



**UNIONE EUROPEA**  
FONDO EUROPEO DI SVILUPPO REGIONALE



**Autorità di Bacino  
della Puglia**



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

---

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

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

---

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

---

**RELAZIONE GENERALE**  
**CANDELARO**



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 del Candelaro.*



# INDICE

<b>ELENCO ALLEGATI</b> .....	<b>II</b>
<b>PREMESSA</b> .....	<b>III</b>
<b>ANALISI CONOSCITIVA – I</b> .....	<b>1</b>
1.1    IL DATABASE GEORIFERITO DEGLI EVENTI ALLUVIONALI .....	<b>3</b>
1.2    LE STAZIONI PLUVIOMETRICHE .....	<b>4</b>
1.1.1    La rete della SMM-CFR Puglia.....	<b>4</b>
1.1.2    La rete Assocodipuglia.....	<b>5</b>
<b>RILIEVI TOPOGRAFICI – II</b> .....	<b>7</b>
2.1    I CORSI D’ACQUA PRINCIPALI DEL BACINO IDROGRAFICO DEL CANDELARO.....	<b>9</b>
2.2    I RILIEVI LIDAR.....	<b>10</b>
2.3    IL RILIEVO DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO .....	<b>12</b>
2.4    LA RAPPRESENTAZIONE VETTORIALE DEI CORSI D’ACQUA .....	<b>20</b>
<b>CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOIDROLOGICA – III</b> .....	<b>23</b>
3.1    LE MAPPE PER LE ANALISI IDROLOGICHE.....	<b>25</b>
3.1.1    I raster delle direzioni di flusso e delle aree contribuenti.....	<b>25</b>
3.2    LA SCABREZZA IDRAULICA .....	<b>26</b>
3.2.1    Le componenti della resistenza al flusso.....	<b>27</b>
3.2.2    La resistenza in regime di ruscellamento superficiale .....	<b>28</b>
3.2.3    Attribuzione dell’indice di Manning alle categorie di uso del suolo .....	<b>29</b>
<b>MODELLAZIONE IDRAULICA – IV</b> .....	<b>35</b>
4.0    INTRODUZIONE .....	<b>37</b>
4.0.1    Schematismo 1D.....	<b>37</b>
4.1    CAND_01 - Torrente Candelaro, Torrente Triolo.....	<b>39</b>
4.1.1    Descrizione geografica e morfologica .....	<b>39</b>
4.1.2    La scabrezza.....	<b>39</b>
4.1.3    Schematismo idraulico .....	<b>42</b>
4.2    CAND_02 nord – Canale di Motta Montecorvino, Torrente Casanova, Torrente Salsola....	<b>43</b>
4.2.1    Descrizione geografica e morfologica .....	<b>43</b>
4.2.2    La scabrezza.....	<b>43</b>
4.2.3    Schematismo idraulico .....	<b>44</b>
4.3    CAND_02 sud.....	<b>45</b>
4.3.1    Descrizione geografica e morfologica .....	<b>45</b>
4.3.2    Scabrezza.....	<b>45</b>
4.3.3    Schematismo idraulico .....	<b>47</b>
4.4    CAND_03 .....	<b>48</b>
4.4.1    Descrizione geografica e morfologica .....	<b>48</b>
4.4.2    La scabrezza.....	<b>48</b>
4.4.3    Schematismo idraulico .....	<b>51</b>
<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>55</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>57</b>

# ELENCO ALLEGATI

- 1.1.1 – Cartografia eventi alluvionali
- 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 – Corsi d'acqua e bacini idrografici del torrente Candelaro. Area contribuyente 25 km<sup>2</sup>
- 2.2 - Copertura Lidar
- 2.3.1a - Attraversamenti idraulici rilevati nell'area del torrente Candelaro. Rappresentazione cartografica
- 2.3.1b - Attraversamenti idraulici rilevati nell'area del torrente Candelaro. Rappresentazione cartografica
- 2.3.2 - Scheda monografica rilievo attraversamenti
- 2.3.3 - Elenco attraversamenti rilevati
- 2.4.1\_a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_01 – tav. 1
- 2.4.1\_b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_01 – tav. 2
- 2.4.1\_c - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_01 – tav. 3
- 2.4.1\_d - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_01 – tav. 4
- 2.4.1\_e - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_01 – tav. 5
- 2.4.1\_f - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_01 – tav. 6
- 2.4.1\_g - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_01 – tav. 7
- 2.4.2\_a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_02\_nord – tav. 1
- 2.4.2\_b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_02\_nord – tav. 2
- 2.4.2\_c - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_02\_nord – tav. 3
- 2.4.2\_d - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_02\_nord – tav. 4
- 2.4.3\_a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_02\_sud – tav. 1
- 2.4.3\_b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_02\_sud – tav. 2
- 2.4.3\_c - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_02\_sud – tav. 3
- 2.4.3\_d - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_02\_sud – tav. 2
- 2.4.4\_a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_03– tav. 1
- 2.4.4\_b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_03– tav. 2
- 2.4.4\_c - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_03 – tav. 3
- 2.4.4\_d - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_03 – tav. 4
- 2.4.4\_e- Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del CAND\_03 – tav. 5
  
- 3.1 - L'indice di Manning. Relazione

# 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.

La presente relazione che riguarda il bacino del torrente Candelaro, afferente all'unità fisiografica dei Fiumi Settentrionali, non è oggetto specifico della presente convenzione. Pertanto sono stati condotti solo gli approfondimenti preliminari (analisi conoscitiva, caratterizzazione geomorfoidrologica, costruzione dei modelli idraulici), mentre le analisi idrologiche ed idrauliche e la definizione degli interventi per la messa in sicurezza sono rimandate ad attività da svolgere in futuro.

L'analisi si sviluppa in quattro capitoli con 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>Modellazione idraulica</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.

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

Si definiscono inoltre 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 contribuyente.

L'attività di modellazione idraulica è consistita nella costruzione dei modelli geometrici delle aste principali adottando uno schematismo monodimensionale. In una fase successiva, a seguito di ulteriori

approfondimenti necessari per individuare una metodologia per la stima delle portate anche nelle sezioni non strumentate, si provvederà all'implementazione dei modelli numerici con schematismo monodimensionale e bidimensionale in funzione delle peculiarità del territorio e delle esigenze specifiche di analisi e rappresentazione.

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



# Analisi conoscitiva – I

## ALLEGATI



- 1.1.1 – Cartografia eventi alluvionali
- 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 (shp e kmz)
- \CARTOGRAFIA\_DI\_BASE
  - Carta geolitologica (shp)
  - Carta dell'uso del suolo (shp)
  - Zone\_omogenee (shp)
- \RETI\_PLUVIOMETRICHE
  - Stazioni pluviometriche 2014 SMMPuglia (shp e kmz)
  - Stazioni pluviometriche assocodipuglia (shp e kmz)
  - Topoietti SMMPuglia 2014 (shp e kmz)



Obiettivo di questa fase è l'integrazione del quadro conoscitivo generale per la definizione di maggior dettaglio delle caratteristiche geomorfologiche, idrologiche ed idrauliche dei principali bacini idrografici afferenti al bacino del Candelaro. È stato realizzato un *database* georiferito, relativo agli eventi alluvionali che hanno interessato le aree afferenti il bacino del torrente Candelaro al fine di una facile comprensione della pericolosità idraulica dei luoghi.

## 1.1 IL DATABASE GEORIFERITO DEGLI EVENTI ALLUVIONALI

Sulla base delle informazioni reperite da fonti giornalistiche (es. Gazzetta del Mezzogiorno) e progetti ministeriali (es. Progetto Speciale AVI del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche GNDCI - CNR, commissionato dal Ministro per il Coordinamento della Protezione Civile) è stato creato un *database* ricognitivo georeferenziato degli eventi alluvionali che hanno interessato il bacino del Carapelle. 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 <i>ggmmaaaa</i> , <i>mmaaaa</i> o <i>aaaa</i>
Provincia (Pr)	Provincia interessata
Comune	Comune coinvolto
Località	Nome della località interessata oppure breve descrizione dell'area interessata
Effetti al suolo	Descrizione dei danni indotti dal processo
Parametri dimensionali	Parametri dimensionali riferiti al processo (es. volume, tirante d'acqua e/o velocità idriche di scorrimento)
Fonte	Elenco delle fonti da cui sono tratte le informazioni

Il database rappresenta un sistema integrato di conoscenze territoriali sugli eventi storici alluvionali e si configura come punto di partenza per l'individuazione delle misure e degli interventi di carattere gestionale e/o strutturale in materia di mitigazione del rischio.

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].

## 1.2 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 Meteorologico del Centro Funzionale Regionale (già Ufficio Idrografico e Mareografico), con i relativi topoi di competenza, e le stazioni della rete Assocodipuglia.

### 1.1.1 La rete della SMM-CFR Puglia

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Essendo assente sul territorio pugliese una rete di monitoraggio idrometrico, la rappresentazione cartografica in allegato 1.3.1 riporta le sole stazioni pluviometriche e i relativi topoi, individuati dallo shapefile reperibile con il corrispettivo kmz in [\\ALL\_1\_ANALISI\_CONOSCITIVA\RETI\_PLUVIOMETRICHE\Stazioni\_IdroPluviometriche\_2014\_SMPuglia].

