

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

## Sommario

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | PREMESSA E DESCRIZIONE DELLE PROCEDURE AMMINISTRATIVE .....                | 2  |
| 2   | ASPETTI METODOLOGICI GENERALI .....  | 3  |
| 3   | INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO .....                              | 5  |
| 3.1 | Inquadramento geografico.....  | 5  |
| 3.2 | Rilievi geomorfologici e Cartografici .....                                | 6  |
| 4   | RILIEVI DI DETTAGLIO.....  | 7  |
| 4.1 | Rilievi topografici.....   | 7  |
| 5   | ANALISI DEI BACINI IDROGRAFICI E METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE..... | 8  |
| 5.1 | Premessa .....   | 8  |
| 5.2 | Calcolo Dell'altezza Di Pioggia .....                                      | 10 |
| 5.3 | Calcolo delle portate di piena .....                                       | 11 |
| 5.4 | METODOLOGIA DI ANALISI IDRAULICA .....                                     | 18 |
| 5.5 | MAGGIORI CRITICITA' IN ESITO ALLE SIMULAZIONI.....                         | 21 |
| 6   | CONCLUSIONI .....  | 25 |

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

## 1 PREMESSA E DESCRIZIONE DELLE PROCEDURE AMMINISTRATIVE

La presente relazione illustra la metodologia di lavoro e le elaborazioni oggetto dello Studio di Compatibilità Idraulica esteso all'intero territorio comunale. Lo Studio è stato redatto, unitamente a quello di compatibilità geologico-geotecnica, ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), in occasione dell'adeguamento di vari strumenti urbanistici quali: il Piano di Utilizzo dei Litorali (PUL), Il Piano di Conservazione e Valorizzazione delle Bonifiche (PCVB) e il Piano Urbanistico Comunale (PUC). Gli scriventi ing. Fabio Cambula, geol. Alessandro Muscas e Arch. Laura Carbini, riuniti in R.T.P., hanno ricevuto l'incarico dall'Amministrazione comunale con determinazione del Dirigente del settore Urbanistica a seguito di RdO del 24/04/2017 tramite MEPA.; la parte geologica del lavoro è curata dal Dott. Geol. Alessandro Muscas, incluso nel R.T.P..

Lo Studio è finalizzato ad indagare il territorio comunale riguardo alla definizione delle aree a pericolosità idraulica originate dalle piene eccezionali (tempi di ritorno di 50-100-200-500 anni) delle aste torrentizie, mediante analisi ed elaborazioni di maggiore dettaglio rispetto a quelle effettuate in sede di redazione del PAI vigente, dal Piano Stralcio delle Fasce fluviali (PSFF) e da successivi studi o varianti ritenuti affidabili e approvati dalle Autorità competenti, considerando le ricadute delle modifiche proposte in termini di alterazione del regime idraulico e di dissesto. Di conseguenza, studiando le aste torrentizie presenti nell'area in esame, è stato determinato un nuovo quadro della pericolosità idraulica che diverrà immediatamente cogente rispetto all'applicazione nel Regolamento edilizio a seguito della presa d'atto da parte del Consiglio Comunale e contestualmente è stata accertata la compatibilità idraulica dell'iniziativa. Il nuovo quadro delle pericolosità idrauliche sarà introdotto nelle ipotesi dei Piani suddetti e di essi valutata la compatibilità idraulica alla luce delle Norme di Attuazione del PAI prima di procedere alla Variante ai sensi dell'art. 37 comma 3 delle N.A.; le elaborazioni svolte, rispettano le metodologie previste nel PAI.

Lo Studio è finalizzato ad indagare il territorio comunale riguardo alla definizione delle aree a pericolosità idraulica originate dalle piene eccezionali (tempi di ritorno di 50-100-200-500 anni) delle aste torrentizie, mediante analisi ed elaborazioni di maggiore dettaglio rispetto a quelle effettuate in sede di redazione del PAI vigente o del PSFF; di conseguenza si stabilirà la Compatibilità Idraulica dei Piani e al tempo stesso si costituirà la base propedeutica per sviluppi ed aggiornamenti successivi. Le nuove aree saranno introdotte nel quadro delle pericolosità in vigore, e temporaneamente coesisteranno con esse, determinando nuovi perimetri di salvaguardia detti di "inviluppo" tra le varie configurazioni progressivamente adottate che considera i perimetri più estesi e quindi più cautelativi di ciascuna versione; il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino regionale, attivando il regime di salvaguardia che le sottopone alla disciplina di cui agli

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

articoli dal 27 al 33 , darà l'avvio al percorso che condurrà alla variazione del PAI, da completarsi mediante apposita **Variante del PAI ai sensi dell'art 37 comma 3 lettera b)** delle N.A. (*Varianti del PAI per Studi di maggior dettaglio*), che sancirà il quadro definitivo delle pericolosità e del rischio idraulico, annullando i perimetri degli studi meno recenti e superati da quelli nuovi e più dettagliati e annullando la configurazione delle pericolosità detta di "inviluppo".

## 2 ASPETTI METODOLOGICI GENERALI

Le analisi delle pericolosità idrauliche sono state predisposte analogamente a quanto stabilito dal D.P.C.M. 29/9/1998 (Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del D.L. 11/6/1998, n. 180) e dalle "*Linee Guida per l'attività di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e relative misure di salvaguardia*" del PAI, anche per quanto attiene l'aggiornamento e/o l'adeguamento delle perimetrazioni delle stesse aree a pericolosità idraulica.

Le criticità che sono state individuate nel presente studio suggeriscono *in primis* le seguenti constatazioni e i comportamenti da adottare, di cui in premessa si propone un accenno rimandando alle conclusioni per lo sviluppo completo:

- l'importanza **dell'acquisizione della conoscenza** effettiva delle condizioni di giacitura e funzionalità dei canali naturali e delle infrastrutture che con essi interferiscono, in particolare nelle porzioni di territorio edificato dotato di infrastrutture, creando nella maggior parte dei casi le condizioni di pericolo; in tal senso è importante la predisposizione del **catasto degli attraversamenti stradali in alveo e delle opere idrauliche** coinvolte nelle dinamiche evolutive delle acque superficiali in condizioni di piena, individuandone i limiti di esercizio e programmandone l'adeguamento;
- l'urgenza **di costituire una mappa delle aree di allagamento** conseguenti ad eventi meteorici significativi, da tenere presente in sede di aggiornamento e redazione degli strumenti di pianificazione comunale e territoriale in genere; il presente lavoro costituisce in tal senso un passaggio importante, i cui risultati saranno recepiti formalmente sia in sede di adeguamento del PCVB sia successivamente nell'ambito dell'adeguamento del PUC al PAI e avranno ricadute positive anche nel medio e lungo termine;
- il costante **aggiornamento** del catasto e della cartografia delle aree di allagamento a seguito dell'attuazione di interventi di mitigazione del rischio o di realizzazione di interventi di nuova costruzione o manutenzione che possano interferire con gli equilibri naturali della componente fluviale.

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

Le attività svolte nel presente studio per la porzione di territorio esaminata, sono riassunte nel seguente elenco:

- analisi geografica e geomorfologica;
- rilievi topografici;
- rilievo dell'uso del suolo e della vegetazione;
- analisi idrologica;
- analisi idraulica;
- delimitazione delle aree di esondazione a pericolosità idraulica.

Lo Studio è costituito, oltre che dalla presente Relazione Generale, dalle tabelle riepilogative dei calcoli idrologici, dalle Simulazioni Idrauliche in Moto Permanente, contenenti i profili longitudinali, le sezioni trasversali dei corpi idrici in presenza delle correnti studiate e i relativi tabulati numerici. A ciò si aggiunge il fascicolo dei manufatti rilevati, contenente le monografie di dettaglio di ciascuno di essi con annessa documentazione fotografica e analisi delle condizioni di tenuta dal punto di vista statico-strutturale, erosivo e di sicurezza in genere. Le aree di allagamento sono rappresentate nelle Carte della Pericolosità Idraulica predisposte per ciascuna asta fluviale o corpo idrico esaminato. Sono stati studiati ex novo 18 corpi idrici principali suddivisi in 28 aste e raggruppati in 8 modelli matematici, come riportato nella tabella seguente, che riferiscono anche della suddivisione nei settori di territorio.

