



**REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

**PRESIDÈNZIA  
PRESIDENZA**

Direzione Generale Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna  
Servizio Difesa del Suolo, Assetto Idrogeologico e Gestione del Rischio Alluvioni

**“Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo  
della PERICOLOSITA’ e del RISCHIO da FRANA nei sub bacini  
1 (Sulcis), 2 (Tirso), 4 (Liscia), 5 (Posada-Cedrina),  
6 (Sud-Orientale), 7 (Flumendosa – Campidano- Cixerri).  
Progetto di Variante Generale e di Revisione  
del Piano per l’Assetto Idrogeologico  
della Regione Autonoma della Sardegna”**

**Fase C– Adozione definitiva del Comitato Istituzionale  
dell’Autorità di Bacino e approvazione del Consiglio Regionale  
Relazione tecnica generale  
Impostazione metodologica dello studio**

R.T.I.:



**Dott. Forestale  
Elisabetta Danna**

Codice elaborato

|            |   |      |   |           |   |          |   |           |            |   |           |                |
|------------|---|------|---|-----------|---|----------|---|-----------|------------|---|-----------|----------------|
| 00         | - | FC   | - | 01        | - | 01       | - | 001       | R          | - | 02        | ID <b>0100</b> |
| SUB-BACINO |   | FASE |   | ATTIVITA’ |   | PRODOTTO |   | ELABORATO | TIPO ELAB. |   | REVISIONE |                |

|      |               |                                                                                                   |                         |                 |
|------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|
| 02   | Febbraio 2023 | Geol. G.Villa, Geol. E.Cavallero, Geol.<br>M. Costa, Geol. A. Pitzalis, Dott.<br>Forest. E. Danna | Geol. Eugenio Cavallero | Ing. Ivo Fresia |
| 01   | Febbraio 2023 | Geol. G.Villa, Geol. E.Cavallero, Geol.<br>M. Costa, Geol. A. Pitzalis, Dott.<br>Forest. E. Danna | Geol. Eugenio Cavallero | Ing. Ivo Fresia |
| 00   | Dicembre 2022 | Geol. G.Villa, Geol. E.Cavallero, Geol.<br>M. Costa, Geol. A. Pitzalis, Dott.<br>Forest. E. Danna | Geol. Eugenio Cavallero | Ing. Ivo Fresia |
| Rev. | Data          | Elaborato                                                                                         | Verificato              | Approvato       |



## Indice

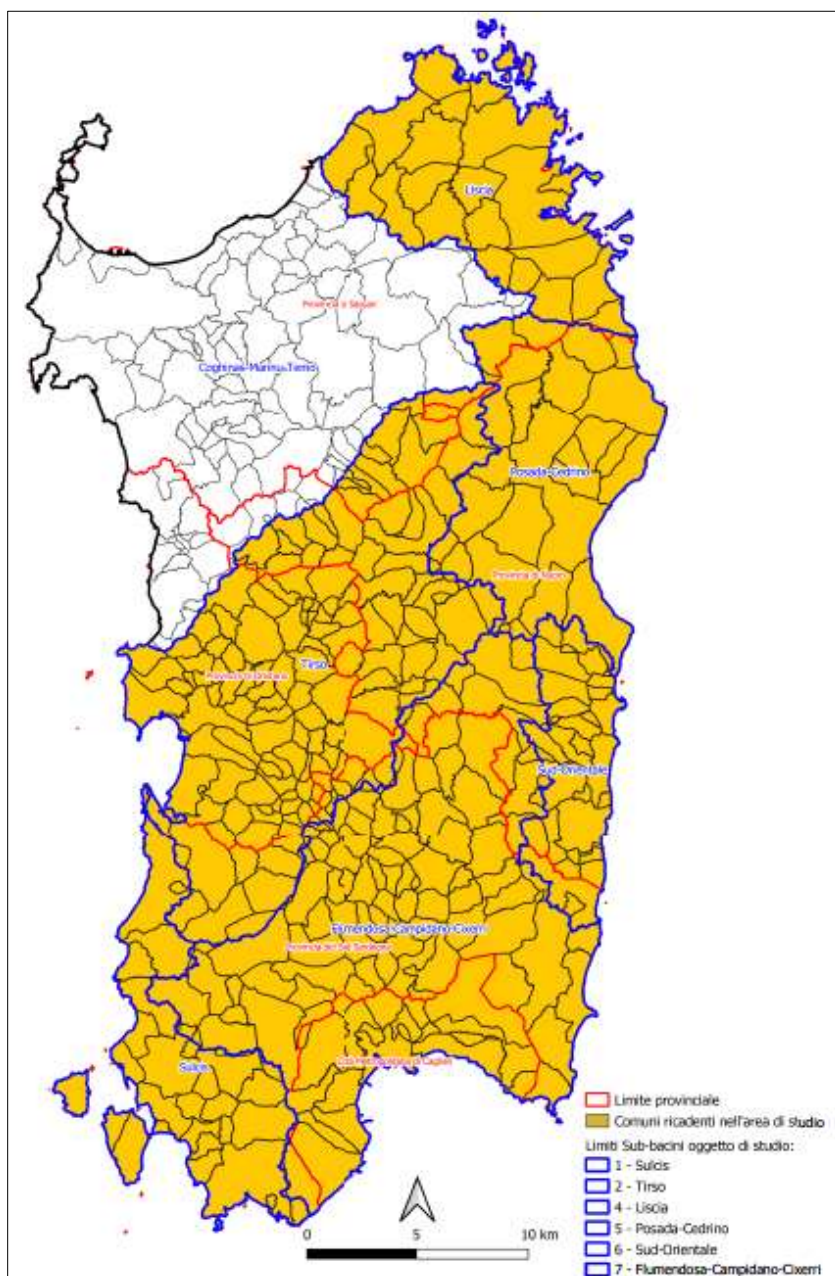
|         |                                                                                                                                                             |    |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1       | Premessa .....                                                                                                                                              | 1  |
| 2       | Impostazione metodologica .....                                                                                                                             | 8  |
| 2.1     | Aree oggetto di studio.....                                                                                                                                 | 8  |
| 2.2     | Carta geomorfologica o dei fenomeni franosi.....                                                                                                            | 9  |
| 2.3     | Carta dell'instabilità potenziale dei versanti .....                                                                                                        | 13 |
| 2.3.1.  | Carta litologica .....                                                                                                                                      | 15 |
| 2.3.2.  | Carta dell'uso del suolo .....                                                                                                                              | 17 |
| 2.3.3.  | Carta delle pendenze .....                                                                                                                                  | 19 |
| 2.3.4.  | Modello di calcolo dell'instabilità potenziale.....                                                                                                         | 20 |
| 2.4     | Carta della pericolosità da frana .....                                                                                                                     | 22 |
| 2.4.1.  | Criteri di definizione della pericolosità delle aree soggette a dissesti di natura gravitativa.....                                                         | 23 |
| 2.4.2.  | Criteri di definizione della pericolosità delle aree soggette a fenomeni denominati "colate detritiche" .....                                               | 25 |
| 2.4.2.1 | Rappresentazione cartografica della pericolosità per i fenomeni denominati "colata detritica" .....                                                         | 27 |
| 2.4.3.  | Criteri definizione della pericolosità delle aree minerarie dismesse e per le aree in generale soggette a sinkhole. ....                                    | 28 |
| 2.4.3.1 | Rappresentazione cartografica della pericolosità denominati "sinkhole" dovuti a cause superficiali per la presenza di vuoti di coltivazione mineraria ..... | 32 |
| 2.5     | Carta degli elementi a rischio .....                                                                                                                        | 34 |
| 2.6     | Carta delle aree a rischio da frana.....                                                                                                                    | 36 |
| 2.7     | Schede degli interventi di mitigazione del rischio .....                                                                                                    | 39 |



## 1 Premessa

Lo studio ha per oggetto le attività e le prestazioni necessarie all'approfondimento e all'analisi di dettaglio del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nei sub bacini 1 (Sulcis), 2 (Tirso), 4 (Liscia), 5 (Posada-Cedrina), 6 (Sud-Orientale), 7 (Flumendosa – Campidano - Cixerri), finalizzato alla predisposizione della Variante Generale e di revisione del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Autonoma della Sardegna.

Dal punto amministrativo l'area di studio interessa 304 Comuni ricadenti nelle Province di Sassari, Oristano, Nuoro, Sud Sardegna e Città Metropolitana di Cagliari, come indicato in Fig. 1.



L'attività prevede un processo di revisione ed approfondimento del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) vigente quale piano territoriale di settore, al fine di definire una maggiore e accurata conoscenza delle problematiche di dissesto, con particolare riferimento alle aree non ancora indagate o

che nel frattempo, a decorrere dalla prima stesura del P.A.I., sono state oggetto di varianti specifiche o a seguito di sopravvenuti eventi di dissesto che hanno prodotto uno stato di criticità.

L'impostazione metodologica dell'attività ha ripreso in parte quella già adottata per la redazione del PAI sub bacino 3 Coghinas-Mannu-Temo, (*"Linee guida per l'attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia"*, redatte nell'agosto 2000 per la Regione Autonoma della Sardegna dal Gruppo di Coordinamento composto dal Dott. Geol. Daria Dovera, Prof. Ing. Marco Mancini e dal Prof. Ing. Marco Salis).

All'avvio delle attività l'ADIS ha evidenziato l'esigenza di integrare e aggiornare le "Linee Guida del PAI" vigenti per alcune tipologie di dissesti non presenti nelle attuali linee guida, quali colate detritiche che hanno coinvolto di recente alcune aree del territorio sardo, come l'abitato di Bitti (NU) e quello di Villagrande Strisaili (NU) nonché l'instabilità legata al collasso di cavità sotterranee.

Questi ultimi dissesti sono legati, sia alla presenza di aree estrattive e minerarie dismesse, si veda in particolare l'Iglesiente e la città di Cagliari, sia di cavità naturali, che si sono verificati in passato soprattutto nel Sulcis-Iglesiente e più in generale nella Sardegna sud Orientale, ma che potenzialmente possono svilupparsi in tutte le aree a substrato carbonatico interessate dalla presenza di circuiti carsici (ad esempio nella zona del monte Albo e del Supramonte nel Nuorese, nella Regione dei Tacchi nell'Ogliastra, nel Sassarese ecc.).

Si è quindi proceduto alla redazione della proposta di integrazione ed aggiornamento delle Linee Guida del PAI vigenti che ha riguardato i seguenti temi:

1. introduzione dei criteri di perimetrazione e assegnazione delle classi di pericolosità per le aree soggette a fenomeni di tipo "colate detritiche" che si sono verificati nel territorio sardo a seguito di eventi meteorici intensi e di breve durata (es. area di Bitti-NU e di Villagrande Strisaili – OG).
2. indirizzi tecnici per studi di dettaglio puntuale alla scala grafica di ambito urbano (Scala:1: 2.000 o superiore) da seguire per le analisi di aree soggette a fenomeni di tipo "colate detritiche";
3. aggiornamento dei criteri per la perimetrazione delle aree soggette a fenomeni di tipo "sinkhole", derivanti da aree estrattive e aree minerarie dismesse o altre attività antropiche;
4. aggiornamento dei criteri per la perimetrazione delle aree soggette a fenomeni di tipo "sinkhole", derivanti da processi naturali o riguardanti cavità artificiali, per lo più di vecchia fattura, abbandonate (es. domus de janus, rifugi antiaerei ecc.);
5. aggiornamento del protocollo "tipo" per gli studi di dettaglio di cui all'art. 31 comma 8 delle Norme di Attuazione del PAI, in aree interessate da fenomeni di sinkhole da attività estrattive;
6. prime indicazioni per la predisposizione del protocollo "tipo" per gli studi di dettaglio di cui all'art. 31 comma 8 delle Norme di Attuazione del PAI, in aree interessate da fenomeni di sinkhole per processi naturali differenti da quelli della Piana del Cixerri;
7. aggiornamento delle Linee guida per la revisione delle classi e dei perimetri di pericolosità delle aree soggette a fenomeni di tipo sinkhole (attività che sarà sviluppata a conclusione della FASE A di cui al paragrafo 6.2 del Capitolato tecnico);
8. aggiornamento della metodologia del calcolo dell'instabilità potenziale sulla base di quanto già proposto in fase di redazione della Variante Generale PAI del Sub bacino 3 - Coghinas-Mannu-Temo;
9. predisposizione delle Linee Guida per la redazione degli studi di assetto idrogeologico alla scala grafica della strumentazione urbanistica (Scala:1: 2.000 o superiore).

La metodologia proposta è stata applicata dopo essere stata testata in via preliminare nel bacino prototipo dello studio, ricadente totalmente nel sub-bacino 5 Posada Cedrino, interessando, dal punto di vista amministrativo, parzialmente i Comuni di Bitti, Lula, Onani e Orune, tutti appartenenti alla Provincia di Nuoro.

A seguito dell'Adozione preliminare della Variante al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) con Delib. 14 del 28/10/2024 del Comitato Istituzionale e la successiva pubblicazione sul BURAS n. 60, parte I del 21 novembre 2024, il C.I. ha stabilito di:

- ampliare i termini stabiliti per la conclusione della fase di partecipazione pubblica, che vengono fissati in 120 giorni dalla pubblicazione sul BURAS;
- dare atto che per i territori dei Comuni di Arzachena, Baradili, Donori, Cagliari, Maracalagonis, Nule, Olbia, Pompu, Quartu Sant'Elena, San Teodoro, Siris e Uta è stata espletata la fase di partecipazione pubblica e di acquisizione delle osservazioni;
- che i procedimenti di variante puntuale, parte frana, avviati dalle Amministrazioni comunali per i quali, alla data del presente atto, sia già stata convocata la conferenza operativa, nonché i procedimenti che saranno avviati con nuove istanze di variante puntuale, parte frana, di cui all'art. 37, comma 7 delle Norme di attuazione del PAI conseguenti alla realizzazione e collaudo di opere di mitigazione del rischio, siano conclusi secondo il procedimento delineato con deliberazione n. 1 del 4 aprile 2020 "Direttive applicative della L. n. 120/2020 ai procedimenti di variante dei piani per l'assetto idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Sardegna";
- che, per i procedimenti di variante puntuale, parte frana, avviati dalle Amministrazioni comunali, già dichiarati procedibili e in corso di istruttoria, il competente Ufficio della Direzione generale dell'Agenzia del distretto idrografico attivi una fase di confronto con le singole Amministrazioni al fine di valutare le decisioni da assumere anche in relazione allo stato di avanzamento dell'istruttoria

L'R.T.P., preso atto della Del. 14 del 28/10/2024 del C.I., su indicazione di ADIS, ha proceduto al recepimento delle Varianti puntuali comunali indicate in **delibera al punto 4 lettera a) con aggiornamento delle coperture vettoriali e delle tavole delle pericolosità e del rischio per i Comuni di Arzachena, Baradili, Donori, Cagliari, Maracalagonis, Nule, Olbia, Pompu, Quartu Sant'Elena, San Teodoro, Siris e Uta.**

L'R.T.P., preso atto della Del. 14 del 28/10/2024 del C.I., su indicazione di ADIS, per le Varianti puntuali comunali già dichiarate procedibili e in corso di istruttoria al **punto 4 lettera b) ha eseguito una fase di confronto con le singole Amministrazioni Comunali al fine di valutare le decisioni da assumere anche in relazione allo stato di avanzamento dell'istruttoria, mediante incontri tecnici anche sul campo con professionisti/amministratori comunali, in coordinamento con l'Ufficio della Direzione generale dell'Agenzia del distretto idrografico per i Comuni di Barrali, Bottidda, Burcei, Gonnese, Jerzu, Luogosanto, Muravera, Oristano, San Sperate, Sarroch, Selegas, Tadasuni, Tortolì, Urzulei, Villacidro.**

L'attività di riscontro, analisi e studio connesse all'esame ed alla proposta di recepimento delle osservazioni e dei pareri formulati, è stata eseguita a seguito della fase di istruttoria pubblica tenutasi dal dicembre 2024 al febbraio 2025, durante la quale è stato prorogato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con propria **Deliberazione n. 1 del 17/03/2025** alla data del **22/04/2025 il termine ultimo** per la presentazione delle osservazioni allo "*Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della PERICOLOSITA' e del RISCHIO da FRANA nei sub bacini 1 (Sulcis), 2 (Tirso), 4 (Liscia), 5 (Posada-Cedrina), 6 (Sud-Orientale), 7 (Flumendosa – Campidano- Cixerri). Progetto di Variante Generale e di Revisione del Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna*", adottato in via preliminare dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con **Deliberazione n. 14 del 28 ottobre 2024**, e pubblicazione dell'estratto della suddetta deliberazione sul **BURAS n. 60, parte I del 21 novembre 2024.**

Con **nota n° 25582897 del 06/05/2025** è stato trasmesso, tramite PEC al Raggruppamento Temporaneo di Imprese, l'elenco delle osservazioni inviate alla scrivente da parte di Enti Pubblici e/o privati cittadini con il relativo protocollo di acquisizione agli atti della RAS. In data **06/06/2025** è stata trasmessa l'osservazione del Comune di La Maddalena con protocollo RAS PEC n° 5768 del 23/05/2025, aggiunta al seguente elenco.

