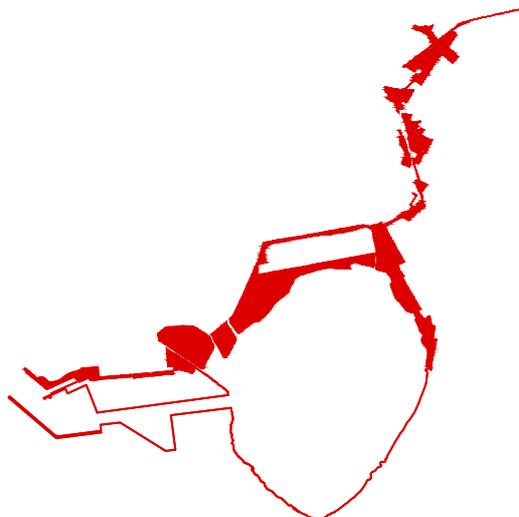




**COMUNE di ORISTANO**  
COMUNI de ARISTANIS



*Presidenza  
del Consiglio dei Ministri*



**S i s t e m a z i o n e e  
rigenerazione del bordo  
urbano orientale e  
meridionale della città lungo  
il passante ferroviario  
(area RFI-FS e CIPOR)  
| O R I S T A N O E S T |**

**PROGETTO GENERALE PER LA  
RIQUALIFICAZIONE URBANA E LA  
SICUREZZA DELLE PERIFERIE**

*Programma straordinario di  
intervento per la riqualificazione  
urbana e la sicurezza delle periferie  
delle città metropolitane e dei comuni  
capoluogo di provincia*

**PROGETTO DEFINITIVO**

**ALL  
3**

**RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

**GIUGNO 2017**

*/*

**Commitente**

*Comune Oristano*

**Progettista - Coordinatore generale**

*Ing. Giuseppe Pinna  
(Dirigente settore Sviluppo del Territorio)*

**RUP**

*Ing. Anna Luigia Foddi*

**Agronomia**

*Agr. Enrico Marceddu*

**Mobilità e Trasporti**

*MLAB s.r.l.*

**Topografia e tematiche catastali**

*Geom. Roberto Perseu*

**Consulenza Scientifica**

*Dipartimento Architettura Design Urbanistica di Alghero  
Università di Sassari*

*Prof.ssa Silvia Serreli*

**Collaboratori**

*Arch. Giovanni Maria Biddau  
Arch. Laura Lutzoni  
Arch. Michele Valentino*

**UFFICIO DI PROGETTAZIONE**

**Progettista - Coordinatore**

*Arch. Gianfranco Sanna*

**Progettisti - Coadiutori**

*Arch. Giovanni Curreli  
Arch. Pietro Frau*

**Giovani Professionisti**

*Arch. Maria Agostina Sannai  
Arch. Pasquale Murru  
Arch. Giulio Porcu  
Arch. Salvatore Enrico Piras  
Arch. Barbara Boi  
Arch. Claudia Meli  
Arch. Francesco Lorenzi  
Ing. Elena Loddi  
Arch. Federico Sercis  
Arch. Francesco Marras  
Arch. Ilaria Suozzi  
Ing. Gian Luca Zuddas  
Arch. Michela Canu  
Arch. Filippo Sanna  
Arch. Elena Boi  
Arch. Luca Casula  
Arch. Claudia Argiolas  
Arch. Giulia Collu  
Arch. Stefania Mulargia*

**Neo-Laureati**

*Dott. Walter Cuccuru  
Dott. Luca Antonio Serusi  
Dott. Emanuele Frongia  
Dott. Roberta Scarpa  
Dott. Cavallini Cesare*

## **Sommario**

1. Premessa .....	2
2. Intervento previsto .....	3
2.1 Ubicazione dell'intervento .....	3
2.2 Descrizione dell'intervento .....	3
3. Inquadramento vincoli vigenti .....	4
3.1 Inquadramento PAI .....	4
3.2 Inquadramento PSFF .....	6
3.3 Inquadramento adeguamento del PUC al PAI .....	8
3.4 Inquadramento PGRA .....	10
4. Definizione dell'idrografia superficiale .....	12
5. Aree di interesse ai fini della compatibilità idraulica .....	16
6. Situazione attuale .....	17
6.1 Studio idrologico .....	17
6.2 Studio idraulico .....	19
6.3 Scenari di studio .....	20
6.4 Aree inondabili .....	21
7. Situazione di progetto .....	22
8. Compatibilità degli interventi .....	23

## **1. Premessa**

Il presente studio idrologico e idraulico è parte integrante del progetto definitivo eseguito dal Comune di Oristano per la realizzazione di un parco cittadino facente parte del più grande intervento di riqualificazione urbanistica di “Oristano Est”.

Il progetto, nel suo complesso, ha l'intento di riqualificare l'area periferica del centro abitato, valorizzando territori dell'oristanese ad oggi poco utilizzati e marginali.

Nell'ambito del progetto per la realizzazione del percorso, è stato predisposto uno studio di compatibilità idraulica, così come disposto dal Titolo III, Cap. I - articolo 24 delle Norme di Attuazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico (in seguito semplicemente “PAI”) della Regione Sardegna.

Per la predisposizione dello studio ci si è riferiti all'allegato E delle norme di attuazione del P.A.I., le quali prevedono che la compatibilità idraulica dell'intervento proposto debba essere verificata in funzione degli effetti dell'intervento sui livelli di pericolosità rilevati dal PAI e dagli strumenti urbanistici a scala locale e valutata in base agli effetti sull'ambiente tenendo conto dell'evoluzione della rete idrografica complessiva e del trasferimento della pericolosità a monte e a valle.

Nel contesto generale dell'opera, lo studio si è reso necessario per l'analisi delle relazioni tra le trasformazioni del territorio derivanti dalla realizzazione dell'intervento proposto e le condizioni dell'assetto idraulico e del dissesto idraulico attuale e potenziale delle aree interessate dall'intervento, anche studiando e quantificando le variazioni della permeabilità e della risposta idrologica della stessa area.

Inoltre, lo studio è essenziale per verificare e dimostrare la coerenza del progetto con le previsioni e le norme del PAI, al fine di prevedere le adeguate misure di mitigazione e compensazione dell'eventuale incremento del pericolo e del rischio sostenibile associato agli interventi in progetto.

In sintesi, lo studio di compatibilità idraulica, avrà cura di dimostrare che l'intervento sottoposto all'approvazione è stato progettato rispettando il vincolo di non aumentare il livello di pericolosità e di rischio esistente - fatto salvo quello eventuale intrinsecamente connesso all'intervento ammissibile - e di non precludere la possibilità di eliminare o ridurre le condizioni di pericolosità e rischio.

## **2. Intervento previsto**

### **2.1 Ubicazione dell'intervento**

Il progetto in oggetto prevede la riqualificazione dell'intera area del bordo est e sud dell'ambito compatto della città di Oristano a partire dalla frazione di Silì fino alla Zona Industriale.

Il parco parte nella zona a nord-est del comune di Oristano, in prossimità dell'area di nuova edificazione ai margini della frazione di Silì. L'area di intervento ricade sulla destra della SP 55 e della linea ferroviaria in direzione Cagliari-Porto Torres e corre parallela ad essa attraversando l'ambito urbano a est del tessuto compatto della città di Oristano.

