



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



COMUNE DI ASSEMINI  
Città metropolitana di Cagliari

*Progetto Iscol@ ASSEII annualità 2017*

**LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE  
DELLA SCUOLA PRIMARIA DI VIA ASPRONI  
CUP B55117000000006**

**PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO**

*Assessore ai LL. PP.*  
**Ing. Gianluca Di Gioia**

*Responsabile del servizio LL. PP.*  
**Ing. Roberto Spina**

*Responsabile del Procedimento*  
**Ing. Roberto Spina**

*Progetto, coordinamento e D.L.*  
**RTP**

**Arch. Alfredo Castiglioni**  
**Arch. Mario Cubeddu**  
**Ing. Gabriele Antonino Coco**  
**Ing. Fabrizio Serrenti**  
**Arch. Alessandra Cirina**

*Coordinamento della sicurezza  
in fase di progettazione e di esecuzione*  
**Ing. Gabriele Antonino Coco**

*Consulenti*  
**Geol. Claudio Musiu**  
**Geol. Antonello Gellon**

**Relazione di compatibilità idraulica**

*elaborato*

*data*      11.02.2019

*revisioni*

1	15.02.2019
2	12.04.2019
3	
4	

**GEN\_R02**

## 1 INDICE

1	INDICE .....	1
2	PREMESSA .....	3
3	GLI INTERVENTI .....	5
3.1	Riqualificazione degli spazi esterni.....	5
3.2	Adeguamento degli spazi interni .....	7
4	CONTESTO DI RIFERIMENTO .....	8
4.1	Inquadramento territoriale .....	8
4.2	Inquadramento geologico e morfologico del territorio.....	9
4.3	Inquadramento idrografico e idrogeologico .....	11
4.3.1	Aree a pericolosità idraulica .....	13
4.4	Caratterizzazione sismica .....	15
4.5	Considerazioni geotecniche .....	16
5	ANALISI STORICA.....	17
5.1	Climatologia .....	17
5.2	Dati anemometrici .....	17
5.3	Dati pluviometrici.....	18
5.4	Dati idrometrici .....	20
5.5	Eventi di piena.....	20
6	ANALISI IDROLOGICA .....	22
6.1	Parametri morfometrici .....	22
6.2	Curve Number .....	22
6.3	Tempo di corrivazione .....	23
6.4	Determinazione della portata di piena .....	24
6.4.1	Metodi empirici .....	24
6.4.2	Metodi diretti.....	25
6.4.3	Metodi indiretti.....	27
6.5	Determinazione delle portate di piena .....	31
7	ANALISI IDRAULICA .....	33
7.1	Schematizzazione geometrica .....	33
7.2	Condizioni al contorno.....	33
7.3	Coefficiente di scabrezza .....	34
7.4	Risultati delle simulazioni idrauliche .....	34

8	AMMISSIBILITA' DEGLI INTERVENTI – N.A. P.A.I.....	36
9	Considerazioni circa la compatibilità degli interventi con le N.A: del PAI .....	36
10	CONCLUSIONI .....	38
	ALLEGATI : Situazione ante-intervento / Situazione post-intervento .....	39

## 2 PREMESSA

Il progetto per la scuola primaria di via Asproni oltre alla messa in sicurezza, l'abbattimento delle barriere architettoniche e al riordino di tutta la componentistica tecnica necessaria per far fronte all'idoneità antincendio e climatica, ripercorre i punti programmatici messi in evidenza nella nuova concezione spaziale - pedagogica della proposta di insegnamento tracciati dall'Istituto Nazionale Documentazione Innovazione Ricerca Educativa (INDIRE). Il rapporto diretto tra spazio fisico ed attività didattica sarà alla base delle azioni progettuali per l'intervento edilizio sulla scuola primaria, delineato nelle sue linee fondamentali dal presente documento tecnico illustrativo.

Come si evince nei seguenti paragrafi, gli interventi strutturali sono essenzialmente volti ad una **riqualificazione dell'involucro edilizio** senza aumento delle volumetrie, ad un **efficientamento energetico**, e a una **rimodulazione degli spazi** in modo da consentire un rapporto più stretto e coinvolgente sia degli alunni che dei fruitori della scuola e degli spazi antistanti. Così **all'interno della scuola** vi sono ridistribuzioni cromatiche e **non vi sono lavori murari volti ad aumenti del carico antropico**. **All'esterno della scuola** vi sono rimodulazioni cromatiche dei camminamenti e la costruzione di **una pensilina all'ingresso che risulta trasparente al deflusso dell'acqua** (vedi Figura 2).

**All'area dei pavimenti esistenti pari a 3233 mq** (in rosso nella Figura 16) **viene aggiunta la porzione in corrispondenza della pensilina** (in giallo in Figura 16) **pari a circa 190 mq**, percentuale di incremento rispetto all'esistente circa 6% (poco meno) della superficie impermeabile. Il lotto nel suo complesso è di circa 10.700 mq. **Per cui l'aumento di superficie impermeabile è pari a  $190/10700=1.77\%$** .

Gli interventi di seguito descritti non ricadono in aree mappate dal P.A.I. (vedi Allegato 1), sono invece ricomprese in zone a *pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)* del P.S.F.F. (Fascia A\_50) e in aree perimetrale a *pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)* dello Studio di cui all'art.8 comma 2<sup>1</sup> delle N.A. del P.A.I. Pertanto, la loro realizzazione è disciplinata dall'art. 27 delle N.T.A. del P.A.I. Il P.G.R.A. lo include a sua volta in aree perimetrale a *pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)*.

Gli interventi su descritti sono inquadrabili e consentiti, ai sensi del combinato disposto degli: art. 27 comma 2 lett. c) "*opere di manutenzione ordinaria degli edifici*"; art. 27 comma 2 lett. d) "*opere di manutenzione straordinaria, restauro e risanamento conservativo degli edifici*"; 27 comma 2 lett. l) "... *opere di sistemazione e manutenzione di superfici inedificate o scoperte di edifici esistenti, compresi rampe di accesso, recinzioni, muri a secco, contenimenti in pietrame, terrazzamenti, siepi, impianti a verde*"; 27 comma 2 lett. i) ". *realizzazione e l'integrazione di ... di apparecchiature tecnologiche, di impianti per l'impiego di fonti energetiche rinnovabili e per il contenimento dei consumi energetici, unitamente alla realizzazione dei connessi volumi tecnici, a condizione che si tratti di interventi a servizio di singoli edifici, conformi agli strumenti urbanistici e valutati indispensabili per la funzionalità degli edifici o vantaggiosi dall'autorità competente per la concessione o l'autorizzazione*" giusta dichiarazione dell'Amministrazione Comunale di Assemini.

<sup>1</sup> Studio di compatibilità idraulica e geologica-geotecnica relativo al procedimento di adozione del nuovo Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) di Assemini ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione (N.A.) del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologica (P.A.I.) approvato con Deliberazione N.3 Del 01.08.2012 del C.I. dell'Autorità di Bacino della Sardegna, emendato come da Deliberazione n.4 del 07.07.2015 del Comitato Istituzionale della Autorità di Bacino della Sardegna "Aggiornamento Studio compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I. - Recepimento cartografico pericolosità idraulica del Piano Stralcio Fasce Fluviali (P.S.F.F.) nel Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) di Assemini"



Lo stesso art. 24 al comma 6 prevede la redazione dello Studio di Compatibilità Idraulica di cui all'art. 24 delle medesime per le fattispecie su citate.

Il presente studio è predisposto nell'ambito dello studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 così come previsto dall'Allegato E di suddette norme. La relazione dopo un inquadramento geo-morfologico, idro-geologico e geologico-tecnico del sito e del territorio di riferimento, analizza i dati storici relativi a pluviometria, idrometria ed eventi di piena. L'elaborato descrive i bacini idrografici analizzando i parametri che permettono di definirne per ciascuno i parametri morfo metrici e le caratteristiche planimetriche. L'analisi segue con l'illustrazione delle metodologie utilizzate per l'individuazione delle portate di massima piena. Dopo una ipotesi di modellazione delle dinamiche di piena, viene determinata la portata di massima piena utilizzate nell'ambito dello studio del PSFF per la determinazione delle aree a pericolosità idraulica attraverso modellistica numerica. Per la determinazione delle portate di piena si fa riferimento al Piano Stralcio Fasce Fluviali<sup>2</sup>, che include l'area di interesse nell'ambito idrografico *Flumini Mannu (04)*, appartenente alla macro-area Flumendosa-Campidano-Cixerri costituito dall'insieme dei bacini idrografici che caratterizzano la parte sud-orientale della Regione Sardegna ed in prevalenza sfociano nel Golfo di Cagliari. Vengono analizzate anche le condizioni previste dallo Studio del territorio comunale di cui all' art. 8 comma 2. delle N.A. del PAI così come emendato da Deliberazione n.4 del 07.07.2015 del Comitato Istituzionale della Autorità di Bacino della Sardegna "Aggiornamento Studio compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I. - Recepimento cartografico pericolosità idraulica del Piano Stralcio Fasce Fluviali (P.S.F.F.) nel Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) di Assemini".

**Gli interventi su descritti sono realizzati** in ambito urbano, in una struttura già esistente e senza alcuna modifica dell'area di sedime, ne occupazione di ulteriore terreno e **senza la creazione di ostacoli o nuove barriere al deflusso superficiale delle acque.**

---

<sup>2</sup> Regione Autonoma della Sardegna - Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - Sub-Bacino 07 Flumendosa-Campidano-Cixerri ; Relazione monografica di bacino idrografico; Flumini Mannu; Rev. 02 Aprile 2013

### 3 GLI INTERVENTI

I punti programmatici del progetto di riqualificazione proposto possono essere divisi in: “riqualificazione degli spazi esterni” e “adeguamento degli spazi interni”.

#### 3.1 Riqualificazione degli spazi esterni

Il nuovo disegno dello spazio aperto parte da una necessaria soluzione alla problematica di accesso alla scuola. La fase di entrata degli scolari è particolarmente critica nell'attuale organizzazione dello spazio della scuola. Gli scolari e i loro accompagnatori devono sostare lungo il marciapiede della via Asproni, la cui dimensione è inadeguata all'accoglienza di una così consistente platea di utenti i quali finiscono per occupare anche la sede stradale con conseguente insorgenza di condizioni di rischio per l'incolumità delle persone e limitazioni al regolare deflusso del traffico veicolare in un'importante via di comunicazione. La **rimodulazione dello spazio antistante l'edificio scolastico attraverso l'arretramento del limite della recinzione della scuola**, consentirà il superamento di tali criticità offrendo uno spazio accogliente e organizzato di relazione, che estende le sue funzioni anche al di là del solo ambito scolastico

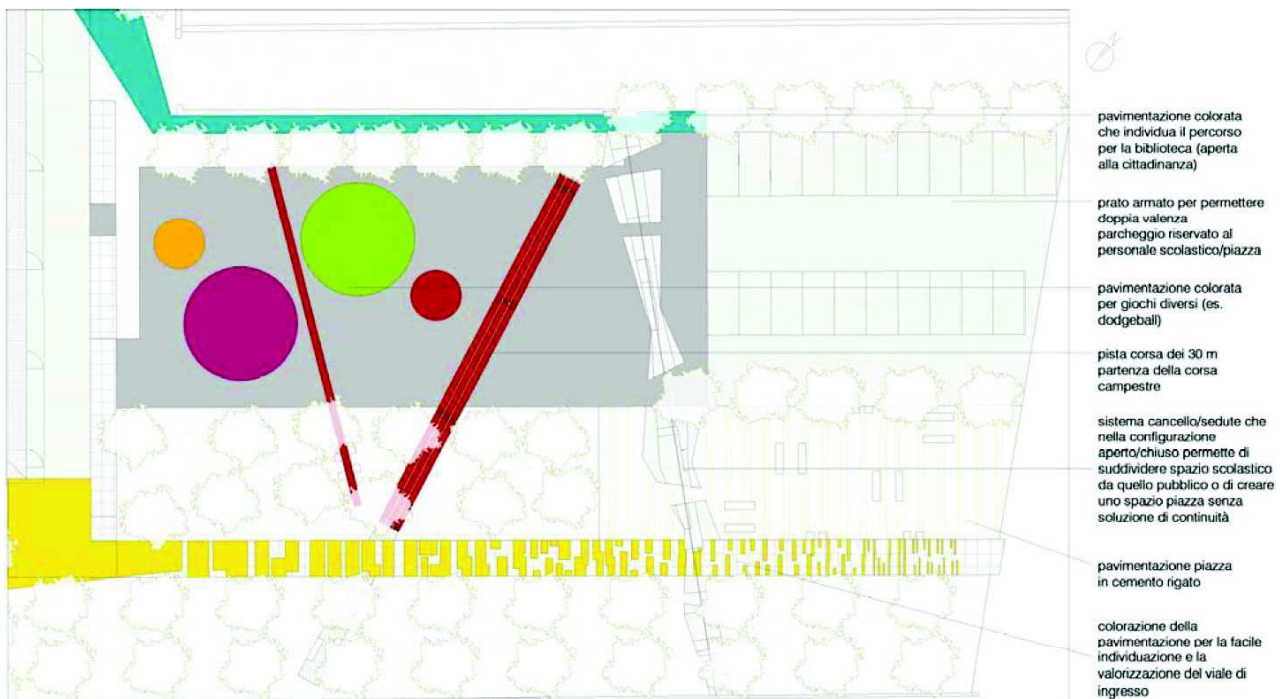


Figura 1: planimetria dello spazio anteriore

Si vuole creare uno spazio pubblico di accoglienza non solo per gli scolari ma anche per gli abitanti del quartiere e farlo diventare uno spazio pubblico. La linea di divisione (la recinzione) spostata di qualche decina di metri all'interno del lotto, diviene un punto di incontro trasformandosi in una lunga zona di sosta di seduta e di “sdraiata” senza interrompere la pavimentazione che delimita i vari spazi a disposizione della piazza. Pertanto, il cemento colorato dello spazio giochi scivola sotto la recinzione e si attesta nell'area dedicata alla sosta delle macchine fatto in prato armato; il cemento rigato dedicato alla sosta pubblica parte dal marciapiede e si interrompe nella zona verde della scuola senza soluzione di continuità con la recinzione; la zona pineta e il passaggio pedonale che segna il percorso di ingresso alla scuola si estendono senza discontinuità. La stessa linea di recinzione è un oggetto continuo rivestito di prato sintetico che nascendo dalla pavimentazione riveste la sagoma delle sedute per poi richiudersi orizzontalmente a livello terreno. La sua posizione in diagonale

rispetto al lotto e la sua forma curvilinea ne accentua la fluidità rendendo la recinzione non un limite ma piuttosto una centralità per le occasioni di uso congiunto dei due spazi.

Dal nuovo spazio di relazione si estenderà un percorso cromatico sovrapposto all'attuale passaggio pedonale, fino al **nuovo basamento antistante l'ingresso all'edificio scolastico**, progettato per accogliere gli scolari durante l'attesa prima di ingresso.

