



REGIONE ABRUZZO

PROVINCIA DI TERAMO



Accordo di programma finalizzato all'attuazione di
interventi urgenti e prioritari della Regione Abruzzo.
Lavori per la mitigazione del rischio idrogeologico sul fiume
Vomano.

PROGETTO DEFINITIVO

DESCRIZIONE

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

DATA

SETTEMBRE 2013

MODIFICHE

SCALA

-

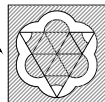
PROTOCOLLO

ELABORATO

RI01A

I PROGETTISTI:

3TI PROGETTI ITALIA
INGEGNERIA INTEGRATA SpA



3TI ITALIA S.p.A.
DIRETTORE TECNICO
Ing. Stefano Luca Fossati
Ordine degli Ingegneri
Provincia di Roma n. 20809

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

ARCH. DANILO CRESCIA

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	CENNI A CARATTERE GENERALE SUL BACINO ED AFFLUENTI	4
3	CARATTERIZZAZIONE IDRAULICA DEL FIUME VOMANO E CANALIZZAZIONI	5
3.1	IDROGRAMMA DI PROGETTO	5
3.2	ANALISI PLUVIOMETRICA	9
4	TRATTO 2 - VERIFICA IDRAULICA CANALE	12
4.1	PREDIMENSIONAMENTO CANALE	12
4.2	PREDIMENSIONAMENTO SCALA IDRAULICA.....	14
4.3	PREDIMENSIONAMENTO SCATOLARI	15
4.4	VERIFICA IDRAULICA.....	18
5	TRATTO 1 - VERIFICA IDRAULICA ARGINI VOMANO	19
6	TRATTO 3 - VERIFICA OPERE DI PROGETTO	20
6.1	TRATTO 3 - OPERA A.....	20
6.2	TRATTO 3 – OPERA C.....	21
6.3	TRATTO 3 – OPERA D.....	22

1 PREMESSA

La presente relazione illustra lo studio idraulico relativo all'intervento di "mitigazione del rischio idrogeologico del Fiume Vomano nei Comuni di Castelnuovo Vomano, Cellino Attanasio, Notaresco, Morro d'Oro, Atri, Pineto e Roseto degli Abruzzi", condotto su alcuni tratti del Fiume Vomano individuabili nelle seguenti zone:

- In corrispondenza della foce. A monte del ponte sulla S.S. n° 16 , fino in prossimità del viadotto della A14, nei territori comunali di Roseto degli Abruzzi e Pineto.
- Nell'area in sponda destra del fiume Vomano, retrostante la Z.I. in località Scerne di Pineto fino al mare, nel territorio comunale di Pineto;
- Interventi puntuali individuati nel tratto di asta fluviale compreso tra il viadotto della A14 e in prossimità del ponte sulla S.P.23–Castelnuovo, nei territori comunali di Morro d'Oro, Notaresco, Atri, Castellalto e Cellino Attanasio.

Lo scopo della relazione è individuare le criticità riscontrate dal punto di vista idraulico e fornire le indicazioni necessarie agli approfondimenti da effettuare nelle successive fasi progettuali.

Le problematiche che sono state riscontrate nei tratti d'intervento riguardano :

1. zone caratterizzate da pericolosità idraulica (fenomeni di esondazione),
2. zone caratterizzate da erosione spondale
3. zone caratterizzate da incisione di fondo alveo.

In particolare, il Tratto 1 è caratterizzato da una elevata urbanizzazione che ha comportato, nel corso degli anni, il restringimento dell'alveo fluviale e la necessità di contenere le portate di piena, mediante opere di arginatura. Conseguenza di tale antropizzazione è stata quindi la progressiva riduzione della sezione di deflusso: questa condizione costringe la corrente ad un andamento planimetrico del tutto innaturale rispetto al passato e alle originali condizioni idraulico-morfologiche del fiume.

Da ciò ne deriva che la capacità di smaltire le portate di piena in sicurezza per le aree limitrofe, non risulta verificata. Questo è pertanto uno degli obiettivi della presente progettazione, intendendosi in sicurezza, quando la capacità della sezione de deflusso sia in grado di contenere portate avente tempo di ritorno di 200 anni con arginature che presentino, rispetto a tale valore, un franco di almeno 1 metro.

Il restringimento dell'alveo inoltre, rende pericolosa la naturale conformazione meandriforme tipica dei tratti vallivi del corso d'acqua in quanto gli argini possono essere oggetto di tratti di erosione al piede che ne mettono in pericolo la stabilità.

Altra criticità riscontrata (tratto 2), connessa alla problematica del rischio idraulico citato, ma determinato da fenomeni di diversa natura. Essa è relativa al territorio in destra idrografica, in cui sono presenti tre canali artificiali che raccolgono le acque meteoriche provenienti dall'ampia pianura golendale su cui insiste la zona industriale di Scerne di Pineto. Questi canali sono interamente rivestiti di cemento ed hanno un'immissione nel fiume Vomano con degli sciatori in c.a. posti all'interno dell'argine. Poiché la quota di questi canali è inferiore rispetto al livello di piena nell'asta principale, avviene il fenomeno del rigurgito con le acque del fiume che invadono le aree retrostanti le arginature. Per ovviare al fenomeno, nella presente progettazione, sono state previste:

1. Valvole a chiusura automatica di non ritorno (clapet) – presenti nella totalità dei 4 interventi previsti.
2. Adeguamento di un formale esistente fino in corrispondenza dell'abitato di Scerne e la realizzazione di un nuovo canale di collegamento con il mare (interventi 2 e 3). Tale progettazione mira a ridurre l'impatto del rigurgito idraulico dei canali in ingresso al Vomano durante i fenomeni di piena. Le intersezioni della SS. 16 e del rilevato Ferroviario verranno realizzate mediante 2 monoliti in c.a. a spinta.

