



COMUNE DI VILLAPUTZU

Ufficio Tecnico comunale

PIANO URBANISTICO COMUNALE

AGGIORNAMENTO ED INTEGRAZIONE DELLA
VARIANTE AL PUC IN ADEGUAMENTO AL PIANO
PAESAGGISTICO REGIONALE (PPR) E AL PIANO DI
ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI),
DELLA VAS E DELLA VINCA

R.AA.01

Relazione di compatibilità geologica geotecnica

Commissario ad acta

Arch. Francesco Cilloccu

Responsabile Area Tecnica

Ing. Sabrina Camboni

Progettisti PUC - VAS

Ing. Gian Lucca Frau

Arch. Valentina Caredda

Geol. Tarcisio Marini

Progettista VincA

Ing. Giuseppe Manunza

ASSETTO AMBIENTALE





COMUNE DI VILLAPUTZU
Provincia di Cagliari

PIANO URBANISTICO COMUNALE

STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICO-GEOTECNICA

RELAZIONE INTEGRATIVA
V2

Il Progettista incaricato: Dott. Geol. Francesco G. Dessì



INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	METODOLOGIA ADOTTATA.....	2
3	PERIMETRAZIONE DELLE AREE A PERICOLOSITÀ DA FRANA.....	6
3.1	- Area del centro abitato.....	10
3.2	- Località Perda Quaddus.....	22
3.3	- Settore costiero a Nord di Porto Corallo.....	28
4	- CONCLUSIONI.....	34

1 PREMESSA

La presente nota integrativa è stata redatta a completamento dello studio di compatibilità geologica e geotecnica prodotto ai sensi delle prescrizioni delle Norme di Attuazione del PAI di cui all'articolo 8 comma 2 e agli articoli 24 e 25.

Le integrazioni di seguito riportate fanno riferimento alle comunicazioni intercorse per le vie brevi con la Direzione Generale Agenzia regionale del Distretto Idrografico della Sardegna.

In particolare, si illustreranno in maniera approfondita e dettagliata le considerazioni che hanno portato a realizzare le perimetrazioni delle classi di pericolosità da frana già trasmesse, rivolgendo particolare riguardo al settore meridionale del territorio comunale di Villaputzu, area oggetto di maggiore riguardo in quanto sede del centro abitato principale e degli insediamenti dislocati nei dintorni di Porto Corallo, anche alla luce di nuove osservazioni di campagna e di nuove elaborazioni.

2 METODOLOGIA ADOTTATA

La metodologia utilizzata per la valutazione del grado di pericolosità geomorfologico dei settori in esame è quella indicata dalle "Linee guida del P.A.I della RAS" che descrivono fondamentalmente la metodologia per ottenere la carta di instabilità potenziale dei versanti e la successiva carta della pericolosità per frana. Il passaggio da instabilità potenziale a pericolosità avviene sulla base delle caratteristiche geomorfologiche del territorio in esame, ragion per cui nell'ambito del presente studio si è proceduto all'approfondimento delle stesse tramite diversi approcci.

Un primo approccio è stato quello di introdurre alcune elaborazioni digitali di carattere morfometrico basate sui modelli altimetrici disponibili che hanno consentito di discretizzare in maniera oggettiva la morfologia dei luoghi, riconoscendo in maniera semiautomatica le forme concave e le forme convesse, legate perlomeno in via teorica a dinamiche e processi differenti. In effetti la legenda della cartografia geomorfologica prodotta a corredo del presente studio recepisce questa elaborazione. Questo tipo di approccio è stato naturalmente affiancato a metodi più classici come la fotointerpretazione e il rilevamento diretto di campagna.

La cartografia di instabilità potenziale redatta in aderenza alle linee guida del PAI manifesta palesi carenze con conseguenti errori nella valutazione delle dinamiche dei versanti. Pur riconoscendone una validità di massima, occorre introdurre ulteriori approfondimenti al fine di avere un quadro il più possibile preciso dello stato dei luoghi. Si è quindi proceduto ad affiancare ai metodi già utilizzati un'ulteriore metodica di tipo statistico che potesse consentire di valutare la suscettività al dissesto per frana relativamente al territorio in studio.

In letteratura sono note diverse metodologie per calcolare la suscettività al dissesto per frana di un'area di interesse: in generale è possibile affermare che qualsiasi tipo di modellizzazione fonda le proprie basi su una conoscenza approfondita del territorio, basata su set consistenti di dati acquisiti sui fenomeni franosi, in certi casi su serie storiche decisamente robuste, che confluiscono in metodologie di tipo statistico ovvero basate sulla occorrenza di eventi franosi attuali e recenti (frane attive e quiescenti) in determinate condizioni geologiche. In altre parole, per studiare la suscettività al dissesto di una determinata area, una cartografia degli elementi franosi diventa un elemento imprescindibile per la caratterizzazione del territorio: questi possono essere presenti eventualmente in inventari/repertori esistenti, oppure devono essere rilevati ex novo. Lo schema concettuale seguito per la determinazione delle classi di suscettività al dissesto può essere sintetizzato dal successivo diagramma a blocchi.



L'assunto di partenza sta nel fatto che la combinazione dei diversi fattori responsabili di un fenomeno gravitativo nel passato, possa essere estrapolata a zone libere da frane aventi condizioni simili, per individuare e localizzare le aree dove si possono verificare nel futuro nuovi movimenti di versante.

Il metodo utilizzato anche in questo studio è un metodo diretto, statistico di tipo probabilistico che per la valutazione del contributo dei diversi parametri

correlati all'instabilità dei versanti utilizza l'approccio del Certainty Factor (CF) ovvero "Fattore di Certezza".

Il modello dei dati utilizzato per questo metodo è il modello dei dati raster per cui il valore di CF è calcolato per ogni singolo pixel per ogni data layer. Il valore di CF esprime la variazione in termini di probabilità di verificare una certa ipotesi (area suscettibile al franamento) relativamente alla presenza o assenza di evidenze note in un intervallo di variazione che varia tra -1 e +1. Valori positivi del CF indicano una maggiore certezza dell'ipotesi fatta, mentre valori negativi determinano una diminuzione delle certezze di eventualità di una frana. Un valore del CF prossimo allo zero indica invece che non è possibile fornire un'indicazione circa la probabilità che si verifichi l'ipotesi fatta. Innanzitutto quindi è necessario scegliere i parametri che sono ritenuti indicatori di instabilità da computare nel modello. Dal confronto tra la carta inventario dei fenomeni franosi e le carte tematiche dei parametri scelti, si ricavano i valori di CF, seguendo la formula di seguito riportata:

$$CF = \begin{cases} \frac{PP_a - PP_s}{PP_a(1 - PP_s)} & \text{se } PP_a \geq PP_s \\ \frac{PP_a - PP_s}{PP_s(1 - PP_a)} & \text{se } PP_a < PP_s \end{cases}$$

I valori di pp_a e pp_s sono i valori di probabilità che vengono utilizzati per il calcolo del CF. Il valore pp_a viene calcolato come il rapporto tra l'area in frana appartenente ad una determinata classe e l'area totale di quella classe (es.: frane di basalto/ area basalto). Il valore pp_s è il rapporto tra la superficie delle aree in frana e la superficie dell'intera area di studio.

Pertanto i valori di probabilità vengono calcolati utilizzando i parametri:

1. Area in studio
2. Area totale in frana nell'area in studio (deriva dai poligoni delle frane censite)
3. Area totale di ogni determinata classe per ogni tematismo (es.: classe basalti nel tema litologia)
4. Area interessata da frana di ogni classe per singolo tematismo (es.: frana composta di basalto)

I valori numerici utilizzati sono misurati come numero di pixel.