Sopra di esso una **nuova pensilina protegge il nuovo spazio** di ingresso e permetterà di accogliere tutti gli scolari ed i loro accompagnatori durante i momenti di massima affluenza (ingresso ed uscita) e ripararli durante le giornate di pioggia



Figura 2: render spazio pensilina e basamento ingresso scuola

La riqualificazione degli spazi aperti tra i corpi di fabbrica al fine di trasformarli in nuovi laboratori all'aria aperta grazie al **potenziamento del verde ed alla sistemazione ad orto didattico** nell'ambito di un metodo pedagogico di interazione tra natura e persone.

Sono previsti inoltre:

- **Impermeabilizzazione e nuova coibentazione termica delle coperture dei fabbricati della mensa e della palestra per conseguire il miglioramento energetico dello stabile** (ai sensi del D.lgs. n.192/2005 e ss.mm.ii). Contestualmente **le coperture saranno dotate di misure per la sicurezza** (linee vita, ecc., ai sensi del D.lgs. n.81/2008, Testo Unico sulla Sicurezza);
- **Realizzazione di coperture tipo in lamiera strutturale al di sopra delle due coperture dei corpi di fabbrica oggetto di manutenzione straordinaria** (mensa e palestra)
- **manutenzione dei lucernari** che consentono l'illuminazione zenitale dello spazio centrale del corpo di fabbrica principale con eliminazione di infiltrazioni e di degradi
- **sistemazione e tracciamento dei parcheggi per le auto del corpo docente e degli altri utenti**, con individuazione degli stalli riservati per diversamente abili, con riferimento al DPR n° 503 / 1996

### 3.2 Adeguamento degli spazi interni

L'intervento "Fare Scuola" nella struttura scolastica E. Carboni ha arricchito lo spazio della grande zona Agorà con i cosiddetti "microluoghi o Atelier" necessari allo svolgimento di alcune attività didattiche. Questi oltre ad essere degli spazi all'interno di uno spazio e quindi nascondere il fascino della misurabilità e dell'immediata percezione del luogo, sono definiti cromaticamente e fisicamente. Sono uno diverso dall'altro e colorati diversamente a seconda della loro funzione. Partendo da queste osservazioni e l'aiuto di alcuni principi pedagogici si è voluto **dare una nuova veste cromatica degli spazi interne della scuola.**

Nuovi arredi come potenziamento dello spazio comune interno (agorà) e nuove configurazioni per le diverse attività collettive e individuali. Gli ambienti, concepiti secondo gli aspetti pedagogici ed educazionali più innovativi permettono scenari didattici alternativi e l'eventuale specializzazione delle aule per aree disciplinari, mediante la predisposizione di arredi flessibili, strumentazioni, devices, riviste e materiali. L'organizzazione funzionale a geometria variabile anche attorno agli spazi aperti verdi, i materiali naturali ed a basso impatto ambientale, la modulazione della luce, sono proposti per stimolare l'apprendimento degli studenti attraverso l'aspetto corporeo e sensoriale e per creare un luogo per educare essendo creativi, ma anche sensibilizzare al rispetto della natura e all'eco – sostenibilità.



## 4 CONTESTO DI RIFERIMENTO

### 4.1 Inquadramento territoriale

L'area di intervento è situata a sud-sudovest del comune di Assemini in una zona periferica rispetto al centro del paese, in un quartiere nato e cresciuto negli ultimi 20/30 anni. Ubicata nell'area oltre la linea ferroviaria che attraversa il paese, precisamente in via Asproni, la scuola è raggiungibile dal centro attraverso il cavalcaferrovia di via Cabras in direzione Zona CACIP, oppure lungo il sottopasso pedonale della via Coghe.

Il Comune di Assemini è caratterizzato dal punto di vista idrografico dalla vicinanza di Flumini Mannu posto ad ovest del centro abitato, e da uno degli affluenti di tale fiume, il Canale Rio Sa Nuxedda, che come corso idrico tombato attraversa l'area urbana provenendo dal settore a monte della SS.n°130 e, attraversata la ferrovia, sfocia a sud dell'abitato nello Stagno di Cagliari. L'area oggetto di intervento è localizzata a circa 800 m dal Flumini Mannu e a poco meno di 400 m da Rio sa Nuxedda.



Figura 3: Inquadramento territoriale

Topograficamente l'area in esame è rappresentata nel foglio n° 557 della carta d'Italia I.G.M. alla scala 1:100.000 ed è localizzata nella sezione III alla scala 1:25.000 del medesimo foglio.

Relativamente alla nuova Carta Tecnica della Sardegna in scala 1:10.000 è interessato il foglio n° 557, con le sezioni 050 e 090.



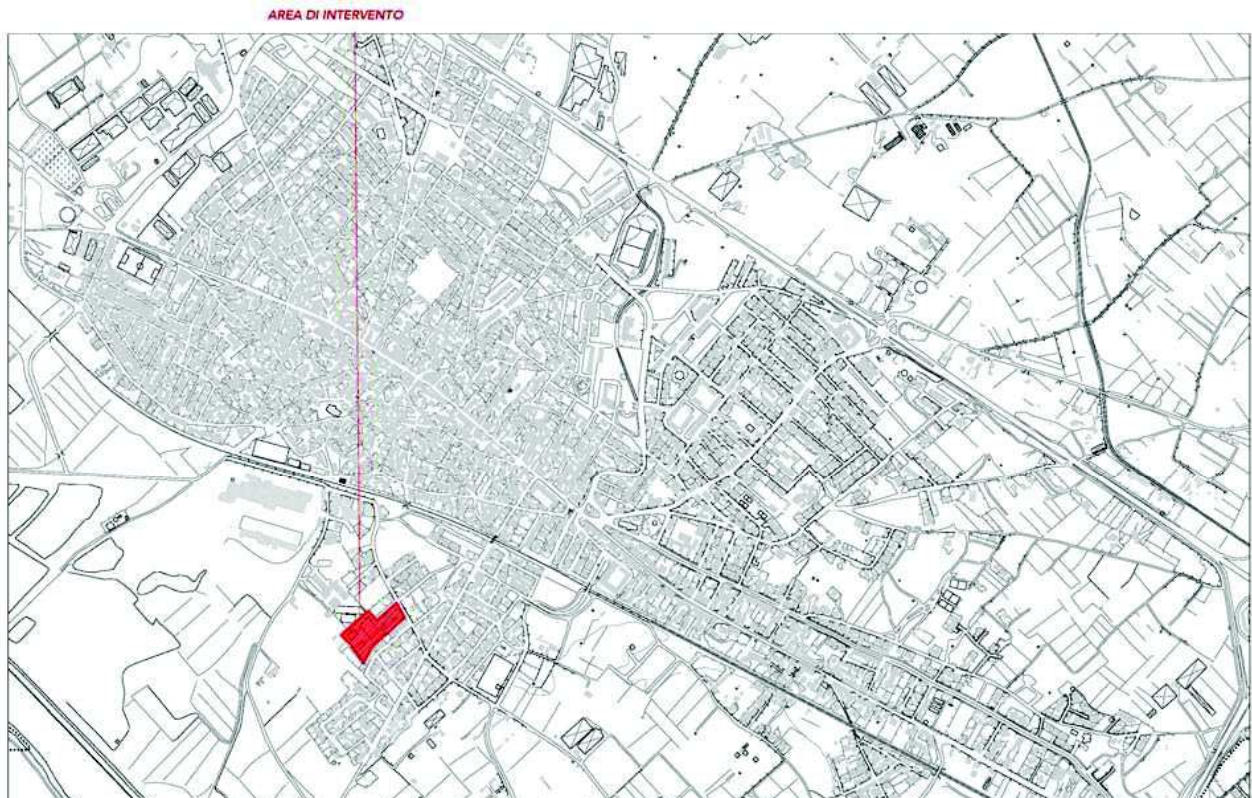


Figura 4: stralcio di Estratto di Mappa

## 4.2 Inquadramento geologico e morfologico del territorio

L'area in esame, compresa nel foglio n° 556 della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000 realizzata dal Servizio Geologico Nazionale, è individuabile all'interno del cerchio rosso riportato in Figura 5.

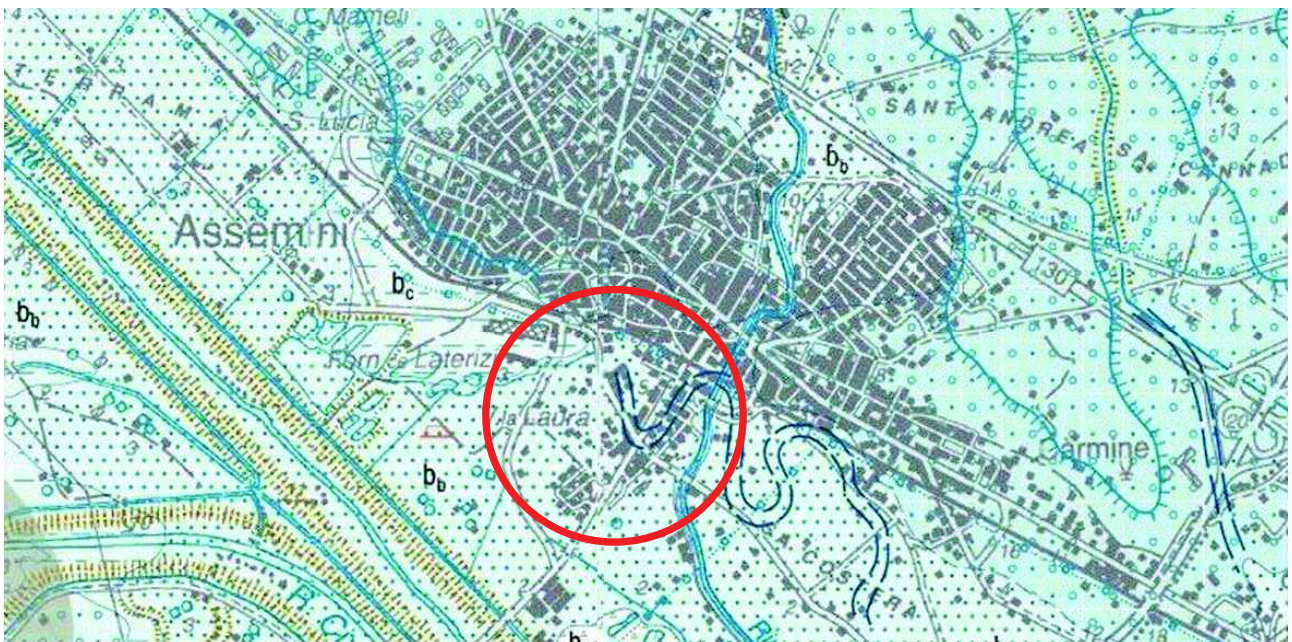


Figura 5: Stralcio della Carta Geologica d'Italia, Foglio 556 Assemini.

Il settore evidenziato è caratterizzato dalla presenza di una formazione alluvionale Quaternaria (Olocene) costituita in prevalenza da ciottoli eterometrici, spesso arrotondati, derivanti dall'erosione delle formazioni



lapiidee paleozoiche e, in misura minore, mioceniche, in una matrice costituita da materiale sabbioso e limo-argilloso di ambiente costiero.

Sottostante alla formazione prima descritta si collocano le cosiddette “alluvioni terrazzate” di età pleistocenica. Questa formazione è costituita principalmente da conglomerati poligenici di elementi paleozoici, in una matrice arenaceo argillosa di colore rosso bruno. In letteratura sono segnalati, talvolta in eteropia di facies, livelli costituiti da crostoni carbonatici teneri e sabbie più o meno cementate di ambiente litorale, la cui granulometria da più grossolana alla base tende a diminuire verso l'alto.

Il centro abitato di Assemini, uno tra i maggiori comuni dell'area vasta del capoluogo sardo è ubicato nel settore centrale della vasta pianura alluvionale conosciuta come “Campidano di Cagliari”. La genesi e l'evoluzione di questa ampia pianura è strettamente legata alle fasi tettoniche oligo-mioceniche responsabili sia dell'approfondimento della “Fossa Sarda” ed in particolare del “Graben” del Campidano sia del suo successivo riempimento.

La più recente attività plio-quadernaria, di tipo distensivo, ha interessato la porzione meridionale della pianura del Campidano, producendo ulteriori faglie e dislocazioni, capaci di originare movimenti differenziali di entità anche superiore ai 100 metri, nelle formazioni lapidee, arenacee e detritiche del Miocene oltre che nelle alluvioni costituite da ciottoli e sedimenti a minore granulometria, derivanti in prevalenza dallo smantellamento dei rilievi paleozoici dei settori orientale ed occidentale.

Alle fasi geo-dinamiche che nel corso del Quaternario hanno caratterizzato il Campidano meridionale ed il “sistema costiero” dell'area cagliaritano, si deve la deposizione dei sedimenti di natura fluviale, marina, e l'origine dei numerosi paleo-stagni, formati in conseguenza delle frequenti variazioni del livello di base (del mare).

Questi eventi anche recentemente (a partire dall'ultimo interglaciale) hanno interessato il territorio dove attualmente sorge il centro abitato di Assemini, attraversato dai diversi “stadi” che da area costiera, sommersa da un mare poco profondo, ne hanno determinato la “emersione” per accumulo di sedimenti. Questi, costituiti da depositi marini e fluvio-lacustri, hanno isolato progressivamente dal mare settori di varia estensione che in alcuni casi hanno ospitato le tipiche aree umide, ricche di ecosistemi di transizione mare-terra.

Alle dinamiche fluviali delle fasi più recenti del Quaternario, non prive di importanti episodi alluvionali, si deve inoltre l'apporto di una estesa coltre di sedimenti e la formazione di ampi e poco profondi terrazzi.

Alla evoluzione naturale si è aggiunta l'azione antropica che tramite interventi succedutisi nel corso di numerosi decenni (sbancamenti, riporto di terreni, attività agricole ecc.) ha parzialmente modificato la morfologia originaria.

Dal punto di vista stratigrafico l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di uno strato di suolo potente in media 50 cm. Dove questo non è presente o è stato asportato si rinviene una formazione alluvionale recente (Olocene) che solitamente presenta una potenza superiore ai 5 metri. Inferiormente sono collocate le “alluvioni terrazzate” la cui potenza è risultata, da sondaggi effettuati in aree limitrofe, spesso compresa tra 10 e 15 metri. Questa formazione, costituita anch'essa da ciottoli poligenici (prevalentemente paleozoici) mostra generalmente un maggior grado di addensamento ed una maggiore cementazione tra i clasti e la componente costituente la matrice.

In questo settore del Campidano meridionale è talvolta presente una formazione costituita da alternanze di sabbie più o meno cementate, generalmente ben costipate, con una alternanza tra strati più o meno coerenti e depositi arenacei di ambiente litorale, anche friabili.

Il Flumini Mannu si estende nel tratto tra Assemini e lo Stagno di Santa Gilla con uno sviluppo di circa 5 km. Il PSFF illustra come dal punto di vista geomorfologico, tutto il corso d'acqua presenti un tipo di alveo monocursale ad andamento rettilineo orientato N-S e si sviluppa interamente in pianura.