Per quanto concerne il **Rio Filibertu** (settore Nord), il **Rio Barca** (settore Nord-Est), il **Rio Calvia-tratto di valle** e il **Rio Carrabuffas** (settore Sud-Est) non sono state sviluppate nuove elaborazioni idrologiche e idrauliche in quanto sono stati già analizzati nel dettaglio nell'ambito del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) vigenti; di conseguenza sono state riproposte le medesime perimetrazioni di Piano, raccordando le nuove relative ai tratti studiati ex novo nel presente studio in modo da assicurare la continuità idraulica dei profili di moto permanente.

**COMUNE DI ALGHERO (SS)**

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

**RELAZIONE GENERALE****Tabella 1** - riepilogo modelli matematici delle aste oggetto di studio

| Nome                                 | River            | Reach            | Settore               |
|--------------------------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| <b>1 - Rio del Lazzaretto</b>        | Lazzaretto       | Asta             | <b>NORD-OVEST</b>     |
| <b>2 - Gruppo Canale Urune</b>       | 86409            | Asta             |                       |
|                                      | Canale di Bon    | Asta             |                       |
|                                      | Canale su Inc    | Asta             |                       |
|                                      | Canale urune     | Asta 1           |                       |
|                                      | Canale urune     | Asta 2           |                       |
|                                      | Canale urune     | Asta 3           |                       |
|                                      | Canale urune     | Asta 4           |                       |
| <b>3 - Gruppo Rio Serra</b>          | Rio Badde Ruos   | Asta 1           | <b>NORD-EST</b>       |
|                                      | Rio Guidongias   | Asta 1           |                       |
|                                      | Rio Guidongias   | Asta 2 - 3       |                       |
|                                      | Riu Iscala Mala  | Asta 1-2         |                       |
|                                      | Riu Serra        | Asta 1-2-3       |                       |
|                                      | Riu Serra        | Asta 4           |                       |
|                                      | Riu Serra        | Asta 5           |                       |
| <b>4 - Rio Calvia - tratto monte</b> | Rio Calvia       | monte            | <b>SUD-EST</b>        |
| <b>5 - Rio Paggiassu</b>             | paggiassu_asta   | paggiassu_asta   |                       |
| <b>6 - Rio San Giovanni</b>          | sangiovanni2_ast | sangiovanni2_ast | <b>CENTRO ABITATO</b> |
| <b>7 - Gruppo Calabona</b>           | 72425            | Asta             | <b>SUD</b>            |
|                                      | 75058            | Asta             |                       |
|                                      | Rio Calabona     | Asta 1           |                       |
|                                      | Rio Calabona     | Asta 2           |                       |
|                                      | Rio Calabona     | Asta 3           |                       |
| <b>8 - Gruppo Sa Scamunigada</b>     | Rio Crabolu      | Asta 1           | <b>SUD</b>            |
|                                      | Rio Crabolu      | Asta 2           |                       |
|                                      | Rio Scamunigada  | Asta 1           |                       |
|                                      | Rio Scamunigada  | Asta 2           |                       |
|                                      | Riu Rocca Branca | Asta             |                       |

**3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO****3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

La zona in studio è rappresentata dall'intero territorio comunale di Alghero, che occupa la porzione nord-occidentale della Sardegna, per un'estensione di circa 225 km<sup>2</sup>; il territorio confina con i comuni di Sassari, Olmedo, Uri, Putifigari, Villanova Monteleone.

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

Dal punto di vista della suddivisione in bacini idrografici del territorio regionale, l'area in esame ricade all'interno del sub-bacino idrografico n. 3 Coghinas-Mannu-Temo; i corsi d'acqua studiati sono individuati nella Cartografia dell'I.G.M. in scala 1:25.000 nelle tavolette n. 458 "Il - Santa Maria La Palma" e 478 "I - Alghero", mentre nella Cartografia Tecnica Regionale (C.T.R.) con rilievo aerofotogrammetrico in scala 1: 10.000 ricadono nelle carte 458110, 458120, 458150, 458160, 478030, 478040.

### 3.2 RILIEVI GEOMORFOLOGICI E CARTOGRAFICI

Gli elementi cartografici utilizzati sono costituiti da:

- Carta Tecnica Regionale in formato vettoriale 3D in scala 1:10.000;
- Cartografia aerofotogrammetrica in formato vettoriale 3D in scala 1:2.000 fornita dall'Amministrazione comunale, ove disponibile;
- Modello digitale del terreno (DTM) presente nel portale cartografico della Regione Sardegna con precisione di 1.00 m, ove disponibile;
- Ortofoto aggiornate all'anno 2010;
- Carta di uso del suolo della Regione Sardegna aggiornata all'anno 2008 disponibile nel sito ufficiale.

Per l'individuazione delle aste fluviali è stato utilizzato il layer del database multiprecisione della Regione Sardegna (DBG10K - elemento idrico), confrontato con i riscontri in campo e con le altre cartografie disponibili. Tra tali elementi sono inclusi prevalentemente i corsi d'acqua naturali ma anche canali artificiali a cielo aperto, rilevanti per le potenzialità di trasporto in caso di piena.

Validi riferimenti cartografici sono stati inoltre forniti dallo strumento di consultazione via web dai portali di Google Earth e Bing Maps che, pur non essendo estraibili georeferenziati, sono stati integrati negli strumenti GIS di supporto alle attività di rilievo, fornendo la rappresentazione a colori dell'area di studio in momenti successivi e contribuendo a risolvere alcuni dubbi interpretativi.

La base di dati necessaria per la costruzione del modello matematico del terreno è stata integrata con rilievi topografici in campo, descritti al paragrafo seguente.

Dal complesso della base dati predisposta, sono state acquisite le geometrie planimetriche riferibili ai seguenti elementi che caratterizzano l'alveo:

- **alveo attivo**, inteso come porzione di territorio sede del transito della portata di magra;
- **sponde dell'alveo attivo** intese come tracce lineari indicanti il limite esterno dell'alveo attivo;
- **alveo a piene rive** inteso come porzione di territorio sede del transito della piena ordinaria;

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

- opere idrauliche di difesa sia longitudinali che trasversali;
- opere idrauliche di contenimento dei livelli (argini, muri);
- opere di attraversamento e relativi rilevato di accesso;
- infrastrutture o elementi in rilevato paralleli o interferenti con il corso d'acqua;
- aree di sistemazione fluviale.

Gli elementi territoriali quali curve di livello e punti di quota, nonché le principali linee infrastrutturali, sono stati utilizzati per la costituzione del Modello Digitale del Terreno (DTM) con celle di base di forma quadrata di lato 10 metri in funzione del livello di dettaglio necessario, utile per la delimitazione dei bacini idrografici e la descrizione delle diverse componenti territoriali che influiscono nel processo di trasformazione afflussi-deflussi.

Per la costruzione dei modelli matematici dei corsi d'acqua utilizzati nelle simulazioni, sono stati costruiti DTM con celle quadrate di lato 2 - 3 m.

## 4 RILIEVI DI DETTAGLIO

### 4.1 RILIEVI TOPOGRAFICI

I livelli informativi conseguiti con le elaborazioni digitali sono stati integrati con le attività di rilevamento in campo, sviluppate prevalentemente in corrispondenza di singolarità quali:

- attraversamenti stradali o pedonali;
- luci di passaggio e tombature di vario genere;
- arginature e opere di difesa longitudinali;
- rilevati trasversali alla corrente;
- manufatti o fabbricati in alveo o in prossimità di esso;
- tratti del corso d'acqua particolarmente incogniti o poco definiti dalla cartografia digitale disponibile;
- elementi materiali non segnalati nella cartografia disponibile ma presenti e influenti nella dinamica evolutiva del corso d'acqua.

Le attività di rilevamento in campo sono state effettuate prevalentemente mediante l'utilizzo di ricevitore mobile GPS, in grado di connettersi tramite linea GSM alla Rete di Stazioni Permanenti GNSS (Global Navigation Satellite System) della società TopCon, distribuite sul territorio della Sardegna; in alcuni casi, ove non è stato possibile disporre di una ricezione satellitare adeguata, è stata impiegata una stazione totale TopCon GTS-226.