Nella Tab. 1 si riporta l'elenco delle osservazioni oggetto di analisi del presente documento.

**Tabella 1**

| n. | Osservante                        | Territorio comunale     | Prot_RAS                                                          | Motivazione sintetica dell'osservazione                                                                                              | Sub-bacino                                 |
|----|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1  | Comune di Desulo                  | Desulo                  | 1604 del 17-02-2025<br>1605 del 17-02-2025<br>1607 del 17-02-2025 | pericolosità intero territorio comunale                                                                                              | Tirso/Flumendosa-Campidano-Cixerri         |
| 2  | Comune di Cagliari                | Cagliari                | 1690 del 18-02-2025                                               | aggiornamento campitura area sinkhole del settore di Piazza d'Armi                                                                   | Flumendosa-Campidano-Cixerri               |
| 3  | Società Rivero                    | Carbonia                | 2378 del 05-03-2025                                               | declassamento area discarica da Hg3 a Hg2                                                                                            | Sulcis                                     |
| 4  | Comune di Nurallao                | Nurallao                | 2379 del 05-03-2025                                               | revisione pericolosità aree del centro abitato interessate da interventi di mitigazione                                              | Flumendosa-Campidano-Cixerri e Tirso       |
| 5  | Comune di Ulassai                 | Ulassai                 | 2794 del 12-03-2025                                               | revisione pericolosità tre aree a ridosso del centro abitato                                                                         | Flumendosa-Campidano-Cixerri/Sud-Orientale |
| 6  | Comune di Seui                    | Seui                    | 2923 del 17-03-2025                                               | pericolosità intero territorio comunale                                                                                              | Flumendosa-Campidano-Cixerri               |
| 7  | Comune di Guspini                 | Guspini                 | 2948 del 17-03-2025                                               | pericolosità intero territorio comunale                                                                                              | Tirso - Sulcis                             |
| 8  | Comune di Bolotana                | Bolotana                | 3067 del 19-03-2025                                               | revisione pericolosità di alcune aree del territorio comunale                                                                        | Tirso                                      |
| 9  | Comune di Santa Teresa di Gallura | Santa Teresa di Gallura | 3176 del 21.03.2025                                               | richiesta individuazione intervento di mitigazione in un'area di via del Porto declassata da Hg3 a Hg2 ma oggetto di fenomeni attivi | Liscia                                     |
| 10 | Uldanc Andrea                     | Arzachena               | 3178 del 21-03-2025                                               | richiesta revisione area Hg3 per un lotto in località Abbiadori                                                                      | Liscia                                     |
| 11 | Comune di Santa Teresa di Gallura | Santa Teresa di Gallura | 3188 del 21.03.2025                                               | richiesta individuazione intervento di mitigazione in un'area di via del Porto declassata da Hg3 a Hg2 ma oggetto di fenomeni attivi | Liscia                                     |
| 12 | Comune di Santa Teresa di Gallura | Santa Teresa di Gallura | 3189 del 21.03.2025                                               | richiesta iter procedimentale per realizzare intervento in un'area adiacente al porto classificata Hg3                               | Liscia                                     |
| 13 | Comune di Gairo                   | Gairo                   | 3225 del 24-03.2023                                               | si chiede ripristino pericolosità individuate nello studio ex art. 8 nelle frazioni di Gairo Sant'Elena e Gairo Taquisara            | Flumendosa-Campidano-Cixerri/Sud-Orientale |
| 14 | Comune di Aritzo                  | Aritzo                  | 3289 del 24-03.2023                                               | si chiede che le zone del centro abitato portate nella variante in Hg3 rimangano in Hg2 e in Hg1                                     | Tirso/Flumendosa-Campidano-Cixerri         |
| 15 | Comune di Tonara                  | Tonara                  | 3319 del 25-03-2025                                               | revisione pericolosità del Centro di Prima e Antica Formazione                                                                       | Tirso                                      |

| n. | Osservante                | Territorio comunale | Prot_RAS                                   | Motivazione sintetica dell'osservazione                                                                                   | Sub-bacino                                 |
|----|---------------------------|---------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 16 | Comune di Tonara          | Tonara              | 3326 del 25-03-2025                        | revisione pericolosità del settore extraurbano                                                                            | Tirso                                      |
| 17 | Uldanc Andrea             | Arzachena           | 3811 del 08-04-2025                        | revisione della pericolosità da Hg3 a Hg1 per un lotto in località Abbiadori                                              | Liscia                                     |
| 18 | Comune di Osini           | Osini               | 3933 del 09-04-2025                        | revisione pericolosità di alcuni settori del territorio comunale                                                          | Flumendosa-Campidano-Cixerri/Sud-Orientale |
| 19 | Vacca Italino             | Tortolì             | 4044 del 11-04-2025<br>4045 del 11-04-2025 | revisione pericolosità di un lotto in località Monte Attu                                                                 | Sud-Orientale                              |
| 20 | Comune di Orosei          | Orosei              | 4111 del 14-04-2025                        | pericolosità intero territorio comunale                                                                                   | Posada-Cedrina                             |
| 21 | Comune di Ilbono          | Ilbono              | 4126 del 14-04-2025                        | revisione pericolosità del centro abitato                                                                                 | Sud-Orientale                              |
| 22 | Mandala Sardinia Srl      | Serrenti            | 4133 del 14-04-2025                        | revisione pericolosità area di cava in località Cuccuru Cuccui                                                            | Flumendosa-Campidano-Cixerri               |
| 23 | Diana Orlando             | Serrenti            | 4134 del 14-04-2025                        | revisione pericolosità area di cava in località Cuccuru Cuccui                                                            | Flumendosa-Campidano-Cixerri               |
| 24 | Comune di Tempio Pausania | Tempio Pausania     | 4172 del 15-04-2025<br>4173 del 15-04-2025 | rettifica della traslazione del tematismo Hg rilevata nel territorio comunale                                             | Liscia                                     |
| 25 | Comune di Nuoro           | Nuoro               | 4181 del 15-04-2025<br>4182 del 15-04-2025 | revisione pericolosità di 7 aree del centro abitato                                                                       | Tirso/Posada-Cedrina                       |
| 26 | Comune di Belvì           | Belvì               | 4204 del 15-04-2025                        | revisione pericolosità del centro abitato                                                                                 | Tirso                                      |
| 27 | Comune di Fluminimaggiore | Fluminimaggiore     | 4236 del 15-04-2025                        | revisione mappatura Hg maggiormente coerente alle risultanze delle carte tematiche di base della stessa variante generale | Sulcis                                     |
| 28 | Comune di Bitti           | Bitti               | 4240 del 16-04-2025                        | revisione pericolosità del centro abitato                                                                                 | Tirso/Posada-Cedrina                       |
| 29 | Comune di Posada          | Posada              | 4255 del 17-04-2025<br>4256 del 17-04-2025 | revisione pericolosità di 7 zone del territorio comunale                                                                  | Posada                                     |
| 30 | Comune di Iglesias        | Iglesias            | 4258 del 17-04-2025                        | pericolosità intero territorio comunale                                                                                   | Flumendosa-Campidano-Cixerri               |
| 31 | Messina Santa             | Bari Sardo          | 4294 del 17-04-2025                        | ripristino pericolosità Hg0 del PAI vigente                                                                               | Sud-Orientale                              |
| 32 | Comune di Torpè           | Torpè               | 4317 del 18-04-2025                        | ripristino pericolosità Hg0 del PAI vigente per l'ex area di cava Risas Luas                                              | Posada-Cedrina                             |

| n. | Osservante                                        | Territorio comunale | Prot_RAS            | Motivazione sintetica dell'osservazione                                            | Sub-bacino                         |
|----|---------------------------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 33 | Comune di Lei                                     | Lei                 | 4318 del 18-04-2025 | revisione pericolosità Hg3 delle vie Aldo Moro - Giudici Falcone Borsellino        | Tirso                              |
| 34 | Comune di Torpè                                   | Torpè               | 4319 del 18-04-2025 | declassamento della pericolosità da Hg3 a Hg1/Hg0 dell'area del Nuraghe San Pietro | Posada-Cedrina                     |
| 35 | Comune di Baunei                                  | Baunei              | 4323 del 18-04-2025 | revisione pericolosità di 14 zone del territorio comunale                          | Sud-Orientale                      |
| 36 | Comune di Dorgali                                 | Dorgali             | 4325 del 18-04-2025 | ripristino delle pericolosità individuate nello studio ex art. 8 NTA del PAI       | Posada-Cedrina                     |
| 37 | Comune di Bitti                                   | Bitti               | 4343 del 18-04-2025 | revisione pericolosità del centro abitato                                          | Tirso/Posada-Cedrina               |
| 38 | Comune di Lanusei                                 | Lanusei             | 4356 del 18-04-2025 | pericolosità insediamento produttivo in località PIP Maricoxina                    | Sud-Orientale                      |
| 39 | Comune di Siniscola                               | Siniscola           | 4362 del 18-04-2025 | ripristino delle pericolosità individuate nello studio di variante comunale        | Posada-Cedrina                     |
| 40 | Comune di Arzana                                  | Arzana              | 4363 del 18-04-2025 | revisione pericolosità di aree oggetto interventi di mitigazione                   | Sud Orientale                      |
| 41 | Comune di San Basilio                             | San Basilio         | 4367 del 18-04-2025 | revisione pericolosità di alcune aree del settore extraurbano                      | Flumendosa-Campidano-Cixerri       |
| 42 | Comune di Arbus                                   | Arbus               | 4370 del 18-04-2025 | revisione pericolosità del centro urbano e di alcune aree minerarie                | Tirso/Flumendosa-Campidano-Cixerri |
| 43 | Secci Angelo                                      | Villasimius         | 4371 del 18-04-2025 | revisione pericolosità di un'area in località Serra Is Prezzus                     | Flumendosa-Campidano-Cixerri       |
| 44 | Comune di Siniscola                               | Siniscola           | 4378 del 18-04-2025 | ripristino delle pericolosità individuate nello studio di variante comunale        | Posada-Cedrina                     |
| 45 | Schillaci Gaetano (Progetto - Einstein Telescope) | Lula                | 4394 del 22-04-2025 | rivalutare classificazione da Hg4 a Hg2 di un'area in località Tuppeddu            | Posada-Cedrina                     |
| 46 | Schillaci Gaetano (Progetto - Einstein Telescope) | Lula                | 4395 del 22-04-2025 | rivalutare classificazione da Hgsh miniera Sos Enattos                             | Posada-Cedrina                     |
| 47 | Schillaci Gaetano (Progetto - Einstein Telescope) | Onani               | 4396 del 22-04-2025 | rivalutare classificazione da Hg3 a Hg2 di un'area in località Tenniferra          | Posada-Cedrina                     |
| 48 | Comune di Tertenia                                | Tertenia            | 4406 del 22-04-2025 | revisione quadro pericolosità in località Sarrala - Nurageddos                     | Sud-Orientale                      |
| 49 | Sodde Alessio                                     | Lanusei             | 4407 del 22-04-2025 | declassamento da Hg3 a Hg2 di un'area in località Sa Serra                         | Sud-Orientale                      |
| 50 | Comune di Bari Sardo                              | Bari Sardo          | 4409 del 22-04-2025 | revisione quadro pericolosità in località Teccu Sinibiru                           | Sud-Orientale                      |

| n. | Osservante                      | Territorio comunale   | Prot_RAS            | Motivazione sintetica dell'osservazione                            | Sub-bacino                   |
|----|---------------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 51 | Cannas Massimo                  | Tortolì               | 4410 del 22-04-2025 | revisione quadro pericolosità in località Cea                      | Sud-Orientale                |
| 52 | Azara Maria                     | Arzachena             | 4411 del 22-04-2025 | revisione area Hg3 per un lotto in località Abbiadori              | Liscia                       |
| 53 | Azara Franco                    | Arzachena             | 4412 del 22-04-2025 | revisione area Hg3 per un lotto in località Abbiadori              | Liscia                       |
| 54 | Francesca Demurtas              | Muravera              | 4414 del 22-04-2025 | revisione quadro pericolosità in località Piscina Rei              | Flumendosa-Campidano-Cixerri |
| 55 | Comune di Seulo                 | Seulo                 | 4418 del 22-04-2025 | revisione quadro pericolosità in località Foresta Addoli           | Flumendosa-Campidano-Cixerri |
| 56 | CESPO srl                       | Oristano Simaxis      | 4419 del 22-04-2025 | declassamento area di cava da Hg2 a Hg0                            | Tirso                        |
| 57 | Comune di Loiri Porto San Paolo | Loiri Porto San Paolo | 4420 del 22-04-2025 | richiesta revisione pericolosità di 6 zone del territorio comunale | Liscia                       |
| 58 | Comune di Galtellì              | Galtellì              | 4453 del 22-04-2025 | revisione pericolosità di alcune aree del territorio comunale      | Posada                       |
| 59 | Comune di Macomer               | Macomer               | 4459 del 22-04-2025 | revisione pericolosità di alcune aree del territorio comunale      | Tirso                        |
| 60 | Comune di Fonni                 | Fonni                 | 4467 del 22-04-2025 | revisione pericolosità di alcune aree del territorio comunale      | Tirso                        |
| 61 | Comune di Macomer               | Macomer               | 4479 del 23-04-2025 | revisione pericolosità di alcune aree del territorio comunale      | Tirso                        |
| 62 | Comune di Fonni                 | Fonni                 | 4480 del 23-04-2025 | revisione pericolosità di alcune aree del territorio comunale      | Tirso                        |
| 63 | Comune di La Maddalena          | La Maddalena          | 5768 del 23-05-2025 | revisione pericolosità di alcune aree del territorio comunale      | Liscia                       |

In data 14/05/2025 (Prot. RAS Uscita n. 5317) è stata indetta la **Conferenza Programmatica a livello provinciale** in forma semplificata ed in modalità asincrona, conclusa il **23/06/2025**, in cui gli Enti portatori d'interesse, potevano far pervenire i loro pareri di competenza.

Tutte le attività sono state eseguite in continuità e con il supporto del Gruppo di Valutazione del Distretto Idrografico della Regione Sardegna, interagendo con lo stesso attraverso l'analisi della documentazione tecnica - amministrativa integrativa pervenuta a seguito delle osservazioni, l'esecuzione di sopralluoghi in campo, le indicazioni pervenute dal Gruppo di Valutazione e dal Responsabile tecnico-scientifico, al fine di esprimere una valutazione tecnica condivisa per ogni osservazione pervenuta.

