

Comune di Serrenti

Provincia del Medio Campidano



STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA (art.8 comma 2 del P.A.I.)

Relazione tecnica illustrativa

responsabili per lo studio

Dott. Geol. Maurizio Costa

Dott. Ing. Marcella Sodde

*aspetti specialistici
geologia e geomorfologia*

Dott. Geol. Michele Corona
Dott. Geol. Antonio Pitzalis

Il Sindaco
Gian Luca Becciu

l'Ufficio tecnico
Dott. Ing. Alberto Atzeni

Variante al Piano Urbanistico Comunale

1	Premessa	2
2	Struttura e contenuti dello studio	3
3	Il territorio di Serrenti nel Piano di Assetto Idrogeologico	4
4	Analisi storica	5
5	Analisi fisico-ambientale del territorio comunale	6
5.1	Inquadramento climatico	6
5.2	Inquadramento geolitologico e tettonico	10
5.2.1	Formazioni vulcaniche oligoceniche	10
5.2.2	Successione sedimentaria oligo-miocenica.....	11
5.2.3	Formazioni sedimentarie quaternarie	12
5.3	Assetto geomorfologico	13
5.3.1	Inquadramento fisiografico	13
5.3.2	Dinamiche di evoluzione dei versanti	14
5.3.3	Dinamiche evolutive delle acque superficiali incanalate.....	15
5.4	Caratteri fisico-meccanici delle principali litologie rappresentate	17
5.5	Uso del suolo	18
6	Individuazione della pericolosità da frana	19
6.1	Metodologia	19
6.2	Analisi dei fattori di suscettività.....	20
6.3	Valutazione ponderale dell'incidenza dei fattori di suscettività	20
6.4	Overlay mapping dei tematismi di suscettività franosa e Carta dell'Instabilità potenziale dei versanti	24
6.4.1	Carta della Franosità	25
6.5	Carta di sintesi di pericolosità da frana.....	27
7	Considerazioni conclusive	30
7.1	A1: settore di Monte Porceddu	30
7.2	A2: settore di Monte Ibera - Monte Atzorcu.....	31
7.3	A3: settore di Serrenti sud.....	32
7.4	A4: settore di Serra Corona	33

Elaborati cartografici allegati

tav. 0.1 – Carta delle zone urbanistiche in variante oggetto di indagine (scala 1:10.000)

tav. 1 – Carta geolitologica (scala 1:10.000)

tav. 2 – Carta dell'uso del suolo (scala 1:10.000)

tav. 3 – Carta delle acclività (scala 1:10.000)

tav. 4 – Carta dell'instabilità potenziale (scala 1:10.000)

tav. 5 – Carta dei fenomeni franosi (scala 1:10.000)

tav. 6 - Aree di pericolosità da frana (scala 1:10.000)

tav. 7 - Aree di Pericolosità da frana della zona urbana (scala 1:2.000)

tav. 8 – Sezioni litologiche (scala 1:2.000)

1 Premessa

Lo Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica delle aree poste a variante urbanistica del Comune di Serrenti è stato redatto nell'ambito della variante al Piano Urbanistico Comunale.

Gli indirizzi per la pianificazione urbanistica contenuti nell'Art. 8 comma 2 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PAI stabiliscono che, indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal PAI stesso, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici i Comuni assumano e valutino le indicazioni di appositi Studi di Compatibilità Geologica e Geotecnica riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione. L'art. 26 al comma 2 definisce, inoltre, che le aree a franosità diffusa (in cui ogni singolo evento risulta difficilmente cartografabile alla scala del PAI), le aree costiere a falesia e le aree interessate da fenomeni di subsidenza, sono aree a significativa pericolosità geomorfologica per le quali si applicano le prescrizioni riferite alle aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata o media.

In riferimento alla destinazione urbanistica delle aree in variante, l'art. 31, comma 4 della NTA del PAI, prevede che nelle aree di pericolosità idrogeologica perimetrate dal PAI, le nuove attività estrattive siano consentite subordinatamente alla valutazione positiva dello studio di compatibilità geologico-geotecnico. Inoltre l'Art. 31 comma 6 afferma che gli studi geologici a corredo dei progetti di apertura di nuove cave o di ampliamento di quelle esistenti, devono prevedere la valutazione della pericolosità da processi geomorfologici sull'intero versante modificato dal profilo lineare del fronte di scavo e la valutazione dell'eventuale aumento del livello di rischio per gli insediamenti e le infrastrutture presenti sul versante interessato e in prossimità di esso.

Nello Studio qui presentato è stata condotta un'analisi geologica, geomorfologica, idrogeologica e geopedologica, estesa all'interno delle aree interessate dalla variante urbanistica e del loro sistema fisiografico di riferimento, al fine di individuare eventuali processi o criticità in atto o potenziali connessi con la dinamica dei versanti, utile per la perimetrazione di aree di pericolosità da frana non rappresentate nel PAI.

In tale senso le aree d'indagine sono riferibili a:

A1: settore di Monte Porceddu;

A2: settore di Monte Ibera - Monte Atzorcu;

A3: settore di Serrenti sud;

A4: settore di Serra Corona.

2 Struttura e contenuti dello studio

Lo Studio di Compatibilità geologica e geotecnica, è redatto in conformità con l'articolo 25 delle Norme di Attuazione del PAI, anche per le aree non espressamente perimetrate dal PAI, così come previsto dal comma 2 dell'art 26 delle stesse norme di attuazione.

Lo Studio di Compatibilità geologico-geotecnica contiene dunque:

- L'inquadramento del territorio comunale nella pianificazione regionale nel settore della difesa del suolo (PAI);
- La ricognizione d'informazioni storiche circa gli eventi franosi che hanno interessato il territorio comunale;
- Lo studio geologico e geomorfologico delle aree di interesse, con particolare riferimento alle dinamiche evolutive dei versanti e delle interazioni tra processi di scorrimento delle acque superficiali incanalate e formazioni rocciose;
- analisi dei fattori climatici;
- analisi fisico-meccanica (qualitativa) dei terreni e delle rocce, relativa in particolare alla giacitura degli strati, al grado di fratturazione e alterazione delle rocce;
- l'analisi dell'instabilità potenziale dei versanti (che rappresenta le condizioni di franosità e d'instabilità potenziale) effettuata sulla base delle caratteristiche generali dei versanti determinate attraverso la caratterizzazione geologica delle formazioni, l'analisi della pendenza e dell'uso del suolo;
- Individuazione e perimetrazione delle aree di pericolosità da frana non direttamente perimetrate da PAI.

Lo studio è quindi corredato dalle seguenti cartografie di base e di sintesi (in scala 1:10.000 per le unità fisiografiche di riferimento e in scala 1:2.000 per la pericolosità in ambito urbano e periurbano):

- Litologia pesata
- Acclività pesata
- Uso del suolo pesato
- Fenomeni franosi
- Instabilità potenziale
- Pericolosità di frana.

Gli elaborati grafici sono restituiti in conformità con quanto previsto nelle "Linee guida per l'adeguamento dei PUC al PAI" (Deliberazione del Comitato Istituzionale 18 Luglio 2007 - Autorità del Bacino Regionale della Sardegna).

3 Il territorio di Serrenti nel Piano di Assetto Idrogeologico

Ai sensi della Legge 183/89 il territorio della Sardegna è considerato un bacino idrografico unico d'interesse regionale. Sulla base di altri studi di settore (SISS, Piano Acque) per la superficie territoriale sarda, con delibera di Giunta Regionale n.45/57 del 30 Ottobre 1990, è stata approvata la suddivisione in sette sub-bacini, ognuno caratterizzato in grande da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche (Linee guida PAI, 2000).

Nell'ambito di questa suddivisione il territorio comunale di Serrenti è compreso nel Bacino 7 Flumendosa-Campidano-Cixerri. Dalla verifica degli elaborati del PAI, non risultano nel territorio di Serrenti, perimetrazioni relative ad aree di pericolosità da frana.

4 Analisi storica

I fenomeni franosi più significativi, conosciuti e censiti nell'ambito dei progetti AVI (Aree Vulnerate Italiane), IFFI (Inventario dei fenomeni franosi in Italia) e individuati nell'ambito del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna (PAI), sono riconducibili a episodi puntuali o alla presenza di aree in cui si registrano fenomeni franosi diffusi.

Il progetto AVI è stato condotto sin dal 1989 dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche per commissione del Dipartimento della Protezione Civile. Il censimento rappresenta le aree del paese colpite da frane e da inondazioni nel periodo 1918-1996. Da una ricerca nell'archivio frane dell'AVI non sono emersi, per il territorio comunale di Serrenti, eventi franosi.

Con le Deliberazioni della Giunta Regionale n° 46/27 del 13.11.2000 e n° 27/68 del 07.08.2001, la Regione Sardegna ha aderito all'iniziativa per la realizzazione dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (I.F.F.I.), organizzato in un Sistema Informativo Territoriale Unico, promossa nel gennaio 1997 dal Comitato dei Ministri per la difesa del suolo, ex lege 183/89. L'iniziativa è stata coordinata dal Servizio Geologico Nazionale (ora strutturato nell'ambito dell'ISPRA), che ha definito le metodologie per l'attuazione dell'inventario. Ai fini dell'attuazione del Progetto, l'Assessorato regionale della Difesa dell'Ambiente, in data 17/07/2001, ha stipulato apposita Convenzione con il Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali - Servizio Geologico. Il Progetto I.F.F.I. (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), ha lo scopo principale di fornire un quadro sinottico e omogeneo sulla distribuzione dei fenomeni franosi sull'intero territorio nazionale e di offrire uno strumento conoscitivo ai fini della valutazione del rischio da frana, della programmazione degli interventi di difesa del suolo e della pianificazione territoriale a scala nazionale e locale. Nella rappresentazione cartografica del progetto I.F.F.I. i fenomeni franosi sono associati a un punto identificativo che, per convenzione, coincide con la quota più alta del coronamento della frana stessa. Nel caso in cui il fenomeno abbia un'estensione inferiore a 1 ha è rappresentato solo con il punto. Oltre ai singoli fenomeni sono individuate aree soggette a crolli/ribaltamenti, frane superficiali diffuse. Anche per quanto riguarda il progetto I.F.F.I., nel territorio comunale di Serrenti non sono stati segnalati fenomeni franosi.

5 Analisi fisico-ambientale del territorio comunale

5.1 Inquadramento climatico

Gli apporti idrici che alimentano i deflussi superficiali e sotterranei sono legati prevalentemente alle precipitazioni atmosferiche quindi, per un corretto inquadramento dei fenomeni meteoidrologici, si è fatto riferimento ai dati termopluviometrici delle due stazioni di Guasila (210m s.l.m.), Nuraminis (91m s.l.m.) e Sanluri (68m s.l.m.).

I dati termopluviometrici sono estrapolati, per l'intervallo di tempo 1922-2009, dallo studio SISS (Nuovo Studio dell'Idrologia Superficiale della Sardegna, 1998) che raccoglie i dati idrologici e climatologici di stazioni termopluviometriche distribuite in tutta la Sardegna. Per le stazioni di riferimento i dati pluviometrici sono abbastanza completi mentre i dati relativi alle temperature sono disponibili solo dal 1998 al 2002.