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

Le misure locali dei manufatti sono state effettuate con l'ausilio di distanziometri laser e con strumenti tradizionali.

Il rilievo in campo è stato indispensabile nella costruzione dei modelli matematici delle aste fluviali per compensare le accennate lacune insite nella cartografia aerofotogrammetrica in particolare per quanto attiene i seguenti elementi:

- parti di alveo maggiormente incise e scarsamente definite;
- parti di alveo pianeggianti ed estese le cui variazioni altimetriche non sono individuate;
- manufatti di attraversamento stradale e acquedottistici;
- tombinature di vario genere.

I sopralluoghi in campo hanno consentito di risolvere i dubbi interpretativi soprattutto laddove interventi artificiali sul corso d'acqua e l'influenza delle infrastrutture hanno agito in maniera determinante nel condizionamento dei deflussi in piena.

Le opere di attraversamento e le opere idrauliche rilevate sono descritte nel *report* dei rilievi, dove sono riportate per ciascun attraversamento rilevato l'ubicazione geografica tramite foto satellitare, l'individuazione nell'asta principale, la descrizione della geometria e delle caratteristiche costitutive e le immagini fotografiche.

## 5 ANALISI DEI BACINI IDROGRAFICI E METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE

### 5.1 PREMESSA

Per ciascun bacino o sottobacino studiato, è stato elaborato lo studio idrologico finalizzato alla valutazione delle portate di piena per i tempi di ritorno previsti dal PAI, ovvero: 50-100-200-500 anni.

Il lavoro è stato sviluppato in conformità alle prescrizioni delle Linee Guida del PAI e con l'utilizzo di elaborazioni numeriche in ambiente GIS per la descrizione ed interazione delle diverse componenti territoriali coinvolte nel processo di trasformazione afflussi-deflussi.

Per ciascun elemento studiato, sono state elaborate le seguenti fasi di lavoro:

- Predisposizione della cartografia numerica e redazione del Modello Digitale delle quote (DEM);
- Individuazione dei bacini idrografici e del reticolo superficiale;

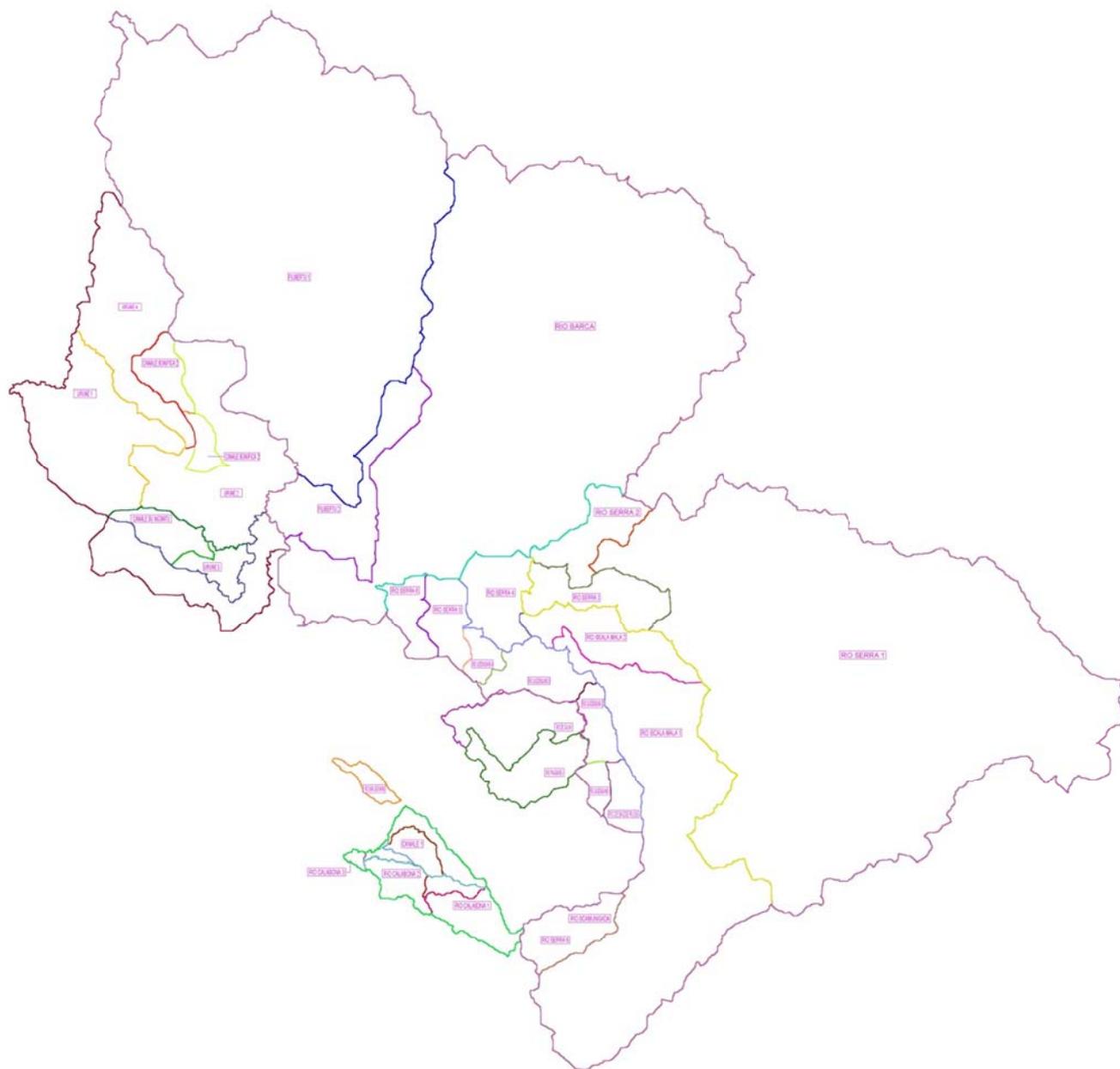
## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

- Implementazione delle componenti geolitologiche, pedologiche e di uso del suolo; redazione della carte tematiche;
- Attribuzione dei coefficienti CN (Curve Number) necessari per determinare il grado di permeabilità delle superfici contribuenti;
- Calcolo dell'altezza di pioggia che dà origine alle portate superficiali;
- Valutazione del tempo di corrivazione e calcolo delle portate di piena.



**Figura 1 – I bacini idrografici studiati**

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

#### 5.2 CALCOLO DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA

L'intensità di precipitazione  $i(t, T)$ , che determina la massima portata di piena (intensità critica) è stata valutata in funzione della curva di possibilità pluviometrica che esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione  $t$ , per un assegnato tempo di ritorno  $T$ .

Tale curva ha come espressione matematica:

$$h = i \cdot t = a \cdot t^n$$

Per la derivazione delle curve di possibilità pluviometrica è stato adottato il modello probabilistico TCEV, che ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche per la Sardegna<sup>1</sup>.

La procedura richiede di individuare:

- le sottozone omogenee, per i bacini in esame risultano essere le seguenti:
  - o SZO 2 per i bacini situati a Nord-Ovest;
  - o SZO 1 per gli altri bacini.
- la pioggia indice giornaliera  $\mu_g$  per l'area in esame risulta essere:
  - o  $\geq 55$  mm per i bacini situati a Nord-Ovest;
  - o  $\geq 50$  mm per gli altri bacini.
- i tempi di ritorno sono minori di un ora per i bacini più piccoli ( $\tau < 1$ )
- per tutti gli altri bacini i tempi di ritorno sono maggiori di un ora ( $\tau > 1$ )

L'altezza di pioggia  $h$  di durata  $t$  con assegnato tempo di ritorno  $T$  in anni si ottiene dalla formula:

$$h(t) = (a_1 a_2) t^{(n_1+n_2)}$$

dove i coefficienti  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $n_1$  e  $n_2$  si determinano con le relazioni differenti, indicate nella metodologia ufficiale del P.A.I. della Regione Sardegna, con differenti parametri dipendenti dalla sottozona in cui ricadono i singoli sub-bacini idrografici analizzati (SZO 1 e SZO 2).

