

*Consorzio per l'Area di Sviluppo
Industriale di BARI*

*Ente Pubblico Economico
con sede in via delle Dalie n.5 - 70026 Modugno
Legge n. 317/91*

Progetto di fattibilità tecnica ed economica:

**Rischio idraulico tra Lama Misciano e via dei Fiordalisi nell'Agglomerato
Industriale di Bari-Modugno**

(rev.09.2019)

**Il progettista
Ing. Giuseppe A. Latrofa**

**Il Responsabile del Procedimento
Ing. Pierluca Macchia**

Premessa

Le Linee Guida per la progettazione di Aree Produttive Paesaggisticamente ed Ecologicamente Attrezzate (APPEA) prevedono, tra l'altro, l'adozione di misure di mitigazione del rischio idraulico per le aree produttive esposte a tale rischio (punto B.4.1).

L'ambizioso obiettivo di trasformare in APPEA l'agglomerato industriale di Bari-Modugno ha ispirato il recente intervento di "completamento della sistemazione della rete viaria nell'agglomerato industriale di Bari-Modugno" che ha risolto definitivamente le situazioni di criticità presenti lungo la "Lama Macchie di Russo" sulle aree destinate a "Parco Urbano" realizzato con il medesimo intervento.

Resta ora da risolvere l'ulteriore criticità idraulica presente nell'agglomerato relativa all'intersezione tra "Lama Mischiano" e Via dei Fiordalisi in agro di Bitonto in corrispondenza degli insediamenti Fassa Bortolo ed Atlassib.

La presente relazione ha quindi per oggetto una proposta tecnica per la sistemazione idraulica di "Lama Misciano" idonea ad operare una mitigazione del rischio idraulico che preservi dai fenomeni di inondazione le aree prossime agli stabilimenti innanzi citati per eventi di piena con tempo di ritorno di 200 anni come previsto dalle Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino per la Puglia.

L'area oggetto di intervento si estende a monte, da sud-ovest, in prossimità dell'autostrada A14 Bari-Napoli e a valle, da sud-est, in prossimità dei due tombini posti ai margini di via Dei Fiordalisi nell'agglomerato industriale ASI Bari-Modugno.

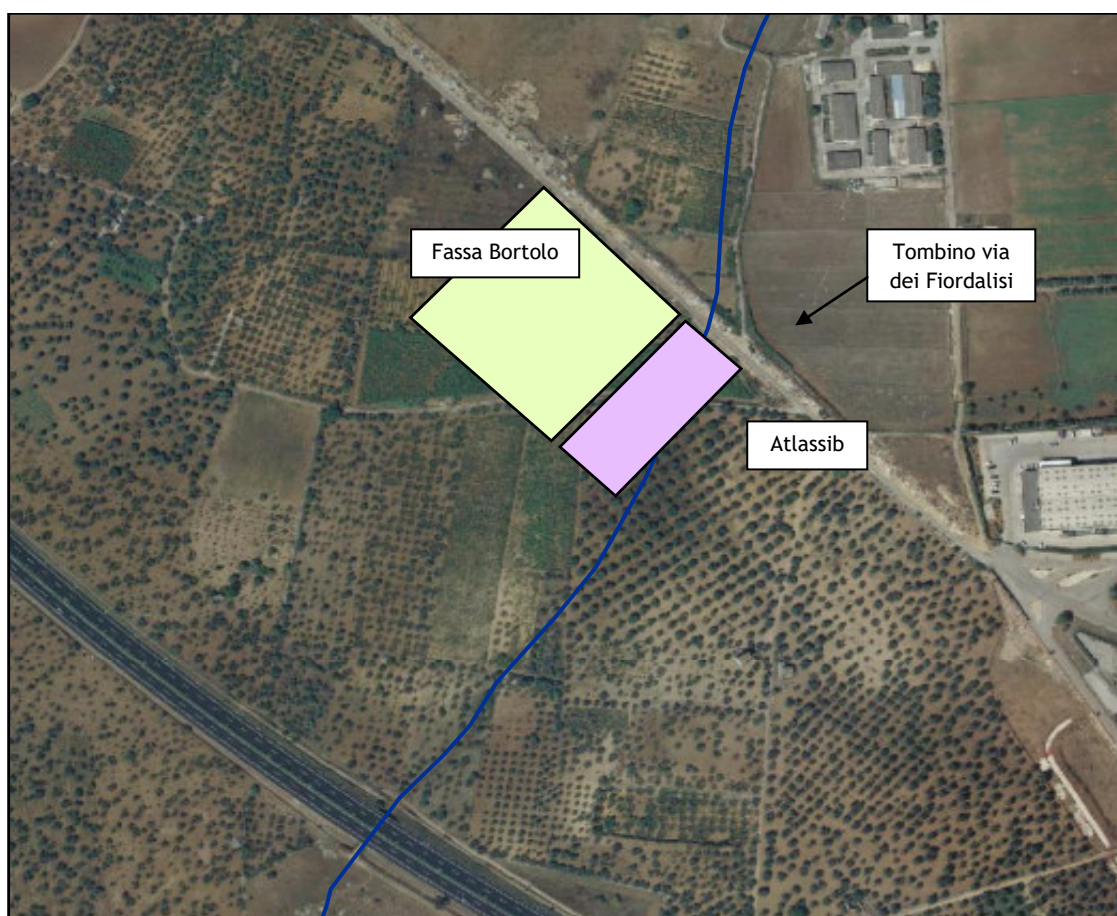


In particolare il tombino fra gli insediamenti industriali di "Fassa Bortolo e Atlassib" è occluso dal lato a monte e per ripristinare la continuità idraulica del bacino idrografico della Lama Misciano è necessaria la costruzione di un canale deviatore per lo più in terra ed opere di ingegneria naturalistica.

Nella zona oggetto dello studio sono presenti due criticità idrauliche, precisamente:

- ostruzione determinata dalla presenza degli stabilimenti Fassa Bortolo e Atlassib a monte di via dei Fiordalisi;
- ostruzione parziale del tombino di attraversamento di via Fiordalisi a mezzo di tubazioni disposte trasversalmente lo speco dell'attraversamento stesso.

Le due ostruzioni sono indicate nelle figure successive.

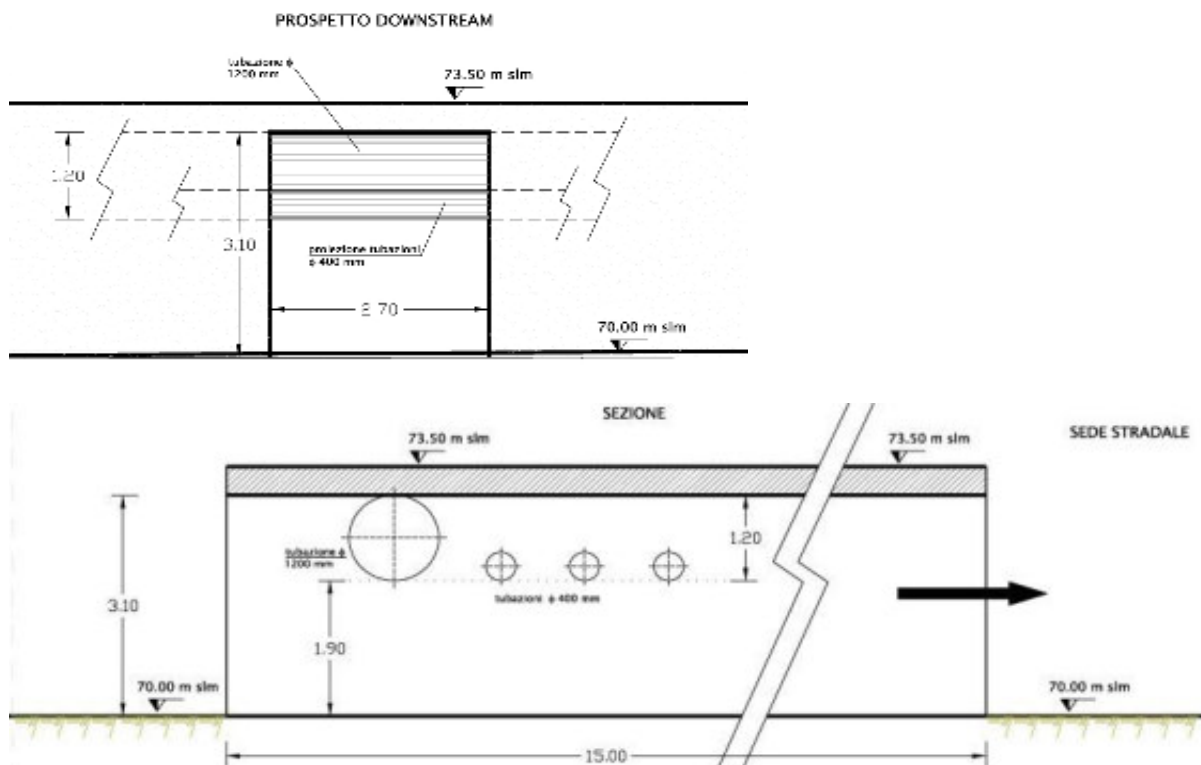


Ostruzioni dovute alla presenza degli stabilimenti Fassa Bortolo (a sinistra) e Atlassib (a destra), quest'ultima posta ad ostruzione del tombino stradale di via dei Fiordalisi.



Aree a diversa pericolosità idraulica individuate nel PAI della Puglia.

Il piazzale dello stabilimento Atlassib è posto ad ostruzione del tombino di via dei Fiordalisi lato monte. Al momento della realizzazione del piazzale è stata inserita una tubazione Φ 1800.



Rappresentazione delle ostruzioni determinate dai sottoservizi all'interno del tombino scatolare posto su via dei Fiordalisi

L'attraversamento Via dei Fiordalisi è costituito da un tombino scatolare di sezione rettangolare di larghezza 2,70 m e altezza netta di 3,10 m occluso a monte, come già detto, dalla realizzazione di uno stabilimento industriale, e internamente parzialmente occluso dalla presenza di quattro tubazioni di cui tre di diametro Φ 400 mm circa e uno di diametro Φ 1200 mm, disposte in maniera complanare con le generatrici inferiori tutte ad una distanza dall'intradosso dell'impalcato del tombino di circa 1,20 m. Le tubazioni costituiscono parziale occlusione interna di circa il 40% dell'altezza del tombino lasciando una luce libera di circa (3,10 - 1,20) 1,90 m.

Una delle quattro tubazioni menzionate contiene il cavidotto ad alta tensione della centrale turbogas.



Foto del tombino di via dei Fiordalisi da valle verso monte.



Foto del tombino Autostradale da valle verso monte.



Foto del tombino di via dei Fiordalisi da valle verso monte.

Si nota, oltre che i sottoservizi, la tubazione da 1800 posta al di sotto del piazzale Atlasib.



Foto del tombino di via dei Fiordalisi da valle verso monte.

Si nota la tubazione da 1800 posta al di sotto del piazzale Atlasib.

1 OBIETTIVI DEL PROGETTO

Il progetto si pone l'obiettivo di risolvere definitivamente il principale fattore di rischio idraulico tuttora presente nell'agglomerato ASI di Bari-Modugno dovuto esclusivamente a fenomeni correlati alla corrivazione incanalata delle acque meteoriche. A tal proposito è stato redatto il presente progetto di fattibilità tecnica ed economica relativo al Rischio idraulico tra Lama Misciano e via dei Fiordalisi.

Nell'ambito territoriale considerato sono presenti reticoli fossili che attestano una lunga preesistenza di flussi idrici di tipo lineare, incanalati, a carattere temporaneo o torrentizio. Trattasi dunque di alvei fossili, che sottendono ampi bacini idrografici collocati nelle porzioni interne murgiane, che possono attivarsi in particolari circostanze critiche (piovosità intensa e prolungata), in grado di sostenere flussi idrici di diverse centinaia di metri cubi al secondo.

Il sistema idrografico superficiale ben evidente della zona consta di più o meno profonde incisioni che solcano l'ampio pianoro sub orizzontale su cui si collocano gli opifici produttivi. Incisioni di un certo

rilievo si configurano sui due margini estremi dell'Area di Sviluppo Industriale mentre un terzo ramo torrentizio solca parte della stessa Area produttiva.

L'alveo posto a N-O, a margine del limite dell'Area di Sviluppo, noto come Lama Misciano, ramo destro della lama Balice, confluisce a sua volta, dopo avere intercettato i deflussi della Lama del Trappeto dell'Olio Rosso, in un ben più ampio corso idraulico (Lama Tiflis) che sfocia successivamente in mare.

La lama Misciano individua un'area ad Alta Pericolosità che costeggia l'area industriale (confluenza via delle Magnolie, via delle Violette e via dei Gladioli) senza tuttavia intercettarla direttamente. La Lama del Trappeto dell'Olio rosso taglia la parte terminale dell'Area di Sviluppo e presenta diverse "strozzature" determinate da improvvisi interventi che hanno modificato le sezioni naturali predisponendo i flussi idraulici a fenomeni di esondazione.

In particolare, il Progetto individua quali elementi di criticità il tombino fra gli insediamenti industriali di "Fassa Bortolo e Atlassib", occluso dal lato a monte per il quale si prevede di ripristinare la continuità idraulica del bacino idrografico della Lama Misciano e la nuova costruzione di un canale deviatore in terra con relative opere di ingegneria naturalistica.

Nella zona oggetto dello studio sono presenti dunque due criticità idrauliche, e precisamente:

- l'ostruzione determinata dalla presenza degli stabilimenti Fassa Bortolo e Atlassib a monte di via dei Fiordalisi
- l'ostruzione parziale del tombino di attraversamento di via Fiordalisi intersecato da tubazioni disposte trasversalmente la sezione dell'attraversamento stesso.

L'area di indagine presa in considerazione nello studio idraulico redatto a cura dell'ASI è molto più ampia e comprende l'intero tratto (sviluppo planimetrico) della Lama Misciano tra il tombino di attraversamento autostradale fino a quello di Via dei Fiordalisi nord, prolungando, l'indagine fino allo sbocco nella Lama Balice anche oltre il territorio di competenza del Consorzio industriale di Bari, allo scopo di definire le condizioni al contorno per la successiva modellazione e definizione del funzionamento idraulico del reticolo.

Il progetto prevede in particolare di superare le criticità evidenziate nello studio con:

- un tombino di attraversamento scatolare impostato sull'intersezione della Lama con via dei fiordalisi nord;
- due tombini scatolari impostati sull'intersezione con via delle Magnolie;
- un tombino di attraversamento scatolare impostato sull'intersezione della Lama via dei fiordalisi sud.