Il Fattore di Certezza viene calcolato per ogni data layer ritenuto indicatore di instabilità, quindi si procede con la combinazione a due a due dei layers, per mezzo delle successive regole di integrazione (Chung e Fabbri, 1993):

$$z = \begin{cases} x + y - xy & \text{se } x, y \geq 0 \\ \frac{x + y}{1 - \min(|x|, |y|)} & \text{se } x, y \text{ sono di segno diverso} \\ x + y + xy & \text{se } x, y < 0 \end{cases}$$

in cui x e y sono i CF relativi a due layer differenti e z è la loro combinazione ossia il CF risultante. L'integrazione fra CF avviene quindi applicando le regole precedenti in maniera iterata sui tematismi considerati: il risultato della prima integrazione fra i primi due tematismi sarà combinato con il terzo tematismo, fornendo un risultato che andrà combinato con il quarto e così via fino ad esaurire i data layer.

I valori di CF calcolati sono infine da riclassificare in sei classi di instabilità potenziale ovvero di probabilità che si verifichi un fenomeno franoso secondo il seguente schema di legenda.

-1 ÷ -0,7	Certezza di frana molto bassa	Alta stabilità
-0,7 ÷ -0,05	Certezza di frana bassa	Media stabilità
-0,05 ÷ 0,05	Incertezza. Non si possono formulare ipotesi	Stabilità incerta
0,05 ÷ 0,4	Certezza di frana modesta	Bassa instabilità
0,4 ÷ 0,8	Certezza di frana media	Media instabilità
0,8 ÷ 1	Certezza di frana alta	Alta instabilità

3 PERIMETRAZIONE DELLE AREE A PERICOLOSITÀ DA FRANA

In questo paragrafo saranno descritte le modalità realizzative della carta di sintesi della pericolosità da frana a partire dai dati contenuti nella carta geomorfologica e nella carta dell'instabilità potenziale dei versanti, nonché sulla base delle elaborazioni di tipo statistico che hanno portato alla realizzazione di una carta di suscettività al dissesto.

In particolare per chiarezza illustrativa si suddividerà l'area di studio in settori omogenei illustrando le motivazioni concettuali di carattere geologico/geomorfologico che hanno motivato la definizione dei livelli di pericolosità del territorio confrontandoli di volta in volta con i livelli calcolati di instabilità potenziale.

Lo scopo è quello di fornire una descrizione del reale stato dei luoghi quanto più possibile aderente alla realtà.

A completamento e ulteriore approfondimento delle osservazioni effettuate in precedenza è stata realizzata una cartografia di suscettività da frana tramite il metodo del Certainty Factor basata sugli assunti descritti nel seguito.

La carta realizzata è basata su un modello digitale del terreno a passo 1 m, disponibile per il settore meridionale del territorio comunale, area ritenuta maggiormente sensibile in quanto sede del centro abitato e degli insediamenti principali.

Per costruire la carta sono state considerate quali zone di riferimento sulla base delle quali poter effettuare le analisi di tipo statistico le zone Hg3 già censite nel PAI: questo in senso estremamente cautelativo e volutamente conservativo. L'applicazione del metodo quindi porta al riconoscimento all'interno di queste aree della distribuzione statistica del valore del CF dei parametri ritenuti causa di instabilità dei versanti, proiettando su zone potenzialmente simili la loro interazione.

Sono stati scelti come parametri per la costruzione di questa cartografia esclusivamente parametri di carattere geomorfologico e morfologico al fine di discretizzare l'area in esame in classi trattabili numericamente e quantitativamente. Tali parametri sono:

- Litologia
- Acclività della superficie topografica
- Convessità e concavità
- Indice Topografico TWI (Topographic Wetness Index)

- *Litologia*

La carta della litologia è stata derivata dalla carta geologica che è stata rilevata nell'area. Questo tematismo, inizialmente in formato vettoriale, è stato

**COMUNE DI VILLAPUTZU – PIANO URBANISTICO COMUNALE IN ADEGUAMENTO AL PAI
STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA**

convertito in formato raster con dimensione del pixel di 1 m, questo per renderlo confrontabile con gli altri dati, soprattutto il DTM. Applicando le formule su menzionate, si è ottenuto un nuovo strato informativo che rappresenta essenzialmente la carta geologica dell'area riclassificata in termini del valore CF, i cui valori numerici calcolati sono riportati nella tabella successiva.

SIGLA geo	PPA	PPS	CF
PRF	0,128	0,007	0,952
ORR	0,044	0,007	0,849
MSVb	0,028	0,007	0,758
SGA	0,015	0,007	0,528
SGAa	0,009	0,007	0,232
SVI	0,000	0,007	-1,000
h1r	0,000	0,007	-1,000
L	0,000	0,007	-1,000
MUZa	0,000	0,007	-1,000
MGM	0,000	0,007	-1,000
ACN	0,000	0,007	-1,000
MRV	0,000	0,007	-1,000
MSVa	0,000	0,007	-1,000
mr	0,000	0,007	-1,000
MSV	0,000	0,007	-1,000
ORRa	0,000	0,007	-1,000
fq	0,000	0,007	-1,000
fp	0,000	0,007	-1,000
fb	0,000	0,007	-1,000
PVM1	0,000	0,007	-1,000
PVM2a	0,000	0,007	-1,000
PVM2c	0,000	0,007	-1,000
g	0,000	0,007	-1,000
g2	0,000	0,007	-1,000
bna	0,000	0,007	-1,000
bc	0,000	0,007	-1,000
bb	0,000	0,007	-1,000
ba	0,000	0,007	-1,000
a	0,000	0,007	-1,000
e3	0,000	0,007	-1,000
ha	0,000	0,007	-1,000

Tabella 1 – Valori di ppa, pps e CF calcolati per il tematismo “Litologia”

Analizzando i dati ottenuti, è possibile evincere che i valori positivi di CF, quindi maggiormente legati in termini probabilistici alle caratteristiche delle

aree Hg3, sono associati alle sigle della carta geologica PRF, ORR, MSVb e SGA affioranti nell'area.

- *Acclività della superficie topografica*

La pendenza dei versanti si calcola in maniera automatica sul DTM in uso con passo 1 m. La carta delle pendenze totale presenta dei valori di pendenza calcolati pixel a pixel ed è stata riclassificata in 6 classi come di seguito:

- 1 - da 0° a 5°
- 2 - da 5° a 15°
- 3 - da 15° a 25°
- 4 - da 25° a 35°
- 5 - da 35° a 45°
- 6 - oltre 45°

Applicando le formule descritte si ottiene un nuovo strato informativo rappresentativo del valore CF, i cui dati sono riportati di seguito.

VALUE	PPA	PPS	CF
1 - da 0° a 5°	0,000	0,007	-0,940
2 - da 5° a 15°	0,003	0,007	-0,609
3 - da 15° a 25°	0,008	0,007	0,153
4 - da 25° a 35°	0,023	0,007	0,696
5 - da 35° a 45°	0,036	0,007	0,812
6 - oltre 45°	0,025	0,007	0,722

Tabella 2 – Valori di ppa, pps e CF calcolati per il parametro “Acclività dei versanti”

Effettivamente, come ci si può aspettare, il valore del CF cresce positivamente al crescere della pendenza. Viceversa le zone pianeggianti o sub-pianeggianti mostrano un valore del CF negativo.

- *Convessità e concavità*

Sulla base del DTM è possibile costruire una elaborazione che rappresenta la variazione di curvatura della superficie topografica che consente di individuare superfici concave, convesse e piane, le quali possiedono un significato morfologico-evolutivo particolare e in un certo senso rispecchiano la dinamica dei versanti. Le variazioni di concavità e convessità sono state calcolate sia

lungo la direzione di massima pendenza (profile curvature) sia lungo una direzione perpendicolare a quest'ultima (plan curvature). La combinazione di queste due misure di curvatura porta alla determinazione di 9 classi che successivamente possono essere accorpate per suddividere l'area in 3 classi che individuano distinte aree rispettivamente concave, piane e convesse. I risultati dei calcoli per questo tematismo sono riportati di seguito.

