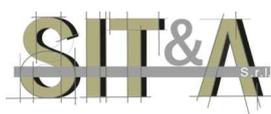
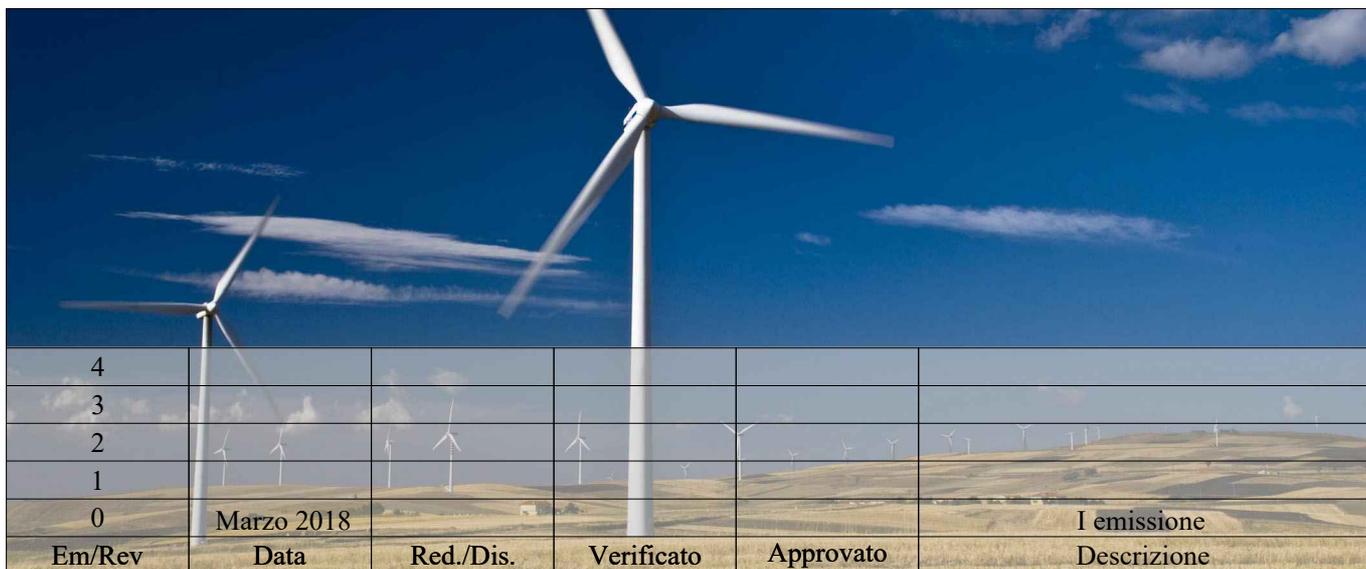


COMUNE DI CERIGNOLA
PROVINCIA DI FOGGIA

PROGETTO DEFINITIVO
DI UN PARCO EOLICO
"CERIGNOLA VENETA SUD"



Redazione: SIT&A srl - Studio di Ingegneria Territorio e Ambiente
Sede legale: via C. Battisti n. 58 - 73100 LECCE - sito web: www.sitea.info e-mail: info@sitea.info

Sede operativa: O. Mazzitelli n. 264 - 70124 BARI Tel./Fax 080/9909280 e-mail: sedebari@sitea.info

Titolo:	RELAZIONE IDROLOGICA	All.:	02C
		Identificatore:	PDALL02C
Committente:	VENETA ENERGIA S.r.l. con sede in Via I. Maggio n. 4 I - 31024 Ormelle (TV) P.I. 03954830281	Cod.:	F20-17

Progettazione:	 SIT&A srl Studio di Ingegneria Territorio e Ambiente dott. ing. Tommaso FARENGA
Consulenze e collaborazioni:	geom. L. Caputo - geom. D. Ruggiero - ing. R. Iaccarino - ing. M. Marrazzo - arch. M.E. Di Giorgio - ing. G. Nuzzo

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. INTERFERENZE DELLE OPERE DI PROGETTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO DEL P.A.I. DELL'AUTORITÀ DI BACINO DELLA PUGLIA.....	6
3. STUDIO IDROLOGICO	11

1. PREMESSA

La presente relazione idrologica, unitamente alla relazione idraulica, definisce e valuta le interferenze idrografiche legate alla realizzazione di un parco eolico costituito da n. 19 aerogeneratori, collegati da cavidotti e provvisti di opere complementari, ricadenti in un'area ubicata a Sud-Ovest dell'abitato di Cerignola nelle località Incorvera, Tre Titoli, Ciminarella e Cafora (cfr. corografia di Tav.II e Fig.1a).

