



Regione Autonoma della Sardegna  
Ass.to EE.LL., Finanza e Urbanistica



COMUNE DI GOLFO ARANCI



Provincia Olbia-Tempio

# COMUNE DI GOLFO ARANCI



## PIANO PAESISTICO REGIONALE - L.R. 25 novembre 2004, n. 8 ADEGUAMENTO DEL PIANO URBANISTICO COMUNALE AL P.P.R. E AL P.A.I.

### CARTE DI PERICOLOSITA' E RISCHIO GEOLOGICO E IDRAULICO

Tav.

**R.A**

Elaborato

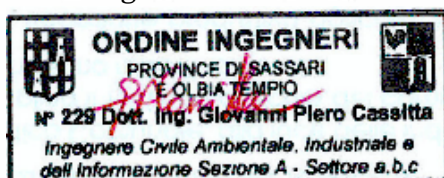
**Relazione  
studio di compatibilità Geologica**

Scala

Allegato alla delibera C.C. n° 13 del 10/03/2016

#### COORDINATORE

Dott. Ing. G. Piero Cassitta



#### ESPERTI

Dott. Agr. Nicola Sanna

Dott. Agr. Giovanni Dettori

Dott. Geol. Giovanni Tilocca

Dott. Claudio Caria (GIS)

Dott. Arch. Marco Agostino Amucano

Agg. 2013

# RELAZIONE ILLUSTRATIVA

*Studio geologico per l' Adeguamento del P.U.C. al P.A.I. (ex art. 8 comma 5 delle N.T.A.-P.A.I. della R.A.S.)*

## PREMESSA

La presente relazione, sintetizzandolo, completa l'espletamento dell'incarico dello scrivente relativo all'adeguamento del P.U.C. di Golfo Aranci (OT) al Piano di Assetto Idrogeologico della R.A.S. – (2005), per la parte che riguarda l'individuazione e la perimetrazione, alla scala dello strumento urbanistico, delle aree a pericolosità geomorfologica non perimetrate nella cartografia P.A.I., così come disposto dalle N.d.A. dello stesso Piano.

Individuazione e perimetrazione ricavata, rispondono in larga misura all'impostazione metodologica proposta dalla R.A.S. nelle *Linee Guida per l'adeguamento dell'assetto ambientale* emanate dall'Assessorato EE. LL. FF. UU., per l'adeguamento del P.U.C. al P.A.I., a loro volta derivanti per la fattispecie dalle *Linee Guida* del P.A.I.. Va evidenziato, tuttavia, fin da subito, che l'applicazione *sic et simpliciter* della metodologia regionale tende a sovradimensionare spazi e classi di pericolosità geomorfologica, **oltrepassando ogni più ampio criterio prudenziale di rappresentazione, tanto da rendere i risultati ampiamente disgiunti dal contesto geomorfologico ancorché, evidentemente, alquanto penalizzanti per gli usi del territorio.** Ciò ha comportato, conseguentemente, la necessità d'impiego di correttivi nel corso dell'elaborazione cartografica.

Ciò non di meno, al momento non sono state né proposte né, tanto meno tarate sul territorio della Sardegna né applicazioni alternative né varianti migliorative della metodica. D'altro canto non risulta che l'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico abbia suggerito o prescritto particolari disposizioni di carattere tecnico tese a ridurre gli effetti di decontestualizzazione. Ciò detto, è indiscutibile che, al momento attuale, la metodologia possa determinare, senza le opportune tarature, forti margini di incertezza e irrealismo. Va da sé, dunque, che la materia necessiti al più presto di rilevanti correttivi tecnico-scientifici in grado di rappresentare con maggiore realismo l'assetto geomorfologico dei versanti. In questo quadro di incertezze derivanti da risultati di sovrastima della pericolosità, è apparso più che giustificato, quindi, il suddetto ricorso ad applicazioni di affinamenti e correttivi sul modello proposto.

In particolare, sono state predisposti appositi "filtri" supplementari, che agendo a monte sulla cosiddetta "sintassi" del G.I.S., hanno ristretto le condizioni concettuali connesse alla

logica della sovrapposizione dei tematismi di base, su cui è fondata la metodologia. Assai più limitatamente infine, nei casi ove i risultati cartografici siano persistiti, malgrado i correttivi in forma non realistica, si è ricorsi ad opportune “forzature” a valle dell’applicazione.

Su richiesta del coordinamento, in aggiunta alla Pericolosità geomorfologica, si è passati anche all’individuazione del Rischio geomorfologico, previo riconoscimento e classificazione degli Elementi a Rischio, secondo le indicazioni P.A.I.. Il lavoro pertanto si completa con una carta del Rischio geomorfologico.

La base cartografica degli elaborati finali è quella dello strumento urbanistico, alla scala 1:4.000, non essendo disponibile il formato di maggior dettaglio, in scala 1:2.000 così come disposto dalle N.d.A. P.A.I... La restituzione richiesta dal Coordinatore è in scala 1:10.000.

## **1. OGGETTO E OBIETTIVI DELLO STUDIO. NORMATIVA**

L’oggetto dello studio è, ai sensi dell’Art. 8 comma 5, delle Norme Tecniche di Attuazione del P.A.I.- R.A.S. (2005), la perimetrazione e la classificazione delle **aree a pericolosità significativa non perimetrata dal P.A.I.**, così come definite nell’art. 26 delle stesse N. d. A. del P.A.I. (cfr. Cap.5).

La suddetta norma regionale stabilisce infatti che: *“In applicazione dell’articolo 26, comma 3, delle presenti norme negli atti di adeguamento dei piani urbanistici comunali al PAI sono delimitate puntualmente alla scala 1: 2.000 le aree a significativa pericolosità idraulica o geomorfologica non direttamente perimetrata dal PAI”*.

L’art. 26 definisce le *“Aree pericolose non perimetrata nella cartografia di piano”* nel modo seguente:

*1. Possiedono significativa pericolosità idraulica le seguenti tipologie di aree idrografiche appartenenti al bacino idrografico unico della Regione Sardegna:*

- a. reticolo minore gravante sui centri edificati;*
- b. foci fluviali;*
- c. aree lagunari e stagni.*

*2. Possiedono significativa pericolosità geomorfologica le seguenti tipologie di aree di versante appartenenti al bacino idrografico unico della Regione Sardegna :*

- a. aree a franosità diffusa, in cui ogni singolo evento risulta difficilmente cartografabile alla scala del PAI;*
- b. aree costiere a falesia;*
- c. aree interessate da fenomeni di subsidenza.*

3. Per le tipologie di aree indicate nei commi 1 e 2 le prescrizioni applicabili valgono all'interno di porzioni di territorio delimitate dalla pianificazione comunale di adeguamento al PAI, ai sensi dell'articolo 8, comma 5. Il programma triennale di attuazione stabilisce per tutte le aree indicate nei commi 1 e 2 interventi di sistemazione e manutenzione della rete idrografica, dei versanti e di regimazione del deflusso idrico superficiale.

4. Alle aree elencate nei precedenti commi 1 e 2, dopo la delimitazione da parte della pianificazione comunale di adeguamento al PAI, si applicano le prescrizioni individuate dalla stessa pianificazione comunale di adeguamento al PAI tra quelle per le aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media.

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

I contenuti cartografici di questo studio (cfr. Cap. 5.) sono, nei fatti, concettualmente complementari a quelli relativi alla Trasposizione delle aree pericolose del P.A.I. vigente nel P.U.C. e, sul piano diagnostico vanno con tutta evidenza ben oltre i risultati P.A.I. ufficiali, poiché caratterizzano la problematica secondo una maggiore articolazione territoriale definendone un maggior dettaglio da un lato ed un convincente inquadramento sinottico dall'altro (cfr. Cap.5 e Cap.6).

Rimane il fatto che gli effetti, per così dire, informativi, della metodologia, ivi compresa l'applicazione in ambito GIS, si riverberano sugli elaborati cartografici, generando nelle

aree perimetrale un'inusuale ripartizione in parcelle che risentono in primo luogo della struttura del DEM.

## 2. AMBITO DELLO STUDIO

L'ambito di riferimento è il territorio del comune di Golfo Aranci (OT) secondo i limiti ufficiali comunali, ricompresi all'interno delle seguenti 5 sez. della C.T.R. in scala 1:10.000 (da Nord a Sud e da Ovest ad Est):

- a. 428150, 444160.
- b. 444020; 444030; 444040.

ed appartenenti per intero all'Ambito n.18 del Piano Paesistico Regionale.

I risultati dello studio sono stati raccolti in n. 1 Carta di Pericolosità geomorfologica, di n.1 Carta del Rischio geomorfologico e n.1 Carta degli Elementi a rischio. Gli elaborati cartografici consegnati in formato Shapefile, PDF e cartaceo sono dunque, 3 e ad essi si aggiunge la presente Relazione.

## 3. MATERIALI E METODI

In ogni caso, per quanto precisato in premessa, il lavoro di preparazione della specifica cartografia tematica di adeguamento al P.A.I., è stato eseguito in accordo col Professionista incaricato della stesura dell'adeguamento del P.U.C., Ing. G. P. Cassitta, che, fra l'altro, ha fornito in formato digitale il DEM e gli ulteriori strati informativi *Uso del Suolo (UDS)* e *Elementi a Rischio* in scala 1:4000, coordinando gli adempimenti, in funzione dei tempi e delle esigenze dell'Amministrazione comunale.

Per lo scopo si è fatto riferimento al complesso delle osservazioni acquisite o cartografate già in prima fase (adeguamento PPR), appoggiandole a rilievi fotogeologici circostanziati per le opportune tarature di chiusura, tramite mirati sopralluoghi e ricognizioni speditive<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> A beneficio dell'illustrazione del lavoro, è doveroso sottolineare come una carta geologica in qualunque scala, poiché costituisce il risultato di un'analisi interpretativa (per questa ragione non si tratta affatto di un prodotto invariante, né la geologia stessa può definirsi in tutta correttezza un contesto invariante), è ottenibile in vari modi. Fra essi certamente il più indicato qualitativamente è quello che fa riferimento ad un accurato e dettagliato rilievo sul terreno. Questa prestazione oltre che assicurare l'applicazione della metodologia più consolidata offre la maggiore garanzia sui risultati della restituzione, in particolare l'esattezza e la varietà dei particolari del rilievo geolitologico. Di maggiore approssimazione deve considerarsi invece la metodologia che si basa su rilievi veloci, analisi fotogeologiche e riscontri di taratura, in particolare per quel che concerne la definizione dei terreni di base. Peraltro si sottolinea che una carta

L'esame delle Falesie costiere è stato limitato a quelle raggiungibili via terra. Ulteriori osservazioni di dettaglio nell'agro hanno consentito, peraltro, di riscontrare condizioni non segnalate nella precedente fase di cui non si è avuta informazione preliminare<sup>2</sup>.

La Carta Geolitologica elaborata in adeguamento al PPR è stata considerata, sia per evidenti ed intrinseche ragioni di metodo, sia per l'articolazione stessa delle prescrizioni imposte per la informatizzazione degli elaborati in ambiente GIS, lo strato cartografico basilare su cui costruire e da cui derivare, con le apposite sovrapposizioni, gli ulteriori tematismi. La Carta dell'Uso del Suolo è quella elaborata nel corso dello studio dallo specifico consulente.

In sintesi le attività svolte sono così riassumibili:

- a. **RICERCA BIBLIOGRAFICA, CARTOGRAFICA, DOCUMENTARISTICA E ALTRE FONTI TECNICHE**
- b. **ANALISI FOTOGEOLOGICA**
- c. **RILIEVI SUL TERRENO (INDAGINE DI CAMPO)**
- d. **ELABORAZIONE DELLE CARTOGRAFIE GEOTEMATICHE IN AMBIENTE CAD E GIS<sup>3</sup>**
- e. **OTTIMIZZAZIONE ED EDITING IN AMBIENTE GIS (SECONDO LE INDICAZIONI TECNICHE R.A.S. E LE METODOLOGIE P.A.I.)**
- f. **ULTERIORE TARATURA DEL LAVORO MEDIANTE RICONTRI SUL CAMPO**

Il Punto f. di cui sopra, è stato necessario al fine di procedere a rimodulazioni del modello in grado di limitarne le aberrazioni ovvero migliorarne il livello di realismo geomorfologico (cfr. Cap.5.

La bibliografia consultata è quella esposta nella Relazione di Accompagnamento per la realizzazione della cartografia di adeguamento del P.U.C. al P.P.R. e ad essa si rimanda, salvo l'aggiunta, per la specificità tematica dei seguenti lavori:

- Amadesi & Vianello (1978)-*Nuova guida alla realizzazione di una carta della stabilità dei versanti*. Mem. Soc. Geol. It., vol. 19, pag. 53-69.
- Ginesu S. & Fasano G. (2008) – *Morfologie sommerse ed evoluzione della falesia di Capo Figari (Golfo Aranci, Sardegna nord orientale)*. Atti II Simposio Internazionale "Il monitoraggio costiero mediterraneo: problematiche e tecniche di misura", pag.126-129; Napoli 4-6 giugno 2008.
- Ginesu S. & Sias S. (2008) – *Evoluzione geomorfologica e dinamica attuale della costa di Golfo Aranci (Sardegna nord orientale)*. Atti II Simposio Internazionale "Il

---

geologica in s.s. è cosa diversa da una carta litologica o geo-litologica essendo, quest'ultima, più improntata alla messa in evidenza dei caratteri distintivi litologici, piuttosto che quelli strettamente geologici (comprensivi di stratigrafia e struttura).

<sup>2</sup> Particolare rilevanza in tal senso assume il caso della ex discarica comunale di Donnigheddu.

<sup>3</sup> L'informatizzazione in ambiente GIS è stata curata dal Dott. For. C. Caria, sulla base delle prescrizioni in Convenzione.

monitoraggio costiero mediterraneo: problematiche e tecniche di misura”, pag.32; Napoli 4-6 giugno 2008.