## 2 Impostazione metodologica

### 2.1 Aree oggetto di studio

Il capitolato prevede che gli studi di dettaglio debbano essere eseguiti su tutto il territorio del sub bacino oggetto di studio interessato da:

- a) aree che non risultano studiate dal PAI vigente o da altri studi di compatibilità geologica e geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 sempre delle vigenti Norme di Attuazione del medesimo PAI, e che attualmente non sono perimetrate nelle tavole di pericolosità e rischio. L'analisi della pericolosità geomorfologica di tali aree dovrà essere condotta al fine di analizzare il fenomeno franoso nella sua interezza fisiografica e geomorfologica, parimenti al punto seguente.
- b) aree che non risultano studiate dal PAI vigente o da altri studi di compatibilità geologica e geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 sempre delle vigenti Norme di Attuazione del medesimo PAI che rientrano nei territori dei Comuni beneficiari dei contributi di cui alla Legge Regionale 30 giugno 2011, n. 12, art. 16 comma 6, per la gestione del PAI nell'ambito della pianificazione locale ai sensi degli articoli 4, 8 e 26 delle norme di attuazione del PAI, nonché per la predisposizione delle proposte di variante conseguenti alla realizzazione delle opere di prevenzione del rischio
- c) aree a pericolosità geomorfologica di qualunque livello già inserite nel PAI che ad oggi non risultano oggetto di variante o studi di approfondimento;
- d) aree a pericolosità geomorfologica di qualunque livello già inserite nel PAI oggetto di variante o di studi di approfondimento;
- e) per i territori comunali per i quali siano in corso o già sussistano studi di settore di maggior dettaglio, ovvero siano in corso o siano intervenute varianti al PAI ai sensi dell'articolo 37 delle vigenti Norme di Attuazione del medesimo PAI, ovvero siano in corso o siano stati eseguiti studi di compatibilità geologica e geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 sempre delle vigenti Norme di Attuazione del medesimo PAI (varianti e studi in corso o approvati dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino preliminarmente, o in via definitiva, al momento dell'aggiudicazione del presente bando), definiti dai precedenti punti b) e d) l'aggiudicatario, previa verifica degli stessi, dovrà effettuare il coordinamento e l'armonizzazione fra tali studi, varianti e lo studio oggetto del presente capitolato.
- f) aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica interessanti o insistenti su elementi a rischio, con particolare attenzione a quelli di classe E3 ed E4, non considerate dall'attuale edizione del PAI, ovvero segnalate dai Comuni (per mezzo di compilazione di apposito questionario, con format da predisporre a cura dell'aggiudicatario e preliminarmente approvato dall'Amministrazione). I Comuni avranno un tempo definito per rispondere alle richieste del questionario, dopodiché tutte le risposte pervenute oltre tale periodo di tempo, definito dal Responsabile Tecnico-Scientifico e approvato dall'Amministrazione, risulteranno materiale da analizzare e elaborare durante la Fase B di cui al successivo paragrafo.
- g) aree individuate e censite dall'I.F.F.I. del territorio regionale, e non ricomprese nel PAI, incluse le aree pericolose individuate nell'art. 26 delle vigenti Norme di Attuazione del PAI e non perimetrate nella cartografia di piano, con particolare riferimento alle aree a franosità diffusa, aree costiere a falesia e aree interessate da fenomeni di sprofondamento (sinkhole).
- h) aree individuate e censite delle attività di miniera dismesse non ricomprese nel PAI e non perimetrate nella cartografia di piano, con particolare riferimento ai potenziali sprofondamenti che i vuoti di miniera potrebbero provocare in superficie.
- i) Le aree estrattive di cava dismesse non ricomprese nel PAI e non perimetrate nella cartografia di piano, con particolare riferimento al recupero della messa in sicurezza delle aree stesse con indicazioni di apposite schede tecniche.
- j) i versanti dei rilievi montuosi recentemente percorsi dal fuoco, a seguito del quale potrebbero emergere problematiche legate a fenomeni di tipo geomorfologico sia potenziali che reali. Le suddette aree dovranno essere individuate attraverso segnalazione dei Comuni, dell'Ente Foreste della Regione Sardegna e del Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale della Regione Sardegna.

- k) aree perimetrate dal PAI nelle quali sono stati realizzati, o sono in corso di realizzazione, interventi di mitigazione del rischio idrogeologico (per i quali occorre raccordarsi con i competenti uffici regionali o relativi Enti Locali) che hanno comportato, o potranno comportare, modificazioni dei livelli o delle estensioni delle aree perimetrate a rischio.

In ogni caso, resta inteso che il territorio dei sub bacini oggetto del presente studio andrà esaminato nell'interesse della loro superficie.

Di fatto, si è proceduto, in accordo con il Gruppo di valutazione, ad uno studio di base complessivo basato essenzialmente sull'analisi geomorfologica e sulla fotointerpretazione sull'intero territorio del sub bacino, con approfondimenti basati sull'analisi dei dati documentali e tramite sopralluoghi in sito per le aree maggiormente a rischio (aree urbanizzate, principali vie di comunicazione, tratti di costa interessati dall'attività balneare ecc.).

L'applicazione della metodologia proposta nell'integrazione e aggiornamento delle "Linee Guida PAI" vigenti prevede sempre la redazione di una cartografia intermedia costituita dalle seguenti carte alla scala 1: 10.000 sull'intera area del bacino prototipo di studio:

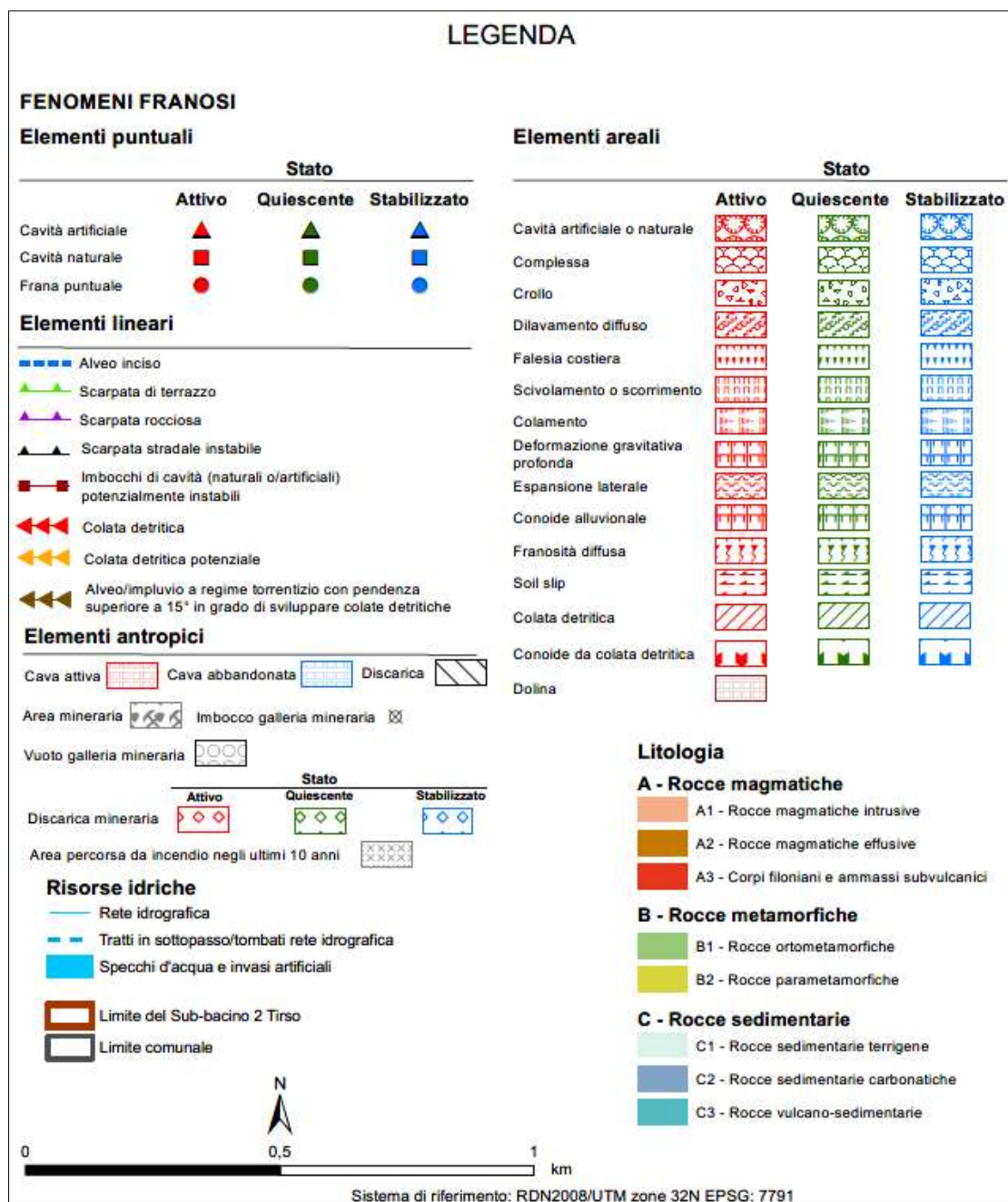
- carta geomorfologica o dei fenomeni franosi;
- carta dell'instabilità potenziale dei versanti.
- carta litologica;
- carta dell'uso del suolo;
- carta delle pendenze.

Per la redazione della cartografia intermedia si è proceduto con le seguenti modalità.

## 2.2 Carta geomorfologica o dei fenomeni franosi

Per la redazione della carta geomorfologica o dei fenomeni franosi si è fatto riferimento a quanto già proposto e attuato nella redazione della Variante Generale al PAI nel sub-bacino n° 3 del Coghinas–Mannu–Temo, che integrava le specifiche riportate nelle "Linee Guida del PAI" del 2000 e quelle nella "Relazione Generale del PAI" del 2004, con le opportune integrazioni sulla base dei nuovi fenomeni di dissesto da perimetrare. Si ricorda che il fine prioritario della cartografia tematica relativa ai fenomeni franosi è quello di raccogliere tutti gli elementi necessari alla stesura della carta della pericolosità da frana, che non siano già stati considerati nelle altre cartografie tematiche.

Rispetto alla Variante PAI sub-bacino n° 3 del Coghinas–Mannu–Temo, a seguito dei nuovi fenomeni di dissesto da perimetrare (colate detritiche e sinkhole), la carta geomorfologica o dei fenomeni franosi è stata aggiornata facendo riferimento ai seguenti elementi riportati in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**



**Fig. 2**      **Legenda della carta geomorfologica o dei fenomeni franosi**

Elementi puntuali:

- Cavità artificiale;
- Cavità naturale;
- Frana puntuale (non cartografabile).

Elementi lineari:

- Alveo torrentizio fortemente inciso;
- Orlo di scarpata di terrazzo (potenzialmente instabili per altezza e pendenza) e nicchia di distacco di frana; è esclusa la scarpata di terrazzo fluviale;
- Orlo di scarpata rocciosa indicativamente di altezza superiore ai 3-4 m;

- Orlo di scarpata stradale instabile di altezza superiore a 3-4 m;
- Serie di imbocchi di cavità (naturali/artificiali) potenzialmente instabili disposte linearmente alla base di scarpate-pareti rocciose;
- Tratto di impluvio/alveo interessato in passato da piene con sviluppo di colate detritiche;
- Tratto di impluvio/alveo potenzialmente soggetto allo sviluppo e/o transito di colate detritiche;
- Tratto di impluvio/alveo a regime torrentizio con pendenza superiore a 15° in grado di sviluppare colate detritiche.

#### Elementi areali:

- Zona interessata dalla presenza diffusa di cavità naturali o artificiali non meglio cartografabile, proiezione in superficie di cavità naturale e depressione generata dal collasso di cavità sotterranea naturale o artificiale (sinkhole);
- Frana complessa;
- Frana per crollo/ribaltamento;
- Area soggetta a dilavamento diffuso, calanchi e/o area soggetta a ruscellamento e a erosioni concentrate (ad esempio a seguito di pratiche di rittochino);
- Falesia costiera (per cui non sono noti dissesti specifici meglio caratterizzati);
- Frana di scivolamento o scorrimento;
- Colamento;
- Deformazione gravitativa profonda di versante;
- Frana per espansione laterale;
- Conoide alluvionale non soggetta a colate detritiche;
- Area interessata da franosità diffusa;
- Frana per saturazione e fluidificazione di terreni sciolti, soil slip;
- Area interessata da fenomeni assimilabili alle colate detritiche;
- Conoide attiva o potenzialmente attiva soggetta al transito/arresto di colate detritiche;
- Dolina;
- Proiezione in superficie galleria mineraria;
- Discarica mineraria o generata da attività di cava;

#### Elementi antropici

- Cava attiva e abbandonata
- Area percorsa da incendi negli ultimi 10 anni, che potrebbe potenzialmente essere interessata nelle aree a pendenza >20% da dissesti per mancanza della copertura vegetazionale, in particolare a fenomeni tipo soil slip e colate detritiche;
- Area interessata da attività minerarie superficiale e sotterranea con proiezione in superficie dell'involuppo dei vuoti in sottosuolo legati ad attività mineraria;
- Discarica mineraria di smaltimento (comprese quelle derivanti da siti di cava);
- Ingresso galleria mineraria.

Le falesie costiere, quale elemento in senso stretto, sono da classificare nelle frane per crollo oppure sotto forma di scarpate rocciose potenzialmente instabili o di scarpate di terrazzo, con quindi una più adeguata caratterizzazione della tipologia dei dissesti ad esse legati.

In generale in corrispondenza delle scarpate rocciose, già individuate sotto forma di tema lineare, si delimita un corpo frana per crollo solo in presenza di segnalazioni documentali (IFFI, schede comuni ecc.) oppure in evidenza di accumuli alla base delle pareti rocciose stesse.

Un dissesto è da considerarsi attivo sulla base di notizie documentate o di chiare evidenze rilevate durante i sopralluoghi e/o tramite fotointerpretazione. Nei casi contrari i dissesti sono da considerare quiescenti. Le scarpate rocciose sono generalmente da considerare sede di dissesti per crollo quiescenti, anche ove non è possibile individuare con chiarezza un corpo frana o un'area di accumulo.

Per quanto riguarda le cave lo stato di attività è stato dedotto sulla base della pianificazione vigente e da fotointerpretazione e rilievi in sito.

In particolare, per quanto riguarda i sub-bacini 4 Liscia, 5 Posada Cedrino e 6 Sudorientale sono emerse alcune difficoltà nel definire lo stato di attività dei dissesti, con particolare riferimento alle frane per crollo su granitoidi o rocce magmatiche intrusive in generale. In particolare, risultano localmente diffuse strutture a duomo, anche di grandi dimensioni, su cui permangono blocchi e massi spesso di notevole volumetria. Risulta evidente che la velocità di evoluzione di tali strutture, stante la notevole resistenza delle rocce in oggetto ai processi di alterazione superficiale, è apparentemente più lenta di quanto avviene in altri contesti (ad esempio sui calcari e sulle vulcaniti). Poste tali premesse, tuttavia, non sono emersi elementi tali da permettere, almeno in uno studio di pianificazione come quello in oggetto, di distinguere da un punto di vista qualitativo la pericolosità di pareti rocciose diffusamente fratturate o scivoli rocciosi con blocchi staccati su rocce granitoidi, rispetto a strutture analoghe presenti in altri contesti geologici. In altre parole, l'approccio è stato, forzatamente, lo stesso, salvo quanto detto sopra per le falesie costiere, per quanto la pericolosità da frana per crollo sui graniti sia probabilmente minore ma, lo si sottolinea, non nulla laddove fratturazione e suddivisione della roccia in presenza di pendenze medio elevate siano significativi.

Per quanto riguarda l'individuazione dei fenomeni denominati "colata detritica" in sede di stesura della "Carta geomorfologica o dei fenomeni franosi" sono stati individuati e classificate come elemento lineare e areale le seguenti tipologie:

- colata detritica (elemento lineare): aste in cui si sia manifestato in passato un evento documentato assimilabile a fenomeni franosi tipo "colata detritica",
- colata detritica potenziale (elemento lineare): aste potenzialmente soggette a colate detritiche, per cui sussistono uno o più fattori o forme, oltre alla pendenza superiore a quella critica di innesco, sia pure in via dubitativa, riconducibili allo sviluppo delle colate detritiche. Tra i principali fattori di riconoscimento si segnala la presenza di massi in alveo, di sezioni di erosione trapezie, di dissesti, tra cui soil slip lungo il bacino contribuyente, di forme di deposito tipo conoide da colata detritica ecc.;
- tratto di reticolo fluviale e/o torrentizio avente pendenza superiore ai 15° suscettibile di sviluppare colate detritiche.
- conoide di colata detritica (elemento areale): deposito dei materiali trasportati da fenomeni franosi tipo "colata detritica" nel tratto al di sotto della pendenza critica.

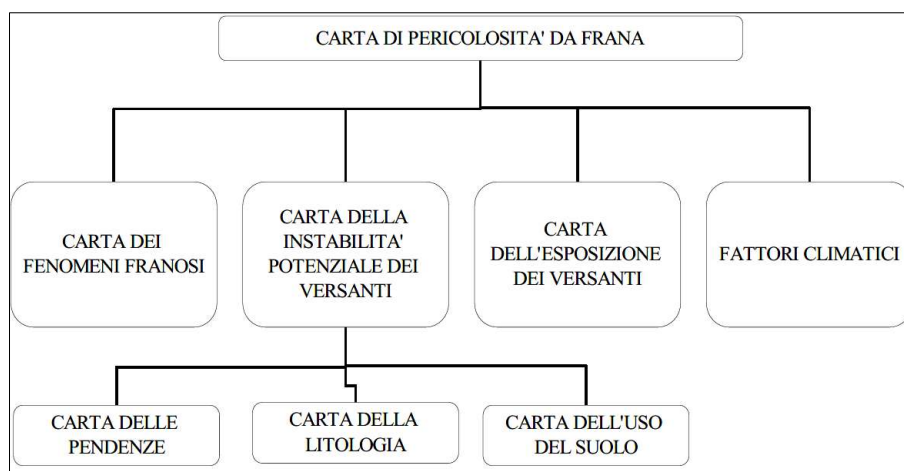
Sulla base della sperimentazione condotta nell'ambito del bacino prototipo di studio, in sede di definizione della carta della pericolosità da frana, la presenza, oltre ad una pendenza d'alveo superiore a quella critica, di elementi indiretti a conferma dello sviluppo in passato di colate detritiche, come quelli descritti più sopra, non implica una variazione della classe di pericolosità.