Il parco è collegato alla stazione di consegna di Mass. Paletta sempre in agro di Cerignola, con un cavidotto lungo oltre 18 km a nord del parco. Il cavidotto in questione e la stazione di consegna non possiedono interferenze con il reticolo idrografico (cfr. Fig.1b).

Gli studi idrografici e idrologici sono stati condotti nell'area di intervento tenendo in debito conto quanto riportato dal PAI approvato il 30/11/2005, dalle relative Norme Tecniche di Attuazione e dalla Cartografia Idrogeomorfologica elaborata dall'Autorità di Bacino di Puglia.

La presente relazione tratta in particolare di un nodo di interferenza idraulica del cavidotto secondario con la testa di un affluente della Marana Castello (Nodo I6 di Tav. Int1A), a sua volta affluente del T.Carapelle; di tre nodi di interferenza del cavidotto secondario con affluenti della Marana di Fontanafigura (Nodi 11-I2-I3 di Tav. I1), affluente in sinistra idraulica del F.Ofanto e di tre nodi interessanti l'allargamento della carreggiata di una strada all'incrocio con la SS529, alla confluenza di due affluenti della Marana di Fontanafigura (Nodi 3bis, 4 e 5 di Fig.2).

Gli aerogeneratori sono concentrate in aree ubicate a distanza di sicurezza dal reticolo idrografico definito dall'AdB/Puglia sulla Carta Idrogeomorfologica su base CTR/2008, come si rileva dalla Tav.II e dalla Fig.2. I cavidotti secondari di collegamento dei 19 aerogeneratori corrono lungo la viabilità secondaria esistente e possiedono alcuni attraversamenti e/o affiancamenti in corrispondenza del reticolo idrografico. Il cavidotto principale è invece ubicato sempre lungo la viabilità principale e, come detto, non presenta affiancamento e/o attraversamenti idrografici.