- Hoeck & Marinos [2000] - *Predicting tunnel squeezing*. Tunnels and Tunnelling international).
- R.A.S.-A.P.A.T. (2005)- *I.F.F.I. Inventario dei fenomeni franosi della Sardegna*. Brochure pp. 38 + DVD. Assessorato Difesa dell’Ambiente, Regione Sardegna.

Da sottolineare la consultazione del repertorio I.F.F.I. (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) della Sardegna (R.A.S.-A.P.A.T.), dei cui contenuti, peraltro, lo scrivente è stato responsabile<sup>4</sup>.

## 4. PERICOLOSITA' GEOLOGICA

### 4.1 CONCETTO DI PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA

La pericolosità idrogeologica è la probabilità che un fenomeno calamitoso, di piena o di frana, di una data *grandezza* o *magnitudo*, si verifichi per una data area, in un dato periodo di tempo.

In ambito geologico o per meglio dire geomorfologico, la pericolosità è una caratteristica legata a condizioni predisponenti intrinsecamente connesse al territorio, di ordine geolitologico (geostrutturale o geotecnico), geomorfologico (fisiografia, orografia, pendenza dei versanti, gradienti, esposizioni) e d’uso del suolo, e a quelle innescanti relative, di solito, agli afflussi pluviometrici da un lato o a incongrui interventi umani dall’altro. La sua quantificazione spaziale è frutto di valutazioni messe in atto attraverso metodologie di vario genere ora quantitative ora qualitative. Le prime fanno riferimento ad approcci statistici, deterministici e probabilistici, con crescenti applicazioni di modellizzazione matematica in ragione dell’incremento dei livelli di incertezza. Le seconde sono la conseguenza, nel loro insieme, degli approcci più o meno semplificati e consolidati, messi a punto a partire dagli anni settanta. Le loro attuali evoluzioni, prendendo in considerazione di norma numerosi fattori di dissesto, necessitano l’utilizzo dei sistemi informativi geografici per la sovrapposizione dei vari tematismi (*overlay mapping*) e degli elementi numerici ad essi associati (*pesi*). Tali metodi, in generale, nella loro semplicità sono condizionati, se non regionalmente tarati e testati, da un’evidente soggettività nell’attribuzione delle ponderazioni (*pesi*) mediante le quali si quantificano,

---

<sup>4</sup> Lo scrivente geologo ha curato per conto del committente Servizio Tutela del Suolo dell’Assessorato della Difesa dell’Ambiente (convenzione.2005), il reperimento dei fenomeni franosi sul territorio regionale, la loro localizzazione sulla C.T.R. alla scala 1:0.000 e la stesura delle schede di rilevamento.

sintetizzandole (per poi sommarle ad altre), le qualità dei singoli parametri utilizzati, al fine di ottenere una somma che rappresenta il parametro numerico consuntivo classificativo. Questo approccio, per quanto rigorosamente applicato, rende i prodotti spaziali che ne derivano (*Perimetrazioni*), comunque di difficile replicabilità e di ancor più difficile controllo, in quanto l'attribuzione di un peso, in un contesto territoriale come quello sardo dove i pesi non sono mai stati scientificamente né tarati né testati rispetto ai tematismi di riferimento di cui si dirà, lascia aperti ampi margini di soggettività. Ciò determina molteplici rischi di risultanti aberranti rispetto alla realtà geomorfologica e, conseguentemente come detto, non poche possibilità di arbitrio.

La perimetrazione della Pericolosità Geomorfologica nel P.A.I. - R.A.S. (2005) deriva (meglio sarebbe dire: "dovrebbe derivare") proprio dalla sovrapposizione in ambiente GIS di cartografie tematiche (o strati informativi). Essa viene determinata in 4 livelli crescenti **Hg1, Hg2, Hg3, Hg4**, rispettivamente **moderata, media, elevata e molto elevata** ma prescinde dalla magnitudo del fenomeno. Nella cartografia P.A.I. è implicito il riconoscimento della pericolosità Hg0 (nulla), la cui definizione è introdotta nella Relazione Generale del medesimo Piano (Fig.1) e per tale ragione è utilizzata anche nel presente lavoro con finalità di chiarezza rappresentativa.

Classe	Intensità	Valore	Descrizione
Hg0	Nulla	0	Aree non soggette a fenomeni franosi con pericolosità assente e con pendenze < 20%;
Hg1	Moderata	0,25	aree con pericolosità assente o moderata e con pendenze comprese tra il 20% e il 35% con copertura boschiva limitata o assente; aree con copertura boschiva con pendenze > 35%
Hg 2	Media	0,50	aree con pericolosità media con fenomeni di dilavamento diffusi, frane di crollo e/o scivolamento non attive e/o stabilizzate, con copertura boschiva rada o assente, e con pendenze comprese tra 35 e 50%, falesie lungo le coste
Hg3	Elevata	0,75	aree con pericolosità elevata con pendenze >50% ma con copertura boschiva rada o assente; frane di crollo e/o scorrimento quiescenti, fenomeni di erosione delle incisioni vallive. Fonti di scavo instabili lungo le strade; aree nelle quali sono inattività o sono state svolte in passato attività minerarie che hanno dato luogo a discariche di inerti, cave a cielo aperto, cavità sotterranee con rischio di collasso del terreno e/o subsidenza (i siti minerari dismessi inseriti nella Carta della pericolosità di frana); aree interessate in passato da eventi franosi nelle quali sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza
Hg4	Molto elevata	1	aree con pericolosità molto elevate con manifesti fenomeni di instabilità attivi o segnalati nel progetto AVI o dagli Enti Locali interpellati o rilevate direttamente dal Gruppo di lavoro

Fig. 1-Significato dei livelli di pericolosità P.A.I.. secondo le indicazioni della Relazione generale P.A.I.

L'applicazione del metodo in Sardegna ha mostrato ripetutamente diversi ordini di criticità, in primo luogo la scarsa generalizzabilità dei pesi proposti dalle Linee Guida del P.A.I. in quanto, come detto, mai testata né tarata in Sardegna, secondo metodi scientifici. Ciò non è secondario quanto meno per la Litologia, se si considera la varietà della casistica sarda e la sua differenziazione sia rispetto ai contesti dove la metodologia è stata studiata sia in termini di varietà presenti sul territorio. C'è infatti da dire che quella suggerita dalle LL. GG. P.A.I. e ribadita nelle LL. GG. dell'Assessorato degli EE. LL. FF. e UU. non è altro che una radicale semplificazione di una proposta risalente al 1978 (Amadesi & Vianello, *Mem. Soc. Geol. It., vol. 19, pag. 53-69;1978*) e validata nel contesto geolitologico appenninico. L'applicazione P.A.I., così come è stata proposta nelle LL. GG., fa risaltare con tutta evidenza lo sbilanciamento verso il tematismo litologico a discapito di quello morfoclivometrico e dell'uso del suolo, soprattutto a causa del fatto che i pesi previsti/suggeriti per le litologie, al contrario della metodica originaria, **vengono del tutto disgiunti dalle condizioni di pendenza** in cui le stesse si collocano e dalle condizioni geo-strutturali (leggasi: discontinuità degli ammassi rocciosi, soprattutto).

Ne consegue, dunque, la necessità sistematica di studiare di volta in volta opportune ponderazioni supplementari, oppure accorgimenti e filtri che, inseriti come rimodulazione del metodo, rendano i risultati più realistici.

Le Figure successive rappresentano i principali riferimenti concettuali della metodologia tratti dalle Linee Guida del P.A.I..

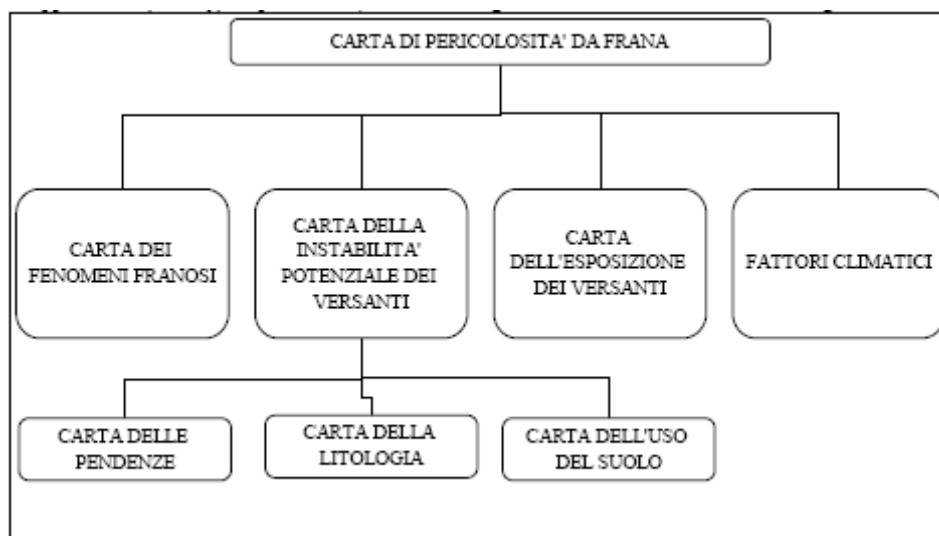


Fig. 2-Approccio concettuale della pericolosità geomorfologica PASI –RAS.

Nella sostanza si tratta, in primo luogo, di redigere una **Carta dell'Instabilità Potenziale** a partire dall'incrocio in ambiente GIS (mediante *Overlay Mapping*) di n.3 tematismi di base:

- A. La carta Geo-litologica (L)
- B. La carta delle Acclività o delle Pendenze (P)
- C. La carta dell'Uso del Suolo (UDS)

Si noti che tale carta, incrociata con quella dei fenomeni franosi (il che equivale a dire anche con un ulteriore strato di elementi geomorfologici, ove disponibili; Fig. 2) conduce alla creazione della *Carta della Pericolosità di Frana* così come definito nelle LL. GG. P.A.I..

Ai suddetti strati, per ciascun elemento informativo grafico evidenziato (Classi o Descrizioni) viene assegnato un peso in base ad attribuzioni indicate in apposite tabelle. Il fatto che nelle LL. GG. P.A.I. esse siano prudenzialmente presentate "a titolo di esempio", stride con l'assenza di qualunque riferimento scientifico tarato sul territorio sardo e, nel contempo, suggerisce la possibilità di un utilizzo assai "ampio" per non dire arbitrario dei Pesi stessi (si noti a questo riguardo, in Fig. 3, l'ampio *range* numerico dei pesi compresi fra le classi 24 e 25 dei "graniti"). Ciò, evidentemente, costituisce un grave limite del metodo, al momento non risolto ufficialmente.

<i>classe</i>	<i>Descrizione</i>	<i>peso</i>
1.	<i>detrito di falda, coni detritici e conoidi di deiezione</i>	1
2.	<i>Depositi lagunari, lacustri e palustri</i>	4
3.	<i>Alluvioni ghiaiose recenti ed attuali degli alvei fluviali</i>	3
4.	<i>Alluvioni ghiaiose, antiche e terrazzate</i>	3
5.	<i>Alluvioni prevalentemente sabbiose</i>	6
6.	<i>Depositi alluvionali prevalentemente limoso-argillosi</i>	3
7.	<i>Depositi argillosi</i>	2
8.	<i>sabbie eoliche</i>	2
9.	<i>sabbie, anche grossolane con livelli ghiaiosi ed intercalazioni di arenarie</i>	3
10.	<i>arenarie, arenarie conglomeratiche</i>	
11.	<i>marne</i>	4
12.	<i>calcari, calcari marnosi</i>	7
13.	<i>dolomie, dolomie calcaree e calcari dolomitici</i>	8
14.	<i>Calcescisti, micascisti, argilloscisti</i>	4
15.	<i>anfболiti</i>	7
16.	<i>gneiss con elevata densità di giunti di fratturazione</i>	5
17.	<i>gneiss massicci e con giunti di fratturazione radi</i>	8
18.	<i>tufi, tufi conglomeratici</i>	3
19.	<i>ignimbriti</i>	7
20.	<i>basalti,</i>	8
21.	<i>trachiti, fonoliti</i>	7
22.	<i>andesiti</i>	3
23.	<i>rioliti massicce</i>	7
24.	<i>graniti, granodioriti alterati con potenti coperture di sabbioni arcocici</i>	2
25.	<i>graniti, granodioriti massicci privi di copertura ed alterazione</i>	9

Fig.3 - Classi litologiche e rispettivi pesi secondo le LL. GG. P.A.I.. Si noti anche l'assenza di quantificazione alla classe 10-Arenarie

<i>Classi di pendenza</i>	<i>Peso</i>
0-10%	+2
11-20%	+1
21-35%	0
36-50%	-1
>50%	-2

Fig. 4 -Classi di pendenza delle LL. GG. secondo le LL. GG.-P.A.I.

Dalle tabelle precedenti possono evincersi gli ulteriori limiti del metodo. In Fig. 4, in particolare, si nota una distinzione fra acclività 0-10% e 11-20% che oltre ad avere, al massimo, significato sulle terre (sedimenti sciolti) parrebbe contraddire la concettualizzazione dell'Hg0 (*Aree non soggette a fenomeni franosi con pericolosità nulla e con pendenze < 20%*; cfr. Fig. 1) suddetta.

<i>Sigla</i>	<i>Classi di uso del suolo</i>	<i>Impedenza</i>	<i>Peso</i>
111	Tessuto urbano continuo	mediocre	0
112	Tessuto urbano discontinuo	mediocre	0
121	Aree industriali e commerciali	mediocre	0
122	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	minima	-1
124	Aeroporti	mediocre	0
131	Aree estrattive	nulla	-2
133	Aree in costruzione	minima	-1
211	Seminativi in aree non irrigue	nulla	-2
221	Vigneti	nulla	-2
222	Frutteti	mediocre	0
231	Prati stabili	mediocre	0
242	Sistemi colturali particellari complessi	minima	-1
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie	nulla	-2
311	Boschi di latifoglie	massima	+2
312	Boschi di conifere	massima	+2
313	Boschi misti	massima	+2
321	Aree a pascolo naturale e prateria d'alta quota	mediocre	0
322	Brughiere e cespuglieti	buona	+1
324	Aree vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	buona	+1
331	Spiege, dune, sabbie	nulla	-2
332	Rocce nude, falesie, rupi e affioramenti	nulla	-2

Fig. 5- Pesì relativi alle classi d'Uso del Suolo secondo le LL. GG.-P.A.I.

