



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
RETIKOLO IDRAULICO PUGLIESE, CON
PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE AREE DEL
GARGANO, DELLE COSTE JONICHE E SALENTINE
DELLA REGIONE PUGLIA**

**RELAZIONE GENERALE
OFANTO**

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 bacino dell'Ofanto.

INDICE

ELENCO ALLEGATI.....	IV
PREMESSA.....	VI
ANALISI CONOSCITIVA – I.....	1
1.1 IL DATABASE GEORIFERITO DEGLI EVENTI ALLUVIONALI	3
1.2 L'EVENTO ALLUVIONALE DEL 22-23 MARZO 2006.....	4
1.2.1 La precipitazione del 22-23 marzo 2006	4
1.2.2 Analisi della portata dell'evento di marzo 2006 e ricostruzione della portata al colmo di piena.....	13
1.2.3 Gli effetti al suolo	14
1.3 IL CORSO D'ACQUA DELL'OFANTO CHIUSO ALLA STAZIONE DI MONTEVERDE SCALO	19
1.3.1 Analisi qualitativa.....	19
1.3.2 Analisi quantitativa	20
1.4 LE STAZIONI PLUVIOMETRICHE	24
1.4.1 La rete della SMM-CFR Puglia.....	24
1.4.2 La rete Assocodipuglia.....	25
RILIEVI TOPOGRAFICI – II	27
2.1 I CORSI D'ACQUA PRINCIPALI DEL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME OFANTO	29
2.2 I RILIEVI LIDAR.....	30
2.3 IL RILIEVO DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO	32
2.4 LA RAPPRESENTAZIONE VETTORIALE DEI CORSI D'ACQUA.....	39
CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOIDROLOGICA – III.....	41
3.1 LE MAPPE PER LE ANALISI IDROLOGICHE	43
3.1.1 La componente endoreica	43
3.1.2 I raster delle direzioni di flusso e delle aree contribuenti	48
3.2 LA SCABREZZA IDRAULICA	48
3.2.1 Le componenti della resistenza al flusso.....	50
3.2.2 La resistenza in regime di ruscellamento superficiale	51
3.2.3 Attribuzione dell'indice di Manning alle categorie di uso del suolo	52
3.3 IL CURVE NUMBER.....	55
3.3.1 Le classi di permeabilità.....	55
3.3.2 Associazione dei valori del <i>Curve Number</i> alle categorie di uso del suolo	56
3.3.3 La mappa del Curve Number	59
VALUTAZIONI IDROLOGICHE – IV	61
4.1 I MODELLI IDROLOGICI PER LA VALUTAZIONE DELLE PORTATE E DEI VOLUMI DI PIENA	63
4.1.1 Asta principale.....	68
4.1.2 Atella a Ponte sotto Atella.....	71
4.1.3 Ofanto a Cairano	74
4.1.4 Arcidiaconata a Ponte Rapolla Lavello	76
4.1.5 Locone a Ponte Brandi.....	78
4.1.6 Lapilloso a Ponte S.S.168	80
4.1.7 Venosa a p.te Ferroviario e Venosa a p.te S. Angelo.....	81
4.1.8 Torrente Tittadegna	83
4.2 IDROGRAMMI DI PIENA	91
4.3 I PRINCIPALI CORPI IDRICI.....	92
MODELLAZIONE IDRAULICA – V	95
5.0 INTRODUZIONE.....	98
5.0.1 Schematismo 1D e 2D.....	100
5.0.2 Il modello di calcolo TUFLOW.....	100

5.0.3	La pericolosità idraulica relativa	104
5.1	OF01_sud – FIUME OFANTO, FIUMARA DI ATELLA, FOSSO DELLO STROPPITO	109
5.1.1	Descrizione geografica e morfologica	109
5.1.2	La scabrezza	109
5.1.3	Portate	110
5.1.4	Schematismo idraulico	117
5.1.5	Analisi delle opere di attraversamento idraulico	118
5.1.6	Criticità urbane / produttive	120
5.2	OF01b_nord – FIUME OFANTO, TORRENTE OSENTO	121
5.2.1	Descrizione geografica e morfologica	121
5.2.2	La scabrezza	121
5.2.3	Portate	122
5.2.4	Schematismo idraulico	129
5.2.5	Analisi delle opere di attraversamento idraulico	131
5.2.6	Criticità urbane / produttive	131
5.3	OF01a	132
5.3.1	Descrizione geografica e morfologica	132
5.3.2	Scabrezza	132
5.3.3	Portate	132
5.3.4	Schematismo idraulico	137
5.3.5	Analisi delle opere di attraversamento idraulico	137
5.3.6	Criticità urbane / produttive	138
5.4	OF02 monte – FIUMARA L'ARCIDIACONATA, FIUMARA RENDINA, LA FIUMARA, FIUMARA DI VENOSA	139
5.4.1	Descrizione geografica e morfologica	139
5.4.2	La scabrezza	139
5.4.3	Portate	140
5.4.4	Schematismo idraulico	147
5.4.5	Analisi delle opere di attraversamento idraulico	148
5.4.6	Criticità urbane / produttive	149
5.5	OF02 valle – TORRENTE OLIVENTO	150
5.5.1	Descrizione geografica e morfologica	150
5.5.2	La scabrezza	150
5.5.3	Portate	150
5.5.4	Schematismo idraulico	155
5.5.5	Analisi delle opere di attraversamento idraulico	156
5.5.6	Criticità urbane / produttive	157
5.6	OF03a – FIUME OFANTO	158
5.6.1	Descrizione geografica e morfologica	158
5.6.2	Scabrezza	158
5.6.3	Portate	158
5.6.4	Schematismo idraulico	163
5.6.5	Analisi delle opere di attraversamento idraulico	164
5.6.6	Criticità urbane / produttive	165
5.7	OF03b m – TORRENTE LOCONE MONTE DIGA	166
5.7.1	Descrizione geografica e morfologica	166
5.7.2	Scabrezza	166
5.7.3	Portate	166
5.7.4	Schematismo idraulico	171
5.7.5	Analisi delle opere di attraversamento idraulico	171
5.7.6	Criticità urbane / produttive	172
5.8	OF03b v - TORRENTE LOCONE - VALLE DIGA	173
5.8.1	Descrizione geografica e morfologica	173
5.8.2	Scabrezza	173
5.8.3	Portate	173
5.8.4	Schematismo idraulico	179

5.8.5	Analisi delle opere di attraversamento idraulico.....	179
5.8.6	Criticità urbane / produttive.....	180
5.9	OF03c – CANALE CAVALLARO	181
5.9.1	Descrizione geografica e morfologica	181
5.9.2	Scabrezza.....	181
5.9.3	Portate	181
5.9.4	Schematismo idraulico	187
5.9.5	Analisi delle opere di attraversamento idraulico.....	188
5.9.6	Criticità urbane / produttive.....	189
5.10	OF04 - TORRENTE TITTADEGNA	190
5.10.1	Descrizione geografica e morfologica	190
5.10.2	Scabrezza.....	190
5.10.3	Portate	191
5.10.4	Schematismo idraulico	197
5.10.5	Analisi delle opere di attraversamento idraulico.....	198
5.10.6	Criticità urbane / produttive.....	199
5.11	OF05 – FOCE FIUME OFANTO.....	200
5.11.1	Analisi delle opere di attraversamento idraulico.....	201
VALUTAZIONE PRELIMINARE DEGLI INTERVENTI – VI	203	
6.0	DESCRIZIONE GENERALE	205
6.1	FIUME OFANTO	209
6.2	FIUMARA DI VENOSA	212
6.3	TORRENTE LOCONE.....	213
6.4	CANALE DELLA PIENA DELLE MURGE.....	214
6.5	TORRENTE TITTADEGNA	216
LINEE GUIDA DI PROGETTAZIONE – VII.....	219	
7 . 1	IL QUADRO NORMATIVO	221
7 . 2	CRITERI DI PROGETTAZIONE.....	221
CONCLUSIONI	227	
BIBLIOGRAFIA	237	

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

- 2.1 – I corsi d'acqua del fiume Ofanto con bacino contribuente maggiore di 25 kmq
- 2.2 - Copertura Lidar nell'area del bacino del fiume Ofanto
- 2.3.1a – Rilievo degli attraversamenti idraulici nell'area dell'unità fisiografica del fiume Ofanto
- 2.3.1b - Rilievo degli attraversamenti idraulici nell'area dell'unità fisiografica del fiume Ofanto
- 2.3.1c - Rilievo degli attraversamenti idraulici nell'area dell'unità fisiografica del fiume Ofanto
- 2.3.2 - Scheda monografica degli attraversamenti idraulici
- 2.3.3 - Elenco attraversamenti rilevati
 - 2.4.1 a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF01sud – tav. 1
 - 2.4.1 b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF01sud – tav. 2
 - 2.4.1 c - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF01sud – tav. 3
 - 2.4.1 d - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF01sud – tav. 4
 - 2.4.1 e - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF01sud – tav. 5
 - 2.4.1 f - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF01sud – tav. 6
 - 2.4.2 a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF01b_nord – tav. 1
 - 2.4.2 b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF01b_nord – tav. 2
 - 2.4.3 a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF01a – tav. 1
 - 2.4.3 b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF01a – tav. 2
 - 2.4.4 a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF02_monte_diga – tav. 1
 - 2.4.4 b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF02_monte_diga – tav. 2
 - 2.4.4 c - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF02_monte_diga – tav. 3
 - 2.4.5 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF02_valle_diga
 - 2.4.6 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF03a
 - 2.4.7 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF03b_m
 - 2.4.8 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF03b_v
 - 2.4.9 a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF03c – tav. 1
 - 2.4.9 b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF03c – tav. 2
 - 2.4.9 c - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico dell'OF03c – tav. 3
 - 2.4.10 a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del torrente Tittadegna – tav. 1
 - 2.4.10 b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del torrente Tittadegna – tav. 2
 - 2.4.10 c - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del torrente Tittadegna – tav. 3

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

- 4.0 – Risultati delle analisi idrologiche per i bacini del fiume Ofanto

- 5.0 - Schedario dei modelli idraulici
 - 5.1.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF01_sud - tav.1

- 5.1.2 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF01_sud - tav.2
- 5.1.3 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF01_sud - tav.3
- 5.1.4 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF01_sud - tav.4
- 5.1.5 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF01_sud - tav.5
- 5.1.6 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF01_sud - tav.6
- 5.1.7 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF01_sud - Area_2d_1
- 5.1.8 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF01_sud - Area_2d_2
- 5.1.9 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF01_sud - Area_2d_3
- 5.2.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF01b_nord - tav.1
- 5.2.2 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF01b_nord - tav.2
- 5.3.1 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF01a - tav. 1
- 5.3.2 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF01a - tav. 2
- 5.4.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF02_monte diga- tav. 1
- 5.4.2 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF02_monte diga- tav. 2
- 5.4.3 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF02_monte diga- tav. 3
- 5.4.4 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF02_monte diga- tav. 1
- 5.4.5 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF02_monte diga- tav. 2
- 5.5.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF02_valle diga
- 5.5.2 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF02_valle diga
- 5.6.1 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF03a - tav.1
- 5.6.2 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF03a - tav.2
- 5.6.3 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF03a - tav.3
- 5.7.1 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF03b_monte diga
- 5.8.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF03b_valle diga
- 5.8.2 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF03b_valle diga
- 5.9.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF03c - tav.1
- 5.9.2 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF03c - tav.2
- 5.9.3 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF03c - tav3
- 5.9.4 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF03c - Area_2d_1
- 5.9.5 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF03c - Area_2d_2
- 5.10.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF04 - Torrente Tittadegna - tav.1
- 5.10.2 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF04 - Torrente Tittadegna -tav.2
- 5.10.3 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF04 - Torrente Tittadegna - tav.3
- 5.10.4 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF04 - tav.1
- 5.10.5 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF04 - tav.2

- 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
- 6.1.0 a - Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il Fiume Ofanto. Corografia generale
- 6.1.0 b - Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il Fiume Ofanto. Corografia generale
- 6.1.0 c - Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il Fiume Ofanto. Corografia generale

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:

1. 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;
2. 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;
3. 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;
4. 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;
5. 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 del territorio per l'unità fisiografica dell'Ofanto. 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 km² - 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 del fiume Ofanto.

Al fine di costruire i modelli geometrici (capitolo II), alla base della modellistica idraulica, sono acquisiti e processati i rilievi topografici di tipo LIDAR sull'asta e sugli affluenti principali¹ del fiume Ofanto, 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).

¹ Si definisce reticolo idrografico principale quello al quale afferisce un'area contribuente maggiore/uguale di 25 km², soglia adottata per l'implementazione della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.

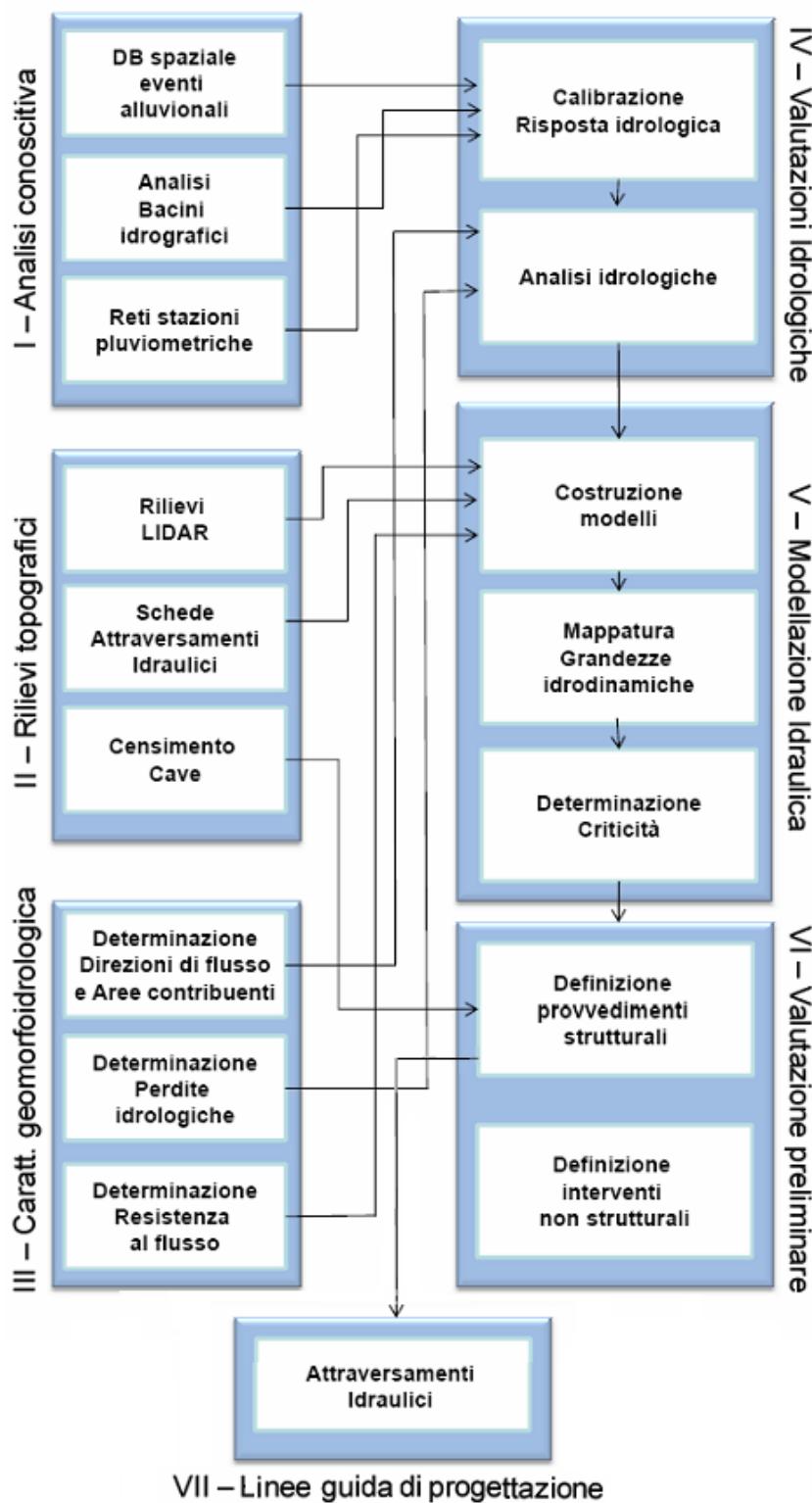


Figura 0 – Workflow del progetto

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

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

ARCHIVIO DIGITALE



- \EVENTI_ALLUVIONALI
 - Eventi_alluvionali_post_AVI (shp e kmz)
 - \FOTO\Foto evento 23-23 marzo 2006 (jpg)
 - \REGISTRAZIONI\Registrazioni orarie del 22-23 marzo 2006
- \CARTOGRAFIA_DI_BASE
 - Carta geolitologica (shp)
 - Carta dell'uso del suolo (shp)
 - Zone_omogenee (shp)
- \RETI_PLUVIOMETRICHE
 - Stazioni pluviometriche 2006 SMMPuglia Ofanto (shp e kmz)
 - Stazioni pluviometriche 2014 SMMPuglia Ofanto (shp e kmz)
 - Stazioni pluviometriche assocodipuglia Ofanto (shp e kmz)
 - Topoieti SMMPuglia 2014 (shp e kmz)
- \ANALISI
 - \BACINI_DI_ANALISI\Ofanto a Monteverde, Ofanto a foce (shp)



Obiettivo di questa fase è l'integrazione del quadro conoscitivo generale per la definizione di maggior dettaglio delle caratteristiche geomorfologiche, idrologiche ed idrauliche del bacino dell'Ofanto.

Dapprima, è realizzato un *database* georiferito, relativo agli eventi alluvionali che hanno colpito i comuni ricadenti nel bacino idrografico del fiume Ofanto, 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 di esame.

Considerando come bacino sperimentale il bacino dell'Ofanto chiuso a Monteverde Scalo, su cui vi è una stazione di misura dei livelli idrometrici operativa dal 1955 (in sostituzione della stazione di Rocchetta S.Antonio posta a 16 km più a valle), e le corpose informazioni raccolte relativamente all'evento del 22-23 marzo 2006, attraverso un approccio idrologico di tipo distribuito 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 al bacino dell'Ofanto, 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) è stato creato un *database* ricognitivo georeferenziato degli eventi alluvionali che hanno interessato il bacino dell'Ofanto nel periodo successivo a quello di catalogazione del Database AVI (1999). 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

Campo	Descrizione
ID	Identificativo record
Data	Data espressa in gggmaaa, mmaaa o aaaa
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.

La rappresentazione vettoriale del database è fornita come .kmz per visualizzazione su Google Earth nella cartella [\ALL_1_ANALISI_CONOSCITIVA\EVENTI_ALLUVIONALI\Eventi_alluvionali_post_AVI.kmz].

Nello specifico, è studiato l'evento alluvionale del 22-23 marzo 2006 sul bacino dell'Ofanto chiuso a Monteverde Scalo, avendo questo consentito di raccogliere numerosi elementi utili ai fini della calibrazione dei modelli idrologici..

1.2 L'EVENTO ALLUVIONALE DEL 22-23 MARZO 2006

Dal 22 al 23 marzo 2006 la regione Puglia è stata interessata da copiose precipitazioni meteoriche che hanno provocato lo straripamento del fiume Ofanto che ha sommerso diverse strutture produttive e un'area di parcheggio nella quale si trovavano in sosta camion, autovetture e furgoni. Alcuni autotrasportatori presenti nell'area di Servizio denominata Food S.r.l. hanno dovuto mettersi in salvo arrampicandosi sulle cappotte delle cabine dei loro autotreni. La causa ormai riconosciuta delle esondazioni dell'Ofanto non è tanto la violenza delle piene, che gioca pure un ruolo rilevante, quanto la presenza in alveo di ostruzioni originate dal trasporto solido. Queste ostruzioni, particolarmente evidenti in prossimità del ponte al km 39 della SS 655 Bradanica, determinano rigurgito della corrente con l'innalzamento dei profili idraulici ed esondazione nelle aree limitrofe alle sponde.

L'evento alluvionale ha provocato anche l'interruzione della viabilità ordinaria; dissesti idrogeologici diffusi che hanno causato in alcuni casi l'evacuazione di nuclei familiari; danni a colture ed aziende agricole, a infrastrutture pubbliche e private, ad attività produttive, commerciali e ricettive.

L'evento citato ha determinato l'occorrenza di portate rilevanti, caratterizzate da tempi di ritorno trentennali, che si sono sviluppate in tempi modesti. La pioggia è cominciata alle 10:00 del 22 marzo ed ha continuato fino alle 5:00 del giorno successivo. 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 22-23 marzo 2006, in relazione all'evolversi del fenomeno precipitativo, nonché degli effetti al suolo prodotti, ricostruiti sulla base delle numerose informazioni raccolte nel bacino idrografico dell'Ofanto, con il fine ultimo di ricavare elementi utili alla calibrazione dei modelli di piena per i sottobacini non strumentati dell'Ofanto.

1.2.1 La precipitazione del 22-23 marzo 2006

Dal 22 al 23 marzo 2006 copiose precipitazioni meteoriche hanno investito con particolare violenza ed intensità la zona del Vulture-Melfese. Tra i comuni più colpiti, si citano Candela, Rocchetta S.Antonio, Melfi, Cerignola e Avigliano.

La precipitazione caduta ininterrottamente ha fatto registrare quantitativi di pioggia confrontabili con le precipitazioni totali medie mensili.

A dimostrazione di questo, si riporta la tabella seguente in cui le precipitazioni cumulate relative all'evento analizzato sono confrontate con i valori totali medi mensili ed annui di precipitazione registrati negli anni dal 1921 al 2011. In particolare vengono analizzate le stazioni pluviometriche presenti nelle aree maggiormente interessate dall'alluvione oggetto di calibrazione.

Tra le 15 stazioni analizzate, le precipitazioni massime cumulate dell'evento sono state registrate presso la stazione di Lagopesole e, a seguire, San Fele e Melfi.

Dall'analisi dell'annale idrologico del 2006 si evince che, tra le stazioni pluviometriche analizzate, il 22 marzo sono state registrate le precipitazioni di massima intensità (di durata 1, 3, 6, 12 o 24 ore) presso le stazioni di Lagopesole, Atella, e Lacedonia.

Tabella 1.2 - Precipitazioni cumulate (mm) relative all'evento del 22-23 marzo 2006
e valori medi mensili e annui (in mm).

	Evento 22-23 marzo 2006	Media delle precipitazioni totali di marzo (1921-2011)	Media delle precipitazioni totali mensili (1921-2011)	Media delle precipitazioni totali annue (1921-2011)
Andretta	35	67	67	809
Atella	34	58	56	679
Bisaccia	34	69	65	778
Calitri	33.4	66	63	755
Lacedonia	33.6	72*	66*	796*
Lagopesole	51.4	79	71	854
Melfi	36.4	79	68	818
Monticchio Bagni	30.4	81	70	844
Nusco	23.2	95	90	1079
Pescopagano	28	91	88.5	1062
Ripacandida	32.6	54	55	657
Rocchetta S. Antonio	27.4	59	53	633
Rocchetta S. Antonio Scalo	32	59	51	607
S. Angelo dei Lombardi	25.8	77	76	910
San Fele	39.8	90	81	975

* Per la sola stazione di Lacedonia, sono stati considerati i dati di precipitazione disponibili (periodo 1921-2003)

In particolare, alle ore 4:40 circa del 23 marzo 2006, nel comune di Melfi, all'altezza del km. 39+200 della SS 655, è avvenuta l'esondazione del fiume Ofanto, in corrispondenza del ponte di attraversamento della stessa statale.

Al fine di poter confrontare gli effetti al suolo derivanti dall'esondazione dell'Ofanto con i risultati della modellistica idrologica di tipo concentrato accoppiata a schematismo idraulico bidimensionale, è stato assunto come bacino di riferimento il bacino dell'Ofanto chiuso alla stazione di Monteverde Scalo, presso cui è installato un idrometro per la misura dei livelli idrometrici.

La figura 1.1 riporta il bacino di analisi ($A = 1028 \text{ km}^2$) 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 il 22-23 marzo 2006, riportati nella cartella [\ALL_1_ANALISI_CONOSCITIVA\EVENTI_ALLUVIONALI\REGISTRAZIONI], si evince che l'evento si è sviluppato essenzialmente dalle 14.00 alle 23.00 del 22 marzo, con un valore massimo di 20.6 mm/h precipitato dalle ore 20:00 alle ore 21:00 presso la stazione di Lagopesole, come visibile dalla figura 1.2. in cui sono rappresentate le registrazioni pluviometriche orarie presso le stazioni analizzate.

Al fine di individuare il tempo di ritorno dell'evento alluvionale, sono state ricavate le curve di possibilità pluviometrica relative al bacino di analisi. In particolare i topoieti delle stazioni di analisi ricadono nella zona omogenea 4. Sulla base di quanto riportato nel progetto Valutazione Piene (VaPi) del Gruppo Nazionale di Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDI), è stata quindi applicata la seguente equazione 1.1, valida per la zona omogenea 4, per il calcolo del valore medio (\bar{x}) dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t :

$$x(t) = 24.7 t^{0.256} \quad \text{Equazione 1.1}$$

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 :

$$K_{t,T} = 0.5648 + 0.415 \ln T \quad \text{Equazione 1.2}$$

La figura 1.3 riporta le curve di possibilità climatica relative alla zona omogenea 4 e le massime intensità di precipitazione registrate durante l'evento del 22-23 marzo 2006.

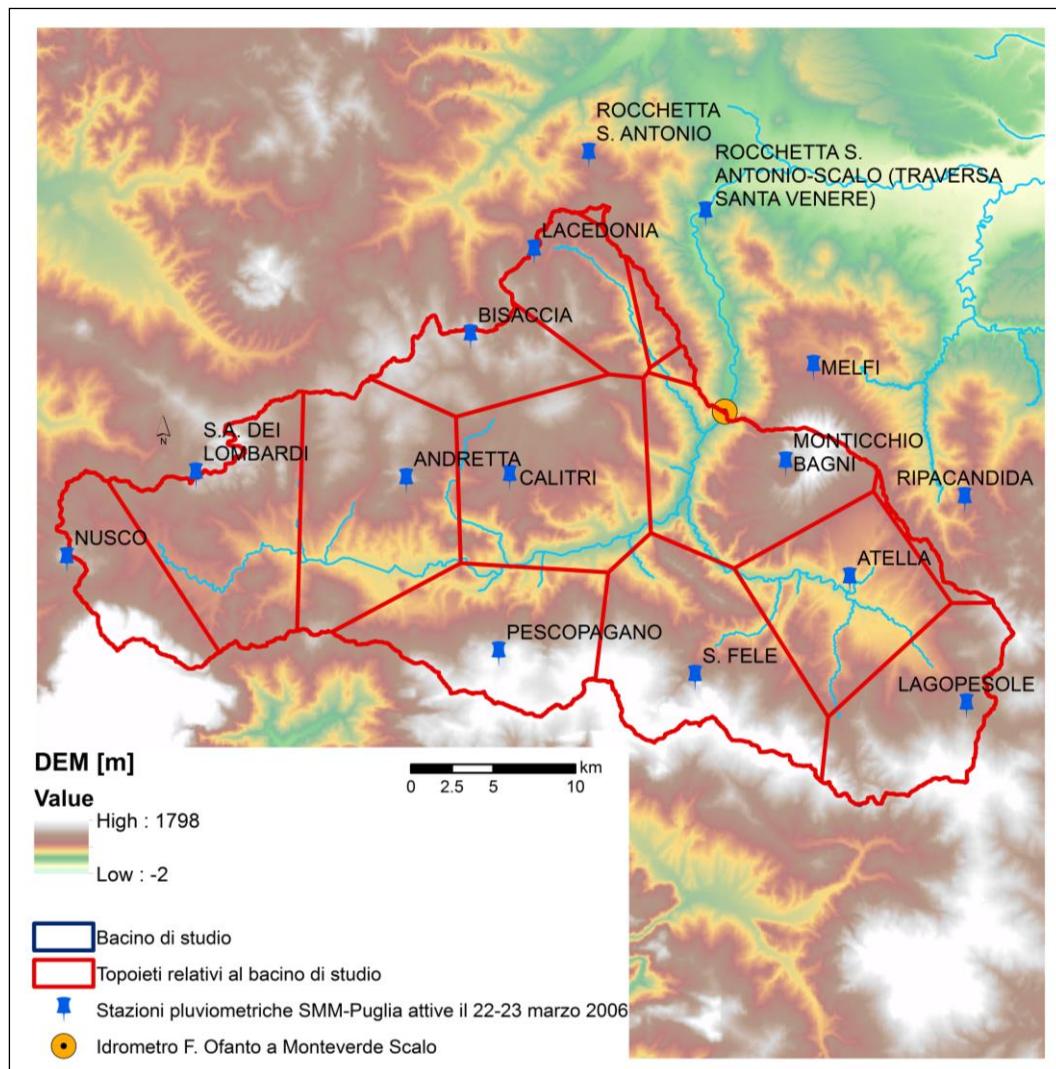
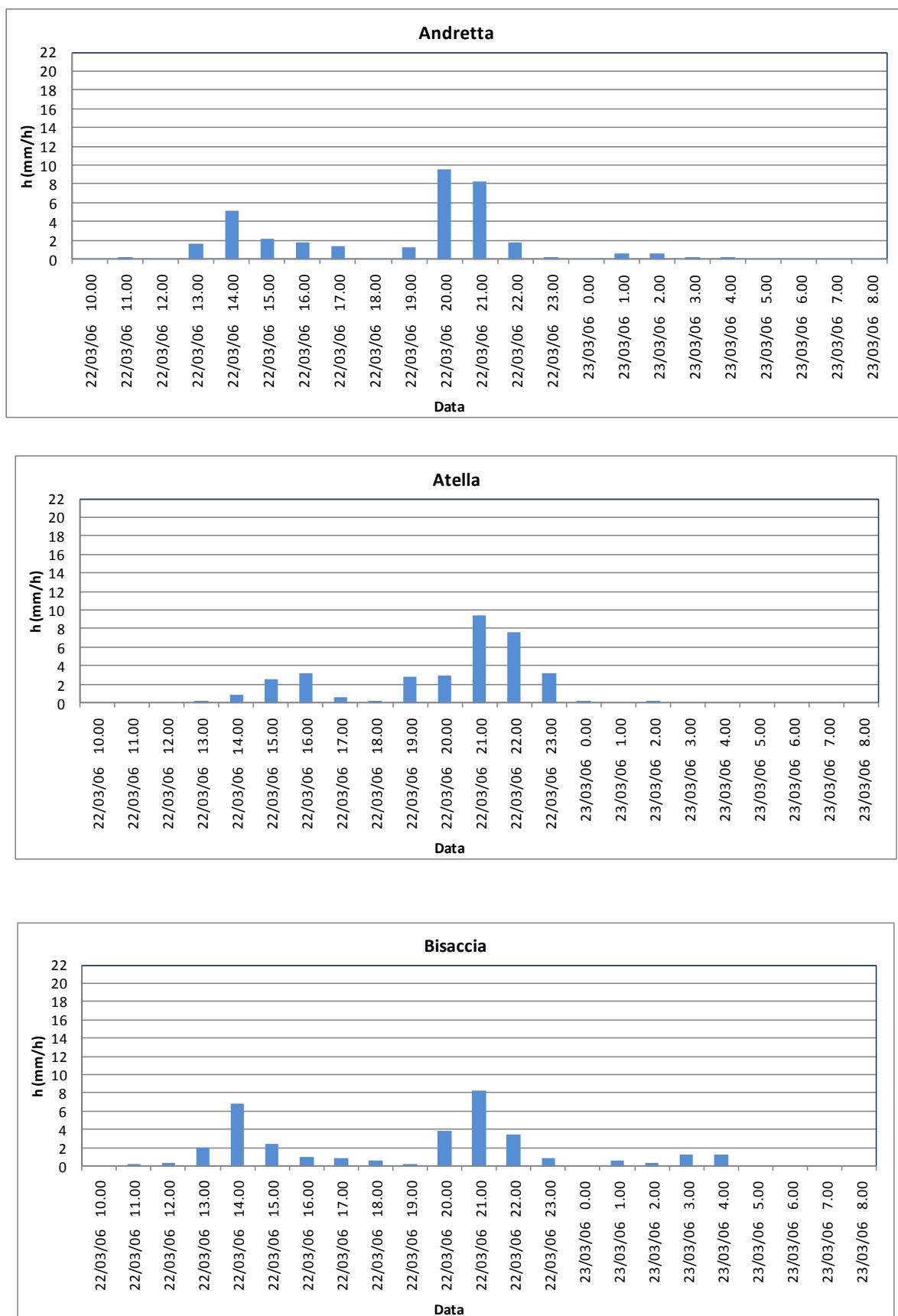
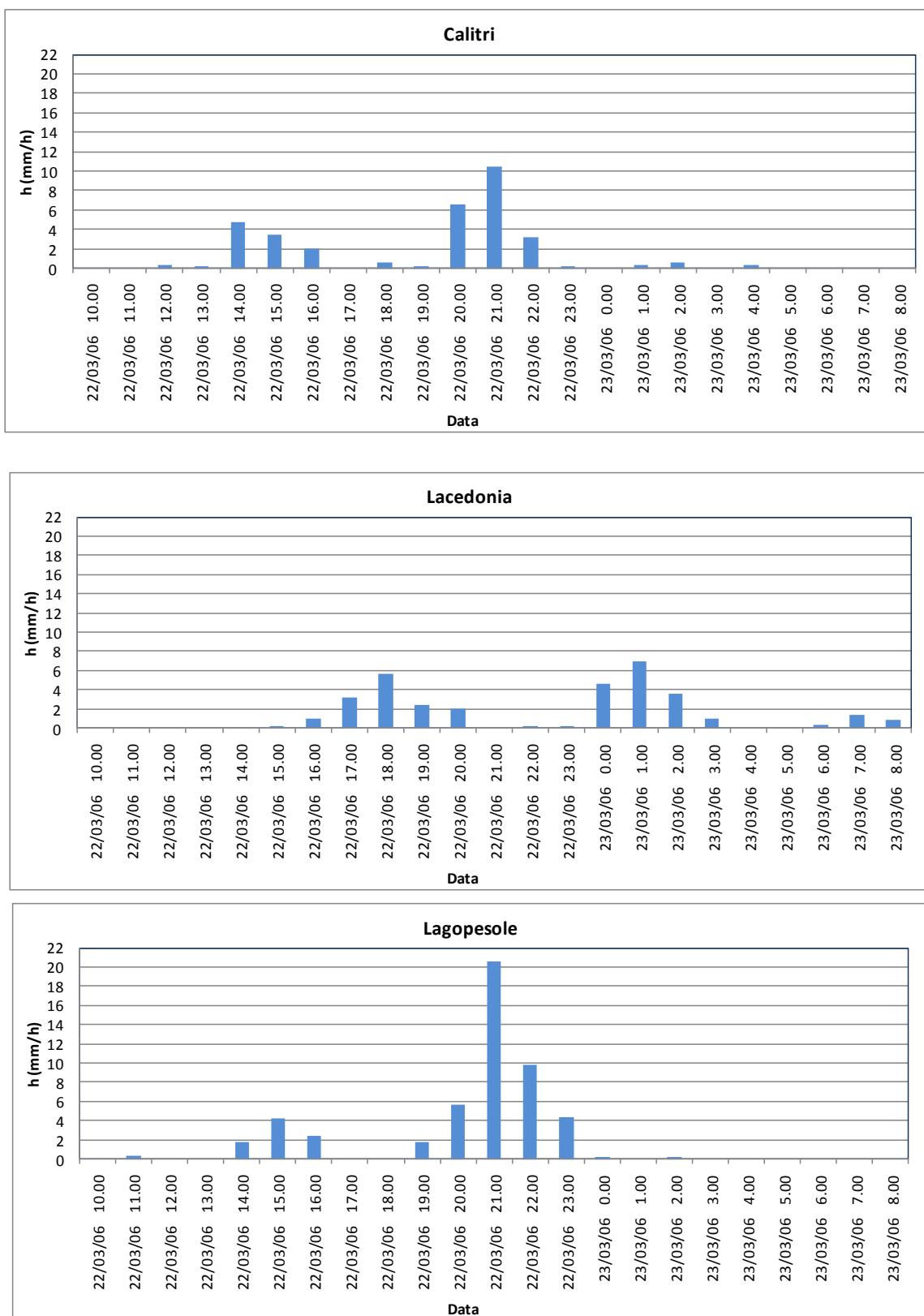
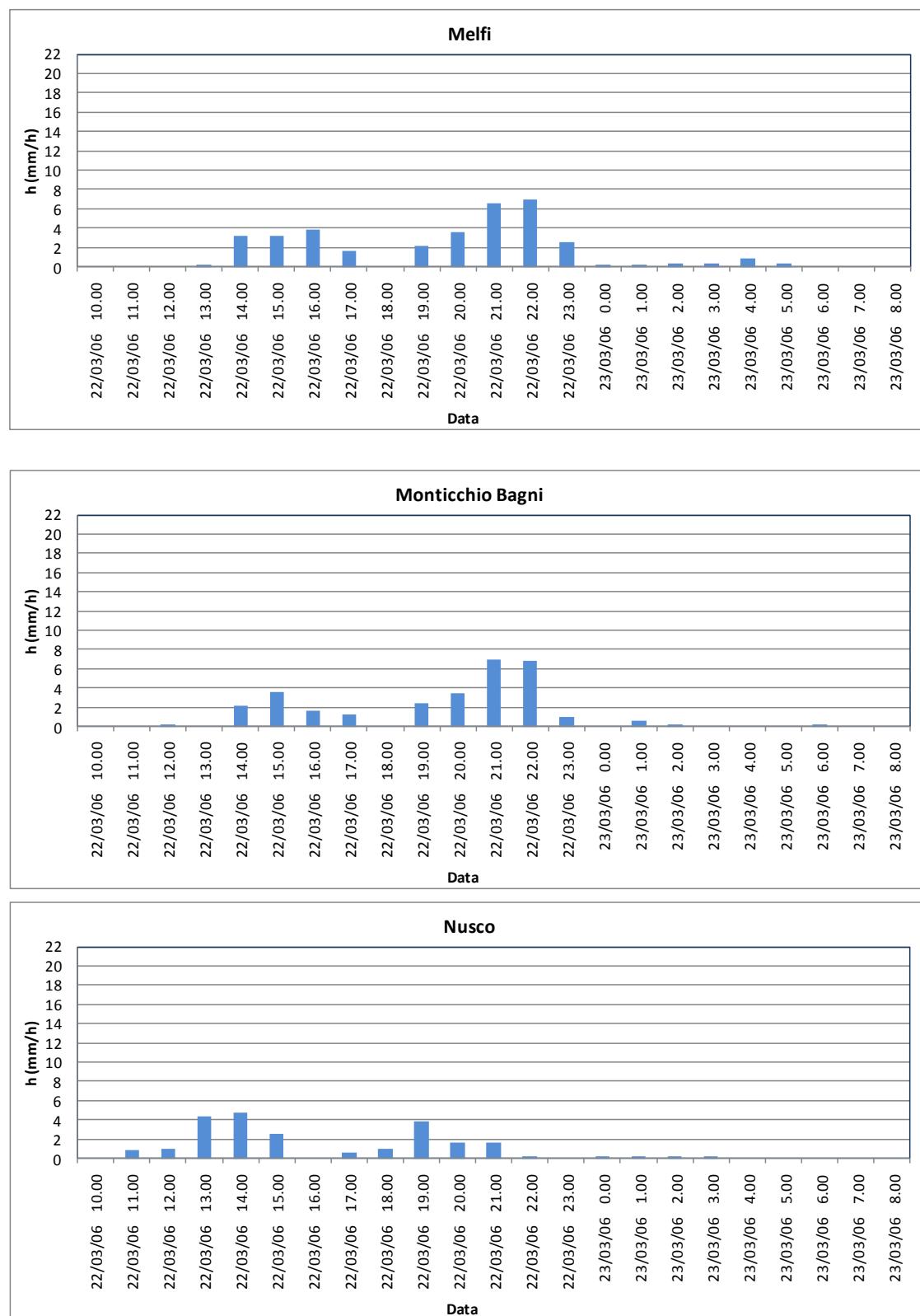


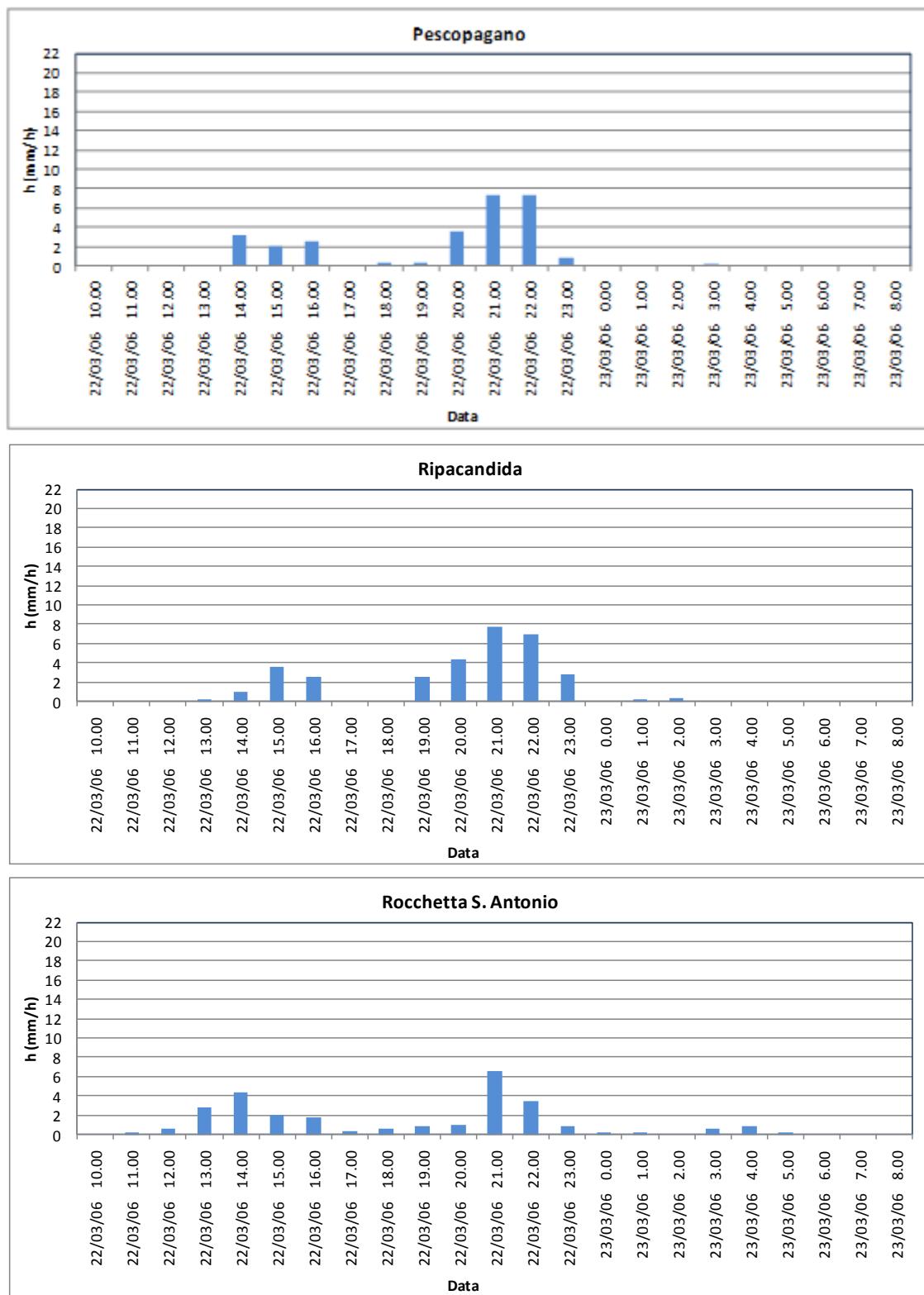
Figura 1.1 – Stazioni pluviometriche del Servizio Idrografico e Mareografico della Puglia
e loro aree di competenza sul bacino dell'Ofanto chiuso a Monteverde Scalo

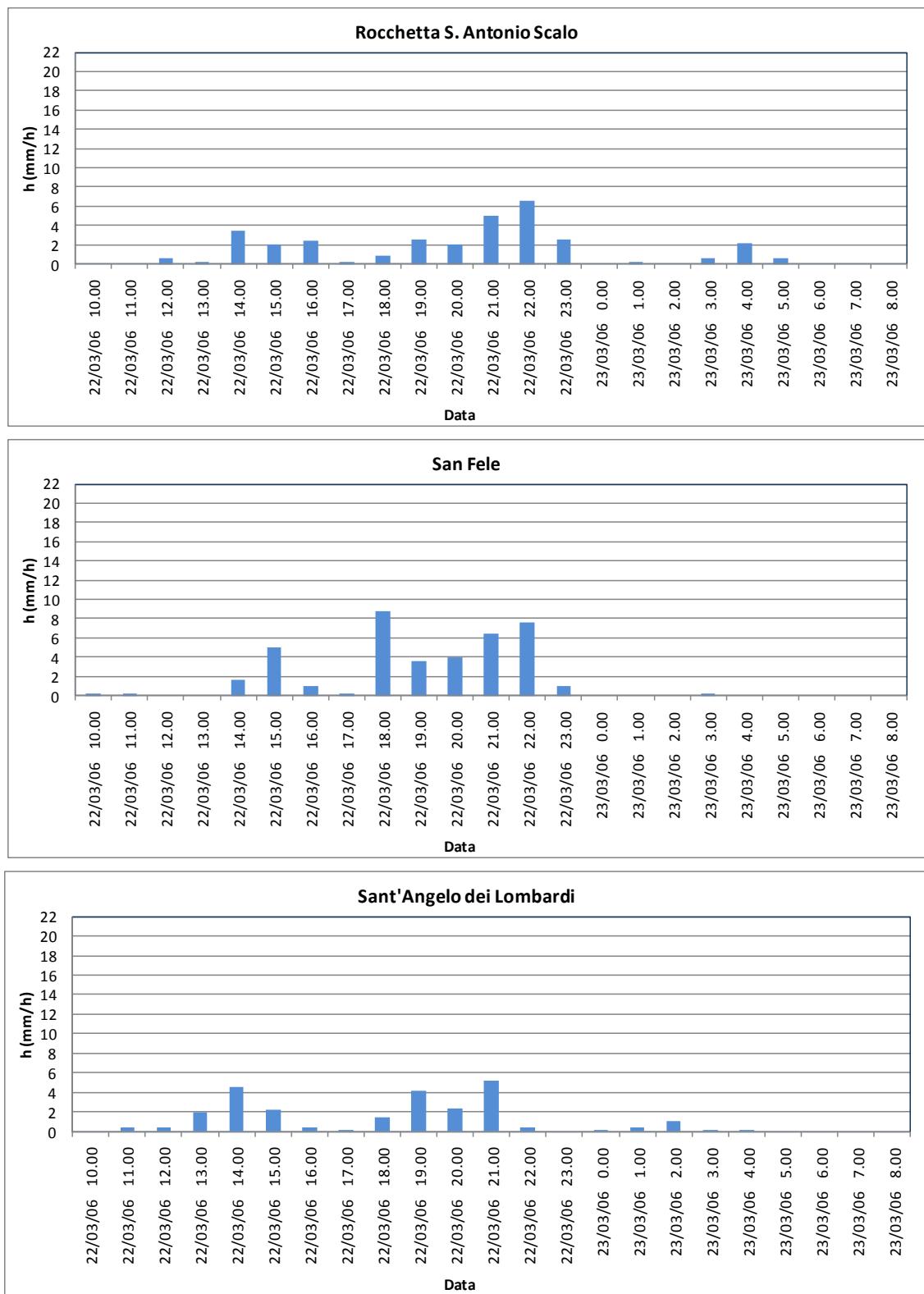
Dall'analisi delle curve di possibilità pluviometrica della zona omogenea 4 risulta che il tempo di ritorno dell'evento è stato ordinario, massimo per la stazione di Lagopesole. Tuttavia le osservazioni idrometriche dell'evento del 22-23 marzo 2006 (tabella 1.4) registrate presso la stazione di Monteverde Scalo hanno messo in evidenza che la portata massima registrata ($964 \text{ m}^3/\text{s}$) ha un tempo di ritorno di circa 20 anni, come descritto nel paragrafo seguente. Ciò dimostra la non corrispondenza tra il tempo di ritorno delle precipitazioni e il tempo di ritorno della portata da esse generate dovuto ai complessi meccanismi di trasformazione afflussi-deflussi.











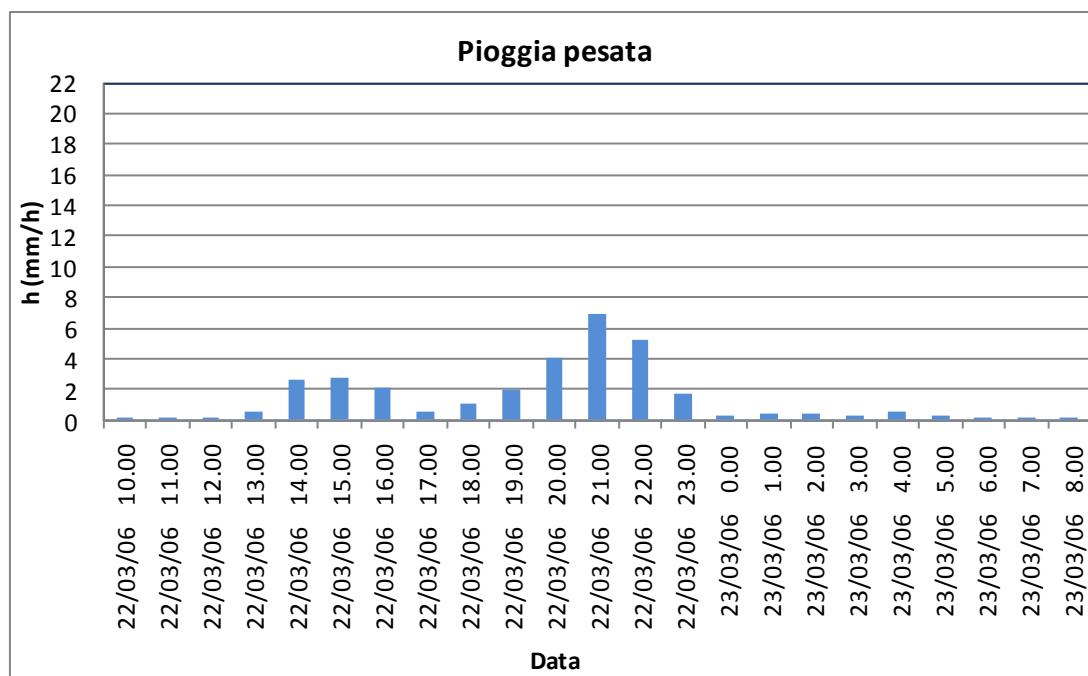


Figura 1.2 – Registrazioni pluviometriche orarie del 22-23 marzo 2006
nelle stazioni del Servizio Idrografico e Mareografico della Puglia

Tabella 1.3 - Aree di afferenza delle stazioni pluviometriche analizzate (in %)

Andretta	11.96
Atella	9.13
Bisaccia	4.95
Calitri	11.82
Lacedonia	5.15
Lagopesole	8.43
Melfi	0.37
Monticchio Bagni	9.74
Nusco	5.34
Pescopagano	9.52
Ripacandida	0.60
Rocchetta S. Antonio	0.11
Rocchetta S. Antonio Scalo	0.87
S. Angelo dei Lombardi	10.01
San Fele	11.99

Tabella 1.4 - Tiranti idrici misurati presso la stazione idrometrica di Monteverde Scalo

Data - ora	H [m]
22/03/2006 0.00	0.42
22/03/2006 4.00	0.32
22/03/2006 12.00	0.26
22/03/2006 16.00	0.40
23/03/2006 0.00	2.20
23/03/2006 2.00	3.91
23/03/2006 4.00	1.60
23/03/2006 8.00	1.12
23/03/2006 16.00	0.84
23/03/2006 20.00	1.04
23/03/2006 23.00	1.56
24/03/2006 0.00	1.36

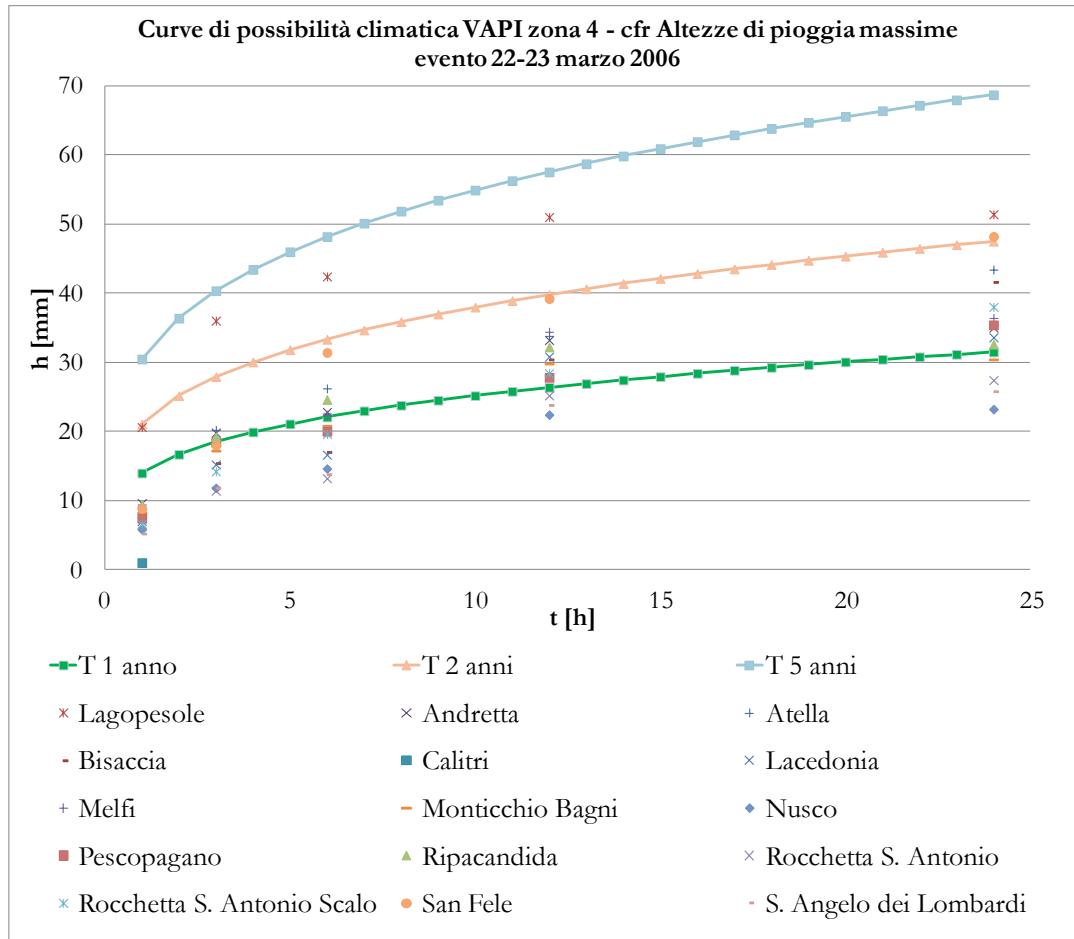


Figura 1.3 – Curve di possibilità climatiche derivanti dall'applicazione del metodo VAPI (zona omogenea 4) confrontate con le massime intensità di precipitazione registrate presso le stazioni analizzate il 22-23 marzo 2006.

1.2.2 Analisi della portata dell'evento di marzo 2006 e ricostruzione della portata al colmo di piena

L'evento del 22-23 marzo 2006 ha fatto registrare una portata al colmo di $964 \text{ m}^3/\text{sec}$ (registrata alle ore 2:00 del 23 marzo presso la stazione di Monteverde Scalo), come riportato sugli Annali. Al fine di valutare il tempo di ritorno associato a tale portata è stata applicata la procedura regionale di elaborazione statistico-probabilistica di dati spaziali, reperibile nello studio ‘*Analisi regionale dei massimi annuali delle portate al colmo di piena*’ messo a punto dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del CNR. In particolare, la piena indice (\bar{x}), espressa in m^3/s , è stata valutata con la formula razionale (Rossi e Versace, 1982):

$$\bar{x} = I(t_r) A C^* / 3.6 \quad \text{Equazione 1.3}$$

in cui $I(t_r)$ è l'intensità di pioggia dell'evento di durata pari a 9 ore (dalle ore 14:00 alle 23:00 del giorno 22 marzo 2006) A è la superficie del bacino (in km^2), e C^* è il coefficiente probabilistico di piena. Tale coefficiente tiene conto oltre che dell'effetto naturale di laminazione del picco di piena rispetto al picco di pioggia, dell'effetto di riduzione areale delle piogge e delle perdite idrologiche connesse ai fenomeni di infiltrazione nel suolo e di intercettazione della vegetazione

Il coefficiente probabilistico di piena è dato dalla seguente equazione:

$$C^* = 0.09 + 0.471 [1 - (0.64 PM + PE)] \quad \text{Equazione 1.4}$$

in cui PM e PE rappresentano, rispettivamente, le percentuali di permeabilità media ed elevata (per il bacino di analisi: PM=0, PE=0.246, così come riportato nel VAPI).

Per la stima della portata al colmo di piena per fissato tempo di ritorno, la piena indice (Equazione 1.3) va moltiplicata per il fattore di riduzione areale ($K(A, t_r)$) e per il fattore di crescita (K_T):

$$K(A, t_r) = 1 - (1 - e^{-0.0021 A}) e^{-0.53 t_r^{0.25}} \quad \text{Equazione 1.5}$$

$$K_T = -0.4007 + 0.904 \ln T \quad \text{Equazione 1.6}$$

ovvero:

$$T = e^{(K_T + 0.4007)/0.904} \quad \text{Equazione 1.7}$$

Per il bacino dell'Ofanto chiuso alla stazione di Monteverde Scalo, la procedura VAPI porta ai seguenti valori di portata al colmo:

$$Q_{30} = 1059 \text{ mc/s}$$

$$Q_{200} = 1738 \text{ mc/s}$$

$$Q_{500} = 2066 \text{ mc/s}$$

Da tali valori, si desume che la portata al colmo registrata durante l'evento del 22-23 marzo 2006 ($Q_{\text{colmo}} = 964 \text{ m}^3/\text{sec}$) ha un tempo di ritorno di circa 30 anni. Analizzando le portate massime annuali registrate presso la stazione di Monteverde Scalo riportate nel VAPI, la piena indice è di $436.7 \text{ m}^3/\text{s}$ che moltiplicata per il fattore di crescita a 30 anni porta a un valore di $1168 \text{ m}^3/\text{s}$.

Al fine di valutare il tempo di ritorno della portata registrata, dal rapporto tra la portata registrata ($964 \text{ m}^3/\text{s}$) e la piena indice (436.7) si ottiene un fattore di crescita di 2.21 che inserito nell'equazione 1.7 porta a un tempo di ritorno di circa 18 anni.

1.2.3 Gli effetti al suolo

Nella notte a cavallo tra il 22 e il 23 marzo, il fiume Ofanto, a causa delle abbondanti piogge, è esondato nel tratto tra Melfi e Candela, causando l'allagamento di numerose strade ed il conseguente blocco del traffico. In particolare, 11 ore di pioggia ininterrotta hanno provocato un innalzamento del livello del fiume di ben 2.43 metri.

A Candela si è aperta una profonda voragine in una strada del centro storico e il sindaco ha emesso sette ordinanze di sgombero: sei famiglie e un negoziante hanno dovuto lasciare le proprie abitazioni perché dichiarate pericolanti.

Inoltre, lo straripamento ha messo a rischio smottamenti tutta la zona di Rocchetta sant'Antonio, dove campi e vigneti sono stati allagati.

A essere maggiormente colpiti sono state le coltivazioni di stagione, in particolare gli ortaggi, gli alberi da frutta e gli oliveti.

Nella zona di Cerignola la pioggia ha allagato campi di bietole e di ortaggi colpendo anche vigneti e oliveti. Le violenti piogge hanno causato anche lo straripamento, in alcuni tratti, dei torrenti con la perdita di strutture agricole (serre e magazzini) e di scorte alimentari per gli allevamenti.

Dopo una notte di piogge torrenziali la situazione è precipitata all'alba del 23 marzo: in alcuni punti l'acqua ha superato il metro di altezza.

In particolare, alle ore 4:40 circa del 23 marzo 2006, nel comune di Melfi, all'altezza del km. 39+200 della SS 655, è avvenuta l'esondazione del fiume Ofanto, in corrispondenza del ponte di attraversamento della stessa statale, senza tuttavia pregiudicarne la percorribilità.



Figura 1.4 – Conseguenze dell'evento alluvionale del 22-23 marzo 2006 (A sinistra: Ponte Romano, a destra agro nel comune di Melfi)

Le acque provenienti dall'alveo del fiume si sono riversate nei campi (Fig. 1.4), interessando anche un impianto per la produzione di calcestruzzi e un piazzale adibito al parcheggio di automezzi pesanti di pertinenza della stazione di servizio Esso Ofantina (km 39+224). Sul piazzale erano presenti venti mezzi pesanti con una decina di autisti che vi pernottavano all'interno e che, colti di sorpresa dall'arrivo delle acque, si sono rifugiati sulle cabine degli stessi mezzi, per poi essere tratti in salvo dalle squadre dei Vigili del Fuoco dei Comandi di Potenza e Foggia, intervenute con mezzi anfibi, nautici, elicottero e squadre speciali (Figura 1.5).



Figura 1.5 – Conseguenze dell'evento alluvionale del 22-23 marzo 2006 (Melfi, stazione di Servizio Esso). Fonte: <http://www.vigilfuoco.it/>

Le foto sopra riportate hanno consentito di confrontare l'impronta dell'area allagata con quella derivante dalla modellistica idraulica in condizioni di moto vario, per i cui dettagli si rimanda al capitolo V.

Gli effetti al suolo riprodotti dalla modellistica, considerando una portata con tempo di ritorno di 30 anni (Figura 1.6), sono del tutto confrontabili con quelli reali registrati durante l'evento del 2006, evidenziati nella figura 1.7 sia in termini di estensione dell'area allagata che in termini di tiranti. Infatti il

modello bidimensionale ha consentito di ricostruire nell'area del parcheggio un tirante massimo di 3 m, dato che ben si allinea con le testimonianze raccolte secondo le quali alcuni autisti si sono rifugiati sulle cabine dei tir per non essere travolti dall'acqua.

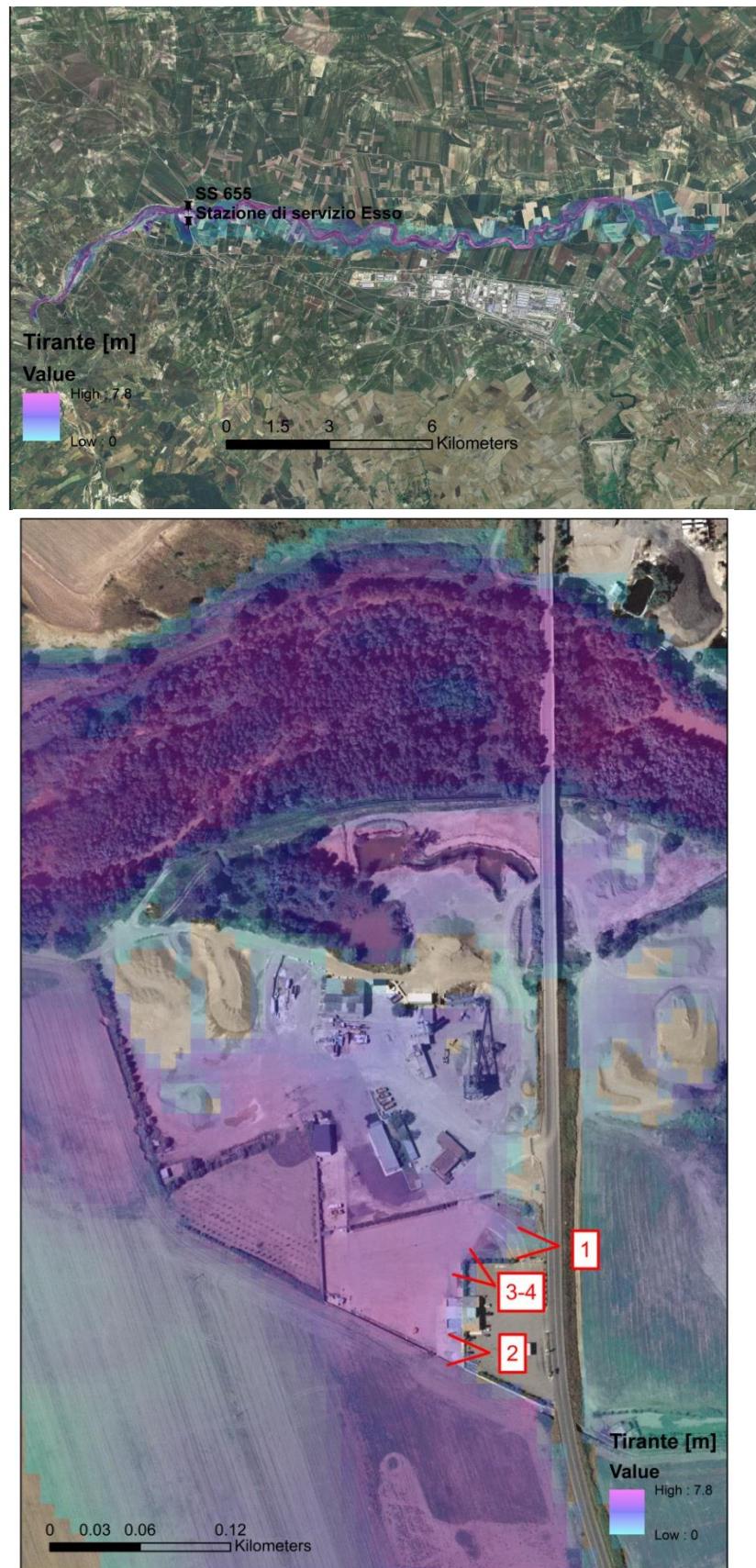


Figura 1.6 – Impronta dell'area allagata ottenuta dall'applicazione della modellistica di tipo bidimensionale.