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

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

### 1.1.2 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 del Candelaro.*

# Rilievi topografici – II

## ALLEGATI



- 2.1 - I corsi d'acqua del bacino idrografico del torrente Candelaro. con area contribuyente uguale o maggiore di 25km<sup>2</sup>
- 2.2 - Copertura Lidar
- 2.3.1a - Attraversamenti idraulici rilevati nell'area del torrente Candelaro. Rappresentazione cartografica
- 2.3.1b - Attraversamenti idraulici rilevati nell'area del torrente Candelaro. Rappresentazione cartografica
- 2.3.2 - Scheda monografica rilievo attraversamenti
- 2.3.3 - Elenco attraversamenti rilevati
- 2.3.4 - Caratteristiche geometriche degli attraversamenti minori
- 2.4.1 a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_01 – tav. 1
- 2.4.1 b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_01 – tav. 2
- 2.4.1 c - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_01 – tav. 3
- 2.4.1 d - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_01 – tav. 4
- 2.4.1 e - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_01 – tav. 5
- 2.4.1 f - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_01 – tav. 6
- 2.4.1 g - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_01 – tav. 7
- 2.4.2 a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_02 nord – tav. 1
- 2.4.2 b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_02 nord – tav. 2
- 2.4.2 c - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_02 nord – tav. 3
- 2.4.2 d - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_02 nord – tav. 4
- 2.4.3 a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_02 sud – tav. 1
- 2.4.3 b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_02 sud – tav. 2
- 2.4.3 c - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_02 sud – tav. 3
- 2.4.3 d - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_02 sud – tav. 4
- 2.4.4 a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_03 – tav. 1
- 2.4.4 b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_03 – tav. 2
- 2.4.4 c - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_03 – tav. 3
- 2.4.4 d - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_03 – tav. 4
- 2.4.4 e - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Cand\_03 – tav. 5

## ARCHIVIO DIGITALE



- \IDROGRAFIA
  - Reticolo 25 km<sup>2</sup> (shp e kmz)
  - Bacini idrografici 25 km<sup>2</sup> (shp e kmz)
- \LIDAR
  - Coperture Lidar (shp)
  - Tavolette Lidar (ascii)
- \ATTRAVERSAMENTI\_IDRAULICI
  - Attraversamenti idraulici rilevati (shp e kmz)
  - Schede monografiche dei rilievi
- \MORFOLOGIA
  - Sezioni trasversali 3D (shp e kmz)



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



## 2.1 I CORSI D'ACQUA PRINCIPALI DEL BACINO IDROGRAFICO DEL CANDELARO

I corsi d'acqua indagati sono quelli aventi bacini idrografici maggiori di 25 km<sup>2</sup>, 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
TORRENTE CANDELARO [Cand_01]
CANALE DI MOTTA MONTECORVINO, TORRENTE CASANOVA, TORRENTE SALSOLA [Cand_02_nord]
[Cand_02_sud]
[Cand_03]
[Cand_04]

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.

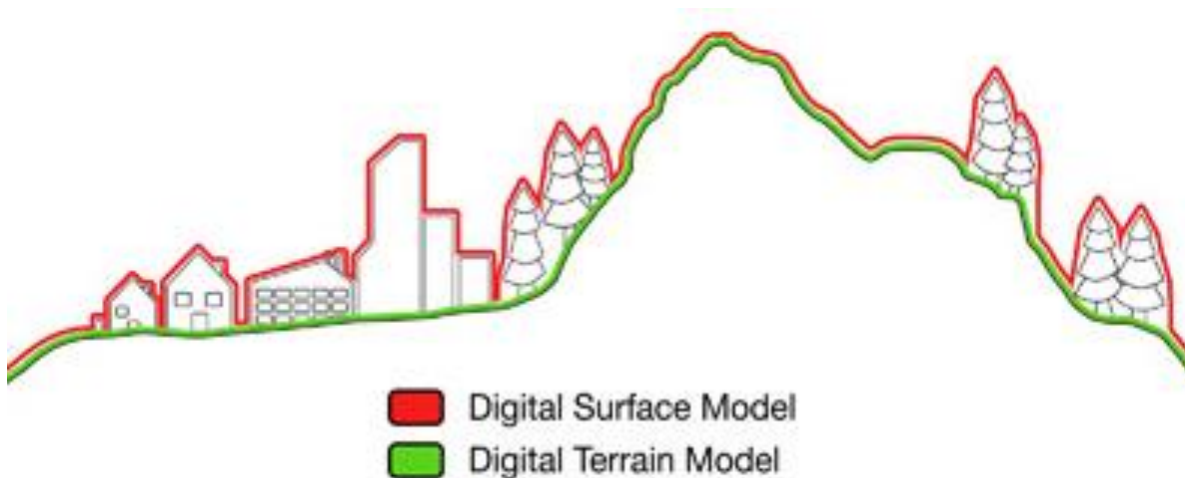


Figura 2.1 – Differenza tra DSM e DTM

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

## 2.3 IL RILIEVO DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO

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

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

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

Ogni attraversamento è stato codificato secondo il seguente metodo esemplificativo:

*FC XXX YYYYY FV*

dove:

- le prime 2 lettere costituiscono l'identificativo dell'ambito territoriale di indagine (FC);
- 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\_Candelaro', nel quale ogni opera è identificata da un codice univoco (di seguito denominato CodAttr) e da una coppia di coordinate geografiche (E\_geo, N\_geo), riportate in elenco nell'allegato 2.3.3. Tale *shape-file* corredato dal file .kmz è disponibile nella cartella [\\ALL\_2\_TOPOGRAFIA\\ATTRAVERSAMENTI]. La rappresentazione cartografica è rimandata alla tavola 2.3.1. Ad ogni punto rilevato è associata una scheda monografica del *database*, riportata all'allegato 2.3.2 ed illustrata a seguire.

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

#### SEZIONE 2 - caratterizzazione geometrica

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

a) A RASO

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

b) RILEVATO PIENO

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

c) PONTE

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

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

La seconda tabella (Tabella B) contiene le informazioni relative alla caratterizzazione geometrica trasversale del ponte per definire l'area lorda libera al deflusso (secondo la raffigurazione della sezione trasversale in figura A). In ogni riga si inserisce la larghezza della luce L, l'altezza della luce H ovvero l'altezza in chiave  $H_C$  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 "Ø" (circolare, ovoidale, rettangolare) come in figura C;