Costeggiando la linea ferrata, il parco si sviluppa nelle aree dismesse dell'ambito ferroviario, affiancandosi al complesso delle ex fornaci e raggiungendo la traversa di via Laconi. Superato il passaggio a livello di via Laconi, la linea ferroviaria si dirama in due direzioni: la prima, di carattere sovra locale di proprietà delle Ferrovie dello Stato lungo la direttrice Cagliari-Sassari; la seconda, inutilizzata, di proprietà del Consorzio Industriale Provinciale Oristanese, si sviluppa ai confini del centro abitato di Oristano per proseguire fino al Porto Industriale di Santa Giusta.

Il percorso corre lungo quest'ultima linea, passando a sud per il confine tra i comuni di Oristano e Santa Giusta e all'interno dell'area industriale a nord della laguna di Santa Giusta.

### **2.2 Descrizione dell'intervento**

L'intervento nelle sue scelte tecniche, ha tenuto conto della diversità dei paesaggi individuati e ad essi si è adeguato, pensando di agire nell'interesse dei cittadini, nell'ottica di un uso più sapiente e sostenibile del territorio.

Le opere progettate intendono rispettare il contesto ambientale esistente che varia da uno prettamente agricolo, ad uno urbano e produttivo, collegandoli tra loro con la creazione di piazzole attrezzate e la messa in opera di elementi di arredo urbano.

Le attività principali previste sono la sistemazione di aree verdi con piantumazioni di diverse specie arboree, la realizzazione di aree attrattive come aree fitness e aree dedicate ai bambini, un percorso ciclo-pedonale che transiti lungo l'intero parco e si ricollegli alla pista ad oggi esistente che corre lungo l'argine del fiume Tirso all'altezza dell'imbocco della SP 93.

### **3. Inquadramento vincoli vigenti**

#### **3.1 Inquadramento PAI**

Ai fini della difesa, della salvaguardia e del corretto sfruttamento del territorio, il PAI costituisce il documento di sintesi delle azioni promulgate dalla Pubblica Amministrazione (ai diversi livelli) e dagli Enti competenti nell'ambito della prevenzione del rischio idrogeologico. A tal proposito, si riporta brevemente il contesto normativo alla base della redazione dello stesso:

- Legge 18.5.1989, n. 183, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- Decreto Legge 11.6.1998, n. 180, "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania", convertito con modificazioni dalla Legge 3.8.1998, n. 267;
- Decreto Legge 12.10.2000, n. 279, "Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato e in materia di protezione civile, nonché a favore di zone colpite da calamità naturali", convertito con modificazioni dalla legge 11.12.2000, n. 365;
- D.P.C.M. 29 settembre 1998, "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180";
- Legge della Regione Sardegna 22.12.1989, n. 45, "Norme per l'uso e la tutela del territorio regionale", e successive modifiche e integrazioni, tra cui quelle della legge regionale 15.2.1996, n.9;
- altre disposizioni normative.

Nelle aree di pericolosità idraulica e di pericolosità da frana il PAI ha le finalità di garantire adeguati livelli di sicurezza di fronte al verificarsi di eventi idrogeologici e tutelare quindi le attività umane, i beni economici ed il patrimonio ambientale e culturale esposti a potenziali danni.

Inoltre, il PAI è lo strumento attraverso il quale si deve:

- inibire le attività ed interventi capaci di ostacolare il processo verso un adeguato assetto idrogeologico e contrastare l'aumento delle situazioni di pericolo e delle condizioni di rischio idrogeologico esistenti;
- costituire le condizioni di base per avviare azioni di riqualificazione degli ambienti fluviali e di riqualificazione naturalistica o strutturale dei versanti in dissesto;

*Sistemazione e Rigenerazione del bordo Urbano Orientale e Meridionale  
della Città lungo il Passante Ferroviario (area RFI-FS e CIPOR)  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione idrologica e idraulica*

- evitare la creazione di nuove situazioni di rischio, rendendo compatibili gli usi attuali o programmati del territorio e delle risorse con le situazioni di pericolosità idraulica e da frana individuate.

Sulla scorta di quanto sopra, nel PAI sono riportati gli elementi per l'individuazione e la delimitazione delle aree con pericolosità idraulica e con pericolosità da frana ai diversi livelli, gli elementi per la rilevazione degli insediamenti, dei beni, degli interessi e delle attività vulnerabili nelle aree pericolose, e gli elementi per l'individuazione e la delimitazione delle aree a rischio idraulico e a rischio da frana ai diversi livelli.

Le Norme di Attuazione del PAI sono orientate sia verso la disciplina di politiche di prevenzione nelle aree di pericolosità idrogeologica allo scopo di bloccare la nascita di nuove situazioni di rischio, sia verso la disciplina del controllo delle situazioni di rischio esistenti nelle stesse aree pericolose allo scopo di non consentire l'incremento del rischio specifico, fino all'eliminazione o alla riduzione delle condizioni di rischio attuali.

L'area di intervento ricade all'interno del bacino del fiume Tirso.



**Figura 1 - Sovrapposizione ortofoto con le aree di pericolosità idraulica da PAI (in giallo, viola e verde gli areali del parco, in rosso il tracciato del percorso urbano-rurale)**

Sulla base dello shapefile fornito dalla Regione Sardegna delle aree di pericolosità vigenti ai sensi del PGRA, si sono sovrapposte le aree di pericolosità idraulica definite in ambito PAI con l'ortofoto e con gli interventi previsti.

Come si può osservare, la totalità degli interventi non ricade in alcuna fascia di pericolosità idraulica.

### **3.2 Inquadramento PSFF**

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) è stato redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale. Il PSFF trova specificazione nella direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni e nel Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 che recepisce tale direttiva.

*Sistemazione e Rigenerazione del bordo Urbano Orientale e Meridionale  
della Città lungo il Passante Ferroviario (area RFI-FS e CIPOR)  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione idrologica e idraulica*

Il P.S.F.F. ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali.

Inoltre, costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Per quanto riguarda le procedure di approvazione, si fa riferimento alla delibera n. 2 del 17.12.2015, che ha adottato in via definitiva il Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, per tutto il territorio regionale con l'individuazione di nuove aree di pericolosità idraulica e la modifica di altre precedentemente identificate dal PAI.

Per quanto concerne gli elementi areali il Piano individua le cosiddette fasce fluviali, dette anche aree di pertinenza fluviale, che identificano quelle aree limitrofe all'alveo inciso occupate nel tempo dalla naturale espansione delle piene, dallo sviluppo morfologico del corso d'acqua, dalla presenza di ecosistemi caratteristici degli ambienti fluviali.

L'area di interesse è ricompresa all'interno del sub-bacino 02 Tirso, e come si evince dall'elaborato 2\_1\_3\_3-CartaFasce, si trova a cavallo del sottobacino 01-Tirso e 23-Minori tra il Flumini Mannu di Pabillonis ed il Tirso.



