

## CORRIDOIO PLURIMODALE ADRIATICO

ITINERARIO MAGLIE - SANTA MARIA DI LEUCA

S.S. N° 275 "DI S. MARIA DI LEUCA"

LAVORI DI AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA SEZ. B DEL D.M. 5.11.2001

S.S. 16 dal km 981+700 al km 985+386 - S.S. 275 dal Km 0+000 al km 37+000

1° Lotto: Dal Km 0+000 di prog. al Km 23+300 di prog.

### PROGETTO DEFINITIVO

COD. BA283

**PROGETTAZIONE:** ANAS - COORDINAMENTO TERRITORIALE ADRIATICA

<p>I PROGETTISTI</p> <p>Ing. Alberto SANCHIRICO – Progettista e Coordinatore</p> <p>Ing. Simona MASCIULLO – Progettista</p>	<p>ATTIVITA' DI SUPPORTO</p>    
<p>COLLABORATORI</p> <p>Geom. Andrea DELL'ANNA</p> <p>Geom. Massimo MARTANO</p> <p>Geom. Giuseppe CALO'</p>	
<p>IL GEOLOGO</p> <p>Dott. Pasquale SCORCIA</p>	
<p>IL COORDINATORE IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p>Ing. Alberto SANCHIRICO</p>	
<p>IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p>Ing. Gianfranco PAGLIALUNGA</p>	
<p>RESPONSABILE PROJECT MANAGEMENT PUGLIA</p> <p>Ing. Nicola MARZI</p>	

## 03 - IDROLOGIA E IDRAULICA

### 1\_Generale

#### Relazione di compatibilità al PAI Puglia

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO      LIV. PROG.      N. PROG. L0503A    D    1701	P00_ID00_IDR_RE01_C.pdf CODICE ELAB. P00 ID00 IDR RE01	C	-
C	OTTEMPERANZA PARERE AdB Puglia – PARERE CSLLPP	Aprile 2019	Ing. G. Pernechele
B	REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO DEL 2017	Giugno 2018	
A	REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO	Novembre 2017	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO VERIFICATO APPROVATO



P00 ID00 IDR RE01 C

# Relazione di compatibilità al PAI Puglia

## INDICE

1	PREMESSA	1
2	INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO	7
3	STUDIO DELLE AREE INONDABILI	9
3.1	MODELLAZIONE IDRAULICA 2D	9
3.2	TEORIA DEL MODELLO IDRAULICO	9
3.2.1	DEFINIZIONE DEI BACINI STUDIATI	13
3.2.2	MODELLO DEL TERRENO STATO ATTUALE E STATO DI PROGETTO	14
3.2.3	DEFINIZIONE DELLA SCABREZZA DEL TERRENO	16
3.2.4	COSTRUZIONE DELLA MESH DI CALCOLO	17
3.2.5	PIOGGE E TEMPI DI RITORNO DELLE SIMULAZIONI	18
3.3	RISULTATI STATO ATTUALE: IDENTIFICAZIONE ZONE A RISCHIO A BASSA-MEDIA-ALTA PERICOLOSITÀ	20
3.4	RISULTATI STATO DI PROGETTO: COMPATIBILITA' IDRAULICA	20
4	INTERFERENZA 1: SVINCOLO1 – MAGLIE NORD	21
4.1	DEFINIZIONE DELLE AREE INONDABILI TR 200 ANNI POST INTERVENTO	23
5	INTERFERENZA 2: SVINCOLO 2 – CURSI	25
6	INTERFERENZA 3: MURO LECCESE	28
6.1	DEFINIZIONE DELLE AREE INONDABILI POST INTERVENTO	29
7	INTERFERENZA 4: NOCIGLIA	31
7.1	DEFINIZIONE DELLE AREE INONDABILI STATO ATTUALE	31
7.2	DEFINIZIONE DELLE AREE INONDABILI STATO DI PROGETTO E VERIFICA COMPATIBILITA' IDRAULICA	33
8	INTERFERENZA PK 22+844	37
9	INTERFERENZE MINORI	39
9.1	INTERFERENZA PK 0+150 – MAGLIO NORD – INIZIO LOTTO	39
9.2	INTERFERENZA PK 9+800 - SCORRANO	40
9.3	INTERFERENZA PK 18+150	41
10	CONCLUSIONI	43

## 1 PREMESSA

La presente relazione, parte integrante del Progetto Definitivo della viabilità "S.S. 275 di Santa Maria di Leuca – Lavori di Ammodernamento e adeguamento alla Sez.B del D.M.5/11/2001 – 1° Lotto: dal km 0+000 di progetto al km 23+300 di progetto", individua le soluzioni idrauliche per la risoluzione delle interferenze tra il tracciato della viabilità di progetto e le aree endoreiche così come individuate dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) Puglia vigente (aggiornamento al 27/02/2017).

Il tracciato della viabilità di progetto si sviluppa nel territorio dei Comuni di Melpignano, Maglie, Muro Leccese, Scorrano, Botrugno, San Cassiano, Nociglia, Surano, Montesano Salentino, Andrano e Tricase (Figura 1)

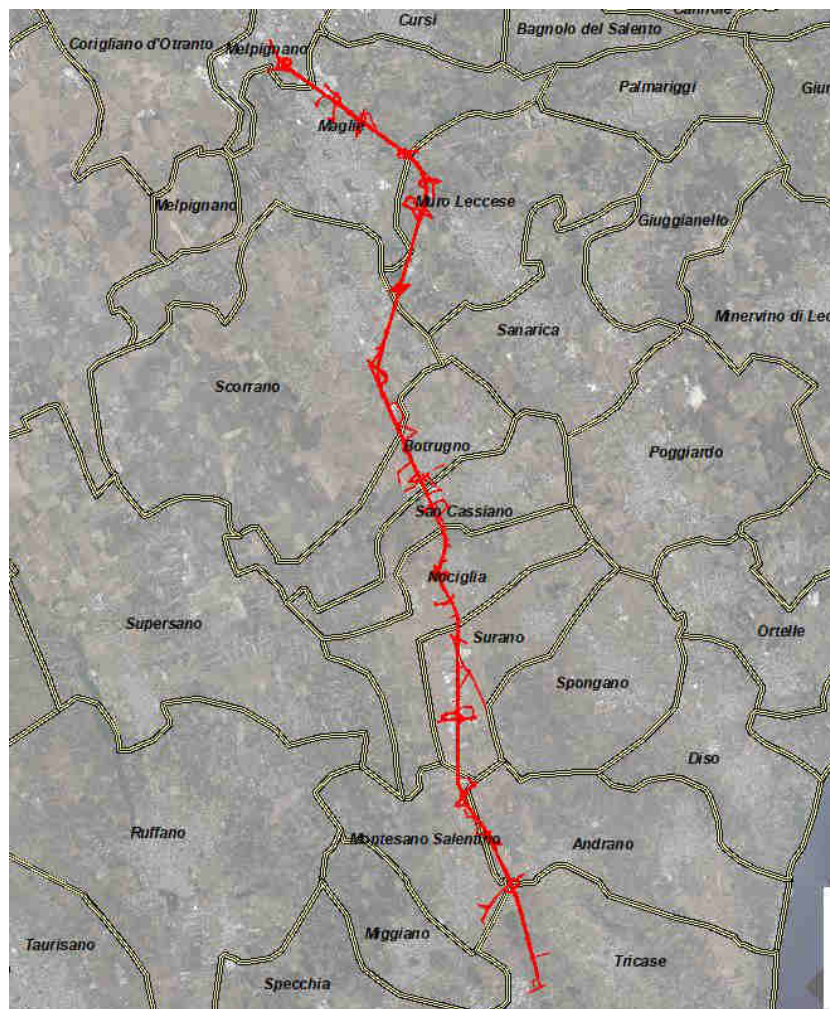


Figura 1 - Sviluppo del tracciato di progetto (in rosso)

L'analisi delle interferenze tra il tracciato ed i vincoli idraulici definiti dal PAI (all'epoca vigente) veniva già sviluppata nel progetto definitivo di ammodernamento e adeguamento del tracciato della SS 275, redatto nel 2005.



Si sottolinea che, nel seguito, si riportano le soluzioni progettuali individuate unicamente per la porzione di tracciato coincidente con quella del presente progetto definitivo.

Nel progetto definitivo redatto nel 2005, individuati i bacini drenanti di competenza del tracciato stradale, si definivano *"le dimensioni degli attraversamenti idraulici (tombini e/o ponticelli) da realizzarsi in corrispondenza delle intersezioni dell'asse stradale con le linee di compluvio, necessari ad impedire, sia nei tratti in trincea che in rilevato, il versamento delle acque dei versanti all'interno delle cunette di drenaggio o sul piano stradale"*.

In data 09/02/2006, con nota Prot. 367, l'Autorità di Bacino della Puglia (AdB) formulava parere in riferimento alla compatibilità dell'opera di progetto con il PAI Puglia. Nel parere suddetto, la stessa AdB valutato che:

- il tracciato di progetto attraversa n.2 aree perimetrate nel PAI, approvato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Puglia con Delibera n.39 del 30/11/2005, come aree ad "Alta pericolosità di inondazione". Tali aree sono presenti in prossimità del comune di Nociglia e in un'area compresa tra i comuni di Alessano e Tricase;
- *relativamente al calcolo e al dimensionamento delle opere di attraversamento e di presidio idraulico della rete di drenaggio superficiale, emerge la presenza di aree in cui coppie di bacini scolanti, ubicati su lati opposti della sede stradale, convergono nello stesso punto di attraversamento. Questo si verifica in particolare per le coppie di sottobacini n. 5 e 7, 16 e 17, 35 e 36, 46 e 48, 59 e 60, 62 e 63, secondo la numerazione individuata nella Carta della "Corografia dei bacini" in scala 1:25.000 (Elab. Too-IDoo-IDR-Cooo). Sulla base di quanto riferito nella relazione idraulica, risulta che "tale problema non è imputabile alla realizzazione dell'opera in esame, in quanto ciò risulta solamente conseguenza della morfologia tipica sa-lentina che in alcuni casi genera aree naturalmente depresse. Fra gli scopi che questo progetto si pone non è contemplata l'individuazione di soluzioni a problemi già esistenti sul territorio, e non causati dalla realizzazione della stessa opera in progetto, viceversa lo scopo in questione risulta quello di stimare le portate al colmo per eventi di piena eccezionali e proporzionare quindi tombini utili a fare in modo che a seguito della realizzazione del corpo stradale non venga ostacolato il naturale deflusso delle acque meteoriche. A tal fine si è proceduto utilizzando metodologie di stima delle portate assumendo coefficienti di laminazione e di deflusso idonei al solo obiettivo suddetto. Pertanto, nei sei casi suddetti ci si limiterà ad assumere per i tombini in questione la dimensioni massime fra le due alternative, che vengono presentate all'interno di ogni coppia di valori".*

esprimeva "parere non favorevole" relativamente alla compatibilità dell'intervento in progetto con gli obiettivi e le finalità del PAI Puglia, per la presenza nello stesso progetto dei seguenti aspetti critici, relativamente alla compatibilità idrogeologica:

- *non sono stati valutati gli effetti, in corrispondenza delle opere di attraversamento idraulico, della contemporanea concentrazione di portate idriche di deflusso nei casi in cui bacini scolanti ubicati su lati opposti della sede stradale convergono nello stesso punto di attraversamento. In tali aree, naturalmente depresse (endo-riche), obiettivamente propense a fenomeni di allagamento, le ipotesi progettuali dovranno optare per soluzioni che non modifichino in negativo il naturale regime idraulico superficiale delle stesse, e nel contempo assicurino un adeguato presidio del corpo e della sovrastruttura stradale;*
- *non è stata effettuata una analisi specifica degli effetti prodotti dalla realizzazione dell'intervento in proget-*

*to sul regime idraulico dei territori, attraversati dal tracciato stradale, perimetrati come aree ad "alta probabilità di inondazione (AP)" nel PAI approvato dal Comitato istituzionale di questa Autorità con Delibera n. 39 del 30 novembre 2005;*

- *non è stata condotta una valutazione delle conseguenze prodotte sul territorio, nelle aree a valle delle previste opere idrauliche di attraversamento delle acque superficiali, dalla concentrazione dei deflussi idrici, raccolti dai bacini scolanti a monte della sede stradale, e del relativo impatto sulle opere o attività ivi presenti;*
- *l'analisi pluviometrica non è stata verificata con le risultanze della metodologia di regionalizzazione delle portate (metodologia VAPI Puglia);*
- *[omissis].*

Nel 2009, con Deliberazione n.76 del 31/07/2009 (allegato 1 Parte 1^- Prescrizioni), il Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE) approvava il progetto definitivo, comunque subordinato all'ottemperanza delle prescrizioni riportate nel seguito.

Si riportano esclusivamente le prescrizioni di carattere idrologico/idraulico inerenti la compatibilità dell'intervento con il PAI Puglia:

*(omissis)*

10. *in corrispondenza delle opere di attraversamento idraulico si dovranno valutare gli effetti della contemporanea concentrazione di portate idriche di deflusso nei casi in cui i bacini scolanti ubicati su lati opposti della sede stradale convergano nello stesso punto di attraversamento. In tali aree, naturalmente depresse (endoreiche), obiettivamente propense a fenomeni di allagamento, le ipotesi progettuali dovranno optare per soluzioni che non modifichino in negativo il naturale regime idraulico superficiale delle stesse e, nel contempo, assicurino un adeguato presidio del corpo e della sovrastruttura stradale.*
11. *deve essere effettuata un'analisi specifica degli effetti prodotti dalla realizzazione dell'intervento di progetto sul regime idraulico dei territori, attraversati dal tracciato stradale, perimetrati come aree ad Alta probabilità di inondazione (AP) nel PAI approvato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Puglia con Delibera 30 novembre 2005, n.39.*

*(omissis)*

Il 18/12/2009, a seguito di un incontro tecnico congiunto tra ANAS S.p.A., l' Autorità di Bacino della Puglia e i Comuni di Nociglia e Tricase, l'AdB informava che "avrebbe avviato le procedure propedeutiche alla variazione delle perimetrazioni P.A.I. atte a definire il quadro delle criticità idrauliche di tutti i territori attraversati dal tracciato di progetto, ...".

In data successiva, in corrispondenza delle aree individuate da progetto definitivo del 2005 in cui le coppie di bacini scolanti, ubicati su lati opposti della strada, convergevano nello stesso punto di attraversamento (aree endoreiche), l'AdB definiva la perimetrazione delle aree a differente pericolosità idraulica (coincidente con le perimetrazioni vigenti al 27/02/2017). Nelle figure seguenti si riportano unicamente le coppie di bacini e relative perimetrazioni, di cui sopra, in interferenza con il tracciato ridefinito nel presente progetto definitivo (Figura 2 - Figura 19).



