

COMUNE DI CUGLIERI

PROVINCIA DI ORISTANO

INTERVENTI PER IL SUPERAMENTO DELLE PROBLEMATICHE IDRAULICHE DEL CANALE COPERTO "RIU SALAMEDU"

CUP : C94J18000110006 - CIG : 7869594269

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

ELABORATO

PIANO DI MONITORAGGIO

ALL.

S

AGGIORNAMENTO

DATA

GENNAIO 2025

SCALA

-

RUP : ING. DAVIDE CASTAGNA

PROGETTISTA CAPOGRUPPO :
DOTT. ING. ELENA DEMARTIS

-- STUDIO DI INGEGNERIA CIVILE --
-- VIA MANNO, 7 --
07100 SASSARI (SS) - TEL. 3381220466

MANDANTI :
DOTT. ING. ANDREASANNA
DOTT. ING. ANNA ACHENZA
DOTT. ARCHEOLOGO GABRIELE CARENTI
DOTT. GEOL. DONATELLA GIANNONI
DOTT. ARCH. LUCIANO IDDA

Coordinatore dell'unità di progetto " Interventi Commissariali
contro il Dissesto idrogeologico" - Assessorato dei Lavori
Pubblici - R.A.S. -

Ing. Pietro Teodosio Dau

Il Capogruppo

Ing. Elena Demartis

COMUNE DI CUGLIERI (OR)

INTERVENTI PER IL SUPERAMENTO DELLE PROBLEMATICHE IDRAULICHE DEL CANALE COPERTO RIO SALAMEDU

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

PIANO DI MONITORAGGIO

Gennaio 2025

1 - PREMESSA

Il piano di monitoraggio strutturale è un documento che fornisce le prime indicazioni per le attività di controllo delle opere previste nel progetto, con l'obiettivo di garantirne nel tempo la funzionalità, la qualità costruttiva e l'efficienza, preservandone al contempo il valore economico. Le prescrizioni qui contenute hanno carattere preliminare e saranno integrate nel piano di monitoraggio definitivo, il quale dovrà essere sviluppato sulla base degli elaborati esecutivi effettivamente realizzati e delle condizioni riscontrate in fase di collaudo.

Il monitoraggio sarà finalizzato alla verifica della risposta strutturale delle opere idrauliche e all'analisi delle condizioni di esercizio del corso d'acqua, con particolare attenzione all'evoluzione morfologica dell'alveo e alle dinamiche di trasporto solido. L'intervento prevede una serie di misure volte a mitigare il rischio idraulico, garantendo al contempo il corretto funzionamento delle infrastrutture esistenti e di quelle di nuova realizzazione. Sarà quindi necessario un sistema di monitoraggio che consenta di rilevare in maniera continuativa eventuali variazioni nelle caratteristiche idrauliche e strutturali del canale, prevenendo situazioni di criticità legate a possibili accumuli di materiale solido, modificazioni dell'alveo o instabilità delle opere realizzate.

Le attività di controllo saranno sviluppate in stretta correlazione con le procedure di manutenzione, adottando un approccio che contempli sia ispezioni periodiche in situ, sia il supporto di dati provenienti da strumenti di monitoraggio remoto, laddove possibile. Sarà altresì indispensabile coordinarsi con gli enti preposti alla gestione del rischio idraulico e alla protezione civile e all'ente gestore Abbanoa al fine di garantire una tempestiva risposta in caso di eventi critici.

2 QUADRO ESIGENZIALE E VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Il rischio idraulico è una grandezza che mette in relazione la pericolosità, intesa come caratteristica intrinseca di un territorio che lo rende vulnerabile a fenomeni di dissesto legati alla dinamica dei corsi d'acqua. È legato all'insorgere e al manifestarsi di fenomeni idrogeologici, cioè fenomeni il cui sviluppo è condizionato fondamentalmente dall'acqua, dalle caratteristiche delle rocce e dei terreni e dalle forme del rilievo terrestre e - quindi, nell'insieme, dalla storia geologica di una determinata area. Tra i rischi naturali, il rischio idraulico è il più ricorrente e diffuso; il coinvolgimento di estese porzioni di territorio va ricercato, innanzitutto, negli eventi climatici.

Il rischio, presente nel compluvio del rio Pedra Onada – Salamedu oggetto del presente studio, è quello della inondazione di centro abitato, di interruzione di numerose strade e di sommersione di case abitate e di edifici utilizzati per diversi scopi, nonché di interruzione della strada statale S.S. 292 “Nord Occidentale Sarda”, il cui ponte ad arco in muratura di soli 6 ml di luce, è sormontabile.

Sulle problematiche connesse all'adeguamento del ponte S.S. 292, è stata aperta una discussione con gli enti interessati per la ricerca della migliore soluzione, precisando che, nelle more di una decisione, gli altri lavori non dovranno peggiorare le condizioni di funzionamento idraulico del ponte ad arco e non dovranno trasferire pericolosità da monte a valle.

Tra le attività di manutenzione, viene prevista quella relativa, previo monitoraggio, alla rimozione di quantità di trasporto solido in eccesso, con particolare riferimento alla foce nella spiaggia ciottolosa di S. Caterina di Pittinuri, da sempre oggetto di rimozione periodica.

In ogni caso, per i monitoraggi ambientali, è previsto il supporto tecnico di ARPAS.

Si fa presente che la stazione teleidrometrica più vicina è quella posta sul vecchio ponte sul Temo all'ingresso di Bosa.

Questo piano tiene conto delle attività necessarie per il monitoraggio "idraulico" ai fini della definizione della programmazione delle attività per la manutenzione dei tratti del rio soggetti a deposito e trasporto solido (da rimuovere nei tempi più brevi), nonché del monitoraggio "strutturale" per il controllo dello stato di efficienza dei ponti e della loro "vulnerabilità".

Il piano di monitoraggio è fondamentale per la elaborazione e l'aggiornamento del piano di manutenzione ed entrambi sono stati integrati a seguito della nota ADIS, prot. N° 12620 del 21.12.2020.

3 - PIANO COMUNALE D'EMERGENZA (OBBLIGATORIO)

Tale piano è stato reso obbligatorio dalle vigenti norme dal PAI per tutti i comuni con aree a rischio.

La pianificazione di emergenza (Piano di Emergenza) comunale trova le sue fondamenta giuridiche nella Legge 24 febbraio 1992, n.225, istitutiva del Servizio Nazionale di Protezione Civile (SNPC): essa rappresenta una delle attività che compongono l'intero sistema della Protezione Civile, articolato dalla legge su diversi livelli (centrale e periferico) coinvolgendo numerosi Enti e/o Amministrazioni, fra cui i Comuni che ne costituiscono l'elemento fondamentale per fronteggiare l'emergenza.

Si farà riferimento al "Piano Regionale di Protezione Civile per il rischio idraulico, idrogeologico e da fenomeni meteorologici avversi", approvato con delibera di G.R. n° 1/9 del 8.01.2019.

La legislazione sovraordinata è stata completamente aggiornata con il "Codice della protezione civile" pubblicato con D.Lgs. n° 1 in data 02.01.2018 (G.U. n° 17 del 22.01.2018) ed entrato in vigore il 6.02.2018.

Pertanto, per comprendere con precisione in che cosa consiste la pianificazione di emergenza, è necessario chiarire alcuni aspetti generali sulla Protezione Civile.

L'art.3, della Legge 225/92, classifica convenzionalmente le attività della protezione civile in quattro tipologie:

1. la previsione, che consiste nelle attività dirette allo studio ed alla determinazione delle cause dei fenomeni calamitosi, alla identificazione dei rischi ed alla individuazione delle zone del territorio soggette ai rischi stessi;
2. la prevenzione, che consiste nelle attività volte ad evitare o ridurre al minimo la possibilità che si verifichino danni conseguenti agli eventi calamitosi, anche sulla base delle conoscenze acquisite per effetto della attività di previsione;
3. il soccorso, che consiste nell'attuazione degli interventi diretti ad assicurare alle popolazioni colpite dagli eventi calamitosi ogni forma di prima assistenza;

4. il superamento dell'emergenza, che consiste unicamente nell'attuazione, coordinata con gli organi istituzionali competenti, delle iniziative necessarie ed indilazionabili volte a rimuovere gli ostacoli alla ripresa delle normali condizioni di vita. La stessa Legge 225/92, classifica ulteriormente tali attività, raggruppandole, sulla base della loro dinamica organizzativo/funzionale e delle competenze assegnate ai diversi Organi, in due "fasi", fra loro connesse, come segue:

a) la programmazione (programmi di protezione civile), che è afferente alla fase di previsione dell'evento, intesa come ricognizione e conoscenza dei rischi e di tutte le problematiche che insistono sul territorio, nonché alla fase della prevenzione intesa come attività destinata alla mitigazione dei rischi e dei danni derivanti dall'evento: la programmazione è effettuata a livello Nazionale (dal Consiglio Nazionale e dal Dipartimento della Protezione Civile), a livello Regionale (dalla Regione) ed a livello Provinciale (dalla Provincia o dalla Unione dei Comuni).

b) la pianificazione (piani di emergenza), che è invece afferente alla fase del soccorso ed alla fase del superamento dell'emergenza, e che consiste, quindi, nell'elaborazione coordinata dell'insieme delle procedure operative d'intervento da attuarsi nel caso in cui si verifichi l'evento atteso, contemplato in un apposito scenario: la pianificazione è effettuata a livello Nazionale (dal Dipartimento della Protezione Civile), a livello Regionale (dalla RAS) ed a livello Comunale (dal Comune).

Risulta evidente che la programmazione è una fase distinta dalla pianificazione.

I programmi di monitoraggio e prevenzione costituiscono la base per la definizione dei **Piani di Emergenza**, essenziali per una gestione efficace del rischio idraulico e ambientale. Questi programmi devono includere un'analisi dettagliata delle criticità territoriali e prevedere soluzioni operative, con una chiara definizione dei tempi di attuazione e delle risorse necessarie.

Ogni piano di emergenza deve essere strettamente correlato ai **programmi triennali di previsione e prevenzione**, predisposti su scala nazionale, regionale e provinciale, garantendo così un approccio coordinato e integrato.