---

<sup>1</sup> Deidda R., Piga E., Sechi G., *Confronto tra alcuni modelli regionali per la valutazione della pioggia indice*. D.I.T., Quaderni di ricerca, n. 13, Cagliari, 1997.

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

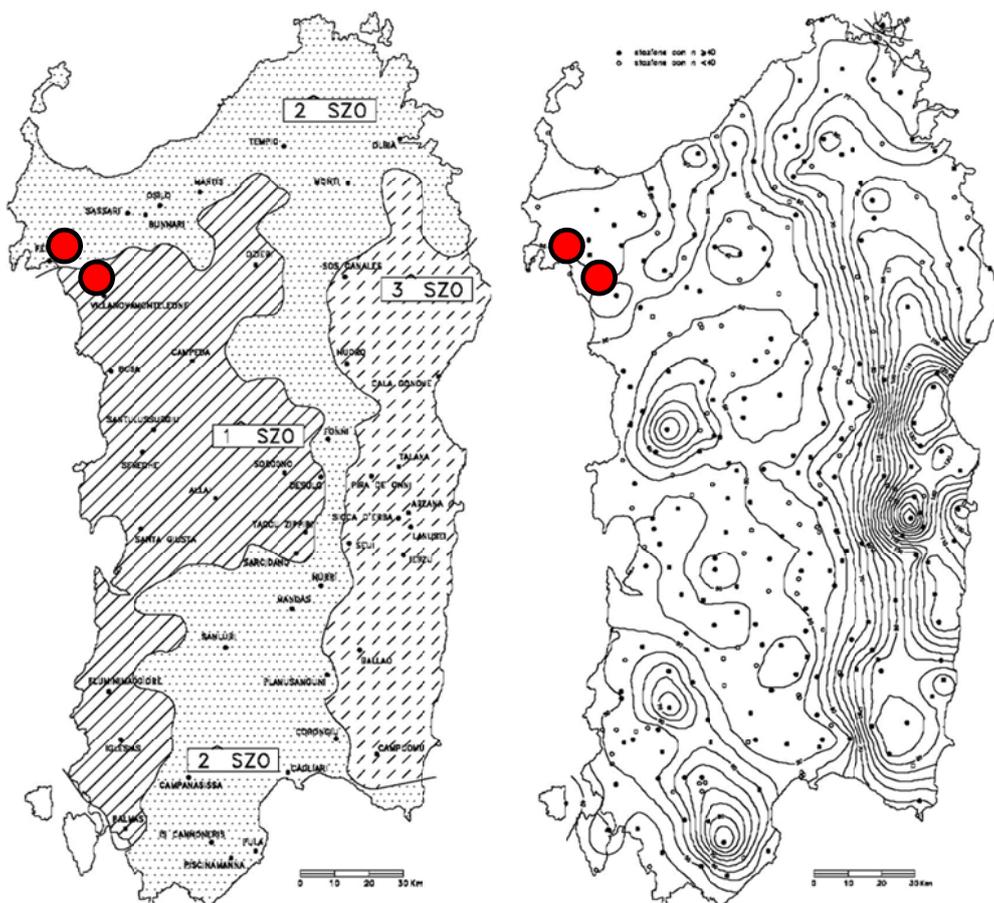


Figura 2 - carta delle sottobacini (a sinistra) e delle isoiete (a destra); in rosso le zone di interesse

### 5.3 CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA

Le portate al colmo nelle sezioni di chiusura dei differenti sottobacini sono state valutate sulla base di quanto indicato nelle “Linee guida per l’attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia” del PAI. Data la mancanza di valori di portata osservati, la stima della portata di piena è stata determinata attraverso la metodologia indiretta (Formula Razionale) per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

Col metodo indiretto noto come Formula Razionale la portata di piena è espressa dal prodotto tra l’intensità di precipitazione,  $i$ , di assegnata durata  $t$  e periodo di ritorno  $T$ , il coefficiente di assorbimento  $\Phi$ , la superficie del bacino  $A$  e il coefficiente di laminazione  $\varepsilon$ :

$$Q = \varepsilon \Phi i A$$

In accordo con le suddette linee guida è stato calcolato il coefficiente di ragguglio della precipitazione all’area del bacino secondo le formule:

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

$$r = 1 - (0.0394 \cdot A^{0.354})d^{(-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(A)))} \text{ per } A < 20 \text{ km}^2$$

$$r = 1 - (0.0394 \cdot A^{0.354})d^{(-0.40+0.003832 \ln(4.6-\ln(A)))} \text{ per } A > 20 \text{ km}^2$$

Tuttavia nella scelta delle portate da utilizzare per le simulazioni, considerata la modesta superficie dei bacini idrografici in esame, si è preferito non adottare la riduzione dovuta al ragguaglio all'area.

Il metodo prevede il calcolo dell'intensità di precipitazione  $i$  per una durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$ .

Il tempo di corrivazione è stato valutato attraverso un confronto critico tra i risultati delle formulazioni riportate nella Tabella 2 seguente.

La formula SCS richiede la valutazione del parametro di assorbimento CN (curve number). I valori di questo parametro sono stati determinati per le sezioni idrologiche d'interesse facendo riferimento alla metodologia SCS-CN in funzione della tipologia pedologica e di uso del suolo del bacino in esame. Operando a favore di sicurezza, si è scelta la classe di uso del suolo "D" con il più alto potenziale di scorrimento e una bassissima capacità di infiltrazione.

Al fine di ricavare il Curve Number medio di ciascun sottobacino si è effettuata l'analisi della carta dell'uso del suolo della regione Sardegna pubblicata nell'anno 2008 e reperita presso il sito comprendete la cartografia ufficiale della regione Sardegna <http://sardegna.territorio.it>.

La vegetazione, o l'uso del suolo in senso lato, esercita una grande influenza sui processi idrologici analizzati alla scala di bacino: da essa dipendono i volumi di precipitazione intercettati e quelli evapotraspirati, ed essa stessa è un fattore primario nella determinazione del comportamento idrologico e idraulico degli strati di suolo più superficiali, soprattutto in relazione alla conducibilità idrica o permeabilità. La disponibilità di una carta dell'uso del suolo che sia la più accurata possibile si rivela, quindi, fondamentale ai fini di fornire adeguati input ai modelli di previsione idrologica.

La stesura della carta d'uso del suolo è avvenuta principalmente attraverso due fasi: l'individuazione delle classi di vegetazione secondo la classificazione CORINE (*COoRdination of INformation on Environment*) e la verifica della perimetrazione delle stesse su cartografia digitale. All'interno delle classi d'uso del suolo sono state incluse le tipologie di vegetazione che potessero avere caratteristiche il più possibile omogenee: occorre comunque considerare che, nella definizione di classe, si è tenuto conto solo parzialmente dei criteri botanici, mentre si è data maggior enfasi alle influenze della vegetazione sul ciclo idrologico, sia in termini di volume di pioggia intercettati, sia in termini di indici di scabrezza.

**COMUNE DI ALGHERO (SS)**

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

**RELAZIONE GENERALE**

**Tabella 2 - Formule per il calcolo dei tempi di corrivazione**

|           |  |          |
|-----------|--|----------|
| SCS       | $t_c = 1.67 \cdot \frac{100L^{0.8} \cdot [(1000/CN) - 9]^{0.7}}{1900 \cdot \sqrt{i_b}}$ <p>L = lunghezza asta principale in piedi, <math>i_b</math> = pendenza media del bacino in %, CN = curve number</p>  | [minuti] |
| GIANDOTTI | $t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 15 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}}$ <p>H0 = quota sez. chiusura in m, Hm = quota media del bacino in m<br/>A = area del bacino in Km2 , L = lunghezza asta principale in Km</p>   | [Ore]    |
| PASINI    | $t_c = 0.108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{J_m}}$ <p>A = area del bacino in Km<sup>2</sup> , L = lunghezza asta principale in Km,<br/>J<sub>m</sub> = pendenza media del reticolo idrografico</p>   | [Ore]    |
| VAPI      | $t_c = 0.212 \cdot A^{0.231} \cdot \left( \frac{H_m - H_0}{J_m} \right)^{0.289}$ <p>A = area del bac. in Km<sup>2</sup>, J<sub>m</sub> = pend. media del reticolo idrografico<br/>H<sub>0</sub> = quota sezione chiusura, H<sub>m</sub> = quota media del bacino</p> | [Ore]    |
| KIRPICH   | $t_c = 0.000325 \cdot L^{0.77} \cdot i_b^{-0.385}$ <p>L = lunghezza asta principale in piedi, <math>i_b</math> = pendenza media del bacino in %,</p>   | [Ore]    |
| VIPARELLI | $t_c = \frac{L}{3600 \cdot v_m}$ <p>L = lunghezza asta principale in piedi, <math>v_m</math> = velocità media della corrente (imposta 1.5 m/s)</p>   | [Ore]    |