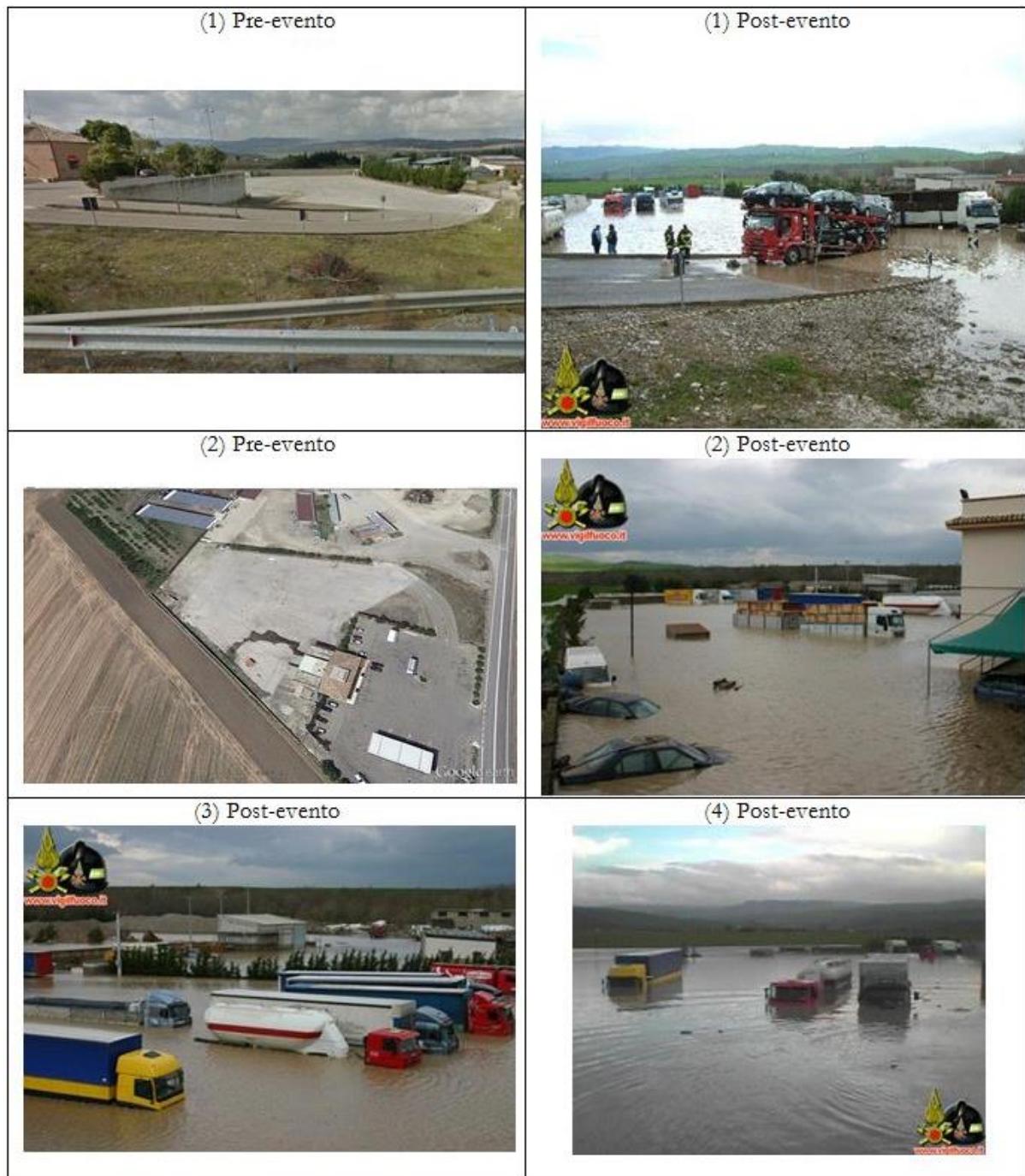


Figura 1.7 – Effetti al suolo dell'evento alluvionale del 22-23 marzo 2006 (Melfi, stazione di Servizio Esso).
I punti di scatto delle foto sono riportati nella figura 1.6 (Fonte: <http://www.vigilfuoco.it>).

1.3 IL CORSO D'ACQUA DELL'OFANTO CHIUSO ALLA STAZIONE DI MONTEVERDE SCALO

Nei paragrafi a seguire viene riportata l'analisi qualitativa e quantitativa del bacino dell'Ofanto chiuso alla stazione idrometrica di Monteverde Scalo, confrontato con l'intero bacino chiuso a mare con l'obiettivo di evidenziare i caratteri di omogeneità del territorio nei confronti della generazione dei deflussi, al fine di rendere trasferibili a larga scala le informazioni di calibrazione derivanti dagli studi riportati nei paragrafi precedenti.

Il regime idraulico del fiume è di tipo torrentizio, caratterizzato da prolungati periodi di magra a cui si associano brevi ma intensi eventi di piena, soprattutto nel periodo autunno-invernale. L'andamento idrografico è contraddistinto in prevalenza dall'affioramento di rocce impermeabili sottoposte, per le piogge abbondanti, ad un'azione marcata di dilavamento superficiale.

1.3.1 Analisi qualitativa

Il fiume Ofanto, chiuso a mare, ha un bacino che si estende per circa 3'060 km², interessando il territorio di tre regioni: Campania, Basilicata e Puglia, con un'altitudine media di circa 425 m. s.l.m (figura 1.8).

Il bacino presenta due formazioni geologiche ben differenziate: la parte Nord-Est, pianeggiante, caratterizzata dalla presenza del Tavoliere e dalle porzioni alluvionali oloceniche del corso d'acqua e la parte Sud-Ovest in cui si hanno le successioni rocciose che vanno dagli affioramenti flyshoidi dell'Appennino avellinese-potentino fino a quelli vulcanici del Vulture.

La zona meridionale del bacino, a causa della presenza di sedimenti sciolti costituiti da argille e sabbie e a causa dell'assenza alla base di rocce coerenti più antiche, risulta interessata da una forte instabilità geologica e da un alto rischio idrogeologico nonostante l'acclività dei versanti sia relativamente modesta.

Nella parte settentrionale sono presenti sedimenti sciolti quali argille varicolori con blocchi arenacei, mentre nella zona intermedia vi è il complesso vulcanico del Monte Vulture.

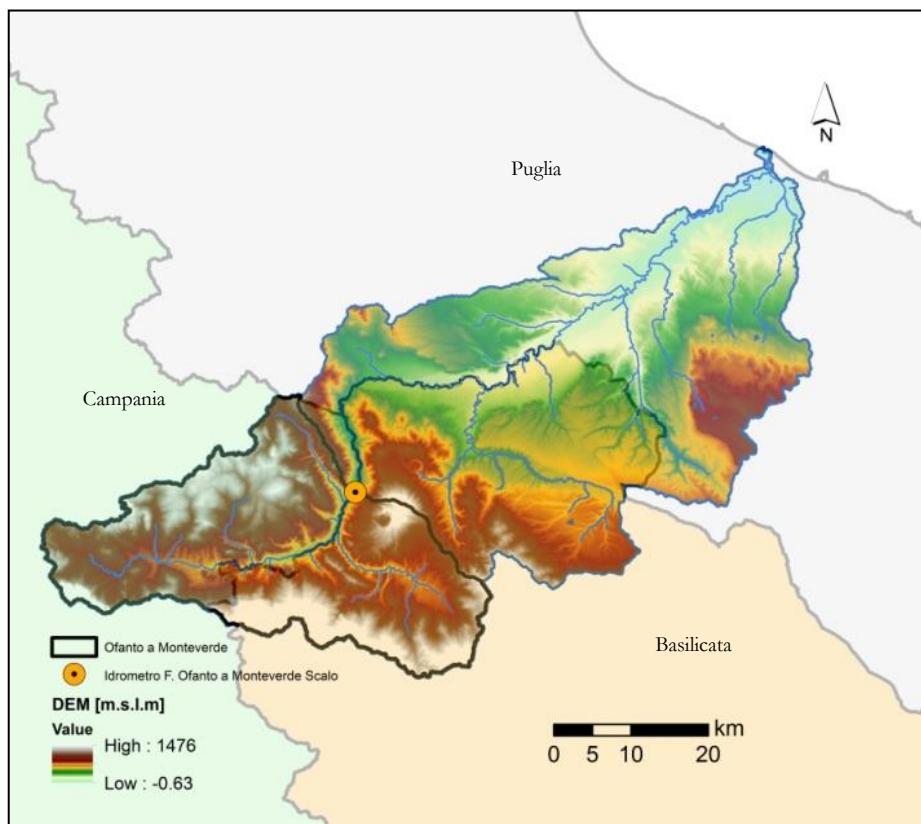


Figura 1.8 - Bacino idrografico del fiume Ofanto, Modello Digitale del Terreno

La lunghezza dell'asta principale è di circa 180 km², mentre la stazione di Monteverde Scalo si trova a circa 114 km dalla foce. Il reticolo idrografico è caratterizzato da bacini di alimentazione di rilevante estensione, dell'ordine di alcune migliaia di km²: nei tratti montani i reticolli hanno un elevato livello di organizzazione gerarchica, mentre nei tratti vallivi l'asta principale diventa preponderante.

In merito alle attività e all'uso del suolo delle aree afferenti al bacino idrografico considerato, si osserva il prevalere dei seminativi di tipo non irriguo, sia nel tratto montano dell'Ofanto che nella parte mediana. Verso foce, prevalgono invece gli uliveti e i vigneti.

Il clima è tipicamente mediterraneo lungo la fascia costiera, continentale nelle aree interne. Le temperature medie mensili risentono fortemente dell'influenza del clima murgiano, con precipitazioni distribuite prevalentemente nel periodo da settembre ad aprile. Tuttavia la carenza di pioggia durante la stagione estiva non determina grandi problemi all'esercizio delle attività agricole, grazie alla ricchezza delle falde sotterranee alimentate dalle acque provenienti dal sistema murgiano ("Piano Paesaggistico Territoriale Regionale. Ambito 4/Ofanto", 2015).

1.3.2 Analisi quantitativa

Dal punto di vista litologico (v. tab. 1.5), la formazione geologica prevalente nel bacino dell'Ofanto chiuso a Monteverde Scalo, è rappresentata dalle areniti siliclastiche e/o carbonatiche (18 %), aventi una porosità primaria medio/elevata per le peculiari caratteristiche tessiturali e per il grado di cementazione variabile da basso ad intermedio; la porosità secondaria è in genere poco sviluppata poiché questa unità risulta essere in generale poco fratturata. Vi è poi una buona percentuale costituita dal complesso argilloso caotico da melange tettonico (17 %), in cui vi sono depositi a prevalente composizione argillitica con un assetto caotico che a causa della granulometria molto fine conferiscono all'unità geologica una porosità primaria molto bassa. Tale unità può dare origine ad un deflusso superficiale rilevante a causa della bassa permeabilità. Considerando invece l'intero bacino dell'Ofanto chiuso a mare, l'unica unità litologica che supera di poco il 10% del bacino, è costituita dalle sabbie e arenarie, ghiaie e conglomerati, calcareniti, silt e argille di ambiente di transizione e/o continentale. Tale unità è estremamente eterogenea e poiché la tessitura ed il grado di cementazione sono variabili e da luogo a luogo, la porosità primaria, a seconda dei casi, può variare da bassa a elevata; la porosità secondaria è del tutto assente perché questi depositi sono completamente indeformati. Le altre unità litologiche prevalenti si attestano invece intorno al 7 % (areniti siliclastiche e/o carbonatiche, argille siltose e marnose e i depositi di fondovalle).

Tabella 1.5 – Valori percentuali relativi alle formazioni geologiche prevalenti

	Areniti siliciclastiche e/o carbonatiche di ambiente di transizione.	Complesso argilloso caotico da melange tettonico	Argille, argille siltose ed argille marnose di piattaforma.	Silt, argille, sabbie e ghiaie (depositi di fondovalle).	Ghiaie e pietrischi
Ofanto a Monteverde scalo	18.12	16.54	12.45	10.67	9.93
Ofanto chiuso a mare	7.09	7.57	7.95	6.08	3.83

Per quanto concerne l'uso del suolo, sia considerando il bacino chiuso a foce, che quello più piccolo chiuso alla stazione idrometrica di Monteverde Scalo, si osserva che circa il 50 % del territorio è adibito alla colture seminative di tipo non irriguo (tab. 1.6), caratterizzate da un fitto ma poco inciso

reticollo idrografico; vi è poi una buona percentuale di boschi di latifoglie. In generale, il territorio dell'Ofanto risulta estremamente produttivo, ricco di colture arboree, scarsamente caratterizzato dalla presenza urbana (poco più dell'1% del territorio). Tra le associazioni più diffuse si identificano in particolare il vigneto e l'oliveto associato al seminativo, mentre verso sud-est il paesaggio rurale si caratterizza dalla monocultura dell'oliveto della Puglia centrale.

Tabella 1.6 – Analisi quantitativa relativa alle classi di uso del suolo prevalenti

	Seminativi	Boschi di latifoglie	Arearie a ricolonizzazione naturale	Coltura agrarie con presenza di spazi naturali	Urbano e industriale
Ofanto a Monteverde scalo	48.73	24.47	5.44	4.39	1.55
Ofanto chiuso a mare	53.06	11.43	2.15	2.09	1.43

Tabella 1.7 – Parametri morfometrici

Superficie del bacino [km ²]	<i>A</i>
Perimetro del bacino [km]	<i>P</i>
Dimensione frattale [-]	<i>D</i>
Lunghezza dell'asta principale [km]	<i>L</i>
Pendenza media dell'asta principale [m/m]	<i>i_m</i>
Pendenza media dei versanti [m/m]	<i>i_v</i>
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.]	<i>Z_{mean}</i>
Tempo di ritardo [ore]	<i>t_L</i>
Tempo di corriavazione [ore]	<i>t_c</i>
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	$R_L = \frac{L_V}{L}$

Si esaminano invece ora, con riferimento all'area 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. 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 siano in media assai poco discosti tra di loro e spesso quasi coincidenti, a conferma della uniformità morfometrica dei bacini.

Tabella 1.8 – Valori medi dei parametri della tabella 1.7 per l'Ofanto

MEDIA	OFANTO A MONTEVERDE SCALO	OFANTO CHIUSO A MARE
A [km ²]	1028.00	3058.70
P [km]	197.41	550.45
D [-]	0.984	1.10
L [km]	61.40	178.64
i _m [m/m]	0.02	0.01
i _v [m/m]	0.21	0.14
L _v [km]	12.40	51.88
Z _{mean} [m]	666.90	424.47
t _L [h]	11.03	19.03
t _C [h]	18.38	31.71
R _c [-]	0.33	0.13
R _{AL} [-]	0.59	0.35
C _{COMP} [-]	5.46	8.82
R _K [-]	0.27	0.10
R _L [-]	0.20	0.29

Un valido supporto all'analisi svolta è offerto dalle curve ipsometriche dei bacini esaminati. In figura 1.9, 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 ; 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} . Le curve ipsometriche del fiume Ofanto chiuso a foce e del fiume Ofanto chiuso a Monteverde Scalo risultano pressoché coincidenti.

A ulteriore conferma di quanto sinora espresso si riporta la figura 1.10, nella quale è riportato l'andamento dell'indice mensile satellitare denominato NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). 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 1.31, 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 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.

Infine, per quanto concerne l'analisi delle precipitazioni, il fiume Ofanto rientra nella zona omogenea 4 individuata nel VA.PI. Nell'allegato 1.3.1 sono individuate le zone omogenee insieme alle stazioni pluviometriche della Struttura di Monitoraggio Meteoclimatico del Centro Funzionale Regionale (già Ufficio Idrografico e Mareografico), con i relativi topografi di competenza.

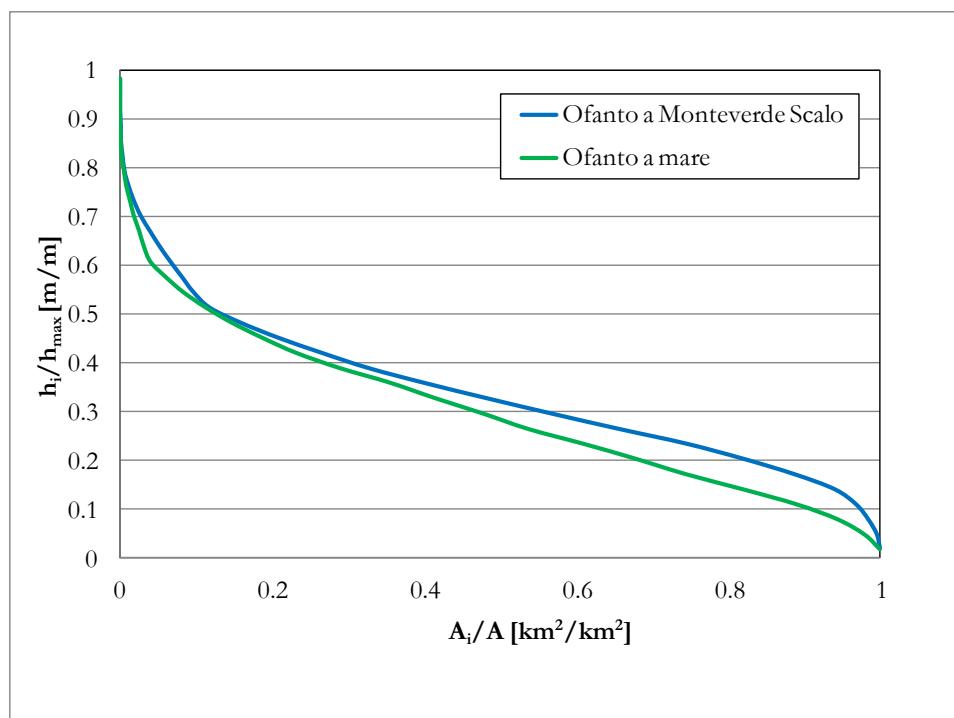


Figura 1.9 - Curve ipsometriche relative ai bacini di studio

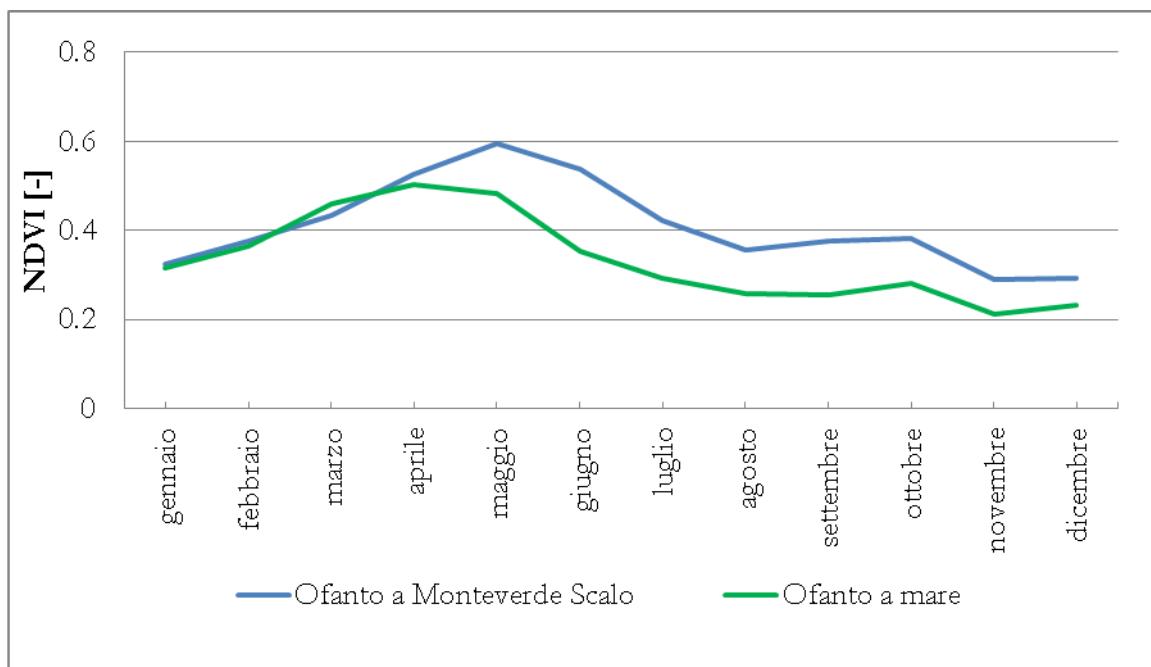


Figura 1.10 – Andamento mensile dell'NDVI medio ponderato relativo ai bacini di analisi (anno 1998)

1.4 LE STAZIONI PLUVIOMETRICHE

In questo paragrafo si vuole dare puntuale rappresentazione delle stazioni pluviometriche presenti sul territorio che possono andare ad integrare 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 Meteoclimatico del Centro Funzionale Regionale (già Ufficio Idrografico e Mareografico), con i relativi topografi di competenza, e le stazioni della rete Assocodipuglia.

1.4.1 La rete della SMM-CFR Puglia

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

La Struttura di Monitoraggio Meteoclimatico 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 reticollo 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 meteo-climatico 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 giornaliere - 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 tavole: afflussi meteorici su alcuni bacini - altezze idrometriche giornaliere - portate e bilanci idrologici - osservazioni freatometriche - trasporto torbido - indagini, studi idrologici, ed eventi di carattere eccezionale (in questo capitolo conclusivo vengono descritti, qualora si verifichino, 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.

La rappresentazione cartografica in allegato 1.3.1 riporta le sole stazioni pluviometriche e i relativi topografi, individuati dallo shapefile reperibile con il corrispettivo kmz in [\ALL_1_ANALISI_CONOSCITIVA\RETI_PLUVIOMETRICHE\Stazioni_IdroPluviometriche_2014_SMMpuglia].

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\RETI_PLUVIOMETRICHE\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

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

Rilievi topografici – II

ALLEGATI



- 2.1 – I corsi d'acqua del fiume Ofanto con bacino contribuente maggiore di 25 kmq
- 2.2 - Copertura Lidar nell'area del bacino del fiume Ofanto
- 2.3.1a – Rilievo degli attraversamenti idraulici nell'area dell'unità fisiografica del fiume Ofanto
- 2.3.1b - Rilievo degli attraversamenti idraulici nell'area dell'unità fisiografica del fiume Ofanto
- 2.3.1c - Rilievo degli attraversamenti idraulici nell'area dell'unità fisiografica del fiume Ofanto
- 2.3.2 - Scheda monografica degli attraversamenti idraulici
- 2.3.3 - Elenco attraversamenti rilevati
- 2.3.4 - Caratteristiche geometriche degli attraversamenti minori
- 2.4.1 a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 01 sud – tav. 1
- 2.4.1 b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 01 sud – tav. 2
- 2.4.1 c - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 01 sud – tav. 3
- 2.4.1 d - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 01 sud – tav. 4
- 2.4.1 e - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 01 sud – tav. 5
- 2.4.1 f - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 01 sud – tav. 6
- 2.4.2 a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 01 nord – tav. 1
- 2.4.2 b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 01 nord – tav. 2
- 2.4.3 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 01 a
- 2.4.4 a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 02 monte diga – tav. 1
- 2.4.4 b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 02 monte diga – tav. 2
- 2.4.4 c - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 02 monte diga – tav. 3
- 2.4.5 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 02 valle diga
- 2.4.6 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 03 a
- 2.4.7 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 03b monte diga
- 2.4.8 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 03b valle diga
- 2.4.9 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 03 c
- 2.4.10 a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 04 – tav. 1
- 2.4.10 b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 04 – tav. 2
- 2.4.10 c - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del fiume Ofanto 04 – tav. 3

ARCHIVIO DIGITALE



- \IDROGRAFIA
 - Reticolo 25 km² (shp e kmz)
 - Bacini idrografici 25 km² (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 BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME OFANTO

I corsi d'acqua indagati sono quelli aventi bacini idrografici maggiori di 25 km², così come rappresentati nella tavola allegata 2.1, codificati secondo la seguente tabella. I bacini idrografici e il corso principale di ciascuna asta 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
FIUME OFANTO, F.RA DI ATELLA, F.SO DELLO STROPPITO [OF01 sud]
FIUME OFANTO, TORRENTE OSENTO [OF01b_nord]
FIUME OFANTO [OF01_a]
F.RA L'ARCIDIACONATA, F.RA RENDINA, FIUMARA DI VENOSA, T.OLIVENTO monte diga [OF02 m]
TORRENTE OLIVENTO valle diga [OF02 v]
FIUME OFANTO [OF 03 a]
TORRENTE DEL LOCONE monte diga [OF 03 b m]
TORRENTE DEL LOCONE valle diga [OF 03 b v]
CANALE CAVALLARO [OF 03 c]
TORRENTE TITTADEGNA [OF 04]
FOCE FIUME OFANTO [OF05]

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.

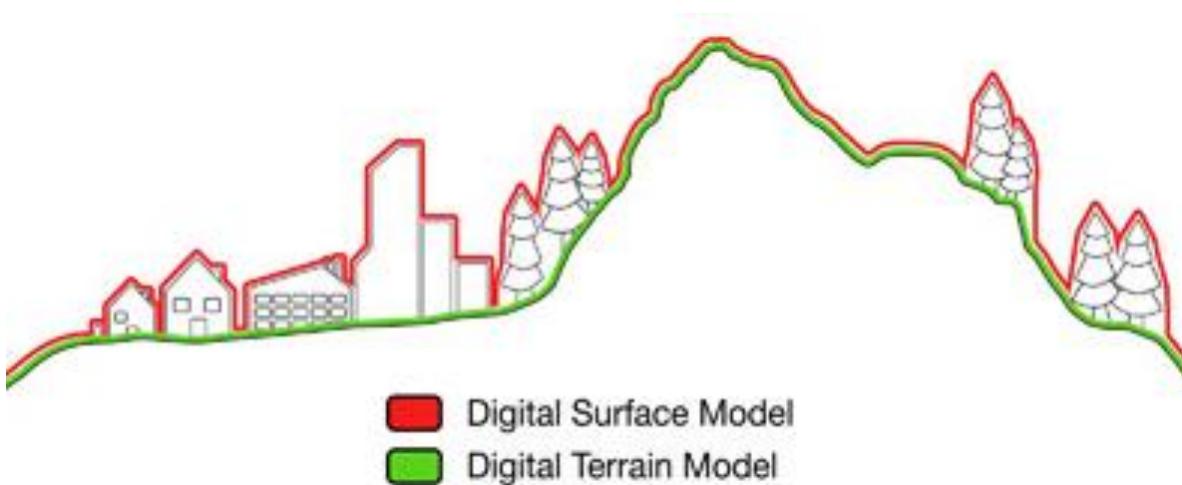


Figura 2.1 – Differenza tra DSM e DTM

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 25 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

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) 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:

OF XXX YYYYY FV

dove:

- le prime 2 lettere costituiscono l'identificativo dell'ambito territoriale di indagine (OF);
- 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 dell'Ofanto è denominato 'AttravIdr_AdBP_OF2014', 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* corredata 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. Le informazioni geometriche relative a tali opere sono riportate nell'allegato 2.3.4.

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_OF2014'.
- **Coord Piana X UTM WGS84:** campo numerico riportante le coordinata piana X nel sistema di riferimento UTM-WGS84, definita dallo *shape-file* 'AttravIdr_AdBP_OF2014'.
- **Coord Piana Y UTM WGS84:** campo numerico riportante le coordinata piana Y nel sistema di riferimento UTM-WGS84, definita dallo *shape-file* 'AttravIdr_AdBP_OF2014'.
- **Coord Geo E WGS84:** campo numerico riportante le coordinata geografica Est nel sistema di riferimento WGS84, definita dallo *shape-file* 'AttravIdr_AdBP_OF2014'.
- **Coord Geo N WGS84:** campo numerico riportante le coordinata geografica Nord nel sistema di riferimento WGS84, definita dallo *shape-file* 'AttravIdr_AdBP_OF2014'.
- **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'inquadratura 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 boleano, da spuntare qualora l'attraversamento stradale-ferroviario sia accompagnato da muri laterali in cemento;
- **muri laterali a secco:** campo boleano, 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 coordinata 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 coordinata 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 coordinata 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 coordinata 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 coordinata 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 coordinata Z nel sistema di riferimento UTM-WGS84, rilevata con strumentazione GPS sul rilevato in corrispondenza del suo asse di simmetria trasversale.
- **handrail:** campo boleano 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 linda 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 H_C e in spalla H_S , 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 "•" (circolare, ovoidale, rettangolare) come in figura C;

Tabella A. Coordinate piano altimetriche dei punti di inquadramento

	X	Y	Z
Qext sx M	c.n.	c.n.	c.n.
Qext sx V	c.n.	c.n.	c.n.
Qext dx M	c.n.	c.n.	c.n.
Qext dx V	c.n.	c.n.	c.n.

Tabella B. Caratterizzazione geometrica trasversale del ponte

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

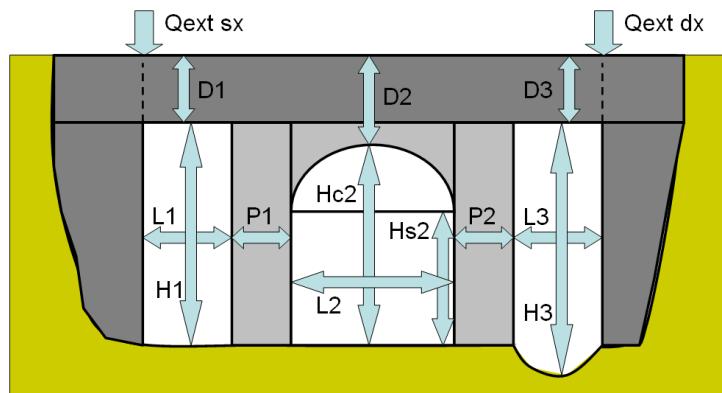


Figura A. Elementi caratteristici della geometria trasversale del ponte

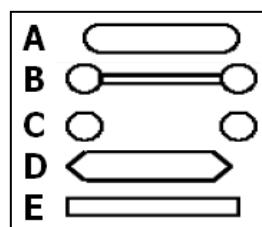


Figura B. Tipologia delle pile del ponte

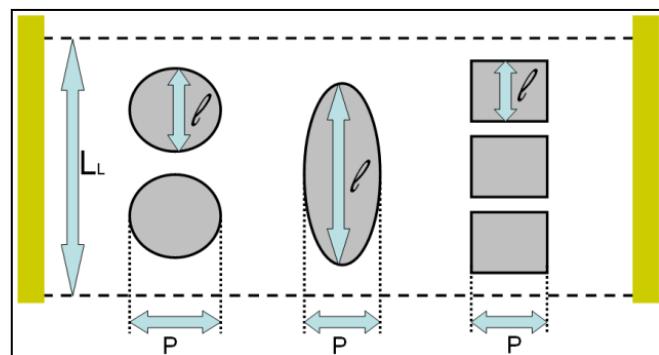


Figura C. Elementi caratteristici della geometria trasversale del ponte

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-scatalore, O-ovoidale e A-arcuato), 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	c.n.	c.n.	c.n.
Qext sx V	c.n.	c.n.	c.n.
Qext dx M	c.n.	c.n.	c.n.
Qext dx V	c.n.	c.n.	c.n.

Tabella D. Caratterizzazione geometrica trasversale del culvert

n.ro culvert	forma	B o Do	H o Dv o Hc	Hs	D	P
1	S o O o A	c.n.	c.n.	c.n.	c.n.	c.n.
2	S o O o A	c.n.	c.n.	c.n.	c.n.	c.n.
3	S o O o A	c.n.	c.n.	c.n.	c.n.	//
4	S o O o A					
5	S o O o A					
...	S o O o A					

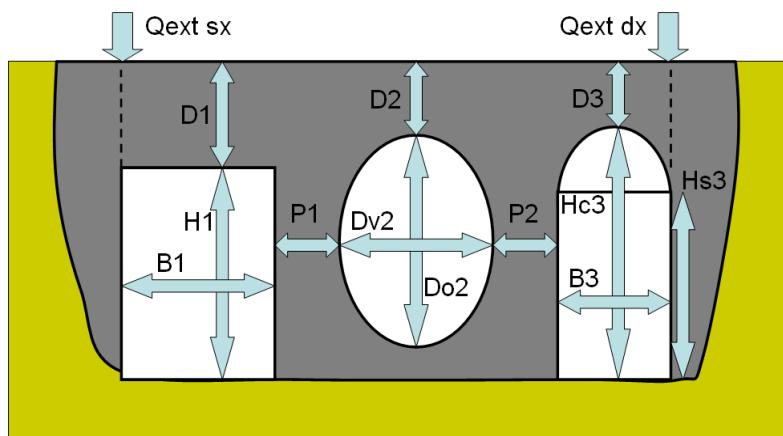


Figura D. Elementi caratteristici della geometria trasversale del *culvert*

SEZIONE 3 – inserimento dell'opera

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

- **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 α in figura E, orientativamente a scelta tra 15°, 35°, 75° e 90°;
- **tratto canalizzato**: campo boleano da spuntare nel caso in cui l’attraversamento si inserisce in un tratto canalizzato
- **platea**: campo boleano da spuntare nel caso in cui ci sia la presenza di una platea sul fondo dell’attraversamento;
- **presenza di aree golenali**: campo boleano da spuntare nel caso in cui l’opera di attraversamento interessa anche aree golenali;
- **presenza di arginature**: campo boleano da spuntare nel caso in cui ci sono argini interni alla luce totale dell’attraversamento;
- **imbocco sporgente**: campo boleano 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 boleano 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 boleano 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 boleano 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 boleano 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 boleano 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 boleano 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 boleano da spuntare nel caso in cui l’attraversamento idraulico è sede di un sottopasso stradale;
- **presenza di segni di scalzamento**: campo boleano 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 boleano 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 boleano 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 boleano 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.

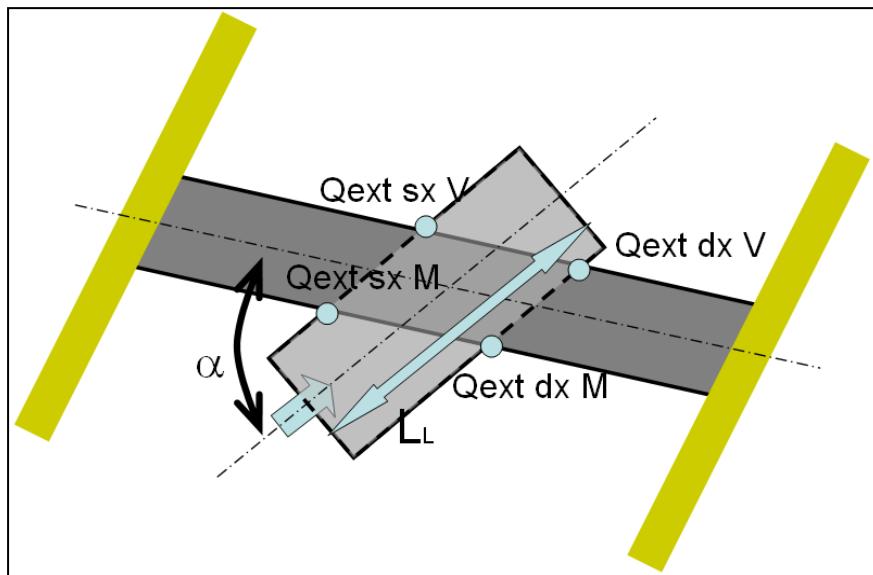


Figura E. Rappresentazione planimetrica dell'attraversamento idraulico

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.

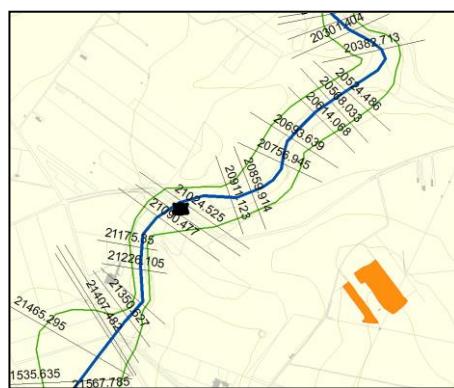


Figura 2.2 – Rappresentazione della morfologia del corso d'acqua

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.

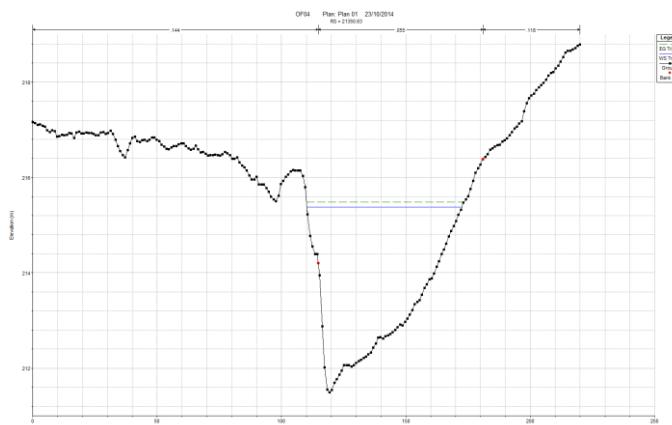


Figura 2.3 – Sezione trasversale estratta su base LIDAR, rappresentata con il software HECRAS

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

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 – Torrente Tittadegna
- 3.3.3 - Macrocategorie di copertura del suolo. Rappresentazione cartografica
- 3.3.4 Il *Curve Number* – Torrente Tittadegna

ARCHIVIO DIGITALE



```
\LAYERS_GEOIDRO
  \VETTORIALI
    Depressioni morfologiche (shp)
    Depressioni morfologiche DrainageArea (shp)
    Bacini endoreici (shp)
    Bacini esoreici (shp)
    Sezioni di chiusura (shp)
  \RASTER
    Flow-Direction (raster)
    Flow-Accumulation (raster)
  \ALL_PROCESSING
    Tutti i file di processamento (raster, shape)
\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:

- DEM: costruzione del modello digitale del terreno attraverso curve di livello o punti.
- FILL: depittaggio del modello digitale del terreno.
- FLOWDIRECTION: definizione delle direzioni di flusso.
- 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 disperdito e di cumulo 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 ininfluente o comunque l'incertezza della definizione del bacino è percentualmente irrilevante rispetto alla dimensione dello stesso.

Per la definizione dei bacini del fiume Ofanto studiati, con dimensioni dell'ordine delle decine e delle centinaia di chilometri quadrati, si è operato in maniera molto accurata provvedendo a creare prima le mappe delle direzioni di flusso e delle aree contribuenti su tutto il territorio. 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 nuova Carta Idrogeomorfologica della Puglia, nonché una speditiva valutazione della componente endoreica, così come illustrato nei paragrafi seguenti.

3.1.1 La componente endoreica

I bacini endoreici risultano estremamente diffusi nel territorio pugliese, con particolare riferimento all'altopiano murgiano, oltreché alle aree del rilievo garganico e del Salento. 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.

Partendo dal DTM del SIT Puglia con risoluzione a 8 m, si è ottenuto il DEM forzato sulla base del reticolo esoreico del bacino del fiume Ofanto. Tale DEM è stato dapprima depittato andando a riempire le depressioni classificate di primo livello, ovvero quelle aventi le seguenti caratteristiche:

- a) presenti lungo il reticolo idrografico;
- b) imputabili a scavi antropici ovvero aventi estensione $< 1 \text{ ha}$;
- c) aventi profondità minore di 2 m;
- d) aventi area contribuente minore di 1 km^2 o profondità minore di 0.5 m.

Tabella 3.1 - Condizioni morfologiche caratterizzanti le conche

$$(\text{A}_\text{DEPRESSIONE} \geq 1 \text{ ha}) \& ((\text{A}_\text{BACINO} \geq 1 \text{ km}^2 \& \text{D} \geq 0.5 \text{ m}) \text{ OR } (\text{D} \geq 2 \text{ m}))$$

dove $\text{A}_\text{DEPRESSIONE}$ = estensione della depressione (*FillArea*)

A_BACINO = area contribuente del bacino idrografico (*DrainArea*)

D = profondità della depressione (*FillDepth*)

In tale maniera, secondo il criterio in tabella 3.1, le depressioni di primo livello sono state filtrate per ottenere le reali depressioni morfologiche, raffigurate nella cartografia allegata 3.1 e nello *shape-file* in `[\ALL_3_GEMORFOIDROLOGICA\LAYERS_GEOIDRO\VETTORIALI\Depressioni_morfologiche.shp]`. Il DEM ottenuto dal depittaggio di primo livello necessita di ulteriori elaborazioni per eliminare quelle conche che di fatto risultano contribuenti verso valle ai fini della determinazione degli idrogrammi di piena. Le depressioni infatti possono essere imputate a fattori antropici, quali cave o rilevati stradali, o possono comunque non avere un volume sufficiente a contenere i deflussi generati dal bacino che vi sversa. In tal caso è necessario depitarle in modo da dare continuità verso valle alle direzioni di flusso.

Per ciascuna depressione morfologica è stato dunque confrontato il volume di riempimento (*FillVolume*) con il volume prodotto dal bacino idrografico afferente, in seguito ad una precipitazione bicentenaria (*Vnetto*). La determinazione del volume netto è operata attraverso l'individuazione delle caratteristiche morfologiche ed idrologiche del bacino idrografico relativo alla conca² [\ALL_3_GEOMORFOIDROLOGICA\LAYERS_GEOIDRO\VETTORIALI\Depressioni_morfologiche_DA.shp], ovvero:

- Area di drenaggio (*DrainArea*)
- Quota media (*Zmean_bas*)
- Quota minima (*Zmin_bas*)
- Quota massima (*Zmax_bas*)
- Curve Number medio ponderato (*CN_bas*)

Tali campi consentono la determinazione del tempo di corrивazione del bacino *tc*, espresso in ore e ricavato in funzione dell'area contribuente *DrainArea*, espressa in km^2 , attraverso la formula del VAPI (equazione 3.1). L'altezza di precipitazione totale *h*-pioggia, espressa in mm, è stimata in funzione del tempo di corrивazione e della zona omogenea *ZO* (equazione 3.2). Questa è dunque depurata delle perdite idrologiche *S* e *Ia*, funzioni del *CN* ed espresse in mm, al fine di determinare l'altezza netta di precipitazione *V* espresso in mm (equazione 3.3) e del volume *Vnetto* (equazione 3.4).

Equazione 3.1

$$tc [h] = f(A) = \text{tr}(\text{VAPI}) / 0.6 = (0.344 * (A^{0.5})) / 0.6 = [(0.344 * (\text{Sqr}([DrainArea] / 1000000))) / 0.6]$$

Equazione 3.2

$$h [\text{mm}] = a * (t^n) \text{ [con select by location si attribuisce la zona omogenea]}$$

Equazione 3.3

$$S[\text{mm}] = 254 * (100 / CN - 1)$$

$$Ia [\text{mm}] = 0.2 * S$$

$$V[\text{mm}] =$$