Il **Piano di Emergenza Comunale** rappresenta lo strumento operativo per la gestione delle emergenze legate a eventi calamitosi, fornendo le procedure e le strategie di Protezione Civile da adottare sul territorio. Nel nostro caso, tale piano deve essere coerente con i programmi di monitoraggio, con particolare attenzione alle aree a **rischio frana** (abitato, coste di S. Caterina e S'Archittu) e a **rischio idraulico**. L'utilizzo di sistemi di monitoraggio in tempo reale, anche da remoto, risulta fondamentale per una tempestiva valutazione delle criticità e l'attivazione delle misure di sicurezza necessarie.

Si fa quindi riferimento alle normative nazionali e regionali in materia di **Protezione Civile**, con particolare riguardo alla pianificazione comunale, che deve garantire la massima efficacia nella gestione del rischio e nella tutela del territorio e della popolazione.

4 BIS – IPOTESI DI MONITORAGGIO REALE

L'ipotesi più convincente per un reale monitoraggio sarebbe quella di procedere con:

- la realizzazione di almeno una completa stazione di controllo e monitoraggio (ad esempio in corrispondenza di un ponte) che permetta di verificare, tramite l'acquisizione in continuo di immagini e di misure relative ad eventi di piena, il reale "funzionamento" del corso d'acqua, con possibilità di controllo da remoto e di web-cam;

- la implementazione di un tratto “attrezzato” che preveda l’allestimento di strumentazione di misura dei tiranti idrici del tratto e per la stima delle portate liquide e solide mediante metodi diretti e indiretti.

Per ciò che riguarda i metodi indiretti si potrebbe fare riferimento al metodo “slope-area”.

Tale sistema prevede la misura contemporanea dei tiranti idraulici in due sezioni ravvicinate di cui si conosca la geometria.

In definitiva, il Piano di Monitoraggio dovrebbe consentire l’acquisizione del livello basilare di conoscenza sul quale sviluppare, valutare e aggiornare gli strumenti di prevenzione riguardanti:

- l’affidabilità delle stime delle portate di piena che possono transitare nel tratto finale del rio Salamedu in sicurezza, contenibili cioè all’interno delle pareti del canale;
- la valutazione dell’efficacia degli interventi di riduzione del rischio;
- la verifica di stabilità dei manufatti delle opere storiche, come le fondazioni del ponte ad arco della S.S. 292;
- il controllo dei fenomeni erosivi e di sovralluvionamento indotti dalla dinamica d’alveo;
- il fenomeno del trasporto solido al fondo e in sospensione;
- le ispezioni “normali” e “speciali” per i ponti ed il controllo nel tempo del grado di difettosità delle strutture;
- la ricerca di notizie su accadimenti pregressi quali fenomeni di escavazione, allagamenti, modificazioni alle sezioni idriche, cambiamenti nelle capacità idrovetriche dell’alveo, ecc.

Il monitoraggio o, comunque, studi ulteriori potrebbe portare alla fissazione di soglie di allarme.

Le probabilità di accadimento di eventi meteorici e loro consistenza in termini di intensità, durata ed estensione areale è un parametro per determinare fattori di vulnerabilità associati al rischio idraulico.

5 TER - PIANO DI MONITORAGGIO (PM)

Il piano di monitoraggio dovrà essere esteso a tutte le componenti ambientali, con particolare attenzione alle acque superficiali ricadenti nel bacino del rio Salamedu.

Il piano dovrà individuare la cadenza delle misure e delle ispezioni, durante e dopo l’esecuzione dei lavori previsti.

Prima di tutto occorre un chiarimento lessicale al fine di evitare le “classiche” incomprensioni: con il termine monitoraggio intendiamo tutte quelle azioni volte a controllare per mezzo di strumentazione idonea l’evolversi quantitativo di un fenomeno naturale. Spesso molti fenomeni naturali, soprattutto quelli che hanno una estensione limitata e una velocità di evoluzione molto rapida, non risultano adatti per l’applicazione di tecniche di monitoraggio e presuppongono invece in caso di necessità l’adozione di azioni preventive di cautela, quali l’attivazione di stati di allerta, l’evacuazione delle zone a rischio, sistemi di allarme rapido, web-cam, ecc.

In tali casi l’applicazione di tecniche geognostiche dirette sul fenomeno sono da limitare alla conoscenza dettagliata dei parametri dinamici del fenomeno stesso. A titolo di prevenzione, su questa tipologia di fenomeni è forse più opportuno cercare di controllare le cause innescanti i fenomeni stessi; nella maggior parte dei casi (e anche nel nostro) le cause sono da ricondurre ad eventi pluviometrici importanti, anche se l’individuazione delle soglie critiche è tuttora un argomento di discussione scientifica, legato a parametri estremamente variabili e spesso difficilmente quantificabili.

Il motivo che ha promosso lo sviluppo e la diffusione dei sistemi di monitoraggio è stato

la necessità di conoscere il territorio e le sue dinamiche, considerando i più svariati aspetti (idrologici, idrogeologici, geotecnici, ecc.) ai fini della coesistenza dell'uomo con il paesaggio e la sua evoluzione. Progressi maggiori nella loro diffusione si sono avuti a seguito di grandi dissesti naturali (numerosi in Italia e in Sardegna). I primi sistemi sono stati progettati, in una filosofia di tipo conoscitivo, allo scopo di comprendere meglio aspetti stratigrafici, idrologici e idrogeologici, geotecnici, geomeccanici e pluviometrici del suolo e del sottosuolo. Si trattava, di solito, di strumenti singoli o di una rete di strumenti attraverso i quali, in maniera periodica e spesso manuale, venivano effettuate letture dei parametri registrati. L'interpretazione dei dati di monitoraggio, intesi in questa ottica, aveva come scopo prevalente quello di supportare la progettazione di opere ingegneristiche di difesa del suolo.

Nella nuova ottica, che sta affiancando la precedente, i sistemi di monitoraggio assumono un più ampio spettro di finalità. Passando infatti da sistemi di lettura manuale a sistemi completamente automatici che trasmettono i dati in tempo reale, il monitoraggio acquista anche funzioni di allertamento e di supporto ai Piani di Protezione Civile. Infatti, osservazioni prolungate consentono di stimare e aggiornare soglie critiche, oltre le quali è assai possibile (ma non necessariamente certo) l'evento disastroso. E' opportuno rammentare che, nonostante la tecnologia sempre più avanzata offra numerose possibilità, il preannuncio certo e tempestivo dell'avvicinarsi di un fenomeno naturale, potenzialmente pericoloso, resta ambizione antica e mai raggiunta. Purtroppo, ancora oggi, nonostante gli sforzi, si registra un numero limitato di successi nel campo della previsione dei fenomeni estremi.

In quest'ottica, il monitoraggio si pone come alternativa alla realizzazione di opere di protezione e, dove queste siano presenti, la sua funzione si estende anche alla valutazione dell'efficienza delle opere di stabilizzazione e di consolidamento realizzate e al controllo strumentale delle stesse nel corso del tempo. Spesso, infatti, gli strumenti di monitoraggio integrano le opere ingegneristiche al fine di definirne e permettere di colmarne i limiti.

La conoscenza puntuale delle portate fluenti (liquide e solide) ed una stazione teleidrometrica (anche con dotazioni suppletive) permetterebbero di acquisire i dati scientifici necessari per l'aggiornamento e la calibrazione degli studi idraulici, anche con un'asta idrometrica e stabilire le soglie di allerta per la popolazione.

6 QUATER – SPECIFICHE DEL MONITORAGGIO PREVISTO

Le caratteristiche del rio Pedra Onada nel tratto finale (ultimo km prima dello sbocco a mare) sono le seguenti:

- pendenze variabili da un minimo di 0,95% ad un massimo di 2,00% (tra i salti) nello stato di fatto e nello stato di progetto da un minimo di 1,03% a 1,91%;
- granulometria fine;
- larghezza alveo contenuta;
- portate variabili con repentine variazioni (regime torrentizio);
- disponibilità limitata dei sedimenti da asportare (si veda l'analisi del trasporto solido).

Il monitoraggio del trasporto solido di fondo è essenziale per comprendere le variazioni morfologiche del canale, che influenzano la profondità, la larghezza e la stabilità del letto fluviale, con ripercussioni sugli habitat ecologici. Quantificando il trasporto solido attraverso misurazioni dirette, possiamo correlare le modifiche nel trasporto di sedimenti con le variazioni morfologiche, permettendo di prevedere e prevenire problemi di sedimentazione o erosione. Il monitoraggio consente di:

1. **Dimensionare correttamente le opere di protezione** (come sollevamento argini e grigliati pedonali).
 2. **Pianificare le operazioni di manutenzione** (come rimozione sedimenti e ripristino strutture).
 3. **Ottimizzare le tempistiche e le fasi degli interventi** in base ai dati raccolti, riducendo rischi e costi.
- Il monitoraggio sarà basato su misurazioni dirette (campionamenti e analisi granulometriche), rilievi topografici e modelli di trasporto sedimento per monitorare accumuli ed erosioni e guidare le operazioni di manutenzione.

In sintesi, i diversi studi, prodotti da esperti e da Università, hanno evidenziato ciò che è importante conoscere effettivamente in casi come quello oggetto del presente studio:

- trasporto solido e la sua produzione annuale;
- trasporto solido in occasione di singoli eventi di piena;
- trasporto solido e il suo inizio del movimento di sedimenti (moto incipiente nel breve periodo e a scala locale).

I parametri fisici, presenti nel corso d'acqua, sono:

- pendenza;
- eterogeneità granulometrica;
- presenza di strati diversi con granulometria superficiale più o meno grossolana del sottosuperficiale.

E' evidente che il processo del trasporto solido deve essere esplorato con misure di campo locali estese al lungo periodo.

Scalzamento delle pile e delle spalle

Lo scalzamento è una delle più frequenti cause di dissesto e collasso dei ponti con pile o spalle in alveo non adeguatamente protette. Il fenomeno è particolarmente insidioso poiché l'escavo del materiale circostante la fondazione, è massimo in condizioni di piena ma, in seguito, si possono verificare fenomeni di deposizione di materiale fine sciolto che non rendono osservabile l'effetto dell'escavo ad una ispezione soltanto visiva.

