



CIUTAT DE L'ALGUER
CITTA' DI ALGHERO

COMUNE DI ALGHERO

PROVINCIA DI SASSARI



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO ai sensi dell'art.8 comma 2 bis delle N.A. del PAI (rev. 03.05.2018)

Area di indagine: Intero territorio comunale

STUDIO ASSETTO IDRAULICO

ELABORATO :						
RELAZIONE GENERALE						
REVISIONI				ALLEGATO A	SCALA	
n°	MODIFICA	DATA	CTRL		CODICE	
01	Consegna	Ottobre 2019	FC		NOTE	

I Professionisti incaricati :
Ing. Fabio Cambula

Geol. Alessandro Muscas

Arch. Laura Carbini

Il Dirigente
Ing. Michele Fois

Ufficio del Piano Urbanistico
Ing. Fabio E. M. Spurio
Arch. Angelo Manunta
Geom. Franco Cherchi

L'Assessore all'Urbanistica
Dott. Emiliano Piras

Il Sindaco:
Dott. Mario Conoci

COMUNE DI ALGHERO (SS)

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

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

RELAZIONE GENERALE

Sommario

1	PREMESSA E DESCRIZIONE DELLE PROCEDURE AMMINISTRATIVE	2
2	ASPETTI METODOLOGICI GENERALI	2
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO	6
3.1	Inquadramento geografico.....	6
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	12
5.4	METODOLOGIA DI ANALISI IDRAULICA	19
5.5	MAGGIORI CRITICITA' IN ESITO ALLE SIMULAZIONI.....	22
6	CONCLUSIONI	27

COMUNE DI ALGHERO (SS)

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

Studio di Assetto idraulico ai sensi dell'art. 8 comma 2bis 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 Assetto Idraulico esteso all'intero territorio comunale. Lo Studio è stato redatto, unitamente a quello di assetto geologico-geotecnico, ai sensi dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), in occasione di redazione e variazione 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. Il nuovo quadro delle pericolosità idrauliche sarà introdotto nelle ipotesi dei Piani suddetti prima di procedere alla **Variante ai sensi dell'art. 37 comma 3 lettera b)** delle N.A., nell'ambito della quale saranno redatti anche ulteriori elaborati relativi al Danno Potenziale, al Rischio idraulico e le Schede di mitigazione del rischio.

Nel presente lavoro, sono incluse le perimetrazioni di pericolosità idraulica relative al settore del territorio situato a Nord-Ovest, ove è in vigore il cosiddetto **Piano di Conservazione e Valorizzazione delle Bonifiche**, recentemente oggetto di Variante urbanistica e di specifico studio di assetto idraulico di dettaglio, approvato dall'Autorità di Bacino.

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*

COMUNE DI ALGHERO (SS)

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

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

RELAZIONE GENERALE

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.

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.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

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

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

RELAZIONE GENERALE

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.

Complessivamente, considerando anche il lavoro svolto per la sola area delle Bonifiche (Variante del PCVB già approvata), sono stati studiati ex novo **20 corpi idrici** principali suddivisi in **30 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, ricordando 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 Assetto idraulico ai sensi dell'art. 8 comma 2bis 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
1 - Rio del Lazzaretto	Lazzaretto	Asta	NORD-OVEST
2 - Gruppo Canale Urune	090003_78754	Asta	
	090003_FIUME_74342	Asta	
	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		
3 - Gruppo Rio Serra	Rio Badde Ruos	Asta 1	NORD-EST
	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		
4 - Rio Calvia - tratto monte	Rio Calvia	monte	SUD-EST
5 - Rio Paggiasu	paggiassu_asta	paggiassu_asta	
6 - Rio San Giovanni	sangiovanni2_ast	sangiovanni2_ast	CENTRO ABITATO
7 - Gruppo Calabona	72425	Asta	SUD
	75058	Asta	
	Rio Calabona	Asta 1	
	Rio Calabona	Asta 2	
	Rio Calabona	Asta 3	
8 - Gruppo Sa Scamunigada	Rio Crabolu	Asta 1	SUD
	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 km²; il territorio confina con i comuni di Sassari, Olmedo, Uri, Putifigari, Villanova Monteleone.