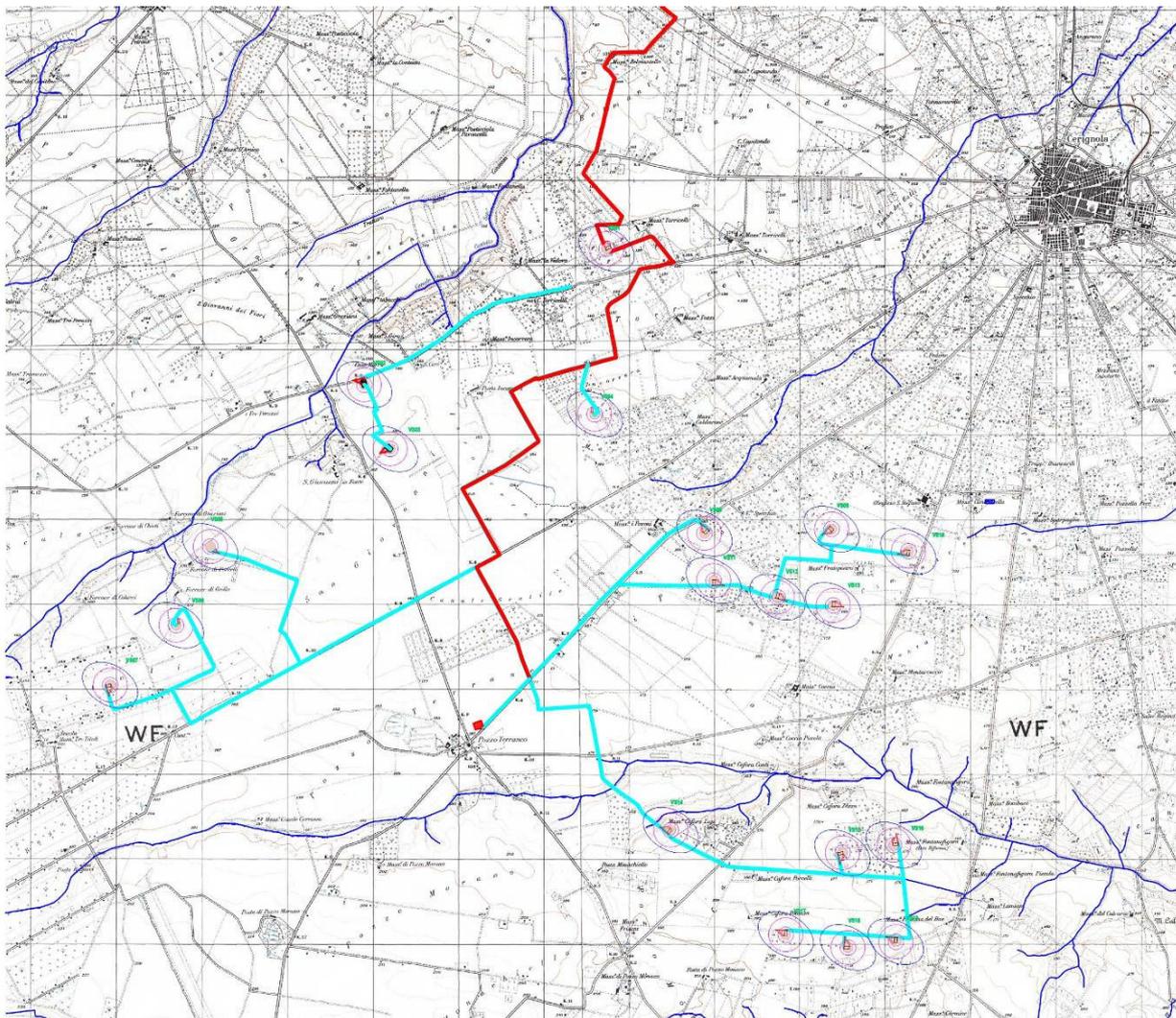


Fig.1a - Corografia del parco eolico di progetto (su base IGM)

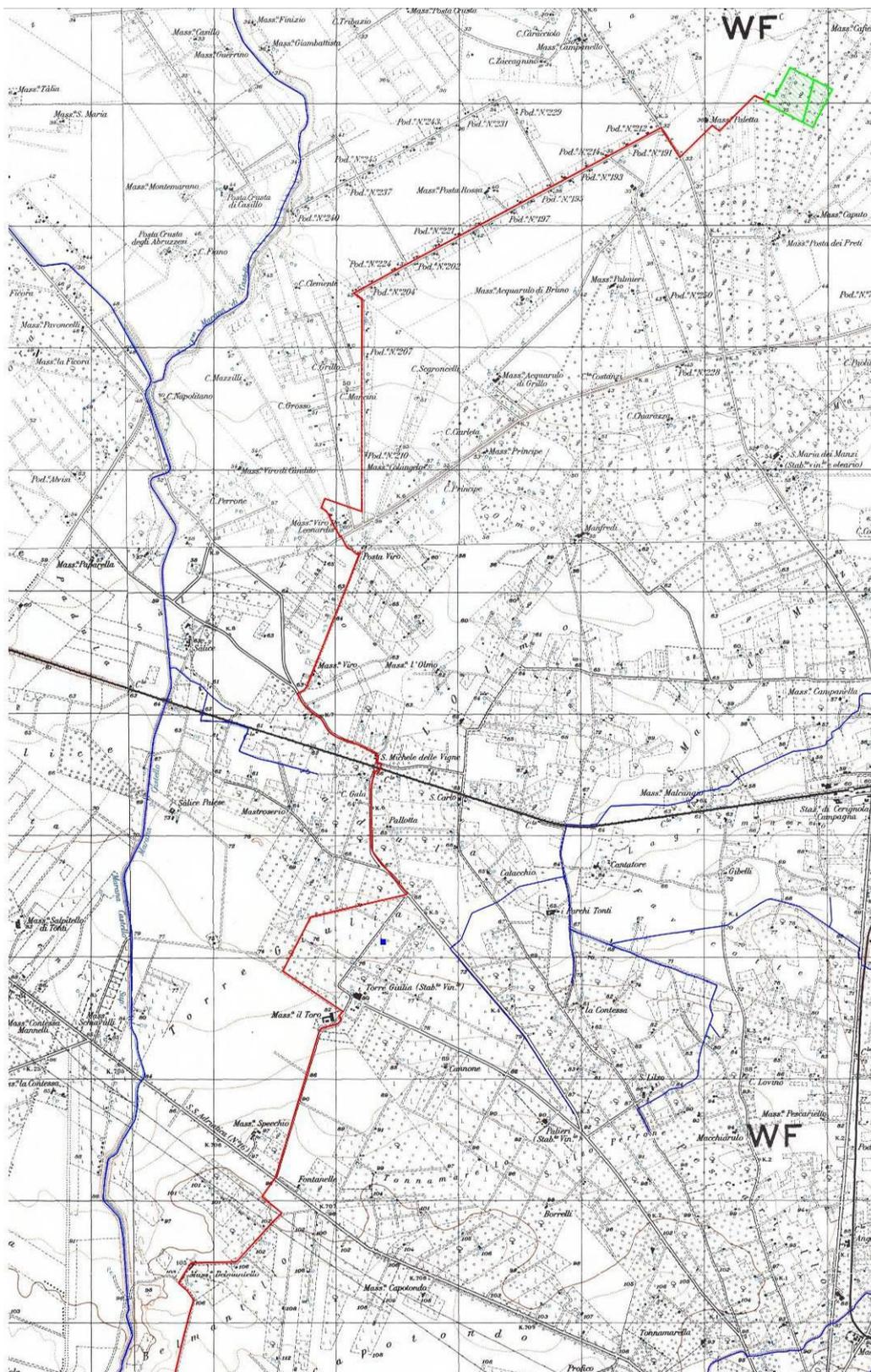


Fig.1b - Corografia del cavidotto esterno e stazione di consegna (su base IGM)