Nell'ambito del progetto CORINE Land Cover, è stata realizzata una cartografia della copertura del suolo, con una legenda di 44 voci su 3 livelli gerarchici, riferita ad unità spaziali omogenee o composte da zone elementari appartenenti ad una stessa classe, di superficie significativa rispetto alla scala, nettamente distinte dalle unità che le circondano e sufficientemente stabili per essere destinate al rilevamento di informazioni più dettagliate. Il primo dei livelli gerarchici comprende 5 voci generali che abbracciano le maggiori categorie di copertura sul pianeta, ovvero territori modellati artificialmente, territori agricoli, territori boscati e ambienti semi-naturali, zone umide e corpi idrici. Il secondo livello contiene 15 voci ed il terzo 44 voci. Questi ultimi sono rappresentabili

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

in scala di dettaglio. La conoscenza dettagliata degli utilizzi del suolo è impiegata nel presente studio per diversi scopi. La discriminazione in zone con diverso utilizzo del suolo è utile nella stima degli indici di scabrezza e nella determinazione delle caratteristiche idrologiche di infiltrazione superficiale.

I valori di CN(II) per la categoria di suolo D adottati per ogni classe presente all'interno della carta dell'uso del suolo sono elencati nella seguente tabella:

**Tabella 3** - Valori del CNII associati alle diverse categorie di uso del suolo

| TIPOLOGIA DI TERRENO  | CNII |
|---|------|
| Arboricoltura con essenze forestali di latifoglie   | 83   |
| Aree a pascolo naturale   | 89   |
| Aree a ricolonizzazione artificiale   | 89   |
| Aree a ricolonizzazione naturale  | 89   |
| Aree aeroportuali ed eliporti   | 98   |
| Aree agroforestali  | 83   |
| Aree archeologiche  | 93   |
| Aree con vegetazione rada   | 89   |
| Aree estrattive   | 85   |
| Aree portuali   | 98   |
| Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti              | 89   |
| Aree verdi urbane   | 84   |
| Bacini artificiali  | 100  |
| Boschi di conifere  | 83   |
| Boschi di latifoglie  | 83   |
| Boschi misti di conifere e latifoglie   | 83   |
| Campeggi, aree sportive e parchi di divertimento  | 84   |
| Cantieri  | 93   |
| Cimiteri  | 84   |
| Colture in serra  | 86   |
| Colture temporanee associate ad altre colture permanenti (pascoli e seminativi arborati con copertura d | 89   |
| Colture temporanee associate al vigneto   | 89   |
| Colture temporanee associate all'olivo  | 89   |
| Discariche  | 93   |
| Fiumi, torrenti e fossi   | 100  |
| Formazioni di ripa non arboree  | 86   |
| Formazioni vegetali basse e chiuse, stabili, composte principalmente di cespugli, arbusti e piante erba | 86   |
| Frutteti e frutti minori  | 89   |
| Gariga  | 89   |

**COMUNE DI ALGHERO (SS)**

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

**RELAZIONE GENERALE**

| TIPOLOGIA DI TERRENO   | CNII |
|--|------|
| Impianti a servizio delle reti di distribuzione (telecomunicazioni/energia/idriche)              | 98   |
| Insedimenti industriali/artigianali e commerciali, con spazi annessi                             | 98   |
| Insedimento di grandi impianti di servizi  | 98   |
| Lagune, laghi e stagni costieri a produzione ittica naturale                                     | 100  |
| Letti di torrenti di ampiezza superiore a 25 m   | 100  |
| Macchia mediterranea   | 83   |
| Oliveti  | 89   |
| Paludi interne   | 100  |
| Paludi salmastre   | 100  |
| Pareti rocciose e falesie  | 98   |
| Pioppeti, saliceti, eucalitteti ecc anche in formazioni miste                                    | 83   |
| Prati artificiali  | 78   |
| Prati stabili  | 78   |
| Reti ferroviarie comprese le superfici annesse (stazioni, smistamenti, depositi ecc)             | 98   |
| Reti stradali e spazi accessori (svincoli, stazioni di servizio, aree di parcheggio ecc)         | 98   |
| Seminativi in aree non irrigue   | 89   |
| Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo   | 91   |
| Sistemi colturali e particellari complessi   | 89   |
| Spiagge di ampiezza superiore a 25 m   | 98   |
| Sugherete (popolamenti puri di querce da sughera con copertura >25% con evidenti cure colturali) | 83   |
| Tessuto agro-residenziale sparso e fabbricati rurali a carattere tipicamente agricolo o rurale   | 85   |
| Tessuto discontinuo (extraurbano)  | 85   |
| Tessuto residenziale compatto e denso  | 92   |
| Tessuto residenziale rado  | 85   |
| Vigneti  | 89   |
| Vivai  | 86   |

Estrapolate le diverse tipologie di aree all'interno di ogni sottobacino, è stata effettuata una media pesata (con peso il valore in mq dell'area di uso del suolo omogeneo) al fine di definire il CN(II) medio con la seguente formula:

$$CN(II)_{medio} = \frac{\sum CN(II)_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

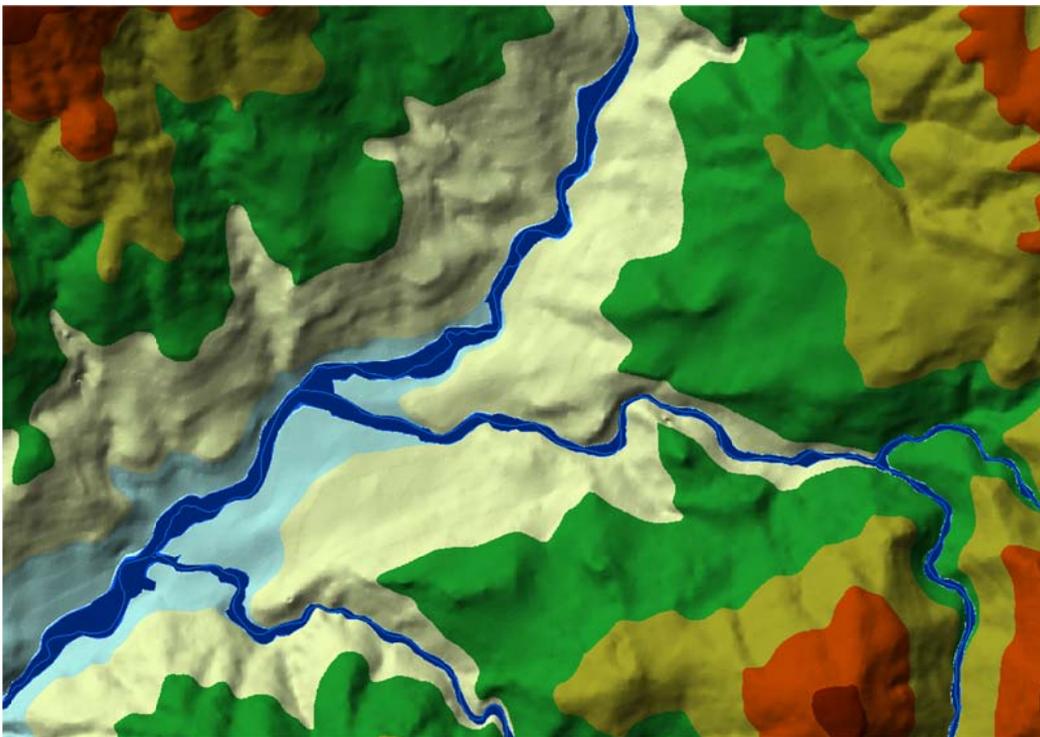
### RELAZIONE GENERALE

nella quale  $CN(II)_i$  è il valore del  $CN(II)$  riguardante l'iesima area a cui è associato uno specifico uso del suolo, mentre  $A_i$  è il valore dell'area stessa in mq.