Tuttavia, rimane traccia di tale analisi nella "Carta geomorfologica o dei fenomeni franosi", ove la sussistenza di tali elementi viene esplicitata dalla rappresentazione, come elemento lineare, dall'elemento "colata detritica potenziale". Per tali ragioni questi tratti di reticolo idrografico presentano,

in linea di massima, un grado maggiore di propensione al dissesto, sebbene questo non comporti, salvo studi di dettaglio, un passaggio di classe di pericolosità.

## 2.3 Carta dell'instabilità potenziale dei versanti

La definizione della carta dell'instabilità potenziale dei versanti avviene, secondo la metodologia vigente delle Linee Guida PAI, sulla base della sintesi di cartografie tematiche differenti. In sostanza, la carta deriva dall'intersezione tra carta litologica, carta dell'uso del suolo e carta delle pendenze. Secondo tale metodologia la carta della pericolosità finale si ottiene quindi dalla sovrapposizione della carta dei fenomeni franosi, ovvero dei dissesti effettivamente presenti sul territorio, siano essi attivi o quiescenti con la carta della instabilità potenziale che esprime la propensione al dissesto del territorio.



**Fig. 3 Schema metodologico per la redazione della Carta di Pericolosità da Frana (Figura 8 pag. 23 delle vigenti Linee Guida PAI)**

In relazione al calcolo dell'instabilità potenziale l'esperienza applicativa acquisita nel territorio regionale suggerisce che un utilizzo meccanico e acritico del metodo previsto nelle vigenti "Linee Guida PAI" per la definizione dell'instabilità di tale parametro secondo il diagramma di flusso conduca, nei calcoli di matrice, ad una sopravvalutazione della componente geolitologica.

In conseguenza di ciò si ritiene che l'applicazione diretta delle Linee Guida PAI generi risultati che tendono a sopravvalutare l'instabilità potenziale, a volte in misura significativa, tale da individuare instabilità potenziale persino sulle spiagge dei litorali marittimi (ovvero in condizioni di quota a livello del mare, di pendenza nulla o comunque assai minore del 20% e, quindi, in assenza totale di "versante" e di azioni gravitative in grado di sollecitare le litologie nostrane) e lungo gli alvei delle piane costiere. Questa condizione appare, dunque, palesemente decontestualizzata e, dati gli effetti sulla pericolosità Hg, penalizzante.

Per quanto riguarda l'esposizione dei versanti e i fattori climatici, la considerazione di fondo è che, pur trattandosi di fattori che possono influire sull'evoluzione dei dissesti di natura gravitativa, non sono disponibili relazioni sufficientemente fondate per potere utilizzare questa tipologia di informazioni ai fine della definizione della pericolosità da frana.

In conseguenza dell'applicazione rigorosa del metodo, senza correttivi o vincoli aggiuntivi sul modello di valutazione, si ottiene una distribuzione di livelli d'instabilità geomorfologica - da bassi a massimi - e di connessa pericolosità che talora non trova riscontro nelle condizioni effettive di stabilità dei versanti. Ciò accade in particolare in quei luoghi ove affiorino litologie sedimentarie di carattere detritico (anche di genesi eluviale), soprattutto se abbinate ad usi del suolo arativo o a roccia nuda, anche in condizioni di pendenza nulla o bassa.

Si determina altresì una generale (ovvero pressoché omogenea) presenza di Hg1 in tutte le superfici del tutto prive di elementi significativi di dissesto. In alcuni casi quindi i risultati cartografici della sopravvalutazione della instabilità potenziale e della pericolosità contraddicono lo stato di fatto, soprattutto in termini di livello di classificazione.

La sopravvalutazione del metodo deriva soprattutto dal fatto che le Linee Guida PAI costituiscono una semplificazione di un metodo originario [cfr. Amadesi & Vianello, 1978] tarato in ambito Appenninico (quindi geolitologicamente assai diverso dall'ambito Sardo).

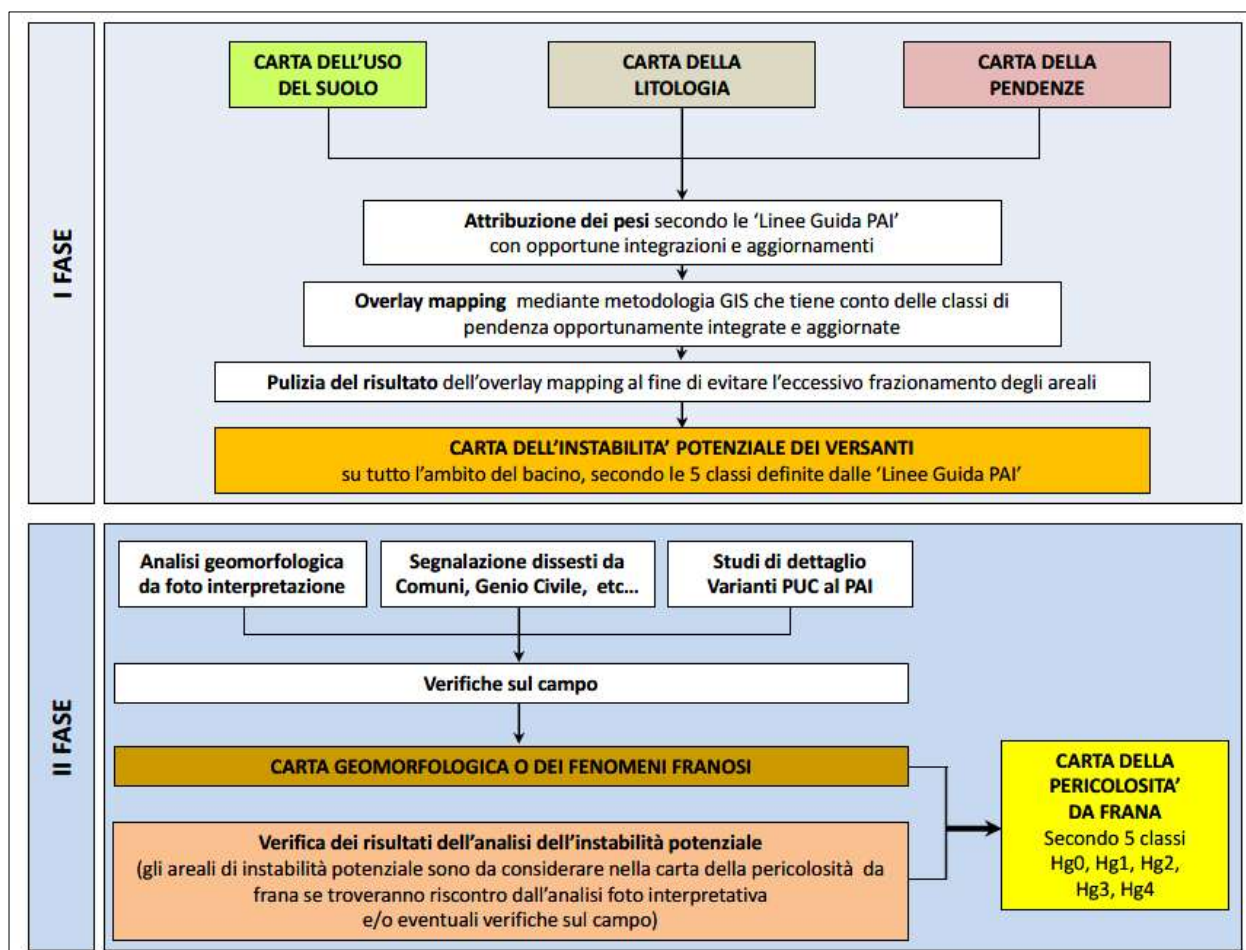
Il modello di calcolo dell'instabilità potenziale dei versanti previsto dalle "Linee Guida PAI" fa riferimento a una matrice che lega litologia, uso del suolo e pendenza, mediante una pura somma algebrica dei relativi pesi assegnati.

| Classe di instabilità | Descrizione                       | Pesi |    |
|-----------------------|-----------------------------------|------|----|
|                       |                                   | da   | a  |
| 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  |

**Tab. 1 Classi di instabilità potenziale dei versanti (tab. 14 pag. 27 delle Linee Guida PAI vigenti)**

Sono quindi stati apportati alcuni aggiustamenti che consentono di pervenire a risultati di maggior realismo se confrontati con i riscontri sul campo. Allo scopo, tramite l'assegnazione di specifiche prescrizioni al modello di calcolo GIS, si propone di vincolare ulteriormente l'attribuzione dei pesi litologici al fattore pendenza del versante, secondo la metodologia proposta e collaudata per il territorio del comune di Ilbono (OG) dal Dott. Geol. A. Sodde.

È stato utilizzato il seguente schema aggiornato per la definizione dell'instabilità potenziale dei versanti e della carta di pericolosità da frana.



**Fig. 4 Proposta di schema metodologico per la redazione della Carta di Pericolosità da Frana**

In accordo con il Gruppo di Valutazione tale metodologia con gli opportuni correttivi è stata testata nella fase di analisi del bacino prototipo dello studio, al fine di verificarne la validità tecnica e per poi applicarla, nella restante parte dell'area di studio.

Di seguito vengono descritte le classificazioni e i relativi pesi degli elementi costituenti i principali elaborati cartografici che portano alla definizione dell'instabilità potenziale dei versanti e di conseguenza alla definizione della pericolosità da frana.

### 2.3.1. Carta litologica

Per la redazione della carta litologica si è fatto riferimento all'aggiornamento delle classi litologiche della "Carta litologica della Sardegna 1:25.000 - 2019" redatta dal Dipartimento Geologico di ARPA Sardegna come proposto nell'aggiornamento delle Linee guida del PAI.

Allo stato attuale si ritiene che tutte le classi considerate dalla carta regionale siano rappresentate, mentre resta la possibilità di un loro accorpamento, al fine di facilitare la lettura della carta, ove peso e caratteristiche litologiche siano sostanzialmente coincidenti.

Sono state individuate le seguenti classi litologiche.

| COD. | Classe Litologica                                                                                                                                                                                            | Peso |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| A1.1 | Leucograniti, Leucomicrograniti, Graniti s.l., Leucosienograniti, Microsienograniti, Sienograniti                                                                                                            | 9    |
|      | Graniti alterati con potenti coperture di sabbioni arcosici                                                                                                                                                  | 2    |
| A1.2 | Monzograniti, Leucomonzograniti, "Granodioriti monzogranitiche" Auct.                                                                                                                                        | 9    |
| A1.3 | Granodioriti, Granodioriti tonalitiche, Microgranodioriti, Granodioriti monzogranitiche                                                                                                                      | 9    |
|      | Granodioriti alterate con potenti coperture di sabbioni arcosici                                                                                                                                             | 2    |
| A1.4 | Tonaliti, Tonaliti granodioritiche, Tonaliti quarzodioritiche,                                                                                                                                               | 9    |
| A1.5 | Gabbri, Quarzogabbri, Gabbrodioriti, Dioriti, Noriti, masse basiche gabbroidi                                                                                                                                | 9    |
| A1.6 | Sieniti, Episieniti, Sieniti monzonitiche                                                                                                                                                                    | 9    |
| A2.1 | Rioliti e Riodaciti                                                                                                                                                                                          | 7    |
| A2.2 | Daciti                                                                                                                                                                                                       | 7    |
| A2.7 | Trachiti, Latiti                                                                                                                                                                                             | 7    |
| A2.4 | Andesiti e Andesiti basaltiche                                                                                                                                                                               | 5    |
| A2.3 | Basalti alcalini, Trachibasalti, Hawaiiiti, Mugeariti, Fonoliti, Tefriti                                                                                                                                     | 8    |
| A2.5 | Basalti, Basalti andesitici                                                                                                                                                                                  | 8    |
| A2.6 | Rocce ultrabasiche, Basaniti                                                                                                                                                                                 | 8    |
| A3.1 | Filoni e ammassi acidi (quarzo, riolitici, riodacitici, pegmatitici, aplitici, aplopegmatitici, dacitici)                                                                                                    | 7    |
| A3.2 | Filoni e ammassi basici (basaltici) e intermedio-basici (andesitici, andesitico-basaltici, dioritici, sienitici, quarzoandesitici)                                                                           | 7    |
| B1.1 | Metarioliti, Metariodaciti, "Porfiroidi" Auct., Metavulcaniti acide                                                                                                                                          | 8    |
| B1.4 | Metagabbri, Metadoleriti, Metavulcaniti basiche, Metaepiclastiti                                                                                                                                             | 8    |
| B1.2 | Migmatiti acide, Diatessiti, Ortogneiss granodioritici, Ortogneiss leucogranitici, Aplopegmatiti e Pegmatiti foliate                                                                                         | 8    |
| B1.3 | Migmatiti basiche, Eclogiti, Anfiboliti, Metatessiti                                                                                                                                                         | 9    |
| B2.1 | Rocce parametamorfiche terrigene: Filladi, Micascisti, Gneiss, Miloniti, Filoniti, Fels, Quarziti, Metaconglomerati, Metarenarie, Metargilliti, Liditi, Diaspri                                              | 4    |
| B2.2 | Rocce parametamorfiche carbonatiche: Marmi, Marmi dolomitici, Marmi azoici, Contattiti, Metacalcari, Metadolomie, "Calcari grigi" Auct., "Dolomia rigata" Auct., "Dolomia gialla" Auct., Calcari silicizzati | 7    |

| <b>COD.</b> | <b>Classe Litologica</b>                                                                                                                                                                                     | <b>Peso</b> |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| C1.1        | Depositi terrigeni antropici (saline, vasche di salificazione, aree di rispetto lagunare, discariche: minerarie, industriali, per inerti, per rifiuti solidi urbani, materiali di riporto e aree bonificate) | 1           |
| C1.2        | Depositi terrigeni continentali di conoide e piana alluvionale (ghiaie, sabbie, limi, argille), (conglomerati, arenarie, siltiti, peliti)                                                                    | 1           |
| C1.3        | Depositi terrigeni continentali legati a gravità (detriti di versante, frane, coltri eluvio-colluviali, "debris avalanches", breccie)                                                                        | 1           |
| C1.4        | Depositi terrigeni palustri, lacustri, lagunari (limi, argille limose, fanghi torbosi, selci)                                                                                                                | 1           |
| C1.5        | Depositi terrigeni litorali (ghiaie, sabbie, arenarie, conglomerati)                                                                                                                                         | 2           |
| C1.6        | Depositi terrigeni marini (siltiti, argilliti, peliti)                                                                                                                                                       | 3           |
| C1.7        | Depositi terrigeni eolici (sabbie, arenarie)                                                                                                                                                                 | 2           |
| C1.8        | Depositi terrigeni fluvio-deltizi (sabbie, microconglomerati, arenarie carbonatiche, siltiti argillose)                                                                                                      | 4           |
| C1.9        | Depositi terrigeni residuali (bauxiti, paleosuoli)                                                                                                                                                           | 2           |
| C2.1        | Depositi carbonatici lacustri e lagunari (calcari, dolomie, calcari silicizzati) travertini                                                                                                                  | 6           |
| C2.2        | Depositi carbonatici marini (marne, calcari, calcari dolomitici, calcari oolitici, calcari bioclastici, calcareniti)                                                                                         | 6           |
| C3.1        | Depositi vulcano-sedimentari di ambienti fluvio-lacustri e lagunari (epiclastiti, tufiti, tufi, cineriti, vulcaniti, sedimenti clastici(sabbioso-siltoso-arenacei) e indistinti)                             | 3           |
| D1.1        | Zone industriali; zone militari, aree urbanizzate; aree portuali (moli, banchine), aeroportuali (piste e infrastrutture), dighe.                                                                             | 3           |

**Tab. 2 Classi litologiche e relativi pesi**

Per l'area di studio si è proceduto ad un aggiornamento/revisione della carta litologica sulla base di sopralluoghi, fotointerpretazione e documentazione acquisita nella raccolta dati.

In particolare, si è proceduto ad un aggiornamento dei depositi di copertura quaternari ai depositi di natura antropica (Classi C1.1, C1.2 e C1.3), consistenti essenzialmente nei depositi terrigeni continentali e di discariche delle attività estrattive, sia cave che miniere.

### **2.3.2. Carta dell'uso del suolo**

La Carta dell'Uso del Suolo permette di distinguere, quale parte del territorio è utilizzata per le varie tipologie di coltivazioni agrarie e/o forestali, i corpi umidi, le aree urbanizzate. Proprio per il contenuto che la caratterizza, si tratta di una carta dinamica in continua evoluzione che può subire in ogni momento un cambiamento.

Dal punto di vista operativo la redazione della carta d'uso del suolo è iniziata con l'analisi della Carta Uso del Suolo della RAS, in scala 1:25:000 del 2008 classificata secondo il III e IV livello della legenda Corine

Land Cover. I dati sono strutturati in ambiente GIS, in cui le informazioni sono rappresentate da elementi geometrici georiferiti, relazionati a dati descrittivi alfanumerici.