Al contrario appare troppo ampio e indistinto, rispetto a quel che emerge dal contesto litologico sardo, l'intervallo della classe >50%. Altri aspetti critici possono determinarsi nell'attribuzione dei pesi alla Carta UDS e, in ogni caso, tale questione in assenza di più precisi riferimenti, non può prescindere da un approccio multidisciplinare, anche per l'esistenza al suo interno di classi non contemplate nell'elenco P.A.I. (ad es.: *Garighe*; cfr. Fig.5).

Ad ogni modo, una volta assegnati i pesi, si passa ad una somma algebrica che conduce a risultati ripartibili in n. 5 classi di Instabilità potenziale (o Propensione/Suscettibilità al dissesto), secondo le seguenti definizioni:

- Potenzialmente stabile

- Instabilità potenziale limitata
- Instabilità potenziale media
- Instabilità potenziale forte
- Instabilità potenziale massima

Coi pesi riportati nella Fig. 6.

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

Fig. 6-Classi d'instabilità potenziale secondo le LL. GG.-P.A.I.

Una volta attribuita la pericolosità, s'individuano e si classificano gli elementi socio-economici Interni alle aree di pericolo, denominati Elementi a rischio (E; cfr. Fig. 7).

Classi	Elementi	Peso
E1	Aree libere da insediamenti e aree improduttive; zona boschiva; zona agricola non edificabile; demanio pubblico non edificato e/o edificabile	0.25
E2	Aree con limitata presenza di persone; aree extraurbane, poco abitate; edifici sparsi Zona agricola generica (con possibilità di edificazione); zona di protezione ambientale, rispetto, verde privato; Parchi, verde pubblico non edificato; infrastrutture secondarie	0.50
E3	Nuclei urbani non densamente popolati; infrastrutture pubbliche (strade statali, provinciali e comunali strategiche, ferrovie, lifelines, oleodotti, elettrodotti, acquedotti); aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori); zone per impianti tecnologici e discariche RSU o inerti, zone a cava.	0.75
E4	Centri urbani ed aree urbanizzate con continuità (densità abitativa superiore al 20% della superficie fondiaria); nuclei rurali minori di particolare pregio; zone di completamento; zone di espansione; grandi insediamenti industriali e commerciali; servizi pubblici prevalentemente con fabbricati di rilevante interesse sociale; infrastrutture pubbliche (infrastrutture viarie principali strategiche); zona discarica speciali o tossico nocivi; zona alberghiera; zona campeggi e villaggi turistici; beni architettonici, storici e artistici	1.00

Fig. 7-Classificazione e significato degli Elementi a rischio secondo le LL. GG. P.A.I.

Infine si sovrappongono numericamente i poligoni dei due tematismi Hg e E, che determinano i risultati di Rg, secondo la seguente matrice:

Elementi a rischio	Pericolosità Geologica e Rischio associato			
	H <sub>g1</sub>	H <sub>g2</sub>	H <sub>g3</sub>	H <sub>g4</sub>
E1	$E1 \times H_{g1} = R_{g1}$ $= 0,25 \times 0,25 =$ 0,0625	$E1 \times H_{g2} = R_{g1}$ $= 0,25 \times 0,50 =$ 0,125	$E1 \times H_{g3} = R_{g1}$ $= 0,25 \times 0,75 =$ 0,1875	$E1 \times H_{g4} = R_{g1}$ $= 0,25 \times 1 =$ 0,25
E2	$E2 \times H_{g1} = R_{g1}$ $0,50 \times 0,25 =$ 0,125	$E2 \times H_{g2} = R_{g1}$ $0,50 \times 0,50 =$ 0,25	$E2 \times H_{g3} = R_{g2}$ $0,50 \times 0,75 =$ 0,375	$E2 \times H_{g4} = R_{g2}$ $0,50 \times 1 =$ 0,50
E3	$E3 \times H_{g1} = R_{g1}$ $0,75 \times 0,25 =$ 0,1875	$E3 \times H_{g2} = R_{g2}$ $0,75 \times 0,50 =$ 0,375	$E3 \times H_{g3} = R_{g3}$ $0,75 \times 0,75 =$ 0,5625	$E3 \times H_{g4} = R_{g3}$ $0,75 \times 1 =$ 0,75
E4	$E4 \times H_{g1} = R_{g1}$ $1 \times 0,25 =$ 0,25	$E4 \times H_{g2} = R_{g2}$ $1 \times 0,50 =$ 0,50	$E4 \times H_{g3} = R_{g3}$ $1 \times 0,75 =$ 0,75	$E4 \times H_{g4} = R_{g4}$ $1 \times 1 =$ 1

Fig. 8- Matrice del rischio geomorfologico P.A.I.<sup>5</sup>

I rischi geologici (geomorfologici) vengono descritti secondo le definizioni in Fig.9.

Rischio geologico totale			Descrizione degli effetti
Classe	Intensità	valore	
R <sub>g1</sub>	Moderato	≤ 0,25	danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali
R <sub>g2</sub>	Medio	≤ 0,50	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
R <sub>g3</sub>	Elevato	≤ 0,75	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
R <sub>g4</sub>	Molto elevato	≤ 1,00	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.9- Classificazione e significato del Rischio geologico (geomorfologico) secondo le LL. GG. P.A.I.

## 5. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA NON DIRETTAMENTE PERIMETRATA DAL P.A.I.

### 5.1 INTRODUZIONE

Il P.A.I.-R.A.S. descrive la pericolosità e i rischi idrogeologici del territorio della Gallura per la gran parte all'interno della perimetrazione del Sub-Bacino 4-Liscia. Tuttavia ulteriori elementi informativi sono ricompresi all'interno del Sub-Bacino 3-Coghinas-Mannu-Temo.

<sup>5</sup> Si noti, quindi come la condizione affinché si determini il Rischio molto elevato Rg4 sia riscontrabile solo con la concomitanza di Hg4 ed E4, diversamente da quanto si verifica in ambito idraulico, ove sussistono 2 condizioni favorevoli.

Il Comune di Golfo Aranci rientra per intero nel Sub bacino 4-Liscia. La pericolosità è riportata in Tavola 10/18 e i codici rappresentativi sono B4FR012 e B4FR013 in corrispondenza dei siti di frana (*Cala Moresca*) inventariati durante lo studio P.A.I..

Esaminando, peraltro, la pericolosità del Sub Bacino 4 si deduce come in esso la metodologia fin qui descritta per la sua determinazione sia stata in verità assai poco rispettata.

L'autore di tali scelte fu lo scrivente che ritenne all'epoca di ovviare agli inconvenienti metodologici accennati, limitandosi a perimetrare aree con fenomeni accertati, in atto, quiescenti o sospesi e a rilevare (e valutare come Hg2) alla scala 1:25.000 la pericolosità associata alle forme residuali come sede di franosità relitta o naturalmente stabilizzata. Una tale soluzione derivava anche dal fatto che la pericolosità associata a fenomeni così diffusi (di tale tipologia si parla infatti in Relazione generale) è a sua volta così e tesa realmente da poter essere perimetrabile e rappresentata alla scala 1:10.000 solo mediante diverse decine di tavole di pericolo.

Nella stesura ufficiale del P.A.I. del sub Bacino 4, tuttavia si prescrisse di non tenere conto, se non nelle tavole di riscontro di criticità puntuali di Hg più elevato, di tale franosità diffusa realmente, a carattere come detto, ora relitto ora stabilizzato naturalmente, rilevata nel corso dello studio P.A.I. alla scala 1:25.000. Tale franosità, che caratterizza molti e vasti tratti di versanti soprattutto in granitoidi del complesso intrusivo, era stata riferita nella stesura della cartografia originale al più alla pericolosità Hg2 (e quindi a rischi massimi Rg2; cfr. Fig.8). In conseguenza di ciò, nel P.A.I. ufficiale vigente, come su accennato, è rimasta testimonianza estremamente parziale della pericolosità ad essa associata solo nelle tavole in cui fossero già stati riconosciuti più elevati nonché arealmente ristretti livelli di Hg.

Quindi, così come per l'intera Gallura, anche le criticità geomorfologiche del comune di Golfo Aranci, per quanto né diffuse né di vaste dimensioni e magnitudo, risultano decisamente sottodimensionate nel P.A.I. in rapporto al reale assetto geomorfologico del territorio. Nello specifico, dall'esame della tav. Hg 10/18 del sub Bacino 4 Liscia, non può non essere messo in evidenza (Fig. 10) che pur dovendosi, nella realtà, far proseguire la pericolosità Hg2 (ed i connessi rischi) oltre il margine della tavola di riferimento, secondo la perimetrazione ufficiale P.A.I., essa viene ad interrompersi *ex abrupto* lungo gli stessi margini, dando luogo ad un evidente paradosso geomorfologico, con conseguente sottostima della criticità stessa, sia a scala comunale che di bacino.

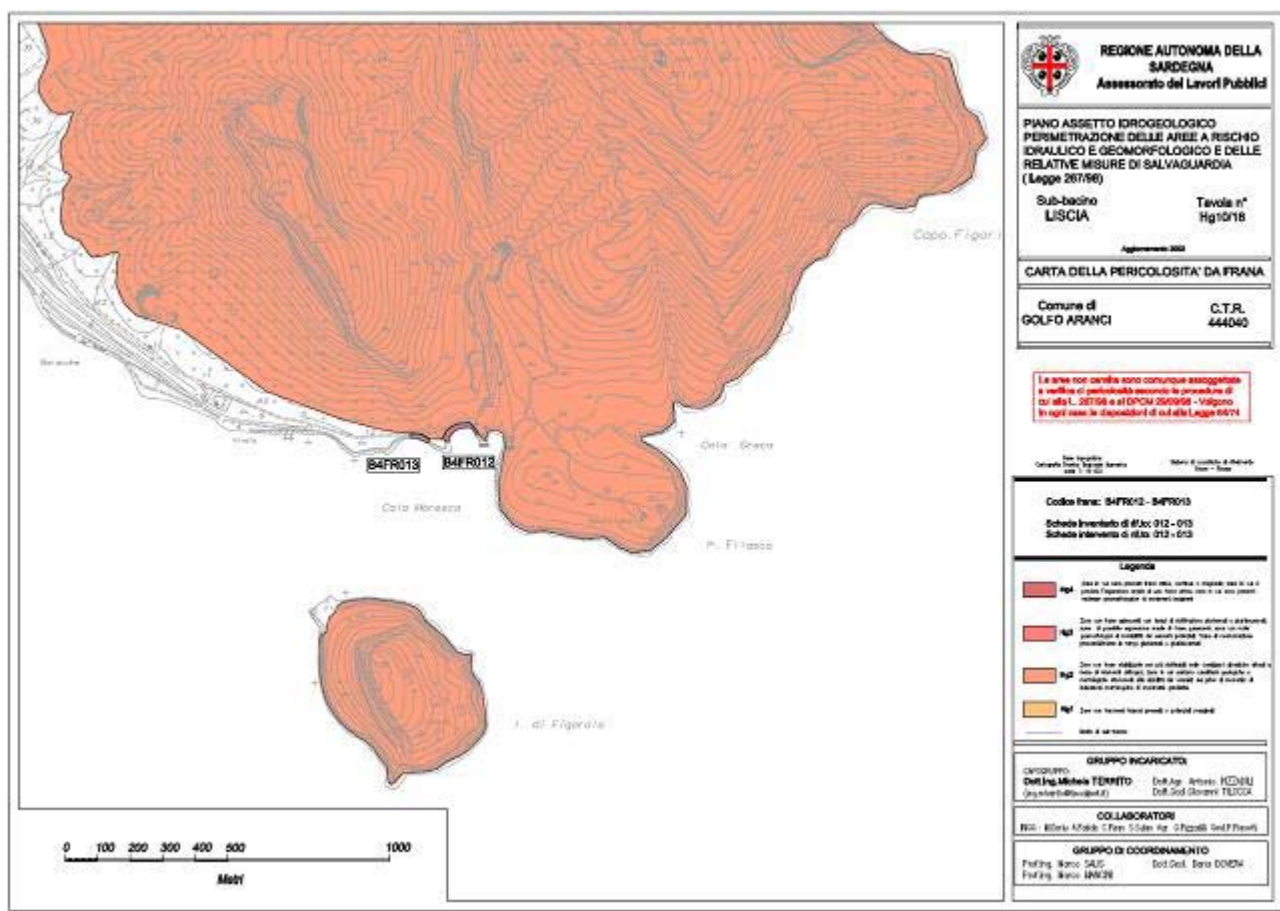


Fig. 10- Riduzione Tav. Hg 10/18 del Sub Bacino 4 Liscia. La Pericolosità s'interrompe con la Tavola. In realtà quella perimetrata nella tavola giustapponibile a Nord della presente ma non è stata mai ufficializzata dalla R.A.S..

Come dimostrano le cartografie, il lavoro svolto ai fini P.U.C. completa il quadro di assetto fin qui definito dalla R.A.S. poiché nel modificare non di poco estensioni e livelli esso va ben oltre l'elaborazione attuale del P.A.I. e, per quanto perfettibile, fornisce al Comune di Golfo Aranci la rappresentazione di un assetto geomorfologico di gran lunga più attendibile ed in grado di orientare con più raziocinio geomorfologico e amministrativo le scelte urbanistiche.

## 5.2 INQUADRAMENTO NORMATIVO E CONCETTUALE DEL PROBLEMA

Con riferimento alle **Norme di Attuazione del P.A.I.** si richiama di seguito, quanto in parte già esposto nella Premessa.

