

seminario

Gorizia - 2 luglio 2011

Alcune tecniche di analisi del rischio indotto da frane

Ing. Monica Barbero

III parte



AVAMIRI

MASTER DI 2° LIVELLO IN
ANALISI VALUTAZIONE E MITIGAZIONE
DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

2° esempio di applicazione del metodo Imiriland

- fenomeni di crollo
- grande scala (valle)

Caso di studio: Valle Divedro

Tipologie di instabilità: crolli, scivolamenti superficiali



Analisi di pericolosità

Simulazione del fenomeno di caduta massi:

Metodo dello shadow angle (metodo dei coni) [Evans e Hungr, 1993]

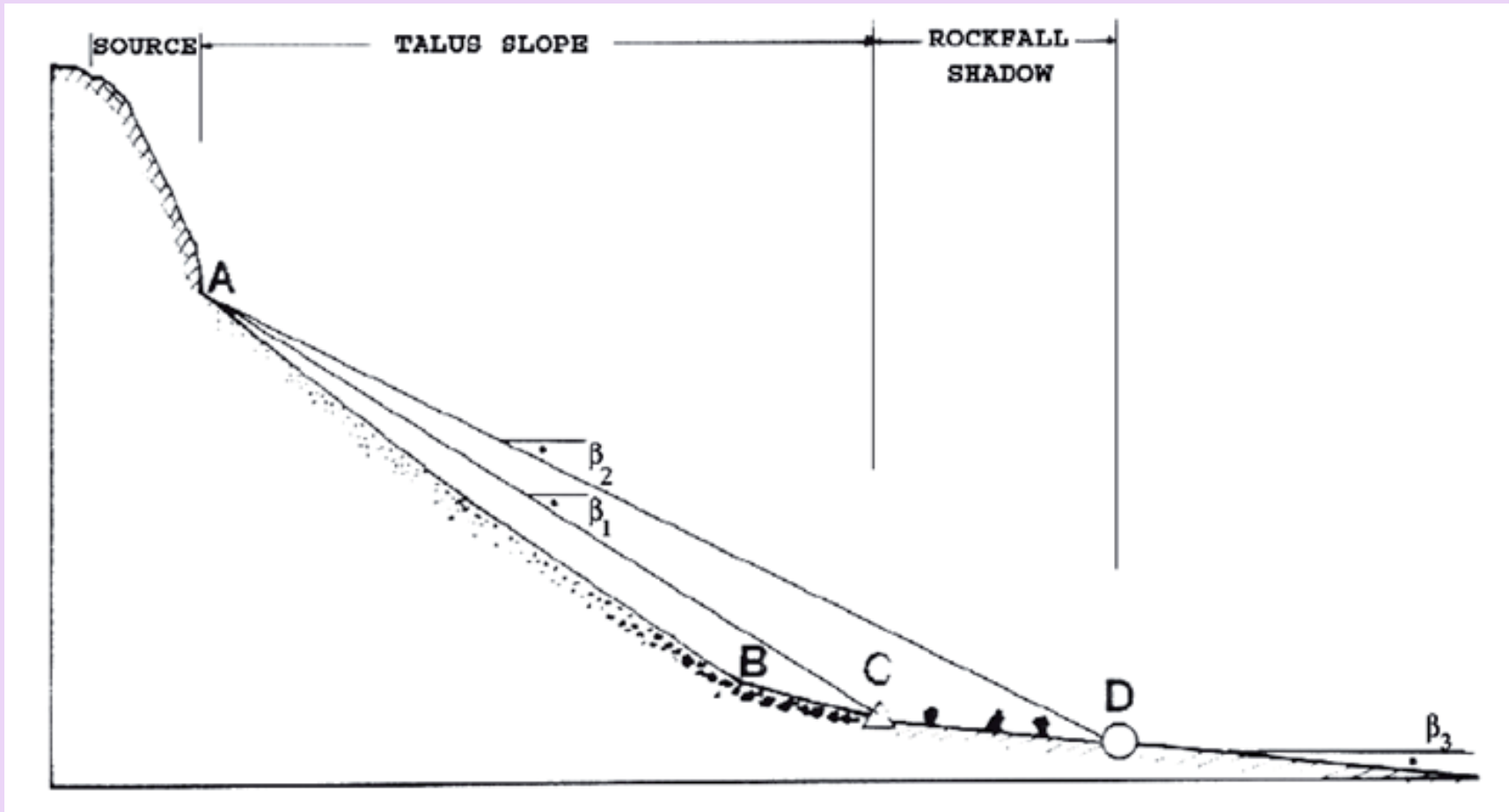
È un metodo empirico e speditivo; si basa sulla morfologia del pendio e sui dati storici.

Esso definisce un cono d'ombra, secondo specifici angoli (orizzontali e verticali), cioè l'area entro la quale si dovrebbe arrestare la totalità dei blocchi.

Si distinguono tre zone:

- Area di distacco (sorgente, source)
- Pendio (talus slope)
- Piede del pendio (rockfall shadow)

Lungo il pendio (tratto AC) si accumulano i blocchi di dimensioni minori, secondo un angolo di circa 38° (β_1), al piede quelli con maggiori dimensioni



Il metodo dei coni è stato implementato in ambiente GIS

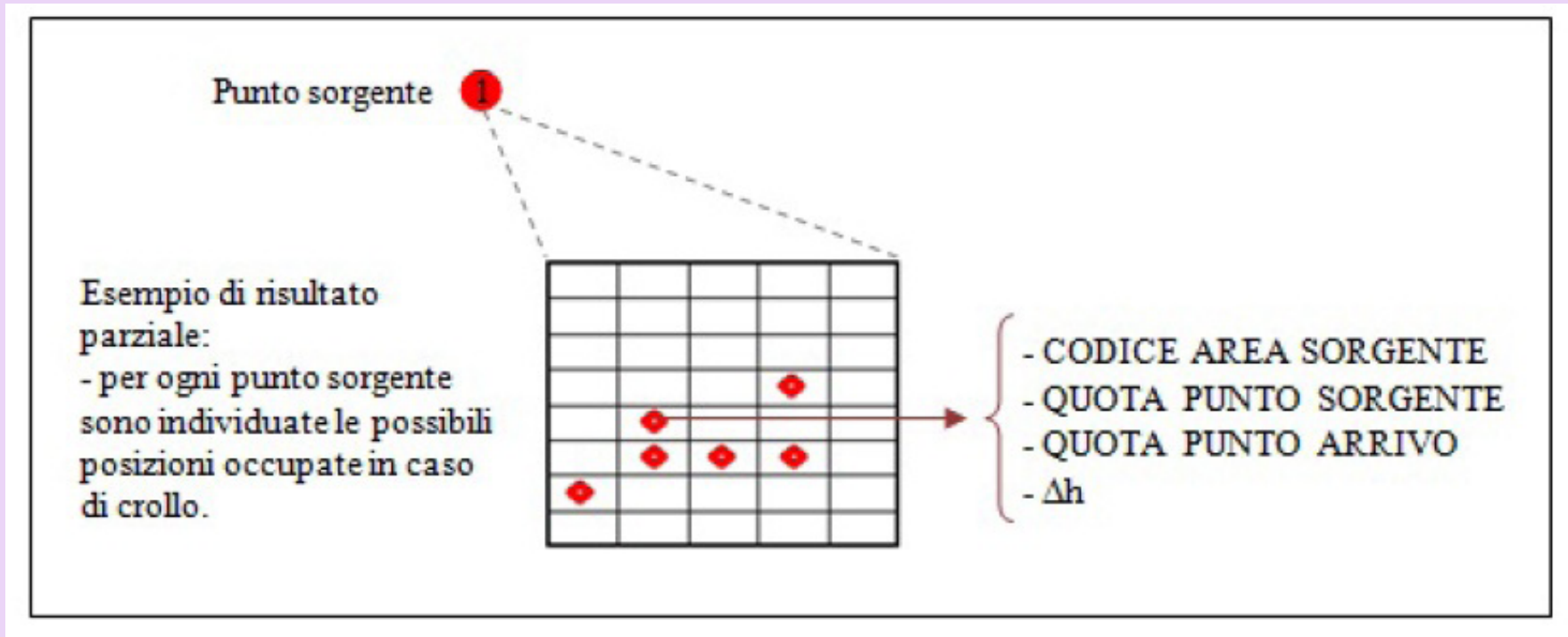
Si è utilizzata una DTM con celle 10 m x10 m

Si è operato come segue:

- Individuazione delle aree omogenee di potenziale distacco: zone rocciose con inclinazione superiore o uguale a 40°
- La probabilità di occorrenza è assunta pari al 100% in ogni area omogenea
- Ogni punto sorgente di un distacco è origine di un cono

Il programma fornisce: la distribuzione dei punti di arresto dei blocchi, da cui si ricava l'area di invasione, la frequenza, ovvero il numero di celle sorgenti di distacco che "vede" la cella in esame, il dislivello massimo e minimo tra posizione del blocco lungo la traiettoria e superficie del versante

Per ciascun punto sorgente di un distacco vengono individuate le possibili posizioni in caso di crollo.



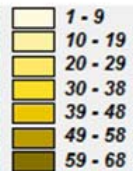
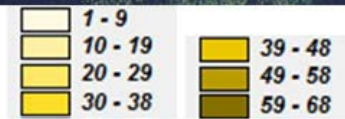
Dato un singolo punto di osservazione, ciascuna cella "visibile" riceve il valore 1, tutte le altre il valore 0.