Tali valori sono stati poi cautelativamente incrementati relazionandoli allo stato di imbibizione del terreno prima dell'evento di piena. Si è considerata infatti la presenza di una pioggia superiore a 50 mm nei 5 giorni antecedenti l'evento di piena (classe A.M.C. III – pioggia totale nei cinque giorni precedenti l'evento). Il nuovo valore di  $CN$ , che tiene conto di tale considerazioni, è denominato  $CN(III)$ . La formula che lega il  $CN(II)$  al  $CN(III)$  è la seguente (formulazione di Chow - Applied Hydrology):

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)}$$

Si sono così ottenuti i valori del  $CN$  effettivamente utilizzati per il calcolo dei tempi di corrivazione per i diversi bacini analizzati, ovvero quelli che prevedono il terreno in condizioni di massima saturazione<sup>2</sup>. Le altre grandezze geometriche necessarie a definire il tempo di corrivazione per le quattro formulazioni utilizzate, sono state ricavate attraverso l'elaborazione cartografica con GIS open source del modello digitale del terreno (*D.E.M. Digital Elevation Model*) con celle di passo 10 m realizzato a partire dalle curve di livello e i punti quotati della Carta Tecnica Regionale.



**Figura 3** – esempio di Modello Digitale del Terreno con i campi di quota

---

<sup>2</sup> Il valore del  $CN$  III è stato altresì calcolato anche con le Formulazioni di Arnold, Hawkins e Sobhani, riscontrando valori molto simili.

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

In particolare sono state ricavate le seguenti grandezze geometriche:

- superficie del bacino: espressa in Km<sup>2</sup> valutata come area del poligono chiuso che definisce ciascun bacino idrografico;
- altitudine massima, media e minima: espresse in metri sono state valutate sulla base dell'analisi del DEM
- lunghezza dell'asta: espressa in m, è stata valutata con l'ausilio dello strato rappresentante l'idrografia della regione Sardegna presente sul database multi precisione consultabile nel sito [www.sardegna territorio.it](http://www.sardegna territorio.it)

Da una successiva elaborazione del D.E.M. si è ottenuta la carta delle pendenze.

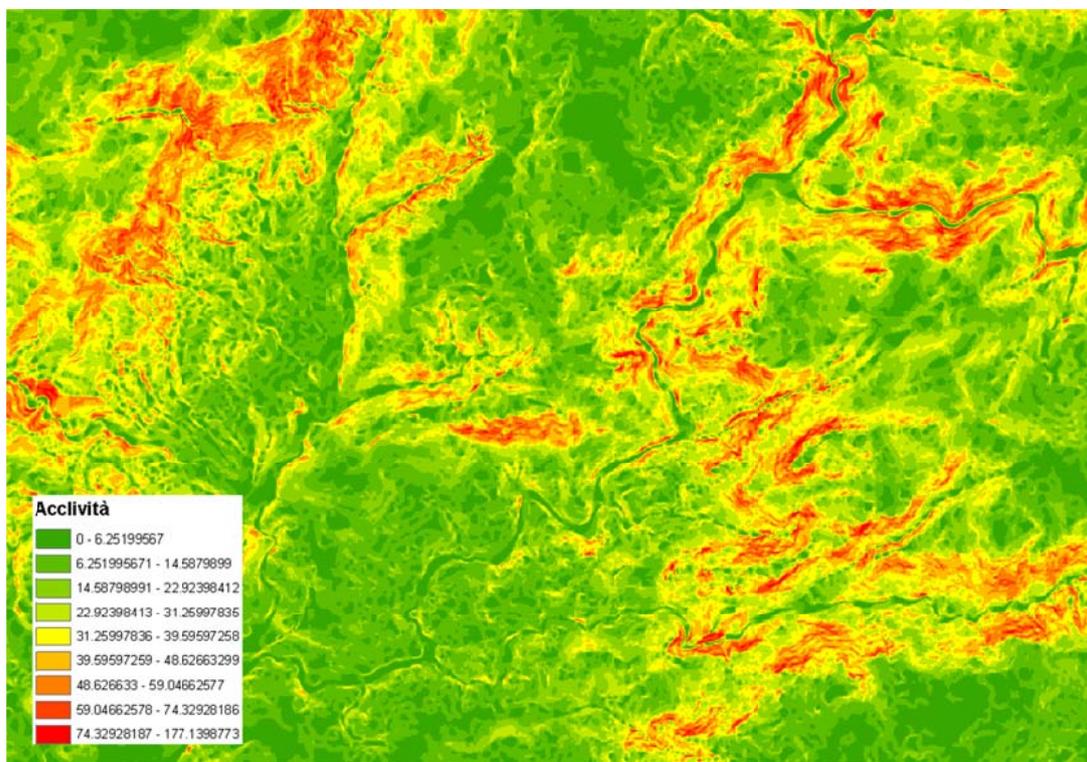


Figura 4 – Esempio di Carta delle pendenze

Con l'ausilio di tale carta digitale è stato possibile ricavare le seguenti grandezze geometriche:

- pendenza media del bacino: espressa in % è stata ottenuta come media matematica delle pendenze delle differenti celle contenute all'interno dei poligoni rappresentanti ciascun bacino;
- pendenza media dell'asta: espressa in m/m ottenuta dall'intersezione tra lo *shape* contenente le aste fluviali e la carta delle pendenze.

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

Dall'analisi dei risultati ottenuti per il calcolo del **tempo di corrivazione** con le formule utilizzate e illustrate nella tabella, si è adottato nella maggior parte dei casi il valore ottenuto con il **metodo SCS**, che in quasi tutti i casi è risultato il più basso e in tal senso maggiormente cautelativo.

Il valore del coefficiente di assorbimento o di deflusso  $\Phi$  è stato calcolato con il metodo del SCS-Curve Number<sup>3</sup> che permette di ricavare la pioggia netta in base all'espressione:

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I_a)^2}{(h_{lorda} + S - I_a)}$$

dove  $h_{lorda}$  è la pioggia stimata dalle curve di possibilità pluviometrica, S (in mm) rappresenta l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione:

$$S = 254 \cdot \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

e  $I_a$  è l'assorbimento iniziale, legato empiricamente al parametro S dalla relazione:

$$I_a = 0.2 S.$$

#### 5.4 METODOLOGIA DI ANALISI IDRAULICA

I calcoli idraulici necessari per individuare le aree di allagamento associate alle portate di progetto, sono stati sviluppati con l'ausilio del codice di calcolo HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System del U.S. Army) che consente di costruire il modello matematico delle aste fluviali in esame, rappresentandone anche gli elementi singolari, quali manufatti di attraversamento (ponti e tombinate), pile ed altre ostruzioni presenti in alveo, arginature, soglie, sfioratori e ricavare i profili della corrente in moto permanente determinati dalle portate di progetto. Tra gli output ricavati, i livelli della superficie libera nelle sezioni trasversali consentono di individuare le aree occupate dalla corrente idraulica durante l'evento di piena.

La modellazione avviene attraverso l'inserimento di sezioni trasversali alla direzione di scorrimento dell'asta fluviale, rappresentanti la morfologia del terreno ed estese lungo le sponde in misura sufficiente da contenere i tiranti idrici; le sezioni contengono le informazioni geometriche e quelle inerenti il parametro "n" di scabrezza associato a ciascun tratto ritenuto omogeneo.

---

<sup>3</sup> U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE – SOIL CONSERVATION SERVICE, SCS National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology, pp. 10.1÷24, Washington, D.C., U.S.A., 1972.

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

Per ogni sezione trasversale sono precisamente individuate tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e le due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

La geometria dei corsi d'acqua definita dal profilo planimetrico dell'alveo, dalle sezioni trasversali e dai manufatti di attraversamento è stata definita sulla base della cartografia numerica a disposizione integrata da rilievi di dettaglio effettuati appositamente in prossimità delle singolarità del tracciato.