Figura 2 – Perimetrazione MP corrispondente alle coppie di bacini 5-7

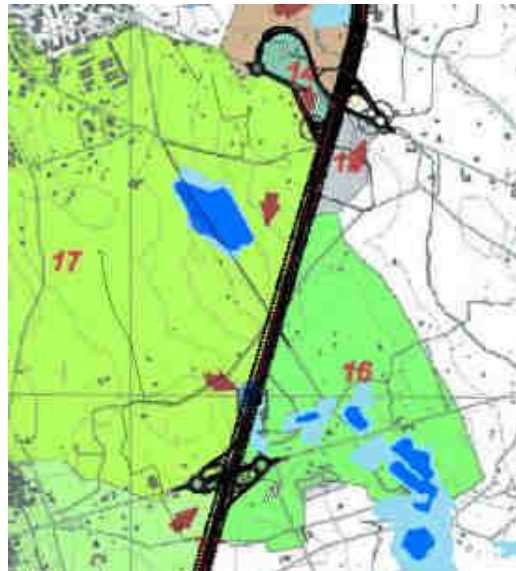


Figura 3 – Perimetrazione MP corrispondente alle coppie di bacini 16-17

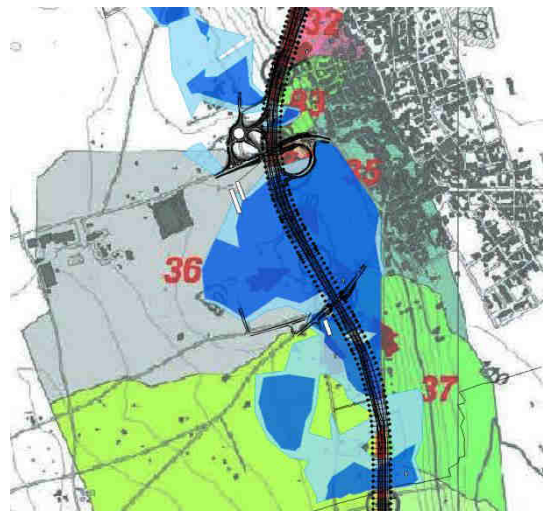


Figura 4 – Perimetrazione MP corrispondente alle coppie di bacini 35-36

Nell'ambito dell'aggiornamento del progetto del 2017, lo studio specialistico sviluppato aveva lo scopo ultimo di individuare le soluzioni progettuali finalizzate a porre l'opera in sicurezza idraulica, in conformità alle disposizioni dettate dalle Norme Tecniche di Attuazione (NTA – Art. 36) del PAI Puglia, e ad evitare un incremento della pericolosità idraulica nelle aree contermini a quelle di intervento (NTA – Art. 4), con riferimento alle criticità del progetto definitivo del 2005 riportate nel parere AdB Puglia, nonché alle prescrizioni formulate dal CIPE.

A seguito di tale aggiornamento sono pervenute in data 13/11/2018 le osservazioni dell'Autorità di Bacino della Puglia (prot. N. Aoo\_AFF\_GEN\_0012707) e del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (parere n. 68/2018 emesso nella seduta del 22/11/2018 e trasmesso in data 19/02/2019).

Di seguito si riportano solamente le osservazioni inerenti la compatibilità idraulica pervenute dall'Autorità di Bacino Puglia e del Consiglio dei Lavori Pubblici.

Per quanto riguarda la compatibilità idraulica del progetto, all'interno delle osservazioni pervenute, l'Autorità di Bacino della Puglia chiede che la documentazione progettuale sia integrata con ulteriori analisi finalizzate a:

- *definire le potenziali condizioni di pericolosità idraulica per e aree contermini alle zone di intervento anche con un tempo di ritorno di 500 anni per lo svincolo n.1 (Maglie Nord) (interferenza1);*
- *valutare l'assetto della pericolosità idraulica relativa agli eventi meteorologici caratterizzati da tempi di ritorno di 30 anni e 500 anni delle aree attraversate dalla SS275 ricadente nei territori comunali di Nociglia e Surano (tra le progressive di progetto del km 13\_34 al km 15\_22 (Interferenza 5);*
- *valutare l'assetto della pericolosità idraulica di post-intervento e/o eventuali opere per garantire l'invarianza della pericolosità idraulica per la depressione morfologica ricadente nell'area ove sorge il cimitero comunale di Nociglia (Interferenza 5) e interessata dalla costruzione dello svincolo di raccordo alla provinciale 86;*
- *valutare ogni possibile accorgimento progettuale al fine di garantire almeno l'invarianza delle pericolosità idrauliche lambite dalle opere e il raggiungimento del franco idraulico di 1 metro per il tratto della complanare n. 16 compreso tra le progressive di progetto 50 e 149.67 (svincolo n.4 – Muro Leccese) ed per il tratto di strada (SS275) compreso tra le progressive di progetto km 4\_51 e km 5\_8 (Interferenza3);*
- *per il tratto di strada appartenente all'asse principale compreso le progressive di progetto 18+140 e il km di progetto 23+270,25 (Interferenza 6), definire la pericolosità idraulica delle depressioni morfologiche attraversate dal nuovo tronco stradale e progettare le eventuali opere atte a garantire la sicurezza idraulica della infrastruttura e a non determinare aggravio delle condizioni di pericolosità idraulica nelle aree contermini al nuovo tronco stradale;*

A seguito dell'incontro avvenuto presso l'Autorità di Bacino della Puglia, si è stabilito che, dal momento che le opere stradali si trovano all'interno di aree endoreiche, e quindi soggette a velocità di flusso di piccola o nulla entità, non risulta necessario rispettare il franco di un metro in quanto quest'ultimo è da ritenersi un valore indicativo per argini di corsi d'acqua. Nel caso specifico però sarà necessario adottare accorgimenti tali da preservare le condizioni di sicurezza sulla circolazione stradale. A tale scopo sono state individuate le soluzioni migliorative in grado di conseguire tali risultati che saranno descritti nel seguito. Ad integrazione di queste soluzioni sarà inoltre intro-



dotto un sistema di monitoraggio e di allerta. Quest'ultimo sarà attivato al superamento delle soglie critiche misurate a seguito del verificarsi di eventi meteorici particolarmente intensi.

Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici prescrive, per quanto riguarda la compatibilità idraulica:

*( omissis..)*

- *di sviluppare lo studio idrologico e lo studio idraulico per l'intero tracciato, individuando, anche sulla base di idonei modelli digitali del terreno, il reticolo idrografico così come ricostruito in corrispondenza delle quattro interferenze richiamate, in modo che possano essere valutati, dal punto di vista idraulico, gli effetti dell'infrastruttura anche nelle aree che allo stato ante operam sono considerate a bassa pericolosità idraulica.*

*( omissis..)*

Inoltre riporta: *"Si evidenzia inoltre che, essendo lo studio idrologico finalizzato al dimensionamento di vasche di accumulo, è necessario individuare anche la durata dell'evento ed il relativo volume sulla base di specifiche ipotesi in merito allo ietogramma di progetto e al conseguente idrogramma atteso. Tali valutazioni non sono riportate nella relazione di progetto e si limita a fornire i valori dei parametri della relazione di Horton e della curva di possibilità pluviometrica ed, infine, i valori finali dei volumi da accumulare...(ommissis). Pertanto, sulla base dei risultati che i progettisti asseriscono di ottenere, che per le innanzi esposte carenze non sono riscontrabili in questa sede, due delle interferenze ritenute critiche sulla base del PAI (Svincolo 2 – Corsi e Nociglia) sono, in esito al progetto definitivo, dichiarate compatibili idraulicamente senza la necessità di realizzare specifici interventi. Anche tali conclusioni devono essere riscontrate a seguito delle integrazioni dei dati e delle elaborazioni sopra richiamate".*

L'analisi idraulica sviluppata nella presente integrazione del progetto definitivo tiene conto di tutte le osservazioni sopra descritte e considera l'aggiornamento delle curve di possibilità pluviometrica e lo sviluppo di un modello idraulico mono-bidimensionale che prende in considerazione i macro bacini scolanti nell'intera area di progetto e sviluppando le simulazioni per i tre tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni corrispondenti alla pericolosità bassa media e alta.

Per ottemperare alle osservazioni sopra riportate, è stato sviluppato uno studio di compatibilità idraulica finalizzato a individuare le aree di pericolosità Bassa, Media e Alta sia per la situazione ante operam sia per quella post operam, considerando l'intero bacino drenante di tutta l'area di progetto, in particolare estendendo lo studio medesimo alle interferenze non prese in considerazione nel PD. Le suddette aree verranno perimetrate a partire dalle indicazioni dei volumi calcolati, sulla base dell'idrogramma di progetto per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, e in funzione del modello digitale del terreno sviluppando un modello idraulico mono-bidimensionale di dettaglio per le aree allagabili interferenti con le opere di progetto.

## 2 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO

Il tracciato della viabilità in progetto, come riportato nella Figura 4, non interferisce con il reticolo idrografico riportato nella cartografica IGM 1:25.000 (cartografia ufficiale del PAI Puglia) né con quello riportato nella Carta Idrogeomorfologica, redatta dalla stessa AdB Puglia. Esso risulta ancorché esterno alle aree definite dal PAI "Alveo fluviale in modellamento attivo e aree golenali" (Art. 6 NTA PAI Puglia) e "Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale" (Art.10 NTA del PAI Puglia).

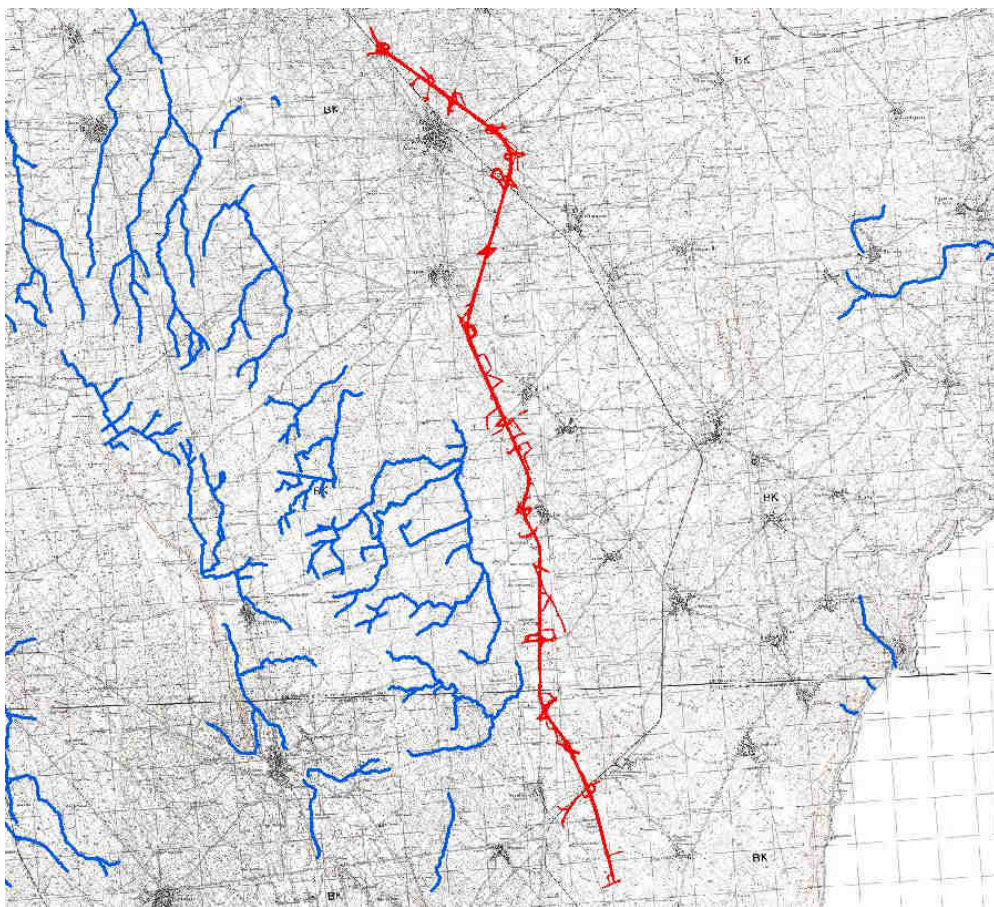
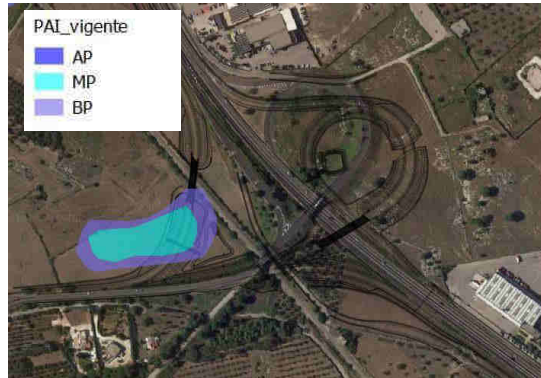


Figura 4 - Stralcio IGM 1:25.000 e reticolo idrografico Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia

Dall'analisi della carta delle perimetrazioni in vigore (aggiornate al 27/02/2017), redatte dall'Autorità di Bacino della Puglia, si evince come il tracciato risulti in interferenza con le perimetrazioni idrauliche (Alta, Media e Bassa pericolosità idraulica). Come richiesto dall'autorità di Bacino Puglia, anche se nelle area a Bassa Pericolosità Idraulica (BP) sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, verranno analizzate tutte le interferenze tra il tracciato di progetto e le aree ad Alta, Media e Bassa pericolosità Idraulica (AP-MP-BP).



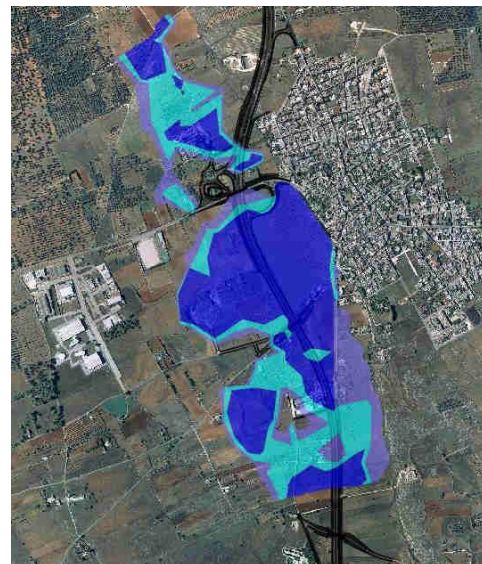
**INTERFERENZA 1: Svincolo 1 – Maglie Nord**



**INTERFERENZA 2: Svincolo 2 – Corsi**



**INTERFERENZA 3: Muro Leccese**



**INTERFERENZA 4: Nociglia**

**Figura 5 - Interferenza tra viabilità di progetto e le aree AP e MP Idraulica PAI Puglia**

Lo studio, pertanto, ha il fine di valutare la compatibilità dell'intervento con quanto definito nelle Norme Tecniche di Attuazione del PAI Puglia.

Nello specifico, attraverso il presente studio si effettueranno valutazioni idrologiche ed idrauliche finalizzate:

- a ridefinire, nelle aree in interferenza con il PAI Puglia, l'effettiva estensione delle aree inondabili di natura endoreica per TR 30, 200, 500 anni (configurazione attuale dei luoghi - stato di fatto). Le elaborazioni sono state condotte su base cartografica di dettaglio (LIDAR con risoluzione al suolo di 1m, anno 2015) fornita dal SIT Puglia attraverso lo sviluppo di un modello idraulico mono-bidimensionale;
- ad individuare le soluzioni progettuali finalizzate a porre l'opera in sicurezza idraulica, in conformità con quanto disciplinato nelle NTA del PAI Puglia (Art. 36);
- ad analizzare le condizioni idrodinamiche nella configurazione post intervento al fine di verificare che l'intervento a farsi possa "migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica" nonché "non costituire un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte" (Art. 4);



### 3 STUDIO DELLE AREE INONDABILI

#### 3.1 MODELLAZIONE IDRAULICA 2D

La modellazione idraulica per definire nel dettaglio le aree di inondazione per i vari tempi di ritorno, è stata condotta attraverso lo sviluppo di un modello idraulico mono-bidimensionale utilizzando il modello di calcolo HEC-RAS della U.S. Corps of Engineers.