Aree di distacco



Frequenze

Aree 1 e 2



Area 3

È possibile stimare la velocità del masso in movimento con il metodo dei coni (Jaboyedoff e Labiouse, 2003):

$$v = f_v \sqrt{2g \cdot \Delta H}$$

dove:

f_v = fattore posto pari a 0.9, che tiene conto della dispersione dell'energia cinetica lungo il percorso;

g = accelerazione gravitazionale;

ΔH = differenza tra la quota ideale del masso e quella del terreno

Allo stesso modo, fissata la massa m del masso (nel caso in esame pari a 0.5 m^3) è possibile risalire all'energia cinetica totale come:

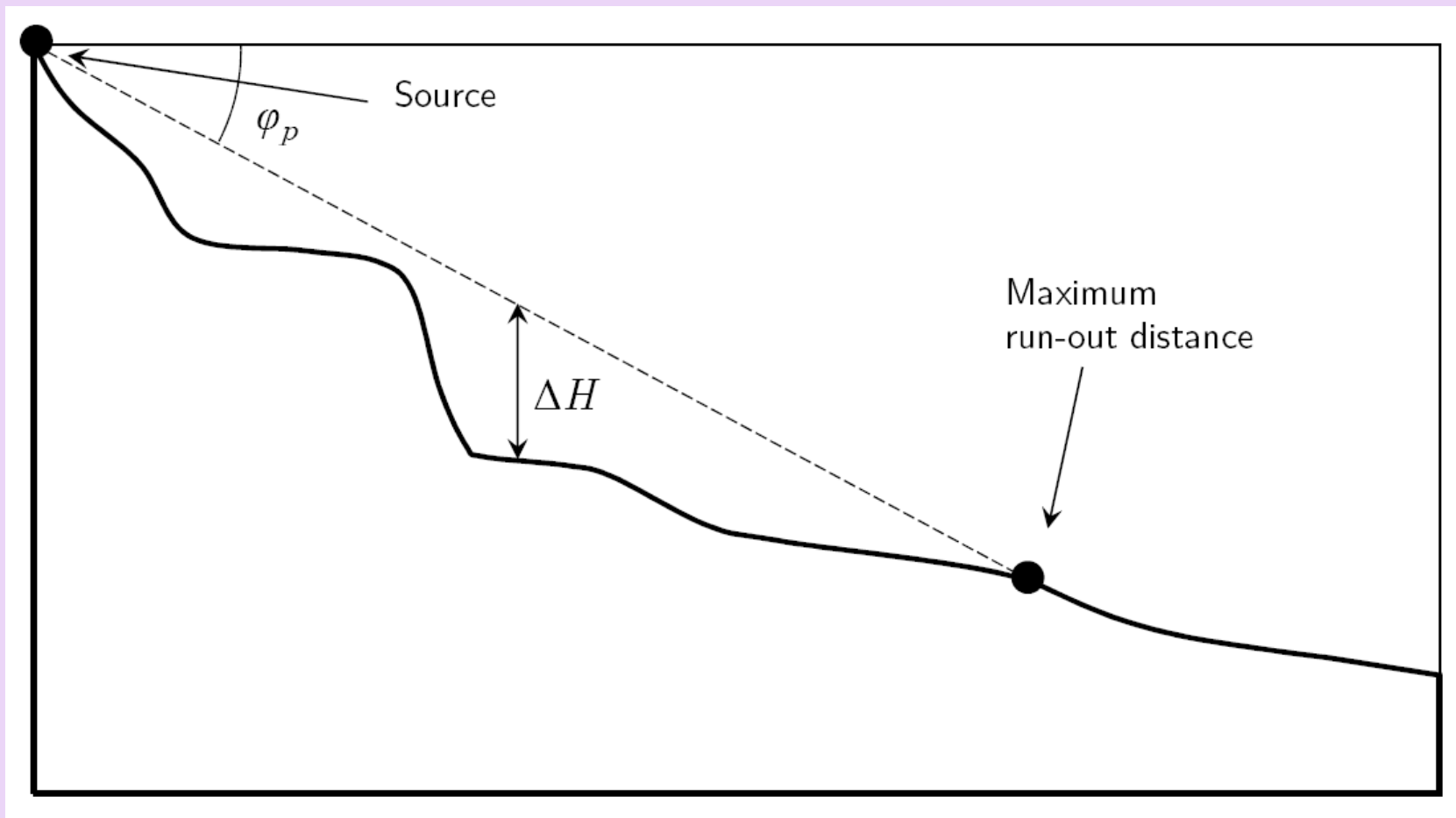
$$E = m \cdot g \cdot \Delta H$$

In questo modo si suppone che tutta l'energia potenziale del blocco in ogni punto della traiettoria si trasformi in energia cinetica. Questa è ovviamente una grossa approssimazione, non tenendo conto della reale successione dei cinematismi del blocco, come l'impatto dinamico con il terreno, il rotolamento, lo scivolamento.

L'energia è dunque sovrastimata.

L'energia totale è stata ottenuta moltiplicando l'energia specifica per il volume caratteristico del blocco, pari a 0.5 m^3 .

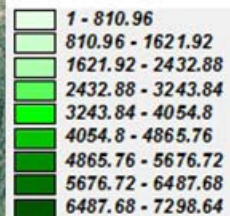
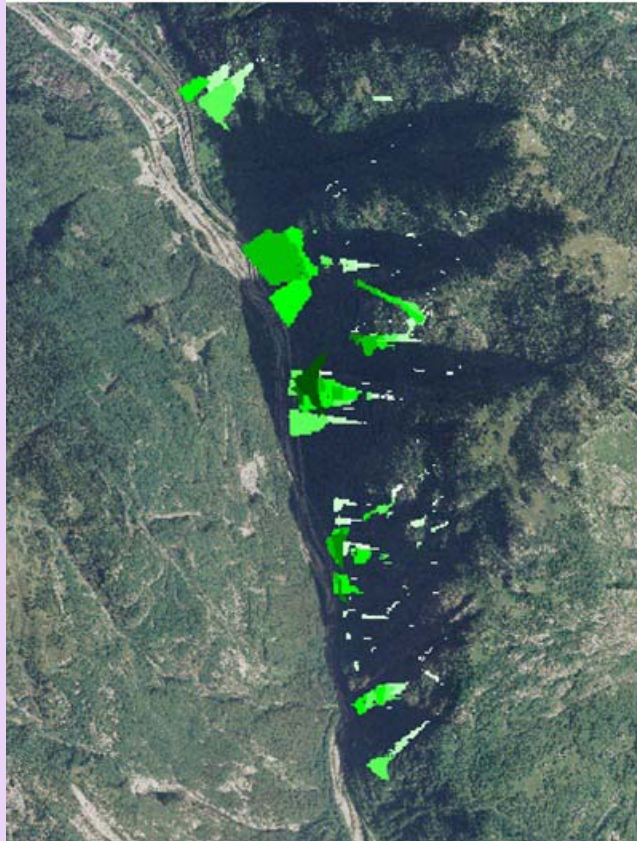
Dislivello per la stima dell'energia cinetica



energie specifiche massime

Aree 1 e 2

energia cinetica specifica massima:
4 kJ/kg



Area 3

energia cinetica specifica massima:

> 7 kJ/kg

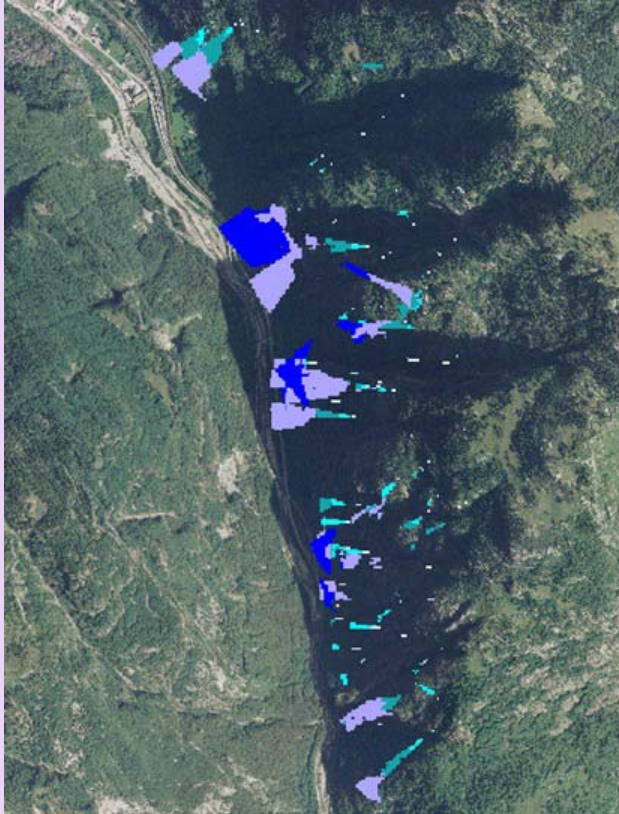
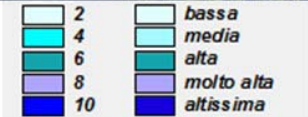
Si è quindi realizzata la mappa di pericolosità, definendo 5 classi di pericolosità, in base alla classificazione MEL delle barriere paramassi. Ad ogni classe è stato associato un indice numerico:

- Bassa 85÷500 kJ (classi 0-2) indice: 2
- Media 500÷1500 kJ (classi 2-4) indice: 4
- Alta 1500÷3000 kJ (classi 4-6) indice: 6
- Molto alta 3000÷5000 kJ (classi 6-8) indice: 8
- Altissima > 5000 kJ (limite paramassi) indice: 10

Per la mappatura della pericolosità si è considerata l'energia totale media

mappe di pericolosità

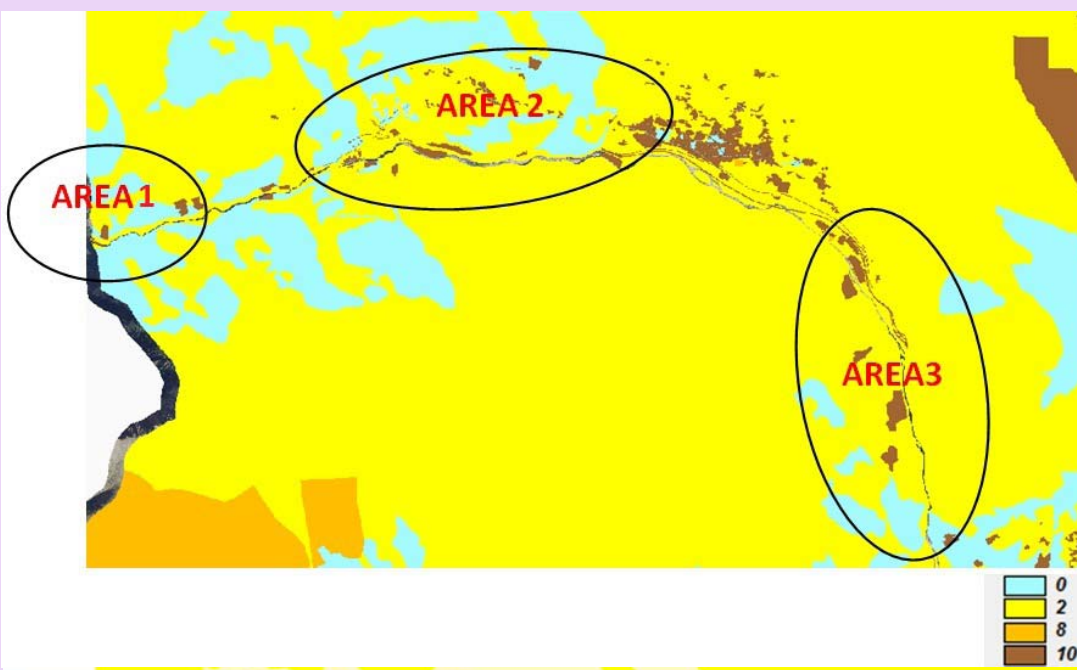
Aree 1 e 2
pericolosità molto alta



Area 3
pericolosità altissima

Analisi del danno e calcolo del rischio

- Per l'individuazione degli elementi a rischio l'area di invasione è stata sovrapposta al Piano Regolatore.
- Anche in questo esempio applicativo si sono considerate solo le categorie di elementi a rischio fisico e sociale.
- La valutazione degli elementi a rischio è stata fatta secondo una scala da 0 a 10, in modo arbitrario.
- Anche in questo esempio si è definita la vulnerabilità in funzione della sola intensità del fenomeno. Poichè le energie possedute dai blocchi risultano elevate, si è assunta una perdita totale (vulnerabilità=1) per tutte le aree di invasione. In tal modo il danno atteso coincide con il valore dell'elemento a rischio nelle aree di invasione ed è nullo nelle aree non interessate dal fenomeno.