Fig.2 - Stralcio della carta idrologica e idraulica di Tav.I1, con nodi idraulici in evidenza

2. INTERFERENZE DELLE OPERE DI PROGETTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO DEL P.A.I. DELL'AUTORITÀ DI BACINO DELLA PUGLIA

L'analisi di coerenza con le NTA del PAI dell'AdB Puglia ha origine dalla sovrapposizione delle opere di progetto con il reticolo idrografico e, laddove esistenti, con perimetrazioni di aree allagabili già elaborate dalla stessa AdB/Puglia. Nella fattispecie, volendo procedere ordinatamente, si parte dagli elementi cartografici disponibili sul sito dell'AdB/Puglia, sostanzialmente rappresentati dalla Carta del Reticolo Idrografico (cfr. Tav. I1) e dalla Carta delle Aree Allagabili già perimetrata di Fig.3 (in questo caso non interferenti).

Per valutare attentamente le intersezioni o gli affiancamenti dei cavidotti secondari e principale o di opere complementari con lo stesso reticolo, è stata appositamente elaborata la Planimetria di Tav. I1.

Come è noto, ai sensi degli Articoli 6 e 10 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI dell'AdB Puglia, in assenza di rilievi topografici specifici dei corsi d'acqua ed in presenza di una fascia golenale definita (da ripe fluviali) la stessa viene classificata area ad Alta Pericolosità idraulica (AP), mentre una fascia di 75m in destra e sinistra idraulica (a partire dalle ripe) viene classificata area a Media Pericolosità idraulica (MP). In assenza di rilievi topografici specifici dei corsi d'acqua ed in assenza di una fascia golenale morfologicamente definita, va considerata una fascia di vincolo di Alta Pericolosità (AP) di 75 m in destra e 75 m in sinistra idraulica rispetto all'asse di deflusso ed una ulteriore fascia di vincolo di Media Pericolosità (MP) di 75 m in destra e 75 m in sinistra idraulica.