Il tratto 3 è invece caratterizzato da un fenomeno di approfondimento del fondo alveo. Il fenomeno ha avuto origine nei pressi della località Passamadama (Atri), fino ad arrivare in corrispondenza del ponte sulla SP 23 (Castellalto-Cellino), dove si arresta per la presenza di un'opera di sbarramento, ma che ha raggiunto i 13-14 metri d'incisione (recentemente sono stati osservati medesimi fenomeni regressivi anche a monte). L'approfondimento di fondo alveo, oltre a rappresentare un problema per la stabilità delle sponde e delle infrastrutture che intersecano l'alveo del fiume, è strettamente connesso con l'aumento della pericolosità idraulica nel tratto terminale, in quanto ha reso pensili le golene laterali boscate utili alla laminazione delle piene. Le criticità rilevate nella zona sono anche relative alla eccessiva velocità di deflusso della corrente al suo potere erosivo ed alla riduzione del coefficiente di corruzione della piena. L'approfondimento del fondo alveo rapido ed incontrollato ha prodotto un alveo

canalizzato con pareti instabili suscettibili di crolli. Il fenomeno dello scalzamento al piede prodotto da una corrente particolarmente veloce accentua questa condizione di instabilità diffusa.

Ultimo punto esaminato è nella località Castelnuovo Vomano sulla sinistra idrografica del fiume a monte del ponte della S.P. n. 23, dove si è verificato, in occasione dell' evento di piena del 2009, l'allagamento delle aree produttive dell'adiacente zona artigianale.

2 CENNI A CARATTERE GENERALE SUL BACINO ED AFFLUENTI

Il fiume Vomano ha un bacino idrografico che si estende su una superficie di circa 868 km², con quota massima di 2912 m s.m.m. in corrispondenza del Corno Grande, e quota media di 791 m s.m.m.. Per quasi tutta la sua estensione il bacino ricade nella provincia di Teramo. Il fiume Vomano ha origine dalle sorgenti del "Gallo", ubicate alla base del monte San Franco, sul massiccio del Gran Sasso; il suo corso si sviluppa per circa 76 km, fino a sfociare nel mare Adriatico tra i comuni di Roseto degli Abruzzi e di Pineto. Riceve le acque di numerosi affluenti, tra i principali il Fucino, che, nei pressi di Tottea, sversa le sue acque in sinistra idraulica, il Rio Arno che si immette in destra idraulica proprio prima dell'invaso di Piaganini e quindi il Mavone, che è il più importante essendo sotteso ad un ampio bacino imbrifero e che si immette in destra idraulica nei pressi di Villa Vomano.

Il bacino scolante del fiume Vomano si presenta abbastanza accidentato nella parte alta, mentre nella parte bassa è caratterizzato da colline a dolce declivio e da una maggiore ampiezza del letto. All'interno del bacino idrografico sono individuabili sei sottobacini, di seguito elencati:

- Fucino: superficie di circa 215 km², comprende il tratto del fiume Vomano dalla sorgente (monte San Franco) fino ai pressi di Fano Adriano e raccoglie anche le acque dell'affluente Fucino e della sua superficie scolante;
- Arno: superficie di 57 km², si estende dal Corno Grande fino alla confluenza con il Vomano, a valle di Fano Adriano;
- Vomano da Fano Adriano alla traversa di Villa Vomano: superficie di 120 km²;
- Mavone: superficie di 170 km², si estende dal settore orientale del Gran Sasso fino alla confluenza con il Vomano;
- Vomano dalla traversa di Villa Vomano a Castelnuovo Vomano: superficie di 96 km²;
- Vomano da Castelnuovo Vomano alla foce: superficie di 210 km².

I caratteri morfometrici del bacino del fiume Vomano, che naturalmente riflettono le condizioni geologico-strutturali del bacino stesso, sono sintetizzati nella Tabella 1.

Tabella 1: Principali dati morfometrici del bacino del fiume Vomano.

Area bacino di drenaggio	782 km ²
Altitudine media	625 m s.l.m.
Lunghezza asta principale	68,5 km
Lunghezza del reticolo	428,5 km
Fattore di forma (Ff)	2,17

3 CARATTERIZZAZIONE IDRAULICA DEL FIUME VOMANO E CANALIZZAZIONI

3.1 IDROGRAMMA DI PROGETTO

La caratterizzazione idraulica del fiume Vomano, è stata effettuata attraverso lo studio del Piano Stralcio Difesa Alluvioni redatto dalla Regione Abruzzo a cui integralmente si rimanda.

In particolare le aree inondabili di riferimento sono state desunte dalla cartografia della pericolosità idraulica allegata al piano di cui sono riportati gli stralci relativi ai tratti d'intervento nella planimetrie d'inquadramento territoriale del presente progetto preliminare ed in particolare le caratteristiche idrauliche e le condizioni al contorno, utilizzate nel modello matematico per lo studio della propagazione dell'onda di piena e che dovranno essere utilizzate nelle modellazioni idrauliche di dettaglio delle successive fasi di progettazione.

Il PSDA individua, nell'ambito del bacino idrografico del fiume Vomano, gli idrogrammi di piena con tempo di ritorno $T = 20, 50, 100, 200$ e 500 anni riferite a sei sezioni, indicate come Sez.VO1, Sez.MA2, Sez.VO3, Sez.VO4, Sez.VO1-MA2 e Sez.VO2-VO3.