Una successiva rimodulazione progettuale ha consentito la condivisione dell'AdB di una variante all'attraversamento con scatolare su via dei Fiordalisi Nord (per la presenza di alcuni opifici già realizzati come il piazzale dell'azienda Atlassib che causerebbe disagio nell'attività lavorativa dell'azienda) sostituendolo con un nuovo tratto canalizzato artificiale, conforme ai criteri indicati nella relazione di piano del PAI della Puglia.

Le principali condizioni di pericolosità e di rischio sono, quindi, da ascrivere ad interventi del passato e principalmente a modifiche dei reticoli sia in termini dimensionali che di efficienza del libero deflusso.

Tali situazioni di criticità idrauliche sono state attentamente valutate e risolte attualmente in forma di proposte progettuali condivise ed approvate dall'AdB Puglia in quanto conformi alle NTA del PAI della Puglia per le opere di mitigazione del rischio.

Lo stesso intervento è conforme ai contenuti delle Linee Guida per la progettazione delle APPEA allegate al PPTR (punto B.4.1) ed è indispensabile per consentire il pieno utilizzo delle aree produttive circostanti, non gravate da vincoli di natura idraulica, interessate a breve sia dalla realizzazione della "camionale" che dall'istituzione della ZES.

2 SINTESI DELLE ANALISI CONDOTTE DI CARATTERE MORFOLOGICO, IDROLOGICO ED IDRAULICO

2.1 *Analisi Morfologica e individuazione del Bacino Idrografico*

Per giungere alla risoluzione delle problematiche oggetto del presente progetto è necessario procedere con un'analisi a scala di bacino dei processi idrologici ed idraulici determinati dagli eventi meteorici estremi i cui effetti al suolo sono fortemente influenzati dallo stato dei luoghi, sia per l'aspetto della geomorfologia degli stessi sia dal punto di vista della loro destinazione d'uso.

Pertanto affinché si arrivi a determinazioni che abbiano un riscontro attendibile rispetto alla realtà dei luoghi, è evidentemente necessario ricostruire, nella maniera quanto più dettagliata possibile, la conformazione degli stessi, andando ad analizzarli partendo da un esame a scala di macrobacino e via via aumentando sempre più il dettaglio dell'indagine.

2.2 *Il Modello Digitale del Terreno*

Al fine di ricavare un modello digitale del terreno sufficientemente dettagliato sarà necessario fare riferimento almeno ai seguenti dati cartografici:

- Cartografia IGM in scala 1:25000;
- Nuova Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:5000;
- Rilievo di dettaglio appositamente condotto;
- Ortofoto.

La base di partenza per l'ottenimento dei bacini idrografici, grazie alle moderne tecnologie disponibili, è sicuramente il modello digitale del terreno. Quanto più il modello digitale del terreno approssima il reale andamento morfologico dei luoghi, tanto più simile alle situazioni reali saranno le determinazioni rivenienti dall'analisi morfologica. Il livello di dettaglio del modello digitale del terreno è strettamente legato al tipo di "dato grezzo" di partenza ovvero maggiore è il livello di dettaglio della cartografia disponibile migliore sarà la qualità del modello digitale del terreno da essa derivato. Nel caso in esame si può certamente affermare che il numero di elementi disponibili è congruo per una analisi approfondita ed esaustiva dei livelli di pericolosità idraulica presenti, vista la distanza dell'area di interesse dagli impluvi più vicini e, soprattutto, la differenza altimetrica fra l'area oggetto di interesse e gli impluvi stessi.

L'elaborazione di tutti gli elementi suddetti permetterà dunque di costruire un Modello Digitale del Terreno (DEM) ovvero una rappresentazione tridimensionale georeferenziata della regione oggetto di studio.

I DEM possono essere di tipo Grid o di tipo TIN (Triangulated Irregular Network). I DEM sotto forma di Grid, grazie alla distribuzione uniforme di informazioni e alla possibilità che essi danno di trattare i dati direttamente in forma matriciale, sono preferibili rispetto ai TIN.

In tutti i modi al fine di generare una procedura standard di acquisizione dei dati e della loro elaborazione, si rende necessario un controllo preliminare sulla qualità delle informazioni di partenza per la loro utilizzazione successiva.

Per un'analisi geomorfologica del territorio, i dati di base relativi alle altimetrie possono essere elaborati per la generazione di un modello tridimensionale del territorio, tale da consentire analisi sulla morfologia della superficie.

La realizzazione del TIN parte dall'analisi dei punti quotati e delle curve di livello quotate in possesso. Grazie all'ausilio di specifici software è possibile elaborare i dati in modo da ottenere una superficie data da un'interpolazione di tipo lineare delle quote dei punti e delle curve di livello. Risulta ovvio come l'elaborazione effettuata su un numero di dati più fitti riduce sensibilmente l'approssimazione dovuta al tipo di interpolazione.

Ottenuto il TIN, utilizzando appositi algoritmi di conversione, è possibile passare al formato di rappresentazione matriciale o Grid. In alternativa, procedura adottata nel caso in esame, è possibile direttamente l'elaborazione dei dati topografici di partenza finalizzata alla restituzione del DEM formato Grid, attraverso diversi algoritmi di interpolazione.

La modalità Grid permette di analizzare la superficie topografica in modo radicalmente più complesso rispetto alla modalità TIN. La particolarità sta nel fatto che nei Grid l'elaborazione dei dati è basata sulla combinazione di un modello spaziale basato sulla suddivisione del territorio in porzioni quadrate di dimensioni che possono essere scelte in base alle necessità di dettaglio richieste, denominate celle (si ritiene opportuno che abbiano 5 metri di lato), e un modello correlato di attributi associati.

Le celle sono posizionate nello spazio in base all'andamento della superficie topografica, e contengono un valore che descrive le caratteristiche del territorio secondo tematismi scelti in base alle necessità di analisi. Tali valori costituiscono un vero e proprio database associato alle singole celle, permettendo di analizzare la variazione dei parametri in modo continuo lungo la superficie topografica.

I valori degli attributi delle celle di un grid possono essere quindi elaborati in modo matematico o statistico, o ancora raggruppati in classi di valori discreti, garantendo comunque in ogni elaborazione la corretta georeferenziazione dei valori.

2.3 Individuazione dei Bacini scolanti e dei loro parametri caratteristici

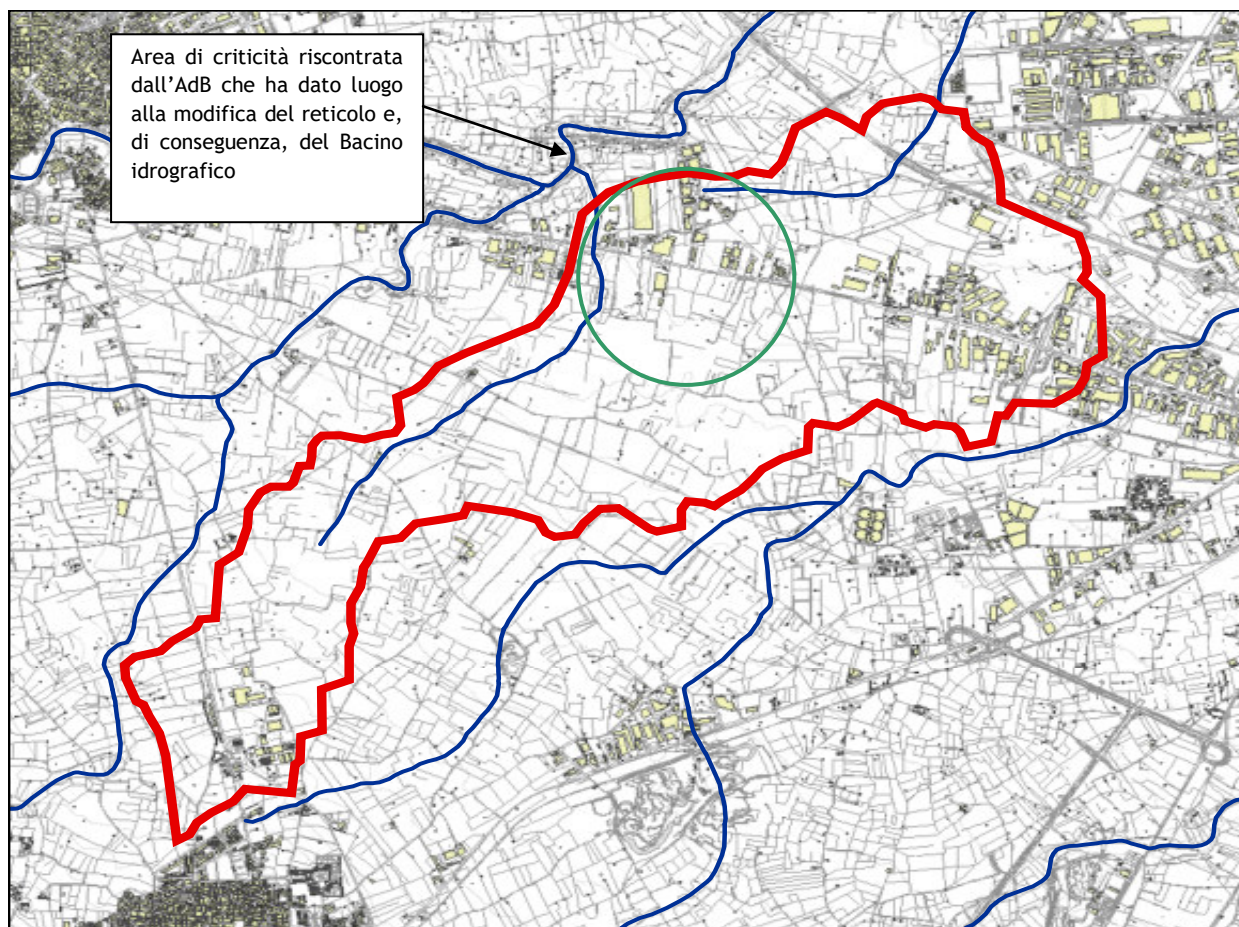
L'individuazione dei bacini scolanti costituisce un passaggio fondamentale al fine di giungere alla determinazione degli idrogrammi di piena e delle portate al picco, secondo il tradizionale approccio modellistico. I parametri individuati da questo tipo di analisi costituiscono una parte dell'input dei modelli idrologici e idraulici applicati nel seguito. Per questo motivo è importante investire risorse sufficienti in modo da avere la maggiore certezza possibile sui risultati ottenuti.

La base dati principale sulla quale è fondata l'analisi morfologica è rappresentata dal modello tridimensionale del terreno. Il modello del terreno, rappresentato nelle tre dimensioni, consente di effettuare valutazioni sull'altimetria dei luoghi, sulle pendenze, sul deflusso delle acque, ecc.; pertanto maggiore è la precisione del modello, intesa anche come densità di punti disponibili, e più attendibili sono le valutazioni che si possono fare.

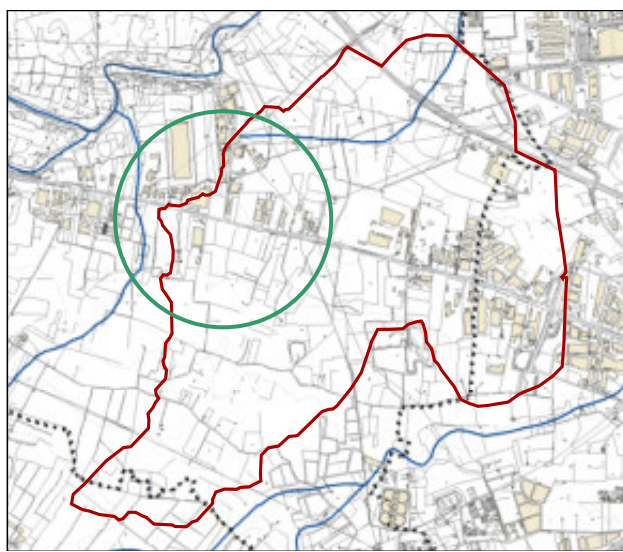
Dall'analisi del modello digitale del terreno, determinato attraverso l'applicazione di software di elaborazione tipo GIS così come descritto nel paragrafo precedente, è stato possibile determinare il bacino idrografico afferente alla sezione di chiusura individuata in corrispondenza dell'area e determinare le caratteristiche morfometriche di cui necessita l'elaborazione idrologica.

Come già accennato nel 2009 l'AdB Puglia si era già espressa favorevolmente in riferimento alla soluzione proposta. Essa presentava un calcolo idrologico riferito al bacino idrografico afferente alla sezione di via dei Fiordalisi, relativo alla prima configurazione del reticolo idrografico proposta dall'Autorità di Bacino.

Successivamente l'AdB ha variato la configurazione del reticolo idrografico deviandone una parte, a monte della zona ASI, all'interno della lama Balice. Questa nuova configurazione riduce di qualche chilometroquadro il bacino idrografico di riferimento per il dimensionamento delle opere qui presentate.



Bacino idrografico (contorno rosso) relativo alla prima versione del reticolo idrografico dell'AdB



Bacino idrografico parzializzato (contorno rosso) relativo alla vigente versione del reticolo idrografico

Nel caso in esame, come già specificato, è opportuno fare riferimento per l'individuazione del bacino idrografico oltre che al modello digitale del terreno sinora descritto, anche alla nuova configurazione del reticolo idrografico della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia.

Il bacino idrografico ottenuto è indicato nella figura che precede, nella tabella seguente, invece, sono riportati i suoi parametri morfometrici.

Dati morfometrici del Bacino parzializzato a cui riferire lo studio	
Area di bacino [Kmq]	4.545
Quota massima del bacino	108.988
Quota media del bacino [m]	84.668
Quota minima del bacino [m]	70.000
Flowlength [Km]	3.897
lungh. dell'asta princ. [Km]	3.507
Pendenza media del bacino [%]	3.256
Pendenza media dell'asta principale [m/m]	0.010
H media dell'asta princ. [m]	84.668
Curve Number	73.377

Tabella con indicazione dei parametri morfometrici del bacino idrografico considerato

2.4 Analisi idrologica

L'analisi idrologica consente di giungere alla determinazione delle portate e dei volumi di piena riferiti a tempi di ritorno prefissati.

Per l'analisi idrologica, così come riportato nella normativa vigente sulla difesa del suolo, è possibile far riferimento allo studio sulla Valutazione delle Piene (VAPI) che riguarda la Puglia effettuato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDICI) del CNR, conformemente al DPCM del 29/09/1998 e alla Relazione di Piano allegata al PAI approvato con delibera n.39 del 30/11/2005.