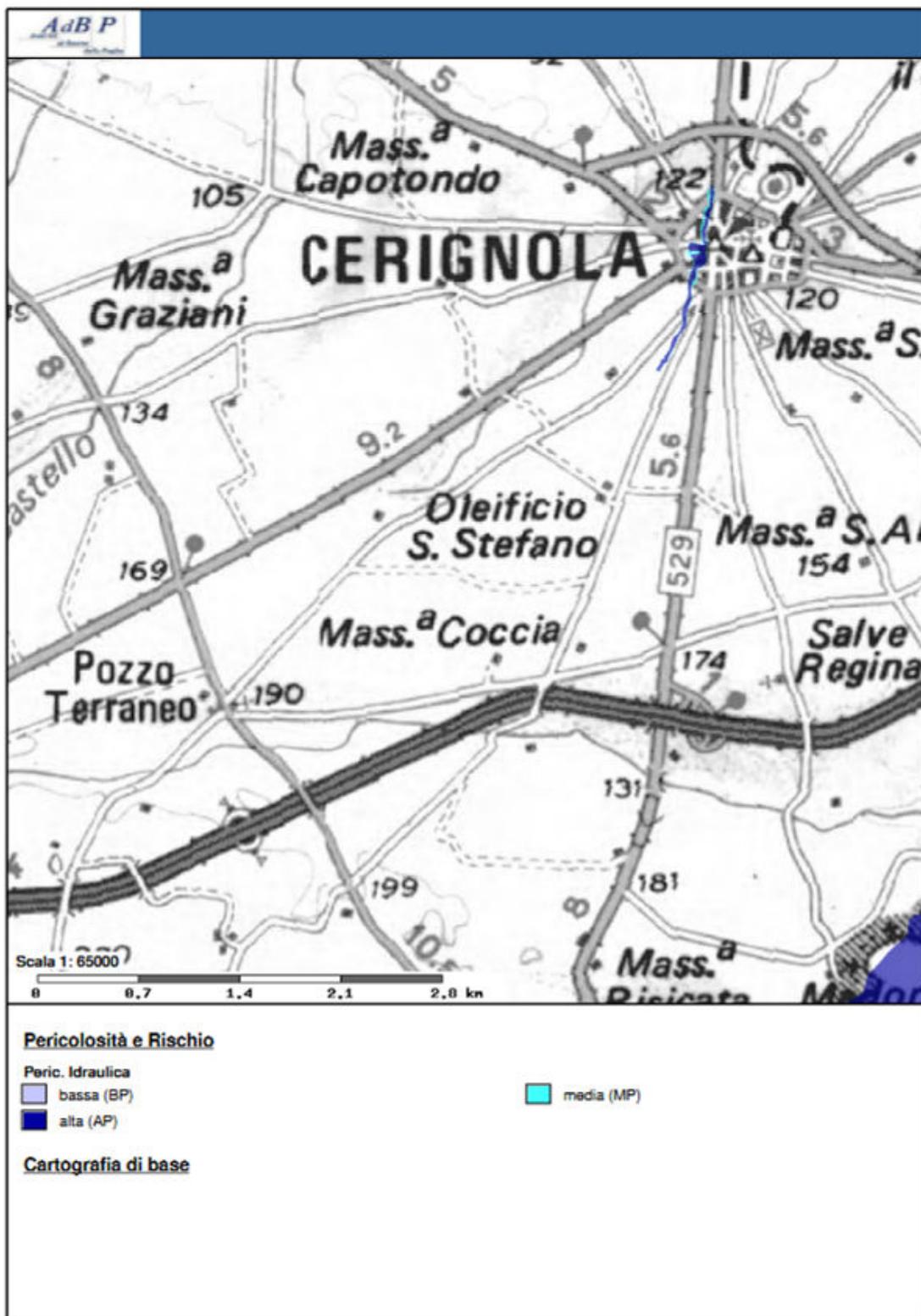


Fig.3 – Stralcio delle perimetrazioni delle aree allagabili già individuate dall'AdB

In sintesi occorre verificare, in linea generale, l'esistenza di una distanza minima dell'opera dal "corso d'acqua", di 150 m per non redigere la verifica di compatibilità idraulica richiesta dalle N.T.A. del PAI.

Nel caso in esame ci si è occupati della verifica d'interferenza idraulica per quanto riguarda gli aerogeneratori, i cavidotti e le opere complementari con il reticolo della Carta idrogeomorfologica (cfr. Tav.II), che in generale nella zona in esame, coincide con quello riportato sulla Cartografia IGM in scala 1:25.000.

La tavola e la Fig.2 riportano i nodi di interferenza riferiti ai cavidotti che corrono in prevalenza su strade esistenti, asfaltate o sterrate; alle nuove piste o strade da realizzare.

Gli attraversamenti degli elementi di reticolo e relative fasce golenali e di pertinenza sono ammessi dal PAI purchè si provveda alla protezione idraulica del tratto di cavidotto interessato dal fronte di deflusso idrico bicentenario.

Allo scopo quindi di proteggere il cavidotto da infiltrazioni idriche o da galleggiamento (nell'attraversamento di corsi d'acqua o nell'attraversamento di aree allagabili) si propone di collocarlo in tubazioni in HDPE di adeguato spessore, tali da renderlo assolutamente impermeabile e nello stesso tempo resistere all'erosione con lo zavorraggio del tubo mediante riempimento dello scavo con pietrame (cfr. schema di Fig.4).