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.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

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

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

RELAZIONE GENERALE

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;
- 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;

COMUNE DI ALGHERO (SS)

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

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

RELAZIONE GENERALE

- 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.

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.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

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

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

RELAZIONE GENERALE

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 cartografica numerica e redazione del Modello Digitale delle quote (DEM);
- Individuazione dei bacini idrografici e del reticolo superficiale;
- 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.

COMUNE DI ALGHERO (SS)
STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di Assetto idraulico ai sensi dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale
RELAZIONE GENERALE



Figura 1 – I bacini idrografici studiati

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:

COMUNE DI ALGHERO (SS)

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

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

RELAZIONE GENERALE

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

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 Sardegna¹.

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 μ_g per l'area in esame risulta essere:
 - o ≥ 55 mm per i bacini situati a Nord-Ovest;
 - o ≥ 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).

¹ 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 Assetto idraulico ai sensi dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

RELAZIONE GENERALE

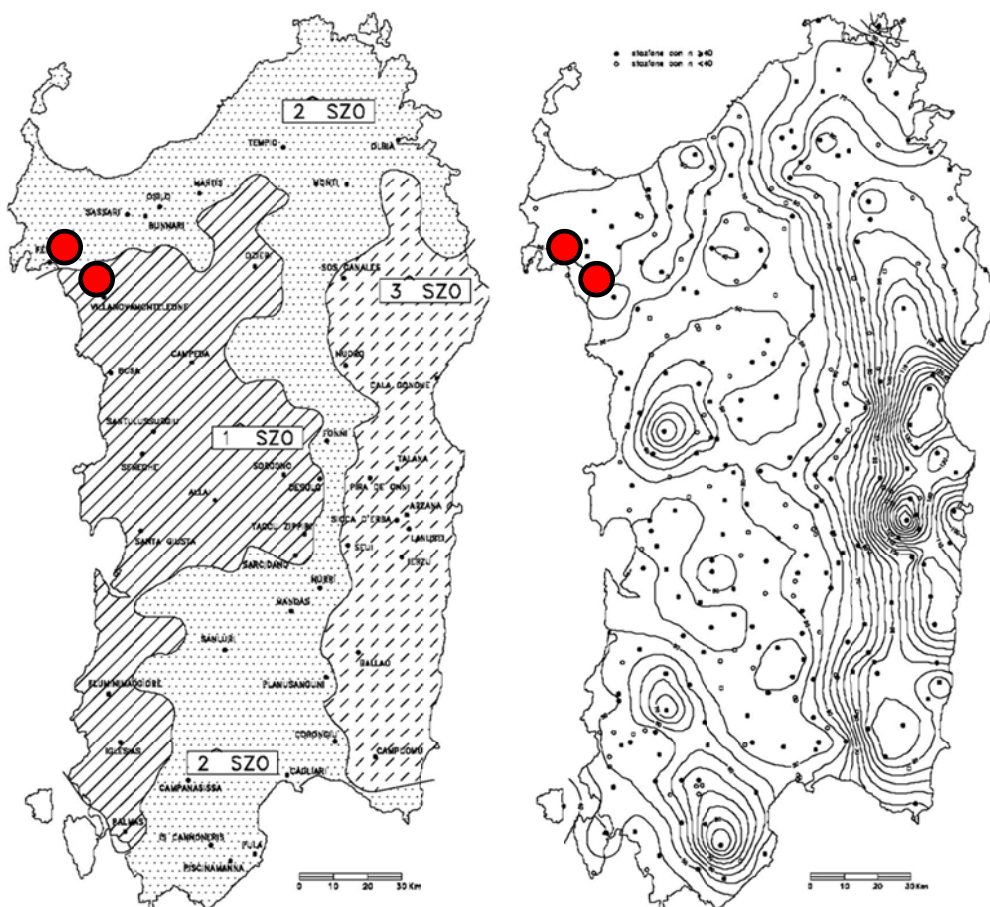


Figura 2 - carta delle sottobacini (a sinistra) e delle isoiete (a destra); in rosso le zone di interesse

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 Φ , la superficie del bacino A e il coefficiente di laminazione ε :