**Figura 2 - Sovrapposizione ortofoto con le aree di pericolosità idraulica da PSFF (in giallo, viola e verde gli areali del parco, in rosso il tracciato del percorso urbano-rurale)**

Sulla base dello shapefile fornito dalla Regione Sardegna delle aree di pericolosità vigenti ai sensi del PGRA, si sono sovrapposte le aree di pericolosità idraulica definite in ambito PSFF (utilizzando per uniformità gli standard di RGB del PAI) con l'ortofoto e con gli interventi previsti.

Analogamente al PAI, come si può osservare in figura 2, la totalità delle aree non ricade in alcuna fascia di pericolosità idraulica.

### **3.3 Inquadramento adeguamento del PUC al PAI**

L'articolo 8 comma 2 delle Norme Tecniche d'Attuazione del PAI stabilisce che: *"Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal PAI, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti i Comuni - tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesistico regionale relativamente a difesa del suolo,*

*Sistemazione e Rigenerazione del bordo Urbano Orientale e Meridionale  
della Città lungo il Passante Ferroviario (area RFI-FS e CIPOR)  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione idrologica e idraulica*

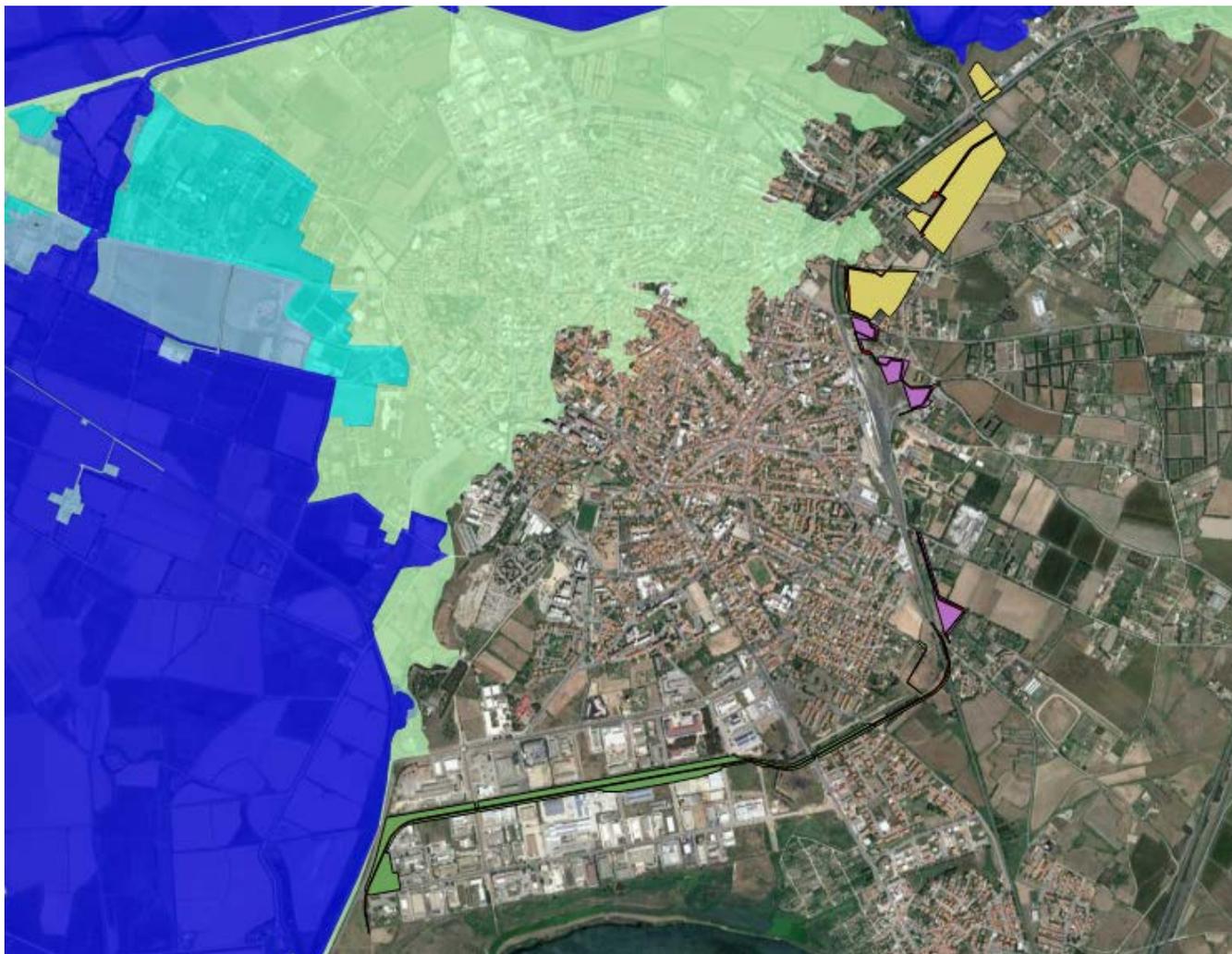
*assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico - assumono e valutano le indicazioni di appositi studi di compatibilità idraulica e geologica e geotecnica, predisposti in osservanza dei successivi articoli 24 e 25, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione<sup>2</sup> 3. Le conseguenti valutazioni comunali, poste a corredo degli atti di piano costituiscono oggetto delle verifiche di coerenza di cui all'articolo 32 commi 3, 5, della legge regionale 22.4.2002, n. 7 (legge finanziaria 2002). Il presente comma trova applicazione anche nel caso di variazioni agli strumenti urbanistici conseguenti all'approvazione di progetti ai sensi del DPR 18.4.1994, n. 383, "Regolamento recante disciplina dei procedimenti di localizzazione delle opere di interesse statale".*

*Il comma 3 specifica ulteriormente che "gli studi di cui al comma 2 analizzano le possibili alterazioni dei regimi idraulici e della stabilità dei versanti collegate alle nuove previsioni di uso del territorio, con particolare riguardo ai progetti di insediamenti residenziali, produttivi, di servizi, di infrastrutture."*

Il Comune di Oristano ha provveduto a redigere lo studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica per l'adeguamento del proprio PUC al PAI ai sensi dell'articolo 8 comma 2 delle NA del PAI medesimo. Tale studio è stato adottato con deliberazione del Consiglio Comunale n. 29 del 22/03/2016 ed è in attesa di approvazione da parte dell'Agenzia regionale del Distretto Idrografico della Sardegna (ADIS).

In figura 3 viene riportata la sovrapposizione dello shapefile delle aree di pericolosità idraulica con l'ortofoto e con gli interventi previsti.

Come si può osservare in figura 3, nessun intervento ricade nelle fasce di pericolosità idraulica.



**Figura 3 - Sovrapposizione ortofoto con le aree di pericolosità idraulica come da art. 8 c.2 delle NA del PAI (in giallo, viola e verde gli areali del parco, in rosso il tracciato del percorso urbano-rurale)**

### **3.4 Inquadramento PGRA**

In attuazione delle previsioni dell'art. 7 del D.Lgs. 49/2010 e dell'art. 13 del D.Lgs. 152/2006, con la Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna n. 1 del 30.07.2015 è stata adottata la "Proposta di Piano di gestione del rischio di alluvioni" (di qui in poi PGRA) e la relativa documentazione per la Valutazione Ambientale Strategica, comprendente il Rapporto Ambientale, la Sintesi non tecnica e la Valutazione di incidenza ambientale.