Tabella A. Coordinate plano altimetriche dei punti di inquadramento

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

Tabella B. Caratterizzazione geometrica trasversale del ponte

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

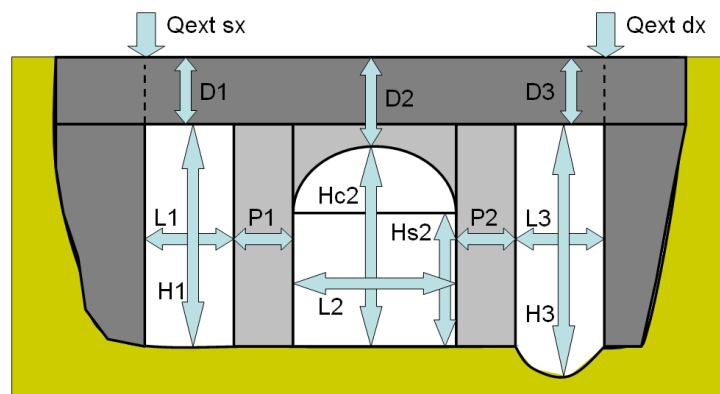


Figura A. Elementi caratteristici della geometria trasversale del ponte

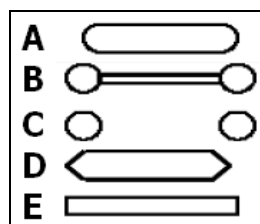


Figura B. Tipologia delle pile del ponte

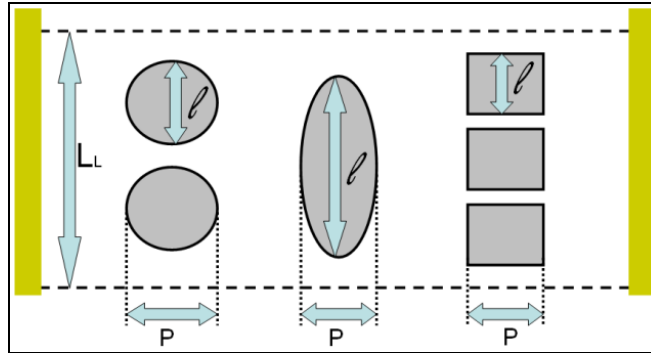


Figura C. Elementi caratteristici della geometria trasversale del ponte

d) **CULVERT**

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

Tabella C. Coordinate piano altimetriche dei punti di inquadramento

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

Tabella D. Caratterizzazione geometrica trasversale del culvert

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



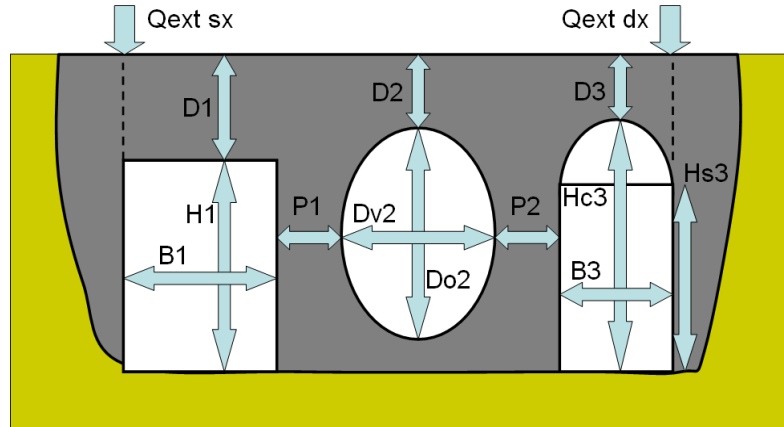


Figura D. Elementi caratteristici della geometria trasversale del *culvert*

### SEZIONE 3 – inserimento dell'opera

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

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

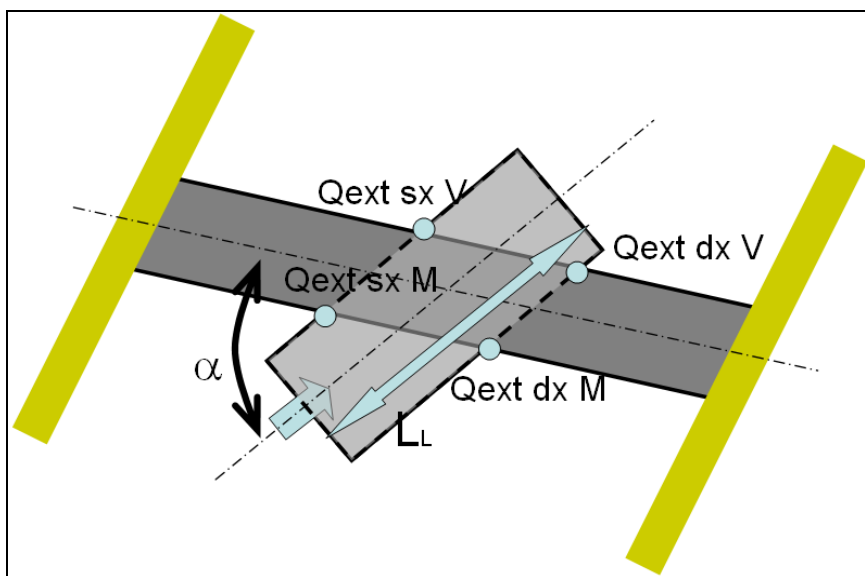


Figura E. Rappresentazione planimetrica dell'attraversamento idraulico

#### SEZIONE 4 – polizia idraulica

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

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

#### SEZIONE 5 – note

Campo alfanumerico in cui riportare ogni nota utile alla descrizione dell'attraversamento.  
Nella scheda cartacea di campo è richiesto una rappresentazione grafica dell'attraversamento.

## 2.4 LA RAPPRESENTAZIONE VETTORIALE DEI CORSI D'ACQUA

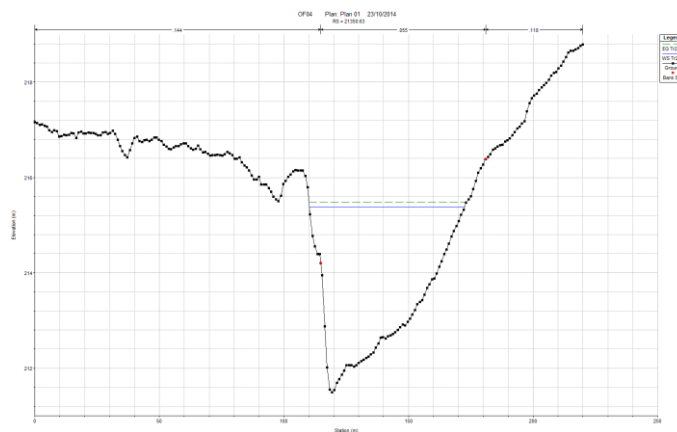
Gli allegati 2.4 contengono le cartografie dei corsi d'acqua oggetto di studio, in cui principalmente sono individuati gli elementi geometrici e topografici che caratterizzano il modello idraulico realizzato. Nello specifico, per ogni asta fluviale, sono rappresentati l'asse del corso d'acqua, le sue sponde, le tracce delle sezioni trasversali, la copertura LiDAR delle aree limitrofe e gli attraversamenti idraulici, secondo la legenda raffigurata in figura 1.2.

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 1.3) 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 del Candelaro.*



# Caratterizzazione geomorfoidrologica – III

## ALLEGATI



3.1 - L'indice di Manning. Relazione

## ARCHIVIO DIGITALE



\LAYERS\_GEOIDRO  
  \VETTORIALI  
  Bacini esoreici (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)



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.



### 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 displuvio e compluvio sono definite dipende da numerosi fattori quali - per citarne solo alcuni di più immediata comprensione - la risoluzione del DEM di partenza, la presenza di elementi antropici (es. canali, rilevati) o di depressioni naturali. Quando i bacini idrografici hanno ordine di grandezza maggiore delle centinaia di chilometri quadrati e si adoperano DEM con risoluzione centometrica, il dettaglio di questi elementi è spesso influente 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 I raster delle direzioni di flusso e delle aree contribuenti

Al fine di individuare i bacini idrografici si sono ricavate le mappe delle direzioni di flusso (*fdir*) e delle aree contribuenti (*face\_mq*). 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 3.1.

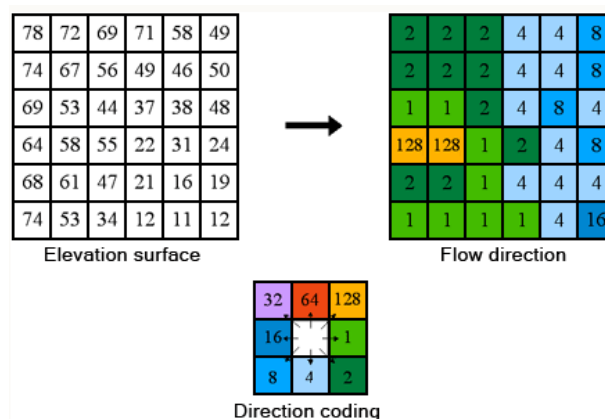


Figura 3.1 – Griglia delle direzioni di flusso

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

### 3.2 LA SCABREZZA IDRAULICA

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

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

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

Equazione 3.1

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

Si riporta a titolo di esempio nelle figure seguenti la variazione dei tiranti e delle velocità in una lama tipica del territorio di Bari al variare dell'indice di Manning adoperato, incrementandolo da un minimo di 0.03 ed un massimo di 0.2, valori comunemente associati rispettivamente ad alvei privi di vegetazione e a quelli fortemente inerbiti. Nello specifico, in figura 3.2 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 3.3 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.

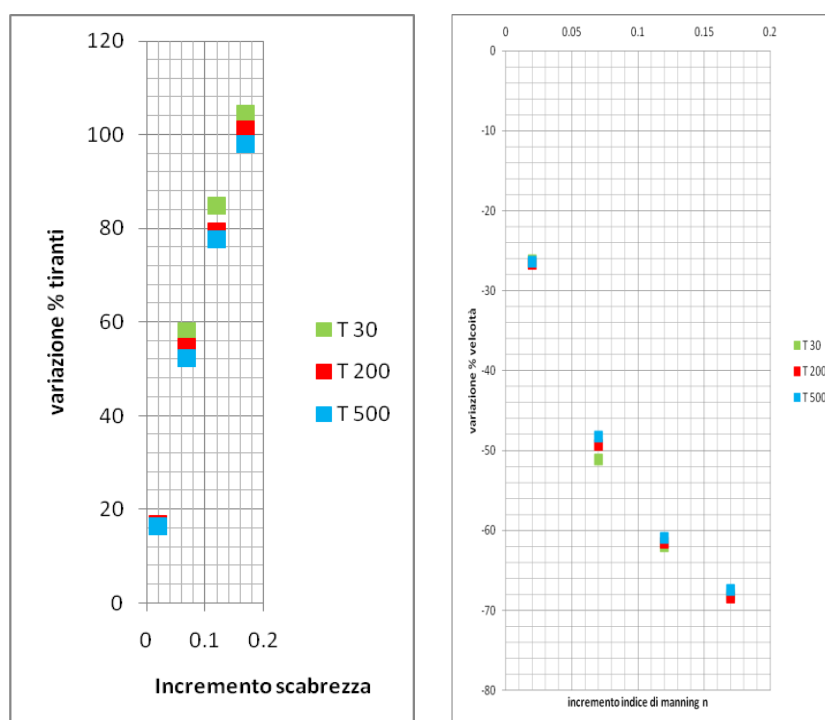


Figura 3.2 – Incrementi medi percentuali dei tiranti (a sinistra) e delle velocità (a destra) per i differenti tempi di ritorno in funzione della variazione dell'indice di Manning