```

(If ([pioggia] - [Ia]) < 0) Then
  V = 0
Else
  V = (([pioggia] - [Ia]) ^ 2) / ([pioggia] - [Ia] + [S])
End If

```

Equazione 3.4

$$V[\text{mc}] = (V[\text{mm}] / 1000) * A[\text{mq}]$$

Sono state dunque individuate, attraverso la procedura illustrata, le depressioni che, presentando volume di riempimento minore del volume netto di precipitazione, devono essere depittate, poiché i deflussi generati dal bacino che sversa in esse contribuiscono verso valle.

Al contrario le conche aventi volume di riempimento maggiore del volume netto, quindi morfologicamente idonee a fungere da recapito finale del bacino endoreico afferente, sono state oggetto di ulteriore analisi visiva, ovvero si è valutato se il loro dislivello fosse dovuto alla presenza di un rilevato stradale o ferroviario o se coincidessero con lo scavo di cave antropiche. A titolo esemplificativo si riportano a seguire stralci di cartografie e ortofoto per rendere esplicite le analisi svolte per la determinazione delle conche da depittare e di quelle ritenute endoreiche. In figura 3.1 è cartografata una conca determinata da un rilevato stradale, che sul DTM ne delimita il lato di valle. Dalla cartografia IGM 1:25'000 è possibile altresì riconoscere la presenza di un attraversamento idraulico in asse con la linea blu del reticolo idrografico. Nelle figure 3.2 e 3.3 sono rappresentati ulteriori esempi di conche determinate dalla presenza di rilevati stradali sul lato di valle. In figura 3.4 invece è riportata una conca in asse con il reticolo idrografico individuato dalla linea blu IGM. Le conche con queste caratteristiche sono state

² L'operazione è condotta attraverso le seguenti fasi:

- Zonal Statistic con *Depressioni_morfologiche_DA* su *Dtm_puglia_8m* per MIN MAX MEAN → *basin0_z*
- Zonal Statistic con *Depressioni_morfologiche_DA* su *CN* per MEAN → *basin0_CN*
- Spatial Join con 'Have their center in Match Point' tra *Depressioni_morfologiche* e *Depressioni_morfologiche_DA* per associare alla conca l'*ID_BAS* del bacino relativo.
- Join Data from table per associare ad ogni conca le quote caratteristiche (*basin0_z*) e il *CN* (*basin0_CN*) dei bacini relativi.

depittate, in quanto il volume di riempimento è solo un artificio del modello digitale del terreno. Viceversa, nelle figure dalla 3.5 alla 3.8 sono raffigurati i recapiti finali endoreici chiaramente rappresentati con linee chiuse sulle due cartografie di riferimento (IGM e Casmez), nonché visibili da ortofoto.

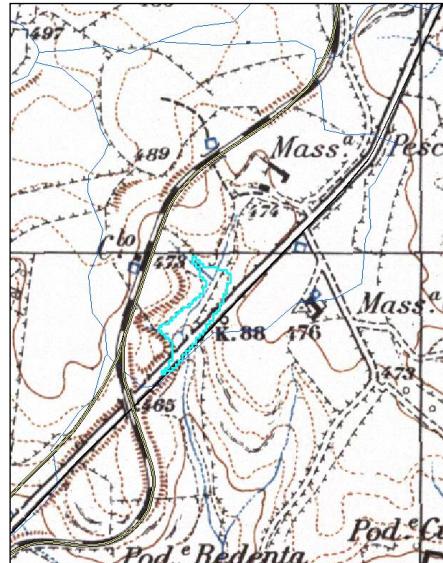


Figura 3.1 - Conca da depittare, determinata dalla presenza di una infrastruttura stradale, con attraversamento idraulico visibile da IGM

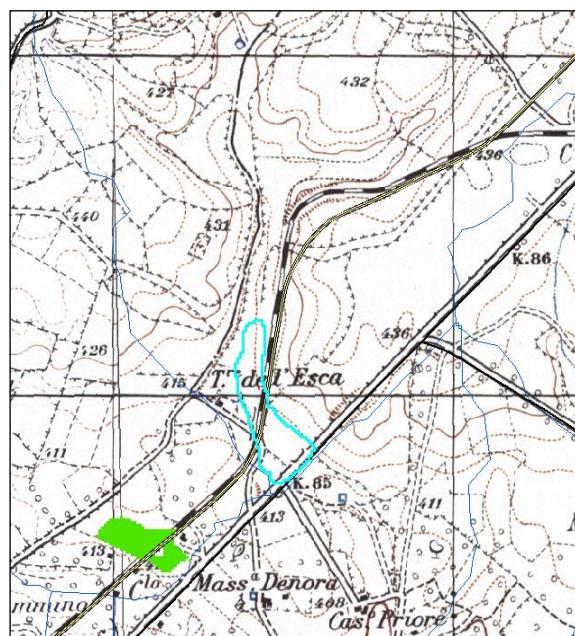


Figura 3.2 - Conca da depittare causata dalla presenza di un rilevato stradale, con attraversamento idraulico visibile da IGM



Figura 3.3 - Conca de depittare per presenza di attraversamento idraulico
nella infrastruttura stradale visibile da ortofoto

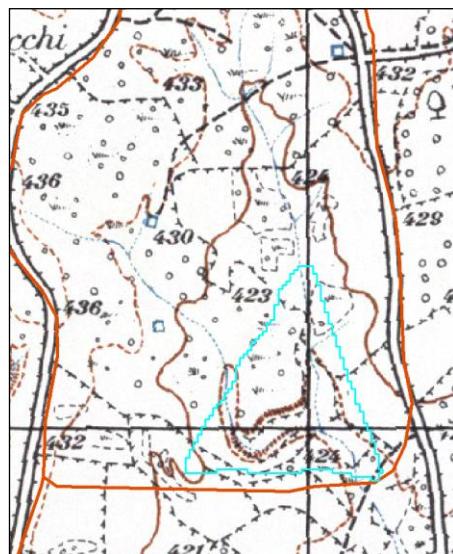


Figura 3.4 - Conca in asse con la linea blu dell'IGM

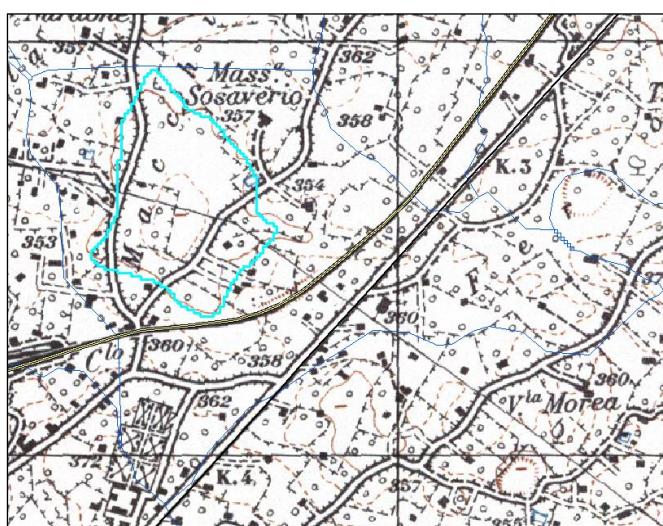


Figura 3.5 - Conca rappresentante un recapito endoreico individuato dalla linea chiusa IGM

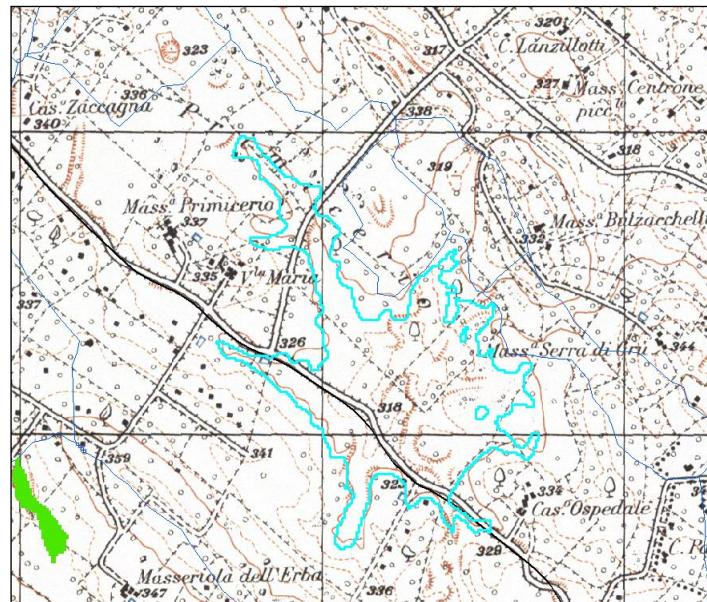


Figura 3.6 - Conca rappresentante un recapito endoreico individuato dalla linea chiusa IGM

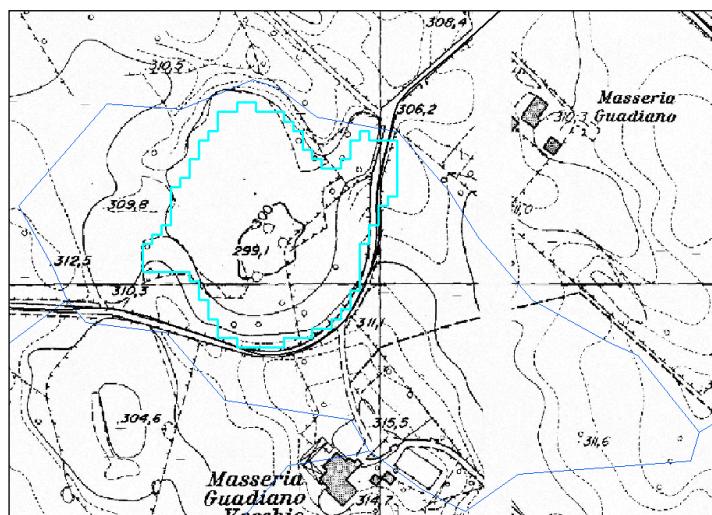


Figura 3.7 - Conca rappresentante un recapito endoreico individuato da linea chiusa sul CASMEZ



Figura 3.8 – Conca endoreica, visibile da ortofoto, da non depittare

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 (*fd*) e delle aree contribuenti (*acc_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 3.9.

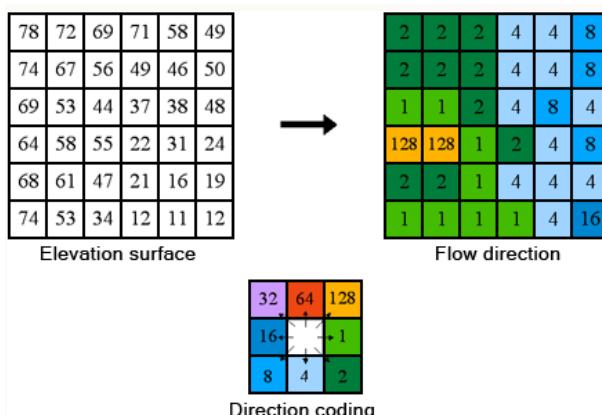


Figura 3.9 – Griglia delle direzioni di flusso

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 3.5:

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

Equazione 3.5

dove V è la velocità media nella sezione trasversale, pari alla portata fratto l'area interessata dal flusso Q , 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 3.10 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 3.11 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.

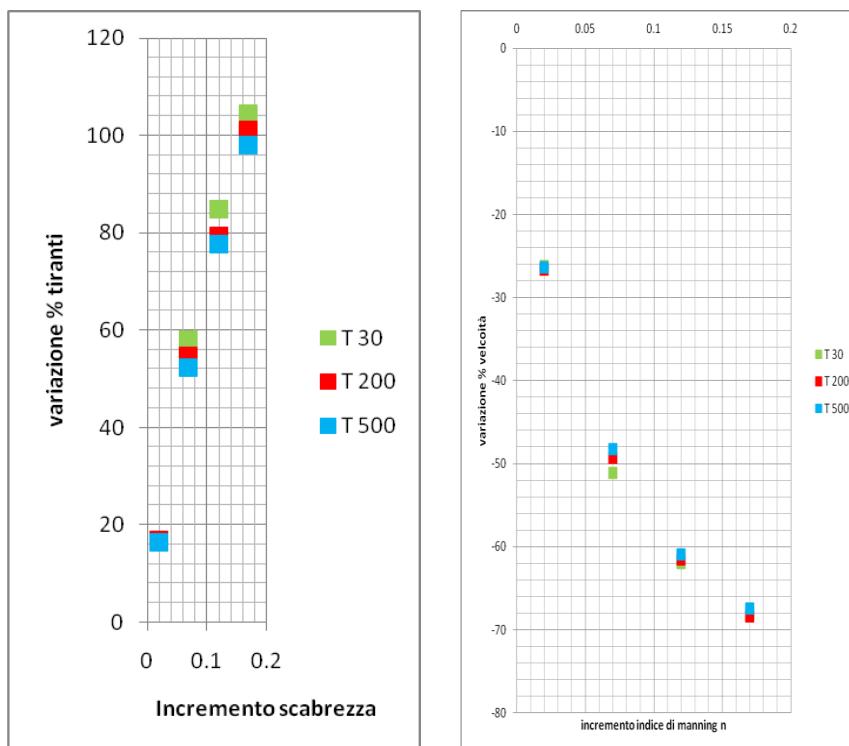
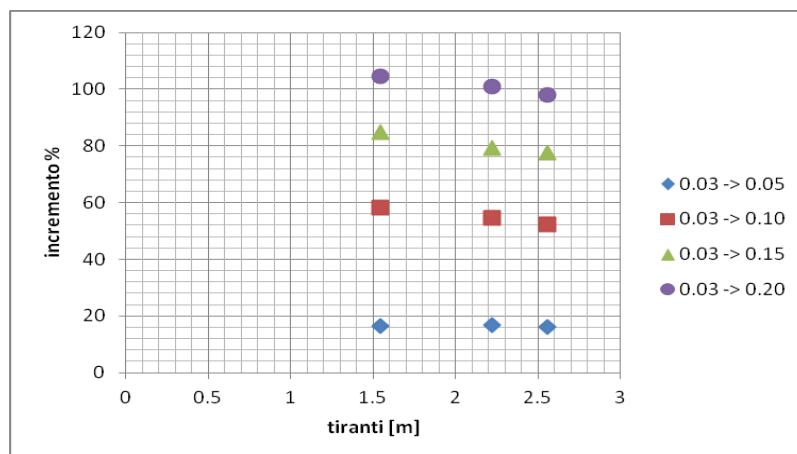


Figura 3.10 – Incrementi medi percentuali dei tiranti (a sinistra) e delle velocità (a destra) per i differenti tempi di ritorno in funzione della variazione dell'indice di Manning



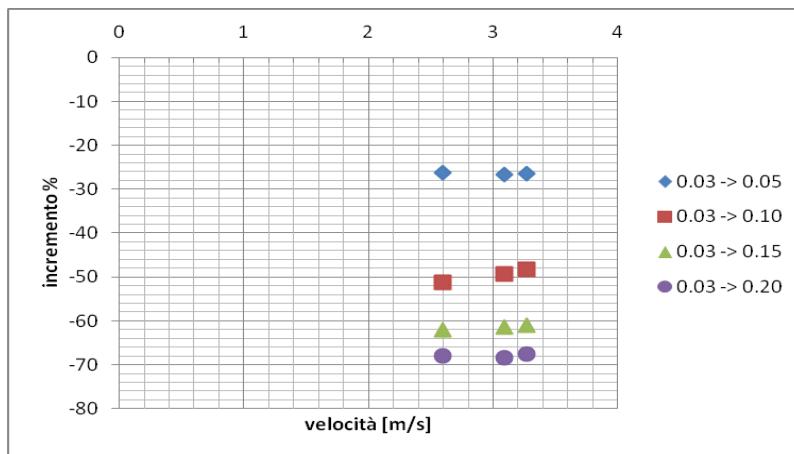


Figura 3.11 – Incrementi medi percentuali dei tiranti (in alto) e delle velocità (in basso) in relazione alla variazione dell'indice di Manning

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:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m \quad \text{Equazione 3.6}$$

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 affatto 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 una 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 3.2 (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 3.2 - 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	$n^{\frac{1}{2}}$
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 ^{2/}	0.24
Bermudagrass	0.41
Range (natural).....	0.13
Woods: ^{2/}	
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; Paolletti, 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 3.12). 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 3.13. 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 3.15.

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 3.3, 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.

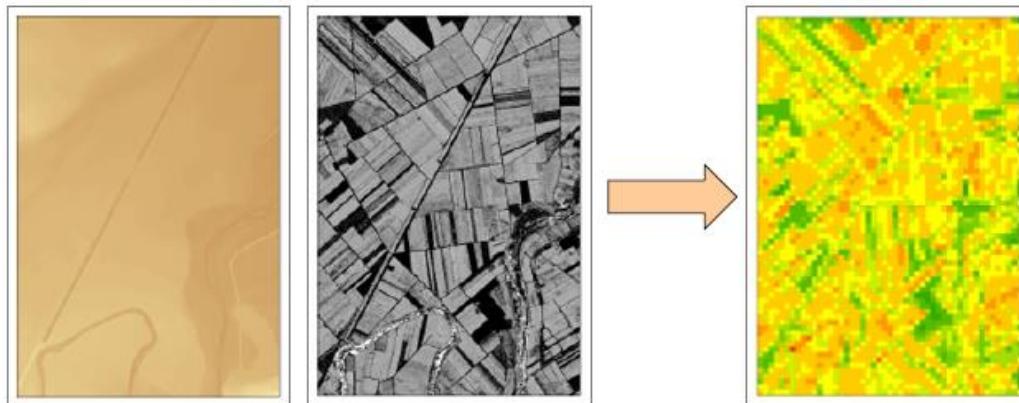


Figura 3.12 – Elaborazione sui DTM (prima immagine a sinistra) e DSM (seconda immagine a sinistra) per ottenere il CHM (a destra)

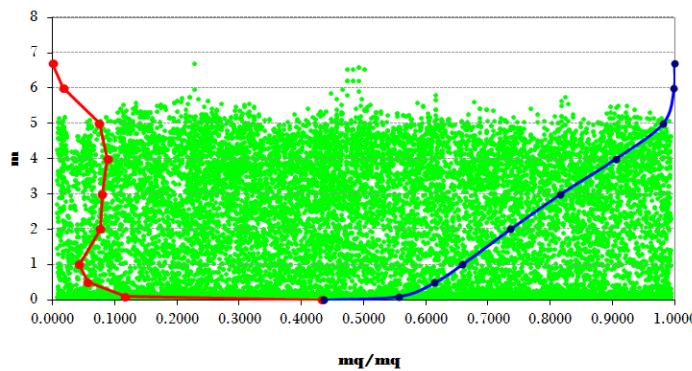


Figura 3.13 – Densità vegetativa degli uliveti

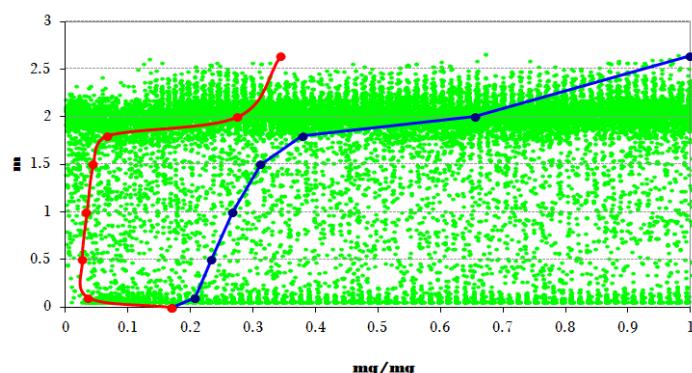


Figura 3.14 – Densità vegetativa dei vigneti

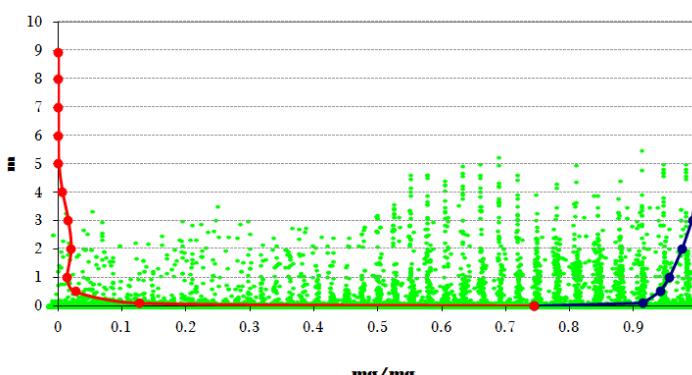


Figura 3.15 – Densità vegetativa dei frutteti

Tabella 3.3 - 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	Acquacolture	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, inculti	0.025	0.030	0.035	0.150
3	Aree a ricolonizzazione artificiale (rimboschimenti nella fase di novelletto)	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

	Categoria di uso del suolo	CHANNEL-FLOW			SHEET-FLOW
		Min.	Norm.	Max	
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 bungalow 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
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 concentramento e smistamento merci	0.200	0.200	0.200	0.011
36	Insediamenti ospedalieri	0.150	0.150	0.150	0.011
37	Insediamenti produttivi agricoli	0.100	0.100	0.100	0.011
38	Insediamento commerciale	0.200	0.200	0.200	0.011
39	Insediamento degli impianti tecnologici	0.100	0.100	0.100	0.011
40	Insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	0.100	0.100	0.100	0.011
41	Insediamento in disuso	0.100	0.120	0.140	0.011
42	Insediamento 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 culturali 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_GEOLOGICA\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).

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 3.4 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 3.4 - Raggruppamento delle unità geolitologiche in classi di permeabilità

UNITA' GEOLITOLOGICA	CLASSE
Alternanze arenaceo-pelitiche di ambiente torbiditico. Miocene	B
Alternanze calcareo-argillose di ambiente torbiditico. 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 fondo valle). 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). 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 illustrate 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 3.5.

Tabella 3.5 - 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
Acquacolture	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, inculti	Pascolo in cattive condizioni	68	79	86	89
aree a ricolonizzazione artificiale (rimboschimenti nella fase di novello)	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 bungalow 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 plastica in aree irrigue	Colture in filari,dritti in cattive condizioni	72	81	88	91
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

Categorie di uso del suolo	Macrocategoria associata	A	B	C	D
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 concentramento e smistamento merci	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95
Insediamenti ospedalieri	Aree commerciali (72 % impermeabili)	81	88	91	93
Insediamenti produttivi agricoli	Aree residenziali (65 % impermeabili)	77	85	90	92
Insediamento commerciale	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95
Insediamento degli impianti tecnologici	Aree commerciali (72 % impermeabili)	81	88	91	93
Insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95
Insediamento in disuso	Aree residenziali (38 % impermeabili)	61	75	83	87
Insediamento 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
Tessuto residenziale discontinuo	Aree residenziali (65 % impermeabile)	77	85	90	92

Categorie di uso del suolo	Macrocategoria associata	A	B	C	D
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 bacino dell'Ofanto.

Valutazioni idrologiche – IV

ALLEGATI



4.0 – Risultati delle analisi idrologiche per i bacini del fiume Ofanto



Obiettivo di questa fase è la stima 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 fiume Ofanto, come da figura 4.1, è condotta attraverso l'applicazione della procedura regionale di elaborazione statistico-probabilistica di dati spaziali, reperibile nello studio 'Analisi regionale dei massimi annuali delle portate al colmo di piena' messo a punto dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del CNR. Tale metodologia, in conformità ai dettami del D.P.C.M. 29/09/1998, si avvale, per la stima delle curve di possibilità pluviometrica, della distribuzione TCEV (*Two Components Extreme Value*) con regionalizzazione di tipo gerarchico in considerazione del buon adattamento riscontrato nell'applicazione del modello probabilistico e fisicamente basato, in parola, all'interpretazione del comportamento dei massimi annuali delle portate al colmo di piena nei bacini idrografici della Puglia settentrionale.

Le analisi idrologiche sono state effettuate seguendo la metodologia appena richiamata per tutte le aste del fiume Ofanto schematizzate nella già citata Fig. 4.1 ed elencate nel dettaglio nell'Allegato 5 - *Schedario dei modelli idraulici* alla presente relazione, a meno dell'affluente in destra idraulica, il torrente Tittadegna, e del tratto terminale di foce.

Lungo il torrente Tittadegna, negli schematismi a seguire indicato con la sigla OF04, l'analisi idrologica 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 (v. paragrafo 4.1.8). Tale scelta si è resa necessaria a causa dell'assenza di stazioni strumentate lungo le aste in esame e quindi della impossibilità di effettuare elaborazioni sulla misura diretta della media delle portate. Questo non ha permesso l'applicazione della formula razionale, come descritta in seguito.

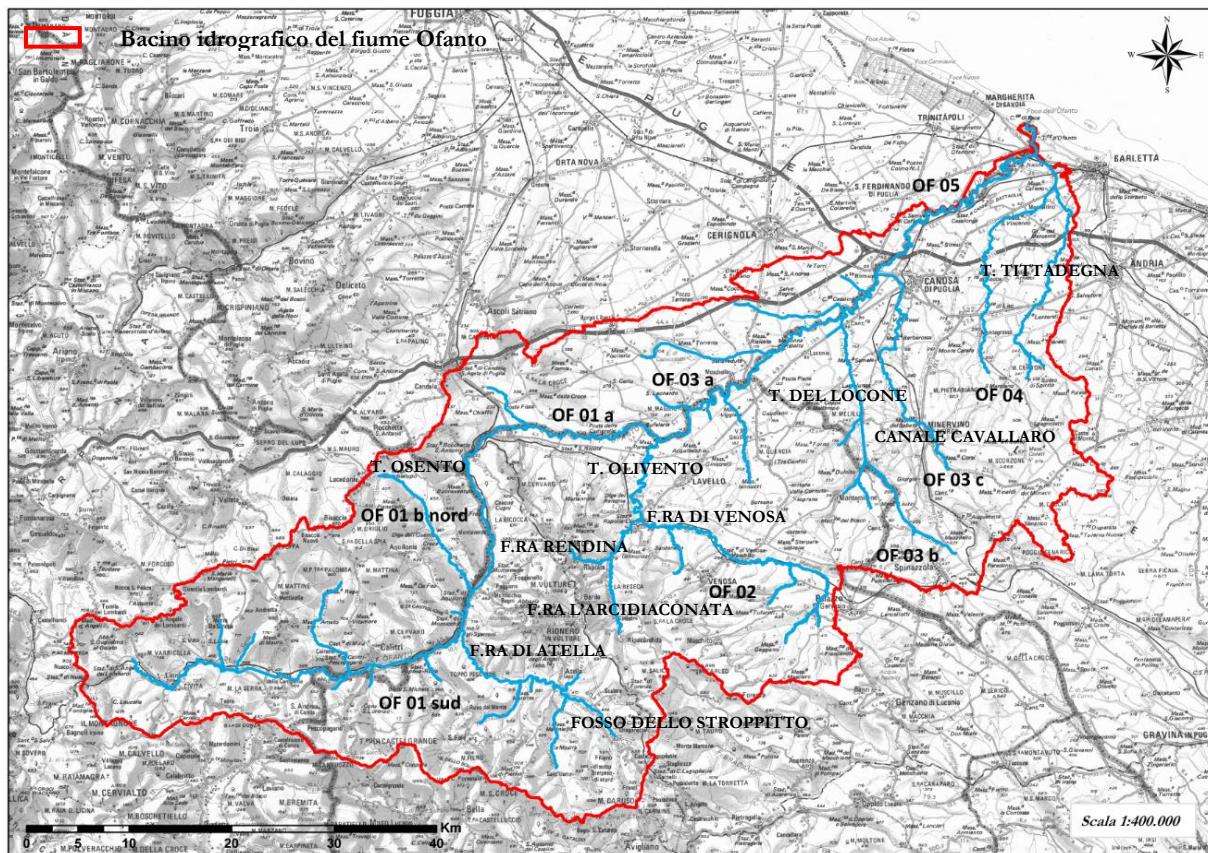


Figura 4.1 - Inquadramento dell'unità fisiografica del fiume Ofanto – bacino e reticolo idrografico.

Il tratto terminale dell'asta principale del fiume Ofanto, invece, compreso tra Ponte Romano in agro di Canosa di Puglia e la foce (nello schematismo generale individuato come OF05), è stato oggetto di una complessa ed articolata attività di studio condotta dalla Segreteria Tecnica Operativa dell'Autorità di Bacino della Puglia (prot. n. 4379 del 20/04/2010) nell'ambito delle procedure di modifica delle perimetrazioni delle aree a diversa pericolosità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle NTA del PAI. Le proposte di variazione delle perimetrazioni a diversa pericolosità idraulica già approvate, sono pertanto

disponibili nelle perimetrazioni del PAI vigente. Ne consegue che nel presente progetto l'analisi idrologica-idraulica non interesserà il suddetto tratto.

Le valutazioni idrologiche hanno lo scopo di pervenire alla stima delle 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 pericolosità, 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.

Lo studio idrologico si compone, in generale, 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, dunque, stando a quanto indicato dal progetto speciale Va.Pi. (Valutazione Piene) del Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, patrocinato dal Ministero della Protezione Civile, il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia è suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee nei confronti dei parametri dei modelli matematici adottati, per ognuna delle quali è possibile calcolare la curva di possibilità pluviometrica. Nello specifico i bacini del fiume Ofanto ricadono esclusivamente nella zona omogenea 4 (fig. 4.2), per la quale vale la seguente equazione:

$$\text{Zona4: } x(t, z) = 24.70t^{0.256}$$

Equazione 4.1

dove t è il tempo caratteristico dell'evento relativo al modello idrologico adottato e z è la quota media sul livello medio del mare del bacino idrografico.

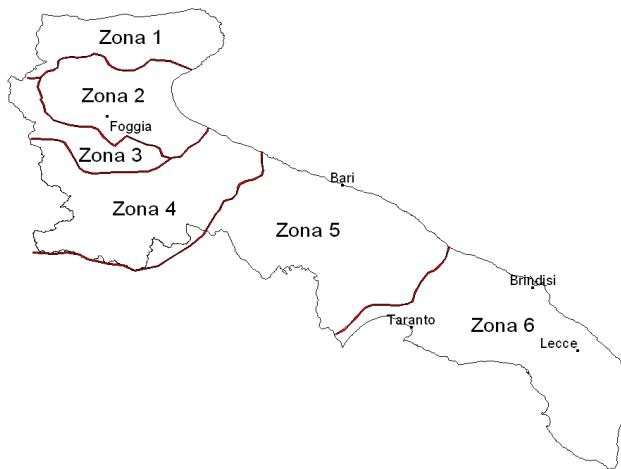


Figura 4.2 - Zone omogenee individuate dal Va.Pi. Puglia

L'applicazione della formula della curva di possibilità pluviometrica (equazione 4.1) consente la stima dell'altezza media di precipitazione, $h(t_r)$ 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 $K_{t,T}$ (funzione del tempo di ritorno dell'evento, espresso in anni), il quale assume, per le prime quattro zone omogenee, la seguente espressione:

$$K_{t,T} = 0.5648 + 0.415 \ln T$$

Equazione 4.2

La rete di misura idrometrica del territorio di competenza del Va.Pi. comprende circa 20 stazioni idrometrografiche, 9 di queste, prese in esame per le elaborazioni successive, installate sull'asta principale del fiume Ofanto e su alcuni dei suoi maggiori affluenti (figura 4.3). Allo stato attuale sono disponibili, nel volume *II* degli Annali Idrologici, alla sezione *C*, le misure dirette di portata e i bilanci idrologici del periodo di osservazione compreso tra il 1921 e il 2007, in cui le stazioni idrometriche hanno funzionato con continuità sia pure se con qualche breve interruzione.

Nell'ultimo decennio il numero delle stazioni in funzione si è ridotto di due unità. La stazione di Cairano Scalo, posta poco più a valle della Diga di Conza, è stata dismessa, mentre per la stazione di Venosa a P.te Ferroviario è attualmente sospeso il servizio di acquisizione dei dati, per motivi di sicurezza.

Nella tabella 4.1, di seguito riportata, sono elencate le caratteristiche principali delle stazioni e le serie storiche disponibili per le indagini effettuate dal Progetto Va.Pi nella modellazione dei dati idrometrici della regione.

L'analisi regionale degli estremi idrologici massimi (massimi annuali delle portate fluviali) per la stima delle portate al colmo di piena, condotta con riferimento ai valori massimi annuali, per prefissati tempi di ritorno, è stata condotta in relazione ai bacini non strumentati, per i quali non è disponibile una serie storica di misure dirette, sufficientemente lunga ed affidabile della grandezza indagata. Il ricorso a tali tecniche di analisi regionale, reso indispensabile principalmente dall'assenza di deflussi costanti sul territorio in esame e dalla conseguente quasi totale mancanza di misure dirette di portata, ha permesso l'individuazione dei legami esistenti tra le caratteristiche climatiche e fisiografiche misurabili nella regione e la grandezza idrologica di interesse.

Nello specifico, l'applicazione della distribuzione dei valori estremi a doppia componente (TCEV), ha reso possibile il trasferimento dell'informazione idrologica, proveniente dai dati registrati nelle sezioni terminali dei bacini strumentati, a qualunque altra sezione fluviale priva di stazione idrometrica.

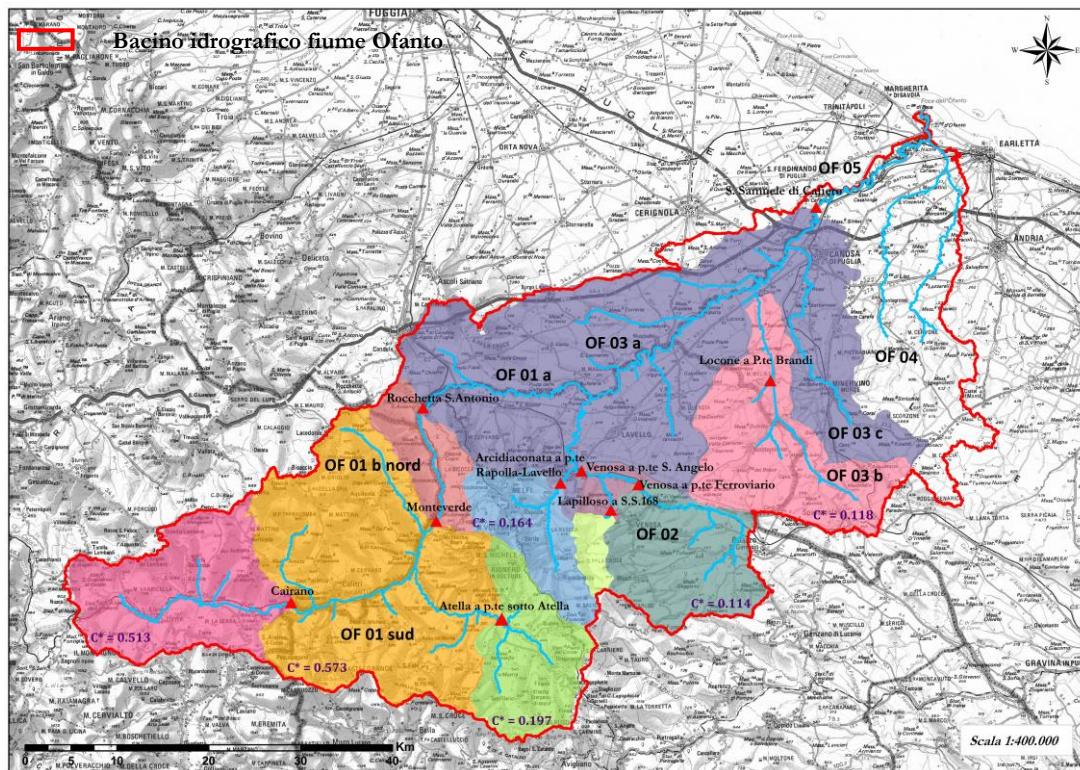


Figura 4.3 – Ubicazione delle stazioni idrometrografiche del S.I.M.I. con indicazione dei bacini idrografici sottesi e dei relativi coefficienti probabilistici di piena (C^*)

Tabella 4.1 – Stazioni di misura idrometriche (fonte: *Piano di bilancio dell'Ofanto – AdB Puglia*)

Codice	Stazione	Area [Km ²]	Altitudine [m] s.l.m. Max	Altitudine [m] s.l.m. med	Serie continue osservate	N
1	Ofanto a Cairano Scalo	272	1493	647	1963-1967 1970-1994	28
2	Atella a p.te sotto Atella	158	1425	813	1935 1937-1939 1947-1996	51
3	Ofanto a Monteverde	1028	1493	657	1956-1980	40
4	Arcidiaconata a p.te Rapolla-Lavello	124	1237	530	1952-1955 1957-1987 1990-1996	38
5	Lapilloso a p.te S.S. 168	30	819	559	1973-1996	23
6	Venosa a p.te Ferroviario	261	899	502	1973-1993 1996	18
7	Ofanto a San Samuele di Cafiero	2716	1493	454	1932-1939 1947-1996	56
8	Locone a p.te Brandi	219	619	340	1971-1972 1974-1983	7

Nella tabella 4.2 sono elencate le stazioni idrometriche e le caratteristiche principali delle serie relative, inerenti il terzo livello di regionalizzazione delle piene (Va.Pi. Piene).

Tabella 4.2 – Caratteristiche principali delle serie inerenti il terzo livello di regionalizzazione delle piene

Cod	Sezione	Area [km ²]	\bar{x} [m ³ /s]	$t_r(A)$ [h]	$I(t_r)$ [mm/h]	C*	$A^*I(t_r)/3.6$
1.0	OFANTO A SAN SAMUELE DI CAFIERO	2702.8	517.60	17.93	3.70	0.185	2793.5
1.1	OFANTO A CAIRANO	266.4	208.00	5.67	5.36	0.513	405.3
1.2	ATELLA A P.TE SOTTO ATELLA	175.9	61.30	4.32	7.09	0.197	311.2
1.4	OFANTO A ROCCHETTA S. ANTONIO	1111.0	436.70	11.52	2.78	0.505	864.1
1.5	ARCIDIACONATA A P.RAP.-LAVELLO	123.9	44.90	3.83	7.97	0.164	274.4
1.6	LAPILLOSO A P.TE S.S. 168	28.5	10.40	1.87	14.74	0.086	120.8
1.7	VENOSA A P.TE FERROVIARIO	204.0	39.90	4.88	6.29	0.114	350.9
1.8	VENOSA A P.TE S. ANGELO	263.0	55.80	5.56	5.48	0.140	397.6
1.9	LOCONE A P.TE BRANDI	219.4	43.30	5.09	6.01	0.118	365.8

Tra i diversi modelli disponibili per la stima indiretta della piena media annua si è adottata, in prima approssimazione, e per le prestazioni statistiche e per la semplicità d'uso, la regressione semplice di tipo logaritmico esistente fra la piena media annua e l'area del bacino sotteso (equaz. 4.5), essendo quest'ultima una tra le principali grandezze fisiche dello stesso.

Ove tale procedura di valutazione della piena indice sia stata ritenuta poco affidabile o di eccessiva approssimazione è stata sostituita con un modello di regionalizzazione basato sulla nota formula razionale, espressione del legame correlativo esistente tra la piena indice \bar{x} , la superficie del bacino, A , e il valore medio, $I(t_r)$, dei massimi annuali delle intensità di pioggia puntuali di durata pari al tempo di ritardo specifico del bacino (4.3). In questo modello, empiricamente proposto da Rossi e Versace [1982], la formula razionale è espressa dalla relazione (4.4) sottostante, in cui \bar{x} è definito in m³/s, $I(t_r)$ in mm/h, A in km² e t_r in ore. Il coefficiente probabilistico di piena C^* tiene conto oltre che dell'effetto naturale di laminazione del picco di piena rispetto al picco di pioggia, dell'effetto di riduzione areale delle piogge e delle perdite idrologiche connesse ai fenomeni di infiltrazione nel suolo e di intercettazione della vegetazione.

Per i bacini ricadenti nell'unità fisiografica di analisi, si sono adottati tempi di ritardo, di eventi di piena, valutati attraverso l'espressione di cui alla relazione (4.3).

$$t_r = 0.344A^{0.5} \quad \text{Equazione 4.3}$$

$$\bar{x} = I(t_r)AC^*/3.6 \quad \text{Equazione 4.4}$$

$$\bar{x} = 1.556A^{0.71} \quad \text{Equazione 4.5}$$

Al fine di tenere in debito conto delle perdite per infiltrazione che si manifestano durante l'evento di piena, al coefficiente probabilistico C^* , generalmente stabile in una regione, con valori che tendono a ridursi in aree a permeabilità secondaria molto elevata o in presenza di estese superfici boschive, si è assegnato, in tutti i casi di interesse, il valore medio regionale ottenuto, utilizzando i dati riportati in tab. 4.2, attraverso una regressione tra i valori medi di portata \bar{x} ed i valori assunti, in ciascun bacino strumentato, dal raggruppamento $AI(t_r)/3.6$.

Verificato che, un più elevato grado di incertezza si ha quando l'area indagata si trova in una zona immediatamente esterna al perimetro monitorato ed in corrispondenza di sezioni non attrezzate che, all'interno dello stesso bacino strumentato, sottendono aree contribuenti poco estese rispetto alla superficie del bacino strumentato, si è ricorso, in tali casi, alla relazione esistente tra C^* e le caratteristiche di permeabilità associate alla geologia.

Acquisito lo strato informativo relativo alla litologia dalla 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), nella quale i litotipi sono suddivisi nelle tre classi di permeabilità (elevata PE , media PM , e nulla I), determinate le percentuali di area occupata da ciascun litotipo nell'ambito dei bacini idrografici indagati, si sono valutati i coefficienti probabilistici di piena C^* attraverso l'applicazione della legge di regressione lineare (4.6) che tiene conto dell'influenza della geolitologia:

$$C^* = 0.09 + 0.471 [1 - (0.64 PM + PE)]$$

Equazione 4.6

L'applicazione dei coefficienti probabilistici di piena così determinati alla formula razionale ha condotto alla stima dei valori delle porate medie che moltiplicate per il coefficiente di crescita k_t GRAFICO, ha permesso la stima della portata al colmo di piena di ciascun bacino non strumentato di interesse.

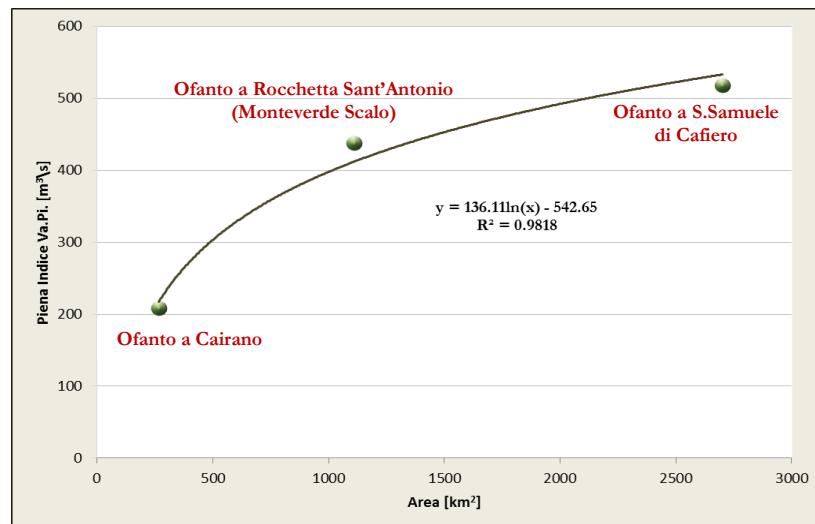
4.1.1 Asta principale

Lungo l'asta principale del fiume Ofanto, di circa 170 km di lunghezza, la stima della piena indice, in corrispondenza delle sezioni non strumentate del reticolo, poste tra le stazioni idrometriche di Cairano e la stazione di San Samuele di Cafiero (figura 4.4), è effettuata sulla base della regressione (equaz. 4.7) individuata tra i valori di piena indice del Va.Pi. delle stazioni idrometriche di Cairano, Monteverde Scalo e San Samuele di Cafiero e le aree dei bacini idrografici sottesi da ciascuna di esse (tab. 4.3).

Si è constatato, infatti, essere questa la più adatta ad interpretare le distribuzioni campionarie.

Tabella 4.3 – Principali caratteristiche delle stazioni idrometriche della regressione (riportata nella figura di seguito)

Sezione	Area [km ²]	x [m ³ /s]
OFANTO A SAN SAMUELE DI CAFIERO	2702.8	517.60
OFANTO A ROCHETTA SANT'ANTONIO (MONTEVERDE SCALO)	1111.0	436.7
OFANTO A CAIRANO	266.4	208.00



$$x = 136.11\ln(A) - 542.65$$

Equazione 4.7

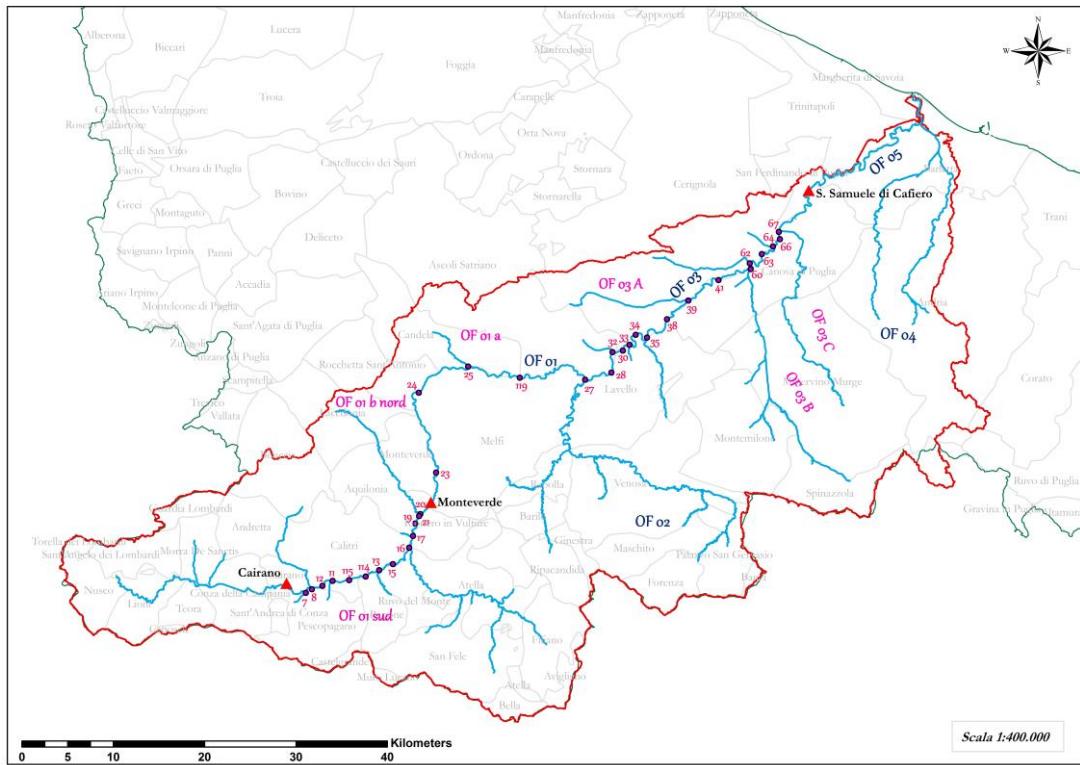


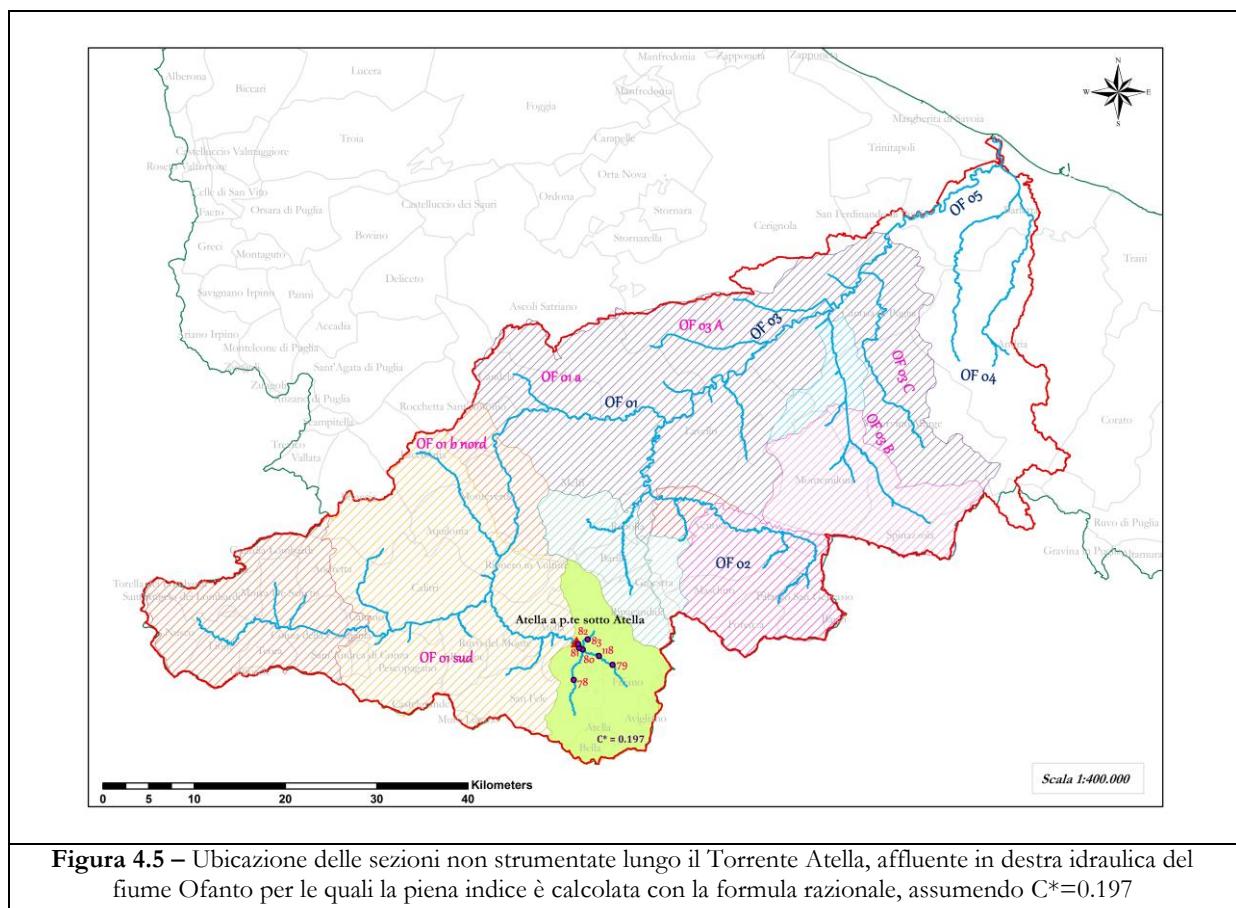
Figura 4.4 – Ubicazione delle sezioni non strumentate lungo l'asta principale del Fiume Ofanto per la quali la piena indice è calcolata sulla scorta della legge di regressione (4.7)
 (sezioni n. : 7 – 8 – 11 – 12 – 13 – 15 – 16 – 17 – 19 – 20 – 21 – 23 – 24 – 25 – 27 – 30 – 32 – 33 – 34 – 35 – 38 – 39 – 41 – 60 – 62 – 63 – 64 – 66 – 67 – 114 – 115 – 119)

4.1.2 Atella a Ponte sotto Atella

Per la stima delle portate di piena alle sezioni non attrezzate che rientrano nel bacino chiuso alla stazione idrometrica di Atella a P.te sotto Atella, si è adottato, nell'applicazione della formula razionale, come coefficiente probabilistico di piena, C^* , il valore proposto dalla metodologia Va.Pi. (figura 4.5), pari a 0.197, e si sono assegnati al fattore di crescita k_T , per ciascuno dei tre tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni) i valori di cui alla Tab. 4.4.

Tabella 4.4 – Valori del fattore di crescita k_T adottati per la stima delle portate di piena dei bacini non strumentati inclusi nel bacino chiuso alla stazione di Atella a P.te sotto Atella

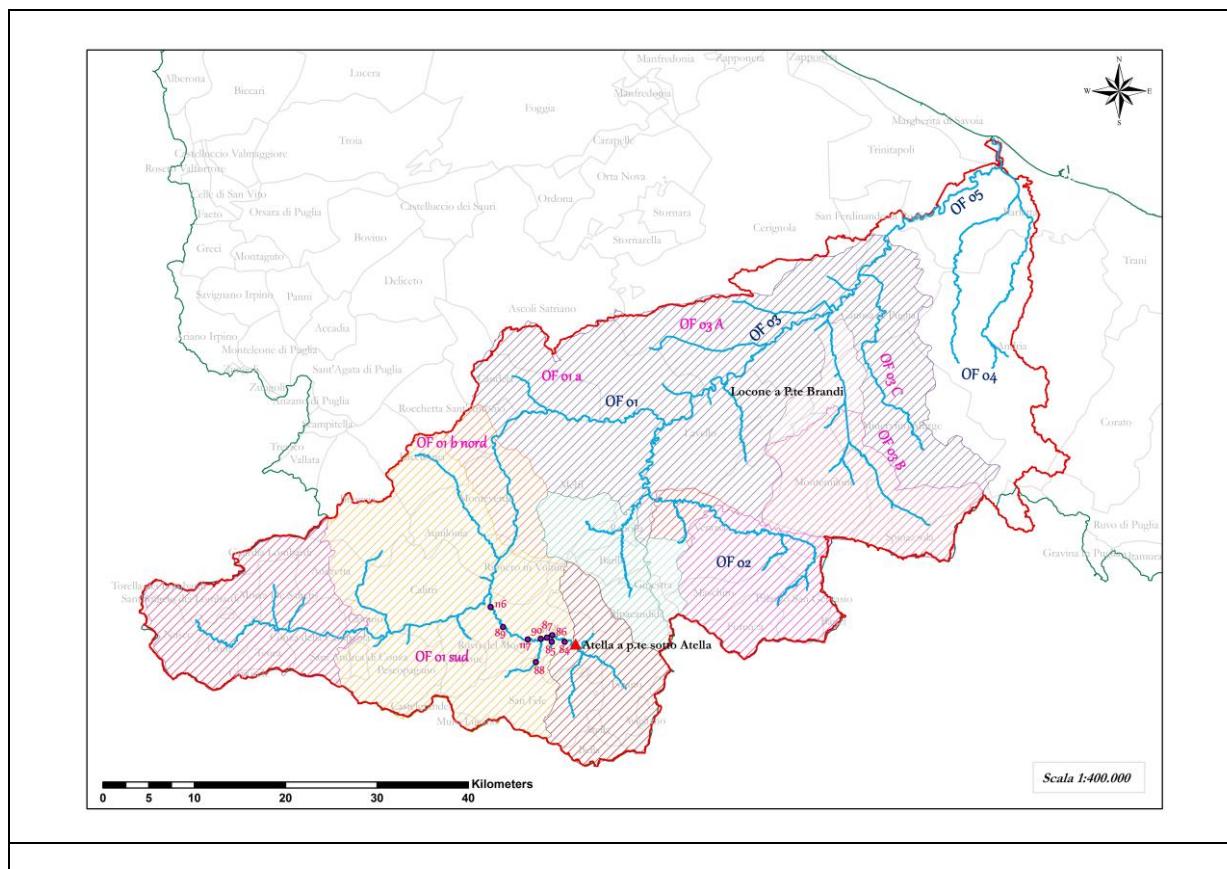
N.ro sezione non strumentata	Area [km ²]	k_T - GRAFICO Tr (30)	k_T - GRAFICO Tr (200)	k_T - GRAFICO Tr (500)
ATELLA A PONTE SOTTO ATELLA	175.94	2.583	4.145	4.914
SEZ. 78	39	2.854	4.684	5.584
SEZ. 79	70.95	2.741	4.459	5.305
SEZ. 80	140.91	2.62	4.219	5.006
SEZ. 81	141.58	2.62	4.217	5.004
SEZ. 82.	172.95	2.586	4.15	4.921
SEZ. 83	25.92	2.936	4.845	5.785
SEZ. 118	81.04	2.717	4.411	5.245

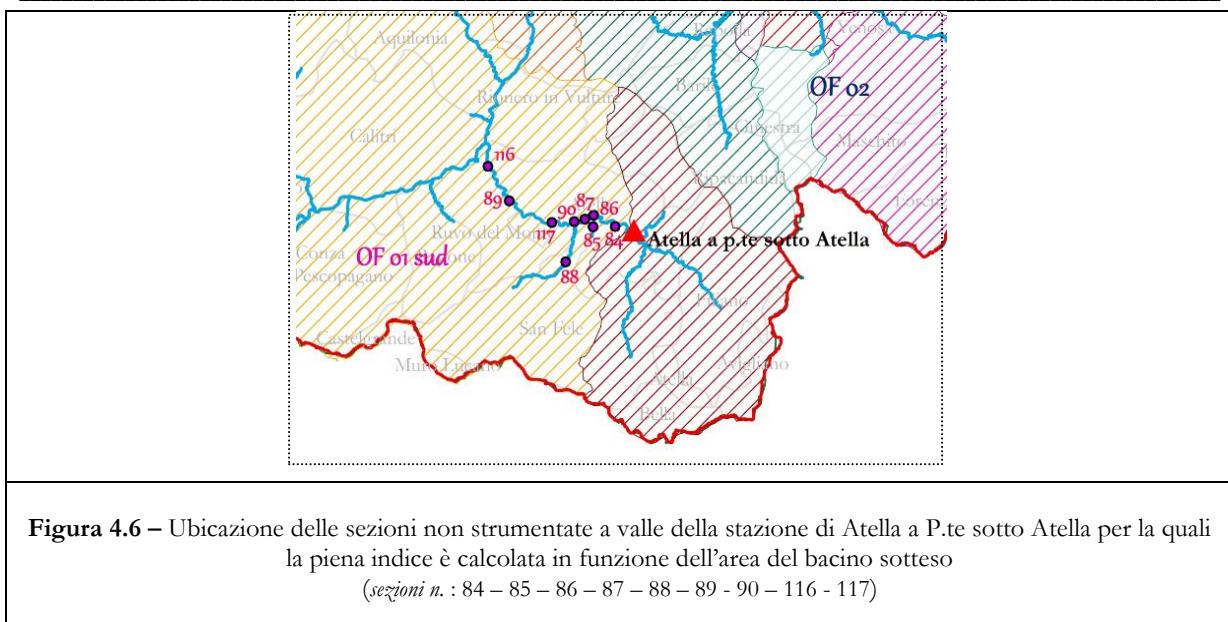


In referimento a ciascun bacino chiuso a valle della sezione di Atella a Ponte sotto Atella, essendosi verificato che il comportamento delle piene indice rispetto al valore medio di portata registrata, ben si adatta alla legge di dipendenza della portata indice dall'area del bacino afferente, si è impiegata la relazione espressa dalla (4.5). I valori dei fattore di crescita k_T adottati, per ciascuno dei tre tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni) sono riportati in Tab. 4.5.

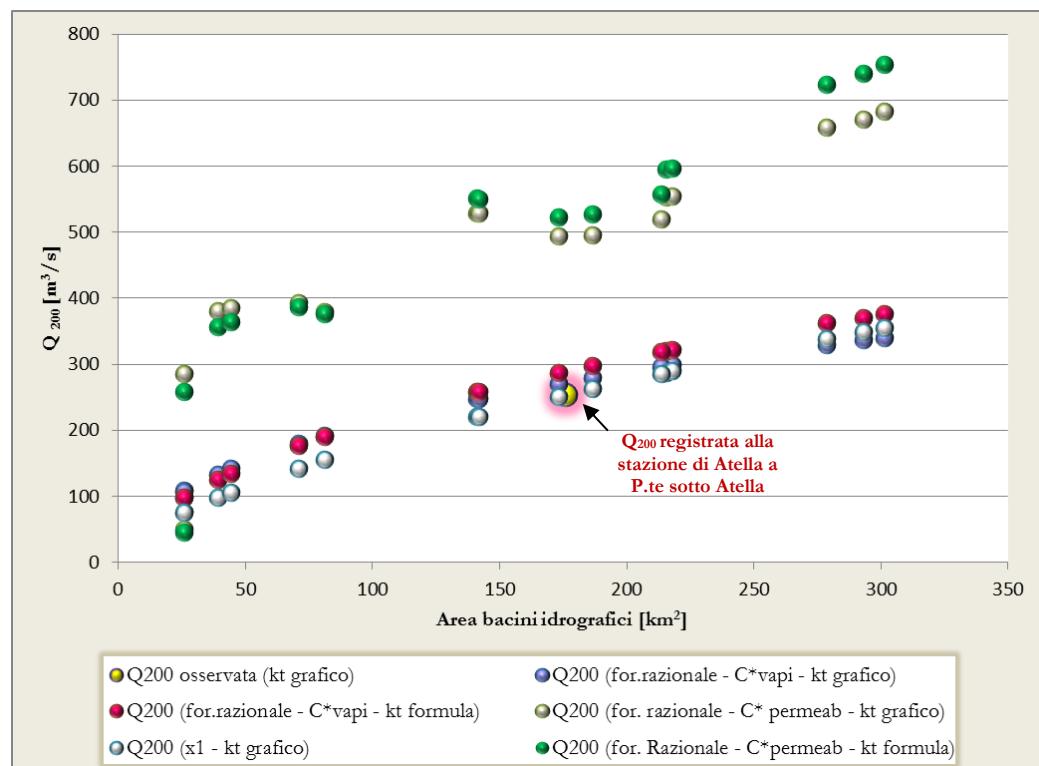
Tabella 4.5 – Valori del fattore di crescita k_T adottati per la stima delle portate di piena dei bacini non strumentati a valle del bacino chiuso alla stazione di Atella a P.te sotto Atella

N.ro sezione non strumentata	Area [km ²]	k_T – GRAFICO Tr (30)	k_T – GRAFICO Tr (200)	k_T – GRAFICO Tr (500)
SEZ. 84	186.29	2.574	4.126	4.89
SEZ. 85	25.7	2.937	4.849	5.789
SEZ. 86	215.4	2.55	4.079	4.831
SEZ. 87	217.69	2.548	4.075	4.827
SEZ. 88.	44.13	2.83	4.636	5.525
SEZ. 89	292.82	2.501	3.981	4.71
SEZ. 90	213.4	2.551	4.082	4.835
SEZ. 116	301.28	2.496	3.981	4.71
SEZ. 117	278.35	2.509	3.997	4.73



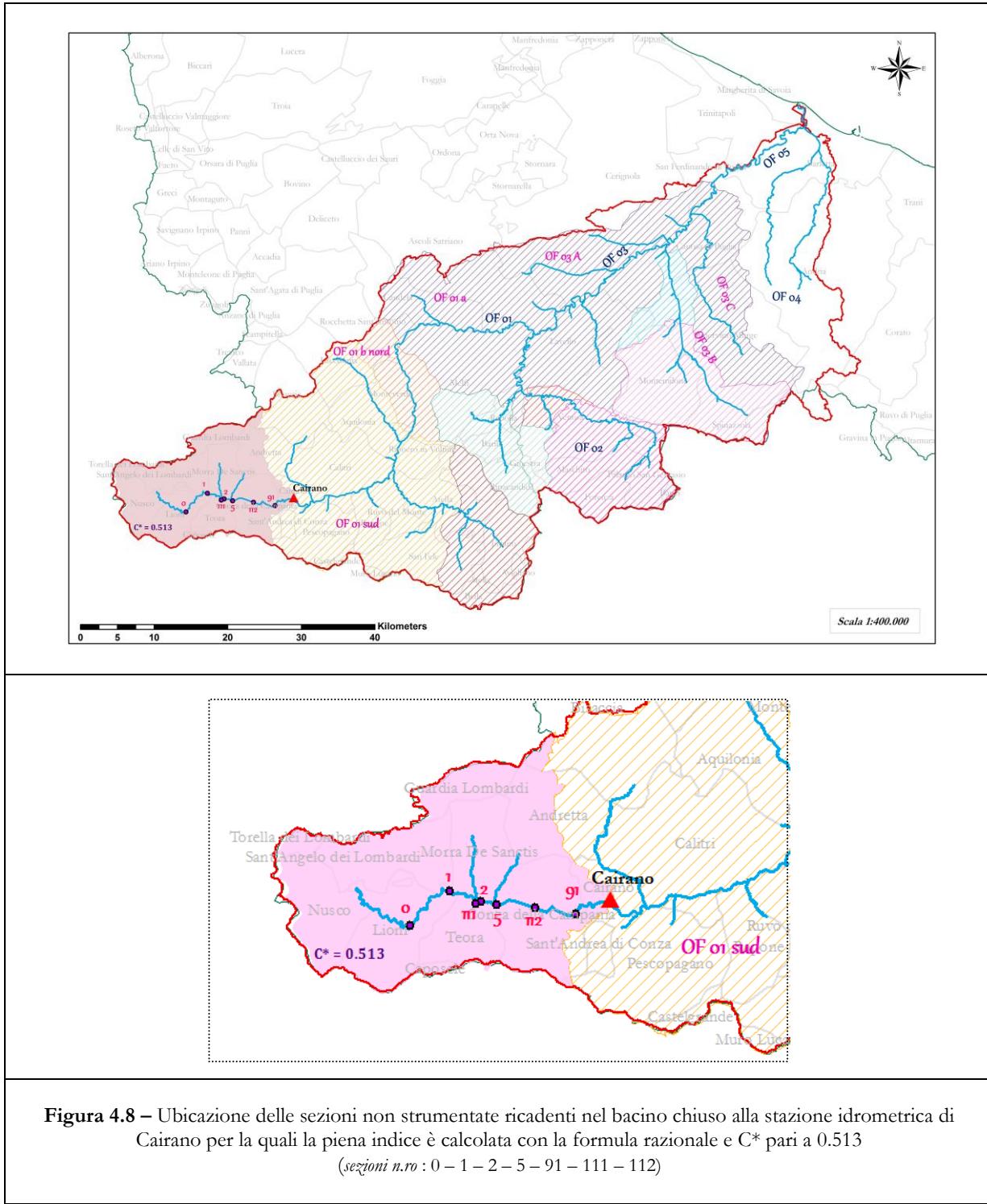


Dal grafico seguente (figura 4.7) si evince il confronto tra i valori di portata al colmo di piena stimati dalle diverse metodologie adottate e il valore di portata massima della stazione strumentata di riferimento, Atella a Ponte sotto Atella. La stima di quest'ultima è stata ottenuta moltiplicando il valore di piena indice, come da Tab. 4.2, per il fattore di crescita k_T ricavato graficamente, pari a $C^* = 4.145$ (Tab. 4.4)



4.1.3 Ofanto a Cairano

Nella formula razionale impiegata per la stima della piena indice alle sezioni non strumentate che rientrano nel bacino idrografico chiuso alla stazione di misura di Cairano, si è assegnato al coefficiente probabilistico di piena C^* il valore di 0.513, avendo verificato una buona rispondenza tra i valori di portata così calcolati nelle sezioni di interesse, prive di osservazioni dirette, ed il valore di piena indice x [m^3/s] fornito dalla media aritmetica dei valori osservati delle portate (figure 4.8) alla stazione strumentata *Ofanto a Cairano*.



I valori dei fattore di crescita k_T adottati, per ciascuno dei tre tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni) sono riportati in Tab. 4.6.

Tabella 4.6 – Valori del fattore di crescita k_T adottati per la stima delle portate di piena dei bacini non strumentati inclusi nel bacino chiuso alla stazione di *Cairano*

N.ro sezione non strumentata	Area [km ²]	k_T - GRAFICO Tr (30)	k_T - GRAFICO Tr (200)	k_T - GRAFICO Tr (500)
SEZ. 0	86.85	2.705	4.387	5.215
SEZ. I	120.47	2.647	4.272	5.072
SEZ. 2	180.35	2.579	4.137	4.903
SEZ. 3	32.03	2.893	4.761	5.68
SEZ. 4.	30.55	2.902	4.779	5.703
SEZ. 5	215.76	2.55	4.078	4.831
SEZ. 9I	259.72	2.52	4.019	4.757
SEZ. III	146.3	2.614	4.206	4.99
SEZ. II2	229.72	2.539	4.058	4.806

4.1.4 Arcidiaconata a Ponte Rapolla Lavello

Come per i bacini compresi nella porzione dell'unità fisiografica del fiume Ofanto chiuso alla stazione strumentata di Cairano, allo stesso modo nella stima delle portate medie annue delle sezioni di chiusura presenti lungo il Torrente Arcidiaconata si è assegnato, alla formula razionale, valore del coefficiente probabilistico C^* pari a 0.164 ricavato nell'ambito del Progetto Va.Pi.. Al fine di addivenire alla valutazione delle portate di massima piena, si sono assunti valori del fattore di crescita k_T come da Tab. 4.7.

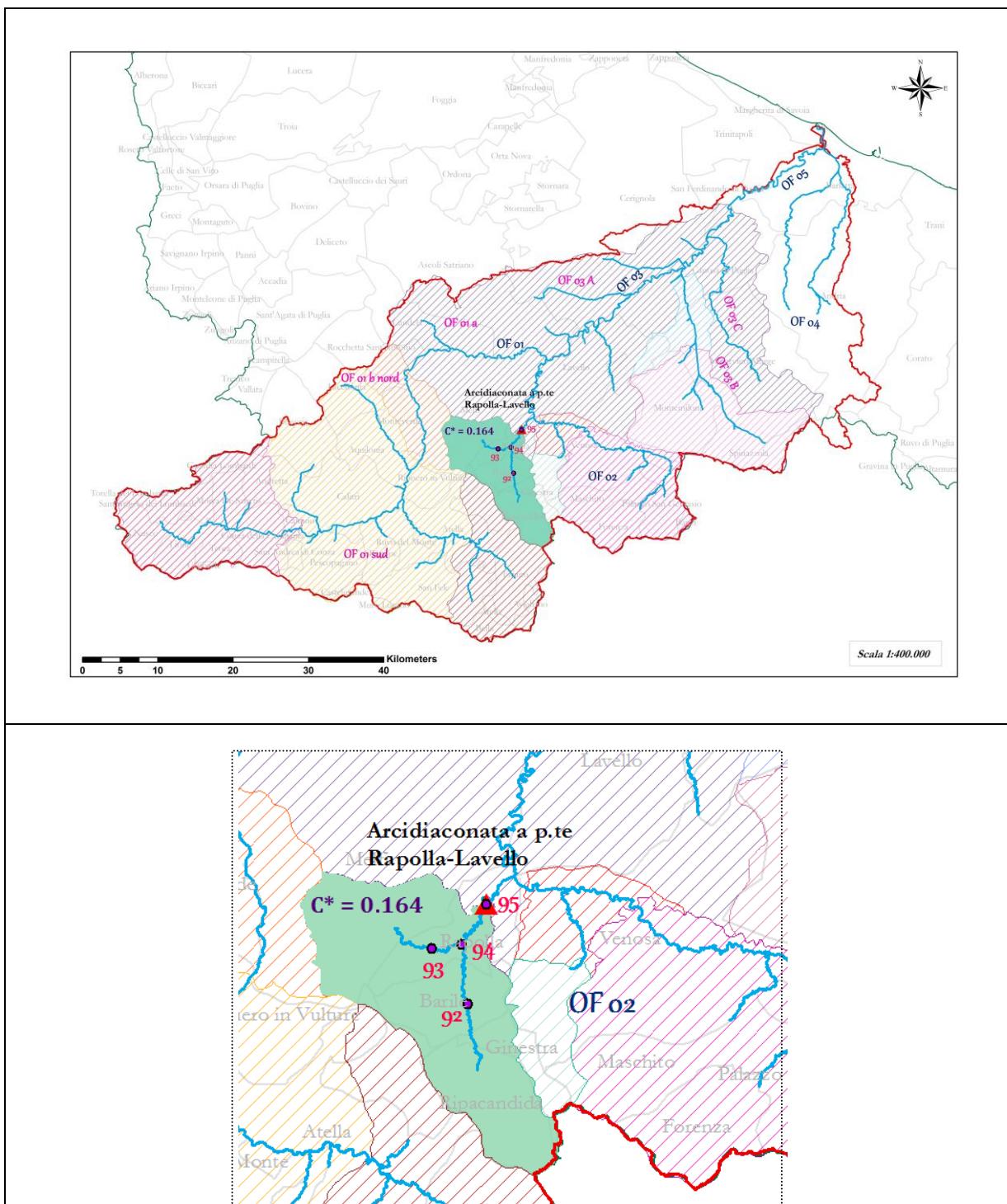


Figura 4.9 – Ubicazione delle sezioni non strumentate ricadenti nel bacino chiuso alla stazione idrometrica di Arcidiaconata a P.te Rapolla-Lavello per la quali la piena indice è calcolata con la formula razionale e C^* pari a 0.164
(sezioni n.ro : 92 – 93 – 94 – 95)

Tabella 4.7 – Valori del fattore di crescita k_T adottati per la stima delle portate di piena dei bacini non strumentati inclusi nel bacino chiuso alla stazione di *Arcidiaconata a ponte Rapolla - Lavello*

N.ro sezione non strumentata	Area [km ²]	k_T - GRAFICO Tr (30)	k_T - GRAFICO Tr (200)	k_T - GRAFICO Tr (500)
SEZ. 92	47.8	2.815	4.606	5.48
SEZ. 93	39.46	2.852	4.679	5.579
SEZ. 94	111.17	2.661	4.3	5.107
SEZ. 95	123.93	2.642	4.263	5.06

4.1.5 Locone a Ponte Brandi

Per la definizione della grandezza idrologica di interesse, il massimo valore annuale della portata nelle sezioni non strumentate fissate lungo le aste del torrente Locone, si è adottato, per il calcolo della piena indice con la formula razionale, valore del C^* pari a 0.118, e valori del k_T come da Tab. 4.8.

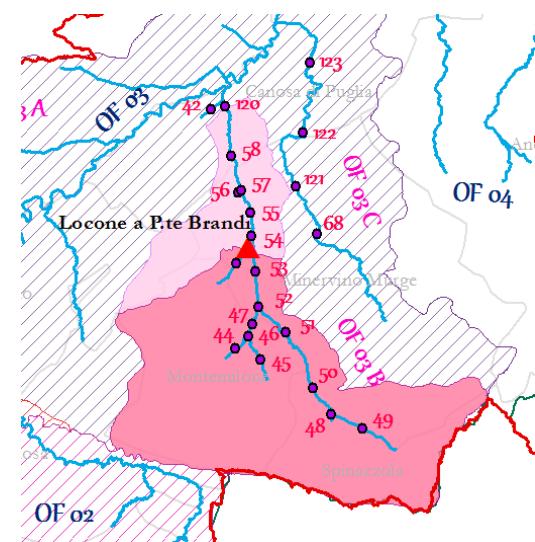
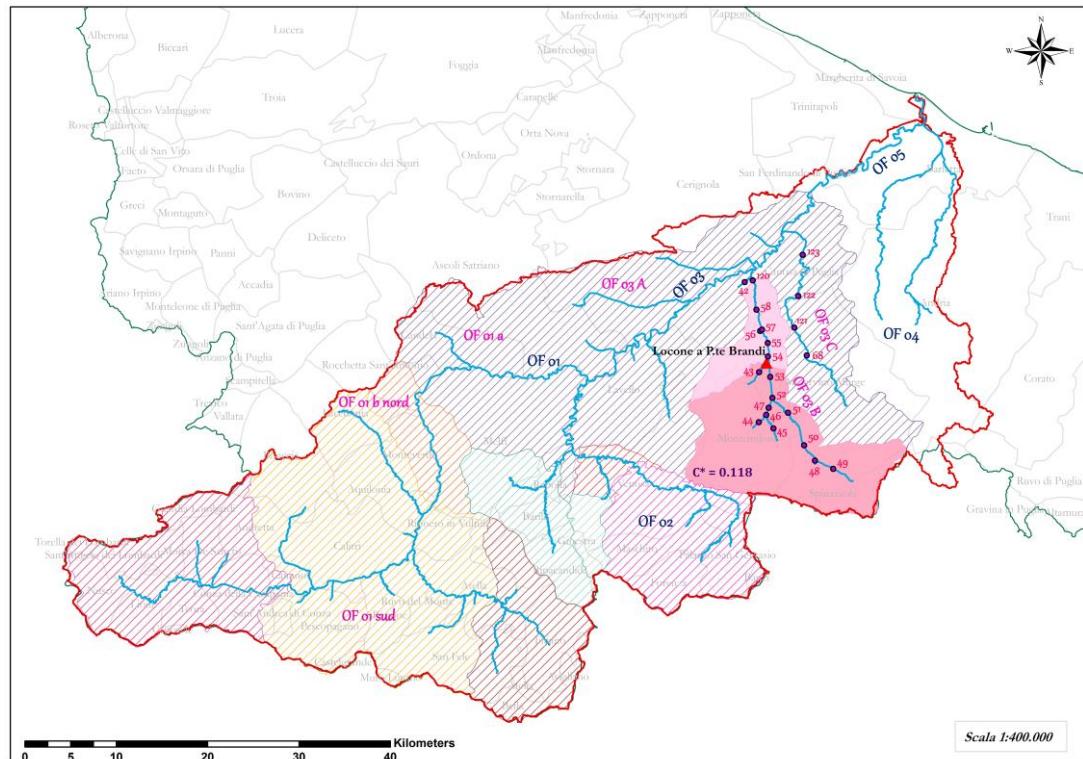


Figura 4.10 – Ubicazione delle sezioni non strumentate ricadenti nel bacino chiuso alla stazione idrometrica di Locone a Pte Brandi per le quali la piena indice è calcolata con la formula razionale e C^* pari a 0.118
(sezioni n.ro : 42 – 43 – 44 – 45 – 46 – 47 – 48 – 49 – 50 – 51 – 52 – 53 – 54 – 55 – 56 – 57 – 58 – 68 – 120 – 121 – 122 – 123)

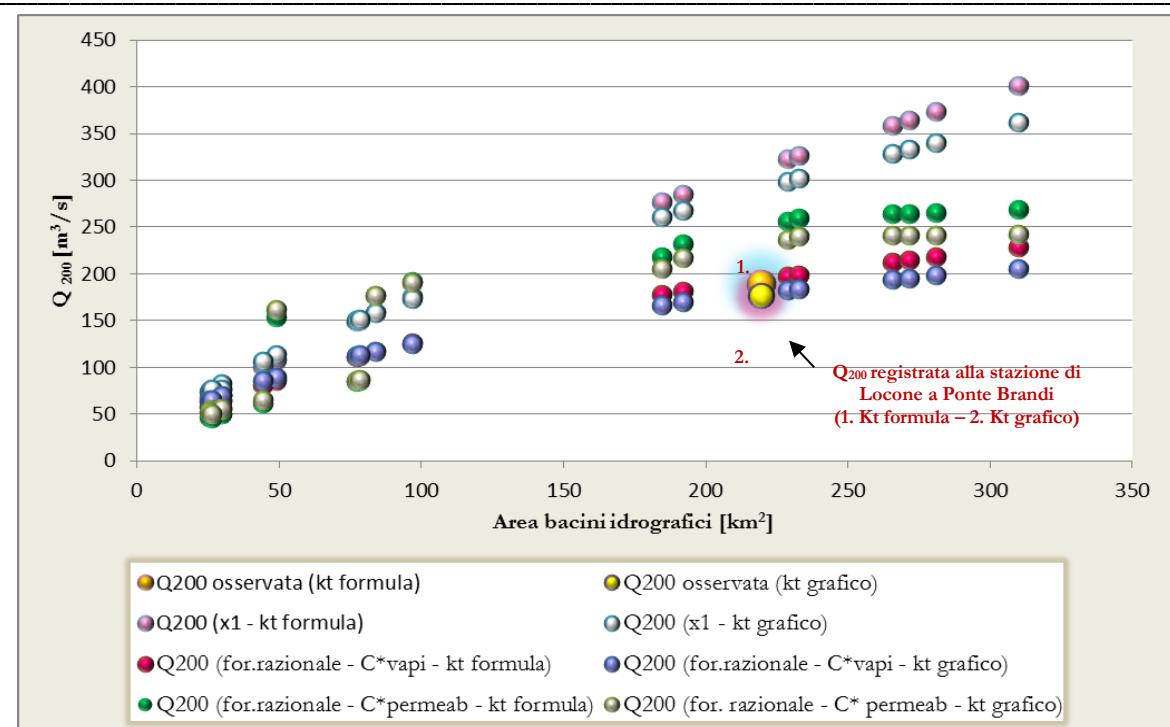


Fig. 4.11 – Confronto tra le portate di piena calcolate e il valore osservato alla stazione idrometrica di *Locone a P.te Brandi*

Tabella 4.8 – Valori del fattore di crescita k_T adottati per la stima delle portate di piena dei bacini non strumentati inclusi nel bacino chiuso alla stazione di *Locone a Ponte Brandi*

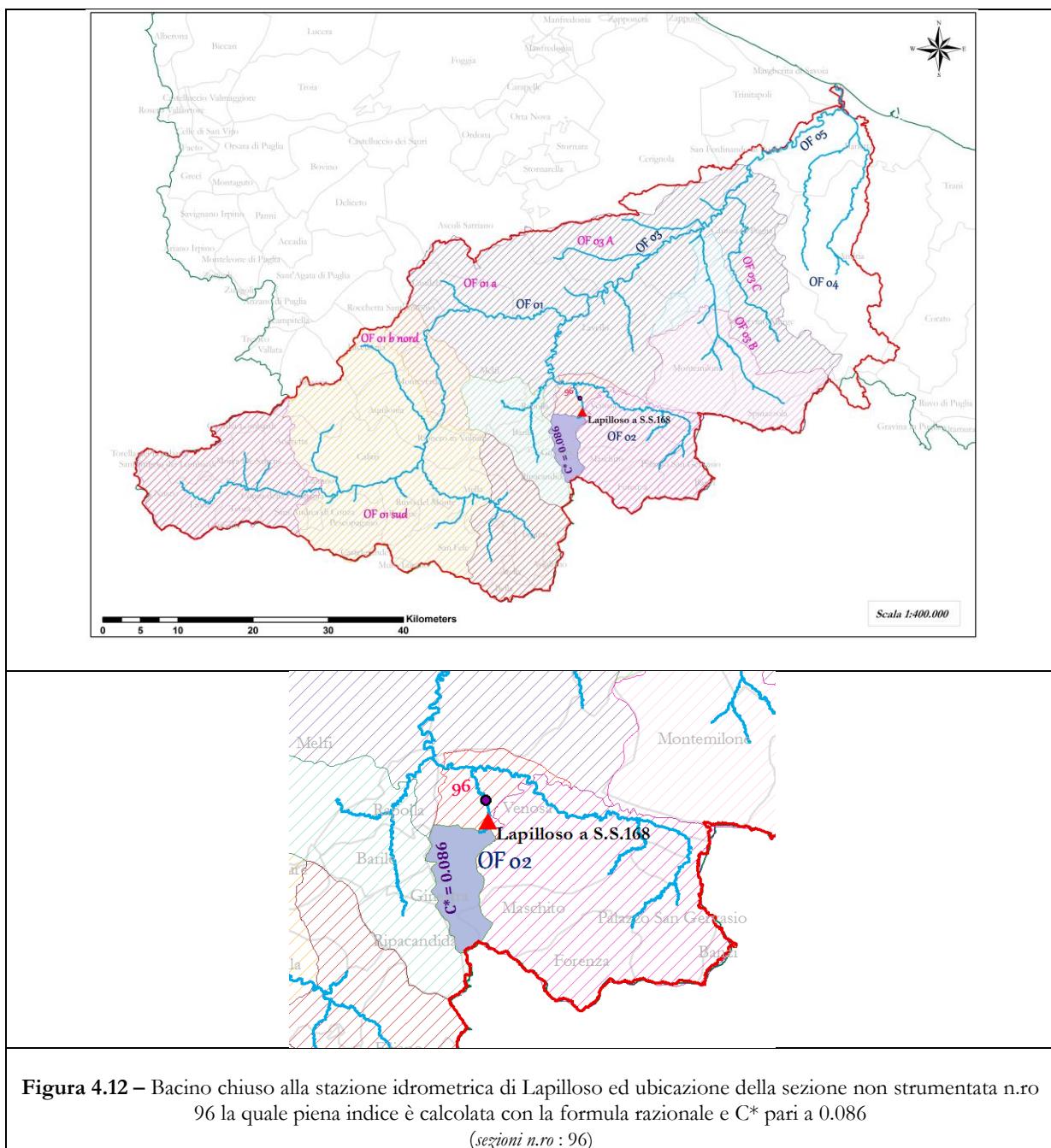
N.ro sezione non strumentata	Area [km ²]	k_T - GRAFICO Tr (30)	k_T - GRAFICO Tr (200)	k_T - GRAFICO Tr (500)
SEZ. 43	26.21	2.933	4.841	5.78
SEZ. 44	44.26	2.83	4.635	5.524
SEZ. 45	29.75	2.908	4.79	5.716
SEZ. 46	76.91	2.727	4.43	5.269
SEZ. 47	78.2	2.724	4.424	5.261
SEZ. 48	25.71	2.937	4.848	5.789
SEZ. 49	48.85	2.811	4.598	5.477
SEZ. 50	83.66	2.712	4.4	5.231
SEZ. 51	96.65	2.686	4.349	5.168
SEZ. 52	184.59	2.575	4.129	4.894
SEZ. 53	191.83	2.569	4.116	4.878
SEZ. 54	228.54	2.54	4.06	4.808
SEZ. 55	232.5	2.537	4.054	4.801
SEZ. 56	25.27	2.941	4.855	5.798
SEZ. 57	265.41	2.516	4.012	4.748
SEZ. 58	271.3	2.513	4.005	4.74
SEZ. 120	280.71	2.507	3.994	4.726

4.1.6 Lapilloso a Ponte S.S.168

Per addivenire alla stima della portata di massima piena in corrispondenza della sezione n. 96, si è assegnato, nella formula razionale, al coefficiente probabilistico di piena C^* valore pari a 0.086, e a k_T , per ciascun tempo di ritorno, T_r , valori come da Tab. 4.9.

Tabella 4.9 – Valori del fattore di crescita k_T adottati per la stima delle portate di piena del bacino non strumentato chiuso alla sez. 96

N.ro sezione non strumentata	Area [km ²]	k_T - GRAFICO T_r (30)	k_T - GRAFICO T_r (200)	k_T - GRAFICO T_r (500)
SEZ. 96	32.72	2.889	4.752	5.67



4.1.7 Venosa a p.te Ferroviario e Venosa a p.te S. Angelo

In corrispondenza delle sezioni di calcolo non strumentate incluse nel bacino chiuso a Venosa ponte Ferroviario e a Venosa ponte Sant'Angelo, si sono adottati nella formula razionale, per il calcolo delle piene indice, valori del C^* rispettivamente pari a 0.114 e 0.140 e valori del k_t grafico come da Tab. 4.10.

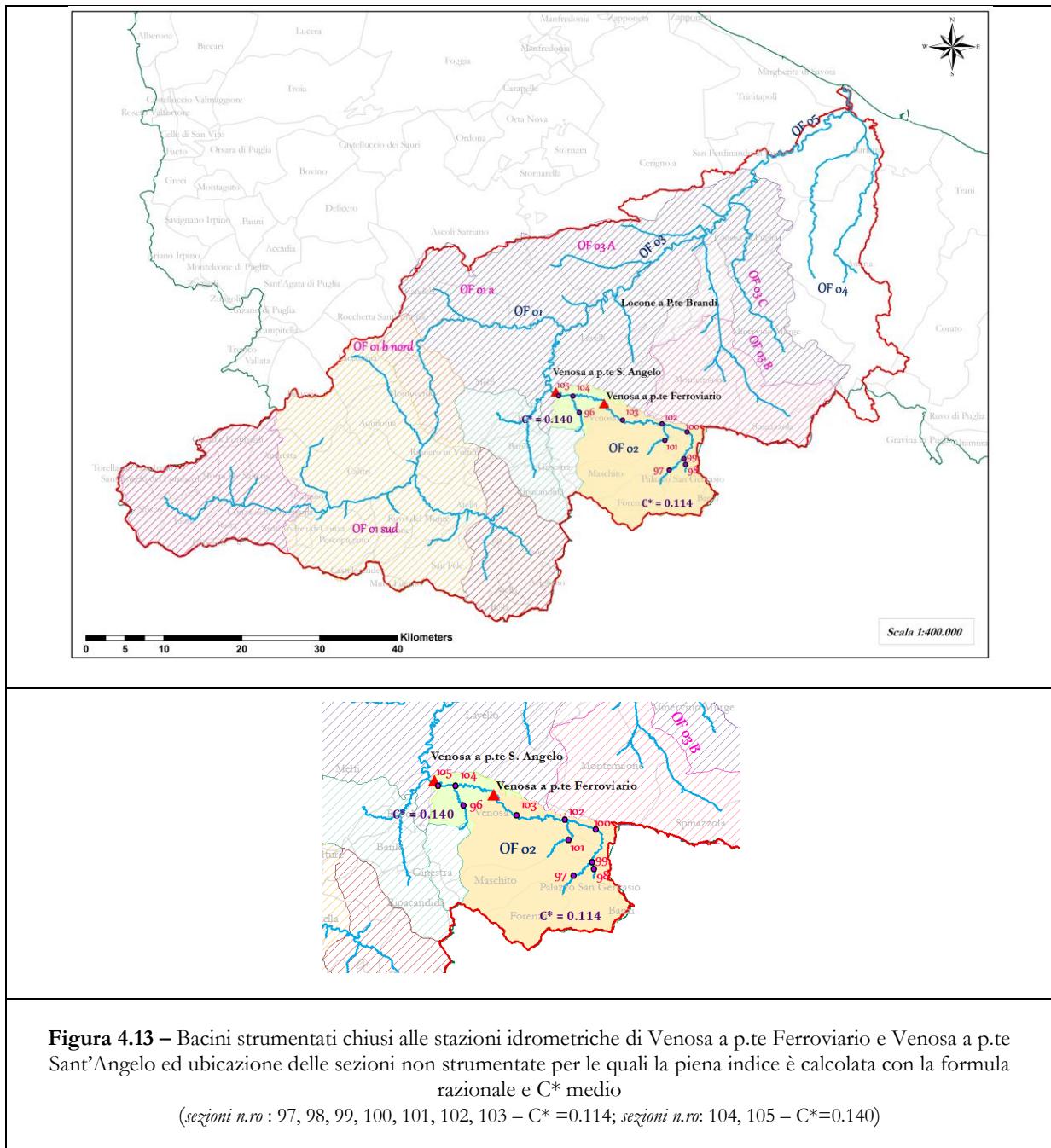


Tabella 4.10 – Valori del fattore di crescita k_T adottati per la stima delle portate di piena dei bacini non strumentati inclusi nei bacini chiusi alle stazioni di *Venosa p.te Ferroviario* e *Venosa p.te S. Angelo*

N.ro sezione non strumentata	Area [km ²]	k_T - GRAFICO Tr (30)	k_T - GRAFICO Tr (200)	k_T - GRAFICO Tr (500)
SEZ. 97	53.34	2.794	4.565	5.436
SEZ. 98	27.91	2.927	4.828	5.764
SEZ. 99	88.66	2.701	4.379	5.205
SEZ. 100	98.63	2.682	4.342	5.159
SEZ. 101	46.58	2.819	4.614	5.497
SEZ. 102	157.17	2.601	4.181	4.958
SEZ. 103	175.1	2.584	4.146	4.915
SEZ. 104	257.17	2.521	4.022	4.76
SEZ. 105	263.42	2.517	4.014	4.751

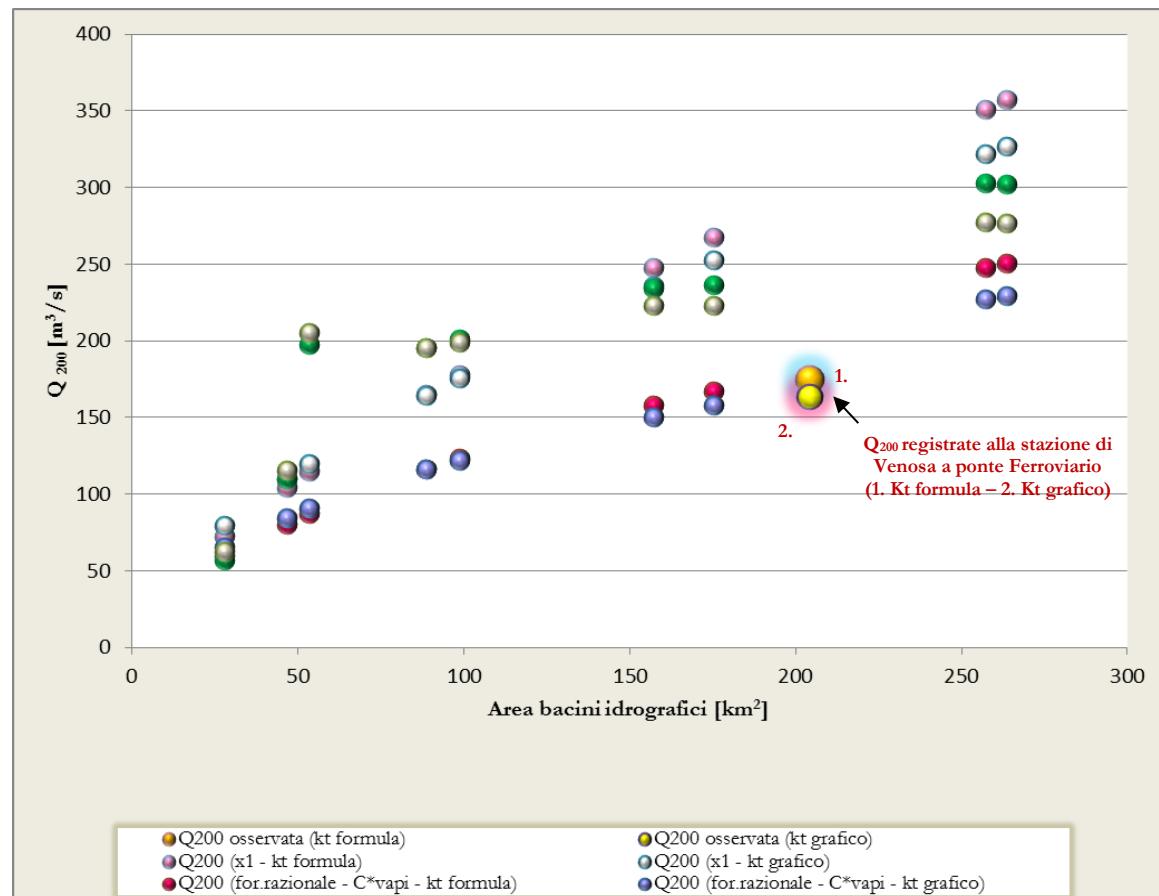


Figura 4.14 – Confronto tra le portate di piena calcolate e il valore osservato alla stazione idrometrica di *Venosa a p.te Ferroviario*

4.1.8 Torrente Tittadegna

La valutazione idrologica per i bacini idrografici del torrente Tittadegna, affluente in destra idraulica dell'asta principale del fiume Ofanto, come da figura 4.15, 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.

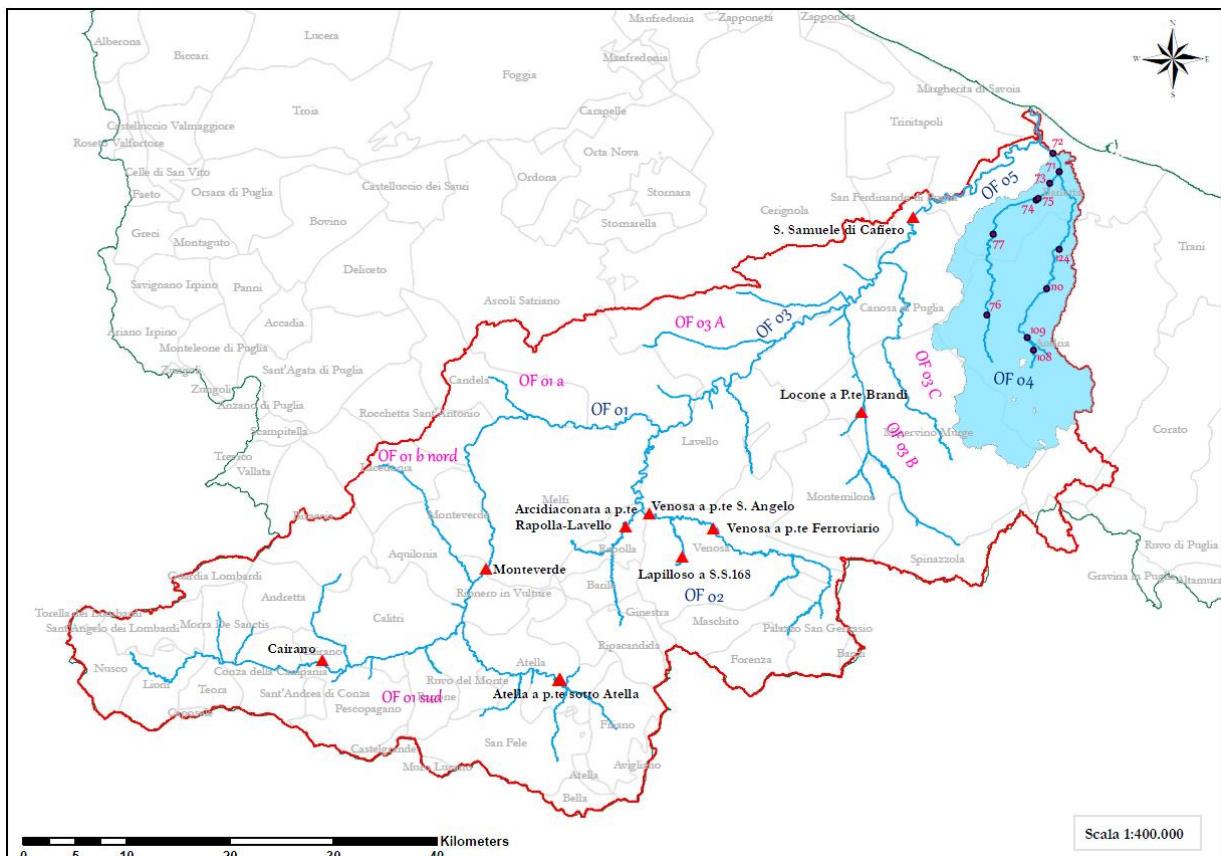


Figura 4.15 - Inquadramento del torrente Tittadegna, delle sezioni non strumentate e dei relativi bacini idrografici sottesi

Stimata l'altezza di precipitazione per ciascuno dei tre tempi di ritorno, 30, 200 e 500 anni, il calcolo della precipitazione netta è effettuato secondo 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 linda 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 :

$$P_{net} = (P - I_a) \cdot \frac{W}{S} \quad \text{Equazione 4.8}$$

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 (4.8), considerato che la metodologia adottata si basa sull'ipotesi di validità della relazione seguente:

$$\frac{V}{P_{net}} = \frac{W}{S} \quad \text{Equazione 4.9}$$

si calcola il volume di deflusso V dalla relazione (4.10):

$$V = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)} \quad \text{Equazione 4.10}$$

l'applicazione della quale presuppone la conoscenza della precipitazione totale P e la valutazione del volume di massimo invaso del suolo S (4.11):

$$S = 25,4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad \text{Equazione 4.11}$$

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. 4.16) 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:

$$V = \frac{Q_p}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2} \quad \text{Equazione 4.12}$$

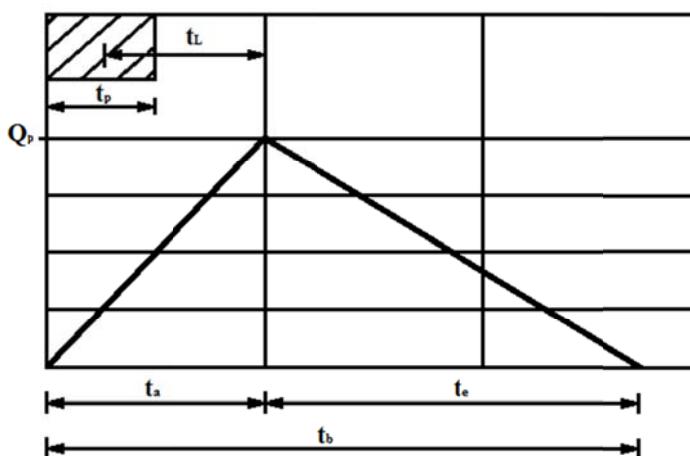


Figura 4.16 - Idrogramma triangolare impiegato per il calcolo della portata di picco con il metodo SCS

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 t_b da cui risulta che:

$$t_b = 2,67 t_a \quad \text{Equazione 4.13}$$

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:

$$Q_p = 0,208 \frac{VA}{t_a} \quad \text{Equazione 4.14}$$

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:

$$t_L = 0,342 \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7} \quad \text{Equazione 4.15}$$

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, AMCI_{II}, AMCI_{III} corrispondenti rispettivamente alle condizioni di suolo asciutto, mediamente imbibito e umido.

Per bacini idrografici con superficie imbrifera sottesa superiore a 30-50 km² l'utilizzo del metodo SCS abbinato al CN_{AMCI_{II}} 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_{AMCI_{III}} per bacini con superficie maggiore di 30 km².

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 AMCI_{III}*, ottenuti attraverso l'applicazione del fattore correttivo *FIII* (4.11) al valore del curve number relativo alla classe di umidità media (4.12):

$$FIII = 3,4212 - 1,1999 \log CN \quad \text{Equazione 4.16}$$

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

$$CN_{AMCI_{III}} = FIII \cdot CN_{AMCI_{II}} \quad \text{Equazione 4.17}$$

La valutazione del tempo *ta* si effettua per mezzo della seguente relazione:

$$t_a = 0,5t_p + t_L \quad \text{Equazione 4.18}$$

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

$$t_c = \frac{t_L}{0.6} \quad \text{Equazione 4.19}$$

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/ta. 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 sono riportati nella seguente tabella e nell'allegato 4.0.

Tabella 4.11 – Caratteristiche idrologiche e morfologiche dei bacini idrografici dell’unità fisiografica del fiume Ofanto

Basin	Area[kmq]	Z _{mean}	i _m [m/m]	i _r [m/m]	L[km]	River	zona	IdBasTot	t _u [h]	t _c [h]	t _a [h]	t _p [h]	CN	T30		T200		T500	
														Q _{max} [mc/s]	u	Q _{max} [mc/s]	u	Q _{max} [mc/s]	u
0_a	60.7	701.87	0.069	0.194	13.76	OF01_sud	4	Basin_0_a	2.68	4.47	-	-	76	266.94	4.40	435.30	7.17	518.08	8.54
0	86.78	693.91	0.06	0.21	17.33	OF01_sud	4	Basin_0	3.20	5.34	-	-	77	319.05	3.68	517.43	5.96	615.09	7.09
0_b	101.4	687.67	0.048	0.206	21.04	OF01_sud	4	Basin_0_b	3.46	5.77	-	-	77	343.82	3.39	556.37	5.49	661.05	6.52
1	120.5	681.25	0.05	0.21	22.66	OF01_sud	4	Basin_1	3.78	6.29	-	-	77	373.10	3.10	602.14	5.00	714.90	5.93
2	180.37	676.75	0.04	0.21	25.99	OF01_sud	4	Basin_2	4.62	7.70	-	-	78	448.33	2.49	719.16	3.99	852.32	4.72
3	32.05	729.66	0.05	0.21	11.39	OF01_sud	4	Basin_3	1.95	3.25	-	-	81	-	-	-	-	-	-
4	30.55	746.55	0.03	0.17	14.67	OF01_sud	4	Basin_4	1.90	3.17	-	-	80	-	-	-	-	-	-
5	215.79	683.1	0.04	0.20	27.31	OF01_sud	4	Basin_5	5.05	8.42	-	-	79	484.71	2.25	775.16	3.59	918.29	4.26
6	30.49	684.93	0.07	0.20	11.25	OF01_sud	4	Basin_6	1.90	3.17	-	-	74	-	-	-	-	-	-
7	303.85	654.3	003	0.20	39.82	OF01_sud	4	Basin_7	6.00	9.99	-	-	78	587.45	1.93	934.50	3.08	1105.44	3.64
8	396.55	666.44	0.03	0.19	41	OF01_sud	4	Basin_8	6.85	11.42	-	-	78	666.72	1.68	1056.32	2.66	1247.86	3.15
9	71.76	754.33	0.03	0.15	18.09	OF01_sud	4	Basin_9	2.91	4.86	-	-	77	77.27	1.08	125.68	1.75	149.52	2.08
10	38.46	880.43	0.07	0.23	12.08	OF01_sud	4	Basin_10	2.13	3.56	-	-	76	-	-	-	-	-	-
11	443.08	681.26	0.03	0.20	43.85	OF01_sud	4	Basin_11	7.24	12.07	-	-	78	698.86	1.58	1105.50	2.50	1305.38	2.95
12	400.32	664.42	0.03	0.19	42.33	OF01_sud	4	Basin_12	6.88	11.47	-	-	78	669.36	1.67	1060.54	2.65	1253	3.13
13	524.94	673.66	0.02	0.20	49.75	OF01_sud	4	Basin_13	7.88	13.14	-	-	78	747.04	1.42	1178.65	2.25	1390.90	2.65
13_e	549.19	673.54	0.023	0.198	49.99	OF01_sud	4	Basin_13_e	8.06	13.44	-	-	78	759.96	1.38	1197.93	2.18	1413.43	2.57
14	30.42	706.7	0.08	0.24	11.21	OF01_sud	4	Basin_14	1.90	3.16	-	-	75	-	-	-	-	-	-
15	552.59	669.39	0.02	0.20	51.73	OF01_sud	4	Basin_15	8.09	13.48	-	-	78	761.67	1.38	1200.48	2.17	1416.24	2.56
16	869.63	674.15	0.02	0.21	55.15	OF01_sud	4	Basin_16	10.14	16.91	-	-	78	885.48	1.02	1385.20	1.59	1631.27	1.88
17	899.37	672.31	0.02	0.21	57.15	OF01_sud	4	Basin_17	10.32	17.19	-	-	78	894.22	0.99	1398.42	1.55	1646.69	1.83
18	25.88	651.21	0.04	0.23	13.64	OF01_sud	4	Basin_18	1.75	2.92	-	-	78	-	-	-	-	-	-
19	904.89	671.59	0.02	0.21	58.38	OF01_b_nord	4	Basin_19	10.35	17.25	-	-	78	895.78	0.99	1400.69	1.55	1649.11	1.82
20	1011.2	666.94	0.02	0.21	59.66	OF01_b_nord	4	Basin_20	10.94	18.23	-	-	78	925.07	0.91	1443.47	1.43	1698.89	1.68
21	916.58	671.11	0.02	0.21	59.38	OF01_b_nord	4	Basin_21	10.41	17.36	-	-	78	899.09	0.98	1405.52	1.53	1655.08	1.81
22	74.66	659.77	0.03	0.22	23.44	OF01_b_nord	4	Basin_22	2.97	4.95	-	-	81	273.67	3.67	444.98	5.96	529.23	7.09
22_a	35.91	713.23	0.03	0.21	14.93	OF01_b_nord	4	Basin_22_a	2.06	3.44	-	-	80	179.95	5.03	295.65	8.26	352.62	9.86
22_b	49.10	688.26	0.03	0.21	19.11	OF01_b_nord	4	Basin_22_b	2.41	4.02	-	-	81	207.43	4.23	339.22	6.91	404.09	8.23
22_c	80.60	652.47	0.02	0.23	25.35	OF01_b_nord	4	Basin_22_c	3.09	5.15	-	-	80	263.78	3.25	428.22	5.27	509.22	6.27
22_d	88.93	637.7	0.02	0.23	28.53	OF01_b_nord	4	Basin_22_d	3.24	5.41	-	-	80	283.58	3.17	459.75	5.14	546.47	6.10
22_e	93.99	628.5	0.02	0.23	30.49	OF01_b_nord	4	Basin_22_e	3.34	5.56	-	-	80	293.03	3.10	474.66	5.02	560.06	5.96
23	1045.28	662.77	0.02	0.21	65.39	OF01_b_nord	4	Basin_23	11.12	18.54	-	-	78	933.52	0.85	1456.17	1.39	1713.67	1.64
24	1117.79	648.4	0.02	0.21	77.03	OF01a	4	Basin_24	11.50	19.17	-	-	78	950.9	0.85	1481.67	1.32	1742.92	1.55
25	1207	622.21	0.02	0.20	84.79	OF01a	4	Basin_25	11.95	19.92	-	-	78	970.33	0.80	1510.30	1.25	1776.05	1.47
26	36.20	301.26	0.03	0.09	11.69	OF01a	4	Basin_26	2.07	3.45	-	-	78	-	-	-	-	-	-
27	1765.45	559.52	0.01	0.19	103.22	OF03_a	4	Basin_27	14.45	24.09	-	-	78	1065.27	0.60	1647.53	0.93	1933.92	1.10
28	1785.39	555.49	0.01	0.19	107.09	OF03_a	4	Basin_28	14.54	24.23	-	-	74	1067.74	0.59	1651.41	0.92		

**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 SALENTE DELLA REGIONE PUGLIA - OFANTO**

Basin	Area[kmq]	Z _{mean}	i _m [m/m]	i _v [m/m]	L[km]	River	zona	IdBasTot	t _l [h]	t _c [h]	t _a [h]	t _p [h]	CN	T30		T200		T500	
														Q _{max} [mc/s]	u	Q _{max} [mc/s]	u	Q _{max} [mc/s]	u
32	1844.54	546.28	0.01	0.18	109.64	OF03_a	4	Basin_32	14.77	24.62	-	-	78	1075.76	0.58	1662.45	0.90	1951.47	1.06
33	1844.31	539.49	0.01	0.18	112.21	OF03_a	4	Basin_33	14.93	24.89	-	-	77	1080.81	0.57	1670.07	0.89	1959.87	1.04
34	1890.59	539.19	0.01	0.18	115.24	OF03_a	4	Basin_34	14.96	24.93	-	-	77	1081.82	0.57	1671.15	0.88	1961.22	1.04
35	1940.2	532.6	0.01	0.18	177.37	OF03_a	4	Basin_35	15.15	25.25	-	-	77	1088.23	0.56	1679.90	0.86	1971.59	1.02
36	36.13	317.87	0.02	0.09	12.86	OF03_a	4	Basin_36	2.07	3.45	-	-	69	-	-	-	-	-	-
37	45.18	296.29	0.01	0.09	18.42	OF03_a	4	Basin_37	2.31	3.85	-	-	69	-	-	-	-	-	-
38	1955.5	529.57	0.01	0.18	121.77	OF03_a	4	Basin_38	15.21	25.35	-	-	77	1090.13	0.56	1683.10	0.86	1974.94	1.01
39	2056.51	514.04	0.01	0.17	125.67	OF03_a	4	Basin_39	15.60	26.00	-	-	77	1101.94	0.54	1700.26	0.83	1994.70	0.97
40	56.45	258.62	0.01	0.06	21.42	OF03_a	4	Basin_40	2.58	4.31	-	-	76	-	-	-	-	-	-
41	2069.07	511.64	0.01	0.17	131.3	OF03_a	4	Basin_41	15.65	26.08	-	-	77	1103.79	0.53	1703.60	0.82	1997.04	0.97
42	26.45	125.59	0.02	0.03	10.77	OF03_b_valle	4	Basin_42	1.77	2.95	-	-	69	39.689	1.51	65.494	2.496	78.200	2.980
43	26.21	291.06	0.02	0.12	9.97	OF03_b_valle	4	Basin_43	1.76	2.94	-	-	73	42.313	1.43	69.703	2.355	75.332	2.545
44	44.3	345.79	0.02	0.12	14.23	OF03_b	4	Basin_44	2.29	3.82	-	-	69	52.239	1.18	85.557	1.933	101.967	2.304
45	29.74	357.22	0.02	0.12	10.33	OF03_b	4	Basin_45	1.88	3.13	-	-	70	42.313	1.43	69.703	2.355	83.187	2.810
46	77.18	346.28	0.02	0.12	15.72	OF03_b	4	Basin_46	3.02	5.04	-	-	70	69.134	0.90	112.307	1.460	133.577	1.737
47	78.28	344.56	0.02	0.12	16.78	OF03_b	4	Basin_47	3.04	5.07	-	-	70	69.705	0.89	113.206	1.448	134.624	1.722
48	25.73	384.04	0.03	0.17	8.22	OF03_b_monte	4	Basin_48	1.74	2.91	-	-	68	39.258	1.53	64.802	2.521	77.380	3.010
49	48.01	421.59	0.02	0.12	15.41	OF03_b_monte	4	Basin_49	2.38	3.97	-	-	69	54.965	1.13	89.908	1.840	107.095	2.192
50	84.46	396.82	0.02	0.14	20.03	OF03_b_monte	4	Basin_50	3.16	5.27	-	-	70	72.063	0.86	116.916	1.398	138.998	1.661
51	99.24	380.97	0.02	0.14	24.92	OF03_b_monte	4	Basin_51	3.43	5.71	-	-	71	77.296	0.80	125.152	1.295	148.721	1.539
52	101.48	377.59	0.02	0.14	26.95	OF03_b_monte	4	Basin_52	3.47	5.78	-	-	72	104.177	0.56	167.047	0.905	197.997	1.073
53	187.09	358.02	0.02	0.13	30.24	OF03_b	4	Basin_53	4.71	7.84	-	-	71	105.961	0.55	169.768	0.885	201.197	1.049
54	227.89	340.7	0.02	0.13	33.28	OF03_b_valle	4	Basin_54	5.19	8.66	-	-	72	114.231	0.50	182.589	0.799	216.229	0.946
55	232.04	337.85	0.01	0.13	24.85	OF03_b_valle	4	Basin_55	5.24	8.73	-	-	72	115.054	0.50	183.851	0.791	217.728	0.936
56	25.31	228.24	0.02	0.09	12.03	OF03_b_valle	4	Basin_56	1.73	2.88	-	-	76	38.905	1.54	64.225	2.542	76.699	3.035
57	264.68	322.83	0.01	0.13	36.63	OF03_b_valle	4	Basin_57	5.60	9.33	-	-	73	121.620	0.46	193.965	0.731	229.512	0.865
58	270.44	318.91	0.01	0.13	39.31	OF03_b_valle	4	Basin_58	5.66	9.43	-	-	73	122.753	0.45	195.633	0.721	231.536	0.853
59	308.91	294.85	0.01	0.12	43.71	OF03_b_valle	4	Basin_59	6.05	10.08	-	-	72	129.578	0.42	206.118	0.666	243.623	0.787
60	2385.41	482.1	0.01	0.16	136.01	OF03_a	4	Basin_60	16.80	28.00	-	-	76	1137.03	0.48	1749.91	0.73	2051.71	0.86
61	61.00	192.05	0.01	0.04	27.73	OF03_a	4	Basin_61	2.69	4.48	-	-	69	-	-	-	-	-	-
62	2456.87	473.33	0.01	0.16	137.01	OF03_a	4	Basin_62	17.05	28.42	-	-	76	1143.80	0.46	1759.38	0.72	2061.97	0.84
63	2463.84	471.39	0.01	0.16	140.22	OF03_a	4	Basin_63	17.08	28.46	-	-	76	1144.65	0.46	1760.69	0.71	2063.50	0.84
64	2503.51	466.65	0.01	0.16	142.69	OF03_a	4	Basin_64	17.21	28.69	-	-	76	1148.39	0.46	1764.95	0.71	2069.51	0.83
65	28.47	130.69	0.01	0.03	16.11	OF03_a	4	Basin_65	1.84	3.06	-	-	75	-	-	-	-	-	-
66	2510.86	465.03	0.01	0.16	143.94	OF03_a	4	Basin_66	17.24	28.73	-	-	74	1149.27	0.46	1766.78	0.70	2071.09	0.82
67	2659.9	457.03	0.01	0.15	145.09	OF03_a	4	Basin_67	17.74	29.57	-	-	76	1162.28	0.44	1785.87	0.67	2092.63	0.79
68	61.71	458.92	0.02	0.09	19.59	OF03c	4												

**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 SALENTE DELLA REGIONE PUGLIA - OFANTO**

Basin	Area[kmq]	Z _{mean}	i _m [m/m]	i _v [m/m]	L[km]	River	zona	IdBasTot	t _l [h]	t _c [h]	t _a [h]	t _p [h]	CN	T30		T200		T500	
														Q _{max} [mc/s]	u	Q _{max} [mc/s]	u	Q _{max} [mc/s]	u
75	161.93	253.86	0.02	0.06	41.4	OF04	4	TTITA	7.79	12.98	8.66	1.73	74	178.4	1.10	284.39	1.76	337.54	2.08
76	52.45	451.28	0.02	0.09	22.86	OF04	4	TTITA	4.74	7.90	5.27	1.05	68	65.11	1.24	110.67	2.11	133.79	2.55
77	102.92	331.36	0.02	0.07	34.35	OF04	4	TTITA	6.74	11.23	7.49	1.50	71	113.64	1.11	186.87	1.82	222.02	2.17
78	40.66	794.73	0.05	0.24	15.78	OF01_sud	4	Basin_78	2.19	3.66	-	-	77	-	-	-	-	-	-
79	71.03	794.73	0.06	0.19	12.91	OF01_sud	4	Basin_79	2.90	4.83	-	-	81	110.93	1.56	180.46	2.54	214.69	3.02
80	140.98	733.27	0.04	0.19	20.54	OF01_sud	4	Basin_80	4.08	6.81	-	-	80	154.06	1.09	248.09	1.76	294.36	2.09
81	141.55	704.21	0.04	0.19	21.03	OF01_sud	4	Basin_81	4.09	6.82	-	-	80	154.44	1.09	248.58	1.76	294.98	2.08
82	173.08	692.1	0.04	0.19	21.5	OF01_sud	4	Basin_82	4.53	7.54	-	-	79	169.07	0.98	271.32	1.57	321.73	1.86
83	26.25	657.09	0.07	0.19	11.89	OF01_sud	4	Basin_83	1.76	2.94	-	-	77	-	-	-	-	-	-
84	186.48	681.08	0.04	0.19	23.81	OF01_sud	4	Basin_84	4.70	7.83	-	-	79	163.97	0.88	262.84	1.41	311.51	1.67
85	25.83	742.96	0.07	0.25	14.13	OF01_sud	4	Basin_85	1.75	2.91	-	-	80	-	-	-	-	-	-
86	216.92	683.95	0.04	0.19	26.13	OF01_sud	4	Basin_86	5.07	8.44	-	-	79	180.85	0.83	289.29	1.33	342.63	1.56
87	223.98	683.3	0.04	0.20	27.07	OF01_sud	4	Basin_87	5.15	8.58	-	-	79	184.87	0.83	295.66	1.32	350.22	1.56
88	44.27	836.8	0.07	0.28	14.16	OF01_sud	4	Basin_88	2.29	3.81	-	-	80	-	-	-	-	-	-
89	292.97	694.84	0.03	0.22	33.37	OF01_sud	4	Basin_89	5.89	9.81	-	-	79	219.49	0.75	349.37	1.19	413.35	1.41
90	271.43	705.67	0.04	0.21	28.03	OF01_sud	4	Basin_90	5.67	9.45	-	-	79	212.14	0.78	339.45	1.25	402.07	1.48
91	259.66	660.09	0.03	0.20	34.25	OF01_sud	4	Basin_91	5.54	9.24	-	-	79	524.12	2.02	835.88	3.22	989.38	3.81
91_c	268.81	653.99	0.03	0.196	36.85	OF01_sud	4	Basin_91_c	5.64	9.40	-	-	79	549.94	2.05	876.75	3.26	1037.53	3.86
92_a	30.72	611.51	0.05	0.28	11.86	OF02_monte	4	Basin_92_a	1.91	3.18	-	-	82	59.97	1.95	98.76	3.21	117.84	3.83
92_b	35.63	597.84	0.05	0.27	13.12	OF02_monte	4	Basin_92_b	2.05	3.42	-	-	81	67.75	1.75	111.16	2.87	132.54	3.42
92	47.95	575.45	0.04	0.26	15.51	OF02_monte	4	Basin_92	2.38	3.97	-	-	81	75.68	1.58	123.83	2.58	147.32	3.07
93	41.97	604.56	0.06	0.22	17.34	OF02_monte	4	Basin_93	2.23	3.71	-	-	79	70.92	1.69	116.35	2.77	138.74	3.31
94_a	66.18	558.86	0.04	0.25	18.66	OF02_monte	4	Basin_94_a	2.80	4.66	-	-	81	89.12	1.35	145.14	2.19	172.71	2.61
94	111.51	570.03	0.05	0.24	20.94	OF02_monte	4	Basin_94	3.63	6.05	-	-	80	115.03	1.03	185.89	1.67	220.77	1.98
95	123.99	553.81	0.05	0.24	23.9	OF02_monte	4	Basin_95	3.83	6.38	-	-	80	120.89	0.98	195.06	1.57	231.53	1.87
95_a	132	542.25	0.04	0.21	26.03	OF02_monte	4	Basin_95_a	3.95	6.59	-	-	80	124.49	0.94	200.60	1.52	238.06	1.80
96	32.75	527.88	0.04	0.19	15.8	OF02_monte	4	Basin_96	1.97	3.28	-	-	82	32.53	0.99	53.51	1.63	63.85	1.95
97	53.34	558.13	0.03	0.14	14.2	OF02_monte	4	Basin_97	2.51	4.19	-	-	73	55.56	1.04	90.75	1.70	108.09	2.03
98	27.91	498.12	0.02	0.09	10.28	OF02_monte	4	Basin_98	1.82	3.03	-	-	68	39.71	1.42	65.50	2.35	78.20	2.80
99	88.66	528.58	0.03	0.12	17.56	OF02_monte	4	Basin_99	3.24	5.10	-	-	71	71.61	0.81	116.10	1.31	137.99	1.56
99_a	89.12	528	0.03	0.12	18.05	OF02_monte	4	Basin_99_a	3.25	5.41	-	-	71	72.11	0.80	116.88	1.30	138.90	1.54
99_b	93.24	523.53	0.03	0.13	19.74	OF02_monte	4	Basin_99_b	3.32	5.54	-	-	71	73.38	0.79	118.89	1.27	141.27	1.51
100	98.63	515.83	0.02	0.12	22.69	OF02_monte	4	Basin_100	3.42	5.69	-	-	71	75.40	0.76	122.06	1.24	145.03	1.47
101	46.58	507.62	0.03	0.12	18.1	OF02_monte	4	Basin_101	2.35	3.91	-	-	75	51.80	1.11	84.78	1.82	101.01	2.17
102	157.17	503.62	0.02	0.12	26.77	OF02_monte	4	Basin_102	4.31	7.19	-	-	73	93.67	0.60	150.57	0.96	178.55	1.14
103	175.1	489.27	0.02	0.12	34.33	OF02_monte	4	Basin_103	4.55	7.59	-	-	73	98.34	0.56	157.78	0.90	187.05	1.07
103_a	208.2	471.9	0.02	0.13	39.55	OF02_monte	4	Basin_103_a	4.96	8.27	-	-	74	106.18	0.51	169.92	0.81	201.30	0.96
10																			

**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 SALENTE DELLA REGIONE PUGLIA - OFANTO**

Basin	Area[kmq]	Z _{mean}	i _m [m/m]	i _r [m/m]	L[km]	River	zona	IdBasTot	t _l [h]	t _c [h]	t _a [h]	t _p [h]	CN	T30		T200		T500	
														Q _{max} [mc/s]	u	Q _{max} [mc/s]	u	Q _{max} [mc/s]	u
108	25.81	461.03	0.02	0.09	15.87	OF04	4	TITTA	3.88	6.47	4.31	0.86	63	29.91	1.16	53.58	2.08	65.94	2.55
109	58.54	397.46	0.02	0.09	17.4	OF04	4	TITTA	7.11	11.85	7.89	1.58	64	50.53	0.86	87.27	1.49	106.03	1.81
110	82.92	350.27	0.02	0.08	24.53	OF04	4	TITTA	8.20	13.67	9.11	1.82	67	72.6	0.87	121.54	1.46	146.23	1.76
111	146.34	667.56	0.04	0.21	25.64	OF01_sud	4	Basin_111	4.16	6.94	-	-	78	408.18	2.79	6565.78	4.49	779.20	5.32
112	229.8	672.74	0.04	0.20	30.67	OF01_sud	4	Basin_112	5.21	8.69	-	-	79	497.67	2.17	795.40	3.46	942.02	4.10
113	81.77	730.54	0.03	0.16	21.87	OF01_sud	4	Basin_113	3.11	5.18	-	-	77	86.83	1.06	140.93	1.72	167.58	2.05
114	488.64	674.66	0.02	0.20	48.02	OF01_sud	4	Basin_114	7.60	12.67	-	-	78	726.82	1.49	1147.85	2.35	1355.22	2.77
115	449.84	677.56	0.03	0.20	45.92	OF01_sud	4	Basin_115	7.30	12.16	-	-	78	703.02	1.56	1112	2.47	1313.03	2.92
115_d	464.82	679.85	0.024	0.197	46.87	OF01_sud	4	Basin_155_d	7.42	12.36	-	-	78	712.69	1.53	1126.23	2.42	1329.78	2.86
116	300.96	690.3	0.03	0.22	36.74	OF01_sud	4	Basin_116	5.97	9.95	-	-	79	223.35	0.74	355.43	1.18	420.49	1.40
117	278.35	701.22	0.04	0.21	29.71	OF01_sud	4	Basin_117	5.74	9.57	-	-	79	212.41	0.76	338.38	1.22	400.43	1.44
118	81.5	708.08	0.05	0.18	15.02	OF01_sud	4	Basin_118	3.11	5.18	-	-	81	118.79	1.46	192.85	2.37	229.31	2.81
118_f	86.31	697.28	0.052	0.179	15.6	OF01_sud	4	Basin_118_f	3.20	5.33	-	-	81	122.14	1.42	198.11	2.30	235.48	2.73
118_g	94.48	680.32	0.05	0.173	16.48	OF01_sud	4	Basin_118_g	3.34	5.57	-	-	81	127.64	1.35	206.73	2.19	245.69	2.60
119	1277.45	603.36	0.01	0.20	92.5	OF01a	4	Basin_119	12.30	20.49	-	-	78	984.59	0.77	1530.96	1.19	1800.27	1.40
120	279.82	312.67	0.01	0.12	43.2	OF03_b_valle	4	Basin_120	5.75	9.59	-	-	73	124.461	0.443	198.283	0.706	234.623	0.836
121	86.60	408.45	0.02	0.09	23.57	OF03c	4	Basin_121	3.20	5.34	-	-	71	73.27	0.85	118.86	1.37	141.28	1.63
122	106.87	373.3	0.02	0.09	29.37	OF0c3	4	Basin_122	3.56	5.93	-	-	71	81.10	0.76	131.14	1.23	155.76	1.46
123	138.01	346.44	0.02	0.09	36.52	OF03c	4	Basin_123	4.04	6.74	-	-	71	91.42	0.66	147.23	1.07	174.72	1.27
124	97.81	321.73	0.02	0.07	45.43	OF04	4	TITTA	9.07	15.12	10.08	2.02	68	83.13	0.85	137.55	1.41	164.89	1.69

4.2 IDROGRAMMI DI PIENA

Per la ricostruzione dell'andamento della portata nel tempo, sono stati adottati idrogrammi triangolari (figura 4.17), con ramo ascendente fino al tempo t_a (tempo di accumulo) e ramo discendente fino al tempo t_b (durata complessiva dell'evento di piena).

Nell'applicazione del metodo SCS, ipotizzata costante l'intensità di pioggia, t_a è in relazione con il tempo di pioggia t_p e il tempo di ritardo t_L attraverso la seguente relazione:

$$t_a = \frac{1}{2}t_p + t_L \quad \text{Equazione 4.20}$$

Tuttavia nella formulazione del SCS non viene definita in modo univoco a priori la durata t_p della precipitazione critica. La formulazione classica suggerisce una relazione che lega la durata critica dell'evento di precipitazione al tempo di corriavazione t_c :

$$t_p = 2\sqrt{t_c} \quad \text{Equazione 4.21}$$

Poiché tale formulazione può presentare, in determinate situazioni, una condizione di incongruenza, si è adottata una soluzione pratica che prevede di adottare una durata di pioggia t_p pari al doppio del tempo di ritardo t_L :

$$t_p = 2t_L \quad \text{Equazione 4.22}$$

dalla quale, per sostituzione nell'Eq. 4.20 (v. Eq. 4.23), deriva che la durata della pioggia è pari al tempo di accumulo (Eq. 4.24):

$$t_a = \frac{1}{2}(2t_L) + t_L \quad \text{Equazione 4.23}$$

$$t_a = 2t_L = t_p \quad \text{Equazione 4.24}$$

Noto il valore di t_a , dalla relazione che lega i tempi t_a e t_b :

$$t_a = \frac{3}{8}t_b \quad \text{Equazione 4.25}$$

si ricava che il valore di t_b è:

$$t_b = \frac{8}{3}t_a \quad \text{Equazione 4.26}$$

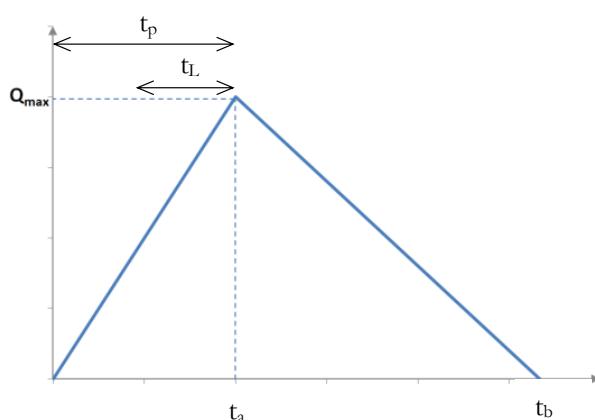


Figura 4.17- Idrogramma triangolare

4.3 I PRINCIPALI CORPI IDRICI

Nello schema di opere legate l'utilizzazione delle acque del bacino del fiume Ofanto, che ha avuto inizio nell'immediato dopo guerra, a partire dagli anni 50, con la realizzazione della prima opera, la Traversa di Santa Venere, del 1952, rientrano le successive, in ordine cronologico, diga di Abate Alonia, sul torrente Olivento, pressocchè contemporanea alla traversa, e diga di San Pietro sul torrente Osento (1956-1964). Alla fine degli anni sessanta (1969) fu costruita la diga sul torrente Marana Capacciotti, mentre negli anni 80, per aumentare l'efficienza dello schema idrico, furono realizzate la diga di Conza, posta sull'asta principale dell'Ofanto e la diga del Locone, sull'omonimo torrente.

La diga di Conza, posta nell'alto corso del fiume Ofanto, sottende un bacino imbrifero di circa 252 km², genera un invaso artificiale della capacità di 54 Mm³ e serve alla regolazione dei deflussi invernali del fiume Ofanto.

La gestione dell'invaso è affidata all'Ente Irrigazione di Puglia Lucania ed Irpinia (EIPLI).

L'invaso artificiale della diga di Pesco San Pietro, posta sul Torrente Osento, in esercizio dal 1970, ha una capacità utile di 14 Mm³. Costruita sull'omonimo affluente in sinistra idraulica ha la funzione di erogare il volume immagazzinato a favore delle utenze a valle di Santa Venere. La sua gestione è affidata al Consorzio di Bonifica della Capitanata.

Lungo il medio corso del fiume Ofanto, sul torrente Olivento, affluente in destra idraulica dell'asta principale, è ubicata in località Abate Alonia (PZ), la diga del Rendina che sottende, alla sezione di sbarramento, un bacino imbrifero di circa 408 km², e comprende i bacini delle fiumare di Venosa e dell'Arcidiaconata, confluenti a formare il torrente Olivento poco a monte dello sbarramento.

Il progetto esecutivo di costruzione risale al 1949. L'anno successivo all'ultimazione dei lavori, completati dopo quasi cinque anni nel giugno 1957, ebbe inizio la fase degli invasi sperimentali, con conseguente autorizzazione all'esercizio normale nell'aprile 1973.

Allo stato attuale la diga, gestita dal consorzio di Bonifica Vulture - Alto Bradano, è fuori esercizio.

La diga di Marana Capacciotti, costruita sull'omonimo torrente in sinistra idraulica, è in esercizio normale dal 1987. La superficie del bacino imbrifero relativa alla sezione di sbarramento è di circa 55 km² con un apporto idrico praticamente trascurabile. La capacità di 48 Mm³ regola soprattutto le fluenze dell'Ofanto derivate dalla traversa di S. Venere destinate ad assicurare il soddisfacimento delle utenze irrigue del basso Ofanto. La gestione dell'invaso è affidata al Consorzio di Bonifica della Capitanata.

Tra le opere del basso corso del fiume Ofanto, la diga del Locone, sita sull'omonimo torrente in destra idraulica è, allo stato attuale, in esercizio sperimentale. Ha una capacità utile di 105 Mm³ il cui riempimento è assicurato dai deflussi propri del torrente Locone e dalle fluenze invernali dell'Ofanto derivate alla traversa di Santa Venere.

La gestione dell'invaso è affidata al Consorzio di Bonifica Terre d'Apulia.

Sono inoltre presenti invasi minori, all'interno del bacino dell'Ofanto, tra cui quelli realizzati, entrambi con sbarramenti in terra e destinati al soddisfacimento di utenze locali prevalentemente di tipo irriguo, sul Rio Ficocchia e sul Lampaggio.

Si riporta di seguito, in Fig. 4.18, la localizzazione dei principali specchi d'acqua artificiali summenzionati e in Tabella 4.12, il nome dell'invaso, il comune ove lo sbarramento è localizzato, le quote di massimo invaso e di massima regolazione.

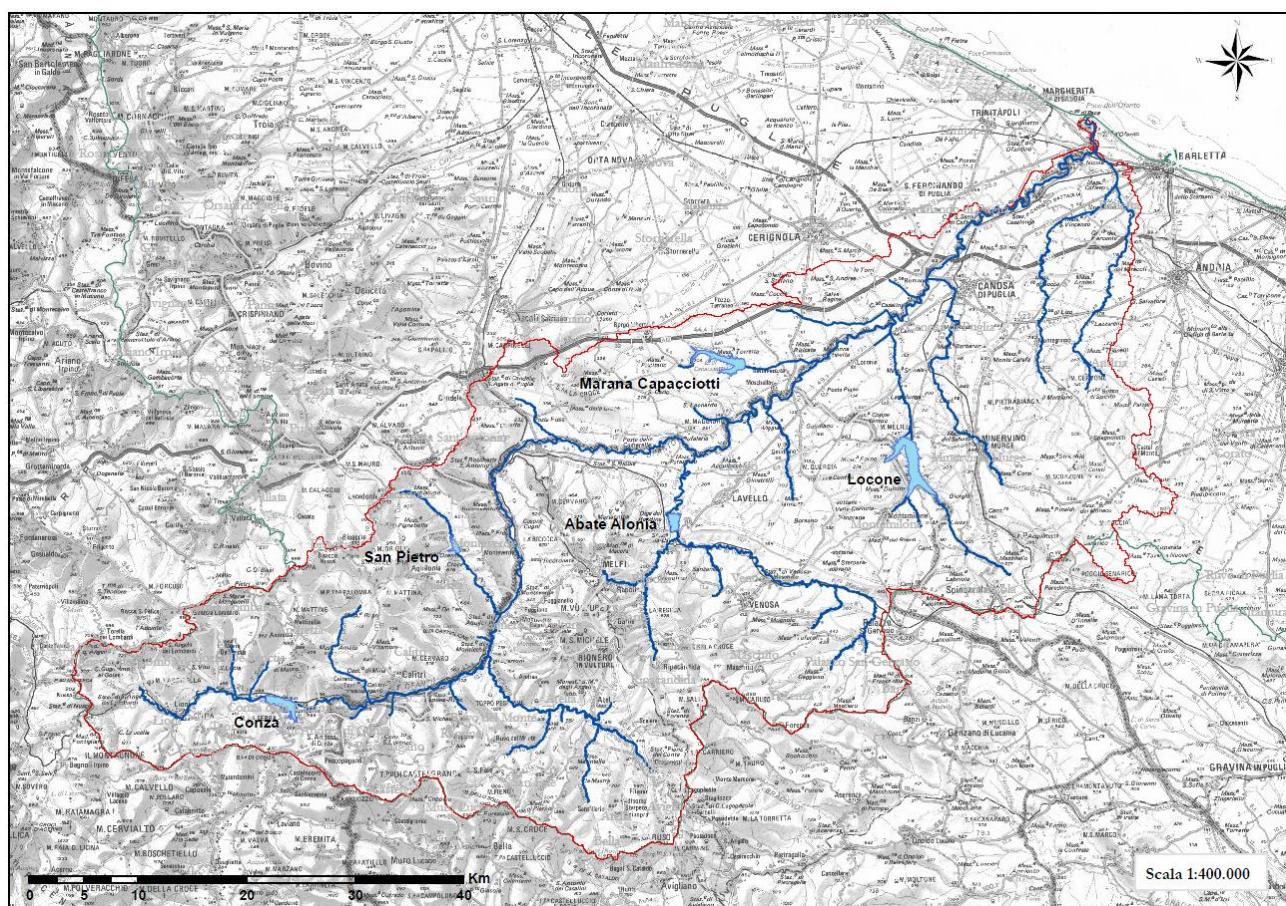


Figura 4.18 - Localizzazione dei principali corpi idrici del bacino idrografico del fiume Ofanto

Tabella 4.12 - Principali corpi idrici del bacino idrografico del fiume Ofanto

NOME INVASO	COMUNE	PROV	USO INVASO	Z _{MAX} INVASO	Z _{MAX} INVASO
Conza	Conza	AV	Potabile/Irriguo	437.1	434.8
San Pietro	Monteverde/Aquilonia	AV	Irriguo	464.8	463.0
Monte Melillo	Minervino murge	BAT	Potabile/Irriguo	184.42	186.42
Marana Capacciotti	Cerignola	FG	Irriguo	193.25	191.25
Abate Alonia	Melfi/Lavello	PZ	Irriguo/Industriale	201.42	199.0

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

Modellazione idraulica – V

ALLEGATI



- 5.0 - Schedario dei modelli idraulici
- 5.1.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF01_sud - tav.1
- 5.1.2 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF01_sud - tav.2
- 5.1.3 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF01_sud - tav.3
- 5.1.4 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF01_sud - tav.4
- 5.1.5 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF01_sud - tav.5
- 5.1.6 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF01_sud - tav.6
- 5.1.7 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF01_sud - Area_2d_1
- 5.1.8 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF01_sud - Area_2d_2
- 5.1.9 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF01_sud - Area_2d_3
- 5.2.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF01b_nord - tav.1
- 5.2.2 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF01b_nord - tav.2
- 5.3.1 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF01a - tav. 1
- 5.3.2 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF01a - tav. 2
- 5.4.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF02_monte diga- tav. 1
- 5.4.2 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF02_monte diga- tav. 2
- 5.4.3 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF02_monte diga- tav. 3
- 5.4.4 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF02_monte diga- tav. 1
- 5.4.5 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF02_monte diga- tav. 2
- 5.5.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF02_valle diga
- 5.5.2 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF02_valle diga
- 5.6.1 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF03a - tav.1
- 5.6.2 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF03a - tav.2
- 5.6.3 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF03a - tav.3
- 5.7.1 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF03b_monte diga
- 5.8.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF03b_valle diga
- 5.8.2 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF03b_valle diga
- 5.9.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF03c - tav.1
- 5.9.2 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF03c - tav.2
- 5.9.3 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF03c - tav3
- 5.9.4 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF03c - Area_2d_1
- 5.9.5 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF03c - Area_2d_2
- 5.10.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF04 - Torrente Tittadegna - tav.1
- 5.10.2 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF04 - Torrente Tittadegna -tav.2
- 5.10.3 - Risultanze idrauliche 1D, T200, OF04 - Torrente Tittadegna - tav.3
- 5.10.4 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF04 - tav.1
- 5.10.5 - Risultanze idrauliche 2D, T200, OF04 - tav.2

ARCHIVIO DIGITALE