L'asta è arginata sia in destra che in sinistra per tutta la sua lunghezza, mantenendo una larghezza stabile e uniforme della sezione di deflusso, con un profilo di fondo a bassa pendenza. La realizzazione delle arginature ha stabilizzato il tracciato planimetrico dell'alveo; al di fuori di esse il rilievo si individuano numerose evidenze delle piene storiche su entrambe le sponde, come pure le divagazioni storiche sono testimoniate dalle numerose tracce di modellamento fluviale ancora visibili. Il confronto tra la situazione attuale dell'alveo e quella riportata sulla cartografia I.G.M. risalente agli anni '40 dello scorso secolo, non evidenzia variazioni significative del tracciato dell'alveo.

### **4.3 Inquadramento idrografico e idrogeologico**

Il Comune di Assemini è caratterizzato dal punto di vista idrografico dalla vicinanza del Flumini Mannu, principale corso d'acqua del settore meridionale del Campidano che scorre entro argini artificiali tra depositi alluvionali terrazzati, e da uno degli affluenti di tale fiume, il Sa Nuxedda, canale tombato che scorre nell'abitato di Assemini. L'area oggetto di intervento è localizzata 800 m a nord-est dal Flumini Mannu e a 400 m a ovest dal Rio Sa Nuxedda. Tali corsi d'acqua appartengono al sub-bacino n. 7 *Flumendosa - Campidano - Cixerri*.

Come affermato nel PSFF; il Flumini Mannu è il quarto fiume della Sardegna per ampiezza di bacino e presenta una lunghezza complessiva di circa 105 km, di cui circa 96 km classificati come asta principale. Il tratto principale è ulteriormente suddiviso in una classificazione che distingue il primo macrotratto denominato Flumini Mannu 041 (circa 63 km compresi tra il lago San Sebastiano e Serramanna) dal secondo macrotratto, arginato focivo, che dà il nome all'intera asta.



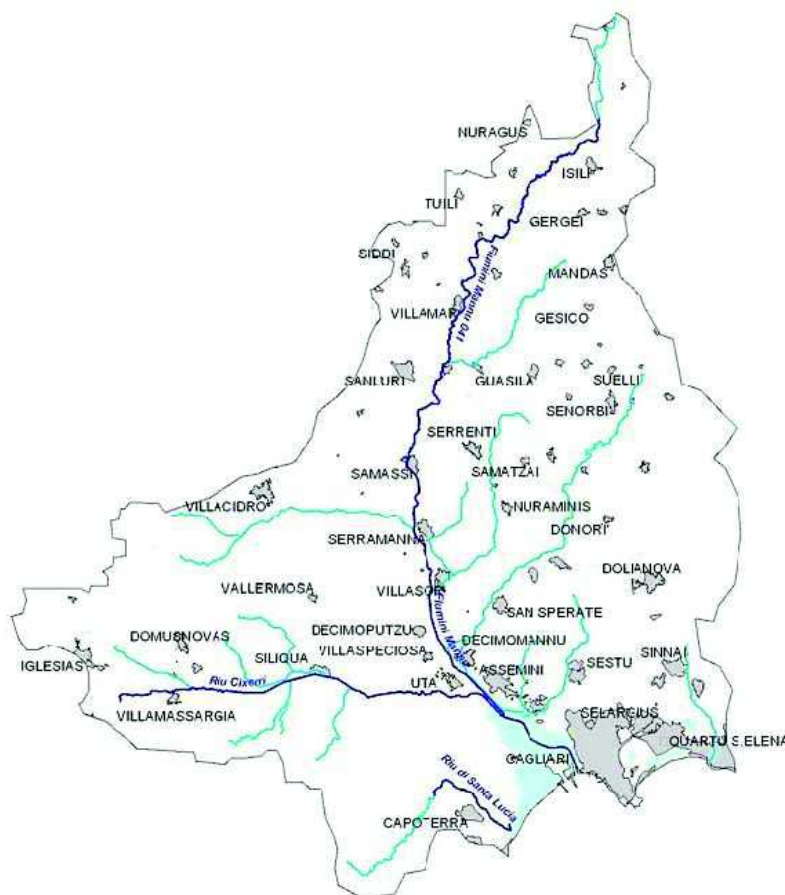


Figura 6: Reticolo idrografico del bacino Idrografico del Flumini Mannu (fonte: PSFF - Sub-Bacino 07 Flumendosa-Campidano-Cixerri ; Relazione monografica di bacino idrografico; Flumini Mannu; Rev. 02 Aprile 2013)

Il Flumini Mannu nasce dal Tacco del Sarcidano ed attraversa, prima di giungere nel Campidano, le regioni della Marmilla e della Trexenta. Trae origine da alcuni rami secondari alimentati da sorgenti presenti nell'altipiano calcareo del Sarcidano, si sviluppa nella Marmilla e, attraversando dapprima la piana del Campidano, sfocia in prossimità di Cagliari nello stagno di Santa Gilla. Il Flumini Mannu di Cagliari si differenzia notevolmente dagli altri corsi d'acqua dell'isola per i caratteri morfologici del suo bacino imbrifero; quasi la metà dello sviluppo lineare dell'asta attraversa infatti territori pianeggianti, al contrario della maggior parte dei corsi d'acqua che attraversano territori quasi esclusivamente montuosi. Il suo bacino idrografico è delimitato a nord dall'altopiano del Sarcidano, a est dal massiccio del Sarrabus-Gerrei, a ovest dai massicci dell'Iglesiente e del Sulcis e a sud dal Golfo di Cagliari.

Il centro abitato di Assemini si sviluppa in corrispondenza della confluenza tra il rio Flumini Mannu, principale corso d'acqua del settore meridionale del Campidano che scorre entro argini artificiali tra depositi alluvionali terrazzati, ed il rio Sa Nuxedda, affluente del Mannu sulla sua sinistra idrografica.

Nell'area i depositi alluvionali superficiali olocenici hanno potenze sempre dell'ordine delle diverse decine di metri e ospitano falde multistrato con profondità sino ad un massimo di cento metri e portate prossime ai 15 l/s.

Il deflusso è generalmente orientato da NW a SE con un gradiente idraulico medio dello 0,50/00. Il livello freatico può giungere ad una profondità di 2 metri dal piano di campagna al termine del periodo di maggior piovosità e scendere a 6 metri dal p.c. nei periodi più siccitosi.

Dalla letteratura si rileva un valore medio annuo di precipitazione pari a 540 mm con una evapotraspirazione, calcolata secondo il metodo di Turc, intorno ai 490 mm annui. La pluviometria efficace si attesta pertanto intorno ai 50 mm.

#### 4.3.1 Aree a pericolosità idraulica

Gli interventi di seguito descritti non ricadono in aree mappate dal P.A.I. (vedi Allegato 1), sono invece ricomprese in zone a *pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)* del P.S.F.F. (Fascia A\_50) e in aree perimetrale a *pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)* dello Studio di cui all'art.8 comma 2<sup>3</sup> delle N.A. del P.A.I. Pertanto, la loro realizzazione è disciplinata dall'art. 27 delle N.T.A. del P.A.I. Il P.G.R.A. lo include a sua volta in aree perimetrale a *pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)*.

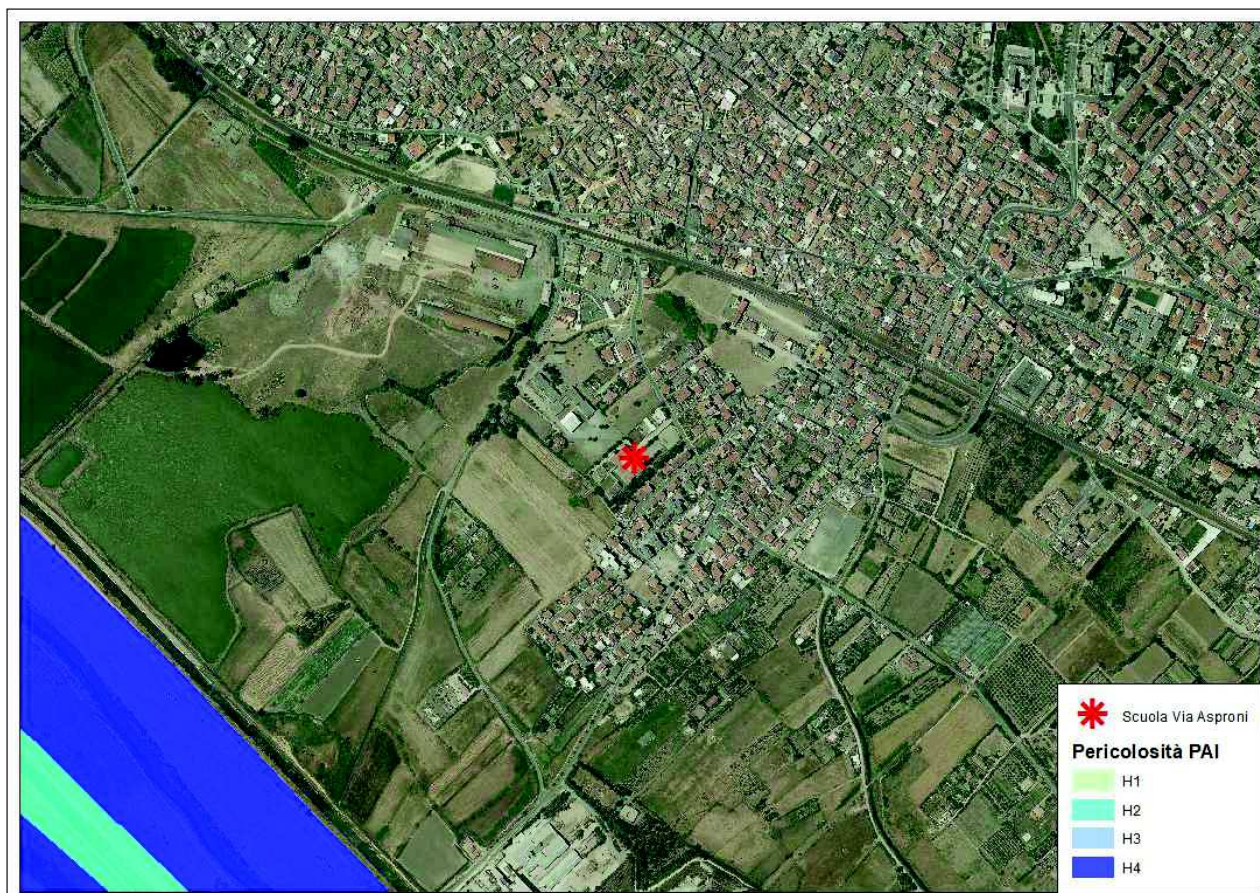


Figura 7: Pericolosità idraulica - PAI - Fonte: RAS

<sup>3</sup> Studio di compatibilità idraulica e geologica-geotecnica relativo al procedimento di adozione del nuovo Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) di Assemini ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione (N.A.) del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologica (P.A.I.) approvato con Deliberazione N.3 Del 01.08.2012 del C.I. dell'Autorità di Bacino della Sardegna, emendato come da Deliberazione n.4 del 07.07.2015 del Comitato Istituzionale della Autorità di Bacino della Sardegna "Aggiornamento Studio compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I. - Recepimento cartografico pericolosità idraulica del Piano Stralcio Fasce Fluviali (P.S.F.F.) nel Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) di Assemini"



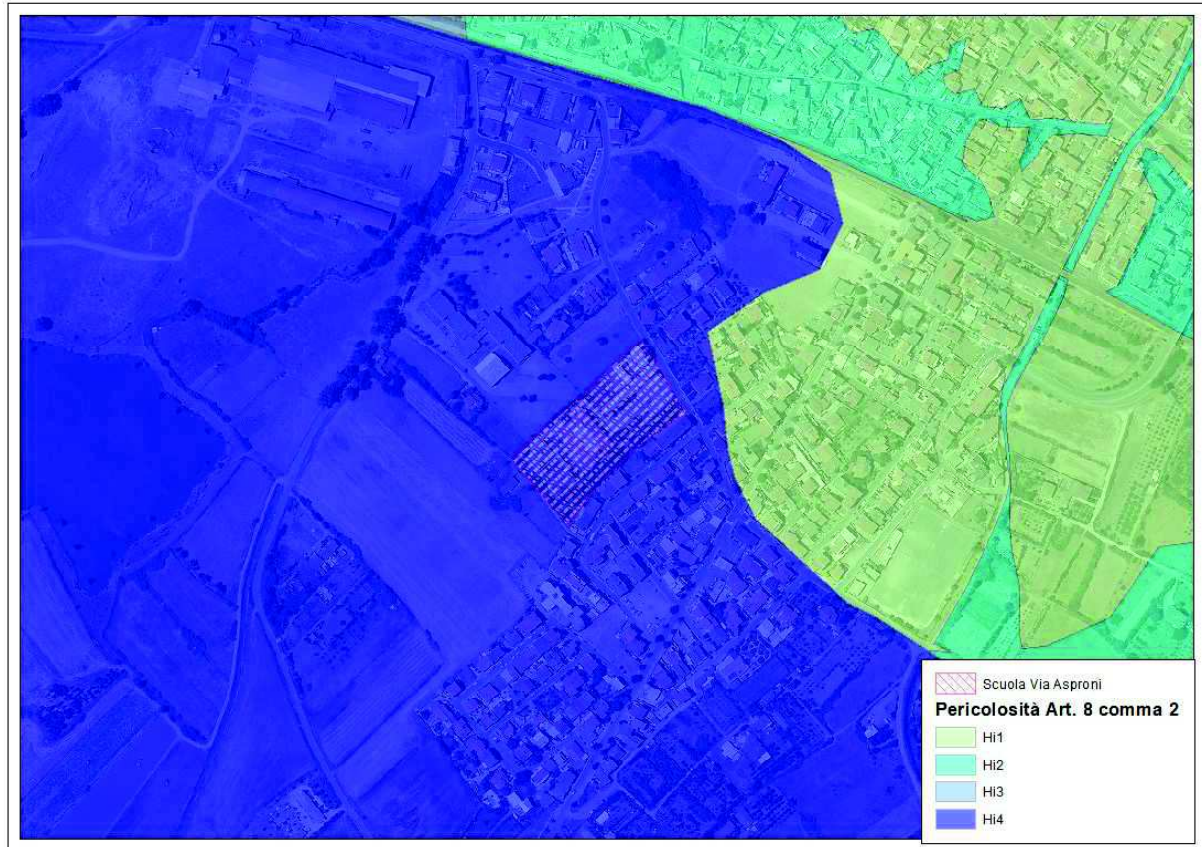


Figura 8: Pericolosità idraulica - Articolo 8 comma 2 - Fonte: RAS



Figura 9: Pericolosità idraulica - PSFF - Fonte: RAS

#### 4.4 Caratterizzazione sismica

Ai sensi della normativa tecnica approvata da D.M. 14 gennaio 2008, dal punto di vista dell'azione sismica, i suoli di fondazione vengono classificati in due gruppi; di questi il primo viene distinto in 5 categorie, il secondo in 2 categorie.

Primo gruppo:

A – Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti uno strato di alterazione superficiale al massimo di 3 m.

B – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero  $N_{spt,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $C_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

C – Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{spt,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < C_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

D – Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale aumento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $N_{spt,30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $C_{u,30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

E – Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_{s,30} > 800$  m/s)

Per le categorie S1 ed S2 del secondo gruppo è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche.

S1 – Depositati di terreni caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 100 m/s (ovvero  $10 < C_{u,30} < 20$  kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 – Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, argille sensitive e qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Stima della classe sismica dell'area in esame:

Tenendo conto che la zonazione sismica nazionale pone la regione Sardegna in zona 4 (sismicità irrilevante), è necessario ai fini del D.M. 2008 definire la classe sismica di appartenenza del sito in cui ricade il fabbricato in progetto.

Le caratteristiche dei materiali che costituiscono il sottosuolo della zona indagata sono di natura alluvionale con modesta presenza di scheletro clastico litoide, mentre la frazione fine risulta prevalente ed è costituita da una miscela di limi, argille e sabbie a media e debole coesione, dall'aspetto variabile, da semi asciutto ad umido, che conferiscono a questi terreni caratteristiche di velocità sismica compresi tra 180 e 360 m/s. Tenendo conto



di questi elementi, la possibile classe di appartenenza risulta la C. Per una più precisa valutazione occorrerebbe indagare lo spessore della coltre alluvionale, almeno nei primi 30 m, per rilevare la eventuale presenza di litologie più compatte che potrebbero far cambiare la classe di appartenenza.

Ai fini della verifica di stabilità sono stati adottati i seguenti parametri sismici ricavati dalla letteratura:

Zona = 4

Accelerazione sismica = 0,05 ag/s

Classe sismica = C/S2

#### **4.5 Considerazioni geotecniche**

Le informazioni disponibili circa le caratteristiche geotecniche delle formazioni interessate, indicano un valore medio di resistenza a compressione pari a **1,9 kg/cm<sup>2</sup>** che deve essere considerato come valore di riferimento per i calcoli progettuali. È necessario inoltre sottolineare la stretta dipendenza della portanza dal grado di cementazione dei granuli (che tende a crescere con la profondità).

Il contenuto d'acqua è generalmente intorno al 20 % ed il limite plastico è di poco superiore negli strati superficiali. Anche l'indice di plasticità è mediamente intorno al 20%.

La coesione non drenata media è indicata pari a 1,55 kg/cm<sup>2</sup>, tuttavia il coefficiente di variazione risulta assai elevato (65%).

Da misure di permeabilità in situ, sempre ricavabili dalla letteratura, si rileva che, in zone edificate, il coefficiente di conduttività idraulica delle Alluvioni Terrazzate è dell'ordine di 10<sup>-4</sup> cm/sec, a testimonianza di un grado di costipazione generalmente elevato.

Non essendo previsti interventi di ampliamento né la realizzazione di nuove opere murarie non vi sarà alcun incremento dei carichi attuali che ad un esame visivo, appaiono ben distribuiti e "soportati" dall'insieme terreno-struttura. Nel caso in futuro si dovesse prevedere un incremento dei carichi attuali per un valore superiore a 0,6 kg/cm<sup>2</sup>, si raccomanda l'esecuzione di più approfondite indagini strumentali volte alla più dettagliata definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni. Questo anche per procedere ad una nuova valutazione di eventuali cedimenti, differenziali e non, teoricamente possibili a causa della compattazione prodotta sui terreni per effetto delle nuove pressioni trasmesse dalla struttura.

## 5 ANALISI STORICA

Per l'individuazione delle aree pericolose e a rischio idraulico si è proceduto all'analisi della bibliografia presente al fine di individuare le aree storicamente soggette a dissesto idrogeologico. In particolare, si sono considerati dati climatologici, pluviometrici ed idrometrici dell'area oggetto di studio. Per l'individuazione delle aree storicamente soggette a dissesto idrogeologico si è fatto riferimento al Progetto Aree Vulnerate Italiane (AVI), all'inventario dei fenomeni franosi in Italia (Progetto IFFI) e si è inoltre fatta una ricerca bibliografica di ulteriori informazioni finalizzate all'inquadramento storico.

### 5.1 Climatologia

Per la descrizione delle caratteristiche climatiche dell'area sono stati utilizzati i dati termometrici e anemometrici registrati nella vicina stazione di Decimomannu, posta ad una distanza inferiore ai cinque km ed alla medesima quota.

Per quanto riguarda le temperature sono riportati i valori delle rilevazioni effettuate giornalmente dal 1969 al 1992 e riassunti nella tabella seguente. L'intervallo temporale considerato non è pari o superiore ai 30 anni consecutivi, come raccomandato dalla organizzazione meteorologica mondiale tuttavia, con i suoi 23 anni si può ritenere rappresentativo delle condizioni medie della località.

Stazione	Quota Metri	Periodo di Osservazione	Anni	Temperature medie mensili °C												Anno °C
				G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	
Decimomannu	21	1969 – 1992	23	9.8	10.5	12.1	14.0	17.8	22.0	25.1	25.5	22.5	18.5	13.8	10.8	16.9

Tabella 1: Temperature registrate nella stazione di Decimomannu

La temperatura media annua è di 16,9 °C, in linea con i valori medi della maggior parte delle località di pianura del Campidano meridionale. Tra le caratteristiche degne di nota vi è la prolungata stagione “calda” che, non di rado, permette alle temperature medie di superare la soglia dei 20°C per quasi cinque mesi, dalla metà del mese di maggio alla metà del mese di ottobre. Nei mesi di giugno, luglio ed agosto le temperature massime possono raggiungere (e superare) i 40°C, talvolta per diversi giorni consecutivi. Nel complesso appare evidente per la località in esame il prolungamento delle condizioni “tardo-estive” anche nella prima parte della stagione autunnale. Per contro, i valori minimi invernali si attestano intorno agli 0°C, e sono più frequenti in gennaio e febbraio quando la Sardegna è maggiormente esposta alle irruzioni di aria fredda di origine polare. Da segnalare che anche nel caso di Assemini la sensazione di caldo o di freddo percepibile nei due periodi prima descritti è spesso influenzata dalla umidità dell'aria, che si mantiene generalmente elevata, conseguenza della posizione prossima alla costa, agli stagni di Cagliari ed Elmas, e, soprattutto nelle ore notturne, permette spesso il raggiungimento del punto di rugiada.

L'escursione termica tra la notte e il giorno è generalmente compresa entro 10 - 12°C con punte massime intorno ai 15 - 17 °C nelle situazioni di cielo sereno (alta pressione) e forte irraggiamento notturno.

### 5.2 Dati anemometrici

Come si ricava dalle osservazioni della vicina stazione di Decimomannu, il regime dei venti mostra una netta prevalenza delle correnti provenienti da W (ponente), NW (maestrale) e da SE (scirocco). Il primato di queste

direzioni di provenienza è dovuto sia alla interazione tra l'area considerata e la circolazione atmosferica sul Mediterraneo sia al regime delle brezze che risulta ancora attivo in questo settore del Campidano.

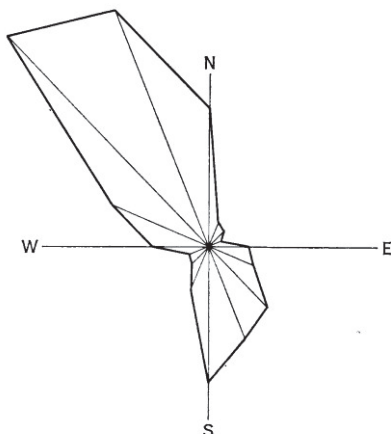


Figura 10: Rosa dei venti per Decimomannu.

Come è noto le fasi tipiche del passaggio sulla Sardegna di una perturbazione proveniente da ovest comportano un iniziale afflusso dai quadranti meridionali, fronte caldo, seguito da una rotazione a ovest nord ovest in seguito al sopraggiungere del fronte freddo. Questa evoluzione, sebbene valida in generale, può mostrare differenze a livello locale in conseguenza della posizione della stazione e/o della morfologia della costa. I venti del primo quadrante, che soffiano dall'interno verso il mare, sono piuttosto rari e tendono a manifestarsi quasi esclusivamente in inverno.

L'intensità massima è raggiunta dal maestrale che, prevalentemente in inverno e primavera, può superare i 100 km orari con punte di 130 km/h.

### 5.3 Dati pluviometrici

In Tabella 3 e Tabella 3 si riportano i dati pluviometrici della vicina stazione pluviometrica di Decimomannu e della stazione "Decimomannu Vivaio". I dati delle due stazioni riportano le altezze di pioggia espresse in mm mensili e annuali rispettivamente nei periodi 1922-1986 e 1969-2010.

Le piogge sono normalmente di intensità debole-moderata tuttavia nel periodo autunnale e, secondariamente, in quello primaverile possono verificarsi manifestazioni temporalesche, con precipitazioni particolarmente intense conseguenti alla formazione di imponenti cumulonembi la cui origine è da ricercare nella interazione tra i fronti, il mare, i non lontani rilievi del Sulcis e, nei casi più importanti, con i concomitanti minimi di geopotenziale ai livelli superiori della troposfera.

Come si può notare dalla Tabella 3 la piovosità mensile indica un regime di tipo AIPE (autunno – inverno – primavera – estate) con i valori medi più elevati, 50 mm e oltre, nei mesi di Novembre e Dicembre.

Valori medi intorno ai 10 mm si registrano in Giugno e agosto, mentre in Luglio difficilmente si superano i 5 mm e non sono rari gli anni in cui, in questo mese, non si verifica alcuna precipitazione.

## LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE DELLA SCUOLA PRIMARIA DI VIA ASPRONI

Anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Media Anno
1922	54.9	23.6	74.1	23	5.2	0	0	0	37.2	65.7	0	0	283.7
1923	58.4	67.2	26.2	57.2	6.2	14.7	0	0	31.2	7.2	64.2	51.7	384.2
1924	39.2	70.5	88	5.7	7.7	8.5	0	0	0	33.5	16.5	97.3	366.9
1925	6	59.1	44.6	49.5	41.3	10	13	0	51	82.3	118.5	12.5	487.8
1926	19.5	55.5	11.3	52	79	7.5	0	38	15.1	10	137	36	460.9
1927	90	10	41	8.1	19	15.5	0	0	8	46	68.1	92.5	398.2
1928	94	18.5	110	15	20.5	0	0	0	101	128	105	87	679.0
1929	167	43	6	36	32	5	0	26	43	124	83.5	80	645.5
1930	260	149	95	138	47	13	13	5	23	54	17	133	947.0
1931	29	73	43	16	21	0	0	0	7.5	27	98	140	454.5
1932	7	109.1	30.3	23	0	40	0	17	7	71	72	43.7	420.1
1933	38	64.6	17.4	12	2	7	0	36.8	28.3	19	306.4	87.1	618.6
1934	64.9	43.5	95.5	87.1	40.5	11.5	1	10	50.1	22.5	67.3	106.3	600.2
1935	93.3	28.7	77.5	47	87.3	3	33.5	0.8	78	55.3	85	71.3	660.7
1936	52	46.5	101	90.6	65.3	46.5	0	12	15	121.4	38.3	38.8	627.4
1937	21.5	58	150	25.5	20	9.5	0	12	23.5	66.5	43.5	94.8	524.8
1938	35	21.8	17.5	43.5	40	0	0	10.5	41	38	55	58	360.3
1939	75	27	53.5	40	89.6	18	0	81.5	90.7	54	26.5	83	638.8
1940	132	13	18	28.5	85	34	0	0	0	170	12	37.5	530.0
1941	89	81	23.5	91.5	46.5	1	0	0	0	48.6	91.5	40	512.6
1949	99.5	32.2	46.6	16.5	79.1	6.7	14.1	0.5	0	77.8	69	44.6	486.6
1950	24.8	31.1	34.6	62.4	28.9	20.5	0	0	43.7	38.4	23.7	81.4	389.5
1951	42.2	21.2	51.2	8.4	42.2	5.8	0.4	12	20.5	241.7	23.3	33.3	502.2
1952	42	5.2	10.1	28.8	22	0	5	3.8	45.5	27.7	35.3	63.1	288.5
1953	41.9	53.7	233.9	18	100.2	63.2	0	10.1	3.6	39.5	31.7	11	606.8
1954	57.6	42	77.7	29.8	23.5	2.3	1.3	10.2	10.2	2	43.9	25.6	326.1
1955	77.2	72.6	99.4	14.5	2.6	3.9	0.7	11.4	60.7	12.4	26.7	34.5	416.6
1956	11.7	94.8	90.7	55.4	18.2	0.5	0	0	42.5	36.4	142.5	22.4	515.1
1957	112.2	1	9	36.6	52.8	13.2	0.2	3.9	11.7	144	81	123.9	589.5
1958	21.4	14	32.7	52.2	8.3	0.7	0	0	4	41.2	102	110.1	386.6
1959	31.9	96.5	45.8	24	87.6	1.1	0	1.3	27.4	112	70.9	56.5	555.0
1960	70.9	14.3	66.3	41.2	17.5	0.4	0	0	64.8	52.6	49.3	123.5	500.8
1961	53.7	4	1.7	18	1.4	45.1	0	0	4.5	89.6	102.4	44	364.4
1962	6.7	31.3	116	25.9	5.5	33.2	0	0	11.3	48.1	142.8	24.9	445.7
1963	43.3	176	24	51	16.2	20.1	47.9	19	108.9	5.3	28.5	144.4	684.6
1964	11.6	74.9	35.5	48	4.3	0.8	0	44.5	15.5	76.5	45.2	247.5	604.3
1965	102.5	61.7	78.1	13	8.6	0	0	0	47.4	120.8	69.6	47.2	548.9
1966	56.1	44.3	25.4	48.5	49.3	5.4	0	0	12.7	93	110.6	44.1	489.4
1967	50.7	68.4	9.1	41.4	17.5	1.2	0	1.8	30.9	16.3	67.3	124.3	428.9
1968	38.2	58.4	34.5	43.1	11.9	40.4	0.1	4.1	5.5	13.3	84.9	162.1	496.5
1969	26.3	81.6	33.5	38	17.2	7.9	19.7	71.7	82.6	68.8	64.4	108.8	620.5
1970	59.9	20	13.7	7.3	12	0	0	0.4	0	37.1	21	42.3	213.7
1971	13	32.1	39.4	30.6	15.9	0.2	1.2	1.3	23.8	48.4	107.7	44.3	357.9
1972	87.8	132.1	37	42.1	123.2	15.2	0.3	1.5	36.6	13.7	13.1	111.7	614.3
1973	96.4	59.8	90.5	12.9	0.5	16.7	0.4	0	38.5	38.5	11.3	17.8	383.3
1974	23.9	176.6	118.1	137.2	3.1	1	2.5	0.1	17.9	93.7	42	10.6	626.7
1975	10.8	83.8	72.2	10.1	37.6	14	0	55.4	2.2	57.9	74.8	36.2	455.0
1976	15.4	115.8	67.1	35.9	41.4	42.7	8.4	162.5	65.6	74.5	86.9	120.1	836.3
1977	80.6	16.8	19.5	64.6	11.5	41.6	3.5	42.1	16.2	63.2	28.1	24.4	412.1
1978	96.8	53.4	109.6	148.1	42.4	7.4	0.2	0.3	19.2	58.9	174	87.8	798.1
1979	56.5	42.6	40.9	87.4	11	42.4	23.6	16.9	71.8	39.7	41.7	59.8	534.3
1980	64.4	14.4	56.7	31.8	105.1	0.1	0.1	0	0.3	72.7	87.9	86.4	519.9
1981	25	55.2	13.1	67.1	26.9	15.8	0.2	3.8	31.8	29.5	1.3	66.7	336.4
1982	16	43.1	22.9	14.7	28.7	2.4	0	3.2	109.4	130.8	55.9	59.3	486.4
1983	1	95.7	37.6	3.3	4.4	4.8	9.5	11	76.4	12	97.8	45.1	398.6
1984	14.5	96.5	47.2	41.1	61.5	4.7	0	1.8	54.8	28.4	103.6	82.4	536.5
1985	90.6	53.2	185.6	19.8	29.8	0.4	7.6	0	57.8	150.2	81.6	11.8	688.4
1986	84.4	75.6	43.4	45.2	0	44.2	1.2	0	31.8	109.2	106.6	37.1	578.7
<b>Media mensile</b>	56.6	57.0	56.8	41.4	33.2	13.3	3.6	12.8	33.8	63.1	69.9	69.2	510.8

