



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE

Microzonazione sismica

Instabilità di versanti sismoindotte

Veronica Pazzi - veronica.pazzi@units.it



Commissione tecnica per la microzonazione sismica
(articolo 5, comma 7, OPCM 13 novembre 2010, n. 3907)

Microzonazione sismica

**Linee guida
per la gestione del territorio in aree interessate da
instabilità di versante sismoindotte (FR)**

versione 1.0

Roma, 2017

ELENCO APPENDICI

PARTE PRIMA

- APPENDICE A1 – Metodologia per l'identificazione della coppia M-D di soglia (a cura di Università di Genova)
- APPENDICE A2 – Indicazioni operative per la Carta delle MOPS e programmazione nuove indagini
- A2.1 - Omogeneizzazione dei dati desunti da inventari (PAI, IFFI) (a cura di Regione Liguria)
- A2.2 - Individuazione delle aree potenzialmente franose (APF) e delle aree di evoluzione della frana (AE) (a cura di Regione Toscana)
- A2.3 - Definizione di indagini e parametri per la programmazione degli approfondimenti superiori (a cura di Regione Emilia Romagna).
- APPENDICE A3 – Calcolo dei coefficienti K_h e K_{heq} (a cura di DPC)
- APPENDICE A4 – Progetto MASSMOVE per frane di crollo (a cura di Regione Friuli Venezia Giulia, Regione Veneto e Università Bicocca di Milano, Dipartimento di Scienze Geologiche e Geotecnologie)
- APPENDICE A5 - Soglia di PGA per identificazione delle ZS_{FR} (a cura di Università Bicocca di Milano, Dipartimento di Scienze Geologiche e Geotecnologie)

PARTE SECONDA

- APPENDICE B1 – Schema di Programma Zone Instabili
- APPENDICE B2 - Schemi sintetici di classificazione
- APPENDICE B3 - Schema riassuntivo della disciplina d'uso

Indice

- Definizioni
- Carte, livelli MS e zone di instabilità
- Modalità di rappresentazione
- Disciplina di uso del suolo

Definizioni

Definizioni

Frana (instabilità di versante). Il movimento di una massa di roccia, di blocchi, di detrito o di terra lungo un versante.

Definizioni

Frana (instabilità di versante). Il movimento di una massa di roccia, di blocchi, di detrito o di terra lungo un versante.

Frana in terra. Il movimento di una massa di terra che comporta uno spostamento per taglio lungo una o più superfici. Per la maggior parte sono frane per colamento o scorrimento.

Frana di crollo. E' caratterizzata dalla caduta libera di blocchi di roccia e detrito, distaccatisi dal versante lungo discontinuità prevalentemente verticali. Per la maggior parte sono frane di crollo s.s. e ribaltamento.

Definizioni

Frana (instabilità di versante). Il movimento di una massa di roccia, di blocchi, di detrito o di terra lungo un versante.

Frana in terra. Il movimento di una massa di terra che comporta uno spostamento per taglio lungo una o più superfici. Per la maggior parte sono frane per colamento o scorrimento.

Frana di crollo. E' caratterizzata dalla caduta libera di blocchi di roccia e detrito, distaccatisi dal versante lungo discontinuità prevalentemente verticali. Per la maggior parte sono frane di crollo s.s. e ribaltamento.

I tipi di movimento si possono classificare come²:

- Crolli
- Ribaltamenti
- Colamenti
- Scorrimenti traslazionali e/o rotazionali
- Complessi

² In una prossima revisione si affronterà anche il problema delle DGPV, deformazioni gravitative profonde di versante

Definizioni



Fig. 8 Scars of wedge failures in limestone, Canmore, Alberta, Canada. The cliff is approximately 50 m high (Photo by O. Hungr)



Fig. 19 "Frank Slide" rock avalanche of 1903, southern Alberta, Canada. The horizontal length of the avalanche path is 3 km, volume 36 million m³. (Photo by O. Hungr)



Fig. 10 Rock collapse, Preonzo, Switzerland (Courtesy of S. Löw, ETH, Zurich)

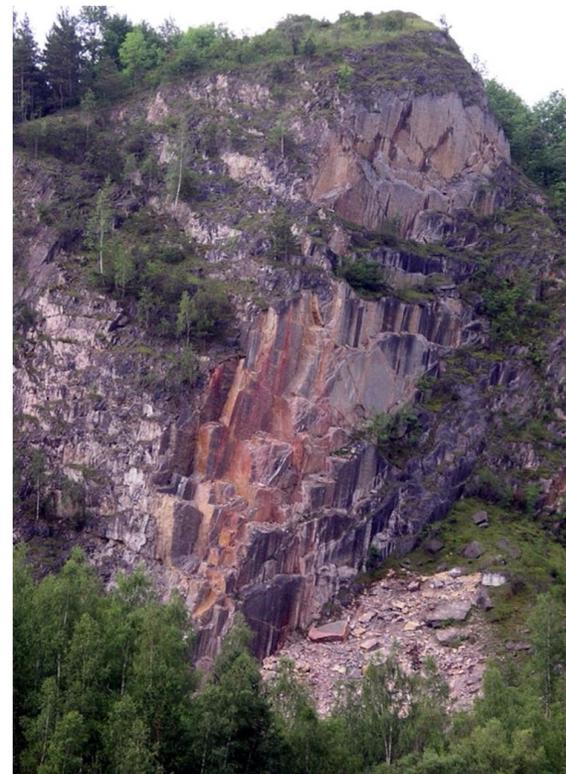


Fig. 4 Block topple in limestone, Czech Republic (Photo by O. Hungr)

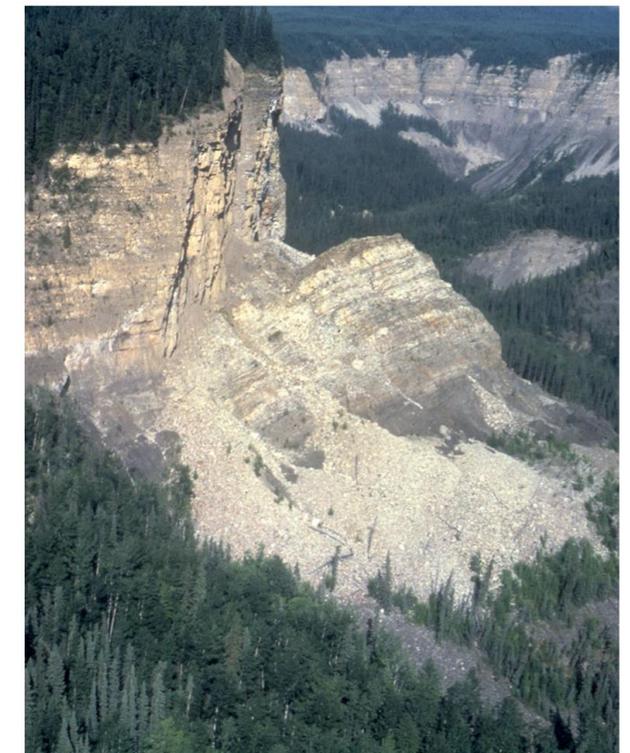


Fig. 6 A rotational slide involving Cretaceous shale, overlain by sandstone. Liard Plateau, Canada (Photo by O. Hungr)

Definizioni



Fig. 12 The 2002 debris avalanche at Cortenova, Lombardy, Italy, which initiated as a translational slide of previously disturbed landslide debris derived from metamorphic rocks (Courtesy of G. Crosta, University of Milan, Bicoca)



Fig. 24 A flowslide caused by multiple retrogressive failure of ice-rich permafrost (a thaw flow) in the Mackenzie Region, North-west Territories, Canada (Courtesy of B. Wang, Geological Survey of Canada)



Fig. 17 a A lateral spreading failure following rotational sliding in extra-sensitive clay, St. Jude, Quebec, Canada. Photo Ministère des Transports du Québec



Fig. 37 Shallow planar slide-earthflow, Campania Region, Italy (Photo by O. Hungr)

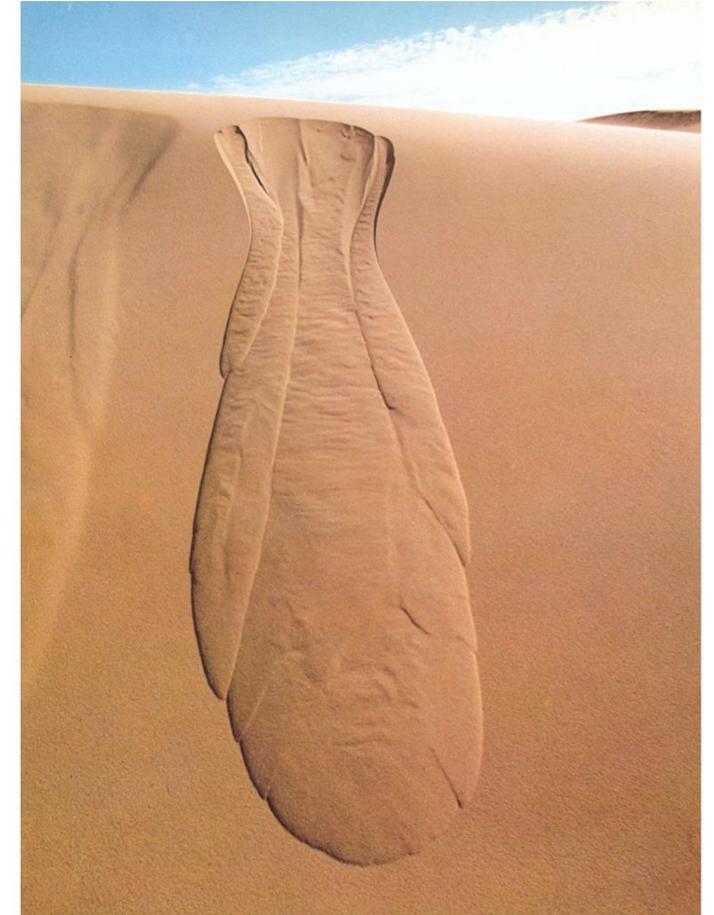


Fig. 22 Dry sand flow on the lee slope of a sand dune, Namib Desert (Courtesy of G.D. Plage)

Review Article

Landslides (2014) 11:167–194

DOI 10.1007/s10346-013-0436-y

Received: 22 April 2013

Accepted: 23 September 2013

Published online: 30 November 2013

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Oldrich Hungr · Serge Leroueil · Luciano Picarelli

The Varnes classification of landslide types, an update

Definizioni

Classificazione Varnes (1978) e di Cruden e Varnes (1996)

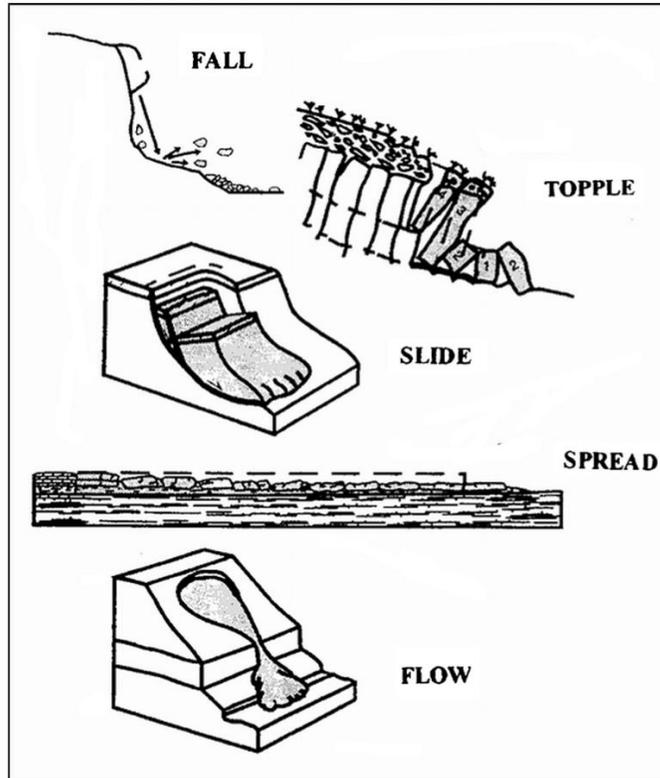


Fig. 1 Types of movement (Cruden and Varnes 1996) The scale of the diagrams could vary from a few metres to hundreds of metres as shown by examples in the paper

Table 1 A summary of Varnes' 1978 classification system (based on Varnes 1978, Fig. 2.1)

Movement type	Rock	Debris	Earth
Fall	1. Rock fall	2. Debris fall	3. Earth fall
Topple	4. Rock topple	5. Debris topple	6. Earth topple
Rotational sliding	7. Rock slump	8. Debris slump	9. Earth slump
Translational sliding	10. Block slide	11. Debris slide	12. Earth slide
Lateral spreading	13. Rock spread	–	14. Earth spread
Flow	15. Rock creep	16. Talus flow	21. Dry sand flow
		17. Debris flow	22. Wet sand flow
		18. Debris avalanche	23. Quick clay flow
		19. Solifluction	24. Earth flow
		20. Soil creep	25. Rapid earth flow
			26. Loess flow
Complex	27. Rock slide-debris avalanche	28. Cambering, valley bulging	29. Earth slump-earth flow

Table 2 Landslide velocity scale (WP/WLI 1995 and Cruden and Varnes 1996)

Velocity class	Description	Velocity (mm/s)	Typical velocity	Response ^a
7	Extremely rapid	5×10^3	5 m/s	Nil
6	Very rapid	5×10^1	3 m/min	Nil
5	Rapid	5×10^{-1}	1.8 m/h	Evacuation
4	Moderate	5×10^{-3}	13 m/month	Evacuation
3	Slow	5×10^{-5}	1.6 m/year	Maintenance
2	Very slow	5×10^{-7}	16 mm/year	Maintenance
1	Extremely Slow			Nil

^a Based on Hungr (1981)

Definizioni

Table 3 Landslide-forming material types

Material name	Character descriptors (if important)	Simplified field description for the purposes of classification	Corresponding unified soil classes	Laboratory indices (if available)
Rock	Strong	Strong—broken with a hammer		UCS>25 MPa
	Weak	Weak—peeled with a knife		2<UCS<25 MPa
Clay	Stiff	Plastic, can be molded into standard thread when moist, has dry strength	GC, SC, CL, MH, CH, OL, and OH	$I_p > 0.05$
	Soft			
	Sensitive			
Mud	Liquid	Plastic, unsorted remolded, and close to Liquid Limit	CL, CH, and CM	$I_p > 0.05$ and $I_L > 0.5$
Silt, sand, gravel, and boulders	Dry	Nonplastic (or very low plasticity), granular, sorted. Silt particles cannot be seen by eye	ML	$I_p < 0.05$
	Saturated		SW, SP, and SM	
	Partly saturated		GW, GP, and GM	
Debris	Dry	Low plasticity, unsorted and mixed	SW-GW	$I_p < 0.05$
	Saturated		SM-GM	
	Partly saturated		CL, CH, and CM	
Peat		Organic		
Ice		Glacier		

Terminologia sulla base dei materiali geotecnici:

- Semplificazione delle tipologie di suolo e dei sistemi rocciosi
- Sostituisce la precedente suddivisione in tre materiali
- Indicato solo il comportamento della componente più significativa in termini di comportamento fisico (Per esempio: limo argilloso dovrà essere chiamato limo se ha plasticità molto bassa o argilla se è plastico)

Definizioni

Table 5 Summary of the proposed new version of the Varnes classification system. The words in italics are placeholders (use only one)

Type of movement	Rock	Soil
Fall	1. <i>Rock/ice</i> fall ^a	2. <i>Boulder/debris/silt</i> fall ^a
Topple	3. Rock block topple ^a	5. <i>Gravel/sand/silt</i> topple ^a
	4. Rock flexural topple	
Slide	6. Rock rotational slide	11. <i>Clay/silt</i> rotational slide
	7. Rock planar slide ^a	12. <i>Clay/silt</i> planar slide
	8. Rock wedge slide ^a	13. <i>Gravel/sand/debris</i> slide ^a
	9. Rock compound slide	14. <i>Clay/silt</i> compound slide
	10. Rock irregular slide ^a	
Spread	15. Rock slope spread	16. <i>Sand/silt</i> liquefaction spread ^a
		17. Sensitive clay spread ^a
Flow	18. <i>Rock/ice</i> avalanche ^a	19. <i>Sand/silt/debris</i> dry flow
		20. <i>Sand/silt/debris</i> flowslide ^a
		21. Sensitive clay flowslide ^a
		22. Debris flow ^a
		23. Mud flow ^a
		24. Debris flood
		25. Debris avalanche ^a
		26. Earthflow
27. Peat flow		
Slope deformation	28. Mountain slope deformation	30. Soil slope deformation
	29. Rock slope deformation	31. Soil creep
		32. Solifluction

Modify the definition of landslide-forming materials, to provide compatibility with accepted geotechnical and geological terminology of rocks and soils

32 landslide types

Complex landslides are not included as a separate category type

Each landslide types is backed by a formal definition to facilitate backward compatibility and the possible translation to other languages

For formal definitions of the landslide types, see text of the paper.