SCHEMA TIPO DEL CAVIDOTTO CON SISTEMA DI ZAVORRAGGIO E TENUTA IDRAULICA SUPPLEMENTARE

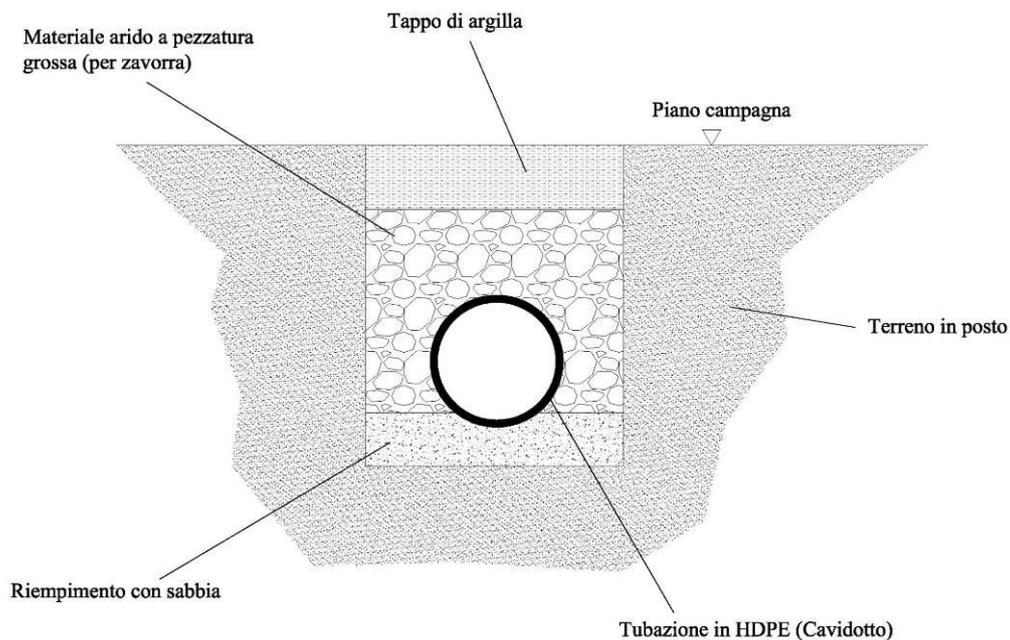


Fig.4

Per tale valutazione è stato redatto uno studio di compatibilità idrologica per tutti i nodi segnalati in Tav. II A e Fig.2.

I dettagli delle interferenze sono riportati nel seguito.

Nodo idraulico I1 di Tav.II

Si tratta dell'intersezione del cavidotto secondario con il reticolo idrografico.

Nodo idraulico I2 di Tav.II

Si tratta dell'intersezione del cavidotto secondario con il reticolo idrografico in corrispondenza di un'opera idraulica esistente (Tombino T).

Nodo Idraulico I3 di Tav.II

Si tratta dell'intersezione del cavidotto secondario con il reticolo idrografico.

Nodi Idraulici I3bis-I4 di Tav.II

Si tratta dell'intersezione del cavidotto secondario con elementi del reticolo idrografico. Per il Nodo I4 si considera la somma dei contributi di piena dei bacini afferenti ai Nodi I3bis e I5.

Nodo idraulico I5 di Tav.II

Si tratta dell'affiancamento della strada esistente che collega l'AG VS16 all'incrocio con la SS529 (e sostanzialmente funge da collegamento con il nodo di valle I4) con il reticolo idrografico rappresentato da una scolina e dall'attraversamento della stessa scolina con una pista da realizzare con un'opera idraulica di attraversamento in corrispondenza dell'incrocio.

I6 di Tav.II

Si tratta dell'attraversamento su strada (Ponticello), di un affluente in destra idraulica della Marana Castello da parte del cavidotto secondario.

È importante sottolineare che in questa sede i nodi idraulici descritti sono stati sottoposti a rilievi topografici in situ con apparecchiatura satellitare (GPS) di precisione. La Tav.II riporta le tracce delle sezioni rilevate e le Appendici A1-B1-C1-D1-E1 riportano la documentazione fotografica di campagna.

3. STUDIO IDROLOGICO

L'analisi idrologica ha come obiettivo la valutazione delle portate di piena che, per prefissati tempi di ritorno, caratterizzano un bacino idrografico.

Ai sensi del DPCM 29 settembre 1998, ai fini della perimetrazione e valutazione dei livelli di rischio, *“ove possibile, è consigliabile che gli esecutori traggano i valori di riferimento della portata al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno...dai rapporti tecnici del progetto VAPI messo a disposizione dal GNDICI-CNR”*. Nel caso dei bacini idrografici oggetto di tale studio, si è fatto quindi ricorso ai risultati del progetto VAPI (Valutazione Piene), per la determinazione delle altezze critiche di precipitazione e delle curve di possibilità pluviometrica, e più ancora agli elementi di indirizzo contenuti nella Relazione del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Regione Puglia.

Lo studio è stato condotto sui bacini idrografici mostrati in Tav. I.1.