VALUE	PPA	PPS	CF
1 - concavità	0,007	0,007	-0,031
2 - versanti piani	0,002	0,007	-0,654
3 - convessità	0,007	0,007	0,015

Tabella 3 - Valori di ppa, pps e CF calcolati per il parametro "Concavità e convessità"

Il valore del CF calcolato sull'elaborazione relativa a concavità e convessità mostra dei valori più positivi per i versanti convessi.

- *Indice Topografico TWI*

L'indice topografico individua le zone di concentrazione d'acqua e quindi indica la tendenza di una cella a produrre ruscellamento, in quanto le aree con alta concentrazione d'acqua sono le più soggette a divenire sature. Il calcolo di questo indice è stato effettuato secondo la formula di Beven e Kirkby. Più alto è il valore di questo indice nella cella e più grande è la quantità di acqua che può essere trovata nella cella stessa. L'elaborazione ottenuta è stata riclassificata in 12 classi per ciascuna delle quali è stato effettuato il calcolo del CF.

VALUE	PPA	PPS	CF
1	0,012	0,007	0,436
2	0,011	0,007	0,393
3	0,009	0,007	0,255
4	0,007	0,007	0,062
5	0,006	0,007	-0,184
6	0,004	0,007	-0,428
7	0,003	0,007	-0,625
8	0,001	0,007	-0,804
9	0,001	0,007	-0,892
10	0,001	0,007	-0,878
11	0,001	0,007	-0,870
12	0,000	0,007	-0,944

Tabella 4 - Valori di ppa, pps e CF calcolati per il parametro "Indice Topografico"

Integrazione dei CF e calcolo della carta di instabilità potenziale

I CF ottenuti sono stati integrati a coppie secondo la tecnica descritta in precedenza: si ricorda che in tal caso non si tratta di una semplice somma algebrica come nel caso del calcolo dell'instabilità potenziale, ma di una somma condizionata in cui l'ordine con cui avviene il procedimento di integrazione non è influente. Si ottiene una carta di suscettività al dissesto o di instabilità potenziale organizzata in 6 classi che sarà utilizzata di seguito nella descrizione delle aree a pericolosità cartografate.

La carta dell'instabilità potenziale ottenuta è in prima istanza un prodotto che per definizione possiede degli areali in cui la potenzialità del dissesto è incerta, non può essere determinata: si tratta delle aree della classe 3 per le quali non si possono formulare ipotesi statisticamente valide. Per queste aree il valore del CF risultato finale delle operazioni di integrazione è prossimo allo 0 e come tale non ha margini di affidabilità dal punto di vista statistico. Si può ipotizzare che il considerare ulteriori fattori nella catena di elaborazione possa ridurre ulteriormente le incertezze di queste aree, per altro superficialmente non elevate.

3.1 - Area del centro abitato

L'area del centro urbano di Villaputzu, data la presenza degli insediamenti abitativi, è una di quelle su cui è stata adoperata la maggiore attenzione nelle fasi di rilevamento, analisi e restituzione cartografica delle perimetrazioni di pericolosità da frana.

Le fasi di rilevamento hanno consentito di definire delle caratteristiche comuni di questo settore, riportate di seguito:

- Il centro abitato si è sviluppato in una conca di erosione: nelle aree sommitali non esistono indizi di fenomeni franosi in atto;
- La giacitura delle scistosità e delle stratificazioni degli affioramenti rocciosi è a reggipoggio o a traverpoggio;
- Le coperture detritiche superficiali, se presenti, mostrano spessori esigui, anche una loro eventuale movimentazione per fenomeni di tipo gravitativo non rappresenta un elemento pericoloso per il territorio.

La cartografia di instabilità potenziale redatta secondo le linee guida del PAI individua in questa zona alcune aree virtualmente pericolose (figura 1).

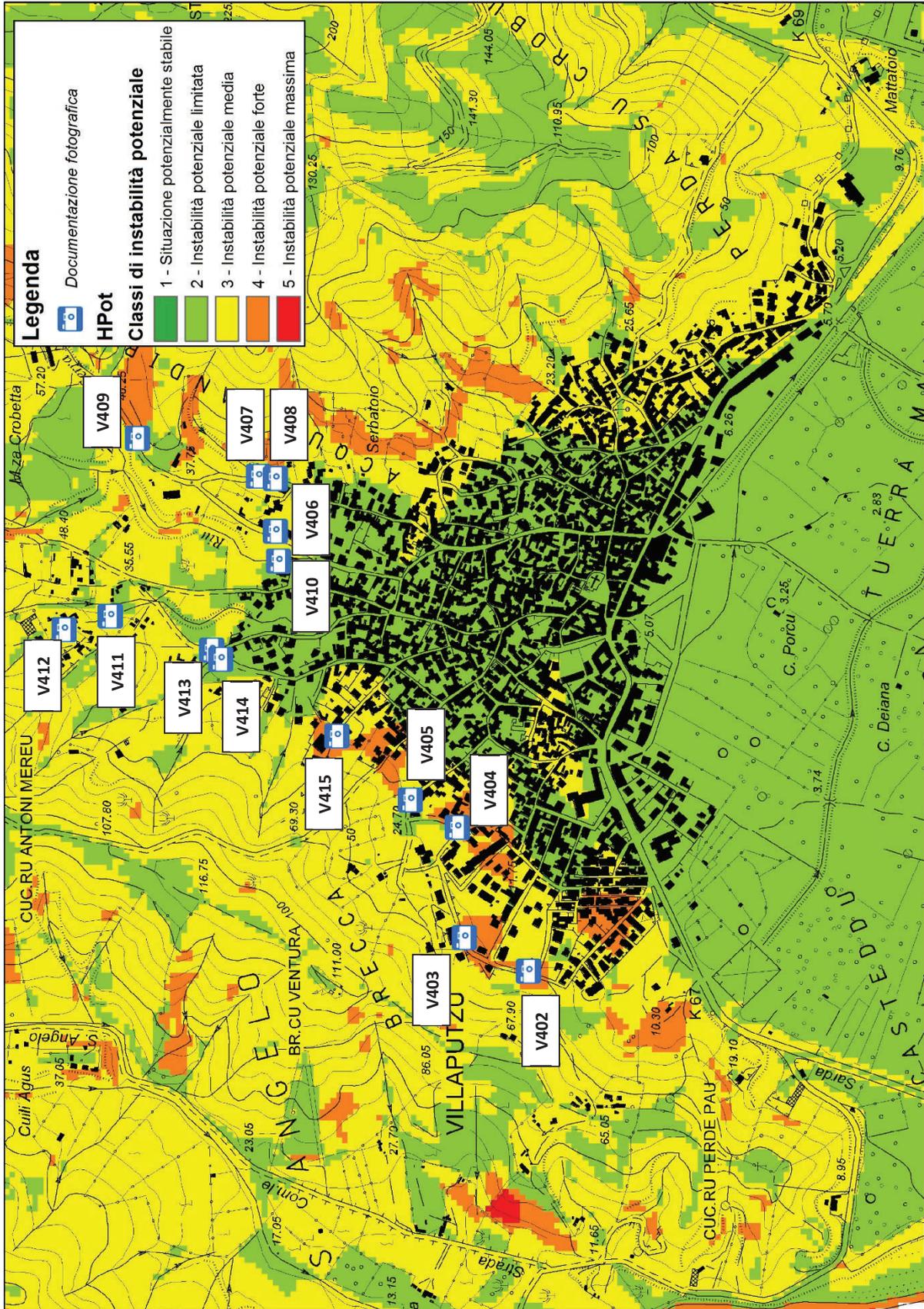


Figura 1 - Carta dell'instabilità potenziale redatta secondo le linee guida del PAI con ubicazione di alcuni scatti fotografici riportati nel testo.