L'analisi è stata condotta sia per lo stato di fatto che per lo stato di progetto, andando ad inserire in quest'ultimo la configurazione di progetto adottata.

I risultati di tali simulazioni, in termini di tiranti idrici massimi, sono rappresentate negli elaborati grafici Too\_ID00\_IDR\_PL01-18.

#### 3.2 TEORIA DEL MODELLO IDRAULICO

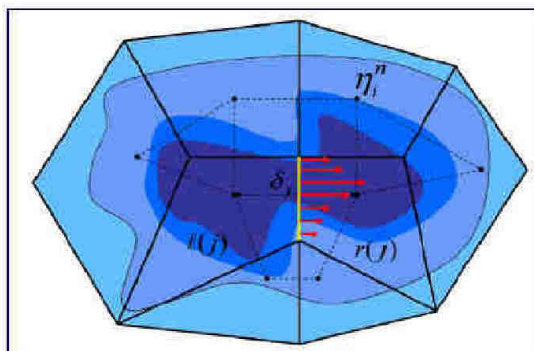
Il modello mono-bidimensionale è stato sviluppato attraverso l'utilizzo del programma HEC-RAS della U.S. Army Corps of Engineers. Le nuove funzionalità di simulazione della propagazione dei deflussi in HEC - RAS sono state sviluppate per permettere all'utente di eseguire la modellazione solo 2D e 1D/2D combinata. L'algoritmo di modellazione del moto bidimensionale in HEC-RAS ha le seguenti caratteristiche:

1. modellazione combinata 1D e 2D: La possibilità di eseguire una modellazione combinata 1D e 2D all'interno dello stesso modello in regime di moto vario permette all'utente di lavorare su schemi fluviali più complessi, utilizzando la modellazione 1D per l'asta fluviale principale e la modellazione 2D nelle zone esterne che lo richiedono per modellare in modo fedele la propagazione dei deflussi;
2. equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D: Il programma risolve sia le equazioni 2D di diffusione dell'onda che quelle complete di Saint Venant. Questa opzione è selezionabile dall'utente, offrendo quindi una maggiore flessibilità all'utente. In generale, le equazioni di diffusione dell'onda in 2D consentono al software di funzionare più velocemente garantendo inoltre una maggiore stabilità. Le equazioni 2D in forma completa di Saint Venant sono applicabili a una gamma più ampia di problemi, ma la grande maggioranza delle situazioni può essere modellata con sufficiente precisione con le equazioni di diffusione dell'onda 2D. Dal momento che l'utente può facilmente cambiare il set di equazioni, ognuna di esse può essere provata per un dato problema per verificare il metodo più adatto;
3. algoritmo implicito di soluzione ai volumi finiti: Il risolutore delle equazioni di moto bidimensionale utilizza un algoritmo implicito ai volumi finiti. L'algoritmo implicito di soluzione consente di utilizzare passi temporali di calcolo maggiori rispetto ai metodi espliciti. L'approccio ai volumi finiti fornisce una misura dei miglioramenti in termini di stabilità e robustezza rispetto alle tradizionali tecniche differenziali di soluzione basate su metodi a elementi finiti. Il processo di allagamento di aree secche e di completo svuotamento di aree allagate viene simulato in maniera molto robusta con l'algoritmo di soluzione ai volumi finiti in HEC-RAS. Le aree a deflusso 2D possono iniziare completamente asciutte e gestire un improvviso afflusso di acqua nella zona. Inoltre, l'algoritmo può gestire regimi di corrente lenti, veloci e misti (la corrente passa attraverso l'altezza critica critica, come per esempio in un risalto idraulico);
4. algoritmo per la soluzione accoppiata dei modelli 1D e 2D: Gli algoritmi di soluzione 1D e 2D sono strettamente accoppiati nello stesso passo temporale di calcolo con un'opzione per iterare i trasferimenti di massa 1D e 2D in un passo temporale. Questo permette una perfetta coerenza a ogni passo temporale



tra i modelli 1D e 2D. Ad esempio, se un fiume è modellato in 1D, ma l'area dietro un argine è modellata in 2D, il deflusso al di sopra dell'argine o eventualmente attraverso una breccia nell'argine è valutato utilizzando come carico di monte il livello nel fiume 1D e come carico di valle il livello nell'area 2D. L'equazione dello stramazzo è utilizzata per calcolare il deflusso al di sopra l'argine o attraverso la breccia. In ogni passo temporale l'equazione di moto utilizza i risultati 1D e 2D per calcolare il flusso consentendo il calcolo preciso della sommersione delle aperture, in ogni passo temporale considerando la variazione di livelli che si ha nei due elementi. Inoltre il deflusso si può invertire (dall'area 2D al tronco 1D) una volta che la piena è passata e i tiranti nel fiume si riducono.

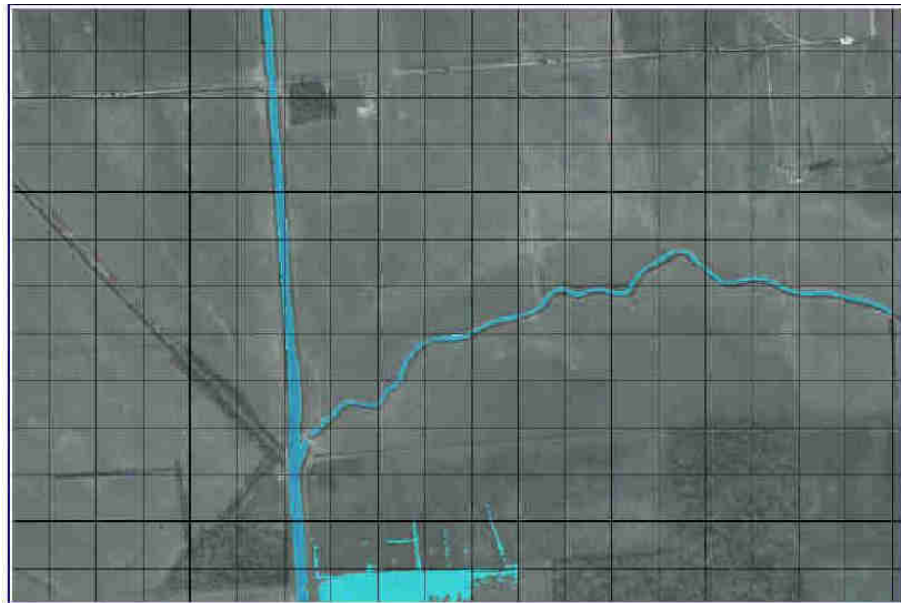
5. maglie computazionali strutturate o non strutturate: Il software è stato progettato per utilizzare maglie computazionali non strutturate, ma può anche gestire maglie strutturate. Una maglia strutturata è trattata allo stesso modo di una maglia non strutturata, con la differenza che il software sfrutta le celle che sono ortogonali tra di loro (questo semplifica alcuni dei calcoli richiesti). Ciò significa che le celle calcolate possono essere triangoli, quadrati, rettangoli, o addirittura elementi a cinque e a sei facce (il modello è limitato agli elementi con più di otto lati). La maglia può essere un misto di celle di diverse forme e dimensioni. Il contorno esterno della maglia di calcolo è definito con un poligono. Le celle di calcolo che formano il limite esterno la maglia possono avere linee multi-point molto dettagliate che rappresentano le facce esterne di ciascuna cella. La maglia di calcolo non deve essere ortogonale ma se la maglia è ortogonale la discretizzazione numerica è semplificata e più efficiente;
6. tabella dettagliata delle proprietà idrauliche per le celle di calcolo: Ogni cella e ogni faccia della cella per tutta la maglia di calcolo è pre-elaborata al fine di sviluppare dettagliate tabelle di proprietà idrauliche basate sul DTM utilizzato nel processo di modellazione, vedi figura 38.



**Figura 6: Rete di calcolo non strutturata con i dati dettagliati del modello digitale del terreno**

In Figura 6 è illustrato un esempio di maglia di calcolo sovrapposta ai dati del terreno. Le celle computazionali sono rappresentate dalle linee nere spesse. I centri di calcolo delle celle sono rappresentati dai nodi neri e sono i punti in cui viene calcolata per ogni cella il livello idrico e la portata. La curva altezza/volume per ogni cella si basa sui dati del terreno sottostante (DTM). Ogni faccia della cella è una sezione trasversale dettagliata basata anch'essa sul terreno sottostante. Questo metodo di rappresentazione delle celle permette all'acqua di spostarsi tra le celle in base ai dati del terreno sottostante. Pertanto un piccolo canale che attraversa le celle e le cui dimensioni sono molto più piccole della dimensione delle celle viene comunque rappresentato tramite la curva altezza/volume delle celle oltre che dalle pro-

prietà idrauliche delle facce tra le celle. Ciò significa che l'acqua scorre tra le celle più grandi ma comunque il deflusso è condizionato dalle caratteristiche del canale. L'esempio illustrato in fig. 39 presenta canali che sono più piccoli della dimensione media della cella utilizzata per modellare la zona. Tuttavia il deflusso avviene attraverso i piccoli canali in funzione delle proprietà idrauliche del canale. Il deflusso rimane nei canali fino a quando la portata non è tale da causare la tracimazione delle sponde e quindi il deflusso si riversa nelle aree adiacenti.



**Figura 7: Esempio che mostra i vantaggi di utilizzare un approccio basato sulla variabilità del DTM all'interno della cella.**

7. Dettagliata mappatura dello scenario degli allagamenti con animazioni: La perimetrazione delle aree allagabili così come le animazioni dello scenario degli allagamenti in funzione del tempo può essere fatta all'interno di HEC-RAS utilizzando le funzionalità di RAS - Mapper. La mappatura delle aree 2D allagate si basa sul DTM, ciò significa che la reale superficie bagnata sarà basata sui dettagli della morfologia del terreno sottostante e non sulla dimensione della cella di calcolo. Le celle quindi possono anche essere parzialmente bagnate/asciutte. La mappatura rifletterà questi dettagli, piuttosto che essere limitata a mostrare una cella di calcolo come tutta bagnata o tutta asciutta;
8. Algoritmo di calcolo basato su sistemi Multi-Processore: Il modello di calcolo 2D è stato programmato per sfruttare i sistemi multi-processore dei nuovi computer (architettura parallela), consentendo di eseguire la modellazione 2D più velocemente rispetto ai computer a singolo processore.
9. Motori di calcolo a 64 e 32 bit: HEC-RAS è ora dotato di motori di calcolo sia a 64 bit che a 32 bit. Il software utilizzerà automaticamente i motori di calcolo a 64 bit se si installa su un sistema operativo a 64 bit. Il motore di calcolo a 64 bit funziona più velocemente rispetto ad uno a 32 bit e può gestire set di dati molto più grandi.

### Sviluppo del 2D Computational Mesh

La modellazione 2D in HEC-RAS utilizza uno schema di soluzione ai volumi finiti. Questo algoritmo è stato sviluppato per consentire l'uso di una maglia di calcolo sia strutturata che non strutturata. Ciò significa che la maglia di calcolo può essere una miscela di celle con 3, 4, 5 e 6 lati. L'utente può comunque selezionare una risoluzione da utilizzare per scomporre il dominio di calcolo in celle utilizzando gli strumenti automatici presenti all'interno. La maglia di calcolo 2D è sviluppata in HEC-RAS effettuando le seguenti operazioni:

1. tracciare il poligono di contorno dell'area 2D (Figura 8);
2. creazione della maglia di calcolo 2D (Figura 8);
3. modifica/rettifica della maglia di calcolo 2D;
4. caricamento del DTM;
5. associazione del DTM con la geometria;
6. esecuzione del pre-processore geometrico 2D.

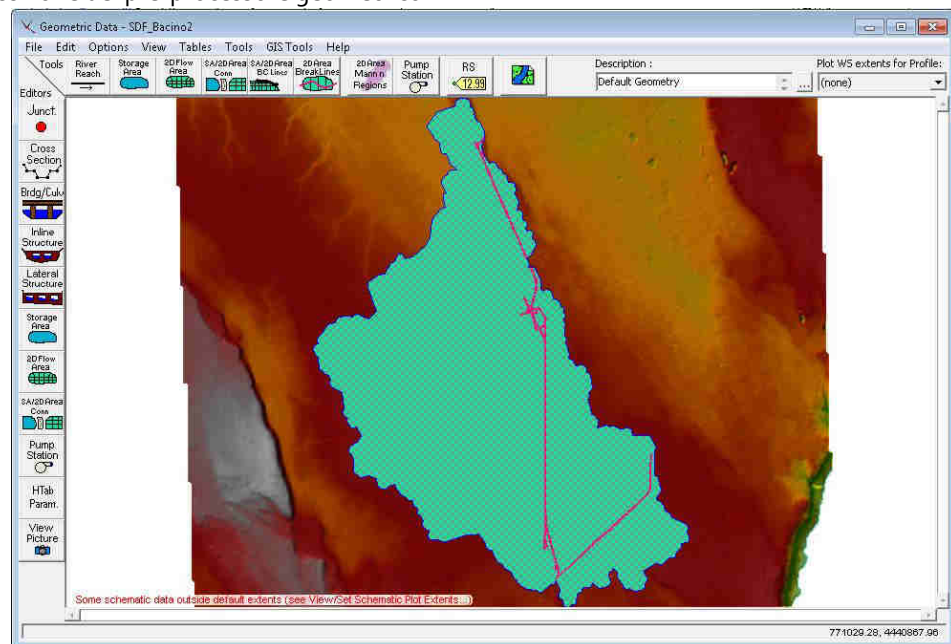


Figura 8: Tracciamento del poligono di contorno area 2D, esecuzione del pre-processore geometrico 2D e composizione griglia di calcolo

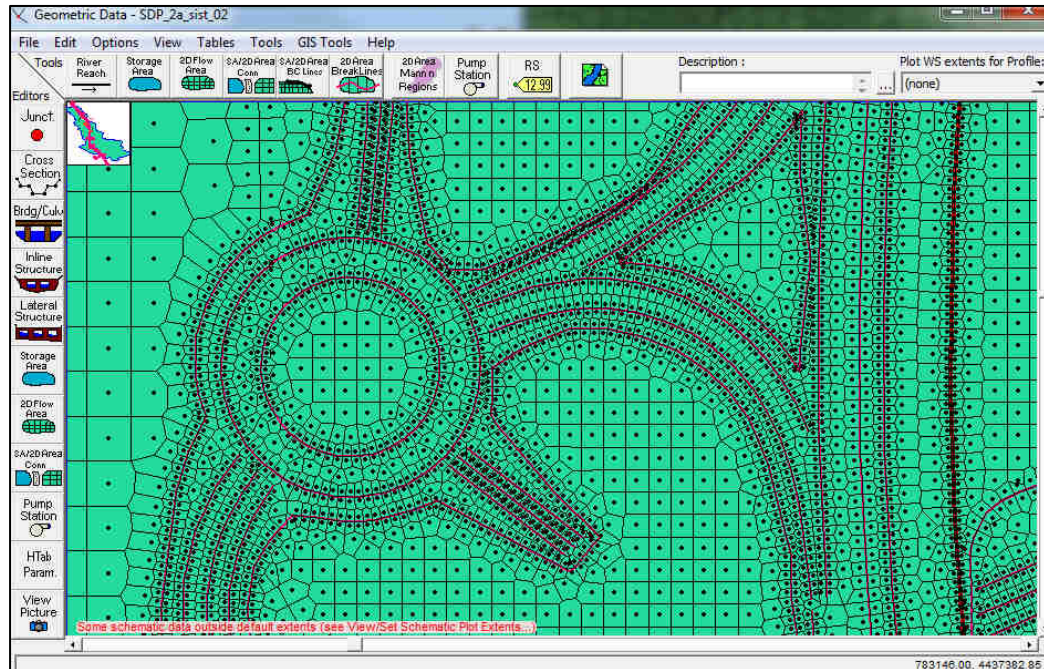


Figura 9: Dettaglio della griglia di calcolo

### 3.2.1 DEFINIZIONE DEI BACINI STUDIATI

Dallo studio idrologico effettuato, il tracciato di progetto attraversa tre bacini idrografici.

