COMUNE DI SINNAI
PROVINCIA DI CAGLIARI

"Progetto per la riapprovazione con variante del Piano di Lottizzazione "Serra Longa Is Mitzas" - Sinnai Comparto Edificatorio 6C1 - Sub Comparto A".

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA
(Art.8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI)

ALL.G.A	*RELAZIONE DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA*

Il Committente:

I Lottizzanti - Sub Comparto A

I Tecnici

Dott.Geol.Barbara Mascia

Dott.Ing.Giacomo Spano

NOVEMBRE 2016

INDICE

1 PREMESSA 2
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 3
3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E DESCIZIONE DELL'INTERVENTO 3
3.1 Descrizione dell'intervento 3
4 INSERIMENTO DELL'AREA NEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO E NEL PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI 6
4.1 Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico 6
4.2 Piano Stralcio delle Fasce Fluviali 6
5 CARATTERISTICHE METEO-CLIMATICHE DELL'AREA 6
6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 9
6.1 Assetto Idrografico e idrogeologico 11
6.1.1 Assetto idrogeologico 12
6.1.2 Assetto pedologico ed uso del suolo 13
7 ZONAZIONE SISMICA 14
8 INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO DELL'AREA DI INTERVENTO 15
9 CARATTERIZZAZIONE DEI LITOTIPI RILEVATI 16
9.1 Prove di laboratorio 16
9.1.1.1 Analisi granulometrica per setacciatura (C.N.R. – anno V, n.23 Dic. 1971) 16
9.1.1.2 Limiti di Atterberg (C.N.R. – UNI 10014) 17
9.1.1.3 Classificazione C.N.R. – UNI 10006 17
10 ANALISI GEOMORFOLOGICA E DELLA PERICOLOSITÀ A SCALA DELLO STRUMENTO URBANISTICO 18
11 CONCLUSIONI E VERIFICA DI COMPATIBILITÀ DEL PIANO IN PROGETTO 22
11.1 Verifica di Compatibilità 22
12 DISCIPLINA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ GEOLOGICA 23
12.1 Disciplina delle aree di pericolosità media da frana (Hg2) 23

ALLEGATO:

Elenco Mappali

1 PREMESSA

Nel mese di ottobre 2016 la sottoscritta, *dott.ssa Geol. Barbara Mascia*[(1)] *ed il dott. Ing. Giacomo Spano*[(2)], hanno ricevuto formale incarico per la redazione dello Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica e Idraulica, a corredo del Progetto per la riapprovazione con variante del *Piano di Lottizzazione "Serra Longa Is Mitzas" - Sinnai Comparto Edificatorio 6C1 - Sub Comparto A.*

Lo studio, finalizzato a verificare la coerenza dell'intervento con il PAI, è stato redatto in ottemperanza all'Art. 8 commi 2 e 5, di seguito enunciati:

***Art.8 comma 2*:** *"Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal PAI, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti i Comuni - tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesistico regionale relativamente a difesa del suolo, assetto idrogogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico - assumono e valutano le indicazioni di appositi studi di compatibilità idraulica e geologica e geotecnica, predisposti in osservanza dei successivi articoli 24 e 25, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione 3. Le conseguenti valutazioni comunali, poste a corredo degli atti di piano costituiscono oggetto delle verifiche di coerenza di cui all'articolo 32 commi 3, 5, della legge regionale 22.4.2002, n. 7 (legge finanziaria 2002). Il presente comma trova applicazione anche nel caso di variazioni agli strumenti urbanistici conseguenti all'approvazione di progetti ai sensi del DPR 18.4.1994, n. 383, "Regolamento recante disciplina dei procedimenti di localizzazione delle opere di interesse statale";*

***Art.8 comma 5*:** *"In applicazione dell'articolo 26, comma 3, delle presenti norme negli atti di adeguamento dei piani urbanistici comunali al PAI sono delimitate puntualmente alla scala 1: 2.000 le aree a significativa pericolosità idraulica o geomorfologica non direttamente perimetrate dal PAI."*

Inoltre all'***Art.4 comma 5*** delle medesime norme si specifica che: "(…) *Qualora in sede di traslazione delle indicazioni del PAI sugli strumenti urbanistici esistenti vengano evidenziati, attraverso analisi di maggiore dettaglio ovvero accertamenti tecnici condotti in sede locale, situazioni indefinite o per le quali si renda necessaria una definizione di scala non presente negli elaborati del PAI, i Comuni acquisiscono apposito parere da parte dell'Autorità idraulica competente per provincia che, nel rendere il parere valuterà se la richiesta si configuri una variante al PAI per la quale si procederà ai sensi dell'art. 37 delle presenti norme."*

Per la redazione dello Studio di Compatibilità, predisposto ai sensi dell'Art.26 e degli allegati E e F, ci si è avvalsi delle indicazioni fornite dalle Linee Guida del PAI *(Attivita' di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia Dl. 180 e legge 267 del 3-08-1998)*, rapportate ad una analisi di maggior dettaglio ed in particolare alla scala dello strumento urbanistico.

Nell'ambito dello Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica, la metodica di lavoro adottata per definire la suscettività al dissesto dell'area è la seguente:

- *Ricognizione sui fenomeni franosi pregressi, ricavata dai principali archivi nazionali (IFFI, GNCDI, AVI) e comunali;*
- *Analisi dei principali tematismi di di base:*
  1. situazione litolostratigrafica con la definizione dell'origine e natura dei litotipi, del loro stato di alterazione e fratturazione e della loro degradabilità;
  2. analisi delle pendenze e della loro incidenza sul dissesto;
  3. definizione delle destinazioni d'uso del suolo e della loro azione favorevole o sfavorevole all'innesco di fenomeni gravitativi.
- *inquadramento geomorfologico, con definizione dei dissesti in atto e/o potenziali e loro tendenza evolutiva;*
- *definizione del modello geotecnico;*
- *analisi preliminare della suscettività al dissesto ed eventuale perimetrazione delle aree a pericolosità di frana;*
- *verifica di compatibilità geologica e geotecnica in riferimento alle condizioni ex ante.*

(1)DOTT.SSA GEOL. BARBARA MASCIA Viale Monastir, 219- 09122 CA- Albo Geologi della Regione Sardegna N. 599
(2)DOTT. ING. GIACOMO SPANO Via Flavio Gioia 090100 CA- Ordine dei Ingegneri di Cagliari N. 8239

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Norme di Attuazione del PAI coordinate con le modifiche approvate con i Decreti del Presidente della Regione Sardegna n. 35 del 21.03.2008, n.148 del 26 ottobre 2012 e n.130 del 8 ottobre 2013;
- Linee Guida del PAI *(Attivita' di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia) Dl. 180 e legge 267 del 3-08-1998;*
- D.M. LL.PP 11 marzo1988;
- Circolare LL.PP. 24 settembre1988 n. 30483;
- Delib.G.R. 30 marzo 2004, n. 15/31 - Disposizioni preliminari in attuazione dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E DESCIZIONE DELL'INTERVENTO

L'area oggetto dello studio ricade nel Comune di Sinnai, in corrispondenza delle periferia nord-nord orientale dell'area urbana (Fig.1). Nella Cartografia Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000, essa ricade nel foglio 557070 – Sinnai.

Per l'inquadramento topografico e geomorfologico, ci si è avvalsi del piano quotato fornite dalla Committenza, integrato con le ortofoto rese disponibili dalla RAS nei siti istituzionali e dal DTM con risoluzione 1 m, volo LIDAR.

Per l'inquadramento geologico regionale si fa riferimento alla Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25.000 ed alla Carta Geologica in scala 1:50.000, Foglio 557 "Cagliari" pubblicata nell'ambito del Progetto CARG.

Figura 1. Inquadramento del PDL su ortofoto 2015 della RAS.

3.1 Descrizione dell'intervento

La lottizzazione occupa una superficie totale di 19.309 mq (Fig.2) e si estende tra via Dante Alighieri, via E.de Filippo e via Petrarca a sud e tra la via Is Mitzas e l'aperta campagna a nord, in corrispondenza di un'area il cui sviluppo ha avuto inizio negli anni '70, a seguito di una intensa espansione edilizia che ha impresso al paesaggio l'attuale fisionomia.

Il riferimento al NCT ricade nel Foglio 35 e nei mappali riportati in allegato.

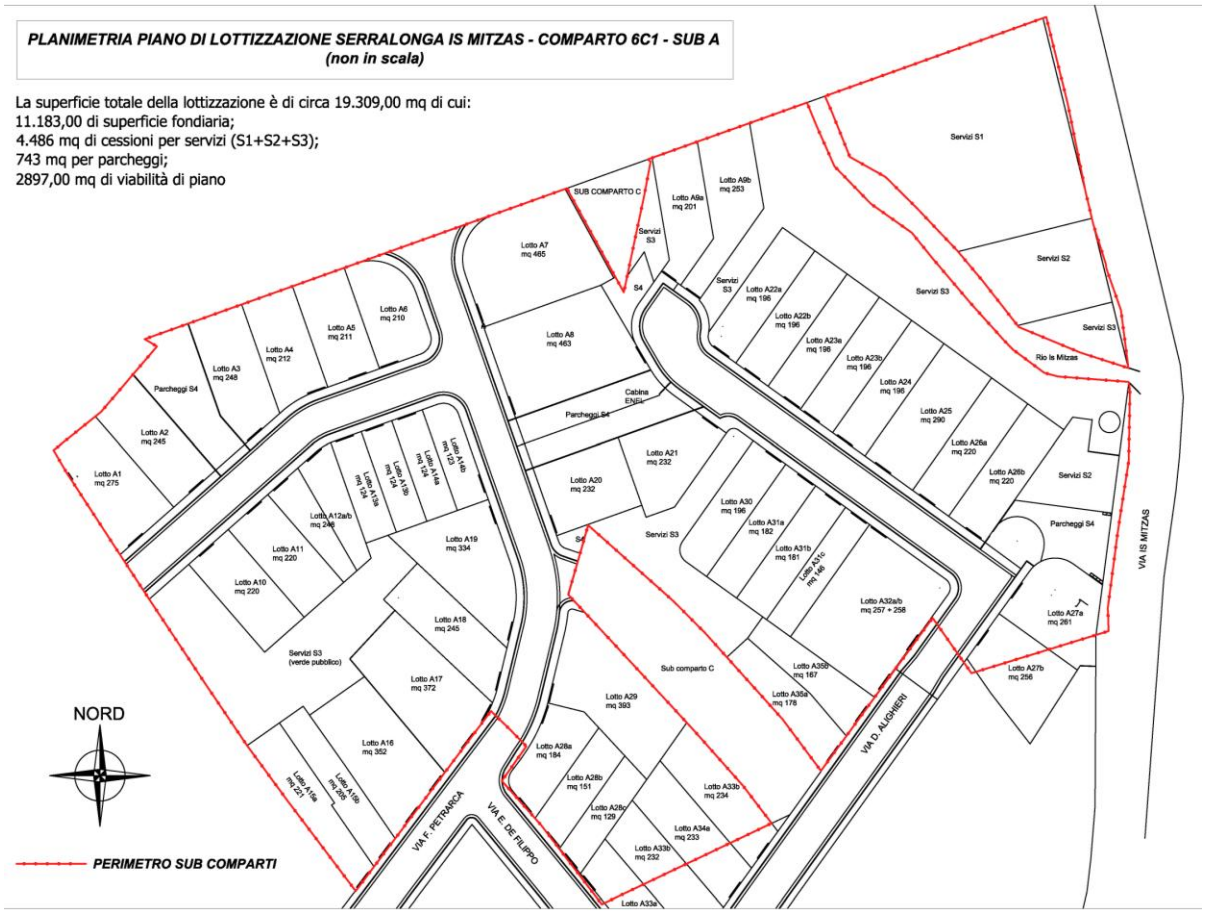


Figura 2. Planimetria PdL

All'approvazione definitiva del PdL con Delibera C.C n.4 del 05.02.2009, ha fatto seguito la convenzione del 30 Luglio 2012 ed un riordino fondiario delle aree del sub comparto per l'attribuzione dei lotti edificabili gli aventi titolo, del 29 novembre 2013. Attualmente il PdL è soggetto ad una *"Variante non sostanziale per diversa ubicazione e incremento di superficie area cabina elettrica di trasformazione"* che implica una riapprovazione del progetto in ambito comunale. Di seguito si riportano i dati connessi alla variante:

COMPARTO 6 C1 - SUB COMPARTO A				Dati Piano attuativo approvato			Dati Convezione e Riordino			DATI VARIANTE		
Voce	*Parametro urbanistico*	*Calcolo*	*Un. mis.*		*Valori Parametri*			*Valori Parametri*			*Valori Parametri*	
				Sup. Terr.	**Standard**	**In progetto**	*Sup. Terr.*	**Standard**	**Reali**	*Sup. Terr.*	**Standard**	**In Prog. Var.**
A	**Superficie Territoriale**	**A**	**mq**	**19.258**			**19.309**			**19.309**		
B	Volumetria Edificabile	B = A x It	mc		**28.887,0**	**28.887**		**28.887,0**	**28.887**		**28.887,0**	**28.887**
C	Vol. per Servizi Pubblici (min)	C = 0,1 x B	mc		**2.888,7**	**2.889**		**2.888,7**	**2.889**		**2.888,7**	**2.889**
D	Vol. per Servizi Privati (min)	D = 0,2 x B	mc		**5.777,4**	**5.777**		**5.777,4**	**5.777**		**5.777,4**	**5.777**
E	Vol. per le Residenze (max)	E = 0,7 x B	mc		**20.220,9**	**20.221**		**20.220,9**	**20.221**		**20.220,9**	**20.221**
F	*Vol. totale usi privati (max)*	*F = D + E*	*mc*		***25.998,3***	***25.998***		***25.998,3***	***25.998***		***25.998,3***	***25.998***
It	Indice territoriale effettivo	It = B / A	mc/mq			*1,50*			*1,50*			*1,50*
G	**Abitanti insediabili**	**G = B / 100**	**Unità**		**288,87**	*288,87*		**288,87**	*288,87*		**288,87**	*288,87*
	Superfici in cessione											
H	Per viabilità di quartiere (min)	H = 0,15 x A	mq		**2.888,7**	**2.889**		**2.896,4**	**2.897**		**2.896,4**	**2.897**
I	Per Istruzione (S1) (min)	I = G x 4,5	mq		**1.299,9**	**1.300**		**1.299,9**	**1.300**		**1.299,9**	**1.300**
J	Per servizi privati (S2) (min)	J = G x 2	mq		**577,7**	**578**		**577,7**	**578**		**577,7**	**578**
K	Per verde attrezzato (S3) (min)	K = G x 9	mq		**2.599,8**	**2.600**		**2.599,8**	**2.633**		**2.599,8**	**2.608**
L	*Totale per servizi (S1-S2-S3)*	*L = I + J + K*	mq		***4.478,0***	***4.478***		***4.477,5***	***4.511***		***4.477,5***	***4.486***
M	Per parcheggi p. (S4) (min)	M = G x 2.5	mq		**722,2**	**722**		**722,2**	**730**		**722,2**	**743**
N	*Totale per serv. e parch. (min)*	*N = L + M*	*mq*		***5.200,2***	***5.200***		***5.199,7***	***5.241***		***5.199,7***	***5.229***
O	**TOTALE**	**O = H + N**	**mq**		**8.088,9**	**8.089**		**8.096,0**	**8.138**		**8.096,0**	**8.126**
P	**Super. fondiarie private (max)**	**P = A - O**	**mq**		**11.169,1**	**11.169**		**11.213,0**	**11.171**		**11.213,0**	**11.183**
P1	Cabina ENEL		mq			36			36			48
P2	Lotti edificabili		mq			11.133			11.135			11.135
Q	Rapporto % Sup.Fond./Sup.Terr.	Q = P/Ax100	mq/mq			***58,0%***			***57,7%***			***57,7%***
R	Indice di edific. fondiario medio	R = F / P	mc/mq			***2,33***			***2,33***			***2,33***

Dalla Relazione Generale afferente al Progetto esecutivo delle opere di urbanizzazione primaria, si ricava che 2.897 mq della superficie complessiva saranno destinati alla viabilità e 743 mq a parcheggi pubblici.

"Per la valenza pubblica generale che l'intervento assume, nella progettazione e nel dimensionamento delle opere un'attenzione particolare è stata rivolta allo studio delle soluzioni ottimali per le connessioni della viabilità di comparto, (strade del tipo F - locali urbane, come definite dall'art. 2 del D.Lgs. 285 del 1992 Nuovo Codice della Strada), alle strade di futura realizzazione ai confini dell'area d'intervento, perseguendo l'effettivo ed efficace rispetto della pianificazione comunale."

In particolare:

- *l'asse principale della viabilità di comparto ("Tronco A" nel progetto), si presenta come naturale prosecuzione delle Vie Giardini, Iglesias, Dessì, De Filippo verso il tratto N-W della prevista strada di connessione dei quartieri urbani (configurabile come di classe E – urbana di quartiere); pertanto il Tronco A è stato progettato nell'andamento planimetrico ed altimetrico per garantirne il sicuro raccordo con il tracciato della futura strada urbana di quartiere mediante una rotatoria di tipo compatto, avendo presente la quota nel punto d'innesto, vincolata da un affiorante ammasso roccioso;*
- *la strada che avrà continuità nei sub-comparti B e C del Comparto 6C1 ("Tronco B" nel progetto), anche in fase esecutiva è stata progettata come stralcio dell'opera unitaria prevista nello studio dell'intero comparto allegato al P.d.L., al fine di evitare che la costruzione dei diversi segmenti viari in tempi diversi possa produrre discontinuità e disomogeneità nell'assetto finale e costi aggiuntivi non giustificati nell'esecuzione dei lavori;*
- *la quota dell'area a parcheggio pubblico sulla prosecuzione della Via Dante ("Tronco D" nel progetto), confinante con la strada comunale Via Is Mitzas nel tratto non ancora pavimentato, è stata impostata in modo da rendere facilmente fruibili i parcheggi anche da quella strada una volta realizzata, a supporto dei servizi comunali che vi graviteranno.*

La viabilità interna è individuata dallo studio del P.d.L. come naturale prosecuzione della rete stradale urbana esistente nel contermine quartiere di zona B1.

Per la realizzazione delle opere stradali secondo le livellette di progetto, si sono quantificati sbancamenti per 1.545 mc, con una profondità massima prossima al metro solo in alcuni tratti del Tronco E.

I riporti necessari alla costituzione dei piani di posa di strade e parcheggi, nei tratti da ricolmare, realizzati con il compattamento dei materiali idonei provenienti dagli scavi, ammontano a 455 mc.

Un volume di 790 mc dei materiali provenienti dagli scavi è utilizzato nella regolarizzazione delle superfici di alcuni lotti, per raccordarne il suolo al livello stradale.

I materiali provenienti dagli scavi e non utilizzabili nei lavori, il cui volume è quantificato in 300 mc, saranno conferiti a discarica autorizzata.

Nei rilevati lo spessore è contenuto, salvo brevi tratti, abbondantemente entro il metro.

In particolare, le profondità medie degli sbancamenti e dei rilevati necessari a ricavare i piani di posa delle fondazioni stradali nei diversi tronchi in cui sono state distinte le opere viarie ed i parcheggi sono le seguenti:

- *Tronco A: sbancamento nel 100% della lunghezza, profondità media 58 cm.*
- *Tronco B: sbancamento nel 18% della lunghezza, profondità media 23 cm; rilevato nell'82% della lunghezza, altezza media 63 cm.*
- *Tronco C: sbancamento nel 100% della lunghezza, profondità media 36 cm.*
- *Tronco D: sbancamento nel 53% della lunghezza, profondità media 24 cm; rilevato nel 47% della lunghezza, altezza media 53 cm.*
- *Tronco E: sbancamento nel 100% della lunghezza, profondità media 75 cm.*
- *Tronco H: sbancamento nell' 82% della lunghezza, profondità media 25 cm; rilevato nel 18% della lunghezza, altezza media 15 cm.*

Considerati i modesti dislivelli tra piano di campagna e sottofondo stradale, prodotti dagli scavi e dai rilevati, non si rende necessaria la realizzazione di particolari opere di sponda per il contenimento laterale dei materiali, potendosi provvedere con una semplice sagomatura delle brevi scarpate. Solo al confine tra i parcheggi del tronco D con l'attuale strada comunale sterrata della Via Is Mitzas, destinata con la sua sistemazione definitiva alla

sopraelevazione, è prevista un'opera di contenimento a scarpa realizzata con l'uso di gabbioni a scatola di m 1 di lato.

La struttura del corpo stradale è prevista con i seguenti strati:

- *conglomerato bituminoso (tappeto di usura), spessore 4 cm, costituito da pietrisco 5-15 mm, sabbia e filler, impastato a caldo con bitume dosato al 5,5-6,5% in peso, steso in opera con vibrofinitrice meccanica in strato dello spessore compresso finito di cm 4 dopo la rullatura, previo ancoraggio con 0,400 kg/mq di emulsione bituminosa;*
- *conglomerato bituminoso (binder), spessore 7 cm, costituito da graniglia e pietrisco della IV categoria prevista dalle norme C.N.R., sabbia ed additivo, impastato a caldo con bitume in ragione del 4,5-5,0% in peso, steso in opera con vibrofinitrice meccanica in sequenza di strati dello spessore compresso finito di cm 7 dopo la rullatura;*
- *struttura di fondazione in tout-venant, spessore medio 25 cm, con misto di cava avente granulometria assortita, dimensione massima degli elementi mm 71, limite di fluidità non maggiore di 25 ed indice di plasticità nullo, costipamento fino a raggiungere almeno il 95% della massima densità AASHO modificata e una portanza espressa da un modulo di deformazione Md non inferiore a 80 N/mmq;*
- *sottofondo realizzato con il costipamento meccanico dei piani di sbancamento e dei rilevati fino a raggiungere i valori di densità e di modulo di deformazione prescritti.*

4 INSERIMENTO DELL'AREA NEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO E NEL PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI

4.1 Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico

L'area, non ricade in aree classificate a pericolosità idraulica e/o da frana ai sensi del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), redatto ai sensi della Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6, ter D.L. 180/98 e successive modifiche ed integrazioni.

4.2 Piano Stralcio delle Fasce Fluviali

L'area non ricade in aree classificate a rischio idrogeologico ai sensi del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183 adottato con Delibera n.1 del 20.06.2013.