Valore sociale



Valore fisico

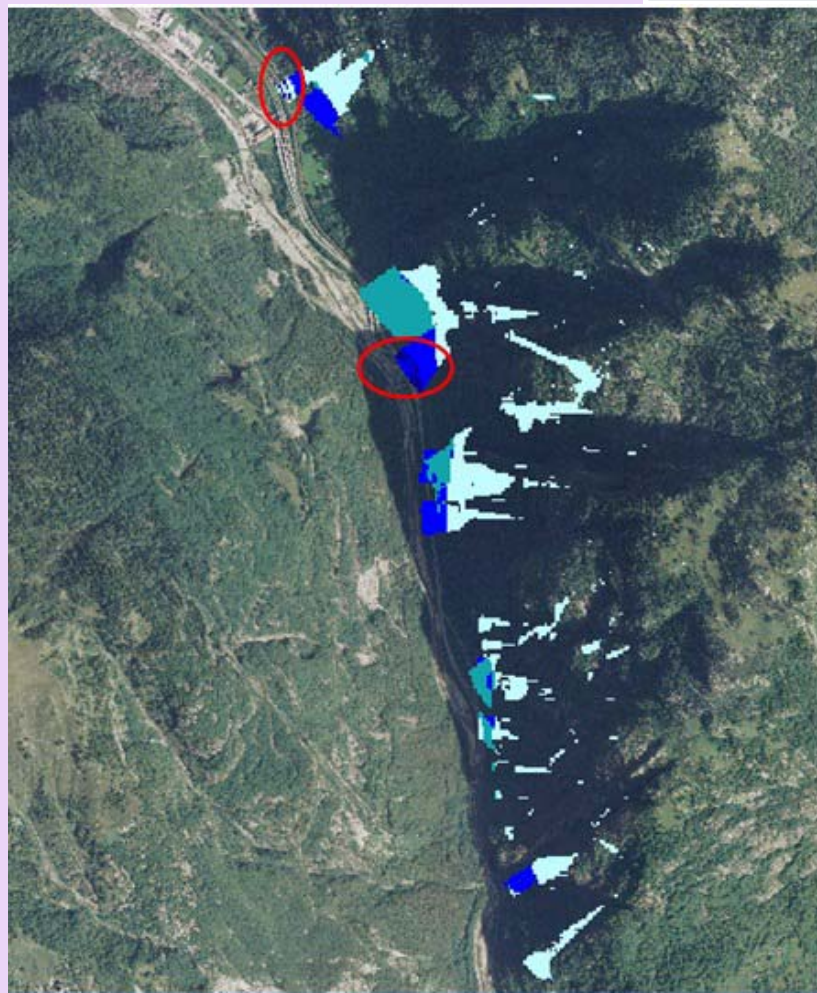
- Il calcolo del rischio fisico e sociale è stato eseguito in ambiente GIS, moltiplicando le mappe di pericolosità con quelle del danno fisico e sociale, rispettivamente.

I risultati sono stati espressi in una scala da 0 a 100 e poi riclassificati secondo 5 livelli di rischio:

- Basso $0 \div 20$
- Medio $20 \div 40$
- Alto $40 \div 60$
- Molto alto $60 \div 80$
- Altissimo $80 \div 100$

Aree 1 e 2

(cerchiate in rosso le aree a rischio altissimo)



Area 3 (cerchiate in rosso le aree a rischio altissimo)

basso
medio
alto
molto alto
altissimo

Rischio

Aree 1 e 2

(cerchiate in rosso le aree a rischio più elevato)



basso
medio
alto
molto alto
altissimo



basso
medio
alto
molto alto
altissimo

Area 3 (cerchiate in rosso le aree a rischio più elevato)

Mitigazione del rischio

Confrontando l'analisi eseguita con una precedente analisi che utilizza come metodo di analisi dell'evoluzione del fenomeno di crollo un lumped mass tridimensionale, si osserva che il metodo dei coni restituisce aree di invasione più attendibili del metodo lumped mass, ma le energie calcolate, come già detto precedentemente, sono sovrastimate e per questo non possono essere utilizzate per la definizione di eventuali sistemi di intervento a difesa degli elementi a rischio.

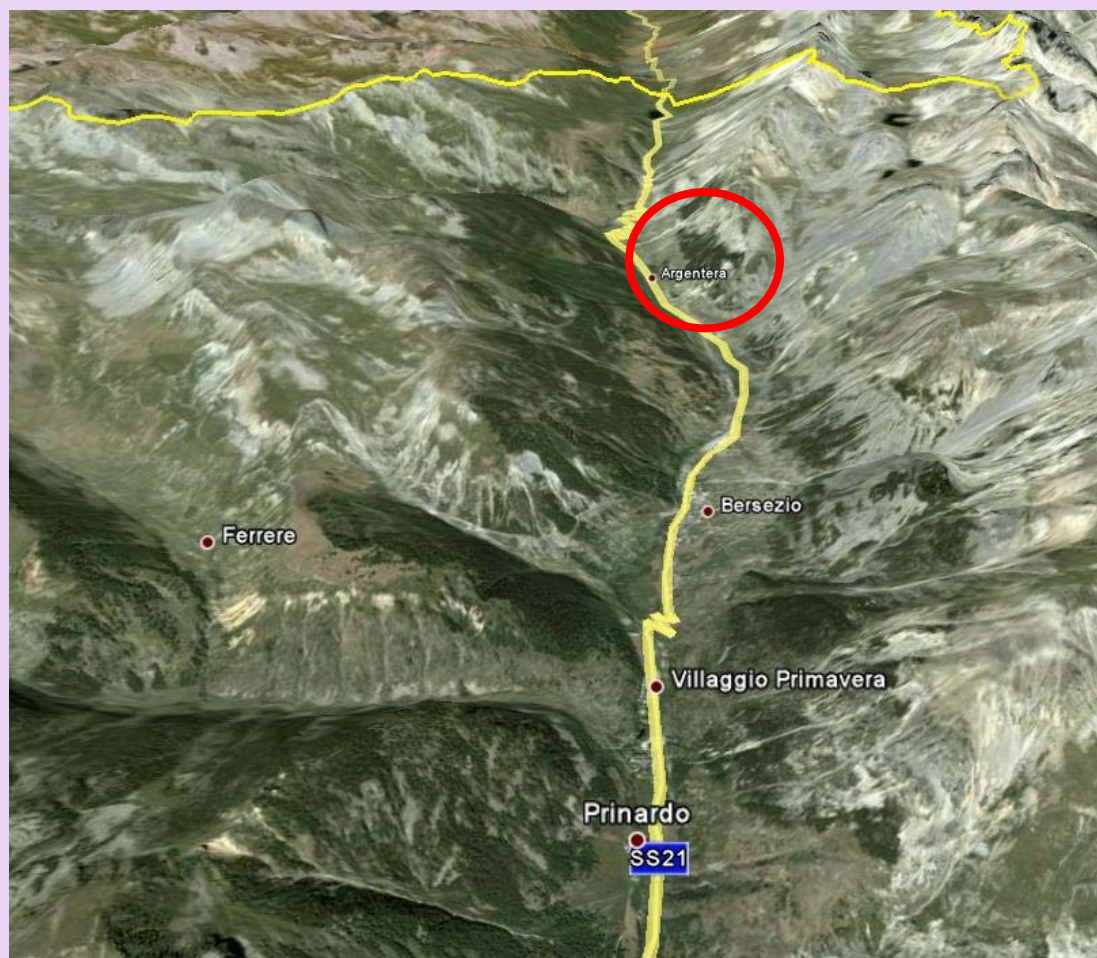
Pertanto, non si è proceduto alla definizione di un sistema di mitigazione e alla conseguente analisi del rischio residuo.

3° esempio di applicazione del metodo Imiriland

- Fenomeni: valanghe di neve
 - media scala (comune)

Caso di studio: Valle Stura

Comune di Argentera



- Tipologia di instabilità: valanghe di neve
- Fonti di raccolta dati:
 - Dati storici (fonti scritte e orali)
 - Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe
 - Sistema Informativo sulle valanghe della Provincia di Cuneo
- Probabilità di accadimento: si fa riferimento al tempo di ritorno della valanga. In base alle analisi di dinamica della valanga si considerano due scenari: $T = 30$ anni e $T = 300$ anni

Analisi di pericolosità

Simulazione della dinamica della valanga con metodo monodimensionale implementato in AVAL1D

Le simulazioni sono state svolte per i due scenari; tempo di ritorno 30 anni e 300 anni, previsti nel programma