I Bacini idrografici sono stati individuati attraverso un'analisi in ambiente Gis a partire dal DTM in possesso.

I dettagli di tale studio è riportato nella relazione idrologica.

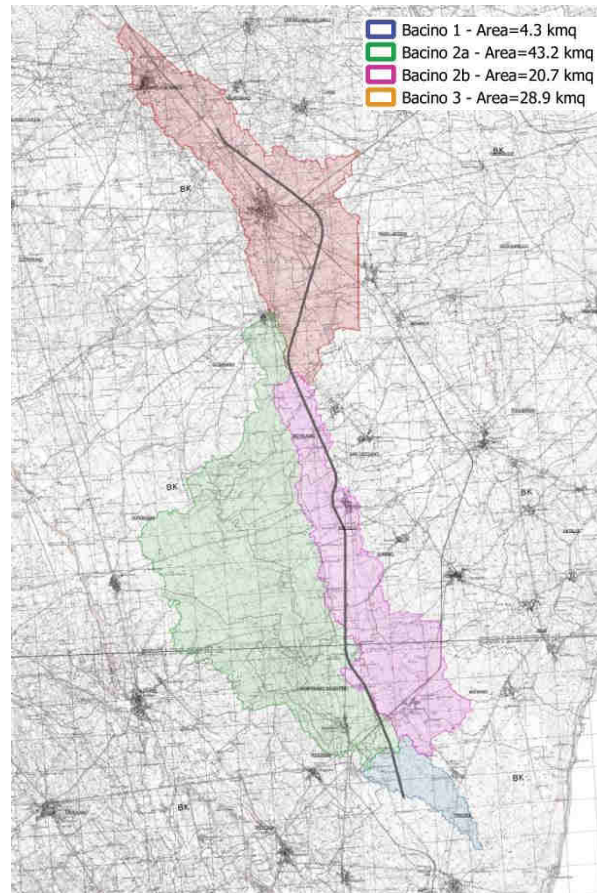
Il dominio di calcolo è stato assunto lungo i contorni dei bacini idrografici individuati.

I bacini modellati risultano avere:

- Bacino 1 - Superficie pari a 4,3 kmq
- Bacino 2a - Superficie pari a 43,2 kmq
- Bacino 2b - Superficie pari a 20,7 kmq
- Bacino 3 - Superficie pari a 28,9 kmq

Di seguito si riporta uno stralcio planimetrico dei bacini modellati.





**Figura 10: Bacini idrologici e contorni modello 2D.**

### 3.2.2 MODELLO DEL TERRENO STATO ATTUALE E STATO DI PROGETTO

Il modello del terreno dello stato di fatto è stato costruito a partire dal DTM, utilizzato nel progetto definitivo oggetto di aggiornamento, e disponibile dal SIT della Regione Puglia, con maglie da 8 m, ed implementato con il Lidar a maglie un metro, sviluppato lungo la fascia di progetto e finalizzato alla preparazione della maglia di calcolo del modello.

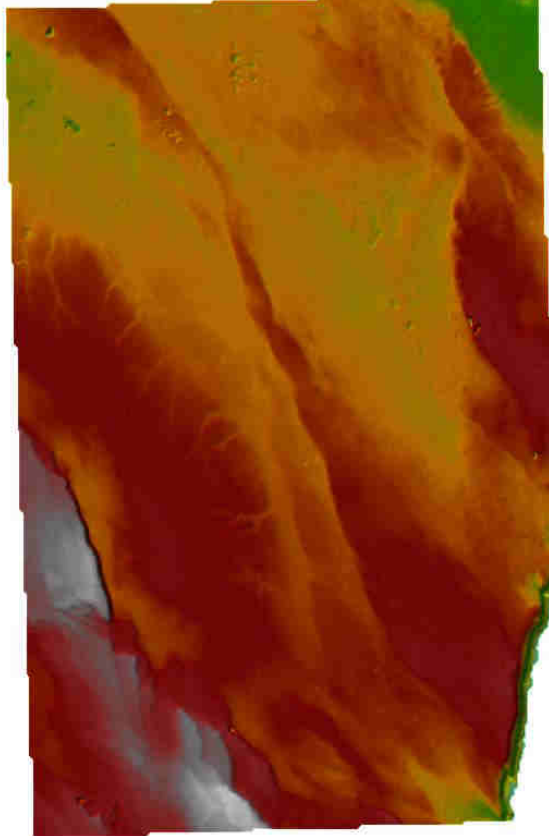


Figura 11: Modello del terreno stato attuale dal SIT della regione Puglia e integrato con LIDAR

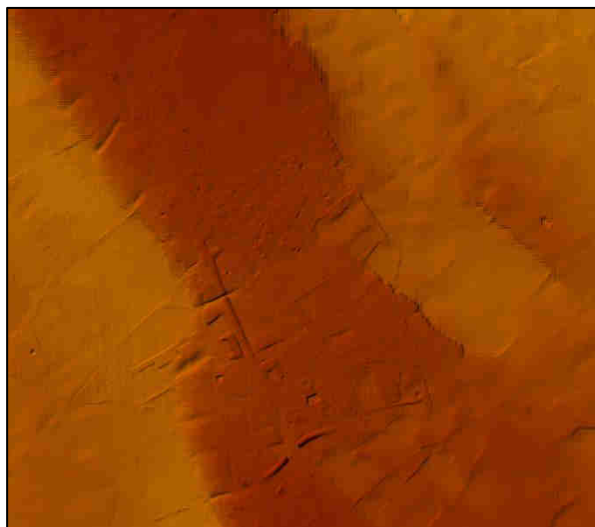
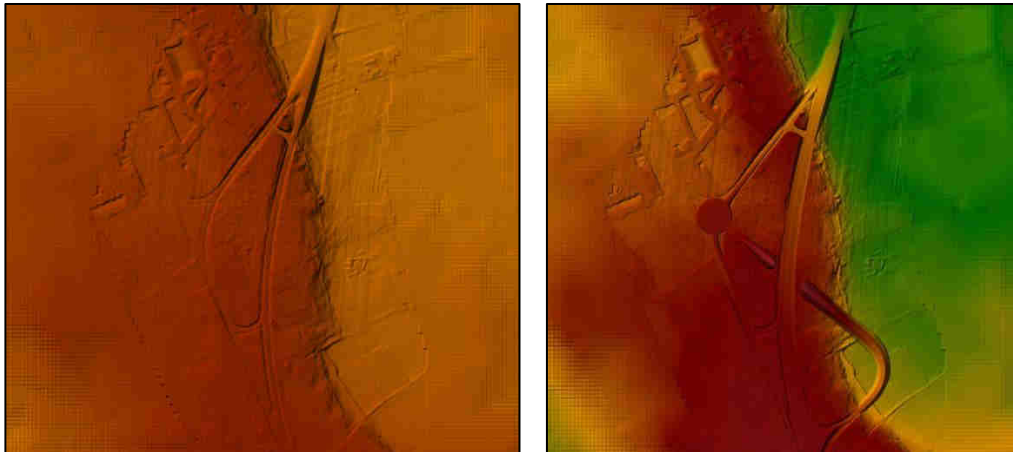


Figura 12: Dettaglio integrazione DTM maglie 8m con LIDAR di dettaglio maglie 1m

Il modello del terreno dello stato di progetto è stato invece costruito inserendo il tracciato di progetto e tutte le opere previste.



**Figura 13: Confronto modello del terreno stato attuale e stato di progetto con inserite le opere.**

### 3.2.3 DEFINIZIONE DELLA SCABREZZA DEL TERRENO

Nell'ambito di una modellazione idraulica bidimensionale la scabrezza risulta quella relativa a tutta la superficie del dominio di calcolo e non solo alle parti di alveo inciso o in questo caso delle aree endoreiche. Nell'ambito del presente studio è stato definito per la maglia di calcolo i valori del coefficiente di scabrezza di Manning. Nello specifico, avendo a disposizione i valori di "n" per ciascuna categoria di uso del suolo al III livello, reperiti dal piano vigente, è stato creato mediante procedura implementata mediante software GIS, uno shapefile delle scabrezze. Questo ha consentito di assegnare ad ogni cella della mesh di calcolo l'esatto valore del coefficiente di Manning.

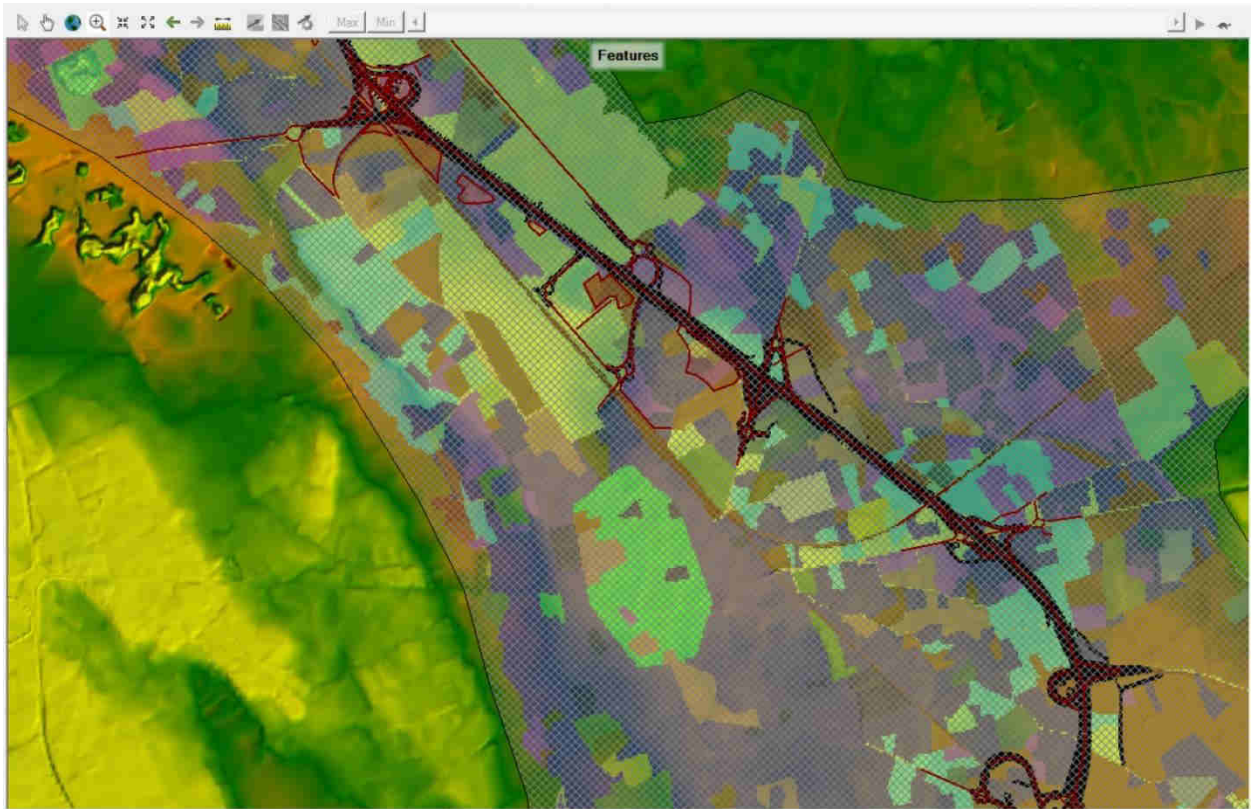


Figura 14: Dettaglio assegnazione valori scabrezza di Manning alla maglia di calcolo.

### 3.2.4 COSTRUZIONE DELLA MESH DI CALCOLO

La mesh di calcolo è stata costruita a partire dal contorno del dominio di calcolo, data dai contorni dei bacini idrografici, e dal modello del terreno.

In corrispondenza delle opere si sono inserite delle linee breaklines, linee che segnano le principali discontinuità del terreno, che permettono di modellare al meglio gli elementi presenti nel territorio.

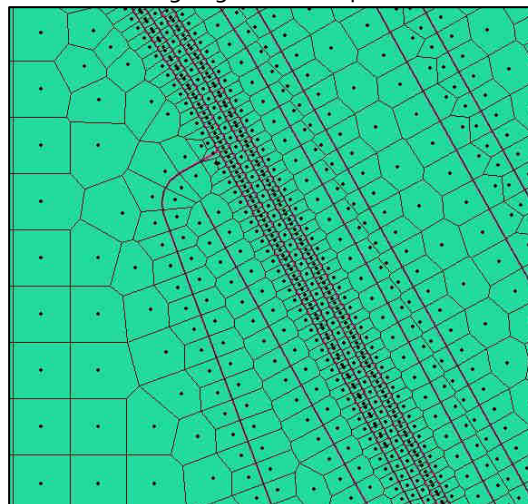


Figura 15: Creazione della mesh di calcolo con inserimento breaklines.



Inoltre, per le zone dove erano presenti le opere di particolare interesse per il progetto, si è infittita la mesh di calcolo utilizzando degli elementi più piccoli.

L' algoritmo utilizzato dal modello di calcolo è stato sviluppato per consentire l'uso di una maglia di calcolo sia strutturata che non strutturata. Ciò significa che la maglia di calcolo può essere una miscela di celle con 3, 4, 5 e 6 lati come si può notare in Figura 15.

### 3.2.5 PIOGGE E TEMPI DI RITORNO DELLE SIMULAZIONI

Le simulazioni sono state condotte per i tre tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni corrispondenti alla pericolosità alta, media e bassa definite dal PAI.

Nel modello di calcolo come condizione al contorno è stato imposto lo ietogramma relativo ad ogni bacino studiato.

Di seguito si riportano le piogge di progetto T=200 anni dove si mettono a confronto le piogge lorde e le piogge nette. Per maggiori dettagli si rimanda alla "Relazione idrologica Bacini Idrografici".