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

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 Assetto idraulico ai sensi dell'art. 8 comma 2bis 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 Assetto idraulico ai sensi dell'art. 8 comma 2bis 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, i_b = 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 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 Km² , L = lunghezza asta principale in Km, Jm = 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 Km², Jm = pend. media del reticolo idrografico H0 = quota sezione chiusura, Hm = 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, i_b = pendenza media del bacino in %,</p>	[Ore]
VIPARELLI	$t_c = \frac{L}{3600 \cdot v_m}$ <p>L = lunghezza asta principale in piedi, v_m = 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 Assetto idraulico ai sensi dell'art. 8 comma 2bis 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 Assetto idraulico ai sensi dell'art. 8 comma 2bis 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 Assetto idraulico ai sensi dell'art. 8 comma 2bis 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 saturazione². 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.

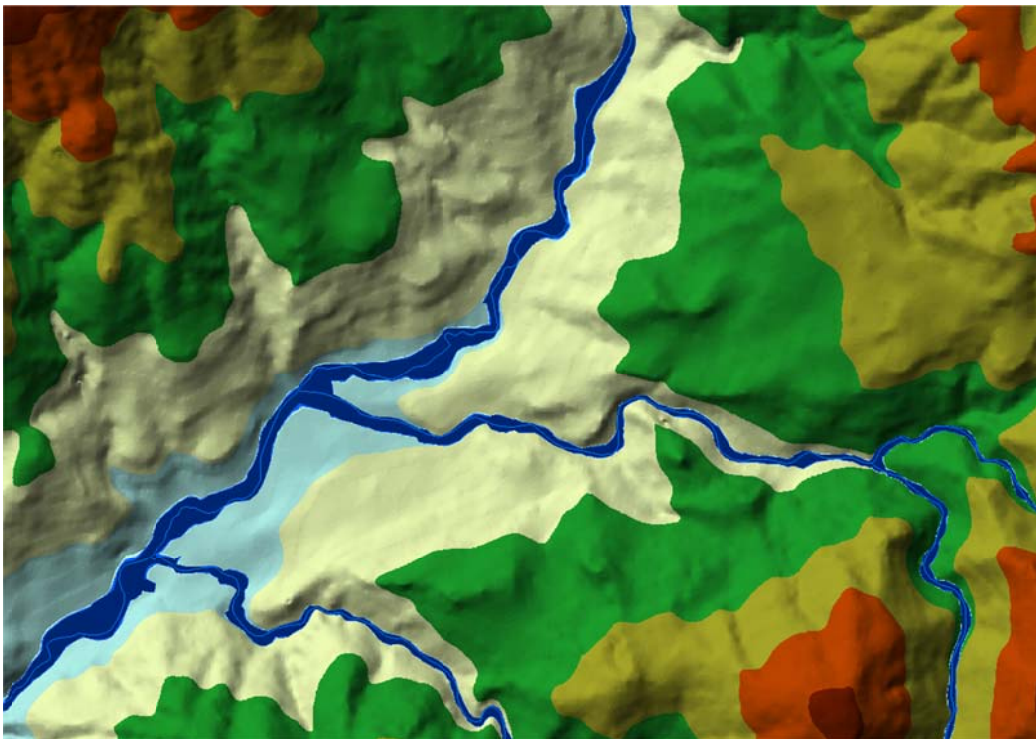


Figura 3 – esempio di Modello Digitale del Terreno con i campi di quota

² 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 Assetto idraulico ai sensi dell'art. 8 comma 2bis 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 Km² 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