E' raccomandato che ispezioni dettagliate vengano eseguite periodicamente, nel corso dei controlli ordinari e, comunque, a seguito di eventi di piena anche non eccezionali dei corsi d'acqua attraversati.

Ispezioni visive accurate si rendono necessarie anche per la valutazione di fenomeni di alluvionamento, in particolare successivamente ad eventi di piena anche non eccezionali, con riferimento alla riduzione delle sezioni idrauliche.

Nel corso delle ispezioni è opportuno estendere l'indagine alle protezioni spondali, agli argini e alle opere esistenti in prossimità del ponte.

Il controllo del fenomeno dello scalzamento e alluvionamento sarà inserito tra gli obiettivi dei sistemi di monitoraggio permanente dei ponti.

7 - MANUTENZIONE DELLE OPERE NELLA VALLE DEL RIO PEDRA ONADA

– SALAMEDU

Il “sistema della manutenzione/monitoraggio” dovrà prevedere:

- la nomina di un responsabile specifico (come si fa per le dighe);
- l'iscrizione nel bilancio comunale delle relative risorse;
- un accordo quadro (es. per 4 anni) per l'operatività della esecuzione di tutte le attività di manutenzione, al fine di poter, se necessario, intervenire anche in casi di eventi eccezionali.

Controlli sulle strutture

Le verifiche e i controlli dovranno essere eseguiti da personale esperto, qualificato ed attrezzato in maniera idonea in relazione alla categoria di opere da mantenere.

I principali interventi saranno finalizzati principalmente a:

- controllo delle opere d'arte;
- ispezionare periodicamente il corso d'acqua e, in particolare, sempre dopo un evento alluvionale;
- verificare l'integrità delle sponde laterali e dell'alveo;
- verificare la presenza di fenomeni di erosione e/o scavo al piede delle spalle;
- verificare la presenza di materiale di trasporto che ostruisca l'alveo;
- verificare la presenza di assestamenti del terreno, sia a monte che a valle delle opere d'arte realizzate.

Monitoraggio idraulico

- Misurazione periodica dei livelli di deflusso delle acque nel canale a cielo aperto;
- Controllo della funzionalità delle aperture di griglia per evitare accumuli e ristagni;
- Verifica della presenza di detriti o sedimenti che possano compromettere la sezione idraulica.

Ogni operazione dovrà essere svolta nel rigoroso rispetto delle fondamentali norme di sicurezza per la tutela dell'incolumità degli operatori addetti.

Allegato A : Scheda di controllo

Parti d'opera	Materiali	Anomalie riscontrabili	Attività di manutenzione
Protezioni spondali	Massi ciclopici e pietrame naturale	Erosione al piede delle sponde per azione della corrente	Ricarica e sistemazione mediante apporto di materiale idoneo, profilatura scarpate e interventi di protezione attiva
	Terra stabilizzata	Fenomeni d'instabilità locale e globale	Consolidamento delle sponde con materiale idoneo e formazione di banche per ridurre la pendenza
	Geostuoie e geosintetici	Erosione per ruscellamento delle acque superficiali e meteoriche	Sistemazione delle sponde e utilizzo di geosintetici per il contenimento
	Fondazioni rinforzate	Cedimento	Adeguamento delle fondazioni con materiali stabilizzanti e rinforzo strutturale
	Vegetazione spontanea	Crescita di piante lungo le scarpate	Sfalcio, decespugliamento selettivo e gestione controllata della vegetazione
Opera d'arte (canale)	Cemento armato trattato con Geolite	Deterioramento cls - perdita di spessore di copriferro	Risanamento con malte specifiche (Geolite), ripristino spessori e protezione superficiale
	Acciaio per armature	Erosione dei ferri d'armatura	Trattamento con passivanti anticorrosione e protezione superficiale
	Calcestruzzo armato	Scalzamento delle fondazioni	Interventi di sottomuratura per sottofondazioni
Fognatura	Tubi in polietilene (PEAD)	Occlusioni e malfunzionamento	Verifica periodica, pulizia e risanamento dei pozzetti
	Pozzetti di ispezione in cls	Rottura o perdita delle giunzioni	Sostituzione o ripristino con nuovi giunti sigillati
	Rete fognaria in PEAD	Malposizionamento o danneggiamento per interferenze con altre opere	Correzione del tracciato e verifica della pendenza per il corretto deflusso
Sicurezza e arredo	Ringhiera di protezione in acciaio zincato	Degrado per corrosione e usura	Controllo dello stato della zincatura, eventuale riverniciatura o sostituzione di elementi danneggiati

	Segnaletica e dispositivi di sicurezza	Deterioramento della segnaletica verticale e orizzontale	Verifica e ripristino periodico della visibilità e della funzionalità
--	--	--	---

8 – PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE

Nell'ambito della acquisizione dei dati relativi a questo progetto, sono stati utili i dati delle monografie di U.I.O., contenute nel PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE – PIANO STRALCIO DI SETTORE DEL PIANO DI BACINO, redatto dalla R.A.S. – Ass. Difesa dell'Ambiente.

Nella relazione che contiene le “Linee generali” del Piano di Tutela, sono riportati alcuni interessanti dati relativi all'idrografia superficiale, agli acquiferi sotterranei, alle aree sensibili, alle zone vulnerabili, alle aree di salvaguardia, ma il lavoro non contempla alcun riferimento o dato particolare riferibile al rio Pedra Onada, che sfocia in mare.

9 - STRUMENTAZIONE PER IL MONITORAGGIO – SISTEMI DI SUPPORTO ALLE DECISIONI (SSD)

La strumentazione disponibile è molto varia, sia per la tipologia dei parametri valutati sia per la tipologia e posizionamento degli strumenti. Si spazia, infatti, da strumentazione geotecnica superficiale a strumentazioni per la misura dei parametri idrometeorologici (pluviometri, termometri, anemometri, barometri, idrometri, misuratori di portata, ecc.).

In linea generale, l'installazione comporta costi elevati, non solo per l'acquisto della strumentazione, ma anche e soprattutto per la posa in opera degli strumenti, la eventuale linea telefonica per la trasmissione dei dati, i locali per ricoverare le strumentazioni e a causa degli oneri legati alla gestione, alla manutenzione e all'aggiornamento di tale strumentazione.

Nel complesso, con l'evoluzione della tecnologia, che progetta strumenti sempre più versatili e precisi e con l'aumento del numero di dissesti che mettono a repentaglio la pubblica incolumità – in un'ottica di gestione del rischio – tali sistemi di supporto alle decisioni sono destinati ad una rapida e crescente diffusione.

Inoltre, di fronte a fenomeni di vasta estensione e con dinamiche evolutive particolarmente complesse, un approccio tipicamente non strutturale come quello del monitoraggio automatico o periodico può spesso risultare l'unica azione fattibile nella gestione del rischio in contrapposizione o integrazione ad interventi strutturali classici (opere ingegneristiche) che potrebbero dare risultati parziali e non esaustivi.

Monitoraggio degli eventi atmosferici

Quando inizia un evento meteorologico, è fondamentale seguirne il corso delle fenomenologie atmosferiche e degli effetti al suolo e, in particolar modo, la quantità e la localizzazione delle piogge cadute per poter descrivere i fenomeni e delinearne anche l'evoluzione futura.

A tal fine, viene installato un sistema di monitoraggio, costituito da un certo numero di sensori in telemisura, in grado cioè di trasmettere, in tempo reale, i dati rilevati ai centri di raccolta e di elaborazione, nel nostro caso all'ARPAS e al Centro operativo comunale (COC) della protezione civile insediato presso il Municipio di Cuglieri.

I sensori, utilizzati più frequentemente, sono costituiti dai pluviometri e dagli idrometri. I primi rilevano la quantità di pioggia caduta all'interno di un recipiente, mentre i secondi sono costituiti da rilevatori dell'altezza d'acqua in un fiume. Un importante contributo è inoltre fornito da anemometri e termometri, che forniscono rispettivamente l'indicazione della velocità del vento e della temperatura. Gli anemometri possono essere utili per l'individuazione di aree sottoposte a forti venti; i termometri, invece, consentono di circoscrivere le aree dove le temperature sono più basse.

Il monitoraggio consiste nell'osservazione dei livelli pluviometrici e idrometrici misurati dalle stazioni afferenti la rete disponibile e serve dunque a fornire informazioni integrate che confermano la situazione prevista o la aggiornano in funzione di un'evoluzione imprevista. Tale fase viene assicurata con l'ausilio dei dati a terra integrati da dati di remote sensing, disponibili in tempo reale. Un esempio di remote sensing estremamente utile per il monitoraggio è costituito dai radar meteorologici, che consentono di rilevare fenomeni che interessino aree vaste con una risoluzione spazio-temporale di gran lunga maggiore di quella che si può ottenere con i satelliti geostazionari attualmente operativi.

Lo sviluppo delle tecniche di monitoraggio si basa inoltre sulla messa a punto di una serie di livelli di allerta pluviometrici ("soglie") da definire caso per caso, a seconda delle condizioni climatologiche, geologiche e geomorfologiche.

E' essenziale a tal fine disporre di una fitta rete di sensori. Il territorio della Sardegna è coperto, sia pure in modo disomogeneo, da una rete di pluviometri e idrometri in telemisura, sotto la competenza della Regione, a seguito dell'attuazione del D.Lgs. 112/98.

Negli ultimi anni, a seguito della L. 267/98, è stato deciso il potenziamento della rete di sensori di monitoraggio, mediante il conferimento di appositi finanziamenti alle Regioni.

Per ciò che concerne gli aspetti di previsione e prevenzione, la normativa prevede che siano le Regioni a provvedere alla elaborazione ed attuazione dei Programmi regionali di Previsione e Prevenzione, in armonia con le indicazioni dei programmi nazionali. Analogamente, saranno i Comuni o l'Unione dei Comuni, sulla scorta degli indirizzi regionali, ad assicurare la predisposizione dei programmi locali di previsione e prevenzione.