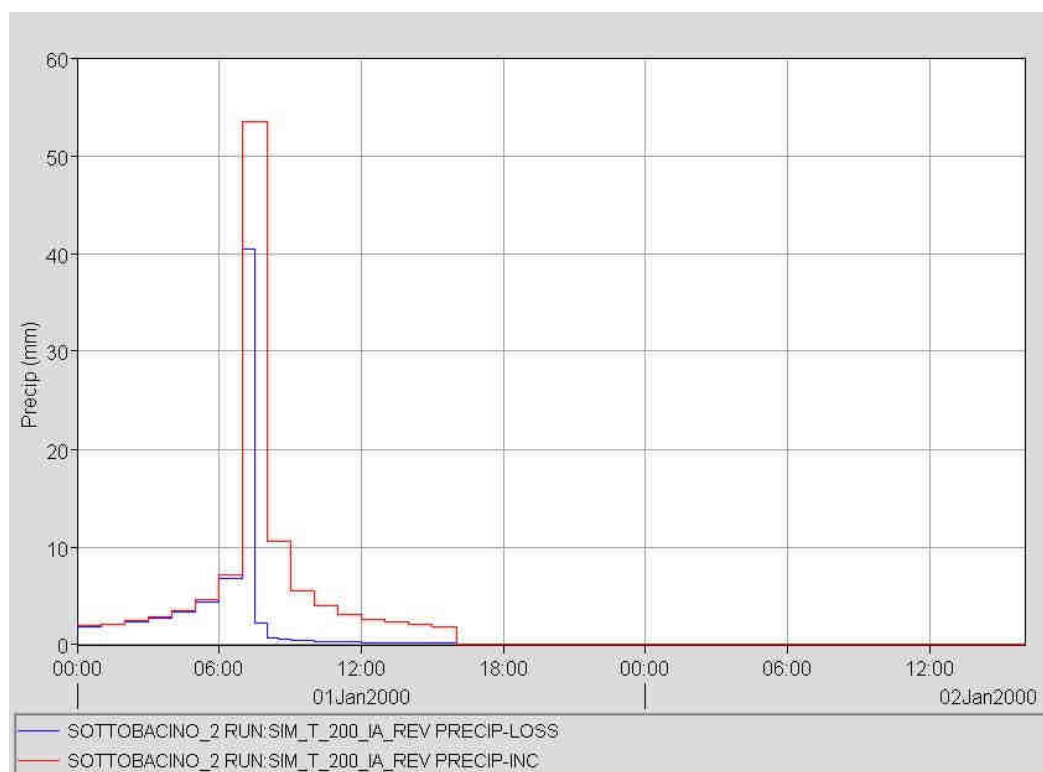


Figura 16: pioggia di progetto Bacino 02

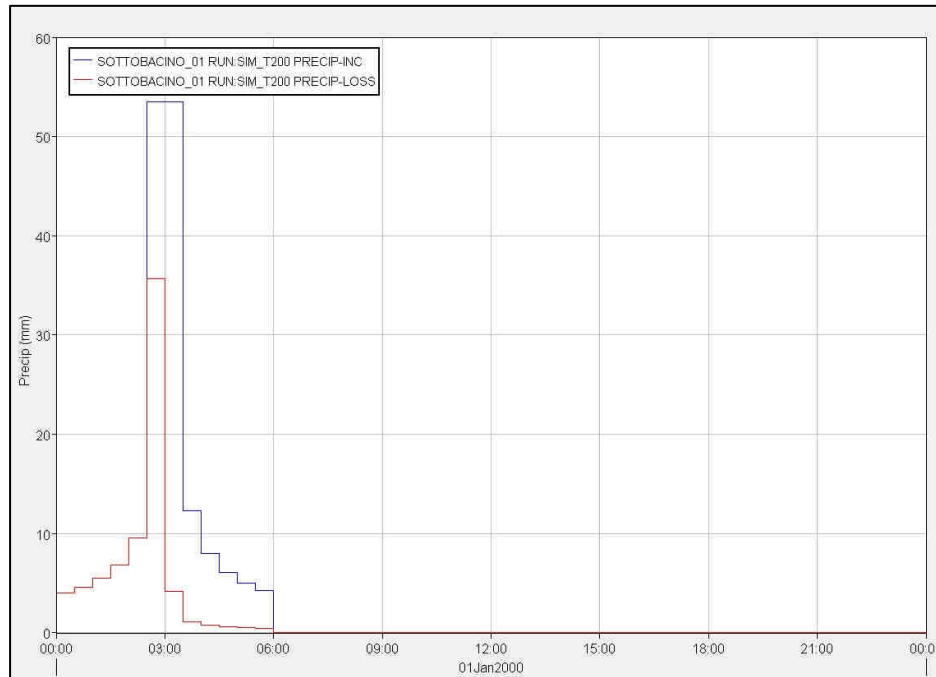


Figura 17: pioggia di progetto Bacino 01

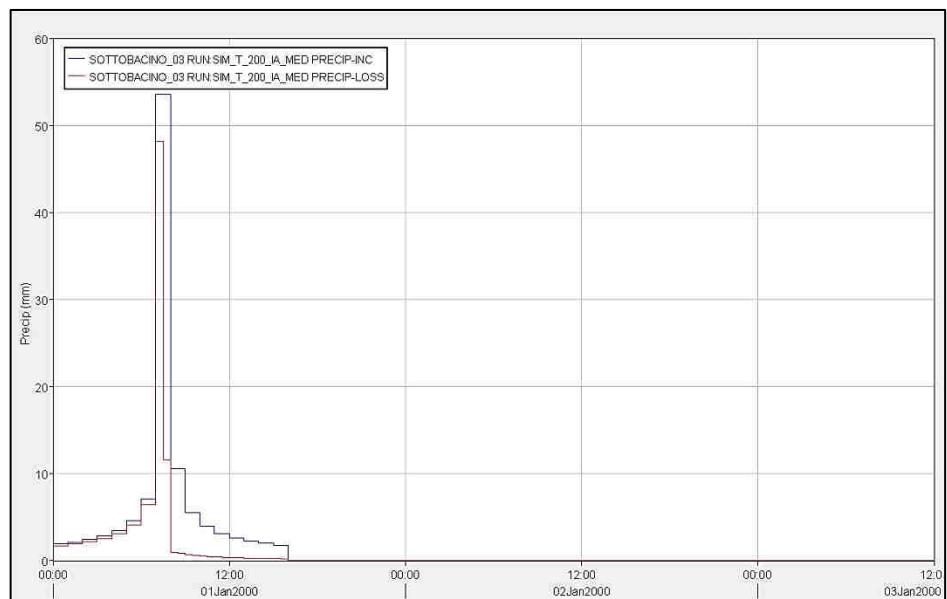


Figura 18: pioggia di progetto Bacino 03

Si sono condotte quindi delle simulazioni in moto vario per i tre bacini per la configurazione dello stato attuale e dello stato di progetto.

### 3.3 RISULTATI STATO ATTUALE: IDENTIFICAZIONE ZONE A RISCHIO A BASSA-MEDIA-ALTA PERICOLOSITÀ

I risultati ottenuti per i vari bacini e con i vari tempi di ritorno dello stato attuale sono riportati, in termini di tiranti, negli elaborati grafici Too\_IDoo\_IDR\_PL01-09.

I risultati mostrano come le aree individuate dal PAI Puglia coincidano con le aree allagabili che risultano nelle simulazioni effettuate. Inoltre il modello permette di indagare anche su altre aree che risultano a rischio.

### 3.4 RISULTATI STATO DI PROGETTO: COMPATIBILITÀ IDRAULICA

I risultati ottenuti per i vari bacini e con i vari tempi di ritorno dello stato di progetto sono riportati, in termini di tiranti, negli elaborati grafici Too\_IDoo\_IDR\_PL10-18.

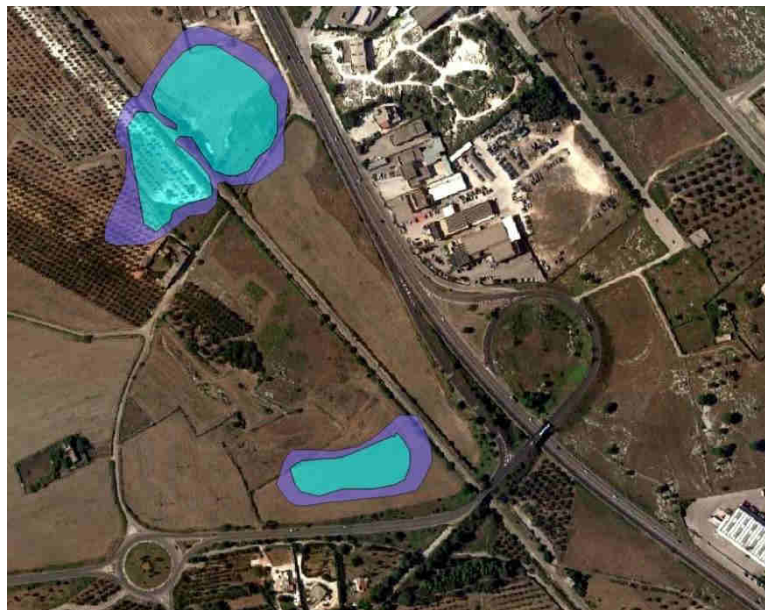
All'interno di queste simulazioni sono state inserite tutte opere previste nel progetto e le opere necessarie a mettere in sicurezza il tracciato stradale per un tempo di ritorno pari a 200 anni (tempo di ritorno indicato come tempo da prendere a riferimento per il dimensionamento delle opere di progetto).

Dalle simulazioni si può notare come il tracciato stradale attraversi delle aree endoreiche. In queste zone, per garantire la trasparenza idraulica sono stati inseriti dei tombini che permettono il passaggio dell'acqua anche in presenza del rilevato stradale di progetto. Inoltre, per garantire la compatibilità idraulica sono state inserite delle vasche di accumulo.

Tutti gli interventi di progetto previsti nelle zone interferite sono descritti nel dettaglio nei capitoli seguenti.

#### 4 INTERFERENZA 1: SVINCOLO1 – MAGLIE NORD

Come riportato nel capitolo 2, sovrapponendo il tracciato della viabilità di progetto con le perimetrazioni PAI vigenti nel territorio di Melpignano si evidenzia una interferenza tra quest'ultimo e le aree a Media e Bassa Pericolosità Idraulica (Figura 19).



**Figura 19 - PAI Vigente Melpignano**

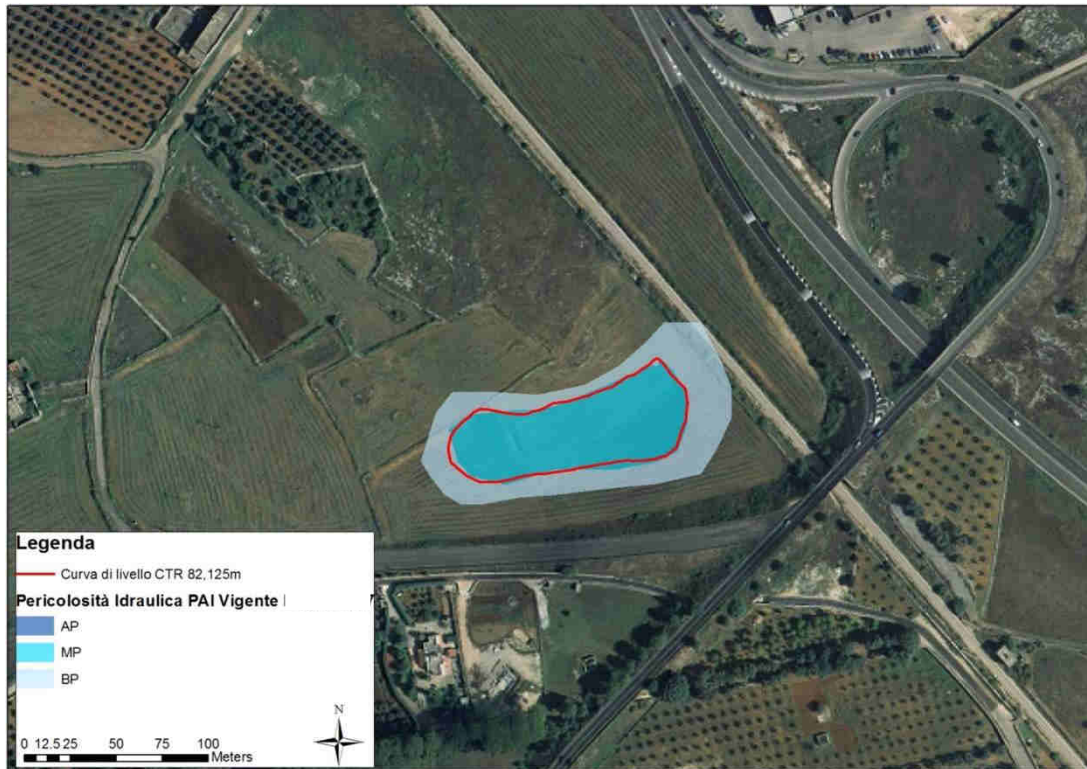
Nei paragrafi successivi, con riferimento ai volumi efficaci invasati dalla conca endoreica, individuata dal PAI Puglia vigente (valutati su base CTR), in interferenza con il tracciato della viabilità di progetto, verrà studiato il sistema endoreico evidenziato, e individuata l'impronta degli accumuli attesi per TR 200 anni nelle configurazioni ante e post intervento.

La ridefinizione delle aree inondabili duecentennali è stata condotta attraverso una modellazione idraulica bidimensionale basata su una maglia di calcolo di maggiore dettaglio, ossia un LIDAR con risoluzione al suolo di 1m, aggiornato al 2015.

Secondo quanto riportato nella cartografia del PAI vigente, i volumi efficaci relativi ad un evento duecentennale risultano contenuti della depressione classificata a Media pericolosità Idraulica.

Attraverso l'analisi delle curve di livello ricavate da CTR, tale volume risulta contenuto nella depressione con quota di sfioro pari a 82,125 m s.l.m. (Figura 20).





**Figura 20 - Confronto area MP PAI vigente e curva di livello CTR Puglia con quota 82,125 m s.l.m.**

Dai risultati della modellazione idraulica bidimensionale allo stato di fatto, sia per l'evento duecentennale che cinquecentennale, risultano più estese rispetto alla perimetrazione PAI attuale.