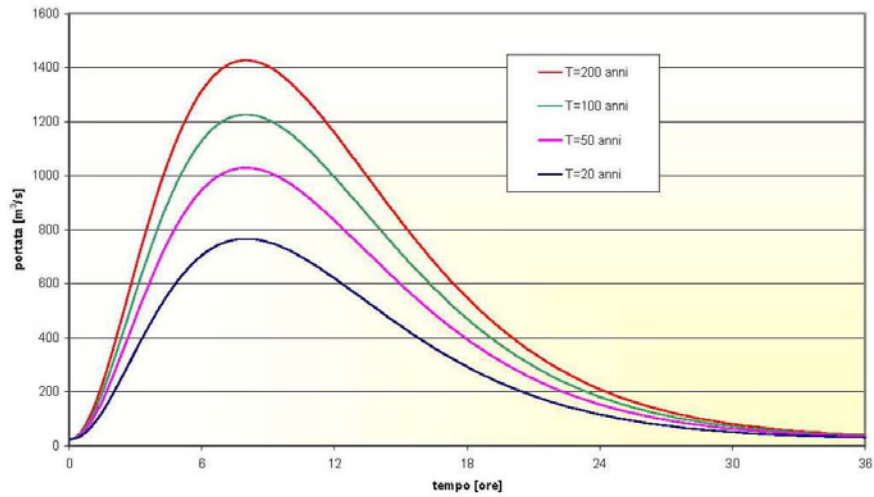
La Sez.MA2 individua in particolare la sezione che racchiude il bacino imbrifero del fiume Mavone, principale affluente del Vomano, subito a monte della confluenza, con un'area drenata di 169.3 km²; le sezioni Sez.VO1, Sez.VO3 e Sez.VO4 sono invece ubicate direttamente sul corso del fiume Vomano ed individuano bacini imbriferi di 334.6, 653.7 e 766.7 km². Le sezioni Sez.VO1-MA2 e Sez.VO2- VO3 infine indicano rispettivamente l'interbacino tra la Sez.VO1 e la sezione sul fiume Vomano ubicata a monte della confluenza con il Mavone e l'interbacino tra la sezione a valle della confluenza e la Sez.VO3, il tutto come riportato nella tabella n. 1.

Sezione	A <i>(km²)</i>	A perm. <i>(%)</i>	A imp. <i>(km²)</i>	L <i>(km)</i>	ΔH <i>(m)</i>	Z <i>(m s.l.m.)</i>
Sez.VM1	334.6	40	200.8	32.0	1048.0	1298.0
Sez.MA2	169.3	30	118.5	22.0	669.0	835.0
Sez.VM3	653.7	22	509.8	57.0	865.0	948.0
Sez.VM4	766.7	19	621.0	75.0	816.0	830.0
Sez.VM1-MA2	48.0	30	33.6	5.0	141.0	344.0
Sez.VM2-VM3	102.0	25	76.5	9.0	140.0	268.0

I sottobacini corrispondenti per i tratti d'interesse sono pertanto il VM3 per la zona in corrispondenza del ponte sulla SP 23 di Castelnuovo e VM4 per il tratto terminale, come riportati in figura 1 e i rispettivi ideogrammi di piena sono riportati a seguire.

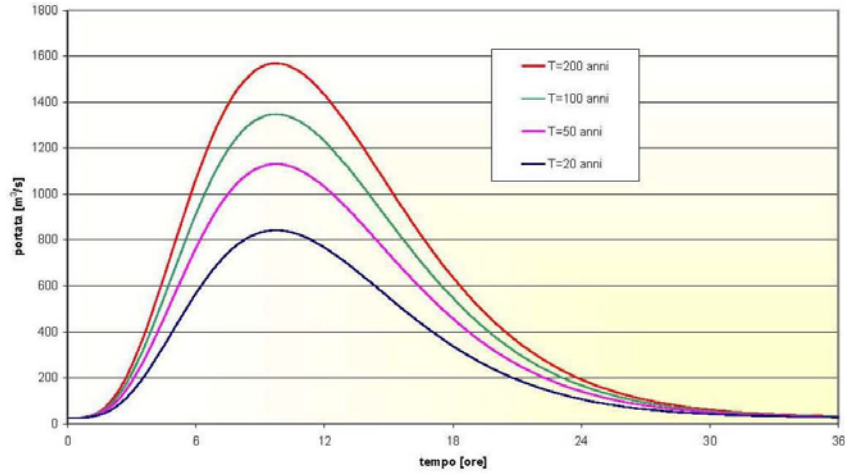


Idrogrammi del Vomano sezione VM03



D (ore)	$r_{D,m}$	$Q_{D,20}$ (m^3/s)	$Q_{D,50}$ (m^3/s)	$Q_{D,100}$ (m^3/s)	$Q_{D,200}$ (m^3/s)	$Q_{D,500}$ (m^3/s)
0	1.000	766	1029	1226	1427	1687
1	0.993	761	1022	1218	1417	1675
3	0.955	731	982	1170	1362	1610
6	0.877	672	902	1075	1251	1479
9	0.803	615	825	984	1145	1353
12	0.739	565	759	905	1053	1244
15	0.685	524	704	839	976	1153
18	0.640	490	657	784	912	1077
21	0.602	461	619	737	858	1014
24	0.570	436	586	698	812	959
30	0.518	396	532	634	738	872
36	0.478	366	491	585	681	804

Idrogrammi del Vomano sezione VM04



D (ore)	$r_{D,m}$	$Q_{D,20}$ (m^3/s)	$Q_{D,50}$ (m^3/s)	$Q_{D,100}$ (m^3/s)	$Q_{D,200}$ (m^3/s)	$Q_{D,500}$ (m^3/s)
0	1.000	842	1130	1347	1568	1853
1	0.991	834	1120	1335	1554	1837
3	0.943	794	1066	1271	1479	1748
6	0.853	718	964	1149	1337	1581
9	0.771	649	871	1039	1209	1429
12	0.704	592	795	948	1103	1304
15	0.649	546	733	874	1017	1202
18	0.605	508	683	814	947	1119
21	0.567	477	641	764	889	1050
24	0.536	451	605	722	840	992
30	0.486	409	549	654	762	900
36	0.448	377	506	603	701	829

Le portate da utilizzare nelle modellazioni di dettaglio dovranno essere riferite alle effettive zone di collocazione delle opere, inoltre il dimensionamento delle arginature dovrà essere caratterizzato dalla capacità di contenere portate avente tempo di ritorno di 200 anni con un franco di almeno 1 metro.