Per quanto riguarda l'andamento pluviometrico medio annuale, i dati di riferimento appartengono all'intervallo di tempo 1922-2009 per le stazioni di Guasila e Nuraminis e 1922-2007 per la stazione di Sanluri. L'andamento pluviometrico è piuttosto simile per le tre stazioni di riferimento, per ciascuna delle quali si evidenzia un massimo nel mese di dicembre e un minimo nel mese di luglio.

Il grafico seguente è rappresentativo delle pluviometrie medie mensili nelle tre stazioni.

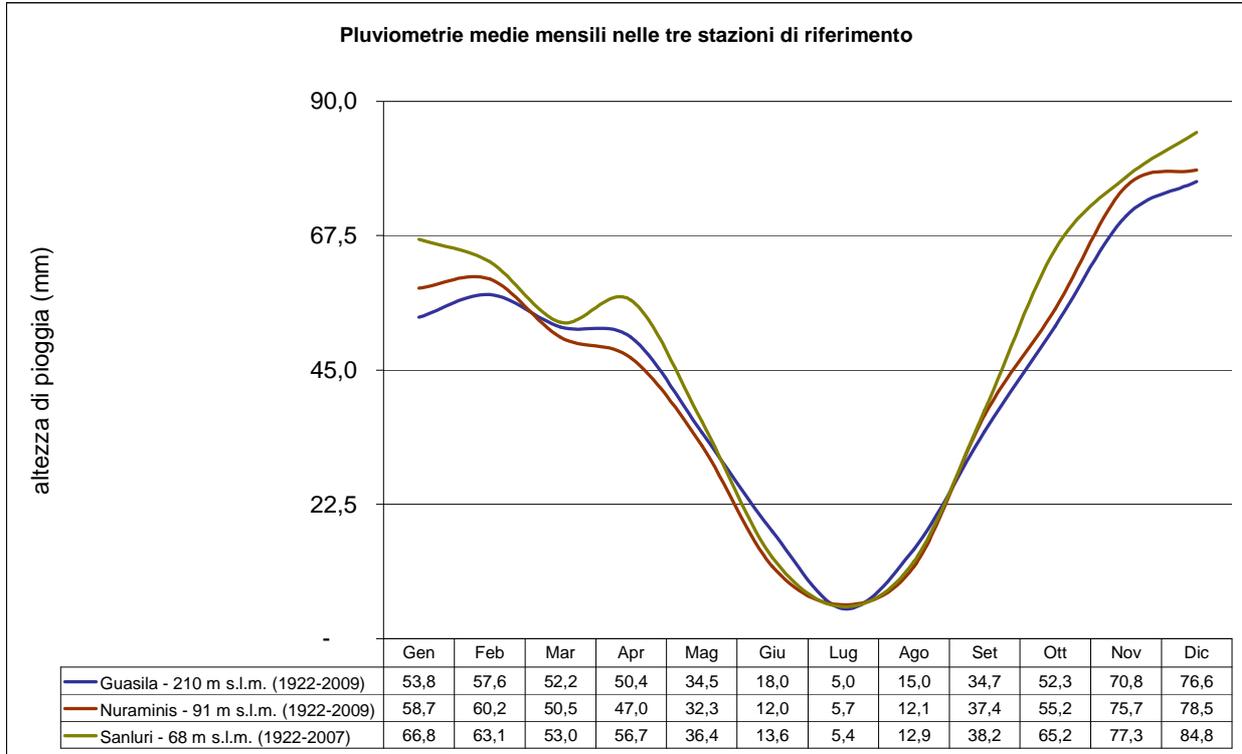


Figura 1 - Pluviometrie medie mensili nelle tre stazioni di riferimento.

La piovosità media annuale valutata per le tre stazioni di riferimento si attesta su attesta sui

530mm con valori più elevati per la stazione di Sanluri dove supera i 560mm, come mostrato dal grafico seguente.

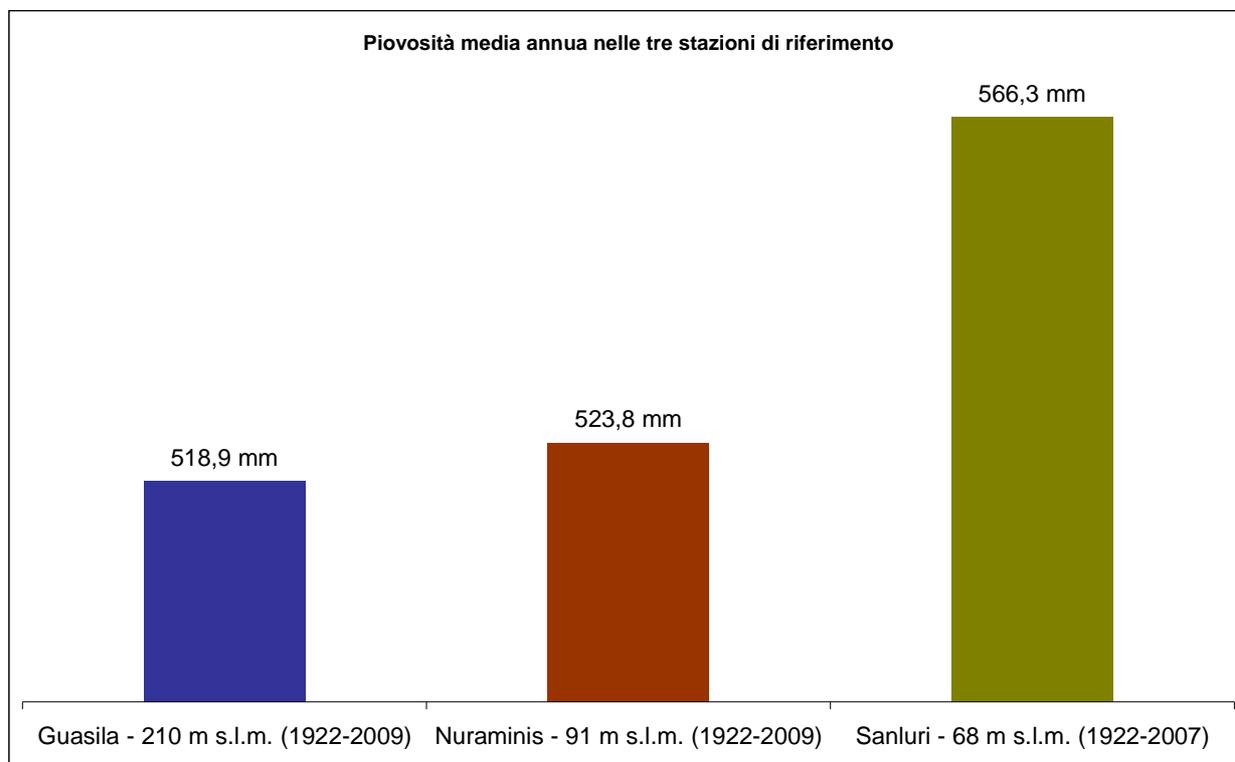
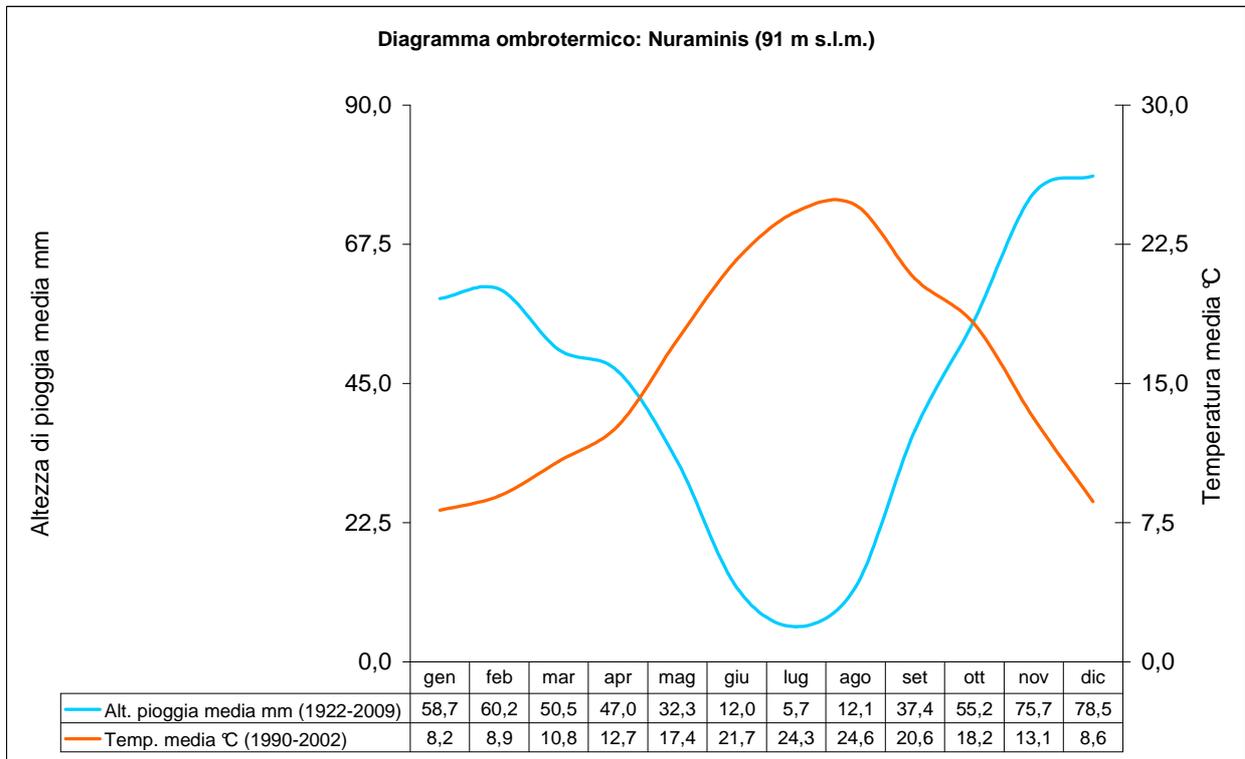
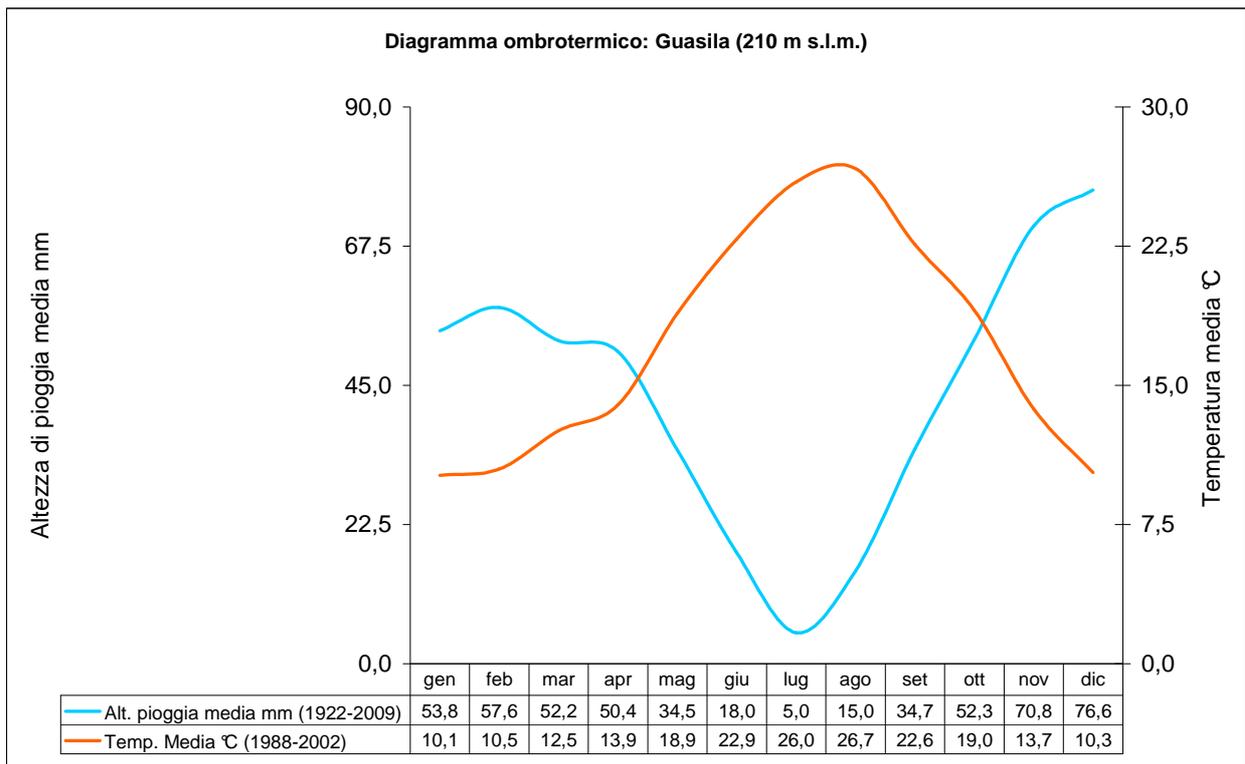