```
\SCHEDARIO MODELLI
\CODICE_CORSO D'ACQUA
  \AREE_2D\Aree_2d (shp)
  \ATTRAV_IDRA\AttravIdr (shp)
  \CRITICITA'
    Attraversamenti_critici (shp)
    Interventi (shp)
    \DEM\Dem Lidar (raster)
    \HEC-RAS
    \IDROLOGIA
      \BACINI\Bacini (shp)
      \IDROGRAMMI\IDRO30,200,500 (txt)
      Report (xls)
      SezioniQ (shp)
    \MANNING\Manning_1D_n_max,min,norm (txt)
    \OUTPUT_1D\d30,200,500 e v30,200,500 (raster)
    \OUTPUT_2D\AREA_2D\d30,200,500 e v30,200,500 (raster)
    \PreRAS\ (mdb)
    \RETIKOLO_25_KMQ\net_25kmq (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.

L'analisi idraulica ha interessato l'asta principale del fiume Ofanto ed i suoi maggiori affluenti in destra e sinistra idraulica. Come già chiarito al paragrafo 4.1 del capitolo IV per le valutazioni idrologiche, anche per le modellazioni idrauliche riferite al tratto terminale dell'asta principale del fiume Ofanto, compreso tra Ponte Romano in agro di Canosa di Puglia e la foce, si fa riferimento alla pregressa ed articolata attività di studio condotta dalla Segreteria Tecnica Operativa dell'Autorità di Bacino della Puglia (prot. n. 4379 del 20/04/2010) nell'ambito delle procedure di modifica delle perimetrazioni delle aree a diversa pericolosità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle NTA del PAI. Ne consegue che per il tratto in parola l'individuazione delle aree a pericolosità idraulica determinate dall'eventuale esondazione del corso d'acqua sono disponibili nel PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) attualmente vigente.

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 delle province incluse nell'unità fisiografica in esame.

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 contermine 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 giustificherebbe 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 indicate (da 5.1 a 5.10). 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 udometrico in funzione dell'area contribuente 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 indicate (da 5.1 a 5.10) 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 indicate 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 indicate 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 esaminato 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.

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::

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

dove ζ = 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

μ = coefficiente di viscosità

p = pressione atmosferica

ρ = 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 ω . Esplicitando la dipendenza dell'angolo α , 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 (1.12×10^{-3} Nm⁻²s). 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.

STAGE - I *1° Step* Risolve l'equazione del moto nella direzione Y per la velocità v , 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.

2° Step Determina il tirante e la velocità u 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.

STAGE - II Il secondo stage procede nella stessa maniera dello stage 1, ma nel primo step si utilizzata 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.

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 durante l'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 γ e ρ sono rispettivamente il peso specifico [N/m^3] e la densità del fluido [Kg/m^3], 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].

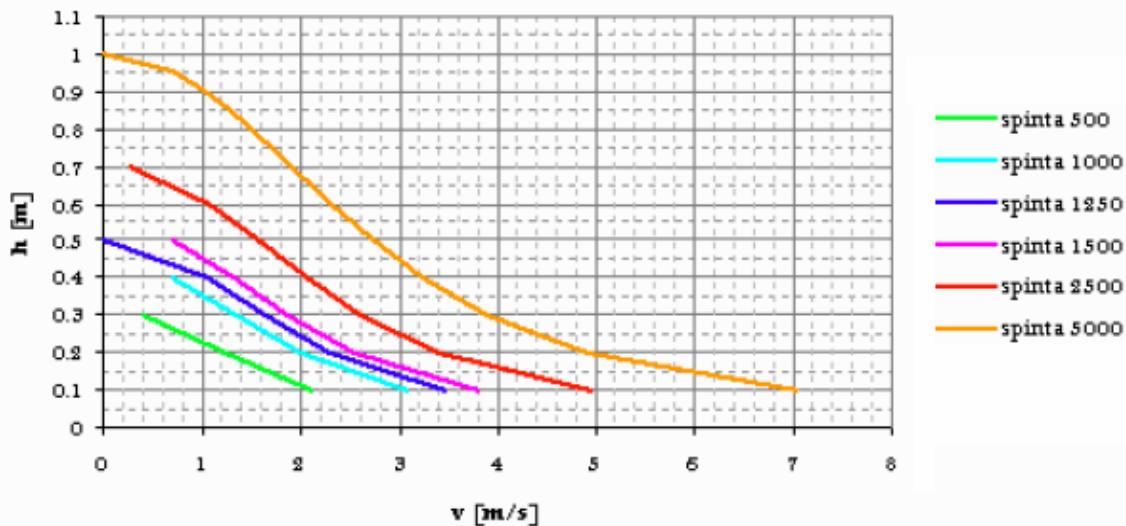


Figura 5.1 - Spinta idraulica di una corrente in funzione dell'altezza idrica e della velocità di scorrimento

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.

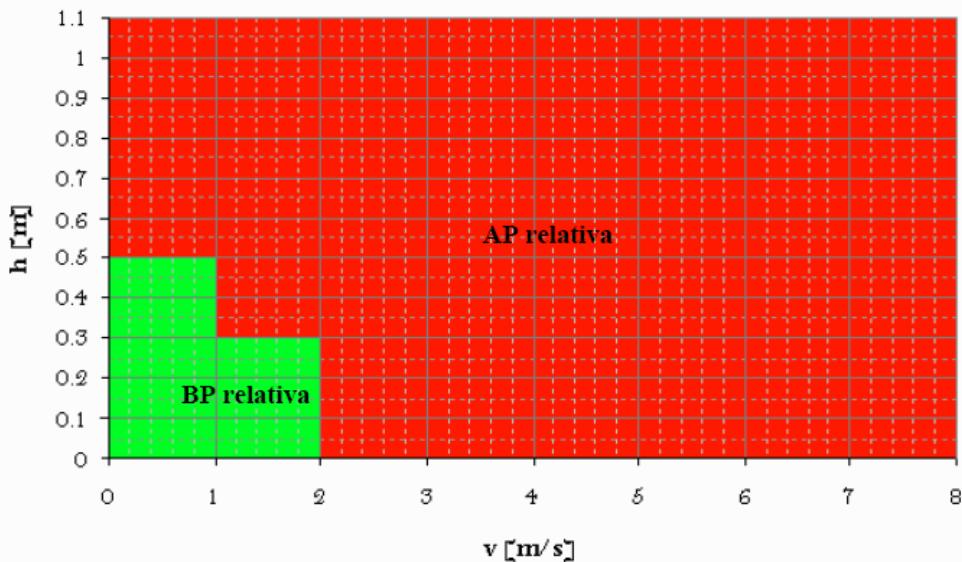


Figura 5.2 - Definizione dell'alta e bassa pericolosità relativa in funzione dei tiranti idrici h e della velocità di scorrimento v

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 il fiume Ofanto 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 indicate alla presente relazione (allegati 5.1.1-5.10.5).

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.

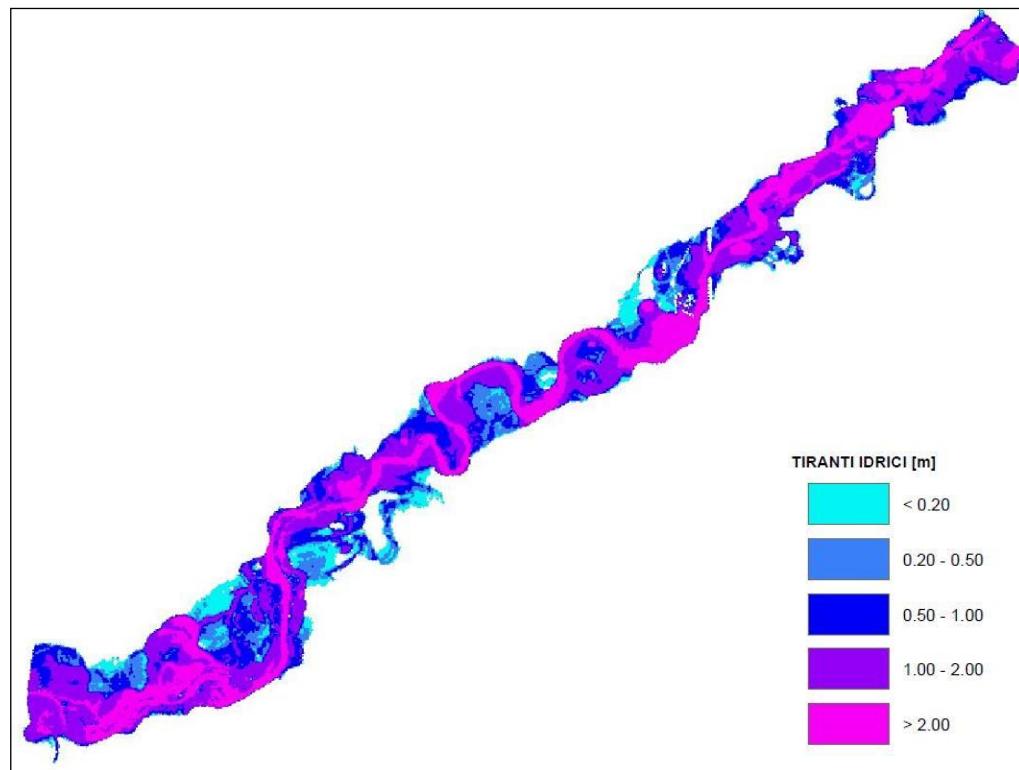


Figura 5.3 – Aree di allagamento espresse in termini di tiranti idrici

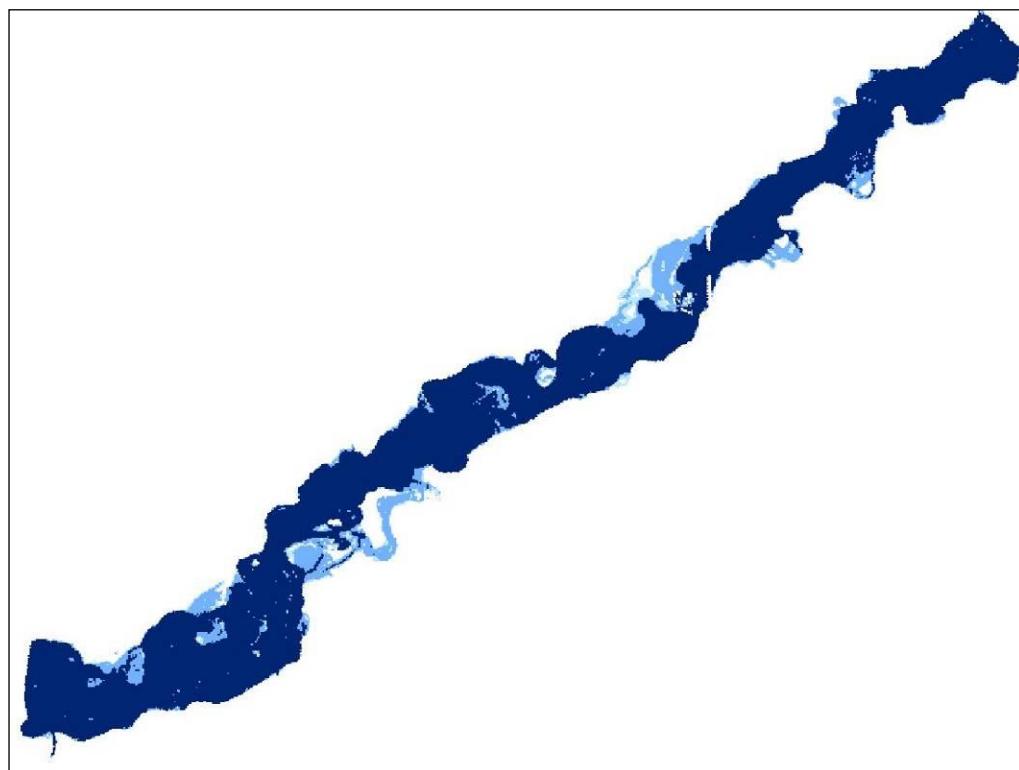


Figura 5.4a - Aree a diversa pericolosità idraulica secondo le vigenti norme del PAI

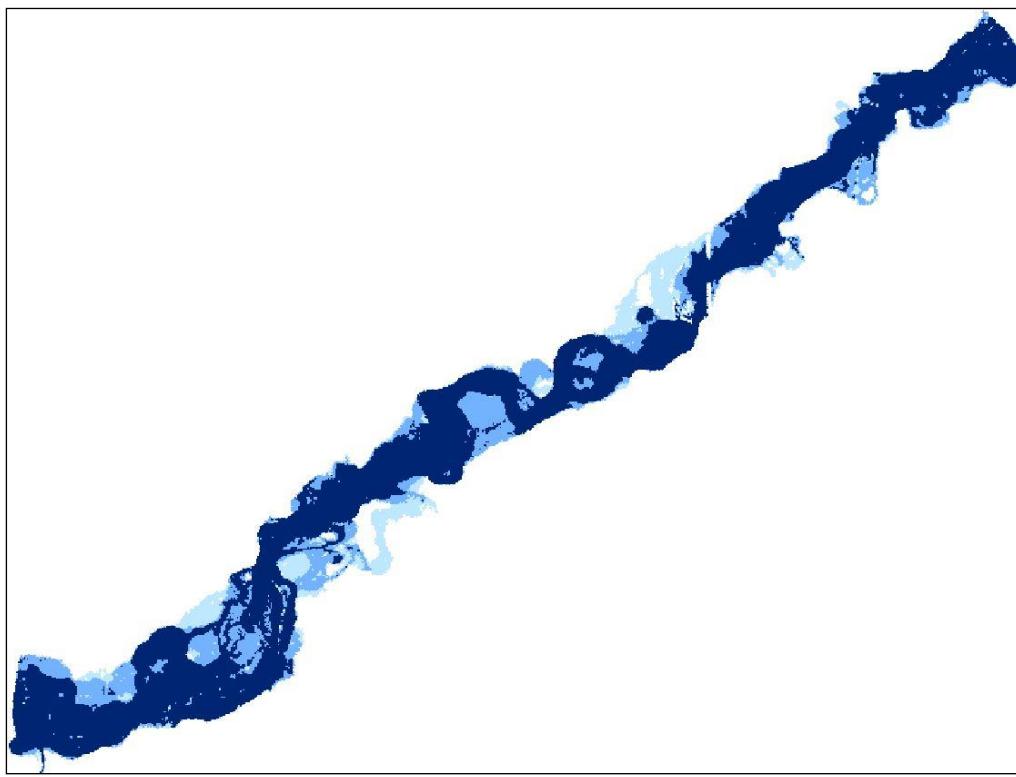


Figura 5.3b - Aree a diversa pericolosità idraulica sulla base della valutazione combinata
del tempo di ritorno e delle grandezze idrodinamiche

5.1 OF01_sud – FIUME OFANTO, FIUMARA DI ATELLA, FOSSO DELLO STROPPITO

5.1.1 Descrizione geografica e morfologica

L'asta del fiume Ofanto, negli schematismi a seguire indicata con la sigla OF01_sud, alla sezione di chiusura n. 19 sottende un bacino idrografico complessivo di circa 905 km². Il tratto esaminato si estende, lungo l'asta principale, per circa 16 km a partire dalla prima sezione n. 9055.78 del River OF_01C sino all'ultima sezione n. 76.81, River OF_01H (v. figura 5.9). Le sue acque solcano, in direzione sud-est, porzioni di territorio ricadenti nei comuni, da monte verso valle, di Conza della Campania, Cairano, Calitri, Aquilonia per la provincia di Avellino e nei comuni di Pescopagano, Rapone, Ruvo del Monte, Rionero in Vulture per la provincia di Potenza. A valle della sezione 67.87 dell' OF_01C il fiume Ofanto confluisce nel bacino artificiale della diga di Conza della Campania, per poi proseguire verso valle fino a congiungersi con l'affluente in destra idraulica al tratto poc'anzi descritto.

L'affluente in destra idraulica all'asta principale del fiume Ofanto, il Fosso dello Stroppito, si estende per circa 6 km, in direzione sud-ovest tra le sezioni n. 22584.45 e n. 15764.59 del tratto studiato OF_01G, lungo il quale le acque scorrono nel territorio comunale di Filiano e Atella, in provincia Potenza. La Fiumara di Atella confluisce dopo circa 16 km, nell'asta principale dell'Ofanto, attraversando i comuni di Atella, San Fede e Ruvo del Monte, in provincia di Potenza.

Si tratta di alvei prevalentemente naturali, caratterizzati da estese piane alluvionali che si alternano a tratti morfologicamente incisi. Quest'ultimi sono preponderanti nelle superfici prossime all'area urbana del comune di Lioni e alla zona industriale di Calitri. Le sezioni meno incise si estendono per circa un centinaio di metri, con pendenze dell'ordine del 5%. Prevalgono boschi di latifoglie e seminativi in aree non irrigue.

La diga di Conza della Campania, ubicata lungo il tratto del corso principale del fiume Ofanto esaminato, sottende un bacino imbrifero di 252 km². È una diga in terra, zonata con nucleo centrale impermeabile e controfianchi. Ha capacità utile di 54 Mm³ e quota di massimo invaso pari a 437.1 m s.l.m.