Gli indici di scabrezza per le sezioni golenali e per il canale principale sono contrassegnati dal coefficiente di Manning; esso dipende dal materiale costituente l'alveo, dall'irregolarità della sezione e dalla vegetazione presente nell'alveo e nelle aree golenali.

Nel PSDA per il fiume Vomano, come scabrezza media sono stati utilizzati pari a $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$ per il canale di magra e $0.06 \text{ s/m}^{1/3}$ per le aree golenali.

3.2 ANALISI PLUVIOMETRICA

Considerata l'assenza di dati di portata da riferirsi alle canalizzazioni in ingresso al Vomano, la forzante idraulica è stata elaborata ipotizzando valide le ipotesi di sincronia degli eventi massimali meteorici e di piena. Nello specifico sono stati presi in esame i dati relativi al pluviometro installato ad Atri e caratterizzato da più di 50 anni di rilevazioni.

L'altezza di pioggia di progetto è stata determinata applicando la legge doppio-esponenziale di Gumbel relativa alla distribuzione di una variabile massimale, ovvero ai dati degli Annali idrologici distinti per le durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore.

L'andamento della pioggia di progetto può essere descritto dalla relazione:

$$h_{T,d} = ad^n$$

Ove T è il periodo di ritorno dell'evento di progetto, d è la durata di pioggia ed a ed n due parametri che dipendono da T.

La definizione dei parametri di pioggia avviene applicando la relazione proposta da Gumbel:

$$P(h) = \exp(-\exp(-\alpha(h - \varepsilon)))$$

Con P(h) probabilità di non superamento dell'evento di pioggia di altezza h. Sviluppando la relazione al fine di determinare h si ottiene:

$$h = \varepsilon - \frac{1}{\alpha} \ln \ln \frac{1}{P}$$

Considerata valida l'ipotesi della massima verosimiglianza (momenti del campione equivalenti a quelli della popolazione), i termini ε ed α sono definiti come:

$$\alpha = \frac{1.28255}{\sigma_h}$$
$$\varepsilon = \eta - 0.450\sigma_h$$

Con η e σ_x pari alla media e alla deviazione standard del campione preso in esame.

1946										
1947										
1948	13	02-nov	22,2	09-nov	33,2	09-nov	38,8	09-nov	55,8	09-nov
1949	16,2	10-ott	34	10-ott	47	10-ott	81,2	10-ott	137,2	10-ott
1950	45,4	11-lug	45,4	11-lug	53	11-lug	53	11-lug	61,8	11-lug
1951	15	09-ott	29,6	09-ott	35,2	09-ott	60,2	09-ott	66,6	09-ott
1952	16	16-set	31	16-set	36	16-set	36	16-set	40,4	23-gen
1953	30,6	07-nov	51	07-nov	73	07-nov	102,8	07-nov	112,2	06-nov
1954	12,8	19-giu	22	08-ott	35,4	08-ott	58	08-ott	95	07-ott
1955	26,6	03-ago	27,4	03-ago	30,2	07-ott	47,4	02-nov	55	07-ott
1956	20	30-nov	26,8	30-nov	60	30-nov	91,2	30-nov	157,4	30-nov
1957										
1958										
1959										
1960	36,6	06-nov	39,2	12-dic	67	12-dic	98,2	12-dic	104,4	12-dic
1961	30,4	08-lug	33,2	03-ott	48	03-ott	75	05-nov	120,6	05-nov
1962	39	16-ott	42,6	16-ott	44	30-ott	52	30-ott	67,2	16-ott
1963	37	11-lug	37,8	11-lug	38,8	08-ott	65,4	28-nov	89,4	08-ott
1964										
1965	3,8	09-apr	17	21-mag	23,2	21-mag	34,2	21-mag	48,6	21-mag
1966	12,2	19-set	23	19-set	28,6	06-mar	40	06-mar	56,4	05-mar
1967	20	18-ott	36	14-apr	58,4	14-apr	65	13-dic	124,2	12-dic
1968	35,8	29-mag	37,4	29-mag	42,4	29-mag	51,4	29-mag	69,4	29-mag
1969	26,8	11-set	46	11-set	49,4	11-set	57,4	11-set	80,2	10-set
1970	37,4	15-ott	43	15-ott	43	15-ott	57,8	15-ott	62,2	15-ott
1971	30	15-ott	43	15-ott	49,8	15-ott	58,2	15-ott	58,4	15-ott
1972	19	03-ago	37	20-ago	50	20-ago	57,4	15-ott	64	20-ago
1973	17	08-ott	31,2	08-ott	39,8	08-ott	55	08-ott	66	08-ott
1974	25	02-set	34	07-nov	46,8	07-nov	63,5	07-nov	93	07-nov
1975	17	28-ago	22,8	28-ago	28	12-mag	30,2	12-mag	49,8	12-mag
1976										
1977	43	02-set	52,6	02-set	52,6	02-set	59,4	02-set	59,4	02-set
1978	27	20-ott	54,6	20-ott	67	20-ott	99,8	20-ott	153,2	20-ott
1979	55,8	25-set	88,6	25-set	90	25-set	90,2	25-set	90,2	25-set
Anno	lora	data	3 ore	data	6 ore	data	12 ore	data	24 ore	data
1980	10,4	29-ago	15,6	05-nov	25,4	30-apr	33	30-apr	55,4	30-apr
1981	31	04-set	33,0	22-giu	38	22-giu	49,6	04-set	57,4	04-set
1982										
1983	43	29-giu	79	29-giu	97,2	29-giu	107,4	29-giu	112,4	28-giu
1984	20,2	13-mag	32,2	13-mag	40	03-dic	64,2	03-dic	76,8	03-dic
1985	23,4	22-ott	34,2	21-ott	41,6	21-ott	46,4	21-ott	64,4	22-ott
1986										
1987	8,4	05-mag	11,6	05-mag	13	02-nov	16,6	02-nov	24,4	02-nov
1988	31,8	16-lug	34,8	16-lug	34,8	16-lug	34,8	16-lug	34,8	16-lug
1989	11,6	11-ago	22,6	29-set	28	29-set	55,8	29-set	63,8	28-set