Figura 2 – Piovosità media annua nelle tre stazioni di riferimento.

Per pervenire a una caratterizzazione climatica dell'area si fa riferimento a uno dei metodi di uso più comune, ossia il metodo di Bagnolus e Gaussen (1957) standardizzato da Walther e Lieth (1960-1967), che si basa sull'individuazione del periodo annuo di aridità, considerando "arido" il mese in cui il valore medio della precipitazione totale (P) espressa in mm è minore del doppio del valore della temperatura (T) espressa in °C (ossia in cui $P \leq 2T$). Per determinare la durata del periodo arido si realizza il diagramma ombrotermico, costruito sulla base dei dati su precipitazioni e temperature elaborati per ciascuna stazione termopluviometrica di riferimento.

I mesi più aridi risultano maggio, giugno, luglio, agosto e settembre.



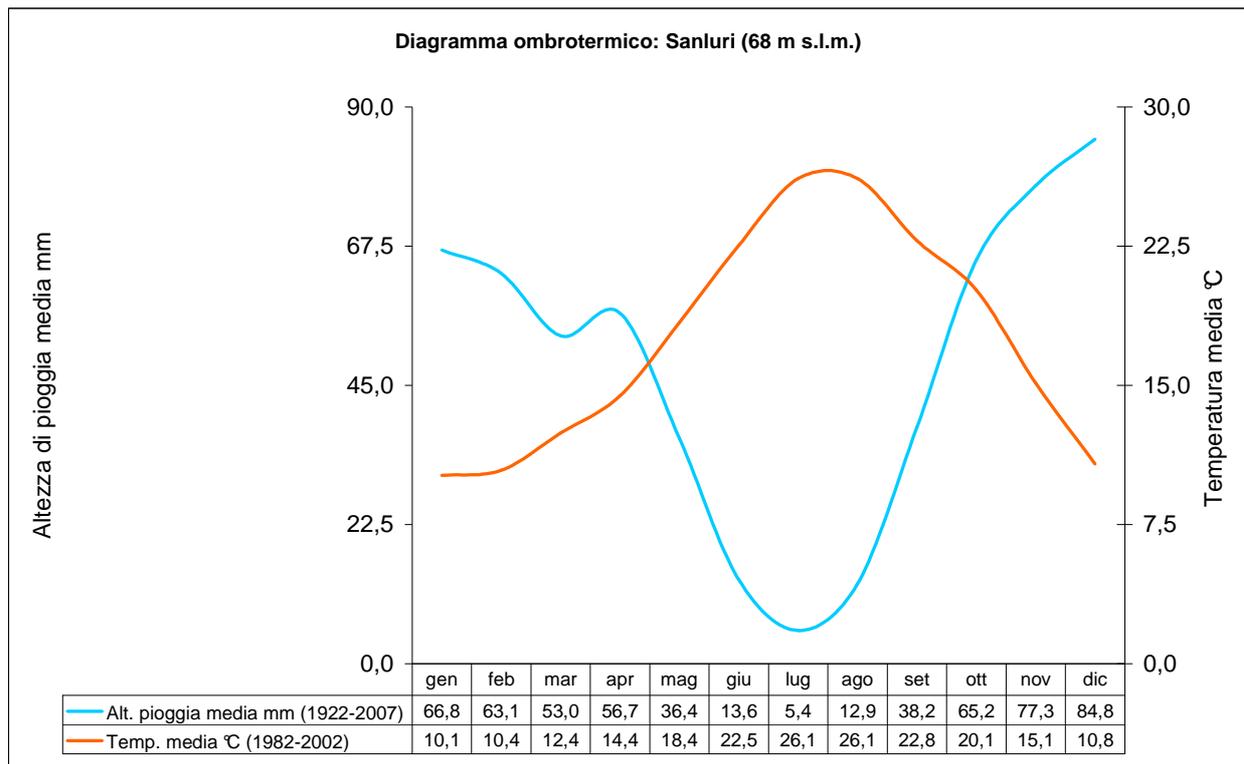


Figura 3 – Diagrammi ombrotermici nelle tre stazioni di riferimento.

Dal punto di vista termico non si rilevano differenze significative tra le tre stazioni, con punte massime di temperatura a Luglio e la media più alta ad Agosto mentre Gennaio-Febbraio risulta essere il periodo più freddo.

I fattori climatici rivestono una notevole importanza rispetto ai processi di alterazione delle rocce e sulla conseguente produzione di detriti. Alle precipitazioni intense e concentrate, che si manifestano soprattutto nella stagione autunnale, si riconducono i principali eventi critici sia dal punto di vista geomorfologico che idraulico. In particolare quando precipitazioni intense gravano su litologie la cui qualità geomeccanica è fortemente condizionata dalla presenza di discontinuità strutturali, non solo di origine tettonica, come nelle formazioni carbonati che, si innescano fenomeni gravitativi di massa riconducibili sostanzialmente a processi di crollo o di ribaltamento di blocchi rocciosi. Quando invece i litotipi interessati riguardano le coltri detritiche recenti e attuali, come i detriti di falda o le coperture eluvio-colluviali anche con grado di coesione medio-elevato, possono innescarsi fenomeni di scivolamento traslativo delle masse detritiche sulle superfici del substrato litoide sottostante o fenomeni di colamento detritico, in quanto la matrice siltoso-argillosa, all'aumento del contenuto d'acqua, manifesta un complessivo decadimento delle proprietà geotecniche con la conseguente disgregazione e colamenti detritici lungo le principali linee di drenaggio.

La letteratura di settore (in parte riportata anche nella bibliografia delle Linee guida per l'adeguamento del PUC al PAI) fa riferimento alla piovosità media annua come fattore predisponente al dissesto secondo la seguente tabella:

Precipitazioni mm/a	zona
>1600	sicuramente franosa
1600-1300	probabilmente franosa
1300-1000	mediamente franosa
1000-700	raramente franosa
<700	non franosa

Secondo questa valutazione dell'influenza della piovosità media annua sulla propensione al dissesto, il territorio di Serrenti si collocherebbe in un ambito **non franoso**. Ovviamente questo fattore va considerato insieme agli altri fattori predisponenti il dissesto, oltre alla distribuzione delle precipitazioni durante l'anno.

5.2 Inquadramento geolitologico e tettonico

Nel territorio di Serrenti sono presenti in affioramento litotipi riferibili ai seguenti complessi geologici (dal più recente al più antico):

- Formazioni sedimentarie quaternarie;
- Successione sedimentaria oligo-miocenica;
- Formazioni vulcaniche oligoceniche.

Il territorio in oggetto è inoltre ubicato in un settore interessato da disturbi tettonici di carattere regionale riattivatisi in diversi periodi geologici.

5.2.1 Formazioni vulcaniche oligoceniche

La formazione vulcanica, facente parte del Distretto vulcanico di Serrenti-Furtei, costituisce il basamento geologico del settore ed è costituita da vulcaniti in facies lavica e piroclastica a chimismo vario da andesitico a dacitico o rio-dacitico. Questi prodotti vulcanici sono riferibili all'oligocene superiore e si sono messi in posto risalendo attraverso fratture regionali, risalenti allo stesso periodo. Le dislocazioni tettoniche hanno determinato una struttura a horst e graben, con conseguente formazione di una fossa tettonica, nota in letteratura come Fossa Sarda, che dal golfo di Cagliari si estende fino al golfo dell'Asinara. Le faglie in oggetto sono disposte, nel settore in esame, secondo un allineamento NNO-SSE,

e pertanto anche i centri di emissione dei prodotti vulcanici, che attraverso esse hanno trovato una via di risalita, sono disposti ricalcando tale allineamento. A proposito delle morfologie vulcaniche vanno messe in evidenza le diversità connesse con il chimismo e con le facies dei prodotti eruttati. I prodotti lavici sono rappresentati da termini prevalentemente a chimismo andesitico e dacitico e costituiscono dei rilievi arealmente alquanto raccolti intorno ai rispettivi punti di emissione e discretamente sviluppati in altezza; vulcanologicamente costituiscono delle cupole di ristagno e degli apparati domeani. Le manifestazioni piroclastiche, invece, danno luogo a rilievi collinari in generale meno elevati e con versanti meno acclivi dei precedenti; questi prodotti hanno pertanto un'estensione areale, rispetto ai presunti centri di emissione, maggiore delle lave. Queste piroclastiti mostrano in generale un chimismo più evoluto rispetto alle lave e denotano una composizione media da dacitica a riodacitica. Va precisato che il chimismo di tali piroclastiti va inteso in senso lato vista la natura alquanto varia dei clasti che le compongono; si tratta, infatti, di prodotti piroclastici pomiceo cineritici (talora con pomici di dimensioni centimetriche) con abbondanti inclusi litici di varia natura e dimensione oltre alla presenza delle fasi cristalline rappresentate prevalentemente da feldspati. Buona parte dei prodotti vulcanici tendenzialmente meno evoluti (andesiti e daciti) sono interessati, soprattutto nel settore settentrionale del territorio di Serrenti (M.te Porceddu), da intense fenomenologie idrotermali, o comunque deuteriche, che hanno modificato intensamente la composizione chimica e mineralogica delle rocce dando luogo ai noti giacimenti di argille caoliniche. Tali fenomenologie hanno portato alla formazione di filoni e di crostoni siliceo-calcedoniosi dovuti o ad apporti di silice da parte dei convogli idrotermali, o alla rimobilizzazione della stessa presente entro le rocce vulcaniche. Intercalati in questi crostoni si rinvengono piccoli orizzonti sedimentari lacustri o palustri e ciottoli arrotondati di quarzo, in giaciture prevalentemente lenticolari. I prodotti piroclastici riolitici e riodacitici, affioranti nel settore immediatamente a nord-est di Serrenti (noti localmente come "trachiti di Serrenti"), non hanno, in generale, subito modificazioni metasomatiche o di alterazione e si presentano pertanto "sani" con strutture e chimismo pressoché originali.