^a Movement types that usually reach extremely rapid velocities as defined by Cruden and Varnes (1996). The other landslide types are most often (but not always) extremely slow to very rapid

Definizioni

Frana attiva. Una frana che è attualmente in movimento; può essere un movimento di primo distacco o di riattivazione. Tra le frane attive può essere utile distinguere, in relazione alle modalità di esplicazione (occorrenza) nel tempo e nello spazio:

Frana inattiva. Tra le frane inattive sono comprese quelle riferibili a condizioni morfoclimatiche diverse dalle attuali sia quelle che, pur essendo prodotte nell'attuale sistema morfoclimatico, sono state stabilizzate e rese inattive per intervento antropico.

Frana quiescente. E' una frana che, pur non mostrando attività al momento del rilevamento, per indizi geomorfologici o testimonianze (dirette, storiche, ecc.) possiede un'oggettiva possibilità di riattivazione nell'attuale sistema morfoclimatico.

Frana riattivata. Una frana che è nuovamente attiva dopo essere stata inattiva.

Frana sismoindotta. Una frana per la quale, tra le forzanti possibili per la sua mobilitazione, è prevista anche quella sismica.

- terremoti di bassa magnitudo possono scatenare frane imponenti;
- terremoti forti possono non attivare movimenti di pendii in condizioni di stabilità precarie.

Definizioni

Le numerose ed attente osservazioni effettuate negli ultimi 30 anni hanno permesso di evidenziare che il rapporto causa-effetto dipende dalla combinazione di molti fattori. E' stato possibile, inoltre, identificare i principali fenomeni fisici che si manifestano in condizioni dinamiche e i relativi parametri descrittivi. In condizioni dinamiche i cinematismi e le fenomenologie sono in generale diversi rispetto a quelli che si manifestano in condizioni statiche e in alcuni casi i movimenti sono ritardati rispetto all'evento sismico.

Definizioni

Le numerose ed attente osservazioni effettuate negli ultimi 30 anni hanno permesso di evidenziare che il rapporto causa-effetto dipende dalla combinazione di molti fattori. E' stato possibile, inoltre, identificare i principali fenomeni fisici che si manifestano in condizioni dinamiche e i relativi parametri descrittivi. In condizioni dinamiche i cinematismi e le fenomenologie sono in generale diversi rispetto a quelli che si manifestano in condizioni statiche e in alcuni casi i movimenti sono ritardati rispetto all'evento sismico.

Caratteristiche del pendio

- caratteristiche morfologiche, geologiche e strutturali
- posizione e orientazione rispetto alla zona di attivazione del “piano di faglia”
- proprietà fisiche e parametri meccanici dei terreni, in condizioni statiche, dinamiche e cicliche
- regime delle pressioni interstiziali

Condizioni contingenti

- entità e posizione di eventuali carichi esterni
- uso del suolo
- modifiche alla morfologia di origine antropica e/o naturale
- condizioni climatiche antecedenti e contemporanee

Caratteristiche del terremoto

- forma, ampiezza, durata e contenuto in frequenza del moto sismico
- posizione dell'epicentro

Definizioni

Il comportamento di un pendio durante l'evento sismico e per un periodo successivo all'evento stesso è strettamente legato alla natura del terreno e alle condizioni esistenti prima del terremoto e al regime idraulico del pendio. Per questo motivo, le analisi di stabilità di un pendio in zona sismica devono sempre essere effettuate con riferimento alle tre condizioni:

- a) **PRIMA** del terremoto: condizioni statiche;
- b) **DURANTE** il terremoto: condizioni dinamiche;
- c) **DOPO** il terremoto: condizioni statiche, con resistenza al taglio eventualmente modificata per effetto residuo del carico ciclico o altre modifiche delle condizioni al contorno.

Definizioni

Quindi, gli studi, le indagini e i dati necessari per la verifica della stabilità dei pendii in condizioni sismiche includono:

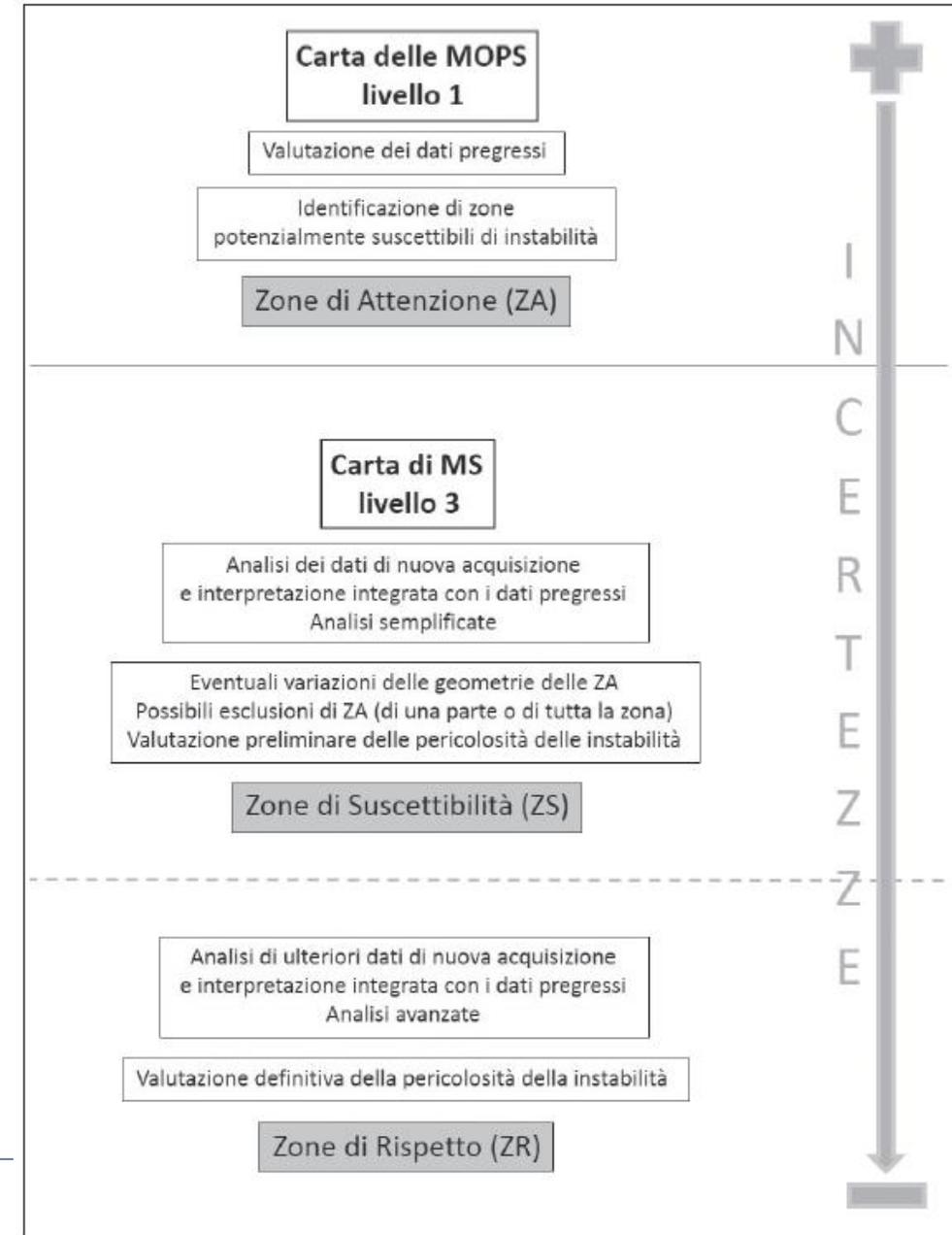
- acquisizione e analisi di dati esistenti
- rilievi topografici, indagini geomorfologiche, indagini geologiche
- prove geotecniche e geofisiche in sito e di laboratorio
- monitoraggio delle pressioni interstiziali
- individuazione e controllo di eventuali movimenti preesistenti
- definizione delle condizioni ambientali e di carico
- identificazione dell'azione sismica di progetto e delle strutture sismogenetiche.

Carte, livelli MS e zone di instabilità

Carte, livelli MS e zone di instabilità

Schema, applicabile a tutte le possibili instabilità sismiche (frane, liquefazioni, faglie attive e capaci e cedimenti differenziali), che sintetizza le attività, i risultati attesi e il tipo di zona suscettibile di instabilità nell'ambito dei diversi livelli di approfondimento degli studi per la MS.

È da sottolineare l'opportunità di rendere totalmente omogenea, per le diverse instabilità, l'identificazione, il significato e la denominazione delle zone suscettibili di instabilità che sono di tre tipi

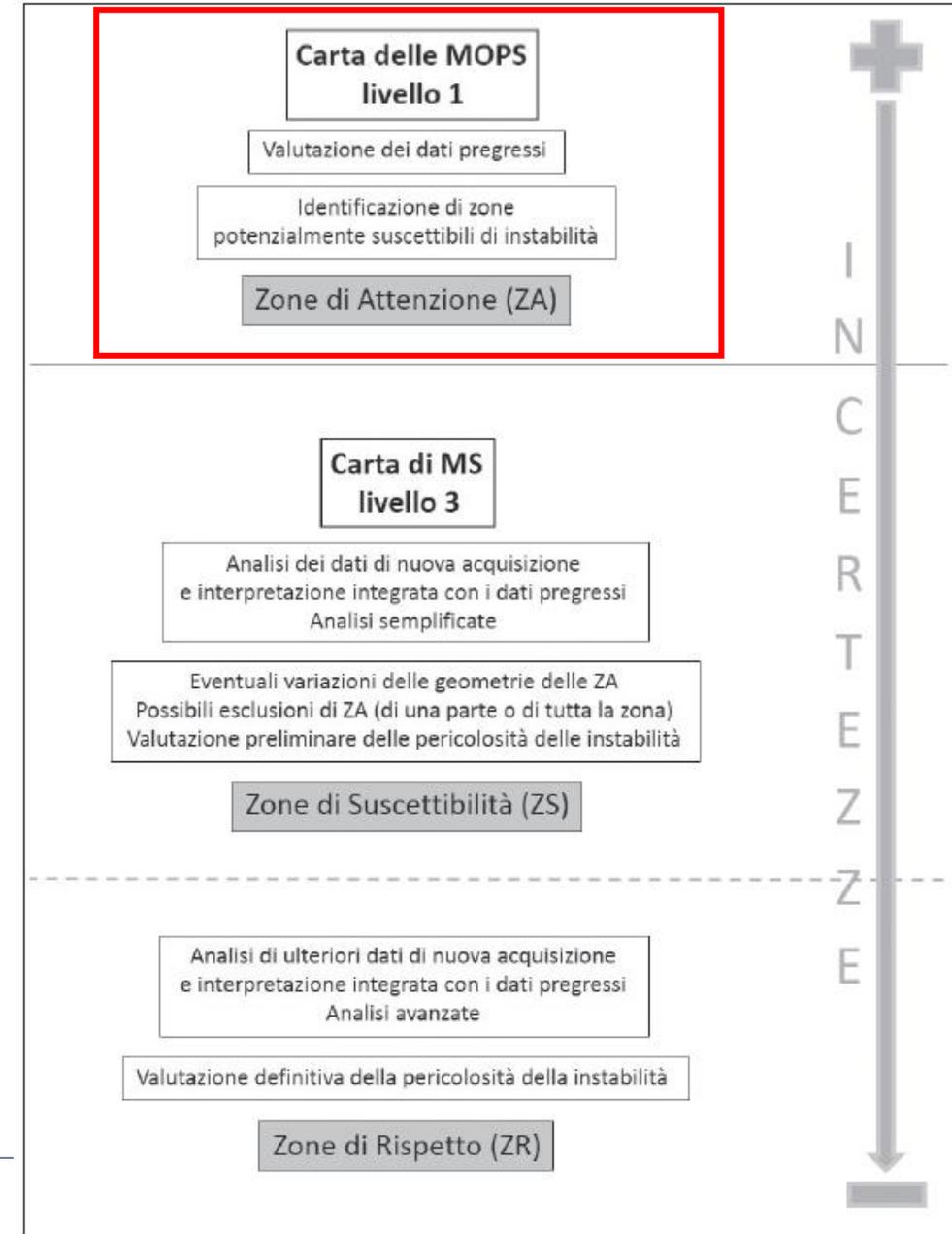


Carte, livelli MS e zone di instabilità

Zone di Attenzione (ZA): sono zone nelle quali i dati a disposizione indicano la presenza di condizioni predisponenti l'instabilità in esame ma non sono sufficienti, in quantità e tipologia, per definire se l'instabilità possa effettivamente verificarsi in caso di evento sismico; è possibile, tuttavia, ad esempio attraverso la consultazione di inventari, stabilire la presenza e/o l'accadimento di eventuali fenomeni in occasione di eventi sismici passati.

