrografico principale, nell'allegato 6.0.1 sono riportate, per ogni area critica, individuata nei paragrafi successivi, le rappresentazioni dettagliate dei tiranti o della pericolosità idraulica definita nell'ambito delle mappe di pericolosità conformi alla Direttiva 2007/60/CE, nello scenario con tempo di ritorno di 200 anni, in forma di schedario, raggruppandole sia per territorio comunale che per bacino idrografico.

Oltre al reticolo principale, è stato anche indagato il reticolo minore, ovvero quello con area contribuente inferiore ai 10 km<sup>2</sup>. La ricognizione dei danni a seguito degli eventi alluvionali che hanno colpito l'area del gargano, anche con specifico riferimento agli eventi di settembre/ottobre 2014, ha mostrato che problematiche significative sono spesso riconducibili alla presenza di reticoli idrografici con area contribuente dell'ordine di qualche chilometro quadrato, a ragione della particolare rapidità con cui si sviluppa il fenomeno. I tempi di corrivazione molto bassi che caratterizzano i bacini idrografici di piccole dimensioni determinano che la precipitazione che massimizza la risposta idrologica sia di breve durata e quindi di elevata intensità, generando eventi rapidissimi con portate aventi coefficienti idrometrici elevati.

Al fine di dare contezza di tali situazioni di rischio, a completamento della mappatura delle aree a pericolosità idraulica per il reticolo idrografico principale, nell'allegato 6.0.2 sono individuate tutte le interferenze connesse alla presenza di infrastrutture sul reticolo idrografico minore, organizzate su base comunale, al fine della predisposizione di piani di emergenza e di azioni locali per la messa in sicurezza del territorio. Tali criticità, individuate con la metodologia speditiva succitata, hanno valenza di indicazioni di primo livello. Infatti, nel territorio agroforestale del Gargano si riscontra la presenza di numerosi edifici rurali diffusi strettamente connessi al contesto produttivo agricolo. L'individuazione di tali edifici risulta particolarmente complessa a ragione della casuale dislocazione territoriale e delle dimensioni contenute. Per questa ragione, gli edifici esposti a pericolosità idraulica individuati nell'ambito del presente studio possono non essere esaustivi.

In questo contesto, con riferimento al reticolo principale sia principale che minore, sono stati individuati e caratterizzati gli insediamenti turistici concentrati in aree a potenziale rischio idraulico significativo o che costituiscono singoli recettori del rischio alluvionale. Questo risultato ha consentito di individuare misure sia strutturali che non strutturali orientate alla gestione del rischio di alluvioni anche nelle aree turistiche del Gargano. Il risultato ottenuto può consentire di coniugare la valorizzazione turistica dell'area ed il perseguimento degli obiettivi della vigente "Direttiva Alluvioni" 2007/60/CE, orientata a tutelare la salute umana, l'ambiente, le attività socio - economiche ed i beni culturali.

Per quanto concerne le opere di attraversamento idraulico, è predisposto l'allegato 6.0.3 contenente l'elenco delle intersezioni a rischio suddivise secondo competenze amministrative e territoriali (comunali, provinciali, statali, delle Autostrade e delle Ferrovie).<sup>1</sup>

Ogni attraversamento riconosciuto non adeguato nella presente relazione, deve essere oggetto di attenzione da parte degli Enti proprietari, al fine di ridurre il rischio associato. Nello specifico devono essere progettati gli interventi strutturali di adeguamento necessari per conseguire condizioni di sicurezza o provvedimenti di tipo non strutturale con il fine di minimizzare il rischio per gli utenti. Sulla base dei progetti degli interventi strutturali, l'Autorità di Bacino, in coordinamento con la Regione, può definire specifici programmi triennali di intervento, con priorità per le opere che comportano condizioni di rischio idraulico maggiore. Ad ogni modo, è opportuno definire procedure per la gestione dell'opera in corso di eventi di piena, ovvero misure necessarie a seguire il funzionamento del sistema ponte – corso d'acqua con il fine di garantire la sicurezza degli utenti e delle aree circostanti coinvolti dagli effetti indotti dalla presenza dell'attraversamento (mediante protocolli operativi che prevedano, in caso di necessità, la chiusura dell'opera di attraversamento, l'allarme alla popolazione coinvolta e lo sgombero delle aree potenzialmente allagabili).

Con riferimento agli interventi strutturali per le aree a rischio di interesse strategico e pubblica rilevanza oggetto del presente studio, si procede a individuarne la priorità in funzione del loro impatto socio-economico ed ambientale. A tal fine è applicata una procedura metodologica basata su valori soglia e indicatori (DEFRA, 2010), la cui efficacia è riconosciuta a livello internazionale (Ruggiero et al., 2013). Gli

<sup>1</sup> La competenza amministrativa è stata attribuita sulla base del DBPRIOR. Tuttavia, effettuando verifiche incrociate con altri database (es. Google Earth) talvolta è stata riscontrata una diversa classificazione delle strade. Ad esempio strade individuate nel DBPRIOR come strade provinciali possono risultare talvolta in Google Earth come strade locali di collegamento a strade provinciali. Di tali incongruenze è data informazione nella relazione con una nota asteriscata, mantenendo tuttavia la classificazione dell'attraversamento presente nel DBPRIOR.

indicatori sono infatti uno strumento analitico ed interpretativo per un'adeguata interpretazione delle dinamiche ambientali e territoriali (Wiggering and Muller, 2004). La metodologia adottata è articolata in due fasi di seguito descritte.

Nella prima fase gli interventi sono stati suddivisi in due classi di priorità in base al numero di residenti, di stabilimenti produttivi e di infrastrutture critiche (ospedali, impianti di depurazione, discariche, impianti di produzione energetica, beni culturali ed ambientali, infrastrutture viarie principali, strutture ricettive) attualmente esposte a rischio idraulico in prossimità delle singole aree di intervento (Tabella 6.1).

**Tabella 6.1 - Soglie di criticità [DEFRA, 2010]**

<b>Classi di priorità di intervento</b>	<b>Residenti esposti (Pe<sub>s</sub>)</b>	<b>Infrastrutture critiche esposte (Ic<sub>s</sub>)</b>	<b>Stabilimenti produttivi (Sp<sub>s</sub>)</b>
1	≥ 200	≥ 2	≥ 20
2	< 200	< 2	< 20

Nella seconda fase gli interventi compresi in ciascuna classe sono stati ordinati in ordine decrescente di priorità in base al valore di un indicatore (IR - Indice di rischio), ottenuto in funzione del rapporto tra caratteristiche sito-specifiche delle aree a pericolosità idraulica ed i valori soglia succitati. I valori sito-specifici utilizzati sono la superficie a rischio elevato (R3) e molto elevato (R4), il numero di residenti esposti, di infrastrutture critiche e di stabilimenti produttivi. Tali valori sono stati determinati nelle aree interessate dagli effetti degli interventi strutturali e caratterizzate da deflussi idrici con tiranti maggiori di 0,25 m (valore soglia di pericolosità individuato secondo le linee guida ISPRA, 2012), estrapolando le informazioni da le sezioni censuarie ISTAT e la Carta Tecnica Regionale (secondo le elaborazioni delle mappe di pericolosità e rischio elaborate dall'Autorità di Bacino della Puglia nell'ambito della Direttiva 2007/60/CE). La relazione impiegata per il calcolo di IR è la seguente:

$$IR = \frac{Pe_r}{Pe_s} + \frac{Ic_r}{Ic_s} + \frac{Sp_r}{Sp_s} + \frac{A_{R3-R4}}{At_{R3-R4}}$$

dove Pe<sub>r</sub>, Ic<sub>r</sub>, Sp<sub>r</sub> ed A<sub>R3-R4</sub> sono rispettivamente la popolazione, le infrastrutture critiche, gli stabilimenti produttivi e l'area a rischio elevato e molto elevato nel territorio potenzialmente interessato dagli effetti degli eventi alluvionali con tempo di ritorno pari a 200 anni, stimati in tabella 6.2 con riferimento a ciascun intervento. Parallelamente Pe<sub>s</sub>, Ic<sub>s</sub>, Sp<sub>s</sub> sono i rispettivi valori soglia, mentre At<sub>R3-R4</sub> è la superficie a rischio elevato e molto elevato mitigato dagli interventi strutturali.

Nella tabella 6.3 sono riportati i risultati della classificazione degli interventi in funzione della priorità determinata attraverso la metodologia sopra esposta.

**Tabella 6.2- Caratteristiche sito - specifiche delle aree interessate dagli interventi**

<b>Codice intervento</b>	<b>Popolazione esposta Pe<sub>r</sub></b>	<b>Infrastrutture critiche esposte Ic<sub>r</sub></b>	<b>Stabilimenti produttivi esposti Sp<sub>r</sub></b>	<b>Superficie R3-R4 [m<sup>2</sup>] A<sub>R3-R4</sub></b>	<b>Superficie A<sub>R3-R4</sub> complessiva [m<sup>2</sup>]</b>
018IS01	86	4	3	45.000	378.000.000
020IS01	193	5	6	138.000	378.000.000
021IS01	150	5	8	843.000	378.000.000
022IS01	30	3	4	1.000.000	378.000.000
024IS01	90	3	4	1.000.000	378.000.000
025IS01	200	3	11	1.500.000	378.000.000

**Tabella 6.3 – Priorità degli interventi nell'area del Gargano**

<b>Classe di priorità</b>	<b>Indice di rischio IR</b>	<b>Codice intervento</b>	<b>Tipo intervento</b>
1	3,76	020IS01	Sistemazione idraulica del T. Ulso (Peschici)
	3,65	021IS01	Sistemazione idraulica del T. Chianara (Vieste)
	3,05	025IS01	Messa in sicurezza delle Località Mezzane e Molinella (Vieste)
	2,58	018IS01	Sistemazione della foce in Loc. Cucchiara (Rodi Garganico)
	2,15	024IS01	Messa in sicurezza delle Località P.no Piccolo e P.no S. Maria (Vieste)
	1,85	022IS01	Messa in sicurezza della foce del T. Macchia in Loc. P.no S. Maria (Vieste)

Infine, dall'insieme delle criticità evidenziate negli allegati 6.0.1 e 6.02, è possibile stralciare le aree a rischio significativo e individuare quelle per le quali, negli sviluppi del presente studio sulla base di rilievi di nuova acquisizione, è necessario condurre delle analisi idrauliche di dettaglio per l'individuazione delle aree effettive di allagamento e la determinazione degli interventi di mitigazione del rischio. Tali aree sono elencate in tabella C e rappresentate nell'allegato 6.0.5. Gli studi idraulici dovranno essere condotti con priorità per le aree in cui non è individuata alcuna vincolistica (ovvero per le aree in cui non vi è né il PAI storico, né è presente su cartografia IGM la linea blu rappresentativa del reticolo idrografico).