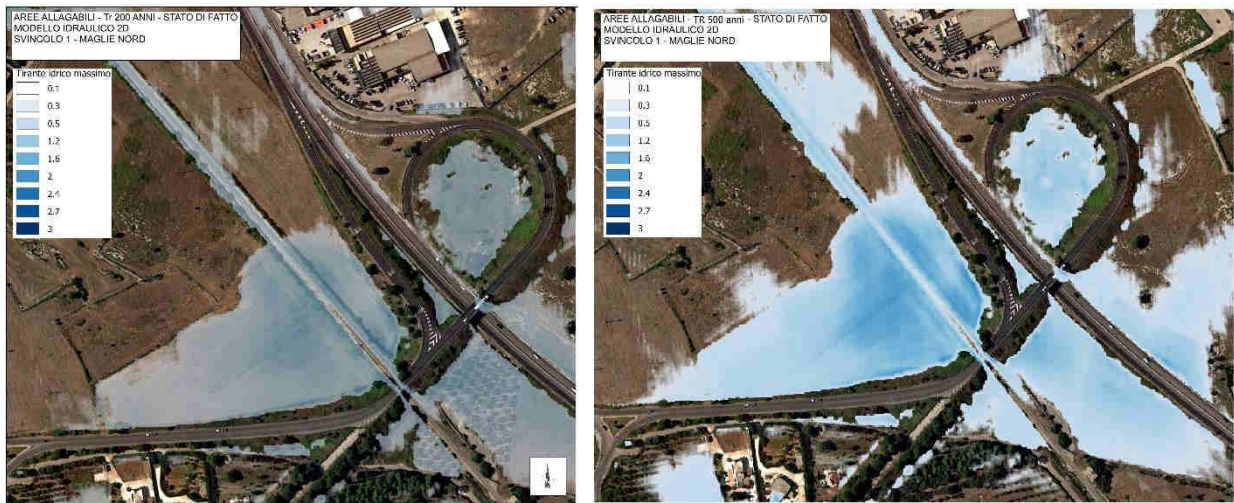


Figura 21 – Aree allagabili Stato Attuale – T 200 anni – T 500 anni

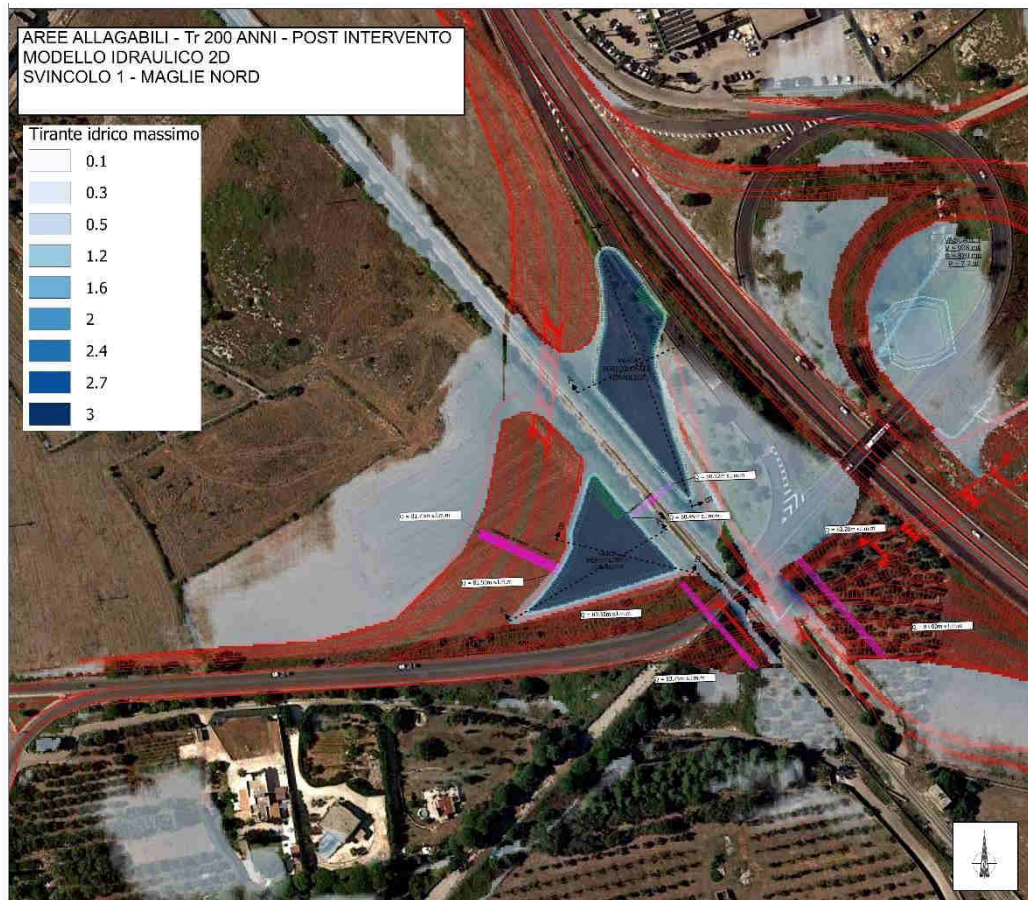
#### 4.1 DEFINIZIONE DELLE AREE INONDABILI TR 200 ANNI POST INTERVENTO

Le analisi svolte attraverso lo sviluppo del modello idraulico mono-bidimensionale hanno permesso di individuare le aree inondabili per i tre tempi di ritorno, 30, 200 e 500 anni, allo stato attuale e di confrontarle con la perimetrazione dal PAI Puglia vigente. Di seguito si riportano i risultati ottenuti dalla modellazione per l'evento duecentennale.



Figura 22 - Confronto PAI Stato Attuale modello bidimensionale – T 200 anni





**Figura 23 – Aree inondabili Tr 200 anni nella configurazione post intervento in seguito della realizzazione del rilevato stradale**

L'ingombro del rilevato in progetto ha reso necessario, al fine di garantire la compatibilità idraulica con lo stato di fatto in termini di pericolosità idraulica, il dimensionamento di due vasche di pericolosità, una in corrispondenza della rampa e una a sinistra della ferrovia. Le due vasche consentono di lasciare inalterato i volumi contenuti nell'area endoreica in esame.

Le acque di deflusso intercettate mediante il fosso di guardia realizzato al piede del rilevato, saranno avviate verso n.6 tubazioni del DN 800 in PEAD, che convogliano le acque di piena duecentennali nella vasca adiacente alla rampa dello svincolo. Il collegamento tra le due vasche avviene mediante 3 tubazioni del DN 800 in PEAD in modo da creare un sistema di vasche comunicanti in grado di convogliare i volumi in eccesso e mettere in maggiore sicurezza anche il tratto di ferrovia adiacente all'area di intervento. Inoltre si è garantita la connessione idraulica delle aree allagabili mediante l'inserimento di 3 tubazioni DN 800 nel rilevato della rampa in progetto, sia a sinistra che a destra dello scavalco ferroviario.

**L'opera può, pertanto, ritenersi in sicurezza idraulica poiché la viabilità di progetto risulta avere un franco di sicurezza maggiore ad 1m**

## 5 INTERFERENZA 2: SVINCOLO 2 – CURSI

Come riportato nel capitolo 2, sovrapponendo il tracciato della viabilità di progetto con le perimetrazioni PAI vigenti nel territorio di Cursi si evidenzia una interferenza tra quest'ultimo e le aree a Media Pericolosità Idraulica (Figura 24).



**Figura 24 - PAI Vigente Cursi**

Dalla modellazione idraulica bidimensionale emerge come ci sia corrispondenza tra la perimetrazione attuale e le aree definite dal PAI come mostrato in figura.





**Figura 25 – Confronto PAI modello idraulico bidimensionale**

Sovrapponendo il tracciato di progetto con la MP del PAI vigente si osserva come l'interferenza sia tale da determinare uno spostamento di volume pari a  $27 \text{ m}^3$ , a fronte dei  $16.000 \text{ m}^3$  sottesi dalla depressione morfologica che individua la Media pericolosità Idraulica del PAI Puglia (quota di sfioro pari a  $80.52 \text{ m s.l.m.}$ ). La realizzazione della rampa di svincolo comporta, quindi, una trascurabile variazione dell'attuale impronta dell'area inondabile duecentennale.



**Figura 26 – Compatibilità tracciato aree allagabili modello idraulico bidimensionale – T 200 anni**

La piattaforma stradale di progetto può inoltre ritenersi in sicurezza idraulica poiché si sviluppa ad una quota di + 5,28 m rispetto all'attuale piano campagna.

**L'opera può, pertanto, ritenersi in sicurezza idraulica poiché la viabilità di progetto risulta esterna alle aree inondabili duecentennali. La sua realizzazione non comporta, inoltre, una variazione delle aree inondabili nelle aree contermini alla stessa.**



## 6 INTERFERENZA 3: MURO LECCESE

Come riportato nel capitolo 2, sovrapponendo il tracciato della viabilità di progetto con le perimetrazioni PAI vigenti nel territorio di Muro Leccese si evidenzia una interferenza tra quest'ultimo e le aree ad Alta e Media Pericolosità Idraulica (Figura 27).

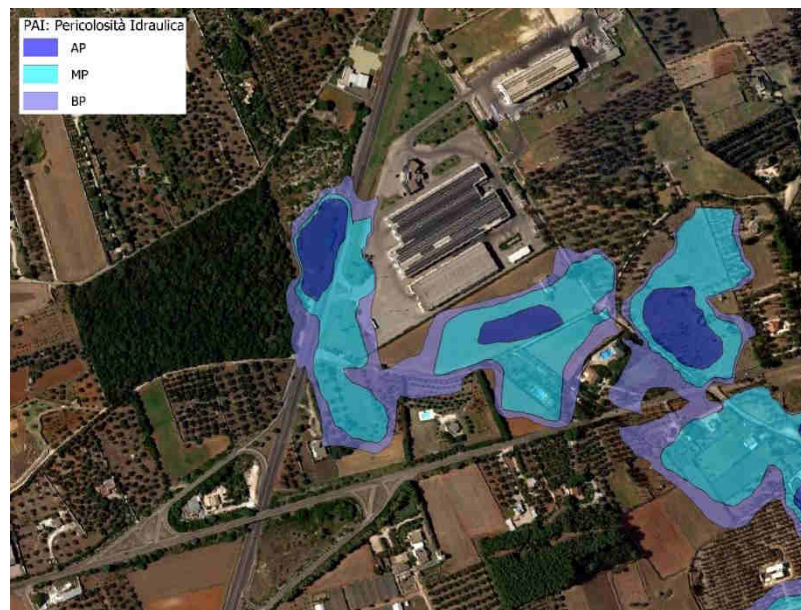


Figura 27 - PAI Vigente Muro Leccese

Dai risultati della modellazione idraulica bidimensionale allo stato di fatto, sia per l'evento duecentennale che cinquecentennale, risultano più estese rispetto alla perimetrazione PAI attuale

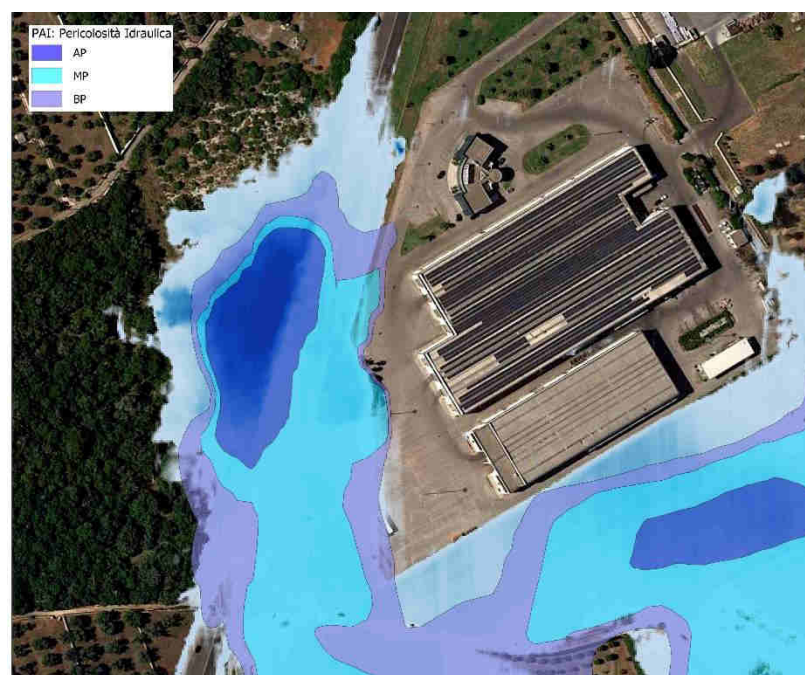
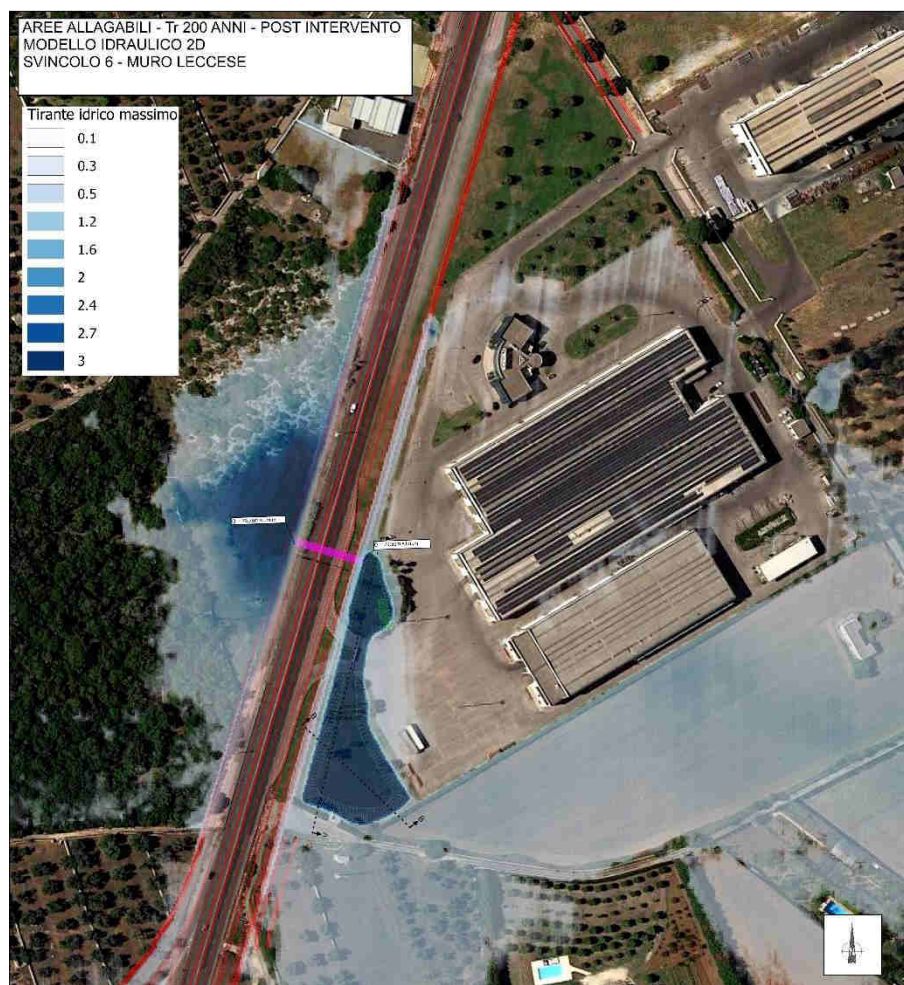


Figura 28 – Confronto PAI – modello idraulico bidimensionale – T 200 anni

### 6.1 DEFINIZIONE DELLE AREE INONDABILI POST INTERVENTO

Le analisi svolte attraverso lo sviluppo del modello idraulico mono-bidimensionale hanno permesso di individuare le aree inondabili per i tre tempi di ritorno, 30, 200 e 500 anni, allo stato attuale e di confrontarle con la perimetrazione dal PAI Puglia vigente. Di seguito si riportano i risultati ottenuti dalla modellazione per l'evento duecentennale.



**Figura 29 – Aree inondabili Tr 200 anni nella configurazione post intervento in seguito della realizzazione del rilevato stradale**

L'ingombro del rilevato in progetto ha reso necessario, al fine di garantire la compatibilità idraulica con lo stato di fatto, in termini di pericolosità idraulica, il dimensionamento di una vasca di pericolosità. La vasca consente di lasciare inalterati i volumi contenuti nell'area endoreica in esame.

Le acque di deflusso intercettate mediante il fosso di guardia realizzato al piede del rilevato, saranno avviate verso n.6 tubazioni del DN 800 in PEAD, che convoglieranno le acque di piena duecentennali.