Nel VAPI l'analisi idrologica è basata sulla legge di distribuzione statistica Tcev (Rossi et al. 1984); la peculiarità di questo modello è quella di riuscire a considerare anche gli estremi idrologici, che sono di fatto gli eventi che inducono un livello di pericolosità più elevato, riconducendosi al prodotto di due

funzioni di distribuzione di probabilità tipo Gumbel, una che riproduce l'andamento degli eventi ordinari e l'altra che riproduce l'andamento degli eventi eccezionali.

L'analisi idrologica viene affrontata effettuando le seguenti valutazioni:

- Analisi pluviometrica;
- Applicazione dei modelli afflussi-deflussi.

2.5 Analisi Pluviometrica

Al fine di calcolare gli idrogrammi di piena da utilizzare come input nei modelli di calcolo idraulici è necessario, in prima battuta, stabilire gli ietogrammi di pioggia che consentiranno di applicare i modelli afflussi-deflussi per la determinazione delle portate di piena. Per questo motivo è necessario effettuare un'analisi statistica degli eventi piovosi verificatisi in passato che, attraverso l'analisi di un campione significativo di dati storici, consente di determinare le Curve di Possibilità Pluviometrica (CPP) dalle quali si determina lo ietogramma di pioggia.

Per far fronte alle indicazioni dell'Autorità di Bacino della Puglia, in linea tra l'altro con la normativa nazionale, è possibile applicare la metodologia di analisi riportata nel VAPI Puglia, fondata sulla funzione di distribuzione di probabilità (fdp) Tcev.

La Tcev ha la caratteristica di conferire al modello idrologico maggiore flessibilità e capacità di adattamento alle serie di dati disponibili, tuttavia occorre disporre di una serie storica di dati sufficientemente lunga per non incorrere in errori di campionatura. Per ovviare a questo problema il GNDCI ha messo a punto una procedura di regionalizzazione (Beran et al. 1986) che ha permesso di determinare i parametri della Tcev su tutto il territorio pugliese estendendo, in questo modo, la lunghezza delle serie storiche.

In Puglia la procedura di regionalizzazione ha individuato 6 zone omogenee la cui individuazione è rappresentata nella figura che segue.

In particolare i bacini idrografici analizzati in questo studio ricadono interamente nella zona omogenea numero 5.



zone omogenee della Puglia

Le relazioni che regolano ognuna delle sei zone sono le seguenti:

$$\begin{aligned}\text{Zona 1: } x(t,z) &= 26.8 t^{[(0.720+0.00503 z)/3.178]} \\ \text{Zona 2: } x(t) &= 22.23 t^{0.247} \\ \text{Zona 3: } x(t,z) &= 25.325 t^{[(0.0696+0.00531 z)/3.178]} \\ \text{Zona 4: } x(t) &= 24.70 t^{0.256} \\ \text{Zona 5: } x(t,z) &= 28.2 t^{[(0.628+0.0002 z)/3.178]} \\ \text{Zona 6: } x(t,z) &= 33.7 t^{[(0.488+0.0022 z)/3.178]}\end{aligned}$$

Pertanto, conformemente al DPCM 29/09/98 ed a quanto previsto dalla relazione di piano del PAI, è possibile procedere con il calcolo della CPP mediante l'applicazione della metodologia VaPi1 (Valutazione Piene); tale nota applicazione si basa, come detto, sulla regionalizzazione dei dati pluviometrici attraverso una FDP di tipo TCEV (two components extreme value).

Per i massimi annuali delle precipitazioni giornaliere, è stato quindi adottato il modello di regionalizzazione basato sull'uso della distribuzione di probabilità TCEV (legge di distribuzione di probabilità del Valore Estremo a Doppia Componente), che rappresenta la distribuzione del massimo valore conseguito, in un dato intervallo temporale, da una variabile casuale distribuita secondo la miscela di due leggi esponenziali, nell'ipotesi che il numero di occorrenze di questa variabile segua la legge di Poisson (Rossi e Versace, 1982; Rossi et al 1984). Il modello proposto ammette, che le due componenti quella straordinaria e quella ordinaria appartengano a popolazioni diverse, tuttavia interferiscono tra loro seguendo un processo poissoniano. Il processo individua una variabile X che

¹ Da **rapporto sintetico** sulla Valutazione Piene redatto dal CNR-GNDCI, a cui si rimanda per ogni opportuno approfondimento e confronto (<http://caronte.gndci.cs.cnr.it/GNDCI/rapporti/Bari.htm>)

rappresenta il massimo valore in una certa durata D , di una variabile casuale Y distribuita secondo la miscela di due esponenziali (Y_1 e Y_2) con funzione di probabilità cumulata (CDF):

$$FY(y) = [Y \leq y] = p(1 - e^{-y/\Theta_1}) + (1-p)(1 - e^{-y/\Theta_2}); \quad y \geq 0 \quad 0 < p \leq 1$$

dove gli indici 1 e 2 si riferiscono alla componente ordinaria e straordinaria e p indica la proporzione della prima componente nella miscela.

Il numero di occorrenze K , cioè il numero di superamenti della variabile Y , in una durata D , è distribuito secondo la legge di Poisson con parametri uguali a Λ_1 e Λ_2 tali che:

$$\Lambda = \Lambda_1 + \Lambda_2 = E[Kt]$$

in cui Λ rappresenta la funzione parametro del processo, espressa come la media dei superamenti. Ipotizzando che Y_1 e Y_2 siano distribuite esponenzialmente con valori medi:

$$\Theta_1 = E[Y_1] \quad \Theta_2 = E[Y_2]$$

l'equazione diventa:

$$Fkt(k) = \exp[-\Lambda_1 \exp(-k/\Theta_1) - \Lambda_2 \exp(-k/\Theta_2)]$$

che definisce la distribuzione TCEV.

La probabilità p_2 che un certo valore della X provenga dalla componente straordinaria è espresso dalla relazione:

$$p_2 = -\Lambda_*/\Theta_* \sum_{j=0}^{\infty} (-1)^j / j! \Lambda_*^j \Gamma(j+1/\Theta_*)$$

nella quale Γ è la funzione speciale e:

$$\Theta_* = \Theta_2/\Theta_1, \quad \Lambda_* = \Lambda_2/(\Lambda_1^{1/\Theta_*})$$

Se si dispone di un campione $\cdot x_1, x_2, \dots, x_n \cdot$ della variabile X (massimo annuale delle Y) osservato in n anni, la stima dei parametri della distribuzione può essere effettuata utilizzando le serie dei massimi annuali applicando il metodo della massima verosimiglianza (ML).

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria (G), quindi risultano costanti i due parametri Θ_* e Λ_* ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione, e quindi il parametro Λ_1 che da esso dipende (secondo livello di regionalizzazione). Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di

probabilità della X e le caratteristiche morfologiche. In particolare si nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento.

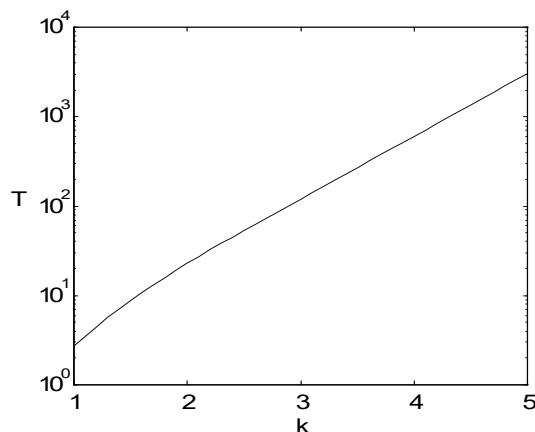
L'analisi condotta per l'intero territorio pugliese suggerisce la presenza di una unica zona omogenea di primo livello (cioè caratterizzate dalla costanza di Θ^* e Λ^*), comprensiva di tutte le stazioni della Puglia, e di due sottozone omogenee al secondo livello.

L'analisi regionale dei dati di precipitazione al primo e al secondo livello di regionalizzazione è finalizzata alla determinazione delle curve regionali di crescita della grandezza in esame. In particolare per utilizzare al meglio le caratteristiche di omogeneità spaziale dei parametri della legge TCEV (CV e G), è utile rappresentare la legge $F(X_t)$ della distribuzione di probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata X_t come prodotto tra il suo valore medio $\mu(X_t)$ ed una quantità $K_{t,T}$, detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno T e della durata t , definito dal rapporto:

$$K_{t,T} = X_{t,T} / \mu(X_t) \quad (a)$$

La curva di distribuzione di probabilità del rapporto (a) corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali, in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i tre parametri della TCEV.

E' possibile rappresentare graficamente la funzione $K_T = K_T(T)$ al variare del tempo di ritorno T_r ; si riporta nel grafico successivo tale legge di variazione.



Fattore di crescita al variare del tempo di ritorno

In alternativa alle rappresentazioni grafiche delle curve di crescita, il valore di K_T può essere ricavato direttamente in funzione di T_r attraverso una approssimazione asintotica (Rossi e Villani, 1995) della legge di crescita. E' utile sottolineare che l'uso di questa approssimazione comporta una leggera

sottostima del fattore di crescita, con valori che sono superiori al 5% solo per $T < 40$ anni. La relazione è la seguente:

$$K_T = a + b \ln T \quad (1)$$

in cui :

$$a = (\Theta_* \ln \Lambda_* + \ln \Lambda_1) / \eta$$

$$b = \Theta_* / \eta$$

$$\eta = \ln \Lambda_1 + C - T_0$$

T_0 è una funzione il cui valore è stato ottenuto grazie a un programma di calcolo iterativo.

Pertanto nella tabella seguente sono riportati i valori dei parametri a e b , e i relativi valori η e T_0 , che consentono di determinare nella forma (1) le leggi di crescita relative all'area in esame:

Zona omogenea	a	b	T_0	η
Puglia centro-merid.	0.0183	0.6219	-0.8256	4.2673

Coefficienti utilizzabili per l'uso dell'espressione asintotica (1)

Le aree omogenee individuate al primo e secondo livello di regionalizzazione si parzializzano al terzo livello, nel quale si analizza la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica (Viparelli, 1964), per ciascuna stazione è stato possibile correlare il valore medio x_t dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$x_t = a \cdot t^n \quad (2)$$

essendo a ed n due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di curva di probabilità pluviometrica.

Si riporta la relazione tra l'altezza media di precipitazione al variare della durata, in dipendenza con la quota del sito oggetto dello studio:

$$x_t = a t^n \quad (4)$$

dove:

a è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di x_1 relativi alle serie con $N \geq 10$ anni ricadenti nella zona omogenea;

$\alpha = x_g/x_{24}$ è rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e di durata $t=24$ ore per serie storiche relative ad uno stesso periodo di misura. Per la Puglia il valore del coefficiente α è risultato in pratica costante sull'intera regione e pari a 0.89.

C e D sono i coefficienti della regressione lineare fra il valore medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota del sito di riferimento.

I valori delle stime dei parametri sono riportati nel prospetto seguente:

α	a	C	D
0.89	33.7	0.0022	4.1223

Valori delle stime dei parametri utilizzati nella relazione (4)

L'area di interesse del presente studio si inquadra, nell'ambito dell'area pluviometrica omogenee individuata nel territorio regionale, in zona 5; pertanto l'equazione da applicare è la seguente:

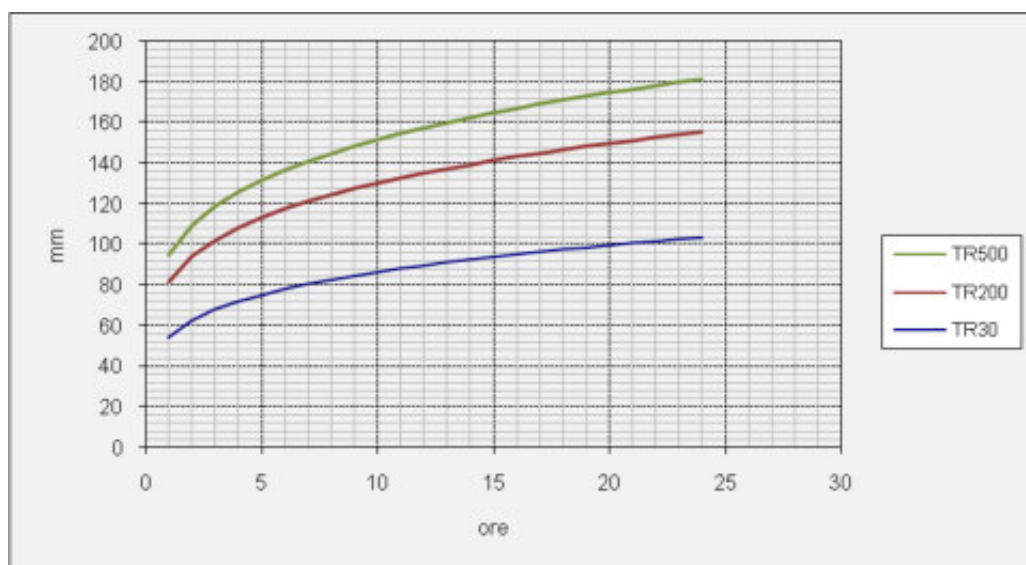
$$x(t, z) = 28.2 \cdot t^{\left(\frac{0.628 + 0.0002z}{3.178}\right)}$$

Tale equazione consente di valutare le altezze critiche per i differenti intervalli di precipitazione e per i vari tempi di ritorno prescelti, in funzione del solo parametro della quota assoluta sul livello del mare.

Ai valori così ottenuti, vanno applicati coefficienti moltiplicativi relativamente al Fattore di Crescita K_T (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni), ed al Fattore di Riduzione Areale K_A (funzione della superficie del bacino espressa in kmq, e della durata dell'evento di progetto espressa in ore).

Determinando i valori di x per piogge di durata variabile da 1 a 24 ore è possibile costruire le curva di possibilità pluviometrica per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

Nel seguito si riporta il grafico relativo alle CPP dell'intero dominio di calcolo e i parametri delle CPP individuati.



Curve di possibilità pluviometrica per il bacino individuato relative ad i tre tempi di ritorno di riferimento

tr 30 anni		tr 200 anni		tr 500 anni	
a	n	a	n	a	n
54.058	0.203	81.696	0.203	95.044	0.203

valori dei parametri a ed n per le curve di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno

2.6 Applicazione dei modelli afflussi-deflussi

In questa fase viene fatto un confronto fra le metodologie di calcolo più diffuse, il metodo razionale e il metodo SCS-CN.