L'area d'indagine A1 – Monte Porceddu è composto da andesiti anfiboliche massive di Monte Mannu, rappresentate in domi, dicchi ed espandimenti lavici, da prodotti epiclastici e sedimentari in alternanze ritmiche di marne argillose e siltiti carbonati che e da piroclastici in facies ignimbratica.

L'area d'indagine A2 – Monti Ibera e Atzorcu, L'area d'indagine A3 – Serrenti sud e L'area d'indagine A4 – Serra Corona sono principalmente composti da un deposito di flusso piroclastico in facies ignimbratica, in banchi ben saldati, ricco in pomici e frammenti litici di andesiti.

5.2.2 Successione sedimentaria oligo-miocenica

Nel territorio in oggetto, affiora una potente successione sedimentaria trasgressiva di età oligo-miocenica che, con potenze variabili, ricopre parzialmente o totalmente la formazione vulcanica sopra descritta. Questa ingressione si è resa possibile per i fenomeni di rifting avvenuti, come nella parte

occidentale della Sardegna, in questo settore che hanno portato alla formazione di una fossa tettonica parallela alla pianura del Campidano. Le potenze di questi sedimenti, quindi, sono limitate a est e assumono spessori elevati verso il Campidano, ad ovest. Nel settore orientale le litologie sono costituite da un complesso basale arenaceo-conglomeratico, talora siltoso, cui segue un complesso marnoso-calcareo e arenaceo-siltoso, con calcari biohermali, biostromali, fossiliferi. Questi calcari, localizzati al top della sequenza, formano classiche morfologie a cuestas (poco rappresentate nel territorio di Serrenti). Il settore occidentale, verso il Campidano, è invece caratterizzato da affioramenti di potenti sequenze mioceniche di marne siltose, giallognole, compatte e ben stratificate con locali intercalazioni di lenti di prodotti piroclastici pomiceo-cineritici alquanto fini.

L'area d'indagine A2 – Monti Ibera e Atzorcu presentano la sola formazione di Calcari di Villagreca. Affiorano a sud del settore e sono dei calcari bioclastici e biocostruiti.

L'area d'indagine A3 – Serrenti sud presenta la sola formazione delle Marne della Marmilla, affiorante in tutta l'area occidentale del settore. Sono delle marne siltose alternate a livelli arenacei, talvolta con materiale vulcanico rimaneggiato.

L'area d'indagine A4 – Serra Corona presenta una completa e variegata successione sedimentaria composta dai conglomerati e brecce della formazione di Ussana e di Duidduru, dalle arenarie grossolane di Serra Longa, dai Calcari bioclastici di Villagreca e dalle marne siltose alternate a livelli arenacei della formazione della Marmilla.

5.2.3 Formazioni sedimentarie quaternarie

I sedimenti quaternari sono costituiti principalmente da depositi eluviali e colluviali, con matrice più o meno argillosa in funzione del substrato geologico sul quale insistono e da depositi alluvionali terrazzati, a prevalente componente sabbiosa o limosa con locali intercalazioni ghiaiose.

L'area d'indagine A1 – Monte Porceddu è composto principalmente da coltri eluvio-colluviali, rappresentati da detriti immersi in matrice fine. A sud-ovest del settore sono presenti depositi alluvionali sabbiosi terrazzati e a Nord dei depositi di frana. L'area è anche caratterizzata da discariche minerarie.

L'area d'indagine A2 – Monti Ibera e Atzorcu sono caratterizzato dalle coltri eluvio-colluviali e da depositi alluvionali ghiaiosi terrazzati. È presente a sud del settore anche un corpo di frana.

L'area d'indagine A3 – Serrenti sud è composto da depositi alluvionali sia ghiaiosi sia sabbiosi terrazzati, da coltri eluvio-colluviale nell'area orientale del settore e da depositi palustri a sud-ovest.

L'area d'indagine A4 – Serra Corona è sempre composta dalle coltri eluvio-colluviali e dai depositi alluvionali terrazzati. Sono anche presenti depositi di versante .

5.3 Assetto geomorfologico

5.3.1 Inquadramento fisiografico

Il territorio di Serrenti si estende nel margine orientale della piana del Campidano. In particolare l'area è fisiograficamente caratterizzata a ovest da un sistema di terrazzi alluvionali antichi, debolmente inclinati verso ovest e collocati a quote di poco superiori ai 100 m s.l.m.. Il settore centro-settentrionale del territorio comunale è dominato dalla presenza di rilievi collinari isolati, con quote intorno ai 2-300 metri s.l.m., corrispondenti ad affioramenti vulcanici di natura ignimbratica e andesitica di età oligo-miocenica. Infine a est il territorio è delimitato da una dorsale monoclinale impostata sulle formazioni calcaree mioceniche (calcarei di Villagreca), che assume la tipica morfologia di rilievo a cuesta, con il versante strutturale a franapoggio immergente verso est, in territorio di Samatzai, e il versante del fronte della cuesta inclinato verso ovest e ricadente interamente nel territorio di Serrenti. La morfologia dell'originario rilievo a cuesta è stata in gran parte smantellata dall'attività di cava che ha interessato l'intero versante strutturale del territorio di Samatzai. Attualmente pertanto il versante del fronte di cuesta, appare come una superficie residuale, debolmente inclinata, impostata sulle formazioni calcaree e ricoperte di materiale detritico, ormai priva di relazioni dinamiche ed evolutive con il settore a monte, corrispondente all'attuale area di cava.

Le aree oggetto delle varianti urbanistiche ricadono in settori geologicamente e morfologicamente distinti. Si è ritenuto opportuno analizzare territori ben più vasti rispetto alle aree oggetto di variante urbanistica, secondo un criterio fisiografico che tiene conto dei processi di relazione spaziale. Sono state così individuate 4 aree d'indagine di cui si riportano di seguito i principali caratteri fisiografici.

L'area d'indagine A1 – Monte Porceddu, si sviluppa nel settore nord del territorio comunale. Si tratta di un settore collinare impostato su formazioni ignimbriche e trachitiche, con quote comprese tra i 250 m s.l.m. delle aree pedemontane, e i 300 delle sommità dei rilievi. Si tratta di un rilievo isolato, morfologicamente riconducibile in origine, prima dell'attività di cava, a una piccola Mesa. Il Settore nord dell'area, ricadente in territorio di Furtei, è caratterizzato dalla presenza del bacino idrico di decantazione delle acque provenienti dalla miniera di Furti. Il margine sud-orientale dell'area racchiude la porzione montana del Rio Maccioni.

L'area d'indagine A2 – Monte Ibera, racchiude tre rilievi collinari, di circa 200 metri di quota, impostati su formazioni vulcaniche di natura ignimbratica. Anche in questo caso si tratta di morfologie residuali classificabili come testimoni vulcanici di coperture più estese smantellano dall'erosione.

L'area d'indagine A3 – Serrenti sud, si estende alla destra della SS 131, immediatamente all'ingresso del paese. Si tratta di un settore di pianura, geologicamente costituito da alluvionali pleistoceniche e da formazioni sedimentarie mioceniche di natura marnoso-arenacea.

L'area d'indagine A4 – Serra Corona, occupa un vasto settore corrispondente a una piana colluvio-alluvionale di età olocenica, con quote variabili dai 120 m s.l.m. del margine occidentale della

piana, ai 150 del bordo orientale della stessa. Oltre la piana si sviluppa il versante residuale del fronte della cuesta di Serra Corona, ubicato a quote comprese tra 150 e 160 m s.l.m.. L'area è drenata dal Riu Perda Ghiani, che solca la piana in direzione NE-SW e confluisce nel Rio Cannedu.

5.3.2 Dinamiche di evoluzione dei versanti

I caratteri geologico-strutturali del territorio comunale di Serrenti hanno fortemente condizionato l'assetto morfologico, generando condizioni favorevoli alla stabilità geologica di gran parte del territorio comunale. Eccezione fanno i rilievi residuali d'impostazione vulcanica e il bordo della cuesta, dove l'evoluzione naturale dei versanti prevede l'attivazione di fenomeni di frana connessi con l'arretramento delle formazioni litoide che costituiscono le superfici strutturali delle sommità dei rilievi. Tuttavia si tratta di rilievi collinari di scarsa estensione, che emergono in un contesto morfologico pseudo pianeggiante o dolcemente ondulato. Le aree maggiormente interessate da fenomeni di distacco, crollo e rotolamento di massi, sono rappresentate dai versanti sulle litologie strapiombanti o comunque molto acclivi delle cornici ignimbriche di Monte Porceddu (302 m s.l.m.) (Area A1), di Monte Ibera (220 m s.l.m.), Monte Atzorcu (188 m s.l.m.), e Monte Senzu (216 m s.l.m.) (Area A2), e di Monte Atziadei (201 m s.l.m.) (Area A3), generalmente interessate da giaciture degli strati sub orizzontali e soggette a fenomeni di crollo anche di massi di notevoli dimensioni.

Per quanto riguarda il settore di Serra Corona (Area 4), le dinamiche di versante sono da considerarsi fortemente limitate nel versante residuale della cuesta, mentre l'area di cava sovrastante, appare un settore d'intense dinamiche di versante riconducibili a fenomeni gravitativi in corrispondenza dei fronti di cava attivi e dismessi, oltre che da intense dinamiche di dilavamento dei piazzali. Queste dinamiche restano comunque racchiuse all'interno dei perimetri di cava, e non interessano le superfici immediatamente a ovest di questa. Per quanto riguarda gli areali di cava i metodi di coltivazione dei giacimenti di calcare sono prevalentemente a mezzacosta, con formazione di una serie di superfici di sbancamento poste a differenti altezze e delimitate, verso monte da fronti di scavo alti da 5 a 15 metri circa, rilevabili nel settore di Monte Coa Marghine. La presenza di così vaste aree soggette ad attività estrattiva comporta l'insorgere di una serie di processi morfodinamici come risposta all'alterazione degli equilibri dei versanti. All'attività estrattiva sono imputabili intensi processi di degradazione riscontrabili sia sui fronti a strapiombo, sia nelle superfici mediamente inclinate. Nei primi prevalgono i movimenti franosi di crollo, mentre nei secondi s'instaurano intensi processi di dilavamento.

In questi termini tra i processi geomorfologici attivi di evoluzione dei versanti, particolare importanza assumono i processi gravitativi.