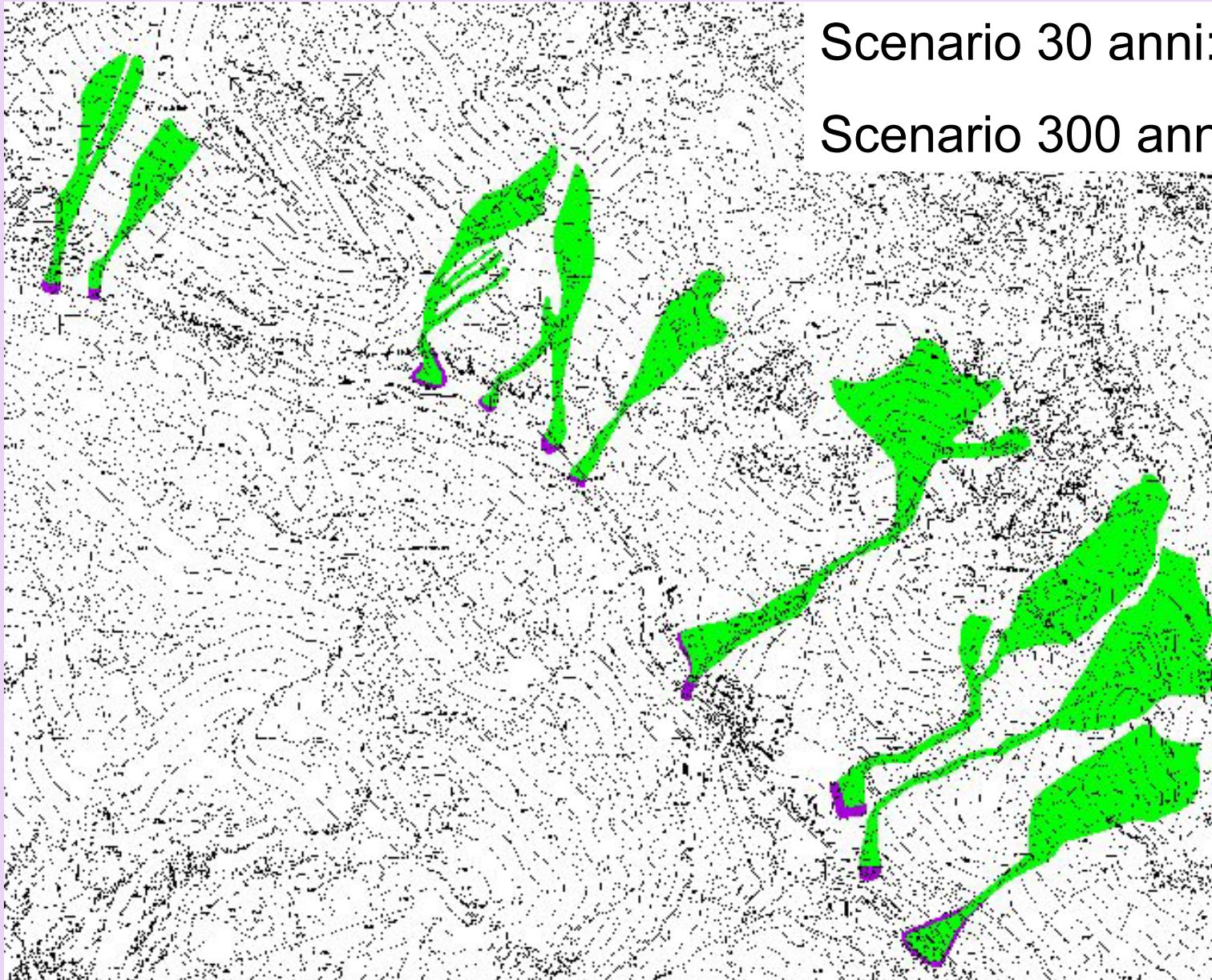
I parametri di ingresso per le simulazioni sono stati ricavati da apposite analisi nivometriche e analisi a ritroso (in base alla carta di localizzazione delle valanghe)

Le simulazioni hanno consentito di individuare le aree di invasione e le intensità del fenomeno (pressioni della valanga lungo il percorso)

Simulazione del fenomeno: RISULTATI – area di invasione

Scenario 30 anni: verde

Scenario 300 anni: viola



Simulazione del fenomeno: RISULTATI – intensità

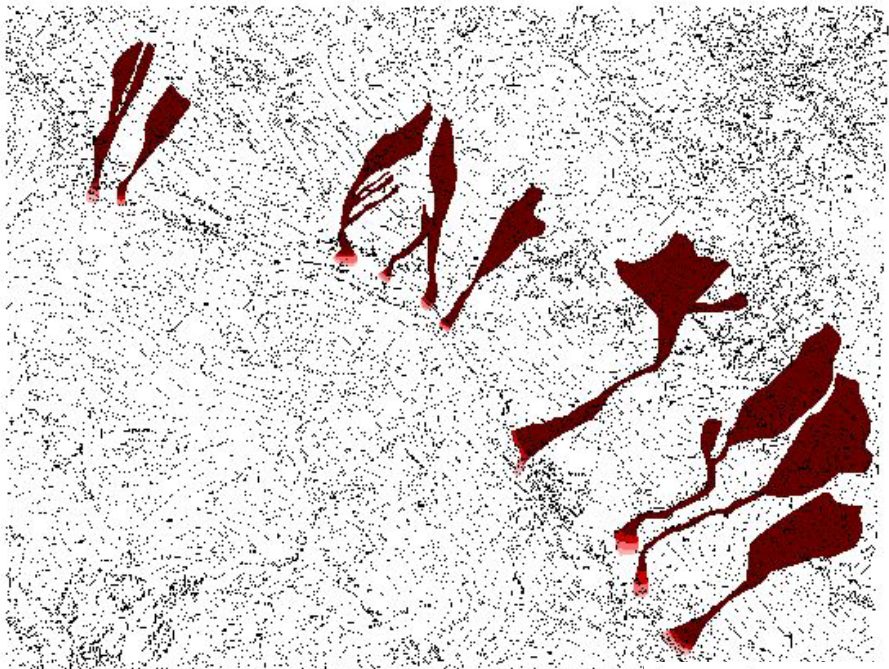
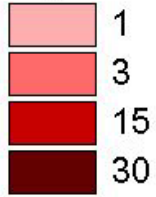
Pressione:

si sono suddivisi i poligoni sulla base di quattro fasce di pressione. Ad ogni intervallo di pressione si è associato un valore numerico :

Classe di pressione	Valore associato
pressione = 0 kPa	0
0 KPa < pressione < 3 kPa	1
3 KPa < pressione < 15 kPa	3
15 KPa < pressione < 30 kPa	15
pressione > 30 kPa	30

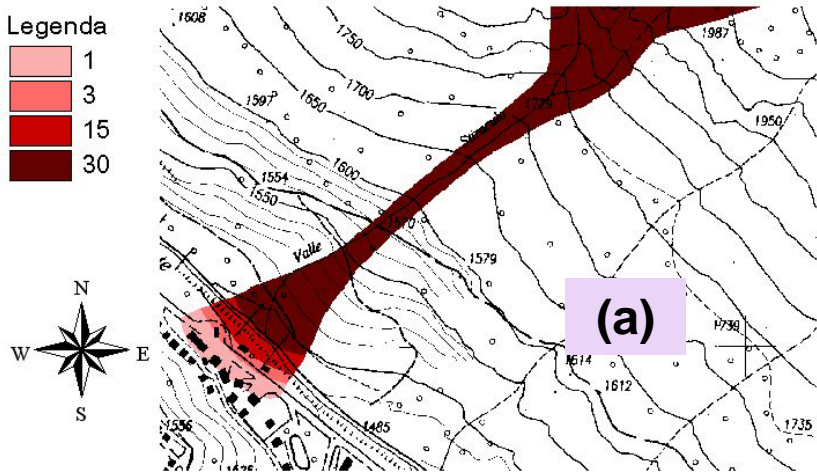
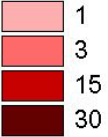
Simulazione del fenomeno: RISULTATI – Intensità

Legenda

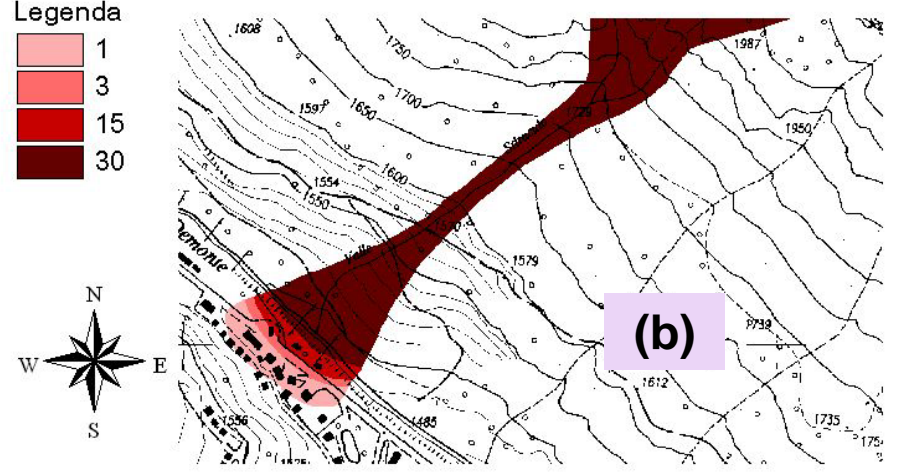
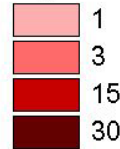


esempio: scenario
T=300 anni

Legenda



Legenda



Ingrandimento su di una delle valanghe: confronto tra scenario
a (a) 30 anni e a (b) 300 anni

Analisi del danno e calcolo del rischio

- Gli elementi a rischio sono stati individuati per sovrapposizione delle aree di invasione con il Piano Regolatore
- Vulnerabilità sociale: si è scelto, indipendentemente dalla destinazione d'uso, di assegnare un valore identico per ogni elemento. Tale valore, posto pari a 10, rappresenta una percentuale pari a 100% della probabilità che l'elemento a rischio nell'area di invasione sia colpito dalla valanga
- Vulnerabilità fisica – economica: con attenzione alle zone abitate e quindi alle costruzioni civili, si sono distinti edifici in muratura ed edifici di recente costruzione tipicamente in calcestruzzo armato. La grandezza utilizzata per definire la vulnerabilità è la pressione della valanga di neve. In particolare si sono individuati i valori di pressione che determinano la distruzione totale del bene

Tipo di costruzione	Pressione limite
Massiva in muratura	15KPa
Cemento armato	30KPa
Uso suolo	Pressione limite
Albergo	30 KPa
Area edificata	30 KPa
Residenza turistica e ricettiva	30 KPa
Campeggio	15 KPa
Centro storico	15 KPa
Abitato Ferrere	15 KPa
Abitato Prinardo	15 KPa
Cimitero	15 KPa
Attività agricola	3 KPa
Parcheggio	3 KPa
Piste da sci	3 KPa
Area di interesse naturale	3 KPa
Bacino sciistico	3 KPa
Statale 21	3 KPa (valore di pressione capace di ribaltare un'autovettura e procurare danni alle stesse)
Servizio	3 KPa