Metodo Razionale

La formula razionale consente la valutazione delle portate di piena mediante la seguente relazione:

$$Q = \frac{C i_t \cdot A}{3.6}$$

In cui:

- A = superficie del bacino in km²
- i_t = intensità critica della precipitazione con assegnato tempo di ritorno T in mm/ora
- C = coefficiente di deflusso
- 3.6 = fattore di conversione delle unità di misura che permette di ottenere la portata risultante in m³/sec

L'intensità critica della precipitazione i_t , fisicamente, è quella intensità costante di pioggia, supposta anche uniformemente distribuita, che determina la portata massima con assegnato tempo di ritorno. L'intensità critica si deduce dalla curva di possibilità pluviometrica in corrispondenza di una pioggia di durata tale da avere il contributo areale massimo, alla sezione di chiusura, con la maggiore intensità. Nell'approccio razionale questa pioggia è quella che ha una durata pari al tempo di corrivazione del bacino, pertanto risulta:

$$i_t = \frac{h_{t_c}}{t_c}$$

Il tempo di corrivazione di un punto del bacino è il tempo necessario affinché la goccia d'acqua caduta in quel punto possa raggiungere, seguendo il percorso idraulico, la sezione di chiusura del bacino considerato. In un bacino il tempo di corrivazione massimo viene denominato tempo di corrivazione del bacino t_c , esso rappresenta il tempo che impiega la goccia d'acqua che cade nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura.

Per la determinazione del tempo di corrivazione esistono in letteratura scientifica svariate formule di natura per lo più empirica. Si fa riferimento, a scopo indicativo, alle relazioni elencate in tabella calcolando la media dei risultati escludendo i valori estremi.

Per quanto riguarda la relazione del tempo di corrivazione di Viparelli è possibile considerare una velocità variabile in funzione della pendenza media del bacino facendo riferimento alla seguente tabella.

Viparelli	Pendenza	Velocità
	%	m/sec
	<6	1.0
	6 e 12	1.3
	12 e 18	1.5
	18 e 25	1.8
	>25	2.0

Fra le relazioni utilizzate quelle che nella pratica trovano maggior riscontro sotto l'aspetto delle applicazioni di questo tipo sono quelle di Giandotti, Viparelli e Kirpich. Considerato che l'approccio del Giandotti è esplicitamente rivolto a bacini di dimensioni variabili fra 170 e 70000 kmq e quello di Kirpich riguarda l'analisi di piccoli bacini americani, la formulazione razionale che appare generalmente più adatta risulta quella di Viparelli che, si ricorda, è stata sviluppata dall'analisi sperimentale su piccoli bacini pedemontani piemontesi ed è una delle poche ad avere un significato fisico oltre che empirico.

I tempi di corrivazione calcolati hanno dato la possibilità di arrivare al calcolo delle portate al picco di piena attraverso l'approccio razionale che sono state utilizzate come valori di confronto rispetto alla metodologia SCS-CN.

Tc medio [ore]	Coefficiente di deflusso
1.140	0.19

Tempo di corrivazione medio e coefficiente di deflusso per il bacino considerato

Riguardo al coefficiente di deflusso, parametro fondamentale per la stima della portata al picco, si è fatto riferimento alla carta geologica e alla carta dell'uso del suolo al 100.000, inoltre con l'approccio SCS-CN, successivamente descritto, si è calcolato il rapporto fra la pioggia netta e la pioggia totale in rapporto ad un evento con tempo di ritorno di 30 anni. La procedura adottata, in definitiva, ha dato luogo all'utilizzo di un coefficiente di deflusso pari a 0,19 per il bacino individuato.

Per la relazione del tempo di corrivazione di Viparelli si è considerata, una velocità di 1 m/sec (dato l'andamento alquanto pianeggiante, l'elevato grado di assorbimento del terreno e la presenza di numerosi muretti a secco e/o ostacoli di natura rurale).

Dalle elaborazioni effettuate si è visto che i tempi di corrivazione, secondo le formulazioni descritte in precedenza, presentano diversi limiti. Alcuni sono esclusivamente dipendenti solo da alcune delle grandezze che regolano il fenomeno e, al variare del bacino e quindi dell'area contribuente per esempio, il tempo di corrivazione resta grossomodo costante.

	Tc [ore]	A [kmq]	h [mm]	ic	Q	U
Giandotti	1.873	4.545	92.793	49.539	11.883	2.615
Viparelli	0.974		81.264	83.412	20.009	4.402
Kirpich	1.113		83.497	74.990	17.988	3.958

Confrontando i risultati ottenuti dall'applicazione della metodologia Razionale, si evince una grossa variabilità in funzione della formulazione utilizzata, segno del fatto che il metodo è fortemente empirico e legato al bacino sperimentale a cui gli studiosi hanno fatto riferimento per determinare la formula. Questa metodologia, inoltre, ha lo svantaggio di lasciare troppa libertà riguardo all'individuazione del coefficiente di deflusso. Per i motivi appena esposti, viste le numerose incertezze legate a questo tipo di approccio, si è ritenuto opportuno adoperare, per l'analisi idraulica, i risultati rinvenienti dall'applicazione del metodo SCS-CN, di gran lunga più affidabile rispetto al metodo razionale.

Metodo SCS-CN

Il metodo SCS trova ormai larga diffusione nell'ambito delle applicazioni tecniche di questo tipo per qualunque tipologia di bacino ed è ampiamente diffuso anche in Italia. Il metodo consente sia la semplice valutazione del volume della piena, o della sua portata al colmo, sia la ricostruzione dell'idrogramma.

La stima dell'idrogramma di piena generato da un bacino, a seguito di una determinata precipitazione caratteristica, avviene attraverso l'analisi geomorfologica e di uso del suolo del bacino; l'idrogramma di piena viene valutato attraverso la preventiva acquisizione di diversi parametri tra cui quelli elencati nel seguito:

- CN (Curve Number);
- S grado di saturazione del terreno;
- IA (Initial Abstraction), grado di assorbimento iniziale del terreno;
- AMC (Antecedent Moisture Condition), grado di imbibizione precedente l'evento;

- TL (Time Lag), tempo di ritardo tra il centro del pluviogramma e quello dell'idrogramma;
- RL (Reach Lag), tempo impiegato dall'onda di piena per il trasferimento attraverso l'asta.

La metodologia si basa sull'ipotesi che sia sempre valida la seguente relazione:

$$\frac{V}{P_n} = \frac{W}{S}$$

con :

V = volume di deflusso;

P_n = Pioggia netta;

W = volume idrico realmente invasato nel suolo;

S = volume massimo che il suolo può immagazzinare.

La pioggia netta si può determinare sottraendo alla precipitazione totale il parametro I_a che tiene conto dell'accumulo di volumi idrici in superficie, dell'infiltrazione iniziale e superficiale nel suolo e dell'intercettazione operata dalla copertura vegetale.

In linea generale il valore di I_a può essere assunto, come è stato fatto per il presente studio secondo le indicazioni dell' SCS, pari a:

$$I_a = 0,2 S$$

Pertanto il volume di deflusso V può essere ricavato dalla seguente relazione:

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

La valutazione di S viene effettuata con l'ausilio della relazione seguente:

$$S = 2,4 \left(\frac{100}{CN} \right)$$

Infine la portata al picco è determinata mediante la seguente relazione:

$$Q = 0,208 \frac{V \cdot A}{t_a}$$

Dove con t_a si è indicato il tempo di accumulo dell'idrogramma di piena, ovvero sia il tempo che intercorre dall'inizio del deflusso al transito del picco di piena.

Il parametro CN è denominato Curve Number esso indica l'attitudine del bacino a produrre deflusso e si stima sulla base delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale. La stima del CN si effettua determinando il gruppo idrologico di appartenenza e, all'interno di ciascun gruppo, valutando la copertura d'uso del suolo; alle sottoclassi così determinate viene associato un valore di CN.

I valori del CN, quindi, rappresentano la capacità di risposta, in termini di infiltrazione e ruscellamento a fronte di un evento di pioggia, del bacino analizzato. Le caratteristiche geolitologiche sono state determinate facendo riferimento alla carta dei suoli redatta dall'IRSA CNR in scala 1:100.000, ed è stato possibile caratterizzare i suoli dal punto di vista della permeabilità secondo la classificazione SCS.

Gruppo A	Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde, con scarsissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
Gruppo B	Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
Gruppo C	Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidi. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
Gruppo D	Potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione.

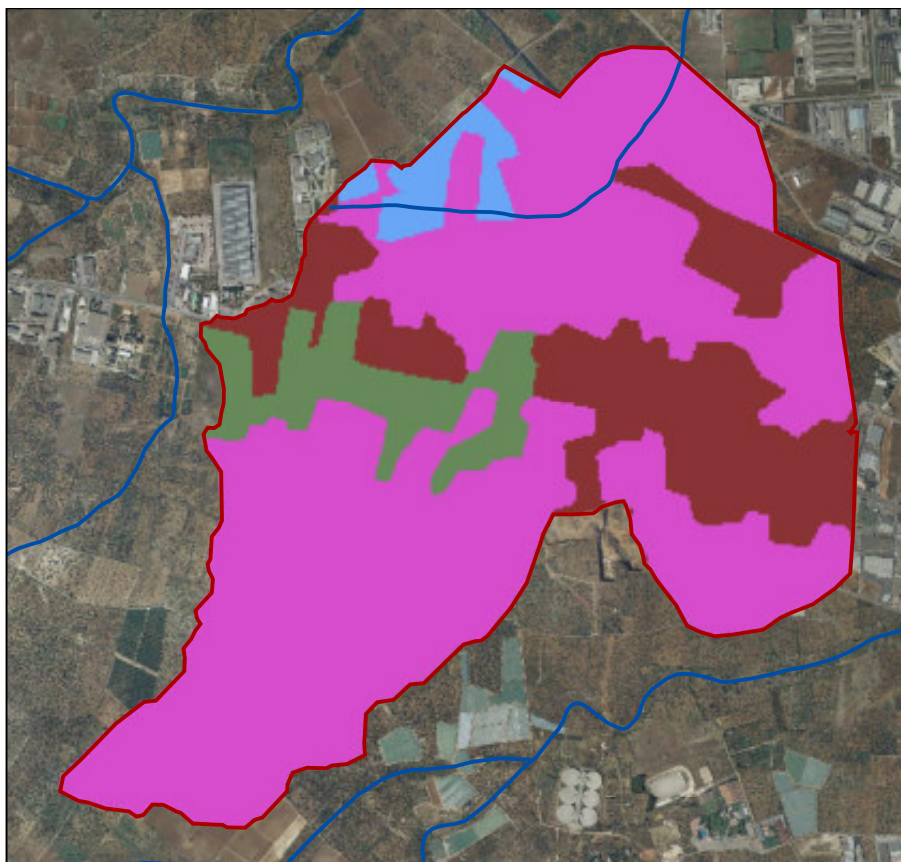
Gruppi geolitologici

Nell'ambito delle differenti classi di permeabilità così individuate, attraverso un calcolo ponderale basato sui dati acquisiti dalla carta dell'uso del suolo, si distinguono e si individuano le classi di CN per ogni sottobacino analizzato. Nel caso in esame, come carta di uso del suolo, si può far riferimento allo studio ACLA condotto dal CHIEAM-BARI in cui sono state individuate le seguenti classi alle quali sono stati associati i parametri di CN riscontrati in letteratura scientifica.

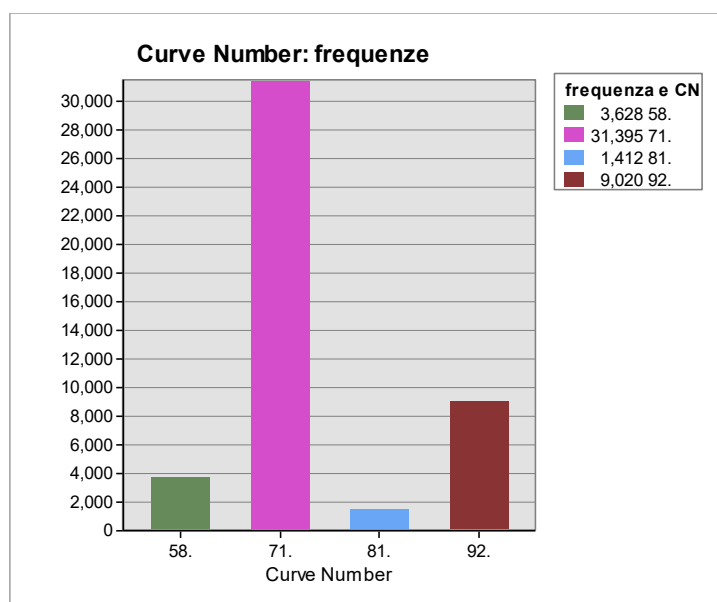
Uso del Suolo	A	B	C	D
<ul style="list-style-type: none"> Aree agricole con presenza di spazi naturali Seminativi in aree non irrigue Vigneti non irrigui Colture temporanee associate a colture permanenti Frutteti e frutti minori non irrigui 	62	71	78	81
Aree Urbane	92	92	92	92
Area residenziale	77	85	90	92
Bacini d'acqua	100	100	100	100

<ul style="list-style-type: none"> • Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo • Colture orticole a ciclo estivo autunnale/primaverile • Colture orticole a ciclo primaverile-estivo • Frutteti e frutteti minori irrigui • Oliveti irrigui • Sistemi colturali e particellari complessi • Vigneti irrigui • Sistemi colturali e particellari complessi • Vigneti irrigui 	72	81	88	91
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Zone Boscate	45	66	77	83

valori del CN in funzione del gruppo geolitologico e dell'uso del suolo



Classi di CN riscontrate nel bacino idrografico



Rappresentazione delle classi del Curve Number del bacino

CN2	CN3
73.38	86.68

Valori del Curve Number per i due bacini individuati

Poiché lo studio è rivolto al calcolo delle portate di piena e considerato che in occasione di queste ultime è fondamentale la condizione di imbibimento del terreno, il metodo SCS-CN fa riferimento a tre diverse situazioni di umidità antecedenti all'evento considerato:

Classe AMC	Precipitazioni nei dieci giorni precedenti (mm)
I (Terreno secco)	$0 < P < 50$
II (Umidità media)	$50 < P < 110$
III (Terreno da mediamente umido a saturo)	$P > 110$

classi AMC (Antecedent Moisture Conditions)

I valori di CN corrispondenti alle classi AMCI e AMCIII si determinano dal valore del CN relativo alla classe AMCI applicando le seguenti relazioni:

$$F = \frac{1000}{10 + CN} \quad \text{valida per } 2 \leq CN \leq 9$$

$$F = \frac{1000}{10 + CN}$$

Sulla base dei valori di CN2, attraverso l'applicazione della formula sopra riportata relativa alle condizioni AMC=3, si possono calcolare i valori del CN3.