**Tabella 6.4 – Aree a rischio significativo per le quali è necessario programmare studi idraulici di dettaglio**

<b>COD_esposto</b>	<b>Pericolosità idraulica</b>
<b>RETICOLO PRINCIPALE</b>	
GAR02IN02	Fasce e reticolo IGM
GAR12IN02/IN03	PAI (storico) e reticolo IGM
GAR13IN01, GAR14IN01/02, GAR15IN03/04/05	PAI (storico) e reticoli IGM
GAR15IN01/02	Fasce e reticolo IGM
GAR17IN01	PAI (storico) e reticoli IGM
GAR26IN03	Fasce e reticoli IGM
GAR30IN01	Fasce e reticolo IGM
GAR34IN01	Fasce e reticoli IGM
<b>RETICOLO MINORE</b>	
GAR26C02	Reticolo carta idrogeomorfologica
GAR25C01	Reticolo carta idrogeomorfologica
GAR20C01	Reticolo IGM
GAR09C03	Reticolo IGM
GAR09C01	Reticolo carta idrogeomorfologica
GAR30C03	Reticolo IGM
GAR00C46	Reticolo carta idrogeomorfologica
GAR00C29	Reticolo carta idrogeomorfologica
GAR00C13	Reticolo carta idrogeomorfologica
GAR00C12	PAI (storico)
GAR00C11	Reticolo IGM
GAR00C23	Reticolo carta idrogeomorfologica
GAR00C24	Reticolo IGM
GAR00C25	PAI (storico)
GAR00C26	Reticolo IGM
GAR33C01	Reticolo IGM
GAR00C28	PAI (studio e storico) e reticolo IGM
GAR00C19	PAI (storico)
GAR00C20	Reticolo IGM
GAR00C21	Reticolo IGM
GAR00C22	Reticolo carta idrogeomorfologica
GAR00C35-37	PAI (storico) e reticolo IGM
GAR00C39	PAI (storico) e reticolo IGM
GAR00C41	Fasce e reticolo IGM
GAR00C42	Reticolo IGM
GAR00C50	Reticolo IGM
GAR00C48-49	Reticolo IGM
GAR00C10	Reticolo IGM

## 6.1 TORRENTE ROMANDATO

Corografia generale: tavola 6.1.0

### **INTERVENTI NON STRUTTURALI CRITICITA' PER I PIANI DI EMERGENZA**

#### **INFRASTRUTTURE PUNTUALI**

Comune: RODI GARGANICO

018IN01. Loc. Cucchiara: ferrovia, insediamenti abitativi sparsi, strutture turistiche dalla sezione 540 alla foce (tr = 2.5 h)

### **INTERVENTI STRUTTURALI**

#### **ADEGUAMENTO E MANUTENZIONE DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO**

- |                 |  |
|-----------------|--|
| 1. GA00000028FV | PORTATA di PROGETTO: 293 m <sup>3</sup> /s |
| 2. GA00000067SS | PORTATA di PROGETTO: 293 m <sup>3</sup> /s |

#### **018IS01. SISTEMAZIONE DELLA FOCE IN LOC. CUCCHIARA**

Ubicazione dell'opera: Comune di RODI GARGANICO

Effetti di mitigazione: Comune di RODI GARGANICO

Allegato cartografico: 6.1.1

Alla foce, in Località Cucchiara, risultano a rischio idraulico l'infrastruttura ferroviaria, gli insediamenti abitativi sparsi e le strutture turistiche. Una attenzione maggiore è rivolta alla sinistra idraulica del torrente, dove è presente una maggiore densità abitativa. Si suggerisce la regimazione del corso d'acqua, cercando di rispettare la naturale impronta planimetrica dello stesso e adeguando attraverso opere di imbocco l'attraversamento idraulico 28FV.

1. Regimazione del corso d'acqua (con relativa delocalizzazione delle strutture interne) mediante un canale con opere di ingegneria naturalistica avente le seguenti caratteristiche:

Larghezza = 100 m  
Pendenza = 0.016 m/m  
Altezza = 2 m  
Lunghezza = 600 m  
Q200 = 293 m<sup>3</sup>/s

2. Adeguamento opera di attraversamento idraulico GA00000028FV

<b>6.2 TORRENTE CALINELLA</b>
Corografia generale: tavola 6.2.0
<b><i>INTERVENTI NON STRUTTURALI CRITICITA' PER I PIANI DI EMERGENZA</i></b>
<b><u>INFRASTRUTTURE PUNTUALI</u></b>
Comune: VICO DEL GARGANO
019IN01. Loc. Calinella: Case sparse alla sezione 2393 e a valle della sezione 1679 (tr = 1 h) 019IN02. Case sparse, campeggi e infrastrutture viarie dalla sezione 1262 alla sezione 710 (tr = 1.5 h) 019IN03. Campeggi prossimi alla linea di costa dalla sezione 272 alla sezione (tr = 1.5 h)
<b><u>INTERSEZIONI INFRASTRUTTURE VIARIE SECONDARIE</u></b>
Comune: VICO DEL GARGANO
1. GA00000021NC 2. GA00000022NC 3. GA00000025NC
<b><i>INTERVENTI STRUTTURALI</i></b>
<b><u>ADEGUAMENTO E MANUTENZIONE DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO</u></b>
1. GA00000032FV PORTATA di PROGETTO: 155 m <sup>3</sup> /s 2. GA00000071SS PORTATA di PROGETTO: 155 m <sup>3</sup> /s

### 6.3 TORRENTI CHIANARA e ULSO

Corografia generale: tavola 6.3.0

#### **INTERVENTI NON STRUTTURALI CRITICITA' PER I PIANI DI EMERGENZA**

#### **INFRASTRUTTURE PUNTUALI**

Comune: PESCHICI

- 020C01. Loc. Fodo Mirici: Tessuto residenziale - villaggio Moresco Basso (tr = 1 h)
- 020C02. Loc. Bodinizzo: Edifici ad uso abitativo (tr = 1 h)
- 021IN01. Loc. Citrigno: Case sparse, insediamenti artigianali, infrastrutture viarie (SS98) tra sezioni 4339 e 3710 (tr = 1.5 h)
- 021IN02. Loc. Martinetti: Campeggi e case sparse tra sezioni 3220 e 1400 (tr = 1.5 h)
- 020/21IN00. Loc. Padula: Campeggi, case sparse, infrastrutture viarie dalla sezione 910 alla foce (tr = 2 h)

#### **INTERVENTI STRUTTURALI**

#### **ADEGUAMENTO E MANUTENZIONE DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO**

1. GA00000072SS	PORTATA di PROGETTO: 78 m <sup>3</sup> /s
2. GA00000073SS	PORTATA di PROGETTO: 180 m <sup>3</sup> /s
3. GA00000018NC	PORTATA di PROGETTO: 171 m <sup>3</sup> /s
4. GA00000019NC	PORTATA di PROGETTO: 171 m <sup>3</sup> /s
5. GA00000020NC	PORTATA di PROGETTO: 171 m <sup>3</sup> /s
6. GA00000023NC	PORTATA di PROGETTO: 171 m <sup>3</sup> /s
7. GA00000024NC	PORTATA di PROGETTO: 180 m <sup>3</sup> /s

#### **020IS01. SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE ULSO**

Ubicazione dell'opera: Comune di PESCHICI

Effetti di mitigazione: Comune di PESCHICI

Allegato cartografico: 6.3.1

Il torrente Ulso costituisce una sorgente di pericolosità idraulica per numerosi esposti, ovvero infrastrutture viarie, insediamenti residenziali e strutture ricettive, tra i quali si citano le località di Fondi Mirici e Padula dove sfocia insieme al torrente Chianara. In tale area si sviluppa una forte antropizzazione, a carattere prevalentemente turistico. Le località Fondo Mirici e Padula sono state interessate dall'evento alluvionale di settembre 2014 e le strutture ivi presenti hanno subito notevoli danni. Per la messa in sicurezza dell'area è prevista la realizzazione di un canale con tecniche di ingegneria naturalistica lungo il torrente Ulso e l'adeguamento dell'affluente in sinistra idraulica. La messa in sicurezza della Baia è tuttavia raggiunta mediante la sistemazione del torrente Chianara, per la quale si rimanda all'intervento 021IS01. La sistemazione complessiva del torrente è suddivisa in più stralci di seguito riportati da valle verso monte.

1° STRALCIO: ADEGUAMENTO DEL CANALE IN LOCALITA' PADULA

1. Sistemazione idraulica del torrente Ulso mediante un canale con opere di ingegneria naturalistica avente le seguenti caratteristiche:

Larghezza = 35 m  
Pendenza = 0.005 m/m  
Altezza = 2 m  
Lunghezza = 960 m  
Q200 = 78 m<sup>3</sup>/s

2. Adeguamento opera di attraversamento idraulico GA00000072SS (Q200 = 78 m<sup>3</sup>/s)
3. Adeguamento canale affluente in sinistra idraulica (V. Clavia)

2° STRALCIO: ADEGUAMENTO DEL CANALE IN LOCALITA' FINIZIA

4. Sistemazione idraulica del torrente Ulso mediante un canale con opere di ingegneria naturalistica avente le seguenti caratteristiche:

Larghezza = 20 m  
Pendenza = 0.011 m/m  
Altezza = 1.9 m  
Lunghezza = 700 m  
Q200 = 78 m<sup>3</sup>/s

3° STRALCIO: ADEGUAMENTO DEL CANALE IN LOCALITA' BODINIZZO

5. Sistemazione idraulica del torrente Ulso mediante un canale con opere di ingegneria naturalistica avente le seguenti caratteristiche:

Larghezza = 25 m  
Pendenza = 0.018 m/m  
Altezza = 1.8 m  
Lunghezza = 600 m  
Q200 = 78 m<sup>3</sup>/s

4° STRALCIO: ADEGUAMENTO DEL CANALE IN LOCALITA' FONDO MIRICI

6. Sistemazione idraulica del torrente Ulso mediante un canale con opere di ingegneria naturalistica avente le seguenti caratteristiche:

Larghezza = 25 m  
Pendenza = 0.027 m/m  
Altezza = 1.7 m  
Lunghezza = 3100 m  
Q200 = 78 m<sup>3</sup>/s

7. Regimentazione idraulica degli affluenti in destra idraulica



## **021IS01. SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE CHIANARA**

Ubicazione dell'opera: Comune di PESCHICI

Effetti di mitigazione: Comune di PESCHICI

Allegato cartografico: 6.3.1

Il torrente Chianara necessita di una sistemazione complessiva, intersecando lungo il suo percorso insediamenti abitativi, produttivi, infrastrutture viarie strategiche e strutture ricettive. Per la messa in sicurezza del reticolo idrografico del Chianara sono previsti più stralci funzionali come di seguito riportati.

### **1° STRALCIO: ADEGUAMENTO DEL CANALE IN LOCALITA' PADULA**

1. Sistemazione idraulica del torrente Chianara mediante un canale con opere di ingegneria naturalistica avente le seguenti caratteristiche:

Larghezza = 40 m  
Pendenza = 0.0027 - 0.0056 m/m  
Altezza = 2.8 m  
Lunghezza = 1000 m  
Q200 = 180 m<sup>3</sup>/s

2. Adeguamento opera di attraversamento idraulico GA00000073SS (Q200 =180 m<sup>3</sup>/s)
3. Adeguamento canale affluente in destra idraulica (V. Castellana)

### **2° STRALCIO: ADEGUAMENTO DEL CANALE IN LOCALITA' MARTINELLI**

4. Sistemazione idraulica del torrente Chianara mediante un canale con opere di ingegneria naturalistica avente le seguenti caratteristiche:

Larghezza = 30 m  
Pendenza = 0.016 m/m  
Altezza = 2.4 m  
Lunghezza = 2020 m  
Q200 = 180 m<sup>3</sup>/s

5. Adeguamento opere di attraversamento idraulico GA00000023NC e GA00000024NC (Q200 =180 m<sup>3</sup>/s)

### **3° STRALCIO: ADEGUAMENTO DEL CANALE IN LOCALITA' CITRIGNO**

6. Sistemazione idraulica del torrente Chianara mediante un canale con opere di ingegneria naturalistica avente le seguenti caratteristiche:

Larghezza = 30 m  
Pendenza = 0.017 m/m  
Altezza = 2.3 m  
Lunghezza = 1200 m  
Q200 = 171 m<sup>3</sup>/s

7. Adeguamento opere di attraversamento idraulico GA00000018NC, GA00000019NC e GA00000020NC (Q200 =171 m<sup>3</sup>/s)

4° STRALCIO: ADEGUAMENTO DEL CANALE IN LOCALITA' IL PARCO

1. Sistemazione idraulica del torrente Chianara mediante un canale con opere di ingegneria naturalistica avente le seguenti caratteristiche:

Larghezza = 30 m

Pendenza = 0.020 m/m

Altezza = 2.0 m

Lunghezza = 2550 m

Q200 = 134 m<sup>3</sup>/s

## 6.4 TORRENTE MACCHIA

Corografia generale: tavola 6.4.0

### **INTERVENTI NON STRUTTURALI CRITICITA' PER I PIANI DI EMERGENZA**

#### **INFRASTRUTTURE PUNTUALI**

Comune: VIESTE

022IN01. Loc. Pastinella: Insediamenti industriali/artigianali alle sezioni 5327 e 3862 (tr = 2.5 h)  
022/024/025IN02. Loc. P.no S. Maria: Campeggi, area residenziale, case sparse dalla sezione 603 alla foce  
(tr = 2.5 h)

#### **INTERSEZIONI INFRASTRUTTURE VIARIE SECONDARIE**

Comune: VIESTE

1. GA00000026NC

### **INTERVENTI STRUTTURALI**

#### **ADEGUAMENTO E MANUTENZIONE DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO**

- |                 |  |
|-----------------|--|
| 1. GA00000047SP | PORTATA di PROGETTO: 234 m <sup>3</sup> /s |
| 2. GA00000043SP | PORTATA di PROGETTO: 234 m <sup>3</sup> /s |

#### **022IS01. MESSA IN SICUREZZA DELLA FOCE DEL T. MACCHIA IN LOC. P.NO S. MARIA**

Ubicazione dell'opera: Comune di VIESTE

Effetti di mitigazione: Comune di VIESTE

Allegato cartografico: 6.4.1

Alla foce del torrente Macchia, in località P.no S. Maria, per la messa in sicurezza delle strutture ricettive lungo la costa si prevede l'adeguamento del canale già esistente con le caratteristiche di seguito riportate. Per la messa in sicurezza dell'intera area, l'intervento sul torrente Macchia deve essere abbinato sia all'adeguamento del canale in destra idraulica che alla regolazione dei deflussi nel Vallone San Giuliano, per il quale si rimanda all'intervento con codice identificativo 024IS01.

1. Adeguamento del canale alla foce

lunghezza canale = 900 m

larghezza canale = 40 m

altezza = 2.4 m

$i = 0.012$  m/m

$Q_{200} = 234$  m<sup>3</sup>/s

2. Adeguamento opera di attraversamento idraulico GA00000047SP ( $Q_{200} = 234$  m<sup>3</sup>/s)

3. Adeguamento opera di attraversamento idraulico GA00000043SP ( $Q_{200} = 234$  m<sup>3</sup>/s)

4. Adeguamento del canale in destra idraulica (GAR00IS01)

lunghezza canale = 1400 m

larghezza canale = 30 m

altezza = 2.1 m

$i = 0.006$  m/m

$Q_{200} = 87$  m<sup>3</sup>/s

6.5 **VALLONE SAN GIULIANO**

Corografia generale: tavola 6.4.0

**INTERVENTI NON STRUTTURALI  
CRITICITA' PER I PIANI DI EMERGENZA**

**INFRASTRUTTURE PUNTUALI**

Comune: VIESTE

- 024IN01. Loc. P.no Piccolo: Case sparse, serre dalla sezione 2875 alla sezione 1923 (tr = 1.5 h)  
022/024/025IN02. Loc. P.no S. Maria: Campeggi, area residenziale, case sparse (tr = 1.5 h)

**INTERSEZIONI INFRASTRUTTURE VIARIE SECONDARIE**

Comune: VIESTE

1. GA00000001NC
2. GA00000003NC
3. GA00000004NC
4. GA00000006NC
5. GA00000007NC
6. GA00000008NC
7. GA00000011NC

**INTERVENTI STRUTTURALI**

**ADEGUAMENTO E MANUTENZIONE DELLE OPERE DI  
ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO**

- |                 |  |
|-----------------|--|
| 1. GA02000077SS | PORTATA di PROGETTO: 106 m <sup>3</sup> /s |
| 2. GA00000048SP | PORTATA di PROGETTO: 106 m <sup>3</sup> /s |

**024IS01. MESSA IN SICUREZZA DEL VALLONE SAN GIULIANO**

L'insufficienza idraulica del V.ne San Giuliano al transito della portata duecentennale, determina l'alluvionamento di porzioni di territorio antropizzate (Loc. Piano Piccolo e Piano S. Maria) dove si riscontra la presenza di edifici ad uso abitativo, agricolo produttivo (serre) e turistico - ricettivo. Per garantire deflussi compatibili con la capacità dell'alveo, si prevede la realizzazione di una cassa di espansione nel territorio rurale di Loc. Servigliano. Tale intervento, abbinato alla messa in sicurezza del torrente macchio e all'adeguamento del reticolo minore in sinistra idraulica, contribuisce in modo significativo alla riduzione del rischio idraulico in Loc. Piano Piccolo. Inoltre, con tale abbattimento dei picchi di piena risulterebbe verificata sotto il profilo idraulico l'opera di attraversamento GA02000077SS.

Ubicazione dell'opera: Comune di VIESTE

Effetti di mitigazione: Comune di VIESTE

Allegato cartografico: 6.4.1

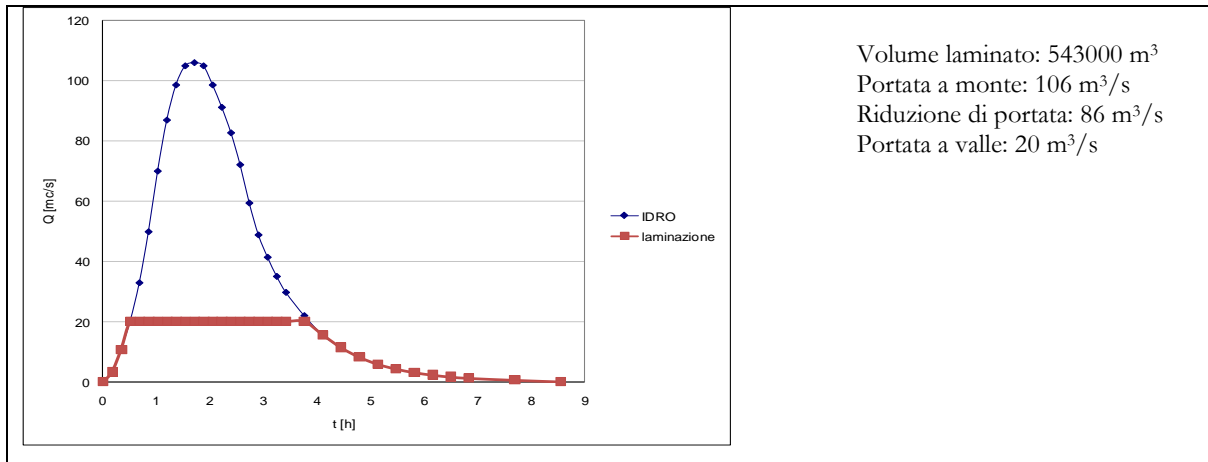


Figura A: Effetto della laminazione sull'idrogramma di piena.

## 6.6 CANALE MACININO

Corografia generale: tavola 6.6.0

### *INTERVENTI NON STRUTTURALI CRITICITA' PER I PIANI DI EMERGENZA*

#### INFRASTRUTTURE PUNTUALI

Comune: VIESTE

- 025IN01. Loc. Spacco: Oleificio tra la sezione 6108 e la sezione 6000 (tr = 1.5 h)  
025IN02. Loc. Mezzane: case sparse tra la sezione 5300 e la sezione 3700 (tr = 1.7 h)  
025IN03. Loc. Molinella: tessuto residenziale tra la sezione 3100 e la foce (tr = 2.2 h)

#### INTERSEZIONI INFRASTRUTTURE VIARIE SECONDARIE

Comune: VIESTE

1. GA00000002NC
2. GA00000005NC
3. GA00000009NC
4. GA00000010NC
5. GA00000012NC
6. GA00000013NC
7. GA00000016NC
8. GA00000015NC

### *INTERVENTI STRUTTURALI*

#### ADEGUAMENTO E MANUTENZIONE DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO

- |                 |  |
|-----------------|--|
| 1. GA00000049SP | PORTATA di PROGETTO: 124 m <sup>3</sup> /s |
| 2. GA00000050SP | PORTATA di PROGETTO: 124 m <sup>3</sup> /s |
| 3. GA00000081SS | PORTATA di PROGETTO: 124 m <sup>3</sup> /s |

#### 025IS01. MESSA IN SICUREZZA DELLE LOCALITA' MEZZANE E MOLINELLA NEL COMUNE DI VIESTE

Ubicazione dell'opera: Comune di VIESTE

Effetti di mitigazione: Comune di VIESTE

Allegato cartografico: 6.6.1

La portata transitante nel Canale Macinino causa l'allagamento di estese porzioni di territorio antropizzato dove ricadono numerosi edifici ad uso abitativo. Tali allagamenti si sono riscontrati anche a settembre 2014 ed hanno determinato notevoli danni alle strutture. Ai fini del contenimento della portata si prevede la realizzazione di una cassa di espansione nel territorio agricolo di Vieste (Loc. Spacco/Fugeredda). Tale intervento consente di ridurre l'intensità della corrente idrica al di fuori dell'alveo e di ottenere una portata compatibile con la capacità di deflusso delle opere di attraversamento idraulico sopra elencate

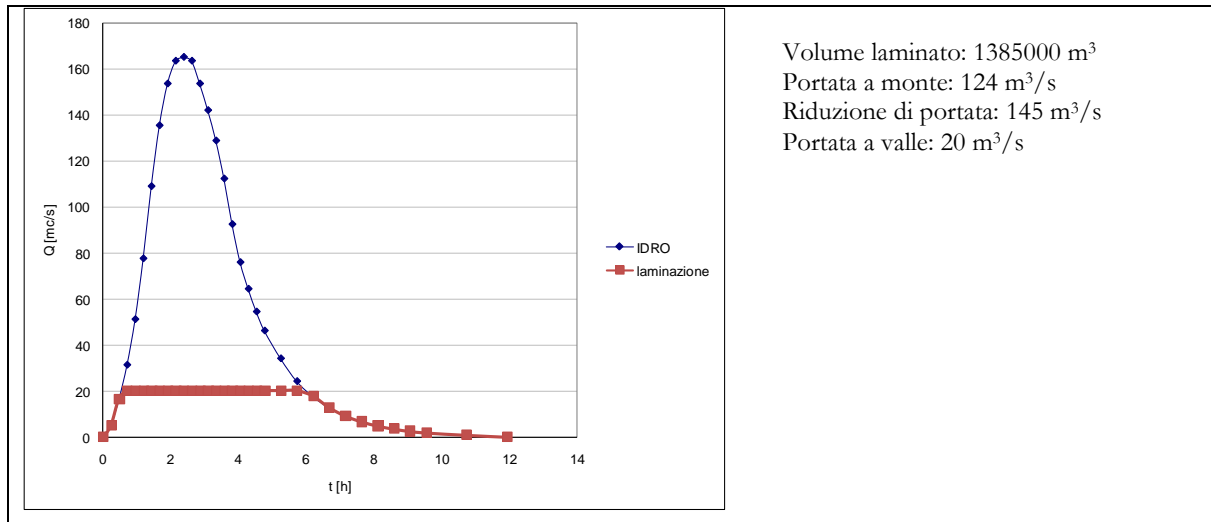


Figura A: Effetto della laminazione sull'idrogramma di piena.

Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle del Gargano.



# LINEE GUIDA DI PROGETTAZIONE – VII



Obiettivo di questa fase è la definizione delle linee guida per la progettazione, esecuzione e controllo degli interventi di messa in sicurezza nelle aree a maggior criticità idraulica, con particolare riferimento alle opere di attraversamento idraulico.