↓
Carta Geologica

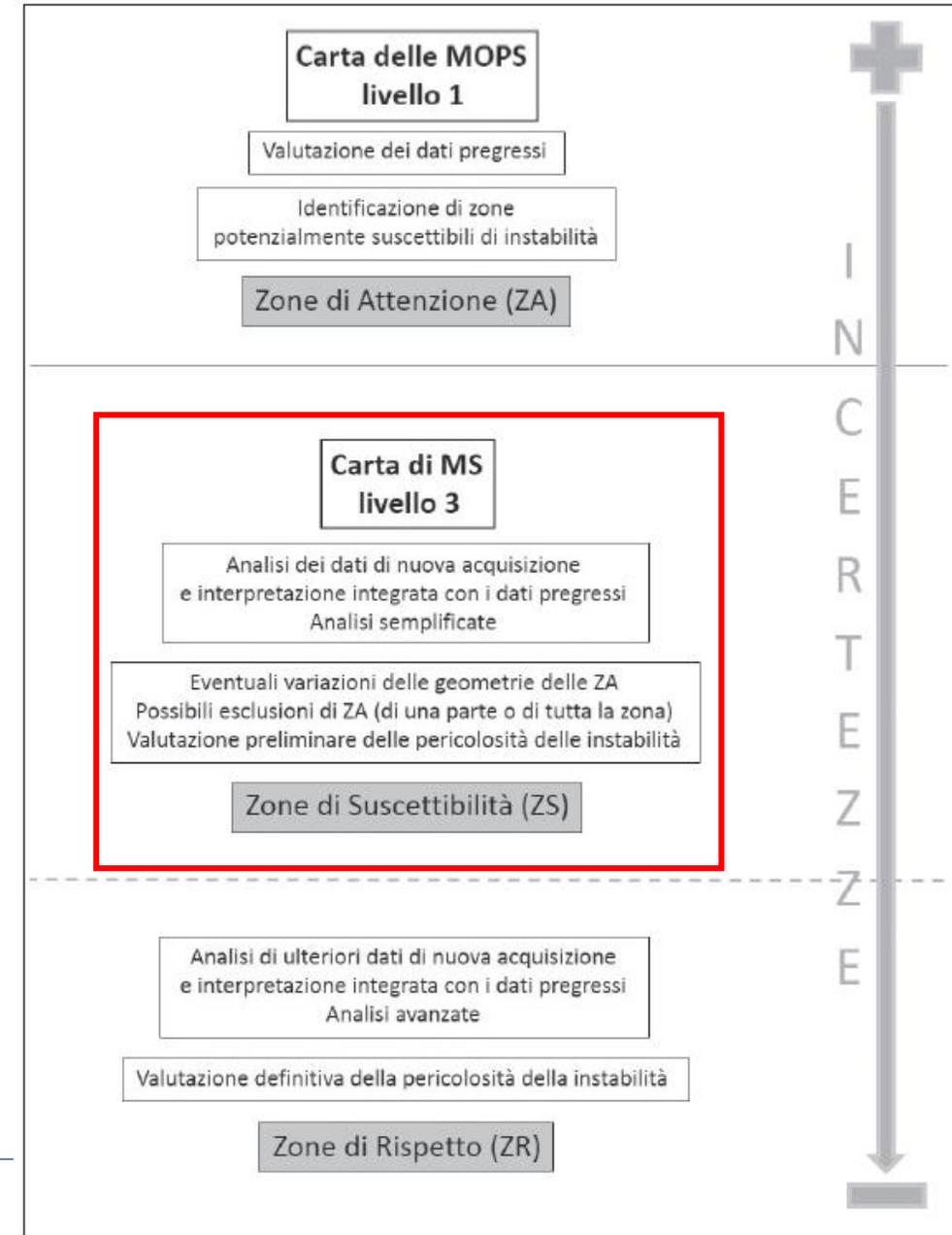
CGT_MS ruolo fondamentale



Carte, livelli MS e zone di instabilità

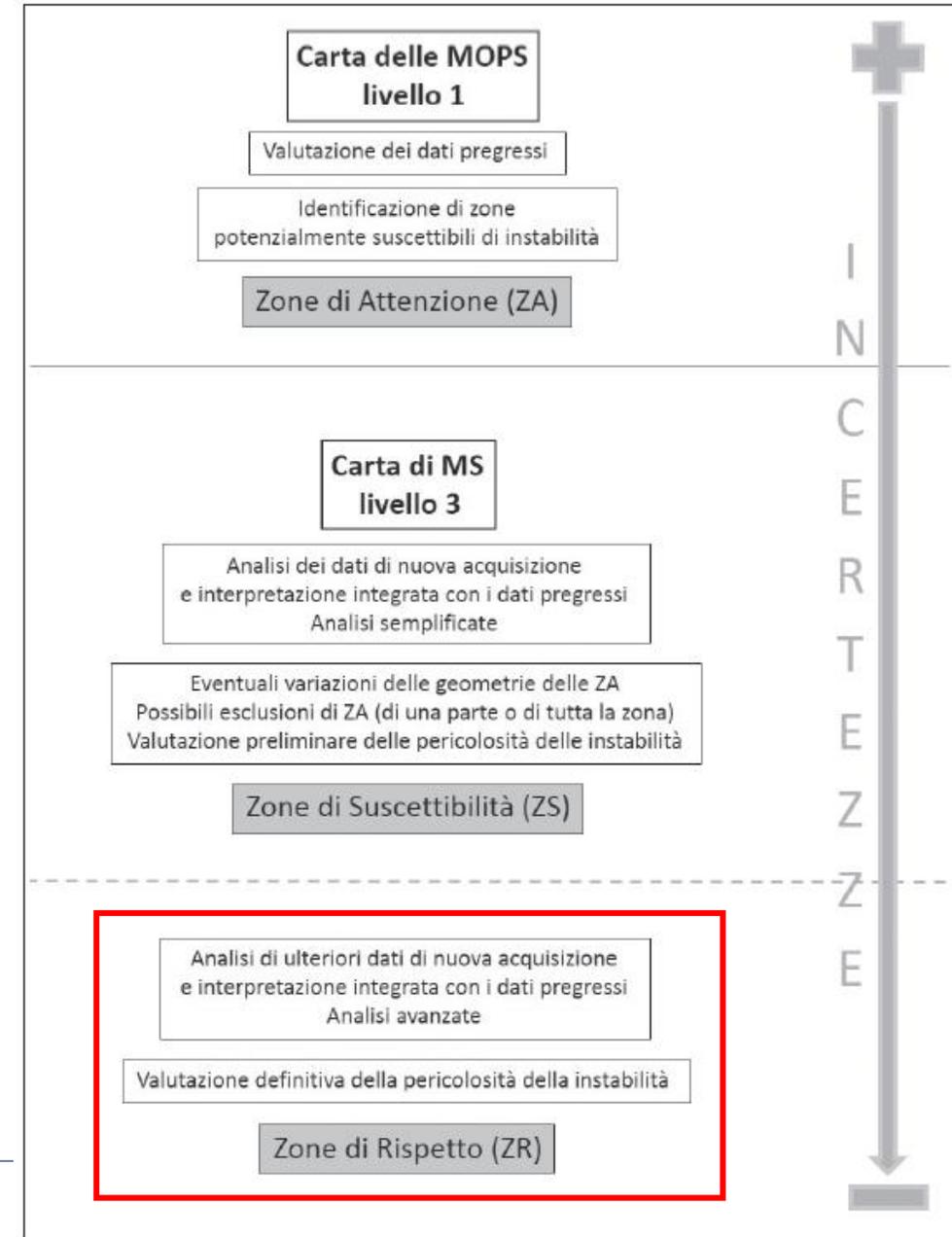
Zone di Suscettibilità (ZS): sono zone nelle quali, a seguito di una raccolta dati specifica per l'instabilità in esame e l'applicazione di metodi di analisi il più delle volte semplificati (per permettere un'applicazione dei risultati a un'area estesa), è possibile fornire una stima quantitativa della pericolosità

NB: Nel testo il concetto di “zona di suscettibilità per instabilità di versante” è inteso in maniera diversa da come lo si intende in una parte della letteratura di settore, che per suscettibilità intende una valutazione del fenomeno nella quale non sono compresi i termini quantitativi (e la frequenza di accadimento). **Negli studi di MS**, invece, **le Zone di Suscettibilità (ZS)** per tutte le instabilità **sono intese come aree nelle quali si sono condotte elaborazioni quantitative semplificate**. **In termini generali, le Zone di Attenzione (ZA) sono aree che potrebbero definirsi suscettibili di instabilità secondo l'accezione della letteratura.**



Carte, livelli MS e zone di instabilità

Zone di Rispetto (ZR): sono zone nelle quali, a seguito di una raccolta dati specifica per l'instabilità in esame e l'applicazione di metodi di analisi il più delle volte avanzati (per analizzare dettagliatamente aree limitate e/o particolarmente importanti), è possibile quantificare in modo affidabile la pericolosità.



Carte, livelli MS e zone di instabilità

Livello di MS	Carta	Zone di instabilità di versante	Elementi informativi	Analisi e metodi
1	MOPS	Zone di Attenzione ($Z_{A_{FR}}$)	Minimi Dati pregressi	-
2	MS	Zone di Attenzione ($Z_{A_{FR}}$)	-	<i>Non si effettuano studi sulle instabilità di versante</i>
3	MS	Zone di Suscettibilità ($Z_{S_{FR}}$)	Specifici	Semplificate (<i>sensu</i> AGI, 2005) Metodi pseudostatici per frane in terra Metodi semplificati per definire la suscettibilità e <i>la runout distance</i> per frane di crollo
3	MS	Zone di Rispetto ($Z_{R_{FR}}$)	Specifici	Dinamiche semplificate o avanzate (<i>sensu</i> AGI, 2005). Metodi degli spostamenti e calcolo <i>runout distance</i>

Carte, livelli MS e zone di instabilità

Il fenomeno delle instabilità di versante e la sua evoluzione coinvolgono un **territorio più vasto di quello di interesse per la mappa** di MS.

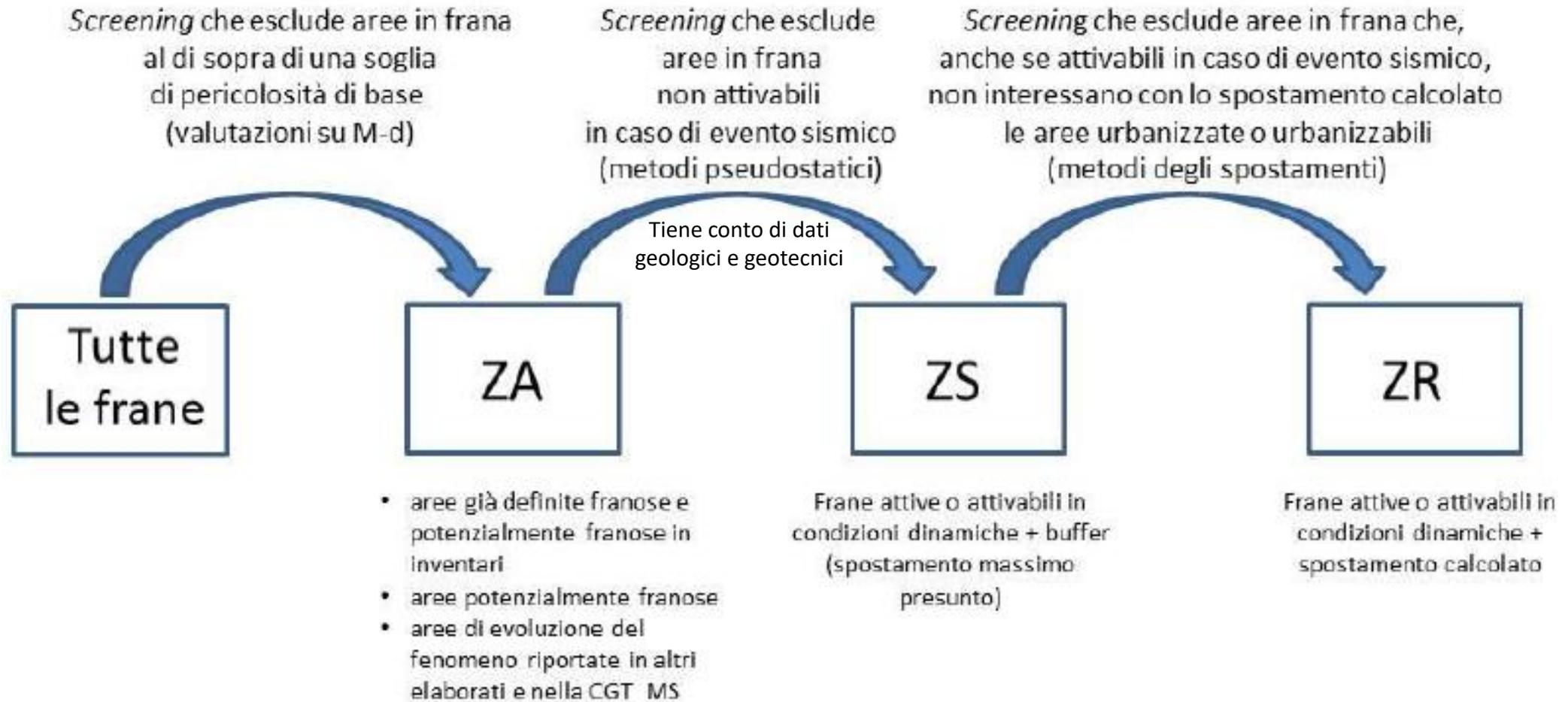


Per le instabilità di versante è necessario considerare un'**area di studio estesa** fino a comprendere il territorio che può **essere influenzato dal fenomeno** e che, nella sua evoluzione, potrebbero investire la parte urbanizzata e urbanizzabile (come da piani territoriali).



La zonazione (ZA_FR, ZS_FR, ZR_FR) occuperà **aree anche non necessariamente previste dagli ICMS (2008)**.