I fenomeni gravitativi di massa sono riconducibili essenzialmente alle seguenti tipologie cinematiche più frequenti:

- Fenomeni di crollo e ribaltamento di blocchi lapidei (diretto o di flessura), generalmente

localizzabili in corrispondenza delle scarpate di cava impostate sugli affioramenti calcarei e vulcanici (VG_18 in legenda della Carta della Franosità);

- Fenomeni di crollo di masse rocciose fortemente fratturate, con meccanismi di taglio e caduta verticale, in corrispondenza delle pareti aggettanti, come quelle tipiche delle cornici rocciose dei testimoni vulcanici; i fenomeni di crollo possono anche avvenire per scivolamento gravitativo lungo il versante. Queste tipologie e le precedenti sono generalmente seguite da processi di rotolamento massi lungo la scarpata, con blocchi anche di grosse dimensioni, che si adagiano al piede del versante a distanza massima intorno agli 1-200 metri rispetto al punto di distacco (VG_18);
- Colamenti detritici o scivolamenti di detrito, che interessano i depositi di falda attuali e recenti alla base delle pareti rocciose vulcaniche, caratterizzati generalmente da materiale clastico grossolano in matrice siltoso-argillosa cementata o debolmente coerente, adagiati sulle formazioni alluvionali o su terreni marnoso - arenacei miocenici (VG_19).

Tutti questi naturali processi di evoluzione geomorfologica dei versanti costituiscono un evidente fattore di pericolosità. Le cause predisponenti i processi gravitativi di massa sono da ricercare principalmente nell'assetto morfo-strutturale delle formazioni rocciose e nel naturale processo di arretramento dei versanti sottostanti le coperture vulcaniche sommitali.

Tra i processi spontanei che innescano i movimenti gravitativi, gli afflussi meteorici rappresentano cause innescanti importanti, specie nel caso di rimobilizzazione di coltri detritiche adagate ai piedi dei versanti in quanto all'aumentare delle condizioni di umidità del deposito, corrisponde un progressivo peggioramento delle qualità geomeccaniche dei terreni connesso con la diminuzione della coesione interna della matrice siltoso-argillosa delle coltri detritiche.

5.3.3 Dinamiche evolutive delle acque superficiali incanalate

Il settore centro-orientale del territorio comunale di Serrenti, ambito in cui si sviluppano le aree d'indagine e di approfondimento tematico relativamente allo studio di compatibilità geologico-tecnica, è drenato dal Rio Cannedu, che attraversa il territorio con andamento N-S. Si tratta di un corso d'acqua a regime occasionale significativo, annoverato anche dal PSFF. L'andamento del bacino idrografico nella destra idrografica del corso d'acqua segue i rilievi collinari di Monte Senzu (216 m s.l.m.), di Monte Atziadei (201 m s.l.m.), e di Monte Crabu (231 m s.l.m.), per poi risalire in direzione nord verso Monte Tellura (310 m s.l.m.), il bacino alla sinistra idrografica del corso d'acqua è delimitato dalla linea di cresta di Serra Corona. Il bacino idrografico del Rio Cannedu è esteso circa 6,7 km². In questo settore scorre il Riu Perda Ghiani, affluente del Rio Cannedu, che racchiude un bacino idrografico di circa 4 km² il cui limite a monte corrisponde a quello del corso d'acqua principale. Il Riu Perda Ghiani è importante ai fini del presente studio in quanto attraversa in parte l'area oggetto di variante urbanistica (Area 4). Il corso

d'acqua presenta alcune aree d'interferenza al suo naturale deflusso, la prima identificabile nel punto di attraversamento stradale a nord del suo tracciato, e un'altra in corrispondenza della strada comunale di Monte Perdosu, nel settore della piana di Sa Lua Mancosa (vedi Carta Geomorfologica). Nel primo caso la criticità idraulica è causata dal non adeguato dimensionamento del sottopasso stradale, che determina in eventi di piena del corso d'acqua, limitati allagamenti dei settori a monte e immediatamente a valle. Nel secondo caso la criticità idraulica è rappresentata dall'obliterazione del tracciato del corso d'acqua a seguito delle arature dei terreni, che determina allagamenti delle superfici a valle della strada comunale di Monte Porceddu. Si tratta comunque di fenomeni di scarsa entità in relazione alla limitata estensione del bacino idrografico e dei suoi deflussi.

Le altre aree d'indagine considerate nel presente studio non racchiudono significativi sistemi idrografici. In particolare l'Area 1 – Monte Porceddu, racchiude la porzione montana del Rio Maccioni, affluente del Rio Perda Longa, la cui scarsa estensione (circa 1,6 km² di bacino) non determina un significativo deflusso idrico in alveo, se non limitatamente e contestualmente a eventi meteorici importanti. Non si rilevano interferenze al naturale deflusso del corso d'acqua.

L'Area 2 – Monte Ibera, è drenata dal Rio Cardaxiu, e in particolare dalla porzione montana di questo. Anche in questo caso la scarsa estensione del bacino idrografico (circa 1,65 km²) non determina un significativo deflusso idrico in alveo, se non limitatamente e contestualmente a eventi meteorici importanti. Non si rilevano interferenze al naturale deflusso del corso d'acqua.

Per quanto riguarda l'Area 3 si rileva la presenza del Rio de Is Coras, per il quale il PAI identifica aree di pericolosità idraulica Hi1. Si tratta di un corso d'acqua il cui tracciato è stato canalizzato fino alla confluenza dell'ex Stagno di Serrenti, di cui era il principale immissario. Nonostante la scarsa estensione del bacino idrografico di riferimento (poco meno di 1 km²), il corso d'acqua manifesta in eventi meteorici significativi, difficoltà di deflusso idrico in alveo, evidenziando una scarsa efficienza idraulica del tracciato fluviale. La sintesi delle analisi geomorfologiche specificatamente rivolte all'identificazione dei processi.

5.4 Caratteri fisico-meccanici delle principali litologie rappresentate

Viste le finalità del presente studio e in assenza di misure dirette dei parametri descrittivi delle proprietà fisiche e meccaniche degli ammassi rocciosi esaminati, il presente paragrafo riporta, in maniera sintetica, alcune considerazioni circa i principali caratteri geomeccanici deducibili da un'analisi qualitativa degli affioramenti rocciosi sulla base delle osservazioni di dettaglio di alcuni siti ritenuti maggiormente significativi per la rappresentatività a scala territoriale. Risulta inoltre importante ricordare che, specifici studi geotecnici di dettaglio, dovranno essere elaborati e approvati preventivamente alla realizzazione di qualsiasi intervento o opera sul territorio comunale; sono previsti in particolare:

- ai sensi dell'art. 26 del DPR 207/2010, recante il regolamento di esecuzione e attuazione del Codice dei contratti pubblici, di cui al D.Lgs. 163/2006, una relazione geotecnica, in accompagnamento al progetto definitivo, avente lo scopo di definire, alla luce di specifiche indagini, scelte in funzione del tipo di opera e delle modalità costruttive, il modello geotecnico del volume del terreno influenzato, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che a sua volta influenzerà il comportamento del manufatto stesso;

- ai sensi dell'art. 23 comma 6 lettera b) delle NTA del PAI, lo studio di compatibilità idraulica o geologica e geotecnica, di cui agli articoli 24 e 25 delle stesse NTA, per gli interventi, le opere e le attività ammissibili nelle aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media, nei casi in cui espressamente richiesto (articoli: 8, comma 9; 13, commi 3, 4 e 8; 19, comma 4; 22, comma 4; 27, comma 6; 28, comma 8; 29, comma 3; 31, comma 6; 32, comma 4; 33, comma 5; Allegato E; Allegato F).

In generale si è osservato che, i settori costituiti da rocce carbonatiche all'interno delle aree di cava e nei limitati settori dove affiorano ancora strati calcarei della formazione di Villagreca, che presentano morfologie caratterizzate da pareti strapiombanti o da versanti particolarmente acclivi, sono interessati dal verificarsi di fenomeni di distacco, crollo e rotolamento di blocchi lapidei. Tali processi si verificano, nonostante la giacitura degli strati rispetto a quella di versante possa essere vantaggiosa (Reggipoggio), in quanto il grado di fratturazione s'intensifica notevolmente in alcuni settori, come nei settori sommitali dei rilievi, quali creste e alti strutturali in genere. Alla fratturazione si associa l'azione dei processi di dissoluzione delle rocce carbonatiche, che contribuisce in maniera importante e decisiva all'attivazione di fenomeni gravitativi di massa. Queste problematiche assumono rilevanza nel settore di Monte Coa Margine e nel settore a nord-ovest di Bruncu Bianca.

I processi di versante nel territorio di Serrenti non riguardano esclusivamente le aree carbonatiche, ma si verificano anche in corrispondenza di affioramenti rocciosi ignimbrici e andesitici.

Per quanto riguarda i substrati vulcanici, le caratteristiche tecniche degli ammassi rocciosi sono strettamente legate a condizioni locali di giacitura e grado di alterazione dei litotipi, spesso intensamente

fratturati. Queste caratteristiche, insieme alle condizioni di alterazione superficiale, possono determinare lo scadimento delle caratteristiche geomeccaniche soprattutto nei livelli più superficiali; le coltri superficiali particolarmente alterate possono quindi assumere caratteri terrigeni ed essere particolarmente soggette all'azione di dilavamento delle acque meteoriche con possibilità di evoluzione, in caso di eccesso di imbibizione, in colate detritiche.

5.5 Uso del suolo

Gli studi relativi all'Uso del suolo e la relativa carta tematica sono finalizzati alla rappresentazione dello stato attuale di utilizzo del territorio. La classificazione del territorio in classi d'Uso si basa su cinque classi principali:

1. Superfici artificiali;
2. Territori agricoli;
3. Territori boscati e altri ambienti seminaturali;
4. Territori umidi;
5. Corpi idrici.

L'importanza del tema specifico rispetto alle problematiche d'instabilità dei versanti può essere ricondotta al fatto che la presenza di una copertura vegetale rappresenta, come è noto, un efficace mezzo di difesa nei confronti dei fenomeni di dissesto, sia per la protezione superficiale esercitata dall'azione agli organi epigei e dal deposito di necromassa, che per quella più profonda esercitata dall'apparato radicale. Queste azioni si esplicano nella mitigazione dell'azione battente dell'acqua piovana, nel favorire l'infiltrazione, accumulo e deflusso delle acque negli strati più profondi del suolo, nel rallentare e regimare i deflussi superficiali. Gli apparati radicali svolgono inoltre importanti funzioni sia meccaniche sia idrologiche, le prime legate sostanzialmente all'aumento della resistenza al taglio dei terreni determinata dalla presenza degli apparati radicali, i secondi relativi agli effetti sul ciclo idrologico dell'acqua (intercettazione, infiltrazione ed evapotraspirazione).

La protezione di un territorio rispetto ai fenomeni di dissesto idrogeologico risulterà quindi essere particolarmente efficace in presenza di una copertura prevalentemente forestale, meno efficace laddove sono presenti pascolo e rimboschimenti e scarsamente efficace in corrispondenza di un uso del suolo agricolo e nelle superfici artificiali.