L'indicazione fornita dalla carta di instabilità potenziale è stata quindi analizzata al fine di verificare la presenza di reali pericoli di instabilità dei versanti, investigando puntualmente sullo stato dei luoghi, dei quali sono riportate nel seguito alcune fotografie ritenute significative la cui ubicazione è riportata nella medesima mappa.

Le fotografie V402 e V403 mostrano lo stato dei luoghi in corrispondenza di alcune aree a forte instabilità potenziale identificate dal PAI. I sopralluoghi effettuati a più riprese e in stagioni differenti consentono di identificare la mancanza di fenomeni di dissesto in atto e potenziali. In questa porzione di territorio, tra l'altro già fortemente urbanizzata e consolidata, il substrato dato dalle arenarie di San Vito non mostra problematiche relative alla sua stabilità. Le giaciture delle discontinuità rilevate sono a reggipoggio. La coltre di detriti superficiale, se presente, è costituita da spessori di pochi cm per cui anche il materiale potenzialmente mobilizzabile non riveste volumi considerevoli. Ancora, analizzando gli edifici e i manufatti, è possibile notare la mancanza di lesioni e fratture che stanno a significare che non esistono movimenti importanti del suolo e del sottosuolo.



Figura 2 - Fotografia **V402**. Versanti a Ovest del centro abitato



Figura 3 – Fotografia **V403**. Taglio stradale in cui è possibile notare il substrato roccioso sovrastato da una esigua coltre di detriti



Figura 4 – Fotografia **V404**. Zona subpianeggiante interclusa nel centro abitato

La fotografia V404 mostra un'altra situazione di erroneità determinata dalla carta di instabilità potenziale. Anche in questo caso l'instabilità potenziale individuata sarebbe forte, ma l'area in questione è costituita da una zona a morfologia subpianeggiante interclusa fra gli edifici. La mancanza di fenomeni di dissesto anche potenziali porta ad escludere la pericolosità di quest'area. L'apertura di un nuovo (aprile 2017) taglio stradale (fotografia V405) ha messo ancora una volta in evidenza le caratteristiche tipiche degli affioramenti rocciosi di questa area. La roccia si presenta abbastanza compatta e poco alterata, sovrastata da un esiguo strato di detriti. Tali condizioni sono praticamente una costante.



Figura 5 - Fotografia **V405**. Nuovo taglio stradale che mette in evidenza lo stato del substrato roccioso e lo spessore dei detriti superficiali.

Poco più a Nord (Fotografia V415) ancora una volta l'elaborazione dell'instabilità potenziale metterebbe in guardia per la possibilità di movimentazione importante dei versanti, ma anche in questo caso siamo di fronte a un calcolo i cui risultati mostrano poca aderenza alla realtà dei luoghi. Morfologicamente si individua un piano debolmente inclinato in cui si esclude la possibilità di movimenti franosi in senso stretto: anche in questo caso sono

stati ispezionati alcuni manufatti come alcune recinzioni e/o muri di cinta rilevando l'assenza di lesioni che testimoniassero movimenti di versante in atto.



Figura 6 - Fotografia **V415**. Superficie debolmente inclinata situata in posizione NNW rispetto al centro abitato

Nel settore più a Nord di quest'area la morfologia del territorio è dominata dalla presenza di dolci colline modellate fundamentalmente dalla dinamica fluviale. Gli affioramenti delle metarenarie di San Vito in questa porzione di territorio sono talvolta, specie nei fondovalle, sovrastati dalla presenza di depositi alluvionali poligenici.

In questo contesto la copertura detritica presente mostra uno spessore relativamente superiore rispetto a quella rilevata nel lato occidentale del centro abitato (Fotografia 411), comunque stabilizzata dalla presenza di vegetazione arbustiva che concorre alla sua stabilizzazione unitamente alle pendenze moderate. I sopralluoghi hanno consentito di verificare anche in questo settore l'assenza di fenomeni di movimento e/o di creeping.

La dinamica prevalente in quest'area appare essere quella fluviale, testimoniata dalle attuali morfologie collinari.



Figura 7 - Fotografia **v411**. Taglio stradale che mostra la presenza di detriti superficiali stabilizzati dalla vegetazione



Figura 8 - Fotografia **v412**. Morfologia collinare del settore a Nord del centro abitato.



Figura 9 - Fotografia **V413**. Morfologia collinare del settore a Nord del centro abitato.



Figura 10 - Fotografia **V414**. Morfologia collinare del settore a Nord del centro abitato.

Per quanto riguarda i fianchi orientali del bacino in cui si è sviluppato il centro abitato, la situazione geomorfologica e di assetto dei versanti si presenta molto simile alle configurazioni precedenti.

Anche in questo settore l'elaborazione della carta di instabilità potenziale redatta secondo le linee guida del PAI individua delle fasce fortemente instabili, ma a una attenta analisi è possibile verificare come anche in questo caso l'elaborazione risulti fuorviante e poco corrispondente al vero stato dei luoghi.

In quest'area (Fotografie V407, V408, V409) dominano ancora una volta le dolci e regolari forme collinari modellate sulle arenarie di San Vito, con roccia subaffiorante, poco alterata, giacitura a reggipoggio delle discontinuità e presenza di una esile coltre di materiale superficiale, spesso stabilizzato dalla vegetazione. Le ricognizioni effettuate a più riprese non hanno individuato la presenza di fenomeni di movimento di versante né in atto né potenziali: è ragionevole mantenere anche per questo settore un basso livello di pericolosità in quanto nessun indizio rilevato suggerisce la possibilità che possano avvenire movimenti di versante pericolosi per l'incolumità delle persone e dei luoghi.



Figura 11 - Fotografia **V407**. Morfologia collinare del settore a Est del centro abitato.



Figura 12 - Fotografia **V408**. Giacitura a reggipoggio delle discontinuità presenti nelle arenarie di San Vito, ricoperte da una sottile coltre di alterazione colonizzata da vegetazione spontanea.



Figura 13 - Fotografia **V409**. Roccia sub-affiorante nel settore NNE. Coltre di detriti superficiale praticamente assente

In generale l'area del centro abitato e le sue immediate circostanze non appaiono affette da problematiche relative alla stabilità dei versanti intese in senso stretto. Le ricognizioni e le analisi effettuate hanno messo in evidenza per questo settore l'assenza di fenomeni gravitativi in atto o potenziali, mentre invece una problematica più critica dal punto di vista idrogeologico riguarda le dinamiche fluviali, come tra l'altro testimoniato da dati storici e dalla realizzazione di opere atte a limitare e arginare questo fenomeno come per esempio canali di guardia e tombati che sono stati realizzati nel tempo (Fotografia V410).



Figura 14 - Fotografia **V410**. Opera idraulica di regimazione delle acque connessa con il canale tombato posto al di sotto della Via La Marmora

Le considerazioni di carattere geologico-geomorfologico pocanzi espresse trovano un ulteriore riscontro nella cartografia di suscettività da frana che è stata costruita tramite la metodologia del CF illustrata in precedenza.

Un estratto della carta ottenuta per questo settore è riportato nella successiva figura 15.

Come si può notare, il risultato dell'integrazione dei parametri di instabilità utilizzati nel modello proposto porta a risultati congruenti e concordi con le indicazioni fino a questo momento espresse.