Carte, livelli MS e zone di instabilità



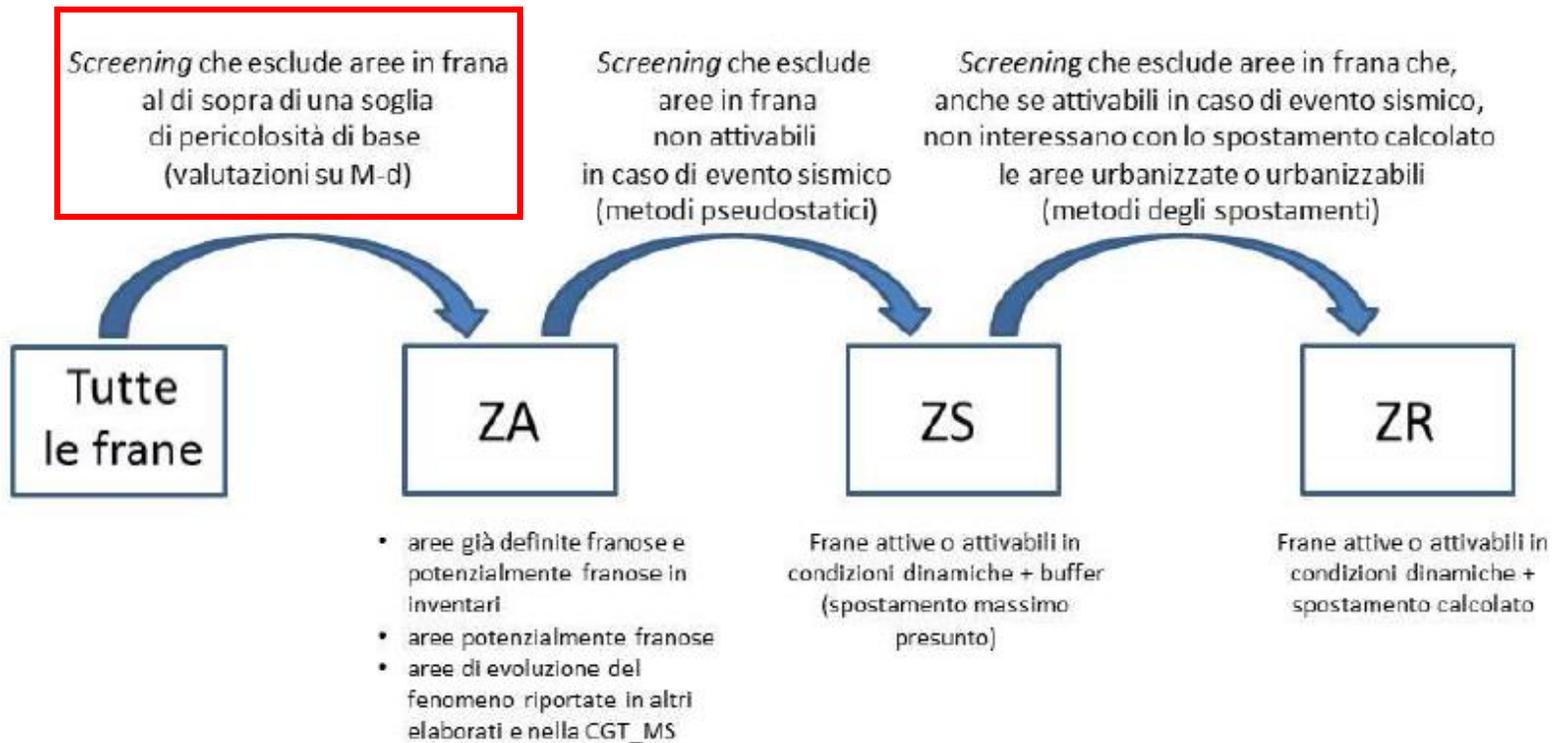
Carte, livelli MS e zone di instabilità

I metodi di verifica delle zone di instabilità si differenziano per:

- modalità di **schematizzazione dell'azione sismica** (costante o funzione del tempo, descritta mediante uno o più parametri rappresentativi o mediante l'intera storia temporale)
- modello di **comportamento dei terreni** (es. rigido-plastico, elasto-plastico,...)
- parametro di riferimento per la valutazione **delle condizioni di stabilità** (fattore di sicurezza, entità dello spostamento, livello tensionale)
- tipo di **approccio analitico o numerico** utilizzato (es. equilibrio limite, analisi limite, differenze finite, elementi finiti)
- condizione limite di riferimento: **stato limite ultimo o di esercizio**.

Carte, livelli MS e zone di instabilità

Screening preliminare: definizione di una soglia di pericolosità sismica di base (H_{FR})



Il comportamento di un pendio in condizioni dinamiche (durante il terremoto) dipende anche dalle caratteristiche intrinseche del moto sismico (ampiezza, durata e frequenza).

Valutazione del parametro sismico coppia M-d (Magnitudo-distanza) → identificazione parametro H_{FR}

Selezionare le aree ove sussistono le condizioni sismiche necessarie per l'attivazione del fenomeno franoso

Carte, livelli MS e zone di instabilità

H_{FR} corrisponderà alla coppia M-D associata al periodo spettrale e al periodo di ritorno tale da individuare sul territorio tutte (o la maggior parte) delle aree comunali interessate storicamente da frane sismoindotte

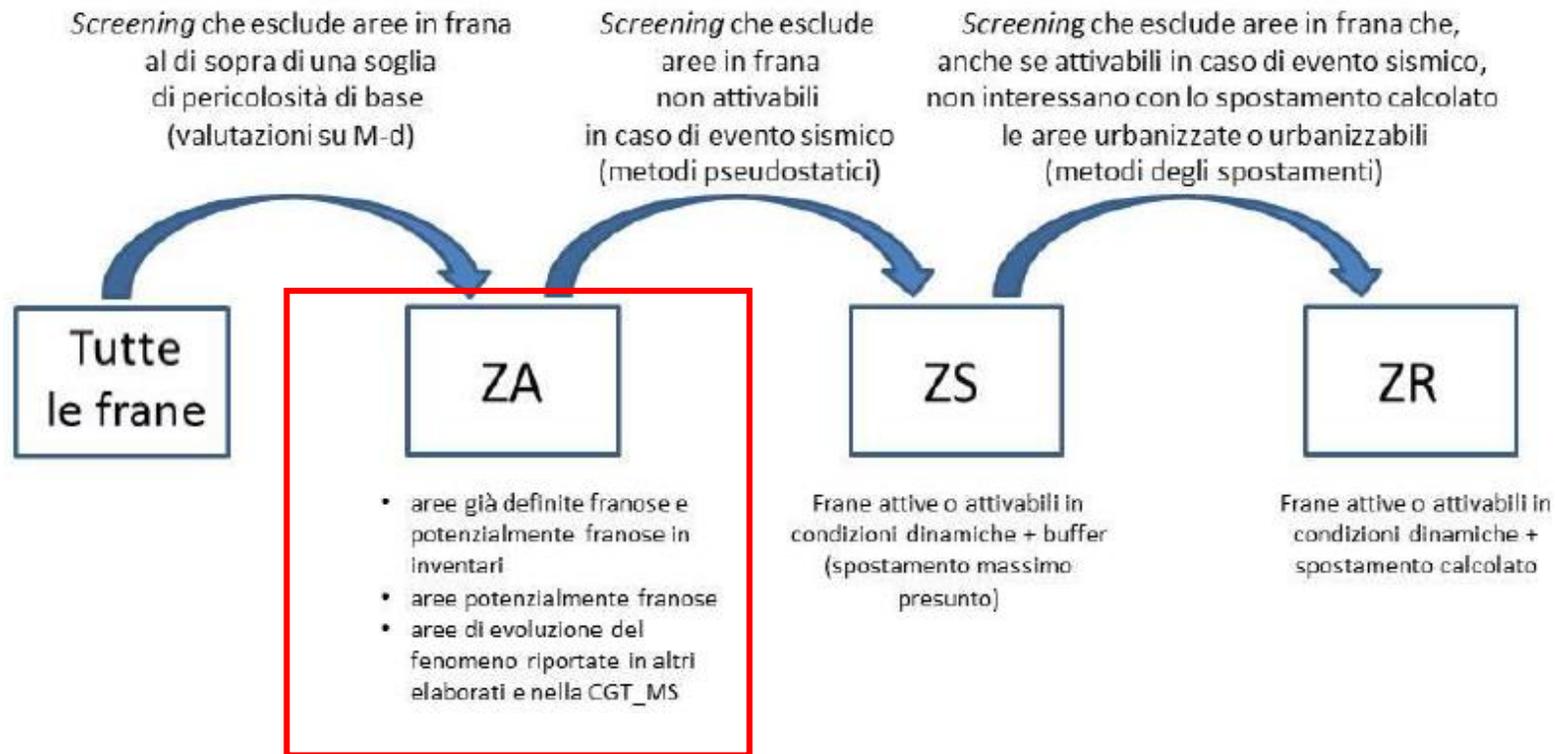
In Appendice A1 viene proposta una metodologia attraverso cui individuare le aree, definite in funzione dei limiti comunali, ove sia possibile escludere l'attivazione di frane sismoindotte sulla base di specifici parametri sismici (M-D). La metodologia proposta in appendice rappresenta solo un'indicazione e ovviamente le singole Regioni potranno utilizzare altri metodi che riterranno più congrui alle proprie esigenze.

La metodologia proposta si basa su tre fasi di analisi:

- disaggregazione della pericolosità sismica (Barani *et alii*, 2009) in termini di Magnitudo e Distanza (M-D),
- confronto degli scenari M-D con i valori di soglia, o valori critici (M_c - D_c), derivati da Keefer (1984) per l'attivazione delle frane sismoindotte
- calibrazione della procedura attraverso una validazione *ex-post*.

Carte, livelli MS e zone di instabilità

Carta delle MOPS –livello 1 (ZA_{FR}-Zone di Attenzione per instabilità di versante)

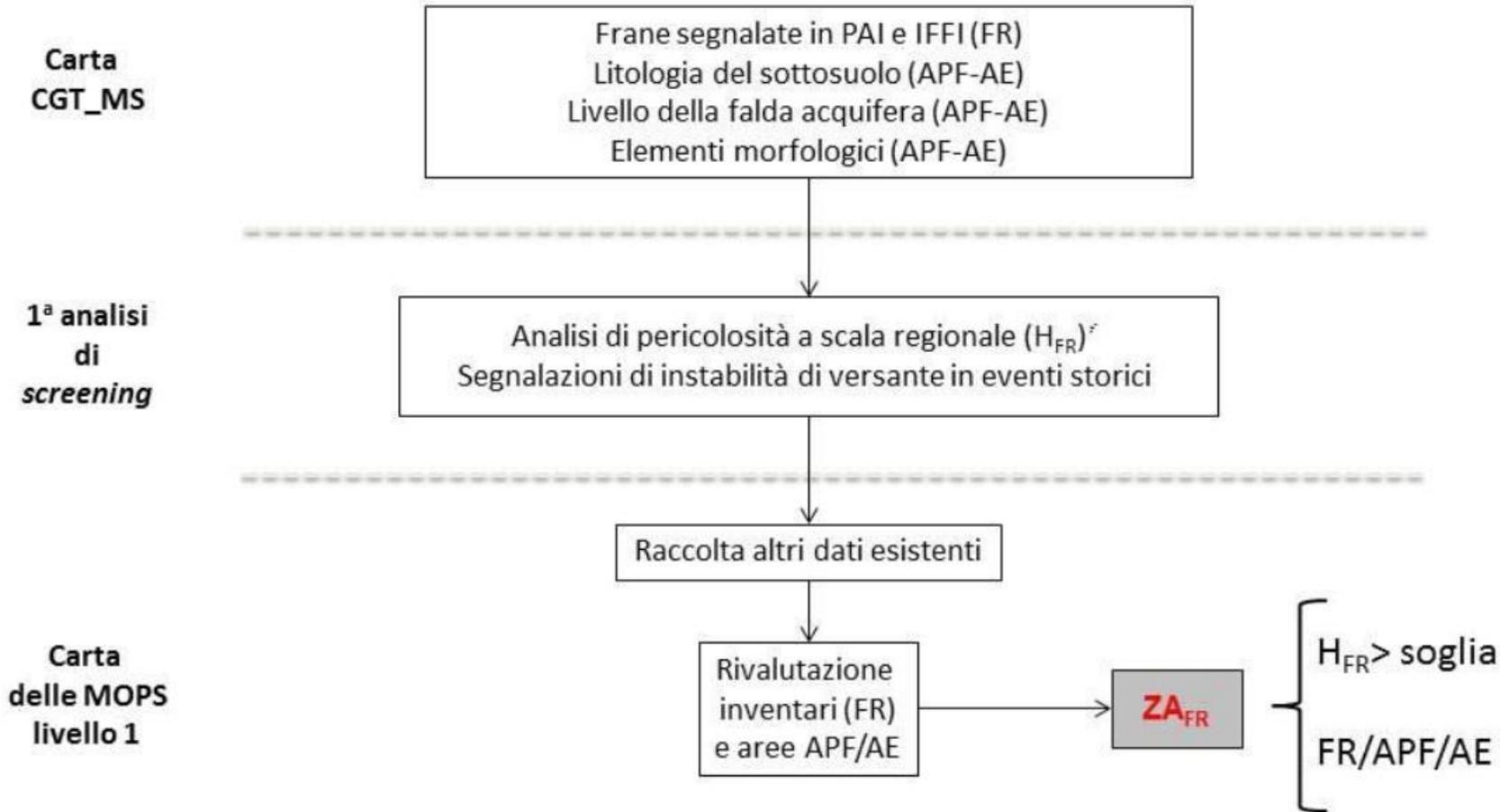


Il risultato atteso del livello 1 di MS è la delimitazione delle Zone di Attenzione per instabilità di versante (ZA_{FR}) costituite dalle seguenti aree:

- aree in frana (FR)
- aree potenzialmente franose (APF)
- aree di evoluzione del fenomeno franoso (AE).

Carte, livelli MS e zone di instabilità

CARTA CGT, 1ª ANALISI DI SCREENING, CARTA DELLE MOPS – LIVELLO 1



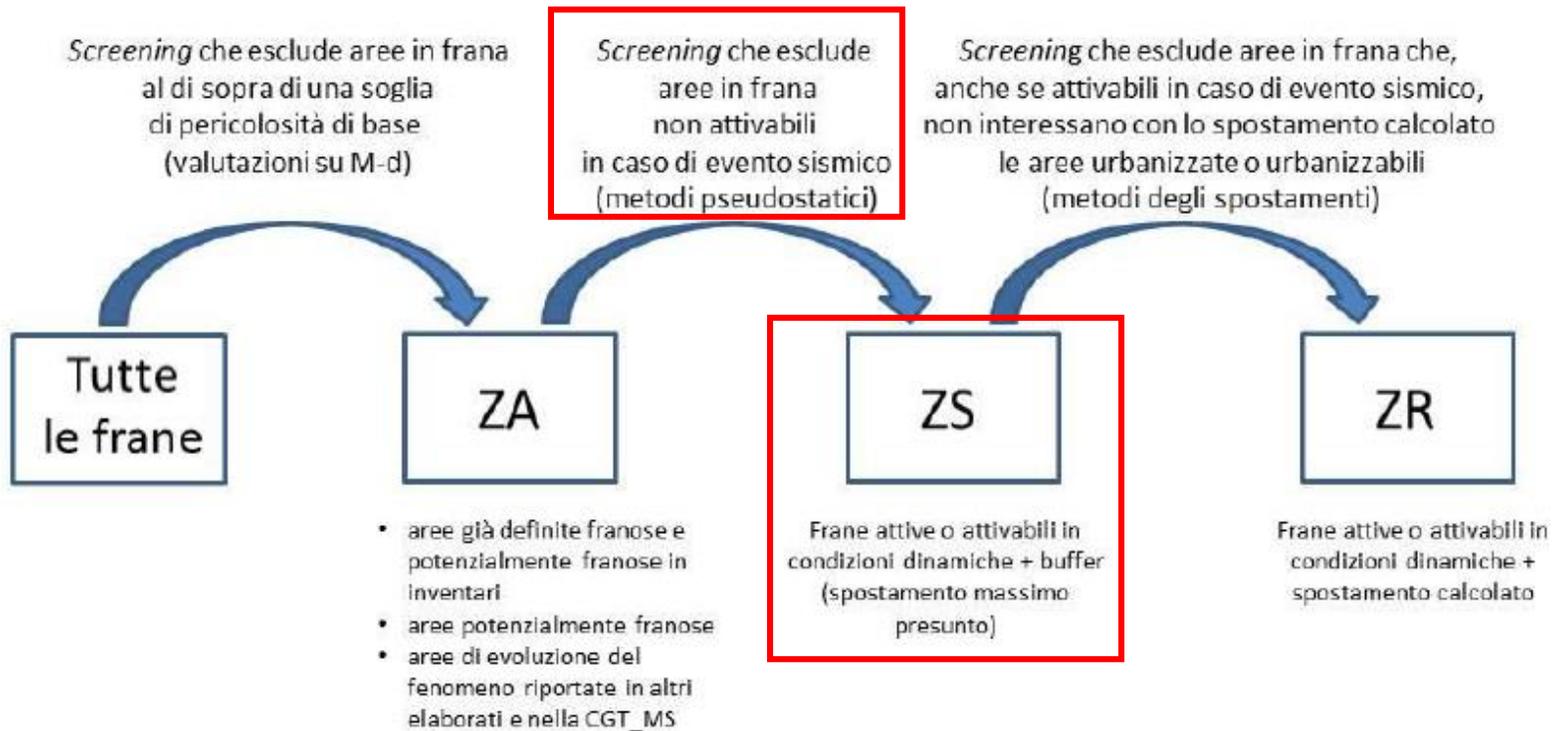
Elementi informativi minimi:

- frane storiche sismoindotte
- Inventari fenomeni franosi (PAI, IFFI...)
- CGT_MS (soprattutto per definire le APF)

Per le frane in roccia è necessario valutare la potenzialità di innesco (classificazione pareti e pendii) e l'area di accumulo (*runout distance*) con metodi semiquantitativi

Carte, livelli MS e zone di instabilità

Carta di MS livello 3 (ZS FR Zone di Suscettibilità per l'instabilità di versante)



Il risultato atteso del livello 3 di MS è l'individuazione delle Zone di Suscettibilità per instabilità di versante (ZS_FR) costituite da:

- frane attive
- frane attivabili in caso di evento sismico

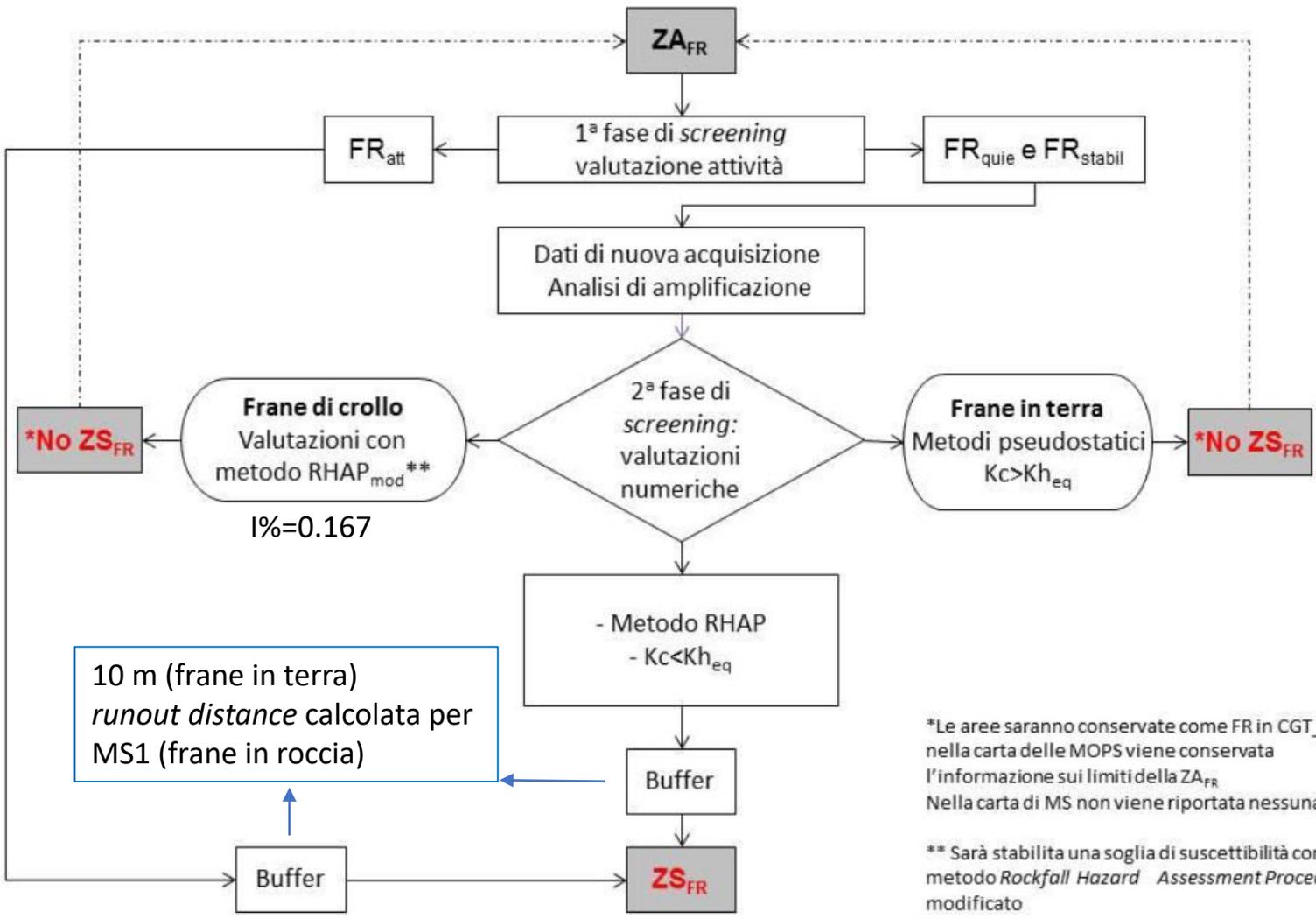
Non si calcola lo spostamento effettivo in caso di attivazione ma si introduce un *buffer* con lo spostamento massimo presunto

Carte, livelli MS e zone di instabilità

2ª ANALISI DI SCREENING, CARTA DI MS – LIVELLO 3

ZS_{FR}

	FR_att	FR_quie	FR_stabil
Tipo di attività	Attiva	Quiescente	Stabilizzata
Pericolosità PAI	Molto elevata	Elevata	Media-Moderata
Codice PAI	P4	P4/P3	P2-P1



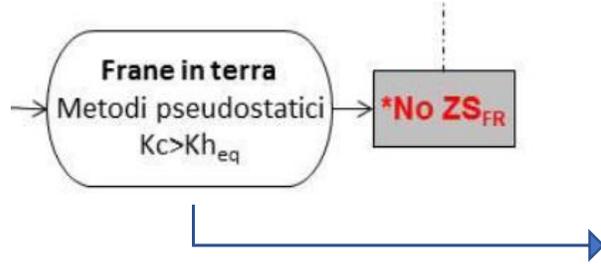
*Le aree saranno conservate come FR in CGT_MS e nella carta delle MOPS viene conservata l'informazione sui limiti della ZA_{FR}. Nella carta di MS non viene riportata nessuna zona.

** Sarà stabilita una soglia di suscettibilità con il metodo Rockfall Hazard Assessment Procedure modificato

Elementi per definire *buffer*:

- la dimensione dell'area in frana,
- l'acclività del versante,
- la litologia dei terreni coinvolti,
- la profondità della falda,
- il meccanismo di rottura,
- le caratteristiche energetiche e cinematiche della forzante sismica.

Carte, livelli MS e zone di instabilità



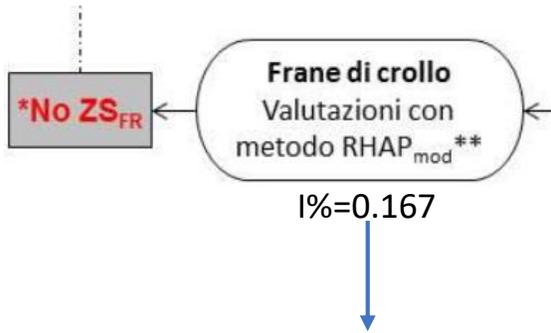
- 1) calcolo del coefficiente sismico critico (K_c) in condizioni di collasso incipiente, ovvero quando $FS=1.2^5$ (analisi pseudostatica inversa);
- 2) calcolo dell'accelerazione massima equivalente (a_{max_eq}) e del coefficiente sismico orizzontale equivalente ($K_{h_{eq}}$) con un'analisi numerica (si sottolinea ancora una volta che non sono applicabili i risultati di abachi propri del livello 2, in quanto le aree in frana sono geologicamente complesse);
- 3) confronto tra K_c e $K_{h_{eq}}$ e individuazione delle ZS_{FR} ($K_c < K_{h_{eq}}$).

Il calcolo dei parametri necessari per la procedura di *screening* richiede l'acquisizione dei risultati di specifiche prove geotecniche, *in situ* e di laboratorio, con i seguenti obiettivi:

- determinare le caratteristiche di resistenza dei materiali (c' e ϕ'),
- ricostruire il profilo dell'accelerazione alla base e all'interno del corpo franoso attraverso modellazioni numeriche
- stimare la massima accelerazione in superficie (a_{max} in superficie in condizioni di *free field* e nel corpo di frana)
- definire con dati più accurati la geometria della zona nella quale è possibile il verificarsi della instabilità di versante
- stimare le incertezze/variabilità dei risultati ottenuti dalle indagini *in situ* e in laboratorio e dei metodi di analisi.

In appendice 3
riferimenti per calcolo
 K_c e $K_{h_{eq}}$

Carte, livelli MS e zone di instabilità



La valutazione semiquantitativa della suscettibilità a frana dei pendii in roccia è molto complesso (fattori che possono combinarsi in maniera casuale) → sviluppate varie metodologie tra le quali la Rockfall Hazard Assessment Procedure (RHAP) → Per valutazioni congrue agli studi di microzonazione sismica è stata messa a punto una modifica della stessa (RHAP_{mod}).

La parete soggetta a crolli è divisa in aree omogenee

Le aree omogenee sono divise in un reticolo di maglie quadrate (da 5x5 m a 20x20 m)

Per ciascuna maglia si verifica la presenza dei 6 elementi di instabilità e si associa il valore I_{maglia} , dato dalla somma del numero di elementi di instabilità presenti

Per ogni area omogenea si calcola percentuale di instabilità (I%):

$$I\% = \frac{\sum_1^N I_{maglia}}{N * 6}$$

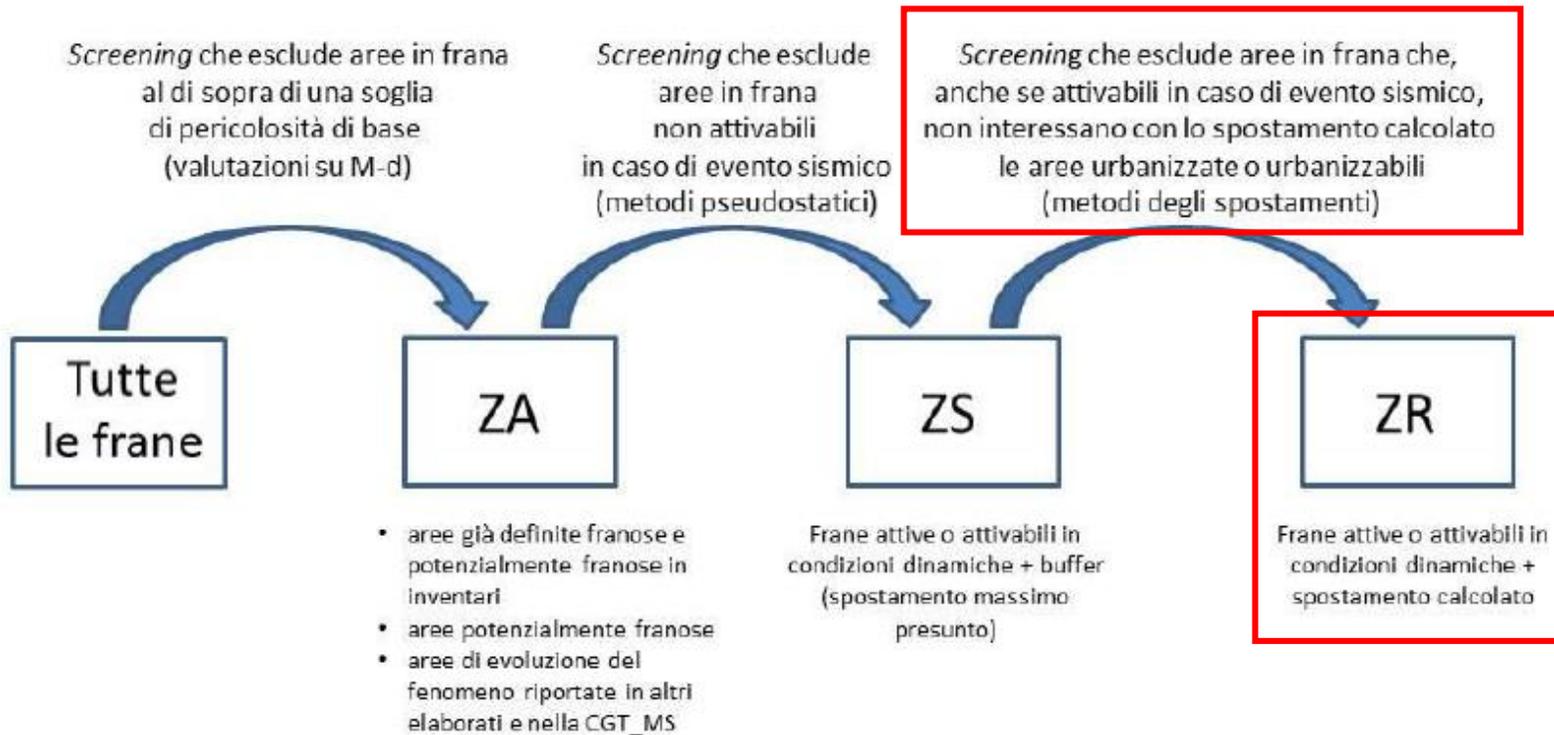
$I\%=0.167 \rightarrow \text{No ZS}_{FR}$
 $I\%>0.167 \rightarrow \text{SI ZS}_{FR}$

I sei elementi sono:

1. fratture aperte con evidenze di attività associate a cinematismi possibili;
2. blocchi ruotati;
3. zone intensamente fratturate;
4. superfici non alterate che testimoniano recenti distacchi;
5. emergenze di acqua alla base dei blocchi;
6. accelerazione di picco al suolo (PGA) con probabilità del 10% in 50 anni > 0.15 g

Carte, livelli MS e zone di instabilità

Carta di MS livello 3 (Z R FR Zone di rispetto per l'instabilità di versante)



Il risultato atteso nel livello 3 di MS è l'individuazione delle Zone di Rispetto per instabilità di versante (ZR_FR) a partire da ZS_FR che interessano aree urbane o urbanizzabili.