5.1.2 La scabrezza

Nelle zone limitrofe il tratto OF_01C in esame, l'uso del suolo è prevalentemente costituito da seminativi in aree non irrigue ($n_{norm} = 0.04$) a cui si alternano boschi di latifoglie ($n_{norm} = 0.12$). A monte della diga di Conza, in corrispondenza del tratto compreso tra la sezione n. 17158 e la sezione n. 11126.33 si sviluppa il tessuto urbano ($n_{norm} = 0.2$) del comune di Lioni. A valle della diga di Conza sono presenti due aree industriali, di cui la prima è compresa tra la sezione n. 4765.35 e la sezione n. 4036.66 e la seconda tra la sezione n. 13060.26 e la sezione n. 9585.01, in destra idraulica al tratto OF_01F, nel comune di Calitri ($n_{norm} = 0.2$).

Lungo l'affluente Fosso dello Stroppito in agro di Atella, tratto indicato nello schematismo monodimensionale con la sigla OF_01G, si rinvengono prevalentemente seminativi in aree non irrigue ($n_{norm} = 0.04$), mentre nelle porzioni di territorio contermini la Fiumara di Atella, in agro di Atella e Ruvo del Monte, a partire dalla sezione n 10749 fino alla confluenza del tratto in parola con l'Ofanto, sezione n. 111.43, le aree sono prevalentemente occupate da boschi di latifoglie ($n_{norm} = 0.12$).

Nelle immagini a seguire è possibile avere rapida contezza della resistenza al flusso negli alvei oggetto di analisi. In particolare, si è assunto per i seminativi in aree non irrigue un indice di Manning $n=0.04$, per i boschi di latifoglie $n=0.12$, per il tessuto urbano $n=0.2$, per insediamenti industriali $n=0.2$.

All'interno dell'alveo naturale, confinato e delimitato dai banks, si è assegnato un valore del coefficiente di Manning cautelativamente pari ad $n = 0.035$ ($n_{norm} = 0.03$ - fiumi e torrenti), inteso che l'alveo è l'insieme dei canali, delle barre e delle isole, ove presenti, e che il suo limite coincide con il cosiddetto livello ad alveo pieno, cioè quel livello idrometrico associato alla massima portata che può essere contenuta in alveo senza il verificarsi di fenomeni di esondazione fuori dalle sponde.

5.1.3 Portate

Le portate sull'asta principale del fiume Ofanto per le sezioni appartenenti al bacino chiuso alla stazione idrometrica di Cairano, ubicate nel tratto di studio OF_01C fino alla sezione n. 91 dell'OF_01D, poco più a valle della diga di Conza, sono state calcolate utilizzando la formula razionale (v. par. 4.1.3). Per il tempo di ritorno di 200 anni esse assumono un valore di $435.30 \text{ m}^3/\text{s}$ per la sez. n. 17588 del tratto OF_01C, in corrispondenza della sezione di chiusura 0_a che sottende un bacino di 60.7 km^2 . Più a valle si sono assegnati i valori di portata stimati in corrispondenza delle sezioni di chiusura 0, $Q_{\max} = 517.43 \text{ m}^3/\text{s}$, 0_b, $Q_{\max} = 556.37 \text{ m}^3/\text{s}$, 1, $Q_{\max} = 656.77 \text{ m}^3/\text{s}$, 2, $Q_{\max} = 719.16 \text{ m}^3/\text{s}$ e 5, $Q_{\max} = 775.16 \text{ m}^3/\text{s}$. Per il tratto successivo OF_01D per le sezioni comprese dalla n. 9055.78 alla n. 4123.65 sono state adottate le portate stimate in corrispondenza delle sezioni di chiusura 112, $Q_{\max} = 795.40 \text{ m}^3/\text{s}$, 91, $Q_{\max} = 835.88 \text{ m}^3/\text{s}$, e 91_c $Q_{\max} = 876.74 \text{ m}^3/\text{s}$.

I coefficienti udometrici lungo il corso dei due tratti esaminati assumono un andamento con legge di potenza, con valori compresi tra 3 e 7, come riportato nella figura seguente.

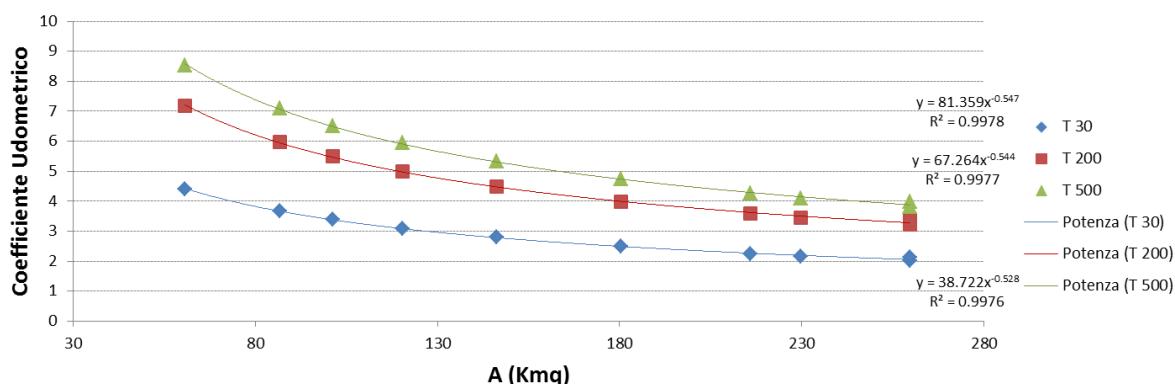


Figura 5.4 - Andamento del coefficiente udometrico nel tratto OF_01_C fino alla sez. n. 91_c dell'OF_01_D

Proseguendo verso valle sull'asta principale del fiume Ofanto nei tre tratti di reticolo studiati OF_01D-F-H per le sezioni non strumentate del reticolo, comprese tra le stazioni idrometriche di Cairano e la stazione di San Samuele di Cafiero, le portate sono stimate sulla base della regressione individuata tra i valori di piena indice del Va.Pi. delle stazioni idrometriche di Cairano (sez. n. 7), Monteverde Scalo (sez. n. 19) e San Samuele di Cafiero (sez. n. 67) e le aree dei bacini idrografici sottesi da ciascuna di esse (v. par. 4.1.1).

Per il tempo di ritorno di 200 anni si è stimato un valore di portata pari a $934.50 \text{ m}^3/\text{s}$ in corrispondenza della sez. n. 1129.64 del tratto OF_01D, sezione di chiusura n. 7, che sottende un bacino contribuente di 303.85 km^2 . Più a valle, lungo il tratto successivo OF_01F, la portata stimata è di $1056.31 \text{ m}^3/\text{s}$ per la sez. n. 11781, in corrispondenza della sezione di chiusura n. 8. Per le sezioni successive del medesimo tratto, incluse tra la sez. n. 12489.3 e la sez. n. 3178.64, le portate stimate sono: alla sezione di chiusura n. 12, $Q_{\max} = 1060.54 \text{ m}^3/\text{s}$, alla sez. n. 11, $Q_{\max} = 1105.49 \text{ m}^3/\text{s}$, alla sez. n. 115, $Q_{\max} = 1112 \text{ m}^3/\text{s}$, alla sez. n. 115_d, $Q_{\max} = 1126.23 \text{ m}^3/\text{s}$, alla sez. n. 114, $Q_{\max} = 1147.85 \text{ m}^3/\text{s}$, alla sez. n. 13, $Q_{\max} = 1178.65 \text{ m}^3/\text{s}$, alla sez. n. 13_e, $Q_{\max} = 1197.92 \text{ m}^3/\text{s}$ e alla sez. n. 15, $Q_{\max} = 1200.47 \text{ m}^3/\text{s}$.

Lungo il tratto terminale dell'asta in esame, OF_01H, si è stimata una portata al colmo di piena pari a $1385.20 \text{ m}^3/\text{s}$ in corrispondenza della sez. n. 2951.03, sezione di chiusura n. 16, avente un bacino contribuente di 869.63 km^2 , alla sezione n. 17 più a valle si è stimata una portata $Q_{\max} = 1398.41 \text{ m}^3/\text{s}$ e alla sezione di chiusura n. 19 il valore di Q_{\max} è pari a $1400.69 \text{ m}^3/\text{s}$.

I coefficienti udometrici lungo il corso dei tre tratti di reticolo esaminati hanno andamento con legge di potenza, con valori compresi tra 2 e 3 come riportato nella figura seguente.

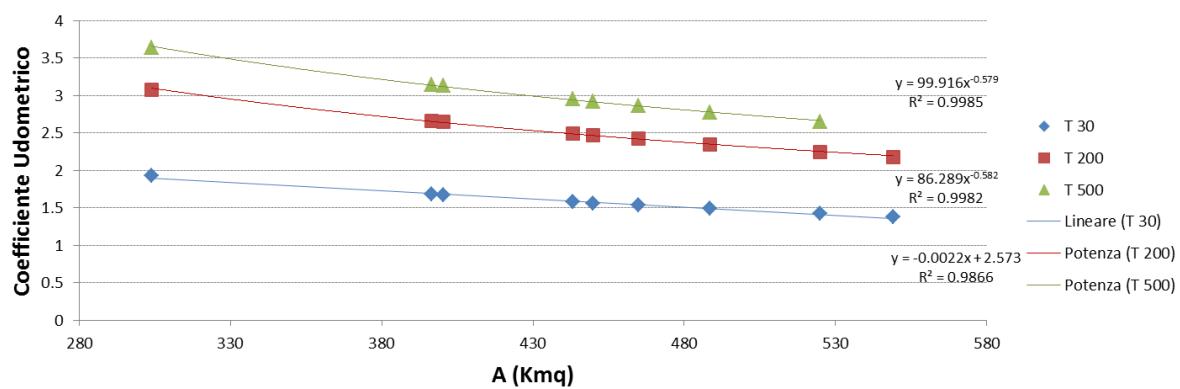


Figura 5.6 - Andamento del coefficiente udometrico nei tratti OF_01_D-F-H

Lungo il Fosso dello Stroppito, OF_01_G, la stima delle portate di piena alle sezioni non strumentate, comprese tra la sezione di chiusura n. 79 e la sezione di chiusura n. 82, incluse nel bacino chiuso alla stazione idrometrica di Atella a P.te sotto Atella, è stata effettuata utilizzando la formula razionale (v. par. 4.1.2).

Per il tempo di ritorno di 200 anni esse assumono un valore di $180.45 \text{ m}^3/\text{s}$ per la sez. n. 22584.45, in corrispondenza della sezione di chiusura n. 79 che sottende un bacino afferente di 71.03 km^2 . Tra le sezioni successive del medesimo tratto, comprese tra la n. 20650.63 e la n. 17095.29 sono state adottate le portate stimate in corrispondenza delle sezioni di chiusura n. 118, $Q_{\max} = 192.84 \text{ m}^3/\text{s}$, n. 118_f, $Q_{\max} = 198.10 \text{ m}^3/\text{s}$, n. 118_g, $Q_{\max} = 206.73 \text{ m}^3/\text{s}$, n. 80, $Q_{\max} = 248.08 \text{ m}^3/\text{s}$, n. 81, $Q_{\max} = 248.58 \text{ m}^3/\text{s}$, ed alla sezione n. 82, $Q_{\max} = 271.32 \text{ m}^3/\text{s}$.

I coefficienti udometrici lungo il corso del tratto OF_01_G esaminato hanno andamento con legge di potenza, con valori compresi tra 1.5 e 2.5, come riportato nella figura seguente.

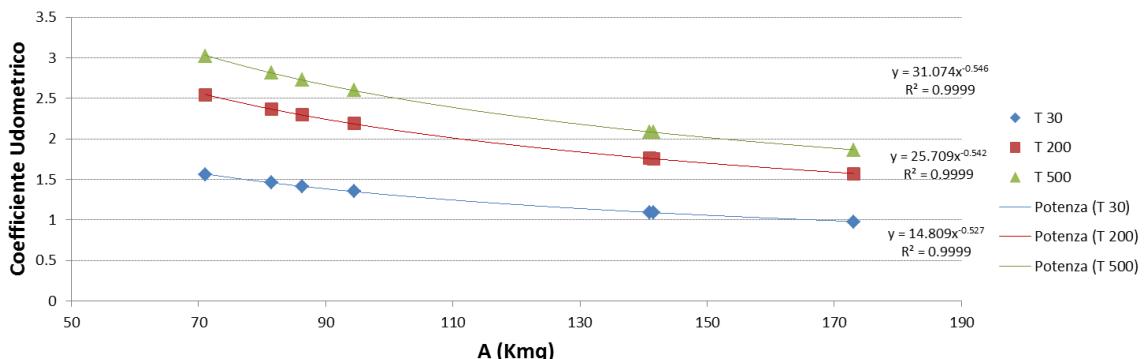


Figura 5.7 - Andamento del coefficiente udometrico nel tratto OF_01G per le sezioni 79-82

Proseguendo più a valle, lungo la Fiumara di Atella, a valle della sezione di Atella a Ponte sotto Atella, OF_01G, per la stima delle portate si è adottata la legge di dipendenza della portata indice dall'area del bacino afferente (v. par. 4.1.2).

Per il tempo di ritorno di 200 anni esse assumono un valore di $262.83 \text{ m}^3/\text{s}$ per la sez. n. 14747.92, in corrispondenza della sezione di chiusura 84 che sottende un bacino di 186.48 km^2 . Per le sezioni successive del medesimo tratto, comprese tra la n. 12428.23 e la n. 1758.57, sono state adottate le portate stimate in corrispondenza delle sezioni di chiusura n. 86, $Q_{\max} = 289.29 \text{ m}^3/\text{s}$, n. 87, $Q_{\max} = 295.65 \text{ m}^3/\text{s}$, n. 90, $Q_{\max} = 339.45 \text{ m}^3/\text{s}$, n. 117, $Q_{\max} = 338.37 \text{ m}^3/\text{s}$, n. 89, $Q_{\max} = 349.37 \text{ m}^3/\text{s}$ e n. 116, $Q_{\max} = 355.43 \text{ m}^3/\text{s}$.

I coefficienti udometrici individuati lungo il corso del tratto OF_01_G hanno un andamento con legge di potenza, con valori compresi tra 1.2 e 1.4, come riportato nella figura seguente.

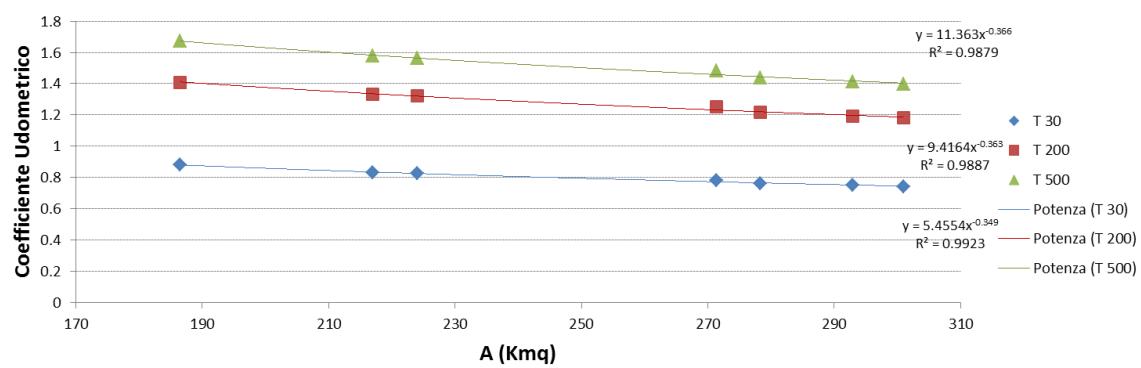


Figura 5.8 - Andamento del coefficiente udometrico nei tratti OF_01G



Tessuto urbano:
tratto OF_01_C
in corrispondenza della sez. 14205.72



Seminativi in aree non irrigate
tratto OF_01_C
in corrispondenza della sez. 10021.44



Insediamento industriale
tratto OF_01_C
in corrispondenza della sez. 4816.84



Insediamento industriale
tratto OF_01_F
a valle della sez. 11337.6



Boschi di latifoglie
tratto OF_01_G
a valle della sez. 235.6515

CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE DELL'OF01sud – Fiumara di Atella, Fosso dello Stroppito															T 30		T 200		T 500		INSERIMENTO	
Basin	Area [kmq]	Zmean	Zmax	Zmin	im [m/m]	iv [m/m]	L [km]	Ltot [km]	Lca [km]	tL [h]	CN	Urban [%]	zona	IdBasTot	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	Sezioni HECRAS	River
0_a	60.7	701.87	1476	532	0.069	0.194	13.76	59.82	4.01	2.68	76	0	4	OF01sud	266.94	4.40	435.30	7.17	518.08	8.54	17588	OF_01 C
0	86.78	693.91	1476	520	0.055	0.206	17.33	84.88	4.81	3.20	77	0	4	OF01sud	319.05	3.68	517.43	5.96	615.09	7.09	13870.62	OF_01C
0_b	101.4	687.67	1476	469	0.048	0.206	21.04	88.95	6.37	3.46	77	0	4	OF01sud	343.82	3.39	556.37	5.49	661.05	6.52	6203.33	OF_01 C
1	120.5	681.25	1476	458	0.045	0.208	22.66	117.79	5.99	3.78	77	0	4	OF01sud	373.10	3.10	602.14	5.00	714.90	5.93	4736.9	OF_01C
111	146.34	667.56	1476	444	0.04	0.206	25.64	139.55	6.69	4.16	78	0	4	OF01sud	408.18	2.79	656.78	4.49	779.20	5.32	1845.37	OF_01C
2	180.37	676.75	1476	440	0.04	0.205	25.99	168.31	6	4.62	78	0	4	OF01sud	448.33	2.49	719.16	3.99	852.32	4.73	1544.52	OF_01C
5	215.79	683.1	1476	436	0.038	0.199	27.31	199.54	6	5.05	79	0	4	OF01sud	484.71	2.25	775.16	3.59	918.29	4.26	250.14	OF_01C
112	229.8	672.74	1476	414	0.035	0.197	30.67	214.85	8.3	5.21	79	0	4	OF01sud	497.67	2.17	795.40	3.46	942.02	4.10	9055.78	OF_01D
91	259.66	660.09	1476	387	0.032	0.195	34.25	249.15	10.18	5.54	79	0	4	OF01sud	524.12	2.02	835.88	3.22	989.38	3.81	7658.9	OF_01D
91_c	268.81	653.99	1476	387	0.03	0.196	36.85	256.17	12.07	5.64	79	0	4	OF01sud	549.94	2.05	876.75	3.26	1037.53	3.86	4123.65	OF_01D
7	303.85	654.3	1476	375	0.028	0.198	39.82	297.34	12.94	6.00	78	0	4	OF01sud	587.45	1.93	934.50	3.08	1105.44	3.64	1129.64	OF_01D
9	71.76	754.33	962	475	0.027	0.146	18.09	62.97	4.88	2.91	77	0	4	OF01sud	77.27	1.08	125.68	1.75	149.52	2.08	11781	OF_01 E
113	81.77	730.54	962	410	0.025	0.16	21.87	70.09	6.28	3.11	77	0	4	OF01sud	86.83	1.06	140.93	1.72	167.58	2.05	3981.9	OF_01 E
8	396.55	666.44	1476	370	0.027	0.192	41.00	377.76	11.33	6.85	78	0	4	OF01sud	666.72	1.68	1056.32	2.66	1247.86	3.15	13833.66	OF_01F
12	400.32	664.42	1476	365	0.026	0.192	42.33	381.60	12.26	6.88	78	0	4	OF01sud	669.36	1.67	1060.54	2.65	1253.00	3.13	12489.3	OF_01F
11	443.08	681.26	1476	357	0.026	0.196	43.85	427.71	11.98	7.24	78	0	4	OF01sud	698.86	1.58	1105.50	2.50	1305.38	2.95	11117.98	OF_01F
115	449.84	677.82	1476	341	0.025	0.196	45.92	433.15	13.58	7.30	78	0	4	OF01sud	703.02	1.56	1112.00	2.47	1313.03	2.92	9585.01	OF_01F
115_d	464.82	679.85	1476	336	0.024	0.197	46.87	450.27	14.09	7.42	78	0	4	OF01sud	712.69	1.53	1126.23	2.42	1329.78	2.86	7902.73	OF_01F
114	488.64	674.66	1476	333	0.024	0.196	48.02	473.50	14.31	7.60	78	0	4	OF01sud	726.82	1.49	1147.85	2.35	1355.22	2.77	6929	OF_01F
13	524.94	673.66	1476	325	0.023	0.198	49.75	514.92	14.6	7.88	78	0	4	OF01sud	747.04	1.42	1178.65	2.25	1390.90	2.65	5132.48	OF_01F
13_e	549.19	673.54	1476	324	0.023	0.198	49.99	515.16	14.89	8.06	78		4	OF01sud	759.96	1.38	1197.93	2.18	1413.43	2.57	4634.85	OF_01F
15	552.59	669.39	1476	315	0.022	0.197	51.73	540.07	15.49	8.09	78	0	4	OF01sud	761.67	1.38	1200.48	2.17	1416.24	2.56	3178.64	OF_01F
79	71.03	733.27	1226	439	0.061	0.189	12.91	71.80	3.89	2.90	81	0	4	OF01sud	110.93	1.56	180.46	2.54	214.69	3.02	22584.45	OF_01G
118	81.5	708.08	1226	415	0.054	0.183	15.02	84.05	4.84	3.11	81	0	4	OF01sud	118.79	1.46	192.85	2.37	229.31	2.81	20650.63	OF_01G
118_f	86.31	697.28	1226	412	0.052	0.179	15.6	89.26	5	3.20	81		4	OF01sud	122.14	1.42	198.11	2.30	235.48	2.73	19677.53	OF_01 G
118_g	94.48	680.32	1226	403	0.05	0.173	16.48	98.73	5.32	3.34	81		4	OF01sud	127.64	1.35	206.73	2.19	245.69	2.60	18818.8	OF_01 G
80	140.98	705.23	1236	398	0.041	0.191	20.54	141.18	5.78	4.08	80	0	4	OF01sud	154.06	1.09	248.09	1.76	294.36	2.09	18045.13	OF_01G
81	141.55	704.21	1236	398	0.04	0.191	21.03	141.66	6.1	4.09	80	0	4	OF01sud	154.44	1.09	248.58	1.76	294.98	2.08	17555.9	OF_01G
82	173.08	692.1	1296	394	0.042	0.188	21.50	185.87	4.7	4.53	79	0	4	OF01sud	169.07	0.98	271.32	1.57	321.73	1.86	17095.29	OF_01G
84	186.48	681.08	1296	379	0.039	0.187	23.81	204.60	5.54	4.70	79	0	4	OF01sud	163.97	0.88	262.84	1.41	311.51	1.67	14747.92	OF_01G
86	216.92	683.95	1388	372	0.039	0.194	26.13	233.35	6.48	5.07	79	0										

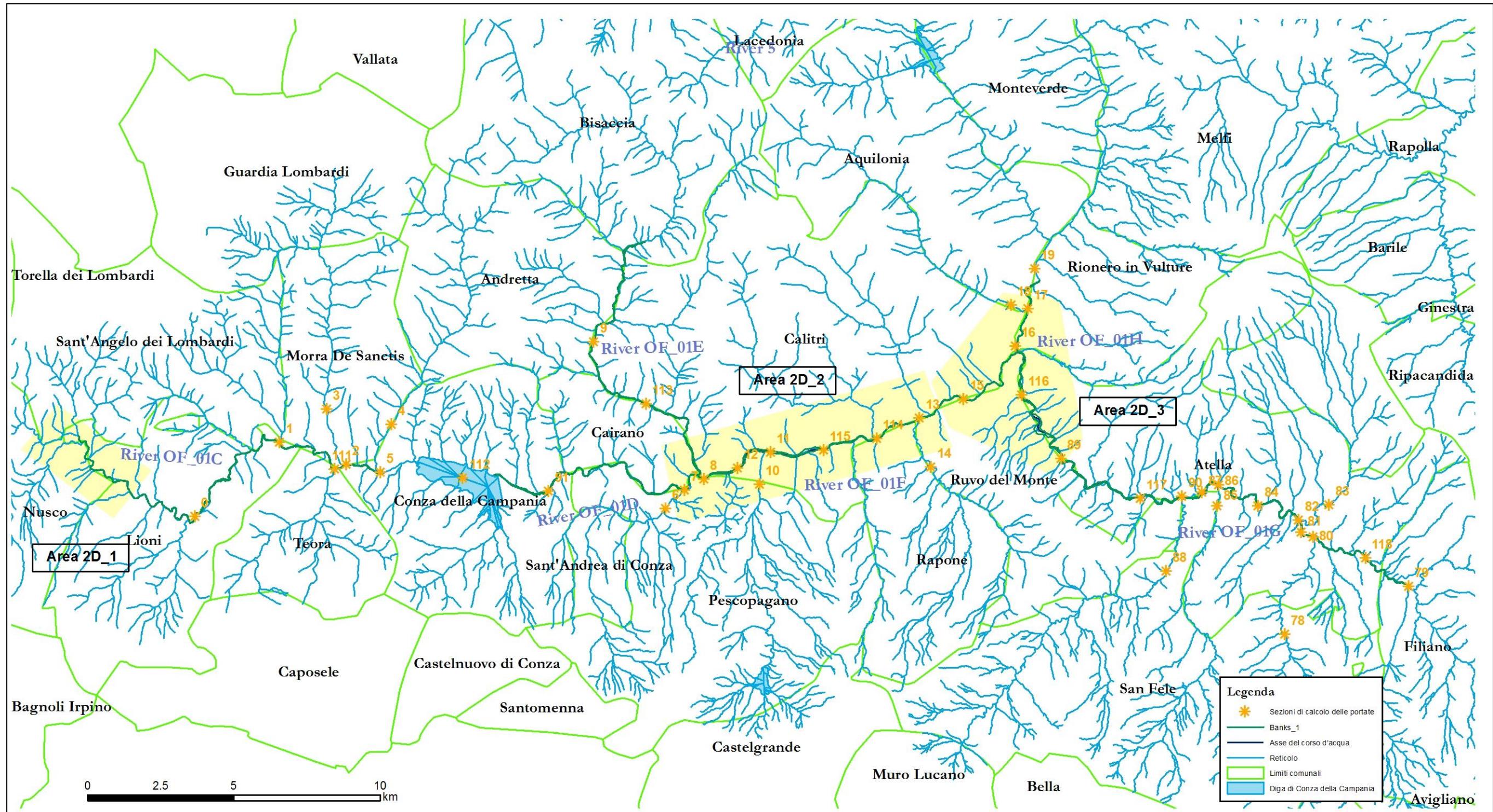


Figura 5.9 - Rappresentazione cartografica delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) del corso d'acqua OF01_sud e dello schematismo dei river (OF_01C, OF_01D, OF_01E, OF_01F, OF_01G, OF_01H) adottati nella modellazione monodimensionale

5.1.4 Schematismo idraulico

Le aste in esame, sono state studiate attraverso l'applicazione della sola modellistica di tipo monodimensionale, per i tratti caratterizzati da deflussi contenuti entro le sponde dell'alveo, e in taluni casi della piana alluvionale, (Allegati 5.1.1, 5.1.2, 5.1.3, 5.1.4, 5.1.5), e con modellazione di tipo bidimensionale laddove le sezioni trasversali al compluvio non erano sufficienti al contenimento delle grandezze idrodinamiche, indagando con maggior dettaglio i tratti interessati da un più elevato grado di urbanizzazione dei territori limitrofi.

Il primo dominio modellato bi-dimensionalmente, Area_2D_1 (Allegato 5.1.6), lungo tratto OF_01C, nella zona apicale dell'asta principale del fiume Ofanto, presenta un piana alluvionale molto estesa, dell'ordine dei 300 m. Il reticolo scorre in destra idraulica, a sud del centro urbano del comune di Lioni, intersecando una serie di strade principali. Il dominio di calcolo si estende dalla sezione n. 17588 fino alla sezione n. 13737. L'input di ingresso del modello è l'idrogramma del bacino 0_a, a valle della SP 154.

Il tratto di valle dell'asta oggetto di studio ha andamento più sinuoso e spesso meandriforme. Le sezioni trasversali hanno larghezze che variano da qualche decina di metri a qualche centinaia di metri nel tratto prospiciente lo sbarramento della diga di Conza della Campania. La morfologia incisa fa sì che i deflussi siano interamente contenuti nelle sezioni dello studio monodimensionale.

Il secondo dominio modellato bi-dimensionalmente, Area_2D_2 (Allegato 5.1.7), è compreso tra la sezione n. 1675.44 dell'OF_01D e la sezione n. 4405.41 dell'OF_01F. L'alveo del fiume si presenta con una sezione molto incisa di ampiezza pari a circa 100 m. Scorre in sinistra idraulica rispetto l'area industriale di Calitri, zona Scalo Calitri-Pescopagano, intersecando infrastrutture viarie importanti.

Per il dominio appena descritto sono state inserite due forzanti idrologiche, la prima a valle della SS 7 con l'idrogramma chiuso alla sezione n. 7 e la seconda sull'affluente in sinistra idraulica all'asta principale del fiume, sezione n. 113.

Gli affluenti in destra idraulica all'alveo principale dell'Ofanto, Fosso dello Stroppito e Fiumara di Atella, presentano entrambi un'andamento inciso e meandriforme con deflussi contenuti nelle sponde del letto del fiume, per una profondità di circa 3 m.

A partire dalla sezione n. 5410.54 del tratto OF_01G fino alla confluenza con l'asta principale è stato adottato uno studio bi-dimensionale. Il dominio in esame Area_2D_3 (Allegato 5.1.8), descrive l'andamento dei deflussi nella piana inondabile della confluenza del fiume Ofanto con il reticolo minore Fiumara di Atella. Le correnti simulate in moto permanente, seppur confinate dalle quote più elevate della piana alluvionale, non sono sufficientemente rappresentative dell'andamento dei deflussi, anche in ragione della presenza della confluenza con il corso d'acqua principale del fiume Ofanto. Le portate di riferimento sono quelle stimate alla sezione di chiusura n. 15 per l'asta principale, inserita a monte della linea ferroviaria dismessa, situata nel comune di Ruvo del Monte e alla sezione di chiusura n. 116 per la Fiumara di Atella.

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. Il modello bidimensionale ed i risultati sono riportati rispettivamente in [ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF01_sud\TUFLOW] e in [ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF01_sud\OUTPUT_2D]. Le rappresentazioni complessive delle aree di allagamento sono riportate nelle tavole indicate, 5.1.6, 5.1.7 e 5.1.8, in termini di tiranti idrici con tempo di ritorno di 200 anni.

ID	Ragione	Esposto	Priorità	Codice modello 2D	Allegato Risultante 2D
1	Morfologia pianeggiante, sezioni trasversali insufficienti	Tessuto urbano	1.0	Area_2D_1	5.1.6
2	Morfologia pianeggiante, sezioni trasversali insufficienti	Insediamento industriale	1.2	Area_2D_2	5.1.7
3	Confluenza del reticolo principale del fiume Ofanto con il suo affluente in destra idraulica, la Fiumara di Atella	Terreni agricoli	0.5	Area_2D_3	5.1.8

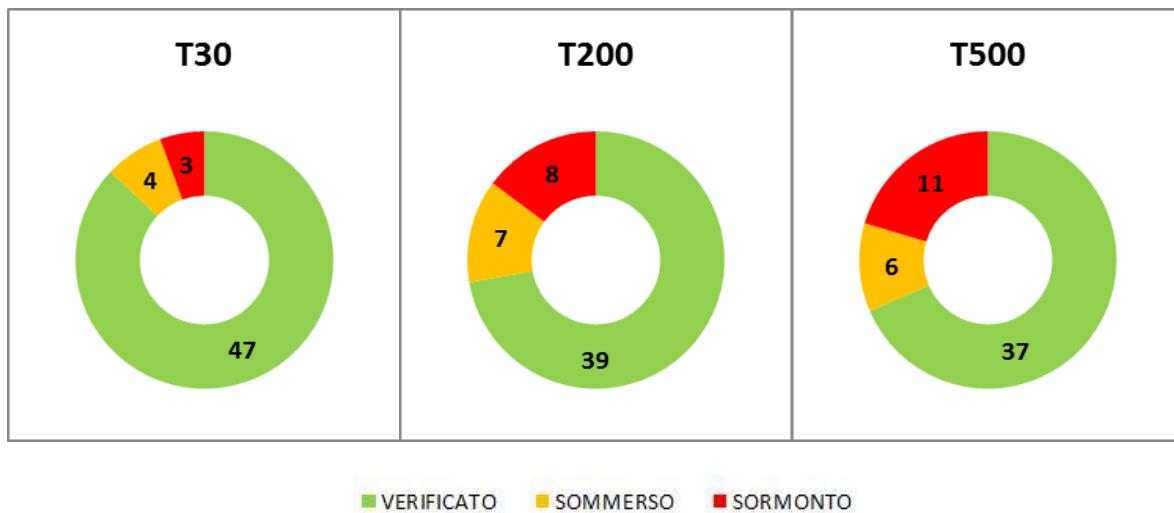
- Con riferimento all'area avente identificativo **n. 1**, è stata adottata come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 0_a. Come condizione di valle, è stata adottata la pendenza del suolo. Lo schematismo impiegato è un puro 2D.
- Con riferimento all'area avente identificativo **n. 2**, è stata adottata come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 7 sul ramo principale, mentre per l'affluente in sinistra idraulica la sezione di chiusura 113. Per la condizione al contorno di valle è stato adottata la pendenza del suolo. Lo schematismo impiegato è un puro 2D.
- Con riferimento all'area avente identificativo **n. 3**, la quale comprende la confluenza del fiume Ofanto con l'affluente in destra idraulica, Fiumara di Atella, sono state adottate come condizioni al contorno di monte, la sezione di chiusura n. 15 per il tratto principale e la sezione di chiusura n. 116 per l'affluente. come condizione di valle è stato adottata la pendenza del suolo. Lo schematismo impiegato è un puro 2D.

5.1.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

Nella tabella seguente è indicato il regime di funzionamento degli attraversamenti che intersecano il corso d'acqua studiato, relativamente alle portate transitanti con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni, classificato in maniera schematica in sbocco non sommerso (condizione che verifica il corretto funzionamento dell'attraversamento in questione), sbocco sommerso e sormonto.

Dei 53 attraversamenti complessivamente presenti lungo i tratti di reticolo analizzati, per portate con tempi di ritorno di 30 anni, ne risultano 47 verificati e 2 sormontati, per portate aventi tempi di ritorno di 200 anni, 39 sono verificati e 7 risultano essere sormontati, ed infine, con riferimento al tempo di ritorno di 500 anni, 37 attraversamenti sono verificati e 10 risultano sormontati

Risulta dunque necessario l'adeguamento o la predisposizione di sistemi di allerta per 14 attraversamenti, essendo la portata di 200 anni quella di riferimento per la sicurezza idraulica.



attraversamento	regime		
	T30	T200	T500
OF01_C			
OF00000066NC (SP)	verificato	verificato	verificato
OF00000064NC (SL)	sommerso	sormonto	sormonto
OF00000061NC (SP)	verificato	verificato	verificato
OF00000052NC (SP)	verificato	verificato	verificato
OF00000045NC (SP)	verificato	verificato	verificato
OF00000043NC (SP)	verificato	verificato	verificato

OF00000031NC (SP)	verificato	verificato	verificato
OF00000021NC (SL)	sommerso	sormonto	sormonto
OF00000018NC (SL)	sormonto	sormonto	sormonto
OF00000014NC (SS)	verificato	verificato	verificato
OF00000011NC (SP)	sormonto	sormonto	sormonto
OF00000012NC (SS)	verificato	sommerso	sormonto
OF00000015NC (SS)	verificato	verificato	verificato
OF00000017NC (SS)	verificato	sommerso	sommerso
OF00000022NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000029NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000030NC (SS)	verificato	verificato	verificato
OF00000032NC (SS)	verificato	verificato	verificato
OF00000033NC (SS)	verificato	sommerso	sommerso
OF00000036NC (SS)	verificato	verificato	verificato
OF00000065NC (SL)	verificato	sommerso	sommerso
OF00000068NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000067NC (SS)	verificato	verificato	verificato
OF00000063NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000060NC (SP)	verificato	verificato	verificato
OF00000051NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000039NC (SS)	verificato	verificato	verificato
OF01_D			
OF00000023NC (SS)	verificato	verificato	verificato
OF00000025NC (SL)	attraversamento a raso		
OF00000047NC (SL)	verificato	sommerso	sormonto
OF00000042NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000028NC (SL)	verificato	sommerso	sormonto
OF00000024NC (SL)	verificato	verificato	sommerso
OF00000027NC (SS)	verificato	sommerso	sommerso
OF00000026NC (SS)	verificato	verificato	verificato
OF01_E			
OF00000085NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000074NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000041NC (SS)	verificato	verificato	verificato
OF00000040NC (SS)	verificato	verificato	verificato
OF00000038NC (FV)	verificato	verificato	verificato
OF01_F			
OF00000037NC (NC)	verificato	verificato	verificato
OF00000050NC (SS)	verificato	verificato	verificato
OF00000062NC (SS)	verificato	verificato	verificato
OF00000059NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000069NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000071NC (SL)	verificato	verificato	sommerso
OF00000072NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000073NC (SL)	sommerso	sormonto	sormonto
OF01_G			
OF00000013NC (SS)	verificato	verificato	verificato
OF00000016NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000075NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF01_H			
OF00000077NC (FV)	verificato	verificato	verificato
OF00000080NC (FV)	verificato	sormonto	sormonto
OF00000081NC (SS)	sommerso	sormonto	sormonto

5.1.6 Criticità urbane / produttive

Dai risultati della modellazione idraulica monodimensionale, emerge che il tratto del Fiume Ofanto esaminato, in riferimento al transito della portata di carattere straordinario, risulta contenuto all'interno della piana alluvionale.

I deflussi scorrono all'interno dell'alveo che si presenta molto inciso nei tratti più sinuosi per poi spandersi laddove il corso d'acqua si spancia. Le aree interessate dalle piene sono per lo più occupate da seminativi non irrigui e boschi di latifoglie.

Gli esposti a rischio significativo, potenzialmente lambiti dalle piene, interessano il tratto più a monte dell'OF_01C, nella zona apicale dell'asta principale del fiume Ofanto, a sud del centro urbano del comune di Lioni. Dalle risultanze della modellistica bidimensionale risulta che i deflussi, rimanendo contenuti dalle quote più elevate dell'alveo naturale del fiume, non riescono a raggiungere l'area urbana posta più a nord. L'alveo è attraversato in più tratti dalle pile del viadotto della SP 279, i tiranti dell'ordine dei 3 m, sono sempre inferiori all'intradosso dell'impalcato.

Ad essere esposti a pericolosità idraulica risultano alcuni insediamenti industriali del comune di Calitri che si estendono in destra idraulica sul tratto di *River OF_01F*, compreso tra la sezione n. 13170.54 e la sezione n. 8901.67. i tiranti all'esterno dei tratti studiati raggiungono valori di 0.1-0.7 m.

5.2 OF01b_nord – FIUME OFANTO, TORRENTE OSENTO

5.2.1 Descrizione geografica e morfologica

L'asta del fiume Ofanto, negli schematismi a seguire indicata con la sigla OF01b_nord, alla sezione di chiusura n. 24 sottende un bacino idrografico complessivo di circa 1117 km². Il tratto esaminato si estende, lungo l'asta principale del fiume in questione, per circa 16 km a partire dalla prima sezione, la sez. n. 1454.165, dell'OF01b_nord_1, sino all'ultima sezione, la sez. n. 32.72518, dell'OF01b_nord_2 (v. figura 5.11). Le sue acque solcano aree ricadenti nei comuni, da monte verso valle, di Rionero in Vulture, Aquilonia, Melfi, Monteverde, e per un breve tratto nei comuni di Lacedonia e Rocchetta Sant'Antonio. L'affluente in sinistra idraulica al tratto poc'anzi descritto, il Torrente Osento, nasce in agro di Lacedonia e si estende, a monte dell'invaso artificiale, la diga di Pesco San Pietro, per una lunghezza complessiva di 6.6 km lungo la quale le acque scorrono esclusivamente nel territorio comunale di Lacedonia. A valle dello sbarramento, per circa 7.8 km, le acque solcano i terreni dei comuni di Monteverde ed Aquilonia, prima di confluire nell'asta principale dell'Ofanto. Si tratta di alvei prevalentemente naturali con sezioni estese anche alcune decine di metri, con pendenze dell'ordine del 4% e sponde in prevalenza ben definite e sovrastate da un'abbondante vegetazione. Le piane alluvionali si estendono per qualche centinaio di metri. Prevalgono boschi di latifoglie che si alternano ad aree a pascolo ed aree a vegetazione arbustiva. Le porzioni di territorio poste alla destra idraulica del tratto vallivo dell'asta principale (OF01b_nord_1 e OF01b_nord_2) sono interessate dalla presenza di vaste estensioni di seminativi in aree non irrigue e di un'area industriale/commerciale.

La diga di San Pietro sull'Osento, in esercizio dal 1970, ha una capacità utile di 14,5 Mm³ e sottende un bacino imbrifero di circa 67 km². La gestione dell'invaso, destinata ad erogare il volume immagazzinato a favore delle utenze irrigue a valle della Traversa di Santa Venere, è in capo al Consorzio di Bonifica della Capitanata.

Lungo tutto il suo percorso, il corso d'acqua analizzato ha profondità variabili.

5.2.2 La scabrezza

Nelle zone limitrofe la parte apicale dell'alveo del tratto OF01b_nord_1, l'estensione di boschi di latifoglie ($n_{norm} = 0.12$) predomina su quella delle aree non irrigue di seminativi ($n_{norm} = 0.04$) fino alla sez. n. 1100.378 a partire dalla quale e fino alla sez. n. 118.8105 prevalgono in sinistra e destra idraulica seminativi alternati a piccole aree boschive ($n_{norm} = 0.05$). Proseguendo lungo il tratto OF01b_nord_2, a partire dalla sez. n. 14518.8 sino alla sez. n. 11922.56, le aree in sinistra idraulica sono interessate dalla presenza di boschi di latifoglie ai quali si alternano aree a pascolo naturale ($n_{norm} = 0.03$) dalla sez. n. 10533.5 alla sez. n. 9639.452, mentre le aree in destra idraulica, sino alla sez. n. 13575.44 sono occupate principalmente da seminativi ai quali seguono boschi di latifoglie, uliveti ($n_{norm} = 0.06$) ed aree a pascolo sino alla sez. 9639.452. Proseguendo verso valle il canale naturale continua a lambire in sinistra e destra idraulica aree a pascolo, boschi misti, boschi di latifoglie, aree a vegetazione arbustiva e seminativi non irrigui oltre a piccole estensioni di prati stabili ($n_{norm} = 0.05$). Per le sezioni comprese tra la sez. n. 5904.858 e la sez. n. 4526.619, il corso d'acqua, in destra idraulica, scorre limitrofo a terreni ove si sviluppano insediamenti industriali ($n_{norm} = 0.2$).

In agro di Lacedonia il tratto del Torrente Osento esaminato, OF01b_nord_4, a monte dell'invaso artificiale, lambisce prevalentemente terreni occupati da boschi di latifoglie, da vegetazione arbustiva, oltre che, per un lungo tratto, da aree a pascolo naturale e seminativi non irrigui in sinistra idraulica a partire dalla sez. n. 3225.456 fino alla sez. n. 61.53505. A valle della diga il torrente corre adiacente ad estesi boschi di latifoglie, aree a vegetazione arbustiva e qualche seminativo non irriguo.

Nelle immagini a seguire è possibile avere rapida contezza della resistenza al flusso negli alvei oggetto di analisi. In particolare, si è assunto per i seminativi in aree non irrigue un indice di Manning $n=0.04$, per gli uliveti $n=0.06$, per le aree a pascolo naturale $n=0.03$, per le i boschi di latifoglie $n=0.12$, per i boschi misti $n=0.135$, per le aree industriali o commerciali $n=0.2$, per le aree a vegetazione arbustiva $n=0.085$, per i prati stabili $n = 0.05$.

All'interno dell'alveo naturale, confinato e delimitato dai banks, si è assegnato un valore del coefficiente di Manning cautelativamente pari ad $n = 0.035$ ($n_{norm} = 0.03$ - *fiumi e torrenti*), inteso che l'alveo è l'insieme dei canali, delle barre e delle isole, ove presenti, e che il suo limite coincide con il cosiddetto

livello ad alveo pieno, cioè quel livello idrometrico associato alla massima portata che può essere contenuta in alveo senza il verificarsi di fenomeni di esondazione fuori dalle sponde.

5.2.3 Portate

Le portate lungo i tratti OF01b_nord_1 e OF01b_nord_2, assunto quale riferimento un tempo di ritorno di 200 anni, sono state inserite come di seguito specificato. Lungo il tratto OF01b_nord_1 per le sez. comprese tra la sez. n. 1454.165 e la n. 118.8105 si è adottata una portata $Q_{max} = 1405.77 \text{ m}^3/\text{s}$ pari a quella calcolata in corrispondenza della sezione di chiusura n. 21, il cui omonimo bacino idrografico sotteso ha area di 917.4 km^2 . A partire dalla sezione n. 14518.8 fino alla sez. n. 8744.916, del tratto OF01b_nord_2, la portata al colmo di piena adottata, pari a $1443.54 \text{ m}^3/\text{s}$, è quella stimata in corrispondenza della sez. n. 20, con estensione del bacino afferente di 1011.33 km^2 . Proseguendo lungo lo stesso tratto, la portata calcolata in corrispondenza della sez. n. 23, con bacino imbrifero di 1045.31 km^2 , $Q_{max} = 1456.174 \text{ m}^3/\text{s}$, è assegnata alle sezioni comprese tra la sez. n. 8679.978 e la n. 32.72518. Ai tratti OF01b_nord_4 e OF01b_nord_3 si sono assegnati i valori di portata stimati in corrispondenza delle sezioni di chiusura n. 22_a, $Q_{max} = 289.94 \text{ m}^3/\text{s}$, e n. 22_b, $Q_{max} = 338.17 \text{ m}^3/\text{s}$, per il primo tratto, e delle sezioni n. 22, $Q_{max} = 444.22 \text{ m}^3/\text{s}$, n. 22_c, $Q_{max} = 423.97 \text{ m}^3/\text{s}$, n. 22_d, $Q_{max} = 455.73 \text{ m}^3/\text{s}$, e n. 22_e, $Q_{max} = 471.80 \text{ m}^3/\text{s}$, per il secondo tratto.

I coefficienti udometrici lungo il corso dei due tratti esaminati assumono un andamento lineare, con valori compresi tra 0.85 e 1.82, come riportato nella figura seguente.

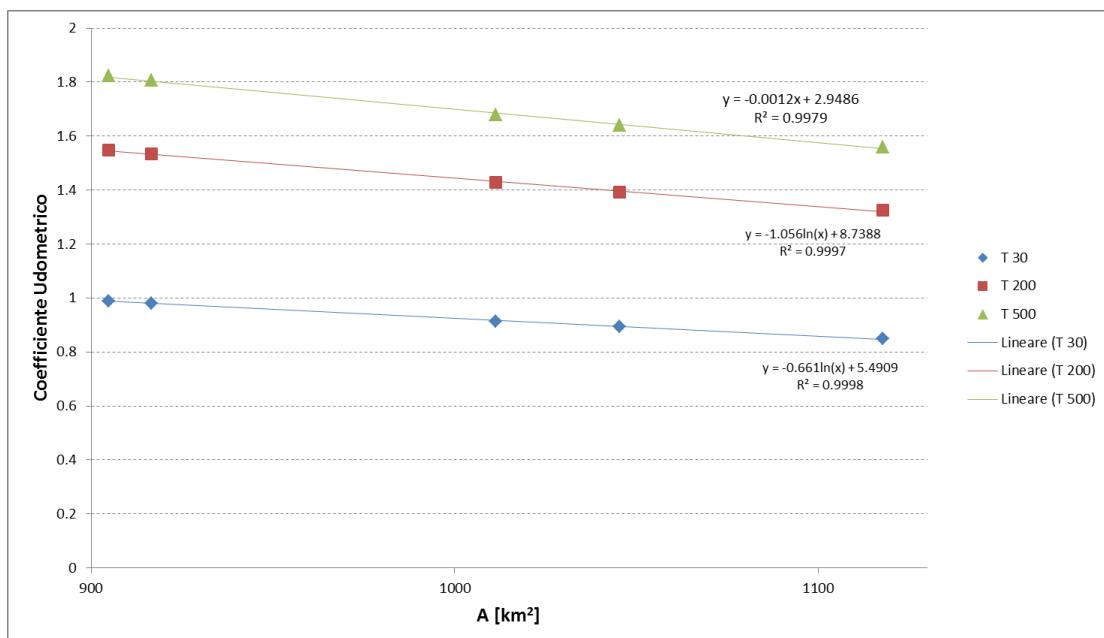
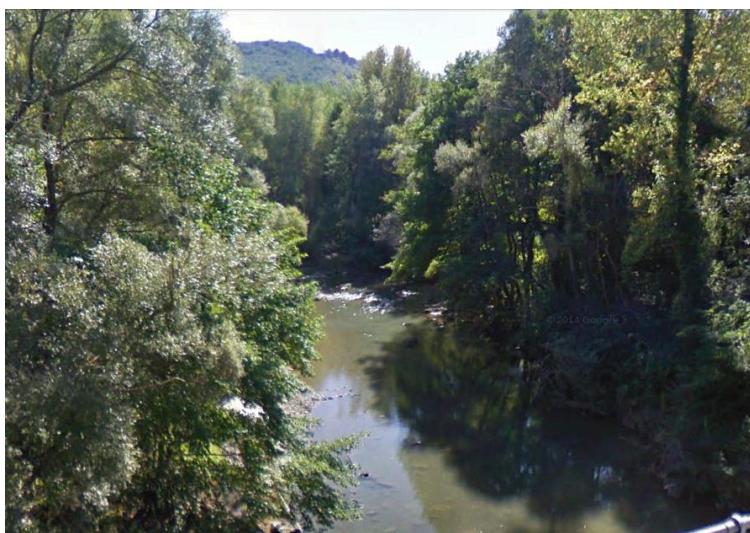


Figura 5.10 - Andamento del coefficiente udometrico dei tratti OF01b_nord_1 ed OF01b_nord_2



Canale naturale:
tratto OF01b_nord_2
in corrispondenza della sez. 12751.86



Boschi di latifoglie
tratto OF01b_nord_1
a valle della sez. 1373.946



Seminativi in aree non irrigate
tratto OF01b_nord_1
tra le sez. 516.6306 e 118.8105





Aree a pascolo naturale
tratto OF01b_nord_2
a valle della sez. 10404.85



Seminativi in aree non irrigate
tratto OF01b_nord_2
a valle della sez. 3796.491



Aree a vegetazione arbustiva
tratto OF01b_nord_2
a valle della sez. 1570.976



Aree a vegetazione arbustiva in sinistra idraulica

tratto OF01b_nord_4
in corrispondenza della sez. 6326.627



Aree a pascolo naturale

tratto OF01b_nord_4
in corrispondenza della sez. 5184.081



Aree a pascolo naturale

tratto OF01b_nord_4
in corrispondenza della sez. 5184.081

CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE DELL'OF01b_nord – Fiume Ofanto, Torrente Osento									T 30		T 200		T 500		INSERIMENTO	
Basin	Area [kmq]	Zmean	Zmax	Zmin	im [m/m]	iv [m/m]	tL [h]	zona	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	station	river
19	904.89	671.59	1476	281	0.02	0.21	10.35	4	895.78	0.99	1400.69	1.55	1649.11	1.82	n.d.	OF01b_nord_1
20	1011.20	666.94	1476	278	0.02	0.21	10.94	4	925.07	0.91	1443.47	1.43	1698.89	1.68	14518.8	OF01b_nord_2
21	916.58	671.11	1476	278	0.02	0.21	10.41	4	899.09	0.98	1405.52	1.53	1655.08	1.81	1454.165	OF01b_nord_1
22	74.66	659.77	961	380	0.03	0.22	2.97	4	273.67	3.67	444.98	5.96	529.23	7.09	8220.959	OF01b_nord_3
22_a	35.91	713.23	961	515	0.03	0.21	2.06	4	179.95	5.03	295.65	8.26	352.62	9.86	6650.581	OF01b_nord_4
22_b	49.10	688.26	961	441	0.03	0.21	2.41	4	207.43	4.23	339.22	6.91	404.09	8.23	4149.884	OF01b_nord_4
22_c	80.60	652.47	961	361	0.02	0.23	3.09	4	263.78	3.25	428.22	5.27	509.22	6.27	6978.713	OF01b_nord_3
22_d	88.93	637.70	961	312	0.02	0.23	3.24	4	283.58	3.17	459.75	5.14	546.47	6.10	5180.807	OF01b_nord_3
22_e	93.99	628.50	961	278	0.02	0.23	3.34	4	293.03	3.10	474.66	5.02	564.056	5.96	2116.168	OF01b_nord_3
23	1045.28	662.77	1476	254	0.02	0.21	11.12	4	933.52	0.85	1456.17	1.39	1713.67	1.64	8679.978	OF01b_nord_2

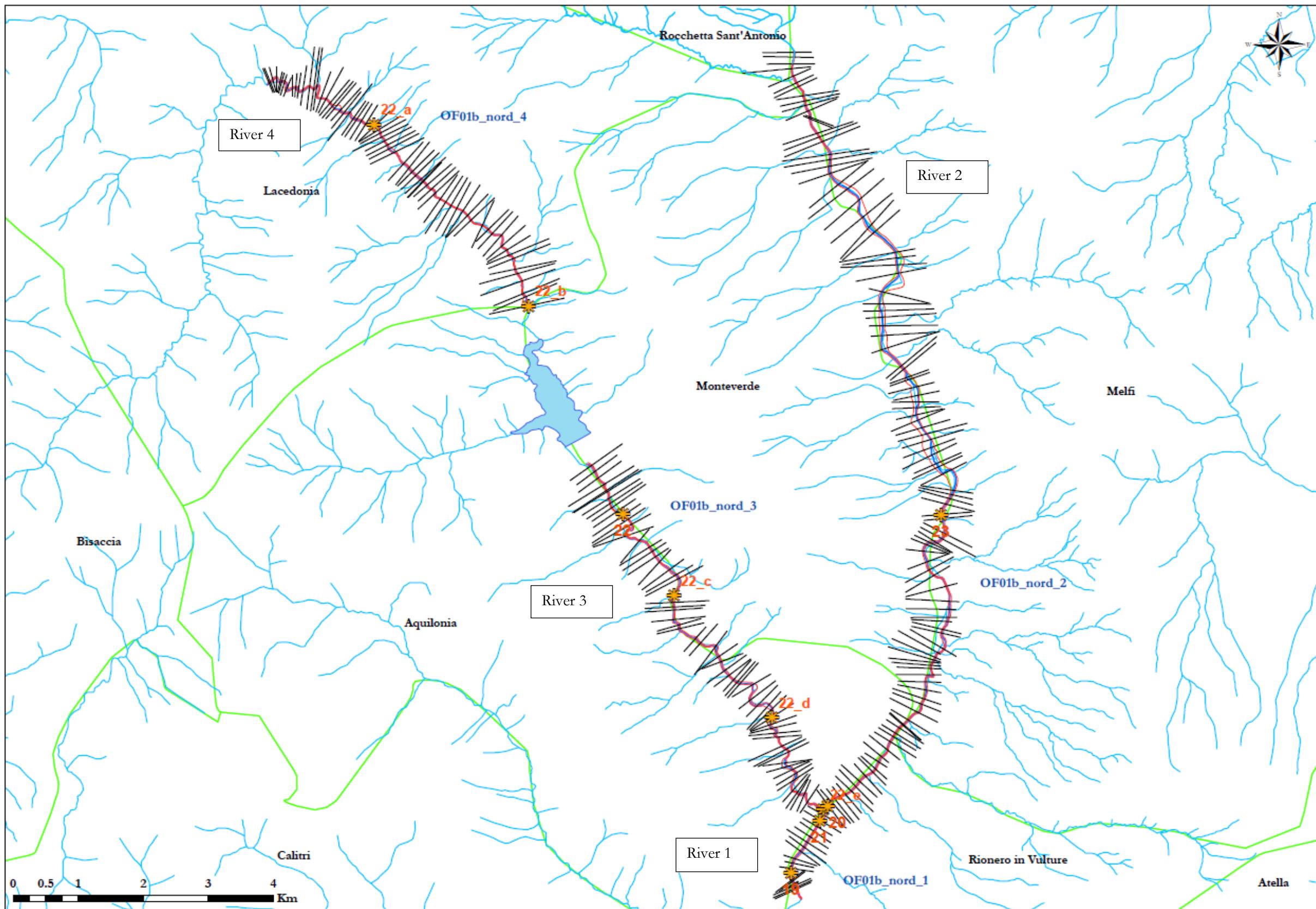


Figura 5.11 - Rappresentazione cartografica delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) del corso d'acqua OF01b_nord e dello schematismo dei reaches (OF01b_nord_1; OF01b_nord_2; OF01b_nord_3; OF01b_nord_4) adottati nella modellazione monodimensionale

5.2.4 Schematismo idraulico

I deflussi risultano morfologicamente contenuti principalmente dalle estese piane alluvionali che si sviluppano in sinistra e destra idraulica dei tratti esaminati, e talvolta all'interno dell'alveo del corso d'acqua. L'applicazione dello schematismo monodimensionale è dunque efficace. Le aste fluviali analizzate, infatti, procedono verso valle con alveo di tipo confinato in alcuni tratti. Li dove, localmente, le profondità raggiungono valori di 4 m e talvolta superano i 5 m, la portata al colmo di piena è contenuta dalle sponde. Dove invece si riscontrano condizioni di confinamento parziale o anche nullo si verifica lo spandimento delle acque nelle piane inondabili limitrofe all'alveo.

L'asta principale del tratto del fiume Ofanto esaminato, OF01b_nord, è stata divisa in quattro tronchi (v. figura 5.11).

ID	Reaches	Estensione	Allegato Risultanze 1D
1	OF01b_nord_1	dalla sez. 1454.165 alla sez. 118.8105	5.2.1
2	OF01b_nord_2	dalla sez. 14518.8 alla sez. 32.72518	5.2.1 - 5.2.2
3	OF01b_nord_3	dalla sez. 8220.959 alla sez. 371.9531	5.2.1
4	OF01b_nord_4	dalla sez. 6650.581 alla sez. 61.53505	5.2.2

Il primo tronco, OF01b_nord_1, interessa terreni ricadenti, in sinistra idraulica, in agro di Aquilonia, e in destra idraulica, in agro di Rionero in Vulture. Tale tronco, *River 1* (v. figura 5.11), ha inizio poco più a monte dell'intersezione dell'asta idrografica con la SS401 (OF00000149SS), interseca perpendicolarmente la linea ferroviaria Avellino-Rocchetta (OF00000062FV) e prosegue parallelo alla SS401dir dell'alto Ofanto e del Vulture fino a raggiungere la confluenza con il Torrente Osento.

Il secondo tronco, OF01b_nord_2, *River 2*, a partire dalla confluenza con il Torrente Osento si snoda per più di 15 km interessando i comuni di Rionero in Vulture e Melfi sulla sponda destra e di Aquilonia, Monteverde, e piccole aree di Lacedonia e Rocchetta Sant'Antonio sulla sponda sinistra. Superata l'intersezione con la SP155 (OF00000087SP), prosegue con andamento sinuoso a monte e più meandriforme a valle, per un lungo tratto senza intersecare alcuna infrastruttura viaria. La morfologia è fortemente caratterizzata dalla presenza di superfici deposizionali tipiche degli alvei a fondo mobile. Pur prevalendo le barre alternate di meandro non di rado si sviluppano barre longitudinali e si incontrano tratti di alveo caratterizzati dalla presenza di più canali che separano barre e isole (alvei a canali intrecciati) (v. figure 5.12, 5.13 e 5.14).



Figura 5.12 – Alveo meandriforme a barre alternate
(tra la sez. 10158.26 e la sez. 8496.946)



Figura 5.13 – Alveo sinuoso a barre alternate
(tra la sez. 13575.44 e la sez. 13216.21)

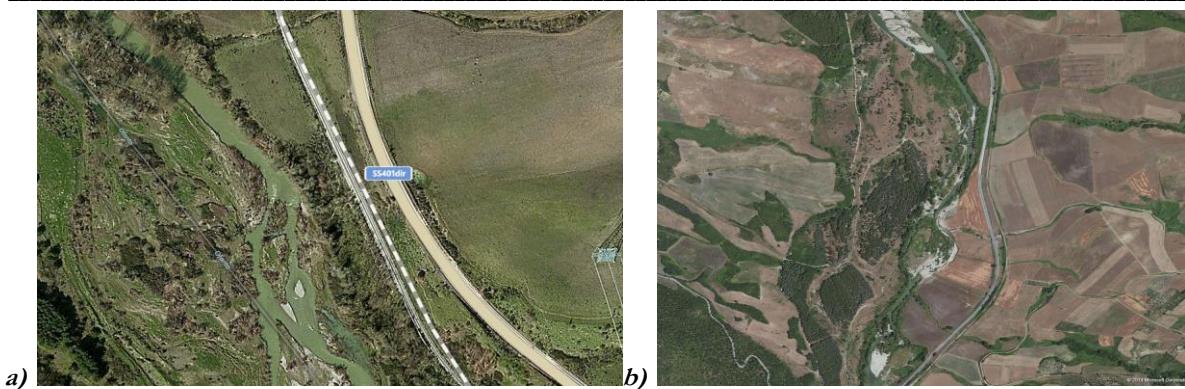


Figura 5.14 – Alveo a canali intrecciati **a)** tra la sez. 7900.598 e la sez. 7165.035 e **b)** tra la sez. 11413.89 e la sez. 10404.85

Il tronco OF01b_nord_4, *River 4*, a monte della diga sul Torrente Osento, parte ad est del centro abitato di Lacedonia e prosegue per poco più di 6.5 km sino a raggiungere le sponde settentrionali dell’invaso artificiale appena richiamato.

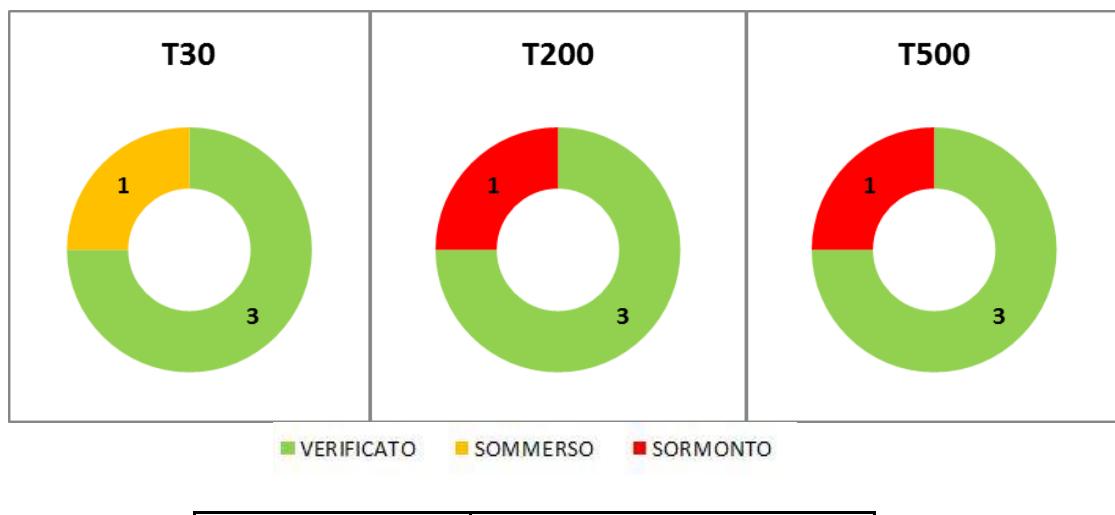
L’ultimo tronco esaminato, l’OF01b_nord_3, *River 3*, a valle della diga, confluisce nell’asta principale, oltre la sez. n. 371.9531, dopo aver percorso circa 8 km di aree a vegetazione arbustiva, seminativi in aree non irrigue e boschi di latifoglie. Si alternano sezioni poco profonde e semi-confinate (dalla sez. 8220.959 alla sez. 5601.116) a sezioni più incise e confinate (dalla sez. 5180.807 alla sez. 3081.031).

5.2.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

Nella tabella seguente è indicato il regime di funzionamento degli attraversamenti che intersecano il corso d'acqua studiato, relativamente alle portate transittanti con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni, classificato in maniera schematica in sbocco non sommerso (condizione che verifica il corretto funzionamento dell'attraversamento in questione), sbocco sommerso e sormontato.

Dei quattro attraversamenti complessivamente presenti lungo i tratti di reticolo analizzati, per portate con tempi di ritorno di 30 anni, ne risultano 3 verificati ed uno sommerso, per portate aventi tempi di ritorno di 200 anni, 3 sono verificati ed uno risulta essere sormontato, ed infine, con riferimento al tempo di ritorno di 500 anni, 3 attraversamenti sono verificati ed uno è sormontato.

Risulta dunque necessario l'adeguamento o la predisposizione di sistemi di allerta per un solo attraversamento, essendo la portata di 200 anni quella di riferimento per la sicurezza idraulica.



5.2.6 Criticità urbane / produttive

Dai risultati della modellazione idraulica monodimensionale, emerge che il tratto del fiume Ofanto esaminato è per lo più in grado di contenere esclusivamente all'interno dell'alveo i deflussi relativi ad eventi di carattere straordinario. Lungo alcune porzioni delle aste oggetto di studio le portate si spandono e restano contenute dalla piana alluvionale prossima all'alveo. La formazione di quest'ultima è avvenuta principalmente in seguito alle variazioni laterali del corso d'acqua ed in particolare all'accrescimento delle barre di meandro (nei tratti di alveo a carattere sinuoso e meandriforme). Come emerso da quanto detto in precedenza tali aree potenzialmente interessate da inondazioni, sono per lo più occupate da boschi di latifoglie, boschi misti, aree a vegetazione arbustiva, seminativi non irrigui, pascoli e prati alberati. Risultano esposte a pericolosità idraulica alcune infrastrutture viarie, gli impianti dell'area industriale che si estende in destra idraulica del tratto OF01b_nord_2 tra la sez. 5904.858 e la sez. 4526.619. Il deflusso diffuso all'esterno delle aste analizzate raggiunge tiranti che variano da un minimo di 0.33 m ad un massimo di 5.9 m sebbene si attestino più frequentemente intorno a valori di 2 – 3 m, per i tratti OF01b_nord_1 e OF01b_nord_2, valori di 0.5 -1.5 m per il tratto OF01b_nord_3, e di 0.05 – 1.8 m per il tratto OF01b_nord_4.