5 CARATTERISTICHE METEO-CLIMATICHE DELL'AREA

Figura 3. Stazione termopluviometrica Sa Pira

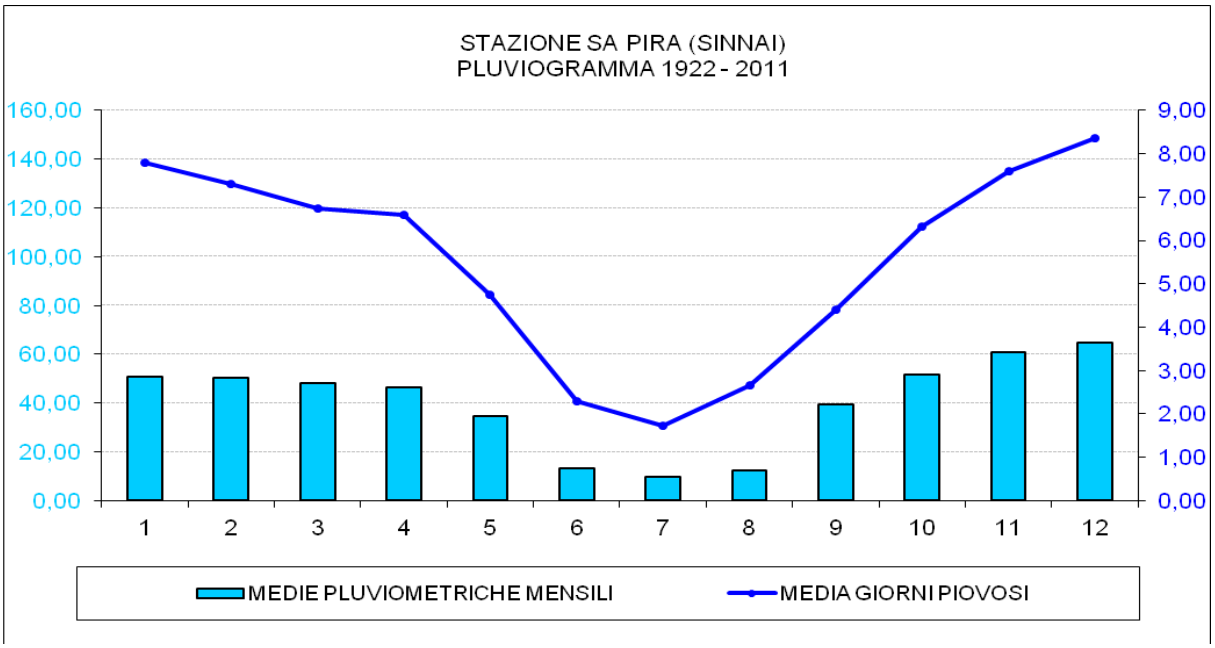
Per le serie storiche relative alle altezze di pioggia e alle temperature sono stati utilizzati i dati pubblicati negli annali meteorologici della R.A.S.

Nella fattispecie, nell'acquisizione dei parametri meteorologici si è ricorso alla stazione termopluviometrica di Sa Pira (Sinnai) (215 m s.l.m.), ubicata a monte della periferia nord-occidentale del paese (Fig.3) così da poter disporre di un modulo di 90 anni (1922-2011) per le precipitazioni e di 33 (1976-2011) per le temperature (al netto degli anni 1979-1980 e 2000).

Con una media annuale di circa 460,9 mm di pioggia il territorio di Sinnai si inserisce nel quadro dei climi temperati caldi con piogge che si concentrano soprattutto nella stagione invernale ed autunnale (stagioni meteorologiche), con una media di 317,9 mm, per poi decrescere progressivamante con l'approssimarsi della primavera (128,7 mm) e ridursi drasticamente in estate (35,1 mm). Tale andamento si evince piuttosto chiaramente dalla media delle precipitazioni mensili (Tabella e Grafico sottostanti) in cui il minimo si colloca in luglio, con una media mensile di soli 9,6 mm di pioggia. Il massimo assoluto si è registrato

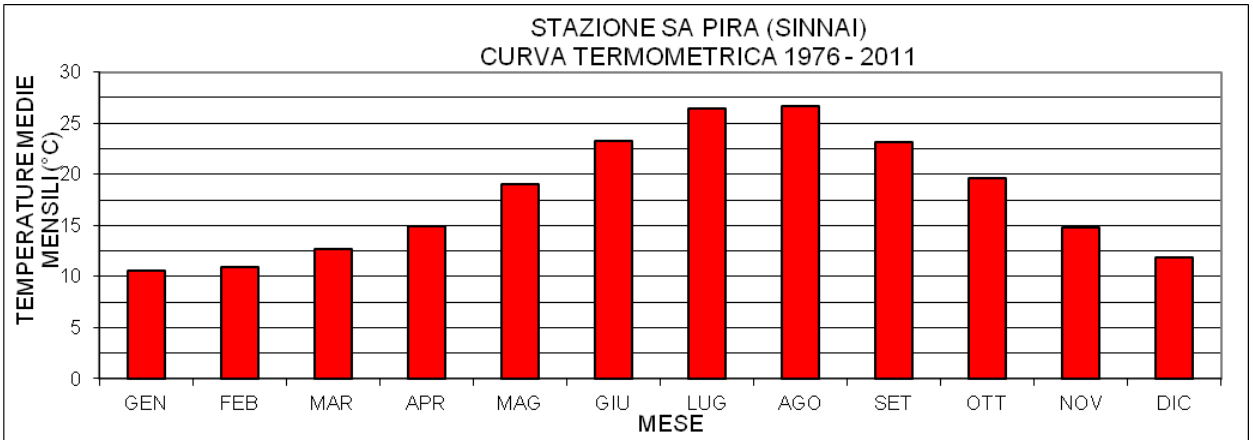
nel mese di marzo del 1985 con 234,6 mm di pioggia ed il maggior numero di giorni piovosi si concentra nella stagione invernale con una media di 23 giorni.

PRECIPITAZIONI												
Mese	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
Medie mensili (mm)	50,9	50,2	48,0	46,2	34,5	13,2	9,6	12,3	39,4	51,5	61,0	64,8



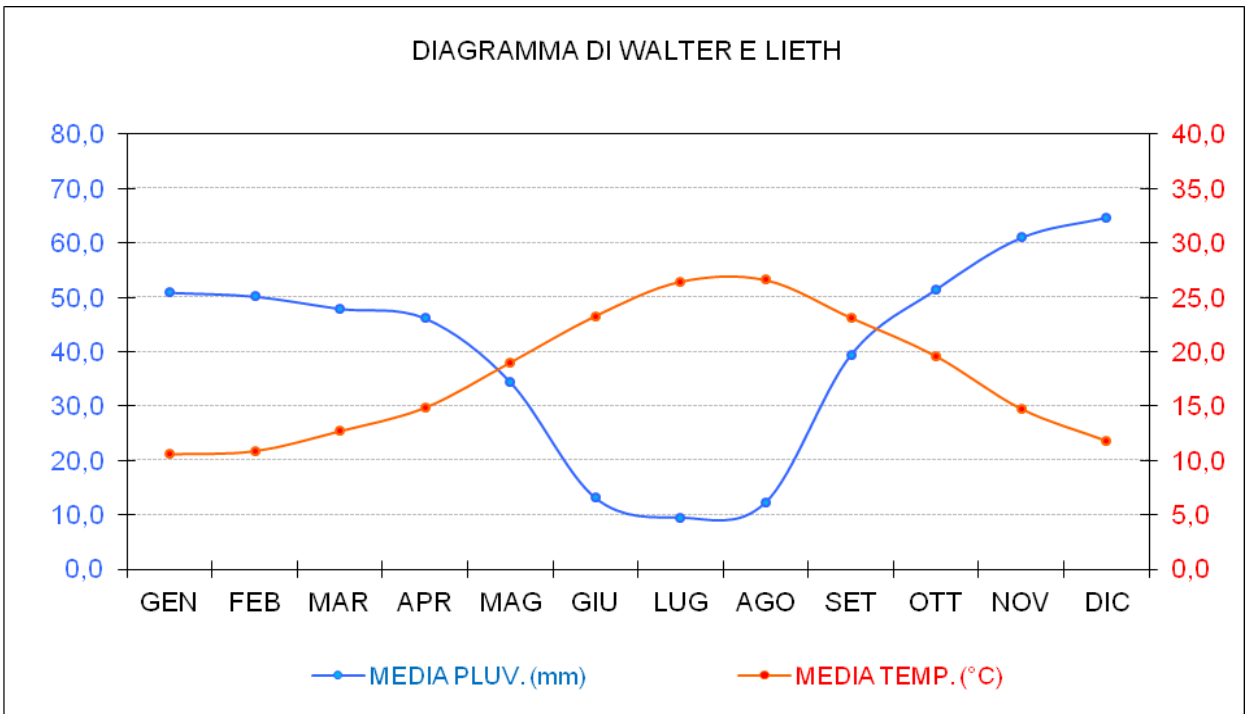
L'andamento delle temperature, per quanto basato su un modulo di riferimento limitato, manifesta un trend esattamente opposto, con i valori più bassi nei mesi invernali, il cui minimo si registra a gennaio del 1981 con una media diurna di 7,6 °C, e temperature più elevate nel periodo estivo con il massimo diurno assoluto ad agosto del 2003 con 29,70 °C.

TEMPERATURE												
Mese	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
Medie mensili (mm)	10,6	10,9	12,7	14,9	19,0	23,3	26,5	26,6	23,2	19,6	14,8	11,8



La conoscenza delle medie pluviometriche e termometriche consente di caratterizzare quantitativamente il microclima dell'area in oggetto fornendo i parametri necessari all'impostazione dello studio idrogeologico. A tale scopo è utile fornire un quadro sintetico delle informazioni elaborate nelle due serie storiche, giungendo ad una sintesi che consenta di interpolare la tipologia climatica del sito relativamente ai periodi di maggiore apporto idrico ed a quelli in cui è prevalente il deficit igrometrico.

Walter e Lieth hanno perfezionato le rappresentazioni grafiche dei regimi termici e pluviometrici di Bagnouls e Gaussen secondo i quali quando la curva delle precipitazioni scende sotto quella della temperature (P < 2T) il periodo interessato deve considerarsi secco (diagramma sottostante).



L'area compresa tra le due curve corrisponde dunque alla durata del periodo di aridità che, nella fattispecie, si colloca tra maggio e settembre, indicando una prevalenza nel periodo estivo dell'evapotraspirazione sul bilancio idrologico.

Ai fini pratici, seppur qualitativamente, l'indice di aridità può essere calcolato con il metodo di De Martonne tramite la formula:

Ia = P/(10+T)

P = Precipitazioni medie annue;

T = Temperatura media annua.

e successivamente inserito nella tabella sottostante per definire la classe di aridità del territorio studiato.

Ia	Tipo
0÷5	Arido estremo (deserto)
5÷15	Arido (steppe circumdesertiche)
15÷20	Semiarido (di tipo Mediterraneo)
20÷30	Subumido
30÷60	Umido
>60	Iperumido

Effettuando il calcolo per gli ultimi 33 anni, al fine di comparare moduli che ricoprono un analogo intervallo temporale, si ottiene:

= 456,37 / (10+17,80) = 16,40

che, com'è lecito attendersi, include Sinnai nel clima Mediterraneo (semiarido).

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Il PdL ricade all'interno dei limiti amministrativi del comune di Sinnai, ubicato in corrispondenza del settore nord-orientale della regione storica del Campidano di Cagliari. In base alle dinamiche geomorfologiche che hanno interessato il territorio, il paesaggio può essere distinto in tre unità principali: una montuosa, una collinare ed una pedemontana (Tav.1).

La prima unità fisiografica, comprende le forme accidentate dei rilievi metamorfici del massiccio montuoso del Sarrabus, che, a partire dalle propaggini più settentrionali dell'area urbanizzata, occupano gran parte del territorio e tra i quali spiccano le vette altimetricamente rilevanti dei Monti dei Sette Fratelli (1023,0 m s.l.m.m.) e Punta Serpeddì (1060,0 m s.l.m.m.). La genesi è riconducibile alle strutture collisionali connesse alla formazione della catena ercinica sudeuropea, ben evidenti nella tipica struttura a falde di ricoprimento accavallate da NE verso SW, che costituisce il basamento metamorfico di basso e medio grado della Sardegna tra la Barbagia e l'Iglesiente Sulcis (Fig.4).