Per la vulnerabilità fisica-economica si è associato il valore 10 al raggiungimento del livello massimo e si è tenuto conto delle 4 classi di pressione. Se 10 è il valore che contraddistingue, per un elemento a rischio, il massimo livello di probabilità di essere colpito, se diviso per il valore di pressione che contraddistingue la sua resistenza si ottiene la sua vulnerabilità:

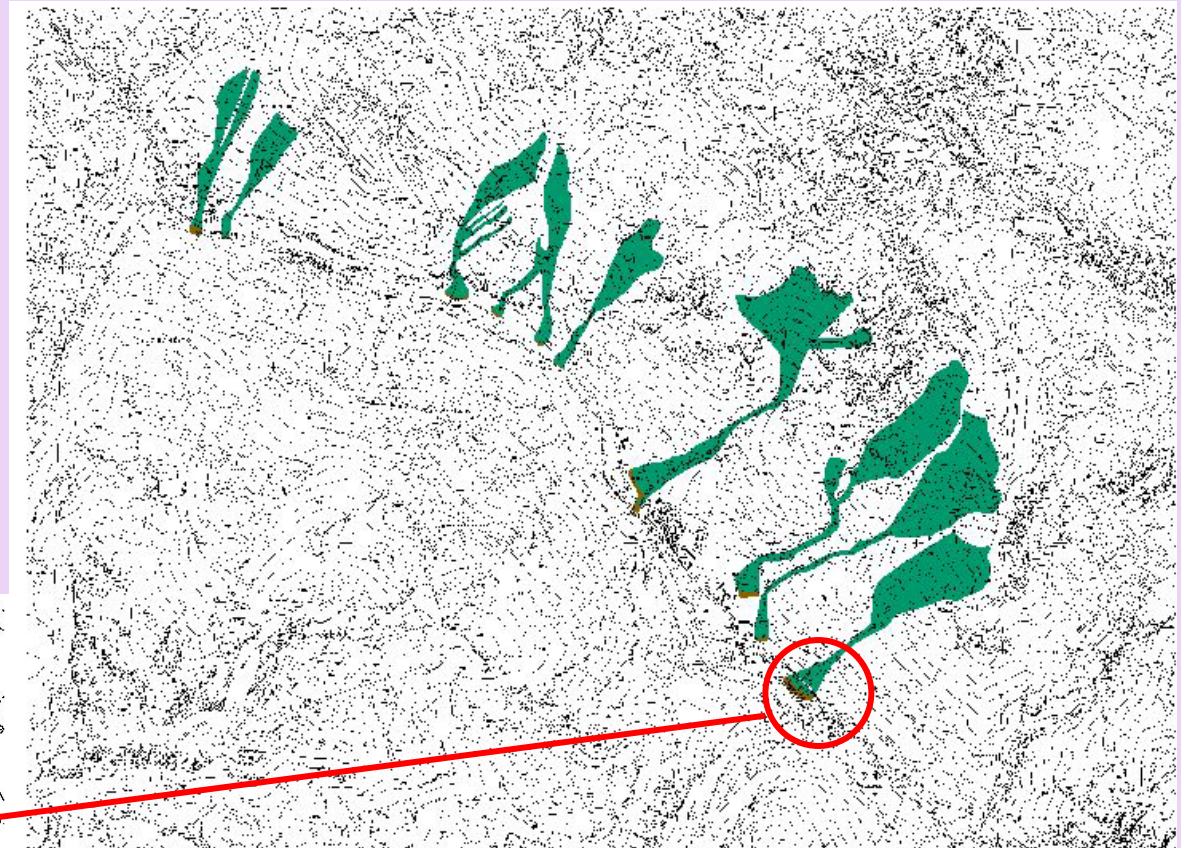
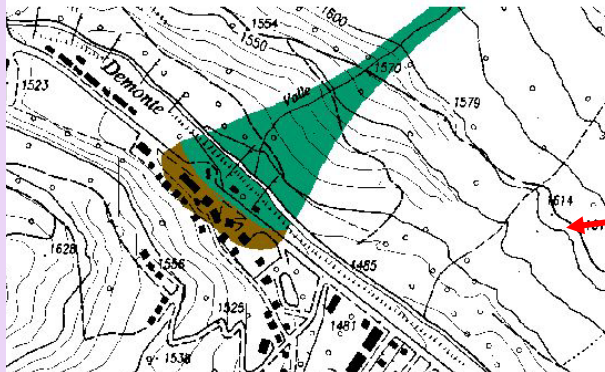
Uso suolo	Pressione limite fisica-economica	Vulnerabilità massima
Albergo Area edificata Residenza turistica e ricettiva	30 KPa	$\frac{10}{30} = 0,3333$
Campeggio Centro storico Abitato Ferrere Abitato Prinardo Cimitero	15 KPa	$\frac{10}{15} = 0,6667$
Attività agricola Parcheggio Piste da sci Area di interesse naturale Bacino sciistico Statale 21 Servizio	3 KPa	$\frac{10}{3} = 3,3333$

A questo punto la vulnerabilità sarà data dal prodotto della vulnerabilità massima per il valore della pressione:

Valori possibili di vulnerabilità fisico-economica	Valori possibili di Pressione	Pressione per Vulnerabilità
0,3333	0	0
0,3333	1	1
0,3333	3	1
0,3333	15	5
0,3333	30	10
0,6667	0	0
0,6667	1	1
0,6667	3	2
0,6667	15	10
0,6667	30	20
3,3333	0	0
3,3333	1	4
3,3333	3	10
3,3333	15	50
3,3333	30	100

Si riclassificano infine i valori in ultima colonna: ai valori maggiori o uguali a 10 si assegna valore 2 (distruzione totale), a quelli compresi tra 0 e 10 si assegna 1 (lievi danni per presenza di valanga, dovuti al non superamento della pressione limite), i valori 0 indicano l'assenza di rischio per assenza di fenomeno valanghivo (aree fuori perimetrazione)

esempio: scenario
T=300 anni



Legenda

- Non colpite
- Colpite non completamente
- Colpite completamente



- valore sociale degli elementi a rischio: è stato definito stimando la densità di persone che possono essere presenti in una certa area, tenendo conto delle frazioni disabitate per la stagione invernale

Uso suolo	Valore sociale
Albergo	10
Area edificata	10
Residenza turistica e ricettiva	10
Campeggio	10
Centro storico	10
Abitato Prinardo	9
Piste da sci	8
Statale 21	6
Parcheggio	4
Servizio	4
Cimitero	3
Bacino sciistico	3
Attività agricola	2
Area di interesse naturale	2
Abitato Ferrere	0

- valore fisico-economico: si è cercato di classificare gerarchicamente l'eventuale perdita economica per il valore in sè del bene o dell'area. Per l'attribuzione di un valore fisico – economico ad ogni elemento a rischio si è considerata una differenziazione in base all'uso del suolo. A tale scopo si è utilizzato un intervallo da 1 a 10

Uso suolo	Valore fisico-economico
Albergo	10
Centro storico	10
Area edificata	9
Residenza turistica e ricettiva	9
Abitato Ferrere	9
Abitato Prinardo	8
Statale 21	8
Parcheggio	7
Campeggio	6
Piste da sci	6
Servizio	6
Cimitero	4
Bacino sciistico	3
Attività agricola	2
Area di interesse naturale	2

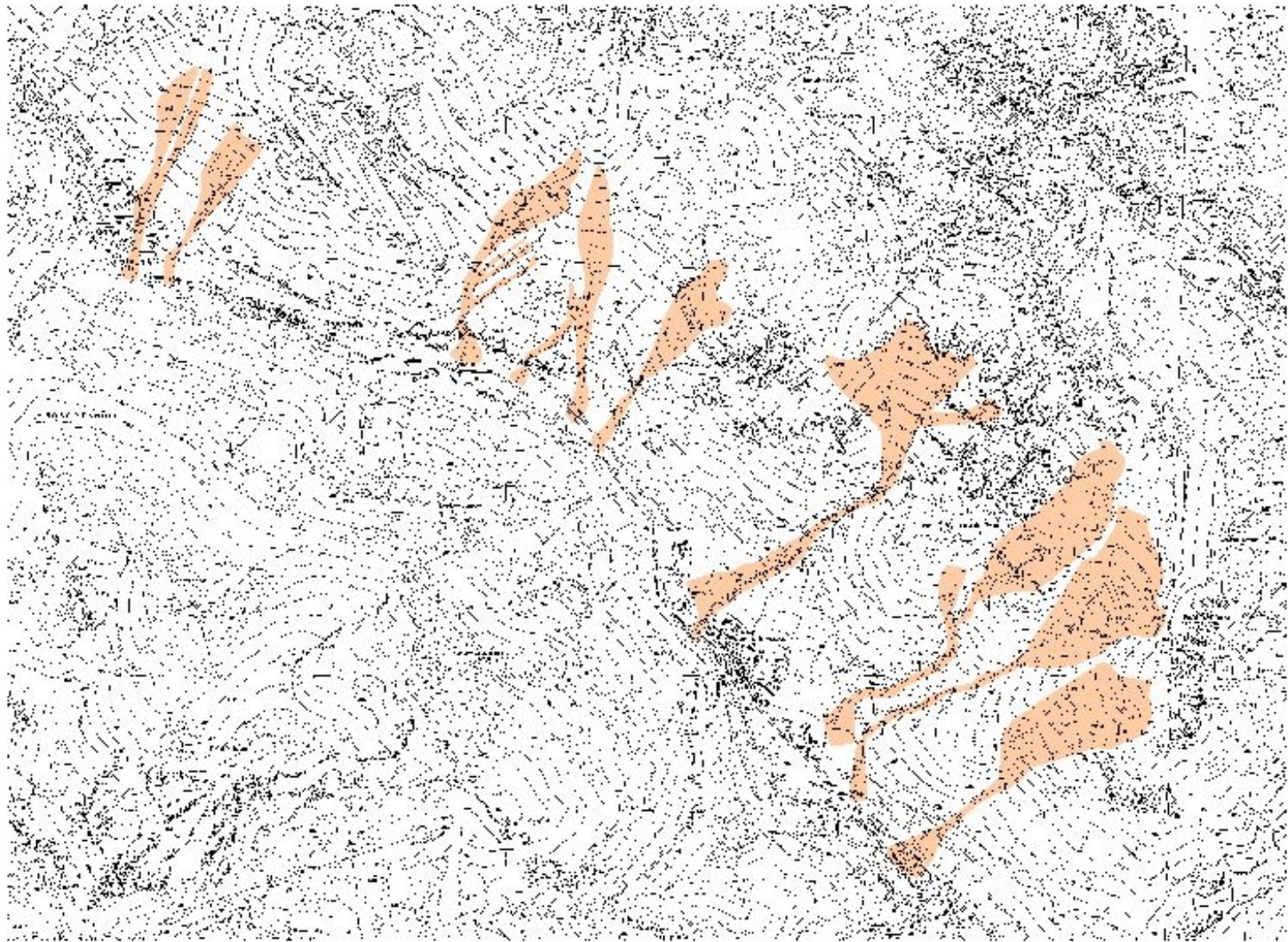
Moltiplicando la vulnerabilità per il valore degli elementi a rischio si ottiene il danno. Poiché in base agli indici utilizzati, tale prodotto fornirebbe un valore massimo di 20, si riportano tutti i valori ad una scala più comoda, da 1 a 100.