Lungo ciascuna sezione trasversale sono individuati i tratti con scabrezza omogenea, in funzione dei differenti tipi di copertura del suolo; i valori di scabrezza relativi sono stati assegnati sulla base della cartografia dell'uso del suolo disponibile nel sito della regione Sardegna <http://www.sardegna.territorio.it>. In particolare a ciascuna categoria di uso del suolo presente nella cartografia utilizzata sono stati attribuiti, con riferimento a dati presenti in letteratura tecnica<sup>4</sup>, specifici valori di scabrezza variabili da 0.01 a 0.35.

In tabella 3 sono stati elencati nello specifico i valori di scabrezza utilizzati ai fini del calcolo idraulico.

**Tabella 4** - Valori di scabrezza per le differenti classi di uso del suolo

| CLASSI DELL'USO DEL SUOLO  | SCABREZZA |
|--|-----------|
| Arboricoltura con essenze forestali di latifoglie  | 0.1       |
| Aree a pascolo naturale  | 0.035     |
| Aree a ricolonizzazione artificiale  | 0.035     |
| Aree a ricolonizzazione naturale   | 0.035     |
| Aree aeroportuali ed eliporti  | 0.016     |
| Aree agroforestali   | 0.1       |
| Aree archeologiche   | 0.025     |
| Aree con vegetazione rada  | 0.07      |
| Aree estrattive  | 0.025     |
| Aree portuali  | 0.016     |
| Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti | 0.035     |
| Aree verdi urbane  | 0.035     |
| Bacini artificiali   | 0.03      |
| Bacini naturali  | 0.03      |
| Boschi di conifere   | 0.15      |

<sup>4</sup> Ven Te Chow, Applied Hydrology, Mc-Graw Hill, 1988 .

**COMUNE DI ALGHERO (SS)**

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

**RELAZIONE GENERALE**

| <b>CLASSI DELL'USO DEL SUOLO</b>  | <b>SCABREZZA</b> |
|---|------------------|
| Boschi di latifoglie  | 0.15             |
| Boschi misti di conifere e latifoglie   | 0.15             |
| Campeggi, aree sportive e parchi di divertimento  | 0.035            |
| Cantieri  | 0.025            |
| Cimiteri  | 0.035            |
| Colture in serra  | 0.035            |
| Colture temporanee associate a colture permanenti   | 0.035            |
| Colture temporanee associate ad altre colture permanenti  | 0.035            |
| Colture temporanee associate al vigneto   | 0.35             |
| Colture temporanee associate all'olivo  | 0.035            |
| Discariche  | 0.025            |
| Fiumi, torrenti e fossi   | 0.03             |
| Formazioni di ripa non arboree  | 0.05             |
| Formazioni vegetali basse e chiuse, stabili, composte principalmente di cespugli, arbusti e piante erba | 0.05             |
| Frutteti e frutti minori  | 0.035            |
| Gariga  | 0.05             |
| Impianti a servizio delle reti di distribuzione (telecomunicazioni/energia/idriche)                     | 0.016            |
| Insedimenti industriali/artigianali e commerciali, con spazi annessi                                    | 0.016            |
| Insedimento di grandi impianti di servizi   | 0.016            |
| Lagune, laghi e stagni costieri a produzione ittica naturale  | 0.03             |
| Letti di torrenti di ampiezza superiore a 25 m  | 0.03             |
| Macchia mediterranea  | 0.1              |
| Oliveti   | 0.035            |
| Paludi interne  | 0.03             |
| Paludi salmastre  | 0.03             |
| Pareti rocciose e falesie   | 0.015            |
| Pioppeti, saliceti, eucalitteti ecc anche in formazioni miste   | 0.15             |
| Prati artificiali   | 0.035            |
| Prati stabili   | 0.035            |
| Reti ferroviarie comprese le superfici annesse (stazioni, smistamenti, depositi ecc)                    | 0.04             |
| Reti stradali e spazi accessori (svincoli, stazioni di servizio, aree di parcheggio ecc)                | 0.016            |
| Seminativi in aree non irrigue  | 0.04             |
| Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo  | 0.04             |

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

| CLASSI DELL'USO DEL SUOLO  | SCABREZZA |
|--|-----------|
| Sistemi colturali e particellari complessi   | 0.035     |
| Spiagge di ampiezza superiore a 25 m   | 0.03      |
| Sugherete (popolamenti puri di querce da sughera con copertura >25% con evidenti cure colturali) | 0.15      |
| Tessuto agro-residenziale sparso e fabbricati rurali a carattere tipicamente agricolo o rurale   | 0.016     |
| Tessuto discontinuo (extraurbano)  | 0.016     |
| Tessuto residenziale compatto e denso  | 0.016     |
| Tessuto residenziale rado  | 0.016     |
| Vigneti  | 0.035     |
| Vivai  | 0.04      |

Il profilo di moto permanente è stato determinato numericamente per differenze finite risolvendo le equazioni dell'idraulica con condizioni al contorno specifiche per i tratti di alveo studiati.

Per la definizione delle singolarità sono state utilizzate le **funzioni specifiche** denominate "Bridge" e "Culvert" per rappresentare i ponti e viadotti stradali nonché i sottopassi stradali e ferroviari trasversali alla corrente, la funzione "Leeve" per rappresentare le arginature, la funzione "Ineffective flow area" per rappresentare le zone laterali al canale principale occupate dall'acqua con velocità molto basse, sostanzialmente non contribuenti alla corrente monodimensionale e situate a ridosso dei manufatti o terrapieni. In corrispondenza delle confluenze tra aste differenti è stata utilizzata la funzione "Junction", che funge da condizione al contorno "interna" ai gruppi di aste appartenenti ad un unico modello di calcolo.

Le simulazioni sono state sviluppate in corrente mista o lenta, assegnando di volta in volta le condizioni al contorno pertinenti ai tratti studiati; in corrispondenza di confluenze tra aste differenti, la condizione al contorno è "interna" al gruppo di aste appartenenti allo stesso modello e rappresentata dalla stessa funzione "junction".

#### 5.5 MAGGIORI CRITICITA' IN ESITO ALLE SIMULAZIONI

Le elaborazioni su modello hanno consentito di mettere in luce le criticità presenti nel territorio comunale; in generale si segnalano alcune problematiche in verità molto diffuse nel territorio regionale, ovvero:

- innalzamenti del pelo libero verso monte (profilo di rigurgito) in corrispondenza dei passaggi attraverso luci, soglie o restringimenti presenti in corrispondenza degli

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

attraversamenti interferenti con il reticolo idrografico, principalmente le strade provinciali e comunali e talvolta anche le statali. La criticità è acuita dalla scarsissima manutenzione rispetto alla vegetazione presente all'imbocco e allo sbocco dai manufatti, che comporta l'ulteriore riduzione delle sezioni trasversali in corrispondenza degli attraversamenti;

- presenza di vari settori con ristagno idrico dovuto alle scarse pendenze, in particolare nella zona delle cosiddette bonifiche, lungo il Rio Serra e lungo il Rio Calvia

Considerando situazioni di maggiore dettaglio lungo i corsi d'acqua studiati le situazioni cui porre maggiore attenzione sono le seguenti:

- **Zona Nord-Ovest:** area delle bonifiche, il cui drenaggio è assicurato dai canali artificiali che si immettono nei corpi idrici naturali; l'estensione delle aree di allagamento è particolarmente significativa nel tratto di monte del Canale Urune, a causa della modesta pendenza del reticolo di canali e della morfologia sostanzialmente pianeggiante delle aree circostanti che induce ristagno idrico, in presenza di portate molto elevate (comprese tra 66 e 340 mc/s).;
- **Zona Nord-Est:** settore del rio Iscala Mala e del Rio Serra, ove sono presenti edifici residenziali e agricoli sparsi e viabilità secondaria interessati da aree Hi4; in particolare gli attraversamenti stradali sono quasi ovunque insufficienti al transito delle portate di piena calcolate
- **Zona Sud-Est:** settore del rio Calvia e del Rio Carrabuffas, sede di edifici residenziali e agricoli sparsi e viabilità secondaria interessati da aree Hi4; anche nel presente caso gli attraversamenti stradali sono quasi ovunque insufficienti al transito delle portate di piena calcolate
- **Settore Sud:** tra gli elementi più significativi oggetto di pericolosità idraulica molto elevata vi sono la viabilità provinciale e comunale e gli edifici a ridosso del Rio Calabona e del Canale di Guardia artificiale situato a protezione dell'abitato, che comunque rappresenta un efficace elemento di riduzione dei potenziali effetti delle piene a carico dell'abitato;
- **Centro abitato:** il principale corso d'acqua che interessa il centro edificato è il **Rio San Giovanni**, il cui tracciato è stato tombato in un canale artificiale proprio nel tratto terminale. Le verifiche del canale, condotte nel rispetto della recente **Direttiva sui canali tombati** esistenti emanata dall'Autorità di Bacino regionale, non sono positive per la mancanza dei franchi idraulici di sicurezza calcolati secondo l'art. 21 delle N.A. del PAI; pertanto il deflusso originato dalle portate pertinenti al **San Giovanni** è stato simulato lungo la superficie dell'edificato, secondo le pendenze del terreno naturale. Ciò ha determinato aree a pericolosità idraulica sino allo sbocco a mare, la cui riduzione potrà avvenire soltanto mediante la realizzazione di una sezione incisa più ampia di quella attuale, unitamente alla

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

parziale eliminazione della copertura. Si evidenzia inoltre la presenza di **altri tratti tombati** anche lungo le **vie Giovanni XXIII, Carducci, della Resistenza, Carrabuffas e Sant'Agostino**, di cui è stata valutata la capacità di trasporto in relazione alle portate del sub-bacino residuo a valle del Canale di Guardia del settore sud-est e tenendo conto che i suddetti tracciati si sviluppano al di sotto di strade urbane e fabbricati residenziali.

Per quanto riguarda la delimitazione delle **aree a pericolosità idraulica** per i tempi di ritorno considerati, il lavoro è stato sviluppato a partire dai risultati delle simulazioni su modello matematico, effettuando la trasposizione sulla cartografia in scala 1:10.000 della traccia planimetrica corrispondente alle aree bagnate dai tiranti idrici; le superfici interessate dalle piene risultano determinate dalle aree per le quali la relativa quota altimetrica è inferiore al battente d'acqua risultante dai calcoli. In una eventuale fase di affinamento e seconda approssimazione, derivante dalla disponibilità di eventuali nuovi rilievi del terreno particolarmente utili nelle zone più pianeggianti, si potrebbero analizzare nel dettaglio condizioni locali che sfuggono alle elaborazioni numeriche e apportare alcune lievi modifiche "fuori calcolo".

Nei tratti dei corsi d'acqua già oggetto di perimetrazione studiati nel presente lavoro di approfondimento, la perimetrazione proposta coesisterà provvisoriamente con quella vigente a partire dall'adozione preliminare da parte dell'Autorità di Bacino; per tali tratti sarà predisposta la configurazione "inviluppo" che include i perimetri più cautelativi delle configurazioni (pianificazione vigente del PAI o del PSFF e presente Studio). Successivamente all'adozione definitiva con la procedura di **Variante ai sensi dell'art. 37 comma 3** lettera b) delle N.A., saranno annullate le aree a pericolosità che esulano dal presente Studio per i tratti studiati mentre resteranno in vigore quelle riferite ad eventuali segmenti non oggetto di approfondimento.

Pertanto, con le procedure descritte sono state definite le Carte della Pericolosità Idraulica, nelle quali si riportano i perimetri e le campiture con tonalità di colore dell'azzurro differenti in funzione del livello di pericolosità da moderato a molto elevato (Hi1-Hi2-Hi3-Hi4).

Per ciascuna asta fluviale sono state tracciate le **sezioni trasversali** lungo l'asta principale, la cui numerazione procede in ordine crescente da valle verso monte in conformità alle regole del programma. Gli **attraversamenti delle aste fluviali** dovuti a viadotti, ponti e sottopassi sono stati identificati con specifiche sigle e classificati in ordine crescente da valle verso monte.

Nell'Allegato "*Simulazioni in moto permanente*" sono riportati per ciascuna asta o sistema di aste fluviali i seguenti contenuti grafici e numerici:

- schemi planimetrici delle aste principali con indicazione delle sezioni trasversali;

## **COMUNE DI ALGHERO (SS)**

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### **RELAZIONE GENERALE**

- profili longitudinali dell'alveo con i profili della superficie libera per le portate con i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni e in taluni casi con l'indicazione delle velocità;
- sezioni trasversali con le indicazioni delle singolarità (ostruzioni, argini, pile, ponti e tombature), della scabrezza e dei livelli raggiunti dai battenti idrici per le portate studiate;
- tabelle riepilogative delle grandezze fisiche e idrauliche.

L'allegato B contiene le tabelle inerenti i risultati dello studio idrologico che ha condotto alla determinazione delle portate di piena per i 4 tempi di ritorno del PAI per ciascun bacino studiato. Per l'analisi idraulica si vedano le simulazioni in moto permanente riportate integralmente negli allegati C-1, C-2, C-3, nonché le Carte di pericolosità idraulica.

## COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

### RELAZIONE GENERALE

## 6 CONCLUSIONI

Lo Studio di Compatibilità Idraulica è stato condotto ai sensi delle N.A. e nel rispetto delle Linee Guida del PAI per l'intero territorio comunale di Alghero. Il lavoro di indagine e approfondimento ha lo scopo di studiare nel dettaglio i corpi idrici presenti nel territorio e non ancora studiati in altri Piani regionali in vigore e accertarne il livello di pericolosità idraulica, individuando le relative aree di allagamento per i tempi di ritorno prescritti e confrontandole con quelle vigenti.

Per ciascun corpo idrico sono stati individuate le criticità provocate da restringimenti, manufatti o ostruzioni di vario tipo, con l'ausilio di strumentazioni per il rilievo in campo (laser, GPS, attrezzature tradizionali) e software specialistici per le elaborazioni numeriche cartografiche e di calcolo.

Le aree a Pericolosità Idraulica ottenute, distinte nei quattro livelli canonici, saranno introdotte dall'Amministrazione Comunale di Alghero nella base cartografica di Piano, e costituiranno uno dei principali riferimenti per il prosieguo dei vari strumenti di pianificazione urbanistica. Esse saranno sottoposte all'approvazione preliminare da parte dell'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico e successivamente potranno essere introdotte nei Piani in corso di aggiornamento o redazione ex-novo, regolando le scelte in materia di urbanistica e indirizzando lo sviluppo e la gestione del territorio. Parallelamente dette nuove aree costituiranno la base per l'attuazione della Variante del PAI a seguito di studio di dettaglio, unitamente alle Carte del Danno potenziale e del Rischio Idraulico che dovranno essere redatte dal Comune di Alghero successivamente all'adozione preliminare delle pericolosità.

Tra le **criticità** individuate emergono quelle relative all'insufficienza degli attraversamenti dei compluvi da parte della viabilità secondaria che generano l'innalzamento dei tiranti idrici verso monte e l'incremento delle superfici allagate. Inoltre si fa osservare che la tipica morfologia pianeggiante induce aree di allagamento molto estese seppur con battenti modesti, in particolare nel settore di monte del Canale Urune, lungo il Rio Calvia, lungo il Rio Serra.

Nel centro abitato sono presenti alcuni tratti tombati le cui sezioni sono insufficienti al trasporto delle portate di piena studiate in condizioni di sicurezza. In particolare si segnala quello del Rio San Giovanni, ma anche i tratti lungo le Vie Papa Giovanni XXIII, della Resistenza, Carducci, Sant'Agostino, Carrabuffas, i cui tempi di ritorno critici sono dell'ordine di 1 anno, ovvero possono funzionare "in pressione" e quindi essere idraulicamente molto pericolosi anche per eventi meteorici frequenti.

Infine si segnala come la fitta rete di strade comunali e rurali richieda un'attenta campagna di monitoraggio e verifica per quanto concerne le interferenze con la rete idrografica al fine di poter

**COMUNE DI ALGHERO (SS)**

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.

Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

**RELAZIONE GENERALE**

prevenire incidenti e danni durante gli eventi meteorici più intensi e al tempo stesso predisporre un piano di interventi strutturali per la mitigazione del rischio idraulico.

i professionisti incaricati