6 Individuazione della pericolosità da frana

6.1 Metodologia

Conformemente alla metodologia esposta nelle Linee Guida del PAI, l'analisi di pericolosità geomorfologica (intesa come probabilità che un fenomeno potenzialmente distruttivo si verifichi in un dato periodo di tempo e in una data area), nell'ambito del presente studio, è stata condotta valutando e pesando l'influenza che i diversi fattori attivi e passivi hanno sulle condizioni di stabilità dei versanti. Tali fattori sono riconducibili essenzialmente ai caratteri geologici, morfologici, geotecnici, vegetazionali, climatici e antropici del territorio.

La metodologia utilizzata per la realizzazione della **Carta della Pericolosità da Frana** si basa su un procedimento che presuppone un'analisi territoriale che analizzi e restituisca in formato vettoriale e raster le caratteristiche fisico-ambientali del territorio. In particolare, i fattori che concorrono alla definizione dei caratteri di stabilità o instabilità di un territorio utili per la realizzazione della **Carta della Pericolosità da Frana**, fanno riferimento principalmente alla acclività, alla geolitologia, all'uso del suolo, ed alla geomorfologia.

Acclività, geolitologia e uso del suolo, rappresentanti i fattori di suscettività franosa, concorrono alla definizione ed elaborazione della **Carta dell'Instabilità potenziale**, attraverso una procedura di overlay mapping. A tal fine la carta geologica e la carta dell'uso del suolo sono state convertite in formato raster per poter eseguire l'overlay mapping dei tematismi.

Dall'**Analisi geomorfologica** del territorio, specificatamente indirizzata alla definizione delle dinamiche di versante e realizzata attraverso rilevamento geomorfologico diretto e indiretto nonché tramite acquisizione di dati relativi a fenomeni franosi pregressi, deriva invece la **Carta dei fenomeni franosi**.

In sintesi la metodologia applicata porta alla realizzazione di due elaborati cartografici distinti:

- la **carta dell'instabilità potenziale** dei versanti (fattori di suscettività franosa, in scala 1:10.000) che rappresenta, attraverso procedimenti induttivi, la propensione al dissesto del territorio;
- la **carta dei fenomeni franosi** (1:10.000), attraverso la quale vengono rappresentati i principali caratteri geomorfologici che definiscono condizioni di instabilità attuale e potenziale dei versanti;

L'analisi integrata di questi due tematismi porta all'elaborazione della **Carta della pericolosità da frana** in scala 1:10.000.

L'analisi condotta può quindi essere sintetizzata nel seguente diagramma di flusso:

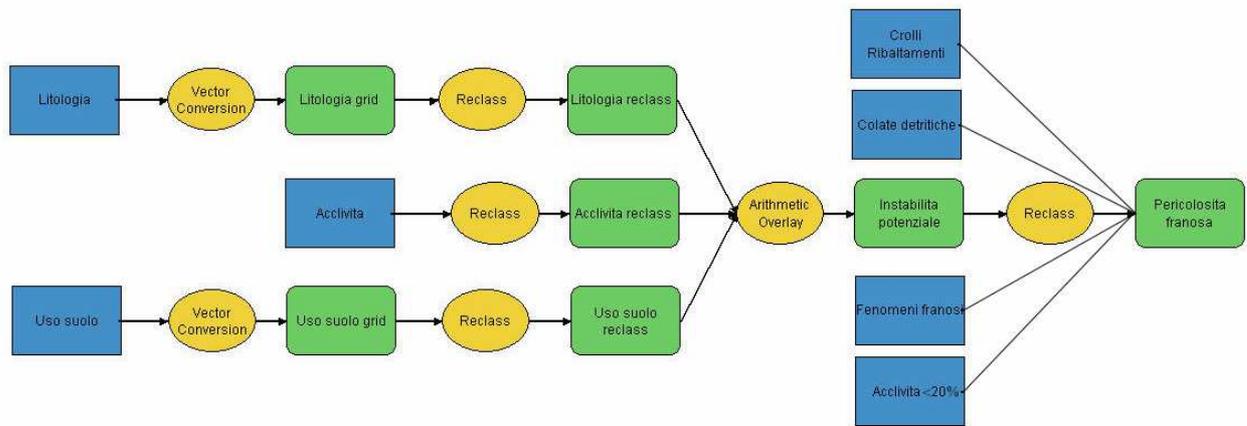


Figura 4 - Diagramma di flusso relativo alla metodologia adottata per la redazione della "Carta di pericolosità di frana" (da R.A.S. - Assessorato dei Lavori Pubblici - Servizio Difesa del Suolo P.A.I. Sub-Bacino 5 - Rev. 2006 Report Geologia-Geotecnica).

6.2 Analisi dei fattori di suscettività

La valutazione dell'**Instabilità Potenziale** dei versanti ha preso in considerazione i seguenti fattori di suscettività rispetto ai fenomeni di dissesto dei versanti:

- l'acclività dei versanti;
- la litologia delle formazioni affioranti;
- l'uso del suolo.

Per poter analizzare e pesare tali fattori, è stato necessario rilevare e restituire, le seguenti carte tematiche: Carta dell'acclività, Carta litologica, Carta di uso del suolo.

6.3 Valutazione ponderale dell'incidenza dei fattori di suscettività

Carta dell'acclività pesata

Questo tematismo è stato ottenuto dal Modello Digitale del Terreno in scala 1:10.000, derivato dalla Carta Tecnica Regionale.

Rappresenta l'intensità della componente gravitativa destabilizzante ed è stata costruita accorpando in classi i valori di acclività e attribuendo a ciascuna classe di acclività i pesi numerici previsti dalle Linee Guida del PAI.

Classi di pendenza	0-10%	11-20%	21-35%	36-50%	> 50%
pesi	2	1	0	-1	-2

Carta litologica pesata

Questa carta è stata realizzata per pesare la propensione ai fenomeni d'instabilità dei versanti delle litologie descritte dalla carta geologica. Si sono valutati in maniera specifica i parametri che nel loro complesso determinano il comportamento geomeccanico di ogni singola litologia, anche in relazione ai fenomeni di infiltrazione e all'eventuale circolazione idrica sotterranea. Per le formazioni lapidee i parametri considerati sono: grado di alterazione; profondità dell'alterazione; spaziatura delle discontinuità; giacitura delle discontinuità; resistenza a compressione della roccia sana. Per le formazioni sciolte: grado di cementazione; spessore del detrito; compattezza; permeabilità.

Sigla	Unità	Peso PAI
h1m	Depositi antropici. Discariche minerarie. OLOCENE	1
h1r	Depositi antropici. Materiali di riporto e aree bonificate. OLOCENE	1
b2	Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE	6
a	Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. OLOCENE	5
a1	Depositi di frana. Corpi di frana. OLOCENE	1
bb	Depositi alluvionali. Sabbie con subordinati limi e argille. OLOCENE	6
bna	Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie. OLOCENE	5
bnb	Depositi alluvionali terrazzati. Sabbie con subordinati limi e argille. OLOCENE	6
ea	Depositi lacustri, palustri. Argille molto plastiche, localmente ricche di materia organica, talvolta con sottili intercalazioni di sabbie contenenti gusci di bivalvi	2
PVM2a	Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.	5
RML	FORMAZIONE DELLA MARMILLA. Marne siltose alternate a livelli arenacei da mediamente grossolani a fini, talvolta con materiale vulcanico rimaneggiato. AQUITANIANO - BURDIGALIANO INF.	4
VLG	CALCARI DI VILLAGRECA. Calcari bioclastici e biocostruiti (bioherme a coralli -Porites- e briozoi, e biostromi ad alghe -Lithothamnium- e molluschi -Ostrea edulis lamellosa-). AQUITANIANO INF.	7
NLL2	Arenarie di Serra Longa (FORMAZIONE DI NURALLAO). Arenarie da grossolane a micro-conglomeratiche, con intercalazioni di arenarie siltose. OLIGOCENE SUP. - BURDIGALIANO?	3
NLL1	Conglomerato di Duidduru (FORMAZIONE DI NURALLAO). Conglomerati poligenici eterometrici e sabbie con locali livelli di biocalcareni, talvolta con componente vulcanica. OLIGOCENE SUP. - BURDIGALIANO?	3
USS	FORMAZIONE DI USSANA. Conglomerati e brecce, grossolani, eterometrici, prevalentemente a spese di basamento cristallino paleozoico, carbonati giurassici, vulcaniti oligomioceniche; livelli argilloso-arenacei rossastri talora prevalenti nella base; rari	3
PDDb	Litofacies nelle PIROCLASTITI DI MONTE PORCEDDU. Banchi silicizzati (silica cup) nella parte alta della sequenza. OLIGOCENE SUP.	6
PDDa	Litofacies nelle PIROCLASTITI DI MONTE PORCEDDU. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, a chimismo dacitico.	6
RRTb	Litofacies nei PRODOTTI EPICLASTICI E SEDIMENTARI DI SERRENTI. Facies epiclastica: alternanze ritmiche di marne argillose giallastre, siltiti carbonatiche .	4

Sigla	Unità	Peso PAI
RRTa	Litofacies nei PRODOTTI EPICLASTICI E SEDIMENTARI DI SERRENTI. Facies carbonatica: calcari marnosi e selciferi grigio chiari e nerastri ben stratificati, con alternanze di livelli pelitici chiari. OLIGOCENE SUP.	4
DIU	PIROCLASTITI DI BRUNCU DE DIDUS. Depositi di flusso piroclastico in facies di block and ash flow, saldati, solitamente alterati, con blocchi di andesiti da decimetrici a metrici e subordinati litici del basamento metamorfico paleozoico. OLIGOCENE SUP.	6
MIR	IGNIMBRITE DI MONTE IBERA. Deposito di flusso piroclastico in facies ignimbrite, di colore grigio, in banchi saldati e parzialmente saldati, ricco in pomici e frammenti litici di andesiti violacee e verdastre, con cristalli liberi di Pl, Am, Qtz e Bt.	7
MIRa	Litofacies nell'IGNIMBRITE DI MONTE IBERA. Sequenza epiclastica: breccie co-ignimbrite, conglomerati poligenici a clasti di andesiti e fanghi selciosi grigio chiari, arenarie e siltiti giallastre. OLIGOCENE SUP.	6
ZAR	ANDESITI DI MONTE ZARA. Andesiti e andesiti basaltiche, ipocristalline, porfiriche per fenocristalli di Pl, Opx, Cpx, Ol; in cupole di ristagno, filoni, neck e sill. OLIGOCENE SUP.	5
MMN	ANDESITI ANFIBOLICHE DI MONTE MANNU. Andesiti massive, porfiriche per fenocristalli di Am e Pl, di colore da grigio scuro a verdastro per alterazione.	5
CIX	FORMAZIONE DEL CIXERRI. Argille siltose di colore rossastro, arenarie quarzoso-feldspatiche in bancate con frequenti tracce di bioturbazione, conglomerati eterometrici e poligenici debolmente cementati. EOCENE MEDIO - ?OLIGOCENE	2
SVI	ARENARIE DI SAN VITO. Alternanze irregolari, da decimetriche a metriche, di metarenarie micacee, quarziti e metasiltiti con laminazioni piano-parallele ed incrociate. CAMBRIANO MEDIO – ORDOVICIANO INF.	4

Carta dell'uso del suolo pesata

La carta dell'uso del suolo pesata rappresenta il fattore di protezione idrogeologica rappresentato da determinate categorie di uso del suolo. Con l'assegnazione del peso si quantifica la cosiddetta "impedenza", ossia dell'attitudine delle diverse classi d'uso alla protezione del suolo rispetto ai dissesti. Il peso assegnato è massimo per gli usi che proteggono il suolo (massima impedenza) e minimo per tutti gli usi che determinano uno scarso impedimento nei confronti dell'erosione.