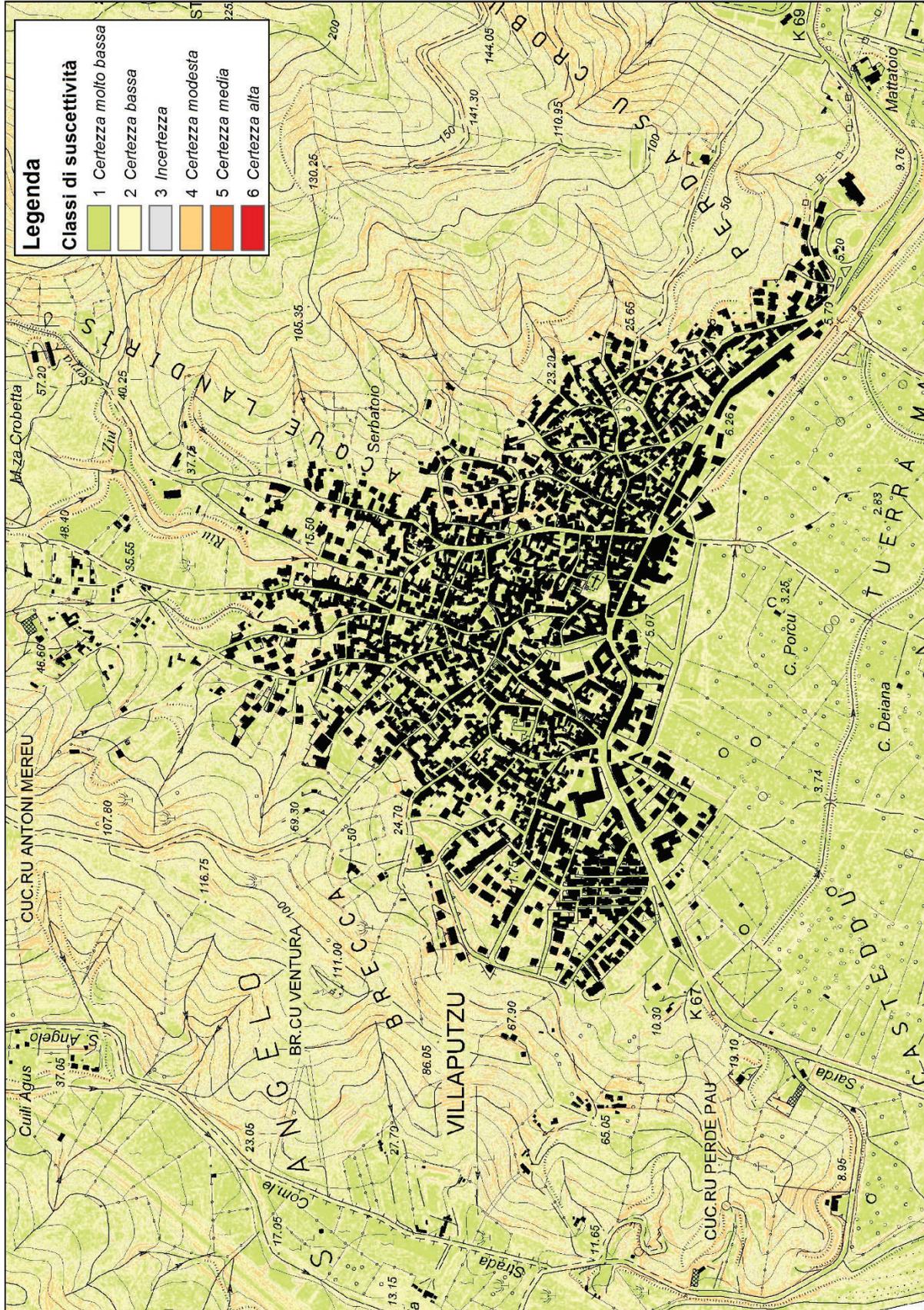


Figura 15 - Carta della suscettività da frana realizzata mediante la metodologia del CF

Il calcolo effettuato ha portato a dei risultati innanzitutto di dettaglio maggiore grazie alla possibilità offerta dal modello digitale del terreno con risoluzione 1m e oltretutto aderenti e corrispondenti alle osservazioni di campagna. La maggior parte dei pixel calcolati per questa zona ricade nella classe 2 e subordinatamente 1, cioè con una certezza rispettivamente bassa e molto bassa di avere le medesime caratteristiche delle aree Hg3 prese come riferimento. Si può notare anche la presenza di alcuni pixel appartenenti alla classe 4, ma la loro distribuzione spaziale non è tale da consentire una corretta interpolazione e mappatura uniforme specie in relazione alla scala di 1:10000. Va tenuto comunque presente che per queste aree esistono tutte le osservazioni effettuate in precedenza, tale elaborazione di tipo statistico-geomorfologico-quantitativo è da considerarsi a supporto delle classiche metodologie di rilevamento e analisi.

3.2 - Località Perda Quaddus

In questo settore, localizzato a Nord-Ovest di Porto Corallo e cartografato dal presente studio a pericolosità Hg2, le condizioni di dinamica dei versanti appaiono più attive o comunque potenzialmente più documentabili specie se confrontate al settore descritto in precedenza. La carta di instabilità realizzata seguendo le linee guida del PAI (figura 16) stavolta raggiunge un grado di affidabilità maggiore e risulta in maggior misura aderente alla realtà osservata in presa diretta.

Questa zona palesa una certa attività dei processi di modellamento dei versanti: le quote altimetriche sono relativamente più elevate, conferendo una maggiore energia del rilievo e di conseguenza ai processi. L'indizio più chiaro di dinamica di versante attiva, comunque, è rappresentato dalla presenza di detriti di versante costituiti da clasti angolosi, in qualche caso parzialmente cementati, ma comunque recenti o sub-attuali. Tali detriti si originano fondamentalmente da affioramenti rocciosi sovrastanti e per fenomeni di tipo gravitativo percorrono i versanti sottostanti. È possibile individuarne alcuni accumuli (Fotografia V385) anche di carattere antropico (Fotografia V389, accumulo effettuato da contadini ma che testimonia la presenza di detriti nell'area). Effettivamente dal punto di vista geomorfologico è possibile cartografare dei glacis di accumulo.

Inoltre, dato di non secondaria importanza, questa zona è stata recentemente percorsa da incendio come testimoniato dai residui carbonizzati di alcuni alberi (Fotografie V390 e V392).