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

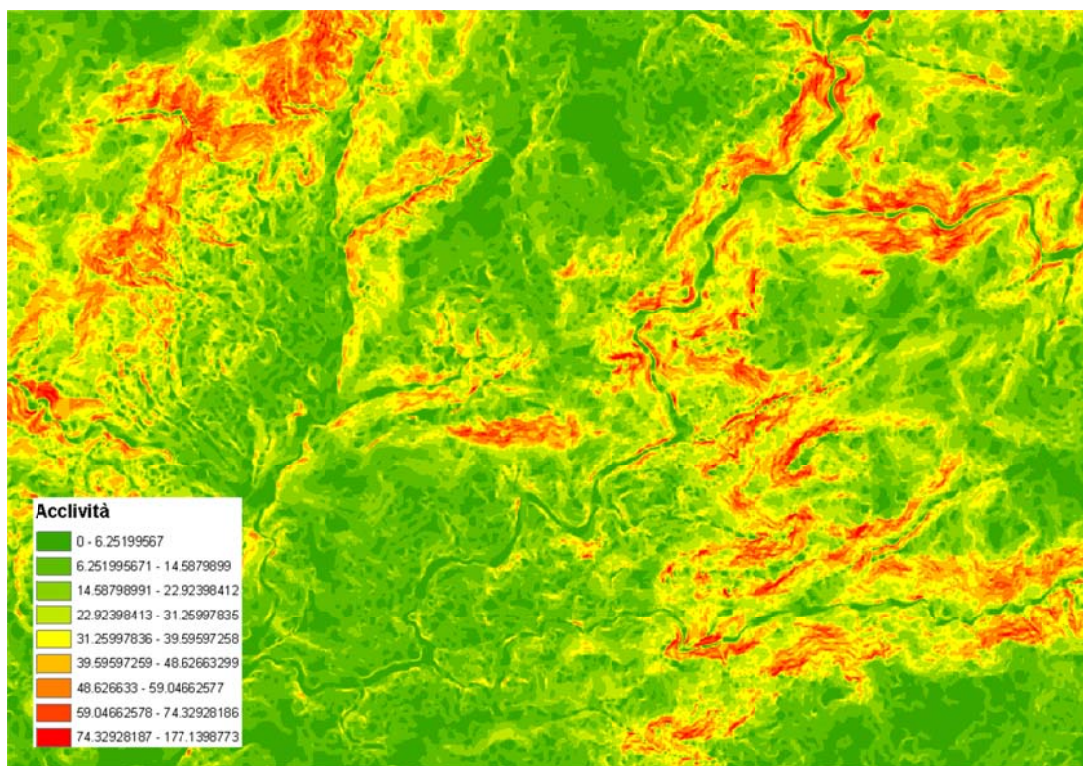


Figura 4 – Esempio di Carta delle pendenze

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 Assetto idraulico ai sensi dell'art. 8 comma 2bis 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 Φ è stato calcolato con il metodo del SCS-Curve Number³ 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 tombature), 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.

³ 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 Assetto idraulico ai sensi dell'art. 8 comma 2bis 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.sardegнатerritorio.it>. In particolare a ciascuna categoria di uso del suolo presente nella cartografia utilizzata sono stati attribuiti, con riferimento a dati presenti in letteratura tecnica⁴, 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

⁴ 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 Assetto idraulico ai sensi dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso al territorio comunale

RELAZIONE GENERALE

CLASSI DELL'USO DEL SUOLO	SCABREZZA
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 Assetto idraulico ai sensi dell'art. 8 comma 2bis 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 Assetto idraulico ai sensi dell'art. 8 comma 2bis 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 notevolmente esteso dovuto alle scarse pendenze, in particolare nella zona delle 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 affidato prevalentemente ai 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 scarsissima 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); tale evidenza venne peraltro manifestata già dallo studio del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, nell'anno 2013. Inoltre sono presenti alcuni attraversamenti con luce di passaggio insufficiente che creano incremento del livello idrico e rigurgito verso monte, con conseguente estensione del settore allagato. L'estensione degli allagamenti potrà diminuire a seguito della realizzazione di interventi di mitigazione che incrementino le sezioni degli alvei a monte della progressiva 7977.65 e che adeguino le dimensioni degli attraversamenti stradali alle portate con tempo di ritorno di 200 anni. Le elaborazioni svolte nel presente lavoro, maggiormente dettagliate rispetto a quelle del PSFF, hanno consentito di delimitare con maggiore precisione i limiti delle aree di allagamento, in particolare nei settori pianeggianti. Le figure seguenti illustrano il confronto tra le aree a pericolosità molto elevata (Hi4) ottenute nel presente studio e quelle del PSFF, con evidente riduzione di estensione.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