3 Ricognizione documentazione – analisi delle alternative progettuali

3.1 Progetto 2008 – studio idrologico idraulico Lama Misciano

Il Consorzio nel 2008 ha presentato c/o l'Autorità di Bacino della Puglia un progetto dei lavori di collegamento tra Viale de Blasio e l'autostrada A14 (tratto funzionale tra Via delle Magnolie e Via dei Fiordalisi) per il parere di compatibilità idrologica e idraulica ai sensi delle Norme tecniche del Piano di Assetto Idrogeologico, in quanto il tracciato planimetrico risultava interferente con un impluvio significativo, rappresentato sulla cartografia ufficiale CASMEZ in scala 1:5.000, denominato Lama Misciano.

L'autorità di Bacino, nell'ambito delle sue funzioni di approfondimento delle tematiche relative alla difesa del suolo, ha richiesto al Consorzio uno studio di compatibilità idrologica idraulica di dettaglio relativo al dimensionamento dell'opera di attraversamento prevista nel progetto e alle criticità dal punto di vista idraulico presenti a monte della zona del nuovo intervento, individuate a seguito di sopralluoghi congiunti con il personale tecnico del Consorzio e dell'autorità di Bacino.

Per tale motivo il Consorzio ha promosso uno studio idrologico idraulico di dettaglio per analizzare compiutamente il tratto dell'impluvio denominato Lama Misciano nel territorio di propria competenza individuando, oltre a quelle già accertate, eventuali criticità esistenti dimensionando le relative opere di salvaguardia e di mitigazione del rischio idraulico e infine dimensionando l'attraversamento idraulico relativo al nuovo progetto presentato.

L'area di indagine del presente studio è costituita dall'intero tratto (sviluppo planimetrico) della Lama Misciano ricadente nel territorio di competenza del Consorzio industriale di Bari e precisamente dal tombino di attraversamento autostradale fino a quello di Via dei Fiordalisi nord, prolungando, l'indagine fino allo sbocco nella Lama Balice (vedasi figura successiva), allo scopo di definire le condizioni al contorno per la successiva modellazione e definizione del funzionamento idraulico del reticolo.

Gli studi già condotti riguardano:

- Analisi morfologica e morfometrica dei bacini idrografici chiusi, il primo lungo il prolungamento di via delle Magnolia, il secondo, su via dei fiordalisi lato nord in corrispondenza del realizzando termovalorizzatore;
- Analisi idrologica comprensiva di elaborazioni pluviometriche (metodologia Va.Pi.) e dell'applicazione dei consueti modelli afflussi deflussi (compreso il metodo SCS-CN) per la determinazione degli idrogrammi di piena e delle portate al picco;
- Verifica idraulica nella configurazione attuale dei luoghi in tutto il tratto della lama Misciano che va dall'autostrada sino allo sbocco nella lama Balice, comprese le verifiche dettagliate di tutte le intersezioni presenti e restituzione delle aree inondabili con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni;

- Verifica dell'intersezione della lama Misciano con il prolungamento di via delle Magnolie e progetto degli attraversamenti idraulici. (il progetto prevede la realizzazione di 2 tombini scatolari di larghezza 4 m e altezza netta di 2,50m aventi base coincidente con la quota alveo del reticolo e sistemazione dell'alveo, da effettuare con l'ausilio di tecniche di ingegneria naturalistica, per 50 metri a monte e 50 metri a valle dalla strada a farsi con riprofilatura e pendenza costante pari a 0,01 m/m.
- Progetto di opere per la mitigazione della pericolosità idraulica nell'area degli stabilimenti Fassa Bortolo ed Atlassib che prevedeva la realizzazione di un nuovo tombino di attraversamento di via dei Fiordalisi.
- Verifica dell'influenza reciproca delle due sistemazioni (prolungamento di via delle magnolie e area dei due stabilimenti) che dimostra l'indipendenza totale dell'uno con l'altro.

Nella zona oggetto dello studio, si sono riscontrate tre criticità dal punto di vista idraulico:

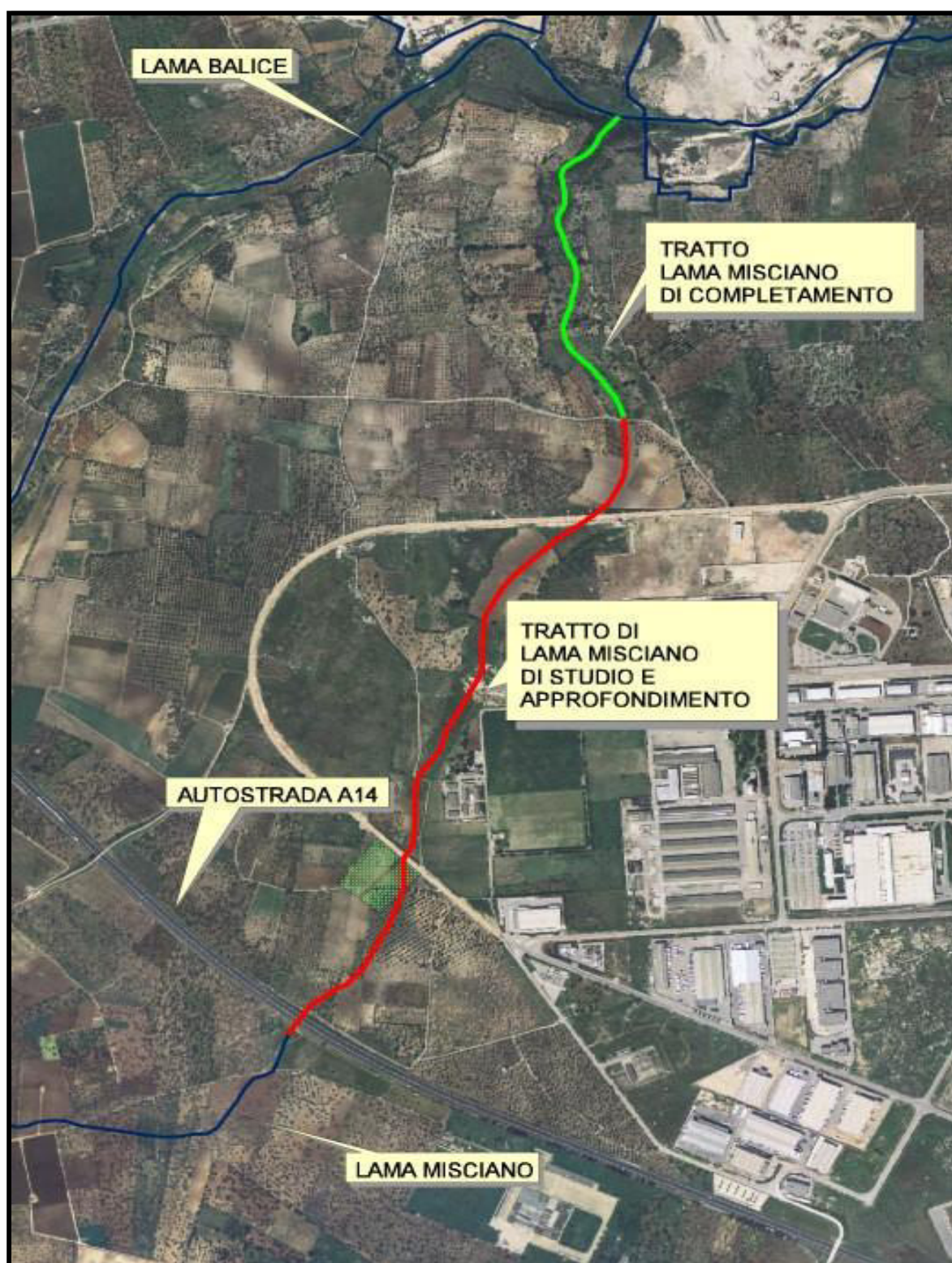
- esistenza di un tombino di attraversamento di rilevato stradale di via dei Fiordalisi (SUD). Trattasi di un tombino scatolare di sezione rettangolare di larghezza 2,70 m e altezza netta di 3,10 m occluso, a monte dalla realizzazione di uno stabilimento industriale, e internamente parzialmente occluso dalla presenza di quattro tubazioni: tre di diametro $\Phi 400$ mm circa e una di diametro $\Phi 1200$ mm, disposte in maniera complanare con le generatrici inferiori tutte ad una distanza dall'intradosso dell'impalcato del tombino di circa 1,20 m. Le tubazioni costituiscono parziale occlusione interna di circa il 40% dell'altezza del tombino lasciando una luce libera di circa $(3,10 - 1,20)$ 1,90 m. L'attraversamento è stato occluso a monte dalla realizzazione di uno stabilimento durante la quale è stato previsto l'inserimento di una tubazione $\Phi 1800$ mm circa che risulta insufficiente per garantire la continuità idraulica del reticolo.
- esistenza di tombino di attraversamento di rilevato stradale di via dei Fiordalisi (NORD). Trattasi di un tombino scatolare di sezione rettangolare di larghezza 6,55 m e altezza netta di 3,00 m all'interno parzialmente occluso dalla presenza di una tubazione di diametro $\Phi 1400$ mm circa, disposta trasversalmente alla sezione libera, con generatrice inferiore posta ad una distanza dall'intradosso dell'impalcato del tombino di circa 2,10 m. La tubazione costituisce parziale occlusione interna di circa il 45% dell'altezza del tombino lasciando due luci libere: una superiore di 0,70 m e una inferiore di circa 0,90 m.
- necessità della verifica idraulica del progetto relativo all'attraversamento della lama Misciano in corrispondenza del prolungamento di Via delle Magnolie.

Gli step operativi adottati nel predetto studio si possono sintetizzare in:

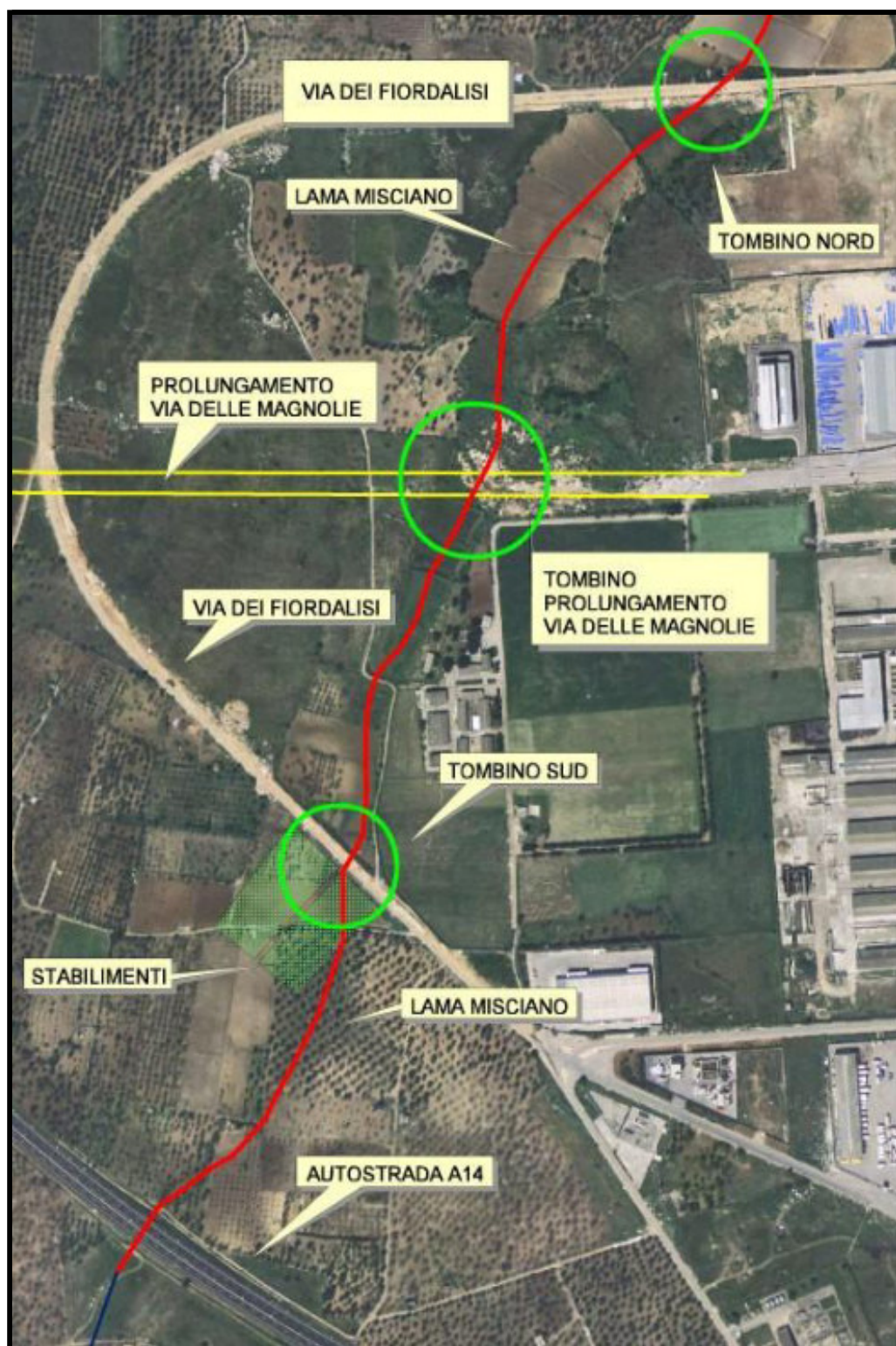
- analisi Morfologica e determinazione del relativo bacino tributario con la cartografia ufficiale a disposizione. Questa fase ha consentito di pervenire ad una precisa definizione di tutte le grandezze fisiografiche del bacino sotteso fino alle sezioni di controllo di interesse, ivi compresi il tempo caratteristico, scelto opportunamente al fine di operare un'analisi rappresentativa del regime idrologico ed idraulico dell'area interessata attraverso metodologie rispondenti alle peculiarità del bacino di riferimento. I risultati dell'analisi morfologica sono propedeutici alla scelta della metodologia da adottarsi per le successive valutazioni idrologiche.
- analisi pluviometrica e determinazione delle portate di verifica e progetto del reticolo ai sensi delle NTA del PAI. L'analisi pluviometrica è condotta attraverso la procedura di regionalizzazione propria del progetto VaPi Puglia. Le portate al colmo per eventi di piena trentennale e duecentennale sono stimate attraverso metodologie appropriate al bacino studiato. (modello afflussi–deflussi più idoneo);
- rilievo planoaltimetrico georeferenziato della zona di interesse e delle sezioni del reticolo fino ad una distanza a monte e a valle da valutare in funzione delle singolarità e delle varie interferenze sul comportamento idraulico del reticolo individuato.