I danni recati in corrispondenza dei punti di attraversamento idraulico delle infrastrutture viarie costituiscono uno tra i dissesti più frequenti nel corso delle piene, così come tragicamente testimoniato anche dai recentissimi eventi alluvionali del 2014. I danni, con rischi per la sicurezza delle persone, sono causati dall'insufficienza della funzionalità idraulica dell'opera di attraversamento (a volte addirittura assente nel caso degli attraversamenti a raso), che può determinare la distruzione di parti importanti della struttura, ma anche l'allagamento di aree circostanti, che in caso di regolare deflusso non sarebbero interessate della propagazione della piena.

Nel corso di una piena, le sollecitazioni più importanti che subiscono le infrastrutture viarie in corrispondenza di una intersezione con il reticolo idrografico sono collegate ai seguenti fenomeni:

- lo scalzamento delle fondazioni delle pile o delle spalle, correlato a diversi fenomeni che coinvolgono la dinamica di erosione del fondo alveo e che può comportare il cedimento delle opere;
- la tracimazione o l'erosione dei rilevati con conseguenti processi di cedimento strutturale;
- le sollecitazioni idrodinamiche di varia natura che hanno origine da interazioni diverse tra le opere e la corrente (ostruzione delle luci a causa dei detriti trasportati sul fondo e delle materie galleggianti, funzionamento delle luci in assenza di franco, tracimazione dell'impalcato, disallineamento tra strutture del ponte e direzione di deflusso della corrente).

E' quindi importante dedicare un'attenzione specifica agli attraversamenti idraulici, per individuare le misure adatte a migliorarne la sicurezza, a partire dalla valutazione del loro comportamento idraulico in regime di piena. D'altronde i costi aggiuntivi per rendere un attraversamento idraulico meno vulnerabile sono ridotti, se paragonati a quelli derivanti dalla distruzione o dal danneggiamento grave dell'opera. Inoltre la riduzione della vulnerabilità del ponte migliora il grado di sicurezza per gli utenti e per il territorio circostante.

Nel capitolo VI, attraverso le analisi idrauliche del capitolo V, sono individuate le opere che necessitano interventi per la riduzione della vulnerabilità. Si forniscono dunque in questo paragrafo linee guida per la progettazione e l'adeguamento delle opere di attraversamento idraulico.

## 7.1 IL QUADRO NORMATIVO

Con DM 14 gennaio 2008, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 - Suppl. Ordinario n. 30, sono state approvate le NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI. L'applicazione di tale normativa richiede, in campo idrologico, idraulico, ecc., la valutazione di numerosi parametri: la disponibilità di eventuali linee guida può, al riguardo, favorire le attività di competenza competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

## 7.2 CRITERI DI PROGETTAZIONE

Il progetto di un'opera di attraversamento idraulico, sia di un corso d'acqua che di un canale artificiale, deve essere corredato da una apposita relazione riguardante i problemi idrologici, idrografici ed idraulici relativi alle scelte progettuali, alla costruzione e all'esercizio del ponte. L'ampiezza e l'approfondimento della relazione sono commisurati all'importanza del problema e al grado di elaborazione del progetto.

Nel caso della progettazione di nuove opere di attraversamento la relazione idraulica deve contenere:

- giustificazione della soluzione proposta per l'ubicazione dell'opera, le sue dimensioni e le sue strutture in pianta, in elevazione e in fondazione;
- definizione della prevista successione delle fasi costruttive, in relazione ai mesi dell'anno durante i quali siano da attendersi eventi di piena;
- definizione della scala di deflusso nella sezione interessata per le condizioni attuali e per quelle dipendenti dal costruendo manufatto, anche per le diverse e possibili fasi costruttive previste;
- calcolo del rigurgito provocato dal manufatto e delle modifiche prodotte a monte dell'opera in conseguenza della riduzione della luce libera rispetto a quella primitiva, attraverso l'ausilio di modellistica idraulica almeno in moto permanente nella condizioni ante-operam e post-operam riferita ad un tratto del corso d'acqua sufficientemente esteso a monte e a valle rispetto alla sezione dell'attraversamento, per un estensione totale comunque non inferiore a 500 metri;
- idonei rilievi topografici delle sezioni del tratto di corso d'acqua esaminato, a supporto del modello geometrico, particolarmente accurati nel tratto a ridosso dell'attraversamento, il cui numero va commisurato alle esigenze di dettaglio delle analisi idrauliche e comunque con interesse non superiore a 30 metri;
- valutazione dello scavo localizzato con riferimento alle forme e alle dimensioni di eventuali pile, spalle e relative fondazioni, nonché dei rilevati, nel caso in cui le opere interessino l'alveo;
- esame delle conseguenze della presenza di corpi trasportati dalle acque, ove ricorra detta possibilità, e studio della difesa dagli urti e dalle abrasioni, nonché delle conseguenze di possibili ostruzioni delle luci (specie se queste possono creare invasi anche temporanei a monte), sia nella fase costruttiva sia durante l'esercizio delle opere.

Nello specifico, il progetto deve essere redatto secondo i seguenti criteri di compatibilità idraulica.

### a) *Portata di piena di progetto*

Le verifiche idrauliche dell'opera devono essere condotte avendo come riferimento una portata di progetto avente tempo di ritorno di 200 anni, da determinare attraverso lo studio idrologico nella sezione di interesse dell'infrastruttura. In ogni caso sarà necessario verificare che le opere non comportino un aggravamento delle condizioni di rischio idraulico sul territorio circostante per la piena bicentenaria.

### b) *Posizionamento dell'opera di attraversamento rispetto all'alveo*

L'insieme delle opere costituenti l'attraversamento non deve comportare condizionamenti al deflusso della piena e indurre modificazioni all'assetto morfologico dell'alveo. L'orientamento dell'opera deve essere parallelo alla direzione di flusso principale della corrente. In particolare devono essere rispettate le seguenti condizioni:

- per i corsi d'acqua non arginati le pile e le spalle devono, di norma, essere poste al di fuori delle sponde incise dell'alveo; in via eccezionale le pile possono interessare la sponda, purché sia integrata con opportuni accorgimenti di difesa e di rivestimento;

- per i corsi d'acqua arginati, la spalla del ponte deve essere, di norma, sul lato campagna a distanza dal piede dell'argine maestro; lo stesso limite vale per il caso in cui siano presenti pile sul lato campagna; sul lato fiume la posizione delle pile deve essere al di fuori del petto dell'argine; in via eccezionale la pila può interessare il corpo arginale, purché non intacchi il nucleo centrale dell'argine stesso e sia integrata con opportuni accorgimenti di difesa e di rivestimento;
- nei casi in cui il ponte sia inserito in un tratto di corso d'acqua interessato da altre opere di attraversamento poste in adiacenza, a monte e/o a valle, è opportuno che le pile in alveo e le spalle siano, di norma, allineate con quelle esistenti, in modo che le pile presenti, considerate congiuntamente, non riducano la luce effettiva disponibile, anche ai fini del rischio di ostruzione da parte del materiale trasportato in piena.
- quando le condizioni geomorfologiche ed idrauliche dei luoghi rendano indispensabile la realizzazione di parte del rilevato nell'area di impronta della piena riferita ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni, lo stesso rilevato dovrà essere adeguatamente protetto dalle azioni idrodinamiche della piena e il progetto supportato da dettagliate verifiche idrauliche e geotecniche in grado di valutare la sua stabilità rispetto alle azioni dei deflussi di piena che lo investono.
- in ogni caso l'attraversamento dovrà essere corredato da opere accessorie necessarie per garantire il corretto imbocco e sbocco dei deflussi di piena ed evitare contropendenze lungo il profilo di fondo alveo.

c) *Effetti idraulici indotti*

La soluzione progettuale dell'opera deve garantire l'assenza di effetti negativi indotti sulle modalità di deflusso in piena; in particolare il profilo idrico di rigurgito eventualmente indotto dall'insieme delle opere di attraversamento non deve comportare un aumento delle condizioni di rischio idraulico per il territorio circostante. Vanno inoltre verificati seguenti aspetti aggiuntivi:

- compatibilità dell'opera e delle eventuali sistemazioni idrauliche connesse con gli effetti indotti da possibili ostruzioni delle luci ad opera di corpi flottanti trasportati dalla piena ovvero di deposito anomalo di materiale derivante dal trasporto solido, soprattutto nel caso possano realizzarsi a monte invasi temporanei di dimensione significativa;
- se il nuovo ponte genera effetti di minore laminazione della piena lungo l'asta fluviale, si dovranno valutare e adottare provvedimenti conseguenti per eliminare erosioni localizzate e possibili esondazioni in tratti in precedenza ritenuti in relativa sicurezza idraulica.

d) *Franco di sicurezza*

Il minimo franco, ovvero la distanza tra la massima quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di intradosso del ponte, deve essere crescente con i valori della portata di progetto, in relazione alle dimensioni del bacino idrografico sotteso, e alle locali condizioni idrodinamiche della corrente (quali quantità di moto, energia cinetica, etc.).

Ulteriori garanzie dovranno essere fissate in relazione alla tipologia di opera e delle situazioni ambientali della parte di monte del corso d'acqua, in rapporto alla copertura vegetale e alle possibilità di trasporto solido.

Nel caso di corsi d'acqua arginati, la quota di intradosso del ponte deve essere superiore a quella della sommità arginale.

E' altresì opportuno determinare la riduzione di franco che si manifesta per portate superiori a quella di progetto (con particolare riferimento agli scenari con tempo di ritorno di 500 anni), ai fini di una completa determinazione dello stato di sicurezza dell'opera.

e) *La luce libera*

Gli attraversamenti di minore importanza devono di norma avere una luce minima di 2,5 metri ed un'altezza minima di 1,75 metri.

Il dislivello tra la quota di intradosso dell'impalcato e il fondo alveo deve essere più consistente quando si possa temere il transito di alberi di alto fusto, ovvero quando siano possibili sovralti del fondo alveo per deposito di materiale lapideo.

Nei casi in cui la larghezza dell'impronta della piena di progetto sia limitata è preferibile la realizzazione di un ponte con pile e spalle esterne alla corrente.

f) *Le pile*

La parte maggiormente attiva dell'alveo, significativamente l'alveo inciso, deve, di norma, essere lasciata libera da pile, compatibilmente con i vincoli di natura strutturale, ricercando una soluzione che collochi le pile in golena o nelle zone dove l'altezza d'acqua in piena sia relativamente modesta.

La forma delle pile in alveo è preferibile sia quella circolare o di tipo profilato, in modo da costituire minore ostacolo alla corrente (minore esposizione all'erosione). Anche la struttura di fondazione (sia diretta, sia di collegamento agli elementi portanti sottostanti) è opportuno sia adeguatamente sagomata.

Nei casi in cui si abbia elevata velocità di corrente abbinata a un trasporto solido significativo, la parte delle pile a contatto con la corrente deve essere opportunamente protetta.