Ai sensi dell' **Art. 26** –

1. *Possiedono significativa pericolosità idraulica le seguenti tipologie di aree idrografiche appartenenti al bacino idrografico unico della Regione Sardegna:*

- a. reticolo minore gravante sui centri edificati;**
- b. foci fluviali;**
- c. aree lagunari e stagni.**

2. Possiedono significativa pericolosità geomorfologica le seguenti tipologie di aree di versante appartenenti al bacino idrografico unico della Regione Sardegna :

- a. aree a franosità diffusa, in cui ogni singolo evento risulta difficilmente cartografabile alla scala del P.A.I.;**
- b. aree costiere a falesia;**
- c. aree interessate da fenomeni di subsidenza.**

3. Per le tipologie di aree indicate nei commi 1 e 2 le prescrizioni applicabili valgono all'interno di porzioni di territorio delimitate dalla pianificazione comunale di adeguamento al P.A.I., ai sensi dell'articolo 8, comma 5. Il programma triennale di attuazione stabilisce per tutte le aree indicate nel commi 1 e 2 interventi di sistemazione e manutenzione della rete idrografica, dei versanti e di regimazione del deflusso idrico superficiale.

4. Alle aree elencate nei precedenti commi 1 e 2, dopo la delimitazione da parte della pianificazione comunale di adeguamento al P.A.I., si applicano le prescrizioni individuate dalla stessa pianificazione comunale di adeguamento al P.A.I. tra quelle per le aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media.

**Ai sensi dell' Art. 8 comma 5:**

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

Le Linee Guida per l'adeguamento P.U.C. a P.P.R. e P.A.I., sull'assetto ambientale a pag. 229 stabiliscono inoltre che:

*"Ai sensi dell'Art. 8, comma 12, N.T.A. P.A.I. nelle aree perimetrate dal P.A.I. come aree di pericolosità da frana di qualunque classe gli strumenti di pianificazione possono istituire fasce speciali di tutela regolandone l'uso in funzione delle rispettive competenze. In particolare i Comuni potranno definire una Buffer-zone che individuerà la fascia di ulteriore interessamento del processo franoso per effetto di rotolamenti, colate di fango, caduta massi, etc."*

Pericolosità (Hg)			Descrizione
Classe	Intensità	Valore	
Hg 1	Moderata	0,25	I fenomeni franosi presenti o potenziali sono marginali
Hg 2	Media	0,50	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
Hg 3	Elevata	0,75	Zone in cui sono presenti frane quiescenti per la cui riattivazione ci si aspettano presumibilmente tempi pluriennali o pluridecennali; zone di possibile espansione areale delle frane attualmente quiescenti; zone in cui sono presenti indizi geomorfologici di instabilità dei versanti e in cui si possono verificare frane di neoformazione presumibilmente in un intervallo di tempo pluriennale o pluridecennali
Hg 4	Molto elevata	1	Zone in cui sono presenti frane attive, continue o stagionali; zone in cui è prevista l'espansione areale di una frana attiva; zone in cui sono presenti evidenze geomorfologiche di movimenti incipienti

Fig. 11- Significato dei livelli di pericolosità P.A.I.. secondo le indicazioni delle Linee Guida del P.A.I.

### 5.3 CENNI GEOLOGICI

Per approfondimenti si rimanda alla trattazione svolta nella Relazione di Accompagnamento alle carte realizzate nella prima fase (adeguamento PUC a PPR). da cui, tuttavia, si stralciano i seguenti brevi cenni.

In Sardegna, sul piano strettamente geologico, la **Gallura** costituisce la parte nord orientale del Pilastro tettonico o *Horst* bordante la fossa terziaria del **Logudoro**. Tale Pilastro tettonico, in termini geo-litologici è contrassegnato dalla assoluta prevalenza di rocce granitoidi erciniche (**Leucograniti, Granodioriti, Monzograniti**), raramente integre, più spesso attraversate da vistosi sistemi di fratturazione e, per ciò stesso, alterati o alterabili superficialmente in varia misura. Tali litologie sono spesso associate a cortei filoniani a chimismo e direzione variabili (più spesso SW-NE e SSW-NNE), di età tardo ercinica.

In un tale quadro, costituiscono volumi assai subordinati, sempre in contatto con le precedenti, le litologie più antiche riferibili al **Complesso Migmatitico** della Sardegna centro-settentrionale, rappresentato da **Metatessiti (MGT), Diatessiti (MGD) e Ortogneiss (OTG)** in prevalenza.

Proprio queste ultime litologie assumono netta rilevanza areale, come si vedrà, nel territorio di Golfo Aranci, in particolare nella sua parte esposta Est (*Golfo di Marinella; Terrata, Bados*) e ne costituiscono la parte geologicamente più antica in contatto col

Complesso intrusivo e filoniano ercinico. Discordanti sulle migmatiti si rilevano i termini sedimentari della **Successione sedimentaria mesozoica della Sardegna settentrionale**, più precisamente la **Formazione di Dorgali (DOR; calcari dolomitici)** e la **Formazione di Monte Bardia (BRD; calcari)**.

I terreni di età **Terziaria** non sono rilevati nel territorio di Golfo Aranci.

Tutte le Unità sono ricoperte sporadicamente da unità detritiche quaternarie, in misura assai ridotta Pleistoceniche, più spesso oloceniche, riconoscibili in taluni versanti acclivi, nei fondi valle e in prossimità della costa (capo Figari). In questo senso nel territorio, anche in ambito costiero e pericostiero, assume rilevanza la rocciosità. Fra le aree interne solo il versante di *Rudalza*, sfugge in qualche misura a questo assetto a causa della presenza nel settore pedemontano di manti di arenizzazione del granito.

#### **5.4 PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA NEL TERRITORIO COMUNALE**

Nel territorio del comune di Golfo Aranci, i fattori che concorrono in via naturale a predisporre pericolosità geologica *latu sensu*, appaiono limitati ai seguenti contesti geomorfologici, in termini tanto di diffusione che di estensione della stessa:

1. le cornici carbonatiche calcaree talora carsificate del promontorio e delle falesie di Capo Figari e dell'isolotto di Figarolo;
2. i versanti più pendenti e a maggiore altitudine in rocce granitoidi;
3. taluni tratti di falesie marittime, impostate ora in affioramenti rocciosi di migmatiti fratturate con giaciture a franapoggio o a reggi poggio, ora in materiali detritici addensati più o meno fluidificabili per meccanismi fisici diversi in caso di piogge prolungate o intense. (Questo ultimo caso mostra assai minore rilevanza in termini di effetti sul territorio)

Le restanti parti del territorio, nel complesso, non sono esposte ad instabilità reali e potenziali, salvo episodiche situazioni, spesso di estremo dettaglio areale e scarsa magnitudo volumetrica (Volume  $\leq 10m^3$ ; spesso  $\leq 2m^3$ ), circoscritte ad interventi antropici, per lo più trincee stradali, ferroviarie e scavi edilizi, prive o insufficientemente dotate di soluzioni geingegneristiche mitigatrici o di protezione.

Di ciò dà atto la scarsa casistica di frane vere e proprie storicamente segnalate nel territorio. In particolare le frane attive, sospese e quiescenti cartografabili sono piuttosto rare, nel complesso, e sono localizzate in stretta corrispondenza della viabilità e/o in aree comunque artificializzate. Dato il contesto altimetrico, sono presso che assenti le colate

stabilizzate di pietrame sia in ambiente intrusivo che migmatitico ma potrebbero essere in ogni caso solo al di sotto della copertura boschiva (e quindi assolutamente ben stabili), di solito, in corrispondenza di compluvi o ai piedi di orli subverticali di pareti, siano esse calcaree o in granitoidi (*Punta Sa Turritta*).

Negli insediamenti costieri può concentrarsi, l'azione di acque di dilavamento e di quelle incanalate lungo i compluvi di primo ordine. Tale condizione costituisce, in particolare in occasione di eventi di particolare intensità, un'evidente ulteriore condizione di pericolo idrogeologico, rispetto alla quale andranno sistematicamente verificate le condizioni idrauliche nei diversi punti critici soprattutto in considerazione del fatto che i patterns idrografici e talune porzioni dell'assetto geomorfologico possono favorire l'innescio di trasporto solido di massa ovvero la presenza di relativamente importanti quantità detritiche con le portate liquide (settore compreso fra C.A. Golfo Aranci e Capo Figari).

Passando ad un rapido esame delle principali litologie coinvolgibili nei dissesti o nei movimenti veri e propri, si evidenzia dunque la complessiva affidabilità naturale dei contesti cristallini in particolare se non denudati sia di manto vegetale e boschivo che di suolo.

### **5.5 CONTESTO E ASSETTO GEOMORFOLOGICO DELLE UNITÀ INTRUSIVE**

In termini geomorfologici sulle litologie granitoidi si constata essere decisiva la frammentazione operata dal reticolo di faglie e fratture che si sovrappone alle lineazioni regionali. Questo ha generato una suddivisione in prismi e blocchi da un lato ed in creste allungate dall'altro che, a partire quanto meno dal Pleistocene superiore, ovvero nell'ultimo periodo glaciale, si sono evoluti ulteriormente per azioni morfodinamiche, secondo la tipica sequenza: Ammassi fratturati, Corestones, Boulders ed infine esumazione di Inselbergs e Tors (si veda la Tab.1) con generazione di accumuli sparsi di blocchi di crollo ai piedi, per lo più stabilizzati secondo l'angolo di riposo (cfr. *M.te Zapparottu*; *M.te Biancuzzo*; *P.ta Sa Turritta* e *Contra Columbus*, Figg.13 e 14).

1	Ammasso roccioso,
2	Tettonizzazione,
3	Sviluppo di permeabilità per fessurazione,
4	Incremento della infiltrazione e della circolazione d'acqua,
5	Innesco dei fenomeni di idrolisi a partire dai costituenti basici silicatici, in ambiente morfoclimatico caldo-umido,
6	Inizio del fenomeno dell'Arenizzazione dall'esterno verso l'interno con fenomeni di ferrettizzazione in contemporanea,
7	Estensione ed approfondimento dell'arenizzazione con efficacia diversa a seconda delle geometrie, della persistenza del taglio e dei tipi petrografici interessati,
8	Formazione di <b>Corestones</b> (litofacies ad alterazione evoluta non completa o intermedia che mostra un ammasso suddiviso in affioramento in prismi-noduli di dimensioni varie a sezione quadrangolare, con vertici arrotondati secondo una geometria a graticcio/ "scacchiera", con elementi più o meno integri separati o contornati da superfici arenizzate,
9	Formazione di <b>Boulders</b> per progressiva rimozione/erosione (o distacco) del sabbione di arenizzazione contornante blocchi integri ed accumulo successivo di massi o clasti di materiale roccioso sui bordi,
10	Asportazione totale del contorno arenizzato e totale esumazione delle parti integre ( <i>Rilievi residuali</i> ),
11	Rimodellamento dei rilievi residuali con formazione al loro piede di accumuli di frana stabilizzata (di crollo e ribaltamento) a blocchi ciclopici.

Tab. 1- Schema illustrante l'evoluzione morfodinamica degli ammassi granitoidi col concorso di ambienti e condizioni morfo climatiche umide o caldo-umide.

E' noto quindi che l'ambiente geolitologico a granitoidi, ha dato luogo, per effetto dei processi innescati dalla fratturazione ed evolventi, per morfogenesi, in arenizzazione degli ammassi, ad un assetto geomorfologico ove si riscontrano sia forme che fenomeni relitti o, al peggio, stabilizzati naturalmente. Nel primo caso non sollecitabili nelle condizioni attuali, a meno di eventi meteorici con tempi di ritorno estremamente elevati, in quanto privi del contesto predisponente che li ha originati, Nel secondo poiché sussistono ancora una o più delle cause predisponenti, ad esempio l'acclività, e dunque l'effetto gravitativo sul versante può compiersi potenzialmente.

Tali contesti appaiono infatti contrassegnati da versanti sui quali sono dislocati massi di svariati mc, testimoni di eventi associati ad altri contesti morfoclimatici ma potenzialmente riattivabili qualora si determinassero piovosità molto concentrate o prolungate (sulla soglia di innesco dei fenomeni gravitativi nei vari contesti geo-litologici della Sardegna e men che mai su granitoidi della Gallura non vi sono riferimenti di alcun genere in letteratura scientifica).

Quantunque si sia in presenza di modesta predisposizione geolitologica, per le caratteristiche di acclività e per quelle d'uso, parte del territorio di Golfo Aranci si rivela

potersi prestare allo sviluppo di dissesti di origine antropica laddove non si provveda ad adeguate contromisure, ora sul drenaggio idrico ora sul contenimento dei fronti escavati<sup>6</sup>.

Le litologie riconosciute, siano esse quelle francamente rocciose ovvero le loro arenizzazioni, in condizioni di piena naturalità manifestano tendenze a sviluppare instabilità da molto basse a basse, oppure nulle. Al contrario, se antropizzate (tagli stradali, trincee, scavi, cantieri, superfici modellate, pratiche agronomiche, dissodamenti e disboscamenti), i loro comportamenti litotecnici possono essere nettamente differenziati, in particolare in funzione dello stato di imbibizione ovvero delle intensità pluviometriche in relazione alle acclività. Più ancora sensibili in tal senso appaiono tuttavia i fronti di trincee stradali ricavati con angoli  $\geq 45^\circ$  su migmatiti. Di questa casistica possono dare conto taluni tagli stradali (lato W) della S.P. che collega Olbia a Marinella (settore W territorio).

Poiché le pericolosità sono generabili a partire da quelle erosive, qualunque innesco può evolvere peggiorando irreversibilmente lo stato geomorfologico di partenza. All'interno del contesto fanno eccezione, s'intende, le sole coperture regolitiche che risultano sempre sistematicamente mobilizzabili, soprattutto se in mancanza di adeguata protezione boschiva naturale.

Pertanto, si ribadisce che la porzione di territorio contrassegnata da rocce granitoidi appare complessivamente sfavorevole alla generazione di fenomeni franosi significativi che non siano quelli di crollo associati a prismi di fatturazione metrici e plurimetrici, localizzati per lo più nelle aree di cresta rocciosa e coincidenti, peraltro, con la principale linea spartiacque e con i principali elementi paesistici del rilievo residuale (Fig.13). Modeste guglie residuali si localizzano, per la verità, anche in settori pedemontani poco a Nord di *Sa Curi*, dove si osserva una casistica di localizzazioni di recenti edificazioni (Fig. 14).