E' stato effettuato un Rilievo planoaltimetrico georeferenziato della zona oggetto dello studio, per l'area, ritenute sufficienti per studiare gli effetti di singolarità infrastrutturali e morfologiche esistenti con la zona di interesse, nonché tutti i tombini costituenti le infrastrutture di attraversamento del reticolo Lama Misciano.

- verifica delle criticità idrauliche individuate. In questa fase è stato verificato il comportamento idraulico dei manufatti e delle criticità precedentemente individuate, determinando gli effetti e le relative aree a pericolosità idraulica (stato di fatto);
- verifica e eventuale dimensionamento dell'infrastruttura idraulica di attraversamento del nuovo tratto di prolungamento di Via delle Magnolie. In questa fase è stato verificato e dimensionato lo speco dell'attraversamento idraulico da inserire nel nuovo progetto di prolungamento di Via delle Magnolie
- dimensionamento delle opere di mitigazione del rischio.



individuazione del tratto di studio: in rosso il tratto di competenza ASI



individuazione degli attraversamenti sul tratto del reticolo di Lama Misciano compreso nel territorio di competenza ASI

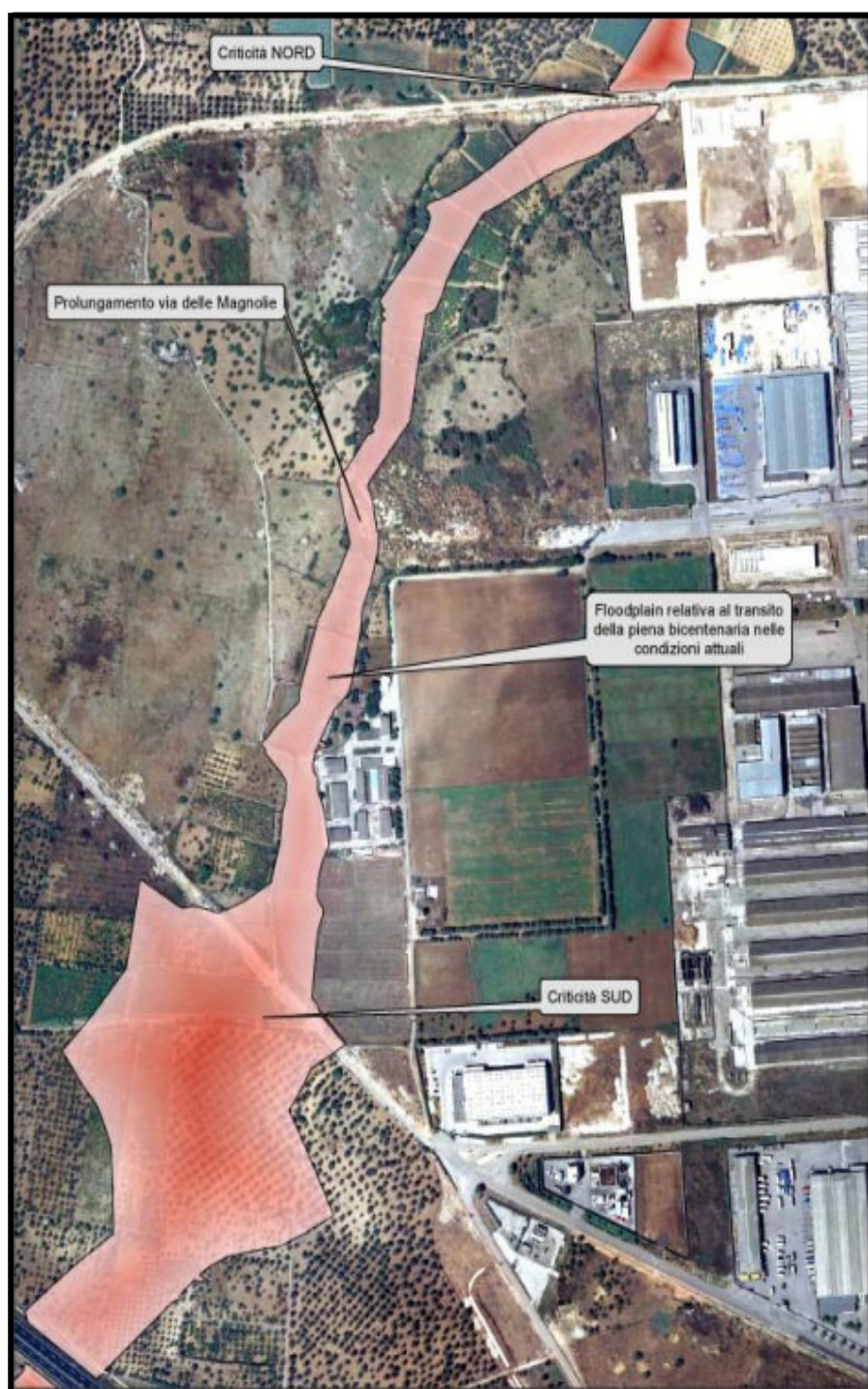
In base allo studio di che trattasi è stato possibile riscontrare che la piena di progetto provoca una vasta area allagata a monte del tombino SUD dovuta all'insufficienza idraulica dell'attraversamento. In questo caso la corrente recupera energia per passare al di sopra della strada sommergendola e continuare seguendo la morfologia del suolo.

Il tombino nord invece non provoca evidenti differenze nell'estensione delle aree allagate come si evince dai due modelli di floodplain di seguito riportati.



foodplain stato attuale senza TOMBINO NORD

Rischio idraulico tra Lama Misciano e via dei
Fiordalisi nell'Agglomerato Industriale di Bari-
Modugno



floodplain stato attuale con l'interferenza del TOMBINO NORD

Si è proceduto quindi al dimensionamento delle tre infrastrutture utili a superare le criticità evidenziate in prossimità di Via dei Fiordalisi e Via delle Magnolie.

attraversamento via dei fiordalisi nord

Per l'attraversamento di Via dei Fiordalisi, tombino nord, è stato ipotizzato l'inserimento di un tombino di attraversamento scatolare di sezione rettangolare di larghezza 6,55 m e altezza netta di 3,00m all'interno parzialmente occluso dalla presenza di una tubazione di diametro Φ 1400.

Occorre precisare che detto attraversamento è già stato oggetto di studio, da parte di altri tecnici, in occasione dell'analisi di compatibilità idraulica dello stabilimento ECOENRGIA.

Tale studio è stato valutato positivamente dalla AdB nel 2009, e pertanto nella presente analisi non si provvederà ad una valutazione puntuale della criticità, quanto piuttosto agli eventuali effetti che questa potrebbe generare nei tratti oggetto del presente studio, tanto a monte quanto a valle. In altri termini si prenderanno in considerazione solo gli effetti idraulici dell'attraversamento.

attraversamento via magnolie

Per l'attraversamento da realizzarsi al di sotto del prolungamento di via delle Magnolie si ha che la sezione naturale in corrispondenza del passaggio della strada risulta avere una larghezza minima di circa 9 metri, pertanto è stato possibile ipotizzare l'inserimento di due tombini scatolari di larghezza 4 m e altezza netta di 2,50m aventi base coincidente con la quota alveo del reticolo.

Questa ipotesi è stata elaborata nel modello idraulico ed è stata effettuata la verifica considerando le portate riferite ai tempi di ritorno. Il profilo che è derivato dai calcoli evidenzia che il tirante idrico relativo al passaggio della piena bicentenaria si attesta a quota 67,79 metri slm, garantendo 1,32 m di franco di sicurezza ($> 1,00$ m) rispetto la generatrice superiore del tombino attestata a quota 69,11 metri slm.

L'Autorità di Bacino si era già espressa su un precedente progetto che prevedeva un attraversamento mediante N°5 tombini metallici corrugati, ad arco ribassato disposti in parallelo. Dalle elaborazioni idrauliche effettuate, si evince che consentono il deflusso della piena bicentenaria ma, non garantiscono il franco di sicurezza di 1,00 m espressamente richiesto per le nuove opere dall'Autorità di Bacino.

Data la larghezza limitata della sezione di controllo dei culvert, non potendo aggiungere altri tombini simili in parallelo se non ingrandendo la sezione, si è prevista la realizzazione di N° 2 scatolari di dimensioni 4,00 m x 2,50 m di altezza, con base inferiore disposta in asse al reticolo, che garantiscono un franco di sicurezza maggiore di 1,00 m al passaggio delle portate di progetto (tempo di ritorno di 200 anni).

Inoltre, al fine di regolarizzare il profilo idraulico delle correnti di piena, si impone la riprofilatura dell'alveo per evitare pendenze orizzontali o contropendenze che possono causare locali innalzamenti

del tirante idrico. E' necessario imporre un profilo con una pendenza costante pari a 0.01 m/m per un tratto lungo 400 metri. Pertanto è stata prevista una sistemazione dell'alveo per 200 metri a monte e 200 metri a valle dalla strada a farsi. Detta sistemazione, così come indicato dall'Autorità di Bacino della Puglia, verrà effettuata con l'ausilio di tecniche di ingegneria naturalistica.

attraversamento via dei fiordalisi sud

Per quanto riguarda il dimensionamento dell'opere di salvaguardia sotto via Fiordalisi (tombino sud) si che sulla base dalle analisi effettuate si evidenzia come il tombino esistente, indipendentemente dalla realizzazione degli stabilimenti esistenti che hanno determinato la sua occlusione, risulta comunque insufficiente al transito delle portate relative alla piena bicentenaria.

Infatti il tombino originario era costituito da uno scatolare di larghezza 2,70 m e altezza 3,10 m. la modellazione idraulica ha dimostrato che risultava strettamente necessario al transito della piena bicentenaria (intradosso impalcato asciutto) ma che comunque provocava delle aree a pericolosità idraulica a monte dovute al rigurgito.

Successivamente sono state realizzate delle infrastrutture a rete (fogna nera, gas metano, fogna bianca e cavo di alimentazione energia elettrica ad alta tensione, che hanno costituito parziale occlusione dello speco del tombino, parzializzando la sezione alle nuove dimensioni ossia larghezza 2,70 m e altezza 1,90 m. La modellazione effettuata ha dimostrato che il tombino così costituito non risulta sufficiente al passaggio della piena bicentenaria, provocando la sommergenza di Via dei Fiordalisi e una vasta area allagata, comunque superiore rispetto a prima (superiore il battente idraulico a monte dell'attraversamento).

L'occlusione del tombino con l'inserimento di un corrugato di diametro 1800 mm non ha prodotto significative modificazioni alle aree a pericolosità idraulica, in quanto la luce libera netta si è ridotta in minima misura infatti il tirante idrico è quasi uguale.

La successiva occlusione provocata dalla realizzazione dello stabilimento ha eliminato la capacità di deflusso del tombino, costringendo l'acqua comunque allo stramazzo e alla sommergenza della via dei Fiordalisi.

Pertanto si rende necessario o l'allargamento del tombino originario (perché la sezione attuale è stata già valutata insufficiente dal punto di vista idraulico) oppure la realizzazione di un nuovo tombino, con luce netta libera idonea al transito della piena bicentenaria in condizioni di sicurezza idraulica.

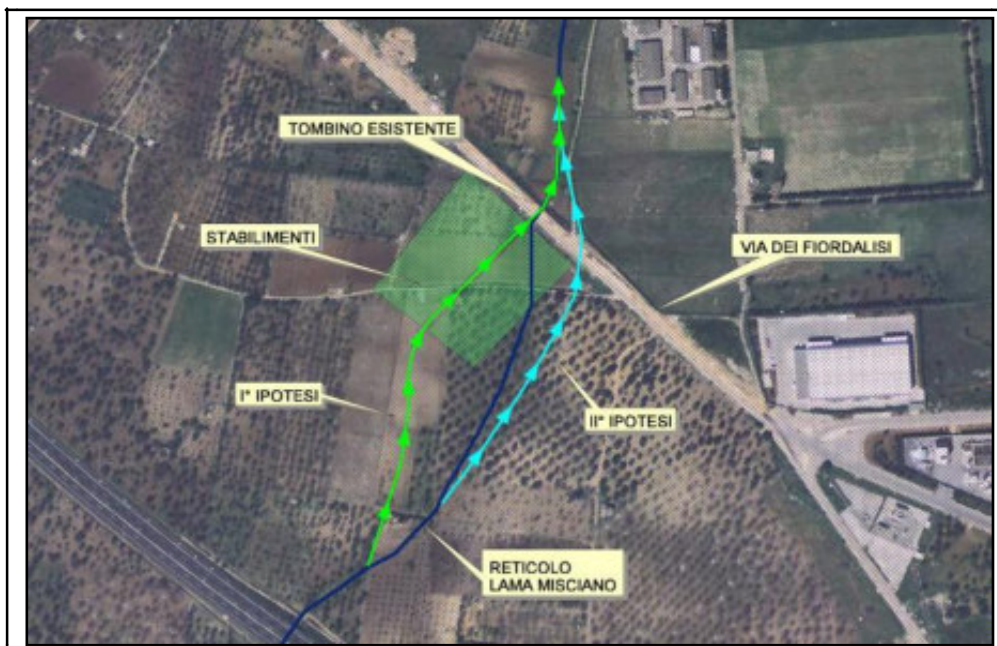
L'opera dovrà consistere comunque nella realizzazione di un canale di imbocco, che garantisce il passaggio graduale dalla sezione naturale a quella di progetto, e di un opportuno tombino di attraversamento di Via dei Fiordalisi in grado di consentire il transito della piena bicentenaria con un franco di sicurezza maggiore di 1,00 m.

In particolare l'intervento dovrà seguire inizialmente il reticolo idrografico individuato dall'Autorità di Bacino e successivamente, quando questo è obliterato, se ne distacca; a seguito dell'esame di due

soluzioni alternative, è stata proposta una soluzione definitiva che garantisce le condizioni di sicurezza idraulica secondo quanto prescritto dall'Autorità di Bacino:

- (ipotesi 1) realizzazione di un canale fra i due stabilimenti e attraversamento in corrispondenza con il tombino già esistente al di sotto della strada (che va riprogettato, essendo, come detto, attualmente insufficiente dal punto di vista idraulico);
- (ipotesi 2) realizzazione di un canale in destra idraulica dei due stabilimenti con realizzazione di un nuovo tombino al di sotto della strada (soluzione scelta come più opportuna).