Tabella 2: altezze pluviometriche mensili e annuali per la stazione pluviometrica di Decimomannu. Fonte: Regione Autonoma della Sardegna



Anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Media Anno
1969	33.4	93.2	44.6	34.8	18.6	11	9.6	0	83.6	76	74	114.8	593.6
1970	72.4	37.6	34.2	19	16.6	0	0	0.4	0	45.6	27.8	51.6	305.2
1971	42.2	46.8	57.8	38.2	17.4	0	2	2.8	51	51.2	134.8	39.2	483.4
1972	81.2	121.8	35.2	38.4	112	13	0	1.8	34.8	15.4	12	101.8	567.4
1973	104	48.2	87	10.4	0	12.6	0	0.2	42	35.4	10.4	18.2	368.4
1974	27.2	167.2	104	113.2	4.2	1	1.4	0	13.4	85.6	35.6	8.8	561.6
1975	16.2	80.2	72.2	6.4	37.6	10.8	0	26	1.4	51.4	70.4	51.4	424.0
1976	12.2	99	59.8	37.4	31	28.2	15.6	108.8	60.4	75.8	74	117.2	719.4
1977	77.4	15.8	13.4	58	44.4	31.8	1.6	33.2	12.2	50.2	48.6	23	409.6
1978	74.4	49.2	83.8	119	31.2	3.2	0	0	16.2	52.4	202.8	81.4	713.6
1979	55	59.9	38.2	81	39.4	43.8	18	13.5	77.8	56.5	37.6	69.2	589.9
1980	65	17.4	50	37.6	101.8	0.4	0.4	0	2	64.4	77.4	78.6	495.0
1981	28	47.4	16.8	56.2	24.8	15.6	0.2	2.8	33.4	32	1	60.4	318.6
1982	8.8	32.2	24.4	10.4	19	1.6	0	5.2	107.4	141.8	54.2	64.6	469.6
1983	0.8	100.1	34.6	5	4.1	5	7.2	15	82.5	24.7	94	51.3	424.3
1984	21.4	89.3	52.2	38	44.7	4.9	0	11.9	56.2	24.3	102.2	94.2	539.3
1985	81	40.8	155.6	15.6	26.4	0	3.6	0	58.4	144.6	73.6	13.4	613.0
1986	78.7	77.9	32	37.4	13.6	21.2	1.4	0	13.8	98.8	91.6	26.2	492.6
1987	36.4	93	13.4	0.6	10.4	12.6	0	0	2	21.8	20.4	21.8	232.4
1988	111.6	26	25	32.2	11.2	2.2	2	0	17.2	30.8	16.8	25.6	300.6
1989	28.8	34.2	20.6	59.4	8.2	6.4	1	6.2	39.4	2.8	52.2	43.4	302.6
1990	17.4	9.8	17.8	68	42.6	6.4	4	26	0.4	133.2	50.8	80.4	456.8
1991	36.4	122.2	35	84.2	23.5	3.8	3.5	10.2	67.3	84	69.5	27.9	567.5
1992	22.2	13.8	71.8	26.6	31.2	50.8	14	0	0.6	127.6	45.4	90.4	494.4
1993	8.2	61	50.8	61	71.6	3.4	0.4	0	57	46.4	238.8	51.6	650.2
1994	58	28.2	0	59.8	2.8	1.2	2.8	0.6	52.6	38.6	64.8	54.6	364.0
1995	16.6	0.6	27.2	40.2	9.8	7	15.6	20.6	37	11.2	91.2	67	344.0
1996	34.8	75	69	45.2	32.6	102	3.2	13.6	66.8	59	40	120.6	661.8
1997	0	0	3.2	25.2	28	6	0	16	8.6	87.2	213	44.8	432.0
1998	9.2	36	17.4	38.4	33.8	2.2	0	10.8	29.8	36.8	21.6	44.8	280.8
1999	46.6	26.4	50.2	20.8	22.6	2	13.2	0.8	54.4	17	626.4	50.4	930.8
2000	15.6	11.2	24.8	43.8	7.2	28	6.4	0	3	43.4	78.2	83.6	345.2
2001	62	20.8	11.8	19.8	18.8	0	0.2	0.8	8.8	1.6	58.4	32	235.0
2002	19.4	16.6	28.6	75.4	22.6	6.4	5.4	44.6	24.4	37.2	77.6	56	414.2
2003	89.6	168.8	39	29	6.8	6.8	0	0	63.6	87.4	63.2	99	653.2
2004	35.2	28.6	39.8	164	47.6	0	0	0	52.6	18.2	206.8	139.2	732.0
2005	21.2	119.2	21.4	75.6	12.4	27.4	0	5.1	7	2.8	144.2	88.8	525.1
2006	64.6	25.6	21	21.6	0.4	2.8	30.8	1.2	163	43.6	23.4	69.4	467.4
2007	13.6	33.6	34.8	69.6	9.6	4	0.2	0	33.8	27	25	31.6	282.8
2008	40.2	20	43.6	11.2	27.8	4.6	0	0	27.6	93.6	103.8	117.8	490.2
2009	122	22	34	117	0.4	3	0	0	66.8	23.6	18.2	22.4	429.4
2010	153	64	25.4	37	54.6	37.2	0.2	2	7.8	112.2	110.8	56.2	660.4
Media mensile	46.2	54.3	41.0	47.2	26.7	12.6	3.9	9.1	39.0	55.1	87.7	61.5	484.3

Tabella 3: altezze pluviometriche mensili e annuali per la stazione pluviometrica di Decimomannu Vivaio. Fonte: Regione Autonoma della Sardegna

## 5.4 Dati idrometrici

Non vi sono stazioni idrometriche localizzate in prossimità dell'area di studio.

## 5.5 Eventi di piena

All'interno del progetto AVI, che considera gli eventi di piena noti fino al 1998, relativamente al Comune di Assemini sono indicati quattordici eventi di piena. I dati sintetici degli eventi così come riportati nel progetto AVI sono indicati in Tabella 4.

Numero piena	Data
600001	05/04/1906
600003	21/10/1907
600091	26/10/1946
600194	13/11/1961
600195	22/11/1961
600377	23/08/1975
600431	07/04/1978
600506	18/12/1982
600516	28/09/1983
600548	27/10/1985
600551	31/01/1986
600579	07/10/1986
4600004	22/11/1961
6600012	31/10/1993

Tabella 4: Eventi di piena rilevati per il Comune di Assemini secondo il Progetto AVI.

## 6 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica riportata di seguito fa riferimento agli elaborati del Piano Stralcio Fasce Fluviali della Regione Autonoma della Sardegna<sup>4</sup>.

Al fine dell'analisi idrologica, il PSFF suddivide il Flumini Mannu 041 ed il Flumini Mannu in 22 sottobacini. Facendo riferimento agli elaborati del PSFF stesso, l'area oggetto di intervento ricade nel sottobacino Y ricompreso tra le sezioni topografiche 07\_FM\_007 e 07\_FM\_008.

I sottobacini sono stati individuati individuando le sezioni dell'asta principale sul quale valutare le portate di piena con il seguente criterio:

- sezione di testata;
- a monte e valle di ogni affluente con superficie  $\geq 10\%$  di quella del bacino principale delimitato dalla sezione a monte dell'affluente stesso;
- per ogni incremento del bacino residuo tra il 10% e il 20% del bacino principale delimitato dalla sezione posta immediatamente a monte.

### 6.1 Parametri morfometrici

Le caratteristiche morfometriche del bacino sono state determinate utilizzando il sistema temporale Temporal Analyst, operante in ambiente ArcGIS della ESRI. Lo studio è stato condotto considerando il DEM con passo 10 m, la carta CTR 1:10 000, le tavolette IGM in scala 1:25 000 e la carta di uso del suolo. Per ciascun bacino sono stati calcolati con metodologia GIS:

- Superficie del bacino **A**
- Altezza media del bacino **H<sub>m</sub>**
- Pendenza media del bacino **i<sub>b</sub>**
- lunghezza dell'asta principale **L**
- Lunghezza dell'asta principale **L<sub>a</sub>**
- Pendenza media dell'asta principale **j<sub>m</sub>**
- Quota alla sezione di chiusura **H<sub>0</sub>**
- Quota massima **H<sub>max</sub>**

Per ulteriori approfondimenti, si rimanda all'apposito allegato al Piano Stralcio delle Fasce Fluviali<sup>5</sup>.

### 6.2 Curve Number

La metodologia di calcolo del parametro di assorbimento CN è stata ricavata nel PSFF secondo la metodologia elaborata dal CIMA (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale, Savona) per conto e in coordinamento della Protezione Civile Nazionale; tale attività è peraltro estesa su tutto il territorio nazionale.

La carta CN è costruita sulla base delle informazioni sull'uso suolo, la litologia e la permeabilità a disposizione. La procedura prevede inizialmente l'associazione ad ogni tipologia di copertura del territorio di un valore di CN, determinata sulla base della carta di uso del suolo CORINE. Tali valori sono stati poi corretti sulla base della

<sup>4</sup> Regione Autonoma della Sardegna - Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - Sub-Bacino 07 Flumendosa-Campidano-Cixerri ; Relazione monografica di bacino idrografico; Flumini Mannu; Rev. 02 Aprile 2013

<sup>5</sup> Regione Autonoma della Sardegna - Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - Metodologie di Analisi; Rev. 03 Aprile 2013

carta geologica in scala 1:25000 della Regione Sarda, considerando le caratteristiche di permeabilità e gli aspetti geologici preminenti, in maniera tale da stimare dei coefficienti di variazione del CN, con un intervallo di valori -5÷+15. Anche in questo caso, si rimanda ai documenti originali per approfondimenti.

### 6.3 Tempo di corrivazione

Per il calcolo del tempo di corrivazione vengono in genere utilizzate alcune formule empiriche; le più conosciute sono le seguenti:

Formula di Ventura:

$$T_c = 0.127 \cdot \sqrt{\frac{A}{J_m}}$$

Formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{1.5 \cdot L_a + 4 \cdot \sqrt{A}}{0.8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}}$$

Formula di Pasini:

$$T_c = 0.108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L_a}}{\sqrt{J_m}}$$

Soil Conservation Service :

$$T_c = 0.00227(1000L)^{0.8} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} i_b^{-0.5}$$

dove

**A** = superficie del bacino [Km<sup>2</sup>];

**L<sub>a</sub>** = lunghezza dell'asta principale [Km];

**H<sub>m</sub>** = altitudine media del bacino [m];

**H<sub>0</sub>** = altitudine della sezione finale del bacino [m];

**J<sub>m</sub>** = pendenza media dell'asta principale del corso d'acqua [m/m];

**s**: pendenza media del bacino [%]

Tali formule, tramite l'osservazione e l'esperienza maturata nei bacini reali risultano, una più dell'altra, adatte a particolari condizioni geomorfologiche e topografiche. Tra i cinque il PSFF utilizza la formula proposta dal Soil Conservation Service.

## 6.4 Determinazione della portata di piena

La determinazione delle portate di piena può avvenire con diverse metodologie in relazione ai dati disponibili per la loro valutazione. Si possono individuare dei *metodi diretti* basati sull'elaborazione di misure di portata disponibili per il bacino di studio o per bacini idrologicamente simili a quello considerato, e dei *metodi indiretti* facendo ricorso a equazioni che permettano di ottenere la sola portata al colmo oppure tramite modelli di trasformazione afflussi-deflussi. I metodi diretti prescindono dall'influenza che i diversi fattori morfologici hanno nella formazione dei deflussi, si fondano sull'analisi probabilistica di una o più serie storiche di misura di portata della piena. I metodi indiretti possono invece essere ulteriormente suddivisi in empirici e analitici. I metodi empirici consentono la valutazione della portata massima di piena sulla base dei parametri morfometrici del bacino imbrifero, mentre i metodi analitici prendono in considerazione tutte quelle relazioni che hanno un fondamento fisico e si basano, anche in maniera semplificata, sull'impostazione di un bilancio idrologico relativo all'evento di piena.

### 6.4.1 Metodi empirici

I metodi empirici si basano generalmente sull'osservazione dei soli dati di portata al colmo in siti diversi e cercano di individuare le correlazioni di tali valori con le caratteristiche geomorfologiche dei bacini, permettendo di ottenere modelli regressivi che forniscono la portata al colmo o il contributo unitario per  $km^2$ .

Per la Sardegna si ricorre alla cura in sviluppo dei massimi di piena Sirchia-Fassò (1969), che permette di ricavare il valore del contributo unitario di piena ( $q$ ) da inserire insieme al coefficiente di afflusso  $\psi$  e all'area del bacino  $A$  nella formula per il calcolo della portata al colmo.

Contributo unitario:

$$q = 207 \cdot A^{-0.6} \left[ \frac{m^3}{s \cdot km^2} \right] \quad \text{per } 21 \text{ km}^2 \leq A < 1000 \text{ km}^2$$

$$q = 45.8 \cdot A^{-0.106} \left[ \frac{m^3}{s \cdot km^2} \right] \quad \text{per } S < 21 \text{ km}^2$$

Portata al colmo:

$$Q_c = q \cdot \psi \cdot A$$

Il coefficiente di afflusso  $\psi$  è ricavato sulla base della carta mostrata in Figura 11. Questo metodo è molto poco utilizzato in quanto non tiene conto del tempo di ritorno dell'evento di piena bensì solo delle serie storiche degli eventi catastrofici di piena. Non può pertanto essere utilizzato nella valutazione della pericolosità idraulica, poiché questa è relativa a eventi con tempi di ritorno definiti. Tuttavia, il suo calcolo può essere considerato al fine di effettuare un confronto con i valori di portata ottenuti attraverso gli altri metodi qui indicati.