Riassumendo dunque, questo contesto naturale riferibile alle unità intrusive, è complessivamente poco suscettibile di dissesti significativi, fatto salvo lo sviluppo di crolli in cresta o, comunque, lungo gli ammassi più fratturati, compresi taluni osservabili sui declivi. Tuttavia, vuoi per le caratteristiche di acclività di certi settori, vuoi per quelle d'uso, vuoi per la presenza di settori arenizzati, anche il territorio di Golfo Aranci può incidentalmente e favorevolmente prestarsi, in talune situazioni, allo sviluppo di dissesti di

---

<sup>6</sup> Tale assetto deve impegnare l'Amministrazione a farsi carico di prescrivere adeguate contromisure tecniche nell'ambito del rilascio delle concessioni edilizie o dell'assenso a Lavori Pubblici in tali aree. In particolare prescrivendo studi di compatibilità geologica e geotecnica.

origine antropica, laddove non si provveda ad adeguate contromisure, sia sul drenaggio idrico sia sul contenimento dei fronti escavati.



Fig. 13- I versanti W delle masse intrusive da Punta Sa Turritta a Sa Curi. PdV da W

Infatti se è vero che le litologie riconosciute, siano esse quelle francamente rocciose oppure le loro arenizzazioni, in condizioni di piena naturalità manifestano tendenze a sviluppare instabilità da nulle a molto basse, d'altro canto, se antropizzate (tagli stradali, trincee, scavi, sterrati pendenti, cantieri, superfici modellate, pratiche agronomiche incongruenti, dissodamenti e disboscamenti), i loro comportamenti litotecnici possono essere nettamente differenziati. Ciò soprattutto in funzione delle acclività da un lato e ancor di più, dello stato di imbibizione, ovvero delle intensità o persistenza degli afflussi meteorici. Le arenizzazioni mostrano infatti consistenti perdite di resistenza al taglio in tali casi.

Deve osservarsi inoltre come le masse arenizzate siano ancor più suscettibili se sollecitate da tagli artificiali e come, una volta escavate, le parti più superficiali paiano subire esponenzialmente queste riduzioni di qualità geotecniche con rapide sollecitazioni di processi erosivi (cfr. Fig. DD). In tal senso, poiché le pericolosità geologiche nei contesti galluresi sono spesso generabili a partire da quelle erosive, qualunque innesco può evolvere peggiorando irreversibilmente lo stato geomorfologico di partenza. Un caso di un

certo interesse può dirsi quello riscontrabile ad W della località di Donnigheddu,



Fig. 14- Acclività del versante W di Sa Turritta



Fig. 15- Stato estivo della viabilità rurale. Colline di Donnigheddu. PdV verso W

Qui le opere realizzate al fine di contenere sottostrutture non sono state realizzate in modo da garantire l'integrità o la conservazione delle superfici carrabili e cunette annesse, nel lungo periodo. Semmai proprio lungo i re-interri si localizzerebbero le corsie preferenziali

dei solchi erosivi già innescati (cfr. Fig. 15) o che si innescerebbero a seguito di eventi intensi di pioggia.

All'interno del problema non fanno eccezione, s'intende, le coperture regolitiche che, se presenti, risultano sempre sistematicamente mobilizzabili, soprattutto se in mancanza di adeguata protezione boschiva naturale.

## 5.6 CONTESTO E ASSETTO GEOMORFOLOGICO DELLE FORMAZIONI CUI TO DEGLI EVENTI PIÙALCAREO-DOLOMITICHE

Al contrario, i fenomeni che possono riscontrare maggiore pericolosità, vuoi per probabilità naturale che, su di un piano diverso, per magnitudo, sono i possibili crolli di massi e di blocchi, anche di notevole cubatura dalle cornici subverticali delle litologie calcareo dolomitiche del Mesozoico (primo punto). Di tali evenienze attestano casi, peraltro rari, lungo talune direttrici dei pendii interni di Capo Figari, per intenderci, quelli esposti a SW.

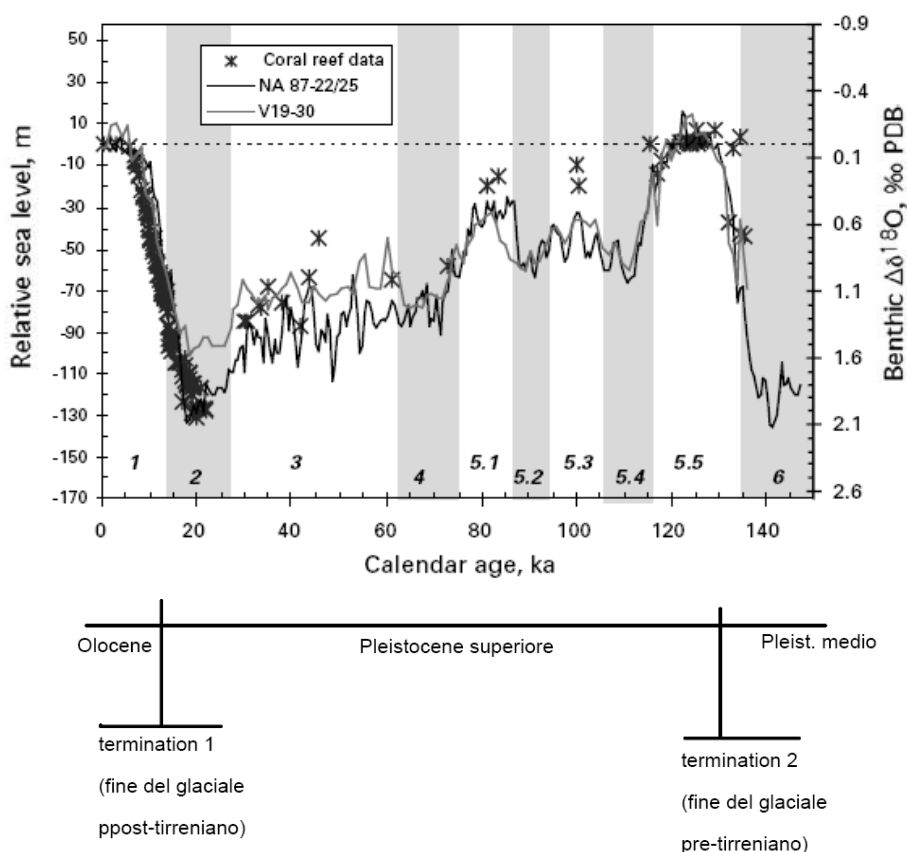


Fig. 16- Stima dei Livelli Relativi del mare fra Pleistocene e Olocene, basata sullo studio di coralli ed altre evidenze<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Tratto da: **Waelbroeck C., Labeyrie L., Michel E., Duplessy J.C., McManus J.F., Lambeck K., Balbon E. & Labracherie M. (2002):** *Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records.* Quaternary Science Reviews, v. 21, pag. 295–305. Modificato e adattato da G.T. a beneficio della comprensione

Essi si localizzano per fortuna in aree assai ben boscate e sufficientemente distanti da attività economiche.

Più pericolosa ancora, invece, deve ritenersi la condizione delle cornici più prossime al Demanio Marittimo navigabile o su di esso aggettanti. Ciò per due ordini di ragioni: a) lo sviluppo in altezza delle falesie (o cornici); b) lo stato di alterazione (carsismo) di una buona parte di esse, soprattutto nelle falesie esposte a Nord. Di questo pericolo testimoniano, d'altro canto, gli ingentissimi accumuli di frana ai piedi delle falesie in ambiente subacqueo. A tale riguardo, in termini di pericolosità, per quanto le magnitudo dei fenomeni passati estrapolabili da abbondanza questi accumuli e dimensioni dei prismi, siano legate a processi di altra fase geologica, eustatica e morfoclimatica (si veda la cosiddetta *Curva di Lumbeck* Fig.16), appare chiaro che le condizioni predisponenti sussistono in egual misura, essendo mutate al più quelle innescanti (condizioni idrologiche).

Si tratta quindi di aree che in un modo o in un altro sono assoggettabili a livelli di pericolo elevati e molto elevati per possibilità di ricorrenza di collasso di porzioni non necessariamente di grandi dimensioni. Le dimensioni dei blocchi potenzialmente franabili dalle falesie debbono tuttavia suggerire l'introduzione di particolari misure di salvaguardia per la navigazione diportistica e la frequentazione turistico-balneare che, al momento non sono contemplate nel P.A.I..

### **5.7 CONTESTO E ASSETTO GEOMORFOLOGICO DELLE MIGMATITI**

L'assetto dei sostrati a migmatiti e gneiss, diffusi soprattutto nella parte orientale del territorio, appare, invece, decisamente più sfavorevole alla generazione spontanea di dissesti gravitativi convenzionali, quindi ancor meno esposto a pericolosità di frana, in particolare per la sua natura complessivamente rocciosa e per le giaciture delle discontinuità che, se da un lato riescono a condizionare il reticolo idrografico sia in termini geometrici che morfometrici (quindi idrologici), dall'altro non consentono, per la gran parte degli affioramenti, lo sviluppo di clivometrie associabili a rotture e fenomeni gravitativi significativi. In questo senso appare piuttosto salvaguardato, in condizioni naturali, tutto il settore esposto verso i quadranti orientali. L'unica vera eccezione può considerarsi il versante a gneiss subito a Nord del Centro abitato di Golfo Aranci, il cui assetto clivometrico appare assai differente da quello a SW in migmatiti (*Terrata* e *Sos Aranzos*

etc.). In ogni caso le condizioni morfo-strutturali degli ammassi riscontrano di prismi derivanti da giunti poco distanziati ("lastre di roccia"), rotture di pendio modeste associate a modestissime altimetrie e con pendenze tali da non poter sollecitare che fenomeni minori e locali di scarsa estensione (max 0,5 mc).

### **5.8 CONTESTO E ASSETTO GEOMORFOLOGICO DEI CORPI DETRITICI DI VERSANTE**

Sempre con riferimento al terzo punto della casistica riportata a Pag. 17, nelle masse detritiche dei versanti esposti a Sud nell'area di Capo Figari, si possono determinare fenomeni molto circoscritti di smottamento o di parziale scivolamento. Il sito che fa da riferimento a tale casistica è quello della falesia in detriti presso **Cala Moresca** che rappresenta peraltro un caso solo in parte risolto.

La rilevanza fenomenologica, come detto, in entrambi i casi appare modesta. Tuttavia l'attenzione va riposta sul fatto che entrambe le fattispecie riguardano luoghi sottoposti a frequentazione turistica. I dissesti nelle rocce delle scogliere in migmatiti sono modesti anche perché il più delle volte le scogliere non sono a strapiombo né sono morfologicamente e altimetricamente rilevanti (al più 2-4 m). Le condizioni giaciture e tessiture di questi ammassi determinano, peraltro, prismi con dimensioni assai ridotte (<1m<sup>3</sup>), per cui l'effetto più rilevante è in definitiva quello di alimentare di ciottolame la costa e di dar luogo a spiagge *sui generis* e, per questo, poco frequentate.

### **5.9 PERICOLOSITÀ PAI**

Il **P.A.I.** (Piano di Assetto Idrogeologico) della R.A.S. (2005) segnala pericolosità geologica proprio in corrispondenza delle modeste frane segnalate nei corpi detritici olocenici di Cala Moresca alla fine degli anni novanta e dei potenziali e/o reali fenomeni di crollo arealmente diffusi, nel settore Calcarea Mesozoico di Capo Figari e Figarolo. Le perimetrazioni sono riportate, come visto, nella Tav. 10/18 del Sub bacino 4 (Liscia), con codici sito B4FR012 e B4FR013 (riferite ai casi di Cala Moresca; cfr. Fig.10).

### **5.10 L'IFFI**

**L'I.F.F.I. (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia)** - Sardegna dell'APAT-RAS (2005) estende e precisa la casistica del P.A.I. riscontrando aree di frana più delimitate e di tipologia diversa sulle falesie che contornano Capo Figari. Di seguito si riscontrano gli identificativi dei Fenomeni franosi:

Codice Frana	Sigla
090 00255 00	Punta d'India1
090 00256 00	Capo Figari -P.R.1
090 00259 00	Figarolo1
090 00260 00	Cala Moresca 1
090 00262 00	Capo Figari 2

Fig. 18- Frane I.F.F.I. rilevate nel Comune di Golfo Aranci

Essi sono stati utilizzati nella metodologia per la determinazione della pericolosità significativa.

I movimenti franosi descritti sulla Tav. 10 del Sub bacino 4 –Liscia del P.A.I. e rilevati alla 090 00260 00 dell'I.F.F.I.- Sardegna, quantunque di bassa magnitudo complessiva, sono attualmente sospesi, quindi stagionalmente riattivabili, in quanto non mitigati<sup>8</sup>. Malgrado la modestia volumetrica, tali dissesti vanno presi in considerazione con più attenzione di quanto fino ad oggi fatto, poiché gravanti su area del Demanio Marittimo frequentata. Fra l'altro né il P.A.I. né l'I.F.F.I. sono in grado di documentare per carenza di impostazione metodologica<sup>9</sup>, la ricca casistica di corpi di frana presente al piede delle falesie, ma in ambiente sommerso.

### **5.11 INTERVENTI MESSI IN ATTO**

Si riscontra che con fondi Por misura 1.3 2000-2006 erogati dalla R.A.S (Assessorato dei LL. PP.) è stato finanziato un intervento di consolidamento incentrato sul dissesto di Cala Moresca, che tuttavia non ha mitigato se non epidermicamente la criticità alla base del riscontro P.A.I..

Il comune di Golfo Aranci risulta ad oggi destinatario di 210.000 € (*Ricostruzione opere pubbliche danneggiate dall'alluvione 2008*) di finanziamenti R.A.S. relativi al *Programma unitario degli interventi urgenti di messa in sicurezza e mitigazione del rischio idrogeologico nei bacini idrografici dei comuni interessati e per il ripristino delle opere di interesse pubblico nelle aree colpite dalle alluvioni del 2008* (Allegato alla Delibera G.R. n.46/24 del 13/10/2010).