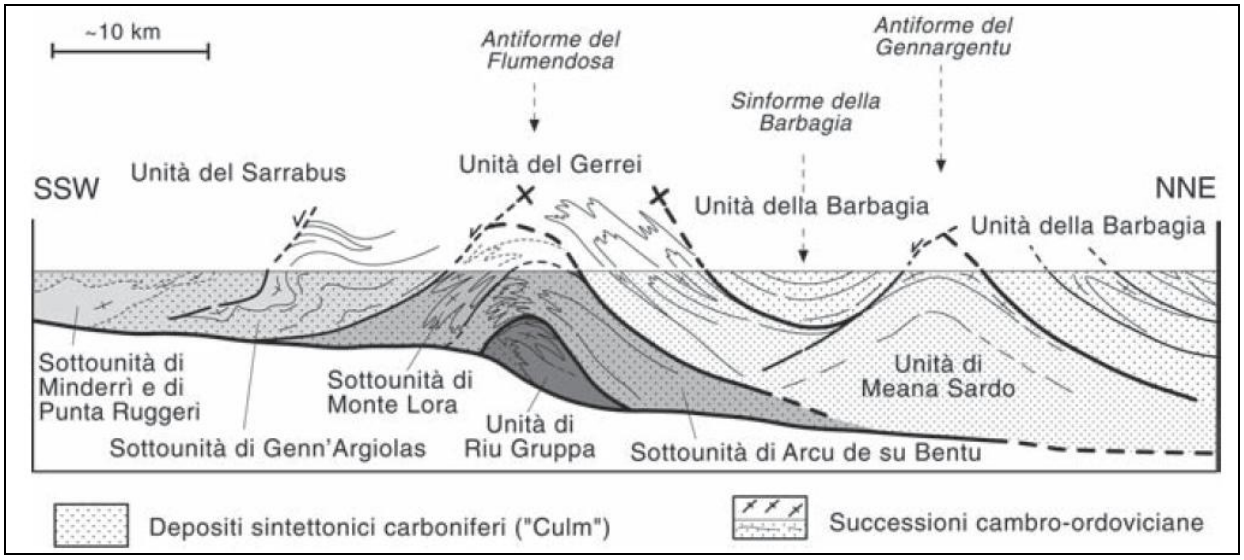


Figura 4. Profilo attraverso la struttura a falde del Basamento paleozoico della Sardegna sud-orientale (da Carmignani et alii, 2001b) mod.

Nell'area il complesso metamorfico è rappresentato dai "depositi sintettonici tipo Culm" dell'Unità Tettonica del Sarrabus con la Formazione di Pala Manna *(BARCA, 1981; 1991; BARCA et alii, 1992)* costituita da metasiltiti grigiastre, in strati decimentrici, spesso alternate a metarenarie micacee e metaquarzoareniti per incremento della frazione arenacea (Fig.5).

Figura 5. Scarpata a monte di un fabbricato incompiuto in corrispondenza del versante a monte della lottozzazione.

Affiorano a monte del sito di intervento, in corrispondenza delle prime alture, al contatto con le plutoniti del Batolite sardo la cui origine è riferibile al magmatismo post-collisionale tardo ercinico (Fig.6).

Si tratta in prevalenza di monzograniti biotitici a struttura microporfirica in forma di ammassi e stocks spesso inglobanti monzograniti più grossolani che al passaggio con le metarenarie mostrano le tipiche aureole da metamorfismo di contatto con minerali di neoformazione (Unità Intrusiva di San Gregorio).

Figura 6. Fronte della cava a monte della lottizzazione (cava di pietra su IGM).

Il settore collinare, che caratterizza il paesaggio in continuità con il comune di Maracalagonis e Settimo San Pietro, rientra nel bacino sedimentario oligomiocenico la cui genesi è riconducibile agli eventi geodinamici connessi all'apertura del Mediterraneo occidentale e al distacco e migrazione della microplacca Sardo-Corsa (Assorgia et al., 1994), dai quali si è originata una profonda fossa tettonica che si prolunga dal Golfo di Cagliari sino a Porto Torres e prende il nome di "*Rift Sardo"* Auct ("Fossa Tettonica Sarda" del Vardabasso).

Figura 7. Arenarie di Serralonga in sx idraulica del Rio Is MItzas

I litotipi prevalenti, sono connessi ai due cicli tettono-sedimentari (I e II Ciclo Miocenico) che caratterizzano l'apertura del suddetto bacino, e che comprendono un arco di tempo che va dall'Oligocene superiore al Burdigaliano medio e dal Burdigaliano superiore al Langhiano (*Cherchi & Montadert, 1982; Assorgia et alii, 1977; Sowerbutts & Underhill, 1998; Carmignani et alii, 2001).*

Figura 8. Deposito alluvionale nella piccola cava a monte del PdL.

Nell'ambito territoriale considerato per il presente studio i depositi marini oligomiocenici sono rappresentati unicamente dal primo ciclo sedimentario con le Arenarie di Serra Longa della Formazione di Nurallao (Oligocene Sup.- Burdigaliano?), costituite da sabbie e microconglomerati con stratificazione parallela e incrociata, che passano lateralmente e verso l'alto ad arenarie grossolane con cemento carbonatico (Fig.7). Alla base delle arenarie si collocano stratigraficamente i depositi caotici, da continentali a marino-litorali, della Formazione di Ussana (USS) di età compresa tra Oligocene sup. e Aquitaniano inferiore.

Si tratta di conglomerati e brecce, grossolani, eterometrici, originati prevalentemente a spese del basamento cristallino paleozoico, con livelli argilloso-arenacei rossastri talora prevalenti nella base e rare lenti carbonatiche intercalate (Oligocene Sup. - Aquitaniano Inf.).

La fascia pedemontana, che costituisce la terza unità di paesaggio, è modellata sui depositi quaternari dell'area continentale, costituiti da sedimenti olocenici terrazzati delle conoidi alluvionali all'uscita delle valli incise nei rilievi paleozoici (Fig.8). Occupano un'ampia fascia che attraversa il comune di Sinnai da nord e sud e che si raccorda alle ampie conoidi alluvionali terrazzate del Campidano.

Il PdL ricade su tali depositi sedimentari che modellano una superficie subpianeggiante a debole acclività (Tav.1a).

6.1 Assetto Idrografico e idrogeologico

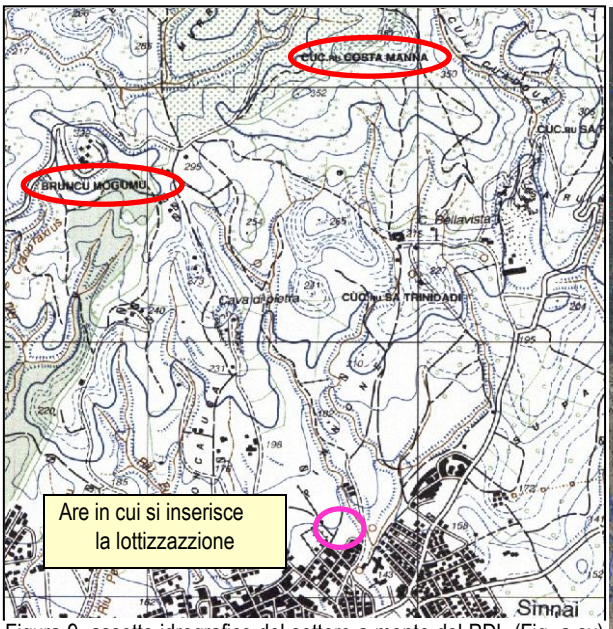
Il territorio nel quale ricade il PdL è caratterizzato da un reticolo idrografico intensamente sviluppato, riconducibile a un pattern da dendritico a subdendritico, fortemente condizionato dalla litologia del substrato e da alcuni sistemi di faglie a prevalente orientamento NW-SE e NS.

Nella fattispecie, l'area si inserisce nel bacino idrografico del Rio Is Mitzas (0,5962 km^2) incluso nel più ampio bacino denominato (nello studio idraulico) Serralonga (1,8156), che drena le acque di alcuni brevi impluvi incisi sulle propaggini più meridionali dei rilievi paleozoici ed in particolare dal piccolo anfiteatro montuoso delimitato da Cucc.ru Costa Manna (371 m s.l.m.) e Bruncu Mogumu (330 m s.l.m.) (Fig. 9).

Il Rio Is Mitzas, dopo aver attraversato la lottizzazione isolando, in sinistra idraulica, un'area sub-triangolare confluisce nel FIUME_47195 (DB regionale) che prosegue, entro tubolare, sotto la via omonima per poi scorrere nella cunetta stradale, fino all'immissione in un canale tombato con il nome di Rio Tanieli (Fig.10).

Le ridotte estensioni del bacino idrografico tributario del rio che attraversa la lottizzazione concorrono a limitarne la pericolosità idraulica, per la cui definizione si rimanda comunque allo studio di compatibilità idraulica complementare al presente studio.

Nel bacino Serralonga, a valle della confluenza tra il Rio Is Mitzas ed il FIUME_47195, confluiscono inoltre le acque di un altro piccolo bacino denominato A_03 (Fig.9 dx) che convoglia le acque drenate dal margine centro occidentale della lottizzazione e dalla periferia settentrionale dell'area urbananizzata al confine con il PdL.



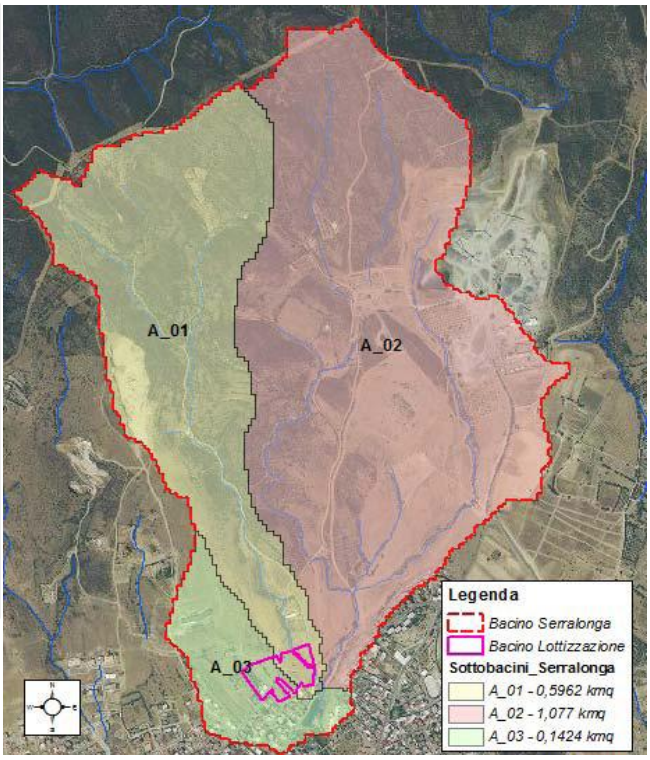


Figura 9. assetto idrografico del settore a monte del PDL (Fig. a sx) e bacino Serralonga con i sub-bacini (Fig. a dx)

Il bacino idrografico sotteso al Riu Is Mitzas, si sviluppa prevalentemente sulle metamorfiti della Formazione di Pala Manna ed i relativi depositi di versante, costituiti da clasti angolosi talora parzialmente cementati, e, subordinatamente, nel tratto vallivo, sulle alluvioni quaternarie terrazzate in facies ghiaiosa.

E' caratterizzato pertanto principalmente da litologie a bassa permeabilità, riconducibili a facies metamorfiche, ed a permeabilità variabile da media ad alta, ascrivibile alle alluvioni ed ai depositi di versante.

Scorre interamente su un alveo a pelo libero mediamente ben inciso e incassato in sponde rocciose verso monte, che procedendo verso valle sfumano con netta soluzione di continuità nelle alluvioni in facies prevalentemente limoso- sabbiosa.