1990	13	19-mag	18	16-nov	24,4	16-nov	31,4	16-nov	36,8	16-nov
1991	15	22-lug	16	22-lug	18	15-gen	26	24-nov	42	14-gen

I parametri a ed n risultano:

a ₅₀	n ₅₀	a ₁₀₀	n ₁₀₀	a ₂₀₀	n ₂₀₀
53.554	0.366	59.656	.365	65.734	0.364

4 TRATTO 2 - VERIFICA IDRAULICA CANALE

4.1 PREDIMENSIONAMENTO CANALE

Come precedentemente descritto, l'adeguamento del canale e la progettazione di due nuove tratte dello stesso permettono la raccolta delle acque che altrimenti insisterebbero direttamente sulla regione golenale del Vomano (Immissione 2 e 3). Tale intervento dovrebbe dunque permettere la riduzione delle portate in arrivo alla sezione di chiusura di detti manufatti, limitando quindi in caso di piena del corso d'acqua le aree di esondazione relative ai canali.

Il pre-dimensionamento della sezione del canale di progetto è realizzata sotto le seguenti condizioni:

1. Validità di regime di moto uniforme – la pendenza media del canale è ipotizzata pari a 0.1%
2. La portata transitante varia in ragione dell'ingresso dei due canali da intercettare.
3. L'onda di piena delle canalizzazioni affluenti è determinata mediante formula razionale

La tabella di seguito riporta i dati morfometrici dei bacini idraulici di riferimento.

Tabella 2: A – area bacino, L – lunghezza asta principale , H_m - altezza media bacino,H₀ - altezza sezione di chiusura, i_m – pendenza media asta principale

Bacini	A _b km ²	L km	H _m m	H ₀ m	i _m
Immissione 2	1.8	1.7	50	12	0.001
Immissione 3	1.4	0.25	252	218	0.001

La valutazione della portata dei due canali è ottenuta applicando la formula di Ventura valida per bacini di superficie inferiore ai 5 km².

$$t_c = 0.1272 \sqrt{\frac{A_b}{i_m}}$$

con

- A_b = Area del bacino in km²
- i_m = pendenza media dell'asta principale del bacino
- t_c = tempo di corrivazione espresso in ore

La formula razionale per la valutazione dell'onda di piena risulta:

$$Q_{TR} = \frac{\phi a_{TR} d^{n_{TR}-1} A_b}{360}$$

Con ϕ coefficiente di afflusso (0.4). Di seguito il risultato.

Tabella 3: TR – tempo di ritorno, Q_c portata al colmo di piena

T _R	Q _{c,2} m ³ /s	Q _{c,3} m ³ /s
50	3.8	3.1
100	4.2	3.4
200	4.7	3.8

La determinazione delle dimensioni del fosso di progetto è ottenuta nell'ipotesi di moto uniforme.

Il fosso è realizzato:

1. in terra (Pk 0+0.0 – 0+ 280.0 e 0+782.0 – 2+612), sezione trapezia di base 3.0m, altezza media 2.0m e lato obliquo inclinato a 33° sull'orizzontale.
2. in calcestruzzo ($K_s = 70\text{m/s}^{1/3}$, PK 0+280.0 – 0+782.0), sezione trapezia di base 2.0m, altezza media 2.0m e lato obliquo inclinato a 45° sull'orizzontale.

La pendenza media longitudinale è dello 0.03%. Di seguito la relazione risolutiva ed i risultati.

$$Q_C = K_s R_H^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} A$$

Con R_H raggio idraulico, A area bagnata ed i pendenza longitudinale del fosso. Le sezioni sono ovunque verificate.

4.2 PREDIMENSIONAMENTO SCALA IDRAULICA

Il canale rivestito, in aggancio all'esistente da sottoporre ad adeguamento, si trova a dover superare un dislivello complessivo di 6.0m in uno sviluppo longitudinale limitato. Per evitare valori di pendenza eccessivamente elevati si è deciso lo sviluppo di una scala idraulica, a sezione rettangolare, caratterizzata da salti idraulici pari a 2.0m.