Nel caso l'opera sia inserita in un tratto di corso d'acqua arginato è necessario prevedere protezioni (rivestimenti e/o diaframmature) del paramento lato fiume dell'argine, in conseguenza delle maggiori sollecitazioni idrodinamiche indotte dall'opera stessa. In situazioni particolari possono essere necessarie opere di ringrosso e/o sovrizzo arginale locale.

g) *Effetti idrodinamici*

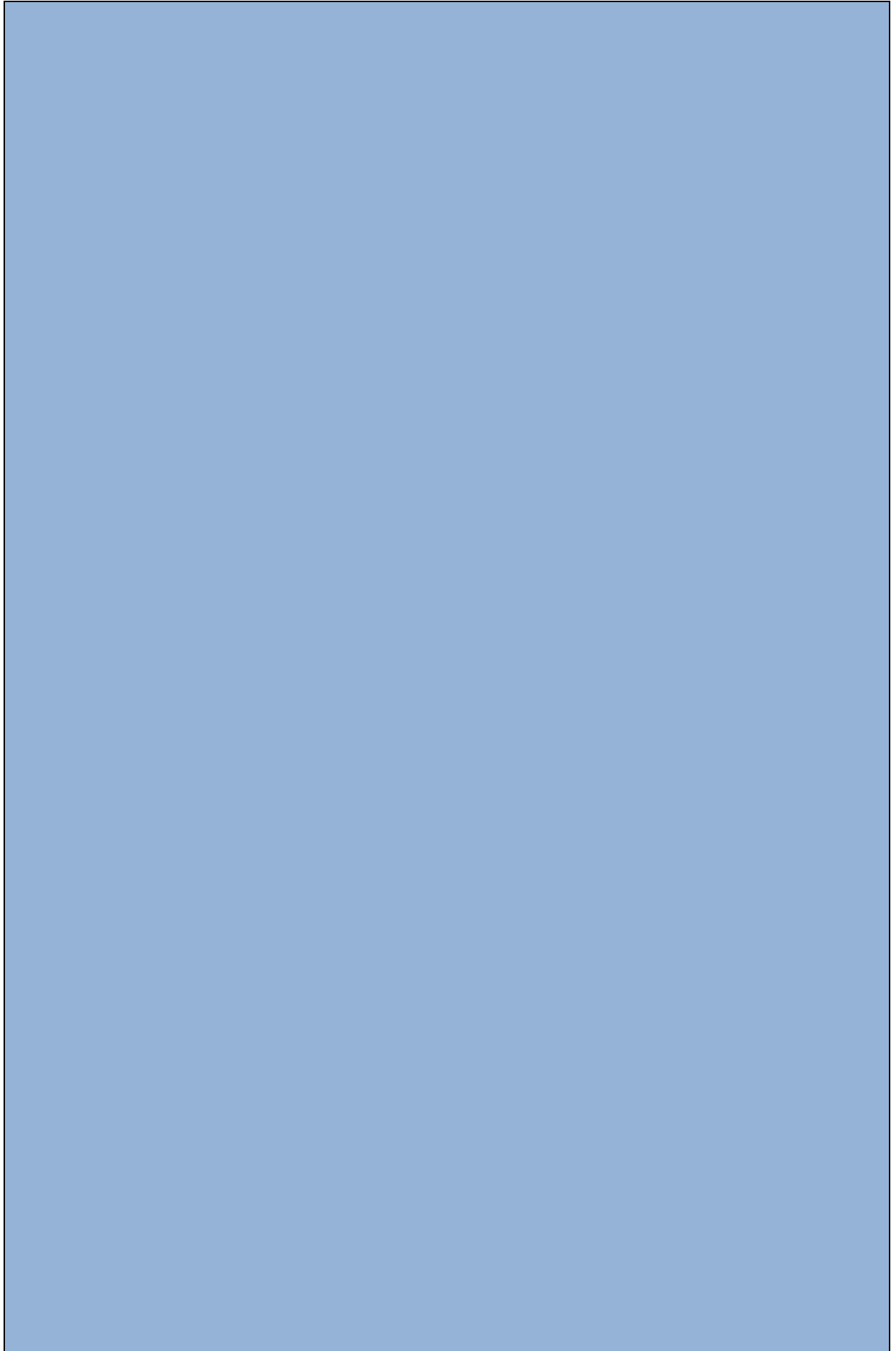
Il progetto del manufatto e delle opere connesse deve contenere la verifica della stabilità strutturale rispetto ai seguenti aspetti:

- scalzamento massimo sulle fondazioni delle pile, delle spalle; le fondazioni delle pile e delle spalle devono essere dimensionate in modo da sopportare direttamente il massimo scalzamento prevedibile (scalzamento diretto ed eventuale abbassamento del fondo alveo), senza la necessità di opere idrauliche aggiuntive. Ad esempio nel caso di fondazioni su pali il dimensionamento dei pali deve considerare scoperto il tratto di palo compreso tra la testa e la quota di massimo scalzamento;
- urti e abrasioni provocate dalla corrente sulle pile in alveo;
- scalzamento massimo sui rilevati di accesso per effetto dell'erosione della corrente;
- spinta idrodinamica per effetto del sovrizzo idrico indotto dalla struttura; ove opportuno la valutazione deve essere condotta anche con riferimento a condizioni di tracimazione del ponte per effetto di ostruzione delle luci.

h) *Opere idrauliche collegate al ponte.*

Nel caso in cui l'inserimento o la presenza del ponte comporti la realizzazione di opere idrauliche con funzioni di sistemazione dell'alveo nel tratto interessato dall'attraversamento, il progetto deve comprendere la definizione delle opere stesse con lo stesso livello di dettaglio relativo all'opera principale.

*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle del Gargano.*







## CONCLUSIONI

Il presente lavoro offre un approccio metodologico finalizzato alla messa in sicurezza idraulica a scala di bacino per i corsi d'acqua principali dell'unità fisiografica del Gargano, operando in maniera sistematica analisi di tipo geomorfologico, idrologico ed idraulico per la comprensione delle dinamiche di pericolosità del territorio e addivenendo alla individuazione dei provvedimenti di tipo strutturale e non strutturale per la mitigazione del rischio.

Come supporto alla modellistica idrologica ed idraulica, sono resi disponibili:

- il **censimento delle opere idrauliche di attraversamento**, utile sia ai fini della costruzione geometrica dei modelli, che per esigenze di polizia idraulica;
- le **mappe delle direzioni di flusso e delle aree contribuenti**, forzate sul reticolo idrografico della carta idrogeomorfologica dell'AdB Puglia, con individuazione della componente endoreica;
- la **mappa del Curve Number**, parametro comunemente adoperato per la determinazione del volume di deflusso, ovvero del volume di precipitazione depurato delle perdite idrologiche;
- l'**associazione dell'indice di Manning alle classi di uso del suolo** della Carta Tecnica Regionale del SIT Puglia, per la valutazione della resistenza al flusso;

Gli strumenti succitati hanno valore se rapportati alla scala di indagine del presente studio. Al di fuori di questa attività assumono valore indicativo e informativo di primo livello, senza escludere che approcci altrettanto plausibili siano possibili a partire da assunzioni (es. cartografie, conoscenze provenienti da altre esperienze, analisi idrologiche, ecc.) diverse da quelle qui adoperate.

Le analisi idrologiche, condotte in maniera organica e sistematica sui corsi d'acqua, hanno consentito la valutazione dell'andamento del **coefficiente udometrico dei bacini idrografici** dei corsi d'acqua del Gargano (v. figura A), utile per valutazioni di tipo speditivo.

Le modellazioni idrauliche sono state condotte su tutte le aste di reticolo aventi bacino contribuyente maggiore o uguale a 10 km<sup>2</sup> e hanno prodotto la **rappresentazione sistematica dei tiranti e delle velocità** della corrente nei tre scenari di riferimento secondo le NTA (Norme Tecniche di Attuazione) del PAI, ovvero relativi ai tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni. Tali elementi sono richiesti esplicitamente dalla Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010 di recepimento. La conoscenza delle grandezze idrodinamiche, oltre alla rappresentazione dell'estensione delle aree a pericolosità idraulica, è difatti fondamentale per la comprensione del fenomeno e per la valutazione della vulnerabilità idraulica, nell'ambito della gestione del rischio. E' inoltre proposto un **approccio per la valutazione delle aree a pericolosità idraulica**, basata sia sul tempo di ritorno dell'evento estremo, sia sulle corrispondenti grandezze idrodinamiche.

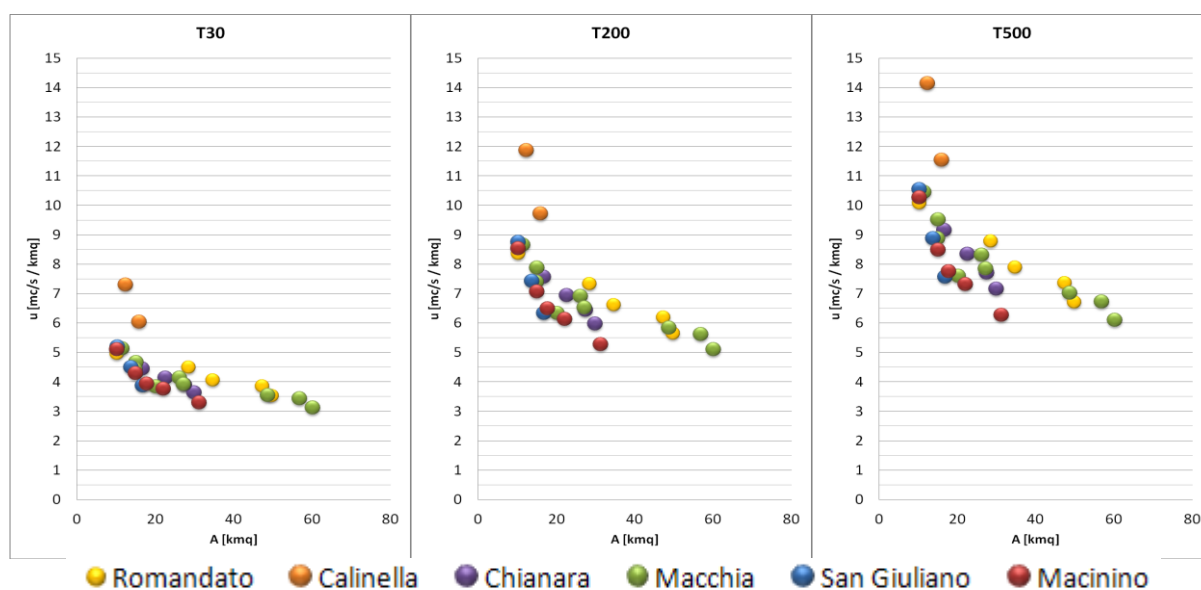


Figura A – Coefficienti udometrici per i corsi d'acqua del Gargano

Le risultanze delle analisi svolte hanno dunque consentito **individuare le criticità connesse all'assetto idraulico del territorio** e di svolgere una **valutazione preliminare degli interventi a scala di bacino**, necessari alla messa in sicurezza del reticolo idrografico esaminato. Gli interventi contemplano adeguamenti delle sezioni utili al libero deflusso delle acque per le opere di attraversamento idraulico e la realizzazione di casse di espansione per la riduzione del rischio, nonché provvedimenti di tipo non strutturale. L'individuazione delle criticità deve essere rapportata allo stato dei luoghi nel periodo di redazione dello studio. Non si esclude dunque che alcune delle problematiche di sicurezza idraulica che ne emergono siano già state oggetto di analisi con l'individuazione di progetti di mitigazione del rischio, sulla quale questa Autorità ha espresso un proprio parere di competenza, ma che di fatto non hanno ancora prodotto una risolutiva modifica dello stato dei luoghi. Quanto proposto nella valutazione preliminare rappresenta inoltre solo possibili scenari di intervento, che non individuano in alcun modo scelte preferenziali da parte di questa Autorità per finalità diverse da quelle del presente studio.

Con riferimento al reticolo idrografico principale sono stati individuati interventi di tipo strutturale per la messa in sicurezza delle aree a rischio di interesse strategico e pubblica rilevanza, per i quali è assegnato un indice di priorità in funzione dell'importanza degli esposti, riportato nella tabella A.