Le fasi di lavoro hanno previsto:

- raccolta ed elaborazione di dati e studi esistenti (Carta Uso del Suolo, RAS 2008 Scala 1:25.000);
- analisi e fotointerpretazione preliminare delle orto-foto digitali a colori, volo AGEA 2019;
- definizione della legenda della carta;
- revisione della poligonazione e del database sulla base di adeguati controlli a terra;
- restituzione cartografica.

La legenda della Carta di Uso del suolo, che deriva dalla *Legenda Corine Land Cover* presenta una struttura che, partendo da un primo livello in cui il territorio viene diviso in 5 grandi classi, prevede 4 livelli di approfondimento gerarchici:

- territori modellati artificialmente;
- territori agricoli;
- territori boscati ed altri ambienti seminaturali;
- territori umidi;
- corpi idrici.

Nella Tab. 3 è possibile visualizzare i diversi livelli di approfondimento della *Corine Land Cover*. Partendo da questa classificazione, per il presente studio, si è arrivati al III livello di approfondimento (Tab. 2).

| UDS I LIVELLO                               | UDS II LIVELLO                                                      | UDS III LIVELLO                                                                               | UDS IV LIVELLO                                                 | UDS V LIVELLO                                         |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1 Territori modellati artificialmente       | 1.1 Zone Urbanizzate                                                | 1.1.1 Tessuto urbano continuo                                                                 | 1.1.1.1 Tessuto residenziale compatto e denso                  |                                                       |
|                                             |                                                                     |                                                                                               | 1.1.1.2 Tessuto residenziale rado                              |                                                       |
|                                             | 1.1.2 Tessuto urbano discontinuo                                    | 1.1.2.1 Tessuto residenziale rado e nucleiforme                                               |                                                                |                                                       |
|                                             |                                                                     | 1.1.2.2 Fabbricati rurali                                                                     |                                                                |                                                       |
|                                             | 1.2 Zone industriali commerciali e reti di comunicazione            | 1.2.1 Insediamenti industr., commerciali e dei grandi impianti dei servizi pubblici e privati | 1.2.1.1 Insediamenti industriali/artig.e comm. e spazi annessi |                                                       |
|                                             |                                                                     |                                                                                               | 1.2.1.2 Insediamenti di grandi impianti di servizi             |                                                       |
|                                             | 1.2.2 Reti ed aree infrastrutturali stradali e ferroviarie          | 1.2.2.4 Impianti a servizio delle reti di distribuzione                                       |                                                                |                                                       |
|                                             |                                                                     |                                                                                               |                                                                |                                                       |
| 1.3 Zone estrattive, discariche e cantieri  | 1.3.1 Aree estrattive                                               |                                                                                               |                                                                |                                                       |
|                                             | 1.4.1 Aree verdi urbane                                             |                                                                                               |                                                                |                                                       |
| 1.4 Zone verdi artificiali non agricole     | 1.4.2 Aree ricreative, sportive e archeologiche urbane e non urbane | 1.4.2.1 Aree ricreative e sportive                                                            |                                                                |                                                       |
|                                             |                                                                     |                                                                                               |                                                                |                                                       |
| 2 Terreni agricoli                          | 2.1 Seminativi                                                      | 2.1.1 Seminativi in aree non irrigue                                                          | 2.1.1.1 Seminativi in aree non irrigue                         |                                                       |
|                                             |                                                                     |                                                                                               | 2.1.1.2 Prati artificiali                                      |                                                       |
|                                             | 2.2 Colture permanenti                                              | 2.2.1 Vigneti                                                                                 |                                                                |                                                       |
|                                             |                                                                     | 2.2.3 Oliveti                                                                                 |                                                                |                                                       |
|                                             | 2.3 Prati stabili                                                   | 2.3.1 Prati stabili                                                                           |                                                                |                                                       |
|                                             | 2.4 Zone agricole eterogenee                                        | 2.4.4 Aree agroforestali                                                                      |                                                                |                                                       |
| 3 Territori boscati e ambienti seminaturali | 3.1 Zone boscate                                                    | 3.1.1 Boschi di latifoglie                                                                    | 3.1.1.1 Boschi di latifoglie                                   | 3.1.1.2.2 Sugherete<br>3.1.1.2.3 Castagneti da frutto |
|                                             |                                                                     |                                                                                               | 3.1.1.2 Arboricoltura con essenze forestali di latifoglie      |                                                       |
|                                             |                                                                     | 3.1.2 Boschi di conifere                                                                      | 3.1.2.1 Boschi di conifere                                     |                                                       |
|                                             | 3.2 Associazioni vegetali arbustive e/o erbacee                     | 3.2.2 Cespuglieti ed arbusteti                                                                | 3.2.2.1 Formazioni vegetali basse e chiuse                     |                                                       |
|                                             |                                                                     | 3.2.3 Aree a vegeaz. Sclerofilla                                                              | 3.2.3.1 Macchia mediterranea                                   |                                                       |
|                                             |                                                                     |                                                                                               | 3.2.3.2 Gariga                                                 |                                                       |
|                                             |                                                                     | 3.2.4 Aree a veget.arborea ed arbustiva in evoluzione                                         | 3.2.4.1 Aree a ricolonizzazione naturale                       |                                                       |
|                                             |                                                                     |                                                                                               | 3.2.4.2 Aree a ricolonizzazione artificiale                    |                                                       |
|                                             | 3.3 Zone aperte con vegetazione rada o assente                      | 3.3.3 Aree con vegetazione rada > 5% e < 40%                                                  |                                                                |                                                       |
|                                             | 5 Corpi idrici                                                      | 5.1 Acque continentali                                                                        | 5.1.2 Bacini d'acqua                                           | 5.1.2.2 Bacini artificiali                            |

**Tab. 3 Livelli di approfondimento Corine Land Cover**

In Tab. 2 si riportano codice e descrizione del suolo rilevati per il bacino prototipo. Ad ogni classe è stato attribuito un peso, secondo quanto previsto dalle Linee Guida del PAI (Linee guida per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia, Regione Sardegna 2000) e successive modifiche e integrazioni. È necessario precisare che all'uso del suolo "Tessuto urbano continuo e discontinuo nonché alle "Aree industriali e commerciali" è stato attribuito un peso pari a -1 così come indicato nella "Proposta di aggiornamento delle Linee Guida PAI (Marzo 2021)" redatta dallo scrivente.

| Codice uso del suolo | Descrizione uso del suolo                           | Peso |
|----------------------|-----------------------------------------------------|------|
| 111                  | Tessuto urbano continuo                             | -1   |
| 112                  | Tessuto urbano discontinuo                          | -1   |
| 121                  | Aree industriali e commerciali                      | -1   |
| 122                  | Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori       | -1   |
| 124                  | Aeroporti                                           | 0    |
| 131                  | Aree estrattive                                     | -2   |
| 132                  | Discariche e depositi di rottami                    | -2   |
| 133                  | Aree in costruzione                                 | -2   |
| 141                  | Aree verdi urbane                                   | 1    |
| 142                  | Aree ricreative sportive e archeologiche            | 0    |
| 143                  | Cimiteri                                            | 0    |
| 211                  | Seminativi in aree non irrigue                      | -2   |
| 212                  | Seminativi in aree irrigue                          | 0    |
| 221                  | Vigneti                                             | -2   |
| 222                  | Frutteti                                            | 0    |
| 223                  | Oliveti                                             | -1   |
| 231                  | Prati stabili                                       | 0    |
| 241                  | Colture temporanee associate a colture permanenti   | -1   |
| 242                  | Sistemi colturali particellari complessi            | -1   |
| 243                  | Aree prevalentemente occupate da colture agrarie    | -2   |
| 244                  | Aree agroforestali                                  | -1   |
| 311                  | Boschi di latifoglie                                | 2    |
| 312                  | Boschi di conifere                                  | 2    |
| 313                  | Boschi misti                                        | 2    |
| 321                  | Aree a pascolo naturale e prateria d'alta quota     | 0    |
| 322                  | Brughiere e cespuglietti                            | 1    |
| 323                  | Aree a vegetazione sclerofilla                      | 0    |
| 324                  | Aree vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione | 1    |
| 411                  | Paludi                                              | -2   |
| 421                  | Paludi salmastre                                    | -2   |
| 511                  | Corsi d'acqua, canali e idrovie                     | -2   |
| 512                  | Bacini d'acqua                                      | -2   |
| 521                  | Lagune, laghi e stagni costieri                     | -2   |
| 332                  | Rocce nude, falesie, rupi e affioramenti            | -2   |
| 331                  | Spiagge, dune, sabbie                               | -2   |
| 333                  | Aree con vegetazione rada                           | -1   |
| 123                  | Aree portuali                                       | 0    |

**Tab. 4**    **Uso del suolo rilevato e relativo peso attribuito**

### **2.3.3.    Carta delle pendenze**

La Carta delle pendenze deriva da una tematizzazione del modello digitale del terreno in classi di pendenza espresse in percentuale (%). Per l'area di studio le classi di pendenza sono state ricavate in ambiente GIS dai DTM disponibili. Precisamente è stato utilizzato il DTM RAS passo 10 m pubblicato nel Geoportale regionale. Il dataset deriva dai livelli informativi "curve di livello" e "punto quotati " del database topografico 10K.

Le classi di pendenza sono state riviste secondo 7 intervalli rispetto alle 5 presenti nelle vigenti Linee Guida PAI vigenti, al fine d'introdurre le caratteristiche di carattere geotecnico e geomeccanico dei terreni (angolo di attrito interno) nella distribuzione dei relativi pesi, secondo la metodologia proposta per il territorio del comune di Ilbono (OG).

| Pendenza % | Pendenza ° | Peso |
|------------|------------|------|
| 0-10       | 0-6        | +2   |
| 10-20      | 6-11       | +1   |
| 20-35      | 11-19      | 0    |
| 35-65      | 19-33      | -1   |
| 65-100     | 33-45      | -2   |
| 100-275    | 45-70      | -3   |
| >275       | >70        | -4   |

**Tab. 5 Proposta classi di pendenza ed attribuzione dei relativi pesi**

Nella classificazione proposta si tiene conto del campo di maggior ricorrenza dell'angolo di attrito delle litologie più rappresentate (dai 33° ai 45°), considerando che per valori oltre un certo angolo di pendenza della parete la cinematica si innesca per effetto della gravità.

#### **2.3.4. Modello di calcolo dell'instabilità potenziale**

Al fine di limitare la sopravvalutazione della componente geolitologica e dell'uso del suolo come, ad esempio, in aree a limitata pendenza, depositi incoerente senza copertura vegetazionale, che generano classi di instabilità potenziale elevati, è stato utilizzato un modello di calcolo che lega litologia e uso del suolo alla pendenza, introducendo ulteriori elementi di condizionamento che rendono più contestuale "l'overlay mapping".

I correttivi proposti immettono indirettamente nel calcolo di caratterizzazione elementi di natura geotecnica e geomeccanica, riconfigurando la metodologia PAI nel solco dell'originale impostazione metodologica esposta in Amadesi & Vianello (1978). Tali vincoli permettono di ridefinire il metodo, individuando una sola variabile indipendente, la pendenza e due variabili dipendenti da essa, l'uso del suolo e il comportamento litotecnico.

La variazione dei pesi per quanto riguarda le classi a minore pendenza era già stata proposta a suo tempo nella Relazione Generale del PAI 2004 (cfr. pag. 25); al di sotto di una determinata acclività, infatti, in assenza di elementi geomorfologici quali la presenza di cavità, di scarpate di modesta altezza (e quindi potenzialmente non evidenziate dal DEM) ecc., si può infatti affermare che non vi siano le condizioni fisiche per lo sviluppo di dissesti di natura gravitativa, indipendentemente dal tipo di substrato ed uso del suolo. Quindi sotto il 20% di pendenza (circa 11°) si può postulare che non vi sia probabilità di sviluppo di dissesti di natura gravitativa.

| N. | CASISTICA DELLE CONDIZIONI DI CORREZIONE<br>ACCLIVITA'             | SINTASSI DEL SISTEMA                                                                                                                     |
|----|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | P con peso < -3<br>pendenza >= 275% (70° circa)                    | Assegna direttamente il valore di instabilità<br>potenziale massima                                                                      |
| 2  | P con peso = -3 e -2<br>compresa fra pendenza >=65% (33°) e < 275% | Computa il peso relativo al valore dell'acclività + ½<br>valore litologia + valore uso del suolo<br>(Σ pesi varia da -4,5 a 4,5)         |
| 3  | P con peso = -1<br>compresa tra >= 35% (19°) e pendenza < 65%      | Computa "valore acclività + valore litologia + valore<br>uso del suolo" (conserva la matrice convenzionale)<br>(Σ pesi varia da -2 a 10) |
| 4  | P con peso = 0<br>compresa tra pendenza >= 20% (11°) e < 35%       | Computa la somma di +2, il peso relativo alla<br>litologia ed il peso relativo all'uso del suolo<br>(Σ pesi varia da 1 a 13)             |
| 5  | P con peso >=1 e pendenza (<) 20%                                  | Assegna situazione potenzialmente stabile<br>e classe d'instabilità 1                                                                    |

**Tab. 6 Modello di calcolo dell'overlay map"**

| Classe di instabilità | Descrizione                       | Pesi |     |
|-----------------------|-----------------------------------|------|-----|
|                       |                                   | da   | a   |
| 1                     | Situazione potenzialmente stabile | >9   | 13  |
| 2                     | Instabilità potenziale limitata   | >=7  | <=9 |
| 3                     | Instabilità potenziale media      | >=4  | <7  |
| 4                     | Instabilità potenziale forte      | >0   | <4  |
| 5                     | Instabilità potenziale massima    | -5   | <=0 |

**Tab. 7 Aggiornamento dei valori dei pesi da attribuire alle classi di instabilità definite nelle Linee Guida PAI vigenti, a seguito dell'applicazione del nuovo modello di calcolo**

L'applicazione della sintassi della matrice comporta che:

- con pendenze superiori a 275% si ottiene automaticamente la classe di instabilità massima;
- con valori di acclività compresi tra 65%÷275% si ottengono valori di instabilità potenziale da massima, forte e media;
- con valori di pendenza compresi tra 65%÷35%, si utilizza la matrice convenzionale;

- con pendenze comprese tra 20%÷35% la matrice prevede la computazione di 2 + la litologia + l'uso del suolo. In questo caso diviene discriminante il peso dell'uso del suolo;
- con pendenze inferiori al 20% si ottiene automaticamente la classe di instabilità 1 o situazione stabile. È evidente che in siffatte condizioni di acclività, anche in presenza di litologie incoerenti, non possono verificarsi eventi di dissesto di alcun tipo, se non legati ad eventuali fenomeni erosivi in presenza di un corso d'acqua, che andrebbero debitamente evidenziati e cartografati nella carta geomorfologica. Tale risultato deriva dalla eccessiva preponderanza, nella sintassi di calcolo, della componente litologica, ed in taluni casi di quella d'uso del suolo.

## 2.4 Carta della pericolosità da frana

Rispetto alla metodologia utilizzata per la revisione del PAI del sub-bacino 3, in ragione anche di recenti aggiornamenti normativi, allo studio delle frane o dissesti di natura gravitativa in senso stretto, si è affiancato quello delle colate detritiche, all'origine di alcuni eventi alluvionali di particolare violenza anche se territorialmente circoscritti (Villagrande Strisaili in Provincia di Nuoro, Capoterra nella Città Metropolitana di Cagliari) e dei dissesti originati dal collasso di cavità sotterranee siano esse di origine naturale o artificiali, facendo riferimento per queste ultime essenzialmente, ma non esclusivamente, alle attività minerarie. In tal senso la pericolosità "da frana" è stata distinta da quella causata da colate detritiche e da sinkhole.