Si tratta di un tipico corso d'acqua a carattere torrentizio, contraddistinto da un lungo periodo di secca nella stagione estiva-autunnale che nella fattispecie spesso si protrae fino ad inverno inoltrato, cui segue un periodo di ricarica, con relativi deflussi, nella stagione tardo-invernale-primaverile.

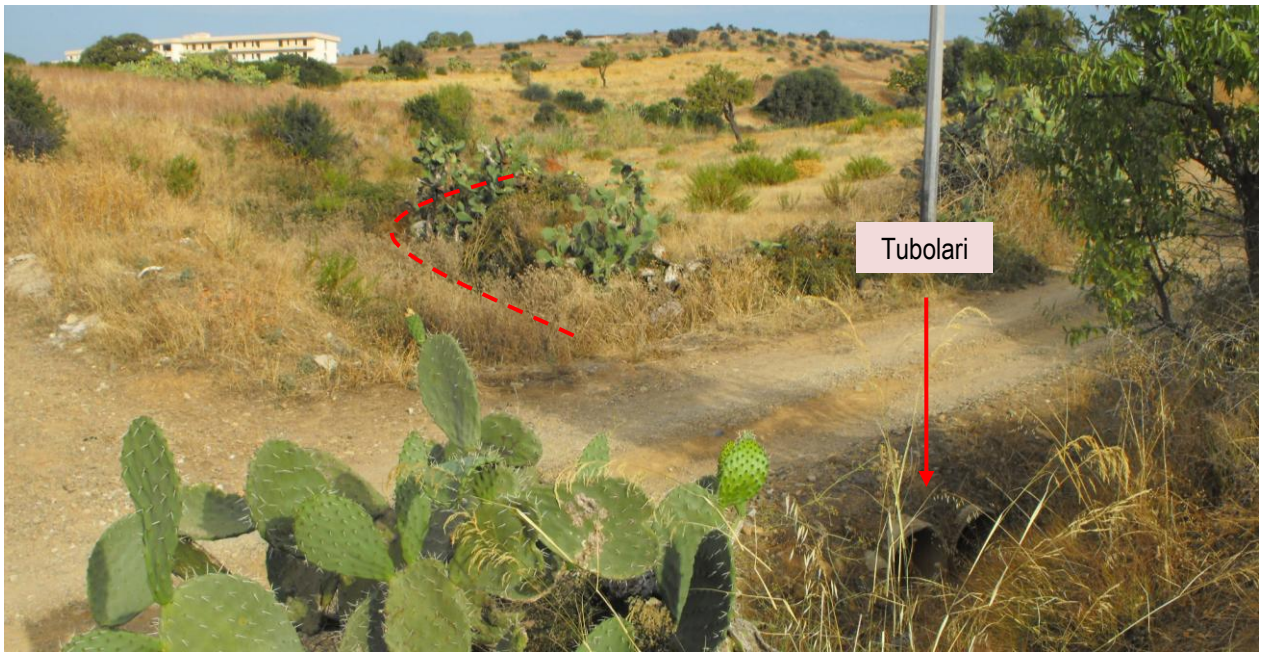


Figura 10. Tracciato dell'impluvio fino all'immissione in cunetta sulla via Is Mitzas tramite due tubolari evidentemente sottodimensionati

6.1.1 Assetto idrogeologico

A macroscala, l'assetto dell'area si distingue per la presenza di quattro unità idrogeologiche stratigraficamente sovrapposte, elencate di seguito:

1. *Unità idrogeologica dei depositi quaternari*, costituita dai depositi alluvionali terrazzati, di versante o eluviali a permeabilità primaria estremamente variabile in funzione della granulometria e cementazione;
2. *Unità Idrogeologica delle Arenarie di Serra Longa*; presente nell'area in studio in facies conglomeratica a cui è associata una scarsa permeabilità, che può aumentare per porosità interstiziale nelle sabbie da fini a molto fini debolmente cementate;
3. *Unità Idrogeologica dei conglomerati eterometrici molto cementati della Formazione di Ussana* caratterizzati da una permeabilità pressochè nulla;
4. *Unità idrogeologica metamorfica paleozoica* a bassa permeabilità, localmente più elevata per la presenza di un eccesso in fratturazione con conseguente accumulo idrico comunque modesto.

Nella fattispecie, il PdL rientra nella prima unità idrogeologica nella quale è lecito ritenere che stagionalmente si possa instaurare una circolazione idrica superficiale, che si esaurisce completamente nel periodo estivo o che permane nelle aree più vallive, ma con una soggiacenza superiore ai 2,00 metri, come rilevato durante la campagna geognostica effettuata per la predisposizione della relazione geotecnica a corredo del "Progetto Esecutivo Opere di Urbanizzazione Primaria *PdL "Serra Longa Is Mitzas" - Sinnai Comparto Edificatorio 6C1 - Sub Comparto A".*

Non si segnalano sorgenti o pozzi nell'immediato intorno dell'area.

Per una migliore definizione dell'assetto idrogeologico è stata effettuata una breve ricognizione finalizzata al censimento delle terebrazioni esistenti, pubblicate sul sito dell'ISPRA - http://sgi.isprambiente.it/GMV2/ tramite la

quale è stato individuato un pozzo ad uso irriguo, ubicato ad est del campo sportivo.

Il dato acquisito non fornisce informazioni in merito ad una eventuale falda acquifera nelle alluvioni, in quanto le stesse non si estendono fino a ricoprire la formazione arenacea nell'area interessata dalla ricerca idrica, ma consente comunque di delineare meglio la circolazione sotterranea, individuando una falda alla profondità di 50 metri dal p.r. e con soggiacenza di 41 metri in regime statico.

*6.1.2 **Assetto pedologico ed uso del suolo***

In riferimento alla Carta dei suoli della Sardegna in scala 1:250.000 (Fig.11), il bacino idrografico del Rio Is Mitzas è caratterizzato dalle seguenti unità di paesaggio e dai relativi suoli ed utilizzi:

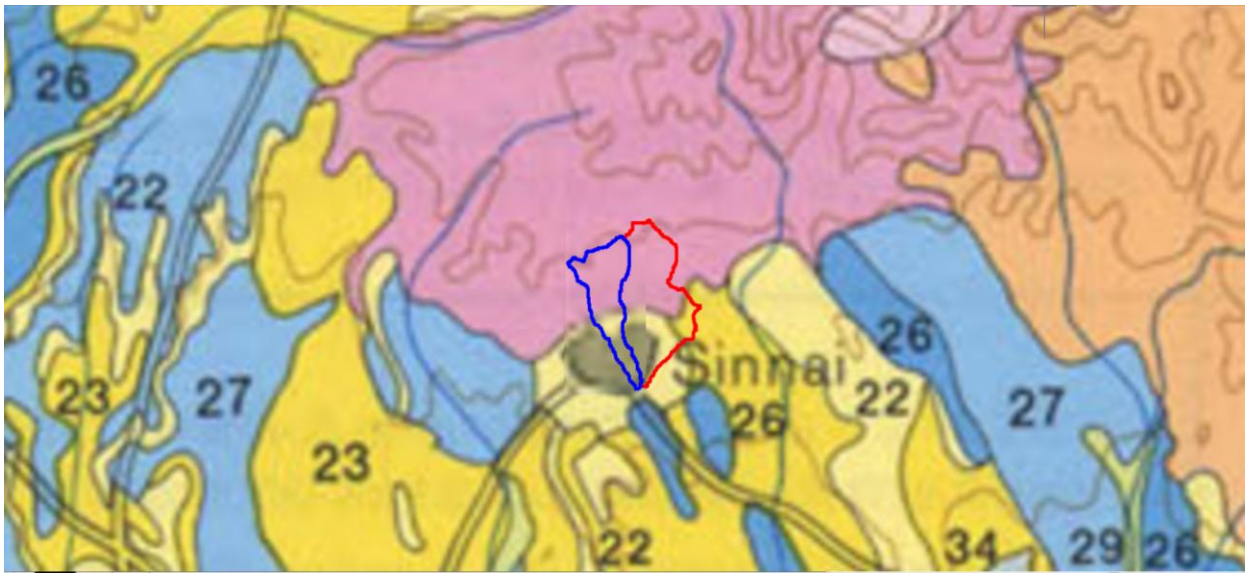


Figura 11: Assetto pedologico del bacino idrografico del Rio Is Mitzas

UNITA' DI PAESAGGIO E SUBSTRATI	UNITA' CARTOGRAFICHE E SUBSTRATI	DESCRIZIONE DEI SUOLI	CLASSIFICAZIONE *U.S.D.A. SOIL TAXONOMY 1998*
Paesaggi su metamorfiti del Paleozoico e relativi depositi di versante.	**4** Aree con forme da aspre a subpianeggianti al di sotto di 800-1000 m, con scarsa copertura arbustiva e arborea.	Profili A-C, A-Bw-C e subordinatamente A-Bt-C e roccia affiorante, da poco a mediamente profondi, da franco sabbiosi a franco-argillosi, da permeabili a mediamente permeabili, subacidi, parzialmente desaturati.	Typic, Dystric e Lithic Xerorthents; Typic, Dystric e Lithic Xerochrepts.
Paesaggi su marne, arenarie e calcari marnosi del Miocene e relativi depositi colluviali.	**22** Aree con forme ondulate, sulle sommità collinari e in corrispondenza e in corrispondenza dei litotipi più compatti, quasi prive di copertura arbustiva e arborea.	Profili A-C, roccia affiorante e subordinatamente A-Bw-C, poco profondi, da franco sabbiosi a franco argillosi, permeabili, subalcalini, saturi..	Lithic Xerorthents Rock outcrop
	23 Aree con forme da ondulate a subpianeggianti, con prevalente utilizzazione agricola	Profili A-Bw-C, A-Bk-C e A-C, da mediamente profondi a profondi, da franco sabbiosi a franco sabbioso argillosi, da permeabili a mediamente permeabili, subalcalini, saturi.	Typic, e Vertic Xerochrepts; Calcixerollic Xerochrepts; Typic Xerorthents.
Paesaggi su alluvioni dell'olocene	**29** Aree pianeggianti o leggermente depresse, con prevalente utilizzazione agricola.	Profili A-C e subordinatamente A-Bw-C, profondi, da sabbioso franchi a francoa rgillosi, da permeabili a poco permeabili, neutri, saturi.	Typic, Vertic, Aquic e Mollic Xerofluvents

Unità 4: in corrispondenza delle formazioni metamorfiche si sviluppano suoli da poco a mediamente profondi, con tessitura da franco-sabbiosa a franco-argillosa mediamente ricchi in sostanza organica, da permeabili a mediamente permeabili. I limiti allo sfruttamento agricolo sono posti da un eccesso in rocciosità e pietrosità e dall'elevata propensione all'erosione.

Unità 22: suoli poco profondi (<50cm) con tessitura da franco-sabbiosa a franco-argillosa e scarsa sostanza organica. Generalmente permeabili, nonostante gli accumuli di carbonati, si caratterizzano per un eccesso di scheletro ed elevata erodibilità.

Unità 23: suoli da mediamente profondi a profondi (50-100 cm) con tessitura variabile da franco-sabbiosa a franco-sabbioso-argillosa. Da permeabili a mediamente permeabili si caratterizzano per un elevato tenore in carbonati ed una moderata propensione all'erosione.

Unità 29: in corrispondenza dei sedimenti alluvionali olocenici si origina un suolo profondo, con tessitura da sabbioso-franca a franco argillosa, scarso contenuto in sostanza organica e permeabilità variabile da alta a poco permeabile in relazione alla quantità di scheletro, talora elevato.

In riferimento alla Carta dell'Uso del Suolo in scala 1:25.000 della RAS del 2008 (Tav.2), il bacino idrografico è caratterizzato da una predominanza di associazioni vegetali arbustive e/o erbacee che occupano pressoché interamente le litologie paleozoiche. In particolare, si distinguono per estensione le aree a ricolonizzazione naturale e la macchia mediterranea, molto subordinati i boschi di latifoglie e le aree a pascolo naturale.