Lo studio idrologico è stato sviluppato in quattro fasi distinte ma propedeutiche:

- Fase 1: analisi morfo-idrologica
- Fase 2: ricerca delle precipitazioni di progetto
- Fase 3: correlazione afflussi-deflussi
- Fase 4: elaborazione delle portate di piena caratteristiche

Fase 1: Dati morfometrici generali

Al fine di caratterizzare dal punto di vista morfo-idrologico i bacini idrografici interferenti con le opere di progetto, sono stati determinati i seguenti parametri:

- $S_B =$ Superficie bacino in kmq
- $L =$ Lunghezza asta principale in km
- $q_{med} =$ quota media bacino in m slm
- $q_0 =$ quota sezione di chiusura in m slm
- $i_a =$ pendenza dell'asta principale del bacino idrografico in %

Fase 2: Precipitazioni critiche

In sintonia con quanto determinato negli studi sulla Valutazione delle Piene in Puglia dal Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente dell'Università degli studi della Basilicata e con le direttive del PAI dell'AdB Puglia in materia di pericolosità idraulica, sono stati ricercati i valori delle precipitazioni critiche dotate di tempi di ritorno 30, 200 e 500 anni, considerando la seguente espressione valida per i bacini BINT1A÷BI5 di Tav.Int1A e cioè per i bacini ricadenti nel bacino del F.Ofanto:

$$H_{TR} = h_{TR} \times K_A \times K_T \quad (1)$$

precipitazione critica corretta, di durata pari a $t = T_c$

Assumendo:

$$h_{TR} = 24,70 T_c^{0,256} \quad (\text{altezza critica "indice" in mm per l'area geografica 4 del PAI, corrispondente a } T_c,)$$

$$K_A(S_B, T_c) = 1 - (1 - e^{-0,0021S_B})e^{(-0,53T_c^{0,25})} \quad (\text{fattore di correzione areale})$$

$$K_T(TR) = 0,5648 + 0,415 \ln TR$$

Per il bacino B6 di Tav. Int1A, ricadente nel bacino del T. Carapelle, sono stati adottati i seguenti parametri:

$$H_{TR} = h_{TR} \times K_A \times K_T \quad (1) \quad \text{precipitazione critica corretta, di durata pari a } t = T_c$$

Assumendo:

$h_{TR} = 25,325 T_c^{[(0,696 + 0,000531z)/3,178]}$ (altezza critica “indice” in mm per l’area geografica 3 del PAI, corrispondente a T_c , con $z = q_{med}$)

$K_A(S_B, T_c) = 1 - (1 - e^{-0,0021S_B})e^{(-0,53T_c^{0,25})}$ (fattore di correzione areale)

$K_T(TR) = 0,5648 + 0,415 \ln TR$

Fase 3: Correlazione afflussi-deflussi (metodo del *Curve Number*)

La metodologia del *Curve Number* per il calcolo dell’altezza di pioggia efficace è stata proposta dal *Soil Conservation Service* statunitense (SCS) nel 1972 e trova ampia applicazione grazie ad una diffusa letteratura a riguardo. Tale metodo è basato sul calcolo di un parametro adimensionale decrescente, il *Curve Number*, in funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell’uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell’evento meteorico.

Per quanto riguarda quest’ultima variabile, la procedura SCS definisce tre classi di umidità del suolo, stimate in base all’altezza di pioggia caduta nei cinque giorni precedenti all’evento meteorico in esame.

Classe di umidità	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 13 mm	< 36 mm
II	13 – 28 mm	36 – 53 mm
III	> 28 mm	> 53 mm

I termini “stagione di riposo” e “stagione di crescita” si riferiscono alle fasi vegetative delle piante che coprono il suolo.

La classe di umidità condiziona la scelta del *Curve Number* che, quindi, può assumere tre valori differenti, cioè CN_I , CN_{II} e CN_{III} .

Nel caso in esame si è fatto riferimento al CN_{II} .

Per quanto concerne la litologia superficiale, sono definite quattro classi di permeabilità:

Classe Litologica	Permeabilità
A	Alta
B	Media
C	Bassa
D	Nulla

Nel caso in esame i bacini in studio sono caratterizzati dal generale affioramento di terreni sabbioso-conglomeratici mediamente permeabili (classe B).

Mediante l'utilizzo di una carta geologica, sovrapposta ad una carta di *land use*, si procede all'individuazione dei valori del CN_{II} (ampiamente tabulato in letteratura), in funzione delle classi litologiche e dell'uso del suolo. Nel caso di impiego vario del suolo, è sufficiente calcolare la media ponderata dei CN_{II} utilizzando come pesi le estensioni delle superfici di terreno che presentano caratteristiche omogenee (nel caso in esame trattasi di prevalenti uliveti-mandorleti non irrigui).

Il valore del CN_{II} risultante è pari, nel caso in esame a 62.

Il CN_I ed il CN_{III} sono calcolati dal CN_{II}, come segue:

$$\begin{aligned} \text{CN}_I &= \text{CN}_{II} / (2,3 - 0,013 \times \text{CN}_{II}) = 41 \\ \text{CN}_{III} &= \text{CN}_{II} / (0,43 - 0,0057 \times \text{CN}_{II}) = 79 \end{aligned}$$

Ai fini dei calcoli idrologici è stato assunto il valore di CN_{II} pari a 71, corrispondente ad un preponderante land use a carattere seminativo.