A tal fine sono state introdotte, in aggiunta alle classi di pericolosità Hg0, Hg1, Hg2, Hg3 e Hg4, le seguenti classi di pericolosità:

### Pericolosità per fenomeni denominati "colata detritica"



H<sub>cd</sub> – Tratti del reticolo idrografico caratterizzati da potenziali fenomeni denominati colata detritica, individuati per elevata pendenza e per altre condizioni che possono determinare l'innescare dei suddetti fenomeni con conseguenti situazioni di rischio per centri edificati o per rilevanti infrastrutture di comunicazione



H<sub>cd</sub> 4 – Tratti del reticolo idrografico caratterizzati da elevata pendenza nei quali sono stati accertati effettivi fenomeni denominati colata detritica e vi siano evidenze di eventi avvenuti in passato, derivanti dall'analisi da fotointerpretazione o da sopralluoghi in sito

### Pericolosità per fenomeni denominati "sinkhole"



Hg<sub>sh</sub> – Area potenzialmente soggetta a fenomeni franosi denominati "sinkhole", legati sia a processi di sprofondamento naturale, sia ad attività minerarie ed antropiche in generale



Hg<sub>sh</sub> 4 – Area in cui si sia manifestato in passato un evento documentato assimilabile a fenomeni franosi denominati "sinkhole", legati sia a processi di sprofondamento naturale, sia ad attività minerarie ed antropiche, comprese le fenomenologie in ambito urbano innescate da perdite delle reti idriche

Nella "Carta della Pericolosità da frana", per le aree ricadenti nella classe di pericolosità H<sub>cd</sub>, **sono rappresentati esclusivamente i fenomeni che interferiscono direttamente o indirettamente con infrastrutture viarie principali e aree abitate**, rispetto alla totalità dei fenomeni individuati e rappresentati nella "Carta geomorfologica o dei fenomeni franosi".

Nei seguenti paragrafi sono descritti in dettaglio i criteri di definizione della pericolosità da frana di natura gravitativa, colata detritica e sinkhole.

#### **2.4.1. Criteri di definizione della pericolosità delle aree soggette a dissesti di natura gravitativa**

La carta della pericolosità da frana rappresenta una sintesi della carta dell'instabilità potenziale dei versanti e della carta geomorfologica o dei fenomeni franosi. Anche in questa sede, in linea con la metodologia adottata nella revisione del PAI del Sub bacino 3, sono state adottate alcune modifiche rispetto a quanto previsto inizialmente dalle Linee Guida del PAI, rispetto alla metodologia effettivamente applicata nella redazione del PAI vigente, così come emerge dalla relazione generale del 2004, ove era prevista la classe Hg0 non considerata dalle Linee Guida del PAI. Anche nel presente lavoro è stata conservata la rappresentazione della classe Hg0.

In accordo con la metodologia adottata per il sub-bacino 3, le indicazioni derivanti dalla carta dell'instabilità potenziale sono verificate ed incrociate con l'analisi geomorfologica esplicitata nell'omonima carta tematica. Quindi l'attribuzione alle classi Hg2, Hg3 e Hg4 è legata comunque alla presenza di riscontri, sia pure indiretti, di carattere geomorfologico, tutto ciò al fine di correggere quelle sopravvalutazioni dell'instabilità potenziale insite nella metodologia della prima versione del PAI. Tale approccio, tuttavia, tende a togliere significato alla classe Hg1, per la quale non è possibile una verifica di carattere geomorfologico in quanto la presenza di indizi, anche indiretti, di dissesti e di instabilità, anche quiescenti o stabilizzate, implica necessariamente l'attribuzione ad una classe superiore di pericolosità. In pratica tale classe è adottata nei casi in cui all'indicazione d'instabilità potenziali significative o di classi del PAI vigenti elevate corrispondono condizioni geomorfologiche che tenderebbero ad escludere la possibilità di dissesto; in altre parole, si tratta di aree in cui è comunque necessario un approfondimento, sia pure a livello comunale. Le aree inserite nella classe Hg0, infine, non evidenziano problemi né sulla base del calcolo dell'instabilità potenziale, né in funzione delle evidenze desunte dalla fotointerpretazione e/o dai sopralluoghi in sito.

Nella tabella seguente vengono descritti i criteri di attribuzione alle singole classi, proponendo una sintesi di quanto previsto dalla Relazione Generale del PAI del 2004, dalle Linee Guida del PAI del 2000, con le integrazioni e precisazioni proposte nell'ambito del presente lavoro ovvero della revisione del PAI nel sub-bacino 3.

Ad integrazione di quanto riportato nella tabella si precisa che alcune indicazioni contenute nelle linee guida originali del PAI sono state volontariamente omesse in quanto si ritiene non siano applicabili o, per contro, siano ridondanti. In particolare, non sono state riportate le indicazioni relative a fattori predisponenti già considerati per il calcolo delle aree potenzialmente instabili, ovvero la litologia (riportata nelle Linee Guida del PAI), l'uso suolo (aree boscate o non boscate) e la pendenza. Queste indicazioni sono in effetti ribadite più volte nella Relazione Generale del PAI ma, si ritiene, siano piuttosto da interpretarsi come una descrizione delle caratteristiche prevalenti dei territori che ricadono nelle singole classi piuttosto che dei caratteri vincolanti nella definizione della pericolosità.

Non si ritiene di dover mantenere il termine di soliflusso, citato nelle Linee Guida del PAI ma non nella Relazione Generale del PAI 2004, intendendo con questo termine movimenti lenti e superficiali che per lo più si sviluppano in suoli con comportamento plastico. In effetti si ritiene che si tratti di dissesti a cui è connesso un rischio molto basso, essendo molto lenti e superficiali. Diversamente possono essere classificati, a seconda dei casi, come colamenti lenti o come frane per saturazione e fluidificazione dei terreni superficiali.

Si rileva inoltre che, fermo restando il fatto che non sono gli unici fattori considerati, nella classe Hg4 vengono riportati i dissesti attivi, ovvero quelli per cui vi sono elementi effettivi tali da poter ritenere che vi siano stati movimenti recenti (segnalazioni, studi sulla pericolosità, evidenze in sito o visibili da fotointerpretazione) mentre alla classe Hg3 vengono assegnate le aree interessate da dissesti quiescenti, ovvero per i quali non sussistono informazioni che portino a affermare che vi siano stati, ragionevolmente, movimenti recenti.

Nell'intorno dei dissesti attivi o quiescenti e degli elementi morfologici ad essi connessi è, non solo prassi ma, si ritiene, pratica necessaria, prevedere una fascia di rispetto in estensione alle aree in dissesto in senso stretto.

Per i dissesti descritti con i tematismi areali, tale fascia è individuata tenendo conto dell'area coinvolta verso valle, della morfologia, e dell'eventuale possibile sviluppo dei processi di arretramento delle scarpate stesse. Spesso, soprattutto per le frane per crollo, è opportuno portare il limite verso monte sullo spartiacque (se prossimo) e verso valle fino all'incisione valliva o alla prima vera rottura di pendenza del versante interessato.

Per quanto riguarda i temi lineari, ovvero le scarpate rocciose e di terrazzo, si definisce una fascia di riferimento di 15 m, per lo più da realizzarsi per via automatica con metodi GIS costruendo un buffer avente detti raggi, fatta salva la loro revisione manuale al fine, per lo più, di incrementare l'estensione dell'area di pericolosità verso valle, portandola, come si è già detto sopra, alla prima evidente rottura di pendenza. Tale fascia può essere ridotta in ragione della modesta altezza delle scarpate o corone esaminate e/o della presenza di barriere naturali (ad esempio contropendenze).

Alle falesie costiere in genere viene attribuita la classe Hg4, essendo per lo più evidenti e diffusi i riscontri diretti di dissesti recenti, ed in ragione della forte azione erosiva e destabilizzante operata dal moto ondoso ai piedi delle falesie stesse. Tale impostazione di carattere generale, per altro in accordo con la prima versione del PAI e con la metodologia adottata per il Sub bacino 3, può essere confermata anche in presenza di frane classificate quiescenti nell'IFFI, proprio in considerazione del particolare contesto morfologico.

| Classe | Intensità | Valore | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------|-----------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hg0    | Nulla     | 0,00   | Aree non soggette a fenomeni franosi con pericolosità assente - Classe non prevista nelle <i>Linee Guida del PAI</i><br><br>Aree studiate non soggette a potenziali fenomeni franosi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Hg1    | Moderata  | 0,25   | Aree con pericolosità moderata aventi classi di instabilità potenziale limitata o assente - classe 2 e classe 1.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Hg2    | Media     | 0,50   | Aree con pericolosità media con fenomeni di dilavamento diffusi, frane di crollo e/o scivolamento non attive e/o stabilizzate, falesie lungo le coste (stabili e o vegetate); 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 e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi ovvero corrispondenti alla classe di instabilità potenziale media (classe 3).                                                                                     |
| Hg3    | Elevata   | 0,75   | Aree con pericolosità elevata con frane di crollo e/o scorrimento quiescenti, fenomeni di erosione delle incisioni vallive. Fronti di scavo instabili lungo le strade; aree nelle quali sono state svolte in passato attività minerarie che hanno dato luogo a discariche di inerti, cave a cielo aperto; aree interessate in passato da eventi franosi nelle quali sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza. Classe di instabilità potenziale forte (classe 4), pareti in roccia (fra cui falesie a mare aventi tali caratteristiche), orlo di scarpata o di terrazzo (potenzialmente instabili per pendenza e altezza), frane di crollo quiescenti, frane di scorrimento quiescenti, fenomeni di dilavamento diffuso e concentrato (calanchi). |

| Classe | Intensità     | Valore | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------|---------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hg4    | Molto Elevata | 1,00   | Aree con pericolosità molto elevate con manifesti fenomeni di instabilità attivi o segnalati nel progetto AVI, IFFI o dagli Enti interpellati o rilevate direttamente dal Gruppo di lavoro. Classe d'instabilità potenziale massima (classe 5), frane di crollo attive (compresi falde e coni di detrito attivi e canali in roccia [e non] con scarico di detrito), frane di scorrimento attive, o scivolamenti rapidi in roccia, detrito, fluidificazione di terreni sciolti superficiali, piccole frane (attive), deformazioni gravitative profonde di versante attive, crolli e fenomeni di instabilità lungo l'intaglio stradale. Falesie marine in arenarie, marne, calcari marnosi terziari e/o pleistocenici. |

**Tab. 8 Aggiornamento delle classi di pericolosità da frana**

#### **2.4.2. Criteri di definizione della pericolosità delle aree soggette a fenomeni denominati “colate detritiche”**

Vista la difficoltà di modulare il grado di pericolosità sulla base di informazioni indirette, in funzione di una prima sperimentazione nel bacino prototipo di studio, si propone di attribuire le seguenti classi di pericolosità per fenomeni denominati “colate detritiche”.

- H<sub>cd</sub>4: tratti del reticolo idrografico caratterizzati da elevata pendenza nei quali sono stati accertati effettivi fenomeni denominati colata detritica e vi siano evidenze di eventi avvenuti in passato, derivanti dall'analisi da fotointerpretazione o da sopralluoghi in sito;
- H<sub>cd</sub>: tratti del reticolo idrografico caratterizzati da potenziali fenomeni denominati colata detritica, individuati per elevata pendenza e per altre condizioni che possono determinare l'innescò dei suddetti fenomeni con conseguenti situazioni di rischio per centri edificati o per rilevanti infrastrutture di comunicazione; tali tratti dovranno essere attenzionati per valutare possibili fenomeni di innescò, in primo luogo a verificare l'effettiva sussistenza di tale tipologia di pericolosità e, in caso di esito positivo di tali approfondimenti, alla definizione dell'area di pericolosità secondo le “Linee guida per gli studi di approfondimento relativi alle aree interessate da fenomeni denominati “colata detritica”” allegate al presente studio.

Occorre precisare che il termine colata detritica nel caso in oggetto va inteso in senso lato, ovvero che in tale classe risultano verosimilmente inclusi anche eventi alluvionali che sarebbero più propriamente classificabili come flussi iperconcentrati.

In effetti la differenza tra una colata detritica propriamente detta e un flusso iperconcentrato consiste nel fatto che nella prima la distribuzione del trasporto solido è sostanzialmente omogenea su tutta la sezione di deflusso, mentre nel secondo caso la frazione più grossolana del trasporto solido tende ad essere trasportata alla base della sezione di deflusso. Semplificando si potrebbe dire che quando si hanno colate detritiche i blocchi e i massi possono “galleggiare”, mentre in caso contrario si ha in prevalenza un rotolamento.

Poste tali premesse va tuttavia ricordato che in concreto, il passaggio da un fenomeno all'altro è graduale e comunque la distinzione tra l'uno e l'altro a posteriori è molto difficile. In effetti, ad esempio, sulla natura del dissesto che ha interessato recentemente l'abitato di Bitti vi sono pareri divergenti.

Nel caso specifico, visto che l'identificazione delle aree a rischio avviene con metodi indiretti non vi sono oggettivamente gli strumenti per distinguere dove potrebbe verificarsi, o dove si è verificata, una colata detritica in senso stretto e dove si è sviluppato (o potrebbe verificarsi) un flusso iperconcentrato di notevole intensità.

La perimetrazione delle aree di pericolosità nelle “Carte delle aree a pericolosità da frana” viene definita con apposita retinatura, considerando il tratto di fondovalle a partire dall’area critica fino all’area di arresto compresa, definita sulla base del cambio di pendenza (sotto i 10° o pendenza inferiore al 18% si ha l’arresto di gran parte del materiale) e/o della presenza di massi in alveo, opportunamente ampliato tenendo conto di un buffer di sicurezza pari, in prima istanza, a 15 m per lato.

Si intende che le conoidi alimentate da colate detritiche, ove presenti, dovranno essere considerate a rischio nella loro interezza.

Va infine ricordato che, per ragioni legate essenzialmente alla mancanza di un modello digitale del terreno di sufficiente dettaglio al di fuori delle aree urbanizzate, il calcolo automatico in ambiente GIS della pendenza dei tratti di rete idrografica, fatta sul reticolo idrografico ufficiale della Regione Sardegna, tende a sovrastimare la pendenza negli alvei, ove il fondovalle presenti una sezione pari o minore rispetto a quella della maglia del DEM.

In altre parole, ove la valle è fortemente incisa, il calcolo automatico della pendenza viene alterato dal fatto che vengono utilizzati, in quanto sono quelli più vicini da un punto di vista geometrico, anche punti della maglia in realtà ubicati sui versanti invece che sul fondovalle, ove le pendenze sono maggiori, salvo casi particolari. In tal senso si deve procedere ad uno screening “manuale” dei tratti a pendenza superiore a 15°, quindi teoricamente inclusi nella classe  $H_{cd}$ , al fine di eliminare, per quanto possibile, i falsi positivi.

Sulla base della sperimentazione condotta nell’ambito del bacino prototipo di studio, in sede di definizione della carta della pericolosità da frana, la presenza, oltre ad una pendenza d’alveo superiore a quella critica, di elementi indiretti a conferma dello sviluppo in passato di colate detritiche, come quelli descritti più sopra, non implica una variazione della classe di pericolosità.

Tuttavia, rimane traccia di tale analisi nella “Carta geomorfologica o dei fenomeni franosi”, ove la sussistenza di tali elementi viene esplicitata dalla rappresentazione, come elemento lineare, dall’elemento “colata detritica potenziale”. Per tali ragioni questi tratti di reticolo idrografico presentano, in linea di massima, un grado maggiore di propensione al dissesto, sebbene questo non comporti, salvo studi di dettaglio, un passaggio di classe di pericolosità.

In particolare, sulla base di quanto concordato con il gruppo di valutazione, l’individuazione delle aree di pericolosità generico da colate detritiche, quindi  $H_{cd}$ , è stato restituito, sulla base della carta geomorfologica, con particolare riferimento alle voci di legenda colata detritica potenziale e alvei con pendenza maggiore di 15°, **solo per gli impluvi che interferiscono direttamente su centri abitati o linee di comunicazione principali**. Il riscontro della potenziale pericolosità del reticolo idrografico nelle aree attualmente a basso rischio si ha comunque dall’analisi della carta geomorfologica.

Nella tabella seguente sono descritte le classi di pericolosità relativamente ai dissesti ai dissesti tipo colata detritica.

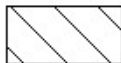
| Classe           | Intensità     | Valore | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------|---------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H <sub>cd</sub>  | Media         | 0,50   | <p>Tratti del reticolo idrografico caratterizzati da potenziali fenomeni denominati colata detritica, individuati per elevata pendenza e per altre condizioni che possono determinare l'innescò dei suddetti fenomeni con conseguenti situazioni di rischio per centri edificati o per rilevanti infrastrutture di comunicazione.</p> <p>Per tali tratti dovrà essere redatto uno studio di dettaglio per colata detritica (SDcd), come previsto dalle NA aggiornate del PAI (Art. 34 ter)</p>                                                           |
| H <sub>cd4</sub> | Molto Elevata | 1,00   | <p>Tratti del reticolo idrografico caratterizzati da elevata pendenza nei quali sono stati accertati effettivi fenomeni denominati colata detritica o vi siano evidenze di eventi avvenuti in passato, derivanti dall'analisi da fotointerpretazione o da sopralluoghi in sito.</p> <p>L'analisi critica della documentazione, anche alla luce dei criteri sopra descritti, deve consentire di distinguere tali eventi dalle piene ordinarie e dai dissesti di natura gravitativa.</p> <p>Il riferimento alle NA aggiornate del PAI è l'Art. 34 ter.</p> |

**Tab. 9 Aggiornamento delle classi di pericolosità per le colate detritiche**

#### 2.4.2.1 Rappresentazione cartografica della pericolosità per i fenomeni denominati "colata detritica"

Al fine di discriminare le aree derivanti da fenomeni assimilabili a fenomeni di colata detritica, è stata adottata una simbologia specifica che consente la valutazione della presenza ed estensione di tali fenomeni.