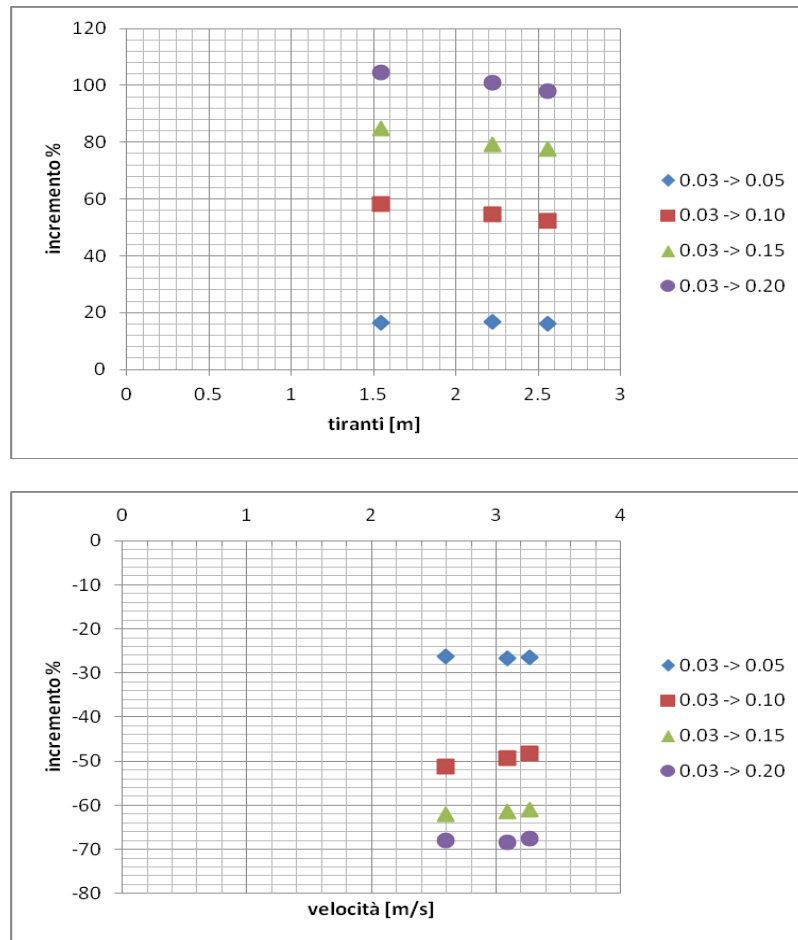


Figura 3.3 – Incrementi medi percentuali dei tiranti (in alto) e delle velocità (in basso) in relazione alla variazione dell'indice di Manning

### 3.2.1 Le componenti della resistenza al flusso

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

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

dove

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

Quando la larghezza della sezione è sensibilmente più grande del tirante, gli effetti delle irregolarità superficiali, legate ad esempio all'erosione di fondo o alle radici degli alberi, devono essere tenuti in conto e possono dar luogo a significativi aggiustamenti dell'indice di Manning. Chow (1959) e

Benson and Dalrymple (1967) mostrano che alle aree golenali severamente erose può essere associato un incremento di scabrezza  $n_1$  pari a 0.02, valore crescente all'aumentare delle irregolarità presenti sulla superficie.

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

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

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

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

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

### 3.2.2 La resistenza in regime di ruscellamento superficiale

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

In tabella 3.2 (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 3.1** - Indice di Manning per il ruscellamento superficiale, stimati secondo la metodologia di Engman (1986) in corrispondenza di un tirante inferiore a 0.03 m

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

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

Al fine di fornire un valido strumento per la scelta dell'indice di *Manning*, utilizzando noti riferimenti della letteratura scientifica di settore (Arcement e Schneide, 1989; Barnes, 1967; Chow, 1959; Cowen, 1956; Engman, 1986; Huang, 2009; Linsley et al. 1982; Mills and Badcock, 2011; Paoletti, 2010; Phillips e Ingersoll, 1998; Van der Sande et. al., 2003) e tenendo in debito conto le considerazioni precedentemente esposte, è stata prodotta la tabella 3.3 in cui sono attribuiti i valori dell'indice di *Manning* alle classi di uso del suolo della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000. Nello specifico per ogni classe è individuato un valore minimo, uno medio e uno massimo per la condizione di channel-flow e un valore per la condizione di sheet-flow. Per una descrizione dettagliata si rimanda alla relazione allegata 3.1.

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 3.4). 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 3.5. 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 3.7.

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

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



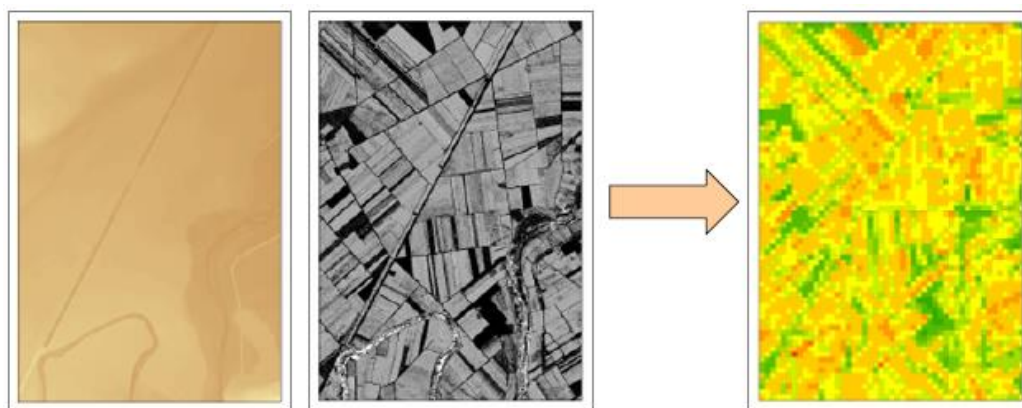


Figura 3.4 – Elaborazione sui DTM (prima immagine a sinistra) e DSM (seconda immagine a sinistra) per ottenere il CHM (a destra)