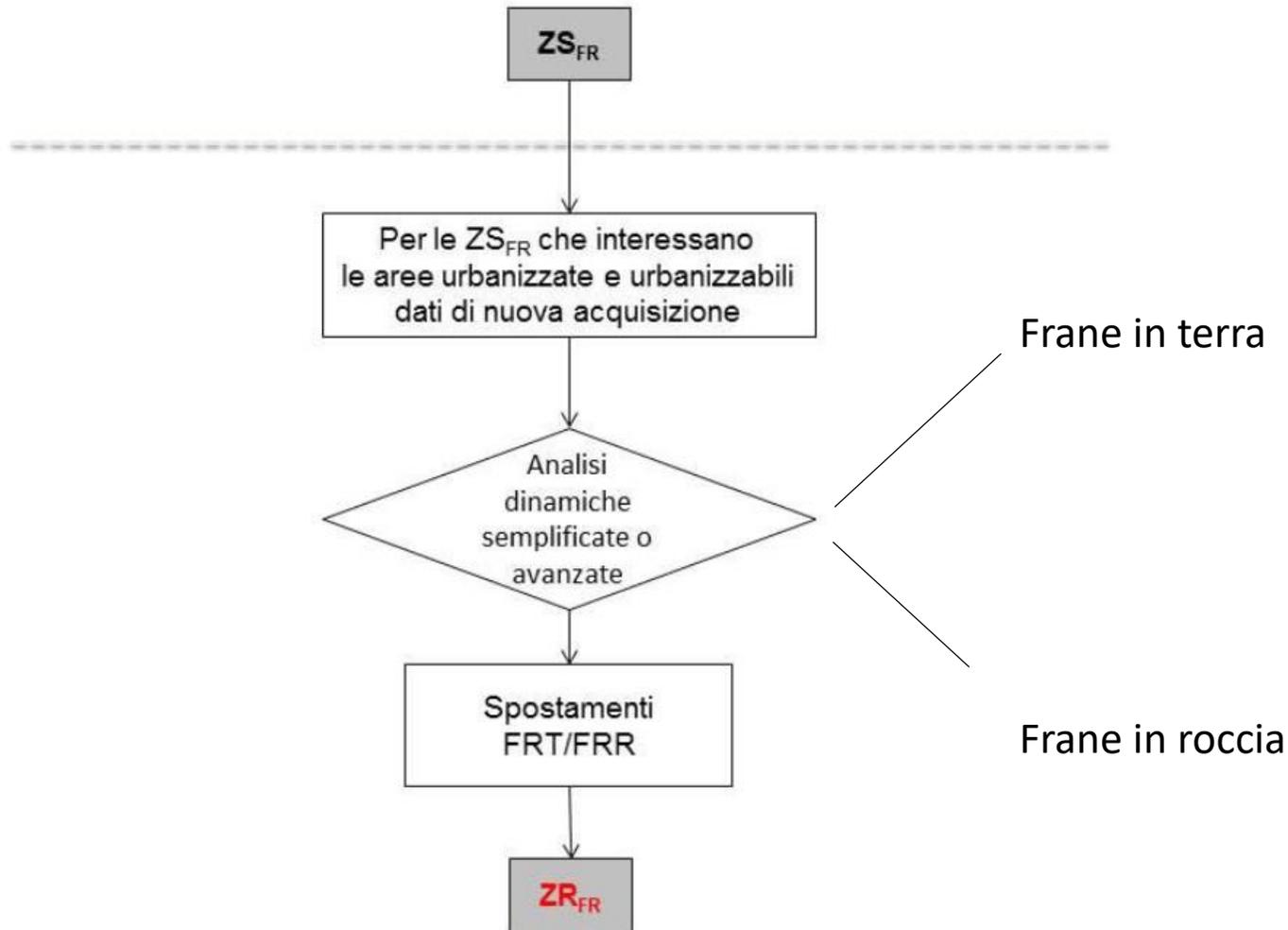
A partire da nuove indagini e analisi dinamiche:

- Si rivaluta la dimensione delle aree in frana con possibile attivazione in caso di evento sismico
- Si determina l'entità dello spostamento cumulato del pendio per le frane in terra (FRT) e la *runout distance* per le frane di crollo (FRR).

Carte, livelli MS e zone di instabilità

ANALISI DEGLI SPOSTAMENTI, CARTA DI MS – LIVELLO 3

ZR_{FR}



- Rivalutazione, con i nuovi dati raccolti di K_c e K_{h_eq}
- Conferma o meno della disequazione $K_c < K_{h_eq}$
- Analisi pseudodinamiche 1D in tutte le aree individuate come ZS_{FR} utilizzando accelerogrammi, valutando gli effetti dell'azione sismica in termini di spostamenti cumulati (FRT) e stimando la pericolosità dal confronto dello spostamento cumulato con quello ammissibile

- Richiesto l'uso di codici di calcolo avanzati per il calcolo della *runout distance* (FRR)

Carte, livelli MS e zone di instabilità

Metodi	Parametro	ZONE	CARTA	LIVELLO MS
Analisi inventari		Z _{AFR} (Zona di Attenzione)	MOPS	1
<i>Non si effettuano studi sulle instabilità</i>		Z _{AFR} (Zona di Attenzione)	MS	2
Valutaz. attività Pseudostatici Buffer	FR _{att} K _c < K _{heq} area	Z _{SFR} (Zona di Suscettibilità)	MS	3
Spostamenti	FRT	Z _{RFR} (Zona di Rispetto)	MS	3

Frane in terra

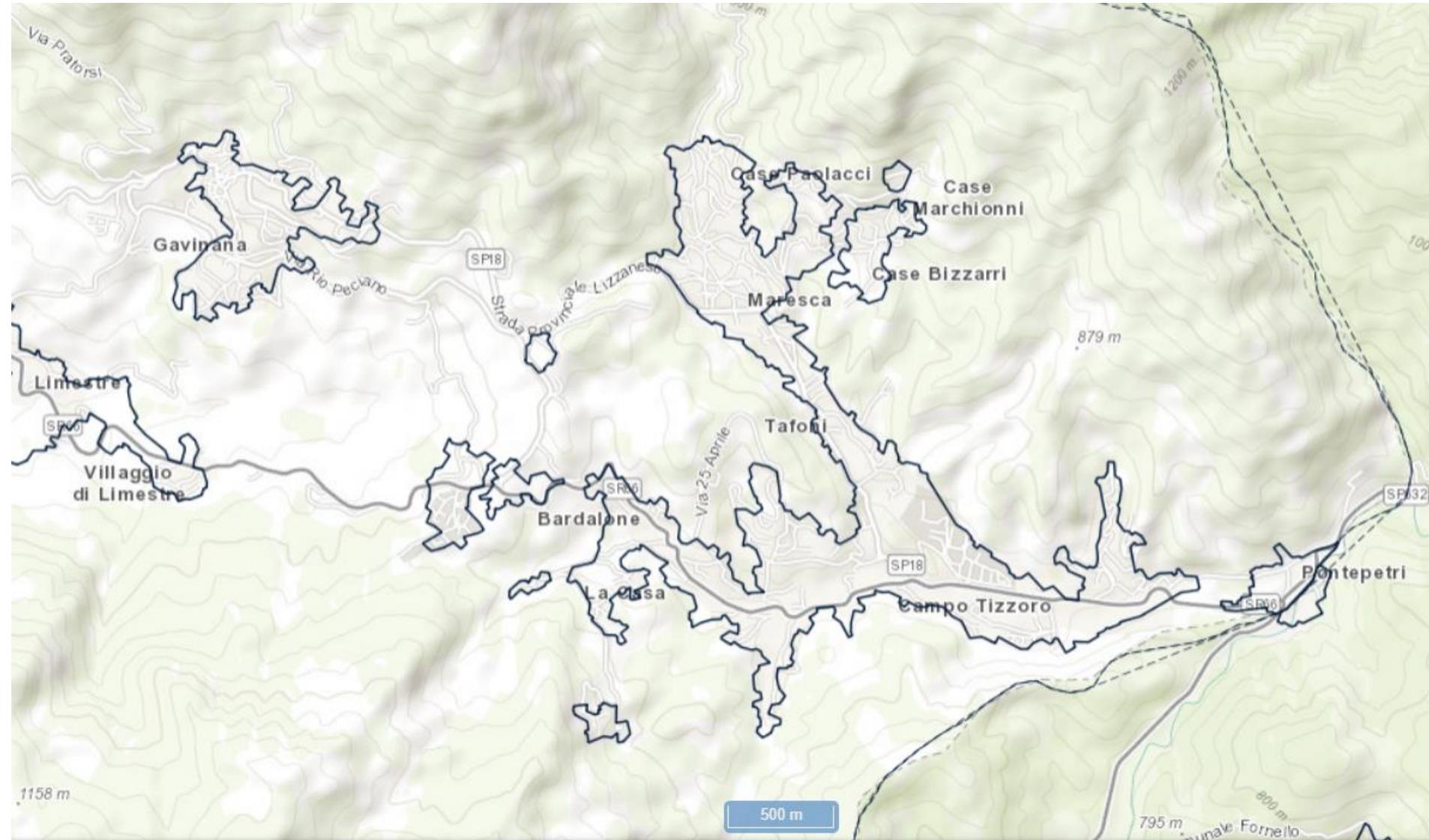
Frane in roccia

Metodi	Parametro	ZONE	CARTA	LIVELLO MS
Analisi inventari Metodi empirici	<i>Runout distance</i>	Z _{AFR} (Zona di Attenzione)	MOPS	1
<i>Non si effettuano studi sulle instabilità</i>		Z _{AFR} (Zona di Attenzione)	MS	2
Valutaz. attività RHAP-MS	FR _{att} Soglia I%=0.167	Z _{SFR} (Zona di Suscettibilità)	MS	3
Metodi empirici	<i>Runout distance</i>			
Spostamenti	<i>Runout distance</i> FRR	Z _{RFR} (Zona di Rispetto)	MS	3

Modalità di rappresentazione

Modalità di rappresentazione

Scala non inferiore a 1:5000

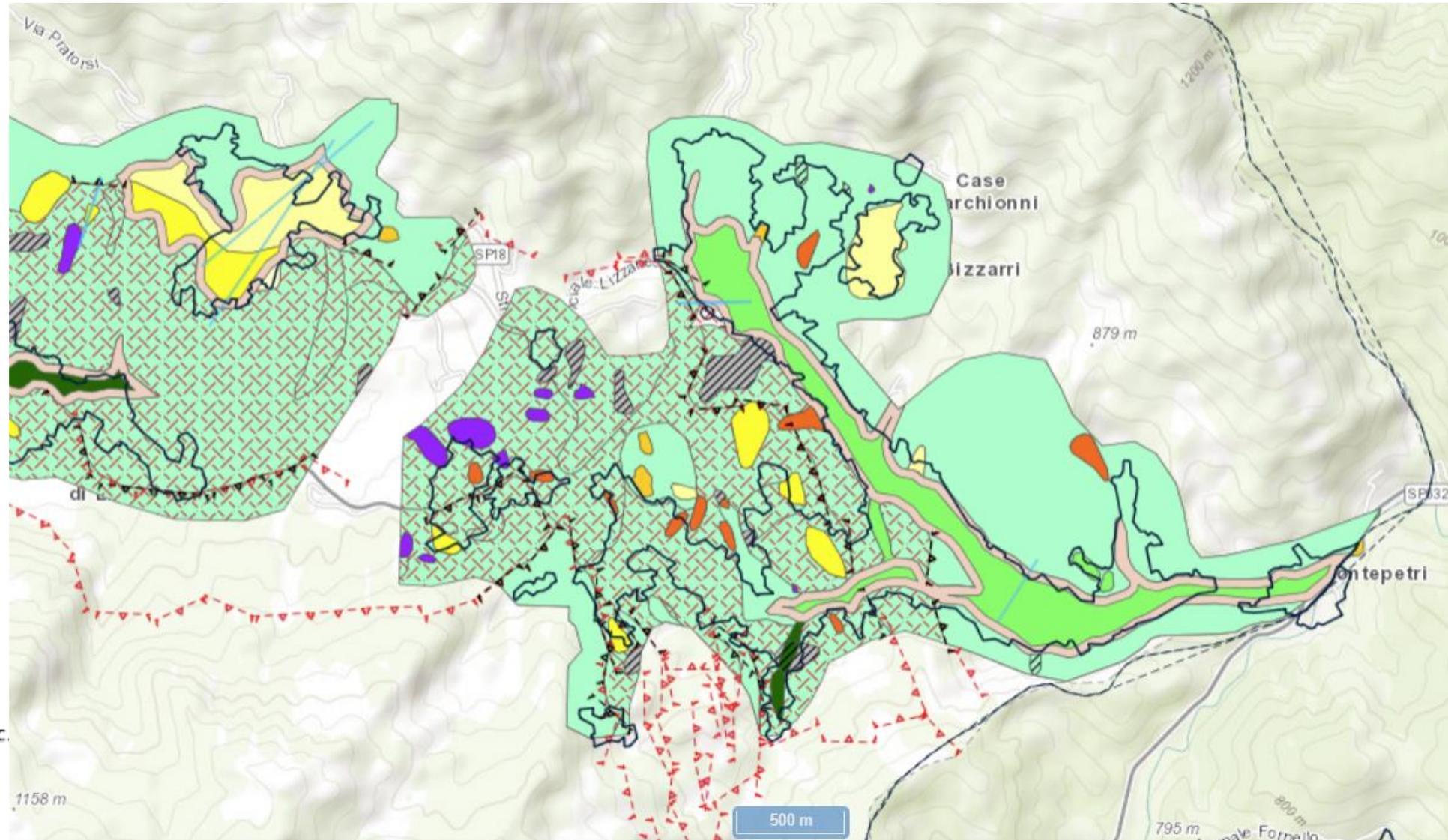


<https://www.webms.it/servizi/viewer.php>

Modalità di rappresentazione

Aree che hanno superato soglia H_FR

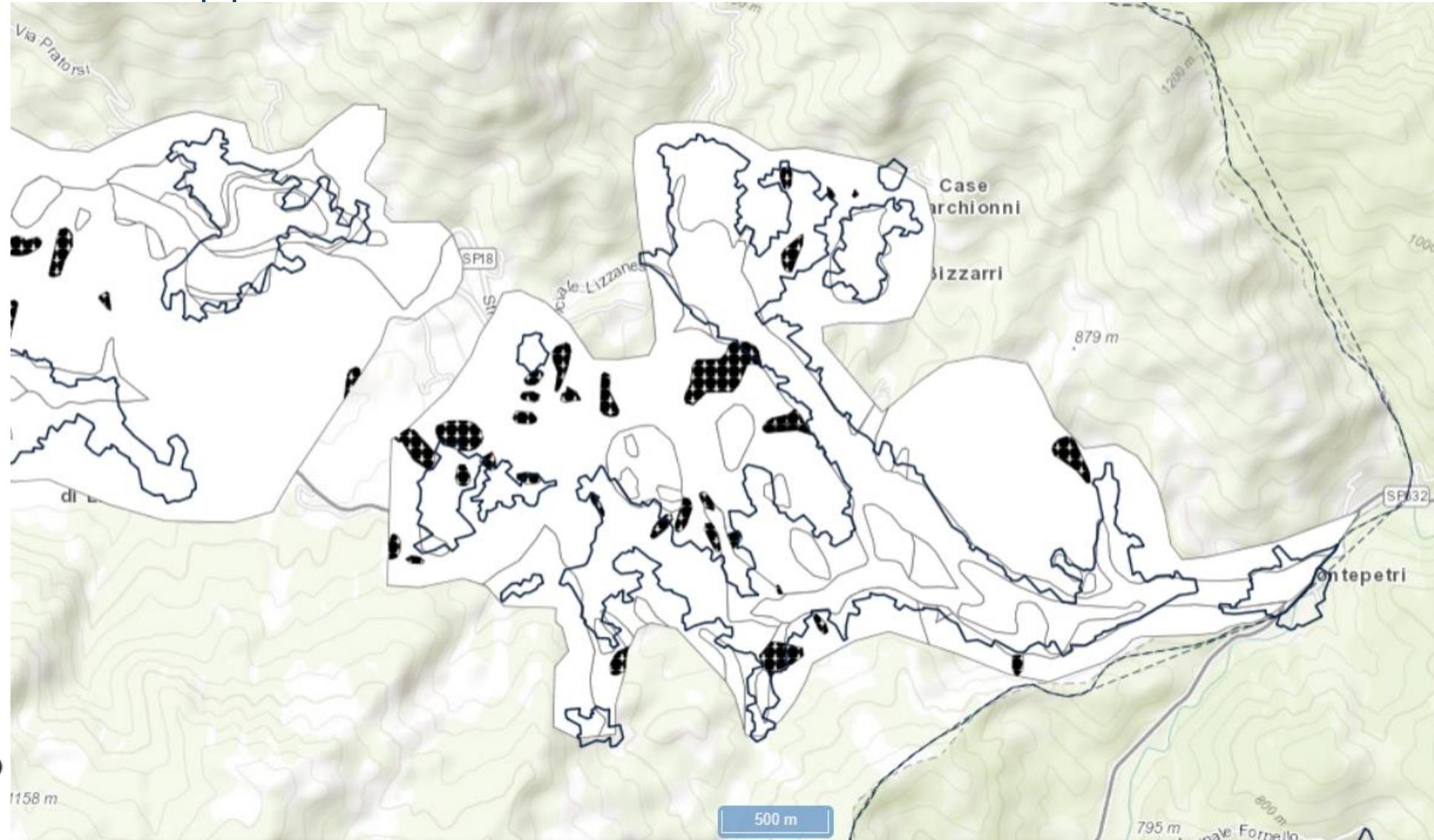
Perimetrazione delle frane selezionate in inventari