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

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

RELAZIONE GENERALE



Figura 5 – aree a pericolosità idraulica molto elevata – perimetrazione da **Studio 2018-2019**

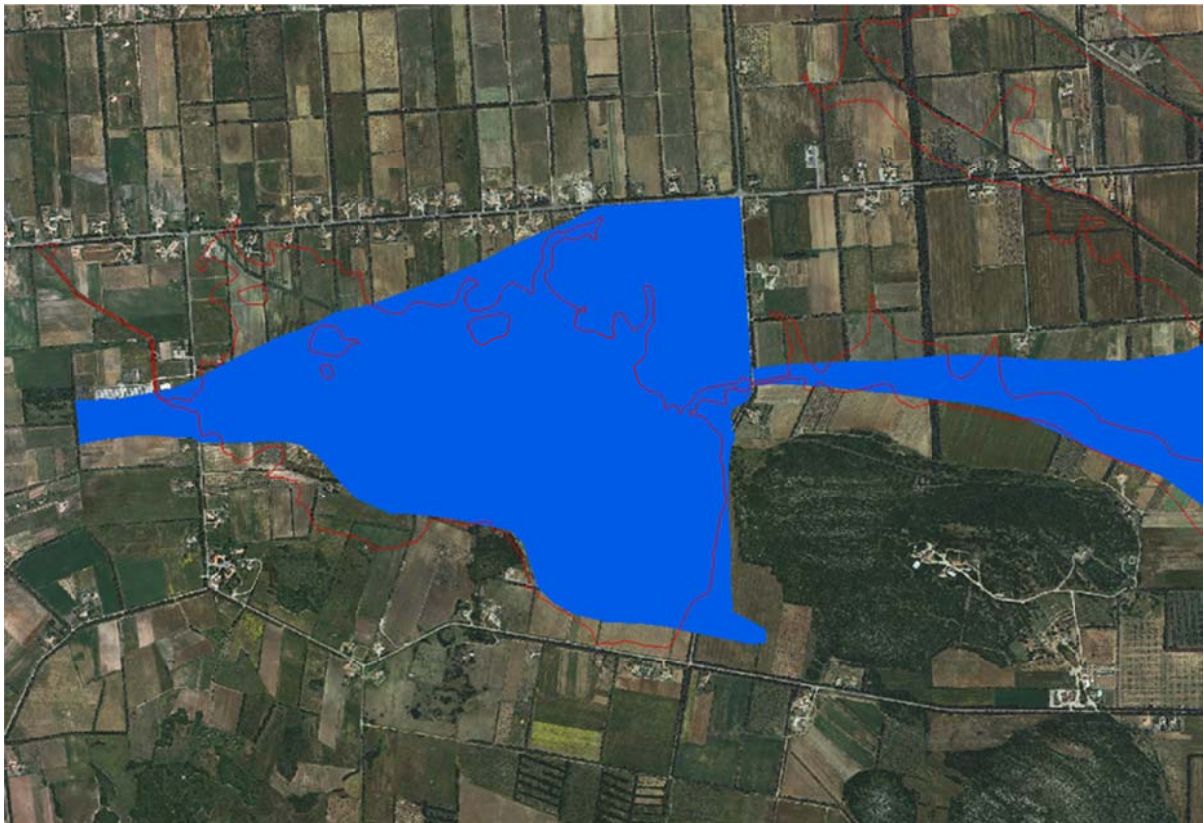


Figura 6 – aree a pericolosità idraulica molto elevata **da PSFF** – perimetrazione da Studio 2018 riportata con colore rosso

COMUNE DI ALGHERO (SS)

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

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

RELAZIONE GENERALE

- **Zona Nord-Est:** settore del rio Iscala Mala e del Rio Serra, ove sono presenti edifici residenziali e agricoli sparsi e viabilità secondaria interessata 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 interessata 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 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".

COMUNE DI ALGHERO (SS)

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

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

RELAZIONE GENERALE

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.

Negli allegati "*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;
- 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 Assetto idraulico ai sensi dell'art. 8 comma 2bis 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 Assetto idraulico ai sensi dell'art. 8 comma 2bis 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