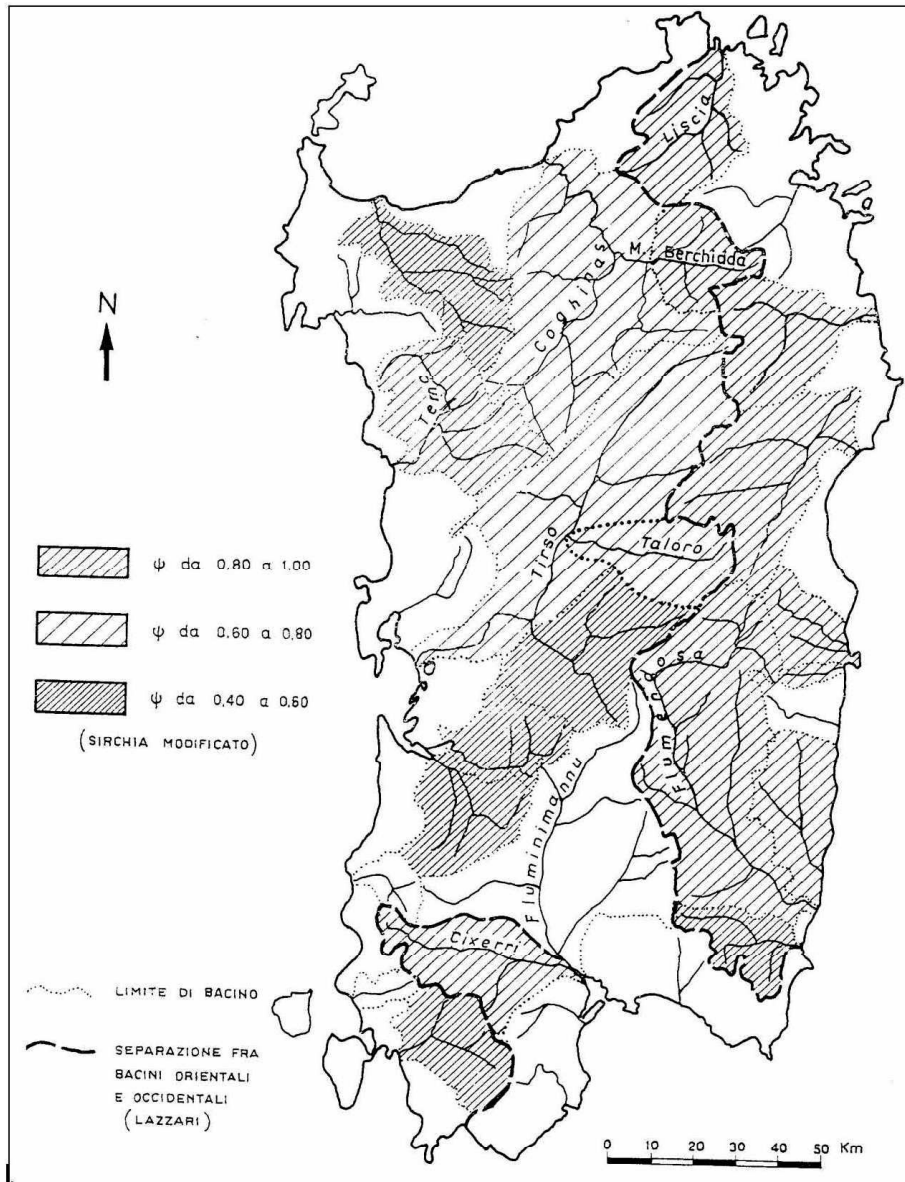


Figura 11: Mappatura del coefficiente  $\Psi$  di Sirchia Fassò

### 6.4.2 Metodi diretti

Nel caso della Regione Sardegna, la stima delle portate attraverso metodi diretti può essere effettuata con attraverso i metodi diretti attraverso due metodi di stima basati sulle distribuzioni probabilistiche lognormale e TCEV (Two Components Extreme Values) applicati a dati massimi annuali di portata al colmo.

Per quanto concerne il campo di applicazione di questa metodologia, si rileva che essa deriva dall'analisi di serie storiche relative alle stazioni che sottendono bacini di estensione superiore a circa 60 Km<sup>2</sup>. Tale metodo è stato applicato nel PSFF nei bacini di estensione superiore a tale valore, e nel caso di bacini di dimensioni nell'intorno di tale valore, si procede all'applicazione sia di questo metodo che di quello razionale (utilizzato per bacini di piccole dimensioni, si veda il paragrafo seguente), scegliendo criticamente quale sia più adatto allo studio del bacino di interesse.



**Metodo lognormale - Formula di Lazzari (1968)**

La metodologia lognormale distingue per la Sardegna due diversi bacini e considera che la variabile  $y = \log_{10} Q_c$ , abbia distribuzione normale, con varianza regionale  $\sigma_y^2$ , e media  $\mu_y$  dipendente da un fattore morfometrico  $A_b \cdot H_m$ .

La formulazione considera due diverse formulazioni:

- per bacini occidentali

$$y = 0.3583z_p + 0.956 \log_{10}(AH_m) - 2.995$$

- per bacini orientali

$$y = 0.4431z_p + 0.746 \log_{10}(AH_m) - 1.781$$

in cui:

- $Q_c$  è la portata al colmo di piena in  $m^3/s$ ;
- $A$  è l'area del bacino in  $km^2$ ;
- $H_m$  è la quota media del bacino s.l.m. in metri;
- $z_p$  è il frattile della distribuzione normale standardizzata relativo alla probabilità di non superamento  $P = 1 - \frac{1}{T}$ , con  $T$  pari al tempo di ritorno in anni).

Tale formula è valida nel caso in cui il fattore morfometrico  $A \cdot H_m > 50\,000 \text{ m} \cdot \text{km}^2$ .

**Metodo lognormale aggiornato**

La metodologia di Lazzari è stata più di recente aggiornata. In particolare nella nuova formulazione si assume che la variabile  $y = \ln Q_c$  abbia distribuzione normale, con varianza  $\sigma_y^2$  regionale, e media  $\mu_y$  dipendente dall'area del bacino  $A_b$ . La formulazione in questo caso non ha particolari restrizioni e vale:

- per bacini occidentali

$$y = 0.8152z_p + 0.9104 \ln(A) - 0.6547$$

- per bacini orientali

$$y = 1.0224z_p + 0.6388 \ln(A) - 1.534$$

in cui:

- $Q_c$  è la portata al colmo di piena in  $m^3/s$ ;
- $A$  è l'area del bacino in  $km^2$ ;
- $z_p$  è il frattile della distribuzione normale standardizzata relativo alla probabilità di non superamento  $P = 1 - \frac{1}{T}$ , con  $T$  pari al tempo di ritorno in anni).

**Distribuzione TCEV (Cao et al. 1988)**

Tale metodo valuta la probabilità di non superamento attraverso la miscela di due distribuzioni esponenziali.

$$Q_c = \mu(Q_c)K_T = \beta \exp(\alpha)K_T$$

Parametri per i bacini occidentali:

$$K_T = -0.833 + 1.345 \ln T$$

$$\alpha = -1.1954 + 0.9235 \ln A$$

$$\beta = 2.381$$

Parametri per i bacini orientali:

$$K_T = -0.977 + 1.451 \ln T$$

$$\alpha = 0.9882 + 0.06452 \ln A$$

$$\beta = 2.670$$

Dove

- $K_T$  è il coefficiente di crescita;
- $\mu(Q_c)$  è la piena indice (media di massimi annui di piena) in m<sup>3</sup>/s;
- $A$  è l'area del bacino in km<sup>2</sup>;
- $T$  il tempo di ritorno in anni.

**6.4.3 Metodi indiretti**

Questi metodi nascono dalla scarsa disponibilità di osservazioni storiche di portata, unita alla necessità di avere a disposizione stime sui vari parametri caratterizzanti le diverse sezioni idrologiche lungo i corrispondenti tronchi critici. Tale metodologia stima la portata al colmo a partire dalla precipitazione nell'ipotesi che la frequenza di accadimento di quest'ultima caratterizza quella della portata al colmo.

Secondo le indicazioni delle Linee Guida PAI, la portata al colmo è derivata con il metodo razionale. Tale metodo è basato sull'ipotesi che l'evento meteorico, che inizia istantaneamente e ha intensità costante nello spazio e nel tempo, abbia una portata che aumenti fino ad un tempo pari al tempo di corrivazione  $t_c$ , quando tutta l'area del bacino contribuisce al deflusso. La portata al colmo è allora pari al prodotto tra l'intensità di precipitazione ( $i$ ), di assegnata durata e periodo di ritorno ( $T_r$ ), il coefficiente di assorbimento ( $\Phi$ ), la superficie del bacino ( $A$ ), il coefficiente di laminazione  $\varepsilon(t)$ :

$$Q_c = i[\Theta, T_R, r(\Theta, A)]\phi A \varepsilon(\Theta)$$

Dove:

$i$ : intensità di precipitazione di assegnata durata  $d$  e periodo di ritorno  $T_R$



$\Phi$ : coefficiente di assorbimento,

A: superficie del bacino

$\varepsilon(\Theta)$ : coefficiente di laminazione

$\Theta$ : durata critica

$r(\Theta, A)$ : il fattore di ragguglio della precipitazione all'area del bacino

Si descrivono di seguito descritte le ipotesi e le metodologie di stima dei suddetti parametri.

La **durata di pioggia critica** ( $\Theta$ ), è assunta pari alla somma del tempo di formazione del deflusso superficiale ( $t_f$ ) e del tempo di corrivazione ( $t_c$ ):

$$\Theta_c = t_f + t_c$$

Il tempo di formazione  $t_f$  è ricavato iterativamente con la formula seguente, e successivamente sommato a  $t_c$  per il calcolo della durata critica :

$$t_f = \frac{I_a}{i(\Theta_c, r)}$$

Il **tempo di corrivazione** è stato valutato le formule illustrate in precedenza e, al fine dei calcoli idrologici, si è scelto di usare la formula del Soil Conservation Service con CN (III) che, oltre a fornire dei tempi bassi (ponendosi dunque in una condizione conservativa rispetto agli altri), mutua la metodologie per il calcolo delle portate adottata dal PSFF.

L'**intensità di precipitazione**  $i[\Theta, T_R, r(\Theta, A)]$  che determina la massima portata di piena (intensità critica) è ottenuta dalla curva di possibilità pluviometrica che esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione,  $d$ , ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno  $T_R$ . La determinazione della pioggia lorda è stata condotta con le curve di possibilità pluviometrica Log-Normale e TCEV, come indicato di seguito.

L'**altezza di pioggia raggugliata** ottenuta calcolata per la durata critica  $\Theta$  di ogni bacino viene quindi raggugliata all'area tramite il parametro  $r$ , secondo la formulazione utilizzata nel VAPI, che fa riferimento al FloodStudies Report

$$r = 1 - (0,0394 A^{0,354}) \Theta^{(-0,40+0,0208 \ln(4,6-\ln(A)))} \quad \text{per } A < 20 \text{ km}^2$$

$$r = 1 - (0,0394 A^{0,354}) \Theta^{(-0,40+0,003832 (4,6-\ln(A)))} \quad \text{per } A > 20 \text{ km}^2$$

dove:

$\Theta$  è la durata critica della precipitazione;

A è la superficie del bacino (espressa in  $\text{km}^2$ ).

L'altezza di pioggia netta, ovvero la quota parte della precipitazione totale (lorda) al netto delle perdite di bacino dovute all'infiltrazione nei suoli, alla intercezione fogliare delle piante e agli accumuli d'acqua nelle piccole depressioni, può essere calcolata con il metodo SCS-Curve Number, in cui

$$h_N = \frac{(h_r(\theta) - 0.2S)^2}{h_r(\theta) - 0.8S} \text{ [mm]}$$

dove

$h_r$  = precipitazione meteorica ragguagliata (mm);

S = massima capacità di assorbimento del bacino per infiltrazione (mm).

Il valore S è calcolato dall'equazione:

$$S = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right) \text{ [mm]}$$

in cui il valore del CN è valutato come indicato precedentemente.

**Il coefficiente di laminazione**,  $\epsilon(t)$ , dovrà essere opportunamente valutato a seconda dell'estensione e delle caratteristiche topografiche del bacino idrografico sotteso facendo riferimento ai ben noti modelli concettuali della corrivazione e dell'invaso. Nell'analisi effettuata, questo è stato posto pari a 1.

#### **6.4.3.1 Curva di possibilità pluviometrica della distribuzione TCEV**

La curva di possibilità pluviometrica della distribuzione TCEV utilizzata è la seguente:

$$h_T(\tau) = \mu(\tau)K_T(\tau) = (a_1 a_2) \tau^{n_1 n_2}$$

con la pioggia indice di durata  $\tau$  (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata  $\tau$ ) espressa come funzione della stessa durata e della pioggia indice giornaliera:

$$\mu(\tau) = a_1 \tau^{n_1}$$

dove i coefficienti  $a_1$  e  $n_1$  si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera  $\mu(g)$ :

$$a_1 = \mu(g) / (0,886 \cdot 24^{n_1})$$

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \text{ Log}_{10} \mu(g)$$

La pioggia indice giornaliera  $\mu_g$  viene stimata sulla base della carta delle isoiete riportata in **Errore. L'origine r iferimento non è stata trovata.**

L'altezza di pioggia  $h_T(\tau)$  di durata  $\tau$  con assegnato tempo di ritorno T in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice  $\mu(\tau)$  per un coefficiente di crescita:

$$K_T(\tau) = a_2 \tau^{n_2}$$

$a_2$  e  $n_2$  si ricavano, per tempi di ritorno superiori ai 10 anni, con le seguenti relazioni, distinte per sottozona così come individuata in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** I bacini oggetto di studio sono appartenenti alla sottozona SZO 2.