Inoltre, già dal 2004, venne emanata una direttiva a firma del Presidente del Consiglio dei Ministri ("Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico a fini di protezione civile") che segnò un significativo passo in avanti nel processo di miglioramento del complesso sistema di allertamento integrato nazionale e regionale.

Tra i vari sistemi di monitoraggio si possono citare:

- ❑ il telerilevamento;
- ❑ il rilevamento continuo a terra;
- ❑ i modelli empirico-matematici;
- ❑ la raccolta continua dei dati idrometereologici, con particolare riferimento ai valori di portata;
- ❑ l'impianto di una rete GPS;
- ❑ lo sviluppo di cartografie tematiche da orto-immagini e implementazione di un GIS referenziale, a seguito della costruzione del DTM (modello digitale del terreno);
- ❑ i sistemi per la misurazione del trasporto solido inteso come quantità di materiali solidi trasportati dalla corrente per rotolamento o per trascinamento, sul fondo o nei pressi del fondo dell'alveo.

10 -MONITORAGGIO CON TELECONTROLLO DEL RIO PEDRA ONADA (Wi For Water)

E' evidente come, nel caso di questo corso d'acqua, le misurazioni capaci di consentire la sorveglianza dei fenomeni atmosferici e idraulici siano legate alle piogge e, quindi, alle osservazioni meteorologiche e alla sua portata.

Si prevederà l'installazione di un sistema espandibile e avanzato di allarmistica e monitoraggio collegabile al sistema di Protezione Civile Comunale e quello regionale (con consulenza di società specializzate). Il sistema è ingegnerizzato ed è basato su soluzioni con WiForWater (sistema, peraltro, ad esempio montato nel ponte sul Coghinas di accesso a Viddalba). L'obiettivo è quello di creare un presidio di telecontrollo automatizzato che consenta di misurare il livello idrometrico del corso d'acqua in un punto prefissato ed attivare automaticamente le procedure di allertamento, tramite segnalazioni luminose sul posto e l'invio di e-mail e sms agli organi competenti ed al personale preposto. La soluzione a cui si fa riferimento è in grado di:

- misurare e trasmettere in tempo reale il livello idrometrico del corso d'acqua;
- trasmettere ad intervalli regolari immagini ad alta risoluzione dell'area monitorata;
- azionare, anche automaticamente, al superamento dei livelli di attenzione prefissati: allarmi e-mail, allarmi sms (eventualmente a gruppi di utenti), sistemi sonori e luminosi per la segnalazione stradale.

Al superamento di livelli di attenzione di pioggia e/o del livello idrometrico, personalizzabili dal cliente, il sistema potrà:

- attivare automaticamente procedure di allertamento ed allarme mediante l'invio di notifiche via e-mail e WhatsApp agli organi competenti ed al personale preposto;
- controllare automaticamente lo stato della segnalazione semaforica.

I vantaggi di un sistema di questo tipo sono molteplici. I dati rilevati dal sensore di livello, con il supporto delle immagini registrate dalle telecamere, consentiranno di effettuare una stima in tempo utile della portata del bacino in caso di piena. Il sensore di livello e la videocamera puntata sul bacino, inoltre, saranno utili per verificare le condizioni generali del bacino e del suo trasporto nei tratti monitorati: potranno essere identificati eventuali depositi di materiale, cedimenti nelle strutture di protezione spondale, altre criticità.

Per il sito d'installazione saranno eseguiti i necessari rilievi della geometria della sezione trasversale per la definizione della relativa scala di deflusso.

Con il metodo della sezione centrale, si assocerà il livello del fiume alla sua portata, secondo quanto definito dalla norma UNI EN ISO 748: 2008 "Misurazione della portata di liquidi in canali aperti mediante correntometri o galleggianti".

La stazione potrà essere dotata di datalogger Khaster di ultima generazione e di idrometri radar LPR.

Inoltre, la stazione sarà dotata di un modulo di acquisizione di immagini a doppia ottica che permette di acquisire, registrare localmente e trasmettere in tempo reale le immagini delle sezioni da monitorare, sia con modalità schedulata di temporizzazione nello scatto delle immagini, sia con scatti estemporanei.

Infine, sarà installata un'asta idrometrica, a seguito di relativo rilievo topografico consistente nella quotatura dello zero dell'asta idrometrica.

11 – OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE

UNITA' DI MISURA E COSTANTI

Unità di misura

Le unità di misura da utilizzare per le osservazioni meteorologiche sono le seguenti:

Grandezza	Unità di misura
Pressione atmosferica	Ettopascal
Temperatura	Gradi centigradi (o Celsius)
Velocità del vento	M/sec
Direzione del vento	Gradi sessagesimali (N =0°; E = 90°)
Umidità relativa	Per cento
Precipitazioni	Millimetri
Evaporazione	Millimetri
Durata di insolazione	Ore
Copertura nuvolosa	Decimi di cielo

LE PRECIPITAZIONI

Le precipitazioni sono, per definizione, i prodotti, solidi o liquidi, che derivano dalla condensazione del vapor d'acqua e che cadono dalle nubi o passano direttamente dall'aria al suolo, sul quale si depositano.

Esse comprendono la pioggia (in forma liquida), la neve e la grandine (in forma solida), nonché la rugiada, la brina, la galaverna e la bruma (definite precipitazioni occulte, poiché non danno luogo alla caduta di gocce o cristalli di ghiaccio). La quantità totale di precipitazione che perviene al suolo è rappresentata dallo spessore che avrebbe se coprisse, sotto forma liquida, la proiezione orizzontale dello stesso terreno su cui si è depositata. La neve viene anche rappresentata dallo spessore di neve fresca che copre una superficie orizzontale.

Tutte le misure di precipitazione devono tendere ad individuare un campione rappresentativo della quantità globale che cade nella zona ove si effettua la misura. La scelta del sito di misura, così come l'errore sistematico della misura, sono pertanto particolarmente importanti.

PIOGGIA

Definizione, unità e periodicità delle misure

La pioggia è definita come la precipitazione di acqua liquida in gocce di diametro maggiore di 0,5 mm. In alcuni casi (drizzle) le gocce possono essere più piccole. La pioggia può essere considerata la fase finale di un complicato processo in cui si combinano numerosi elementi meteorologici: la temperatura, l'umidità, l'evaporazione, il vento.

La misura della pioggia si esprime in mm, ossia in altezza sulla proiezione orizzontale della superficie interessata.

Le quantità giornaliere di precipitazione devono essere lette con l'approssimazione di 0,2 o anche, se possibile, di 0,1 mm circa. Le quantità mensili sono lette con l'approssimazione di 1 mm circa. Le misure giornaliere devono essere effettuate sempre alla stessa ora.

Pluviometri

Gli strumenti utilizzati per la misura delle precipitazioni sono i pluviometri. Essi sono costituiti da un bordo ad anello cilindrico retto, aperto in alto, connesso con un imputo ricevitore, collegato a sua volta ad un recipiente raccoglitore di forma cilindrico-conica, provvisto di un rubinetto al vertice del cono.

La quantità di precipitazione raccolta da un pluviometro si misura con l'aiuto di un regolo graduato, per determinarne l'altezza, oppure il volume o il peso. La bocca del pluviometro può essere posta ad una altezza dal suolo conforme allo standard scelto dal Servizio gestore (solitamente 1,5 – 2 metri), oppure al livello del terreno. Per i pluviometri con bocca al di sopra del terreno, l'altezza deve comunque essere tale da:

- 1) superare la massima altezza previste per il manto nevoso;
- 2) superare l'altezza di eventuali ruscellamenti sul suolo, tali da provocare significativi errori di misura.

I pluviometri con bocca al livello del terreno sono utilizzati solo per misurare le precipitazioni liquide; essi sono solitamente sistemati in una buca con la bocca del pluviometro posta all'altezza del terreno e ad una distanza di almeno 60 cm dal bordo della buca. Per evitare che le acque di scolo possano entrare nel pluviometro, la buca dovrà essere coperta da una solida griglia metallica, con un'apertura centrale per il pluviometro. Dovranno, inoltre, adottarsi opportuni accorgimenti per consentire il drenaggio della buca.

L'apertura del pluviometro standard è orizzontale. Per studi idrologici particolari, tuttavia, si utilizza, a volte, un'apertura parallela alla pendenza del terreno. I pluviometri dovranno, comunque, essere fissati saldamente al suolo, così che colpi di vento, anche violenti, non alterino le originarie condizioni di installazione.

Errori di misura delle precipitazioni

Le misure di precipitazione sono soggette, in maniera notevole, ad errori sia causali che sistematici. L'errore sistematico è determinato da diverse concause. La più rilevante deriva dall'accelerazione, verticale ed orizzontale, del vento in corrispondenza del pluviometro, che devia la traiettoria delle più piccole gocce d'acqua (effetto splash). Ne deriva che la quantità d'acqua raccolta è minore della quantità d'acqua che effettivamente cade al suolo.

Pluviometri registratori

Tali apparecchi – chiamati pluviografi se la registrazione dei dati avviene su carta diagrammale – sono costituiti da tre parti principali:

- parte ricevitrice, costituita da un imputo ricevitore di diametro diverso secondo il tipo di strumento;
- parte trasmettitrice, che varia da strumento a strumento;
- parte registratrice.

La parte trasmettitrice, che caratterizza il tipo di pluviometro registratore, può essere essenzialmente di tre tipi:

- 1) tipo a pesata;
- 2) tipo a galleggiante;
- 3) tipo a vaschetta, o vaschette, basculanti.

Il solo modello a pesata è utilizzabile per tutti i tipi di precipitazioni, mentre l'uso degli altri due modelli è limitato, nella maggior parte dei casi, alla misura della pioggia.

Rugiada, brina e galaverna Si definiscono:

- Rugiada, la precipitazione atmosferica, condensazione del vapor acqueo dovuta alla radiazione termica del suolo durante le notti serene non invernali, in forma di goccioline visibili, specialmente sui vegetali;
- Brina, la precipitazione atmosferica notturna dovuta a sublimazione del vapor acqueo o a solidificazione della rugiada, in seguito a raffreddamento avvenuto dopo la sua formazione sugli oggetti esposti all'irraggiamento notturno. Si presenta sotto forma di piccoli grani di ghiaccio bianchi e opachi o di piccoli aghi semitrasparenti;
- Galaverna, la brina o nebbia che cristallizza sui rami o sulle foglie formando dei lunghi aghi.