Con successiva Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna n. 2 del 30.07.2015 è stata approvata la proposta di variante al PAI costituita dall'integrazione del Titolo V alle

*Sistemazione e Rigenerazione del bordo Urbano Orientale e Meridionale  
della Città lungo il Passante Ferroviario (area RFI-FS e CIPOR)  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione idrologica e idraulica*

N.A del PAI recante “Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PGRA)” così come riportato nell'allegato A della suddetta deliberazione.

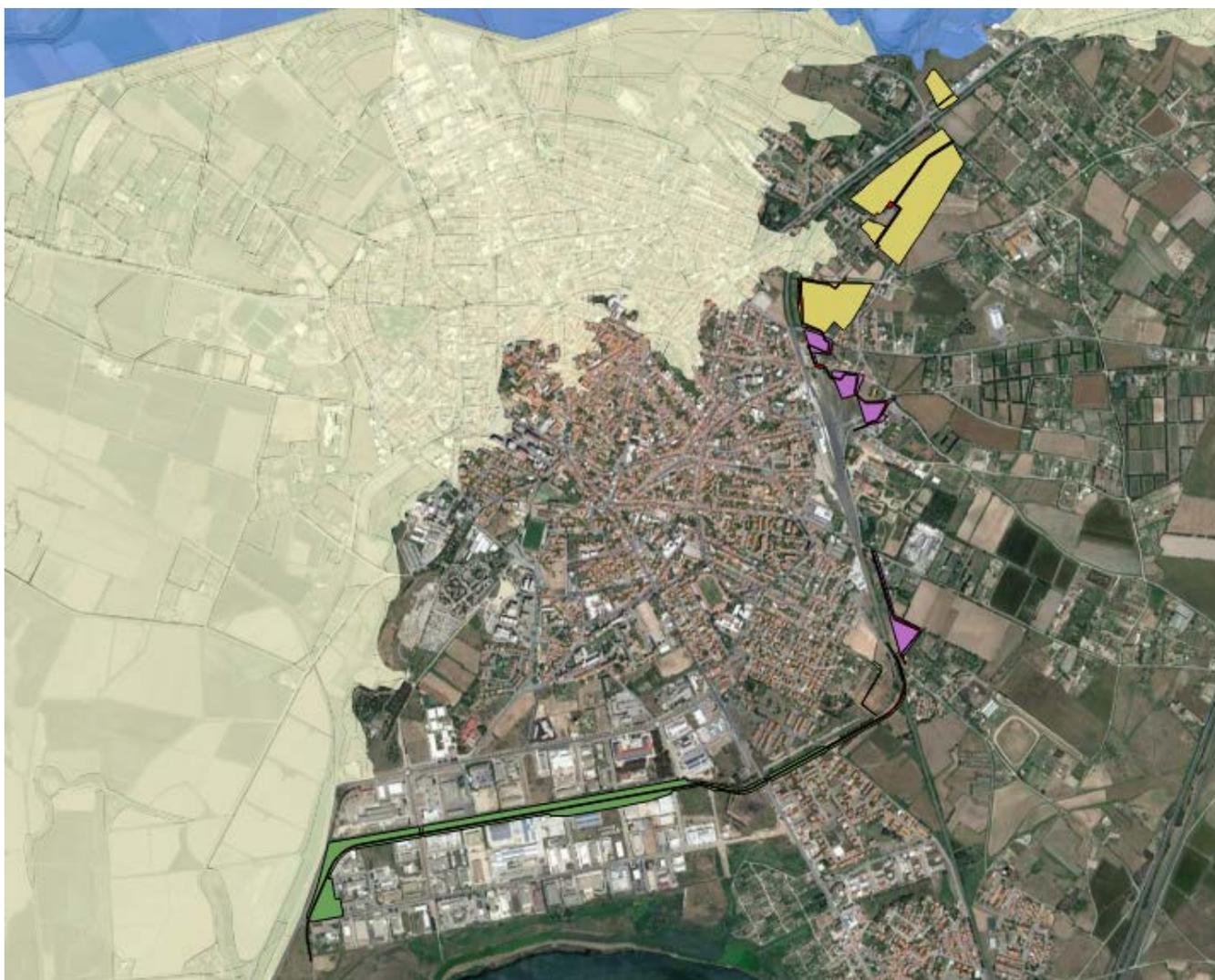
Le quattro classi di legenda utilizzate negli strumenti di pianificazione succitati (PAI, PSFF, studi ex art. 8 c.2 PAI e aree Cleopatra) sono state ricondotte alle tre classi individuate dal D.Lgs. 49/2010:

P3 – Classe di pericolosità elevata, per eventi con tempo di ritorno minori o uguali a 50 anni;

P2 – Classe di pericolosità media, per eventi con tempo di ritorno compresi tra 50 e 200 anni;

P1 – Classe di pericolosità bassa, per eventi con tempo di ritorno compresi tra 200 e 500 anni.

Nell'area di Oristano, il PGRA riprende fedelmente le fasce di pericolosità del PSFF, per cui il parco urbano – rurale non ricade nelle classi sopra esposte.