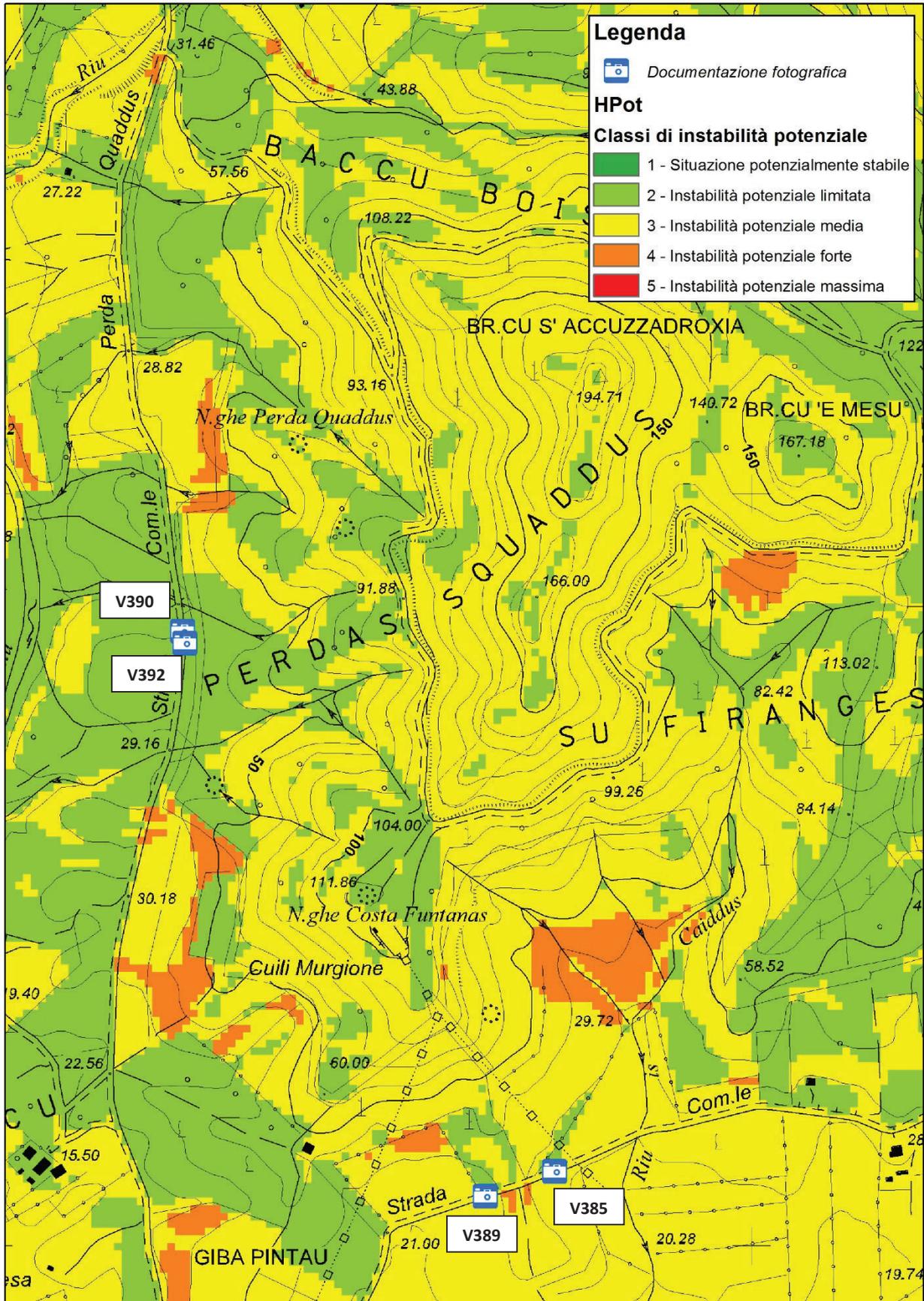


Figura 16 - Carta di instabilità potenziale per il settore di Perda Quaddus

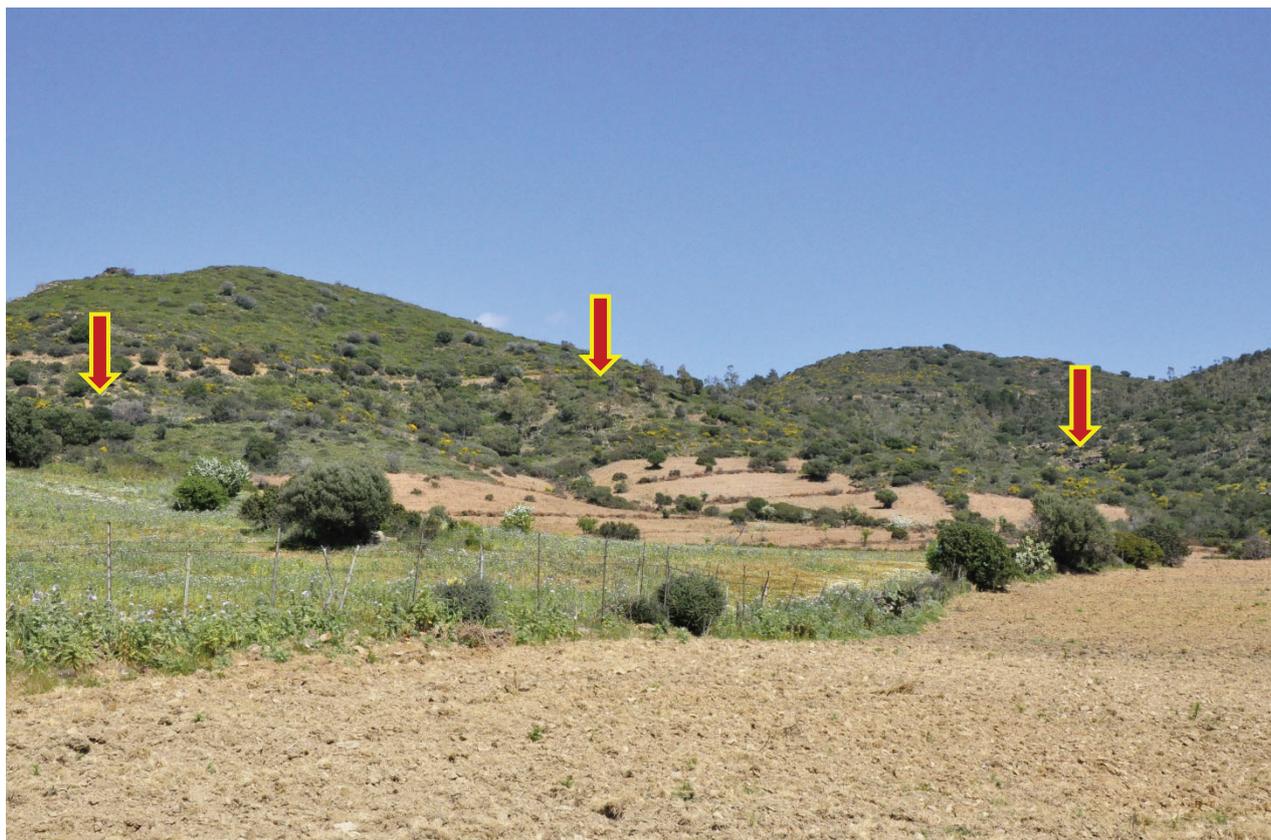


Figura 17 - Fotografia **V385**. Vista verso Nord. La frecce indicano la presenza di blocchi/detriti lungo i versanti



Figura 18 - Fotografia **V389**. Vista verso NW. Glacis di accumulo e accumulo di detriti di versante (freccia)



Figura 19 - Fotografia **V390**. Vista verso Est. La ripresa mostra la presenza di affioramenti rocciosi sommitali e residui di alberi carbonizzati