12 – INDIVIDUAZIONE AREE ESONDABILI

L'individuazione delle aree a rischio inondazione deve risultare dall'integrazione del modello idraulico con il modello del terreno.

Tutto il territorio del comune di Cuglieri è stato oggetto di studio di compatibilità geol.-geotecnica e idraulica ex art. 8, comma 2, N.T.A. del PAI (regolarmente approvato) e sono stati elaborati i dati idraulici e topografici per tutti i corsi d'acqua.

Le sezioni di alveo sono state utilizzate per lo studio idraulico con modello monodimensionale di moto permanente per il tratto finale del rio Pedra Onada.

Attraverso le sezioni ed i livelli di massima piena è stato possibile ricostruire i modelli che rappresentano le superfici idriche alle varie portate.

Si rimanda alla relazione idrologica / idraulica per il modello redatto con l'ausilio del software HEC-RAS.

13 – PIANO DI MONITORAGGIO

Il monitoraggio riguarderà:

- Il tratto di canale a cielo aperto e le griglie di aerazione del tratto tombato del rio Salamedu;
- Il piccolo canale della Muredda e la sua capacità di deflusso verso il rio Salamedu;
- Le condizioni delle opere di mitigazione del rischio idraulico;
- La stabilità delle sponde e delle opere di protezione.

Parametri da monitorare

L'attività di monitoraggio sarà articolata sulla base di parametri specifici, quali:

1. **Idraulici:** verifica della portata dei canali, presenza di eventuali ostruzioni, accumulo di sedimenti.
2. **Strutturali:** controllo delle opere realizzate, verifica dell'integrità delle spalle in c.a., delle griglie di aerazione e delle barriere di protezione.
3. **Ambientali:** verifica della presenza di vegetazione spontanea e della qualità dell'acqua nei tratti monitorati.

In particolare, dovrà essere prescritto quanto riportato nella successiva tabella:

Cadenza temporale monitoraggio

Descrizione degli interventi di monitoraggio	Cadenza temporale
Verifica della pulizia del tratto di canale tombato residuo (solo per acque stradali)	6 mesi
Verifica delle caditoie per lo smaltimento delle acque meteoriche	1 anno
Verifica della pulizia dell'alveo	6 mesi
Verifica della vegetazione dell'alveo a cielo aperto a monte e a valle del ponte sulla S.S. 292	3 mesi
Verifica del formarsi di isole di sedimenti o altre formazioni di depositi in alveo	6 mesi
Verifica condizioni di officiosità idraulica della foce a mare	3/6 mesi
Verifica condizioni di efficienza delle strutture in c.a.	6 mesi

14- ATTIVAZIONE DELLA FASE DI ATTENZIONE

Sulla base delle osservazioni, dei monitoraggi e dei bollettini della protezione civile, il sindaco o suo delegato:

- a. convoca il responsabile di protezione civile, che è anche responsabile della funzione tecnica e del presidio operativo e il responsabile del presidio territoriale;
- b. attiva il presidio operativo;

c.attiva il presidio territoriale;

d. comunica l'attivazione del presidio territoriale e del presidio operativo a:

- Prefettura di Oristano,
- Direzione Regionale di Protezione Civile,
- Provincia di Oristano – Protezione Civile,
- Sindaco del Comune di Cuglieri,
- Servizio del Genio Civile di Oristano,
- Sala Operativa Regionale (SOR) del CFVA,
- Sala Operativa Regionale Integrata (SORI),
- Direzione Generale di Forestas;

e.mantiene costanti comunicazioni con il responsabile del presidio operativo.

15 - CRITERI GENERALI PER L'ATTIVITA' DI MONITORAGGIO E PRESIDIO

Essendo il rio Pedra Onada corrente in ambito esclusivamente comunale, è l'Amm/ne Comunale che deve garantire in proprio, o attraverso accordi di collaborazione con altri soggetti (es. Unione dei Comuni del Montiferru), lo svolgimento delle seguenti attività:

- f. rilevamento a scadenze prestabilite dei livelli idrometrici del corso d'acqua con l'apposizione di appositi strumenti, al fine di rilevare il livello di criticità dell'evento di piena in atto;
- g. osservazione e controllo dello stato delle sponde e/o arginature e ricognizione delle aree potenzialmente inondabili, soprattutto nei punti definiti preventivamente "idraulicamente critici", anche al fine di rilevare situazioni di impedimento al libero deflusso delle acque;
- h. allertamento del Servizio di Piena del Genio Civile di Oristano;
- i. pronto intervento idraulico ai sensi del R.D. 523/1904; primi interventi urgenti ai sensi della legge n. 225/1992, tra cui la rimozione degli ostacoli, anche causati da movimenti franosi, smottamenti spondali, accumuli detritici, che possono impedire il rapido defluire delle acque, la salvaguardia delle arginature e la messa in sicurezza delle opere danneggiate.

I soggetti responsabili sono tempestivamente allertati dalla Regione secondo le procedure attualmente in essere, ovvero mediante l'emissione e la trasmissione di Avvisi di Criticità. L'attivazione del presidio territoriale deve avvenire sui punti critici dell'area omogenea allertata a partire dal momento in cui viene emessa un'allerta di livello Giallo, predisponendo il sistema locale alla pronta attivazione di azioni di contrasto, congruenti a quanto previsto nella pianificazione di emergenza comunale.

Nel caso lo scenario d'evento evolva verso una elevata criticità (Rossa) e/o sia stata dichiarata aperta una fase di allarme del sistema della protezione civile da parte dell'Autorità a tale fine competente, il comune deve:

- j. intensificare e rafforzare il controllo dell'evolversi di livelli idrici lungo il corso d'acqua per assicurarsi che un evento intenso nelle zone collinari non abbia conseguenze pericolose sui tratti vallivi, sia per sormonto e/o rottura arginale o di infrastrutture trasversali, sia per ostruzione delle luci di ponti a causa dell'eccessivo materiale trasportato;
- k. attivare il pronto intervento idraulico e le prime attività urgenti di competenza, qualora si manifestino dei danneggiamenti delle opere idrauliche di difesa, oppure degli elementi significativi di disturbo della corrente di piena quali frane in alveo e ostruzioni temporanee del regolare deflusso delle acque.

Ai sensi delle direttive vigenti, le attività di servizio di piena, pronto intervento idraulico e controllo del rischio idrogeologico cui sono chiamate le strutture del Comune sono proporzionate alla specificità del rischio potenziale individuato negli strumenti di pianificazione e alla rilevanza delle opere di difesa presenti; pertanto, le aree di competenza del presidio sono suddivise come descritto nel seguito.

Presidio idraulico

Qualora il sistema difensivo non presenti arginature continue, ma solo opere di difesa localizzate, le azioni sono limitate al controllo del livello di rischio idraulico; attività che si concretizza nel monitoraggio strumentale del fenomeno, tramite la rete fiduciaria, nella vigilanza indiretta, attuata anche con l'ausilio di soggetti esterni nonché nell'esecuzione di eventuali pronti interventi idraulici per il ripristino della funzionalità delle opere e per garantire l'officiosità del corso d'acqua ai fini della pubblica incolumità.

L'attività è gestita dal Dirigente Ufficio Tecnico Comunale, secondo le modalità descritte nei successivi paragrafi e comporta il monitoraggio continuativo dei dati strumentali e dell'evoluzione del fenomeno e, se richiesto dagli organi di protezione civile locale, la collaborazione con essi al fine dell'attivazione di pronti interventi idraulici.

Nel caso di assenza di opere di contenimento dei livelli idrici, si focalizzerà attività di presidio negli eventuali punti che la pianificazione di bacino abbia individuato come critici, operando in accordo con tutti gli enti competenti e, ove richiesto, fornendo supporto alle attività previste nei piani di emergenza per la gestione del rischio idraulico nell'ambito delle reciproche competenze in riferimento al Piano Comunale di Emergenza

16 – STRATEGIE DI MONITORAGGIO

Obiettivi del Monitoraggio

Il monitoraggio dell'intervento è finalizzato a garantire la sicurezza idraulica e ambientale dell'area, prevenire fenomeni di erosione o instabilità e valutare l'efficacia delle opere realizzate. Le attività di controllo sono mirate a:

- Prevenire situazioni di rischio idraulico, con particolare attenzione alla risposta del canale durante eventi meteorici intensi.
- Valutare la dinamica del trasporto solido e delle eventuali sedimentazioni, al fine di evitare occlusioni o riduzioni della capacità di deflusso.
- Predisporre azioni di mitigazione per eventuali criticità emergenti nel tempo.

Parametri di Monitoraggio

Le attività di rilievo e controllo riguarderanno sia il canale principale del **Rio Salamedu**, sia il **canale della Muredda**, con particolare attenzione ai seguenti aspetti:

- **Morfologia dell'alveo:** variazioni della sezione trasversale, erosioni delle sponde, modifiche nella configurazione plano-altimetrica.
- **Sedimentologia:** valutazione della granulometria dei sedimenti e dei depositi in alveo.
- **Trasporto solido:** verifica delle portate solide al fondo e in sospensione, identificazione di eventuali accumuli di materiale che possano ridurre la capacità di deflusso.
- **Idraulica del corso d'acqua:** misurazione periodica dei livelli idrici e delle portate liquide, con valutazione dei coefficienti di scabrezza e delle condizioni di deflusso.

Cadenza Temporale del Monitoraggio

Il monitoraggio sarà strutturato su più livelli temporali:

- **Monitoraggio ordinario:** con frequenza semestrale per il controllo della stabilità delle opere e della funzionalità idraulica.

- **Monitoraggio straordinario:** in occasione di eventi meteorici intensi (piogge eccezionali, alluvioni) per verificare eventuali danni o necessità di interventi urgenti.
- **Monitoraggio a lungo termine:** con rilievi annuali per analizzare l'evoluzione morfologica dell'alveo e l'eventuale necessità di manutenzioni programmate.