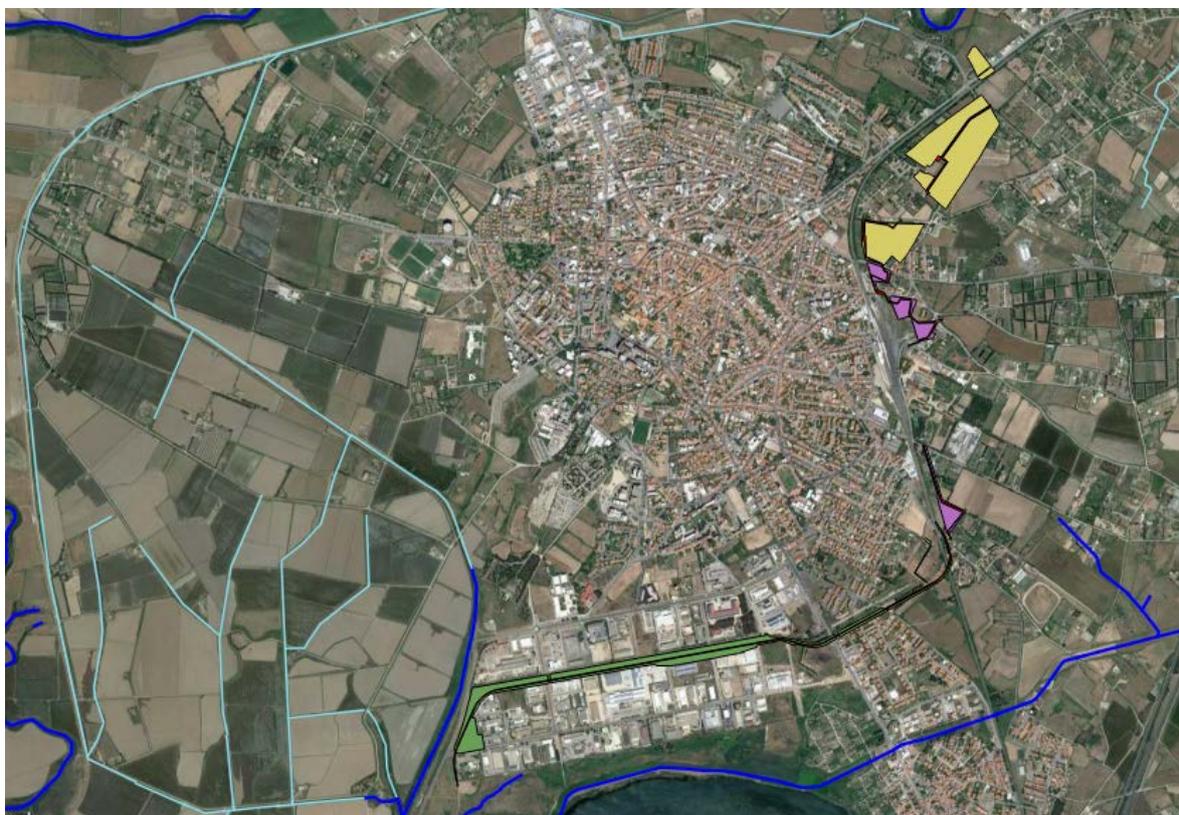


**Figura 4 - Sovrapposizione ortofoto con le aree di pericolosità idraulica come da PGRA (in giallo, viola e verde gli areali del parco, in rosso il tracciato del percorso urbano-rurale)**

#### **4. Definizione dell'idrografia superficiale**

Sulla base di quanto esposto nella Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna n.3 del 30/07/2015, all'art 1 si dice che *"per le finalità di applicazione delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI e delle relative Direttive, di identificare quale reticolo idrografico di riferimento per l'intero territorio regionale l'insieme degli elementi idrici contenuti nell'ultimo aggiornamento dello strato informativo 04\_ELEMENTO\_IDRICO.shp del DGBT\_10k\_Versione 0.1 (Data Base Geo Topografico 1:10.000), da integrare con gli ulteriori elementi idrici eventualmente rappresentati nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM), Carta topografica d'Italia-serie 25V edita per la Sardegna dal 1958 al 1965"*.

Sulla scorta di tale deliberazione, è stata quindi definita l'idrografia dell'area in esame la quale risulta ricompresa all'interno del bacino del fiume Tirso, e più in particolare tra l'argine in sinistra idraulica del fiume Tirso medesimo e lo Stagno di Santa Giusta. Di seguito si riporta uno stralcio dell'ortofoto con segnalati i dreni minori (in ciano) e i corsi d'acqua più rilevanti (in azzurro)



**Figura 5 - Idrografia superficiale**

*Sistemazione e Rigenerazione del bordo Urbano Orientale e Meridionale  
della Città lungo il Passante Ferroviario (area RFI-FS e CIPOR)  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione idrologica e idraulica*

L'area è caratterizzata da pendenze bassissime dovute al fatto che ci si trova in una piana alluvionale. Inoltre, la presenza dell'argine sinistro del Tirso, la SS 131 e la linea ferroviaria ad ovest dell'abitato hanno sostanzialmente generato un'area scollegata dagli altri bacini.

In questo modo, nel tempo, si è generata una rete di canali di dreno minori legata principalmente all'utilizzo agricolo dell'area. Essa genera delle vaste aree di esondazione con tiranti idrici modesti e velocità di deflusso praticamente nulle, a causa del fatto che le pendenze non sono in grado di fornire un'adeguata forza motrice all'acqua che ne consenta lo sbocco a mare.

L'area compresa tra l'abitato di Oristano e l'argine sinistro del Tirso è morfologicamente riconducibile all'area di pertinenza fluviale della zona fociva del Tirso.

L'argine, in quanto tale, produce una disconnessione idraulica tra il corso d'acqua arginato e il resto del territorio, impedendo l'afflusso delle portate verso il fiume che conseguentemente tendono a persistere nelle aree esterne, andando ad alimentare il canale Torangius.



**Figura 6 - Particolare dell'area in prossimità della zona industriale (più spessi i corsi d'acqua principali)**

Come si può osservare in figura 6, il canale Torangius e l'intero sistema di drenaggio rurale, si ricongiunge al rio San Giovanni il quale sfocia nello stagno di Santa Giusta.

*Sistemazione e Rigenerazione del bordo Urbano Orientale e Meridionale  
della Città lungo il Passante Ferroviario (area RFI-FS e CIPOR)  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione idrologica e idraulica*

In realtà, l'immissione del Canale di San Giovanni nello stagno è ostacolato da uno sbarramento dotato di troppo pieno. Questo ha il compito di dirottare i deflussi ordinari lungo un canale circondariale che scorre parallelamente alla sponda dello stagno così da impedire eventuali contaminazioni con le sostanze provenienti dai bacini afferenti.

Il canale circondariale si dirama sia in direzione est, tra la zona industriale e la sponda dello Stagno, sia in direzione ovest, verso il Porto Industriale. A tal proposito, il canale attraversa mediante sifonamento i due bracci del Canale di Pesaria, il quale collega lo Stagno di Santa Giusta col Golfo di Oristano, per poi riversarsi all'interno del porto.



**Figura 7 - Canale circondariale**

L'area ad est (tra il centro abitato di Oristano e la frazione di Sili) è dotata di un sistema drenante orientato verso il centro abitato e collegato per mezzo di tombini e sottopassi disposti lungo la linea ferroviaria.

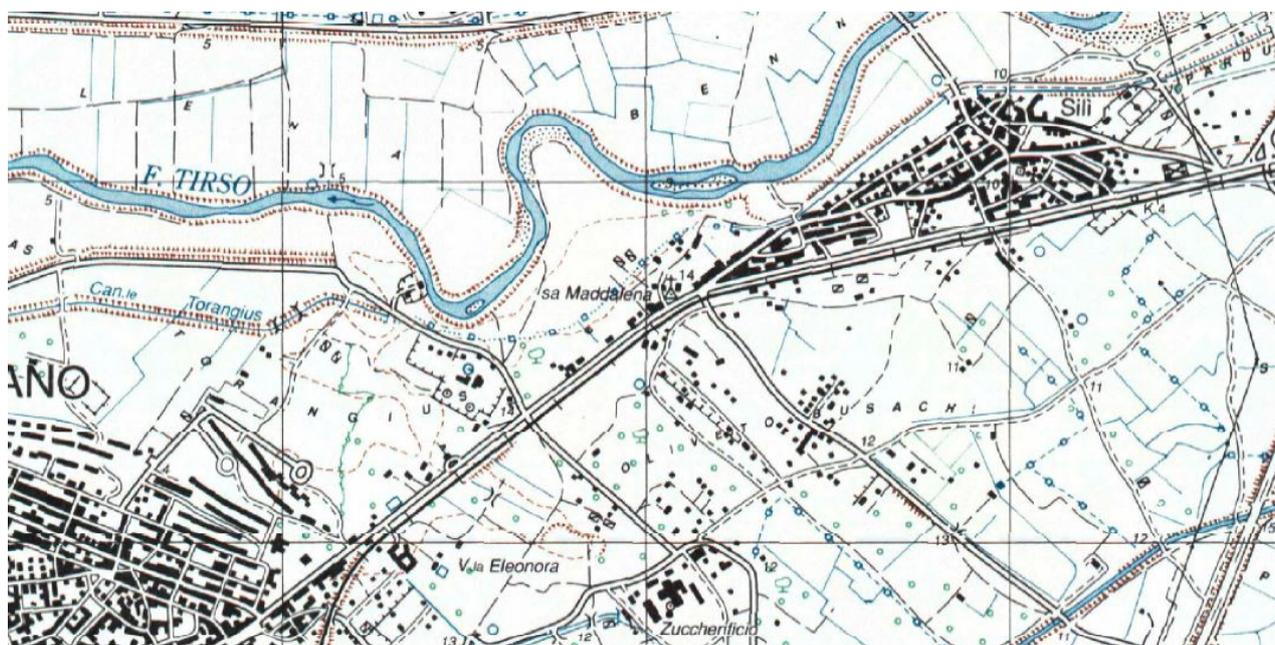
In quest'area si possono individuare alcune porzioni più significative:

- a) una zona a sud del agrumeto della ASL, che ha come elemento di collegamento il sottopasso ferroviario di via Renato Marroccu;
  - b) una zona più a nord del frutteto, caratterizzata dal sottopasso ferroviario di via Alessandro Volta
- Spostandosi verso Sili, mantenendosi a sud della SP 95, si può individuare una fitta rete di canali di bonifica destinati allo smaltimento delle acque meteoriche. In quest'area si può osservare una forte componente d'uso del suolo riconducibile a prati stabili e risaie, le quali modificano drasticamente il proprio comportamento nei confronti del deflusso a seconda della stagionalità.

*Sistemazione e Rigenerazione del bordo Urbano Orientale e Meridionale  
della Città lungo il Passante Ferroviario (area RFI-FS e CIPOR)  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione idrologica e idraulica*

A nord del centro abitato di Sili è presente un canale che originariamente aveva il compito di raccogliere le acque di un bacino che si estendeva fino a Simaxis. In realtà, ad oggi, la funzionalità di questo sistema è molto ridotta, e con essa anche il bacino afferente.

Aspetto particolare di tale canale di bonifica è la presenza lungo il suo sviluppo di diversi tratti tombati (come si può osservare in figura 8) fino ad arrivare al canale Torangius di cui sopra.



**Figura 8 - Stralci dell'IGM**

## **5. Aree di interesse ai fini della compatibilità idraulica**

Come già detto al punto 2, l'intervento previsto in progetto riguarda la realizzazione di un parco urbano – rurale che ripercorra l'area periferica del Comune di Oristano, partendo dalla frazione di Sili fino ad arrivare al Porto Industriale.

Risulta quindi necessario valutare quali siano le aree soggette a pericolosità idraulica per le quali è previsto lo studio di compatibilità idraulica.

L'articolo 24 comma 1 delle NA del PAI, infatti, dice che *"in applicazione dell'articolo 23, comma 6, lettera b, nei casi in cui è espressamente richiesto dalle presenti norme i progetti proposti per l'approvazione nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata, elevata e media sono accompagnati da uno studio di compatibilità idraulica predisposto secondo i criteri indicati nei seguenti commi"*. Questo implica che la valutazione di compatibilità idraulica è da eseguire solo nei casi in cui il parco in progetto ricada all'interno delle fasce di pericolosità Hi4, Hi3 e Hi2 o qualora si dovesse realizzare o modificare un attraversamento stradale o ferroviario ai sensi dell'articolo 22 delle NA del PAI.

Al punto 3 della presente relazione si sono messe in evidenza le eventuali criticità idrauliche riconducibili agli studi del PAI, del PSFF, del PGRA e dell'adeguamento del PUC al PAI del Comune di Oristano ai sensi dell'art. 8 c.2 delle NA. Per determinare le aree di pericolosità si è eseguito l'involuppo delle aree di pericolosità dei quattro studi (coincidente con quelle definite in sede di compatibilità idraulica dell'adeguamento del PUC al PAI suddetto) e si è valutato quali aree ricadessero in una delle fasce sopra citate.

Appare chiaro come tutte le aree ricadano al di fuori delle perimetrazioni di pericolosità idraulica.

## **6. Situazione attuale**

Il corso d'acqua che mostra le maggiori criticità è il fiume Tirso, per cui di seguito si svilupperà un'analisi relativa ad esso.

### **6.1 Studio idrologico**

Il bacino del fiume Tirso ha una superficie certamente maggiore dei 60 km<sup>2</sup> per cui per la determinazione della portata verrà utilizzato il metodo diretto, considerando gli effetti di laminazione dovuti alla presenza a monte delle dighe Cantoniera e di Pranu Antoni.

Sulla base della figura 21 dell'elaborato 2\_01\_1\_1\_2-Rel-Monografica, l'area di interesse ricade nel tratto di fiume compreso tra le sezioni di chiusura Q (diga di Pranu Antoni da cui inizia il tratto arginato) e R (foce del Tirso nel Golfo di Oristano).

La procedura applicata è la seguente:

- definizione degli idrogrammi in ingresso al serbatoio Cantoniera per i diversi tempi di ritorno tramite l'applicazione del metodo SCS al bacino chiuso in corrispondenza dello sbarramento;
- calcolo dell'idrogramma in uscita dalla diga Cantoniera mediante l'applicazione dell'equazione dei laghi, tenendo conto delle caratteristiche del lago e degli organi di scarico della diga;
- definizione degli idrogrammi in ingresso al serbatoio Pranu Antoni per i diversi tempi di ritorno tramite l'applicazione del metodo SCS per il bacino residuo tra la sezione corrispondente allo sbarramento della diga Cantoniera e la sezione corrispondente allo sbarramento di Pranu Antoni (intero bacino dell'affluente del rio Massari, circa 840 km<sup>2</sup>) ovviamente associato alle portate in uscita dal serbatoio di monte;
- calcolo dell'idrogramma in uscita dalla diga Pranu Antoni mediante l'applicazione dell'equazione dei laghi, tenendo conto delle caratteristiche del lago e degli organi di scarico della diga;
- propagazione nelle sezioni di valle della portata laminata tramite una relazione che valuta la riduzione dello scostamento tra portata naturale e laminata in funzione dell'espressione di Marone.