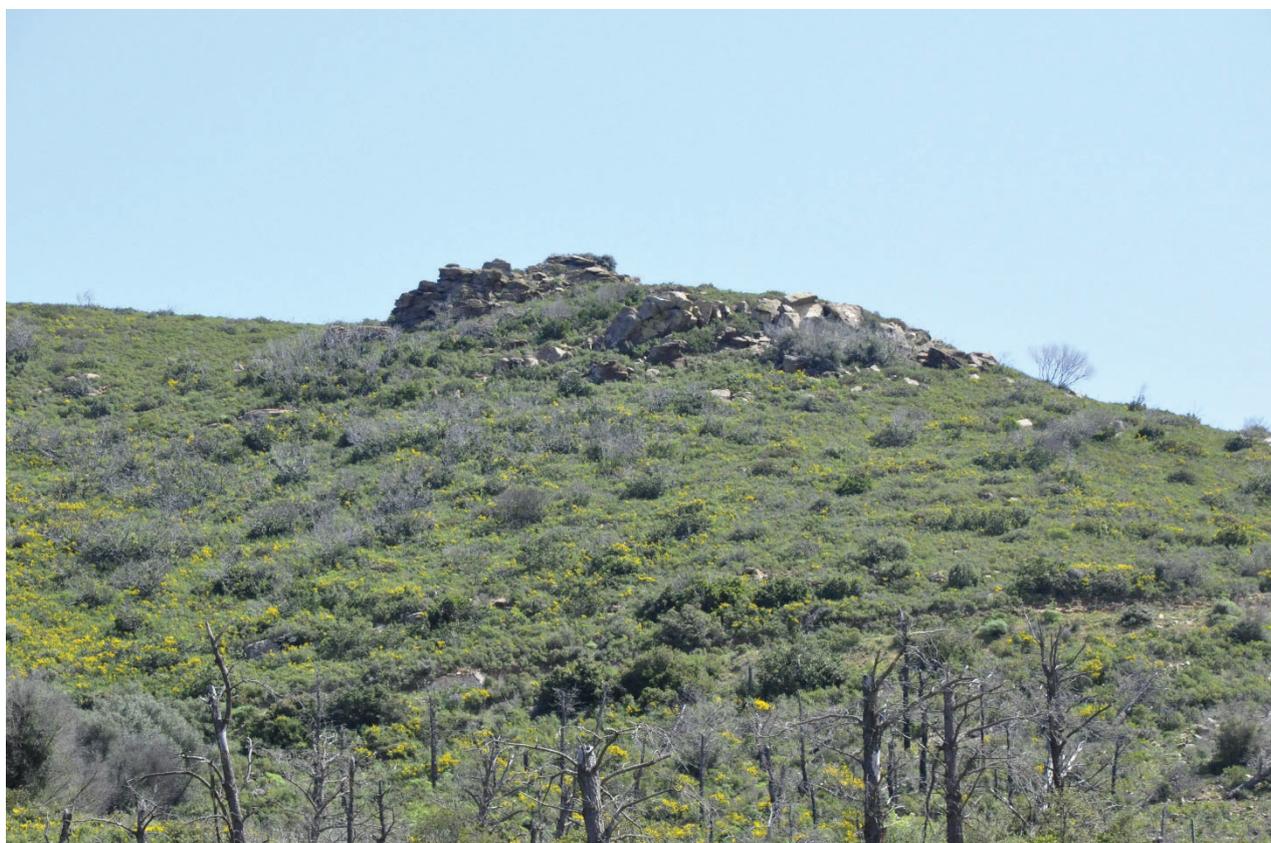


Figura 20 - Fotografia **V392**. Vista verso Sud-Est. La ripresa mostra la presenza di affioramenti rocciosi sommitali e residui di alberi carbonizzati

Anche per questo settore la cartografia di suscettività da frana realizzata con la metodologia del CF (figura 21) ha fornito risultati che confermano le osservazioni effettuate a valle delle operazioni di rilevamento e fotointerpretazione.

In questo caso il numero di pixel appartenenti alla classe 4 è superiore e spazialmente distribuito in maniera omogenea soprattutto in corrispondenza delle sommità dei versanti e nelle porzioni immediatamente sottostanti. L'analisi congiunta con le altre informazioni disponibili, soprattutto l'estensione delle aree percorse da incendio, unitamente a considerazioni relative a una maggiore tutela, hanno portato lo scrivente a considerare tale zona conservativamente come a pericolosità Hg2.

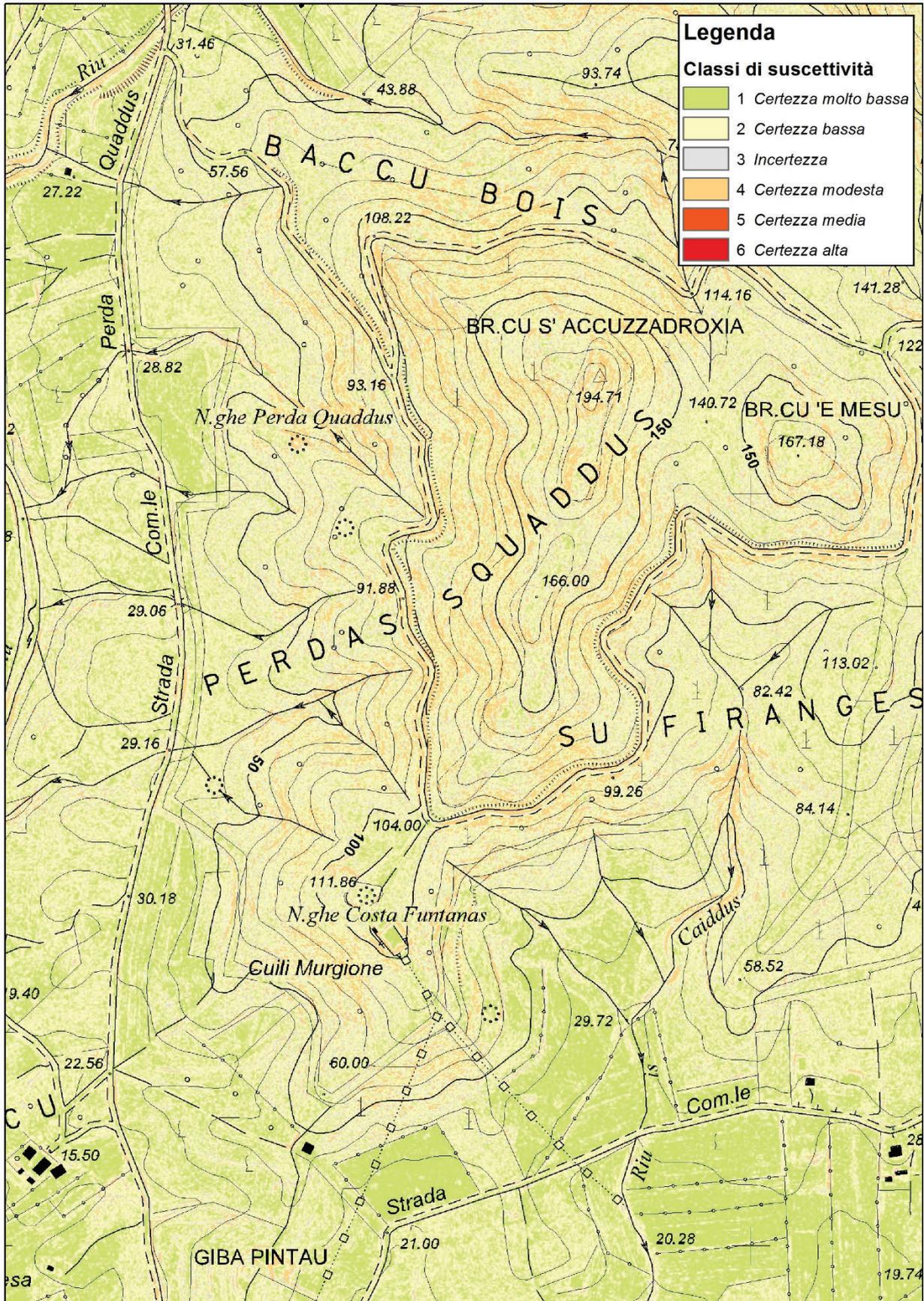


Figura 21 - Carta della suscettività da frana realizzata mediante la metodologia del CF

3.3 – Settore costiero a Nord di Porto Corallo

Questo settore è situato immediatamente a Est dell'area precedente ed è ritenuto di interesse maggiore in quanto in quest'area trovano sede numerosi insediamenti di carattere turistico e non solo. L'analisi delle serie storiche di foto aeree e ortofoto permette di evidenziare un'opera di terrazzamento e di consolidamento effettuata per mezzo di rimboschimento che ha permesso di stabilizzare i versanti. Tali superfici terrazzate, sono state riportate nella cartografia geomorfologica allegata e sono state oggetto di ricognizione al fine di poter evidenziare la eventuale presenza di fenomeni di dissesto anche potenziali.