La relazione di Rand permette la valutazione del passo idraulico necessario per permettere il completo sviluppo della gittata e profilo di rigurgito della vena fluida.

$$L = 4.3Z \left(\frac{Y_c}{Z} \right)^{0.81}$$

Con L e Z rispettivamente sviluppo longitudinale e verticale del salto idraulico ed Y_c altezza critica. Al fine di limitare lo sviluppo in lunghezza del salto si è deciso di aumentare le dimensioni di base della canalizzazione (influenando in tal modo sul valore dell'altezza critica). La tabella di seguito riporta i risultati della simulazione.

Q	b	Y_c	Z	L
mc/s	m	m	m	m

8.5	4.00	0.70	2.00	4.0
-----	------	------	------	-----

La scala idraulica è presenta dunque 3 salti da 2.0m ed uno sviluppo longitudinale di 15.0m (per ciascun gradino).

4.3 PREDIMENSIONAMENTO SCATOLARI

Il tracciato del canale è caratterizzato da una serie di intersezioni con infrastrutture stradali e ferroviarie che vanno sottoposte a predimensionamento idraulico per la determinazione della sezione utile. Di seguito l'elenco degli attraversamenti:

1. Attraversamenti maggiori – riguardano la Strada Statale Adriatica e la Ferrovia Ancona Pescara. Le opere in progetto sono rappresentate da scatolari 3.5x3.5m da realizzare a spinta.
2. Attraversamenti minori – sono riferiti attraversamenti di strade locali, una pista ciclopedonale e la strada Comunale di Piane Vomano. Per tutte le intersezioni è previsto l'uso di scatolari 3.5x2.0 m.

Le simulazioni di predimensionamento sono realizzate a mezzo del software a libera distribuzione BCAP (University of Nebraska). La progettazione è stata realizzata nell'ipotesi di:

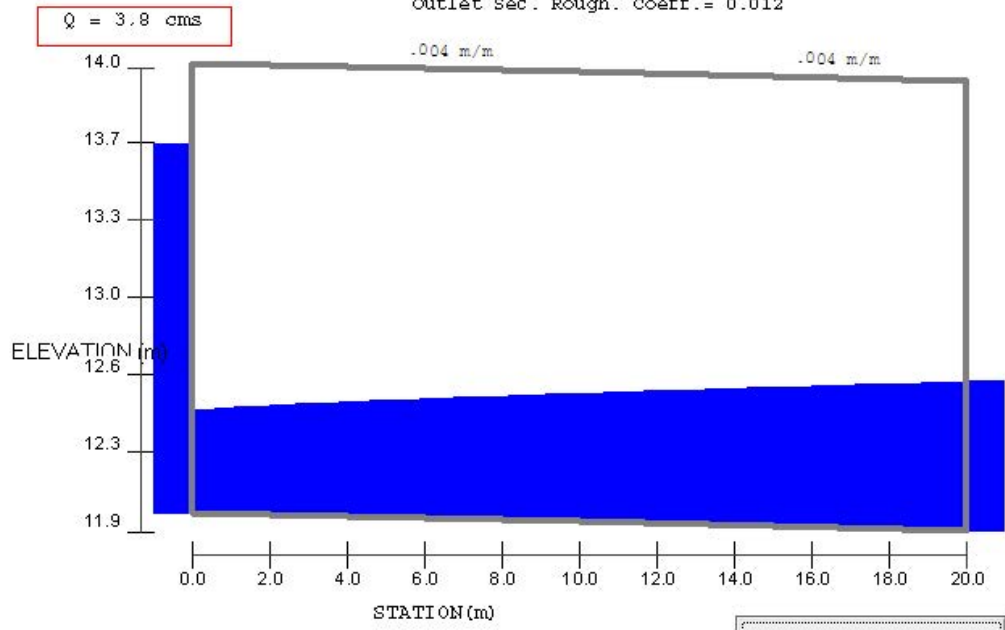
- Portata di progetto variabile – la sezione relativa al tombino sotto la strada Comunale è attraversata da una portata di 3.80mc/s mentre tutte le altre 8.50mc/s. Le portate sono riferite ad un periodo di ritorno di 200 anni.
- Caratteristiche geometriche medie costanti – il predimensionamento è realizzato ipotizzando opere in calcestruzzo dello sviluppo medio di 20.0m con pendenza costante dello 0.3%. La sezione di verifica risulta quella caratterizzata da dimensioni inferiore (3.5x2.0m).

Di seguito i risultati.

Scotolare – $Q = 3.8\text{mc/s}$

Concrete Box Culvert
Span (per barrel)= 3.500 m
Rise= 2.000 m

Inlet Type
Wingwall, 1.5:1 Bevel (18-34 deg. Flare)
Rough. Coeff.= 0.012
Outlet Sec. Rough. Coeff.= 0.012