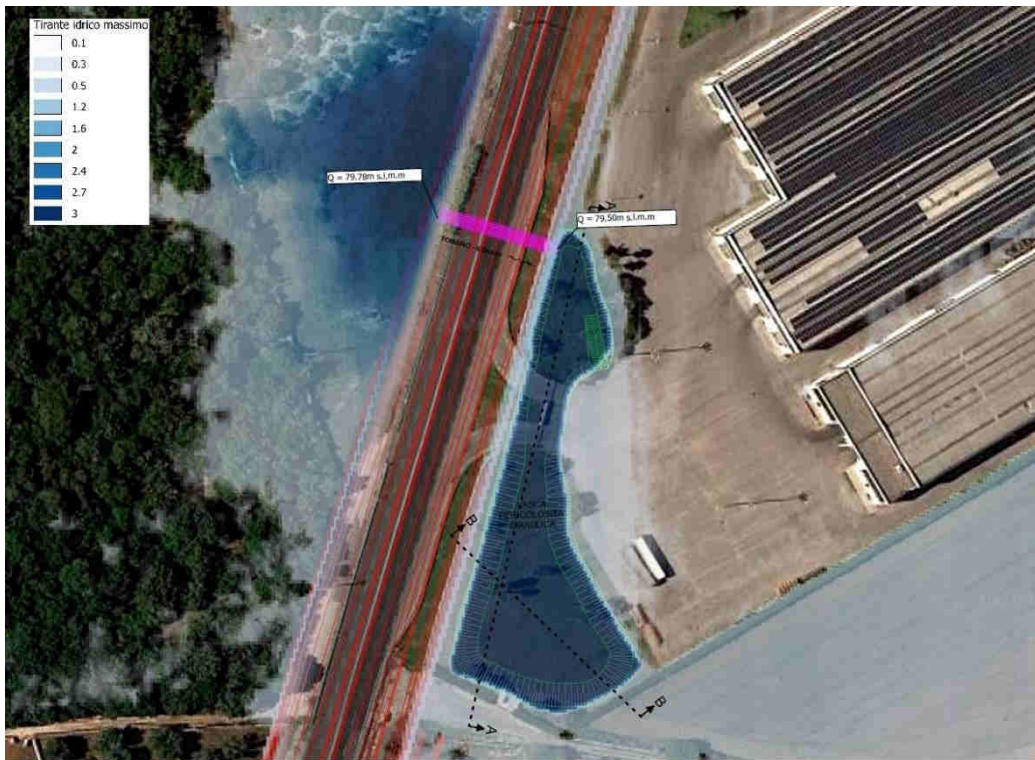


Figura 30 – Vasca Muro Lecce – Aree allagabili T 200 anni+

L'opera può, pertanto, ritenersi in sicurezza idraulica poiché la viabilità di progetto risulta avere un giusto franco di sicurezza.

## 7 INTERFERENZA 4: NOCIGLIA

Come riportato nel capitolo 2, sovrapponendo il tracciato della viabilità di progetto con le perimetrazioni PAI vigenti nel territorio di Nociglia si evidenzia una interferenza tra quest'ultimo e le aree ad Alta, Media e Bassa Pericolosità Idraulica (Figura 31).

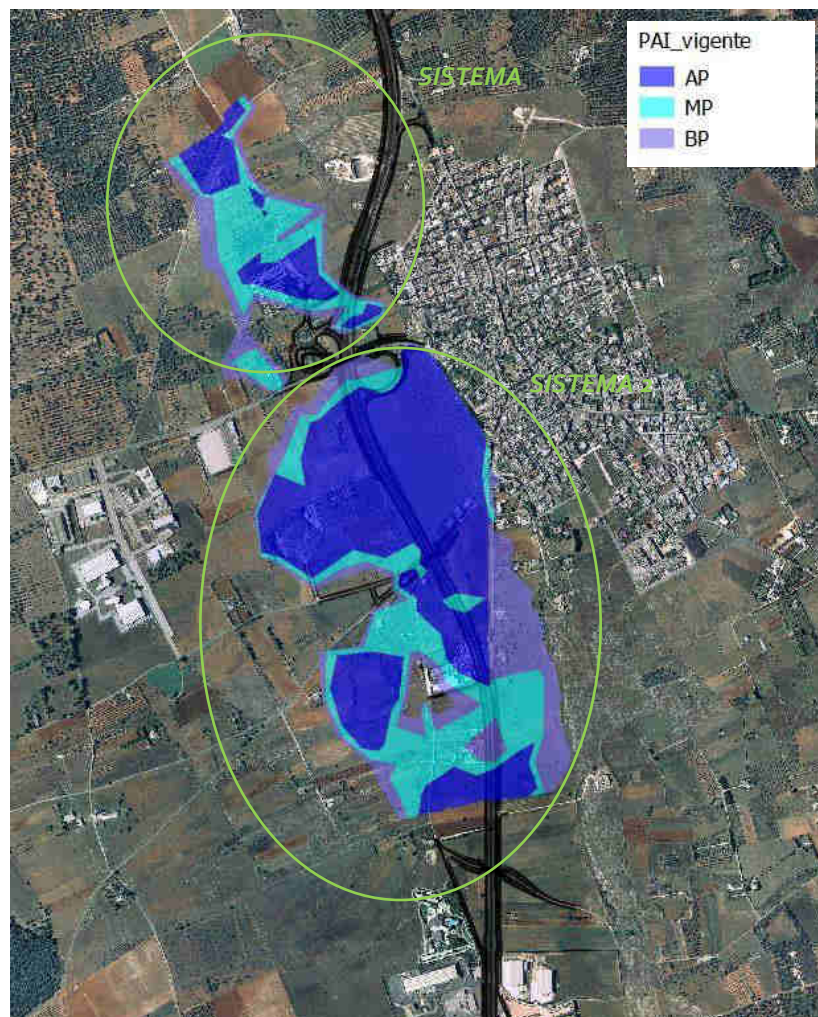


Figura 31 - PAI Vigente Nociglia

L'estensione delle aree inondabili duecentennali mostra come le due aree endoreiche "Sistema 1" e "Sistema 2" risultino sconnesse idraulicamente dalla Strada Provinciale SP86 per Supersano (Figura 31).

### 7.1 DEFINIZIONE DELLE AREE INONDABILI STATO ATTUALE

Le analisi svolte attraverso lo sviluppo del modello idraulico mono-bidimensionale hanno permesso di individuare le aree inondabili nella zona di Nociglia per i tre tempi di ritorno, 30, 200 e 500 anni, allo stato attuale e di confrontarle con la perimetrazione dal PAI Puglia vigente.

Di seguito si riporta lo stralcio planimetrico delle tre simulazioni e il confronto con le aree perimetrate nel PAI Puglia.

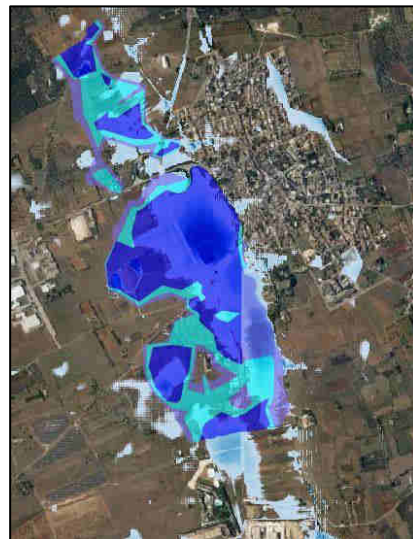
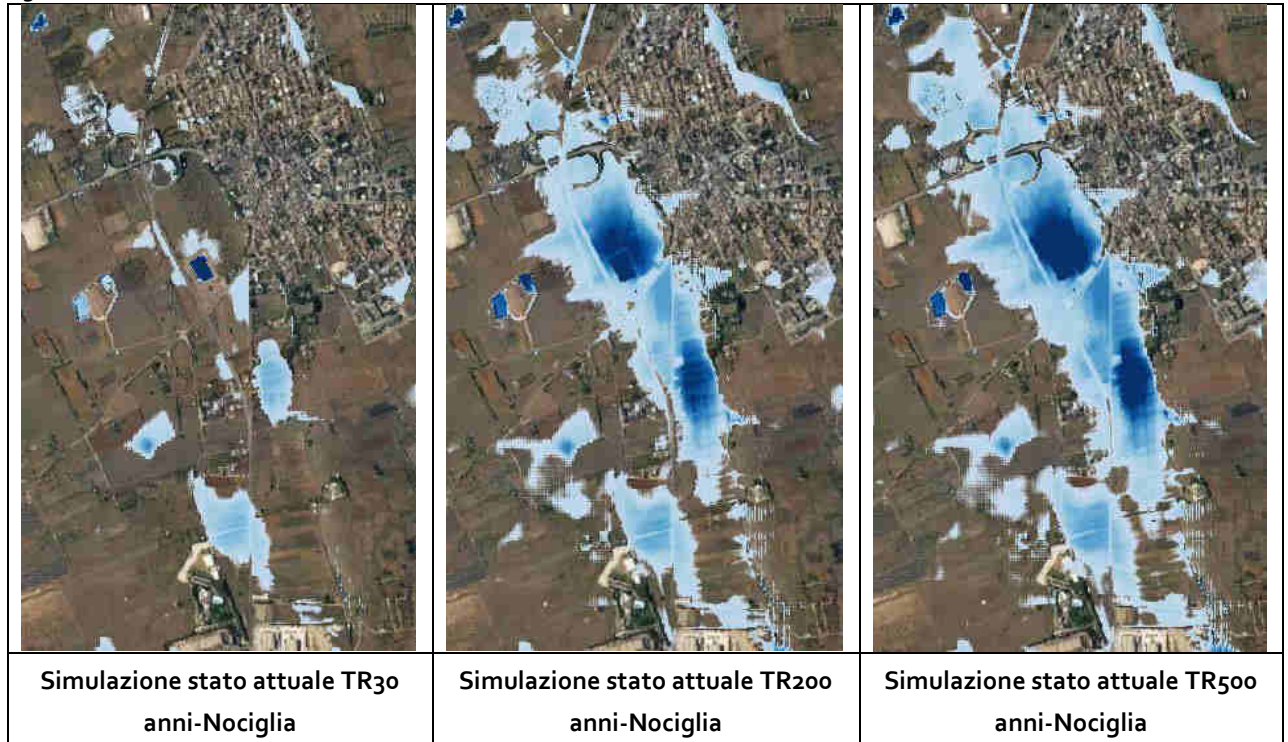


Figura 32: Confronto aree pericolosità PAI con i risultati della simulazione a TR200 anni



## 7.2 DEFINIZIONE DELLE AREE INONDABILI STATO DI PROGETTO E VERIFICA COMPATIBILITA' IDRAULICA

Il modello del terreno dello stato attuale è stato modificato andando ad inserire tutte le opere di progetto.

Il tempo di ritorno preso a riferimento per la progettazione delle opere di progetto risulta essere TR200 anni.

Per mettere in sicurezza il tracciato stradale, rispetto al progetto definitivo oggetto di aggiornamento, è stato necessario adeguare la livellata del tracciato in corrispondenza dell'Area di Nociglia dalla pk 13+520 alla pk 14+380 e modificare leggermente le rampe dello svincolo.

Per limitare le aree allagabili sono state inserite due vasche aventi una profondità di circa 1,5 m rispetto al piano campagna circostante. La prima è stata inserita nell'area interclusa dello svincolo di Nociglia allo scopo di raccogliere le acque a nord dello svincolo e la seconda è stata inserita tra la pk 14+140 alla pk 14+300 allo scopo di raccogliere le acque provenienti da ovest e abbassare di conseguenza il livello dell'acqua in prossimità della strada di progetto.

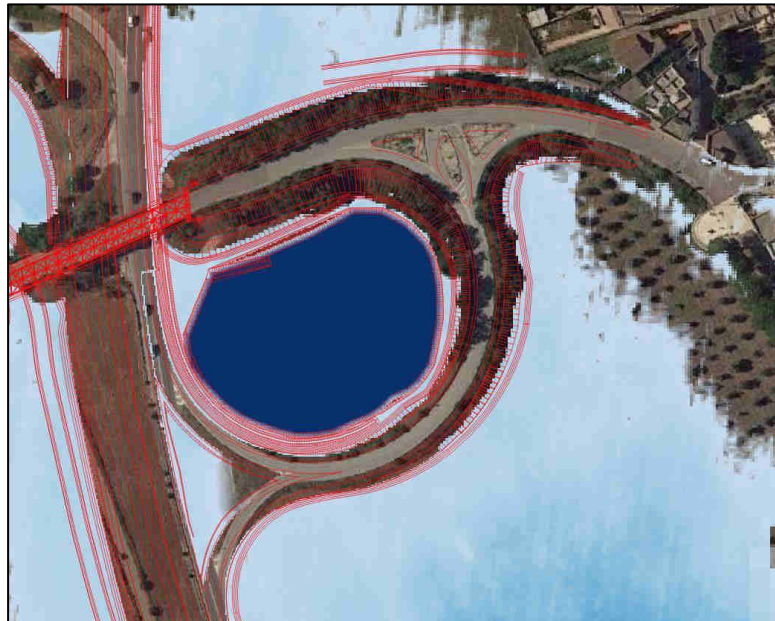


Figura 33: Vasca di progetto - Svincolo di Nociglia - risultati della simulazione a TR200 anni





Figura 34: Vasca di progetto dalla pk 14+140 alla pk 14+300 - Nociglia - risultati simulazione a TR200 anni

Inoltre, nelle parti di tracciato in curva, dove il ciglio risulta a quota piano campagna o più basso, tra le pk 13+590 e 13+840 lato est e tra le pk 14+140 e pk 14+720 lato ovest, viene inserito un argine dall'altezza massima di circa 50 cm, per proteggere la carreggiata dalle inondazioni. La quota massima dell'argine di progetto risulta sempre inferiore alla quota dell'arginello stradale della carreggiata opposta per non recare modifiche dal punto di vista paesaggistico rispetto alle opere previste nel progetto definitivo oggetto di aggiornamento. Di seguito si riporta la sezione tipologica dell'argine di protezione inserito.

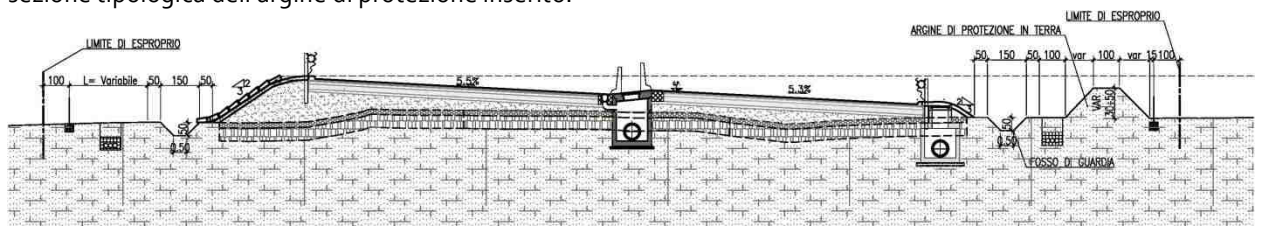


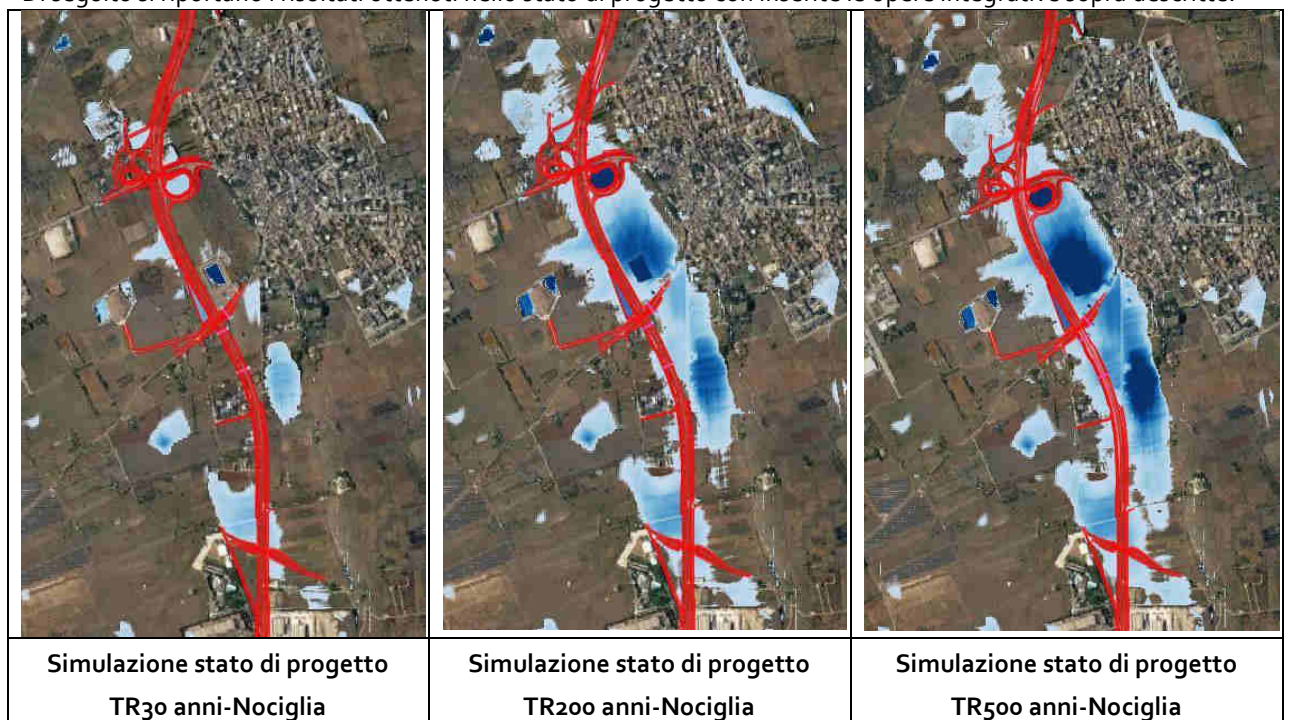
Figura 35: Sezione tipo in curva all'interno delle aree endoreiche con argine di protezione idraulica.