**Tabella A – Priorità degli interventi nell'area omogenea del "Gargano"**

Classe di priorità	Indice di rischio IR	Codice intervento	Tipo intervento
1	.	020IS01	Sistemazione idraulica del T. Ulso (Peschici)
	3,65	021IS01	Sistemazione idraulica del T. Chianara (Vieste)
	3,05	025IS01	Messa in sicurezza delle Località Mezzane e Molinella (Vieste)
	2,58	018IS01	Sistemazione della foce del torrente Romandato in Loc. Cucchiara (Rodi Garganico)
	2,15	024IS01	Messa in sicurezza delle Località P.no Piccolo e P.no S. Maria (Vieste)
	1,85	022IS01	Messa in sicurezza della foce del T. Macchia in Loc. P.no S. Maria (Vieste)

In particolare, è stata indagata, come alternativa interessante per la mitigazione del rischio, la possibilità di realizzare adeguate casse di espansione in aree rurali, poste a monte delle aree urbanizzate, **come opere di invaso per il contenimento delle piene**. Nello specifico sono individuate due aree nel territorio di Vieste, la cui capacità di invaso consente di ridurre la pericolosità idraulica nelle aree vallive. Il loro uso è stato coerentemente valutato dal punto di vista idrologico-idraulico sino alla determinazione della capacità utilizzabile, senza tuttavia entrare nel merito della effettiva disponibilità delle aree e dell'uso attuale, valutazione quest'ultima di tipo economico, estranea alla finalità dello studio effettuato.

**Tabella B – Verifica delle opere di attraversamento idraulico dell'area omogenea "Gargano"**

ATTRAVERSAMENTI ESAMINATI		45									
CORSO D'ACQUA	tempo di ritorno	funzionamento				interventi strutturali					allerte SL
		VERIFICATO	SOMMERSO	SORMONTO	INSUFF.	FV	AS	SS	SP	SL	
Torrente Romandato	T30	3	0	1							
	<b>T200</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Torrente Calinella	T30	1	0	4							
	<b>T200</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
Chianara/Torrente Ulso	T30	2	0	5							
	<b>T200</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
Torrente Macchia	T30	4	0	2							
	<b>T200</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
Vallone San Giuliano	T30	2	0	7							
	<b>T200</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>7</b>
Canale Macinino	T30	3	1	10							
	<b>T200</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>8</b>
TOT	T200	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>19</b>

Per quanto concerne le intersezioni del reticolo idrografico principale con le infrastrutture viarie, nell'area del Gargano sono state analizzate sotto il profilo idraulico 45 opere di attraversamento idraulico, di cui 38 sono risultate insufficienti per il regolare deflusso delle acque, richiedendo dunque interventi di tipo strutturale o l'adozione di sistemi di allerta (v. tabella B). Nello specifico, interventi di tipo strutturale sono suggeriti per le opere di attraversamento idraulico delle infrastrutture viarie principali, ovvero quelle avente competenza almeno provinciale; mentre per le intersezioni a rischio con le infrastrutture secondarie (ovvero quelle di livello comunale) è indicata la necessità di provvedere almeno alla predisposizione di sistemi di allerta e segnaletica stradale opportuna, in assenza dello stanziamento di risorse per l'adeguamento strutturale. Si rappresenta che la **vulnerabilità delle opere di attraversamento è valutata in relazione al loro comportamento idraulico in regime di piena**, mentre non è condotta alcuna valutazione sulla vulnerabilità strutturale o legata a fenomeni di permeazione, erosione o trasporto, la quale non attiene alle competenze del presente studio. Non è possibile escludere dunque che attraversamenti ritenuti verificati possano determinare situazioni di criticità diverse da quelle qui esaminate.

A completamento della mappatura delle aree pericolosità idraulica sul reticolo principale, è stato anche indagato il **reticolo minore**, ovvero quello con area contribuyente inferiore ai 10 km<sup>2</sup>, considerando che gli eventi alluvionali recenti, hanno evidenziato problematiche significative anche per bacini idrografici di pochi chilometri quadrati. Sono state dunque individuate tutte le interferenze connesse alla presenza di infrastrutture sul reticolo idrografico minore, organizzate su base comunale. Tali criticità, individuate con metodologia speditiva, hanno valenza di indicazioni di primo livello.

Nelle pagine conclusive si riporta l'elenco delle criticità del reticolo idrografico dei corsi d'acqua dell'area omogenea del "Gargano" ricadente interamente nella Provincia di Foggia, sia con riferimento ai tronchi principali che con riferimento ai tronchi secondari, suddiviso per Comune, utile al fine della predisposizione di piani di emergenza e di azioni locali per la messa in sicurezza del territorio.

Dall'insieme di queste criticità è possibile stralciare le **aree a rischio significativo** per le quali, negli sviluppi del presente studio, è necessario condurre delle **analisi idrauliche di dettaglio**, sulla base di rilievi di nuova acquisizione, per l'individuazione delle aree effettive di allagamento e la determinazione degli interventi di mitigazione del rischio. Tali aree sono elencate in tabella C. Gli studi idraulici dovranno essere condotti con priorità per le aree in cui non è individuata alcuna vincolistica (ovvero per le aree in cui non vi è né il PAI storico, né è presente su cartografia IGM la linea blu rappresentativa del reticolo idrografico).

**Tabella C – Aree a rischio significativo per le quali è necessario programmare studi idraulici di dettaglio**

<b>COD_espoto</b>	<b>Pericolosità idraulica</b>
<b>RETICOLO PRINCIPALE</b>	
GAR02IN02	Fasce e reticolo IGM
GAR12IN02/IN03	PAI (storico) e reticolo IGM
GAR13IN01, GAR14IN01/02, GAR15IN03/04/05	PAI (storico) e reticoli IGM
GAR15IN01/02	Fasce e reticolo IGM
GAR17IN01	PAI (storico) e reticoli IGM
GAR26IN03	Fasce e reticoli IGM
GAR30IN01	Fasce e reticolo IGM
GAR34IN01	Fasce e reticoli IGM
<b>RETICOLO MINORE</b>	
GAR26C02	Reticolo carta idrogeomorfologica
GAR25C01	Reticolo carta idrogeomorfologica
GAR20C01	Reticolo IGM
GAR09C03	Reticolo IGM
GAR09C01	Reticolo carta idrogeomorfologica
GAR30C03	Reticolo IGM
GAR00C46	Reticolo carta idrogeomorfologica
GAR00C29	Reticolo carta idrogeomorfologica
GAR00C13	Reticolo carta idrogeomorfologica
GAR00C12	PAI (storico)

GAR00C11	Reticolo IGM
GAR00C23	Reticolo carta idrogeomorfologica
GAR00C24	Reticolo IGM
GAR00C25	PAI (storico)
GAR00C26	Reticolo IGM
GAR33C01	Reticolo IGM
GAR00C28	PAI (studio e storico) e reticolo IGM
GAR00C19	PAI (storico)
GAR00C20	Reticolo IGM
GAR00C21	Reticolo IGM
GAR00C22	Reticolo carta idrogeomorfologica
GAR00C35-37	PAI (storico) e reticolo IGM
GAR00C39	PAI (storico) e reticolo IGM
GAR00C41	Fasce e reticolo IGM
GAR00C42	Reticolo IGM
GAR00C50	Reticolo IGM
GAR00C48-49	Reticolo IGM
GAR00C10	Reticolo IGM

Infine, nella constatazione che le intersezioni tra il reticolo idrografico e le infrastrutture viarie costituiscono elementi di particolare criticità, come evidenziato - talvolta anche tragicamente – dai recenti eventi alluvionali, sono predisposte delle **linee guida di progettazione per le opere di attraversamento idraulico**.

**PROVINCIA DI FOGGIA**

**COMUNE DI CAGNANO VARANO**

<b>RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuyente ≥ 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR12P01	Insedimenti industriali/artigianali	15°46'5"E	41°49'29"N	V.ne S. Francesco
GAR12P02	Impianto di depurazione	15°46'35"E	41°50'14"N	V.ne S. Francesco
GAR12P03	Insedimento artigianale	15°46'37"E	41°50'30"N	V.ne S. Francesco
<b>RETICOLO MINORE (Area contribuyente &lt; 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR12C01	Edificio rurale ad uso abitativo/produttivo	15°45'50"E	41°49'10"N	V.ne S. Francesco
GAR00C01	Insedimento artigianale	15°45'58"E	41°50'4"N	n.d.

**COMUNE DI CARPINO**

<b>RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuyente ≥ 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR13/14/15 P0	Infrastruttura viaria (SS89)	15°48'27"E	41°51'6"N	F.so di Perillo V.ne S. Anna C.le Antonino
GAR13P01	Case sparse (Loc. Piano di Carpino)	15°48'13"E	41°50'57"N	F.so di Perillo
GAR14P01	Serre	15°48'31"E	41°50'58"N	V.ne S. Anna
GAR14P02	Impianto industriale	15°48'16"E	41°51'21"N	V.ne S. Anna
GAR15P01	Tessuto urbano	15°51'27"E	41°50'27"N	C.le Antonino
GAR15P02	Impianto di depurazione	15°50'44"E	41°51'4"N	C.le Antonino
GAR15P 03/4/5	Serre, stazione ferroviaria, case sparse	15°49'13"E	41°51'10"N	C.le Antonino
<b>RETICOLO MINORE (Area contribuyente &lt; 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR13C01	Insedimenti produttivi	15°48'43"E	41°50'38"N	F.so di Perillo
GAR15C01	Cimitero	15°51'34"E	41°51'5 "N	C.le Antonino

**COMUNE DI ISCHITELLA**

<b>RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuyente ≥ 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR17P01	Case sparse, Masseria Di Cata (Loc. Piana Muschiaturo)	15°48'27"E	41°51'6"N	V.ne del Bollato
<b>RETICOLO MINORE (Area contribuyente &lt; 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR18C01	Insedimenti industriali/artigianali	15°52'28"E	41°54'11"N	T. Romandato

<b>COMUNE DI LESINA</b>				
<b>RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuyente ≥ 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR02P02	Impianto di depurazione, case sparse, insediamenti produttivi	15°22'4"E	41°51'12"N	V. dell'Elce
GAR08P03	Case sparse	41°53'21"N	15°31'18"E	C.le il Vallone
<b>RETICOLO MINORE (Area contribuyente &lt; 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR00C02	Campeggio	15°19'26"E	41°54'8"N	L'Acquarotta
GAR00C03	Insedimento zootecnico	15°18'39"E	41°52'31"N	C.le Pontone
GAR00C04	Campeggio	15°19'7"E	41°51'57"N	C.le Canimpiso
GAR00C05	Edifici rurali ad uso abitativo/produttivo	15°20'38"E	41°51'17"N	C.le Paccone
GAR00C06	Masseria Nisi	15°23'24"E	41°51'2"N	C.le Basso di Ponente (Affluente)
GAR00C07	Casa sparsa	15°25'4"E	41°52'17"N	C.le Basso di Ponente

<b>COMUNE DI MANFREDONIA</b>				
<b>RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuyente ≥ 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR34P01	Cava, Masseria Garzia, insediamenti ad uso abitativo e produttivo (Loc. Terreni Sapone)	15°53'25"E	41°36'59"N	Lama Volara
GAR34P02	Poderi, Masseria Mascherone, case sparse, insediamenti produttivi	15°53'20"E	41°36'4 "N	Lama Volara
<b>RETICOLO MINORE (Area contribuyente &lt; 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR00C08	Tessuto urbano	15°55'10"E	41°37'49"N	V. di S. Lazzaro e altri
GAR32C01	Masserie "la Castellana" e "S. Angelo"	15°53'59"E	41°39'7"N	V.ne Pulsano
GAR33C01	Nucleo abitato, chiesa S. Salvatore	15°51'39"E	41°40'47"N	V. di S. Lazzaro
GAR34C02	Case sparse	15°49'55"E	41°38'10"N	Lama Volara
GAR34C03	Impianti tecnologici	15°51'0"E	41°38'10"N	Lama Volara
GAR34C04	Impianto industriale	15°51'49"E	41°38'26"N	Lama Volara