Sui depositi alluvionali ed oligomiocenici, che occupano l'area sud-orientale del bacino idrografico, sono diffusi i seminativi in aree non irrigue ed i prati artificiali oltre un piccolo appezzamento, prossimo ad un'area di cava destinato ad oliveti.

Nello specifico, l'area oggetto di urbanizzazione, è destinata principalmente a prati artificiali e solo subordinatamente ad impianti con sistemi colturali e particellari complessi. In realtà, allo stato attuale l'area in studio è parzialmente edificata e non risultano in corso attività agricole organizzate (Tav.2a).

7 ZONAZIONE SISMICA

Come sancito dai contenuti dell'allegato A dell'O.P.C.M. n.3274/2003, tutti i comuni della Regione Sardegna sono classificati in Zona 4 la quale, nella zonazione sismica del territorio italiano, rappresenta quella a rischio sismico molto basso. In tutto il territorio regionale, pertanto, l'azione sismica di riferimento, ossia accelerazione orizzontale massima attesa *"a_g"* cui corrisponde la probabilità di eccedenza del 10% in un periodo di 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) su suolo rigido di tipo A, è pari a 0,05g.

In accordo con le prescrizioni della O.P.C.M. n.3274, l'incidenza della risposta locale sulla Vs_{30} è stata valutata empiricamente comparando il profilo stratigrafico del sito, entro i primi 30 metri dal piano di fondazione, con le tipologie standard riportate nel medesimo dispositivo, elencate di seguito:

SUOLO A. *Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* caratterizzati da valori di Vs_{30} superiori a 800 m/s comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 metri.

Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT>50 o coesione non drenata cu>250 kPa).

SUOLO B. Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s (15<NSPT<50, 70<cu<250 kPa)

SUOLO C. Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di Vs30<180 m/s (NSPT<15, cu<70 kPa).

SUOLO D. Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 metri, giacenti su un substrato di materiale più rigido con Vs30>800 m/s.

Sono inoltre previste due ulteriori categorie, S1 e S2, che definiscono terreni molto compressibili e plastici o altre categorie non classificabili ai precedenti punti.

In riferimento al modello geologico descritto in precedenza, l'area ricade su litotipi lapidei inquadrabili nel **tipo B**.

8 INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO DELL'AREA DI INTERVENTO

Per la definizione del modello geologico e geotecnico dei litotipi prevalenti nell'area d'intervento, ci si è avvalsi del modello geologico preliminare elaborato ed esposto nella sezione precedente del presente studio, integrato dai risultati della campagna geognostica e delle analisi di laboratorio effettuati per la predisposizione della relazione geologica e geotecnica a corredo del "Progetto Esecutivo Opere di Urbanizzazione Primaria *PdL "Serra Longa Is Mitzas" - Sinnai Comparto Edificatorio 6C1 - Sub Comparto A".*

La campagna di indagini, consistita nell'esecuzione, tramite terna gommata, di 5 pozzetti geognostici, ha permesso di indagare, fino ad una profondità sufficientemente rappresentativa, le litologie che caratterizzano l'area che, come si evince dai log stratigrafici dei pozzetti (Tabelle seguenti) si caratterizza per una sostanziale uniformità dei litotipi di natura prevalentemente ghiaioso limoso argillosa debolmente sabbiosa (Fig.12).

Di seguito si riporta lo schema a consuntivo delle indagini ed i principali litotipi rilevati:

POZZETTO	COORDINATE (Gauss-Boaga)		QUOTA m s.l.m.	PROFONDITA' (m)	CAMPIONI
	N	E			
P1	4351065,1	1517706,5	147,0	2,00	-
P2	4351092,1	1517657,4	150,0	2,00	-
P3	4351127,6	1517624,3	152,0	1,70	-
P4	4351045,5	1517644,8	148,0	2,20	P4-C1
P5	4351083,3	1517585,1	150,0	1,50	-

itotipo	Descrizione	P1	P2	P3	P4	P5
		metri da p.r. attuale				
	Suolo limoso sabbioso debolmente argilloso.			0,00-0,50		0,00-0,50
	Ghiaia in abbondante matrice da limoso-argillosa a argilloso-limosa giallo-rossastra. Mediamente addensata e plastica nei termini più argillosi. Ricca in frazione clastica più grossolana nei primi 20-30 cm.	0,00-2,00	0,00-2,00	0,50-1,70	0,00-2,20	0,50-1,50

Figura 12. Deposito alluvionale riscontrato a seguito degli scavi

Gli interventi ricompresi nel PdL *Serralonga - Is Mitzas* si inseriscono in un'area piuttosto omogenea sia dal punto di vista geomorfologico che litostratigrafico.

Si tratta di un ampio fondovalle a morfologia subpianeggiante, costituito da depositi alluvionali quaternari rappresentati, in particolare, da litologie ghiaioso limoso argillose. Localmente si registra la predominanza della frazione argillosa, con ciottoli e clasti paleozoici, spesso spigolosi o leggermente arrotondati, indice di breve distanza di trasporto. Tali materiali si rinvengono per tutta la profondità indagata dai pozzetti, ma con potenze inferiori all'approssimarsi dei rilievi che cingono la periferia settentrionale del paese. Si passa pertanto da spessori di circa 2,00 metri nei pozzetti P1, P2 e P4 a 1,00 - 1.20 metri rispettivamente nel P5 e nel P3 nei quali è stato intercettato uno strato competente da semilapideo a lapideo, intensamente fratturato e localmente degradato che, nel P3, costituisce il prolungamento dell'ammasso roccioso affiorante più a monte (Fig.13).

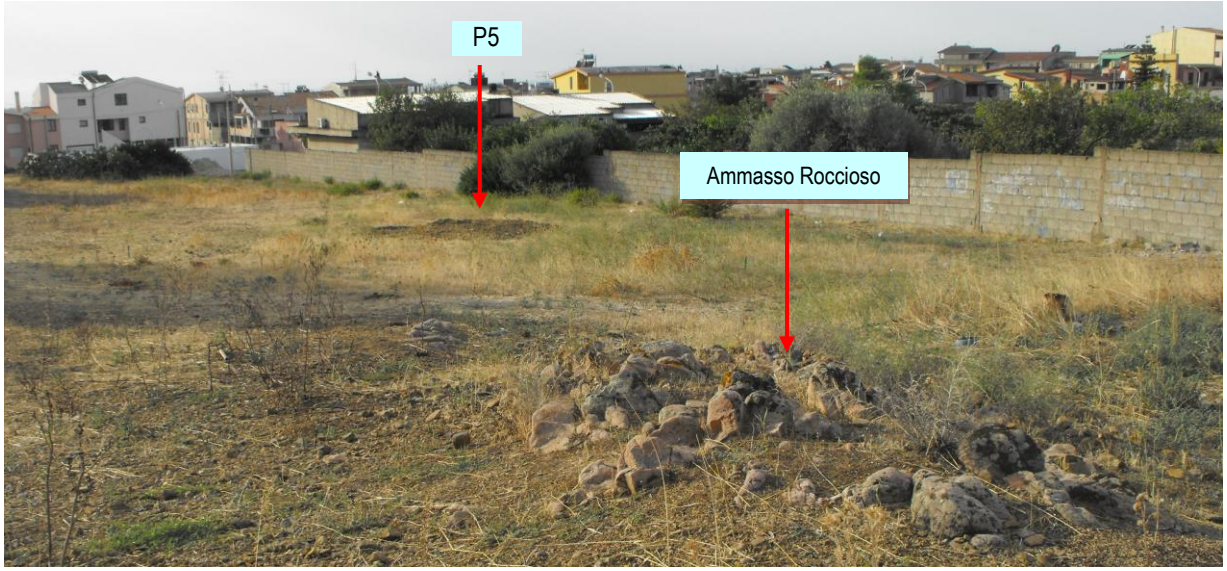


Figura 13. Ubicazione del P5 e dell'ammasso roccioso

In corrispondenza dei pozzetti P3 e P5 i depositi alluvionali sono ricoperti per circa 0,50 metri da un terreno limoso sabbioso debolmente argilloso, bruno, che costituisce un suolo arido scarsamente evoluto mentre nei pozzetti P1, P2 e P4, i primi 0,20-0,30 metri del deposito alluvionale, subito affiorante, sono caratterizzati da una percentuale più elevata di frazione clastica spigolosa e di dimensioni maggiori rispetto al livello sottostante.

Da segnalare la natura più argillosa della frazione fine nel deposito rinvenuto nel P4, probabilmente a seguito dell'intenso sfruttamento agricolo cui tali superfici sono state sottoposte in passato, nel quale si osservano zolle mediamente plastiche e coesive, grigiastre, attraversate da screziature rossastre e nerastre rispettivamente di Fe e Mn indice di circolazione idrica.

In corrisponda dei pozzetti più a valle (P1, P2 e P4), a circa un metro di profondità dal p.r. attuale, i sedimenti risultano leggermente umidi, ma in nessun pozzetto è stata rinvenuta la falda freatica.

9 CARATTERIZZAZIONE DEI LITOTIPI RILEVATI

Nonostante le prove di laboratorio risentano dello scopo per le quali sono state commissionate, ossia poter fornire le necessarie indicazioni sulla capacità portante del sottofondo stradale e conseguentemente per il dimensionamento della sovrastruttura, consentono comunque una sufficiente caratterizzazione preliminare dei litotipi che andrà affinata in sede di realizzazione delle opere.

9.1 Prove di laboratorio

9.1.1.1 Analisi granulometrica per setacciatura (C.N.R. – anno V, n.23 Dic. 1971)

Per valutare nel dettaglio la composizione granulometrica del campione è stata condotta,un'analisi per setacciatura. La prova consiste nella vagliatura del campione attraverso una pila di setacci con maglie a passo decrescente e la successiva pesatura del trattenuto di ciascun vaglio, che conduce alla determinazione del peso della frazione passante per il vaglio precedente espresso in percentuale. I risultati vengono poi inseriti su un diagramma semi-

logaritmico (log ϕ - *% passante*) sul quale si genera una curva granulometrica che esprime il la distribuzione percentuale dei sedimenti esaminati.

9.1.1.2 Limiti di Atterberg (C.N.R. – UNI 10014)

I limiti di consistenza o di Atterberg definiscono la variazione delle proprietà meccaniche di un terreno in funzione del suo contenuto d'acqua (w %). Nella fattispecie, sono stati determinati, come richiesto dalla UNI-C.N.R. 10006, il limite liquido (W_L) ed il limite plastico (W_P) dei campioni. Il primo segna il contenuto d'acqua al passaggio fra lo stato fluido e lo stato plastico del campione, il secondo fra lo stato plastico e quello semisolido o pulverulento.

I due limiti possono essere posti in relazione tra loro ricavando l'indice di plasticità: $I_P = W_L - W_P$ il quale definisce l'intervallo di umidità entro il quale il campione si mantiene plastico.