<sup>8</sup> Sulla base di tale perimetrazione il comune ha fruito di un finanziamento di 500.000 € (a valere su fondi POR 2000-2006 misura1.3). Parziali interventi di consolidamento in gabbioni (protezione della sede stradale in sottoscarpa) furono realizzati in precedenza nell'area su iniziativa privata.

<sup>9</sup> Va detto che nella Relazione di accompagnamento dell'I.F.F.I. questa lacuna intrinseca è segnalata.

## **5.12 CARTOGRAFIA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA NON DIRETTAMENTE PERIMETRATA DAL P.A.I. (EX 26 N.A. DEL P.A.I.). AREE A SIGNIFICATIVA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA**

La carta della pericolosità ex art. 26 delle N.di A. del P.A.I. è stata elaborata ad un primo livello con riferimento alle Linee Guida del P.A.I. (cfr. Fig. 1.) per quanto attiene alla procedura metodologica, così come illustrata anche nelle Linee Guida per l'adeguamento del PUC al P.A.I..

Una volta completati i tematismi A, B e C, è stato necessario attribuire i pesi per poter pervenire tramite somma degli stessi (data la sovrapposizione dei tematismi) alla elaborazione della Cartografia richiesta con la definizione e l'attribuzione dei livelli di pericolosità geomorfologica.

La procedura è stata condotta secondo gli automatismi del Sistema Informativo Geografico alla scala 1:4.000 dell'elaborato topografico. Essa ha necessitato tuttavia di una preliminare accurata fase di verifica/taratura di campo al fine di consentire una attribuzione di pesi circostanziata ovvero più particolareggiata di quanto le Linee Guida P.A.I. richiedano (si ricorda che la metodologia P.A.I. è dichiarata "semplificata" rispetto all'originale formulazione da cui è derivata). L'attività di campo, sostenuta da quella fotogeologica, ha inoltre consentito di circoscrivere aree con presenza di dissesti limitati oppure di fenomenologie di frana diffusa a carattere ora stabilizzato ora relitto. Questa elaborazione nei fatti ha determinato anche la possibilità di una verifica in *back analysis* dello stadio finale della modellazione GIS. Tale verifica è stata condotta al fine di valutare con maggiore realismo possibile i livelli di pericolosità del territorio di Golfo Aranci. Essa si è concentrata, di conseguenza, oltre che in aree pronunciate del settore interno nello spartiacque di (cfr. *M.te Zapparottu*; *M.te Biancuzzo*; *P.ta Sa Turritta* e *Contra Columbus*), nei segmenti territoriali ad alta energia di rilievo, ovvero con un potenziale indice di instabilità geomorfologica, per lo più corrispondenti ai settori nei quali ad alta o comunque maggiore acclività si abbina la rocciosità del rilievo. Questa duplice condizione riguarda, per la verità, una estesa parte della compagine intrusiva del territorio di Golfo Aranci, in modo particolare presso che tutto il settore dello spartiacque suddetto, comprese porzioni a minore altimetria in loc. *Donnigheddu*, *Sa Curi*, la porzione strettamente in falesia della penisola di Capo Figari e il contorno dell'intero isolotto di Figarolo (cfr. par. 5.14 e Figg.24-24-26-27).

### **5.13 CARENZE E DEBOLEZZE DELLA METODOLOGIA UFFICIALE E CORRETTIVI APPORTATI**

A) Nella metodologia P.A.I. si distingue solo fra pericolo idraulico e pericolo geomorfologico, senza l'esplicito ricorso all'introduzione di una particolare e diffusa casistica di collegamento rappresentata dal pericolo dell'erosione, intermedio e trasversale a quelli c. Si rileva in particolare nel contesto geolitologico (in particolare nel complesso intrusivo dove gli stadi di arenizzazione sono sempre piuttosto diffusi) e d'uso del territorio in questione, come il fenomeno appaia sempre piuttosto latente<sup>10</sup> nelle masse granodioritiche e monzogranitiche, senza contare che la presenza di compluvi a pendenza elevata, con o senza ulteriori effetti negativi dovuti all'antropizzazione (esempio: realizzazione di viabilità rurale o al servizio di lottizzazioni, escavi per sottostrutture), può indurre, anche in tempi rapidi, manifestazioni gravitative come le colate di detrito e canali di ruscellamento. Ma proprio poiché il P.A.I. della R.A.S. non ha formalizzato la specifica pericolosità dei dissesti erosivi, non ha, purtroppo, inteso farne uno specifico oggetto di distinzione nelle problematiche dell'assetto geomorfologico. Quindi la perimetrazione del pericolo erosivo non è stata introdotta nel P.A.I. della Sardegna (e ciò malgrado in questi anni si sia spesso parlato di desertificazione).

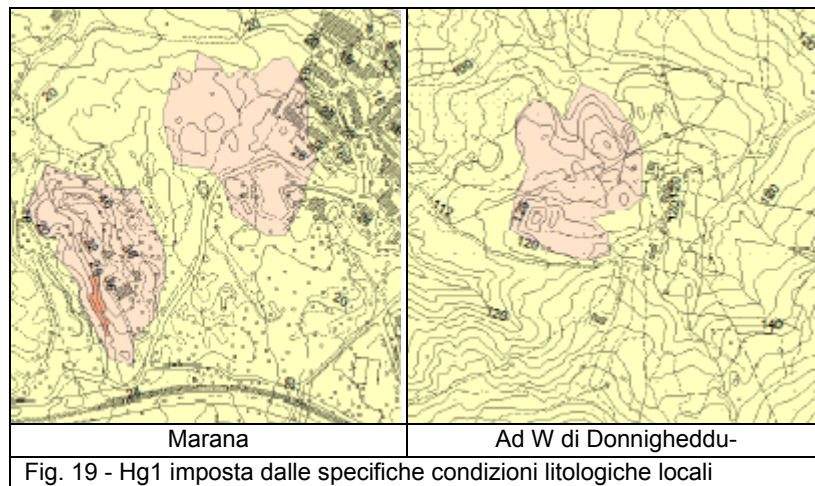
Alcuni esempi in tal senso sono riscontrabili, nel territorio di Golfo Aranci negli sterrati delle aree interne, rispetto allo spartiacque principale, spesso in concomitanza e in conseguenza di varie forme di antropizzazione (sterrati, scavi, cantieri). sovente incisi con solchi di ruscellamento.

Tale forma di dissesto idrogeologico, poiché dunque non può essere ignorata ai fini della materia qui trattata, deve essere fatta rientrare a pieno titolo nell'ambito dei dissesti geomorfologici di versante, ovvero di quei processi geomorfologici potenzialmente pericolosi. Ciò anche alla luce del fatto che i dissesti erosivi, nello specifico ambiente litologico di Golfo Aranci, sono potenzialmente in grado di generare effetti gravitativi collaterali più "ordinari", quali limitati crolli e colate di detrito, in particolare. Nell'elaborazione del modello di calcolo dell'Instabilità Potenziale, si è pertanto tenuto conto di tale suscettività. Di conseguenza, lo studio della pericolosità geomorfologica significativa del territorio di Golfo Aranci, ha messo in evidenza anche questa particolare forma d'instabilità superficiale che, nei risultati grafici interessa, con Pericolosità basse,

---

<sup>10</sup> La sua difficile rappresentazione cartografica giustifica l'assenza al momento, su scala regionale, di un qualsiasi tentativo di rilievo geolitologico delle arenizzazioni, tal che il modo migliore di assumerne l'estensione parrebbe quello di estrapolarla dalla presenza di sugherete che di solito approfittano delle masse arenizzate dei granitoidi per insediarsi.

talune aree ove si manifestano gli stadi dell'arenizzazione delle litologie granitoidi. Di seguito si illustrano 2 di questi riferimenti areali (perimetrati ex post applicazione correttivi metodo originario).



B) Un ulteriore specifico elemento di debolezza insito nella metodologia di valutazione della Pericolosità prescritta dalle Linee Guida per l'adeguamento ambientale è rappresentato dalla necessità di far interagire strati informativi rilevati e realizzati a scale diverse senza contare i limiti intrinseci dell'elaborazione dello stesso DEM utilizzato nella creazione della Carta delle Pendenze.

C) Passando all'esame dei risultati dell'applicazione del metodo, si è potuto ancora una volta constatare che l'applicazione *sic et simpliciter* di quanto suggerito nelle suddette Linee Guida P.A.I. secondo il diagramma di flusso in Fig. 2, conduceva, nei calcoli di matrice che determinano il riconoscimento dell'Instabilità potenziale, ad un'esasperata sopravvalutazione della componente geolitologica, a tutto svantaggio della contestualizzazione. In conseguenza di ciò ad una prima versione derivata dall'applicazione tal quale delle Linee Guida P.A.I., i risultati sono stati tali da far degenerare in eccesso lo sviluppo dell'instabilità potenziale, a tal punto che si determinava (cioè veniva generata dal modello e, quindi, perimetrata) instabilità potenziale (limitata). persino sulle spiagge dei litorali marittimi (ovvero in condizioni di 0 m sul livello del mare, di pendenza 0% o comunque assai < 10% e, quindi, in assenza totale di "versante" e di azioni gravitative in grado di sollecitare le litologie nostrane) e lungo gli alvei delle esigue piane costiere.

Questa condizione è apparsa, dunque, palesemente decontestualizzata e, dati gli effetti sull'Hg, inaccettabilmente penalizzante.

In sostanza, in conseguenza di una applicazione fedele del metodo, senza correttivi o vincoli aggiuntivi sul modello, cioè esattamente come stabilito dalla R.A.S nelle *Linee Guida per l'Adeguamento dei P.U.C. al P.A.I.*, nei risultati cartografici si genera una distribuzione di livelli d'instabilità geomorfologica (da bassa a massima) e di connesso Pericolo non suffragata da alcun riscontro (né attuale né a carattere storico). Ciò accade in particolare in quei luoghi, ove affiorino litologie sedimentarie di carattere detritico (anche di genesi eluviale), soprattutto se abbinati ad usi del suolo arativo o a roccia nuda, anche in condizioni di pendenza nulla o bassa. Si determina altresì una generale, ovvero presso che omogenea, presenza di Hg1 in tutte le superfici del tutto prive di elementi significativi di dissesto, in particolare delle Migmatiti (fatti salvo nel dettaglio, s'intende, particolari interventi antropici sulla viabilità). In questi casi i risultati cartografici della sopravvalutazione delle instabilità e del pericolo contraddicono pesantemente lo stato di fatto, soprattutto in termini di livello di classificazione.

Ciò considerato, appare evidente che la sopravvalutazione consegue soprattutto dal fatto che le LL. GG. P.A.I. costituiscono (per le esigenze del P.A.I. esposte nel paragrafo "Carta dell'Instabilità potenziale dei versanti" delle stesse Linee Guida, rispetto alle quali l'introduzione della stessa metodologia P.A.I. alla scala comunale dello strumento urbanistico, appare nei fatti **una palese contraddizione delle stesse raccomandazioni** delle Linee Guida di cui al medesimo paragrafo) un'esasperata semplificazione di un metodo originario [cfr. Amadesi & Vianello, 1978] tarato in ambito appenninico (quindi geolitologicamente assai diverso dall'ambito Gallurese).

E' stato quindi deciso di fissare progressive condizioni di modello più restrittive che consentissero di pervenire a risultati di maggior realismo se confrontati con i risultati del lavoro sul campo. Allo scopo, tramite assegnazione di specifiche prescrizioni al calcolo del Sistema Geografico, si è scelto di vincolare ulteriormente l'attribuzione dei pesi litologici al fattore pendenza del versante cosa, questa, che nella metodologia esposta in [Amadesi & Vianello, 1978] veniva determinata in modo più particolareggiato, attribuendo pesi diversi alle litologie in funzione delle **pendenze e delle giaciture**. Si noti che oltre a non essere stato testato sulla litologia della Sardegna, come detto in Premessa, non esiste neppure un'applicazione del metodo scientificamente tarata sulle condizioni geolitologiche dell'isola

e quindi, questa impostazione, al momento, è sottratta a qualunque impiego che non sia del tutto sperimentale e si connota chiaramente come empirica.

Quindi, proprio alla luce della particolare influenza dei sopra richiamati fattori, sia in assoluto che nei riguardi specifici della precarietà degli ammassi rocciosi granitoidi residuali, ovvero a blocchi pervasivamente fratturati (bassi RQD) ed a spazature sovente da strette a moderate e con aperture allentate, la metodologia a cui il modello informatico si è rifatta, ha posto come pregiudiziali a base di calcolo, 5 ulteriori condizioni restrittive rispetto alla semplificazione delle LL. GG. P.A.I. che sono illustrate in Fig.21.

Infatti, rispetto alle indicazioni derivanti dalle LL. GG. – P.A.I. e dalle LL. GG. per l'adeguamento del P.U.C (Luglio 2008), ai fini dell'elaborazione del risultato, sono state introdotte modifiche concettuali e tabellari tese a ridurre gli effetti *algebrici* di un metodo che come visto si è rivelato alquanto suscettibile di banalizzazioni del contesto fisico anche perché in verità, non del tutto in linea con le fonti scientifiche di ispirazione [opera citata].

In particolare, sono state introdotte modifiche relative sia ai pesi che alle modalità di incrocio dei dati. Nello specifico al modello di tipo algebrico con tre variabili indipendenti è stato sostituita un'analisi mediante modello ad una sola variabile indipendente (la pendenza) e le restanti due (Uso del suolo e Geo-Litologia) dipendenti dalla prima. In tal modo i pesi delle due classi dipendenti si ripartiscono in modo diverso in funzione dell'acclività.