<https://www.webms.it/servizi/viewer.php>

Modalità di rappresentazione

- rivalutazione delle informazioni contenute nella CGT_MS;
- valutazione dei nuovi dati acquisiti;
- tipo di attività del fenomeno;
- calcolo di K_c e K_{heq} ;
- RHAP-MS per valutazione suscettibilità delle pareti al crollo e valutazione della *runout distance* con metodi semplificati.



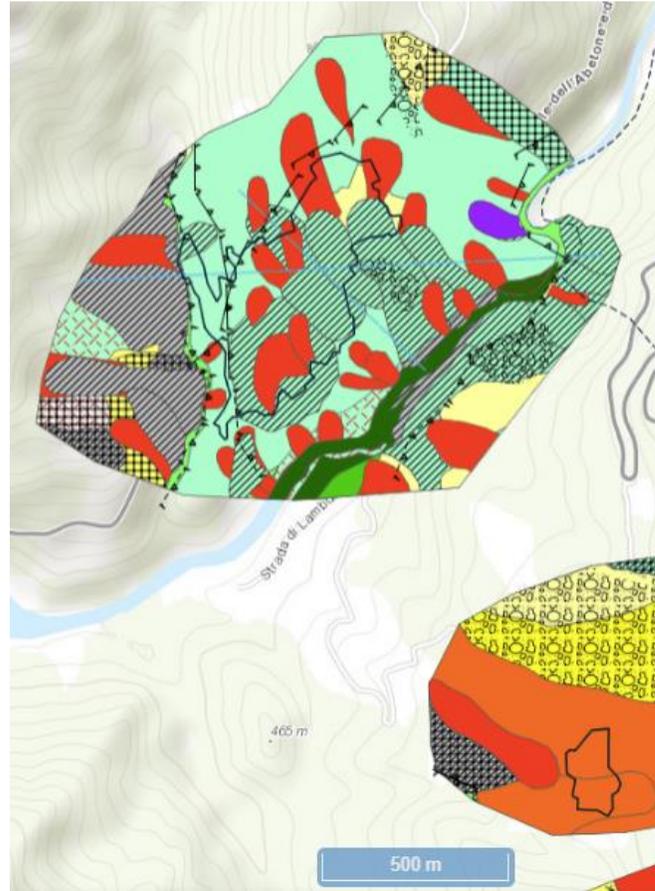
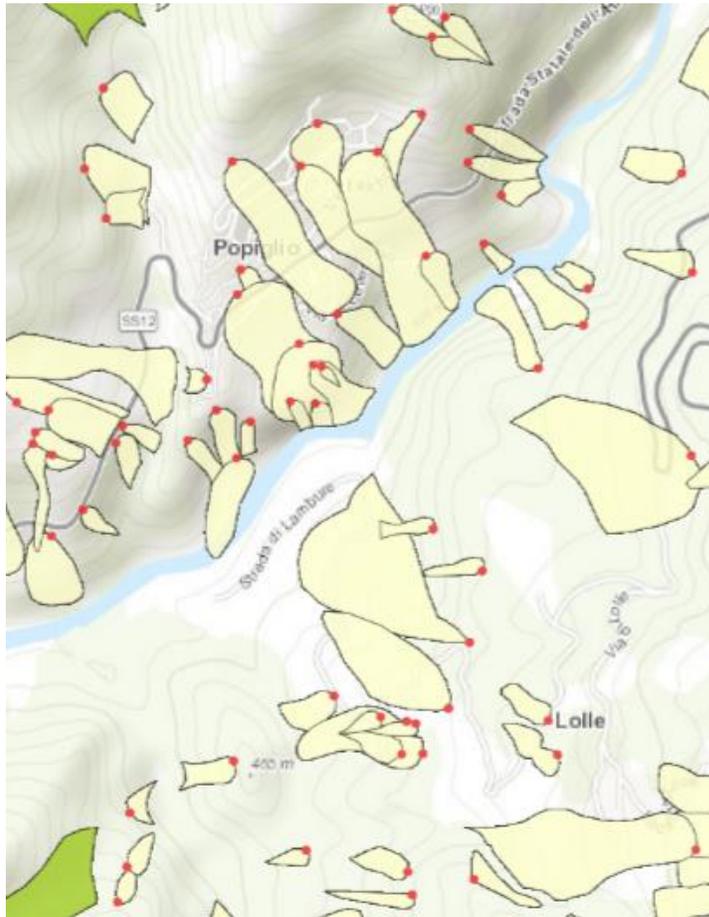
<https://www.webms.it/servizi/viewer.php>

Modalità di rappresentazione



<https://www.webms.it/servizi/viewer.php>

Modalità di rappresentazione



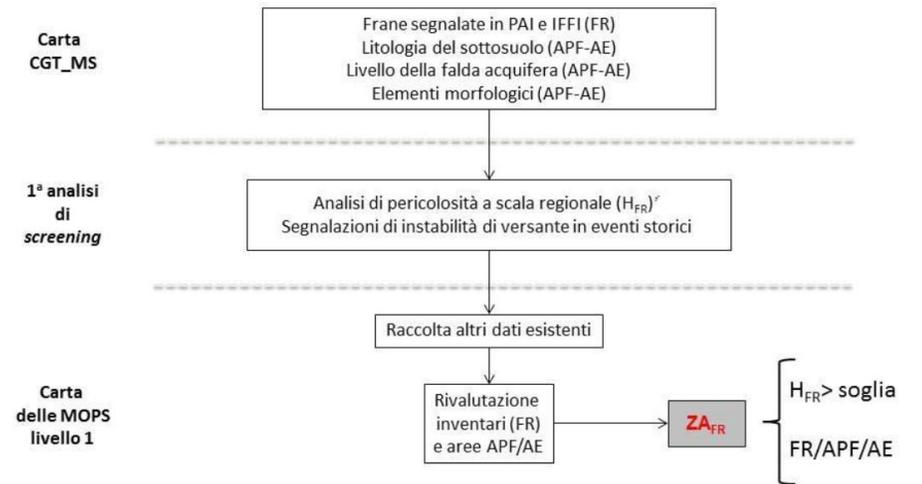
MS - Instab Livello 1

- Zona di Att. per instab. di versante att.
- Zona di Att. per instab. di versante quiesc.
- Zona di Att. per instab. di versante inatt.

Za Frane

CARTA CGT, 1ª ANALISI DI SCREENING, CARTA DELLE MOPS – LIVELLO 1

Z_{FR}

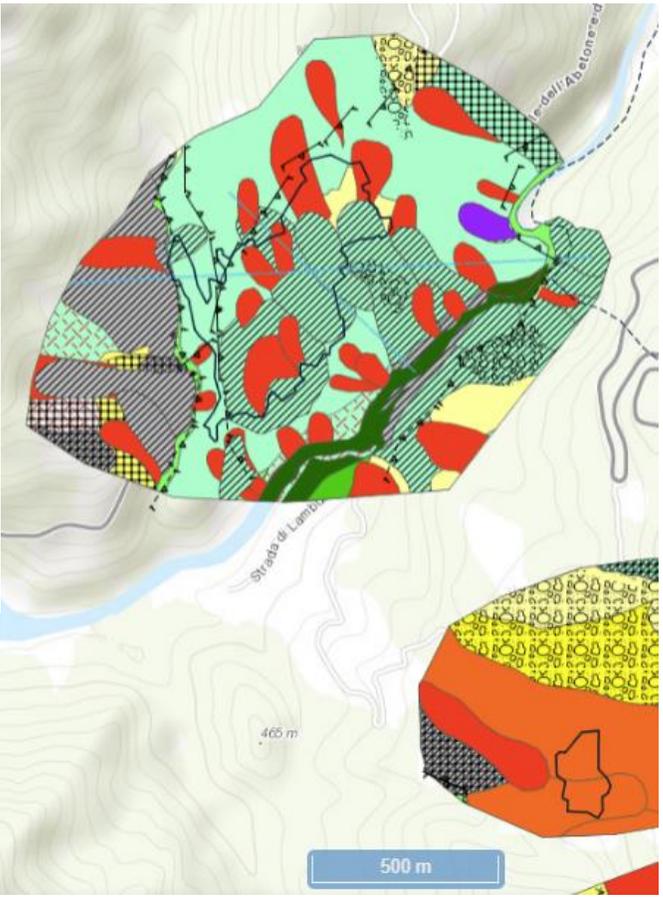
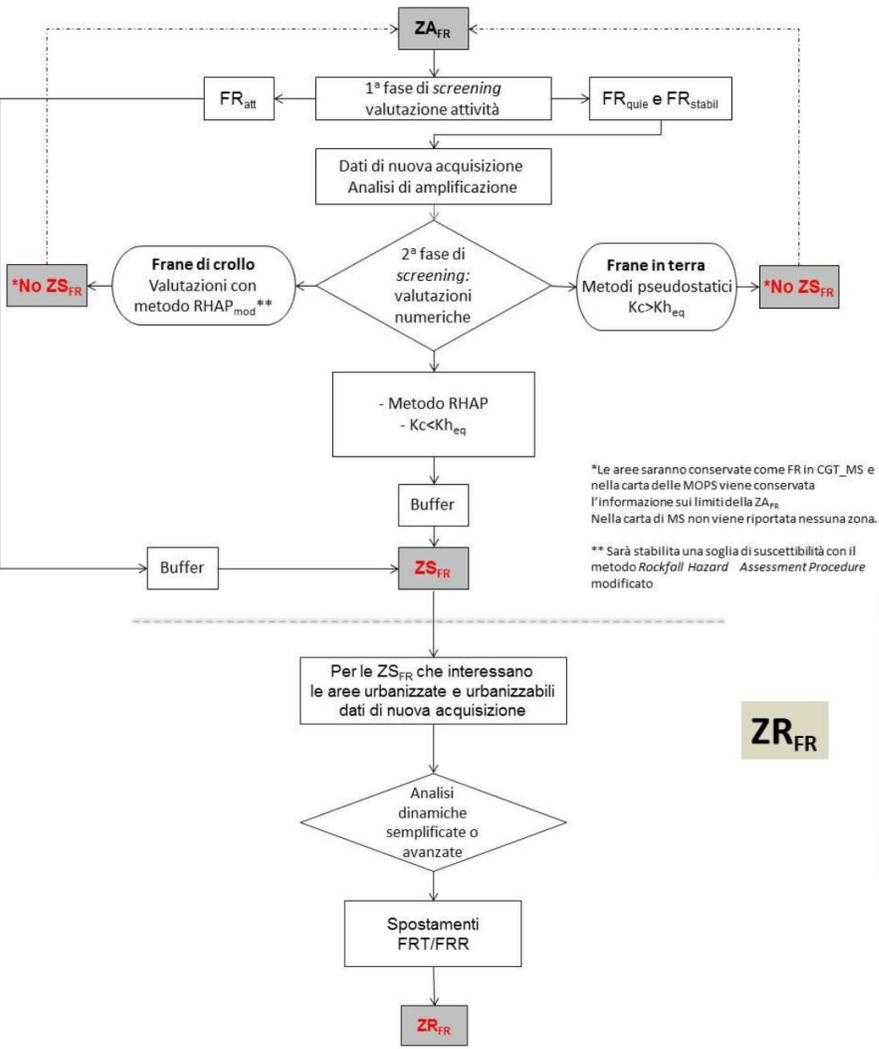


<https://www.webms.it/servizi/viewer.php>

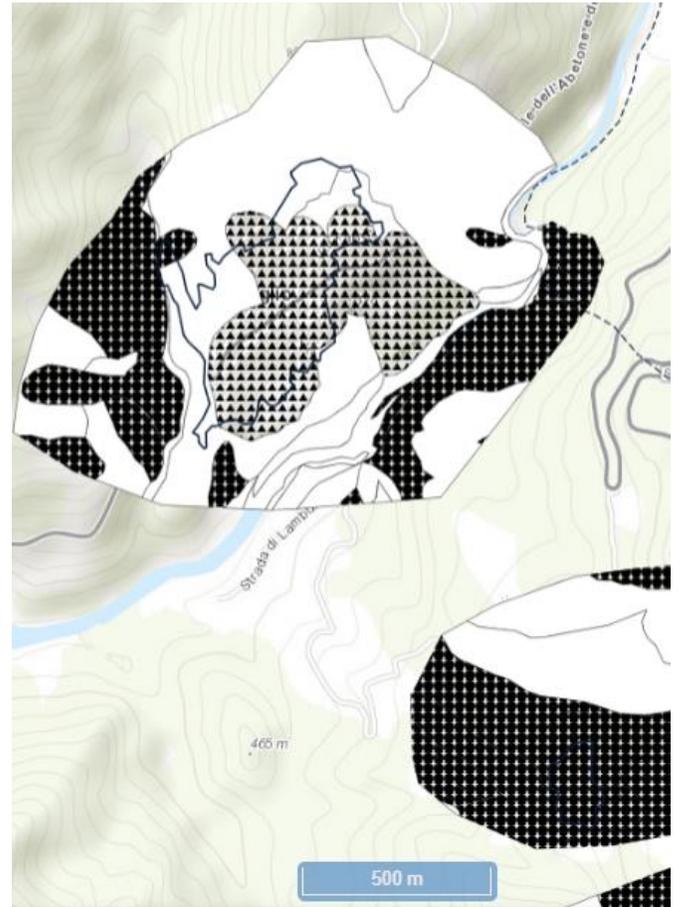
Modalità di rappresentazione

2ª ANALISI DI SCREENING, CARTA DI MS – LIVELLO 3

ZS_{FR}



- MS - Instab Livello 1**
- Zona di Att. per instab. di versante att.
 - Zona di Att. per instab. di versante quiesc.
 - Zona di Att. per instab. di versante inatt.
 - Za Frane



- MS - Stab Livello 3**
- Fattore non assegnato
 - ZS Frane - FRT 0-15 / FRR 0-10
 - ZS Frane - FRT 15-100 / FRR 10-50
 - ZS Frane - FRT >100 / FRR >50

<https://www.webms.it/servizi/viewer.php>

Disciplina di uso del suolo

Disciplina di uso del suolo

La pianificazione urbanistica e territoriale in zone interessate da instabilità di versante sismoindotte è chiamata a disciplinare gli usi del suolo e le previsioni di trasformazione urbana, tenendo conto della relazione tra la pericolosità sismica e i diversi contesti insediativi.