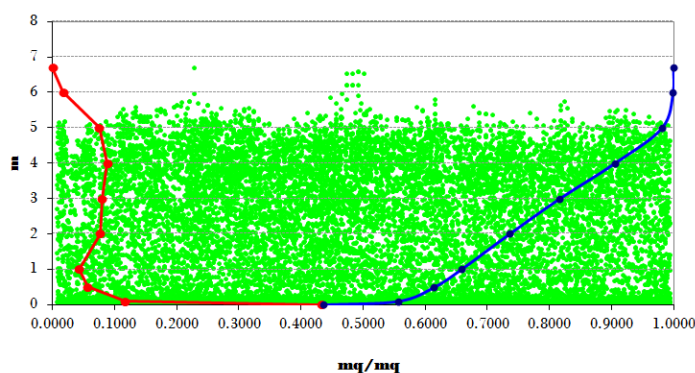


Figura 3.5 – Densità vegetativa degli uliveti

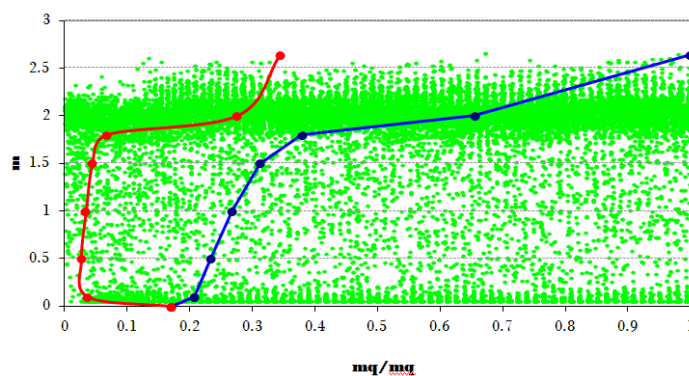


Figura 3.6 – Densità vegetativa dei vigneti

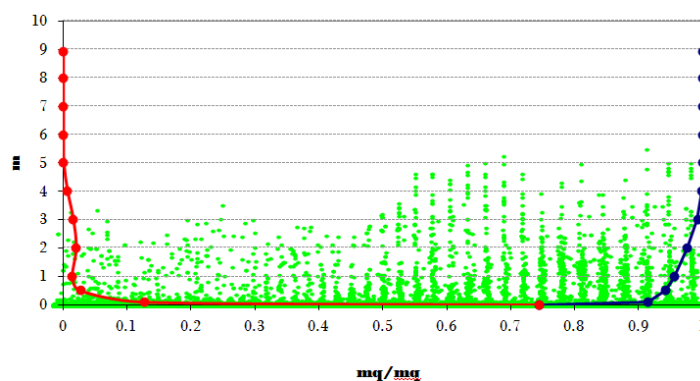


Figura 3.7 – Densità vegetativa dei frutteti

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

Categoria di uso del suolo		CHANNEL-FLOW			SHEET-FLOW
		Min.	Norm.	Max	
0	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, incolti	0.025	0.030	0.035	0.150
3	Aree a ricolonizzazione artificiale (rimboschimenti nella fase di novelleto)	0.070	0.100	0.160	0.800
4	Aree a ricolonizzazione naturale	0.040	0.060	0.080	0.400
5	Aree a vegetazione sclerofilla	0.058	0.085	0.135	0.600
6	Aree aeroportuali ed eliporti	0.054	0.054	0.054	0.011
7	Aree agroforestali	0.030	0.035	0.050	0.240
8	Aree archeologiche	0.100	0.120	0.140	0.011
9	Aree con vegetazione rada	0.030	0.035	0.050	0.240
10	Aree estrattive	0.100	0.120	0.140	0.050
11	Aree interessate da incendi o altri eventi dannosi	0.035	0.050	0.060	0.400
12	Aree per gli impianti delle telecomunicazioni	0.054	0.054	0.054	0.011
13	Aree portuali	0.054	0.054	0.054	0.011
14	Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali	0.035	0.050	0.070	0.170
15	Aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	0.073	0.073	0.073	0.130
16	Aree verdi urbane	0.020	0.020	0.020	0.130
17	Bacini con prevalentemente utilizzazione per scopi irrigui	0.025	0.030	0.033	0.030
18	Bacini senza manifeste utilizzazioni produttive	0.025	0.030	0.033	0.030
19	Boschi di conifere	0.110	0.150	0.200	0.800
20	Boschi di latifoglie	0.100	0.120	0.160	0.400
21	Boschi misti di conifere e latifoglie	0.105	0.135	0.180	0.600
22	Campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows o simili	0.073	0.073	0.073	0.130
23	Canali e idrovie	0.015	0.025	0.035	0.025
24	Cantieri e spazi in costruzione e scavi	0.100	0.120	0.140	0.130
25	Cespuglieti e arbusteti	0.035	0.050	0.070	0.240
26	Cimiteri	0.150	0.150	0.150	0.011
27	Colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue	0.060	0.070	0.080	0.011
28	Colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue	0.060	0.070	0.080	0.011
29	Colture temporanee associate a colture permanenti	0.030	0.040	0.050	0.170
30	Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	0.200	0.200	0.200	0.011
31	Discariche e depositi di cave, miniere, industrie	0.100	0.120	0.140	0.120
32	Estuari	0.025	0.030	0.033	0.030
33	Fiumi, torrenti e fossi	0.025	0.030	0.033	0.030
34	Frutteti e frutti minori	0.050	0.060	0.080	0.400
35	Grandi impianti di concentrazione e smistamento merci	0.200	0.200	0.200	0.011
36	Insedimenti ospedalieri	0.150	0.150	0.150	0.011
37	Insedimenti produttivi agricoli	0.100	0.100	0.100	0.011
38	Insedimento commerciale	0.200	0.200	0.200	0.011
39	Insedimento degli impianti tecnologici	0.100	0.100	0.100	0.011
40	Insedimento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	0.100	0.100	0.100	0.011
41	Insedimento in disuso	0.100	0.120	0.140	0.011
42	Insedimento industriale o artigianale con spazi annessi	0.200	0.200	0.200	0.011
43	Lagune, laghi e stagni costieri	0.040	0.040	0.040	0.040
44	Paludi interne	0.050	0.050	0.050	0.050
45	Paludi salmastre	0.040	0.040	0.040	0.040
46	Parchi di divertimento (acquapark, zoosafari e simili)	0.073	0.073	0.073	0.011
47	Prati alberati, pascoli alberati	0.035	0.050	0.060	0.400
48	Reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia	0.100	0.100	0.100	0.011
49	Reti ferroviarie comprese le superfici annesse	0.023	0.033	0.036	0.011
50	Reti stradali e spazi accessori	0.020	0.020	0.020	0.011
51	Rocce nude, falesie e affioramenti	0.030	0.040	0.047	0.050
52	Saline	0.040	0.040	0.040	0.040

Categoria di uso del suolo		CHANNEL-FLOW			SHEET-FLOW
		Min.	Norm.	Max	
53	Seminativi semplici in aree irrigue	0.030	0.040	0.050	0.170
54	Seminativi semplici in aree non irrigue	0.030	0.040	0.050	0.170
55	Sistemi colturali e particellari complessi	0.028	0.037	0.045	0.170
56	Spiagge, dune, sabbie	0.020	0.020	0.020	0.010
57	Suoli rimaneggiati e artefatti	0.100	0.120	0.140	0.050
58	Superfici a copertura erbacea densa	0.030	0.035	0.050	0.240
59	Tessuto residenziale continuo antico e denso	0.200	0.200	0.200	0.011
60	Tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso	0.200	0.200	0.200	0.011
61	Tessuto residenziale continuo, denso, recente e alto	0.200	0.200	0.200	0.011
62	Tessuto residenziale discontinuo	0.100	0.100	0.100	0.011
63	Tessuto residenziale rado e nucleiforme	0.100	0.100	0.100	0.011
64	Tessuto residenziale sparso	0.100	0.100	0.100	0.011
65	Uliveti	0.050	0.060	0.080	0.400
66	Vigneti	0.080	0.100	0.120	0.400



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



# Modellazione idraulica – IV

## ARCHIVIO DIGITALE



```
\SCHEDARIO MODELLI
\CODICE_CORSO D'ACQUA
  \ATTRAV_IDRA\AttravIdr (shp)
  \DEM\Dem Lidar (raster)
  \HEC-RAS
  \IDROLOGIA
    \BACINI\Bacini (shp)
  \MANNING\Manning_1D_n_max,min,norm (txt)
  \PreRAS\ (mdb)
  \RETICOLO_25_KMQ\net_25kmq (shp)
  \UdS\UdS (shp)
```



Obiettivo di questa fase è la modellazione del comportamento idraulico dei corsi d'acqua oggetto dello studio. L'attività di modellazione è consistita nella costruzione dei modelli geometrici delle aste principali adottando uno schematismo monodimensionale. Sono dunque rappresentati i modelli realizzati per i corsi d'acqua indicati nel capitolo II. L'implementazione dei modelli numerici per la definizione delle aree a rischio verrà eseguita in una fase successiva al presente studio.

## 4.0 INTRODUZIONE

In questo capitolo è descritta l'attività di modellazione idraulica dedicata all'implementazione dei modelli numerici con il fine ultimo di individuare le criticità connesse all'assetto idraulico del territorio.

In questa prima fase di lavoro, l'attività di modellazione è consistita nella costruzione dei modelli geometrici delle aste principali adottando uno schematismo monodimensionale. 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.

In una fase successiva, a seguito di ulteriori approfondimenti necessari per individuare una metodologia per la stima delle portate anche nelle sezioni non strumentate, si provvederà all'implementazione dei modelli numerici con schematismo monodimensionale e bidimensionale in funzione delle peculiarità del territorio e delle esigenze specifiche di analisi e rappresentazione.

Allo stato attuale, pertanto, mancando un approfondimento in merito, si confermano le aree a pericolosità idraulica individuate nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni.

Per ciascun bacino esaminato, al fine di fornire una descrizione esaustiva del modello idraulico realizzato, sono presentati tre 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) lo schematismo idraulico adottato.

### 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 contermini oggetto di analisi. In generale si è adottato, tra i valori proposti al paragrafo 2.2.3, quello relativo alla condizione media, ai fini di adottare cautela nei confronti di entrambe le due grandezze idrodinamiche esaminate, considerando che un indice di Manning più basso, rappresentativo di una resistenza al flusso minore, determina una riduzione dei tiranti idrici con contestuale aumento della velocità di scorrimento; mentre un indice di Manning più alto, rappresentativo di una resistenza al flusso maggiore, determina l'effetto opposto. La scelta del valor medio dell'indice di Manning appare tanto più ponderata, rispetto ad una scelta di maggior cautela in relazione all'estensione delle aree a pericolosità idraulica, se si considera che la resistenza massima al flusso, che giustificerebbe l'adozione dell'indice di Manning di valore massimo, è in generale offerta quando lo stato vegetativo è più denso, condizione che si verifica solitamente nei periodi estivo-primaverili, quando l'occorrenza di eventi precipitativi estremi è ridotta rispetto alle altre stagioni.

### 3. Schematismo idraulico

E' indicata la tipologia di modellistica idraulica adottata.

### 4.0.1 Schematismo 1D

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.

Per lo sviluppo della modellistica di tipo monodimensionale è stato scelto il software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), software prodotto dallo US ARMY engineering corps, di comprovata affidabilità e di distribuzione gratuita.

HEC-RAS è un programma realizzato per effettuare calcoli idraulici monodimensionali per reticoli idrografici (indifferentemente naturali ed artificiali); il software può lavorare in regime di moto permanente o vario.

Nel caso di moto permanente, il software è in grado di modellare profili sia di correnti lente che veloci, ed inoltre è possibile valutare profili misti, con passaggio attraverso lo stato critico.

Il profilo idraulico è calcolato (standar step method) attraverso la soluzione iterativa della equazione dell'energia, tra due sezioni consecutive. Le perdite relative al termine cinetico dell'equazione, sono calcolate aggiungendo alle perdite continue per attrito, "J", un coefficiente di contrazione/espansione, che viene moltiplicato per la differenza delle altezze cinetiche medie tra due sezioni successive.

L'equazione che esprime la perdita di energia è la seguente:

$$h_e = LJ' + C \left( \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right)$$

dove:

L : lunghezza del tratto di alveo compreso tra le due sezioni successive, "pesata" in funzione della portata defluente all'interno della sezione trasversale su zone con differente coefficiente di attrito (basato sulla equazione di Manning);

J' : pendenza di attrito "rappresentativa" (media) delle due sezioni successive (in caso di moto uniforme sarebbe parallela al fondo e costante);

C : coefficiente di contrazione o di espansione.

Il software è programmato per il calcolo di profili nell'ipotesi monodimensionale, e pertanto fornisce, per ciascuna sezione trasversale, un'unica altezza del pelo libero e un'unica altezza della linea dell'energia. L'altezza della linea dell'energia, è ottenuta dal calcolo del valore "pesato" dalla portata di ciascuna delle sottosezioni in cui si può suddividere la sezione trasversale.