Le ipotesi di cui sopra sono state analizzate e verificate con diverse iterazioni idrauliche ipotizzando, per ognuna, diverse caratteristiche geometriche del canale e del relativo tombino. Nello specifico si sono effettuati diversi tentativi al fine di cercare la soluzione più funzionale dal punto di vista idraulico e meno impattante in considerazione di quanto già realizzato, per esempio cercando di salvaguardare le infrastrutture presenti nel corpo stradale aumentando la larghezza a scapito dell'altezza.



Tracciati delle due ipotesi

Le analisi effettuate hanno portato all'individuazione di diverse soluzioni potenzialmente accettabili, a seguito di un'analisi di fattibilità, che non ha trascurato anche gli aspetti economici, si è potuta determinare la soluzione al problema.

Per quanto riguarda l'ipotesi 1 si rappresenta quanto segue.

Gli stabilimenti esistenti determinano un'occlusione netta del tombino sud realizzato sulla via Dei Fiordalisi, dalla figura riportata a seguire si evince che uno dei due stabilimenti è ubicato al di sopra del reticolo idrografico individuato dall'Autorità di Bacino immediatamente a monte della strada determinando, di fatto, un ostacolo notevole per i deflussi di piena che si potrebbero verificare. Questa situazione induce una significativa area di allagamento in corrispondenza della zona appena descritta.

Occorre subito precisare che l'attuale tombino esistente (al netto delle ostruzioni presenti), nell'ipotesi che gli stabilimenti che hanno determinato la sua occlusione non ci fossero, non risulta comunque essere verificato. E' stato valutato, a questo proposito, un canale rettangolare largo 5 metri (dimensione imposta dalla presenza dei due stabilimenti in destra e sinistra) e profondo 2,5 metri, tra i due stabilimenti di raccordo con il tombino esistente la cui luce libera è di circa 2,70 m x 3,10m.

In questo caso la modellazione effettuata dimostra che il tombino ridimensionato non risulta idoneo al transito della piena bicentenaria e pertanto tale da determinare un rigurgito significativo all'interno del canale.

Al fine di valutare la fattibilità dell'ipotesi 1 si è ipotizzato di aumentare le dimensioni del tombino fino al massimo consentito dalle condizioni al contorno considerando, però, la presenza delle tubazioni interne che attualmente impongono un vincolo di difficile eliminazione.

Verificata, quindi, l'insufficienza del tombino attuale si sono effettuati diversi tentativi per il dimensionamento della nuova infrastruttura di attraversamento:

- canale rettangolare da 5,00 m e profondità 3,00 m tra i due stabilimenti e realizzazione di un tombino in linea con il canale di dimensioni 5,00 m x 3,10 m, senza eliminazione dei sottoservizi. In questo caso si è verificata l'insufficienza dell'infrastruttura e il considerevole rigurgito nel canale interessando il piano degli stabilimenti;
- canale rettangolare da 5,00 m e profondità 3,00 m tra i due stabilimenti e allargamento del tombino, fino a 5 metri, con eliminazione totale dei sottoservizi in maniera da ottenere un'altezza libera netta di 3,10 metri. Anche in questo caso l'analisi evidenzia l'insufficienza dell'infrastruttura e un rigurgito considerevole nel canale.

Dai tentativi effettuati, si evince che le limitazioni determinate dal poco spazio a disposizione fra i due stabilimenti non consentono di allargare il tombino stradale in maniera tale da renderlo idoneo al transito della piena bicentenaria.

Per questi motivi la soluzione individuata dall'ipotesi 1 non risulta applicabile.

Inoltre la soluzione sopra esposta presenta i seguenti svantaggi:

- nuovo tracciato con movimento terra significativo per deviare il reticolo attraverso i due stabilimenti e fare in modo che l'acqua imbocchi a monte dei due stabilimenti il canale ipotizzato (implicando un notevole costo di realizzazione).
- la deviazione del reticolo, inoltre, si volge in un percorso che si discosta notevolmente dal tracciato originario della Lama Misciano individuato dall'Autorità di Bacino;
- abbattimento e ricostruzione dei muri di confine dei due stabilimenti;
- eliminazione dei sottoservizi per consentire l'aumento della luce libera di passaggio della piena ossia spostamento dei sottoservizi a quota più elevata per consentire il libero passaggio della piena bicentenaria e non costituire occlusione come nello stato attuale.

La seconda soluzione esaminata, ipotesi 2, risulta quella secondo la quale, attraverso una risagomatura della parte di alveo immediatamente a monte della strada, peraltro non molto inciso e privo di orli morfologici, si sposta più in sinistra idraulica il punto in cui il reticolo interseca via dei Fiordalisi nella zona in questione.

Si specifica che il nuovo intervento risulta esterno agli insediamenti e segue in asse quasi completamente quanto rappresentato nell'area sulla Bozza del Reticolo Idrografico redatta dall'Autorità di Bacino; solo per l'attraversamento della strada è prevista una leggera deviazione che, ad ogni modo, consente di realizzare una soluzione in linea con le normative vigenti in termini di attraversamenti stradali.

Il nuovo tombino avrà dimensioni tali da consentire il libero passaggio della piena bicentenaria con un franco di sicurezza di un metro o superiore rispetto al tirante idrico della piena e consentirà di non spostare i sottoservizi esistenti; questo sarà possibile per via dello spazio libero a disposizione a sinistra idraulica degli stabilimenti.

L'ipotesi 2 innanzi descritta prevede la realizzazione di un canale a sezione rettangolare che, in corrispondenza del manufatto di imbocco, risulta largo 15 metri e profondo 2 metri.

Il progetto prevede, inoltre, la risagomatura della sezione a monte degli stabilimenti in modo da incanalare l'acqua verso gli scatolari di progetto, questa verrà effettuata attraverso un movimento terra che garantirà il passaggio graduale dalla sezione naturale a quella di progetto sopra descritta. E' da precisare che il manufatto di imbocco risulta posto al di sotto dell'attuale piano campagna e garantisce la continuità strutturale con il tombino posto al di sotto della strada. Verrà realizzata, infine, una protezione sponale, ad altezza variabile costituita da gabbionature, in sinistra idraulica a protezione dello stabilimento industriale.



Geometry data su ortofoto con individuazione reticolo originario

Di seguito sono descritti sinteticamente i tentativi più significativi effettuati per dimensionare il tombino di attraversamento e successivamente la soluzione finale adottata.

La condizione affinché i sottoservizi (fogna nera, gas metano e cavo energia elettrica) non vengano spostati, è che l'intradosso dell'impalcato del tombino si dovrà attestare a quota 71,90 metri slm.

A seguito di diversi tentativi di calcolo e simulazione si è giunti alla soluzione definitiva che prevede l'abbassamento del fondo dei tombini di 20 cm, cosa che tecnicamente risulta poco problematica e che consentirebbe di avere un'altezza utile del tombino di 1,80 metri. Ovviamente, analizzata tecnicamente la fattibilità dello scavo al di sotto del rilevato, si potrebbe ipotizzare la realizzazione di tombini meno larghi e più alti, cosa che consentirebbe un rilevante risparmio economico.

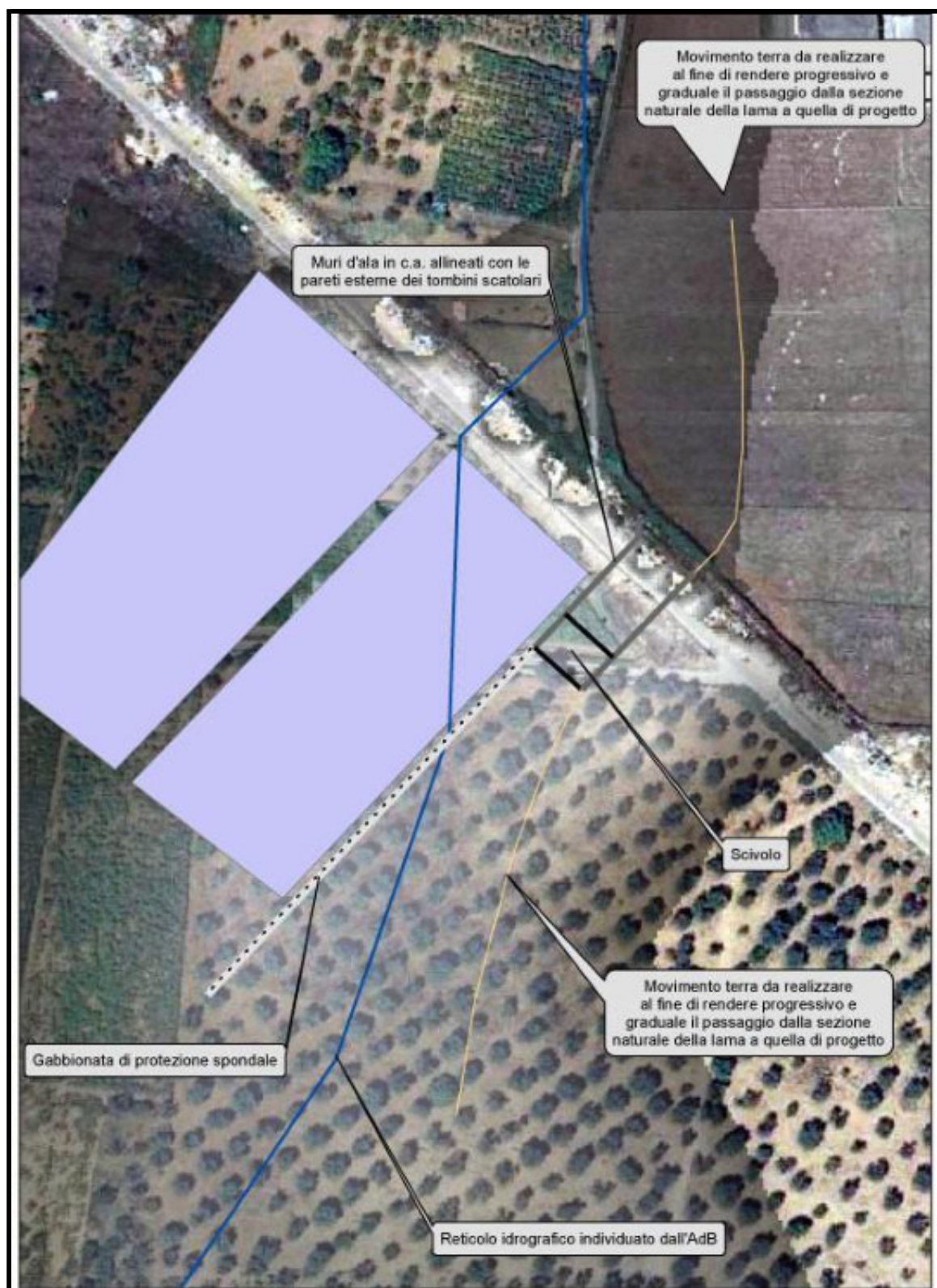
La soluzione prevede la realizzazione di tre scatolari di dimensioni 5 metri x 1,90 metri al di sotto della strada e di un manufatto di imbocco costituito da uno scivolo lungo 10 metri (proiezione sull'orizzontale) ed alto 1 metro posto a 20 metri dal paramento di monte del rilevato stradale. Dallo

scivolo partono due muri d'ala in continuità con le pareti dei tombini scatolari previsti al di sotto della strada.

A monte del manufatto d'imbocco è prevista una risagomatura e riprofilatura dell'alveo in modo da rendere efficiente il funzionamento idraulico del manufatto stesso.

Lo scivolo ha lo scopo di evitare che gli eventuali rigurgiti determinati dall'attraversamento, che tuttavia pare improbabile che si verifichino anche senza un'ordinaria manutenzione dei tombini.

Infine è previsto l'intervento di risagomatura e riprofilatura anche a valle del tombino in modo da eliminare contropendenze localizzate che comprometterebbero l'efficienza idraulica dell'attraversamento progettato.



Sistemazione in prossimità del tombino sud



Floodplain relativo allo stato di progetto

3.2 Progetto 2011 – studio idrologico idraulico via dei Fiordalisi (tombino sud)

Nel 2011 il Consorzio ha redatto un progetto definitivo che prevedeva, diversamente da quanto ipotizzato nel 2008, la costruzione di un canale in cemento armato tra i due insediamenti esistenti, Fassa Bortolo e Atlassib, e la riprofilatura del tombino di via Dei Fiordalisi, consistente in un abbassamento del fondo dello stesso al fine di ottenere una continuità idraulica del bacino da monte a valle in prossimità di detto tombino, e l'impiego di opere a monte di derivazione di un'aliquota dell'idrogramma della piena bicentenaria quali ad esempio casse di laminazione.

Tale progetto prevedeva, quindi, la realizzazione di un cassa di laminazione in destra idraulica, a monte degli stabilimenti Fassa Bortolo e Atlassib, dove era previsto uno sfioratore laterale che in destra idraulica facesse sì che le portate di piena eccedenti quelle transitabili in sicurezza idraulica al di sotto del tombino di via dei Fiordalisi venissero allontanate nella vasca di laminazione.