È bene evidenziare che, in questo contesto, viene introdotta una condizione di pericolosità aggiuntiva (forzante sismica), per cui la disciplina d'uso, pur tenendo conto di quella già esistente per le instabilità di versante in condizioni statiche, dovrà tenerne conto in modo commisurato sia alle condizioni di pericolosità complessive che ai livelli di approfondimento conoscitivo.

Al fine di definire tale disciplina, si farà riferimento convenzionalmente a **tre categorie di aree urbanistiche**:

- **Aree edificate** (recenti o consolidate)
- **Aree non edificate** (con previsione di trasformazione)
- **Aree non urbanizzate a trasformabilità limitata**

Disciplina di uso del suolo

- **Aree edificate** (recenti o consolidate)

Aree urbanizzate ed edificate di diverso livello di completamento, consolidamento e stratificazione. Comprendono centri storici, tessuti consolidati, aree in completamento con usi residenziali, produttivi, a servizio o misti.

- **Aree non edificate** (con previsione di trasformazione)

Aree non edificate, parzialmente edificate o con previsione di nuovi insediamenti - residenziali, produttivi, a servizio o misti - di manufatti edilizi, di infrastrutture e reti. Tali aree possono trovarsi sia in adiacenza ad aree edificate, sia in contesti ancora non urbanizzati.

- **Aree non urbanizzate a trasformabilità limitata**

Aree non edificabili o con limitate previsioni di edificabilità, sia per destinazione d'uso (aree agricole), che per la presenza di vincoli e forme di tutela.

Disciplina di uso del suolo

I criteri definiti per indirizzare la disciplina d'uso del suolo in zone interessate da instabilità di versante sismoindotte devono tener conto di alcuni fattori:

- per le instabilità di versante sismoindotte l'area di studio da considerare non è solo quella che riguarda la parte urbanizzata e urbanizzabile, ma include anche quella a monte e a valle del centro abitato, interessata dal fenomeno.
- a differenza di altre forme di instabilità (FAC) è possibile mettere in atto opere di riduzione della pericolosità, attraverso interventi di stabilizzazione del suolo (cfr. NTC 2008 par.6.3.5)⁷.
- a differenza delle altre forme di instabilità (FAC e liquefazioni), la disciplina urbanistica per le aree sottoposte a instabilità di versante (non sismoindotta) può essere già stata individuata in alcuni strumenti di pianificazione territoriale di settore (Piani di Assetto Idrogeologico - PAI) o dalla normativa regionale. Nell'Appendice B1 è riportata una sintesi di alcune normative PAI. Si fa riferimento quindi alle normative già esistenti e agli orientamenti generali della disciplina.

Disciplina di uso del suolo

Categorie urbanistiche		Aree edificate (recenti o consolidate)	Aree non edificate (con previsione di trasformazione)	Aree non urbanizzate a trasformabilità limitata	Infrastrutture
Zone instabilità di versante	Z _A FR	Obbligo di approfondimento (6.1.1)	Obbligo di approfondimento (6.2.1)		Programma Infrastrutture (6.3)
	Z _S FR	Programma Zone Instabili (6.1.2)	Intervento limitato (6.2.2)		
	Z _R FR				

Disciplina di uso del suolo


Disciplina d'uso (Frane)

	AREE EDIFICATE	AREE DA EDIFICARE	AREE NON EDIFICABILI	INFRA STRUTTURE
ZA ATTENZIONE	Approfondimenti			Programma Infrastrutture
ZS SUSCETTIBILITÀ	Programma Zone Instabili	Intervento limitato		
ZR RISPETTO				

È necessario approfondire gli studi (MS3) al fine di individuare ZS e SR

 EDILIZIA ESISTENTE	 INTERVENTO LIMITATO	<p>Con esclusione degli interventi di manutenzione ordinaria, degli interventi di adeguamento igienico-sanitario, o altri interventi obbligatori di settore, qualsiasi altro tipo di intervento deve prevedere interventi di miglioramento e/o di adeguamento e/o di rafforzamento locale e valutazione di eventuali interventi di riduzione della pericolosità (in conformità alla normativa vigente). Si rimanda alla normativa regionale o alla disciplina urbanistica del PAI di riferimento, qualora siano vigenti norme più restrittive.</p>
 NUOVA COSTRUZIONE	 INTERVENTO INIBITO	

Disciplina di uso del suolo

 **Disciplina d'uso (Frane)**

	AREE EDIFICATE	AREE DA EDIFICARE	AREE NON EDIFICABILI	INFRA STRUTTURE
ZA ATTENZIONE	Approfondimenti			
ZS SUSCETTIBILITÀ	Programma Zone Instabili	Intervento limitato		Programma Infrastrutture
ZR RISPETTO				

PZI
Un programma da includere nei propri strumenti di pianificazione urbanistica

Fattibilità

- Incentivi finanziari
- Incentivi urbanistici
- Misure premiali
- Livelli di sicurezza

- Analisi del fabbisogno finanziario per l'attuazione del programma
- Piani attuativi

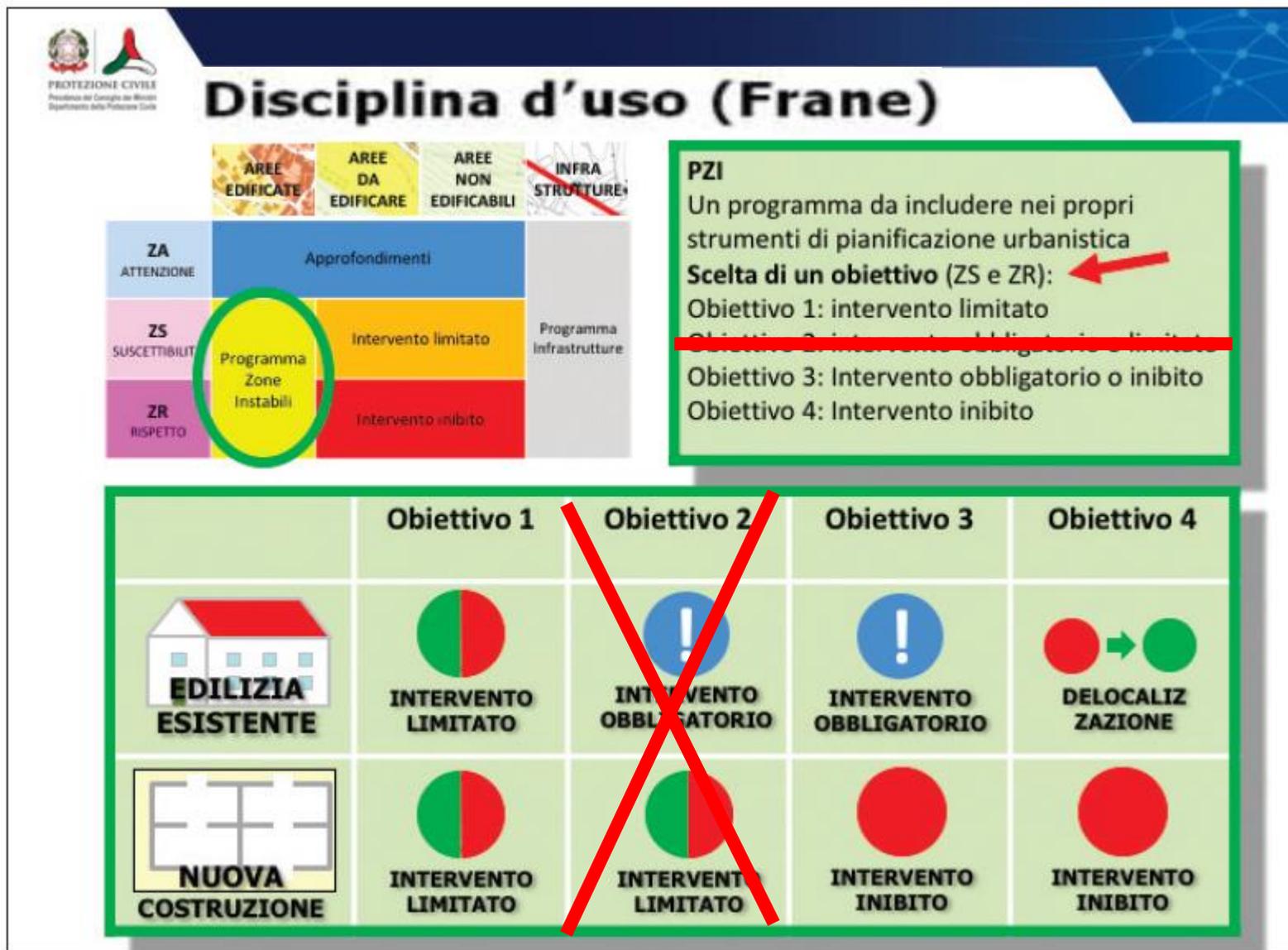
Disciplina di uso del suolo

6.1.2 Programma Zone Instabili

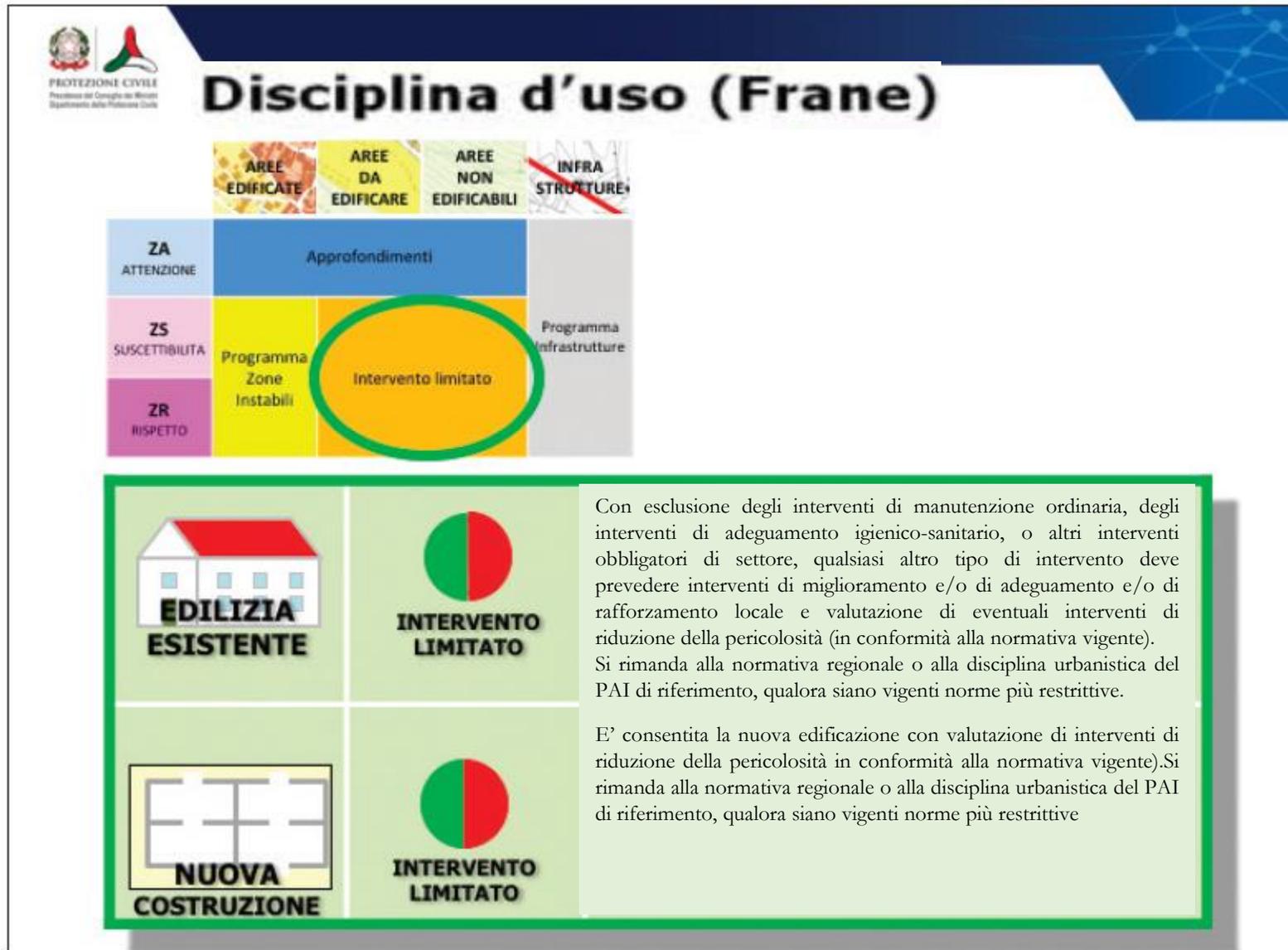
Per le ZS_{FR} e ZR_{FR} , nelle **Aree edificate (recenti o consolidate)**, le amministrazioni locali nell'ambito dei propri strumenti di pianificazione urbanistica e secondo le prescrizioni e gli indirizzi dei soggetti sovraordinati, individuano e perseguono uno o più obiettivi per il Programma Zone Instabili (PZI), assumendone i contenuti nelle forme opportune, al fine di mitigare le condizioni di rischio. Il PZI rappresenta un programma d'intervento complesso in cui vengono definiti obiettivi e ambiti di intervento, fattibilità e modalità attuative. Il PZI riguarda più in generale tutte le aree suscettibili di instabilità, fra cui anche quelle interessate da faglie attive e capaci (FAC)⁹ e liquefazione¹⁰. Nell'Appendice B3 viene riportato uno schema di Programma utilizzabile anche come lista di verifica dei temi trattati.

L'assenza di un PZI determina la stessa disciplina d'uso prevista per le ZA_{FR} (6.1.1).

Disciplina di uso del suolo



Disciplina di uso del suolo



Disciplina di uso del suolo

 **Disciplina d'uso zone di ricostruzione (Frane)**

 EDILIZIA Danneggiata	Obiettivo 1		Obiettivo 2		Obiettivo 3	
	ZS	ZR	ZS	ZR	ZS	ZR
Danno leggero						
Danno medio-grave						
Danno gravissimo						



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE

Veronica Pazzi

Dipartimento di Matematica e Geoscienze

veronica.pazzi@units.it

www.units.it