## 4.1 CAND\_01 - Torrente Candelaro, Torrente Triolo

### 4.1.1 Descrizione geografica e morfologica

L'asta del Torrente Candelaro, negli schematismi a seguire indicata con la sigla CAND 01, alla sezione di chiusura n. 25 sottende un bacino idrografico complessivo di circa 880 km<sup>2</sup>. Il tratto esaminato si estende per una lunghezza complessiva di 37 km, dalla sezione n. 13000 del *River* CAND 01\_7 sino alla sezione n. 100 del *River* CAND 01\_1, con una pendenza media del 6.7%. Le sue acque scorrono ai piedi del Gargano, in direzione Nord-Ovest Sud-Est, attraversando porzioni di territorio ricadenti nei comuni, da monte verso valle, di San Paolo di Civitate, Apricena, San Severo, Rignano Garganico, San Marco in Lamis.

Tra gli affluenti del Candelaro sono stati studiati il Canale di S. Martino, delimitato dalla sezione n. 6672.46 del *River* CAND 01\_5 sino alla sezione n. 79.51, per una lunghezza complessiva di circa 7 km all'interno del territorio comunale di Apricena e in destra idraulica, il Torrente Radicosa, delimitato dalla sezione n. 11500 fino alla sezione n. 100 del *River* CAND 01\_8, per una lunghezza complessiva di 11.5 km, appartenente al comune di San Severo.

L'affluente principale del Candelaro è il Torrente Triolo, il tratto analizzato scorre per circa 37 km, in direzione sud-est, attraversando i territori comunali di Lucera, San Severo e Rignano Garganico, le sezioni che definiscono l'asta di studio sono comprese tra la n. 18600 del *River* CAND 01\_19 e la n. 234.34 del *River* CAND 01\_9.

Il Torrente Triolo è alimentato dal deflusso di numerosi reticoli; quelli aventi un'area contribuyente maggiore di 25 km<sup>2</sup> sono rappresentati da il Canale Venolo, il Canale Ferrante, il Canale S. Maria e infine il Canale Pontesano, codificati con i seguenti codici: *River* CAND 01\_10, *River* CAND 01\_13, *River* CAND 01\_14, *River* CAND 01\_12.

Si tratta di alvei prevalentemente canalizzati e morfologicamente incisi e vegetati che scorrono in maniera irregolare nella parte più a monte per poi defluire nella zona di valle in maniera regolare con sezioni di tipo trapezoidale di larghezza pari a 90 m e profondità di circa 3 m.

### 4.1.2 La scabrezza

I suoli che ricadono all'interno del bacino del Torrente Candelaro sono contraddistinti da un intenso sfruttamento agricolo, i terreni sono principalmente occupati da seminativi in aree irrigue.

Partendo dalla parte più a monte del Torrente Candelaro, nelle zone limitrofe il tratto CAND 01\_7, l'uso del suolo è costituito da seminativi in aree irrigue, mentre in prossimità della sezione n. 2599 del medesimo tratto si riscontra la presenza di insediamenti industriali, spostandosi verso valle in prossimità della sezione n. 3920 del CAND 01\_4 predomina l'utilizzo dei suoli per l'uso irriguo. Nella parte terminale del Candelaro, relativa al tratto CAND 01\_1, il torrente scorre in prossimità di un insediamento artigianale alla sezione n. 6500 e di un insediamento industriale alla sezione n. 6605. Sul Torrente Radicosa tratto CAND 01\_8, a monte della confluenza con il Candelaro, si evidenzia la presenza di un insediamento commerciale in prossimità della sezione n.4333.

Per quanto concerne il Torrente Triolo, tratto CAND 01\_19, risulta naturalizzato per un primo tratto e caratterizzato da suoli non irrigui, in contiguità alla sezione n. 18474, mentre fino alla confluenza con il Candelaro prevalgono seminativi in aree irrigue. In prossimità del Canale Venolo, affluente in sinistra idraulica del Torrente Triolo, l'uso del suolo è costituito principalmente da vigneti, ubicati vicino la sezione n. 5622 del CAND 01\_10.

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 irrigue un indice di Manning  $n=0.04$ , per insediamenti industriali e artigianali  $n=0.2$ , per seminativi in aree irrigue  $n=0.04$ , per l'insediamento commerciale  $n=0.2$ , infine per i vigneti si è assunto un indice di Manning pari a 0.1.

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, 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.



Tessuto industriale:  
tratto CAND 01\_7  
in corrispondenza della sez. 2599



Consorzio agrario  
tratto CAND 01\_1  
in corrispondenza della sez. 6605



Seminativi in aree irrigue  
tratto CAND 01\_4  
in corrispondenza della sez. 3920





Insedimento commerciale  
tratto CAND 01\_8  
in corrispondenza della sez. 4333



Seminativi in aree non irrigue  
tratto CAND 01\_19  
a valle della sez. 18474



Vigneti  
tratto CAND 01\_10  
a monte della sez. 5622

#### 4.1.3 Schematismo idraulico

Con riferimento ai corsi d'acqua oggetto di studio, si è adottato uno schematismo idraulico di tipo monodimensionale. Il modello geometrico è stato realizzato sulla base dei dati topografici al suolo derivanti dai rilievi LIDAR; la geometria degli attraversamenti idraulici deriva dai rilievi eseguiti da questa AdB. Le condizioni di resistenza al flusso sono state implementate assegnando una scabrezza in funzione dell'uso del suolo, secondo quanto indicato al paragrafo 3.2.3.

Nelle cartografie allegate (2.4.1a -2.4.1g) è riportata la rappresentazione del modello geometrico.

## 4.2 CAND\_02 nord – Canale di Motta Montecorvino, Torrente Casanova, Torrente Salsola

### 4.2.1 Descrizione geografica e morfologica

L'affluente di destra del torrente Candelaro, negli schematismi a seguire indicato con la sigla CAND\_02\_nord, alla sezione di chiusura n. 25 sottende un bacino idrografico complessivo di circa 530 km<sup>2</sup>. Il tratto esaminato include il torrente Salsola, il suo principale affluente in sinistra idraulica, il torrente Casanova, il canale Motta Montecorvino, affluente in sinistra del torrente Casanova, ed altri due canali artificiali più a valle che immettono le acque lungo il corso principale del Salsola. Quest'ultimo si estende, lungo per circa 50 km, a partire dalla prima sezione n. 15130.2 del *River* CAND\_02\_nord\_4 sino all'ultima sezione n. 100 del *River* CAND\_02\_n\_9. Le sue acque solcano, in direzione nord-est, porzioni di territorio ricadenti nei comuni, da monte verso valle, di Biccari, Alberona, per una piccola porzione, Lucera, San Severo, Foggia, San Marco in Lamis e Rignano Garganico, nella provincia di Foggia.

Si tratta di alvei prevalentemente naturali lungo i quali si alternano andamenti rettilinei e sezioni morfologicamente incise ad andamenti sinuosi e caratterizzati dalla successione di meandri più o meno regolari. In tali casi le pianure alluvionali si estendono in destra e sinistra idraulica per decine di metri. Prevalgono seminativi semplici in aree irrigue, boschi di latifoglie e aree a pascolo naturale, praterie e incolti.

### 4.2.2 La scabrezza

L'alveo del canale Motta Montecorvino, CAND\_02\_n\_1, è in prevalenza occupato da cespuglieti e arbusteti. Nelle zone limitrofe il tratto appena richiamato, l'uso del suolo è prevalentemente costituito da seminativi in aree irrigue ( $n_{norm} = 0.04$ ). Raramente nelle pianure alluvionali si riscontra la presenza di uliveti ( $n_{norm} = 0.06$ ) e di aree a pascolo naturale, praterie e incolti ( $n_{norm} = 0.03$ ).

Lungo il letto e le sponde del torrente Casanova, che comprende i *River* CAND\_02\_n\_2 e CAND\_02\_n\_3, sono presenti principalmente boschi di latifoglie ( $n_{norm} = 0.12$ ) alternati a cespuglieti ed arbusteti. Il corso d'acqua interseca, in corrispondenza delle sezioni n. 2607.3101 e n. 2563.28, l'infrastruttura statale SS17 ( $n_{norm} = 0.02$ ). Le aree limitrofe sono occupate in prevalenza da seminativi semplici in aree non irrigue, piccoli appezzamenti di uliveti, qualche insediamento produttivo agricolo ( $n_{norm} = 0.1$ ).

Il torrente Salsola comprende, nello schematismo monodimensionale rappresentato i tratti: CAND\_02\_n\_4, CAND\_02\_n\_5, CAND\_02\_n\_7, CAND\_02\_n\_9. Lungo il suo corso anch'esso, come i precedenti, alterna tratti di alveo occupati da cespuglieti e arbusteti a tratti interessati dalla presenza prevalente di boschi di latifoglie. In adiacenza sono presenti aree a pascolo, praterie e incolti, estese aree di seminativi non irrigui, piccole porzioni di uliveti e vigneti ( $n_{norm} = 0.1$ ), insediamenti produttivi agricoli, colture orticole in pieno campo in serra ( $n_{norm} = 0.02$ ). A valle della confluenza con il torrente Casanova, in sinistra idraulica, è presente un insediamento industriale con relativi spazi annessi ( $n_{norm} = 0.2$ ) compreso tra le sezioni n. 18686.699 e n. 18592.6.

A partire dalla sezione n. 14124 sino all'ultima sezione esaminata, la n. 100, prima della confluenza del torrente Salsola con il torrente Candelaro, l'alveo naturale, confinato e delimitato da banks morfologicamente più evidenti, al quale si è assegnato valore del coefficiente di Manning pari a ( $n_{norm} = 0.03$  - *fiumi e torrenti*), è interessato, nelle porzioni laterali immediatamente limitrofe, dalla presenza di aree a pascolo naturale, praterie e incolti, e da estesi seminativi non irrigui.