Si ottengono così le mappe del danno sociale e fisico, per i due scenari $T=300$ anni e $T=30$ anni.

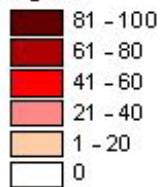
Per poter confrontare opportunamente i due scenari di danno si introduce la probabilità temporale, data dall'inverso del tempo di ritorno.

Il prodotto del danno per la probabilità temporale fornisce il rischio.

Si sono in tal modo ottenute le mappe di rischio sociale e fisico per i due scenari temporali.

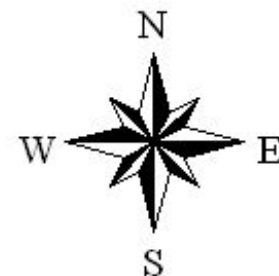


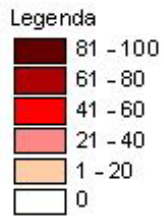
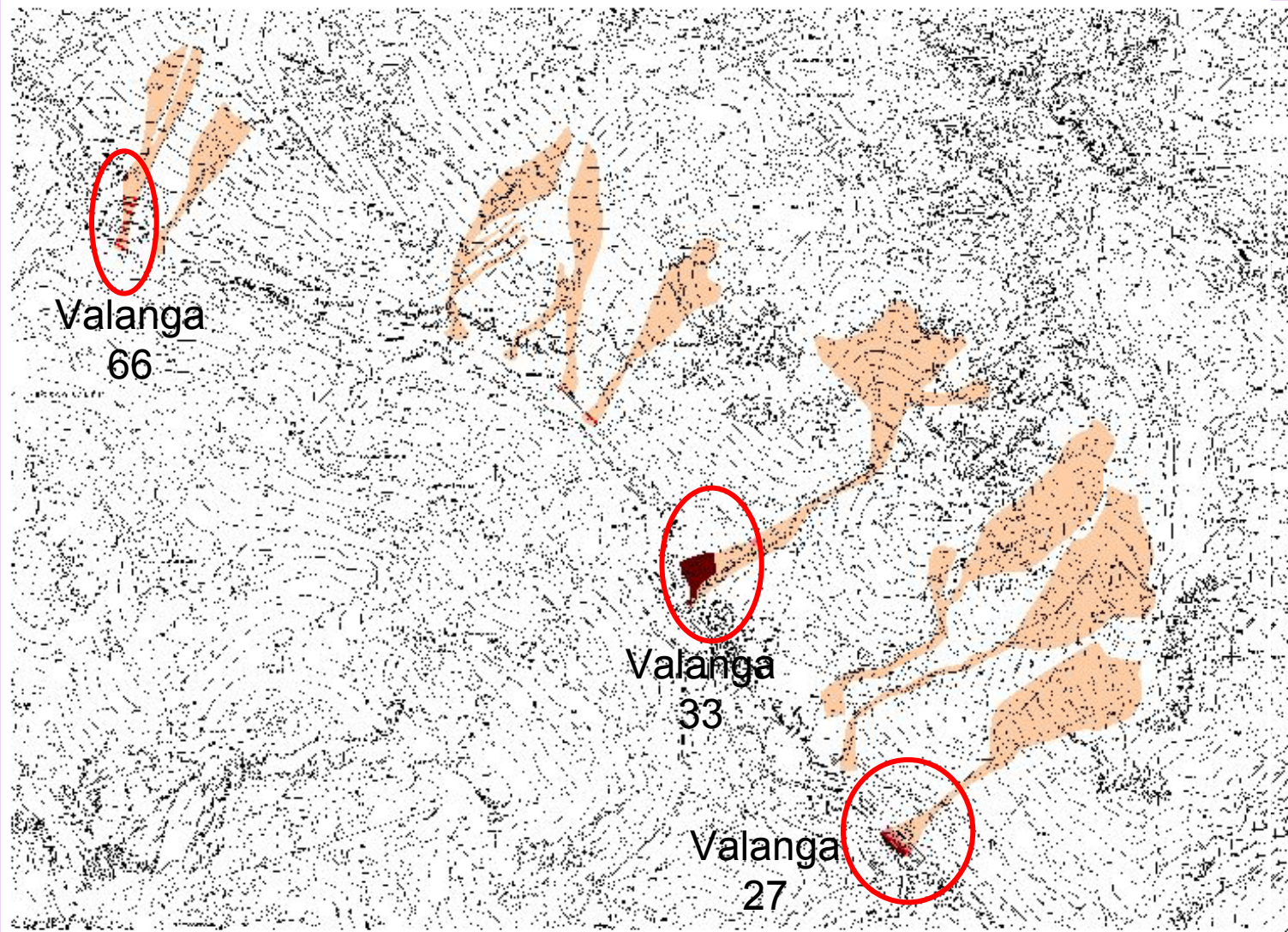
Legenda



Mapa di rischio fisico e economico scenario T=300 anni

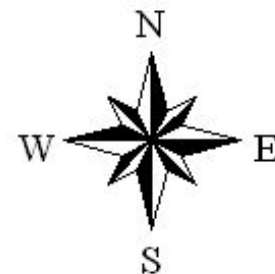
(la legenda riporta le colorazioni
corrispondenti alle classi di rischio -
100 = rischio massimo)

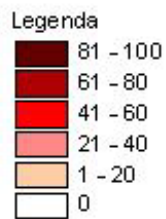
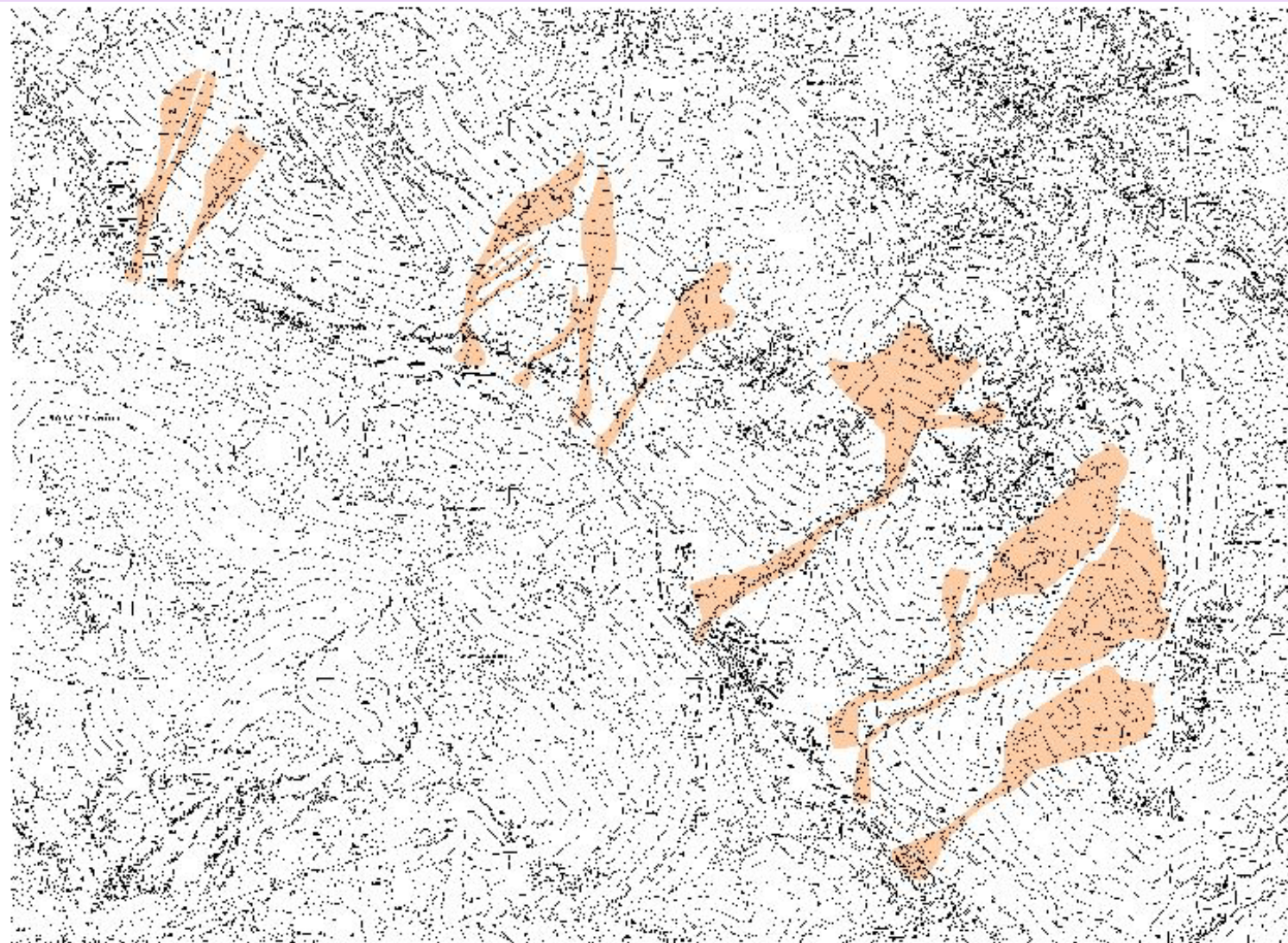




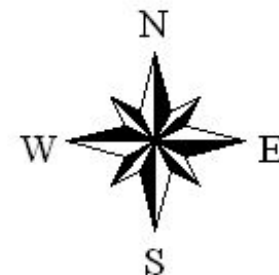
Mappa di rischio fisico e economico
scenario T=30 anni