Azioni di Manutenzione e Interventi Correttivi

In base ai dati raccolti, verranno pianificate le seguenti azioni:

- **Rimozione di accumuli di sedimenti** che possano ostacolare il deflusso delle acque.
- **Ripristino di sponde erose o danneggiate** per garantire la stabilità dell'alveo.
- **Pulizia periodica delle griglie di aerazione e delle sezioni tombate**, per evitare occlusioni e riduzioni della capacità idraulica.
- **Interventi sulle opere di protezione (parapetti, barriere, griglie di sicurezza)** nel caso in cui emergano criticità strutturali.

- Il monitoraggio delle caratteristiche morfologiche

L'attività di monitoraggio delle caratteristiche morfologiche riveste particolare importanza nella valutazione dei fenomeni di dinamica fluviale che, attraverso i meccanismi di erosione e deposito, tendono a modificare nel tempo l'assetto plano-altimetrico del corso d'acqua, influenzando così le altre caratteristiche fluviali (sedimentologia, trasporto solido, trasporto liquido).

Le attività di monitoraggio qui previste sono limitate al rilievo delle sezioni fluviali e al controllo della loro evoluzione attraverso la ripetizione nel tempo e nello spazio dei rilievi topografici. Sarà valutata l'opportunità di integrare i rilievi topografici a terra con rilievi aerofotogrammetrici (drone) o con tecniche di laser-scanning.

- Il monitoraggio delle caratteristiche sedimentologiche

Tale attività è finalizzata alla caratterizzazione del materiale costituente l'alveo. I fenomeni del trasporto solido sono, infatti, connessi sia alle condizioni di alimentazione imposte dal bacino a monte del tratto di interesse, sia alle caratteristiche del tratto stesso che ne determinano, insieme alle condizioni idrauliche, la capacità di trasporto potenziale e le tendenze evolutive plano-altimetriche.

Tale attività si concretizza attraverso l'individuazione di almeno un sito idoneo di campionamento in alveo, il prelievo di quantità significative del materiale del letto e l'analisi delle sue componenti granulometriche. E' necessario provvedere ad una sistematica pianificazione dei rilievi nel tempo in relazione alle caratteristiche di ciascun corso d'acqua.

- Il monitoraggio del trasporto solido

Il corso d'acqua convoglia, oltre alle portate liquide, le portate di materiale solido proveniente dal bacino di appartenenza e, eventualmente, dall'erosione dell'alveo e delle sponde.

Il fenomeno del trasporto solido scaturisce dalla continua interazione tra le caratteristiche del materiale d'alveo e le caratteristiche della corrente liquida, a loro volta influenzate dalla dinamica

del trasporto solido.

La sua valutazione è tanto più realistica quanto maggiore è la conoscenza sperimentale del corso d'acqua specifico, acquisita attraverso misure e rilievi delle grandezze fisiche di interesse.

Oltre alle caratteristiche morfologiche e idrauliche, le caratteristiche sedimentologiche costituiscono il primo riferimento per la stima del trasporto solido, sia essa effettuata attraverso l'impiego di formule teoriche, sia derivata da misure dirette. Nel primo caso, la stima è comunque affetta da incertezza praticamente non quantificabile ma in genere le formule teoriche sovrastimano il fenomeno.

- Il monitoraggio delle portate liquide

Il monitoraggio delle portate liquide deve intendersi come monitoraggio dei livelli idrici.

La maggiore conoscenza teorica e sperimentale sul moto dell'acqua che, rispetto ai fenomeni del trasporto solido, consente l'utilizzo di schemi interpretativi sicuramente affidabili.

Ma non si deve far ritenere che il solo monitoraggio dei livelli idrici, insieme alle equazioni del moto, siano sufficienti a caratterizzare completamente la corrente liquida in termini di velocità, portata, cadente piezometrica.

Infatti, i modelli di moto della corrente liquida richiedono almeno un parametro di taratura che è costituito dal coefficiente di scabrezza dell'alveo che, in quelli naturali, non è costante nel tempo e nello spazio.

Occorre, inoltre, considerare che la stima delle portate attraverso la scala di deflusso può essere influenzata più o meno significativamente dai fenomeni di moto vario e dalla mobilità dell'alveo conseguente al trasporto solido.

A titolo esemplificativo degli effetti indotti sulla scala di deflusso dalla non stazionarietà del moto, ad esempio, il confronto tra la scala di deflusso stimata in moto permanente con quella ricavata dal modello di moto vario, a fondo fisso, per alcuni casi monitorati, ha rilevato che l'affidabilità degli schemi di moto della corrente liquida, basati sull'ipotesi del "fondo fisso", decade rapidamente quando l'alveo manifesta una dinamica più o meno pronunciata in relazione ai fenomeni del trasporto solido (erosione, deposito) e, quindi, risulta soggetto nel tempo e nello spazio alle evoluzioni plano-altimetriche.

Di qui la necessità di considerare inscindibili le attività di monitoraggio della fase solida e della fase liquida.

Nell'ambito delle sistemazioni spondali sarà, peraltro, previsto uno scivolo, con varco adeguatamente progettato, per permettere l'ingresso in alveo di macchine operatrici (segnatamente pala meccanica e camion tuttoterreno) per l'asportazione, il sollevamento, il carico e l'allontanamento del materiale sedimentato in eccedenza.

- Criteri utilizzati per il progetto di monitoraggio

Occorre, quindi, un vero e proprio "progetto di monitoraggio" con l'assunzione dei seguenti criteri:

- le attività di monitoraggio sono finalizzate alla caratterizzazione del regime dei deflussi liquidi e solidi nel corso d'acqua; in particolare esse sono dirette a fornire un quadro conoscitivo di base sufficientemente rappresentativo della dinamica generale del bacino nei riguardi delle portate generate, liquide esolide;

- le attività di monitoraggio consistono in rilievi delle caratteristiche geometriche e sedimentologiche del corso d'acqua e in misure delle portate liquide e solide con l'obiettivo di determinare la scala dei deflussi liquidi e la scala dei deflussi solidi per il corso d'acqua considerato;
- le scale di deflusso liquido e solido, una volta tarate, permetteranno la stima delle portate e del trasporto solido in transito insieme ai dati idrometrici che occorrerà rilevare.
- Pertanto, sarebbe necessario avere una stazione idrometrica installata sulla quale sviluppare le future attività di monitoraggio.

Il progetto di monitoraggio si articolerà su:

- Definizione dei rilievi topografici e sedimentologici del tratto fluviale interessato dalla stazione di monitoraggio;
- Definizione delle caratteristiche territoriali del bacino idrografico sotteso dalla sezione di chiusura alla stazione di monitoraggio;
- Individuazione della strumentazione e delle attrezzature necessarie alle operazioni di monitoraggio;
- Definizione dei criteri di impiego delle attrezzature e della strumentazione;
- Definizione dei criteri operativi di gestione della stazione di monitoraggio.

17 – MISURA DEL TRASPORTO SOLIDO AL FONDO

Le attività di monitoraggio dovrebbero comportare anche l'osservazione dei fenomeni di trasporto solido.

La misura del trasporto al fondo è impegnativa, per le modalità di trasporto, per l'entità del fenomeno e per le dimensioni dei sedimenti di fondo, al cui aumento delle dimensioni corrispondono maggiori difficoltà di misura.

I migliori campionatori di trasporto al fondo sono considerati quelli così detti "a differenza di pressione", in cui lo svasamento della parte posteriore favorisce la sedimentazione ed alcuni tipi di trappole mobili. Ambedue vengono adagiati sul fondo rimanendovi per un tempo sufficiente alla raccolta di un campione significativo.

Del primo tipo, il più noto ed usato è il campionatore di fondo Helley-Smith.

Questo strumento è costituito da una parte frontale metallica con una bocca a sezione quadrata, di lato variabile tra 7.5 e 15 cm, alla quale viene fissato un sacco in tessuto di nylon con maglia di 0.25 mm. Il campionatore può essere usato manualmente, manovrandolo e mantenendolo in posizione di campionamento tramite un'asta rigida, fissata alla sommità della testa metallica; oppure può essere impiegato a sospensione. In quest'ultimo caso dalla testa del campionatore partono tre bracci che si uniscono posteriormente ad una coda munita di grandi pinne stabilizzatrici.

Date le caratteristiche tecniche che lo contraddistinguono, il campionatore Helley-Smith è adatto soprattutto per corsi d'acqua con materiali di fondo compresi tra le sabbie e le ghiaie medio-fini e tassi di trasporto non molto elevati.

In alternativa al campionatore Helley-Smith, sono stati sviluppate le "trappole" per l'impiego in corsi d'acqua con granulometrie e tassi di trasporto molto più elevati. Questi attrezzi sono di semplice costruzione e di grosse dimensioni; si tratta di pesanti trappole costituite solitamente da una telaio tubolare rivestito di rete metallica, con maglie di varie dimensioni (trappola SIC).

L'elevato peso e la presenza di ampie pinne stabilizzatrici permettono l'utilizzo di questi due

tipi di campionatore anche in condizioni di relativamente alta velocità della corrente, ma necessitano di un braccio e di un argano meccanici o di altre installazioni fisse più complesse per poter essere manovrati adeguatamente ed in sicurezza dal personale addetto.

Ambedue i campionatori sono utilizzati posizionandoli sul fondo, in corrispondenza delle stesse verticali usate per la misura di velocità del flusso e di trasporto solido in sospensione, e sono tenuti in posizione di campionamento per un tempo sufficiente ad ottenere un campione rappresentativo del materiale trasportato al fondo.

18 – LA STRUMENTAZIONE FISSA

Per quanto riguarda la tipologia della strumentazione fissa in dotazione ad una stazione di monitoraggio, si prevede l'installazione di:

- un'asta idrometrica per la misura dei livelli idrici in modo “visivo”, al fine di verificare l'evoluzione temporale dei livelli durante le attività delle misure e, al contempo, di stimare un livello idrometrico da confrontare con quello registrato dal sensore della stazione. La posizione dell'asta idrometrica sarà definita topograficamente;
- eventuale campionatore automatico aspirante per campioni di torbida tipo AMERICAN SIGMA, modello STREAMLINE 800SL STANDARD o similare.