9.1.1.3 Classificazione C.N.R. – UNI 10006

La classificazione UNI-CNR 10006 si fonda sull'analisi granulometrica e sulla determinazione dei limiti di consistenza del campione, sintetizzati attraverso l'indice di gruppo (IG):

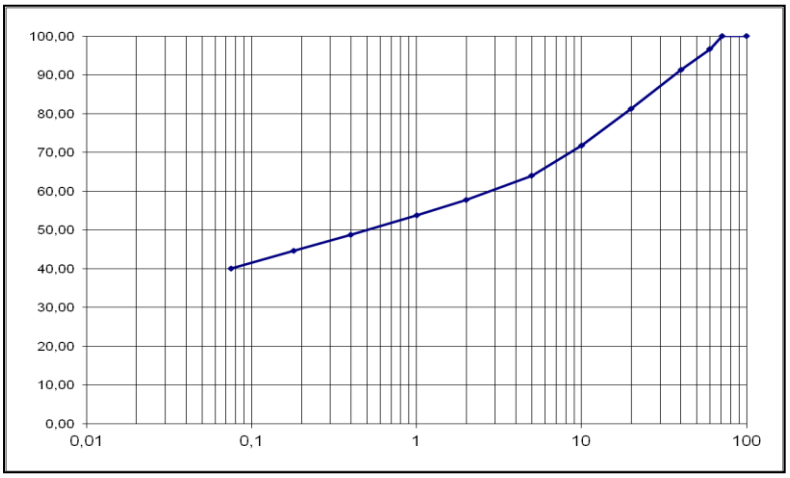
$I_G = 0.2a + 0.005ac + 0,01bd$

Dove:

- *a = passante al setaccio 200 ASTM meno 35 (val. max = 40);*
- *b = passante al setaccio 200 ASTM meno 15 (val. max = 40);*
- *c = W_L – 40 (min = 0, max = 40);*
- *d = I_P – 10 (min = 0, max = 20).*

Nella fattispecie lo studio è stato condotto cautelativamente sul campione P4C1, valutato più ricco in frazione argillosa già in fase di indagine, allo scopo di verificare la composizione granulometrica del deposito alluvionale.

Di seguito si riporta la curva granulometrica:



Passo della maglia (mm)	% passante
400	100
200	100,00
100	100,00
71	100,00
60	96,70
40	91,40
20	81,30
10	71,80
5,00	64,00
2,00	57,80
1,00	53,80
0,40	48,80
0,180	44,60
0,075	40,00

CAMPIONE N°	***CLASSI GRANULOMETRICHE ASTM - CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006***							
	Contenuto in ciottoli (Φ >75mm) (%)	Contenuto in ghiaia (2mm< Φ <100mm) (%)	Contenuto in sabbia (0,075mm< Φ <4,75mm) (%)	Contenuto in limo e argilla (Φ <0,075mm) (%)	Limite Liquido W_L (%)	Limite Plastico W_P (%)	Indice Plastico I_P (%)	Gruppo
P4C1	0	42	18	40	37,1	17,5	19,6	A6

La curva mostra un contenuto in ghiaia ed in frazione fine pressoché analoga, ed un contenuto in sabbia modesto.

La percentuale d'acqua rilevata, attestandosi tra il 37,1% di W_L ed il 17,5% di W_P, indica un terreno consistente dotato di scarsa compressibilità il cui valore può essere meglio rappresentato dall'*indice di consistenza* definito come segue:

$(I_C) = (W_L-W_N)/I_P$ dove:

W_L = limite liquido

W_N = contenuto d'acqua naturale

I_P = indice plastico = W_L-W_P

W_P = limite plastico

Da cui avremo:

$(I_C) > 1$ Consistenza semisolida

Il parametro complementare all'indice di consistenza è rappresentato dall'*indice di liquidità* il quale mette in relazione il valore di W_N con i due limiti W_P e W_L tramite la seguente relazione:

$$(I_L) = (W_N-W_P)/I_P = 1 - I_C$$

Un deposito con una percentuale di umidità W_N prossimo a W_L ($I_L \rightarrow 1$) sarà pertanto meno consistente di un deposito con W_N prossimo a W_P ($I_L \rightarrow 0$). Ne consegue che un terreno molto consistente presenta un indice di liquidità negativo.

Nel caso specifico del campione analizzato sono stati rilevati i seguenti valori per gli indici I_C e I_L:

P4C1	
I_C	I_L
1,35	-0.35

Il terreno di sedime è dunque riconducibile ad un litotipo consistente, sovraconsolidato, scarsamente compressibile costituito da ghiaie medie e grossolane in abbondante matrice fine mediamente plastica.

10 ANALISI GEOMORFOLOGICA E DELLA PERICOLOSITÀ A SCALA DELLO STRUMENTO URBANISTICO

Durante la ricognizione degli eventi franosi pregressi non sono emerse criticità in corrispondenza dell'area destinata ad ospitare la lottizzazione. Contemporaneamente a tale ricerca è stato effettuato un accurato rilievo geomorfologico che ha consentito di individuare dissesti in atto e/o potenziali al fine di stimarne la pericolosità di frana.

Figura 14. Tipica morfologia dell'area da lottizzare

Come ampiamente illustrato, la lottizzazione si inserisce nel margine più meridionale della fascia pedemontana di raccordo alla pianura, confinata tra un ambito ampiamente urbanizzato a S-W, la via Is Mitzas a est e l'aperta campagna a nord. Si estende uniformemente con minime differenze di quota comprese tra 144,8 e 151,3 metri s.l.m, che conferiscono all'area una morfologia subpianeggiante (Fig.14), ed acclività assai modeste perlopiù incluse nelle prime due classi delle cinque in cui normalmente vengono raggruppate su indicazione delle Linee Guida del PAI (Tav.3).

Dall'analisi scaturisce che l'area si sviluppa principalmente con pendenze incluse tra 0-20% e solo in corrispondenza del lembo di terreno incluso nel PdL, ubicato in sinistra idraulica del Rio Is Mitzas si rilevano acclività di poco superiori, che non vanno oltre il 35% (Fig.15).

Figura 15. Area del PdL a monte della scarpata fluviale in sx idraulica

In corrispondenza di tali incrementi di pendenza, inseriti comunque in un ambito complessivamente uniforme, privo di brusche rotture di pendio, non sono stati rilevati indizi di dissesti in atto o fattori che predispongono l'area a fenomeni franosi altresì di lieve entità.

Anche l'attività agricola, limitata all'impianto di sporadici alberi da frutto, non favorisce l'innesco, come talvolta avviene, di fenomeni di erosione del suolo sul quale non si rilevano le tipiche forme di ruscellamento superficiale sui materiali sciolti facilmente dilavabili.

L'unico indizio geomorfologico degno di nota, in relazione all'innesco di fenomeni erosivi, è riconducibile alla dinamica fluviale del Rio Is Mitzas che attraversa la lottizzazione lungo un tracciato che corre alla base dell'area precedentemente descritta (Tav.4).

Nel tratto che attraversa la lottizzazione, il Rio scorre su un alveo naturale con tracciato unicursale sub-rettilineo con locali piccole sinuosità, inciso sui depositi alluvionali recenti di natura prevalentemente limoso-sabbiosa.

Lungo il profilo del corso d'acqua la dissimetria tra le sponde è piuttosto pronunciata: ad una sponda in sinistra idraulica con ridotto sviluppo altimetrico e complessivamente priva di rilevanti processi erosivi si contrappone una sponda in destra più elevata (≤ 4,00 metri), seppur in modo discontinuo, e con evidenti indizi di erosione laterale (Figg.16 e 17) che localmente causano l'arretramento della scarpata.

Il fenomeno interessa la sponda destra lungo l'intero tracciato che il corso d'acqua incide all'interno del PdL e si arresta più a monte, oltre il limite dell'area in studio, laddove la roccia lapidea affiora incassando il Rio Is Mitzas che in sinistra idraulica è confinato da opere antropiche.

Il processo erosivo innesca sostanzialmente due fenomeni:

1. arretramento della scarpata fluviale per erosione al piede con conseguenti rilasci di volumi di terreno a monte;
2. locale intasamento dell'alveo a seguito del deposito dei volumi di materiali erosi dalla sponda che, seppur di modesta entità, costituiscono un impedimento al naturale deflusso idrico.

L'attività del fenomeno può considerarsi sospesa in virtù del carattere torrentizio del corso d'acqua che limita drasticamente il periodo dei deflussi; cionondimeno, in concomitanza di eventi meteorici anche di modesta entità si può avere la riattivazione del fenomeno favorita dalla natura granulare complessivamente poco addensata delle sponde.

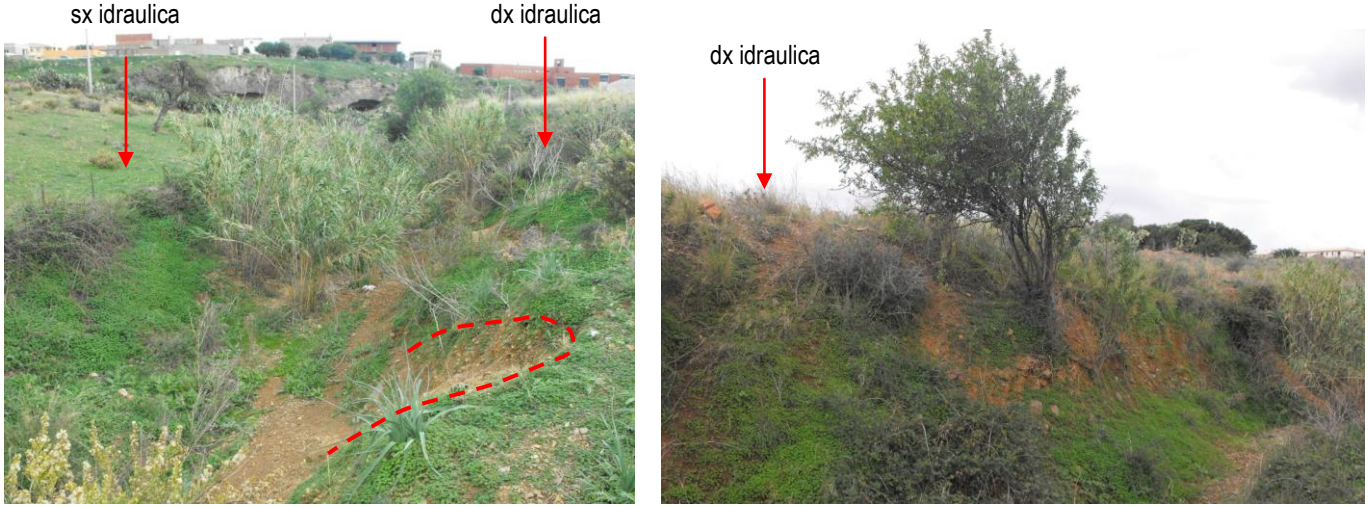


Figura 16. Sponda dx in erosione e arretramento, sponda sx bassa e complessivamente stabile (Foto sx)
Sponda in erosione e arretramento nel il tratto intermedio che attraversa il PdL. E' evidente lo scalzamento delle radici (Foto dx)

Figura 17. Sponda in erosione e arretramento nel il tratto più settentrionale che attraversa il PdL.

Dall'inviluppo delle superfici per le quali è stata individuata una discreta propensione al dissesto scaturisce una fascia di pericolosità di frana che comprende la sponda destra del Rio Is Mitzas inclusa nel PdL, riportata nella corrispondente Carta della pericolosità di frana (Tav.5 e Fig.18).

ALL.5 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' DI FRANA DEL PIANO DI LOTTIZZAZIONE
Scala 1:1.000

Legenda

CLASSE DI INSTABILITA'		INTENSITA'	DESCRIZIONE
	Hg 2	Media	Zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetti di equilibrio raggiunti naturalmente o mediante interventi di consolidamento); zone in cui esistono condizioni geologiche morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi
	Hg 0	Nulla	Aree non soggette a potenziali fenomeni franosi intesi nell'accezione più specifica del termine, ossia che coinvolgano volumi e aree significative a scala urbanistica. Tale tipologia non include, quindi, la semplice propensione a fenomeni erosivi del suolo legati primariamente a dinamiche pedologiche le quali, pur non raggiungendo le proporzioni del dissesto, possono comprometterne l'utilizzo e l'esistenza stessa della risorsa.

Limite PdL Serralonga Is Mitzas
Comparto 6C1/Sub Comparto A

N
W E
S

Figura 18: Carta della pericolosità di frana scaturita dallo studio (s.s.)