Figura 12: sotto zone omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna

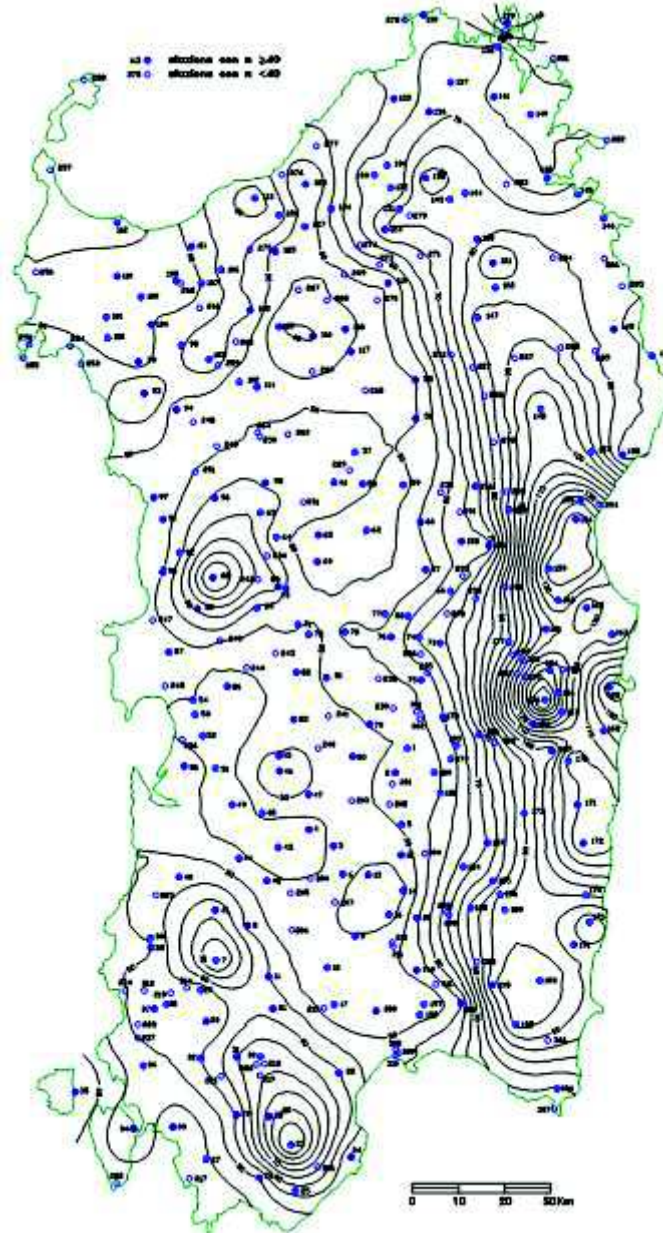


Figura 13: Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna

Recenti studi per la Sardegna mostrano che il modello probabilistico TCEV ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche motivo per il quale è stato adottato nella procedura VAPI per la derivazione delle curve di possibilità pluviometrica.

Anche per il metodo indiretto il calcolo della portata (e dei relativi parametri sopraccitati) è stato svolto considerando i 5 tempi di ritorno previsti da PSFF (2, 50, 100, 200 e 500 anni).

## 6.5 Determinazione delle portate di piena

Per la determinazione delle portate di piena il PSFF ha tenuto conto della presenza della diga di Is Barroccus, ubicata in corrispondenza della chiusura del bacino D, che influenza in modo significativo le piene sull'intero bacino. La portata è stata valutata preliminarmente utilizzando il metodo diretto, in tutte le sezioni del corso d'acqua, senza tenere in considerazione l'effetto di laminazione

L'effetto di laminazione è stato poi valutato attraverso l'applicazione dell'equazione di continuità sul lago, considerando l'idrogramma in ingresso per ciascuna portata di piena di differente tempo di ritorno, le caratteristiche del lago stesso e degli organi di scarico. e portate per i sottobacini a valle della diga sono stato valutate attraverso la metodologia di Marone, procedimento che tiene conto delle principali variabili che governano il processo di laminazione. Tali portate sono quelle utilizzate per la determinazione delle fasce fluviali del PSFF, e che verranno considerate nell'ambito del presente studio nell'analisi idraulica.

Tempo di ritorno	2 anni	50 anni	100 anni	200 anni	500 anni
Portata senza effetto di laminazione	450	3344	4073	4794	4099
Portata con effetto di laminazione	449	3340	4060	4780	5740

Tabella 5: Valutazione delle portate al colmo con e senza effetto di laminazione per il sottobacino del Flumini Mannu di interesse



## 7 ANALISI IDRAULICA

Le verifiche idrauliche di seguito riportate sono state eseguite nell'ambito degli studi del Piano Stralcio Fasce Fluviali della Regione Autonoma della Sardegna<sup>6</sup> con l'ausilio del software Hec-RAS della US Army Corps of Engineering Center che effettua calcoli idraulici monodimensionali di un'intera rete di canali sfruttando le equazioni classiche dell'idraulica del moto permanente e del moto vario. Più precisamente, la definizione del profilo idraulico avviene attraverso l'integrazione delle equazioni di conservazione dell'energia della corrente tra due sezioni di calcolo consecutive. Le perdite di energie considerate tra le due sezioni sono quelle dovute alla resistenza dell'alveo e alle variazioni di sezione.

La sezione viene suddivisa in porzioni a differente scabrezza e per ognuna viene calcolato il valore della portata. La portata in ogni sezione è ottenuta come somma di questi contributi. In ogni sezione l'altezza cinetica media della corrente è valutata come media pesata dell'altezza cinetica di ogni porzione in cui si è divisa la singola sezione trasversale assumendo come peso la portata che transita in ognuna delle suddette porzioni.

Le perdite di energia continue dovute alla resistenza dell'alveo sono valutate secondo la formula di Manning. Le perdite di carico dovute alle variazioni di sezioni sono invece valutate secondo l'usuale formula della perdita di carico concentrata, funzione del quadrato delle velocità a monte e a valle della variazione di sezione.

Lo studio è limitato all'elaborazione dei profili in moto permanente con i dati di portata relativi ai tempi di Ritorno di 2, 50, 100, 200 e 500 anni scaturiti dallo studio idrologico.

### 7.1 Schematizzazione geometrica

La geometria del tratto del Flumini Mannu analizzato è stata schematizzata nel PSFF sulla base di 128 sezioni trasversali appositamente rilevate, di cui 4 ubicate nel tratto di circa 2 km al di sopra del lago di Is Barroccus e 124 in quello sub-lacuale.

Oltre alle sezioni topografiche citate, sono state inserite nel modello le seguenti sezioni:

alla foce è stata aggiunta una sezione identificata con il numero "0", in corrispondenza della quale è stata imposta la condizione al contorno;

in corrispondenza di attraversamenti o opere idrauliche trasversali significative (es.: briglie, soglie o traverse) le sezioni sono state replicate nel modello numerico per una più corretta schematizzazione.

I valori dei coefficienti di contrazione ed espansione delle sezioni trasversali richiesti dal modello numerico sono stati assunti rispettivamente pari a 0,1 e 0,3, come suggerito dal manuale tecnico in presenza di variazioni graduali.

### 7.2 Condizioni al contorno

La definizione delle condizioni al contorno è funzione della tipologia di moto.

---

<sup>6</sup> Regione Autonoma della Sardegna - Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - Sub-Bacino 07 Flumendosa-Campidano-Cixerri ; Relazione monografica di bacino idrografico; Flumini Mannu; Rev. 02 Aprile 2013

La condizioni al contorno di monte sono caratterizzate dalle portate di piena ad assegnata frequenza o dai relativi idrogrammi di progetto. In particolare, si è assunta in ingresso al tratto la portata di piena idrologica stimata per il bacino chiuso alla sezione di valle del tratto in studio.

La condizione al contorno di valle del singolo tratto è definita di volta in volta in funzione dei livelli di piena corrispondente alla portata di piena a stessa frequenza indotti presenti nella sezione di monte del tratto appena a valle. Utilizzando il codice "Hec-Ras" ciò è stato realizzato dividendo l'intera asta in studio nei tratti previsti utilizzando la procedura "junction" tra i diversi tratti. Una volta introdotta tale elemento andrà valutato di volta in volta se calcolarvi i livelli in base alla sola equazione di conservazione dell'energia o a quella globale del moto. La condizione di valle di ciascun tratto è stata opportunamente scelta. Le confluenze, come singolarità idraulica non sono considerate perché lo studio è esteso alla sola asta principale

### 7.3 Coefficiente di scabrezza

Il PSFF effettua una scelta dei parametri di scabrezza sulla base di un criterio per quanto possibile deterministico nella caratterizzazione della singola sezione o porzione di territorio, definendo quindi una metodologia tale da poter essere adottata in modo standardizzato su tutti i corsi d'acqua della Regione Sardegna oggetto del Piano Stralcio Fasce Fluviali. La metodologia definita prevede la suddivisione di ogni sezione trasversale in cinque tratti caratterizzati da scabrezza omogenea: l'alveo attivo, le sponde e le fasce golenali. La definizione della scabrezza per l'alveo attivo è stata basata sulle caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo nei tratti foci e sulla formulazione proposta dal manuale "Open channel hydraulics", Ven te Chow nei tratti di monte; la stessa formula empirica è stata applicata alle fasce golenali mentre per le sponde si è messo a punto un metodo di dettaglio basato sui rilievi vegetazionali eseguiti. In base alla presenza-assenza, tipologia e densità di vegetazione sono state definite della classi- tipo sulla base delle quali si sono definiti dei tratti di scabrezza omogenei per ciascuna sezioni trasversale. I valori adottati nel PSFF sono riportati in Tabella 6. Per ulteriori approfondimenti sui coefficienti di scabrezza utilizzati, si rimanda allo studio originale.

Classe		Ks (veg) m <sup>1/3</sup> /s	n (veg) m <sup>-1/3</sup> s
Sporadica	C1 - Arbustiva	5	0,20
	C2 - Arborea 1	24	0,04
	C3 - Arborea 2	*	*
	C4- Arbustiva&Arborea	17	0,06
	C5- 1/2Arbustiva&1/2Arborea	15	0,07
Rada	C6 - Arbustiva	4	0,27
	C7 - Arborea 1	18	0,06
	C8- Arborea 2	*	*
	C9- Arbustiva&Arborea	13	0,08
	C10 - 1/2Arbustiva&1/2Arborea	11	0,09
Prevalente	C11 - Arbustiva	3	0,33
	C12 - Arborea 1	15	0,07
	C13- Arborea 2	*	*
	C14 - Arbustiva&Arborea	11	0,09
	C15 - 1/2Arbustiva&1/2Arborea	9	0,11

Tabella 6: Valori di scabrezza utilizzati nello studio del Flumini Mannu (fonte: Piano Stralcio Fasce Fluviali, RAS)

### 7.4 Risultati delle simulazioni idrauliche

Sono riportati di seguito i risultati delle simulazioni eseguite nell'ambito del Piano Stralcio Fasce Fluviali più prossime alla zona di progetto. Tale zona è localizzata in prossimità della sezione topografia del Flumini Mannu.

La Tabella 7 riporta i valori dei livelli idrici di tali sezioni, riferite al livello medio mare.

Tempi di ritorno	h (mslm) sez. 05.5
50 anni	4.62
100 anni	4.93
200 anni	5.22
500 anni	5.55

Tabella 7: Risultati studio idraulico del PSFF. Livelli idrici nelle sezioni topografiche entro le quali è situata la zona di intervento

La quota del terreno preso da DTM è pari a circa 3.00 m è inferiore a quelle relativi alla quota del pelo idrico dell'area allagata. Ciò implica la necessità di una particolare attenzione nella gestione delle emergenze in occasione degli eventi intensi di pioggia applicando tutte le cautele necessarie e le indicazioni che la protezione civile impartisce (vedi Figura 15). Detto ciò le opere che si andranno a realizzare non incrementano nessuno dei fattori di rischio e sono, nel caso della nuova pensilina, trasparenti al deflusso delle acque.

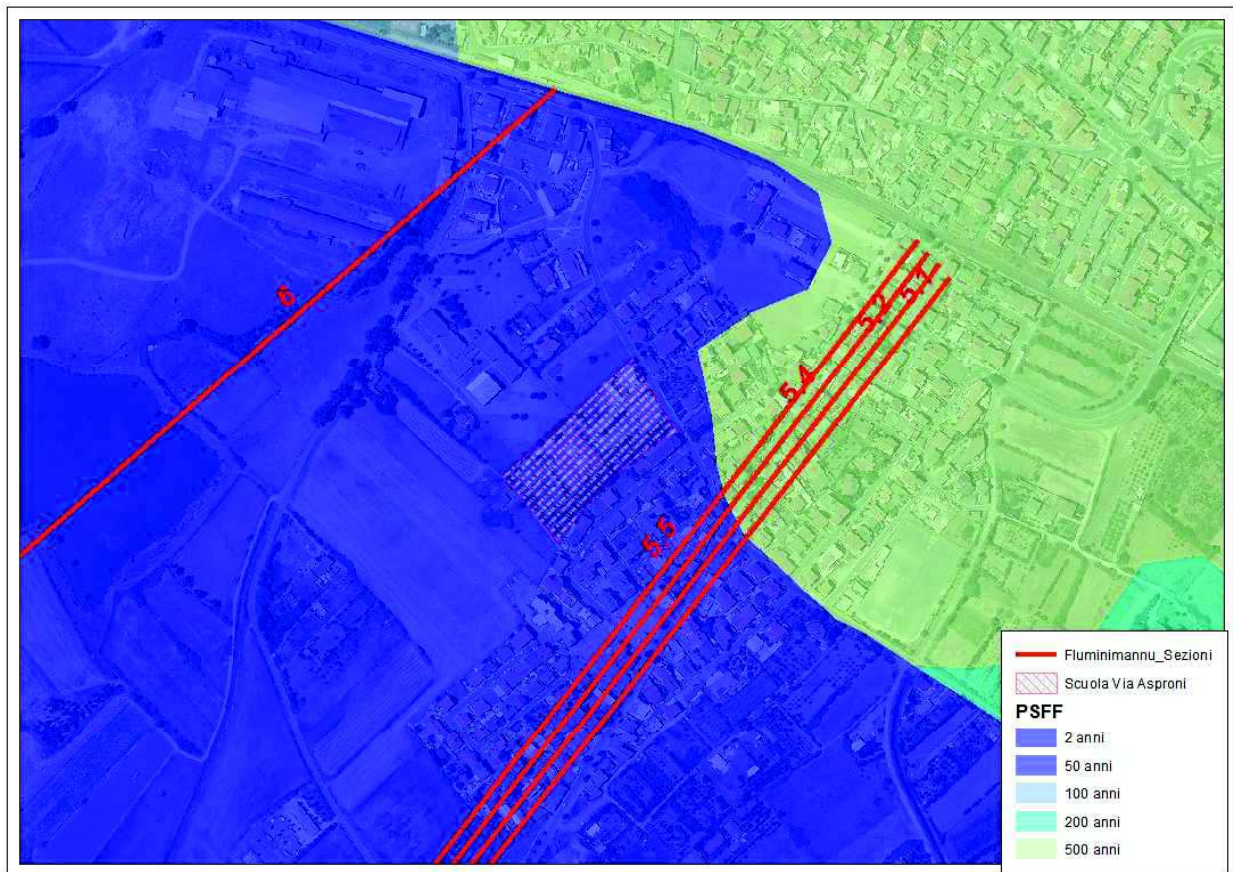


Figura 14: Risultati delle simulazioni del PSFF per l'area di intervento

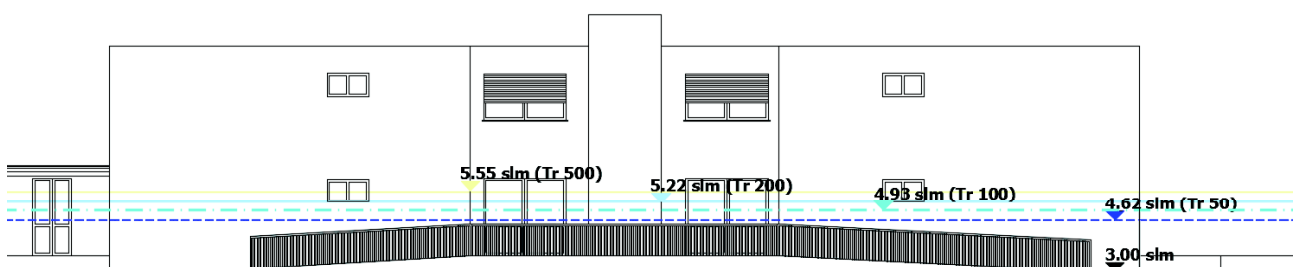


Figura 15: Livelli idrici riportati in sezione.