Sono state inoltre meglio ripartite le classi di pendenza, secondo lo schema che segue (si noti che 50% corrisponde ad un angolo di circa 27° e 275% corrisponde a circa 70°) al fine d'introdurre uno *sfondo* di carattere geotecnico e geomeccanico nella distribuzione dei relativi pesi

Pendenza %	Peso
0-10	+2
10-20	+1
20-35	0
35-50	-1
50-100	-2
100-275	-3
<275	-4

Fig. 20- ripartizione dei pesi delle pendenze

Il modello di calcolo, facendo riferimento ad una diversa matrice di valori che lega litologia e uso del suolo ai valori di acclività, ha introdotto dunque ulteriori elementi di condizionamento che rendono l'analisi automatica più contestuale. In più, con riferimento al riscontro in situ o foto aerea di fenomeni franosi diffusi, alle segnalazioni contenute nella Carta Geomorfologica (I fase) e al materiale I.F.F.I., si è passati alla **validazione dei risultati della cartografia**, ivi comprese le correzioni introdotte nei progressivi livelli di applicazioni dei vincoli correttivi, con un approccio, come detto, in *back analysis*.

I livelli correttivi progressivamente introdotti nella determinazione dell'Instabilità Potenziale sono stati i seguenti:

N.	CASISTICA DELLE CONDIZIONI DI CORREZIONE	SINTASSI DEL SISTEMA
1°	ACCLIVITA' $\geq 275\%$ ( $70^\circ$ circa)	Assegna direttamente il valore di <i>Instabilità potenziale massima</i> ( $\Sigma$ pesi = -3);
2°	ACCLIVITA' compresa fra ( $\geq$ ) pendenza $50^\circ$ e ( $<$ ) $275\%$	Computa il peso relativo al valore dell'acclività (P) + $\frac{1}{2}$ valore Litologia (L) + valore Uso del Suolo (UDS)
3°	ACCLIVITA' compresa tra ( $\geq$ ) $35\%$ e ( $<$ ) pendenza $50^\circ$	Il Sistema computa "valore acclività (P) + valore litologia (L) + valore Uso del Suolo (UDS). ( <b>matrice convenzionale</b> )
4°	ACCLIVITA' compresa tra ( $\geq$ ) $0\%$ e ( $<$ ) $35\%$ e USO DEL SUOLO $< 0$	Computa la somma di +7 (parametro da attribuirsi alla <i>Instabilità potenziale limitata</i> e classe d'instabilità 2) ed il peso relativo alla Litologia. (L)
5°	ACCLIVITA' compresa tra ( $\geq$ ) $0\%$ e ( $<$ ) $35\%$ e Uso del Suolo $\geq 0$	Assegna il valore + 11 ( <i>Situazione potenzialmente stabile</i> e classe d'instabilità 1)

Ta.21- Correttivi e filtri al modulo convenzionale del sistema geografico (cfr. Fig. 6 e precedenti)

Nella sostanza essi, indirettamente, immettono nel calcolo di caratterizzazione, elementi di natura geotecnica e geomeccanica, riconfigurando la metodologia P.A.I. nel solco della originale impostazione metodologica esposta in [Amadesi & Vianello, 1978].

Tali vincoli, infatti, riconducono l'applicazione delle Linee Guida P.A.I. a far dipendere il metodo da una sola variabile indipendente, la Pendenza, e da due variabili dipendenti da essa, l'Uso del Suolo e il comportamento litotecnico (sintetizzato dai pesi della Litologia, diversamente ripartiti).

I risultati numerici dell'abbinamento di tali vincoli di calcolo analitici con la procedura classica hanno portato ad effetti cartografici che possiamo definire, abbondantemente convincenti in termini di realismo, in quanto è stata eliminata o fortemente ridotta, ad esempio, la presenza e l'estensione dell'instabilità potenziale limitata e delle Hg1 collegate che nelle convenzionali applicazioni si veniva a creare immotivatamente sulle monoclinali migmatitiche come effetto dell'attribuzione dei pesi relativi all'Uso del Suolo. In tali aree

infatti il pericolo di frane è naturalmente inesistente per evidenti riscontri litologici, morfo-strutturali e clivo metrici e può essere cagionato solo da inopportuni interventi sul territorio. Medesimi effetti migliorativi si sono avuti su compluvi e alvei ove la litologia avesse riconosciuto sedimenti alluvionali e in gran parte dei fondovalle dei principali sistemi idrografici, ivi compresi i compendi sabbiosi del Demanio marittimo.

Ciò malgrado In taluni compluvi e aree costiere, sempre in quanto contrassegnati da sedimenti sciolti, perdurando ulteriormente, nei risultati grafici del Sistema, instabilità e Hg1 privi di contesto, si è forzatamente intervenuti del tutto *a valle* delle applicazioni del modulo, riportando le aree alla classe Hg0. Sempre *ex post* sono state aggiunte alcune evidenze di movimenti franosi (frane attive) cartografate direttamente sulla base di osservazioni di campo nelle classi Hg3 e Hg4 (caso di *Cala Moresca*).

Un ulteriore caso di intervento *forzato* (in quanto gli strati utilizzati non ne individuano l'esistenza) è quello che si localizza sulle pendici della discarica comunale dismessa di *Donnigheddu*, i cui materiali, al momento, appaiono in posizione e condizione geometrica sollecitabile (in Hg2), anche in quanto non opportunamente ricoperti e preservati da acque di ruscellamento, a fronte del suo inserimento nella pianificazione regionale di settore<sup>11</sup>.

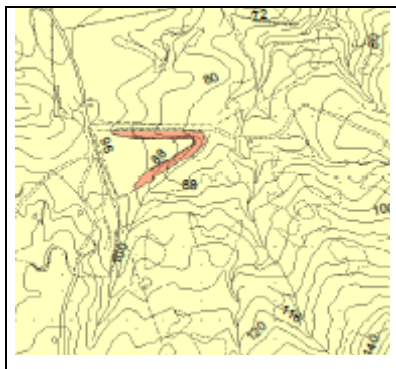


Fig. 22- Ex discarica comunale

Nel contempo e conseguentemente, gli stessi correttivi hanno garantito il riconoscimento delle principali e più determinanti condizioni di instabilità potenziale localizzate diffusamente nelle aree più acclivi o a strapiombo delle cornici rocciose, siano esse in granitoidi o, con più evidenza ancora, nei Calcari e nei Calcari dolomitici Mesozoici della penisola di Capo Figari e di Figarolo.

#### **5.14 SINTESI RISULTATI CARTOGRAFICI**

Di seguito, mediante opportuni stralci campionati dalla Carta della Pericolosità significativa, vengono messi in evidenza i risultati più rilevanti della perimetrazione (la legenda è quella di Fig.23 alla pagina precedente).

Lo sforzo di filtro analitico applicato al modello suggerito dalla R.A.S. ha, dunque, evitato la possibilità (concretizzatasi, come ampiamente previsto, anche nelle prime applicazioni

<sup>11</sup> La Discarica rientra fra quelle individuate dal **Piano regionale di Gestione dei Rifiuti - Piano regionale di Bonifica dei siti inquinati (2003)** e risulta avere beneficiato di lavori di riqualificazione e copertura

sul contesto di Golfo Aranci) che si pervenisse a conclusioni di sovrastima della pericolosità geomorfologica, sia in estensione che per tipologia classificativa.

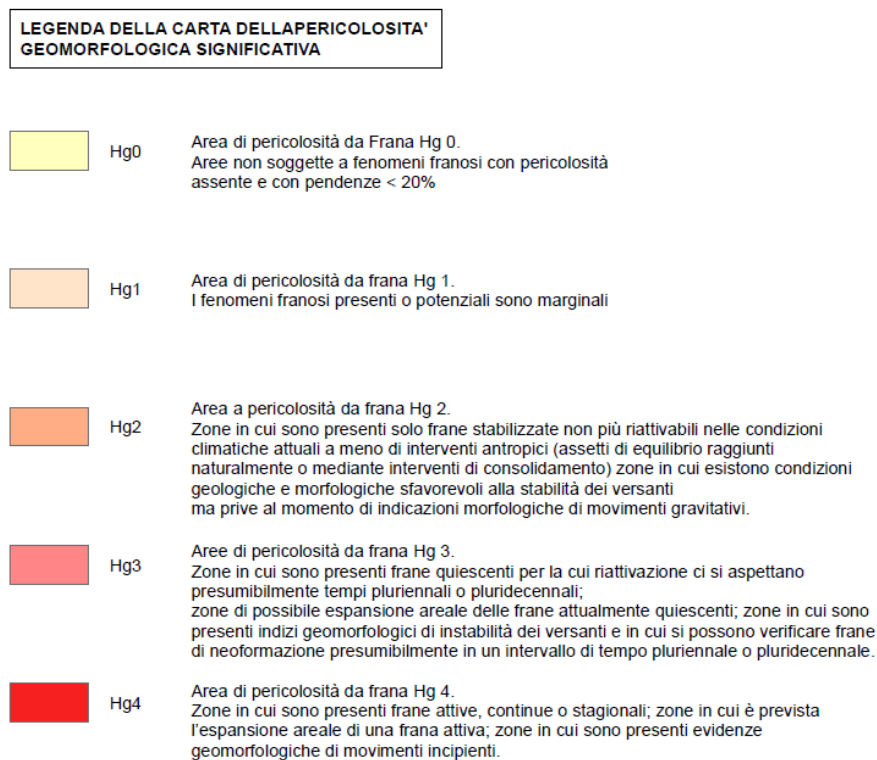


Fig. 23 - La legenda del pericolo geomorfologico associata alla cartografia

Al termine dell'applicazione sono stati operati accorpamenti di spazi minimi omogenei di 500mq che sono stati riferiti in via cautelativa ai livelli superiori di Hg contermini. Tale accorgimento che deriva dalla necessità di rimuovere gli effetti di sovra parcellizzazione derivanti dall'interazione degli strati col DEM, non produce perdita di attendibilità sostanziale ai risultati complessivi.

Questi mostrano, ad ogni modo, la permanenza di vaste estensioni di Instabilità assente (con generazione di Hg0) e ciò risulta del tutto coerente con le condizioni geomorfologiche (litologiche e clivometriche) riscontrabili sui luoghi.

Con riferimento all'art. 34 delle Norme. di Attuazione del P.A.I., da tale condizione non discende nessuna vincolistica.