La seguente tabella esprime la relazione tra l'impedenza e il peso PAI assegnato.

Impedenza	Peso Pai
nulla	-2
minima	-1
mediocre	0
buona	+1
massima	+2

L'attribuzione dei pesi rispetto alle diverse classi di uso del suolo è stata effettuata secondo la seguente tabella:

UDS	Peso PAI
1111 - Tessuto residenziale compatto e denso	1
1112 - Tessuto residenziale rado	1
1121 - Tessuto residenziale rado e nucleiforme	1
1122 - Fabbricati rurali	1
131 - Aree estrattive	-2
1322 - Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	-2
1421 – Aree ricreative e sportive	1
143 - Cimiteri	1
2111 - Seminativi in aree non irrigue	-2
2112 - Prati artificiali	-2
2121 - Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo	-2
221 - Vigneti	-2
223 - Oliveti	0
242 - Sistemi colturali e particellari complessi	-1
244 – Aree agroforestali	-2
31121 - Pioppeti, saliceti,eucalitteti ecc. Anche in formazioni miste	2
321 - Aree a pascolo naturale	1
3231 - Macchia mediterranea	2
3232 - Gariga	1
3241 - Aree a ricolonizzazione naturale	1
5122 - Bacini artificiali	-2

6.4 Overlay mapping dei tematismi di suscettività franosa e Carta dell'Instabilità potenziale dei versanti

Il processo di *overlay mapping* delle carte indicizzate dei fattori di suscettività franosa (**acclività dei versanti; litologia delle formazioni affioranti; uso del suolo**) porta all'elaborazione della **Carta dell'instabilità potenziale dei versanti**, in cui ogni area elementare del territorio indagato (analizzato secondo una griglia con maglia 10mx10m) è caratterizzata da un indice numerico di pericolosità, ottenuto dalla somma dei pesi dei fattori di suscettività da frana considerati. Questo valore traduce in termini numerici l'incidenza che i fattori stessi esercitano sulle condizioni di stabilità dei versanti. In accordo con quanto previsto dalle linee guida del PAI, la zonazione di pericolosità potenziale è stata effettuata suddividendo il range dell'indice numerico di pericolosità, prodotto dalla sovrapposizione dei tematismi, in quattro classi di differente grado di pericolosità, di pari ampiezza secondo quanto sintetizzato nella seguente tabella:

Classe d'instabilità	Descrizione	Pesi	
		<i>da</i>	<i>a</i>
1	Situazione potenzialmente stabile	10	12
2	Instabilità potenziale limitata	7	9
3	Instabilità potenziale media	4	6
4	Instabilità potenziale forte	1	3
5	Instabilità potenziale massima	-3	0

6.4.1 Carta della Franosità

La sintesi delle analisi geomorfologiche specificatamente rivolte all'identificazione dei processi evolutivi dei versanti, è rappresentata dalla **Carta della Franosità**. La legenda utilizzata fa riferimento alle indicazioni suggerite nelle "Linee Guida per l'adeguamento dei piani urbanistici comunali al PPR e al PAI", relativamente alla stesura della cartografia geomorfologica. La legenda elaborata nella Carta della Franosità è stata comunque adattata alle specificità locali e alla scala di analisi. In particolare per quanto riguarda le forme e i processi di versante, le dimensioni dei fenomeni gravitativi non sono tali da consentire una rappresentazione cartografica dei singoli eventi. In questo senso si è optato per l'identificazione del versante all'interno del quale tali processi e fenomeni si esplicano. Una simile rappresentazione consente inoltre di meglio evidenziare l'ambito di relazione spaziale degli eventi franosi.

Ai fini delle finalità del presente studio, nella Carta della Franosità i versanti nei quali si riconoscono fenomeni d'instabilità in atto e potenziale tali da identificare condizioni di pericolosità geologica, sono identificati dalle seguenti categorie (vedi legenda Carta della Franosità):

VG_19 - Superfici di versante a elevata energia del rilievo: individuano superfici che per condizioni di pendenza e assetto geomorfologico definiscono settori di potenziale instabilità geologica. Le dinamiche di versante sono connesse con fenomeni di ruscellamento diffuso e concentrato e locali fenomeni franosi di crollo in corrispondenza delle cornici rocciose di strato. Le superfici racchiudono settori a elevata acclività, con pendenze generalmente superiori al 36%, la cui identificazione parte dal dato della carta delle pendenze in formato raster. Successivamente il dato raster è stato reinterpretazione su ortofoto e cartografia topografica, al fine di individuare l'intero sistema di versante che le contiene, secondo il principio di relazione morfodinamica.

VG_18 - Superfici di versante caratterizzate da instabilità gravitativa: aree caratterizzate da scarpate rocciose, sia naturali, sia derivanti da attività estrattive, soggette a fenomeni gravitativi di crollo. Ai fini della definizione della pericolosità si è ritenuto maggiormente significativa l'identificazione del versante all'interno del quale tali processi e fenomeni si esplicano, anche in considerazione delle ridotte dimensioni dei singoli fenomeni gravitativi presenti.

AN_06 - Scarpate derivanti da attività estrattiva: costituiscono elementi morfologici di significativa estensione ed altezza tali da essere identificati cartograficamente alla scala di rappresentazione adottata. Sono ambiti di forte instabilità geomorfologica in cui si riconoscono diffusi fenomeni di crollo e ribaltamento di blocchi lapidei.

AN_20 - Superfici interessate da attività estrattiva: aree interessate da attività estrattive in atto e pregresse, interessate da fenomeni di instabilità gravitativa dei fronti di scavo e da fenomeni di dilavamento dei piazzali. Queste aree comprendono fronti e scarpate rocciose non cartografabili alla scala di rappresentazione adottata e definiscono ambiti di marcata instabilità.

Di seguito si riporta lo stralcio della legenda della Carta della Franosità. Il codice identificativo del singolo processo fa riferimento a quello suggerito dalle Linee Guida regionali. Spesso la forma o il processo identificato nella Carta della Franosità, non è contemplato nell'elenco fornito dalla Linee Guida; in questo caso si è provveduto ad attribuire un nuovo simbolo e un nuovo codice numerico.

Caratteri geomorfologici

Forme strutturali



GS_21 - Versante residuale della cuestas: superfici da debolmente a mediamente inclinata, corrispondente al fronte del rilievo a cuestas con stratificazione opposta alla pendenza (versante e reggipoggio).
Forme non più in evoluzione - Pleistocene medio-sup.



GS_15 - Rilievo isolato, picco roccioso. Forme in evoluzione per processi attivi o riattivabili - Pleistocene sup. - Attuale.



GS_13 - Orlo di scarpata rocciosa. Forme in evoluzione per processi attivi o riattivabili - Pleistocene sup. - Attuale.

Forme e processi di versante attivi e quiescenti



VG_19 - Superfici di versante ad elevata enegia del rilievo: dinamiche di versante connesse con fenomeni di ruscellamento diffuso e concentrato e locali fenomi franosi di crollo in corrispondenza delle cornici rocciose.
Forme in evoluzione per processi attivi o riattivabili - Attuale



VG_18 - Superfici di versante caratterizzate da instabilità gravitativa: aree caratterizzate da scarpate rocciose, sia naturali, sia derivanti da attività estrattive, soggette a fenomeni gravitativi di crollo.
Forme in evoluzione per processi attivi o riattivabili - Attuale

Forme e processi fluviali e di versante dovuti al dilavamento



IS_02 - Corso d'acqua



FD_34 - Tracciato fluviale obliterato: settore di impluvio obliterato dalle attività agricole.
Forme in evoluzione per processi attivi o riattivabili - Attuale



FD_15 - Orlo di scarpata di erosione fluviale < 5 metri. Forme in evoluzione per processi attivi o riattivabili - Attuale



FD_35 - Aree di pertinenza fluviale: settore di esondazione del corso d'acqua in eventi di piena.
Forme in evoluzione per processi attivi o riattivabili - Attuale



IS_10 - Spartiacque

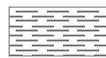


FD_36 - Punti di criticità idraulica: settori di interferenza al naturale deflusso idrico dei corsi d'acqua

Forme e processi legati all'azione antropica



AN_20 - Superfici interessate da attività estrattive: aree soggette ad attività di cava in atto e pregresse, interessate da fenomi di instabilità gravitativa dei fronti di scavo e da fenomi di dilavamento dei piazzali.
Forme in evoluzione per processi attivi o riattivabili - Attuale



AN_23 - Bacino idrico di decantazione

An_06 - Scarpate derivanti da attività estrattiva. Forme in evoluzione per processi attivi o riattivabili - Attuale



> 10 metri



tra 5 e 10 metri



< 5 metri

6.5 Carta di sintesi di pericolosità da frana

Per la costruzione della Carta della Pericolosità da Frana si è ritenuto opportuno analizzare territori ben più vasti rispetto alle aree oggetto di variante urbanistica, secondo un criterio fisiografico che tiene conto dei processi di relazione spaziale dei processi evolutivi. Sono state così individuate 4 aree d'indagine di cui si riportano di seguito i principali risultati relativamente alla Carta della Pericolosità da Frana. La Carta della Pericolosità rappresenta la sintesi finale del processo di analisi del territorio. In tale elaborato il territorio indagato è suddiviso secondo aree a diverso grado di pericolosità distinte in quattro classi, da Hg1 a Hg4 in funzione del crescente livello di pericolosità.

La Carta di sintesi della pericolosità deriva dalla verifica dei risultati dell'analisi geomorfologica del terreno (Carta dei fenomeni franosi) e delle condizioni di potenziale instabilità (Carta dell'instabilità potenziale dei versanti).

Al fine dell'attribuzione del livello di pericolosità del territorio oggetto di studio, grande rilevanza hanno assunto i caratteri geomorfologici dei versanti, individuati nella Carta della Franosità e nella Carta delle Pendenze, che definiscono condizioni di instabilità potenziale intrinseca o, al contrario, settori di marcata stabilità. Questi caratteri derivano da interpretazione e rilevamento geomorfologico di dettaglio e forniscono elementi d'interpretazione che il processo di overlay mapping, relativamente alla geologia, pendenza e uso del suolo, che porta all'elaborazione della Carta dell'Instabilità Potenziale dei Versanti, non fa emergere in maniera adeguata. Questi caratteri geomorfologici individuano pertanto areali ai quali si è deciso di attribuire in maniera diretta una specifica classe di pericolosità, e che acquistano un rango di priorità rispetto all'esito della Carta dell'Instabilità Potenziale dei Versanti.