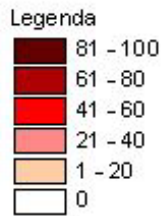
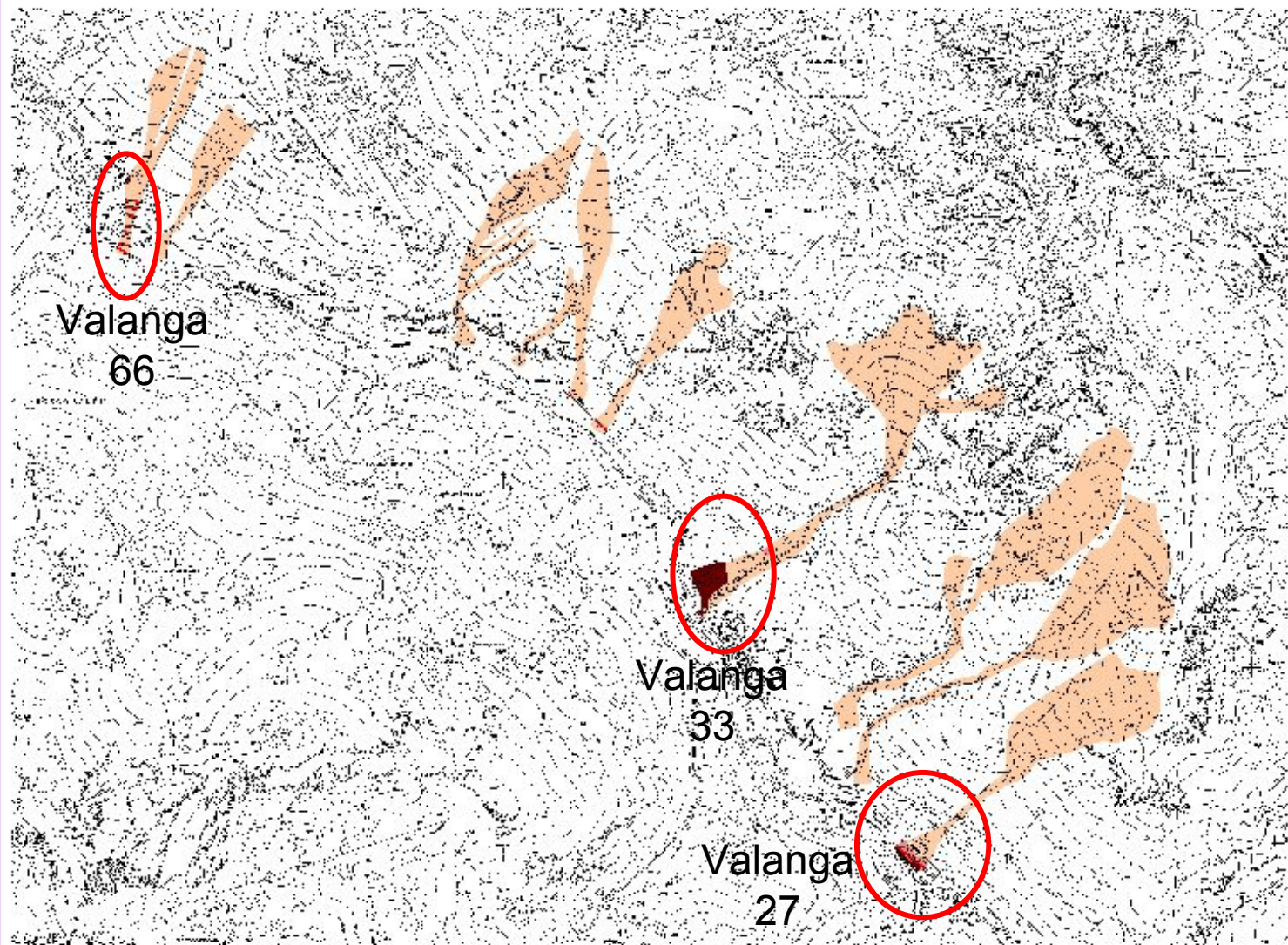
(la legenda riporta le colorazioni corrispondenti alle classi di rischio - 100 = rischio massimo)



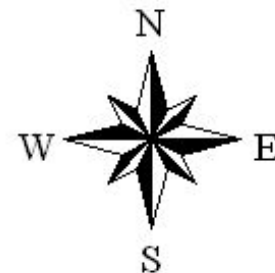


Mappa di rischio sociale
scenario T=300 anni
(la legenda riporta le colorazioni
corrispondenti alle classi di rischio -
100 = rischio massimo)





Mappa di rischio sociale
scenario T=30 anni
(la legenda riporta le colorazioni
corrispondenti alle classi di rischio -
100 = rischio massimo



Definizione di interventi di mitigazione

- ***Interruzione della viabilità***

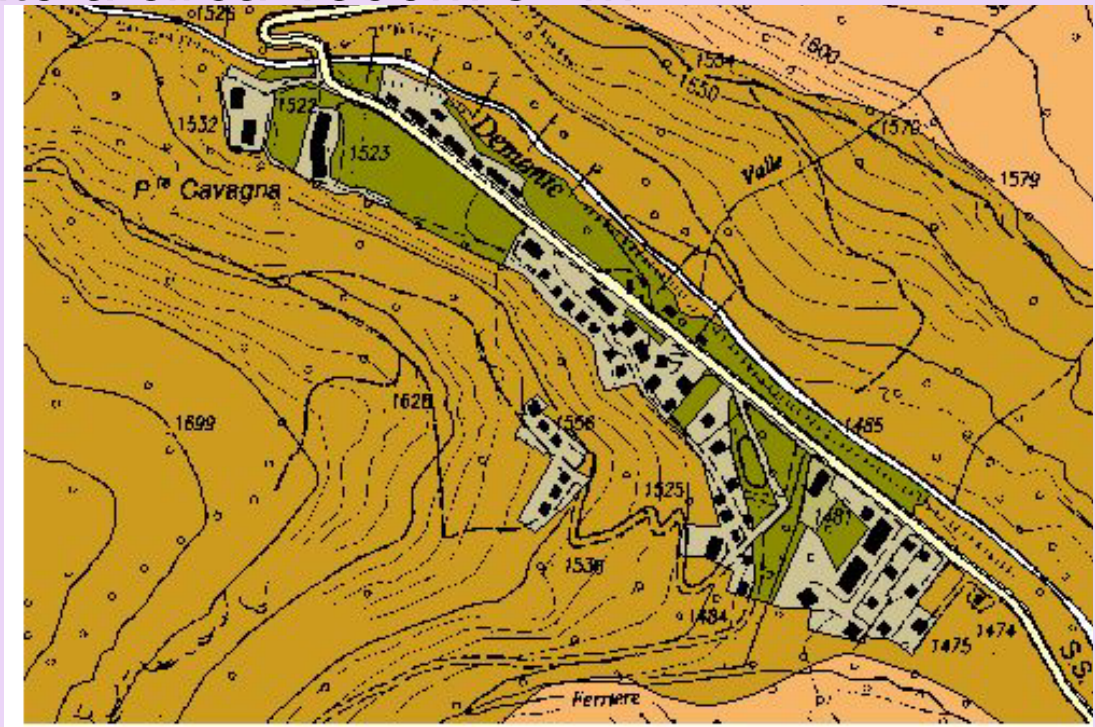
Usualmente quando si verificano ingenti cadute di neve, il Colle della Maddalena viene chiuso al traffico dall' Ente gestore della strada, sia tramite segnalazione che fisicamente con muraglione di neve accumulata dai mezzi A.N.A.S. Tale sbarramento è riproposto, se necessario, appena prima dell'abitato di Argentera, impedendo il transito dei veicoli in quel tratto di Statale 21. Tale procedimento induce l'azzeramento del rischio sociale (salvo escursionisti che decidessero di effettuare, ad esempio, sci d'alpinismo) ma non di quello fisico-economico, perché si potrebbero verificare danni all'infrastruttura ed inoltre la chiusura della strada provocherebbe l'interruzione economica per mancata fruizione del servizio.

- ***Interventi strutturali di riduzione della vulnerabilità***

Tali interventi agiscono direttamente sul sito valanghivo, quindi si riferiscono ad ogni specifica valanga critica. Dalle mappe di rischio si osserva che le valanghe più problematiche sono la 66, la 33, la 27.

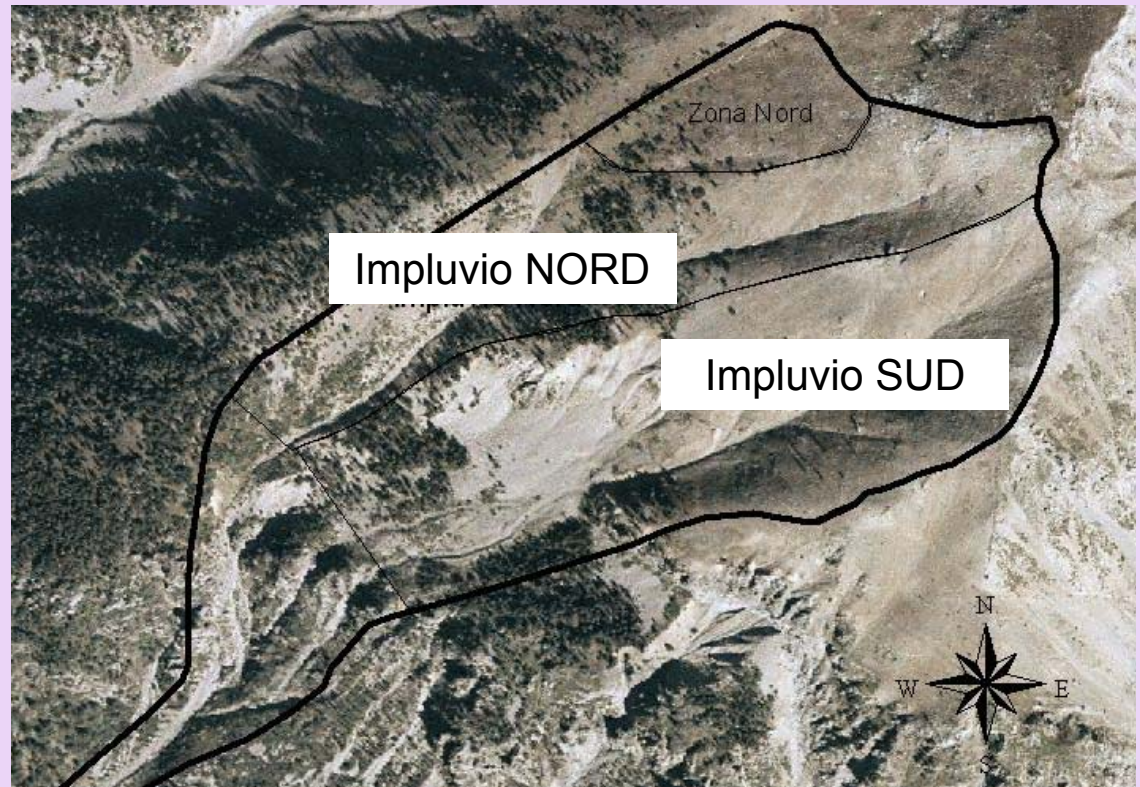
A titolo di esempio si riporta la proposta di intervento per la valanga 27. L'area interessata è dunque quella del Villaggio Primavera, che è situato a circa 1500m s.l.m.