<b>COMUNE DI MATTINATA</b>				
<b>RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuyente ≥ 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR30P01	Campeggio, case sparse (Loc. Piano di Mattinata)	16°3'57"E	41°42'20"N	V.ne Incoronata
GAR31P01	Case sparse (Loc. Monache)	16°3'13"E	41°42'1"N	V.ne di Carbonara
GAR31P02	Campeggio e case sparse (Loc. Monache)	16°3'51"E	41°41'57"N	V.ne di Carbonara

<b>RETICOLO MINORE (Area contribuente &lt; 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR00C10	Campeggio	16°8'32"E	41°44'48"N	V. dei Mergoli
GAR00C11	Struttura ricettiva	16°7'24"E	41°44'22"N	n.d.
GAR00C12	Case sparse	16°4'39"E	41°43'7"N	Tar di Lupo
GAR00C13	Case sparse (Loc. Carmine)	16°4'11"E	41°42'34"N	n.d.
GAR30C01	Insedimenti artigianali e produttivi	16°2'9"E	41°43'23"N	V.ne Incoronata
GAR30C02	Case sparse, Masseria Papone (Loc. Sperlonga)	16°3'33"E	41°43'3"N	V.ne Incoronata
GAR30C03	Tessuto urbano	16°3'13"E	41°42'46"N	V.ne Incoronata
GAR30C04	Impianto di depurazione	16°3'35"E	41°42'23"N	V.ne Incoronata
GAR30C05	Cimitero	16°3'39"E	41°42'32"N	V.ne Incoronata
GAR31C01	Case sparse	16°2'3"E	41°42'12"N	V.ne di Carbonara

<b>COMUNE DI MONTE SANT'ANGELO</b>				
<b>RETICOLO MINORE (Area contribuente &lt; 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR00C14	Singola abitazione	16°1'14" E	41°40'28" N	V.ne dei Porci
GAR00C15	Case sparse, caserma GdF	16°0'7" E	41°40'4" N	V. Stamburlante
GAR00C16	Tessuto residenziale (Loc. Macchia Libera)	15°59'26" E	41°40'50" N	n.d.
GAR00C17	Case sparse, Masseria Tre Torri	15°59'17" E	41°39'45" N	n.d.
GAR00C18	Case sparse, Oleificio San Michele	15°56'56" E	41°39'41" N	n.d.

<b>COMUNE DI PESCHICI</b>				
<b>RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuente ≥ 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR20/21P00	Campeggi, case sparse (Loc. Padula), infrastrutture viarie (SS89)	16°0'28"E	41°56'36"N	T. Ulso Chianara
GAR21P01	Case sparse, insediamenti artigianali, infrastrutture viarie (SS89)	16°1'7" E	41°54'51"N	Chianara
GAR21P02	Campeggio, case sparse, area sportiva (Loc. Martinetti - Vigilante)	16°0'40"E	41°55'38"N	Chianara T. Ulso
<b>RETICOLO MINORE (Area contribuente &lt; 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR20C01	Tessuto residenziale (Loc. Fondi Miciri)	16°0'12"E	41°54'44"N	T. Ulso
GAR20C02	Insedimenti ad uso abitativo/produttivo (Loc. Bodinizzo)	16°0'24"E	41°55'34"N	T. Ulso
GAR00C19	Case Sparse (Loc. S. Nicola)	16°1'53"E	41°56'39"N	n.d.
GAR00C20	Campeggi (Loc. Manacora - La Bufalara)	16°2'54"E	41°56'17"N	C.le della Crapanese
GAR00C21	Campeggio	16°3'55"E	41°56'24"N	n.d.
GAR00C22	Campeggio (Loc. Bescile)	16°4'23"E	41°56'24"N	n.d.
GAR00C23	Campeggio (Loc. Palude di Sfinale)	16°5'18"E	41°55'54"N	n.d.

<b>COMUNE DI POGGIO IMPERIALE</b>				
<b>RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuyente ≥ 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR01P01	Insedimenti industriali/artigianali (Loc. la Comune)	15°19'36"E	41°51'22"N	C.le la Fara
GAR02P01	Insedimenti ad uso abitativo/produttivo (Loc. Coppa di Montoro)	15°21'48"E	41°50'25"N	V. dell'Elce
<b>RETICOLO MINORE (Area contribuyente &lt; 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR02C02	Insedimento artigianale (Loc. Coppa di Montoro)	15°21'34"E	41°50'4"N	V. dell'Elce
GAR02C01	Insedimento industriale	15°22'15 "E	41°49'27 "N	V. dell'Elce
GAR05C01	Impianto iticoltura, case sparse	15°27'9 "E	41°51'21 "N	C.le S. Leonardo

<b>COMUNE DI RODI GARGANICO</b>				
<b>RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuyente ≥ 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR18P01	Campeggi, case sparse, ferrovia (Loc. Cucchiara)	15°50'42"E	41°55'30"N	T. Romandato
<b>RETICOLO MINORE (Area contribuyente &lt; 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR00C22	Campeggio (Loc. S. Barbara)	15°52'3"E	41°55'0"N	n.d.
GAR00C23	Edifici (Loc. la Ripa)	15°51'51"E	41°55'28"N	n.d.
GAR00C24	Impianto di depurazione	15°52'15"E	41°55'32"N	n.d.
GAR00C25	Tessuto urbano	15°53'12"E	41°55'45"N	V. di Pincio
GAR00C26	Case sparse (Loc. Petrarà)	15°53'42"E	41°55'44"N	n.d.
GAR00C27	Edifici (Loc. Iorio)	15°54'35"E	41°55'50"N	V. Mascherizzo

<b>COMUNE DI SAN GIOVANNI ROTONDO</b>				
<b>RETICOLO MINORE (Area contribuyente &lt; 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR34C01	Case sparse, Masseria Signoritti	15°49'22"E	41°38'59"N	Lama Volara
GAR00C28	Tessuto urbano	15°43'23"E	41°42'14"N	V.ne Portamisuso C.le di Coppe

<b>COMUNE DI SAN NICANDRO GARGANICO</b>				
<b>RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuyente ≥ 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR06P01	Case sparse	15°29'37"E	41°51'35"N	C.le Palombi
GAR07P01	Casa isolata	41°52'9 " N	15°19'36" E	V.ne Camarda



**STUDIO PER LA DEFINIZIONE DELLE OPERE NECESSARIE ALLA MESSA IN SICUREZZA DEL RETICOLO IDRAULICO PUGLIESE,  
CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE AREE DEL GARGANO, DELLE COSTE JONICHE E SALENTINE DELLA REGIONE PUGLIA - GARGANO**

GAR08P01	Tessuto urbano	15°33'52"E	41°49'54"N	C.le Vallone
GAR08P02	Insedimento produttivo	15°31'46"E	41°52'38"N	C.le Vallone
GAR09P01	Serre	15°33'45"E	41°53'38"N	V.ne Scarafone
GAR10P01	Impianto fotovoltaico	15°35'30"E	41°52'18"N	C.le Lampione
GAR10P02	Edifici agricoli ad uso abitativo/produttivo (Loc. Piana di Sagri)	15°35'2"E	41°53'56"N	C.le Lampione
<b>RETICOLO MINORE (Area contribuente &lt; 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR05C02	Impianto itticoltura	15°27'37"E	41°51'34"N	C.le S. Leonardo
GAR07C01	Insedimento agricolo produttivo	15°33'0"E	41°49'21"N	V.ne Camarda
GAR09C01	Tessuto urbano	15°34'4"E	41°50'38"N	V.ne Scarafone
GAR09C02	Case sparse, insediamenti artigianali (Loc. Parco la Vergine)	15°33'55"E	41°51'15"N	V.ne Scarafone
GAR09C03	Impianto di depurazione	15°33'20"E	41°51'5"N	V.ne Scarafone
GAR09C04	Case sparse	15°33'16"E	41°52'55"N	V.ne Scarafone
GAR10C01	Case sparse	15°35'22"E	41°52'0"N	C.le Lampione
GAR10C02	Insedimento agricolo produttivo (Loc. Piana di Sagri)	15°35'1"E	41°53'32"N	C.le Lampione
GAR10C03	Masseria Coppolino	15°36'39"E	41°52'56"N	C.le Lampione
GAR10C04	Insedimento industriale	15°36'54"E	41°53'59"N	C.le Lampione
GAR00C29	Tessuto residenziale (Loc. Rimettituro)	15°36'50"E	41°55'22"N	n.d.

<b>COMUNE DI VICO DEL GARGANO</b>				
<b>RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuente ≥ 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR19P01	Case sparse (Loc. Calinella)	15°59'8"E	41°55'38"N	T. Calinella
GAR19P02	Campeggio, case sparse, infrastrutture viarie (SS89, ferrovia) (Loc. Stazione di Calinella)	15°58'52"E	41°56'2"N	T. Calinella
GAR19P03	Campeggi	15°58'43"E	41°56'27"N	T. Calinella
<b>RETICOLO MINORE (Area contribuente &lt; 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR00C30	Case sparse (Loc. le Pietre Nere)	15°56'2"E	41°56'0"N	V. Selvaggia
GAR00C31	Case sparse	15°56'15"E	41°56'3"N	n.d.
GAR00C32	Nucleo abitato (Loc. S. Menaio)	15°56'36"E	41°56'4"N	V.ne di S. Menaio
GAR00C33	Case sparse	15°57'2"E	41°56'9"N	V. della Noce
GAR00C34	Nucleo abitato (Loc. Villa Maria)	15°57'29"E	41°56'4"N	V. della Noce

<b>COMUNE DI VIESTE</b>				
<b>RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuente ≥ 10 kmq)</b>				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
GAR22P01	Insedimenti industriali/artigianali (Loc. Pastinella)	16°4'29"E	41°53'51"N	T. Macchio
GAR24P01	Case sparse, serre (Loc. Piano Piccolo)	16°6'46"E	41°53'43"N	V.ne S. Giuliano

**STUDIO PER LA DEFINIZIONE DELLE OPERE NECESSARIE ALLA MESSA IN SICUREZZA DEL RETICOLO IDRAULICO PUGLIESE,  
CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE AREE DEL GARGANO, DELLE COSTE JONICHE E SALENTINE DELLA REGIONE PUGLIA - GARGANO**