La carta di instabilità potenziale realizzata secondo le linee guida del PAI (Figura 22) fornisce delle indicazioni di instabilità da media a limitata per la maggior parte di questa zona.

L'area è stata fittamente piantumata con specie arboree di diverse essenze: nel settore meridionale sono presenti Eucalyptus (Fotografia V369), mentre più a Nord, nel piccolo bacino del Rio Sa Torre, sono stati impiantati numerosi pini unitamente alle opere di terrazzamento dei versanti (Fotografie V371 e V377). Sia in un caso che nell'altro, non si sono riscontrati fenomeni di *soil creeping*, resi particolarmente evidenti, qualora presenti, dall'eventuale inclinazione dei fusti degli alberi, che invece appaiono sempre verticali o subverticali. In effetti anche in questo settore il soprassuolo presenta spessori veramente esigui, come testimoniato da diverse sezioni che si possono osservare percorrendo la zona (Fotografie V370, V374 e V376), nelle quali spesse volte la giacitura delle discontinuità è a reggipoggio.

Sono stati investigati anche i tagli stradali immediatamente a monte degli insediamenti turistici costieri (Fotografia V366), realizzati con profili regolarizzati e completati da opere di protezione della sede stradale. La propensione al dissesto anche in questi casi è considerata bassa.

Per questo settore la carta di instabilità potenziale evidenzia la possibilità di fenomeni di dissesto in corrispondenza del lato occidentale, in località Punta Pranedda. Il rilevamento effettuato conferma tale ipotesi, con la possibilità di mobilitazione di blocchi (Fotografia V378) verso Ovest, nel settore cartografato a pericolosità Hg2.

Per questo settore purtroppo il DTM con passo 1 m ha presentato alcune problematiche e non è stato possibile realizzare la carta di suscettività con il metodo del CF.

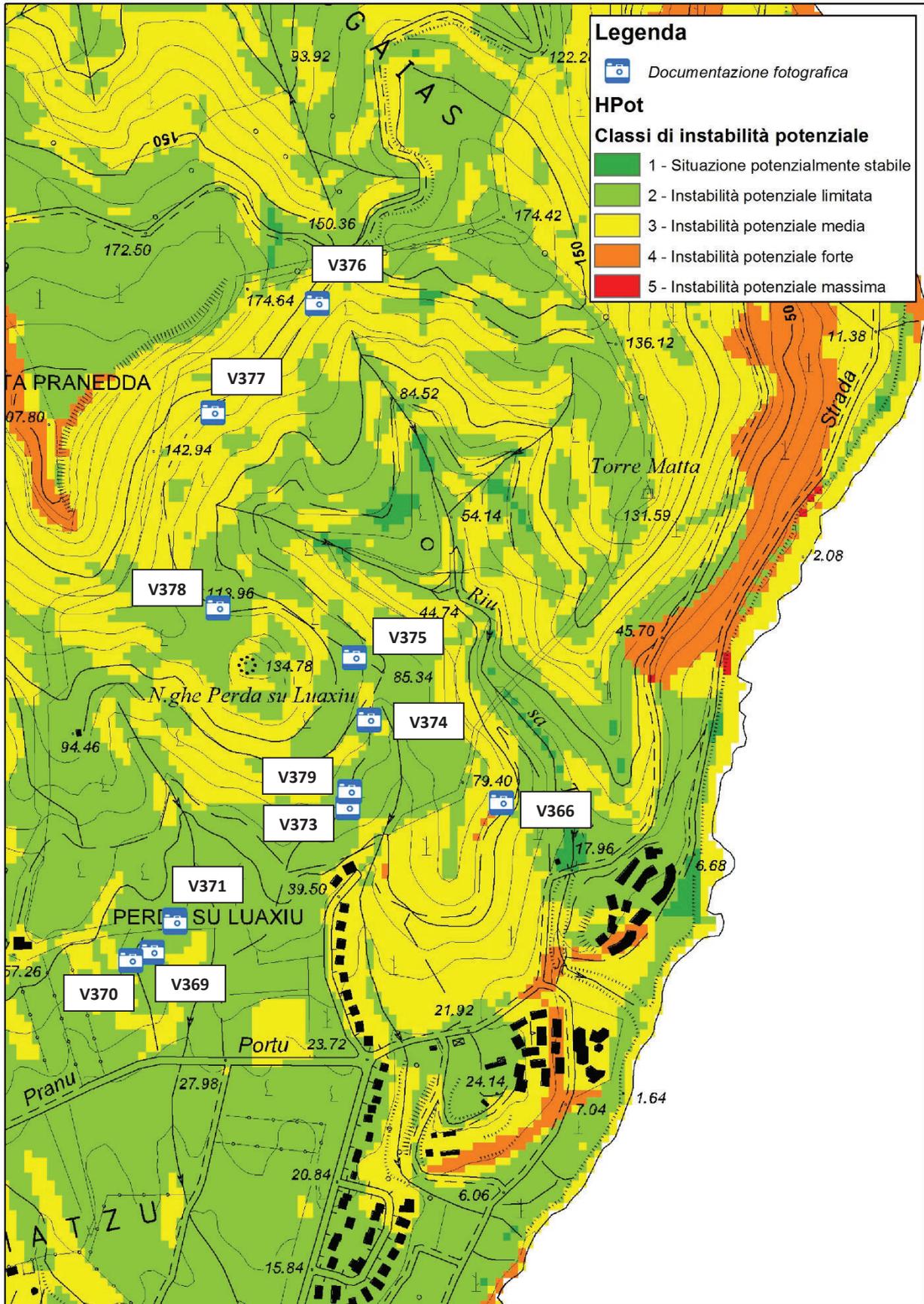


Figura 22 - Carta di instabilità potenziale per l'area a Nord di Porto Corallo



Figura 23 - Fotografia **v369**. Alberi di Eucalyptus presenti nel settore meridionale dell'area



Figura 24 - Fotografia **v371**. Opere di terrazzamento dei versanti con piantumazione di conifere



Figura 25 - Fotografia **V377**. Opere di terrazzamento dei versanti con piantumazione di conifere



Figura 26 - Fotografia **V370**. La coltre di alterazione superficiale è quasi assente o presente con spessori minimi



Figura 27 - Fotografia **V374**. Esiguo spessore della coltre di alterazione superficiale



Figura 28 - Fotografia **V376**. Esiguo spessore della coltre di alterazione superficiale e giacitura a reggipoggio delle discontinuità della roccia costituente il substrato



Figura 29 - Fotografia **V378**. Affioramenti rocciosi in località Punta Pranedda



Figura 30 - Fotografia **V366**. Taglio stradale nei pressi degli insediamenti turistici costieri di Porto Corallo

4 – CONCLUSIONI

Con la presente nota si è fornito un ulteriore approfondimento relativamente alle considerazioni e alle metodologie che hanno portato alla cartografia di pericolosità da frana realizzata per il presente studio.

Gli approcci seguiti sono differenti, in parte basati su metodologie classiche di rilevamento, fotointerpretazione e analisi, in parte basate su concetti relativamente nuovi di geomorfologia quantitativa costruita su dati digitali.

Come in parte espresso nella relazione dello studio di Compatibilità, integrato dal presente documento, lo studio ha riguardato l'intero territorio del Comune di Villaputzu, con un'analisi territoriale finale condotta tramite indagini geomorfologiche che sono sintetizzate nella cartografia allegata. La carta dell'instabilità potenziale è stata realizzata seguendo le metodologie proposte dalle linee guida del PAI, ed è stata "corretta" e calibrata sulla base delle informazioni di tipo geomorfologico. In certi casi si è ricorso alla costruzione di un'ulteriore carta di suscettività per frana basata su modelli statistici.

Il risultato dello studio fornito è una perimetrazione che si ritiene aderente alle situazioni attuali di predisposizione al dissesto.