Per i sottobacini a valle delle due dighe è stato valutato l'effetto di riduzione della laminazione degli sbarramenti tramite l'utilizzo dell'equazione di Marone:

$$\frac{Q_{\max u}}{Q_{\max i}} = 1 - \frac{W}{Wi}$$

con:

- $W_i$ , volume complessivo dell'onda di piena indisturbata;
- $W$ , volume utile di laminazione della diga;
- $Q_{maxi}$ , portata al colmo dell'onda di piena indisturbata;
- $Q_{maxu}$ , portata al colmo dell'onda di piena laminata

Parametro	Unità di misura	Tempo di ritorno				
		T2	T50	T100	T200	T500
Qind	m <sup>3</sup> /s	390	3.007	3.669	4.329	5.298
Qind(P)	m <sup>3</sup> /s	443	3.327	4.055	4.780	5.829
Qind(Q)	m <sup>3</sup> /s	461	3.436	4.186	4.932	6.008
Qind(R)	m <sup>3</sup> /s	538	3.892	4.734	5.572	6.761
Tb	h	78,2	35,2	33,8	32,8	31,7
Widrogramma in entrata	m <sup>3</sup>	54.922.747	190.622.474	223.250.767	255.216.392	302.753.714
Qlam	m <sup>3</sup> /s	381	2.560	3.170	4.080	4.990
Winvaso	m <sup>3</sup>	400.000	2.700.000	3.200.000	4.280.000	4.900.000
ep		0,977	0,851	0,864	0,942	0,942
Area bacino O	km <sup>2</sup>	2.931	2.931	2.931	2.931	2.931
Area bacino P	km <sup>2</sup>	3.082	3.082	3.082	3.082	3.082
Area bacino Q	km <sup>2</sup>	3.134	3.134	3.134	3.134	3.134
Area bacino R	km <sup>2</sup>	3.336	3.336	3.336	3.336	3.336
WP	m <sup>3</sup>	115.732.467	349.740.477	406.700.797	462.896.575	535.867.123
WQ	m <sup>3</sup>	119.538.888	359.952.865	418.428.234	476.103.030	550.972.654
WR	m <sup>3</sup>	138.943.874	410.191.082	475.893.691	540.598.534	624.459.658
ep(P)		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
ep(Q)		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
ep(R)		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Qlam (P)	m <sup>3</sup> /s	442	3.302	4.023	4.735	5.776
Qlam (Q)	m <sup>3</sup> /s	460	3.410	4.154	4.887	5.955
Qlam (R)	m <sup>3</sup> /s	536	3.867	4.702	5.528	6.707

Tabella 1 – “Tabella 20 – Parametri utilizzati per il calcolo delle portate al colmo nelle sezioni a valle dello sbarramento di Pranu Antoni secondo la formulazione di Marone” da 2\_01\_1\_1\_2-Rel-Monografica

Considerata la posizione del bacino in esame sul versante occidentale, le portate di progetto sono quelle in tabella 2:

Sezione	Area	Q(T2)	Q(T50)	Q(T100)	Q(T200)	Q(T500)
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s				
R	3336.2	536	3867	4702	5528	6707

Tabella 2 – Valori tratti dalla Tabella 10 da 2\_01\_1\_1\_2-Rel-Monografica

## **6.2 Studio idraulico**

Il PSFF suddivide il Fiume Tirso in tre macrotratti:

1. a monte della diga Cantoniera
2. tra la diga Cantoniera e la diga di Pranu Antoni
3. tra la diga di Pranu Antoni e la foce

L'area in esame si trova all'interno del terzo macrotratto, lungo quasi 28 km con una pendenza media pari a 0.03 %. Il tratto sublacuale del fiume è interamente arginato e scorre in una piana alluvionale con forte vocazione all'agricoltura e densa di insediamenti antropici, anche di entità rilevante, a ridosso del corso d'acqua quali Sili e Oristano. La larghezza dell'alveo inciso è mediamente pari a 50 m, mentre la distanza tra gli argini varia tra i 500 e i 900 m.

L'analisi idraulica è stata condotta utilizzando il modello numerico di HEC-RAS che consente il calcolo dell'andamento dei profili della corrente in moto permanente gradualmente variato o in moto vario in alveo naturali o canali artificiali includendo anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali etc.

Nel caso del fiume Tirso, la modellazione idraulica è stata condotta in condizioni di moto permanente imponendo come condizioni da monte le portate definite al punto 6.1.1 ai vari tempi di ritorno.

Aspetto fondamentale nella modellazione è la generazione della geometria del tracciato sia in termini di andamento planoaltimetrico sia relativamente alle strutture presenti. Per far ciò, la geometria del tratto è stata definita sulla base del rilievo topografico appositamente realizzato per la redazione del Piano Stralcio Fasce Fluviali e del rilievo LIDAR 2008 con passo 1m.

Quindi, una volta definita la base planoaltimetrica, sono state inserite le infrastrutture presenti lungo il tracciato quali attraversamenti ferroviari, ponti stradali e ponti tubo. Inoltre, sono stati individuati lungo lo sviluppo trasversale delle sezioni le arginature mediante il comando levees.

Per la definizione del profilo idraulico, è necessario calibrare adeguatamente anche il parametro di scabrezza (coefficiente di Manning  $n$ ), il quale è stato calcolato utilizzando una metodologia di dettaglio in modo da differenziare le caratteristiche delle singole porzioni di ogni sezione trasversale sulla base dei risultati delle attività di campo.

In particolare, ogni sezione è stata divisa in cinque porzioni (alveo centrale, sponde, fasce golenali) ad ognuna delle quali è stato associato un valore del coefficiente di Manning in funzione del tipo di suolo e della vegetazione esistente sulla base del metodo proposto da Ven Te Chow.

Una volta definita la geometria si devono definire le condizioni al contorno del moto. HEC-RAS prevede tre diversi tipi di corrente (lenta, veloce, mista) a seconda della quale cambiano le condizioni da imporre.

Nel caso del tratto terminale del fiume Tirso, si sono inserite le portate calcolate nello studio idrologico come condizione di monte, mentre come condizioni di valle si è definita una quota di sbocco nota nel Golfo di Oristano. Per determinare tale quota sono stati presi in considerazione tre contributi:

- la marea astronomica (pari a 0.45m);
- la variazione del livello dovuta alle condizioni di tempesta (storm surge), suddivisa tra la componente di wind set-up (0.10 m) e di barometro inverso (0.25 m);
- il sovrizzo dovuto al frangimento, wave setup (1.00 m).

Nel complesso, la somma dei tre contributi, fornisce un valore pari a 1.80 m sul livello del mare.

### **6.3 Scenari di studio**

Il moto stazionario eseguito nel PSFF non prevedeva i fenomeni transitori che si manifestano al momento della tracimazione. Per questo sono stati definiti due scenari di assetto idraulico dei tratti arginati:

- assenza di tracimazione: si ipotizza che l'altezza degli argini sia comunque adeguata al contenimento dei livelli idrici, indipendentemente dal valore reale delle quote di sommità arginale; secondo tale schema le portate defluenti sono comunque contenute all'interno della sezione arginata del corso d'acqua; la differenza in quota (franco) tra il profilo di corrente per le diverse portate e quello della sommità arginale evidenzia la capacità di contenimento in quota di ciascuna sezione del corso d'acqua e, nel caso risulti negativa, il rialzo arginale necessario;
- presenza di tracimazione: lo schema di riferimento considera le condizioni di moto che si possono instaurare dopo che sia avvenuta la tracimazione degli argini e quindi in assenza della funzione di contenimento dei rilevati arginali; la sezione interessata al deflusso è quindi estesa all'intera porzione di piano campagna allagata, fino al limite morfologico naturale o artificiale che può contenere l'inondazione; lo schema indicato viene applicato solo alle portate che, nello schema di calcolo precedente, comportano livelli superiori a quelli delle sommità arginali e i livelli idrici ottenuti con tale schema di simulazione sono utilizzati per il tracciamento delle fasce fluviali relative alle portate che comportano tracimazione.