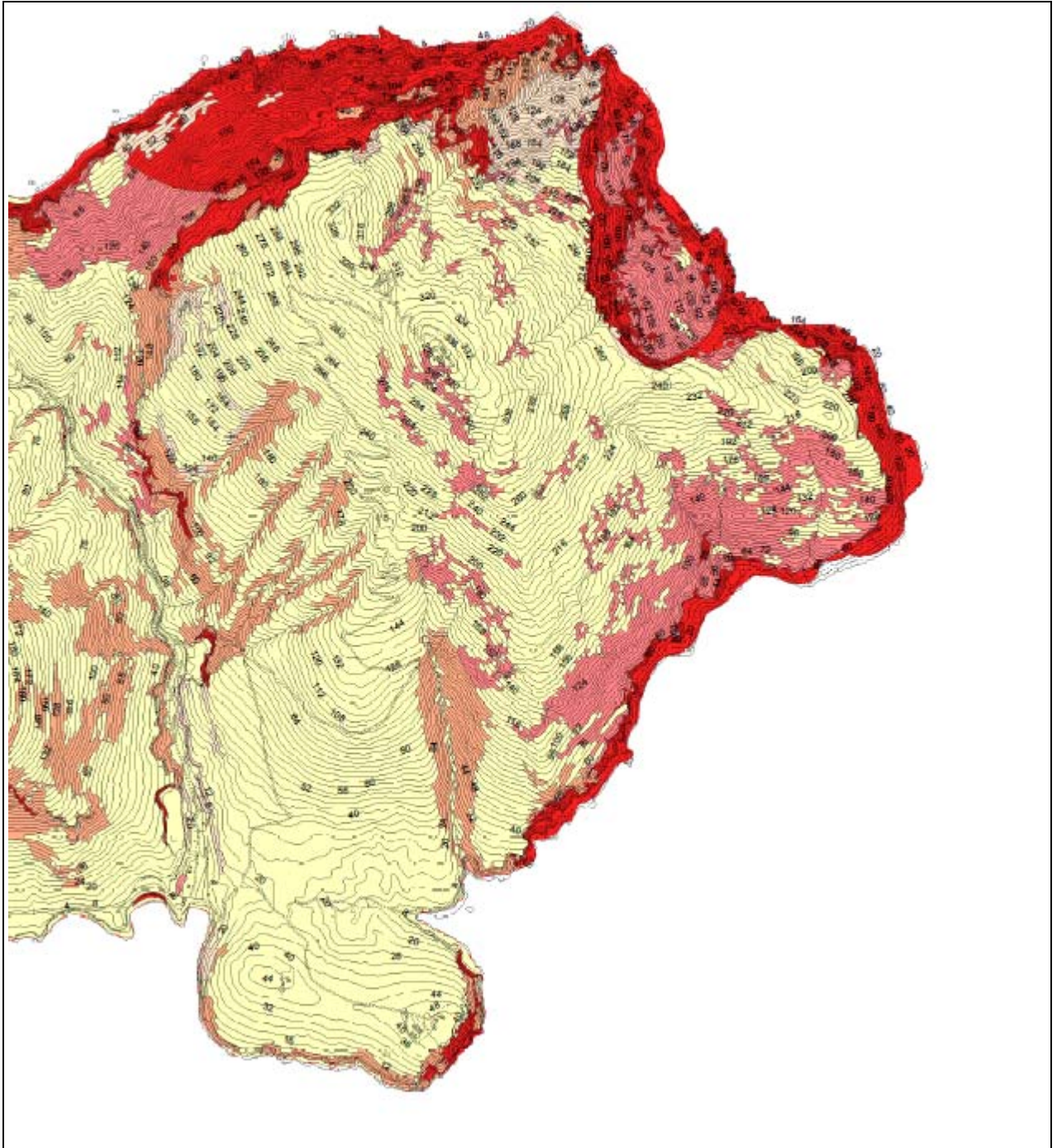


Fig. 24- Particolari pericolosità significativa Capo Figari Est

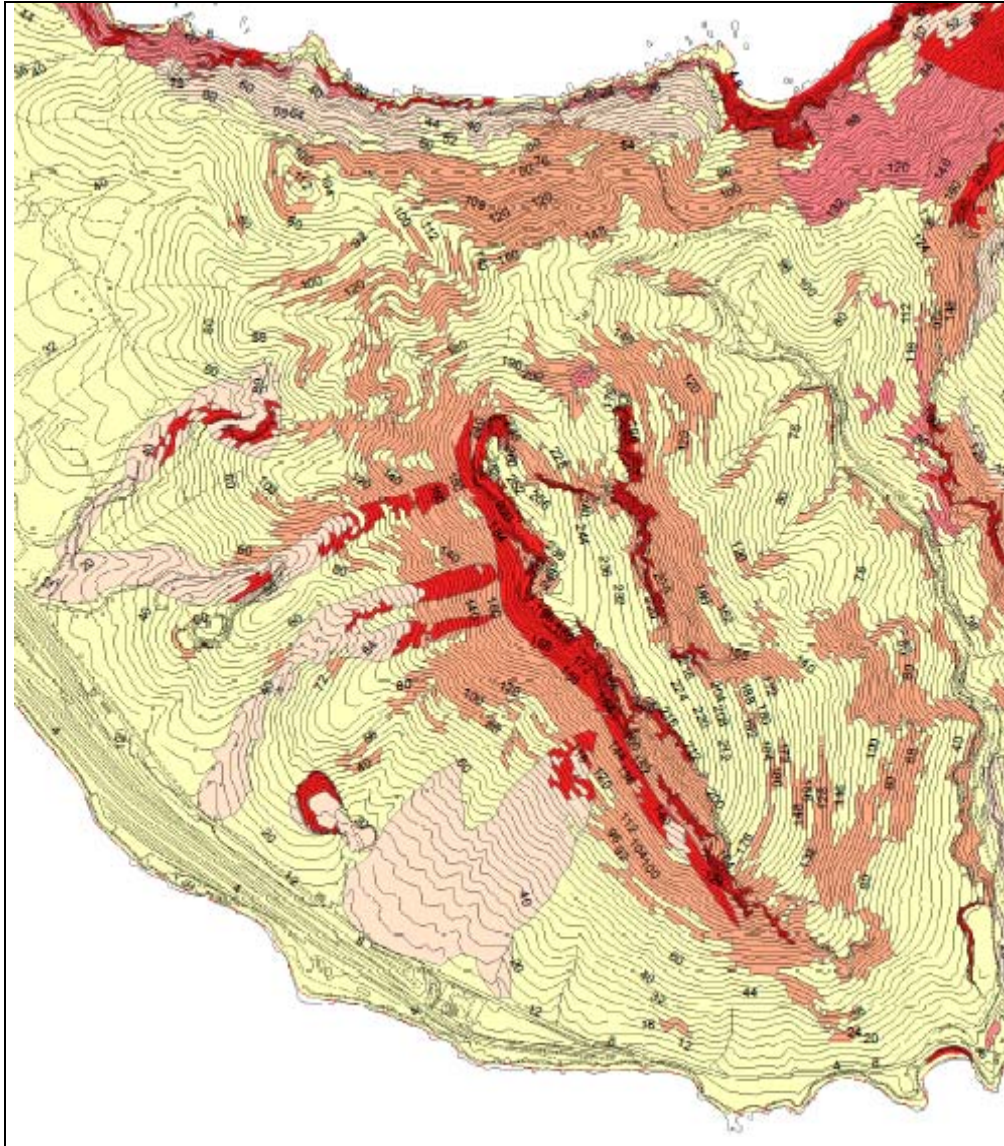


Fig. 25 – Capo Figari W

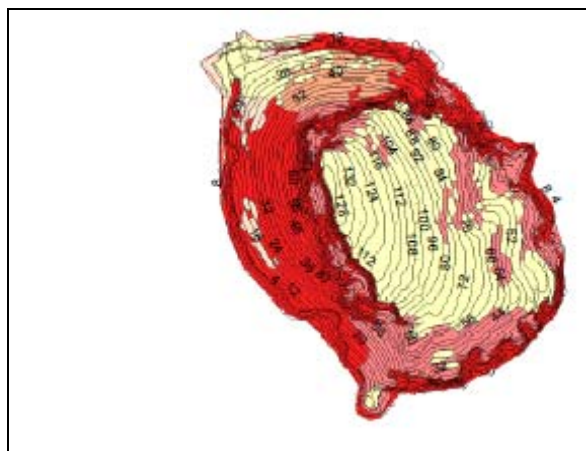


Fig.26 – Isolotto di Figarolo

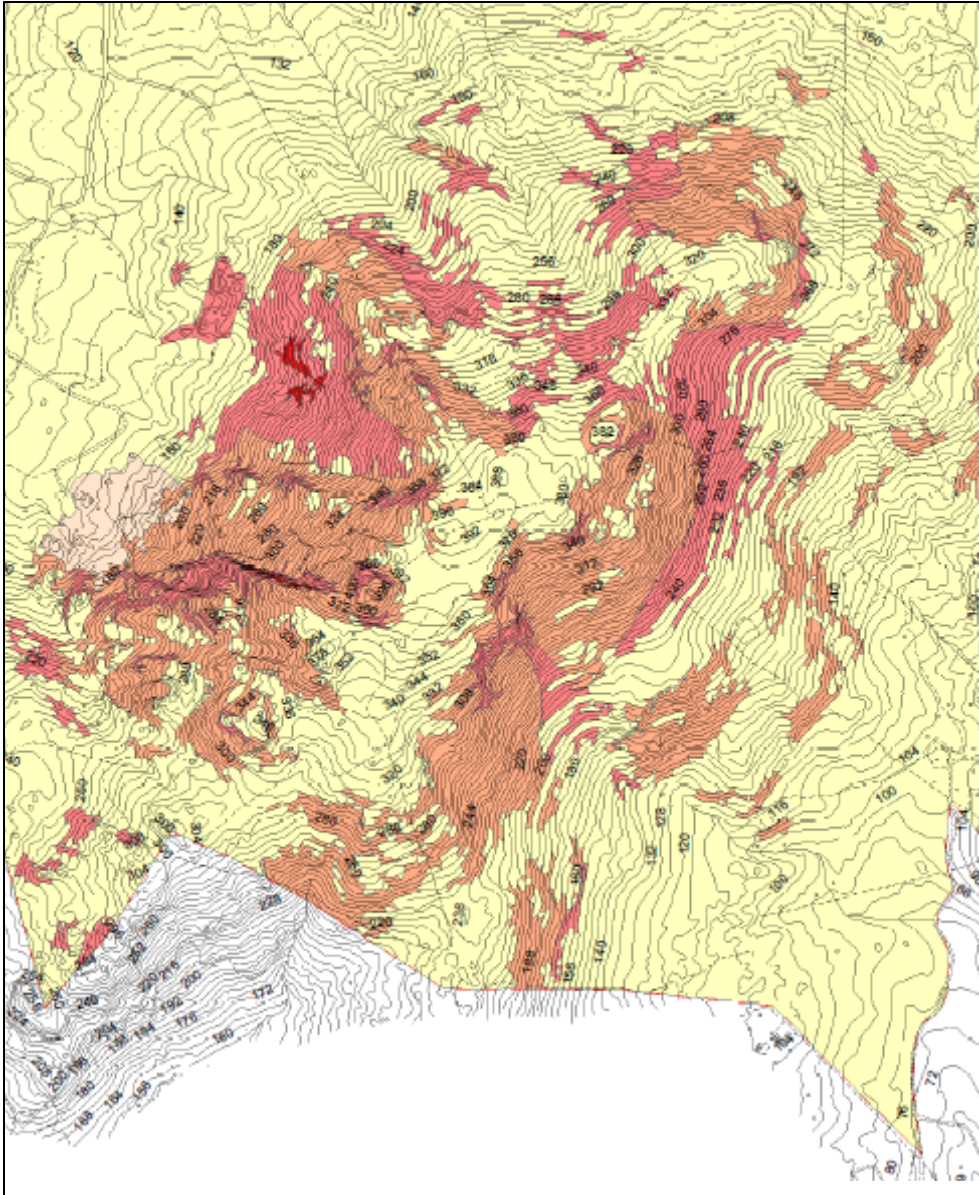


Fig. 27 - Spartiacque Punta Sa Turrutta

Va da sé, dunque, che con simili risultati derivanti da una tale metodologia, una qualunque variazione d'uso dovrà, in ogni caso, accompagnarsi ad una rideterminazione di dettaglio dell'instabilità potenziale ovvero del pericolo (cosa questa che comporta l'esecuzione di uno studio di compatibilità). Inoltre, dal momento che il modello e la metodologia, in genere, nulla possono nei confronti delle dinamiche di modificazione d'uso e che, dovendosi ammettere ulteriori trasformazioni anche nelle pertinenze al momento non perimetrate di aree che sono state perimetrate, è assai ragionevole che l'Amministrazione introduca spontaneamente nel Regolamento Edilizio l'obbligatorietà dello *Studio di*

*Compatibilità Geologica e Geotecnica* sia nelle aree a limitata instabilità potenziale e conseguente pericolo geologico basso.

## 6 RIEPILOGO RISULTATI

I risultati delle elaborazioni sono illustrati nelle cartografie consegnate. Essi dimostrano che solo una esigua parte del territorio è soggetta a pericolo geomorfologico. Di seguito si riepilogano i risultati geometrici:

Pericolosità	Area mq/Ha	Percentuale
Hg0	33600629/3360,0629	90,46%
Hg1	433050/43,3050	1,18%
Hg2	1402267/140,2267	3,78%
Hg3	1160056/116,0056	3,13%
Hg4	535622/53,5622	1,45%

Fig. 28 –calcolo superfici pericolosità

Le aree a Pericolosità significativa ai sensi dell'art. 8 comma 5 del P..A.I. ammontano dunque al **9,54%** del territorio comunale. L'Hg4 costituisce l'1,45%..

Rischio	Area mq/Ha	Percentuale
Rg0	33600629/3360,0629	90,46%
Rg1	3499794/349,9794	9,42%
Rg2	8424/0,8424	0,02%
Rg3	3886/0,3886	0,01%
Rg4	1426/0,1426	0,003%

Le aree a Rischio significativo sono pari al **9,45%** del territorio comunale di cui ben 9,46 in Rg1.

L'esame di dettaglio delle perimetrazioni sia della Pericolosità che del Rischio, evidenzia sulla grafica il palese effetto geometrico di cui è responsabile il modello digitale del terreno. Poiché la metodologia è quella dell'*overlay mapping*, ovvero delle sovrapposizioni dei tematismi, nella pratica risulta di fatto impossibile la sua completa rimozione, anche al netto degli operati accorpamenti di spazi minimi omogenei.

L'instabilità potenziale rilevata unitamente dagli elementi relativi ai riscontri della franosità diffusa hanno consentito di pervenire ad una valutazione realistica del pericolo geomorfologico i cui massimi livelli coincidono con falesie costiere ed interne, in ogni caso quanto meno sempre con cornici sub verticali e verticali (>70°). Tutte le classi di pericolo sono rappresentate nelle cartografie elaborate e così pure tutte le classi di rischio associate agli elementi a rischio. Non deve meravigliare la larga diffusione della

pericolosità Hg0 (*Nulla*), in quanto ciò è del tutto coerente con le caratteristiche geolitologiche e clivometriche dei terreni interessati. L'Hg1 è presente ma come noto, con riferimento all'art. 34 delle Norme di Attuazione del P.A.I., da tale condizione non discende nessuna vincolistica automatica ma, più semplicemente, la necessità di incrementi di responsabilità nella disciplina d'uso degli strumenti di pianificazione a qualunque livello e nel regolamento edilizio.

Proprio con riferimento a ciò, in base a quanto visto nell'agro, suscita, per la verità, una certa qual dose di preoccupazione, la disattenzione geomorfologica e/o geo-idrologica di non pochi progetti eseguiti in un passato più o meno recente o, persino, taluni attualmente in esecuzione (valga fra tutti quello in corrispondenza dell'area di Marana subito ad Ovest della ferrovia). In essi è possibile riscontrare l'azione antropica di sollecitazione oltre che su idrografie minori, anche su modesti pendii o su masse rocciose appena pronunciate sul piano di campagna che tendono in qualche modo a divenire destabilizzate in assenza dei necessari presidi di mitigazione. In tali contesti, lo ripetiamo quasi sempre già artificializzati, anche i pendii di raccordo a minore pendenza e a pericolosità bassa possono, con le movimentazioni e gli scavi, dare luogo a pericolosità di maggior livello o, in caso di assenza di pericolosità, innescarla. E' dunque evidente che, anche in considerazione dell'effetto aggiuntivo di deterioramento e di canalizzazione dei flussi idrici operato spesso da certa viabilità, anche qui in assenza o carenza di opere di presidio idraulico, e dai cantieri edili, si consiglia vivamente l'Amministrazione Comunale di adottare sistematicamente il ricorso allo studio di compatibilità geologica e geotecnica come strumento di diagnosi e di garanzia progettuale specifica, al di là delle attuali prescrizioni delle NdA del P.A.I...

Anche per quanto discusso al termine del paragrafo 5.5 è inoltre essenziale che la stessa si attivi affinché siano integrate nel Regolamento edilizio prescrizioni che agiscano in termini preventivi sulle consuetudini e sulle pratiche realizzative in modo da ostacolare ed impedire i fenomeni erosivi e di desertificazione innescata da interventi antropici.

Ai fini della tutela della incolumità pubblica e privata, infine, la particolare pericolosità delle falesie sul Demanio Marittimo impone, oltre che la necessità d'informazione degli escursionisti, di posizionare nelle aree di frequentazione, in eventuale accordo con altri soggetti, opportuni pannelli d'informazione e avviso e, per quanto attiene la navigazione, di sollecitare in tal senso l'Autorità Marittima competente per legge.

Nelle restanti classi Hg2, Hg3 e Hg4 dovrà essere adottate le previste norme di salvaguardia.

Dott. Geol. Giovanni Tilocca

Dottore di Ricerca in Scienze della Terra

, Agosto 2011