Il calcolo della pioggia efficace è stato fatto impiegando la formula seguente, proposta dal *Soil Conservation Service*:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

dove P_e è l'altezza di precipitazione efficace, P è l'altezza di precipitazione lorda, I_a rappresenta l'assorbimento iniziale (cioè la quantità di acqua meteorica assorbita inizialmente dal terreno e dalla vegetazione) ed S è il volume specifico di saturazione, parametro che corrisponde al volume idrico trattenuto dal terreno e dalla vegetazione e, quindi, sottratto al deflusso superficiale.

Quest'ultimo parametro è funzione del CN:

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

L'assorbimento iniziale (I_a), a sua volta, è correlato al volume specifico di saturazione:

$$I_a = 0,2 S$$

Per la ricerca del tempo di corrivazione del bacino, si è fatto riferimento alla formula di FERRO, che appare adatta a casi di questo genere:

$$T_c (\text{min}) = 0,02221(L/\sqrt{i_a})^{0,8}$$

dove :

L = lunghezza dell'asta principale, in m.;

i_a = pendenza dell'asta principale come numero puro.

Fase 4: Portate di piena

La valutazione del fenomeno di trasformazione degli afflussi in deflussi, ovvero della valutazione della portata alla sezione di chiusura del bacino per una certa intensità di pioggia, è un problema risolvibile solo attraverso modelli matematici adeguati. Questi simulano la risposta di un bacino determinato ad un certo evento meteorico che si manifesta con determinate caratteristiche di intensità, durata e volume, al netto dei fenomeni di assorbimento del suolo e di evapotraspirazione. Le portate di piena sono state calcolate con il metodo SCS, utilizzando la seguente formula:

$$Q^{TR} = 0,208 \times \frac{V \times S_B}{T_c}$$

dove: S_B = Superficie Bacino (km²)

T_c = tempo di corrivazione SCS in ore

$V = (H_{TR} - 0,2S)^2 / H_{TR} + 0,8S$ (mm)

[H_{TR} = precipitazione critica zona 4 per B1÷B5 e zona 3 per B6 (mm)]

S = Volume specifico saturazione]

Come mostrato nella planimetria idrologica di Tav.II, sono stati individuati 6 bacini relativi ad elementi di reticolo che interferiscono o possono interferire con le opere di progetto. Per tali bacini è stata elaborata un'analisi idrologica finalizzata alla determinazione delle portate di piena e quindi alla perimetrazione eventuale delle aree allagabili. Per il Nodo I4 non è stato studiato il relativo bacino in quanto ai fini della perimetrazione sono state considerate le portate calcolate come somma di quelle dei bacini B3bis e B5.

Il Bacino B5 è risultato molto piccolo in quanto il reticolo è rappresentato da una scolina di gronda che nella parte alta possiede pendenza contraria che determina afflusso nel reticolo del bacino B3bis (cfr. Tav.Int 1A).

3.1 Risultati dell'analisi idrologica dei bacini idrografici chiusi ai nodi individuati per le opere di progetto

Il metodo di analisi idrologica discusso precedentemente, è stato applicato ai bacini idrografici di Tav. II. I risultati dell'analisi sono riassunti nella Tab. 1 di seguito riportata.

Tab.1 CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA DEI BACINI E VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

Bacino	S_B (km ²)	L (km)	q_{med} (m slm)	q_0 (m slm)	q_{max} (m slm)	I_a (%)I	Tc (ore)	CN _{II}	H ₃₀ (mm)	H ₂₀₀ (mm)	H ₅₀₀ (mm)	Q ₃₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q ₅₀₀ (m ³ /s)
B1	0,23	0,16	181	172,9	184	1,3	0,12	71	28	40	45	0,21	1,20	1,85
B2	25,61	12,69	215	161,2	215	0,7	5,17	71	73	102	115	18,1	36,8	46,3
B3	6,33	0,10	198,6	169,9	216	0,7	0,11	71	28	38	44	5,7	29,5	51,0
B3bis	2,85	0,67	181,5	150	202	2,50	0,30	71	36	50	57	3,9	12,9	18,9
B4 = B3bis+B5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3,95	13,15	19,29
B5	0,05	0,40	167	150	177	4,50	4,50	71	30	42	48	0,05	0,25	0,39
B6	2,23	0,55	155	142	161	2,30	0,26	71	36	50	57	3,5	11,5	16,7

Bari, marzo 2018

SIT&A srl
ing. Tommaso Farenga