L'installazione di tale attrezzatura può essere fatta anche nella fase di regime dopo l'esecuzione del lotto di lavori eseguibile con il finanziamento già disponibile.

19 – SPECIFICHE DEL MONITORAGGIO PREVISTO

METODI DIRETTI (misura di volume o peso di sedimenti trasportati in un certo intervallo temporale)

- a. metodo morfologico,
- b. bacini di sedimentazione,
- c. campionatore vortex,
- d. trappole a fessura,
- e. campionature tipo Helley-Smith,
- f. campionatore tipo Bunte,
- g. metodo della velocità virtuale,
- h. traccianti.

METODI INDIRETTI (misure “surrogate”, da calibrare con campionamenti diretti)

- i. geofono,
- j. idrofono.

Quale commento sintetico alle tipologie dei metodi, sulla base della letteratura tecnica disponibile, emergono le seguenti valutazioni:

- a) per il metodo diretto è necessario predisporre delle vere e proprie stazioni di monitoraggio fisse (assai costose) ma ciò consentirebbe di monitorare di continuo il trasporto solido di fondo, consentendo di quantificare:
 - k. i volumi di sedimento anche trasportati da un singolo evento,
 - l. l'intensità del trasporto solido,
 - m. le soglie di inizio del moto,
 - n. la granulometria del materiale trasportato,
 - o. la dinamica di lungo periodo.

Ad esempio, nel nostro caso, un campionatore del tipo Helley-Smith può essere utilizzato da un ponte o da una passerella per misurare intensità di trasporto e granulometria del TS.

Altra tecnica è quella dei trasponders passivi (PIT) leggibili attraverso un'antenna dedicata.

- b) I metodi indiretti sono basati su sensori piezometrici tubolari o a placca o su apparecchi acustici o magnetici.
Sono economici e facili da installare su opere trasversali.

MODELLI PER LE ANALISI DEL TRASPORTO SOLIDO

Uno dei modelli per la valutazione del trasporto solido medio annuo è quello proposto da Gavrilovic, messo a punto nel 1959, metodo che, meglio di tutti combina semplicità d'uso e attendibilità dei risultati.

Questo metodo prende in considerazione i fattori principali che condizionano l'entità dell'erosione in un bacino:

- p. litologia affiorante;
- q. condizioni di dissesto in atto;
- r. copertura vegetale;
- s. acclività media;
- t. clima.

Si veda la separata trattazione del problema.

20 – I SISTEMI DI MONITORAGGIO DA REMOTO

Esistono sistemi più complessi, ma oggi disponibili, per la elaborazione dei dati, raccolti mediante satelliti radar, attraverso algoritmi e modelli di analisi che ne garantiscono la possibilità di monitorare da remoto.

Tali sistemi consentono:

- a. l'aggiornamento periodico dei dati;
- b. l'aggiornamento dei dati "on demand";
- c. l'aggiornamento dei dati delle mappe del rischio.

Quest'ultimo tipo di aggiornamento avviene secondo il seguente processo:

- 1 – acquisizione delle immagini dell'area del bacino imbrifero;
- 2 – processamento dei dati;
- 3 – analisi degli spostamenti della geometria dell'alveo;
- 4 – aggiornamento delle mappe di rischio.

Per una più esaustiva conoscenza di tutti i fenomeni di rischio presenti nell'area valliva del rio Pedra Onada, si potrà pensare ad un sistema completo integrato con sensori di terra (es. piezometri).

21 - STRUMENTAZIONE PER IL MONITORAGGIO DEL CORSO D'ACQUA

La strumentazione disponibile è molto varia, sia per la tipologia dei parametri valutabili sia per la tipologia e posizionamento degli strumenti. Vi sono numerose strumentazioni per la misura dei parametri idrometeorologici (pluviometri, termometri, anemometri, barometri, idrometri, misuratori di portata, ecc.).

La entità economica e sociale del comune di Cuglieri non consente di ritenere acquistabili e gestibili strumentazioni particolari per il monitoraggio idrogeologico di aree vaste come la valletta del rio Pedra Onada.

22 – NORME DEL PAI (aggiornato con D.G.R. n° 43/2 del 27.08.2020)

Si intendono integralmente richiamate le norme dell'allegato E delle N.T.A. del PAI. L'art. 23, al comma 6, prevede che:

6. Gli interventi, le opere e le attività ammissibili nelle aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media sono effettivamente realizzabili soltanto:

- a. se conformi agli strumenti urbanistici vigenti e forniti di tutti i provvedimenti di assenso richiesti dalla legge;
- b. subordinatamente alla presentazione, alla valutazione positiva e all'approvazione dello studio di compatibilità idraulica o geologica e geotecnica di cui agli articoli 24 e 25, nei casi in cui lo studio è espressamente richiesto dai rispettivi articoli prima dell'approvazione del progetto, tenuto conto dei principi di cui al comma 9. Omissis.

7. Nel caso di interventi, per i quali non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica o geologica e geotecnica, i proponenti garantiscono, comunque, che i progetti verifichino le variazioni della risposta idrologica, gli effetti sulla stabilità e l'equilibrio dei versanti e sulla permeabilità delle aree interessate alla realizzazione degli interventi, prevedendo eventuali misure compensative.

Il comma 9 prevede che:

9 Allo scopo di impedire l'aggravarsi delle situazioni di pericolosità e di rischio esistenti nelle aree di pericolosità idrogeologica, tutti i nuovi interventi previsti dal PAI e consentiti dalle presenti norme, devono essere tali da:

- a. migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle;
- b. migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio non compatibili;
- c. non compromettere la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime;
- d. non aumentare il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invaso delle aree interessate;
- e. limitare l'impermeabilizzazione dei suoli e creare idonee reti di regimazione e drenaggio;
- f. favorire quando possibile la formazione di nuove aree esondabili e di nuove aree permeabili;
- g. salvaguardare la naturalità e la biodiversità dei corsi d'acqua e dei versanti;
- h. non interferire con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di

protezione civile;

i. adottare per quanto possibile le tecniche dell'ingegneria naturalistica e quelle a basso impatto ambientale;

l. non incrementare le condizioni di rischio specifico idraulico o da frana degli elementi vulnerabili interessati ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile connesso all'intervento espressamente assentito;

m. assumere adeguate misure di compensazione nei casi in cui sia inevitabile l'incremento sostenibile delle condizioni di rischio o di pericolo associate agli interventi consentiti (omissis);

n. garantire condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, assicurando che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;

o. garantire coerenza con i piani di protezione civile.

10. I singoli interventi consentiti dai successivi articoli 27, 28, 29, 31, 32 e 33 non possono comportare aumenti di superfici o volumi utili entro e fuori terra ovvero incrementi del carico insediativo che non siano espressamente

previsti o non siano direttamente e logicamente connaturati alla tipologia degli interventi ammissibili nelle aree rispettivamente disciplinate e non possono incrementare in modo significativo le zone impermeabili esistenti se non stabilendo idonee misure di mitigazione e compensazione.

11. In caso di eventuali contrasti, tra gli obiettivi degli interventi consentiti dalle presenti norme, prevalgono quelli collegati alla tutela dalle inondazioni e alla tutela dalle frane.

12. Sono fatte salve e prevalgono sulle presenti norme le disposizioni delle leggi e quelle degli strumenti di gestione del territorio e dei piani di settore in vigore nella Regione Sardegna che prevedono una disciplina più restrittiva di quella stabilita dal PAI per le aree di pericolosità idrogeologica.

13. Le costruzioni, le opere, gli impianti, i manufatti oggetto delle presenti norme, che siano interessati anche solo in parte dai limiti delle perimetrazioni del PAI riguardanti aree a diversa pericolosità idrogeologica, si intendono disciplinati dalle disposizioni più restrittive.

14. Nelle ipotesi di sovrapposizione di perimetri di aree pericolose di diversa tipologia o grado di pericolosità si applicano le prescrizioni più restrittive nelle sole zone di sovrapposizione.

15. Nella formazione dei piani di protezione civile le autorità competenti tengono conto della perimetrazione delle aree di pericolosità idrogeologica e delle aree a rischio idrogeologico operata dal PAI. I Comuni indicati negli allegati C e D alle presenti norme predispongono, entro un anno dall'approvazione del PAI, i piani urgenti di emergenza previsti dall'articolo 1, comma 4, del decreto legge n. 180/1998 convertito dalla legge n. 267/1998. I piani urgenti devono essere aggiornati al variare delle condizioni di rischio.

23 – INDICAZIONI FASI SUCCESSIVE

Il manuale di manutenzione, che verrà sviluppato nel dettaglio durante la fase di progetto esecutivo, conterrà le seguenti informazioni:

- **Descrizione delle risorse necessarie per l'intervento manutentivo:** dettagli sui materiali, attrezzature e risorse umane necessarie per le operazioni di manutenzione.
- **Il livello minimo delle prestazioni:** i parametri di prestazione che devono essere mantenuti per garantire la funzionalità e la sicurezza dell'opera.
- **Le anomalie riscontrabili e i controlli da effettuare:** indicazioni per l'individuazione di possibili degradi, danni o malfunzionamenti, con le relative azioni di controllo.
- **Descrizione delle manutenzioni necessarie:** interventi specifici previsti per ogni componente delle opere.

Approccio Manutentivo

Si adotta un approccio manutentivo ibrido, che include due modalità di intervento:

1. **Manutenzione di “vita sicura”:** questa modalità mira a mantenere le condizioni generali di integrità strutturale per tutta la durata dell'opera, con interventi preventivi programmati per monitorare e correggere tempestivamente eventuali anomalie.
2. **Manutenzione a “guasto”:** in caso di guasti o danni (come ammaloramenti, difetti di esecuzione, danni causati da eventi meteorologici estremi o sedimentazione e trasporto di materiale nell'alveo), si procederà con interventi di ripristino o sostituzione dei componenti danneggiati.

Per le **opere complementari** (ad esempio le strutture di protezione spondale o i sistemi di drenaggio), si applicherà principalmente l'intervento a “guasto”, che prevede la sostituzione o il ripristino degli elementi danneggiati.