Trattandosi di aree non urbanizzate non si ravvedono, escluse le infrastrutture viarie e l'area industriale di Melfi, elementi esposti a rischio idraulico da esondazione.

5.3 OF01a

5.3.1 Descrizione geografica e morfologica

L'asta del fiume Ofanto, che negli schematismi a seguire è indicata con la sigla OF01a, immediatamente a monte delle sezione di chiusura n. 27 sottende un bacino idrografico di circa 1322 km².

Il tratto esaminato si estende per circa 22 km, a partire dai pressi della Masseria Palorotondo, sino alla confluenza con il torrente Olivento, attraversando i territori comunali di Rocchetta Sant'Antonio, Candela, Melfi ed Ascoli Satriano.

Il territorio è in prevalenza interessato da vegetazione boschiva e seminativi. Dal punto di vista morfologico le sezioni si presentano mediamente larghe 70 m, con profondità variabili tra i 2 ed i 3 metri.

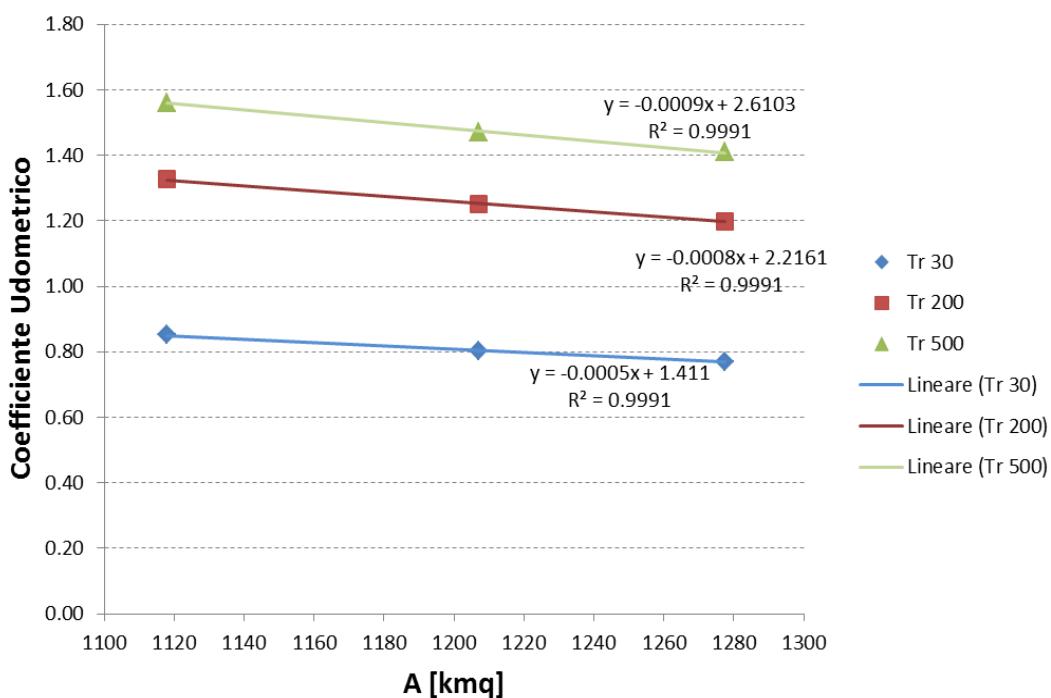
5.3.2 Scabrezza

L'uso del suolo delle aree contigue al torrente è quasi in prevalenza dedicato ai seminativi semplici e ai boschi di latifoglie, con aree minori interessate da cespuglieti ed arbusteti ed aree a pascolo naturale.

Al fine di evidenziare la variabilità della resistenza al flusso nell'alveo oggetto di studio, si riportano di seguito delle immagini degli usi del suolo prevalenti presenti nel bacino. In particolare, secondo i dettami del capitolo III, si è assunto per i seminativi un indice di Manning $n=0.04$, per i boschi di latifoglie un valore pari 0.12 e per i cespuglieti un indice di Manning pari a 0.05.

5.3.3 Portate

La portata a monte della confluenza con il torrente Olivento, con tempo di ritorno di 200 anni, è pari a circa 1530 m³/s. I coefficienti udometrici lungo il corso d'acqua assumono un andamento lineare con valori compresi tra 0.8 e 1.6, come riportato nella figura seguente.





Boschi di latifoglie in destra idraulica alla sezione 25687.301
OF01a



Cespuglieti, arbusteti e boschi latifoglie a valle della sezione 24339
OF01a



Seminativi a valle della sezione 2645.39
OF01a

**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 SALENTE DELLA REGIONE PUGLIA - OFANTO**

CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE DELL'OF01a														T 30		T 200		T 500		INSERIMENTO	
Basin	Area [kmq]	Zmean	Zmax	Zmin	im [m/m]	iv [m/m]	L [km]	Ltot [km]	Lca [km]	tL [h]	CN	Urban [%]	zona	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	station	river
24	1117.79	648.40	1476.00	211.11	0.02	0.21	77.03	1109.93	20.08	11.50	78	0.06	4	950.90	0.85	1481.67	1.32	1742.92	1.55	25982.3	OF_01a
25	1207.00	622.21	1476.00	186.23	0.02	0.20	84.79	1208.04	23.18	11.95	78	0.3	4	970.33	0.80	1510.30	1.25	1776.05	1.47	17555.21	OF_01a
119	1277.45	603.98	1476.00	163.41	0.01	0.20	92.3	1290.62	24.5	12.30	83	0.3	4	984.59	0.77	1530.96	1.19	1800.27	1.40	10188.12	OF_01a

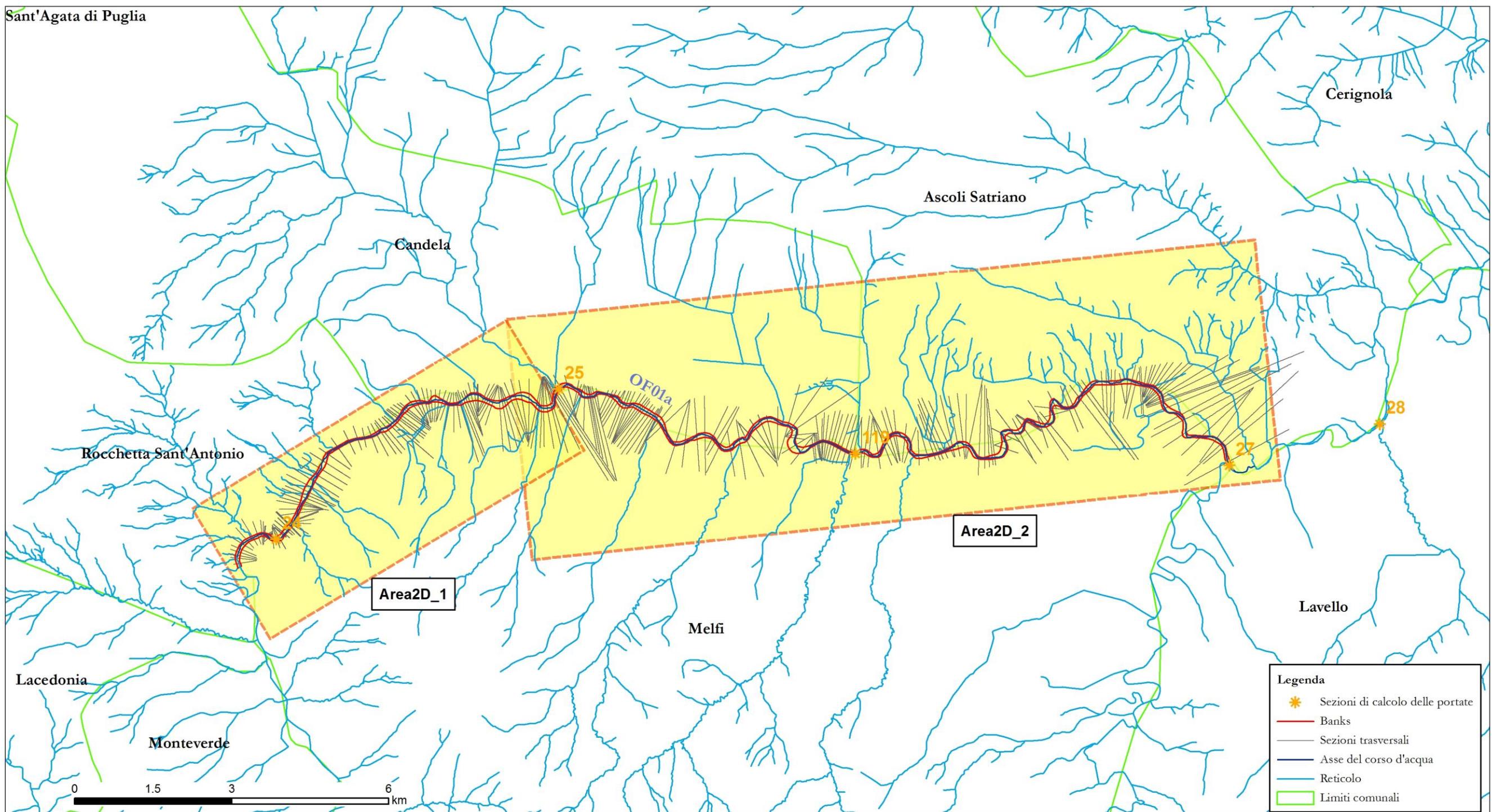


Figura 5.16 - Rappresentazione cartografica delle aree di studio bidimensionale (in giallo) e delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) del fiume Ofanto OF01a

5.3.4 Schematismo idraulico

Dall'applicazione della modellistica idraulica di tipo monodimensionale risultano diversi tratti in cui l'impronta della piena subisce brusche variazioni, che interrompono la continuità idraulica tra una sezione e l'altra. Pertanto, per una più corretta rappresentazione della morfologia del corso d'acqua si è resa necessaria l'implementazione di modelli bidimensionali per l'intero tratto di reticolo oggetto di studio.

Considerata l'estensione dell'area di analisi e la necessità di tener in conto dei diversi apporti idrologici lungo il percorso, si è scelto di suddividere l'intero dominio in due sottodomini, come rappresentato in figura 5.16.

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, il cui modello e risultati sono riportati rispettivamente in [ALL_5_MODELLI_IDRAULICI\OF01a\TUFLOW\OF01a_1; ALL_5_MODELLI_IDRAULICI\OF01a\TUFLOW\OF01a_2] e in [ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF01a\OUTPUT_2D\OF01a_1; ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF01a\OUTPUT_2D\OF01a_2]. La rappresentazione complessiva delle aree di allagamento è riportata nelle tavole 5.3.1 e 5.3.2 in termini di tiranti idrici con tempo di ritorno di 200 anni.

ID	Ragione	Esposto	Priorità	Codice modello 2D	Allegato Risultanze 2D
1	Rappresentazione non corretta della morfologia	Agro; Infrastrutture viarie	0.5	OF01a_1	5.3.1
2	Rappresentazione non corretta della morfologia	Agro; Infrastrutture viarie	0.5	OF01a_2	5.3.1-5.3.2

È stata prodotta una modellazione idraulica bidimensionale con schematismo 2D puro, costruendo, sulla base dei dati topografici al suolo derivanti dai rilievi LIDAR, una griglia con celle di calcolo quadrate di lato pari a 10 m, caratterizzate dall'informazione altimetrica e dalla scabrezza fissata in base all'uso del suolo.

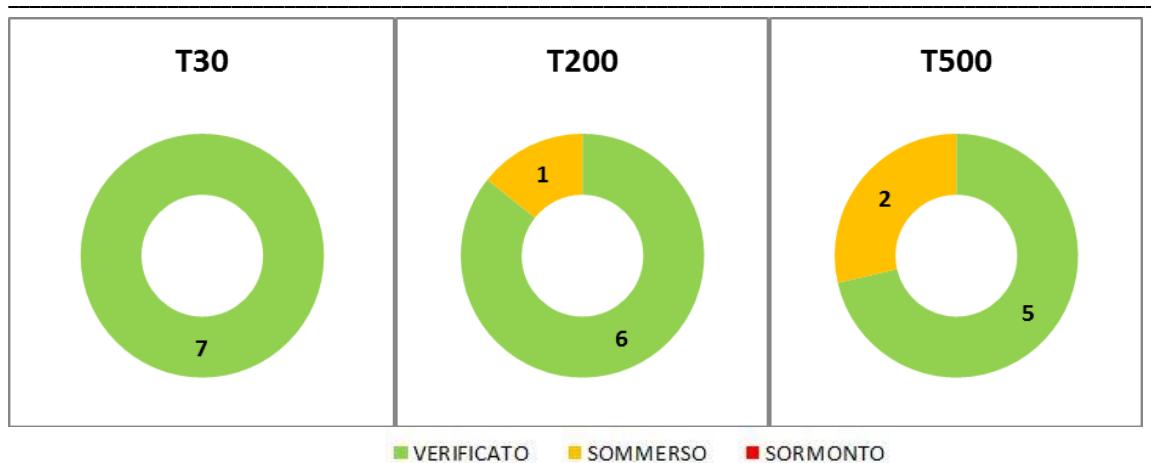
- Il primo dominio di studio (**Area2d_1**) si estende per circa 8 km, a partire dai pressi della Masseria Palorotondo sino a monte della confluenza con il Rio Salso. Come condizione al contorno di monte si è adottato l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 24 e come condizione di valle, la condizione di moto uniforme, assegnando la pendenza naturale del terreno.
- Il secondo dominio di studio (**Area2d_2**) si estende per circa 13 km, da monte della confluenza con il Rio Salso, sino alla confluenza con il torrente Olivento; la condizione al contorno di monte è rappresentata dall'idrogramma di piena della sezione di chiusura 119 e come condizione di valle, la condizione di moto uniforme, definita dalla pendenza naturale del terreno.

5.3.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

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

Per portate con tempi di ritorno di 30 anni, tutti gli attraversamenti presenti lungo il tratto di reticolo analizzato risultano verificati; per portate aventi tempi di ritorno di 200 anni, solo un attraversamento risulta essere sommerso, ed infine, con riferimento al tempo di ritorno di 500 anni, gli attraversamenti che risultano essere sommersi sono pari a due.

Risulta dunque necessario l'adeguamento o la predisposizione di sistemi di allerta per un solo attraversamento, essendo la portata di 200 anni quella di riferimento per la sicurezza idraulica.



Attraversamento	Regime		
	T30	T200	T500
Ofanto 01a			
OF000000150SS	verificato	verificato	verificato
OF000000151SS	verificato	verificato	verificato
OF00000063FV	verificato	sommerso	sommerso
OF000000123NC (FV)	verificato	verificato	sommerso
OF000000124NC (SP)	verificato	verificato	verificato
OF000000154SS	verificato	verificato	verificato
OF000000125NC (SP)	verificato	verificato	verificato

5.3.6 Criticità urbane / produttive

Il tratto del fiume Ofanto analizzato non presenta criticità con il tessuto urbano e industriale. Le aree interessate dagli allagamenti sono prevalentemente suoli ad uso agricolo, aree estrattive e alcune case sparse; il rilevato della SS655 risulta essere sormontato in più punti; si osserva infine, l'insufficienza dell'attraversamento ferroviario lungo la linea Gioia del Colle- Lacedonia.

5.4 OF02 monte – FIUMARA L'ARCIDIACONATA, FIUMARA RENDINA, LA FIUMARA, FIUMARA DI VENOSA

5.4.1 Descrizione geografica e morfologica

Le aste del reticolo idrografico del fiume Ofanto qui esaminate sono indicate, negli schematismi a seguire, con la sigla OF02_m (OF02_monte_diga), considerato che alla sezione di chiusura n. 106, di confluenza tra la fiumara Rendina e la fiumara di Venosa, a formare il torrente Olivento, le stesse si sviluppano a monte della diga del Rendina altrimenti nota come diga di Abate Alonia (Fig. 4.15), dal nome dell'omonima località in cui è ubicata. Tale sezione di chiusura sottende un bacino idrografico complessivo di circa 400 km² ed è localizzata poco più a monte dello sbarramento del bacino artificiale al quale è sotteso un bacino imbrifero di circa 408 km² di superficie, comprensivo dei bacini delle fiumare di Venosa, dell'Arcidiaconata e del Rendina. Il tratto esaminato, affluente in destra del reticolo principale del fiume Ofanto include, a monte dell'appena menzionata diga, in sinistra idraulica (OF02_m_SX), la fiumara l'Arcidiaconata che si sviluppa per circa 15 km e la fiumara Rendina che procede per altri 3 km circa, in destra idraulica (OF02_m_DX) invece scorrono: la Fiumara per circa 10 km e la fiumara di Venosa per quasi altri 30 km. Le acque delle aste in questione solcano aree ricadenti nei comuni di Ripacandida, Barile, Rapolla, Venosa, Palazzo San Gervasio, e per un breve tratto nei comuni di Ginestra, Maschito e Forezza.

Si tratta di alvei prevalentemente naturali con sezioni estese anche alcune decine di metri, con pendenze comprese in un range che varia tra l'1% e il 6% e sponde solitamente ben definite oltre le quali si sviluppano estese piane alluvionali per qualche centinaio di metri. Prevalgono uliveti, boschi di latifoglie che si alternano a seminativi in aree non irrigue, colture annuali associate a colture permanenti, aree prevalentemente occupate da colture agrarie, qualche vigneto e aree a vegetazione sclerofilla.

A valle dello sbarramento dell'invaso del Rendina, per circa 11 km, il torrente Olivento, definito con la sigla OF02_v (OF02_valle_diga) nello schematismo idraulico (v. figura 5.20), solca i terreni dei comuni di Melfi e Lavello, prima di confluire nell'asta principale del fiume Ofanto.

La diga di Abate Alonia sull'Olivento, in esercizio dal 1973, allo stato attuale gestita dal Consorzio di Bonifica Vulture – Alto Bradano, è fuori esercizio.

Lungo tutto il suo percorso, il corso d'acqua analizzato ha profondità variabili.

5.4.2 La scabrezza

Nelle zone limitrofe la parte apicale dell'alveo del tratto OF02_m_SX, l'estensione di colture annuali associate a colture permanenti ($n_{norm} = 0.04$) e di aree prevalentemente occupate da colture agrarie ($n_{norm} = 0.05$) interessa in modo predominante l'alveo dell'asta del reticolo idrografico analizzata, lungo il quale corso si alternano, per lunghezze modeste, boschi di latifoglie ($n_{norm} = 0.12$) e uliveti ($n_{norm} = 0.06$). Le estese piane alluvionali limitrofi il percorso della fiumara l'Arcidiaconata e della fiumara Rendina sono principalmente occupate da uliveti in sinistra idraulica e seminativi non irrigui ($n_{norm} = 0.04$) in destra idraulica, ai quali si alternano sporadici boschi di latifoglie e aree a vegetazione boschiva e arbustiva ($n_{norm} = 0.12$). Proseguendo lungo il tratto OF02_m_DX, a partire dalla sez. n. 33737.85, a monte, sino alla sez. n. 30553.25, più a valle, le porzioni di territorio che interessano l'alveo sono occupate da colture agrarie, boschi di latifoglie e colture annuali associate a colture permanenti. A partire dalla sez. n. 30464.49, sino alla sez. n. 24450.96, alveo e piane alluvionali sono interessate in gran parte da seminativi non irrigui, oltreché da vegetazione arbustiva lungo il corso principale dell'asta in questione. Superata la confluenza della fiumara di Venosa con la Fiumarella l'alveo torna ad essere occupato da boschi di latifoglie, colture annuali associate a colture permanenti e da seminativi non irrigui che si estendono in destra e sinistra idraulica oltre le sponde. Le sezioni comprese tra la sez. n. 15846.96 e la sez. 14098.26 sono interessate in sinistra idraulica dalla presenza di un insediamento di impianti tecnologici ($n_{norm} = 0.1$) deputato alla lavorazione dell'olio di sassa oltretutto dalla Stazione Ferroviaria di Venosa-Maschito. La fiumara di Venosa prosegue dalla sez. n. 10509 sino alla confluenza con il T. Olivento, con andamento meandriforme, risultando discontinuamente delimitato da sistemi arginali. Lungo le sezioni in parola si rinvengono superfici morfologiche differenti. L'alveo, infatti, si compone talvolta di più canali, di barre di meandro parzialmente coperte da vegetazione, discontinua e di tipo erbaceo-arbustivo, di isole interessate da vegetazione arborea, nonché di piane inondabili generalmente soggette a frequenti inondazioni.

Nelle immagini a seguire è possibile avere rapida contezza della resistenza al flusso negli alvei oggetto di analisi. In particolare, si è assunto per i seminativi in aree non irrigue un indice di Manning n

$n_{norm} = 0.04$, per gli uliveti $n_{norm} = 0.06$, per le aree prevalentemente occupate da colture agrarie $n_{norm} = 0.05$, per le colture annuali associate alle colture permanenti $n_{norm} = 0.04$, per le aree a vegetazione boschiva e arbustiva $n=0.135$, per gli insediamenti degli impianti tecnologici $n=0.1$, per i boschi di latifoglie $n_{norm} = 0.12$.

All'interno dell'alveo naturale, confinato e delimitato dai banks, si è assegnato un valore del coefficiente di Manning cautelativamente pari ad $n = 0.035$ ($n_{norm} = 0.03$ - fiumi e torrenti), inteso che l'alveo è l'insieme dei canali, delle barre e delle isole, ove presenti, e che il suo limite coincide con il cosiddetto livello ad alveo pieno, cioè quel livello idrometrico associato alla massima portata che può essere contenuta in alveo senza il verificarsi di fenomeni di esondazione fuori dalle sponde.

5.4.3 Portate

Le portate lungo i tratti OF02_m_SX e OF02_m_DX, assunto quale riferimento un tempo di ritorno di 200 anni, sono state inserite come di seguito specificato. Lungo il tratto OF02_m_SX per le sez. comprese tra la sez. n. 18370 e la n. 16983.82 si è adottata una portata $Q_{max} = 98.76 \text{ m}^3/\text{s}$ pari a quella calcolata in corrispondenza della sezione di chiusura n. 92_a, il cui omonimo bacino idrografico sotteso ha area di 30.73 km^2 . A partire dalla sezione n. 16925.04 fino alla sez. n. 15639.91, del tratto OF02_SX, la portata al colmo di piena adottata è quella stimata in corrispondenza della sez. n. 92_b, con estensione del bacino afferente di 38.74 km^2 e portata uguale a $111.16 \text{ m}^3/\text{s}$. Proseguendo lungo lo stesso tratto, la portata calcolata in corrispondenza della sez. n. 92, con bacino imbrifero di 47.95 km^2 , $Q_{max} = 123.83 \text{ m}^3/\text{s}$, è assegnata alle sezioni comprese tra la sez. n. 15561.43 e la n. 12986.53. In corrispondenza dell'ultima sezione di calcolo della portata lungo il tratto OF02_m_SX, la 95_a, la portata stimata è pari a $200.60 \text{ m}^3/\text{s}$ con bacino afferente di 132 km^2 di superficie.

Lungo il corso del torrente Venosa la portata applicata ai tratti dell'asta in esame è incrementata dal valore di $116.10 \text{ m}^3/\text{s}$, stimato alla sezione di chiusura n. 99, che sottende un bacino imbrifero di 88.66 km^2 di superficie, al valore di $230.57 \text{ m}^3/\text{s}$, stimato per superficie del bacino contribuente pari a 266.85 m^2 , in corrispondenza della sezione di calcolo n. 95_a.

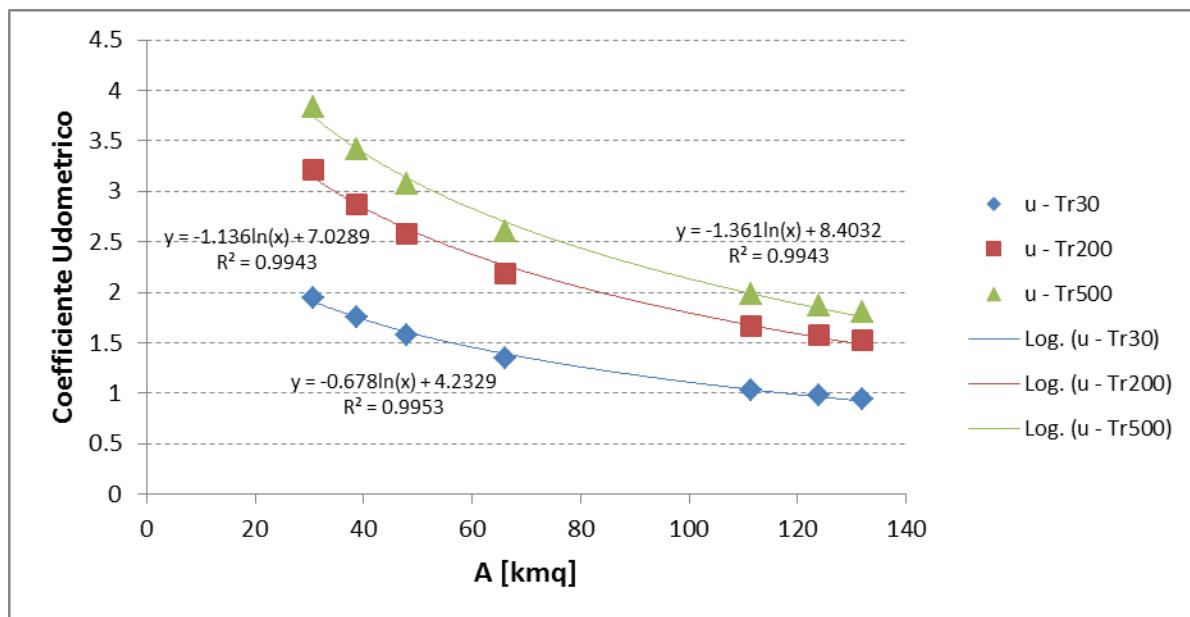


Figura 5.17 - Andamento del coefficiente udometrico dell'asta OF02_m_SX

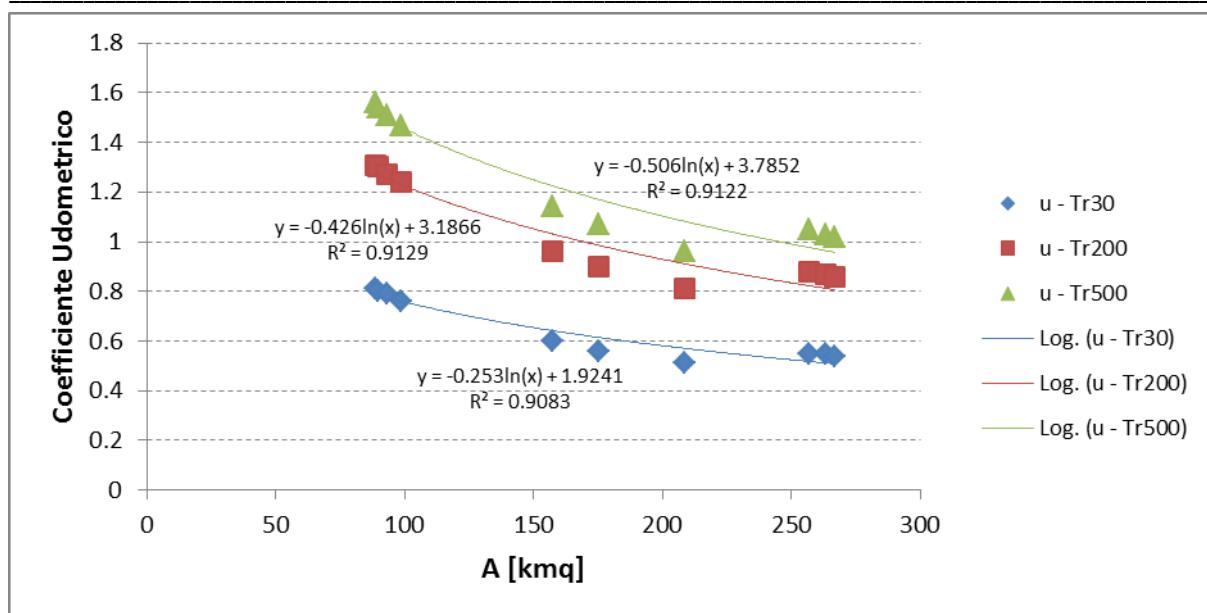


Figura 5.18 - Andamento del coefficiente udometrico dell'asta OF02_m_DX



Boschi di latifoglie
tratto OF02_m_SX
a valle della sez. 14562.26



Uliveti
tratto OF02_m_SX
a valle della sez. 7103.085



Corso d'acqua naturale
Boschi di latifoglie
Uliveti
tratto OF02_m_SX
a valle della sez. 4610.702



Seminativi in aree non irrigue
tratto OF02_m_SX
tra la sez. 1501.915 e la sez. 1448.168



Seminativi in aree non irrigue
Boschi di latifoglie
tratto OF02_m_SX
a valle della sez. 1116.625



Aree a vegetazione arbustiva
tratto OF02_m_DX
in corrispondenza della sez. 30386.59
e della sez. 30350.48





Fiumara Matinella lungo il corso della Fiumara di Venosa

Aree a vegetazione sclerofilla
tratto OF02_m_DX
tra la sez. 21740.44 e la sez. 21184.12



Colture annuali associate a colture permanenti
tratto OF02_m_DX
a valle della sez. 18603.53



Insediamento degli impianti tecnologici
tratto OF02_m_DX
a valle della sez. 15846.96



Boschi di latifoglie
Aree prevalentemente occupate da colture agrarie
tratto OF02_m_DX
a valle della sez. 14264.57

**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 SALENTE DELLA REGIONE PUGLIA - OFANTO**

CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE DELL'OF02_monte_diga								T 30		T 200		T 500		INSERIMENTO	
Basin	Area [kmq]	Zmean	Zmax	Zmin	im [m/m]	tL [h]	zona	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	station	river
92_a	30.72	611.51	959	378	0.05	1.91	4	59.97	1.95	98.76	3.21	117.84	3.83	18370	OF02_m_SX
92_b	35.63	579.84	959	366	0.05	2.05	4	67.75	1.75	111.16	2.87	132.54	3.42	16925.04	OF02_m_SX
92	47.95	575.45	959	336	0.04	2.38	4	75.68	1.58	123.83	2.58	147.32	3.07	15561.43	OF02_m_SX
93	41.97	604.56	1296	320	0.06	2.23	4	70.92	1.69	116.35	2.77	138.74	3.31	n.d.	n.d.
94_a	66.18	558.86	1037	293	0.04	2.80	4	89.12	1.35	145.14	2.19	172.71	2.61	12873.46	OF02_m_SX
94	111.51	570.03	1296	266	0.05	3.63	4	115.03	1.03	185.89	1.67	220.77	1.98	9178.239	OF02_m_SX
95	123.99	553.81	1296	225	0.05	3.83	4	120.89	0.98	195.06	1.57	231.53	1.87	6891.334	OF02_m_SX
95_a	132	542.25	1296	204	0.04	3.95	4	124.49	0.94	200.60	1.52	238.06	1.80	3536.3	OF02_m_SX
96	32.75	527.88	809	259	0.04	1.97	4	32.53	0.99	53.51	1.63	63.85	1.95	n.d.	n.d.
97	53.34	558.13	889	400	0.03	2.51	4	55.56	1.04	90.75	1.70	108.09	2.03	n.d.	n.d.
98	27.91	498.12	602	392	0.02	1.82	4	39.71	1.42	65.50	2.35	78.20	2.80	n.d.	n.d.
99	88.66	528.58	889	380	0.03	3.24	4	71.61	0.81	116.10	1.31	137.99	1.56	33737.85	OF02_m_DX
99_a	89.12	528	889	370	0.03	3.25	4	72.11	0.80	116.88	1.30	138.90	1.54	32332.24	OF02_m_DX
99_b	93.24	523.53	889	360	0.03	3.32	4	73.38	0.79	118.89	1.27	141.27	1.51	30386.59	OF02_m_DX
100	98.63	515.83	889	344	0.02	3.42	4	75.40	0.76	122.06	1.24	145.03	1.47	27839.29	OF02_m_DX
101	46.58	507.62	886	347	0.03	2.35	4	51.80	1.11	84.78	1.82	101.01	2.17	n.d.	n.d.
102	157.17	503.62	889	322	0.02	4.31	4	93.67	0.60	150.57	0.96	178.55	1.14	23360.09	OF02_m_DX
103	175.1	489.27	889	274	0.02	4.55	4	98.34	0.56	157.78	0.90	187.05	1.07	17984.54	OF02_m_DX
103_a	208.2	471.9	889	246	0.02	4.96	4	106.18	0.51	169.92	0.81	201.30	0.96	15372.71	OF02_m_DX
104	257.17	469.18	889	213	0.02	5.52	4	142.42	0.55	227.21	0.88	268.90	1.05	4115.393	OF02_m_DX
105	263.42	465.2	889	202	0.01	5.58	4	143.83	0.55	229.38	0.87	271.50	1.03	2512.562	OF02_m_DX
105_a	266.33	463.73	889	196	0.01	5.61	4	144.61	0.54	230.57	0.86	272.89	1.02	754.2828	OF02_m_DX
106	400.4	488.4	1296	193	0.02	6.89	4	199.60	0.50	316.17	0.80	373.56	0.93	n.d.	n.d.

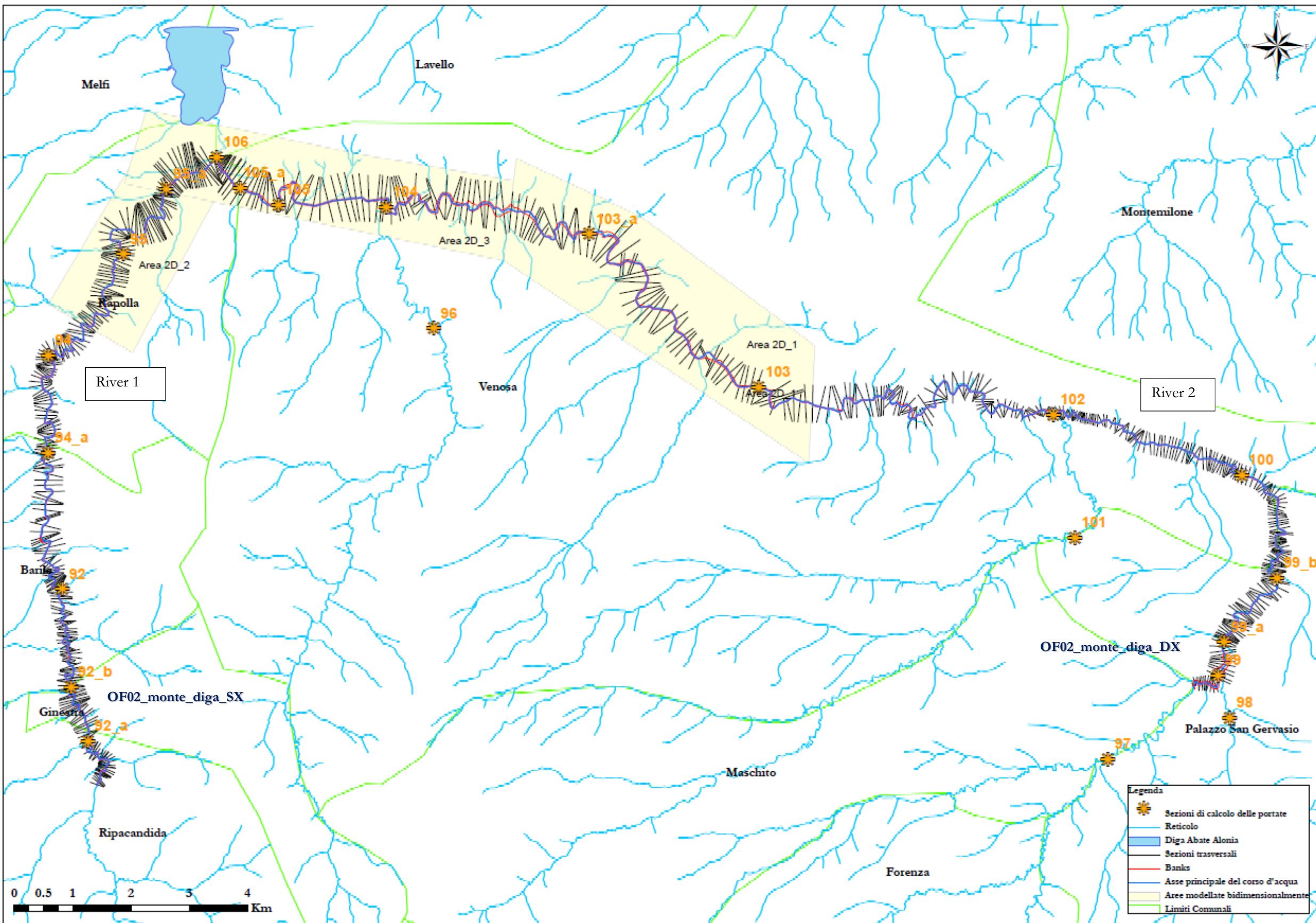


Figura 5.19 - Rappresentazione cartografica delle aree modellate bidimensionalmente (in giallo), delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) del corso d'acqua OF02_monte_diga e dello schematismo dei rivers (OF012_monte_diga_RX; OF02_monte_diga_RX) adottati nella modellazione monodimensionale

5.4.4 Schematismo idraulico

Le aste oggetto di indagine, sono state studiate, in funzione del diverso grado di confinamento morfologico, attraverso l'applicazione della sola modellistica di tipo monodimensionale, per i tratti caratterizzati da deflussi contenuti entro le sponde dell'alveo, e in taluni casi della piana alluvionale, (Allegati 5.4.1, 5.4.2, 5.4.3), e con modellazione di tipo bidimensionale ove si è reso di contro necessario approfondire, anche in virtù del grado di urbanizzazione delle aree potenzialmente interessate da allagamenti, lo studio delle grandezze idrodinamiche della corrente, essendosi peraltro verificata l'insufficienza delle sezioni trasversali al comopluvio ai fini del contenimento dei deflussi.

L'alveo del tratto OF02_m_SX, *River 1*, è un alveo non confinato, tipico delle aree di pianura. Le sponde dello stesso a contatto con una piana alluvionale continua sono solo localmente confinate da uno o più conoidi laterali.

A partire dalla prima sezione, la n. 18332.693, del *River 1*, OF02_m_SX, a nord del centro abitato di Ripacandida, si riscontra un andamento del corso d'acqua molto sinuoso e spesso meandriforme che si protrae quasi fino al raggiungimento della sezione n. 12001.511, a valle della quale, ad alvei prevalentemente meandriformi si alternano alvei più rettilinei e, in taluni tratti, sinuosi. Lungo tale percorso l'alveo, mediamente inciso di 1.5 – 2 m, non riesce a contenere le portate defluenti all'interno delle sole sponde, per quanto in prevalenza ben definite. Le acque, pertanto, si riversano nelle adiacenti superfici pianeggianti. Le barre di meandro e la fitta vegetazione, anche arbustiva, in esse presenti, sono causa della visualizzazione, spesso discontinua, dell'impronta al suolo delle aree allagate restituite dalla modellazione monodimensionale.

Il primo dominio modellato bi-dimensionalmente, Area_2D_1 (Allegato 5.4.4), lungo questo tratto dell'OF02_m_SX, corrispondente alla Fiumara l'Arcidiaconata, è incluso tra la sez. n. 42157.393, sezione nella quale è inserita la forzante idrologica, a valle del Ponte del Passo, come da toponimo I.G.M., e la sez. n. 151.9059, nei pressi della confluenza con l'OF02_m_DX, corrispondente alla Fiumara di Venosa.

Il tratto del *River 2*, OF02_m_DX, compreso tra la sez. n. 33737.85 e la sez. n. 30386.596, corrispondente al corso d'acqua la Fiumara, ha sezioni che, in relazione all'alveo, si approfondiscono fino a poco più di 2.5 m e lateralmente si estendono con larghe piane alluvionali entro le quali i deflussi restano confinati. A valle dell'intersezione con la strada provinciale Mulini Mattinelle, dalla sez. n. 30350.49 alla sez. n. 19328.219, le correnti, simulate in condizione di moto permanente, sono ben contenute dalle aree pianeggianti limitrofe. A partire dalla sez. n. 19293.857 sino alla confluenza della Fiumara di Venosa con la Fiumara Rendina, le piane inondabili ben più larghe delle precedenti, accolgono i deflussi talvolta non ostacolati dal sistema arginale che si sviluppa in destra e sinistra idraulica del tratto esaminato.

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. Il modello bidimensionale ed i risultati sono riportati rispettivamente in [ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF02_m\TUFLOW] e in [ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF02_m\OUTPUT_2D]. Le rappresentazioni complessive delle aree di allagamento sono riportate nelle tavole allegate, 5.4.4 e 5.4.5, in termini di tiranti idrici con tempo di ritorno di 200 anni.

ID	Ragione	Esposto	Priorità	Codice modello 2D	Allegato Risultanze 2D
1	Morfologia pianeggiante, sezioni trasversali insufficienti	Infrastrutture viarie	0.5	Area_2D_1	5.4.4.
2	Sezioni trasversali insufficienti	Infrastrutture viarie	0.5	Area_2D_2	5.4.5.
3	Morfologia non correttamente rappresentata, verificare il sormonto arginale	Infrastrutture viarie	0.5	Area_2D_3	5.4.4

La modellazione idraulica bidimensionale è stata prodotta con schematismo 2D puro, costruendo, sulla base dei dati topografici al suolo derivanti dai rilievi LIDAR, una griglia con celle di calcolo quadrate di lato pari a 2 m per il primo dominio computazionale e di 5 m per il secondo e terzo dominio computazionale, caratterizzate dall'informazione altimetrica e dalla scabrezza fissata in base all'uso del suolo.

Per quanto concerne le condizioni al contorno adottate nelle modellazione di tipo bidimensionale si descrivono a seguire le ipotesi adottate:

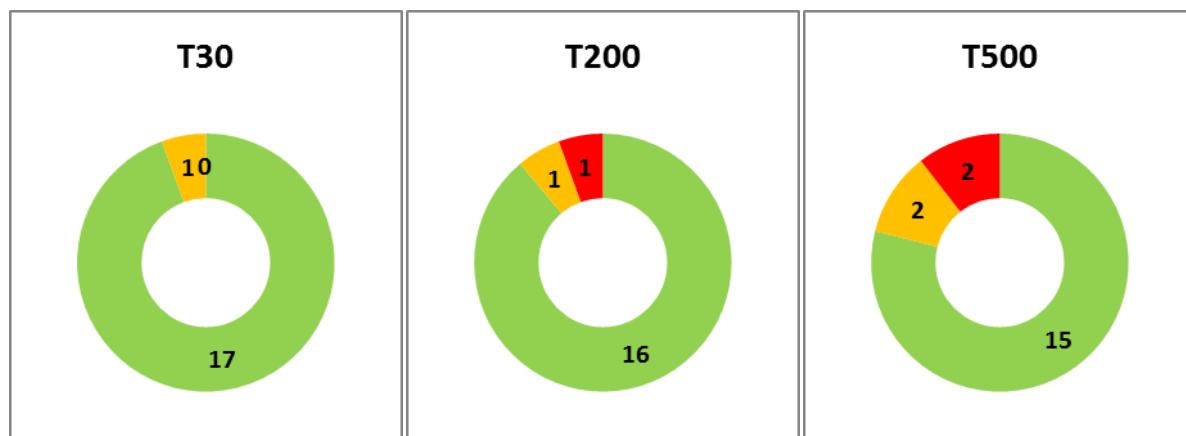
- con riferimento all'area avente identificativo **n. 1**, è stata adottata come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 95 sul ramo principale. Come condizione di valle, è stata adottata la pendenza del suolo.
- con riferimento all'area avente identificativo **n. 2**, è stata adottata come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 103 sul ramo principale e come condizione di valle è stato adottata la pendenza del suolo.
- con riferimento all'area avente identificativo **n. 3**, la quale comprende la confluenza della Fiumara di Venosa e della Fiumara Rendina, sono state adottate come condizioni al contorno di monte, sulla prima fiumara l'idrogramma di piena della sezione di chiusura n. 105 e sulla seconda l'idrogramma di piena della sezione di chiusura n. 95_a, mentre come condizione di valle è stato adottata la pendenza del suolo.

5.4.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

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

Per il tratto OF02_m_SX, i sei attraversamenti rilevati, risultano tutti verificati per ciascuno dei tre tempi di ritorno esaminati.

Per il tratto OF02_m_DX, su 12 attraversamenti presenti nel tratto analizzato, 10 risultano correttamente dimensionati per portate aventi tempi di ritorno fino ai 500 anni, 1 fino ai 200 anni ed 1 fino ai 30 anni.



■ VERIFICATO ■ SOMMERSO ■ SORMONTO

attraversamento	regime		
	T30	T200	T500
OF02_monte_diga_SX			
OF00000082NC (SP)	verificato	verificato	verificato
OF00000086NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000102NC (SP)	verificato	verificato	verificato
OF00000104NC (SS)	verificato	verificato	verificato
OF00000111NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000114NC (FV)	verificato	verificato	verificato
OF04_monte_diga_DX			
OF00000087NC (SL)	verificato	sormontato	sormontato
OF00000089NC (FV)	verificato	verificato	verificato
OF00000094NC (FV)	verificato	verificato	verificato
OF00000095NC (FV)	verificato	verificato	verificato
OF00000096NC (FV)	verificato	verificato	verificato
OF00000100NC (SL)	verificato	verificato	sommerso
OF00000097NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000103NC (SL)	sommerso	sommerso	sormontato
OF00000107NC (SP)	verificato	verificato	sommerso
OF00000106NC (FV)	verificato	verificato	verificato
OF00000112NC (FV)	verificato	verificato	verificato
OF00000113NC (SS)	verificato	verificato	verificato

5.4.6 Criticità urbane / produttive

Il tratto del fiume Ofanto analizzato non presenta criticità con il tessuto urbano e industriale. Le aree interessate dagli allagamenti sono prevalentemente suoli ad uso agricolo, aree protette SIC, ed alcune aree di interesse archeologico. Nel comune di Rapolla risulta in parte sormontata la strada statale SS93.

5.5 OF02 valle – TORRENTE OLIVENTO

5.5.1 Descrizione geografica e morfologica

L'asta del reticolo idrografico del fiume Ofanto qui esaminata è indicata, negli schematismi a seguire, con la sigla OF02_v (OF02_valle_diga), corrispondente al Torrente Olivento nel tratto a valle della diga del Rendina altrimenti nota come diga di Abate Alonia (Fig. 4.15), dal nome dell'omonima località in cui è ubicata. La sezione di chiusura, la sez. n. 107, sottende un bacino idrografico complessivo di poco più di 442 km². Il tratto esaminato, affluente in destra del fiume Ofanto, a valle dell'appena menzionata diga, si sviluppa per circa 11 km. Le acque dell'asta in questione solcano terreni ricadenti nei comuni di Melfi e Lavello, prima di confluire nell'asta principale del fiume Ofanto.

L'alveo, prevalentemente naturale, ha andamento meandriforme e sezioni estese anche alcune decine di metri, con pendenze comprese in un range che varia tra l'1% e il 6% e sponde non sempre ben definite oltre le quali si sviluppano estese piane alluvionali per qualche centinaio di metri. Prevalgono, su tutte le sezioni, aree principalmente interessate dalla presenza di boschi di latifoglie, che si alternano a seminativi in aree non irrigue.

Lungo tutto il suo percorso, il corso d'acqua analizzato ha profondità variabili.

5.5.2 La scabrezza

L'alveo naturale del tratto OF02_v esaminato, inteso l'alveo come l'insieme dei canali, delle barre e delle isole, ove presenti, il quale coincide con il cosiddetto livello ad alveo pieno, cioè quel livello idrometrico associato alla massima portata che può essere contenuta in alveo senza il verificarsi di fenomeni di esondazione fuori dalle sponde, è in prevalenza occupato da boschi di latifoglie ($n_{norm} = 0.12$) che prevalgono ai tratti interessati invece da seminativi non irrigui ($n_{norm} = 0.04$). Le zone pianeggianti che si sviluppano alla destra e alla sinistra idraulica delle sponde sono occupate principalmente da seminativi ai quali si alternano, specie nella zona prossima all'alveo, boschi di latifoglie e per le sezioni comprese tra la sez. n. 6788.2002 e la sez. n. 5889.27, uliveti ($n_{norm} = 0.06$).

Nelle immagini a seguire è possibile avere rapida contezza della resistenza al flusso negli alvei oggetto di analisi. In particolare, si è assunto per i seminativi in aree non irrigue un indice di Manning $n=0.04$, per gli uliveti $n=0.06$, per i boschi di latifoglie $n=0.12$.

5.5.3 Portate

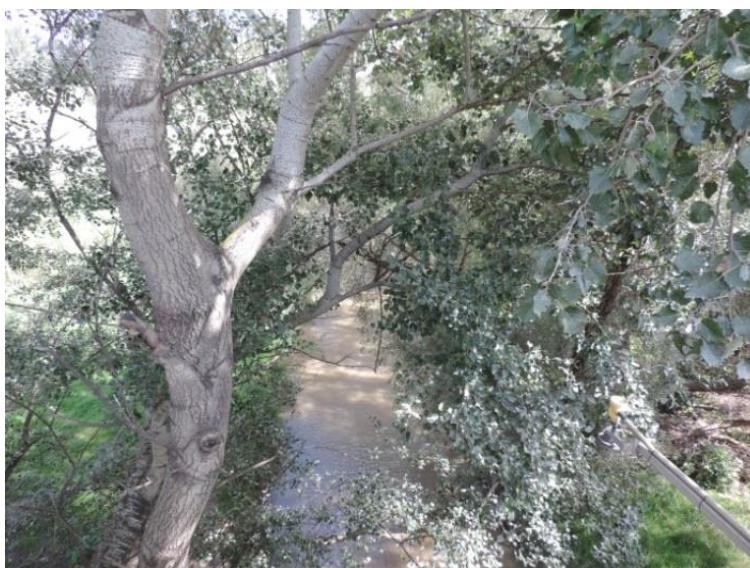
La portata alla sezione di chiusura n. 107, con tempo di ritorno di 200 anni, è pari a circa 323 m³/s. I coefficienti udometrici, per i tre tempi di ritorno esaminati, 30, 200 e 500 anni, assumono valori compresi tra 0.5 e 0.9.



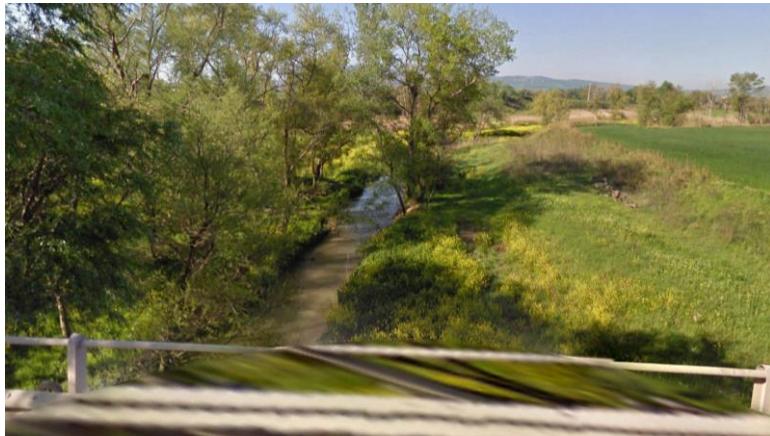
Boschi di latifoglie
Seminativi in aree non irrigue
tratto OF02_v
a valle della sez. 6788.2002



Uliveti
tratto OF02_m_SX
tra la sez. 6788.2002 e la sez.
6355.6001



Corso d'acqua naturale
Boschi di latifoglie
tratto OF02_v a valle della sez.
3549.9009



Seminativi in aree non irrigue
tratto OF02_m_SX
tra la sez. 1501.915 e la sez. 1448.168

CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE DELL'OF02_valle_diga								T 30		T 200		T 500		INSERIMENTO	
Basin	Area [kmq]	Zmean	Zmax	Zmin	im [m/m]	tL [h]	zona	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	station	river
107	422.01	477.07	1296	166	0.02	7.07	4	203.92	0.48	322.82	0.76	381.31	0.90	10025.7	OF02_v
107_a	442.75	477.10	1296	166	0.02	7.24	4	207.75	0.47	328.55	0.74	388.05	0.88	n.d.	n.d.

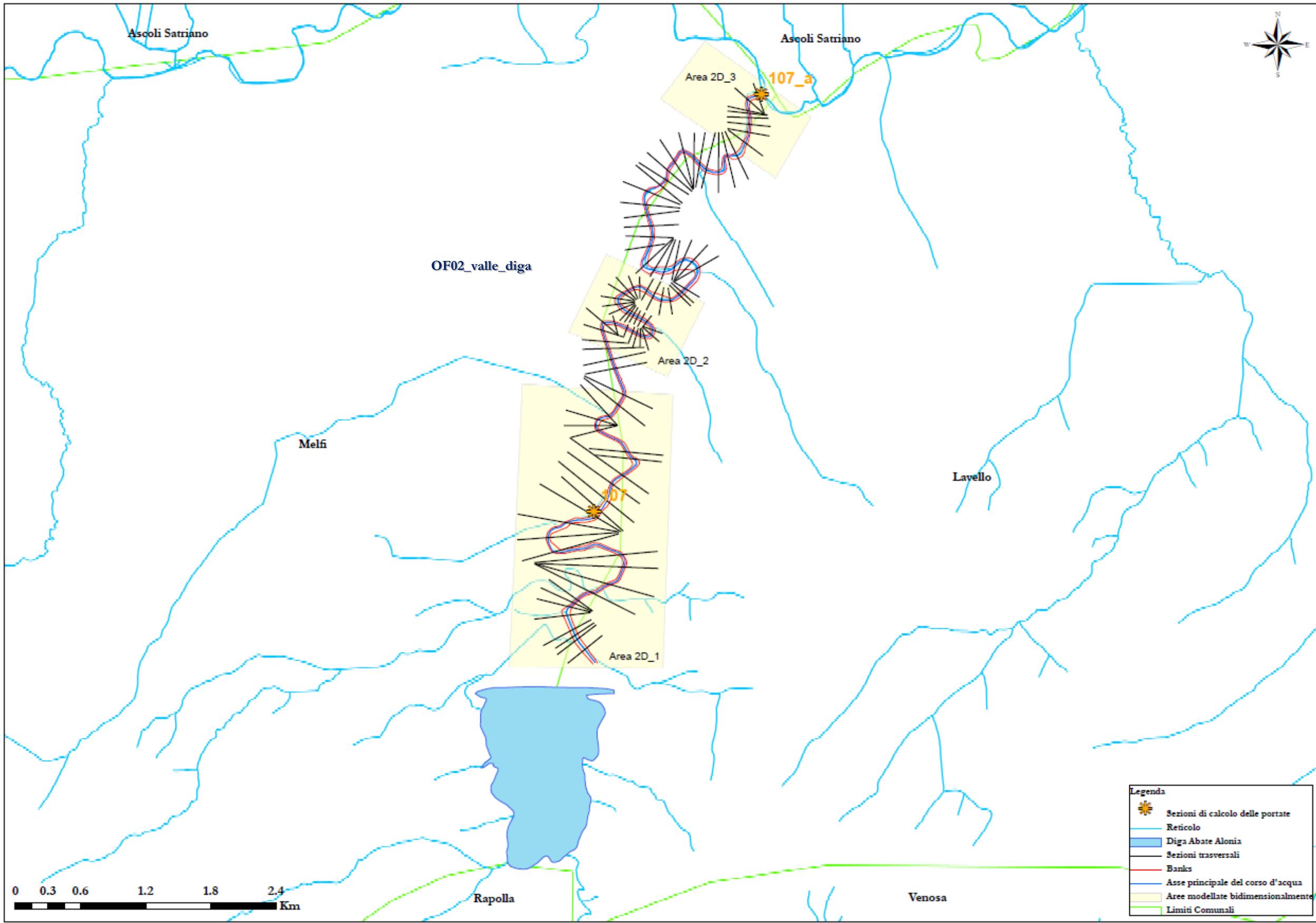


Figura 5.20 - Rappresentazione cartografica delle aree modellate bidimensionalmente (in giallo) e delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) del tratto di corso d'acqua OF02_valle_diga

5.5.4 Schematismo idraulico

L'asta oggetto di indagine, è stata studiata, in funzione del diverso grado di confinamento morfologico, attraverso l'applicazione della sola modellistica di tipo monodimensionale, per i tratti caratterizzati da deflussi contenuti entro le sponde dell'alveo, e in taluni casi della piana alluvionale, (Allegato 5.5.1) e con modellazione di tipo bidimensionale ove si è reso necessario approfondire lo studio delle grandezze idrodinamiche della corrente, essendosi verificata l'insufficienza delle sezioni trasversali al compluvio ai fini del contenimento dei deflussi.

L'alveo del tratto OF02_v, è un alveo prevalentemente non confinato, tipico delle aree di pianura. Le sponde dello stesso a contatto con una piana alluvionale continua sono solo localmente confinate da uno o più conoidi laterali.

L'andamento dell'alveo, meandriforme e sinuoso, in alcuni tratti, quando non correttamente rappresentato dallo schematismo monodimensionale ha reso necessaria la modellazione bidimensionale, riversandosi, le acque, nelle adiacenti superfici pianeggianti.

Il primo dominio modellato bi-dimensionalmente, Area_2D_1 (v. Allegato 5.5.2), lungo questo tratto dell'OF02_v, corrispondente al Torrente Olivento, è incluso tra la sez. n. 9668.46, sezione nella quale è inserita la forzante idrologica, e la sez. n. 5995.870 nella quale i deflussi sono confinati. Il secondo e il terzo dominio sono modellati bidimensionalmente, Area_2D_2 e Area_2D_3 (v. Allegato 5.5.2), essendo la morfologia delle piane alluvionali comprese tra i meandri non ben rappresentata dalle sezioni del modello monodimensionale, insufficienti al contenimento dei deflussi.

Nei tratti di alveo ad andamento quasi rettilineo, le sezioni si approfondiscono, in corrispondenza di quest'ultimi, sino a raggiungere profondità di poco superiori ai 4 - 5 m utili al confinamento dei deflussi. Per il tratto compreso tra la sez. 4030.29 e la sez. 384.89301, le correnti, simulate in condizione di moto permanente, sono contenute entro le larghe ed estese piane alluvionali limitrofe alle sponde.

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. Il modello bidimensionale ed i risultati sono riportati rispettivamente in [ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF02_v\TUFLOW] e in [ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF02_v\OUTPUT_2D]. Le rappresentazioni complessive delle aree di allagamento sono riportate nella tavola allegata 5.5.2, in termini di tiranti idrici con tempo di ritorno di 200 anni.

ID	Ragione	Esposto	Priorità	Codice modello 2D	Allegato Risultanze 2D
1	Allagamento delle piane di meandro non correttamente rappresentate dalla modellazione monodimensionale	Infrastrutture viarie	0.5	Area_2D_1	5.5.2
2	Sezioni trasversali insufficienti	Seminativi	0.5	Area_2D_2	5.5.2
3	Morfologia non correttamente rappresentata, sezioni trasversali insufficienti	Seminativi	0.5	Area_2D_3	5.5.2

La modellazione idraulica bidimensionale è stata prodotta con schematismo 2D puro, costruendo, sulla base dei dati topografici al suolo derivanti dai rilievi LIDAR, una griglia con celle di calcolo quadrate di lato pari a 5 m, caratterizzate dall'informazione altimetrica e dalla scabrezza fissata in base all'uso del suolo.

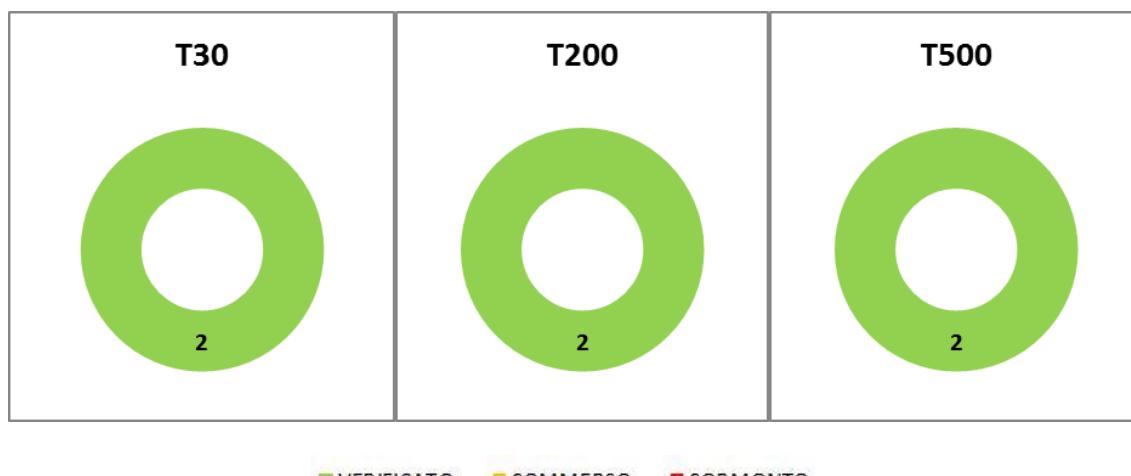
Per quanto concerne le condizioni al contorno adottate nelle modellazione di tipo bidimensionale si descrivono a seguire le ipotesi adottate:

- 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 107 sul ramo principale. Come condizione di valle, è stata adottata la pendenza del suolo.
- 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 107_a sul ramo principale e come condizione di valle è stato adottata la pendenza del suolo.
- 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 107_a sul ramo principale e come condizione di valle è stato adottata la pendenza del suolo.

5.5.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

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

Per il tratto OF02_v, i due attraversamenti rilevati, risultano entrambi verificati per ciascuno dei tre tempi di ritorno esaminati.



attraversamento	regime		
	T30	T200	T500
OF02_monte_diga_SX			
OF00000118NC (SS)	verificato	verificato	verificato
OF00000122NC (SP)	verificato	verificato	verificato

5.5.6 Criticità urbane / produttive

Il tratto del fiume Ofanto analizzato, OF02_v, non presenta criticità con il tessuto urbano e industriale. Le aree interessate dagli allagamenti sono prevalentemente suoli ad uso agricolo, aree protette SIC, ed alcune aree di interesse archeologico.

5.6 OF03a – FIUME OFANTO

5.6.1 Descrizione geografica e morfologica

Il fiume Ofanto alla sezione di chiusura n. 67 ha un bacino contribuente di circa 2660 km². Nel presente capitolo viene analizzato il tratto che va dalla sezione di chiusura n. 27 alla n. 67, che negli schematismi a seguire è indicato con OF03a.

Il bacino del corso d'acqua analizzato attraversa i territori comunali, da monte a valle, di Spinazzola, Montemilone, Venosa, Lavello, Ascoli Satriano, Minervino Murge, Canosa e Cerignola.

Il territorio è a forte connotazione boschiva (conifere e latifoglie) e agricola con la prevalenza di terreni coltivati a seminativo, uliveto e vigneto.

Nella parte montana le sezioni sono dell'ordine di 30 m, mentre nella zona valliva le sezioni diventano più larghe dell'ordine di 90 metri. Le profondità risultano variabili tra i 2 ed i 3 metri.

5.6.2 Scabrezza

L'uso del suolo prevalente in tutto il bacino è il seminativo di tipo non irriguo, seguito dai boschi (latifoglie e conifere), vigneti, aree a pascolo naturale, praterie e inculti, cespuglieti e arbusteti.

Al fine di evidenziare la variabilità della resistenza al flusso nell'alveo oggetto di studio, si riportano di seguito delle immagini degli usi del suolo prevalenti presenti nel bacino. In particolare, secondo i dettami del capitolo III, si è assunto per i seminativi un indice di Manning $n=0.04$, per i boschi di latifoglie $n=0.12$, per i boschi misti $n=0.135$, per i vigneti $n=0.1$, per le aree a pascolo naturale, praterie e inculti $n=0.03$, per i cespuglieti e arbusteti $n=0.05$.

5.6.3 Portate

La portata alla sezione di chiusura n. 67, con tempo di ritorno di 200 anni, è pari a circa 1786 m³/s. I coefficienti udometrici lungo il corso del torrente assumono un andamento con legge di potenza con valori compresi tra 0.6 e 1, come riportato nella figura seguente.