11 CONCLUSIONI E VERIFICA DI COMPATIBILITÀ DEL PIANO IN PROGETTO

A consuntivo dello studio di compatibilità illustrato in precedenza non emergono criticità di natura geologico-geomorfologica e geotecnica di impedimento alla realizzazione del piano di lottizzazione in progetto.

L'unico elemento geomorfologico di rilievo è rappresentato dal corso d'acqua Is Mitzas che attraversa il PdL da nord a sud, in corrispondenza del margine nord-nord orientale, il quale, per tutta la lunghezza del tracciato in studio, esercita una azione erosiva sulla sponda in destra idraulica innescando sulla stessa un lento processo di arretramento. Si tratta di un fenomeno la cui magnitudo è smorzata significativamente dalle modeste altezze delle scarpate fluviali e dal carattere stagionale del corso d'acqua, che giustifica l'attribuzione della classe di pericolosità media (Hg2) all'area interessata.

Dal punto di vista urbanistico, il corso d'acqua attraversa terreni destinati a servizi che, nello specifico delle nuove aree perimetrate sono costituiti dalla sistemazione a verde.

Per tali destinazioni d'uso, non si ravvisano motivi ostativi conseguenti ai modesti processi erosivi rilevati, altresì gli impianti a verde sono auspicati e consentiti anche in aree a pericolosità maggiore (Hg4), non presenti nel nostro contesto, come indicato all'art.31 comma 2 m delle NA del PAI.

Si evidenzia inoltre, che nella fattispecie l'area destinata a verde include la fascia di rispetto del corso d'acqua regolamentata ai sensi dell'art.96 comma f del Regio decreto 25 luglio 1904, n. 523 (Testo unico sulle opere idrauliche) di seguito riportato: *"Sono lavori ed atti vietati in modo assoluto sulle acque pubbliche, loro alvei, sponde e difese i seguenti: "Le piantagioni di alberi e siepi, le fabbriche, gli scavi e lo smovimento del terreno a distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra, minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline a distanza minore di metri quattro per le piantagioni e smovimento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e per gli scavi".*

11.1 Verifica di Compatibilità

In corrispondenza dell'area destinata ad ospitare la lottizzazione non sono stati rilevati indizi di dissesti in atto o potenziali incompatibili con le destinazioni d'uso previste in progetto ed in particolare:

- le aree classificate a pericolosità media (Hg2) sono incluse in un'ampia fascia destinata a verde parallela al corso d'acqua;
- sulle aree prive di pericolosità da frana non sono previste lavorazioni che possano incrementare il livello di pericolosità rilevato nel corso dello studio come specificato di seguito:
  - ✓ il progetto non altera la morfologia dell'area che rimarrà sostanzialmente invariata;
  - ✓ le caratteristiche geomeccaniche del sedime, da indagare ulteriormente nei successivi gradi di progettazione, offrono sufficienti garanzie all'esecuzione delle opere in progetto e non impediscono la realizzazione di vani interrati nelle unità abitative;
  - ✓ le opere fondali previste non interferiscono con una eventuale falda freatica ubicata comunque oltre i 2.00 metri dal p.c.; qualora ciò dovesse avvenire, a seguito della realizzazione di vani interrati, saranno progettati adeguati sistemi di regimazione idraulica oltre alle opere di contenimento dei fronti di scavo, comunque necessarie in virtù dell'elevata frazione argillosa delle alluvioni ghiaiose;
  - ✓ i rilevati in progetto avranno, per lo più, uno sviluppo altimetrico contenuto entro il metro. Solo per la sopraelevazione della strada comunale Is Mitzas sarà necessario costruire un rilevato di sviluppo maggiore la cui messa in sicurezza sarà garantita dalla necessaria opera di contenimento prevista in gabbioni disposti su più corsi sovrapposti. Per il dimensionamento dell'opera si rimanda alle successive fasi di progettazione;
  - ✓ la superficie complessiva destinata a verde, pari a circa 2600 mq, limita il consumo di suolo a favore di un equilibrio tra aree naturali ed antropizzate.

A seguito delle considerazione sopraesposte l'esito della verifica di compatibilità ai sensi delle NA del PAI, del Piano di Lottizzazione "Serra Longa Is Mitzas" - Sinnai Comparto Edificatorio 6C1 - Sub Comparto A, può ritenersi positivo.

12 DISCIPLINA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

Le nuove aree di pericolosità media da frana, definite a seguito dello studio di compatibilità geologica e geotecnica, sono disciplinate al CAPO III Art.33 delle NA del PAI di seguito riportato:

12.1 Disciplina delle aree di pericolosità media da frana (Hg2)

1. Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25, nelle aree di pericolosità media da frana sono consentiti tutti gli interventi, le opere e le attività ammessi nelle aree di pericolosità molto elevata ed elevata da frana, alle medesime condizioni stabilite negli articoli 31 e 32.
2. In materia di patrimonio edilizio sono inoltre consentiti esclusivamente:
   a. gli interventi di ristrutturazione edilizia;
   b. gli ampliamenti e le nuove costruzioni nei lotti interclusi dei centri edificati definiti ai sensi della normativa regionale o ai sensi dell'articolo 18 della legge n. 865/1971;
   c. gli ampliamenti e le nuove costruzioni nelle aree libere di frangia dei centri edificati, con esclusione delle sole aree situate a monte delle costruzioni esistenti alle quote più alte dei versanti esposti alle frane;
   d. i cambiamenti di destinazione d'uso nei centri edificati, nelle zone residenziali e nelle zone di verde privato, anche relativi ai fabbricati rurali esuberanti per la conduzione dell'azienda agricola, purché compatibili con le caratteristiche formali e strutturali preesistenti degli edifici;
   e. i cambiamenti di destinazione d'uso al di fuori delle zone di cui alla precedente lettera d., con eventuali aumenti di superficie o volume e di carico urbanistico non superiori al 20%, a condizione di essere finalizzati a servizi pubblici e di pubblica utilità o ad attività terziarie ed attività diverse compatibili con le condizioni di pericolosità media da frana;
   f. in tutte le zone territoriali omogenee, con esclusione delle aree con vincoli di tutela ambientale e paesistica, i recuperi a fini residenziali, esclusivamente per le necessità dei conduttori dei fondi agricoli, di edifici ed annessi rustici esistenti alla data di approvazione del PAI e divenuti non idonei alla conduzione degli stessi fondi;
   g. la realizzazione di volumi per attività agrituristica nelle sedi delle aziende agricole;
   h. l'ampliamento degli immobili destinati ad esercizi alberghieri o di somministrazione di pasti e bevande;
   i. gli ampliamenti e le nuove realizzazioni di insediamenti produttivi, commerciali e di servizi.
3. In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità media da frana sono inoltre consentiti esclusivamente:
   a. gli ampliamenti, le ristrutturazioni e le nuove realizzazioni di infrastrutture riferibili a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili o non delocalizzabili, a condizione che non esistano alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, che tali interventi siano coerenti con i piani di protezione civile, e che ove necessario siano realizzate preventivamente o contestualmente opere di mitigazione dei rischi specifici;
   b. l'adeguamento degli impianti esistenti di depurazione delle acque e di smaltimento dei rifiuti;
   c. gli interventi di edilizia cimiteriale.
4. Nelle aree di pericolosità media da frana resta comunque sempre vietato realizzare nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti.
5. Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica di cui all'articolo 25:
   a. è richiesto per gli interventi di cui al comma 2 lettere a., b., c., e., g., h., i. Per gli interventi di cui al comma 2 lettera d., l'Autorità Idraulica potrà richiedere, a suo insindacabile giudizio, lo studio di compatibilità geologica e geotecnica o parte di esso, in relazione alla peculiarità e entità dell'intervento;
   b. è richiesto per gli interventi di cui al comma 3, lettere a., b., c.
6. Le modifiche e gli ampliamenti relativi agli stabilimenti soggetti agli obblighi di cui agli articoli 6, 7 e 8 del decreto legislativo 17.8.1999, n. 334, "Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose", eventualmente ubicati nelle aree di pericolosità media da frana, sono decise secondo il criterio di precauzione applicando le modalità di valutazione di cui al punto 6.3 dell'Allegato al decreto del Ministro dei lavori pubblici 9.5.2001 "Requisiti minimi di sicurezza

in matteria di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante".

Cagliari, 07.12.2016

Il geologo
Barbara Mascia

L'ingegnere
Giacomo Spano

COMUNE DI SINNAI **PROVINCIA DI CAGLIARI**

Allegato al Certificato di Destinazione Urbanistica n. _____ del _____

Elenco Mappali ricadenti in zona urbanistica C1:

6003 – 6004 – 6007 – 6008 – 6009 – 6011 – 6012 – 6013 – 6015 – 6017 – 6018 – 6019 – 6021 – 6022 – 6024 - 6026 - 6027 – 6030 – 6031 – 6032 – 6034 - 6035 – 6036 – 6037 – 6038 – 6039 – 6041 – 6042 – 6043 – 6044 – 6045 – 6046 – 6047 – 6048 – 6054 – 6060 – 6063 – 6064 – 6065 - 6066 – 6067 – 6069 – 6070 – 6071 – 6072 – 6073 – 6074 – 6075 – 6076 – 6077 – 6078 – 6079 – 6080 – 6081 – 6082 – 6086 – 6088 – 6090 – 6093 – 6094 – 6095 – 6098 – 6099 – 6100 – 6101 – 6102 – 6104 – 6105 – 6106 – 6107 – 6108 – 6109 – 6110 – 6112 – 6114 – 6116 – 6117 – 6119 – 6120 – 6121 – 6122 – 6123 – 6124 - 6126 – 6127 – 6128 – 6129 – 3910 – 6132 – 6133 – 6135 – 6136 – 6138 – 6139 – 6140 – 6141 – 6142 – 6143 – 6144 – 6146 – 6147 – 6148 – 6149 – 6150 – 6151 – 6152 – 6153 – 6154 – 6155 – 6158 – 6159 – 6160 – 6161 – 6162 – 6163 – 6164 – 6165 – 6167 – 6168 – 6169 – 6178 – 6179 – 6181 – 6183 – 6184 – 6185 – 6186 – 6187 – 6188 – 6189 – 6190 – 6191 – 6192 – 6193 – 6194 – 6195 – 6196 – 6197 – 6198 – 6203 – 2223 – 6207 – 6209 – 6210 – 6212 – 6213 – 6215 – 6216 – 6217 – 6219 – 6221 – 6223 – 6224 – 6225 – 6227 – 6228 – 6229 – 6230 – 6231 – 6234 – 6235 – 6236 – 6237 – 6239 – 6240 – 6241 – 6242 – 6243 – 6245 – 6246 – 6247 – 6249 – 6250 ~~– 6253~~ – 6253 – 6257 – 6258 – 6259 – 6261 – 6262 – 6265 – 6266 – 6267 – 6268 – 6269 – 6271 – 6274 – 6276 – 6277 – 6278 – 6279 – 6280 – 6284 – 6285 – 6286 – 6287 – 6290 – 6294 – 6306 – 6307 – 6310 – 6311 – 6312 – 6313 – 6314 – 6315 – 6316 – 6318 – 6319 – 6320 – 6322 – 6323 – 6324 – 6325 – 6338 – 6339 – 6340 – 6341 – 6342 – 6344 – 6348 - 6349 - 6252

Settore Edilizia Privata e S.U.A.P. COMUNE DI SINNAI

Elenco Mappali ricadenti parte in zona urbanistica B1:

6055 – 6056 – 6057 – 6058 – 6059 – 6171 – 6172 – 6174 – 6177 – 3932 – 6206

Elenco Mappali ricadenti parte in zona urbanistica B1 e parte in zona urbanistica C1:

6049 – 6050 – 6051 – 6052 – 6053