La rappresentazione cartografica è stata effettuata mediante l'uso di una retinatura semplice, di colore nero per le H<sub>cd</sub> e di colore rosso per le H<sub>cd4</sub>, con tratti inclinati di 135° e una separazione di 5 punti, come illustrato nell'immagine sottostante. Il colore rosso differenzia pertanto le aree ricadenti nella classe H<sub>cd4</sub>



Non è stato utilizzato alcuno sfondo coprente, in modo da permettere la visualizzazione di eventuali altre classi di pericolosità geomorfologica legate alle dinamiche dei versanti.

La cartografia in formato vettoriale (SHP) contiene nella tabella attributi associata agli elementi le seguenti informazioni, riportate in appositi campi:

| Nome campo       | Tipo                      | descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID</b>        | Intero                    | Identificativo numerico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>AREA</b>      | Numerico 2 cifre decimali | Superficie espressa in metri quadri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>PERIMETRO</b> | Numerico 2 cifre decimali | Lunghezza del perimetro espressa in metri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>PERICOLO</b>  | Stringa di testo 50       | <p>Contiene la classificazione dell'elemento, rappresentata mediante i valori:</p> <p><b>Hcd</b><br/>(Area lungo impluvio/alveo individuata per condizioni di pendenza da attenzionare per valutare possibili fenomeni di dissesto tipo "colate detritiche")</p> <p><b>Hcd4</b><br/>(Area in cui si sia manifestato in passato un evento documentato assimilabile a fenomeni tipo "colata detritica" o ove vi siano evidenze certe di eventi recenti, derivanti dall'analisi da fotointerpretazione o da sopralluoghi in sito)</p> |
| <b>FRANA</b>     | Stringa di testo          | Contiene il codice della frana                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>TIPO</b>      | Stringa di testo 50       | <p>Descrive la tipologia del fenomeno catalogato. Sono ammessi i seguenti valori:</p> <p><b>Alveo torrentizio &gt; 15</b><br/> <b>Colata detritica potenziale</b><br/> <b>Colata detritica</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>CLASSE</b>    | Stringa di testo 50       | Contiene la classificazione della pericolosità derivante da ulteriori fenomeni di dissesto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>NOTE</b>      | Stringa di testo 250      | Eventuali annotazioni ad es. fenomeni coincidenti (Pericolosità geomorfologica / Sinkhole)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

**Tab. 10** Attributi della copertura vettoriale delle aree derivanti da fenomeni assimilabili a fenomeni di colata detritica

#### **2.4.3. Criteri definizione della pericolosità delle aree minerarie dismesse e per le aree in generale soggette a sinkhole.**

Le presenti indicazioni sono finalizzate all'individuazione delle possibili situazioni di pericolosità derivanti dalla presenza di forme e processi di derivazione mineraria superficiale e sotterranea in sede di redazione del presente Studio PAI-Frane e di Studi di Assetto idrogeologico ai sensi dell'art. 8 delle NTA del PAI. Questi indirizzi metodologici sono applicabili ai settori direttamente ed indirettamente connessi con le attività mineraria distribuite nel territorio regionale, caratterizzati dalla presenza di discariche minerarie *tout-venant*, depositi di materiali da selezione gravimetrica e bacini di fini derivanti da processi *sink-float*, dai sistemi di *tailings* derivanti da essi, dalla presenza di vuoti di coltivazione in sottoterraneo, ed in generale, alle aree contermini che hanno subito profonde trasformazioni per la presenza delle attività estrattive.

La definizione della pericolosità all'interno delle aree minerarie dismesse parte da un quadro conoscitivo del territorio articolato in diverse fasi di acquisizione ed interpretazione dei dati e delle informazioni reperibili inerenti alle attività minerarie dismesse.

Nelle **forme di derivazione mineraria di coltivazione superficiale** (discariche, scavi, ecc.), il cui riconoscimento tipologico e spaziali può derivare sia da dati acquisiti dagli Enti competenti (IGEA, ex EMSA, RAS, ecc.), sia da fotointerpretazione e rilevamento diretto, potranno essere applicate le valutazioni geologiche e geomorfologiche secondo quanto indicato nelle Linee Guida del PAI, da cui derivano i diversi livelli di pericolosità geomorfologica di versante.

Nel caso di cavità naturali di cui si ha a disposizione una planimetria georiferita dell'andamento ipogeo della grotta, è possibile, in assenza di dati investigativi diretti, applicare un metodo speditivo per la valutazione della pericolosità geomorfologica delle cavità ipogee. In questi casi il criterio utilizzato per la definizione dei livelli di pericolosità geomorfologica è sostanzialmente planimetrico, cioè tiene conto della proiezione sul piano topografico dell'ingombro complessivo della Grotta nel sottosuolo. Questo areale corrispondente alla proiezione in superficie dell'involuppo delle cavità, **con l'aggiunta di un buffer esterno di 30 metri, individua un settore di pericolosità  $H_{gsh}$ , riferito appunto alla presenza di cavità naturali nel sottosuolo.**

In funzione dei dati disponibili, che non sempre consentono di effettuare particolari valutazioni sullo sviluppo e l'estensione delle cavità e di condurre valutazioni di tipo geotecnico sulla stabilità delle pareti e della volta delle stesse, nonché in considerazione dell'incompletezza del dato in sé, la determinazione della pericolosità legata alle cavità dovrà essere condotta sulla base di principi precauzionali e in linea con le prescrizioni di cui all'allegato A alla Deliberazione di Giunta regionale n.45/8 del 21/12/2010. In questi casi in assenza di informazioni sullo sviluppo piano altimetrico delle cavità, è stato definito **un intorno di 200 m di raggio a partire dal punto di ingresso così come segnalato dal Catasto Grotte, a cui verrà attribuito un livello di pericolosità  $H_{gsh}$ .**

Nelle aree interessate da **fenomeni franosi tipo "sinkhole" (di origine mineraria, antropica o naturale)** vengono definite 2 classi di pericolosità:

- **$H_{gsh4}$ :** Aree in cui si sia manifestato in passato un evento documentato assimilabile a fenomeni tipo "sinkhole" legati sia a processi di sprofondamento naturale, sia ad attività minerarie ed antropiche, comprese le fenomenologie in ambito urbano innescate ad esempio da perdite delle reti idriche. Rientrano in questa categoria le aree con presenza nel sottosuolo di sistemi estrattivi di coltivazione sotterranea, di sistemi di vuoti naturali e cavità antropiche, i cui caratteri di forma, profondità e sviluppo, uniti alle condizioni geomeccaniche dei terreni di copertura, determinano o hanno determinato l'attivazione di fenomeni di sprofondamento e collasso gravitativo della superficie;
- **$H_{gsh}$ :** Aree potenzialmente soggette a fenomeni franosi tipo "sinkhole" legati sia a processi di sprofondamento naturale, sia ad attività minerarie ed antropiche in generale. Rientrano in questa categoria le aree con presenza nel sottosuolo di sistemi estrattivi di coltivazione sotterranea, di sistemi di vuoti naturali e cavità antropiche i cui caratteri di forma, profondità e sviluppo, uniti alle condizioni geomeccaniche dei terreni di copertura, costituiscono fattori predisponenti l'attivazione di fenomeni di sprofondamento e collasso gravitativo della superficie.

Per quanto riguarda la rappresentazione delle **forme di derivazione mineraria di coltivazione in sotterraneo** (gallerie, pannelli e camere di coltivazione, ecc.), e della conseguente Pericolosità da "sinkhole", nel caso in cui sia possibile accedere ad informazioni cartografiche dei Piani di Miniera relativamente alle modalità di coltivazione, alla distribuzione dei vuoti in sotterraneo e all'estensione delle aree in concessione mineraria, si è proceduto come segue:

1. rappresentazione planimetrica delle **forme di derivazione mineraria di coltivazione in sotterraneo** nella tavola geomorfologica e della franosità allegata allo Studio; analisi della distribuzione spaziale dei vuoti e verifica di eventuali segni di dissesto superficiale riconducibili a sprofondamenti minerari, quali ad esempio presenza di fratture di trazione, improvvisi cambiamenti di quota assoluta, come gradini o salti morfologici della superficie topografica;
2. Proiezione in superficie dell'involuppo dei vuoti sotterranei al fine di individuare aree che, incrementate di un buffer di estensione minima di 30 metri – e comunque estendibile in funzione del contesto geominerario e geomorfologico locale - definiscono settori  **$H_{gsh}$**  corrispondenti ad aree in cui in virtù della presenza delle coltivazioni in sotterraneo, possono sussistere condizioni di pericolosità geologica connessa con fenomeni di sprofondamento. **A queste aree si applica la disciplina di cui all'art. 13 comma 8 delle NdA del PAI**, che subordina qualsiasi trasformazione o recupero degli insediamenti minerari interessati alla valutazione positiva dello Studio di Compatibilità

Geologica-Geotecnica di cui all'articolo 25, con modalità di indagine specifica per le aree minerarie come di seguito illustrata. Lo stesso criterio del buffer minimo di 30 m si applica anche alle cavità naturali di cui è noto l'andamento planimetrico. Nel caso in cui, viceversa, sia conosciuto solo l'imbocco si applica una fascia di rispetto di 200 m di raggio, così come previsto all'allegato A alla Deliberazione di Giunta regionale n.45/8 del 21/12/2010.

3. Nel caso in cui non è stato possibile reperire informazioni relativamente ai piani di miniera e relativa estensione ed ubicazione spaziale delle coltivazioni in sotterraneo, in misura precauzionale è stata tracciata un'area racchiusa entro il limite delle aree in concessione mineraria, anche rivisitato in relazione alla reale presenza di forme e processi di derivazione mineraria in superficie. Anche queste aree così individuate definiscono settori **Hg<sub>sh</sub>**, su cui si dovranno applicare le indicazioni dell'articolo 13 comma 8 delle NdA del PAI, che subordina qualsiasi trasformazione o recupero degli insediamenti minerari interessati alla valutazione positiva dello Studio di Compatibilità Geologica-Geotecnica di cui all'articolo 25, con modalità di indagine specifica per le aree minerarie come di seguito illustrata.
4. Nelle aree in cui si sia manifestato in passato un evento documentato assimilabile a fenomeni tipo "sinkhole" legato ad attività minerarie ed antropiche, si individua la classe di pericolosità **Hg<sub>sh</sub>4**. L'individuazione dell'areale **Hg<sub>sh</sub>4** riferito ad un sinkhole visibile in superficie avviene attraverso la perimetrazione del bordo dello stesso, con l'aggiunta di un buffer di 30 m. Nel caso di aree con presenza nel sottosuolo di sistemi estrattivi di coltivazione sotterranea e di sistemi di vuoti e cavità antropiche i cui caratteri di forma, profondità e sviluppo, uniti alle condizioni geomeccaniche dei terreni di copertura, determinano o hanno determinato l'attivazione di fenomeni di sprofondamento e collasso gravitativo, si definisce un areale **Hg<sub>sh</sub>4** corrispondente alla proiezione in superficie dell'involuppo dei vuoti sotterranei incrementato di un buffer di estensione minima di 30 metri;

Per i fenomeni franosi tipo "sinkhole", riconducibili ai dissesti originati dal collasso di cavità sotterranee siano esse naturali o artificiali, sia effettivi o potenziali, sono state introdotte le seguenti classi di pericolosità.

| Classe           | Intensità | Valore | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------|-----------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hg <sub>sh</sub> | Media     | 0,50   | <p>Aree potenzialmente soggette a fenomeni franosi tipo "sinkhole" legati sia a processi di sprofondamento naturale, sia ad attività minerarie ed antropiche in generale. Rientrano in questa categoria le aree con presenza nel sottosuolo di sistemi estrattivi di coltivazione sotterranea, di sistemi di vuoti naturali e cavità antropiche i cui caratteri di forma, profondità e sviluppo, uniti alle condizioni geomeccaniche dei terreni di copertura, costituiscono fattori predisponenti l'attivazione di fenomeni di sprofondamento e collasso gravitativo della superficie.</p> <p>Per le aree minerarie i criteri di perimetrazione e classificazione della pericolosità sono i seguenti:</p> <p>Nel caso in cui sia possibile accedere ad informazioni cartografiche dei Piani di Miniera relativamente alle modalità di coltivazione, alla distribuzione dei vuoti in sotterraneo e all'estensione delle aree in concessione mineraria, si potrà procedere come segue:</p> <p>a) rappresentazione planimetrica delle forme di derivazione mineraria di coltivazione in sotterraneo nella tavola geomorfologica e della franosità allegata allo Studio; analisi della distribuzione spaziale dei vuoti e verifica di eventuali segni di dissesto superficiale riconducibili a sprofondamenti minerari, quali ad esempio presenza di fratture di trazione, improvvisi</p> |

| Classe | Intensità | Valore | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------|-----------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |           |        | <p>cambiamenti di quota assoluta, come gradini o salti morfologici della superficie topografica;</p> <p>b) Proiezione in superficie dell'involuppo dei vuoti sotterranei al fine di individuare aree che, incrementate di un buffer di estensione minima di 30 metri – e comunque estendibile in funzione del contesto geominerario e geomorfologico locale - definiscono settori <math>H_{sh}</math> corrispondenti ad aree in cui in virtù della presenza delle coltivazioni in sotterraneo, possono sussistere condizioni di pericolosità geologica connessa con fenomeni di sprofondamento. A queste aree si applica la disciplina di cui all'art. 13 comma 8 delle NdA del PAI, che subordina qualsiasi trasformazione o recupero degli insediamenti minerari interessati alla valutazione positiva dello Studio di Compatibilità Geologica-Geotecnica di cui all'articolo 25, con modalità di indagine specifica per le aree minerarie come di seguito illustrata.</p> <p>c) Nel caso in cui non fosse possibile reperire informazioni relativamente ai piani di miniera e relativa estensione ed ubicazione spaziale delle coltivazioni in sotterraneo, in misura precauzionale potrà essere tracciata un'area racchiusa entro il limite delle aree in concessione mineraria, anche rivisitato in relazione alla reale presenza di forme e processi di derivazione mineraria in superficie. Anche queste aree così individuate definiscono settori <math>H_{sh}</math>, su cui si dovranno applicare le indicazioni dell'articolo 13 comma 8 delle NdA del PAI, che subordina qualsiasi trasformazione o recupero degli insediamenti minerari interessati alla valutazione positiva dello Studio di Compatibilità Geologica-Geotecnica di cui all'articolo 25, con modalità di indagine specifica per le aree minerarie come di seguito illustrata.</p> <p>Per le cavità naturali i criteri di perimetrazione sono i seguenti:</p> <p>Nel caso si abbia a disposizione una planimetria georiferita dell'andamento ipogeo della grotta, è possibile, in assenza di dati investigativi diretti, applicare un metodo speditivo per la valutazione della pericolosità geomorfologica delle cavità ipogee. In questi casi il criterio utilizzato per la definizione dei livelli di pericolosità geomorfologica è sostanzialmente planimetrico, cioè tiene conto della proiezione sul piano topografico dell'ingombro complessivo della Grotta nel sottosuolo. Questo areale corrispondente alla proiezione in superficie dell'involuppo delle cavità, con l'aggiunta di un buffer esterno di 30 metri, individua un settore di pericolosità <math>H_{sh}</math>, riferito appunto alla presenza di cavità naturali nel sottosuolo.</p> <p>In funzione dei dati disponibili, che non sempre consentono di effettuare particolari valutazioni sullo sviluppo e l'estensione delle cavità e di condurre valutazioni di tipo geotecnico sulla stabilità delle pareti e della volta delle stesse, nonché in considerazione dell'incompletezza del dato in sé, la determinazione della pericolosità legata alle cavità dovrà essere condotta sulla base di principi precauzionali e in linea con le prescrizioni di cui all'allegato A alla Deliberazione di Giunta regionale n.45/8 del 21/12/2010.</p> |

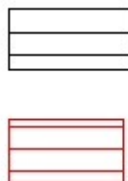
| Classe    | Intensità     | Valore | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------|---------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           |               |        | In questi casi in assenza di informazioni sullo sviluppo piano altimetrico delle cavità, si dovrà definire un intorno di 200 m a partire dal punto di ingresso così come segnalato dal Catasto Grotte, a cui verrà attribuito un livello di pericolosità $H_{sh}$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| $H_{sh4}$ | Molto Elevata | 1,00   | <p>Aree in cui si sia manifestato in passato un evento documentato assimilabile a fenomeni tipo “sinkhole” legati sia a processi di sprofondamento naturale, sia ad attività minerarie ed antropiche, comprese le fenomenologie in ambito urbano innescate ad esempio da perdite delle reti idriche. Rientrano in questa categoria le aree con presenza nel sottosuolo di sistemi estrattivi di coltivazione sotterranea, di sistemi di vuoti naturali e cavità antropiche, i cui caratteri di forma, profondità e sviluppo, uniti alle condizioni geomeccaniche dei terreni di copertura, determinano o hanno determinato l’attivazione di fenomeni di sprofondamento e collasso gravitativo della superficie</p> <p>Nelle aree in cui si sia manifestato in passato un evento documentato assimilabile a fenomeni tipo “sinkhole” legato a processi di sprofondamento naturale, ad attività minerarie ed antropiche, si individua la classe di pericolosità <math>H_{sh4}</math>.</p> <p>L’individuazione dell’areale <math>H_{sh4}</math> riferito ad un sinkhole visibile in superficie avviene attraverso la perimetrazione del bordo dello stesso, con l’aggiunta di un buffer di 30 m. Nel caso di aree con presenza nel sottosuolo di sistemi estrattivi di coltivazione sotterranea e di sistemi di vuoti e cavità antropiche i cui caratteri di forma, profondità e sviluppo, uniti alle condizioni geomeccaniche dei terreni di copertura, determinano o hanno determinato l’attivazione di fenomeni di sprofondamento e collasso gravitativo, si definisce un areale <math>H_{sh4}</math> corrispondente alla proiezione in superficie dell’involuppo dei vuoti sotterranei incrementato di un buffer di estensione minima di 30 metri.</p> |

**Tab. 11 - Aggiornamento delle classi di pericolosità per i fenomeni tipo “sinkhole”.**

#### *2.4.3.1 Rappresentazione cartografica della pericolosità denominati “sinkhole” dovuti a cause superficiali per la presenza di vuoti di coltivazione mineraria*

Al fine di discriminare le aree derivanti da fenomeni franosi dovuti a cause superficiali da fenomeni dovuti alla presenza di vuoti sotterranei di coltivazione mineraria, anche in compresenza di entrambi i fenomeni, è stata adottata una simbologia specifica che consente la valutazione della presenza ed estensione di tali fenomeni.