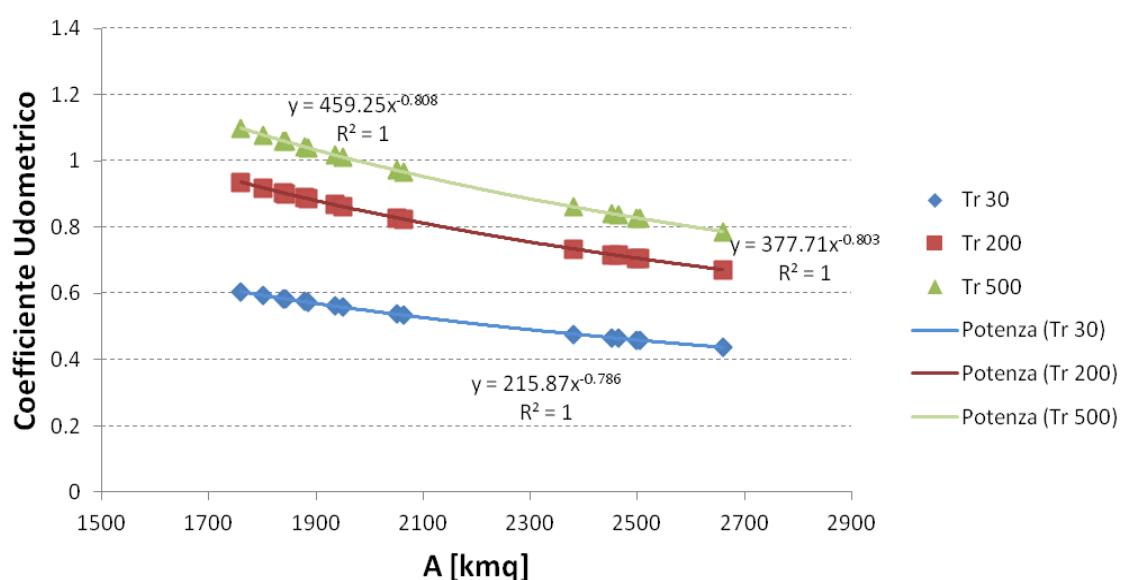


Figura 5.21 - Andamento del coefficiente udometrico del fiume Ofanto



Seminativi
a valle della sezione 25629
OF03a



Boschi di latifoglie valle
della sezione 3221
OF03a



Boschi misti
a valle della sezione 12608
OF03a



Vigneti a valle della sezione 322 OF03a



Aree a pascolo naturale, praterie e inculti a valle della sezione 11592 OF03a



Cespuglieti e arbusteti a valle della sezione 23302 OF03a

CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE DELL'OF03a – Fiume Ofanto														T 30		T 200		T 500		INSERIMENTO	
Basin	Area [kmq]	Zmean	Zmax	Zmin	im [m/m]	iv [m/m]	L [km]	Ltot [km]	Lca [km]	tL [h]	CN	Urban [%]	zona	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	station	river
27	1765.45	559.52	1476.00	139.00	0.01	0.19	103.22	1839.16	23.51	14.45	78	0.24	4	1065.27	0.60	1647.53	0.93	1933.92	1.10	40126.438	river
28	1785.39	555.49	1476.00	127.41	0.01	0.19	107.09	1860.19	25.91	14.54	74	0.24	4	1067.74	0.60	1651.41	0.92	1938.23	1.09	36338.215	river
29	29.28	286.06	425.31	162.70	0.02	0.07	16.18	31.26	6.22	1.86	75	0.59	4								
30	1845.53	546.05	1476.00	117.68	0.01	0.18	110.93	1926.27	27.66	14.78	74	0.25	4	1075.93	0.58	1662.71	0.90	1951.77	1.06	32674.414	river
31	27.09	257.42	368.00	119.00	0.02	0.08	15.71	31.92	6.36	1.79	70	0	4								
32	1844.54	546.28	1476.00	121.05	0.01	0.18	109.64	1925.03	26.73	14.77	78	0.25	4	1075.76	0.58	1662.45	0.90	1951.47	1.06	33846.582	river
33	1884.31	539.49	1476.00	115.00	0.01	0.18	112.11	1972.27	28.09	14.93	71	0.24	4	1080.81	0.57	1670.07	0.89	1959.87	1.04	31469.955	river
34	1890.59	538.24	1476.00	107.58	0.01	0.18	115.15	1979.42	29.25	14.96	75	0.24	4	1081.82	0.57	1671.15	0.88	1961.22	1.04	28549.539	river
35	1940.20	531.68	1476.00	103.98	0.01	0.18	117.28	2036.97	29.30	15.15	70	0.24	4	1088.23	0.56	1679.90	0.87	1971.59	1.02	26452.504	river
36	36.13	317.87	386.00	178.00	0.02	0.09	12.86	39.50	5.40	2.07	69	0	4								
37	45.18	296.29	386.00	136.00	0.01	0.09	18.42	52.39	7.96	2.31	69	0	4								
38	1955.50	528.66	1476.00	95.89	0.01	0.18	121.68	2056.12	32.03	15.21	73	0.24	4	1090.13	0.56	1683.10	0.86	1974.94	1.01	22324.695	river
39	2056.51	513.22	1476.00	87.70	0.01	0.17	125.59	2171.39	33.77	15.60	74	0.38	4	1101.94	0.54	1700.26	0.83	1994.70	0.97	18537.516	river
40	56.45	258.62	424.01	143.18	0.01	0.06	21.42	61.45	7.93	2.58	76	4.93	4								
41	2069.07	510.83	1476.00	73.12	0.01	0.17	131.21	2187.70	37.41	15.65	77	0.38	4	1103.79	0.53	1702.60	0.82	1997.04	0.97	13123.513	river
60	2385.41	481.51	1476.00	51.01	0.01	0.16	135.78	2510.60	36.71	16.80	73	0.76	4	1137.03	0.48	1749.91	0.73	2051.71	0.86	8546.3408	river
61	61.00	192.05	305.05	89.24	0.01	0.04	27.73	67.09	9.45	2.69	69	1.58	4								
62	2456.87	472.75	1476.00	51.01	0.01	0.16	136.81	2591.17	36.26	17.05	76	0.79	4	1143.81	0.47	1759.38	0.72	2061.97	0.84	7747.9351	river
63	2463.84	471.75	1476.00	51.01	0.01	0.16	140.01	2599.71	37.81	17.08	72	0.79	4	1144.66	0.46	1760.69	0.71	2063.50	0.84	4736.2285	river
64	2503.51	466.10	1476.00	51.01	0.01	0.16	142.46	2640.89	38.71	17.21	77	0.81	4	1148.39	0.46	1765.95	0.71	2069.51	0.83	2346.8091	river
65	28.47	130.69	189.92	61.67	0.01	0.03	16.11	27.01	6.31	1.84	75	2.01	4								
66	2510.86	465.03	1476.00	50.97	0.01	0.16	143.94	2650.86	39.70	17.24	74	0.81	4	1149.27	0.46	1766.78	0.70	2071.09	0.82	968.58984	river
67	2659.85	457.33	1476.00	48.94	0.01	0.15	144.90	2814.88	38.18	17.74	72	1.07	4	1162.28	0.44	1785.87	0.67	2092.63	0.79		

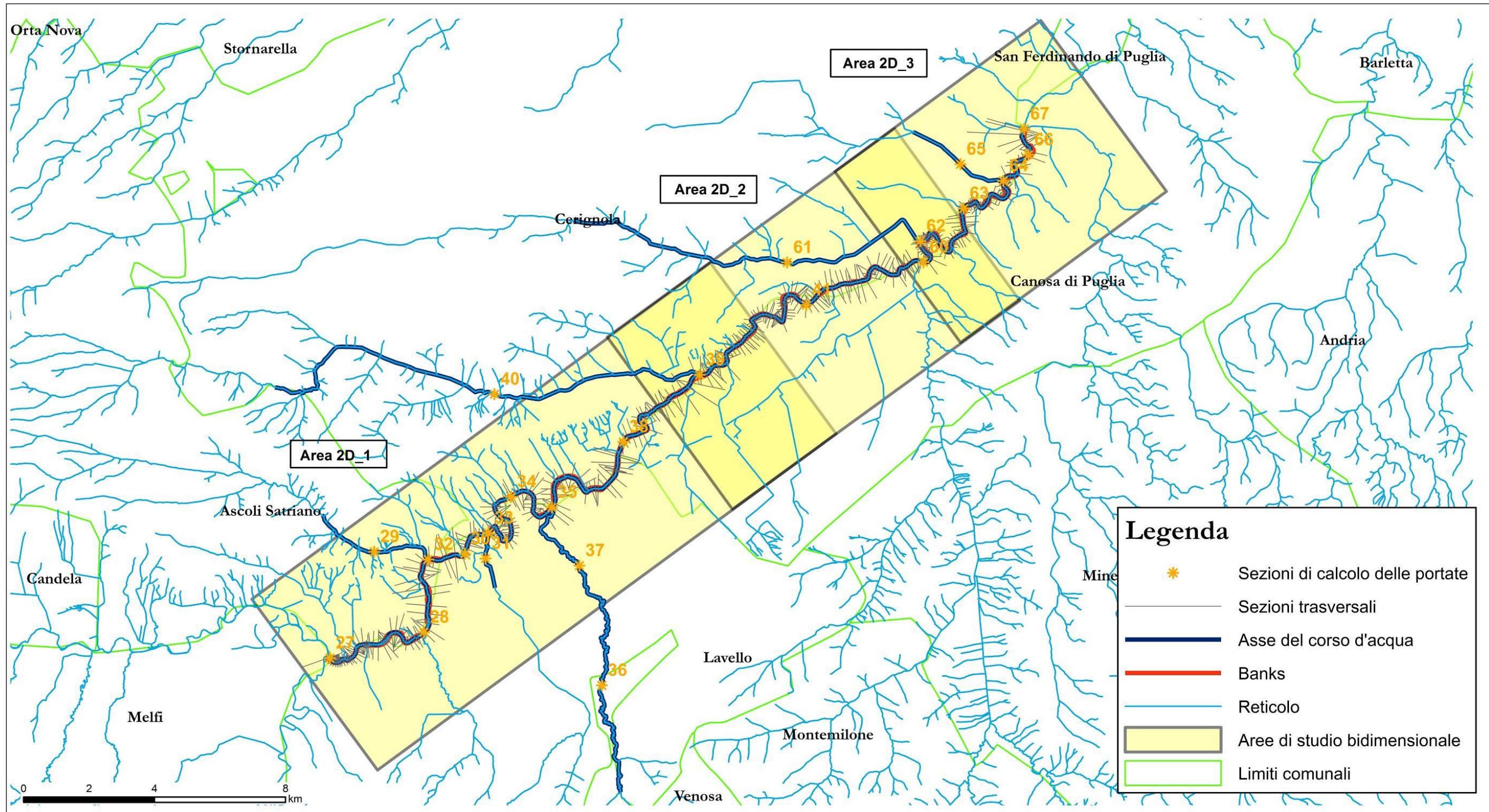


Figura 5.22 - Rappresentazione cartografica delle aree di studio bidimensionale (in giallo) e delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) del fiume Ofanto nel tratto OF03a

5.6.4 Schematismo idraulico

L'assenza di dati lidar per diversi tratti ha reso possibile l'applicazione della modellistica idraulica solo per l'asta principale. Dall'applicazione della modellistica idraulica di tipo monodimensionale risulta che sono presenti diversi tratti dell'asta analizzata in cui il deflusso non è morfologicamente contenuto. Per tale ragione è stata necessaria anche l'applicazione di una modellistica di tipo bidimensionale per l'intero tratto OF03a. Data l'estensione dell'asta ed al fine di considerare gli incrementi di portata derivanti dagli affluenti, sono state individuate tre aree di studio bidimensionale riportate nella figura 5.22.

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.

ID	Ragione	Esposto	Priorità	Codice modello 2D	Allegato Risultante 2D
1	Sinuosità, esondazione	Infrastrutture viarie; terreni agricoli; tessuto urbano e produttivo	1	OF03a_1	5.6.1
2	Sinuosità, esondazione, confluenza	Infrastrutture viarie; terreni agricoli; tessuto urbano e produttivo	1	OF03a_2	5.6.2
3	Sinuosità, esondazione	Infrastrutture viarie e ferroviarie; terreni agricoli; tessuto produttivo	1	OF03a_3	5.6.3

Sono state dunque condotte modellazioni bidimensionali per le aree indicate in tabella con identificativo 1, 2 e 3, i cui modelli sono riportati rispettivamente nelle seguenti cartelle:

- ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF03a\TUFLOW\OF03a_1;
- ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF03a\TUFLOW\OF03a_2;
- ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF03a\TUFLOW\OF03a_3.

I risultati della modellistica bidimensionale sono riportati invece in:

- ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF03a\OUTPUT_2D\OF03a_1;
- ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF03a\OUTPUT_2D\OF03a_2;
- ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF03a\OUTPUT_2D\OF03a_3.

La rappresentazione complessiva delle aree di allagamento è riportata nelle tavole 5.6.1, 5.6.2, 5.6.3, in termini di tiranti idrici con tempo di ritorno di 200 anni.

Per quanto concerne le condizioni al contorno adottate nella modellazione di tipo bidimensionale si descrivono a seguire le ipotesi adottate:

- 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 38 e come condizione al contorno di valle la pendenza a al fondo del corso d'acqua. Il modello applicato è stato un 2D puro con una griglia con celle quadrate di lato 20 m. Le risultanze derivanti da tale modello sono da considerarsi valide fino alla sezione n. 18174.936; a valle di tale sezione vanno considerate le risultanze dell'area di studio bidimensionale n. 2
- con riferimento all'area avente identificativo **n. 2** è stato applicato un modello di tipo 1D/2D con una griglia con celle quadrate di lato 20 m, con condizione al contorno di valle per l'asta principale

L'idrogramma di piena della sezione di chiusura 41 e come condizione al contorno di valle la pendenza al fondo del corso d'acqua. Per quanto riguarda l'affluente in destra idraulica (torrente Locone) è stato considerato l'idrogramma di piena della sezione di chiusura n. 120 posticipato di 22 ore rispetto all'idrogramma adottato per l'asta principale al fine di avere la simultaneità dei deflussi derivanti dai due rami. Per il canale di bonifica presente in sinistra idraulica del torrente Locone è stata adottata come condizione al contorno di valle l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 42 sfasato di 21.5 ore. Il profilo delle sezioni nel campo monodimensionale lungo il canale di bonifica e il tratto del Locone è stato ricavato dai dati LIDAR, assegnando un valore di scabrezza di Manning di $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$.

- con riferimento all'area avente identificativo **n. 3** è stato applicato un puro modello bidimensionale con una griglia di celle quadrate di lato 20 m, con condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena della sezione di chiusura n. 67 e con condizione di valle la pendenza del suolo. A valle della sezione n. 669.9306, l'esondazione dell'asta principale si sovrappone a quella dell'affluente in destra idraulica, derivante dall'applicazione del modello idraulico nel tratto denominato OF03c (secondo dominio di studio: OF03c_2) descritto a pag.187.

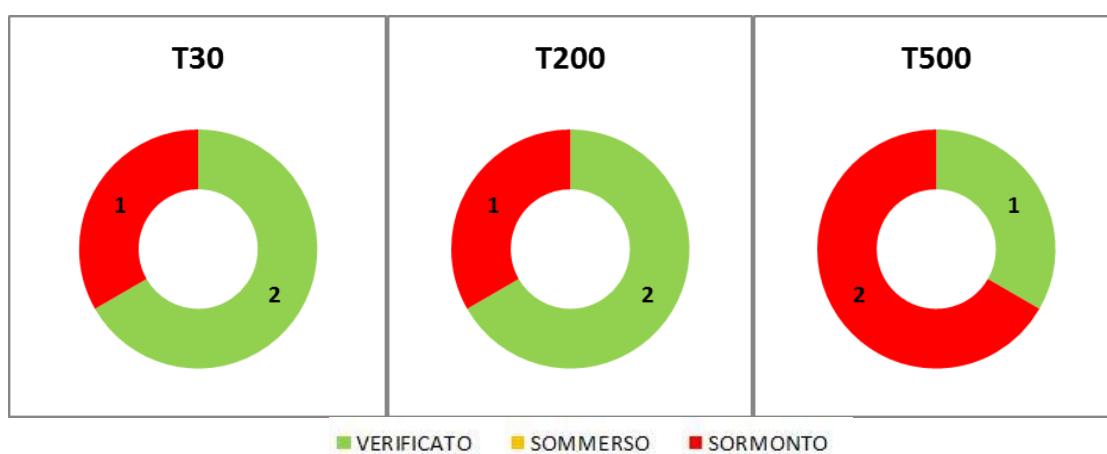
5.6.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

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

Su 3 attraversamenti studiati 2 risultano correttamente dimensionati; un solo attraversamento risulta invece sommerso per tutti e tre i tempi di ritorno considerati.

Risulta dunque necessario l'adeguamento o la predisposizione di sistemi di allerta per 1 attraversamento.

Per i restanti attraversamenti non analizzati si rimanda al momento in cui saranno disponibili dati lidar ricoprenti l'area d'indagine.



attraversamento	regime		
	T30	T200	T500
Ofanto 03a			
OF00000029SL	verificato	verificato	sormonto
OF00000131NC (SS)	verificato	verificato	verificato
OF00000137NC (SL)	sormonto	sormonto	sormonto
OF00000034AS	n.d.	n.d.	n.d.
OF00000094SP	n.d.	n.d.	n.d.
OF00000096SP	n.d.	n.d.	n.d.
OF00000099SP	n.d.	n.d.	n.d.
OF00000100SP	n.d.	n.d.	n.d.
OF00000101SP	n.d.	n.d.	n.d.
OF00000105SP	n.d.	n.d.	n.d.
OF00000026SL	n.d.	n.d.	n.d.
OF00000028SL	n.d.	n.d.	n.d.
OF00000149NC (SL)	n.d.	n.d.	n.d.
OF00000150NC (SL)	n.d.	n.d.	n.d.
OF00000151NC (SL)	n.d.	n.d.	n.d.

5.6.6 Criticità urbane / produttive

Il fiume Ofanto nel tratto Ofanto 03a non presenta criticità rilevanti poichè il territorio risulta occupato prevalentemente da seminativi.

Gli unici elementi a rischio risultano essere i seguenti, essenzialmente di tipo stradale:

- l'insediamento commerciale nei pressi della località "Zampa di Cavallo" presso Ascoli Satriano (sezione n. 38663.348)
- la strada provinciale 071SP529 nel comune di Cerignola (dalla sezione n. 23243.422 alla n. 22532.402)
- la strada comunale presso Canosa di Puglia (dalla sezione n. 22703.348 alla n. 22324.695)
- la strada nel comune di Cerignola (dalla sezione n. 11592.561 alla n. 11521.215).

5.7 OF03b m – TORRENTE LOCONE MONTE DIGA

5.7.1 Descrizione geografica e morfologica

Il torrente Locone a monte della diga omonima, chiuso alla sezione di chiusura n. 52, ha un bacino contribuente di circa 102 km² ed attraversa i territori comunali, da monte a valle, di Spinazzola, Minervino Murge e Montemilone.

La mancanza di dati lidar nella zona compresa tra la contrada Spaccacipolle in Spinazzola e la diga del Locone, ha reso necessario effettuare lo studio idraulico per un tratto più limitato, indicato negli schematismi a seguire con OF03_b_m.

Il territorio attraversato è a forte connotazione agricola con la prevalenza di terreni coltivati a seminativo. Il torrente, inciso e ben evidente per tutto il suo percorso, presenta sezioni di larghezza mediamente di 20 metri e profondità variabili tra 1 e 3 metri.

5.7.2 Scabrezza

L'uso del suolo prevalente in tutto il bacino è il seminativo di tipo non irriguo. Nella zona montana e nel tratto centrale il torrente Locone attraversa anche gli uliveti ed i boschi di latifoglie. Verso valle si riconosce un'area adibita alla coltivazione di vigneti.

Al fine di evidenziare la variabilità della resistenza al flusso nell'alveo oggetto di studio, si riportano di seguito delle immagini degli usi del suolo prevalenti presenti nel bacino. In particolare, secondo i dettami del capitolo III, si è assunto per i seminativi un indice di Manning $n=0.04$, per gli uliveti $n=0.06$, per i boschi di latifoglie 0.12 e per i vigneti $n=0.1$.

5.7.3 Portate

La portata a monte della diga del Locone (sezione di chiusura n. 52), con tempo di ritorno di 200 anni, è pari a circa 128 m³/s. I coefficienti udometrici lungo il corso del torrente assumono un andamento con legge di potenza con valori compresi tra 0.8 e 2.5, come riportato nella figura seguente.

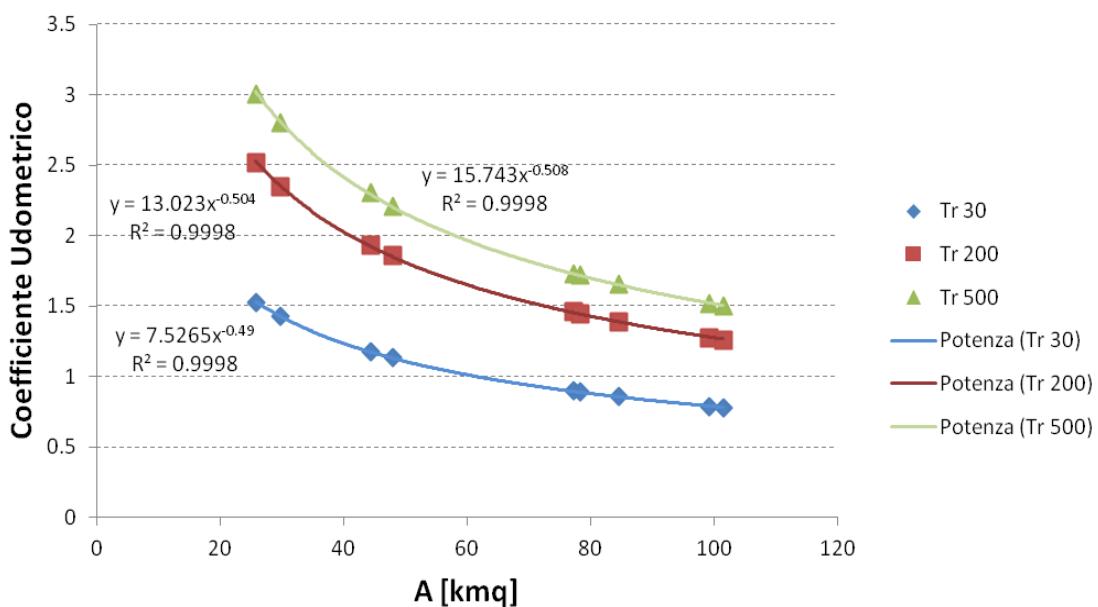


Figura 5.23 - Andamento del coefficiente udometrico del torrente Locone a monte della diga omonima



Seminativi
a valle della sezione 5565
OF03b_m



Uliveti a valle
della sezione 3325
OF03b_m



Boschi di latifoglie
a valle della sezione 3009
OF03b_m

**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 SALENTE DELLA REGIONE PUGLIA - OFANTO**

CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE DELL'OF03b_m – Torrente Locone monte diga														T 30		T 200		T 500		INSERIMENTO	
Basin	Area [kmq]	Zmean	Zmax	Zmin	im [m/m]	iv [m/m]	L [km]	Ltot [km]	Lca [km]	tL [h]	CN	Urban [%]	zona	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	station	river
48	25.73	25.73	384.04	463.81	239.11	0.03	0.17	8.22	25.56	1.74	68	3.16	4	39.28	1.53	64.83	2.52	77.42	3.01		
49	48.01	48.01	421.59	617.65	257.27	0.02	0.12	15.41	45.03	2.38	69	1.96	4	54.47	1.13	89.12	1.86	106.17	2.21	8913.941	1
50	84.46	84.46	396.82	617.65	219.12	0.02	0.14	20.03	79.34	3.16	70	2.39	4	72.39	0.86	117.46	1.39	139.63	1.65	3793.0183	1
51	99.24	99.24	380.97	617.65	177.10	0.02	0.14	24.92	93.25	3.43	71	2.37	4	78.28	0.79	126.71	1.28	150.54	1.52		
52	101.48	101.48	377.59	617.65	167.06	0.02	0.14	26.95	95.23	3.47	72	2.39	4	79.12	0.78	128.03	1.26	152.09	1.50		

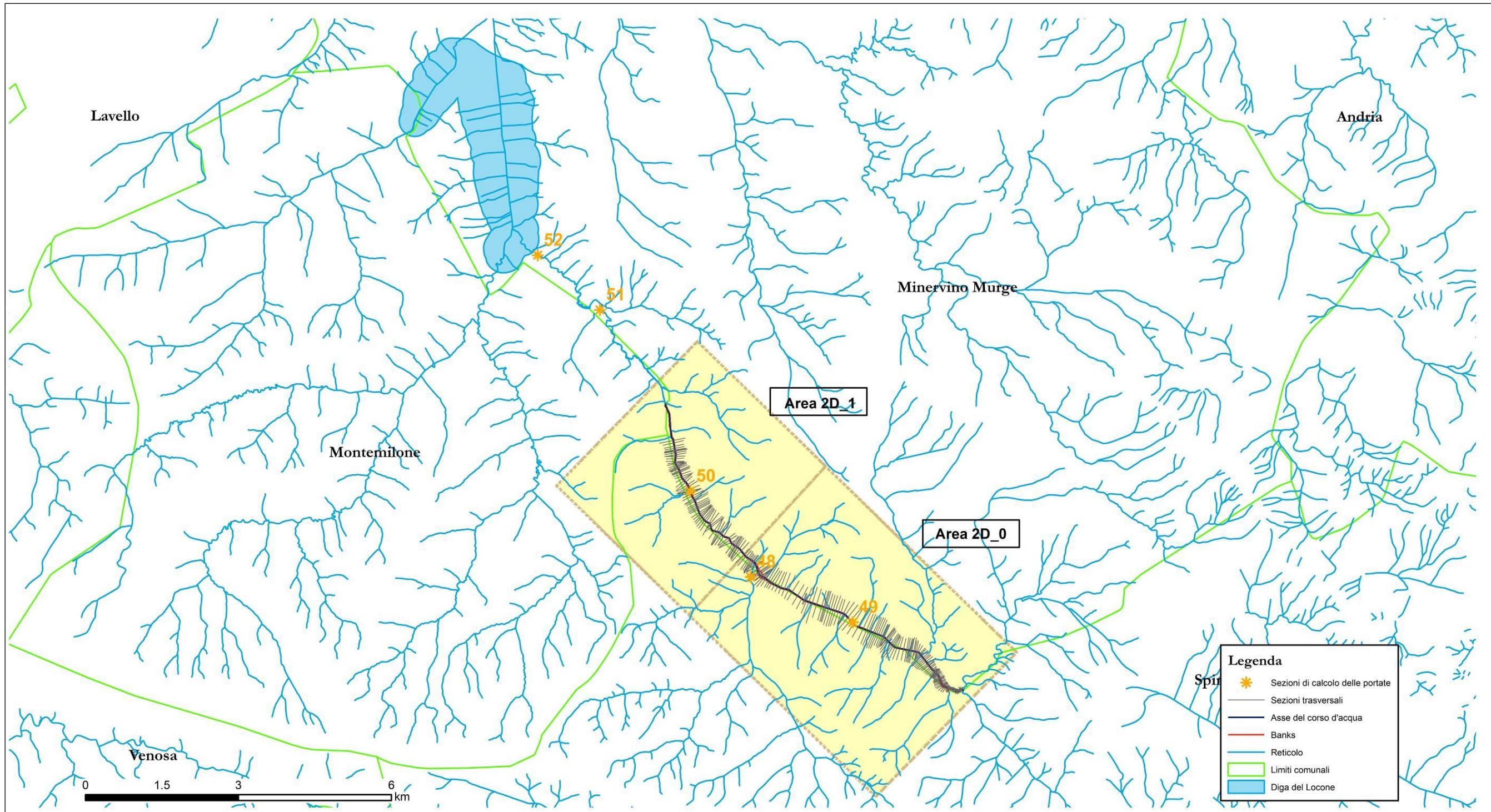


Figura 5.24 - Rappresentazione cartografica delle aree di studio bidimensionale (in giallo) e delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) del Torrente Locone a monte della diga omonima

5.7.4 Schematismo idraulico

Dall'applicazione della modellistica idraulica di tipo monodimensionale si evidenziano diversi tratti in cui il deflusso, nel passaggio da una sezione all'altra, passa bruscamente da aree in cui è del tutto contenuto ad aree nelle quali non è confinato, senza soluzione di continuità. Per tale motivo, è stata applicata anche una modellazione di tipo bidimensionale per l'intero tratto di analisi (OF03b_m), distinguendo due domini: uno a monte (Dominio 0) e l'altro a valle (Dominio 1) della sezione numero 48. Si è resa necessaria l'applicazione di due domini distinti poiché adottando un unico dominio che li comprendesse entrambi, a valle della sezione n. 48 si hanno portate inferiori rispetto a quella idrologica.

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 ed 1, il cui modello e risultati sono riportati rispettivamente in [ALL_5_MODELLI_IDRAULICI\ OF03b_monte\ TUFLOW\Locone_0; ALL_5_MODELLI_IDRAULICI\ OF03b_monte\ TUFLOW\Locone_1] e in [ALL_5_MODELLI_IDRAULICI\ OF03b_monte\ OUTPUT_2D\Locone_0; ALL_5_MODELLI_IDRAULICI\ OF03b_m\ OUTPUT_2D\ Locone_1].

La rappresentazione complessiva delle aree di allagamento è riportata nella tavola 5.7.1 in termini di tiranti idrici con tempo di ritorno di 200 anni.

ID	Ragione	Esposto	Priorità	Codice modello 2D	Allegato Risultanze 2D
0	Rappresentazione non corretta della morfologia	Infrastrutture viarie	0.5	Locone_0	5.7.1
1	Rappresentazione non corretta della morfologia	Infrastrutture viarie	0.5	Locone_1	5.7.1

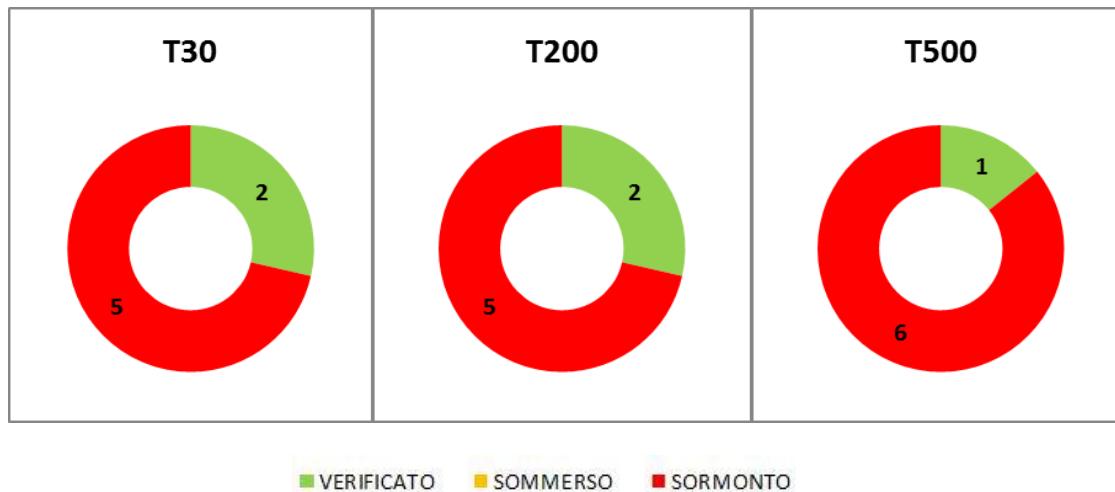
- Con riferimento all'area avente identificativo **n. 0**, è stata adottata come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 49 sul ramo principale ed in corrispondenza dell'affluente in sinistra idraulica l'idrogramma di piena della sezione di chiusura n. 48 sul ramo secondario. Il secondo idrogramma è stato sfasato di circa 2 ore al fine di consentire a valle della confluenza la simultaneità dei due idrogrammi. Come condizione di valle, è stata adottata la pendenza del suolo. Lo schematismo impiegato è un puro 2D.
- 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 50 sul ramo principale e come condizione di valle è stato adottata la pendenza del suolo. Lo schematismo impiegato è un puro 2D.

5.7.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

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

Per portate con tempi di ritorno di 30 e 200 anni, su 7 attraversamenti presenti nel tratto analizzato solo 2 risultano correttamente dimensionati; per portate aventi tempi di ritorno di 500 anni uno solo risulta non sommerso.

Risulta dunque necessario l'adeguamento o la predisposizione di sistemi di allerta per 5 attraversamenti, essendo la portata di 200 anni quella di riferimento per la sicurezza idraulica.



5.7.6 Criticità urbane / produttive

Il torrente Locone non presenta criticità con il tessuto urbano e industriale. Gli unici elementi a rischio risultano essere i seguenti, di tipo stradale:

- la strada provinciale n. 222 in destra idraulica che costeggia il torrente e risulta interessata da allagamenti dalla sezione 8823.81 alla sezione 7584.69;
- la strada statale SS97 che intercetta il corso d'acqua a valle della sezione 7584.69;
- la strada provinciale 121 dalla sezione 7555.3 fino alla sezione 3570.46.

5.8 OF03b v - TORRENTE LOCONA - VALLE DIGA

5.8.1 Descrizione geografica e morfologica

Il torrente Locone a valle della diga omonima, chiuso alla sezione di chiusura n. 59, ha un bacino contribuente di circa 309 km². Il tratto analizzato, che negli schematismi a seguire è indicato con OF03b_v, attraversa i territori comunali, da monte a valle, di Minervino Murge, Canosa di Puglia e Cerignola.

Il territorio attraversato è a forte connotazione agricola con la prevalenza di terreni coltivati a uliveti, frutteti e vigneti. Il torrente, inciso e ben evidente per tutto il suo percorso, presenta sezioni di larghezza mediamente di 20 metri e profondità variabili tra i 3 e i 5 metri.

5.8.2 Scabrezza

Nella parte montana del tratto analizzato prevalgono le aree a pascolo naturale, le praterie e gli inculti, seguiti dai vigneti. Proseguendo verso valle prevalgono invece gli uliveti, i frutteti ed i seminativi. Al fine di evidenziare la variabilità della resistenza al flusso nell'alveo oggetto di studio, si riportano di seguito delle immagini degli usi del suolo prevalenti presenti nel bacino. In particolare, secondo i dettami del capitolo III, si è assunto per le aree a pascolo naturale, le praterie e gli inculti un indice di Manning $n=0.03$, per i vigneti $n=0.1$, per gli uliveti e i frutteti $n=0.06$, per i seminativi $n=0.04$.

5.8.3 Portate

La portata nella sezione di chiusura n. 59, con tempo di ritorno di 200 anni, è pari a circa 206 m³/s. I coefficienti udometrici lungo il tratto analizzato assumono un andamento con legge di potenza con valori compresi tra 0.6 e 2.5, come riportato nella figura seguente.

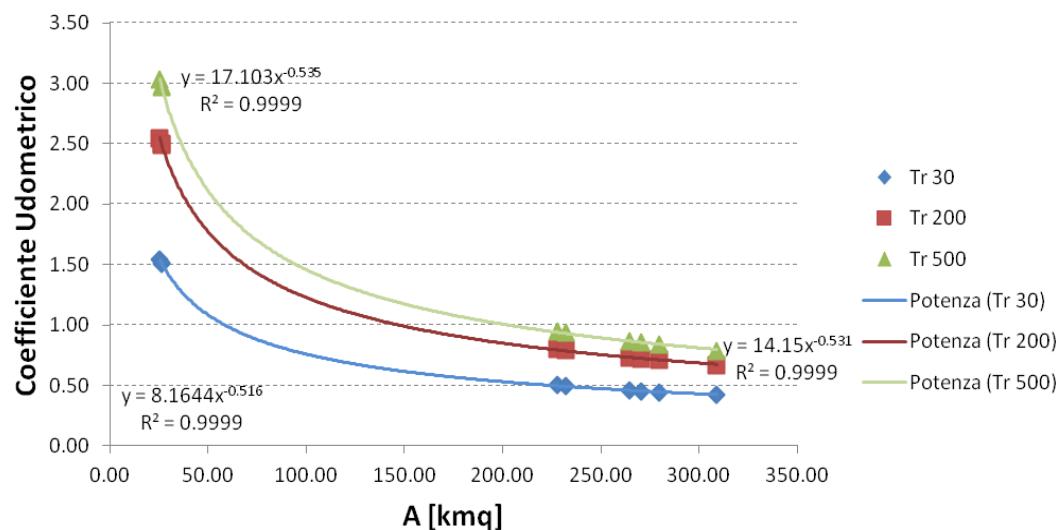


Figura 5.25 - Andamento del coefficiente udometrico del torrente Locone a valle della diga omonima



Aree a pascolo naturale,
praterie ed inculti
a valle della sezione
3830
OF03b_v



Vigneti a valle della
sezione 2076 OF03b_v



Uliveti a valle della
sezione 1040 OF03b_v



Frutteti a valle della
sezione 6293 OF03b_v



Seminativi a valle della
sezione 634 OF03b_v

CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE DELL'OF03b_v – Torrente Locone valle diga														T 30		T 200		T 500		INSERIMENTO	
Basin	Area [kmq]	Zmean	Zmax	Zmin	im [m/m]	iv [m/m]	L [km]	Ltot [km]	Lca [km]	tL [h]	CN	Urban [%]	zona	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	station	river
42	26.45	125.59	249.80	74.37	0.02	0.03	10.77	37.16	4.29	1.77	69	1.68	4	39.85	1.51	65.77	2.49	78.52	2.97	1764.29	4
43	26.21	291.06	347.00	175.00	0.02	0.12	9.97	23.05	3.76	1.76	73	0	4	39.66	1.51	65.46	2.50	78.16	2.98	4286.144	1
54	227.89	340.70	617.65	128.13	0.02	0.13	33.28	222.33	10.01	5.19	72	3.17	4	114.12	0.50	182.38	0.80	215.97	0.95	3156.7622	1
55	232.04	337.85	617.65	124.10	0.01	0.13	34.85	226.34	11.27	5.24	72	3.28	4	114.99	0.50	183.72	0.79	217.56	0.94		
56	25.31	228.24	324.00	115.79	0.02	0.09	12.03	23.27	5.22	1.73	76	4.44	4	38.93	1.54	64.29	2.54	76.76	3.03	537.244	2
57	264.68	322.83	617.65	112.78	0.01	0.13	36.63	257.41	11.56	5.60	73	3.52	4	121.51	0.46	193.73	0.73	229.26	0.87	6720.590	3
58	270.44	318.91	617.65	51.01	0.01	0.13	39.31	262.47	13.54	5.66	73	3.52	4	122.57	0.45	195.39	0.72	231.24	0.86		
59	308.91	294.85	617.65	51.01	0.01	0.12	43.71	313.90	15.49	6.05	72	3.26	4	129.43	0.42	205.88	0.67	243.53	0.79	899.627	5
120	279.82	312.67	617.65	51.01	0.01	0.12	43.20	273.06	16.28	5.75	73	3.43	4	124.32	0.44	198.03	0.71	234.37	0.84	898.282	3

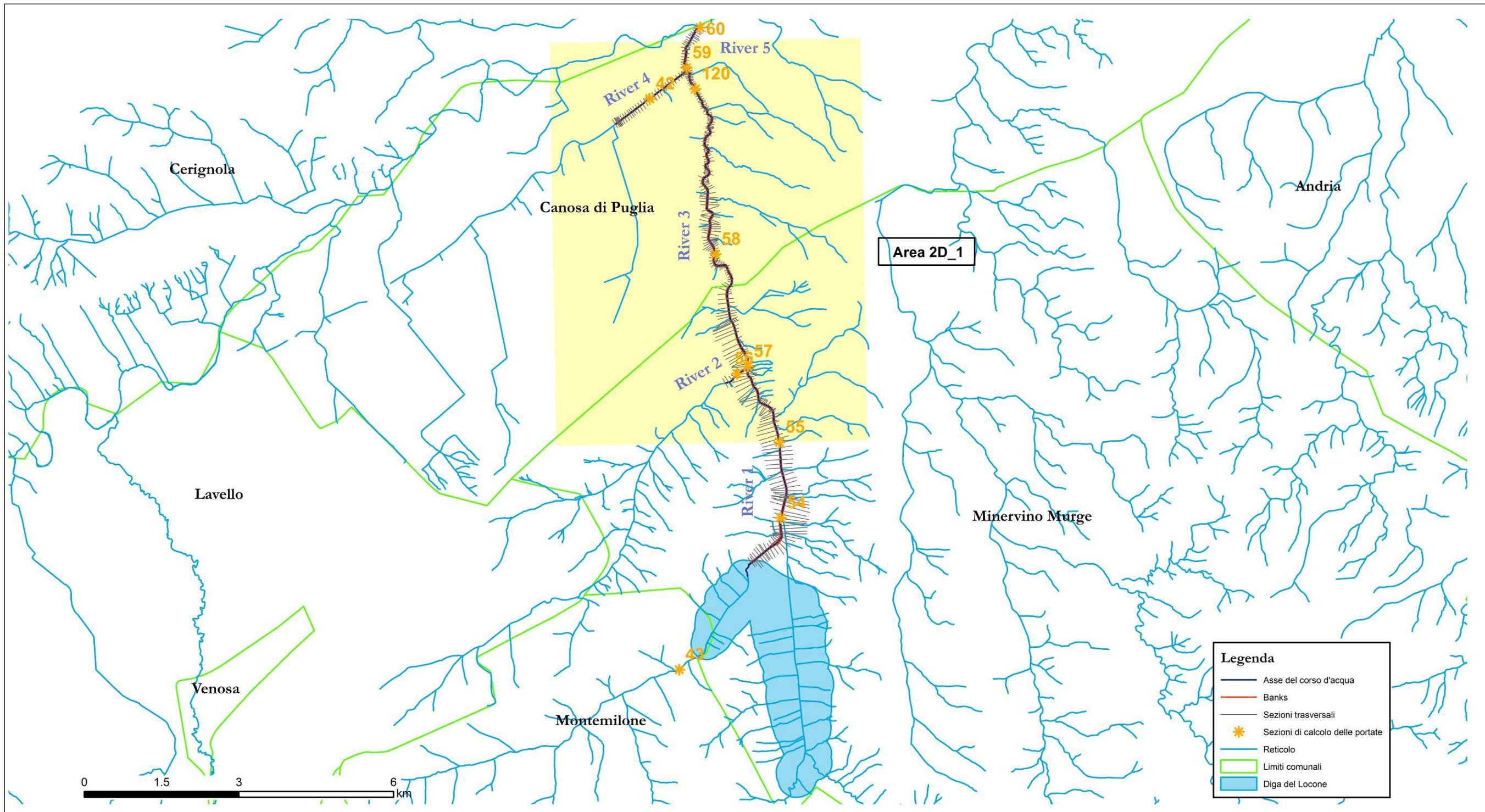


Figura 5.26 - Rappresentazione cartografica delle aree di studio bidimensionale (in giallo) e delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) dell'Ofanto 03b_v

5.8.4 Schematismo idraulico

Il tratto di analisi è stato studiato attraverso una modellistica di tipo monodimensionale, considerando come condizione al contorno di valle il livello idrico derivante dalle risultanze dell'applicazione del modello HEC-RAS sul tratto Ofanto 03a in corrispondenza della confluenza (sezione n. 8870.7949 del tratto OF03a). Dall'applicazione della modellistica monodimensionale i deflussi risultano morfologicamente contenuti per quasi tutto il tratto analizzato (Allegato 5.8.1). Gli unici tratti non contenuti sono quelli in corrispondenza dei due affluenti in sinistra idraulica ("River 2" e "River 4" in figura 5.26).

E' stata quindi applicata anche una modellistica di tipo 1D-2D a partire dalla sezione n. 2401.113 del River 1.

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. Il modello bidimensionale ed i risultati sono riportati rispettivamente in [ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF03b_valle\TUFILOW] e in [ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF03b_valle\OUTPUT_2D]. La rappresentazione complessiva delle aree di allagamento è riportata nella tavola 5.8.2 in termini di tiranti idrici con tempo di ritorno di 200 anni.

ID	Ragione	Esposto	Priorità	Codice modello 2D	Allegato Risultanze 2D
1	Esondazione; confluenza	Agro	0.5	Locone_2	5.8.2

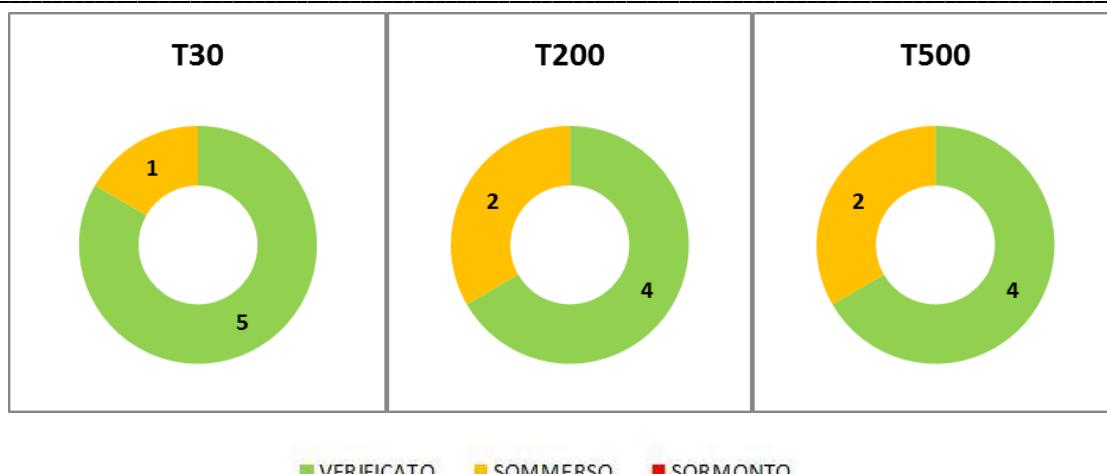
- Con riferimento all'area avente identificativo **n. 1** sono state adottate come condizioni al contorno di monte lungo l'asta principale l'idrogramma di piena della sezione di chiusura n. 55 ed in corrispondenza degli affluenti in sinistra idraulica l'idrogramma di piena della sezione di chiusura n. 56 e n. 42 sul ramo secondario. L'idrogramma della sez. n. 56 è stato sfasato di circa 18 minuti, l'idrogramma della sezione n. 42 di 1 ora e 30 minuti al fine di consentire a valle delle confluenze la simultaneità degli idrogrammi rispetto all'idrogramma del ramo principale. Come condizione di valle, è stata considerata la pendenza del suolo. I risultati della modellistica bidimensionale sono da considerarsi fino alla sezione di chiusura n. 59. Per quanto riguarda invece il tratto a valle della sezione di chiusura n. 59, poiché questo interferisce con il corso d'acqua principale (tratto denominato "OF03a"), la confluenza è stata studiata nel modello bidimensionale del corso d'acqua principale (paragrafo 5.6.4, modello 2D OF03a_2).

5.8.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

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

Per portate con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, 4 attraversamenti su 6 risultano sempre verificati.

Risulta dunque necessario l'adeguamento o la predisposizione di sistemi di allerta per 2 attraversamenti.



Attraversamento	Regime		
	T30	T200	T500
Ofanto 03b_v			
OF00000031SL	verificato	verificato	verificato
OF00000129NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000130NC (SL)	sommerso	sommerso	sommerso
OF00000103SP	verificato	sommerso	sommerso
OF00000134NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000165SS	verificato	verificato	verificato

5.8.6 Criticità urbane / produttive

Il torrente Locone non presenta criticità con il tessuto urbano e industriale. Gli unici elementi a rischio sono aree a vocazione agricola, coltivate a seminativo, frutteto o vigneto.

5.9 OF03c – CANALE CAVALLARO

5.9.1 Descrizione geografica e morfologica

Il tratto di reticolo oggetto di studio, è un affluente in destra idraulica del fiume Ofanto e negli schematismi a seguire è indicato con la sigla OF03c. In corrispondenza della confluenza con l'asta principale del fiume Ofanto, sottende un bacino idrografico di circa 148 km².

Il tratto esaminato si estende per circa 36 km, a partire dai pressi della Masseria Giorgio, nel territorio comunale di Minervino Murge, sino alla confluenza con il fiume Ofanto, nel territorio comunale di Canosa di Puglia.

Dal punto di vista morfologico, il corso d'acqua alterna tratti canalizzati e sistemati, a tratti naturali, con sezioni che, nella parte più a monte del bacino, si presentano abbastanza incise, mediamente large 40-50 m con profondità variabili tra i 3 e gli 8 m, mentre, proseguendo verso valle subiscono un notevole appiattimento.

In prossimità della *Nuova cava di tufo* (toponimo riportato sulla carta IGM 1:25000) per circa 5 km, sino alle *Cave di pietra*, il corso d'acqua prende il nome di *Canale Cavallaro* e si presenta sistemato, con sezione trapezia, larga in sommità mediamente 12 m e profonda circa 3 m, con sponde e fondo rivestiti in calcestruzzo. Successivamente ritorna ad essere un alveo naturale, poco inciso, sino alla SP143, a valle della quale, prende la denominazione di *Canale della Piana delle Murge* e si presenta, per circa 4 km, sino a circa 200 m dalla confluenza con il fiume Ofanto, a sezione trapezia con base inferiore, in media, di 5 m ed altezze di circa 3 m, con sponde e fondo rivestiti in cls.

5.9.2 Scabrezza

L'uso del suolo delle aree contigue al corso d'acqua è quasi in prevalenza dedicato alle aree a pascolo naturale, ai seminativi semplici, vigneti e uliveti, con aree minori interessate da boschi di conifere e da cespuglieti, siti nella parte più a monte del corso d'acqua.

Al fine di evidenziare la variabilità della resistenza al flusso nell'alveo oggetto di studio, si riportano di seguito delle immagini degli usi del suolo prevalenti presenti nel bacino. In particolare, secondo i dettami del capitolo III, si è assunto per i seminativi un indice di Manning $n=0.04$, per i boschi di conifere un valore pari a 0.12, un valore pari 0.03 per le aree a pascolo naturale, un indice di Manning pari a 0.05 per i cespuglieti.

5.9.3 Portate

La portata a monte della confluenza con il fiume Ofanto, con tempo di ritorno di 200 anni, è pari a circa 147 m³/s. I coefficienti udometrici lungo il corso d'acqua assumono un andamento che segue la legge di potenza, con valori compresi tra 0.7 e 1.95, come riportato nella figura seguente.

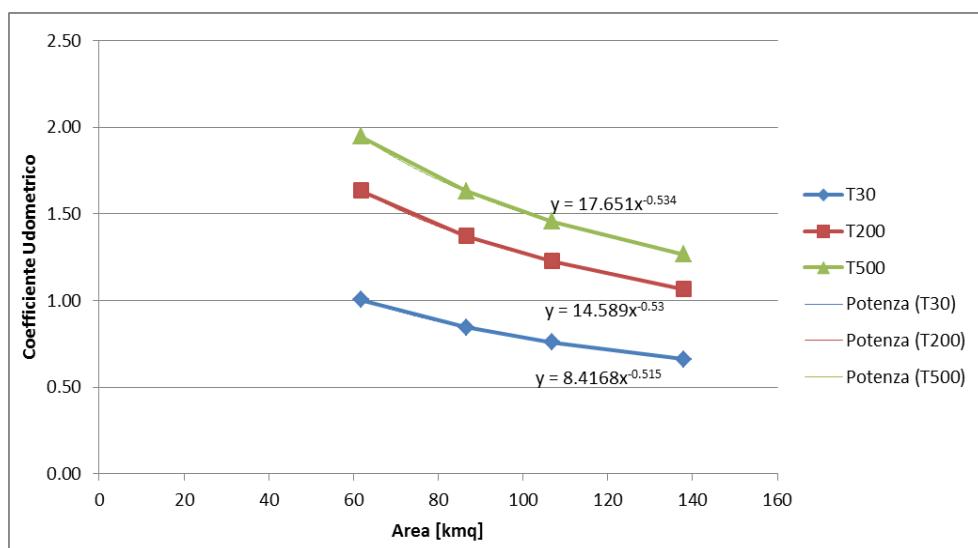


Figura 5.27 - Andamento del coefficiente udometrico del tratto di fiume Ofanto OF03c



Boschi di conifere e cespuglietti in prossimità della sezione 29086.432 - OF03c



Aree a pascolo naturale a valle della sezione 26214.658 - OF03c



Aree a pascolo naturale e seminativi a valle della sezione 18851.129 - OF03c



Tratto canalizzato e vigneti in destra e sinistra idraulica a valle della sezione 15476.109 OF03c – Canale Cavallaro



Tratto canalizzato e reti stradali in destra e sinistra idraulica a valle della sezione 1630.52 OF03c – Canale della Piena della Murgia

CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE DELL'OF03c															T 30		T 200		T 500		INSERIMENTO	
Basin	Area [kmq]	Zmean	Zmax	Zmin	im [m/m]	iv [m/m]	L [km]	Ltot [km]	Lca [km]	tL [h]	CN	Urban [%]	zona	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	station	river	
68	61.71	458.92	667.69	237.41	0.02	0.09	19.59	64.81	6.54	2.70	69	4.16	4	61.92	1.00	100.92	1.64	120.14	1.95	30634.94	OF03c	
121	86.60	408.45	667.69	189.48	0.02	0.09	23.57	91.12	8.01	3.20	71	4.71	4	73.27	0.85	118.86	1.37	141.28	1.63	17128.45	OF03c	
122	106.87	373.30	667.69	143.61	0.02	0.09	29.37	113.21	9.28	3.56	71	5.07	4	81.10	0.76	131.14	1.23	155.76	1.46	11539.24	OF03c	
123	138.01	346.44	667.69	74.93	0.02	0.09	36.52	148.86	11.56	4.04	71	4.57	4	91.42	0.66	147.23	1.07	174.72	1.27	4839.715	OF03c	

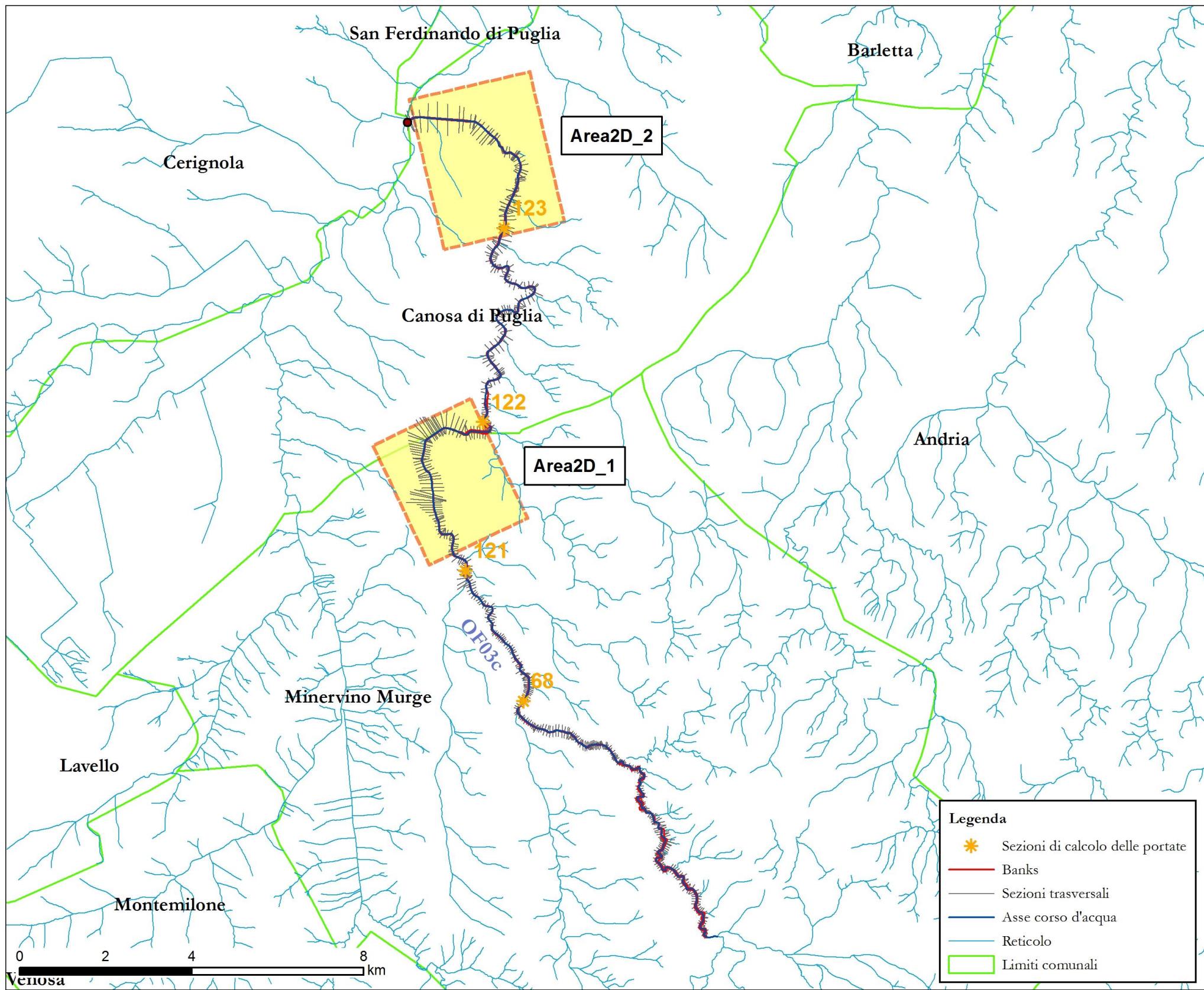


Figura 5.28 - Rappresentazione cartografica delle aree di studio bidimensionale (in giallo) e delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) del fiume Ofanto OF03

5.9.4 Schematismo idraulico

La modellazione idraulica monodimensionale ha evidenziato come i deflussi idrici risultino, lungo gran parte del corso d'acqua, morfologicamente contenuti ad eccezione di un breve tratto lungo il *Canale Cavallaro*, in località Cefalicchio, e di quello poco più a monte della confluenza con l'asta principale del Fiume Ofanto, lungo il *Canale della Piana delle Murge*.

In tali aree, pertanto, si è resa necessaria l'implementazione di modelli bidimensionali, al fine di valutare l'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, il cui modello e risultati sono riportati rispettivamente in [ALL_5_MODELLI_IDRAULICI\OF03c\TUFLOW\OF03c_1; ALL_5_MODELLI_IDRAULICI\OF03c\TUFLOW\OF03c_2] e in [ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF01a\OUTPUT_2D\OF03c_1; ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF01a\OUTPUT_2D\OF03c_2]. La rappresentazione complessiva delle aree di allagamento è riportata nelle tavole 5.9.4 e 5.9.5 in termini di tiranti idrici con tempo di ritorno di 200 anni.

ID	Ragione	Esposto	Priorità	Codice modello 2D	Allegato Risultanze 2D
1	Insufficienza del canale e rappresentazione non corretta della morfologia	Agro; Infrastrutture viarie	0.5	OF03c_1	5.9.4
2	Insufficienza del canale e rappresentazione non corretta della morfologia	Agro; Infrastrutture viarie	1	OF03c_2	5.9.5

Per lo studio della propagazione dell'onda di piena lungo il corso d'acqua, si sono adottatati dei modelli geometrici del tipo mono-bidimensionale (1D-2D), distinguendo il campo di funzionamento monodimensionale nelle porzioni definite all'interno delle sponde dell'alveo, da quello bidimensionale valido nelle aree circostanti.

Nel primo dominio di studio (**Area2D_1**) è stata analizzata la propagazione dei deflussi lungo il *Canale Cavallaro*, nel tratto che si estende nel territorio comunale di Minervino Murge, a partire dalla Masseria Tedeschi, per circa 4 km.

Sulla base dei dati topografici al suolo derivanti dai rilievi LIDAR, si è costruita una griglia con celle di calcolo quadrate di lato pari a 2 m, caratterizzate dall'informazione altimetrica e dalla scabrezza fissata in base all'uso del suolo. Il profilo delle sezioni lungo il canale, nel campo monodimensionale, è stato sempre ricavato dai dati LIDAR, ed è stato assegnato un valore di scabrezza di Manning pari a 0.03 s/m^{1/3} considerando che il canale è in cls con tratti interessati da vegetazione.

Con riferimento alle condizioni al contorno, è stato assegnato l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 121 e come condizione di valle, la condizione di moto uniforme, definita dalla pendenza al fondo del corso d'acqua.

Nel secondo dominio di studio (**Area2D_2**) si sono analizzati i deflussi del *Canale della Piana delle Murge*, nel tratto che, a partire da poco più a monte della S.P.143, giunge, dopo circa 4 km, sino alla confluenza con l'asta principale del Fiume Ofanto, attraversando il territorio comunale di Canosa di Puglia.

Sulla base dei dati topografici al suolo derivanti dai rilievi LIDAR, si è costruita una griglia con celle di calcolo quadrate di lato pari a 8 m, caratterizzate dall'informazione altimetrica e dalla scabrezza fissata in base all'uso del suolo.

Nel modello geometrico sono stati implementati il canale delle Murge ed un tratto, di circa 4 km, del fiume Ofanto, ove il suddetto canale confluisce. Il profilo delle sezioni nel campo monodimensionale, lungo entrambi i corsi d'acqua, è stato ricavato dai dati LIDAR, ed è stato assegnato un valore di scabrezza di Manning sulla base delle condizioni in cui si presentano attualmente gli alvei.

Nel dettaglio si è assegnato un valore pari a $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$ lungo il canale, considerando che le sponde ed il fondo dello stesso sono rivestite in cls e che è presente, a tratti, vegetazione; mentre lungo il fiume Ofanto è stato assegnato un valore pari a $0.04 \text{ s/m}^{1/3}$ considerata la presenza diffusa di vegetazione.

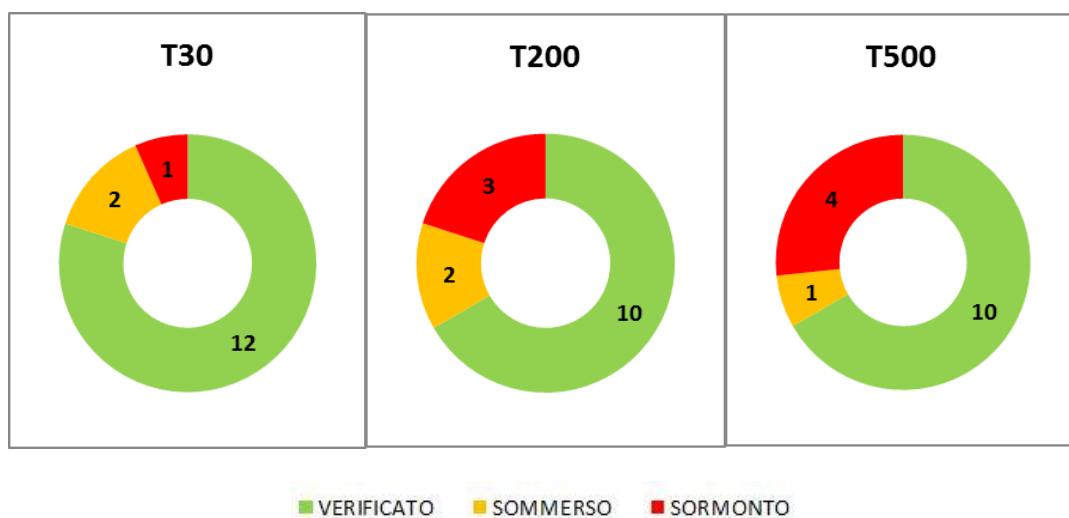
Con riferimento alle condizioni al contorno, è stato assegnato l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 123 e come condizione di valle, il livello idrico, nel Fiume Ofanto, relativo alla sezione di confluenza, rinveniente dal modello idraulico bidimensionale del tratto denominato OF04. Nel dettaglio con riferimento ai tre tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, i livelli idrici assunti sono pari a 54.5, 55.0 e 55.5 m s.l.m..

5.9.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

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

Per portate con tempi di ritorno di 30 anni, 3 attraversamenti su 15 risultano essere insufficienti, mentre, per portate aventi tempi di ritorno di 200 e 500 anni, gli attraversamenti insufficienti sono pari a 5.

Risulta dunque necessario l'adeguamento o la predisposizione di sistemi di allerta per cinque attraversamenti, essendo la portata di 200 anni quella di riferimento per la sicurezza idraulica.



Attraversamento	Regime		
	T30	T200	T500
Ofanto 03c			
OF00000076FV	verificato	verificato	verificato
OF00000077FV	verificato	verificato	verificato
OF00000078FV	verificato	verificato	verificato
OF00000112SP	sormonto	sormonto	sormonto
OF00000114SP	sommerso	sormonto	sormonto
OF00000115SP	verificato	verificato	verificato
OF00000167SS	verificato	verificato	verificato
OF00000168SS	verificato	sormonto	sormonto
OF00000169SS	verificato	verificato	verificato
OF00000126NC	verificato	verificato	verificato
OF00000132NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000133NC (SL)	verificato	verificato	verificato
OF00000135NC (SL)	sommerso	sommerso	sormonto

OF00000136NC (SL)	verificato	sommerso	sommerso
OF00000139NC (SL)	verificato	verificato	verificato

5.9.6 Criticità urbane / produttive

Le risultanze delle modellazioni idrauliche hanno evidenziato che lungo il tratto di monte del reticolo, ove i deflussi sono morfologicamente contenuti, sono interessate dalle piene principalmente aree agricole, a pascolo naturale e cespuglieti; in località *Chiesa della Croce*, come da toponimo IGM, è interessata un'area estrattiva e più a valle, parte della strada SP143 risulta sormontata, sia lungo il tratto che attraversa il canale Cavallaro sia quello che attraversa il Canale della Piena delle Murge.

A valle dell'attraversamento della ferrovia Barletta-Spinazzola si riscontra l'interssamento di un insediamento industriale in sinistra idraulica. Nelle aree prossime alla confluenza con il Fiume Ofanto risultano coinvolte dall'onda di piena insediamenti industriali, parte dell'impianto di depurazione e della SP143 che costeggia in destra idraulica il canale.

5.10 OF04 - TORRENTE TITTADEGNA

5.10.1 Descrizione geografica e morfologica

Il Torrente Tittadegna, negli schematismi a seguire indicato con la sigla OF04, alla sezione di chiusura n. 72, sottende un bacino idrografico complessivo di circa 288 km². Il tratto esaminato costituisce uno dei principali affluenti che, in destra idraulica, alimentano il corso principale del fiume Ofanto. Ha carattere prevalentemente torrentizio ad andamento stagionale e si compone di due aste confluenti, nei pressi della C. Monterisi, in agro di Barletta, alla sezione di chiusura n. 71 (Fig. 5.30). Il tronco in sinistra idraulica, OF04_A, si estende per circa 26 km a partire dalla prima sezione, la sez. n. 26460.72, sino all'ultima sezione, la sez. n. 142.9322, solcando da monte verso valle aree ricomprese nei comuni di Andria e Barletta e solo per un breve tratto nel comune di Canosa di Puglia. I primi due comuni sono gli stessi ad essere interessati dal passaggio delle acque che fluiscono, per altri 26.7 km circa, lungo il corso dell'asta in destra idraulica, l'OF04_B, del T. Tittadegna, dalla sez. n. 26907.83 alla sez. n. 165.4623 (si veda lo schematismo monodimensionale). Superata la confluenza tra l'OF04_A e l'OF04_B, l'asta OF04_C prosegue per poco più di 1.8 km, dalle sez. n. 1904.214 alla sez. n. 38.48113, sino all'immissione delle acque complessivamente raccolte, nel canale deviatore del vallone Tittadegna, a circa 2 km dalla foce del fiume Ofanto. Si tratta di alvei prevalentemente naturali con sezioni in gran parte definite da sponde ricoperte di vegetazione, estese qualche decina di metri e con pendenze dell'ordine del 1 – 2 % e profondità alquanto variabili. Le piane alluvionali si estendono per qualche centinaio di metri. Prevalgono aree a pascolo naturale, praterie e inculti che si alternano principalmente ad uliveti, seminativi semplici in aree non irrigue, vigneti e frutteti, con più rari boschi di conifere e cespuglieti. Per tutto il suo percorso il torrente è caratterizzato dall'assenza di aree urbane ad elevata densità abitativa. L'asta in destra idraulica del torrente in esame incontra nel suo sviluppo numerose aree estrattive.