L'intervento si sarebbe dovuto realizzare mediante i seguenti step operativi:

- bonifica dell'intera area da rifiuti di qualsiasi genere;
- scavo a sezione ampia tra i capannoni Fassa Bortolo e Atlassib, per la costruzione del canale interrato in c.a.;
- demolizione di parte della recinzione del complesso Atlassib, in prossimità di via Dei Fiordalisi;
- rimozione della condotta esistente del tipo ARMCO insistente all'interno della recinzione dell'Atlassib;
- ricostruzione della recinzione del complesso Atlassib, in prossimità di via Dei Fiordalisi, una volta effettuati gli interventi di costruzione del canale in c.a.;
- costruzione di canale in terra rinforzata con geogriglie antierosione ed interventi di ingegneria naturalistica a monte del tombino dell'Autostrada A14;
- delimitazione con argine in terra rinforzata con geogriglie antierosione ed interventi di ingegneria naturalistica, di un'area soggetta ad allagamento per sfioro delle acque del canale in prossimità dell'area retrostante il complesso "Atlassib";
- costruzione di un canale in cemento armato tra i capannoni Fassa Bortolo e Atlassib, nel primo tratto a cielo aperto ed in prossimità di via dei Fiordalisi completamente interrato, passando al disotto di una porzione dell'area occupata da Atlassib, per poi innestarsi nel tombino esistente;
- adeguamento del tombino esistente in via Dei Fiordalisi in prossimità di detti capannoni, consistente in un abbassamento del fondo del tombino, al fine di consentire, come da calcolo idraulico, l'ottimale deflusso delle acque di scolo,

nell'ambito del franco di sicurezza ivi compresi tutte le opere di adeguamento dimensionale e statico dello stesso tombino;

- costruzione di una vasca di laminazione per la raccolta di un'aliquota dell'idrogramma della piena bicentenaria;
- sfioratore laterale che in destra idraulica fa sì che le portate di piena eccedenti quelle transitabili in sicurezza idraulica al di sotto del tombino di via dei Fiordalisi, vengano allontanate nella vasca di laminazione;
- costruzione di un argine in terra e telo impermeabile, lungo il perimetro della vasca di laminazione;
- costruzione di un limitatore di portale in c.a., al fine di consentire il transito della sola portata in grado di attraversare via dei Fiordalisi in condizioni di sicurezza (franco di sicurezza minimo di un metro rispetto all'intradosso dei sottoservizi) ed eliminare eventuali rigurgiti potenzialmente pericolosi per gli stabilimenti posti in adiacenza, si è inserita la suddetta opera di "disconnessione" idraulica nella sezione iniziale del tratto canalizzato fra i due stabilimenti Fassa Bortolo e Atlassib;
- adeguamento e bonifica dell'area antistante dello sbocco del tombino sopracitato;
- costruzione e movimento di terra di un'area soggetta ad allagamento per sfioro delle acque del canale a valle del tombino anzidetto con interventi di ingegneria naturalistica e sistemazione a verde;
- collezioni di specie vegetali autoctone ai bordi del canale al fine di ottenere una "pennellata di verde" quale segno indelebile nel territorio a salvaguardia della funzionalità idraulica dell'intero bacino idrografico;
- ripristino dell'alveo del canale naturale tra i tombini a sud-ovest e nord-ovest di via Dei Fiordalisi, mediante pulizia e asportazione di rifiuti e detriti di ogni genere.
- movimenti di materie e demolizioni di qualunque natura e per tutte le opere previste compreso il trasporto a qualunque distanza, la sistemazione finale del materiale di scavo compatibile con la normativa vigente e gli eventuali oneri di smaltimento presso le discariche autorizzate;
- rinterri di scavi in presenza di sotto servizi;
- opere a verde e mitigazioni ambientale lungo il canale deviatore;
- svellimento essenze arbustive ed arboree insistenti in prossimità del canale deviatore;
- lavori diversi di finitura.

La soluzione progettuale, come variata in fase esecutiva ad opera dell'ing. De Venuto, prevede quindi:

- un canale progettato per far transitare esclusivamente un valore pari alla metà di quello massimo calcolato con un tempo di ritorno di 200 anni;
- una vasca di accumulo realizzata con gabbionate, dove, mediante un opportuno sfioratore laterale, viene accumulato il volume eccedente;
- un limitatore di portata che garantisce il passaggio della portata di progetto;
- la realizzazione di un canale tra gli stabilimenti Fassa Bortolo e Atlassib;
- realizzazione dell'innesto nel tombino esistente nel piazzale della Atlassib.

Tale soluzione comporta i seguenti svantaggi e problematiche dal punto di vista tecnico economico e gestionale:

- il canale devia notevolmente il reticolo idrografico dalla sua configurazione naturale comportando uno scavo e un importante impatto ambientale soprattutto per la realizzazione della vasca di accumulo;
- il volume accumulato nella vasca di laminazione dovrà essere estratto meccanicamente con costi esorbitanti;
- la manutenzione della vasca risulterà onerosa dovendola tra l'altro affidare a ditte specializzate;
- lo sfioratore laterale e il partitore devono essere tenuti sempre in perfette condizioni altrimenti risulta compromessa la loro funzione idraulica;
- il canale intermedio ai due stabilimenti comporta la demolizione delle recinzioni e la loro ricostruzione con difficoltà delle lavorazioni effettuate in spazi angusti;
- la connessione al tombino esistente dovrà avvenire demolendo parzialmente il piazzale di proprietà Atlassib con conseguenti disagi per l'attività lavorativa;
- l'opera progettata nonostante impegni una superficie notevole a monte e uno scavo considerevole, non consente comunque il transito della portata massima demandando la funzione di mitigazione del rischio alla vasca di accumulo.

3.3 Progetto 2013 - collegamento tra viale delle magnolie e via dei fiordalisi

Il Consorzio, nell'ambito del Progetto integrate Territoriale - PIT n.3 Interventi Materiali - Misura 4.2, con nota 4921 del 20/09/2002 ha richiesto il finanziamento della viabilità di collegamento tra Viale De Biasio e l'Autostrada A14 BO-TA.

Nello specifico, il progetto prevedeva la realizzazione del collegamento tra Viale De Blasio e l'Autostrada A14 BO-TA, per il tratto funzionale tra viale delle Magnolie e via dei Fiordalisi, in zona ASI Bari.

Tale arteria riveste importanza strategica nell'ambito della rete stradale consortile, in quanto consente di chiudere la maglia ovest, interconnettendo all'asse principale (viale De Blasio) lotti già insediati o di prossimo insediamento e ponendo le basi per il definitivo allacciamento all'Autostrada A14 BO- TA.

Per quanto concerne l'andamento planimetrico si può dire che questi è sostanzialmente rettilineo, essendo costituito da due lunghi rettifili con angolo di deviazione raccordati da una curva di ampio raggio. La lunghezza complessiva risulta di 572 m, oltre lo sviluppo dei rami d'intersezione all'incrocio tra viale delle Magnolie e via dei Fiordalisi, regolamentati da una rotatoria.

Dal punto di vista altimetrico il profilo longitudinale è composto da due livellette di lieve pendenza ($i_{\max} = 1,00 \%$) raccordate da una curva verticale avente raggio 5.000 m.

Orograficamente la superficie interessata dalla strada si presenta pianeggiante per il suo intero sviluppo, fatta eccezione per il tratto centrale laddove l'asse stradale interseca una incisione naturale, la cosiddetta "Lama Misciano".

Per l'attraversamento della "Lama Misciano", anche in funzione di esigenze ambientalistiche, si è scelta una soluzione mediante la realizzazione di un ponte in elementi prefabbricati precompressi "arredati" con paramenti prefabbricati in finta pietra.

4 PROPOSTA PROGETTUALE

Alla luce di quanto innanzi si è ritenuto di valutare la possibilità di riproporre, modificandolo in ragione delle intervenute indicazioni operative dell'A.d.B., il progetto redatto nel 2009 che in grandi linee prevede:

- la realizzazione di opere di movimento terra che intercettino le acque di piena all'interno di un canale di sezione variabile verso valle con argini costituiti da gabbionate e, fino ad un'altezza impegnata dal tirante idrico della piena bicentenaria, da biostuoie;
- la realizzazione di un ponte lungo Via dei Fiordalisi di dimensioni tali da permettere il transito della piena di progetto in condizioni di sicurezza idraulica garantendo il franco di sicurezza di almeno 1,00 m dalla quota inferiore del cavo della Sorgenia. Il ponte dovrà essere progettato in maniera tale da salvaguardare il cavo di alimentazione della centrale SORGENIA posto nel sottosuolo lungo via dei Fiordalisi. In fase di realizzazione del ponte il cavo sarà protetto con materiale isolante e sorretto con un sistema di tiranti e travi.

Non si esclude la possibilità, da valutarsi in fase esecutiva, di realizzare l'attraversamento sotto via Fiordalisi mediante un tombino a campata unica di adeguate dimensioni da posizionare mediante spingi tubo.

Se tale soluzione non fosse percorribile si dovrà procedere con la realizzazione del ponte secondo i seguenti step operativi in considerazione dei sottoservizi preesistenti:

- chiusura al traffico della metà di viabilità non contenente il cavo Sorigenia al fine di ridurre i disagi per le attività produttive della zona;
- scavo per individuazione ed eventuale deviazione temporanea dei sottoservizi presenti;
- scavo e realizzazione delle fondazioni, delle pile e del pulvino lato valle del ponte;
- demolizione della viabilità limitatamente all'altezza necessaria al posizionamento delle travi e realizzazione soletta;
- realizzazione massicciata di raccordo con la quota della vecchia viabilità;
- realizzazione dei manti bituminosi provvisori al fine dell'apertura al traffico;
- demolizione della viabilità sottostante le travi e ancoraggio nuove tubazioni per sottoservizi;
- scavo per individuazione cavo Sorigenia e realizzazione delle fondazioni, delle pile e del pulvino lato valle del ponte che sarà al disopra del cavo Sorigenia;
- demolizione della viabilità limitatamente all'altezza necessaria al posizionamento delle travi e realizzazione soletta;
- demolizione parziale della viabilità sottostante le travi e ancoraggio cavo Sorigenia;
- realizzazione del giunto fra le due parti realizzate, getto soletta definitiva;
- realizzazione massicciata di raccordo con la quota della vecchia viabilità;
- realizzazione manti impermeabili e sovrastrutture definitive;
- riprofilatura dell'alveo per un tratto di circa 200 m a valle del tombino fino al raccordo con la morfologia locale esistente che consente di non aumentare la pericolosità nelle zone contermini alla nuova opera di mitigazione del rischio.

Con questa soluzione, ferme restando le necessarie verifiche in fase definitiva/esecutiva, si otterrebbero i seguenti risultati:

- far transitare tutta la portata di piena con costi inferiori e tecniche costruttive più semplici;
- consentire il passaggio della piena in sintonia con la morfologia dei luoghi non alterando sensibilmente lo sviluppo planimetrico dell'attuale reticolo;
- raccordare il floodplain alle aree attualmente perimetrate nel PAI vigente in maniera tale da non aumentare la pericolosità nelle zone contermini;
- annullare i disagi e semplificare le fasi realizzative delle opere;
- adottare quanto più possibile tecniche di ingegneria naturalistica;
- limitare i volumi di scavo.



Condizioni attuali



Possibile risultato a seguito della realizzazione dell'opera

I vantaggi della scelta adottata sono i seguenti:

- il canale proposto riesce a smaltire tutta la portata di piena con tempo di ritorno di 200 anni senza alcuna laminazione;
- non si realizzano vasche di accumulo di notevole impatto ambientale;
- minore impatto paesaggistico, realizzando argini in terra e gabbionate;
- si utilizzano tecniche di ingegneria naturalistica anziché cemento armato come nel caso dello sfioratore laterale e del canale tra i due stabilimenti;
- minore volume di scavo;
- il tracciato del canale si avvicina quanto possibile all'antico andamento del reticolo;
- si evitano curve con angoli ridotti consentendo un idoneo sviluppo idrodinamico della piena senza singolarità idrauliche;
- si evita il passaggio tra i due stabilimenti;

- si evita di interessare il piazzale dell'azienda Atlassib che causa disagio nell'attività lavorativa dell'azienda;
- si evitano di demolire e ricostruire le recinzioni dei due stabilimenti;
- lo sviluppo lineare del percorso del nuovo canale proposto risulta inferiore;
- la progettazione del canale proposto risulta conforme ai criteri indicati nella relazione di piano del PAI della Puglia;
- il nuovo canale riduce drasticamente i costi di manutenzione per via della semplicità della pulizia in quanto non accumula nessun volume di acqua e quindi di trasporto solido;
- il ponte garantisce il rispetto delle distanze di sicurezza dal cavo di alimentazione della centrale Sorgenia;
- sono state previste opere di protezione degli insediamenti dell'Università con tecniche di ingegneria naturalistica;
- l'alveo e le aree golenali del nuovo canale sono state studiate affinché le nuove aree a diversa pericolosità idraulica individuate si raccordano a valle dell'opera proposta senza aumentare la pericolosità nelle zone contermini in armonia con le NTA del PAI della Puglia per le opere di mitigazione del rischio.

Con l'occasione si ritiene opportuno che venga predisposto un unico progetto di analisi che, come fatto nel 2008, permetta di risolvere tutta la problematica connessa al tratto di "Lama Misciano" ricadente nell'agglomerato ASI di Bari-Modugno.

Si potrebbe pertanto effettuare uno studio generalizzato individuando tre lotti operativi corrispondenti con:

- attraversamento via Fiordalisi – tombino SUD
- attraversamento via Magnolie e completamento della viabilità
- attraversamento via Fiordalisi – tombino NORD.

Tali progetti, distinti e individuabili come lotti funzionali, permetterebbero una richiesta disgiunta di finanziamento e l'indizione di gare distinte, pur mantenendo una unitaria e completa soluzione della problematica come più volte evidenziato dalla A.d.B. Puglia.

5 QUANTIFICAZIONE DEI COSTI

E' stata effettuata da una quantificazione di massima dei costi di realizzazione dell'intervento che ha determinato il seguente quadro economico:

A) Importo lavori a corpo al netto della sicurezza	€ 1.373.945,60
B) Oneri per la sicurezza diretti non soggetti a ribasso	€ 41.218,37
C) Oneri per la sicurezza indiretti non soggetti a ribasso	€ 13.955,89
E) IMPORTO CONTRATTUALE (A+B+C+D)	€ 1.429.119,85
F) Somme a disposizione della stazione appaltante per:	
f1) lavori in economia, previsti in progetto ed esclusi dall'appalto, ivi inclusi i rimborsi previa fattura;	€ -
f2) rilievi, accertamenti e indagini;	€ 13.500,00
f3) Allacciamenti a pubblici servizi:	€ 30.000,00
f4) Imprevisti	€ 70.000,00
f5) acquisizione aree o immobili e pertinenti indennizzi:	€ 300.000,00
f7.1) progettazione definitiva ed esecutiva	€ 53.500,00
f7.2) direzione lavori e misura e contabilità	€ 26.000,00
f7.3) coord. sicurezza in esecuzione	€ 13.500,00
f7.4) incentivo ex art. 113 D.Lgs. 50/16:	€ 16.000,00
f7.5) polizze	€ 1.500,00
f8) Spese per attività di consulenza o di supporto:	€ 15.000,00
f9) Spese per commissione di gara	€ 3.500,00
f10) spese per pubblicità:	€ 4.000,00
<u>f11) Spese per accertamenti e collaudi</u>	<u>€ 15.500,00</u>
SOMMANO F)	€ 562.000,00
TOTALE E)+F)	€ 1.991.119,85

6 Crono programma dei tempi di realizzazione dell'intervento comprendente tutti gli adempimenti previsti dal momento della proposizione a quello della usabilità dell'opera

CRONOPROGRAMMA																												
		MESI																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
APPROVAZIONE PROGETTO																												
PROPOSTA DI FINANZIAMENTO																												
PROGETTAZIONE PRELIMINARE, DEFINITIVA ED ESECUTIVA																												
BANDO DI GARA PER AFFIDAMENTO LAVORI																												
ESECUZIONE LAVORI																												
COLLAUDO																												
MESSA IN ESERCIZIO																												

Il Progettista
Ing. Giuseppe A. Latrofa

Allegati:
Computo metrico
Tav.1 – proposta progettuale

[illegible]