La rappresentazione cartografica è stata effettuata mediante l'uso di una retinatura semplice, di colore nero per  $Hg_{sh}$  e di colore rosso per  $Hg_{sh4}$ , con tratti continui orizzontali e una separazione di 3 punti, come illustrato nell'immagine sottostante. Il colore rosso differenzia quindi le aree in classe  $Hg_{sh4}$ .



Non è stato utilizzato alcuno sfondo coprente, in modo da permettere la visualizzazione di eventuali altre classi di pericolosità geomorfologica legate alle dinamiche dei versanti.

La cartografia in formato vettoriale (SHP) contiene nella tabella attributi associata agli elementi le seguenti informazioni, riportate in appositi campi:

| Nome campo       | Tipo                      | descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID</b>        | Intero                    | Identificativo numerico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>AREA</b>      | Numerico 2 cifre decimali | Superficie espressa in metri quadri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>PERIMETRO</b> | Numerico 2 cifre decimali | Lunghezza del perimetro espressa in metri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>PERICOLO</b>  | Stringa di testo 50       | <p>Contiene la classificazione dell'elemento, rappresentata mediante i valori:</p> <p><b>Hgsh</b><br/>(Area potenzialmente soggetta a fenomeni franosi tipo "sinkhole" legati sia a fenomeni di sprofondamento naturale, sia ad attività minerarie e antropiche in generale)</p> <p><b>Hgsh4</b><br/>(Area in cui si sia manifestato in passato un evento documentato assimilabile a fenomeni franosi tipo "sinkhole" legati sia a sprofondamento naturale, sia ad attività minerarie ed antropiche, comprese le fenomenologie in ambito urbano innescate da pertite di reti idriche)</p> |
| <b>FRANA</b>     | Stringa di testo 50       | Contiene il codice della frana                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>TIPO</b>      | Stringa di testo 50       | <p>Descrive la tipologia del fenomeno franoso catalogato. Sono ammessi i seguenti valori:</p> <p><b>Area mineraria</b><br/><b>Cavità artificiale o naturale Vuoto galleria mineraria</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>CLASSE</b>    | Stringa di testo 50       | Contiene la classificazione della pericolosità derivante da ulteriori fenomeni di dissesto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>NOTE</b>      | Stringa di testo 250      | Eventuali annotazioni ad es. fenomeni coincidenti (Pericolosità geomorfologica / Sinkhole)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

**Tab. 12 Attributi della copertura vettoriale delle aree derivanti da fenomeni franosi tipo "sinkhole" dovuti a cause superficiali da fenomeni dovuti alla presenza di vuoti di coltivazione mineraria**

## 2.5 Carta degli elementi a rischio

La copertura degli elementi a rischio deriva dalla carta del danno potenziale fornita dalla Regione Sardegna opportunamente aggiornata nei suoi elementi principali al 2019; mediante la fotointerpretazione eseguita dall'RTI, tramite immagini AGEA 2019 e Google Earth 2019, è stata aggiornata la geometria della tipologia degli elementi sulla base dell'uso reale del suolo. Particolare attenzione è stata posta all'individuazione degli elementi a classe E3 ed E4 interferenti con le classi di pericolosità da frana Hg3 elevata e Hg4 molto elevata (viabilità principali, aree edificate, reti tecnologiche, etc.).

Per la classificazione degli elementi a rischio (E1, E2, E3, E4) è stata mantenuta quella definita dall'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna - Servizio Difesa del Suolo, Assetto Idrogeologico e Gestione del Rischio Alluvioni redatta secondo quanto previsto dal Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 "Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni" secondo la seguente tabella.

| Classe | Elementi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| E4     | <p>Zone residenziali</p> <p>Edifici pubblici, anche al di fuori delle aree residenziali</p> <p>Strutture ospedaliere, sanitarie e scolastiche</p> <p>Zone industriali e commerciali</p> <p>Zone industriali, commerciali ed insediamenti produttivi</p> <p>Reti di comunicazione e trasporto strategiche (strade statali)</p> <p>Reti di comunicazione e trasporto primarie (aree portuali, reti ferroviarie e spazi annessi, aree aeroportuali ed eliporti)</p> <p>Strutture ed impianti a supporto delle reti di comunicazione e trasporto che non ricadono nelle aree residenziali</p> <p>Impianti a rischio</p> <p>Aree di rilievo storico-culturale e archeologico</p> <p>Aree protette (parchi nazionali, regionali ed aree protette)</p> <p>Fognature e impianti di depurazione</p> |
| E3     | <p>Aree ricreative e sportive</p> <p>Cantieri</p> <p>Aree cimiteriali</p> <p>Aree estrattive</p> <p>Discariche</p> <p>Reti tecnologiche e di servizio, strutture tecnologiche a supporto delle reti</p> <p>Reti di comunicazione e trasporto primarie (strade provinciali, reti stradali e spazi accessori)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| E2     | <p>Aree verdi urbane</p> <p>Reti di comunicazione e trasporto secondarie (strade comunali)</p> <p>Zone agricole permanenti ed eterogenee</p> <p>Superfici agricole seminate</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| E1     | <p>Superfici a vegetazione rada</p> <p>Aree boscate e prati</p> <p>Corpi idrici</p> <p>Zone umide</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

**Tab. 13 Classificazione degli elementi a rischio**

## 2.6 Carta delle aree a rischio da frana

La carta delle aree a rischio da frana è il risultato dell'intersezione degli elementi a rischio (E1, E2, E3, E4) con le aree a pericolosità (Hg1, Hg2, Hg3, Hg4). Per tale elaborato è stata utilizzata la matrice definita nelle "Linee Guida PAI" riportata nella seguente tabella.

|    | Hg1 | Hg2 | Hg3 | Hg4 |
|----|-----|-----|-----|-----|
| E1 | Rg1 | Rg1 | Rg1 | Rg1 |
| E2 | Rg1 | Rg1 | Rg2 | Rg2 |
| E3 | Rg1 | Rg2 | Rg3 | Rg3 |
| E4 | Rg1 | Rg2 | Rg3 | Rg4 |

**Tab. 14 Classificazione delle aree a rischio da frana**

La copertura degli elementi a rischio deriva dalla carta del danno potenziale fornita dalla Regione Sardegna opportunamente aggiornata nei suoi elementi principali al 2019; mediante la fotointerpretazione eseguita dall'RTI, tramite immagini AGEA 2019 e Google Earth 2019, è stata aggiornata la geometria della tipologia degli elementi sulla base dell'uso reale del suolo. Particolare attenzione è stata posta all'individuazione degli elementi a classe E3 ed E4 interferenti con le classi di pericolosità da frana Hg3 elevata e Hg4 molto elevata (viabilità principali, aree edificate, reti tecnologiche, etc.).

Per la classificazione degli elementi a rischio (E1, E2, E3, E4) è stata mantenuta quella definita dall'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna - Servizio Difesa del Suolo, Assetto Idrogeologico e Gestione del Rischio Alluvioni redatta secondo quanto previsto dal Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 "Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni" secondo la seguente tabella.

| <b>Classe</b> | <b>Elementi</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| E4            | <p>Zone residenziali</p> <p>Edifici pubblici, anche al di fuori delle aree residenziali</p> <p>Strutture ospedaliere, sanitarie e scolastiche</p> <p>Zone industriali e commerciali</p> <p>Zone industriali, commerciali ed insediamenti produttivi</p> <p>Reti di comunicazione e trasporto strategiche (strade statali)</p> <p>Reti di comunicazione e trasporto primarie (aree portuali, reti ferroviarie e spazi annessi, aree aeroportuali ed eliporti)</p> <p>Strutture ed impianti a supporto delle reti di comunicazione e trasporto che non ricadono nelle aree residenziali</p> <p>Impianti a rischio</p> <p>Aree di rilievo storico-culturale e archeologico</p> <p>Aree protette (parchi nazionali, regionali ed aree protette)</p> <p>Fognature e impianti di depurazione</p> |
| E3            | <p>Aree ricreative e sportive</p> <p>Cantieri</p> <p>Aree cimiteriali</p> <p>Aree estrattive</p> <p>Discariche</p> <p>Reti tecnologiche e di servizio, strutture tecnologiche a supporto delle reti</p> <p>Reti di comunicazione e trasporto primarie (strade provinciali, reti stradali e spazi accessori)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| E2            | <p>Aree verdi urbane</p> <p>Reti di comunicazione e trasporto secondarie (strade comunali)</p> <p>Zone agricole permanenti ed eterogenee</p> <p>Superfici agricole seminate</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| E1            | <p>Superfici a vegetazione rada</p> <p>Aree boscate e prati</p> <p>Corpi idrici</p> <p>Zone umide</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

**Tab. 15 Classificazione degli elementi a rischio**

Le classi e l'intensità di rischio da frana moderato (Rg1), medio (Rg2), elevato (Rg3) e molto elevato (Rg4) sono legate agli effetti secondo la seguente descrizione.

| Classe     | Intensità     | Descrizione effetti                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Rg1</b> | Moderato      | Danni sociali, economici e al patrimonio ambientale                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Rg2</b> | Medio         | Sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.                                                  |
| <b>Rg3</b> | Elevato       | Sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale. |
| <b>Rg4</b> | Molto elevato | Sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche.                                                                   |

**Tab. 16 Intensità delle aree a rischio da frana e descrizione degli effetti attesi**

In relazione alla pericolosità legata allo sviluppo di colate detritiche e di sinkhole si è proceduto come segue.

Le classi di pericolosità  $H_{cd4}$  e  $H_{gsh4}$  sono state trattate, per il calcolo del rischio, nello stesso modo della classe di pericolosità  $H_{g4}$ . Sono state quindi sovrapposte al rischio da frana ed è stato riportato il valore più elevato tra quelli riportati nelle due coperture.

Nella figura seguente è riportata la legenda della "Carta delle aree a rischio da frana".

## RISCHIO

| Classe     | Intensità     | Descrizione degli effetti                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Rg0</b> | Nulla         | Aree studiate non soggette a rischio da frana                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Rg1</b> | Moderato      | Danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali.                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Rg2</b> | Medio         | Sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche                                                   |
| <b>Rg3</b> | Elevato       | Sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale. |
| <b>Rg4</b> | Molto elevato | Sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche.                                                                   |

**Fig. 5 Legenda della "Carta delle aree a rischio da frana"**

## 2.7 Schede degli interventi di mitigazione del rischio

Sono state redatte delle specifiche schede degli interventi di mitigazione del rischio realizzati, di quelli in progetto o indicati nelle schede intervento del PRG o, ancora, proposti nell'ambito del presente studio. Il complesso degli interventi di mitigazione considerato è costituito oltre che da quelli proposti nello studio che si ritengono necessari per la riduzione della pericolosità da frana, da quelli già realizzati, o in fase di realizzazione e di rilevante importanza.

Le schede di sintesi degli interventi di mitigazione del rischio comprendono:

- una sezione anagrafica introduttiva con codice intervento (Codice ISTAT comune prevalente + numerazione a 4 cifre), comune, toponimo località;
- uno stralcio cartografico con l'ubicazione delle aree interessate dagli interventi;
- una sezione con descrizione del sito dal punto di vista geologico, geomorfologico e dei dissesti in atto corredata di documentazione fotografica;
- una sezione dedicata alla descrizione degli interventi realizzati e di quelli in progetto con relativo valore dei costi dei lavori ove disponibile, corredata di documentazione fotografica;
- una sezione dedicata alla descrizione degli interventi proposti nell'ambito del presente studio con relativa valutazione economica degli stessi;
- una sezione finale in cui viene riportata in allegato copia della documentazione raccolta in relazione al sito in esame (schede di segnalazioni dei comuni, studi, progetti, certificati di collaudo ecc.).

La scheda contiene infine una stima di massima dell'importo dei lavori, rappresentati dal costo delle opere strutturali che risulta necessario eseguire per la stabilizzazione dei dissesti presenti e/o per la protezione dei beni esposti e che sono individuati nelle parti precedenti della scheda stessa.

La stima non comprende gli importi che, nei quadri economici dei progetti, ricorrono normalmente sotto la voce "somme a disposizione dell'amministrazione" e che sono di natura più generale e comprendono, oltre all'IVA, i costi per gli accertamenti e indagini necessarie alla progettazione (topografiche, geologiche, geotecniche ecc.), gli espropri, gli oneri di progettazione, direzione dei lavori e coordinamento della sicurezza, gli imprevisti.

La stima dell'importo dei lavori relativa a ciascuna scheda di intervento è stata effettuata sulla base di una quantificazione di massima della consistenza delle singole opere da realizzare, che vengono nel loro insieme a costituire l'intervento nel suo complesso, in funzione delle finalità individuate. Per ciascuna tipologia di opera si è fatto riferimento a prezzi unitari desunti dai prezziari della Regione Sardegna e, ove questo non è stato possibile, da prezzi riferimento validi per altre aree geografiche a scala nazionale, per i quali si è considerata la rappresentatività anche per le aree interessate.

Data la prevalenza di dissesti legati a frane per crollo, per lo più gli interventi sono costituiti da barriere paramassi, reti radenti, chiodature, disgaggi, sottomurazioni e demolizione di blocchi instabili. Purtroppo per tali tipologie di opere gli interventi di ingegneria naturalistica, pur previsti ove possibile, sono sussidiari alle opere principali che per loro natura debbono essere realizzate con materiali che garantiscano la massima sicurezza possibile. Tali interventi inoltre, generalmente, pur consentendo di ridurre in misura netta e sostanziale il rischio, non permettono la messa in sicurezza totale dell'elemento a rischio considerato e/o la stabilizzazione del versante soggetto a dissesto, il che può tradursi in una riduzione della pericolosità da molto elevato ad elevata (Hg4-Hg3) ma quasi mai da elevata a media (Hg3-Hg2).

Nel caso di soil slip, frane per scivolamento o simili, legati essenzialmente a movimenti sulle coperture di alterazione o a dissesti sulle falesie costiere, vi sono maggiori margini sia per l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica, sia per la stabilizzazione dei versanti. In tali casi, tuttavia, può essere opportuno

procedere ad eventuali declassamenti solo a seguito di un congruo tempo di verifica dell'efficacia delle opere realizzate (ad esempio posticipando il declassamento al primo aggiornamento del PAI). Inoltre, va aggiunto che tali fenomeni spesso sono poco frequenti (come le frane per scivolamento e colata) e spesso insistono prevalentemente su zone disabitate dove gli interventi non sono necessari (ad esempio per i soil slip).