5.10.2 Scabrezza

o OF04_A

La parte apicale dell'alveo del tratto OF04_A, dalla sez. 26460.699 alla sez. 25038.699, è adibita esclusivamente a seminativi semplici non irrigui ($n_{norm} = 0.04$). Nelle zone limitrofe prevalgono aree a pascolo naturale ($n_{norm} = 0.03$) in destra e sinistra idraulica, mentre alla sinistra idraulica delle sezioni comprese tra la 25594.5 e la 25153.5, si estende un appezzamento destinato a vitigni ($n_{norm} = 0.100$). Proseguendo a valle del tratto in esame, tra la sez. n. 24951.4 sino alla sez. n. 18297.6, lungo l'impluvio si alternano vigneti, uliveti ($n_{norm} = 0.06$), aree a pascolo, seminativi semplici non irrigui, cespuglieti e arbusteti ($n_{norm} = 0.05$), e qualche frutteto ($n_{norm} = 0.06$). A valle della strada interpoderale per Petrone in località San Domenico, come da toponimo I.G.M., in sinistra e destra idraulica delle sezioni 20778.9 e 20723.801, insistono alcune case sparse mentre in corrispondenza delle sez. n. 19151 e 19075.801 si rinvie, oltre ad alcune case sparse (tessuto residenziale sparso - $n_{norm} = 0.100$), un insediamento produttivo agricolo ($n_{norm} = 0.1$). Lungo il tratto incluso tra le sez. 18252.1 e la 17070.9 il corso d'acqua è occupato e limitrofo prevalentemente ad aree a pascolo, boschi di conifere ($n_{norm} = 0.15$), seminativi non irrigui, vigneti ed un insediamento produttivo agricolo tra la sez. 17906.801 e la sez. 17861.4. Proseguendo verso valle, il canale naturale continua a lambire in sinistra e destra idraulica aree a pascolo, uliveti, vigneti, pascoli naturali, praterie e inculti, poche case sparse ed insediamenti produttivi.

o OF04_B

In agro del comune di Andria, il tratto di monte dell'asta in destra idraulica del Torrente Tittadegna, attraversa seminativi non irrigui, aree a pascolo naturale, pascoli e prati alberati. Un'area estrattiva ($n_{norm} = 0.12$) interessa l'estremità sinistra delle sezioni 25793.4 e 25761.801. L'alveo delle sezioni comprese tra la 25193.801 e la 25035.199 passa da superfici a pascolo naturale a superfici a copertura erbacea densa ($n_{norm} = 0.035$), vigneti e uliveti, mentre l'estremità destra delle stesse interessa in parte un insediamento commerciale ($n_{norm} = 0.200$). Il corso d'acqua prosegue così lambendo ancora terreni ad uso prevalentemente agricolo ed interessando, in diversi casi, reti stradali e spazi accessori ($n_{norm} = 0.020$) come accade tra la sez. 24318.801 e la sez. 24270.699, oltre a qualche insediamento produttivo agricolo e sistemi culturali e particellari complessi ($n_{norm} = 0.037$), tra le sez. 18905.6 e 18799.199. In destra e sinistra idraulica a partire dalla sez. 17047.6 sino alla sez. 15508, le superfici adiacenti l'impluvio

sono occupate da aree a ricolonizzazione naturale ($n_{norm} = 0.100$). In località Masseria Iannuzzi, nel comune di Andria, in particolare, in destra idraulica delle sezioni che vanno dalla 8267.1602 alla 8110.8799 e poco più a valle della località Tufare, nel comune di Barletta, tra la sez. 5646.9302 e la sez. 5476.1401, a monte della SP189 e della Via Vecchio Tratturo, si estendono ulteriori cave estrattive. Lungo la sinistra idraulica del tratto compreso tra la sez. 3742.51 e la sez. 3608.78, adiacente al corso d'acqua, la superficie è occupata da villette classificate, nello strato informativo dell'uso del suolo, come tessuto residenziale sparso.

o **OF04_C**

Superata la confluenza delle due aste OF04_A e OF04_B, lungo l'asta OF04_C, continuano ad alternarsi vigneti, seminativi semplici non irrigui, uliveti, aree a pascolo naturale, praterie, inculti, reti stradali e spazi accessori e reti ferroviarie.

Nelle immagini a seguire è possibile avere rapida contezza della resistenza al flusso negli alvei oggetto di analisi. In particolare, si è assunto, per i seminativi in aree non irrigue, un indice di Manning $n=0.04$, per gli uliveti $n=0.06$, per le aree a pascolo naturale $n=0.03$, per le i boschi di conifere $n=0.15$, per gli insediamenti produttivi agricoli e per il tessuto residenziale sparso $n=0.100$, per i frutteti $n=0.06$, per i cespuglieti e arbusteti $n=0.05$, per le reti stradali e spazi accessori ($n_{norm} = 0.020$), per le reti ferroviarie comprese le superfici annesse $n=0.033$, per i sistemi culturali e particellari complessi $n=0.037$. All'interno dell'alveo naturale, confinato e delimitato dai banks, si è assegnato un valore del coefficiente di Manning cautelativamente non inferiore ad $n = 0.035$ ($n_{norm} = 0.03$ - *fiumi e torrenti*), inteso che l'alveo è l'insieme dei canali, delle barre e delle isole, ove presenti, e che il suo limite coincide con il cosiddetto livello ad alveo pieno, cioè quel livello idrometrico associato alla massima portata che può essere contenuta in alveo senza il verificarsi di fenomeni di esondazione oltre le sponde.

5.10.3 Portate

La portata alla sezione ultima di chiusura, la n. 72, del bacino idrografico complessivo del Torrente Tittadegna, assunto, quale riferimento, un tempo di ritorno di 200 anni, è pari a circa 457.89 m^3/s . I coefficienti udometrici lungo il corso del torrente assumono valori compresi tra 1.3 e 3.5.

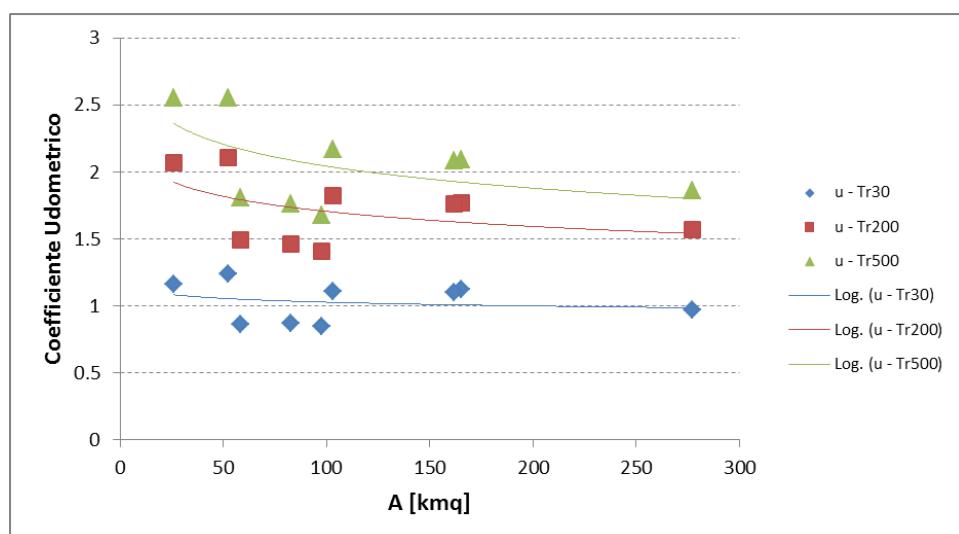


Figura 5.29 - Andamento del coefficiente udometrico del Torrente Tittadegna



- 1.Seminativi semplici in aree non irrigue
- 2.Pascoli naturali, praterie e inculti
- 3.Vigneti

tratto OF04_A
in corrispondenza delle sez.
comprese tra la 25282.199 e la
25067.7



- 1.Uliveti
- 2.Pascoli naturali, praterie e inculti
- 3.Vigneti

tratto OF04_A
a valle della sez. 24951.4



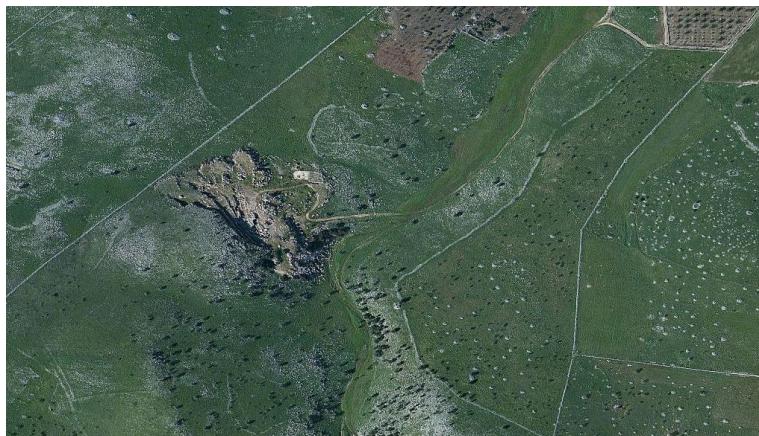
Uliveti
tratto OF04_A
a valle della SP43 e della sez.
22466.5



Case sparse
tratto OF04_A
in corrispondenza della sez.
19910.801



1.Uliveti
2.Canale naturale
3.Vigneti
tratto OF04_A
in corrispondenza della sez. 13947.2



Area estrattiva
tratto OF01_B
tra le sez.ni 25793.4 – 25761.801



1.Insediamento commerciale
2.Aree a pascolo naturale, prati e pascoli
tratto OF01_B
a valle della sez. 1570.976



1.Reti stradali e spazi accessori
2.Uliveti
3.Vigneti
tratto OF01_B
in corrispondenza della sez. 24303.5



Aree estrattive

tratto OF01_B
tra le sez. 5646.9302 e 5476.1401



- 1.Reti stradali e spazi accessori
- 2.Uliveti
- 3.Vigneti

tratto OF01_B
in corrispondenza della SS16 alle
sez. 1182.5601 e 1124.59

CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE OF04 - TORRENTE TITTADEGNA																T 30			T 200			T 500			INSERIMENTO		
Basi n	Area [kmq]	Zmean	Zmax	Zmin	im [m/m]	iv [m/m]	L [km]	Ltot [km]	Lca [km]	tL [h]	tC [h]	D	CN	Urban [%]	zona	IdBasTot	Qmax [mc/s]	Vmax [mc]	u	Qmax [mc/s]	Vmax [mc]	u	Qmax [mc/s]	Vmax [mc]	u	station	river
71	277.05	265.86	667.28	14.7	0.01	0.06	45.12	299.79	15.31	8.72	14.53	1.125	72	8.06	4	TITTA	269.77	17048466	0.97	434.23	27073280	1.57	516.79	32039552	1.86	1904.214	OF04_C
72	287.78	256.88	667.28	2.54	0.01	0.06	47.34	312.53	16.35	8.88	14.80	1.117	73	7.86	4	TITTA	284.44	18262935	0.99	454.56	28805510	1.58	540.04	34016750	1.88	nd	nd
73	165.37	249.43	667.28	20.33	0.02	0.06	43.56	177.10	13.50	7.98	13.3	1.134	75	10.43	4	TITTA	184.19	10587182	1.11	291.71	16541617	1.77	345.38	19476178	2.09	2498.075	OF04_A
74	25.56	126.17	230.74	36.49	0.01	0.04	15.48	26.36	5.44	3.75	6.25	1.142	79	17.79	4	TITTA	51.38	1384650	2.01	80.85	2148567	3.16	95.49	2524270	3.74	nd	nd
75	161.93	253.86	667.28	33.34	0.02	0.06	41.40	173.07	11.97	7.79	12.98	1.134	74	10.6	4	TITTA	178.39	10037782	1.10	284.39	15790775	1.76	337.54	18632124	2.08	7004.526	OF04_A
76	52.45	451.56	667.28	197.1	0.02	0.09	22.86	59.33	8.55	4.74	7.90	1.129	68	4.56	4	TITTA	65.11	2283313	1.24	110.67	3808565	2.11	133.79	4577410	2.55	26460.723	OF04_A
77	102.92	331.36	667.28	79.83	0.02	0.07	34.35	110.61	11.57	6.74	11.23	1.119	71	4.98	4	TITTA	113.64	5584271	1.11	185.87	8997578	1.81	222.02	10696831	2.17	20050.936	OF04_A
108	25.81	461.03	615.89	248.66	0.02	0.09	15.87	25.15	6.24	3.88	6.47	1.148	63	1.03	4	TITTA	29.91	873708	1.16	53.57	1534444	2.08	65.93	1874159	2.55	26907.83	OF04_B
109	58.54	397.46	615.89	226.94	0.02	0.09	17.40	62.75	5.97	7.11	11.85	1.112	64	4.87	4	TITTA	50.53	2674333	0.86	87.27	4525272	1.49	106.03	5463343	1.81	23363.557	OF04_B
110	82.92	350.27	615.89	153.68	0.02	0.08	24.53	87.62	8.39	8.20	13.67	1.078	67	5.45	4	TITTA	72.61	4381227	0.87	121.55	7208550	1.47	146.25	8626579	1.76	21742.37	OF04_B
124	97.81	321.73	615.89	91.08	0.02	0.07	30.52	105.34	10.89	9.07	15.12	1.083	68	4.9	4	TITTA	83.13	5524067	0.85	137.55	8993580	1.41	164.89	10727115	1.68	12975.28	OF04_B

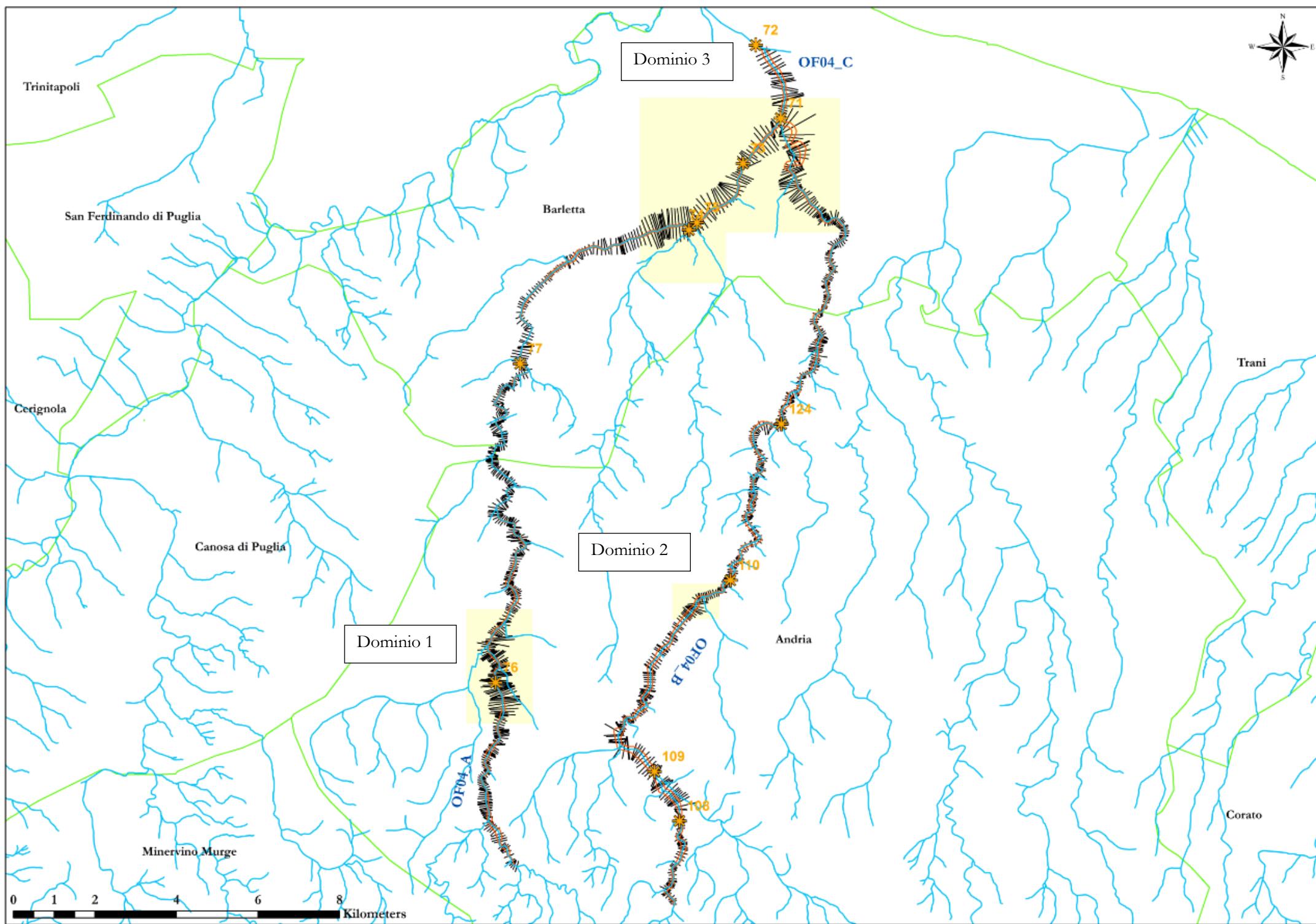


Figura 5.30 - Rappresentazione cartografica delle aree di studio bidimensionale (in giallo) e delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) del Torrente Tittadegna

5.10.4 Schematismo idraulico

Le aste oggetto di indagine, sono state studiate, per lunghi tratti, attraverso l'applicazione della sola modellistica di tipo monodimensionale, in virtù della morfologia ben definita dell'alveo, entro le quali sponde i deflussi risultano contenuti (Allegati 5.10.1, 5.10.2, 5.10.3). Si è reso di contro necessario approfondire lo studio delle grandezze idrodinamiche della corrente, con modellazione di tipo bidimensionale, ove si è verificata l'insufficienza delle sezioni trasversali al compluvio a confinare i deflussi entro le sponde ed in corrispondenza della confluenza tra l'asta OF04_A e l'asta OF04_B.

Il primo dominio modellato bi-dimensionalmente, Area_2D_1 (Allegato 5.10.4), è incluso tra la sez. n. 22390.395, sezione nella quale è inserita la forzante idrologica, in prossimità della località Montegrosso, e la sez. di uscita, n. 19150.951, poco più a valle dell'intersezione con la SP231. Si tratta di un tratto dell'asta sinistra del Torrente Tittadegna.

Il secondo dominio della modellazione bidimensionale, Area_2D_2 (Allegato 5.10.5), è compreso, lungo l'asta destra del Torrente Tittadegna, tra la sezione di ingresso e di applicazione dell'idrogramma di piena, la sez. n. 18081.635, e la sez. n. 16712.291, di uscita del modello.

Il terzo ed ultimo dominio analizzato con modello bidimensionale interessa la zona di confluenza tra le due aste sinistra e destra del Torrente in esame.

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. Il modello bidimensionale ed i risultati sono riportati rispettivamente in [ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\OF04\TUFLOW] e in [ALL_5_MODELLI_IDRALUCI\ OF04\OUTPUT_2D]. Le rappresentazioni complessive delle aree di allagamento sono riportate nelle tavole allegate, 5.10.4, 5.10.5 e 5.10.6, in termini di tiranti idrici con tempo di ritorno di 200 anni.

ID	Ragione	Esposto	Priorità	Codice modello 2D	Allegato Risultanze 2D
1	Esondazione;	Agro, SC35, SP231, Case sparse	0.5	Tittadegna Area_2D_1	5.10.4
2	Esondazione	SS98, SP30, Case sparse	0.5	Tittadegna Area_2D_2	5.10.5
3	Confluenza	SS93, Insediamento commerciale, Case sparse	0.5	Tittadegna Area_2D_3	5.10.6

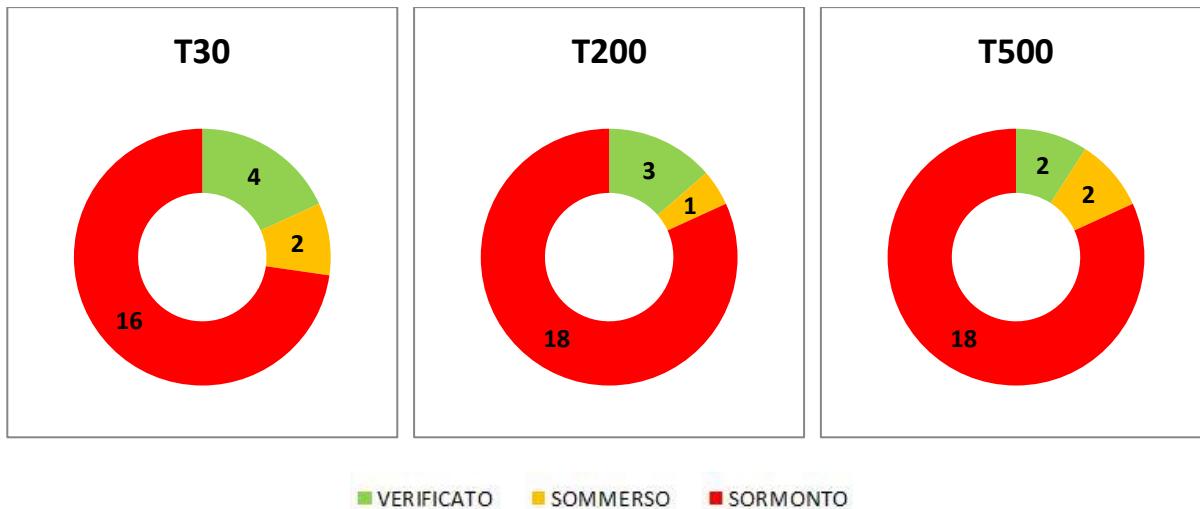
- Con riferimento al primo dominio modellato bidimensionalmente, **AREA_2D_1**, è stata adottata come condizione al contorno di monte, lungo l'asta sinistra del Torrente Tittadegna, l'idrogramma di piena della sezione di chiusura n. 76. Come condizione al contorno di valle, è stata considerata la pendenza del suolo.
- Con riferimento al secondo dominio bidimensionale, **AREA_2D_2**, è stata adottata come condizione al contorno di monte, lungo l'asta destra del Torrente Tittadegna, l'idrogramma di piena della sezione di chiusura n. 110, mentre, come condizione al contorno di valle si è assunta la pendenza del suolo.
- Con riferimento al terzo dominio bidimensionale, **AREA_2D_3**, sono state adottate come condizioni al contorno di monte, lungo l'asta sinistra del Torrente Tittadegna, l'idrogramma di piena della sezione di chiusura n. 75, mentre, lungo l'asta destra, si è adottato, come forzante idrologica, l'idrogramma di piena della sezione di chiusura n. 124. A valle della confluenza, in corrispondenza della sezione di uscita del modello, è stata considerata la pendenza del suolo.

5.10.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

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

Per portate con tempo di ritorno di 30 e 200 anni, rispettivamente due ed uno sono i soli attraversamenti verificati sui 16 complessivamente esaminati.

Risulta dunque necessario l'adeguamento o la predisposizione di sistemi di allerta per tutti i restanti.



attraversamento	regime		
	T30	T200	T500
OF04_A			
OF00000033SL	verificato	verificato	verificato
OF00000117SP	sormonto	sormonto	sormonto
OF00000171SS	sormonto	sormonto	sormonto
OF00000036AS	verificato	verificato	sommerso
OF00000120SP	sormonto	sormonto	sormonto
OF00000176SS	sommerso	sormonto	sormonto
OF00000138NC (SP)	verificato	sommerso	sommerso
OF00000140NC (SL)	sormonto	sormonto	sormonto
OF00000141NC (SL)	sormonto	sormonto	sormonto
OF04_B			
OF00000118SP	sormonto	sormonto	sormonto
OF00000173SS	sommerso	sormonto	sormonto
OF00000124SP	sormonto	sormonto	sormonto
OF00000037AS	sormonto	sormonto	sormonto
OF00000123SP	sormonto	sormonto	sormonto
OF00000119SP	attraversamento a raso		
OF00000121SP	attraversamento a raso		
OF00000178SS	attraversamento a raso		
OF04_C			
OF00000177SS	sormonto	sormonto	sormonto
OF00000081FV	sormonto	sormonto	sormonto
CANALE DEVIATORE TITTADEGNA			
OF00000080FV	sormonto	sormonto	sormonto
OF00000122SP	sormonto	sormonto	sormonto
OF00000175SS	verificato	verificato	verificato

5.10.6 Criticità urbane / produttive

Dalle risultanze dello studio bidimensionale dell'Area_2D_1, si evince che lungo il tratto di asta che dalla SP43 prosegue sino alla intersezione con la strada comunale SC35, Contrada Posta Palomba, le acque seguono la direzione di deflusso principale, lì dove confinate da una morfologia definita, e interessano, nelle zone pianeggianti adiacenti all'alveo, aree occupate da seminativi non irrigui, vigneti e uliveti. La prima infrastruttura ad essere coinvolta nel superamento della stessa, è la strada comunale a raso n. 35, percorrendo la quale in direzione nord-est, le acque, ostacolate dalla presenza di un muretto a secco di modesta altezza, si accumulano a monte dello stesso prima di sormontarlo e proseguire, interessando lungo il percorso, qualche casa sparsa, verso la SP231 in Contrada Palomba. In tale località strade interpoderali, uliveti, vigneti e seminativi non irrigui, sono gli unici elementi a rischio. L'attraversamento lungo la SP231, sormontato dai deflussi, risulta insufficiente al transito della portata stimata.

Nei pressi della Contrada Boscariello, come da toponimo I.G.M., (Area_2D_2), i deflussi interessano numerosi vigneti, oltre ad alcuni uliveti ed aree destinate a seminativi non irrigui, a monte della SP231, superata la quale proseguono confinati dalla morfologia definita dell'alveo, interessando boschi misti di conifere e latifoglie, seminativi ed una strada interpodale di collegamento ad un insediamento produttivo agricolo non raggiunto dalla piena. In destra idraulica al tratto esaminato le acque sono in gran parte contenute dal rilevato stradale della SP30.

I risultati dello studio bidimensionale dell'Area_2D_3, non mostrano particolari criticità, se non l'interessamento di alcune case sparse e strade locali.

5.11 OF05 – FOCE FIUME OFANTO

L'asta terminale del fiume Ofanto compresa tra il Ponte Romano, in agro di Canosa di Puglia, e la foce, negli schematismi a seguire indicata con la sigla OF05, alla sezione di chiusura posta in foce, sottende un bacino idrografico complessivo di circa 3060 km². Il tratto fluviale esaminato si estende per una lunghezza di circa 36 km ed interessa i territori comunali di Canosa di Puglia, Barletta (in destra idraulica), Cerignola, Trinitapoli e Margherita di Savoia (in sinistra idraulica). Il suo regime fluviale è marcatamente torrentizio ad andamento stagionale e risulta caratterizzato da prolungati periodi di magra con portate pressocchè nulle ai quali si alternano piene di rilevante entità. L'area direttamente connessa al tratto fluviale oggetto di studio ha un'estensione di circa 200 km² ed è interessata dalla presenza di un complesso sistema infrastrutturale ed agricolo, che ha determinato nel tempo una significativa alterazione del naturale assetto idraulico del territorio. Si tratta di un articolato sistema di opere di regimazione delle acque volte alla bonifica ed al recupero agronomico dei territori adiacenti l'asta principale, oltreché di una strategica rete di infrastrutture viarie e ferroviarie che comprende la Strada Provinciale n. 98, l'Autostrada A14, la Strada Statale n. 16 e la n. 16 bis e la linea ferroviaria Lecce-Bologna. La morfologia dell'alveo del tratto in esame è stata ripetutamente modificata dagli interventi di sistemazione idraulica succedutisi a partire dagli anni '80 con la realizzazione di argini in terra battuta e difese spondali in blocchi di calcestruzzo. Gli alvei, in diversi tratti arginati, sono prevalentemente naturali con sezioni in gran parte definite da sponde ricoperte di vegetazione, estese qualche decina di metri e con pendenze dell'ordine del 0.15 % e profondità alquanto variabili. Le piane alluvionali si estendono per qualche centinaio di metri. Lungo le aree a monte contermini all'asta in esame prevalgono vigneti, uliveti e frutteti, che proseguendo verso valle si alternano a seminativi semplici in aree irrigue e non irrigue, aree a pascolo naturale, praterie, inculti, cespuglieti e arbusteti. Tutto il percorso dell'asta fluviale esaminata è caratterizzato dalla quasi totale assenza di aree urbane ad elevata densità abitativa, mentre si rileva la presenza di alcuni insediamenti industriali/artigianali e tessuti residenziali sparsi nelle piane alluvionali dell'asta in parola ricadenti nei comuni attraversati di Canosa di Puglia, San Ferdinando di Puglia, Margherita di Savoia, Trinitapoli, Barletta.

La morfologia dei luoghi, come modificata dagli interventi di sistemazione idraulica succedutisi negli anni, e la rilevanza che il corso d'acqua ha nell'ambito dell'assetto idraulico regionale ha imposto particolare attenzione nella valutazione delle pericolosità connessa alla possibile occorrenza di eventi di piena di assegnata frequenza rendendo indispensabile il contestuale utilizzo di moderne tecniche di analisi sia nella gestione del dato topografico sia nell'utilizzo di codici idraulici a diversa complessità.

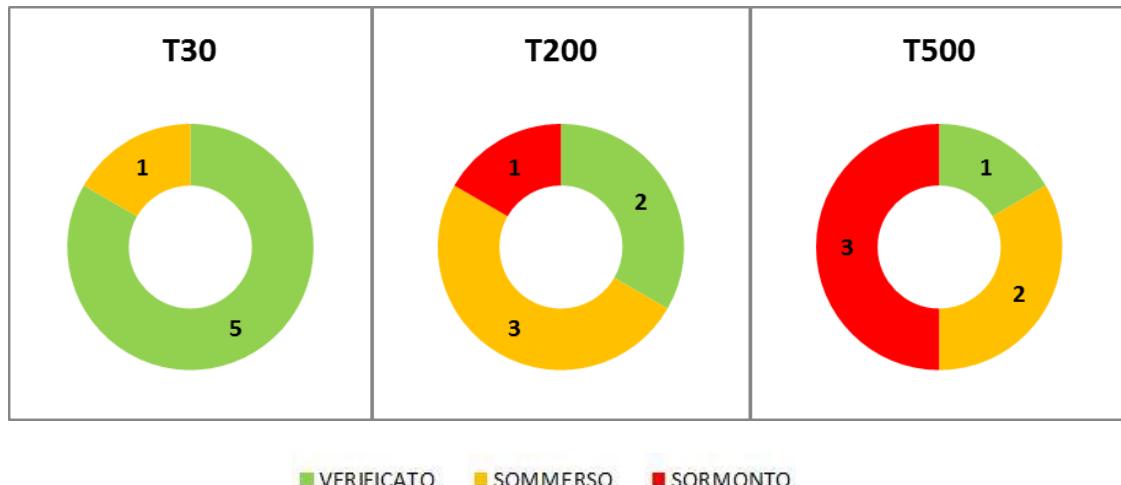
L'Autorità di Bacino della Puglia ha quindi condotto, nell'ambito delle pregresse attività istituzionali, una complessa e articolata attività di studio finalizzata a meglio comprendere le dinamiche fluviali connesse al transito di portate di piena con prefissato tempo di ritorno nell'asta terminale del fiume Ofanto. Ne consegue che, per il tratto in esame, l'individuazione delle aree a pericolosità idraulica determinate dall'eventuale esondazione del corso d'acqua, sono disponibili nel PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) attualmente vigente.

5.11.1 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

Nella tabella seguente è indicato il regime di funzionamento degli attraversamenti idraulici ubicati lungo il tratto OF05, asta terminale del fiume Ofanto, non oggetto di analisi nella presente relazione ma già studiato da questa Autorità (vedasi istruttoria richiamata al par. 5.0), relativamente alle portate stimate per tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, classificandolo in maniera schematica in sbocco non sommerso, sbocco sommerso e sormonto.

Per portate con tempo di ritorno di 30 e 200 e 500 anni, rispettivamente cinque, due ed uno sono gli attraversamenti verificati sui 6 complessivamente esaminati.

Risulta dunque necessario l'adeguamento o la predisposizione di sistemi di allerta per tutti i restanti.



attraversamento	regime		
	T30	T200	T500
OF05			
OF00000152NC (SL)	verificato	sormonto	sormonto
OF00000166SS	verificato	verificato	sommerso
OF00000035AS	verificato	sommerso	sommerso
OF00000172SS	verificato	verificato	verificato
OF00000079FV	sommerso	sommerso	sormonto
OF00000174SS	verificato	sommerso	sormonto

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

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
- 6.1.0 a – Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il Fiume Ofanto. Corografia generale
- 6.1.0 b – Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il Fiume Ofanto. Corografia generale
- 6.1.0 c – Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il Fiume Ofanto. Corografia generale



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 l'asta del Fiume Ofanto e per i suoi affluenti principali, 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 contribuente maggiore/uguale a 25 km². 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, canalizzazioni, casse di espansione o l'utilizzo di cave per la laminatione 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 bene 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, 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 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 25 km². Tale indagine è motivata dai bassi tempi di corrispondenza 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 avari coefficienti udometrici 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.

Per quanto concerne le opere di attraverso 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).³

Ogni attraversamento riconosciuto non adeguato nella presente relazione, deve essere oggetto di attenzione da parte degli Enti gestori, 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, si procede a individuarne la priorità in funzione del loro impatto socio-economico ed ambientale. A tal fine è applicata una procedura metodologica coerente con quella definita dal DPCM 28.05.2015 recante le norme per la “individuazione dei criteri e delle modalità per stabilire le priorità di attribuzione delle risorse agli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico”. L'approccio si basa sull'assegnazione di punteggi alle misure in base alla presenza, nell'area di interesse della misura, di persone a rischio diretto (persone la cui incolumità è a rischio), di beni a rischio grave (la cui rilevanza deriva dalla tipologia: edifici strategici, residenziali, produttivi/commerciali, industrie a rischio di incidente rilevante, infrastrutture di servizio, infrastrutture di comunicazione e trasporto principali e secondarie, case sparse, beni culturali, aree naturali e protette, altre strutture di interesse pubblico), al tempo di ritorno dell'evento di progetto e all'efficacia dell'intervento in termini di riduzione della classe di rischio (Tabella 6.1). L'assegnazione del livello di priorità è stata effettuata sulla base di “punteggi soglia” (Tabella 6.2), stabiliti dall'Autorità di Bacino della Puglia sulla scorta di valutazioni connesse ai valori minimi e massimi dei punteggi assegnati agli interventi oggetto di priorizzazione nel proprio territorio di competenza.

³ 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.

Tabella 6.1 - Pesi e punteggi per l'attribuzione delle priorità agli interventi strutturali individuati

CRITERIO	PESO	CLASSE	PUNTEGGIO	VALORE PESATO
Fattore integrativo	20	AA	4	20
		A	3	15
		M	1	5
		B	0	0
Persone a rischio diretto	60	>10000	7	60
		5000-10000	6	51,4
		1000-5000	5	42,8
		500-1000	4	34,2
		100-500	3	25,7
		50-100	2	17,1
		<50	1	8,5
		0 (no stima)	0	0
Beni a rischio grave	30	Edifici strategici (ospedale, scuola, municipio, ecc)	4	30
		Edifici residenziali in centro abitato		
		Edifici residenziali in nucleo abitato		
		Insediamenti produttivi/commerciali		
		Industrie a rischio incidente rilevante		
		Lifelines (elettrodotti, acquedotto, oleodotti, linee telefoniche, ecc)	3	22,5
		Linee di comunicazione principali (autostrade, strade di grande comunicazione, ferrovie principali)		
		Case sparse		
		Linee di comunicazione secondarie (strade provinciali, strade comunali, altre linee ferroviarie)		
		Beni culturali		
Frequenza evento (alluvioni/erosione costiera/valanghe)	30	Aree naturali e protette di interesse rilevante	1	7,5
		Altre strutture di interesse pubblico (es. depuratori)		
		Nessun bene a rischio grave o NO stima	0	0
		TR = 20 – 50	3	30
Classi di rischio dopo l'intervento	30	TR = 100 – 200	2	20
		TR = 300 – 500	1	10
		R1	3	30
		R2	2	20
		R3	1	10
		R4	0	0

Tabella 6.2 - "Punteggi soglia" per l'attribuzione delle priorità

PRIORITA' DEGLI INTERVENTI	
<i>Punteggio</i>	<i>Livello di priorità</i>
> 115	molto alta (AA)
100 ÷ 115	alta (A)
80 ÷ 100	critica (C)
60 ÷ 80	media (M)
<60	bassa (B)

Nella tabella 6.3 sono riportati i risultati della priorizzazione degli interventi effettuata attraverso l'applicazione della metodologia sopra enucleata.

Tabella 6.3 – Priorità degli interventi nell'ambito territoriale omogeneo "Ofanto"

Livello di priorità	Punteggio	Codice intervento	Tipo intervento
AA	147.8	3006	Realizzazione degli argini sull'Ofanto tra Ponte Romano e la foce
	117.1	3007	Sistemazione idraulica del fiume Ofanto nei pressi della stazione ferroviaria Calitri-Pescopagano
A	113.5	3002	Sistemazione idraulica del Canale della Piena delle Murge
	113.5	3003	Realizzazione di una cassa di espansione a monte del canale Tittadegna
	112.1	3012	Sistemazione idraulica del Fiume Ofanto tra le traverse di Santa Venere e Ponte Romano

6.1 Fiume Ofanto

Corografia generale: tavole 6.1.0 a, 6.1.0 b, 6.1.0 c

INTERVENTI NON STRUTTURALI CRITICITA' PER I PIANI DI EMERGENZA

INFRASTRUTTURE PUNTUALI

Comune: LIONI

OFC01. Case sparse in tessuto urbano alla sezione 12245 OF_01C (tr = 3.2 h)

OFC02. Case sparse in tessuto urbano discontinuo tra le sezioni 12087 e 11988 OF_01C (tr = 3.2 h)

OFC04. Stazione ferroviaria di Morra de Sanctis e insediamenti produttivi tra le sezioni 4709 e 4186 OF_01C (tr = 3.7 h)

Comune: CALITRI

OFC07. Stabilimenti produttivi tra le sezioni 13060 e 10010 OF_01F (tr = 7 h)

Comune: ROCCHETTA SANT'ANTONIO

OFIN02. Stazione ferroviaria di Rocchetta Sant'Antonio tra le sezioni 24787 e 23862 OF_01a (tr = 11.5 h)

Comune: MARGHERITA DI SAVOIA

OFIN07. Tessuto urbano (Loc. Cavallari), infrastrutture viarie (SS159), insediamenti industriali/commerciali, impianto di depurazione delle acque reflue urbane tra le sezioni 4904 e 425 OF_05 (tr = 19.2 h)

Comune: BARLETTA

OFIN04/05. Nucleo abitato (Loc. Fiumara), infrastrutture viarie (SS16), insediamenti industriali/artigianali tra le sezioni 4904 e 425 OF_05 (tr = 19.2 h)

INTERSEZIONI INFRASTRUTTURE VIARIE SECONDARIE

Comune: LIONI

1. OF00000021NC
2. OF00000018NC

Comune: CONZA DELLA CAMPANIA

1. OF00000025NC

Comune: CERIGNOLA

1. OF00000137NC

Comune: CANOSA DI PUGLIA

1. OF00000152NC

INTERVENTI STRUTTURALI

ADEGUAMENTO E MANUTENZIONE DELLE OPERE DI ATTRaversamento IDRAULICO

- | | |
|-----------------------|---|
| 1. OF00000064NC (FV) | PORTATA di PROGETTO: 517 m ³ /s |
| 2. OF00000011NC (SP) | PORTATA di PROGETTO: 517 m ³ /s |
| 3. OF00000012NC (SS) | PORTATA di PROGETTO: 517 m ³ /s |
| 4. OF00000017NC (SS) | PORTATA di PROGETTO: 517 m ³ /s |
| 5. OF00000033NC (SS) | PORTATA di PROGETTO: 517 m ³ /s |
| 6. OF00000065NC (FV) | PORTATA di PROGETTO: 517 m ³ /s |
| 7. OF00000047NC (FV) | PORTATA di PROGETTO: 836 m ³ /s |
| 8. OF00000028NC (FV) | PORTATA di PROGETTO: 836 m ³ /s |
| 9. OF00000027NC (SS) | PORTATA di PROGETTO: 836 m ³ /s |
| 10. OF00000073NC (FV) | PORTATA di PROGETTO: 1398 m ³ /s |
| 11. OF00000080NC (FV) | PORTATA di PROGETTO: 1398 m ³ /s |
| 12. OF00000081NC (SS) | PORTATA di PROGETTO: 1398 m ³ /s |
| 13. OF00000083NC (SS) | PORTATA di PROGETTO: 1398 m ³ /s |
| 14. OF00000035AS | PORTATA di PROGETTO: 1762 m ³ /s |
| 15. OF00000063FV | PORTATA di PROGETTO: 1482 m ³ /s |
| 16. OF00000079FV | PORTATA di PROGETTO: 1786 m ³ /s |
| 17. OF00000174SS | PORTATA di PROGETTO: 1786 m ³ /s |

3007. SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL FIUME OFANTO

Ubicazione dell'opera: Comune di Calitri

Effetti di mitigazione: Comune di Calitri

Allegato cartografico: -

L'area industriale ASI del Comune di Calitri risulta essere a potenziale rischio di alluvioni per gli eventi con tempi di ritorno pari o superiori a 30 anni. Tale area è infatti attraversata dal Fiume Ofanto che, in questo contesto territoriale, costituisce una significativa sorgente della pericolosità idraulica. Al fine di mettere in sicurezza gli insediamenti industriali/commerciali presenti, si prevede la sistemazione idraulica del Fiume Ofanto per un tratto di 2500 metri ovvero dalla sezione 13170 alla sezione 10647 dell'OF_01F. Si riportano in calce le caratteristiche geometriche del corso d'acqua per convogliare in sicurezza la portata duecentennale.

1. Sistemazione idraulica del Fiume Ofanto
Larghezza = 65 m
Pendenza = 0.005 m/m
Altezza = 4.5 m
Lunghezza = 2500 m
Q200 = 1105.5 m³/s

3012. SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL FIUME OFANTO TRA LE TRAVERSE DI SANTA VENERE E PONTE ROMANO

Ubicazione dell'opera: Comuni di Rocchetta Sant'Antonio, Candela, Melfi, Ascoli Satriano, Lavello, Cerignola, Canosa di Puglia

Effetti di mitigazione: Comuni di Rocchetta Sant'Antonio, Candela, Melfi, Ascoli Satriano, Lavello, Cerignola, Canosa di Puglia

Allegato cartografico: 6.1.0 b

A protezione della stazione ferroviaria di Rocchetta Sant'Antonio e del territorio rurale dei comuni sopra riportati, è necessaria la sistemazione idraulica del Fiume Ofanto per il tratto compreso tra le sezioni 25982 dell'OF_01a e 14 dell'OF_03. L'intervento di sistemazione deve essere progettato e realizzato sulla base dei valori di portata stimati con un tempo di ritorno pari a 200 anni. Tali valori sono compresi tra $1482 \text{ m}^3/\text{s}$ in prossimità dell'esposto OFIN02 e $1786 \text{ m}^3/\text{s}$ in corrispondenza del Ponte Romano.

3006. REALIZZAZIONE DI NUOVI ARGINI

Ubicazione dell'opera: Comune di San Ferdinando di Puglia, Trinitapoli, Barletta

Effetti di mitigazione: Comuni di San Ferdinando di Puglia, Trinitapoli, Barletta

Allegato cartografico: 6.1.0 c

Il fiume Ofanto, nei territori comunali di San Ferdinando di Puglia e Trinitapoli, attraversa aree rurali utilizzate a fini agricoli produttivi. Le esondazioni che si verificano in tali aree causano spesso notevoli danni alle colture agrarie, ai prodotti coltivati, al suolo ed all'economia del territorio. In questo contesto, la realizzazione di argini consente di contenere le piene e ridurre il rischio per le attività agricole. Le caratteristiche geometriche degli argini da realizzare devono garantire una sezione utile al deflusso della portata duecentennale il cui valore stimato è pari a $1768 \text{ m}^3/\text{s}$.

6.2 Fiumara di Venosa

Corografia generale: tavola 6.1.0 b

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

INTERSEZIONI INFRASTRUTTURE VIARIE SECONDARIE

Comune: PALAZZO SAN GERVASIO

1. OF00000087NC

Comune: VENOSA

1. OF00000103NC

6.3 **Torrente Locone**

Corografia generale: tavola 6.1.0 b

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

INTERSEZIONI INFRASTRUTTURE VIARIE SECONDARIE

Comune: MINERVINO MURGE

1. OF00000105NC
2. OF00000032SL
3. OF00000109NC
4. OF00000115NC
5. OF00000130NC

Comune: SPINAZZOLA

1. OF00000108NC

INTERVENTI STRUTTURALI

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

1. OF00000103SP

PORTATA di PROGETTO: 194 m³/s

6.4 Canale della Piena delle Murge

Corografia generale: tavola 6.1.0 b

INTERVENTI NON STRUTTURALI CRITICITA' PER I PIANI DI EMERGENZA

INFRASTRUTTURE PUNTUALI

Comune: CANOSA DI PUGLIA

OF01IN04. Infrastrutture viarie (SP143, SS98), insediamento industriale/commerciale, impianto di depurazione delle acque reflue, masseria e cava tra le sezioni 4563 e 220 OF_03c (tr = 4 h)

INTERSEZIONI INFRASTRUTTURE VIARIE SECONDARIE

Comune: CANOSA DI PUGLIA

1. OF00000136NC

Comune: MINERVINO MURGE

1. OF00000135NC

INTERVENTI STRUTTURALI

ADEGUAMENTO E MANUTENZIONE DELLE OPERE DI ATTRaversamento IDRAULICO

1. OF00000114SP PORTATA di PROGETTO: 147 m³/s
2. OF00000168SS PORTATA di PROGETTO: 147 m³/s
3. OF00000112SP PORTATA di PROGETTO: 147 m³/s

3002. SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL CANALE DELLA PIENA DELLE MURGE

Ubicazione dell'opera: Comune di Canosa di Puglia

Effetti di mitigazione: Comune di Canosa di Puglia

Allegato cartografico: -

Il territorio attraversato dal Canale della Piena delle Murge è contraddistinto dalla presenza di numerose attività economiche ed infrastrutture strategiche. Le risultanze dei modelli idraulici mostrano che tali elementi antropici possono essere interessati dal transito della portata di piena con tempi di ritorno anche inferiori a 30 anni. Questo scenario di esondazione può verificarsi per effetto dell'insufficienza idraulica del canale e delle opere di attraversamento idraulico. Al fine di ridurre il rischio idraulico, è necessario attuare la sistemazione idraulica del canale per un tratto di circa 4000 metri e compreso tra le sezioni 4476 e 220 dell'OF_03c. Contestualmente è

necessario porre in essere l'adeguamento delle opere di attraversamento identificate con i codici OF00000114SP, OF00000168SS e OF00000112SP. Si riportano in calce le caratteristiche geometriche del corso d'acqua per convogliare in sicurezza la portata duecentennale pari a $147 \text{ m}^3/\text{s}$.

1. Sistemazione idraulica del Fiume Ofanto

Larghezza = 25 m
Pendenza = 0.008 m/m
Altezza = 2 m
Lunghezza = 4000 m
Q200 = $147.2 \text{ m}^3/\text{s}$

6.5 Torrente Tittadegna

Corografia generale: tavola 6.1.0 c

INTERVENTI NON STRUTTURALI CRITICITA' PER I PIANI DI EMERGENZA

INTERSEZIONI INFRASTRUTTURE VIARIE

Comune: ANDRIA

1. OF00000138NC
2. OF00000121SP
3. OF00000119SP

Comune: BARLETTA

1. OF00000140NC
2. OF00000141NC
3. OF00000178SS

INTERVENTI STRUTTURALI

ADEGUAMENTO E MANUTENZIONE DELLE OPERE DI ATTRaversamento IDRAULICO

- | | |
|-----------------|--|
| 1. OF00000117SP | PORTATA di PROGETTO: 111 m ³ /s |
| 2. OF00000171SS | PORTATA di PROGETTO: 111 m ³ /s |
| 3. OF00000120SP | PORTATA di PROGETTO: 284 m ³ /s |
| 4. OF00000176SS | PORTATA di PROGETTO: 284 m ³ /s |
| 5. OF00000118SP | PORTATA di PROGETTO: 121 m ³ /s |
| 6. OF00000173SS | PORTATA di PROGETTO: 121 m ³ /s |
| 7. OF00000124SP | PORTATA di PROGETTO: 138 m ³ /s |
| 8. OF00000037AS | PORTATA di PROGETTO: 138 m ³ /s |
| 9. OF00000123SP | PORTATA di PROGETTO: 138 m ³ /s |

3003. REALIZZAZIONE DI UNA CASSA DI ESPANSIONE A VALLE DELLA CONFLUENZA

Ubicazione dell'opera: Comune di Barletta

Effetti di mitigazione: Comuni di Barletta e Margherita di Savoia

Allegato cartografico: 6.1.0 c

Il territorio in prossimità della foce dell'Ofanto è spesso interessato da allagamenti che spesso determinano elevati livelli di rischio idraulico. L'area a pericolosità idraulica è infatti caratterizzata dalla presenza di importanti infrastrutture viarie e nuclei abitati ricadenti nei comuni di Barletta e Margherita di Savoia. Per contenere la portata nel tratto di foce si prevede la realizzazione di una cassa di espansione in linea lungo il Vallone Tittadegna, affluente

in destra idraulica del Fiume Ofanto. La cassa di espansione sarà dimensionata per laminare la portata di piena (410 m³/s) e restituire in alveo una quantità di acqua compatibile con le caratteristiche geometriche dell'alveo e delle opere di attraversamento contraddistinte con i codici OF00000177SS, OF00000081FV e OF00000080FV.

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

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 disseti più frequenti nel corso delle piene, così come testimoniato dall'evento di piena del 22-23 marzo del 2006 che ha colpito i comuni ricadenti nel bacino idrografico del fiume Ofanto. 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 a seguito del rigurgito della corrente dovuto alla presenza in alveo di ostruzioni legate al trasporto solido, 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 addizionali 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 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 corredata 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 interasse 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 corredata 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 sovrallizi 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 diaframmati) 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 sovralzo arginale locale.

g) *Effetti idrodinamici*

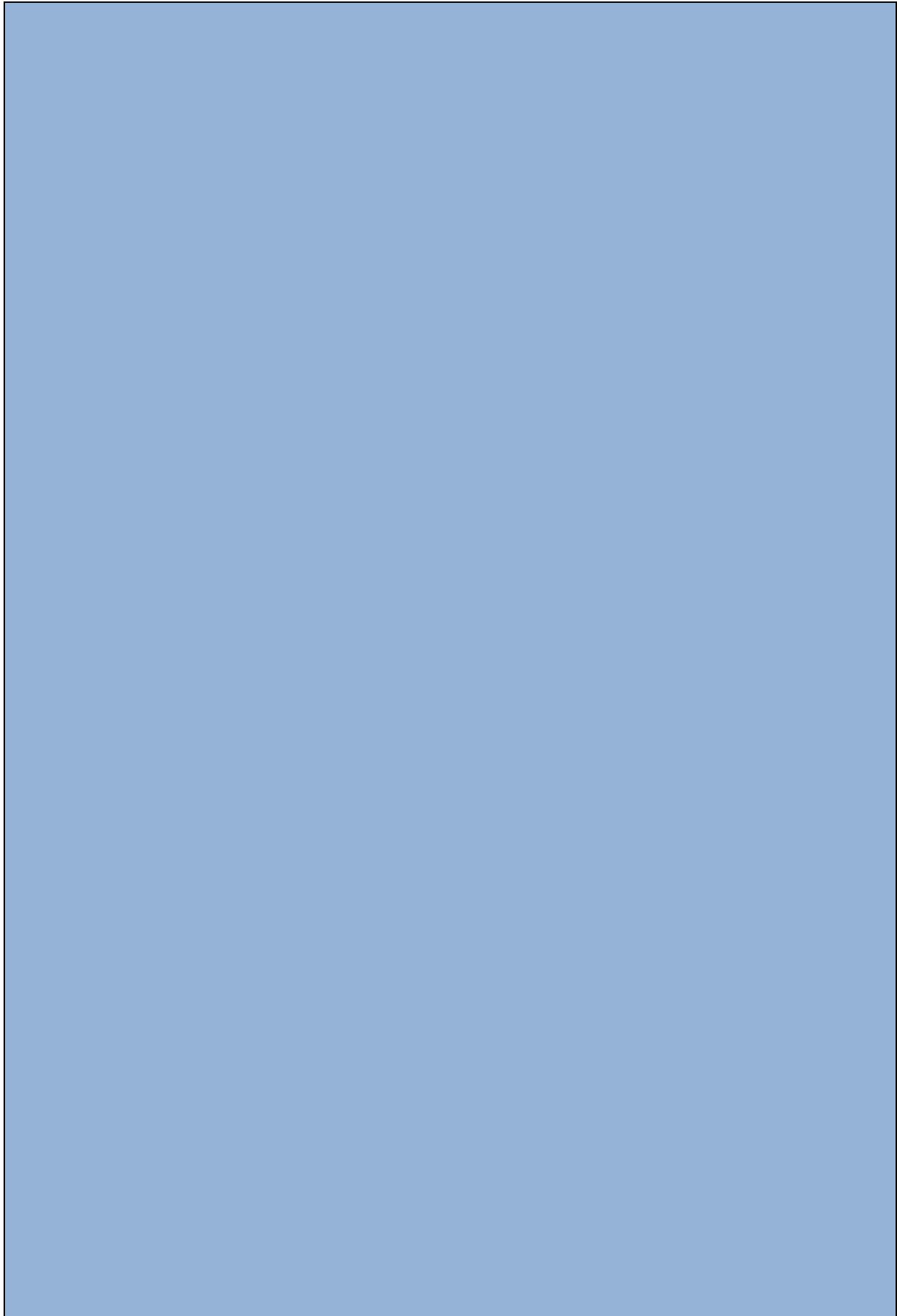
Il progetto del manufatto e delle opere connesse deve contenere la verifica della stabilità strutturale rispetto ai seguenti aspetti:

- 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 sovralzo 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 bacino dell'Ofanto.



CONCLUSIONI

Il presente lavoro offre un approccio metodologico finalizzato alla messa in sicurezza idraulica a scala di bacino del fiume Ofanto e dei suoi principali affluenti, 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, 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 corsi d'acqua afferenti al bacino idrografico dell'Ofanto** (v. figura A), utile per valutazioni di tipo speditivo.

Le modellazioni idrauliche sono state condotte su tutte le aste di reticolo aventi bacino contribuente maggiore o uguale a 25 km² 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.

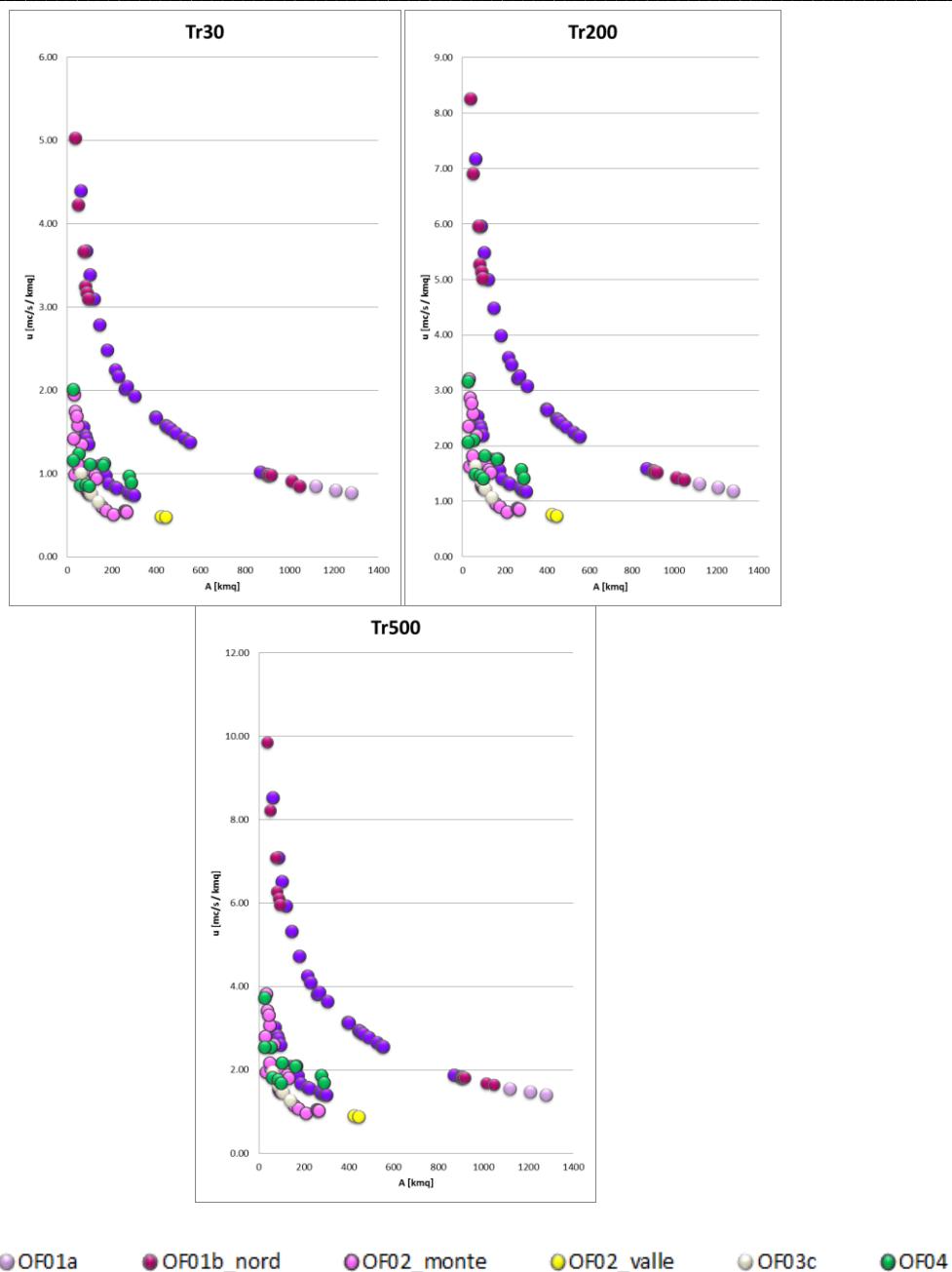


Figura A – Coefficienti udometrici per il fiume Ofanto

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, la realizzazione di arginature, l'utilizzo del territorio rurale ai fini della realizzazione di vasche di laminazione 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 livello di priorità in funzione dell'importanza degli esposti, riportato nella tabella A per l'ambito territoriale omogeneo "Ofanto"

Tabella A – Priorità degli interventi nell'Ambito Territoriale Omogeneo "Ofanto"

Classe di priorità	Tipo intervento	Codice intervento
AA	Realizzazione degli argini sull'Ofanto tra Ponte Romano e la foce	3006
	Sistemazione idraulica del fiume Ofanto nei pressi della stazione ferroviaria Calitri-Pescopagano	3007
A	Sistemazione idraulica del Canale della Piena delle Murge	3002
	Realizzazione di una cassa di espansione a monte del canale Tittadegna	3003
	Sistemazione idraulica del Fiume Ofanto tra le traverse di Santa Venere e Ponte Romano	3012

Per quanto concerne le intersezioni del reticolo idrografico principale con le infrastrutture viarie, sono state censite ed analizzate per il reticolo principale del bacino idrografico dell'Ofanto n. 144 opere di attraversamento idraulico, di cui 55 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 esaminata.

A completamento della mappatura delle aree pericolosità idraulica sul reticolo principale, è stato anche indagato il **reticolo minore**, ovvero quello con area contribuente inferiore ai 25 km², considerando che gli eventi alluvionali recenti, che hanno colpito le due province, 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 del bacino dell'Ofanto sia con riferimento ai tronchi principali che con riferimento ai tronchi secondari, suddivise per Comune, utile al fine della predisposizione di piani di emergenza e di azioni locali per la messa in sicurezza del territorio.

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**.

Tabella B – Verifica delle opere di attraversamento idraulico nell'ambito territoriale omogeneo "Ofanto"

ATTRAVERSAMENTI ESAMINATI		144									
CORSO D'ACQUA	tempo di ritorno	funzionamento				interventi strutturali					allerte
		VERIFICATO	SOMMERSO	SORMONTO	INSUFF.	FV	AS	SS	SP	SL	
Fiume Ofanto	T30	64	6	4							
	T200	52	11	11	22	2	1	7	1	0	11
	T500	47	10	17							
Torrente Olivento	T30	2	0	0							
	T200	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T500	2	0	0							
Fiumara I'Arcidiaconata e Fiumara del	T30	6	0	0							
	T200	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T500	6	0	0							
Fiumara di Venosa	T30	11	1	0							
	T200	10	1	1	2	0	0	0	0	0	2
	T500	8	2	2							
Torrente Locone	T30	7	1	5							
	T200	6	2	5	7	0	0	0	1	0	6
	T500	5	2	6							
Canale Cavallaro	T30	12	2	1							
	T200	10	2	3	5	0	0	1	2	0	2
	T500	10	1	4							
Torrente Tittadegna	T30	4	2	16							
	T200	3	1	18	19	2	1	5	9	0	2
	T500	2	2	18							
TOT	T200	89	17	38	55	4	2	13	13	0	23

PROVINCIA DI AVELLINO

COMUNE DI CALITRI

RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuente ≥ 25 kmq)

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC07	Zona industriale, SS401, SS399, scalo di Calitri-Pescopagano	15°25'35.38"E	40°53'10.85"N	Fiume Ofanto

COMUNE DI CONZA DELLA CAMPANIA

RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC05	Nucleo abitato (Frazione Ins. prefabbricati)	15°18'13.03"E	40°52'25.24"N	Fiume Ofanto

COMUNE DI LIONI

RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuente ≥ 25 kmq)

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC01	Tessuto urbano	15°10'55"E	40°52'30"N	Fiume Ofanto
OFC02	Tessuto residenziale	15°11'19.50"E	40°52'15.31"N	Fiume Ofanto

COMUNE DI MORRA DE SANCTIS

RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuente ≥ 25 kmq)

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC04	Stazione ferroviaria e insediamenti produttivi	15°14'13.28"E	40°53'29.68"N	Fiume Ofanto

COMUNE DI SANT'ANDREA DI CONZA

RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC06	Tessuto urbano continuo, SS7	15°22'3.25"E	40°50'31.67"N	Fiume Ofanto

COMUNE DI TEORA

RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC03	Tessuto urbano continuo, SS7	15°14'56.48"E	40°51'11.68"N	Fiume Ofanto

PROVINCIA DI POTENZA

COMUNE DI ATELLA

RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC12	Tessuto urbano (centro abitato)	15°39'7.55"E	40°52'51.31"N	Fiume Ofanto

COMUNE DI BARILE

RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC14	Tessuto urbano discontinuo, aree industriali/commerciali, infrastrutture viarie (SS167, Ferrovia Potenza-Foggia)	15°40'22.88"E	40°56'45.17"N	Fiume Ofanto

COMUNE DI FILIANO

RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC10	Tessuto urbano (Loc. Sterpito di sopra)	15°41'5.24"E	40°47'16.82"N	Fiume Ofanto
OFC11	Tessuto urbano (centro abitato)	15°42'31.76"E	40°48'35.74"N	Fiume Ofanto

COMUNE DI MELFI

RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC17	Zona industriale (Loc. San Nicola)	15°40'23.95"E	41° 4'38.19"N	Fiume Ofanto
OFC16	Tessuto urbano discontinuo, infrastrutture viarie (SS655, SS303, FS Potenza-Foggia)	15°38'8.36"E	40°59'53.63"N	Fiume Ofanto

COMUNE DI RAPOLLA

RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC15	Tessuto urbano discontinuo	15°40'32.99"E	40°53'10.85"N	Fiume Ofanto

COMUNE DI RIONERO IN VULTURE				
RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC13	Tessuto urbano continuo e discontinuo, SS167	15°40'11.96"E	40°55'15.80"N	Fiume Ofanto

COMUNE DI SAN FELE				
RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC09	Tessuto urbano (Loc. Calvario)	15°32'18.83"E	40°48'56.43"N	Fiume Ofanto

COMUNE DI VENOSA/LAVELLO				
RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuente \geq 25 kmq)				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFIN03	Case sparse, cementificio, depuratore (Loc. Villaggio Gaudiano)	15°52'42.23"E	41° 5'15.63"N	Fiume Ofanto

PROVINCIA DI FOGGIA

COMUNE DI ASCOLI SATRIANO

RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC19	Insediamenti industriali e artigianali (Loc. San Carlo d'Ascoli)	15°42'36.12"E	41° 8'7.40"N	Fiume Ofanto

COMUNE DI CERIGNOLA

RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC20	Insediamenti industriali e artigianali (Loc. Borgo Libertà), Infrastrutture viarie (SP95)	15°42'47.39"E	41°11'12.07"N	Fiume Ofanto
OFC21	Tessuto residenziale rado, Insediamenti industriali e artigianali (Loc. Moschella), Infrastrutture viarie (SP91)	15°51'10.06"E	41° 8'30.39"N	Fiume Ofanto

PROVINCIA DI BARLETTA-ANDRIA-TRANI

COMUNE DI ANDRIA

RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC24	Masseria Tranelli, insediamento agricolo produttivo (C.da Murge di Toro)	16°12'49.65"E	41°10'19.04"N	Tittadegna

COMUNE DI BARLETTA

RETICOLO MINORE (Area contribuente \geq 25 kmq)

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFIN06	Tessuto residenziale (Loc. Fiumara)	16°12'47.17"E	41°21'17.36"N	Fiume Ofanto
OFIN05	Insediamenti industriali, infrastrutture viarie (SS16)	16°13'2.98"E	41°19'39.90"N	Fiume Ofanto

COMUNE DI CANOSA DI PUGLIA				
RETICOLO MINORE (Area contribuente ≥ 25 kmq)				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFIN04	Insediamento industriale/artigianale, depuratore, infrastrutture viarie (SS98, SP143)	16° 2'17.67"E	41°21'17.36"N	Fiume Ofanto

COMUNE DI MARGHERITA DI SAVOIA				
RETICOLO MINORE (Area contribuente ≥ 25 kmq)				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFIN07	Tessuto urbano, insediamenti industriali/artigianali, infrastrutture viarie (SS159)	16° 9'49.19"E	41°22'0.82"N	Fiume Ofanto

COMUNE DI SAN FERDINANDO DI PUGLIA				
RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC22	Insediamenti industriali, agricoli produttivi e commerciali (Loc. Mezzana)	15°42'36.12"E	41° 8'7.40"N	Fiume Ofanto

COMUNE DI SPINAZZOLA				
RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)				
Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
OFC23	Insediamenti industriali e artigianali (Loc. Fontana di Rollo), infrastrutture viarie (SP 152)	16° 5'27.85"E	40°57'43.44"N	Torrente Locone

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

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; Barnes, 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 raggagliata*, 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 wfiuh: 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.