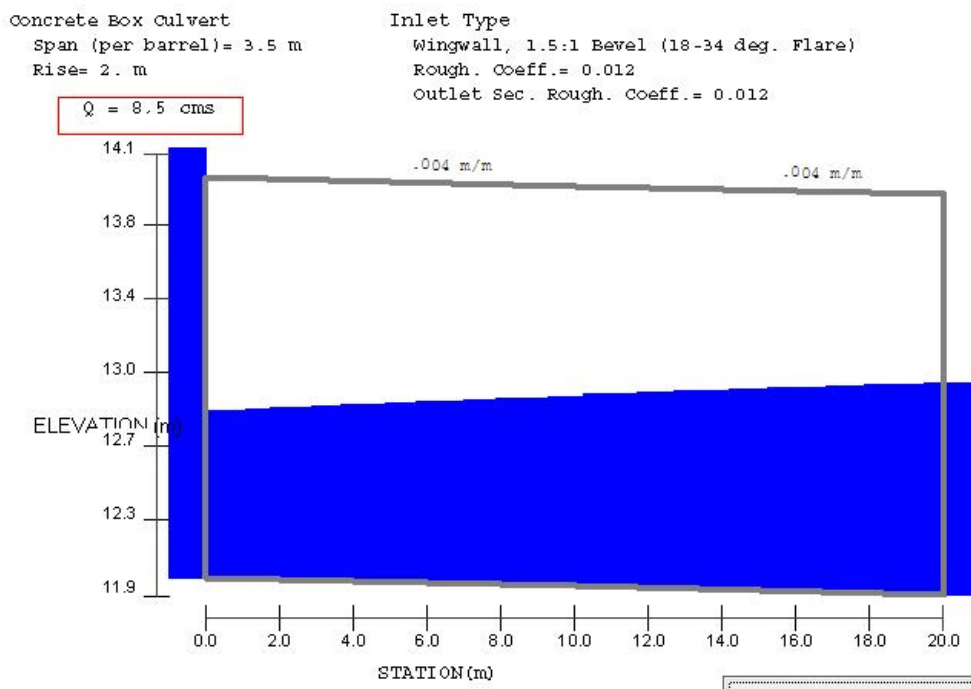


CULVERT DATA	
Discharge:	3.800 cms
Shape:	Box
Material:	Concrete
Size:	1-3.5 m x 2.0 m
Inlet Type:	Wingwall, 1.5:1 Bevel (18-34 deg. Flare)

WATER SURFACE PROFILE	
Inlet Depth:	0.51 m
Inlet Velocity:	2.12 m/s
Upper Break Depth:	0.51 m
Upper Break Velocity:	2.12 m/s
Lower Break Depth:	0.51 m
Lower Break Velocity:	2.12 m/s
Depth at End of Hydraulic Jump:	0.65 m
Velocity at End of Hydraulic Jump:	2.12 m/s
Depth at End of Hydraulic Jump:	0.65 m
Velocity at End of Hydraulic Jump:	1.04 m/s

OUTPUT DATA	
Head Water Depth:	1.63 m
Inlet Control Elevation:	12.79 m
Break Control Elevation:	0 m
Critical Depth:	0.49 m
Tailwater Depth:	0.65 m
Hydraulic Jump?	YES
Jump Station:	6.62 m
Jump Length:	0.23 m
Outlet Depth:	0.65 m
Outlet Velocity:	1.67 m/s
Outlet Froude No.:	.7

Scatolare – Q = 8.5 mc/s



CULVERT DATA	
Discharge:	8.500 cms
Shape:	Box
Material:	Concrete
Size:	1-3.5 m x 2.0 m
Inlet Type:	Wingwall, 1.5:1 Bevel (18-34 deg. Flare)

WATER SURFACE PROFILE	
Inlet Depth:	0.91 m
Inlet Velocity:	2.67 m/s
Upper Break Depth:	0.91 m
Upper Break Velocity:	2.67 m/s
Lower Break Depth:	0.91 m
Lower Break Velocity:	2.67 m/s
Depth at End of Hydraulic Jump:	N/A m
Velocity at End of Hydraulic Jump:	N/A m/s
Depth at End of Hydraulic Jump:	1.05 m
Velocity at End of Hydraulic Jump:	1.35 m/s

OUTPUT DATA	
Head Water Depth:	2.14 m
Inlet Control Elevation:	13.32 m
Break Control Elevation:	0 m
Critical Depth:	0.84 m
Tailwater Depth:	1.05 m
Hydraulic Jump?	
Outlet Depth:	1.05 m
Outlet Velocity:	2.32 m/s
Outlet Froude No.:	.7

4.4 VERIFICA IDRAULICA

La verifica idraulica del canale è stata realizzata ipotizzando condizioni di moto permanente attraverso il software HEC RAS (USACE.ARMY). I risultati sono riportati in ALLEGATO TRATTO 2.

5 TRATTO 1 - VERIFICA IDRAULICA ARGINI VOMANO

Gli interventi previsti in Tratto 1 del fiume Vomano sono mirati alla progettazione e riqualificazione degli argini attualmente preposti al contenimento dell'onda di piena. Nello specifico la progettazione è stata differenziata in ragione della destinazione d'uso delle aree esterne agli attuali argini golenali, distinguendo:

1. Sinistra idraulica – verificata la presenza di una piana di espansione libera priva di insediamenti, si è preferito mantenere invariate le superfici di laminazione del corso d'acqua.
2. Destra idraulica – considerata la rilevante presenza di insediamenti abitativi, le verifiche verranno condotte unicamente per periodi di ritorno di 200 anni.

Le opere in progetto consistono in arginature in terra di altezza tale da garantire per l'intera tratta in esame un margine di sicurezza di almeno 1.0m sull'altezza del pelo libero. Ove le arginature presenti siano tali da permettere il pieno contenimento dell'onda di piena (come descritto sopra), si è optato per una riqualificazione delle stesse.

La simulazione è stata realizzata ipotizzando condizioni di moto permanente attraverso l'ausilio del software HEC RAS (USACE.ARMY). La portata presa in esame risulta pari a 1568 mc/s (colmo di piena per periodo di ritorno di 200 anni). I risultati sono riportati in Allegato 2.

I risultati della simulazione permettono di evincere:

1. Argine Sinistro – come è possibile osservare dalla planimetria idraulica relativa alle aree di esondazione (PP03A_PLANIMETRIA VOMANO TRATTO 1_AREA ESONDAZIONE_TAV1/2/3), l'onda di piena è sempre contenuta all'interno alle sponde presenti, ad eccezione che per il tratto compreso tra le progressive 2+200 – 2+000. Per tale intervallo si manifesta il deflusso nella piana di espansione naturale del Vomano. La restante parte di arginatura risulta sufficientemente alta per contenere anche l'onda di piena per TR = 200 anni (PF02_VOMANO TRATTA1_PROFILLO IDRAULICO), garantendo quindi condizioni di sicurezza per la strada di collegamento a Molino San Antimo. Per tale tratto si ritiene opportuno

una riqualificazione dell'argine esistente al fine ovviare ad eventuali fenomeni di erosione ad opera della corrente.