Modalità Operativa

La manutenzione sarà programmata tenendo conto delle seguenti fasi operative:

- **Ispezioni periodiche e programmate:** per rilevare lo stato di conservazione delle opere, con particolare attenzione a eventuali segni di degrado, sedimentazione o danni strutturali.
- **Interpretazione dell'evoluzione dello stato di fatto:** ogni ispezione permetterà di confrontare lo stato attuale con i dati storici, per comprendere l'evoluzione del degrado e intervenire tempestivamente.
- **Valutazione del livello di sovralluvionamento:** verrà monitorato il livello di sedimentazione nelle aree critiche del canale, in particolare nelle vicinanze del primo ponte. I dati raccolti saranno utilizzati per determinare la necessità di rimozione del materiale sedimentato e il piano di manutenzione relativo.

Monitoraggio Topografico

In prossimità dell'area di alveo vicino al primo ponte, verrà istituito un caposaldo topografico su una base di coordinate note e una quota certa. Questo caposaldo servirà come riferimento per i rilievi topografici periodici.

- **Rilievo iniziale:** alla fine dei lavori, verrà eseguito un primo rilievo topografico con la restituzione delle sezioni, che sarà archiviato in formato digitale.
- **Rilievi successivi:** secondo un cronoprogramma predefinito, si procederà con rilievi periodici per monitorare l'evoluzione della sedimentazione e la possibile necessità di interventi di asportazione.
- **Overlay dei rilievi:** i rilievi successivi saranno sovrapposti (overlay) per quantificare il materiale sedimentato nei punti critici. Questo permetterà di definire le priorità per la manutenzione e la gestione del materiale accumulato.

Interventi di Manutenzione

Il piano di manutenzione futuro si concentrerà su:

1. **Controllo del materiale solido sedimentato:** monitorare la quantità di materiale accumulato nelle aree critiche dell'alveo.
2. **Asportazione del materiale sedimentato:** rimuovere periodicamente il materiale accumulato per evitare o ridurre l'ostruzione del canale e garantire il corretto deflusso delle acque.

L'intervento sarà pianificato in funzione dell'evoluzione del degrado, delle necessità di manutenzione emerse durante le ispezioni e dei dati derivanti dai rilievi topografici, assicurando la massima efficienza nella gestione delle risorse.

24 – SCHEMA DEGLI IMPATTI PERMANENTI LEGATI ALLA PRESENZA DELLE OPERE DI MANUTENZIONE

COMPONENTI AMBIENTALI		PRINCIPALI ASPETTI COINVOLTI O PROCESSI INnescati
Litosistema	Morfologia	Presenza dei manufatti e modifica della pendenza del corso d'acqua (2 salti di fondo)
	Stabilità del corso d'acqua e dei versanti	Stabilizzazione delle sponde del corso d'acqua rinalveato
Idrosistema	Interazione versante – corso d'acqua	Alterazione dei deflussi superficiali e infiltrazione per effetto della variazione di pendenza e rimodellamento dell'alveo
	Rete idrografica a valle	Modifica degli spazi per le portate solide e liquide
Idrobiosistema	Ecosistema ripariale	Nuovo assetto del corso d'acqua
	Qualità dell'acqua	Effetti legati alla modifica del letto e al potere di autodepurazione
	Ittiofauna	Creazione di barriere che impediscono le migrazioni. Impoverimento e semplificazione dell'ambiente. Modifica alveo.
	Pesca	Ripercussione degli effetti negativi sull'ittiofauna
Biosistema	Copertura erbacea, arbustiva e arborea	Nuovo assetto del corso d'acqua dopo la sistemazione
	Fauna terricola e avicola	Nuovo assetto del corso d'acqua dopo la sistemazione
	Aree naturalisticamente interessanti e/o protette	Disturbi e danni difficilmente reversibili nella fase di costruzione
Sistema atmosferico	Emissioni particolati e rumore	Detrattori ambientali temporanei
Sistema infrastrutturale	Accesso al cantiere	Presenza della viabilità di cantiere temporanea
Sistema insediativo	Rischio di esondazione	Motivo per l'esecuzione delle opere
Paesaggio e ricreazione	Effetti locali	Introduzione di elementi di disturbo
	Coni visuali	Introduzione elementi di disturbo
	Fruizione ricreativa	Riduzione dell'accessibilità per effetto della presenza delle opere del cantiere Possibile utilizzo del corso d'acqua ai fini ricreativi (es. pesca)
Sistema economico e produttivo	Costi	Manutenzione delle opere
	Attività economiche connesse	Manutenzione delle opere
Sistema culturale	Popolazione locale	Accettazione delle opere, memoria storica

**25 – DESCRIZIONE DELLE COMPONENTI DELL'AMBIENTE
POTENZIALMENTE SOGGETTE AD UN IMPATTO IMPORTANTE DA PARTE
DEL PROGETTO PROPOSTO**

COMPONENTE	IMPATTO		FASE	DURATA	ENTITA'
Fattori climatici	Nessun impatto				
Atmosfera	Inquinanti dell'aria a livello locale (acustico, polveri, inquinanti)	-	Realizzazione	Temporaneo	Bassa
	Generazione campi elettromagnetici	-	Realizzazione	Temporaneo	Bassa
	Inquinamento acustico	-	Realizzazione	Temporaneo	Bassa
Aspetti geologici idrogeologici	Alterazione temporanea per effetto dei lavori di rimozione sedimenti		Realizzazione	Temporaneo	Media
Biosfera – flora	Asportazione cortice erbacea	-	Realizzazione	Temporaneo	Bassa
Biosfera – fauna	Disturbo della fauna	-	Realizzazione	Temporaneo	Bassa
Habitat	Alterazione habitat per movimento mezzi e scotico	-	Realizzazione	Temporaneo	Bassa
Paesaggio	Alterazione scorci visuali consueti	-	Realizzazione	Temporaneo	Bassa
	Alterazione scorci visuali consueti	-	Esercizio	Permanente	Bassa
Aspetti socio economici	Possibilità impiego e ricadute positive sull'economia locale	+	Realizzazione	Temporaneo	Media

26 – NORMATIVA REGIONALE E PIANI COMUNALI

- a. L.R. 20.12.2013, N° 36 – Disposizioni urgenti in materia di protezione civile.
- b. D.G.R. 22/3 del 23.04.2020 – Prescrizioni regionali antincendio.
- c. Comune di Cuglieri – Piano Comunale di Protezione Civile.
- d. Comune di Cuglieri – Valutazione ambientale strategica (VAS) del P.U.L.
- e. N.A. del PAI.
- f. Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA).
- g. Piano Stralcio Fasce Fluviali (PSFF).

27 – NORME UNI SULL’IDROMETRIA

- a. UNI EN 17277: 2020 – Idrometria – Requisiti di misurazione e classificazione degli strumenti pluviometrici per la misura dell’intensità di precipitazione.
- b. UNI CEN/TS 17171: 2018 – Gestione dei dati idrometrici osservati – Guida.
- c. UNI EN ISO 6414: 2018 – Idrometria – Misurazione della portata mediante il metodo del tempo di transito ad ultrasuoni (tempo di volo).
- d. UNI CEI EN ISO 4375: 2015 – Idrometria – Sistemi a teleferica per idrometria fluviale.
- e. UNI CEI CEN/TR 16469: 2014 – Idrometria – Misurazione dell’intensità di precipitazione (precipitazione liquida): requisiti, metodi di taratura e misurazioni in campo.
- f. UNI CEI EN ISO 18365: 2014 – Idrometria – Selezione, realizzazione e funzionamento di una stazione di misura.
- g. UNI EN ISO 772: 2011 – Idrometria – Vocabolario e simboli.
- h. UNI EN 13798: 2010 – Idrometria – Specifiche di un pozzetto pluviometrico di riferimento.
- i. UNI EN ISO 4373: 2009 – Idrometria – Dispositivi per la misurazione del livello d’acqua.
- j. UNI EN ISO/TS 25377: 2008 – Guida all’incertezza di misura in ambito idrometrico (HUG).
- k. UNI EN ISO 748: 2008 – Idrometria – Misurazione della portata di liquidi in canali aperti mediante correntometri o galleggianti.
- l. UNI EN 14968: 2006 – Semantica per lo scambio di dati relativo ad acque sotterranee.

28 – BIBLIOGRAFIA E NORME

- a. UNI TR 11634: 2016 – Linee guida per il monitoraggio strutturale.
- b. UNI EN ISO 748: 2008 – Idrometria – Misurazione della portata di liquidi in canali aperti mediante correntometri o galleggianti.
- c. L.R. 17.01.1989, n° 3: Interventi regionali in materia di protezione civile.
- d. L.R. 20.12.2013, n° 36: Disposizioni urgenti in materia di protezione civile.
- e. L.R. 21.09.1993, n° 46: Interventi in materia ambientale e modifiche alle L.R. n° 41/87, n° 13/90, n° 30/89, n° 25/91 e n° 3/89.
- f. D.P.G.R. 30.12.2014, n° 156: Attivazione del Centro funzionale di protezione civile della Regione Sardegna – Soglie pluviometriche.
- g. D.G.R. n° 1/9 del 08.01.2019: Piano regionale di protezione civile per il rischio idraulico, idrogeologico e da fenomeni metereologici avversi.
- h. D.Leg. n° 1 del 02.01.2018: Codice della protezione civile.
- i. R.A.S. – Agenzia Conservatoria delle Coste: P.E.R.L.A. – Progetto per l’accessibilità, la fruibilità e la sicurezza della fascia costiera delle regioni transfrontaliere – Caratterizzazione geotecnica e geomorfologica della costa rocciosa antistante le spiagge ricomprese nella prov. di Oristano ai fini della valutazione della pericolosità per gli utenti delle spiagge – Rapporto tecnico a cura del Dott. Geol. Alessandra Cauli (ott. 2010) – Programma Marittimo – IT FR – Maritime.
- j. A. Murachelli/Vittoria Riboni: Rischio idraulico e difesa del territorio – D. Flaccovio Editore (2010).
- k. G. Pranzini/Maurizio Tanzini: Rischio idraulico e idrogeologico – D. Flaccovio Editore (2018).
- l. MIT/CS LL.PP.: Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti (17.04.2020).