## 8 AMMISSIBILITA' DEGLI INTERVENTI – N.A. P.A.I.

Come mostrato nel paragrafo di inquadramento degli interventi dal punto di vista della *pericolosità idraulica* si evince che tutti devono essere assoggettati alla disciplina dell'articolo 27 delle N.A. del P.A.I.

La descrizione degli interventi effettuata nell'apposito capitolo aiuta ad inquadrarli in termine di disciplina PAI e verificarne gli estremi di ammissibilità.

Gli interventi sono inquadrabili e consentiti, ai sensi del combinato disposto degli: art. 27 comma 2 lett. c) "*opere di manutenzione ordinaria degli edifici*"; art. 27 comma 2 lett. d) "*opere di manutenzione straordinaria, restauro e risanamento conservativo degli edifici*"; 27 comma 2 lett. l) "... *opere di sistemazione e manutenzione di superfici inedificate o scoperte di edifici esistenti, compresi rampe di accesso, recinzioni, muri a secco, contenimenti in pietrame, terrazzamenti, siepi, impianti a verde*"; 27 comma 2 lett. i) ". *realizzazione e l'integrazione di ... di apparecchiature tecnologiche, di impianti per l'impiego di fonti energetiche rinnovabili e per il contenimento dei consumi energetici, unitamente alla realizzazione dei connessi volumi tecnici, a condizione che si tratti di interventi a servizio di singoli edifici, conformi agli strumenti urbanistici e valutati indispensabili per la funzionalità degli edifici o vantaggiosi dall'autorità competente per la concessione o l'autorizzazione*" giusta dichiarazione dell'Amministrazione Comunale di Assemini.

## 9 Considerazioni circa la compatibilità degli interventi con le N.A: del PAI

Come illustrato, gli interventi strutturali sono essenzialmente volti ad una **riqualificazione dell'involucro edilizio** senza aumento delle volumetrie, ad un **efficientamento energetico**, e a una **rimodulazione degli spazi** in modo da consentire un rapporto più stretto e coinvolgente sia degli alunni che dei fruitori della scuola e degli spazi antistanti. Così **all'interno della scuola** vi sono ridistribuzioni cromatiche e **non vi sono lavori murari volti ad aumenti del carico antropico**. **All'esterno della scuola** vi sono rimodulazioni cromatiche dei camminamenti e la costruzione di una **pensilina all'ingresso che risulta trasparente al deflusso dell'acqua**.

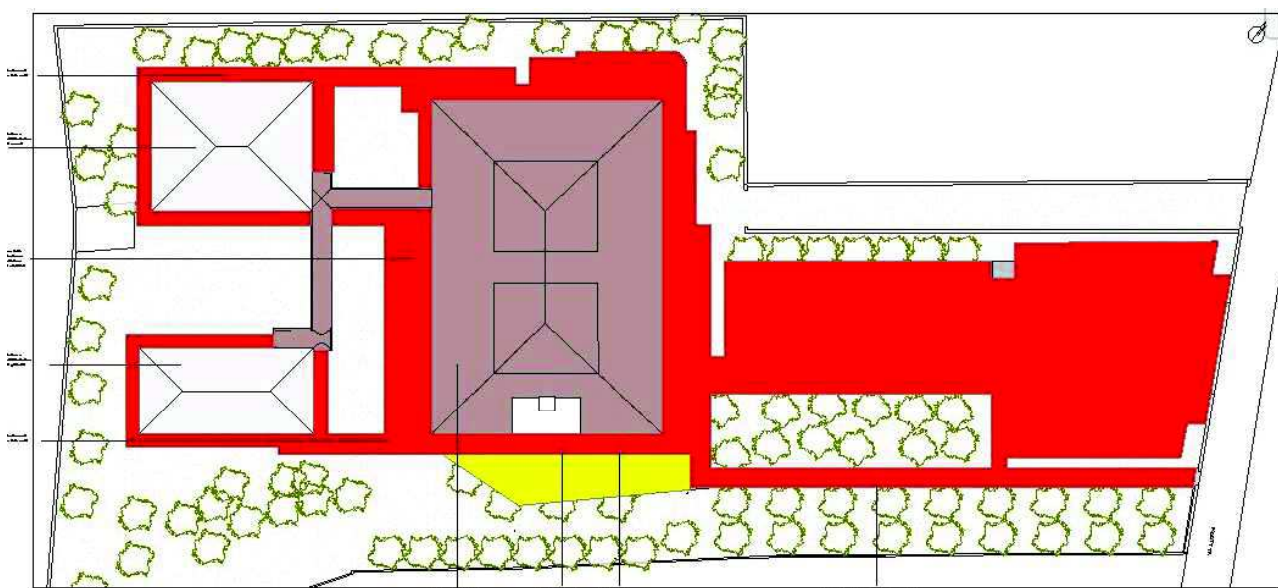


Figura 16: in rosso i pavimenti esistenti pari a 3233 mq, in giallo la porzione in aggiunta pari a circa 190 mq, percentuale di incremento rispetto all'esistente circa 6% (poco meno) della superficie impermeabile. Il lotto nel suo complesso è di circa 10.700 mq. Per cui l'aumento di superficie impermeabile è pari a  $190/10700=1.77\%$

La quota del terreno preso da DTM è pari a circa 3.00 m è inferiore a quelle relativi alla quota del pelo idrico dell'area allagata. Ciò implica la necessità di una particolare attenzione nella gestione delle emergenze in occasione degli eventi intensi di pioggia applicando tutte le cautele necessarie e le indicazioni che la protezione civile impartisce. Detto ciò **le opere che si andranno a realizzare non incrementano nessuno dei fattori di rischio e sono, nel caso della nuova pensilina, trasparenti al deflusso delle acque.**

**All'area dei pavimenti esistenti pari a 3233 mq** (in rosso nella Figura 16) **viene aggiunta la porzione in corrispondenza della pensilina** (in giallo in Figura 16) **pari a circa 190 mq**, percentuale di incremento rispetto all'esistente circa 6% (poco meno) della superficie impermeabile. Il lotto nel suo complesso è di circa 10.700 mq. **Per cui l'aumento di superficie impermeabile è pari a  $190/10700=1.77\%$ .**

Per quanto esposto nella presente relazione redatta conformemente all'art. 24 delle N.A. del PAI, per quanto richiesto dall'art. 23 comma 9 delle N.A. del PAI e dai contenuti di cui all'Allegato E delle medesime, si può affermare che gli interventi previsti dal progetto:

- non peggiorano le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle;
- non compromettono la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime;
- non aumentano il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invaso delle aree interessate;
- non interferiscono con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di protezione civile.

Alla luce di ciò si può ragionevolmente affermare che **gli interventi in progetto sono conformi alle previsioni delle NA. Del PAI**

## 10 CONCLUSIONI

Gli interventi di seguito descritti non ricadono in aree mappate dal P.A.I. (vedi Allegato 1), sono invece ricomprese in zone a *pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)* del P.S.F.F. (Fascia A\_50) e in aree perimetrale a *pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)* dello Studio di cui all'art.8 comma 2 delle N.A. del P.A.I. Pertanto, la loro realizzazione è disciplinata dall'art. 27 delle N.T.A. del P.A.I. Il P.G.R.A. lo include a sua volta in aree perimetrale a *pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)*.

Come descritto nei paragrafi precedenti, gli interventi strutturali sono essenzialmente volti ad una **riqualificazione dell'involucro edilizio** senza aumento delle volumetrie, ad un **efficientamento energetico**, e a una **rimodulazione degli spazi** in modo da consentire un rapporto più stretto e coinvolgente sia degli alunni che dei fruitori della scuola e degli spazi antistanti. Così **all'interno della scuola** vi sono ridistribuzioni cromatiche **non vi sono lavori murari volti ad aumenti del carico antropico**. **All'esterno della scuola** vi sono rimodulazioni cromatiche dei camminamenti e la costruzione di **una pensilina all'ingresso che risulta trasparente al deflusso dell'acqua**.

**All'area dei pavimenti esistenti pari a 3233 mq** (in rosso nella Figura 16) **viene aggiunta la porzione in corrispondenza della pensilina** (in giallo in Figura 16) **pari a circa 190 mq**, percentuale di incremento rispetto all'esistente circa 6% (poco meno) della superficie impermeabile. Il lotto nel suo complesso è di circa 10.700 mq. **Per cui l'aumento di superficie impermeabile è pari a**  $190/10700=1.77\%$ . Tale aumento è da ritenersi de tutto trascurabile e compatibile con quanto previsto dal PAI.

Gli interventi sono inquadrabili e consentiti, ai sensi del combinato disposto degli: art. 27 comma 2 lett. c) "*opere di manutenzione ordinaria degli edifici*"; art. 27 comma 2 lett. d) "*opere di manutenzione straordinaria, restauro e risanamento conservativo degli edifici*"; 27 comma 2 lett. l) "... *opere di sistemazione e manutenzione di superfici inedificate o scoperte di edifici esistenti, compresi rampe di accesso, recinzioni, muri a secco, contenimenti in pietrame, terrazzamenti, siepi, impianti a verde*"; 27 comma 2 lett. i) ". *realizzazione e l'integrazione di ... di apparecchiature tecnologiche, di impianti per l'impiego di fonti energetiche rinnovabili e per il contenimento dei consumi energetici, unitamente alla realizzazione dei connessi volumi tecnici, a condizione che si tratti di interventi a servizio di singoli edifici, conformi agli strumenti urbanistici e valutati indispensabili per la funzionalità degli edifici o vantaggiosi dall'autorità competente per la concessione o l'autorizzazione*" giusta dichiarazione dell'Amministrazione Comunale di Assemini.

Per quanto esposto nella presente relazione redatta conformemente all'art. 24 delle N.A. del PAI, per quanto richiesto dall'art. 23 comma 9 delle N.A. del PAI e dai contenuti di cui all'Allegato E delle medesime, si può affermare che gli interventi previsti dal progetto:

- non peggiorano le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle;
- non compromettono la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime;
- non aumentano il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invaso delle aree interessate;
- non interferiscono con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di protezione civile.

Cagliari, 18/04/2019



**ALLEGATI : Situazione ante-intervento / Situazione post-intervento**



Situazione ante intervento

Situazione post intervento

Scuola Via Asproni

Scuola Via Asproni

**Pericolosità PAI**

PAI

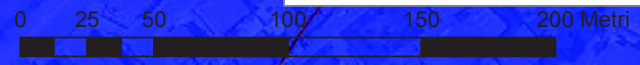
- H1
- H2
- H3
- H4






Situazione ante intervento

Situazione post intervento



Scuola Via Asproni

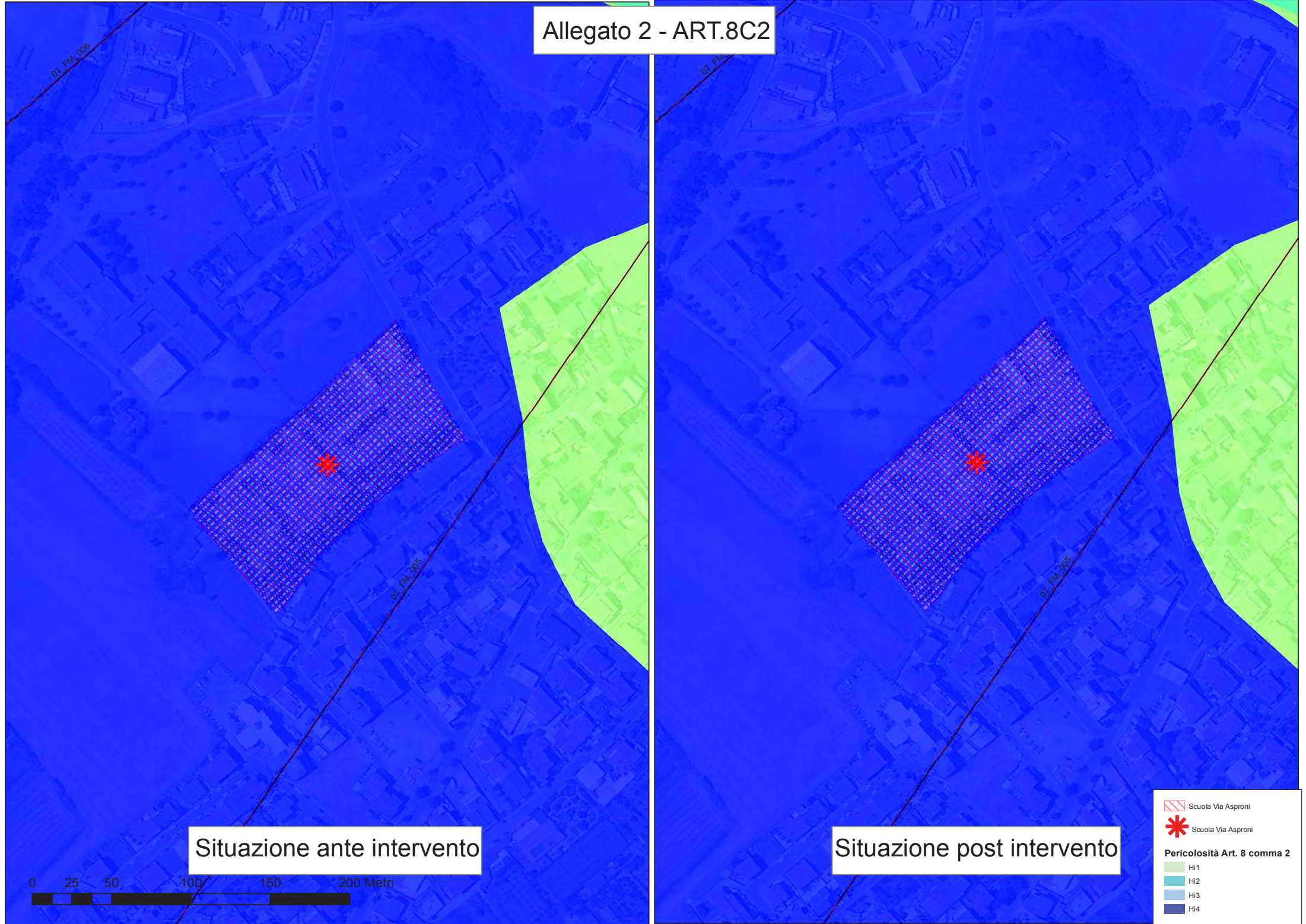


Scuola Via Asproni

Pericolosità Art. 8 comma 2

- Hi1
- Hi2
- Hi3
- Hi4

This legend block contains symbols for the school location and a color-coded scale for hazard levels (Hi1 to Hi4).





# Allegato 3 - PSFF



Situazione ante intervento

0 25 50 100 150 200 Metri



Situazione post intervento

Scuola Via Asproni

Scuola Via Asproni

Tempi di ritorno

FASCIA

2 anni

50 anni

100 anni

200 anni

500 anni