Nel processo di *overlay mapping* che conduce alla Carta dell'instabilità potenziale dei versanti, possono evidenziarsi valori di pericolosità elevata anche nelle aree pianeggianti, a causa dell'influenza del fattore litologico e di uso del suolo. Poiché nelle aree pianeggianti e subpianeggianti con pendenze inferiori al 20% non sussistono le condizioni morfologiche perché si manifestino fenomeni franosi ne si riconoscono fenomeni d'instabilità pregressi, per pervenire ad una perimetrazione della pericolosità il più possibile realistica, sono state estrapolate dalla carta delle acclività tutte le aree caratterizzate da acclività inferiore al 20% alle quali attribuire direttamente il livello di pericolosità moderata (Hg1), indipendentemente dai valori assunti da litologia e uso del suolo. A quest'assunto fanno eccezione i settori di cava così come perimetrati nella Carta della Franosità (AN_20), per i quali, a prescindere dalla pendenza dei versanti, si è attribuito un livello di pericolosità elevata (Hg3).

Gli areali all'interno dei quali si riconoscono elementi geologici e morfologici che potenzialmente predispongono i versanti a fenomeni d'instabilità e all'interno dei quali sono stati riconosciuti fenomeni d'instabilità sia attivi che quiescenti e per i quali si è attribuito un livello di pericolosità molto elevata (Hg4), sono: AN_06 - Scarpate derivanti da attività estrattive; VG_19 - Superfici di versante ad elevata

energia del rilievo; VG_18 - Superfici di versante interessate da instabilità gravitativa; GS_13 Orlo di scarpata rocciosa.

In sintesi, gli elementi geomorfologici lineari e areali per i quali si è associata direttamente una specifica classe di pericolosità sono:

Codice Legenda Carta della Franosità	CARATTERE GEOMORFOLOGICO	LIVELLO DI PERICOLOSITA'
GS_13	Orlo di scarpata rocciosa	Hg4
AN_06	Scarpate derivanti da attività estrattive	Hg4
VG_19	Superfici di versante ad elevata energia del rilievo	Hg4
VG_18	Superfici di versante interessate da instabilità gravitativa	Hg4
AN_20	Superfici interessate da attività estrattiva	Hg3
(da Carta delle Pendenze)	Superfici con pendenza inferiore al 20%	Hg1

Per quanto riguarda i parametri climatici e di esposizione dei versanti, questi non incidono sull'esito della pericolosità; le precipitazioni sono, infatti, inferiori ai 700 mm annui, quindi rappresentano una piovosità media annua non predisponente al dissesto, anche se non sono da escludere eventi pluviometrici intensi in brevi intervalli di tempo che possono determinare fenomenologie di dilavamento dei versanti con movimentazione di masse detritiche nelle superfici di versante ad elevata energia del rilievo (VG_19). Il parametro dell'esposizione non costituisce nel territorio in esame un fattore rilevante ai fini di una discriminazione ulteriore delle classi già individuate; in particolare tutte le aree per le quali l'esposizione può rappresentare un fattore discriminante e si riconoscono condizioni morfologiche favorevoli all'instabilità, quali aree a elevata acclività, scarpate rocciose e versanti esposti a nord degli alti morfologici, sono già considerate appartenenti al livello Hg4, cioè aree di pericolosità molto elevata.

La parte del territorio all'interno del quale non si riconoscono gli elementi geomorfologici di cui sopra, è stata classificata sulla base dei risultati emersi alla Carta dell'instabilità potenziale dei versanti, secondo lo schema di seguito riportato, raffinata da un'ulteriore interpretazione secondo i criteri contenuti nelle Linee Guida del PAI.

Classe d'instabilità	Descrizione	Livello di Pericolosità
1	Situazione potenzialmente stabile	HG ₁
2	Instabilità potenziale limitata	HG ₁
3	Instabilità potenziale media	HG ₂
4	Instabilità potenziale forte	HG ₃
5	Instabilità potenziale massima	HG ₄

Relazioni tra Classi di Instabilità e Livello di Pericolosità, secondo quanto indicato dalle Linee Guida del PAI.

7 Considerazioni conclusive

Per i diversi ambiti fisiografici oggetto di studio sono di seguito sintetizzati i principali risultati acquisiti nella individuazione delle aree a pericolosità da frana. L'analisi effettuata è finalizzata al riconoscimento spaziale delle aree predisposte alla instabilità dei versanti per i diversi livelli di pericolosità, con il fine di verificare la coerenza ed eventualmente adeguare le previsioni urbanistiche delle zone in variante del PUC di Serrenti. I diversi livelli di pericolosità da frana individuati, pertanto, orientano le modalità con cui sviluppare gli eventuali studi di compatibilità geologica e geotecnica nella fase di attuazione del Piano, indirizzando i contenuti a una scala di approfondimento adeguata alla entità degli interventi e coerentemente con quanto previsto dalle Norme Tecniche del PAI. A tal fine si ritiene opportuno che tali studi siano eventualmente integrati con apposite analisi di stabilità locale e globale dei versanti, sviluppate con le tecniche ritenute più opportune, in funzione dei cinematismi potenziali, degli aspetti lito-strutturali dell'ammasso roccioso coinvolto e delle finalità dell'intervento. In particolare, laddove siano riconosciuti fenomeni di crollo e di distacco di blocchi rocciosi dalle scarpate, appare essenziale che negli studi di dettaglio siano sviluppate specifiche elaborazioni sulla traiettoria di caduta massi, facendo ricorso all'analisi del moto di caduta con l'applicazione di tecniche modellistiche fondate sulla distribuzione statistica dei parametri geometrici e geomeccanici. Ciò al fine di definire a scala locale le aree maggiormente esposte ai fenomeni di caduta e prevedere eventuali opere di salvaguardia e/o di messa in sicurezza, in particolare per le aree A1, A2 e anche per la A4 in misura circoscritta alle cornici rocciose calcaree ed ingnibiritiche.

7.1 A1: settore di Monte Porceddu

Individua l'area più a nord del territorio comunale. E' caratterizzata da una dorsale collinare impostata su litologie vulcaniche in facies ignimbratica. Gran parte dell'area, in considerazione della presenza della cava e dei numerosi fronti di estrazione ancora attivi, è stata attribuita al livello Hg3 e Hg4, quindi con condizioni di pericolosità elevata e molto elevata. Le aree maggiormente interessate da fenomeni di distacco, crollo e rotolamento di massi sono rappresentate dai versanti sulle litologie strapiombanti o comunque fortemente acclivi delle cornici ignimbratiche di Monte Porceddu (302 m s.l.m.). L'area D in variante urbanistica ricade pertanto gran parte in aree di pericolosità Hg3 e Hg4.



Figura 5: Veduta panoramica del versante meridionale del Monte Porceddu. Si noti le scarpe di cava alla sommità del rilievo per le quali s'individua un livello di pericolosità Hg4.

7.2 A2: settore di Monte Ibera - Monte Atzorcu

I settori di Monte Ibera - Monte Atzorcu è caratterizzato da rilievi collinari residuali impostati su litologie vulcaniche in facies ignimbratica. In corrispondenza dei rilievi si riconoscono livelli di pericolosità Hg3 e Hg4, in considerazione della presenza dei fronti rocciosi naturali e di cava, mentre nei settori di pianura sottostanti, con pendenze al disotto del 20 %, il livello di pericolosità è Hg1. Le aree maggiormente interessate da fenomeni di distacco, crollo e rotolamento di massi sono rappresentate dai versanti sulle litologie strapiombanti o comunque fortemente acclivi delle cornici ignimbriche di Monte Ibera (220 m s.l.m.), Monte Atzorcu (188 m s.l.m.), e Monte Senzu (216 m s.l.m.). In particolare l'area D oggetto di variante ricade al disotto di un settore di pericolosità molto elevata.



Figura 6: Scarpate di cava nel versante nord del Monte Atzorcu. Tutta l'area del rilievo ignimbrico è stata classificata con livello di pericolosità Hg4.



Figura 7: Monte Ibera. Scarpate rocciose derivanti da attività estrattive nel versante meridionale del rilievo ignimbrico. L'area è stata classificata con livello di pericolosità Hg4.

7.3 A3: settore di Serrenti sud

Non sussistono condizioni di pericolosità geologica, l'intero settore è attribuito alla classe Hg1, essendo caratterizzato da morfologie sub pianeggianti, con pendenze al disotto del 20 %.



Figura 8: L'area oggetto della variante urbanistica. La debole pendenza delle superfici, al di sotto del 20%, porta a considerare queste aree come settori di pericolosità moderata Hg1.

7.4 A4: settore di Serra Corona

Il settore di Serra Corona rappresenta l'areale di maggior estensione e articolazione morfologica tra le aree esaminate. Tutta l'area pianeggiante e sub pianeggiante con pendenze inferiori al 20%, che occupa il settore occidentale, è attribuibile alla classe Hg1. Nelle aree di cava le superfici sub pianeggianti dei piazzali di cava, sono state attribuite a un livello di pericolosità Hg3. Qui, infatti, s'identificano intense dinamiche di dilavamento delle superfici e microforme non cartografabili alla scala di analisi adottata, che definiscono una marcata instabilità generale. I fronti di cava, attivi e no, sono stati classificabili con livello di pericolosità Hg4.

L'area di Monte Cuccui, presenta condizioni di pendenza e di uso del suolo tali da far emergere condizioni di pericolosità Hg3.

Infine, i settori costituiti da rocce carbonatiche rilevabili nei limitati areali dove affiorano ancora strati calcarei della formazione di Villagrecia non interessati da attività estrattiva (Creste rocciose di Monte Coa Margine e settore nord-ovest di Br. cu Bianca), sono stati classificati con livello di pericolosità Hg4. Queste aree presentano, infatti, morfologie caratterizzate da versanti particolarmente acclivi, all'interno dei quali possono verificarsi fenomeni di distacco, crollo e rotolamento di blocchi lapidei.



Figura 9: Veduta panoramica del settore meridionale dell'area di indagine A4. In primo piano la superficie debolmente inclinata costituita da depositi colluvio-eluviali (Hg1) e sullo sfondo le scarpate di cava del versante nord-est di Monte Coa Margine (Hg4).



Figura 10: Piazzali e scarpate rocciose della cava Diana, nel settore nord dell'area di indagine. L'area è stata attribuita a livelli di pericolosità Hg3 e Hg4.



Figura 11: Versante residuale della cuesta di Serra Corona (vedi Carta della Franosità). L'area, priva di rapporti morfoevolutivi con il settore a monte, è stata classificata con un livello di pericolosità Hg1.



Figura 12: Versante del Riu Perda Ghiani, a ovest di Bruncu Bianca. Si noti la scarpata rocciosa naturale che delimita la superficie strutturale della sommità del rilievo. Rappresenta un settore in cui ancora si riconoscono dinamiche evolutive di versante non influenzate dall'attività estrattiva. Al settore della scarpata è stato attribuito un livello di pericolosità Hg3 e Hg4, in virtù delle naturali dinamiche di arretramento della cornice rocciosa e dell'elevata energia di rilievo del versante che la contiene.