Le aree in sinistra idraulica al canale artificiale, CAND\_02\_n\_6, affluente del torrente Salsola, sono attraversate da aree a pascolo naturale, reti stradali e ferroviarie ( $n_{norm} = 0.033$ ) e seminativi in aree irrigue. In destra idraulica sono presenti esclusivamente seminativi.

In destra e sinistra idraulica del canale artificiale più a valle, CAND\_02\_n\_8, sono presenti seminativi semplici in aree irrigue oltre ad un vigneto che interessa le sezioni comprese tra la n. 3700 e la n. 3400.

### 4.2.3 Schematismo idraulico

Con riferimento ai corsi d'acqua oggetto di studio, si è adottato uno schematismo idraulico di tipo monodimensionale. Il modello geometrico è stato realizzato sulla base dei dati topografici al suolo derivanti dai rilievi LIDAR; la geometria degli attraversamenti idraulici deriva dai rilievi eseguiti da questa AdB. Le condizioni di resistenza al flusso sono state implementate assegnando una scabrezza in funzione dell'uso del suolo, secondo quanto indicato al paragrafo 3.2.3.

Nelle cartografie allegate (2.4.2a -2.4.2d) è riportata la rappresentazione del modello geometrico.

### 4.3 CAND\_02 sud

#### 4.3.1 Descrizione geografica e morfologica

I reticoli idrografici, che negli schematismi a seguire sono indicati con la sigla CAND\_02\_sud, comprendono il torrente Vulgano, l'affluente in destra idraulica canale Guado di Lucera e gli affluenti in sinistra idraulica rappresentati dal canale Stella e dal canale che costeggia la SS17.

Il torrente Vulgano, affluente in destra idraulica del torrente Salsola, è un corso d'acqua a carattere stagionale che nasce in più rami dal monte Cornacchia e procede verso valle attraversando i territori comunali di Biccari, Lucera e Foggia. A monte della confluenza con il torrente Salsola sottende un bacino di circa 235 km<sup>2</sup>.

Lungo l'alveo del Vulgano si alternano tratti con andamento rettilineo a quelli con andamento meandriforme con sezioni morfologicamente incise che presentano mediamente una larghezza in sommità di circa 40 m, con profondità variabili tra i 2 ed i 4 metri. Gli affluenti, invece, presentano sezioni mediamente larghe in sommità 8 m e profondità di circa 1.5 - 2 m; tuttavia la sezione utile al deflusso risulta fortemente ridotta dalla presenza di abbondante vegetazione.

L'intero bacino è in prevalenza interessato da seminativi in aree irrigue (circa il 60%), il 20% è dedicato ai seminativi in aree irrigue, aree minori sono invece interessate da uliveti e boschi di latifoglie.

#### 4.3.2 Scabrezza

L'uso del suolo delle aree contigue ai corsi d'acqua 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.





Seminativi semplici in aree irrigue alla sezione 6163.92  
River :Cand\_05 –  
Torrente Vulgano



Alberi latifoglie lungo le sponde del corso d'acqua e seminativi in destra e sinistra idraulica  
Sez 8873.13 River:Cand\_1 –  
Torrente Vulgano



Cespuglieti ed arbusteti lungo il corso d'acqua a valle della sez 1064.69  
River:Cand\_1 –  
Torrente Vulgano

### 4.3.3 Schematismo idraulico

Con riferimento ai corsi d'acqua oggetto di studio, si è adottato uno schematismo idraulico di tipo monodimensionale. Il modello geometrico è stato realizzato sulla base dei dati topografici al suolo derivanti dai rilievi LIDAR; la geometria degli attraversamenti idraulici deriva dai rilievi eseguiti da questa AdB. Le condizioni di resistenza al flusso sono state implementate assegnando una scabrezza in funzione dell'uso del suolo, secondo quanto indicato al paragrafo 3.2.3.

Nelle cartografie allegate (2.4.3a -2.4.3d) è riportata la rappresentazione del modello geometrico.

## 4.4 CAND\_03

### 4.4.1 Descrizione geografica e morfologica

La sigla CAND\_03 identifica il Torrente Celone (CAND\_03b, CAND\_03c, CAND\_03e, CAND\_03g) ed i suoi affluenti Torrente Iorenzo (CAND\_03a), F.so S. Giusta (CAND\_03d) e Torrente Laccio (CAND\_03f).

Il Celone, affluente in destra idraulica del Torrente Candelaro, ha le sorgenti alle pendici di Monte San Vito (1015 m.s.l.m.) ed attraversa i comuni di Biccari, Roseto Valfortore, Faeto, Celle San Vito, Castelluccio Valmaggiore, Troia, Lucera, Foggia e San Marco in Lamis per una lunghezza complessiva di 70 km. Il corso d'acqua presenta un notevole numero di opere trasversali di regimazione, sponde che conservano un ambiente ripariale ben strutturato con formazioni a salice bianco, salice rosso, olmo e pioppo bianco, alveo inciso con tratti ad andamento meandriforme a monte e tratti rettilinei a valle dove si riscontra la presenza di argini dalla SS17 fino alla confluenza con il Torrente Candelaro. Sotto il profilo morfologico, la pendenza media del corso d'acqua è dell'1,6% e le sezioni presentano lunghezza variabile tra 25 e 80 metri. Celone, ai sensi del D.M. n. 131/2008, è classificato come "effimero" in quanto si riscontra la presenza di flusso continuo per meno di 8 mesi all'anno. Infatti il regime è quello tipico delle regioni semi-aride del mediterraneo, caratterizzato da periodi di siccità e piene improvvise.

Il bacino idrografico sotteso dal Torrente Celone ha una superficie di 310 km<sup>2</sup> ed è caratterizzato dalla significativa presenza di foreste decidue e coltivazioni di frumento duro in rotazione biennale. Nel bacino, in Loc. Borgo San Giusto, insiste l'invaso Capaccio avente una capacità totale di 25.82 Mm<sup>3</sup>, gestito dal Consorzio per la Bonifica della Capitanata

### 4.4.2 La scabrezza

Sulla base dell'uso del suolo, è stato attribuito l'indice di Manning ad ogni sezione geometrica del modello con riferimento sia all'alveo che alle zone limitrofe. Il valore più frequente dell'indice di Manning è pari a 0.03 per l'alveo ( $n_{norm} = 0.03$  - fiumi e torrenti) e 0.040 per le aree adiacenti dove si riscontra spesso la presenza di seminativi e di colture temporanee associate a colture permanenti. Lungo le aste fluviali studiate sono comunque presenti altre tipologie di uso del suolo che determinano valori medi dell'indice di Manning pari a 0.049 in alveo e 0.047 nelle zone limitrofe. Nello specifico è presente una fitta vegetazione forestale nella parte montana del Torrente Celone (CAND\_03b) che determina un valore medio di indice di Manning in alveo notevolmente superiore rispetto a quello più frequente. Nelle immagini a seguire è possibile avere rapida contezza della resistenza al flusso negli alvei oggetto di analisi.





Seminativi semplici in aree irrigue  
tratto CAND\_03b (Torrente Celone)  
a valle della sez. 10894



Suoli artefatti  
tratto CAND\_03e (Torrente Celone)  
a monte della sez. 11815.7



Seminativi semplici in aree irrigue  
tratto CAND\_03g (Torrente Celone)  
a valle della sez. 8447.4



Cespuglieti e arbusteti  
tratto CAND\_03a (Torrente Iorenzo)  
a valle della sezione 2007