2. Argine Destro – come è possibile osservare dalla planimetria e profilo idraulico, per il Tratto 1 dell'area oggetto di indagini non si verificano fenomeni di sovrizzo dell'argine esistente. Si ritiene comunque opportuno operare una riqualificazione del rilevato arginale atte a garantire un franco idraulico di almeno 1.0m rispetto ai tiranti idraulici dell'onda di piena duecentennale.

6 TRATTO 3 - VERIFICA OPERE DI PROGETTO

Il tratto 3, compreso tra la Strada Provinciale n. 23 e l'Autostrada A 14, risulta caratterizzato da diffusi fenomeni di erosione dovuti alla marcata urbanizzazione dell'area a ridosso del fiume Vomano. La riduzione delle aree relative alla piana naturale di esondazione del fiume ha comportato il mutamento delle caratteristiche di scabrezza dell'alveo e quindi una riduzione dei relativi tempi di corrivazione.

Gli interventi individuati nella tratta in esame sono mirati:

1. Alla riduzione del rischio idraulico legato alle attività antropiche attualmente dislocate in prossimità del Vomano (Opera A e D)
2. Alla stabilizzazione del letto naturale del corso rispetto a fenomeni di abbassamento del profilo del corso d'acqua (Opera C)

Di seguito si riporta una breve descrizione degli interventi.

La simulazione è stata realizzata ipotizzando condizioni di moto uniforme attraverso l'ausilio del software HEC RAS (USACE.ARMY). La portata presa in esame risulta pari a 1427 mc/s (colmo di piena per TR = 200 anni). I risultati sono riportati negli Allegati (ALLEGATO TRATTO 3 OPERA A, ALLEGATO TRATTO 3 OPERA B, ALLEGATO TRATTO 3 OPERA C).

6.1 TRATTO 3 - OPERA A

L'intervento è localizzato in zona Castelnuovo Vomano, in sinistra idrografica, zona attualmente caratterizzata dalla presenza di attività antropiche.

Il nuovo argine, di sviluppo complessivo pari a 310m, costituisce la prosecuzione dell'argine golenale attualmente presente e disposto subito a monte del ponte della S.S. 150. L'opera è realizzata in terra e presenta un'altezza massima di 2.0m con inclinazione delle scarpate pari a 33° sull'orizzontale. Il lato esposto all'onda di piena è protetto a mezzo di una geogriglia inerbita.

Come è possibile osservare dalla planimetria delle aree inondate (PP06A_PLANIMETRIA VOMANO TRATTO 3_OPERA A.dwg), la presenza dell'argine di progetto (piena con periodo di ritorno pari a 200 anni) permette la protezione del muro disposto a tergo dell'area in esame (simulazione Post-operam). Allo stato attuale la medesima portata comporta l'allagamento di tali zone.

6.2 TRATTO 3 – OPERA C

L'intervento è localizzato in zona Passamadama in una regione caratterizzata da un alveo notevolmente inciso a causa della progressiva azione della corrente. Obiettivo della sistemazione idraulica è la riduzione della velocità media di deflusso.

A tal fine si è optato per una soluzione mirata alla riprofilatura del corso d'acqua, con fondo alveo realizzato attraverso massi naturali sciolti e sponde laterali realizzate con muri in calcestruzzo armato. Il sostegno del materiale di riempimento è ottenuto, a monte, mediante una briglia in calcestruzzo armato fondata su pali alta 3.0m. A valle è invece presente una traversa, anch'essa fondata su pali, di altezza media pari a 1.5m. L'utilizzo dei massi sciolti permette l'aumento della scabrezza media per il tratto indicato a $0.08 \text{ s}^{1/3}/\text{m}$.

La riprofilatura, realizzata tra le progressive 1+600 – 1+561, presenta sezione rettangolare con base pari a 49.0m ed altezza delle sponde di 4.0m. Il dislivello complessivamente coperto è di 3.0m.

Come è possibile osservare dall'allegato alla relazione (ALLEGATO TRATTO 3 OPERA C) la presenza dell'intervento permette una limitata riduzione della velocità (sezione 1600 da 2.94m/s Ante Operam a 2.46 m/s Post Operam).

6.3 TRATTO 3 – OPERA D

L'intervento è localizzato in zona Stacca (Atri), in destra idrografica, in prossimità di una regione in passato utilizzata come cava. Obiettivo della sistemazione idraulica è limitare l'azione dell'onda di piena ed i fenomeni erosivi ad essa associati.

Il potenziamento dell'argine esistente è ottenuto mediante una gabbionata di lunghezza complessiva pari a 250.0m . La struttura è sviluppata attraverso la disposizione di 3 file di gabbioni, ciascuna di altezza pari ad 1.0m, per un totale di 3.0m. La gabbionata permette il contenimento dell'azione erosiva attribuibile all'onda di piena ed evita il propagarsi del processo erosivo alle sponde (riducendo sensibilmente la sottrazione di materiale litoide a piede di rilevato arginale).

Al fine di contenere le azioni erosive presenti anche in testa alla gabbionata si è optato per la realizzazione di un raccordo a terreno esistente mediante uno strato di protezione in geogriglia inerbita. L'onda di piena duecentennale risulta contenuta nell'argine di progetto.