GAR22/24/25 P00	Campeggi, area residenziale, case sparse, infrastrutture viarie (SP52) (Loc. P.no S. Maria)	16°6'45"E	41°54'49"N	T. Macchio V.ne S. Giuliano C.le Macinino
GAR25P01	Insedimenti industriali/artigianali (Loc. Spacco)	16°8'17"E	41°52'16"N	C.le Macinino
GAR25P02	Case sparse, infrastrutture viarie (SP52ter) (Loc. Mezzane)	16°8'9"E	41°53'11"N	C.le Macinino
GAR25P03	Tessuto residenziale, case sparse (Loc. Molinella)	16°8'11"E	41°54'13"N	C.le Macinino
GAR26P01	Case sparse (Loc. Tavernola)	16°8'58"E	41°49'37"N	V.ne del Palombaro
GAR26P02	Case sparse (Loc. Arioletta)	16°9'44"E	41°50'57"N	V.ne del Palombaro
GAR26P03	Campeggi, case sparse (Spiaggia del Castello)	16°10'21"E	41°51'32"N	V.ne del Palombaro
GAR27P01	Case sparse	16°10'21"E	41°48'58 "N	V.ne della Sgarazza
<b>RETICOLO MINORE (Area contribuente &lt; 10 kmq)</b>				
<b>Cod_esposto</b>	<b>Tipo di esposto</b>	<b>Coordinate geografiche</b>		<b>Bacino idrografico</b>
GAR00C35	Campeggi, case sparse (Loc. Sfinalecchio)	16°5'43"E	41°55'46"N	V. del Roscio
GAR00C36	Campeggio (Loc. la Salata)	16°6'28"E	41°55'28"N	n.d.
GAR00C37	Insedimento industriale/artigianale	16°6'23"E	41°55'10"N	n.d.
GAR00C38	Campeggio, case sparse (Loc. Monticello)	16°6'42"E	41°54'29"N	n.d.
GAR25C01	Campeggio (Loc. Difensola)	16°8'33"E	41°56'59"N	C.le Macinino
GAR00C39	Campeggi e strutture ricettive (Spiaggia San Lorenzo)	16°9'37"E	41°53'25"N	n.d.
GAR00C40	Tessuto urbano (Loc. Pantanelle)	16°10'5"E	41°52'54"N	n.d.
GAR00C41	Campeggi e case sparse (Loc. Scialara)	16°10'21"E	41°51'46"N	n.d.
GAR26C01	Insedimento artigianale	16°10'5"E	41°51'28"N	V.ne del Palombaro
GAR26C02	Nucleo abitato (Loc. Pilone del Prete)	16°10'5"E	41°51'28"N	V.ne del Palombaro
GAR00C42	Campeggio (Spiaggia del Castello)	16°10'24"E	41°51'24"N	n.d.
GAR00C43	Case sparse	16°10'28"E	41°51'14"N	n.d.
GAR00C44	Insedimento agricolo produttivo	16°10'37"E	41°50'57"N	n.d.
GAR00C45	Edifici agricoli ad uso abitativo/produttivo	16°10'29"E	41°49'28"N	Lama le Canne
GAR00C46	Campeggio, case sparse	16°10'59"E	41°50'11"N	Lama le Canne
GAR00C47	Campeggio (Cala S. Felice)	16°11'15"E	41°49'40"N	n.d.
GAR27C01	Case sparse (Loc. Campi)	16°11'19"E	41°48'48"N	V.ne della Sgarazza
GAR00C48	Campeggio, insediamento artigianale	16°11'16"E	41°47'23"N	n.d.
GAR00C49	Campeggio	16°11'3"E	41°47'9"N	Valle la Chianca
GAR00C50	Campeggi (Loc. Lago di Chiaro)	16°11'3"E	41°47'9"N	n.d.

*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle del Gargano.*



## Bibliografia

- Alfieri S. (1927), "L'alluvione della zona barese nel novembre 1926", Bari, Annali del Ministero dei Lavori Pubblici.
- Arcement G.J. & Schneider V.R. (1989). *Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains*. United States Geological Survey Water-supply Paper 2339.
- Azzaroli A., Valduga A. (1967), *Note illustrate della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000, Bari e Mola di Bari*, Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- Bacchi B., Franchini M., Galeati G., Ranzi R. (2000), "Parametrizzazione e regionalizzazione della curva di riduzione dei massimi annuali delle portate medie su assegnata durata", Atti del XXVII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Genova, 12-15 settembre 2000, Vol. II, pp. 129-136.
- Barnes, H.H., (1967), *Roughness Characteristics of Natural Channels*; U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 1849, 213 p.
- Benson M.A., Dalrymple T. (1967), *General field and office procedures for indirect discharge measurements: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations*, book 3, chap. A1, 30 p.
- Bonelli R., Fratino U., Romano L. (2009), *Il complesso rapporto tra la città di Bari e le lame, uno sguardo al passato per un diverso futuro*, Conv. SIGEA, Bari, 28 novembre 2009.
- Brath A., Fiorentino M., Villani P. (1994), Valutazione dei volumi di piena a frequenza assegnata, In: Copertino V.A., Fiorentino M. (a cura di), Valutazione delle piene in Puglia, pp. 269-286.
- Chow V.T. (1959), *Open-channel Hydraulics*, McGraw-Hill.
- Cowen, 1956, Chow, 1959; Bernes, 1967; Linsley, Kohler e Paulhus, 1982; Arcement e Schneide 1989; Phillips e Ingersoll, 1998).
- Da SS4-95SheetFlow.pdf
- Di Baldassarre G., Brath A., Horritt M., Bates P. (2006), *Mappatura ASAR delle aree inondate per la calibrazione e la verifica dei modelli bidimensionali di allagamento*, XXX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche – IDRA 2006
- Dietrich W.E. and Dunne T. (1993), *The channel head, Channel Network Hydrology*, John Wiley, 176-219
- Edson, C.G. (1951). Parameters for relating unit hydrographs to watershed characteristics, Trans. Am. Geophys. Un., 32, 391-396.
- Engman E. (1986). *Roughness Coefficients for Routing Surface Runoff*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 112(1), 39–53.
- Ferro V. (2006), *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill Companies, 848 p.
- Ferro V. (2006), *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill Companies, 848 p.
- Fiorentino, M. (1985), "La valutazione dei volumi di piena nelle reti di drenaggio urbano", Idrotecnica, (3), 141-152.
- Gabellani, S., Silvestro, F., Rudari, R., and Boni, G. (2008), *General calibration methodology for a combined Horton-SCS infiltration scheme in flash flood modeling*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 8, 1317–1327, doi:10.5194/nhess-8-1317-2008.
- Gabriele S., Chiaravallotti F., Cotecchia V. (2006), L'evento pluviometrico del 22 Ottobre 2005 in Puglia. Una ricostruzione sperimentale mediante Meteosat-8 e modello afflussi-deflussi a parametri distribuiti. L'ACQUA, 5, pp. 37-48.

- Hjelmfelt A. T. (1980a), Curve-Number procedure as infiltration method, *Journal of Hydraulics Division*, 106(6), pp 1107-1111.
- Hjelmfelt A. T. (1980b), Empirical investigation of curve number technique, *J. Hydr. Div., ASCE*, 106(9), 1471-1477.
- Horton R. E. (1933), The role of infiltration in the hydrologic cycle. *Trans. AGU*, 14th Ann. Mtg. pp.446-460.
- Huang, Y. (2009). Rapid flood risk assessment using GIS technology, *International Journal of River Basin Management*, 7:1, 3-14.
- Kuo, Guo & Reed -(2001) "Simulation of Mesoscale Cyclone over Mediterranean Sea" 2001 *Meteorological Atmospheric Physics*
- Linsley R., Kohler M.A., Paulhus J.L.H. (1982), *Hydrology for engineers*, McGraw-Hill (New York), 500 p.
- Maione U., (1999), "Le piene fluviali", *La Goliardica Pavese*,
- Marone V. (1971), Calcolo di massima di un serbatoio di laminazione, *L'energia elettrica*, n. 9
- Mastronuzzi G., (2010) "Le gravine e le lame" in "Il patrimonio geologico della Puglia territorio e geositi", Supplemento al numero 4/2010 di "Geologia dell'Ambiente", SIGEA.
- McNamara J.P., Ziegler A.D., Wood S.H., Vogler J.B. (2006), Channel head locations with respect to geomorphologic thresholds derived from a digital elevation model: A case study in northern Thailand, *Forest Ecology and Management*, 224, 147-156
- Mesa O. J., and E. R. Mifflin (1986), On the relative role of hillslope and network hydraulic geometry in hydrologic response, *Scale Problems in Hydrology*, edited by V. K. Gupta, I. Rodriguez-Iturbe, and E. F. Wood, pp. 1- 17, D. Reidel, Norwell, Mass.
- Mills, P., Badcock, A. (2011). Preliminary Flood Risk Assessment Fluvial Flood Hazard Mapping-Normal Depth Method. Disponibile presso il sito <http://www.cfram.ie/pdfs-downloads/TechDocs/Fluvial%20Normal-Depth%20Report%20-%20Final.pdf>
- Mishra S. K. and Singh V. P. (2003): *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, ISBN 1-4020-1132-6,
- Moisello U. e Papiri S. (1986), Relazione tra l'altezza di pioggia puntuale e ragguagliata, *Atti del XX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*, Padova: 615-631
- Montgomery D.R. and Dietrich W.E. (1994), *Landscape dissection and the drainage area-slope thresholds*, *Process Models and Theoretical Geomorphology*, John Wiley, 221-246
- Montgomery D.R., Foufoula-Georgiou E. (1993), Channel network source representation using digital elevation models, *Water Resources Research*, 29, 12, 3925-3934
- Mossa M. (2007) The floods in Bari: what history should have taught, *Journal of Hydraulic Research*, 45, 5, pp. 579-594.
- Naden, P. (1992), Spatial variability in flood estimation for large catchments: The exploitation of channel network structure, *Hydrol. Sci. J.* , 37, 1, pp. 53-71.
- Nash J. E., (1957), "The form of the instantaneous unit hydrograph", *International Union of Geology and Geophysics Assembly of Toronto*, 3, 114-120.
- Paoletti, A. (2010). *Prontuario dell'Ingegnere*, a cura di Guadagni, A. Hoepli. ISBN 978-88-203-4407-8
- Petroselli A., Nardi F., Santini M., Grimaldi S. (2009), Modello afflussi-deflussi wfuh: metodologia innovativa per l'applicazione in bacini non strumentati, *Atti del IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria*, 3-24
- Phillips J.V., and Ingersoll, T.L., (1998), Verification of roughness coefficients for selected natural and constructed stream channel in Arizona; *U.S. Geological Survey Professional Paper 1584*, 77p.

Pianese, D., e Rossi, F. (1986): "Curve di possibilità di laminazione delle piene." *Giornale del Genio Civile*, fasc. 4,5,6 - Apr., Mag., Giu., pp. 131-148.

Porcu F. & Prodi F (2001).- "Osservazione multisensore di sistemi nuvolosi alla mesoscala in area mediterranea" 2001

Rallison R. E. (1980), Origin and evolution of the SCS runoff equation. Proc., ASCE Irrig. and Drain. Div. Symp on watershed Mgmt., ASCE, New York, N.Y., Vol II, 912-924

Reale O., Atlas D. (2001)- "Tropical cyclones like vortices in Extratropics: observational evidence and synoptic analysis" *Weather Forecasting* 16, 2001.

Ree W.O., Wimberley F.L. and Crow F.R. (1977), Manning n and The Overland Flow Equation, Transactions of the ASAE, Volume 20, Number 1, pages 89-95, 1977

Rodriguez-Iturbe I., Rinaldo A. (1997), *Fractal River Basins*, Cambridge University Press, New York.

Romano L., Castorani A., Di Santo A.R., Fratino U. (2010a), On the channel head location and landscape evolution using dems, Atti EIAHR 2010, Edinburgh, 4-6 maggio 2010

Romano L., Fratino U., Di Santo A. R., (2010) "Flooding areas of Ofanto river using advanced topographic and hydraulic approaches". Dept. Water Engineering & Chemistry, Technical University of Bari, 70125 Bari, Italy -Contributo nel convegno "Geomatics for Crisis management

Silletti, G. (2006), Danni alluvionali in Puglia: non dimentichiamoci della difesa del suolo, *Silvae*, II, 5: 247-274

Singh, V.P. (1988) *Hydrologic System: Rainfall-Runoff Modeling*. Prentice Hall: Englewood Cliff, New Jersey.

Soil Conservation Service (SCS) (1972), *National Engineering Handbook*, Section 4, Hydrology

Spalluto L., Pieri P., Sabato, L., Tropeano M. (2010) Nuovi dati stratigrafici e cartografici delle unità quaternarie del F° 438 "Bari" (Puglia – Italia meridionale). *Il Quaternario*, 23 (1), 3-14

U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS. Engman, E. T. "Roughness coefficients for routing surface runoff," ASCE, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 112(1), 39-52, 1986

Van der Sande, C.J., Jong de, S.M. and Roo de, A.P.J. (2003). "A Segmentation and Classification Approach of IKONOS-2 Imagery for Land Cover Mapping to Assist Flood Risk and Flood Damage Assessment", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4, 217–229.

Yen, B. C. and V. T. Chow (1980). *Design Hyetograph for Small Drainage Structures*. J. Hyd. Div. Am. Soc. Civil Eng. Vol 106 No.HY6. Pp 1055 -1976.