Seminativi semplici in aree irrigue  
Edifici ad uso abitativo

tratto CAND\_03d (F.so S. Giusta)  
a valle della sez. 3364



Aree a vegetazione arbustiva

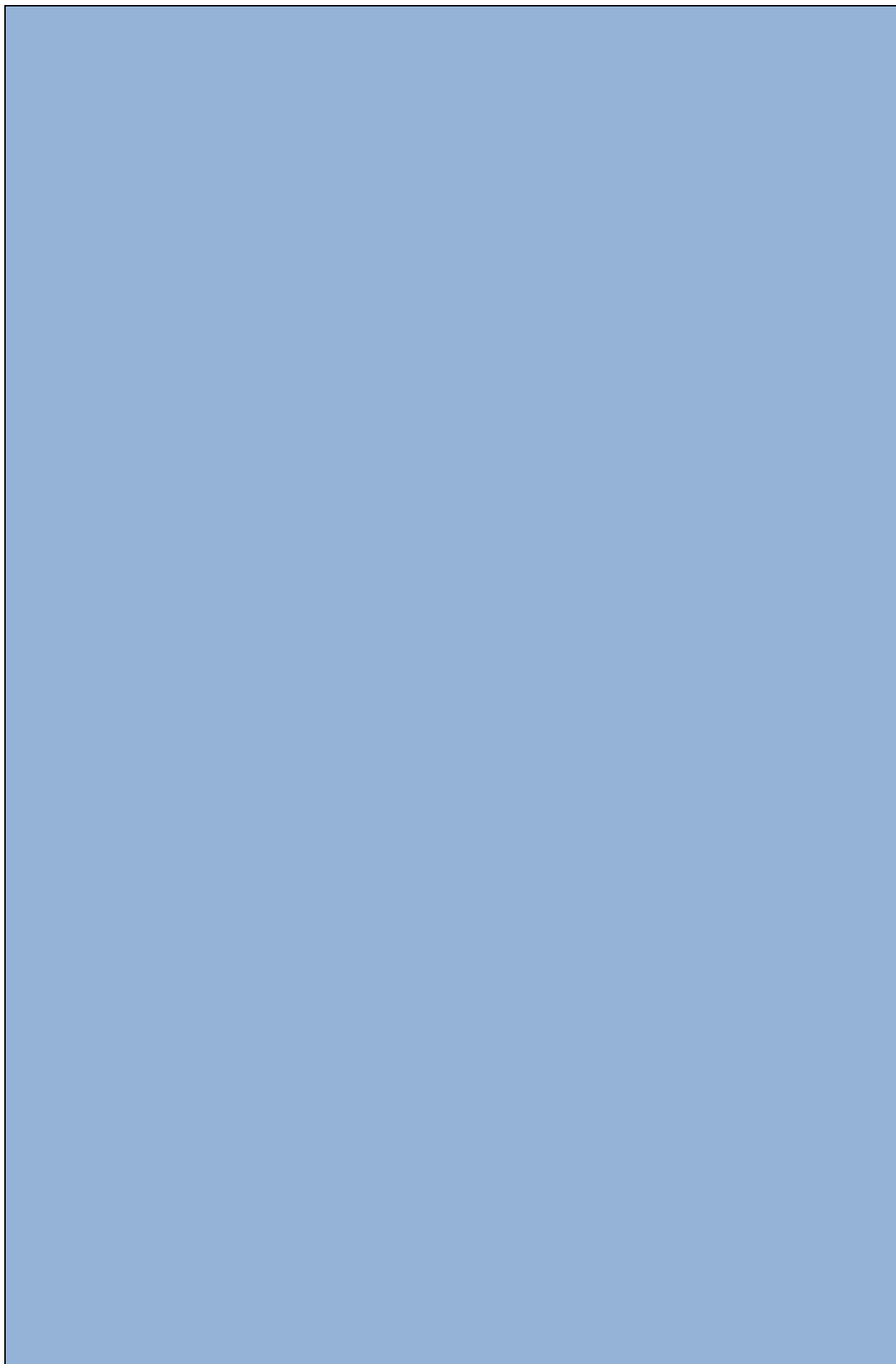
tratto CAND\_03f (Torrente Laccio)  
in corrispondenza della sez. 6342.9

#### 4.4.3 Schematismo idraulico

Con riferimento ai corsi d'acqua oggetto di studio, si è adottato uno schematismo idraulico di tipo monodimensionale. Il modello geometrico è stato realizzato sulla base dei dati topografici al suolo derivanti dai rilievi LIDAR; la geometria degli attraversamenti idraulici deriva dai rilievi eseguiti da questa AdB. Le condizioni di resistenza al flusso sono state implementate assegnando una scabrezza in funzione dell'uso del suolo, secondo quanto indicato al paragrafo 3.2.3.

Nelle cartografie allegate (2.4.3a -2.4.3e) è riportata la rappresentazione del modello geometrico.

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





# CONCLUSIONI

Nel presente lavoro sono stati indagati i reticoli principali (bacini con area contribuyente uguale o maggiore di 25 km<sup>2</sup>) afferenti al bacino del torrente Candelaro. L'analisi ha riguardato gli approfondimenti preliminari (analisi conoscitiva, caratterizzazione geomorfoidrologica, costruzione dei modelli idraulici), mentre le analisi idrologiche ed idrauliche e la definizione degli interventi per la messa in sicurezza sono rimandate ad attività da svolgere in futuro. Allo stato attuale si confermano le aree a pericolosità idraulica individuate nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni.

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





## Bibliografia

- Alfieri S. (1927), "L'alluvione della zona barese nel novembre 1926", Bari, Annali del Ministero dei Lavori Pubblici.
- Arcement G.J. & Schneider V.R. (1989). *Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains*. United States Geological Survey Water-supply Paper 2339.
- Azzaroli A., Valduga A. (1967), *Note illustrate della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000, Bari e Mola di Bari*, Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- Bacchi B., Franchini M., Galeati G., Ranzi R. (2000), "Parametrizzazione e regionalizzazione della curva di riduzione dei massimi annuali delle portate medie su assegnata durata", Atti del XXVII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Genova, 12-15 settembre 2000, Vol. II, pp. 129-136.
- Barnes, H.H., (1967), *Roughness Characteristics of Natural Channels*; U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 1849, 213 p.
- Benson M.A., Dalrymple T. (1967), *General field and office procedures for indirect discharge measurements: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations*, book 3, chap. A1, 30 p.
- Bonelli R., Fratino U., Romano L. (2009), *Il complesso rapporto tra la città di Bari e le lame, uno sguardo al passato per un diverso futuro*, Conv. SIGEA, Bari, 28 novembre 2009.
- Brath A., Fiorentino M., Villani P. (1994), Valutazione dei volumi di piena a frequenza assegnata, In: Copertino V.A., Fiorentino M. (a cura di), Valutazione delle piene in Puglia, pp. 269-286.
- Chow V.T. (1959), *Open-channel Hydraulics*, McGraw-Hill.
- Cowen, 1956; Chow, 1959; Bernes, 1967; Linsley, Kohler e Paulhus, 1982; Arcement e Schneide 1989; Phillips e Ingersoll, 1998).
- Da SS4-95SheetFlow.pdf
- Di Baldassarre G., Brath A., Horritt M., Bates P. (2006), *Mappatura ASAR delle aree inondate per la calibrazione e la verifica dei modelli bidimensionali di allagamento*, XXX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche – IDRA 2006
- Dietrich W.E. and Dunne T. (1993), *The channel head, Channel Network Hydrology*, John Wiley, 176-219
- Edson, C.G. (1951). Parameters for relating unit hydrographs to watershed characteristics, Trans. Am. Geophys. Un., 32, 391-396.
- Engman E. (1986). *Roughness Coefficients for Routing Surface Runoff*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 112(1), 39–53.
- Ferro V. (2006), *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill Companies, 848 p.
- Ferro V. (2006), *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill Companies, 848 p.
- Fiorentino, M. (1985), "La valutazione dei volumi di piena nelle reti di drenaggio urbano", Idrotecnica, (3), 141-152.
- Gabellani, S., Silvestro, F., Rudari, R., and Boni, G. (2008), *General calibration methodology for a combined Horton-SCS infiltration scheme in flash flood modeling*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 8, 1317–1327, doi:10.5194/nhess-8-1317-2008.
- Gabriele S., Chiaravallotti F., Cotecchia V. (2006), L'evento pluviometrico del 22 Ottobre 2005 in Puglia. Una ricostruzione sperimentale mediante Meteosat-8 e modello afflussi-deflussi a parametri distribuiti. L'ACQUA, 5, pp. 37-48.
- Hjelmfelt A. T. (1980a), *Curve-Number procedure as infiltration method*, Journal of Hydraulics Division, 106(6), pp 1107-1111.

- Hjelmfelt A. T. (1980b), *Empirical investigation of curve number technique*, J. Hydr. Div., ASCE, 106(9), 1471-1477.
- Horton R. E. (1933), *The role of infiltration in the hydrologic cycle*. Trans. AGU, 14th Ann. Mtg. pp.446–460.
- Huang, Y. (2009). *Rapid flood risk assessment using GIS technology*, International Journal of River Basin Management, 7:1, 3-14.
- Kuo, Guo & Reed -(2001) "*Simulation of Mesoscale Cyclone over Mediterranean Sea*" 2001 Meteorological Atmospheric Physics
- Linsley R., Kohler M.A., Paulhus J.L.H. (1982), *Hydrology for engineers*, McGraw-Hill (New York), 500 p.
- Maione U., (1999), "Le piene fluviali", La Goliardica Pavese,
- Marone V. (1971), Calcolo di massima di un serbatoio di laminazione, L'energia elettrica, n. 9
- Mastronuzzi G., (2010) "Le gravine e le lame" in "Il patrimonio geologico della Puglia territorio e geositi", Supplemento al numero 4/2010 di "Geologia dell'Ambiente", SIGEA.
- McNamara J.P., Ziegler A.D., Wood S.H., Vogler J.B. (2006), *Channel head locations with respect to geomorphologic thresholds derived from a digital elevation model: A case study in northern Thailand*, Forest Ecology and Management, 224, 147-156
- Mesa O. J., and E. R. Mifflin (1986), *On the relative role of hillslope and network hydraulic geometry in hydrologic response*, Scale Problems in Hydrology, edited by V. K. Gupta, I.Rodriguez-Iturbe, and E. F. Wood, pp. 1– 17, D. Reidel, Norwell, Mass.
- Mills, P., Badcock, A. (2011). Preliminary Flood Risk Assessment Fluvial Flood Hazard Mapping-Normal Depth Method. Disponibile presso il sito <http://www.cfram.ie/pdfs-downloads/TechDocs/Fluvial%20Normal-Depth%20Report%20-%20Final.pdf>
- Mishra S. K. and Singh V. P. (2003): *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, ISBN 1-4020-1132-6,
- Moisello U. e Papiri S. (1986), *Relazione tra l'altezza di pioggia puntuale e raggiuagliata*, 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 usfiub: 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.