*Sistemazione e Rigenerazione del bordo Urbano Orientale e Meridionale  
della Città lungo il Passante Ferroviario (area RFI-FS e CIPOR)  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione idrologica e idraulica*

Ai fini del presente studio di compatibilità idraulica risulta essere particolarmente interessante il secondo scenario, in quanto si deve valutare quale sia l'area di esondazione del fiume Tirso sulla sinistra idraulica in prossimità di Sili e Oristano.

### 6.4 Aree inondabili

Lo scenario con argini tracimabili mette in evidenza che sulla sinistra idraulica del fiume Tirso non ci sono particolari criticità, in quanto l'argine è in grado di contenere le piene con tempo di ritorno di 200 anni.

Di seguito si riporta la carta del PSFF:

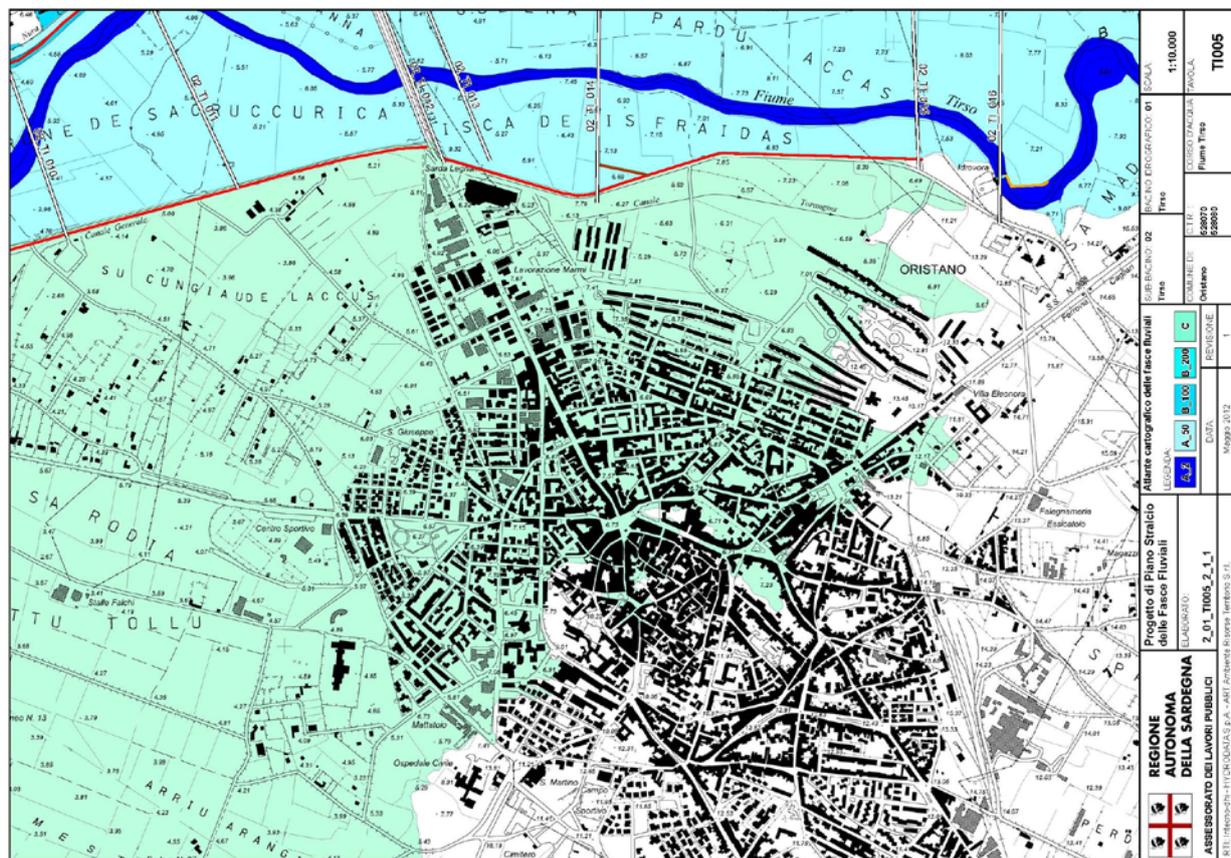


Figura 9 – Tavola 2\_01\_T1005\_2\_1\_1-AtlanteFasce

## **7. Situazione di progetto**

Tutti gli interventi previsti, nonostante il bassissimo impatto, sono individuabili al di fuori della fascia di pericolosità Hi4 e Hi3.

La pista ciclo-pedonale, larga 4 m, è da realizzare in Biostrasse, il quale rappresenta una risposta innovativa alla crescente necessità di materiali che garantiscano alte prestazioni, sicurezza e comfort all'utente nel pieno rispetto dell'ambiente.

La pavimentazione Biostrasse si presenta come un vero e proprio lastrone monolitico in grado di ripartire i carichi trasmessi dal piano viabile, siano essi concentrati o ripartiti, garantendo comunque un'ottima permeabilità grazie ai materiali compositi. Infatti, questa tecnologia di pavimentazione ha una capacità di drenaggio pari a 250 litri/minuto per unità di superficie che equivale ad una coefficiente di permeabilità di circa  $4.2 \cdot 10^{-3}$  m/s, valore confrontabile con quelli tipici della sabbia grossolana.

Lungo la rete ferroviaria verranno predisposti dei moduli in calcestruzzo precompresso che non andranno a ostruire le canalette di colate laterali al rilevato.

Nelle aree attrezzate è prevista una diffusa piantumazione di diverse specie vegetali e, limitatamente a piccole porzioni, la pavimentazione in biostrasse.

## **8. Compatibilità degli interventi**

**Allo stato attuale il parco è totalmente estraneo a fasce di pericolosità idraulica.**

Inoltre, gli interventi in progetto non generano nuove strutture che possano impedire o ostacolare il deflusso idrico, ma sfruttano elementi già esistenti, cosicchè non possa esserci un aggravio del rischio idraulico.

Il progetto previsto rispetta, quindi, quanto previsto dall'art. 23 comma 9, e in particolare dalle lettere a, b, c, d, e, g, l e n (*“Allo scopo di impedire l'aggravarsi delle situazioni di pericolosità e di rischio esistenti, nelle aree di pericolosità idrogeologica tutti i nuovi interventi previsti dal PAI e consentiti dalle presenti norme devono essere tali da: a) migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle; migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio non compatibili; c) non compromettere la riduzione o l'eliminazione della cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime; d) non aumentare il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invaso delle aree interessate; e) limitare l'impermeabilizzazione dei suoli e creare idonee reti di regimazione e drenaggio; g) salvaguardare la naturalità e la biodiversità dei corsi d'acqua e dei versanti; l) non incrementare le condizioni di rischio specifico idraulico o da frana degli elementi vulnerabili interessati ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile connesso all'intervento espressamente assentito; n) garantire condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, assicurando che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente”*)

Da quanto detto, **l'intervento risulta essere compatibile con quanto stabilito nelle Norme di Attuazione del PAI.**

Sistemazione e Rigenerazione del bordo Urbano Orientale e Meridionale  
della Città lungo il Passante Ferroviario (area RFI-FS e CIPOR)  
PROGETTO DEFINITIVO – Relazione idrologica e idraulica

Ingegnere Gian Luca Zuddas



Geologo Fausto Alessandro Pani



Collaboratore:

Geologo Roberta Maria Sanna