Per consentire la trasparenza idraulica delle aree soggette ad allagamento, sono state inserite delle batterie di tombini DN800 (Figura 36).



Figura 36: Batterie di tombini di progetto per garantire la trasparenza idraulica.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti nello stato di progetto con inserite le opere integrative sopra descritte:



Come si può notare dalle immagini sopra riportate, con le opere di difesa inserite, il tracciato stradale risulta in sicurezza idraulica fino al tempo di ritorno pari a 200 anni.

Dal confronto con lo stato di fatto si può notare come non ci sia un aumento delle aree allagabili dovute agli interventi di progetto e che la compatibilità idraulica risulta rispettata.

In particolare l'area del cimitero risulta già allo stato attuale come critica dal punto di vista idraulico. Si verificano infatti tiranti variabili tra i 50 e 80 cm. I risultati ottenuti, e riportati nella Figura 37, mostrano che l'inserimento del rilevato di progetto non comporta un aumento del tirante nell'area in esame. Risultano quindi invariati i tiranti che si formano a seguito dell'evento di precipitazione verificando in questo modo la compatibilità idraulica.



Figura 37: Confronto Simulazione stato attuale e stato di progetto TR200 anni  
- Zona Cimitero di Nociglia

**L'opera può, pertanto, ritenersi in sicurezza idraulica poiché la viabilità di progetto risulta esterna alle aree inondabili duecentennali. La sua realizzazione non comporta, inoltre, una variazione delle aree inondabili nelle aree contermini alla stessa.**



## 8 INTERFERENZA PK 22+844

Come richiesto nelle osservazioni pervenute dall'Autorità di Bacino Puglia e dal Consiglio dei Lavori Pubblici riportate nella premessa, lo studio idraulico è stato esteso nel dettaglio lungo tutto il tracciato di progetto, anche quindi nella parte terminale del tracciato realizzato in nuova sede.

Il modello idraulico bidimensionale sviluppato ha messo in luce ulteriori zone aventi delle criticità idrauliche.

Il PAI in questa area non evidenzia nessuna area critica interferente con il tracciato di progetto.

Nella figura seguente vengono riportati i risultati ottenuti dal modello idraulico bidimensionale della simulazione effettuata con piogge aventi tempo di ritorno pari a 200 anni nello stato attuale.



**Figura 38: Risultati simulazione TR200 anni stato attuale con individuata la zona critica.**

Nel modello del terreno è stato inserito il tracciato di progetto come previsto dal progetto definitivo oggetto di aggiornamento ed è stata effettuata la simulazione inserendo la pioggia avente tempo di ritorno pari a 200 anni. Il tracciato stradale previsto nel progetto definitivo oggetto di aggiornamento passa attraverso la zona endoreica risultante dalla modellazione e il tratto di strada risulta allagato, come si può notare nell'immagine di seguito riportata.

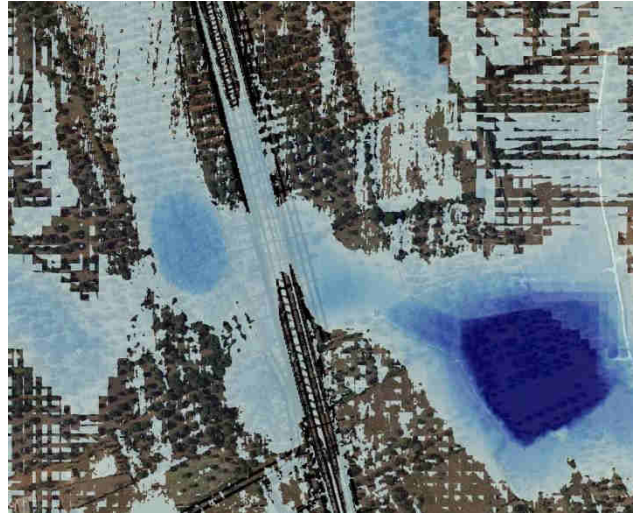


Figura 39: Risultati simulazione TR200 anni stato di progetto con la configurazione del progetto definitivo oggetto di aggiornamento.

Per mettere in sicurezza il tracciato stradale si è alzata la livelleta in corrispondenza della zona critica per un tratto di lunghezza pari a 180 m.

Di seguito si riporta uno stralcio planimetrico dei risultati ottenuti nello stato di progetto alzando la livelleta stradale.



Figura 40: Risultati simulazione TR200 anni stato di progetto con modifica livelleta.

L'opera può, pertanto, ritenersi in sicurezza idraulica poiché la viabilità di progetto risulta esterna alle aree inondabili duecentennali.



## 9 INTERFERENZE MINORI

### 9.1 INTERFERENZA PK 0+150 – MAGLIO NORD – INIZIO LOTTO

Alla pk 0+150 (inizio lotto a nord dello svincolo di Maglie Nord) si registra, sulla base dei risultati ottenuti dal modello idraulico bidimensionale, un'interferenza del tracciato in progetto con le aree allagabili per  $T = 200$  anni, interferenza che non si registra sulla base dell'attuale perimetrazione PAI che prevede, in corrispondenza della progressiva sopra citata, un'area perimetrata di Bassa e Media pericolosità.

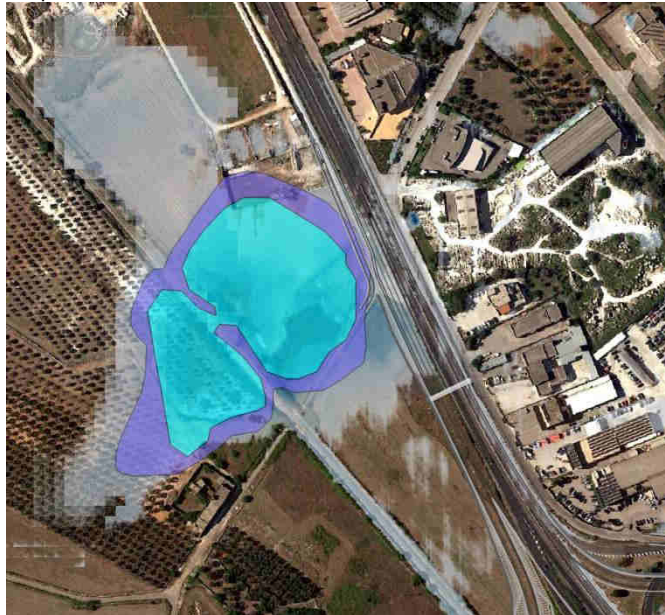


Figura 41: Interferenza pk 0+150 - Confronto PAI – modello idraulico bidimensionale

Per garantire la compatibilità idraulica e il franco di sicurezza in corrispondenza del rilevato, sono stati inseriti tre tubazioni di DN 800. Di seguito si riporta il risultato per  $T=200$  anni.

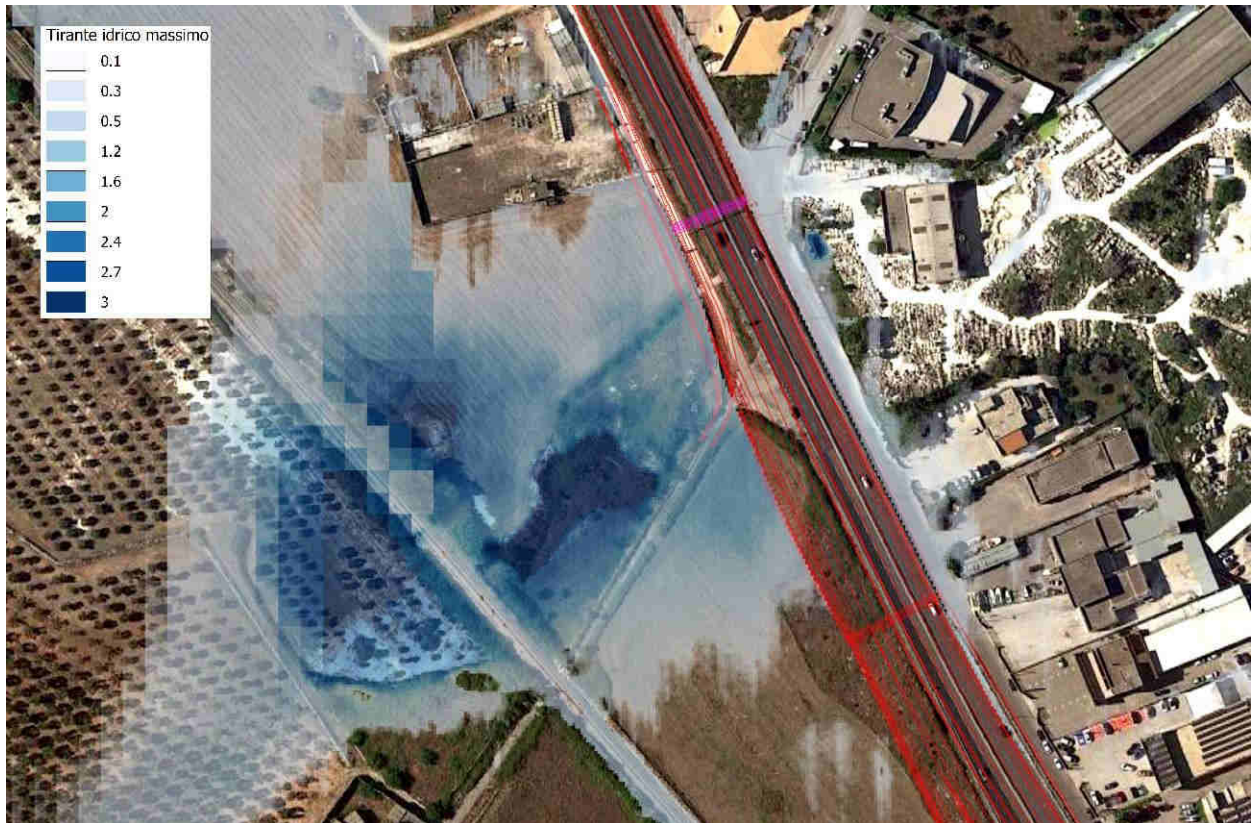


Figura 42: Compatibilità idraulica interferenza pk 0+150 – Maglie Nord – T=200 anni

#### 9.2 INTERFERENZA PK 9+800 - SCORRANO

Alla pk 9+800 il tracciato, allo stato di fatto presenta una criticità idraulica.

In questo tratto, il rilevato stradale di progetto si alza rispetto allo stato di fatto di circa 0.4 m.

A lato rilevato, il livello massimo dell'acqua per Tr200 anni risulta pari a 102.19 sia nello stato di fatto che nello stato di progetto.

Il tracciato stradale presenta un punto di minimo, nello SDF la quota di minimo è di 102,10, nello SDP è di 102,73, garantendo in questo modo la sicurezza idraulica del rilevato di progetto.

Inoltre, per consentire la trasparenza idraulica della zona, visto che il tracciato attraversa una piccola area endoreica, vengono inseriti n.6 DN800.

Di seguito si riporta il confronto dei risultati ottenuti per un tempo di ritorno di 200 anni tra lo stato di fatto e lo stato di progetto.



**Figura 43: Confronto Simulazione stato attuale e stato di progetto TR200 anni  
-pk 9+500 Scorrano**

### 9.3 INTERFERENZA PK 18+150

Alla progressiva Pk 18+150 nello stato attuale si rileva una limitata area endoreica nelle vicinanze della strada esistente. La strada allo stato attuale presenta una quota di 98,91 m s.l.m., mentre il tracciato di progetto presenta una quota pari a 99,54.

La quota dell'acqua risulta, nello stato attuale a quota 97,70 m s.l.m. ad Ovest del tracciato e a 98,95 m s.l.m. ad est.

Con l'inserimento del rilevato di progetto, si vengono a creare delle aree di ristagno delle acque. Di seguito si riporta il confronto dei risultati ottenuti per un tempo di ritorno di 200 anni tra lo stato di fatto e lo stato di progetto come riportato nel progetto definitivo oggetto di aggiornamento.





**Figura 44: Confronto Simulazione stato attuale e stato di progetto definitivo oggetto di aggiornamento TR200 anni - Pk 18+150**

Risulta pertanto necessario, in fase di progettazione, prevedere dei collegamenti tra aree ad est ed a Ovest del tracciato in modo da garantire la trasparenza idraulica.

E' stata prevista la realizzazione di una vasca che raccoglie le acque provenienti dal lato Est del tracciato attraverso la posa di n.3 DN 800. Il fondo della vasca è stato posto ad una quota pari a 96,30 m s.l.m. e presenta un tirante massimo, per TR 200 anni, di circa 1,30 m.

Inoltre, per consentire la trasparenza idraulica dell'area endoreica sono stati inseriti n.4 DN800.

Di seguito si riportano i risultati della simulazione con le opere di progetto inserite.





**Figura 45: Confronto Simulazione stato attuale e stato di progetto definitivo oggetto di aggiornamento TR200 anni - Pk 18+150**

Come si può notare, le opere di progetto inserite permettono la trasparenza idraulica e garantiscono la verifica della compatibilità idraulica.

## 10 CONCLUSIONI

Le analisi effettuate hanno tenuto conto di tutte le osservazioni pervenute.

Si è analizzato, oltre alle zone indicate da PAI, tutto il tracciato, estendendo l'analisi bidimensionale agli interi bacini idrografici considerando le piogge con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni tempi di ritorno corrispondenti rispettivamente alla bassa, media e alta pericolosità. Ciò ha permesso di individuare delle ulteriori aree endoreiche e di analizzarle in seguito all'inserimento delle opere di progetto. Inoltre è stato possibile, attraverso la modellazione mono-bidimensionale, verificare se il tracciato di progetto interferisse con il naturale deflusso delle acque. Dove si evidenziava questo fenomeno sono stati introdotti dei tombini per garantire la trasparenza idraulica. Nelle aree di progetto interferenti con le aree endoreiche, per garantire la compatibilità idraulica sono state inoltre inserite delle vasche di accumulo, come descritto nel dettaglio all'interno dei capitoli dedicati alle singole interferenze.

Le simulazioni dello stato di progetto svolte hanno quindi dimostrato che la compatibilità idraulica è rispettata per l'intero tracciato oggetto dell'intervento.