Gli elementi da proteggere sono fondamentalmente l'abitato, la strada e alcune zone di "Servizio" poste tra la Statale 21 ed il fiume Stura.

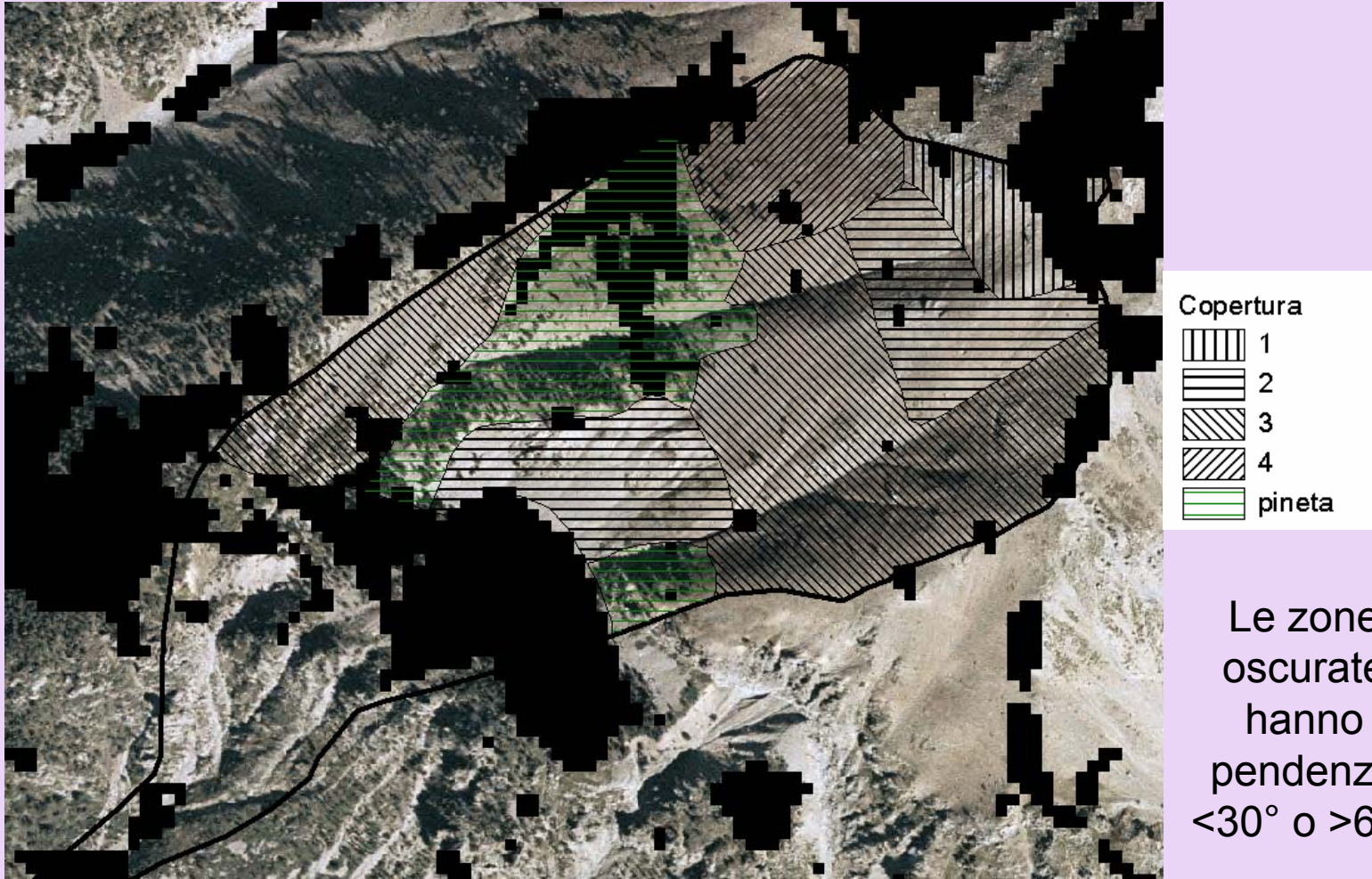


Si propone la riduzione dell'intensità della valanga limitandone, mediante sistemi di reti da neve, l'area di distacco. L'intervento scelto mira a bloccare il manto nevoso instabile presente a monte del profilo valanghivo. La zona interessata si estende tra le quote di 1900m s.l.m. e 2400m s.l.m. Si è proceduto come segue:

- Definizione della aree di distacco in base alla pendenza (da 30° a 60°)
- Rilievo fotografico, con l'individuazione di due impluvi



- Suddivisione delle aree di distacco in base alle classi di rugosità (utilizzate per il distanziamento tra le file parallele delle reti da neve), con evidenziazione delle aree arboree



➤ Il dimensionamento dell'opera è fatto per lo scenario di 300 anni (vincolo legato all'analisi di dinamica della valanga).

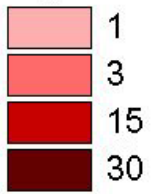
Si ottiene un'opera di altezza 3 m. La disposizione planimetrica è scelta secondo criteri tecnici ed economici: la copertura totale dell'area di distacco riduce drasticamente il rischio ma è molto costosa (poco proponibile), quindi si è individuata mediante analisi parametriche una percentuale di copertura ottimale, che consenta di limitare in modo soddisfacente il rischio per gli elementi esposti senza ricorrere a spese poco proponibili. Il valore ottimale così ottenuto è 60%, rispetto all'intera zona di possibile distacco (depurata delle aree boschive, esclusi i lariceti). La distanza planimetrica tra le file continue è 20 m.

Si sono dunque rieseguite le analisi di dinamica in presenza delle opere e si sono individuate le nuove distanze di arresto e le fasce di pressione per ogni scenario temporale

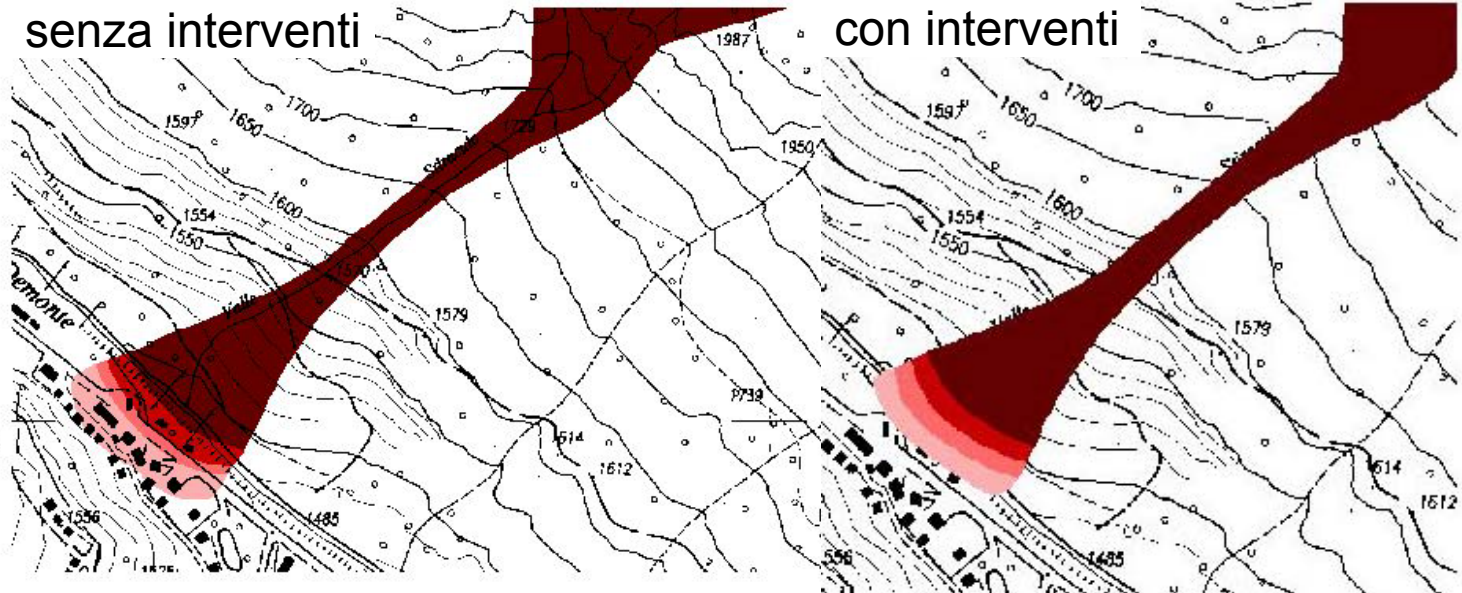


Area di installazione delle reti da neve. Copertura 60%

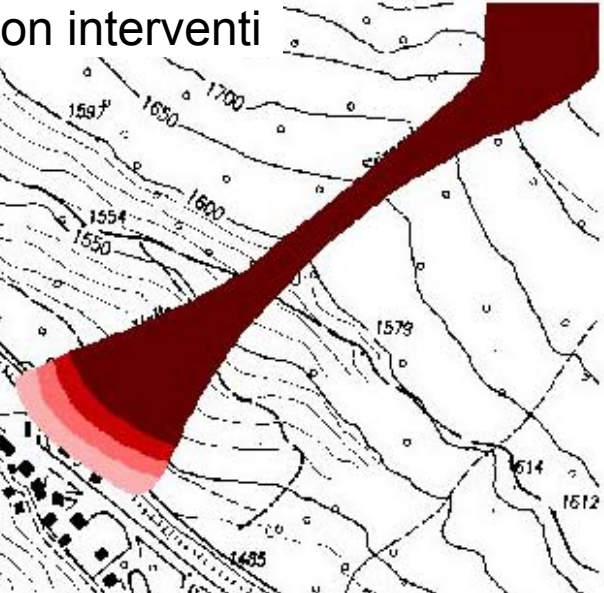
Legenda



senza interventi

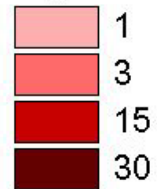


con interventi

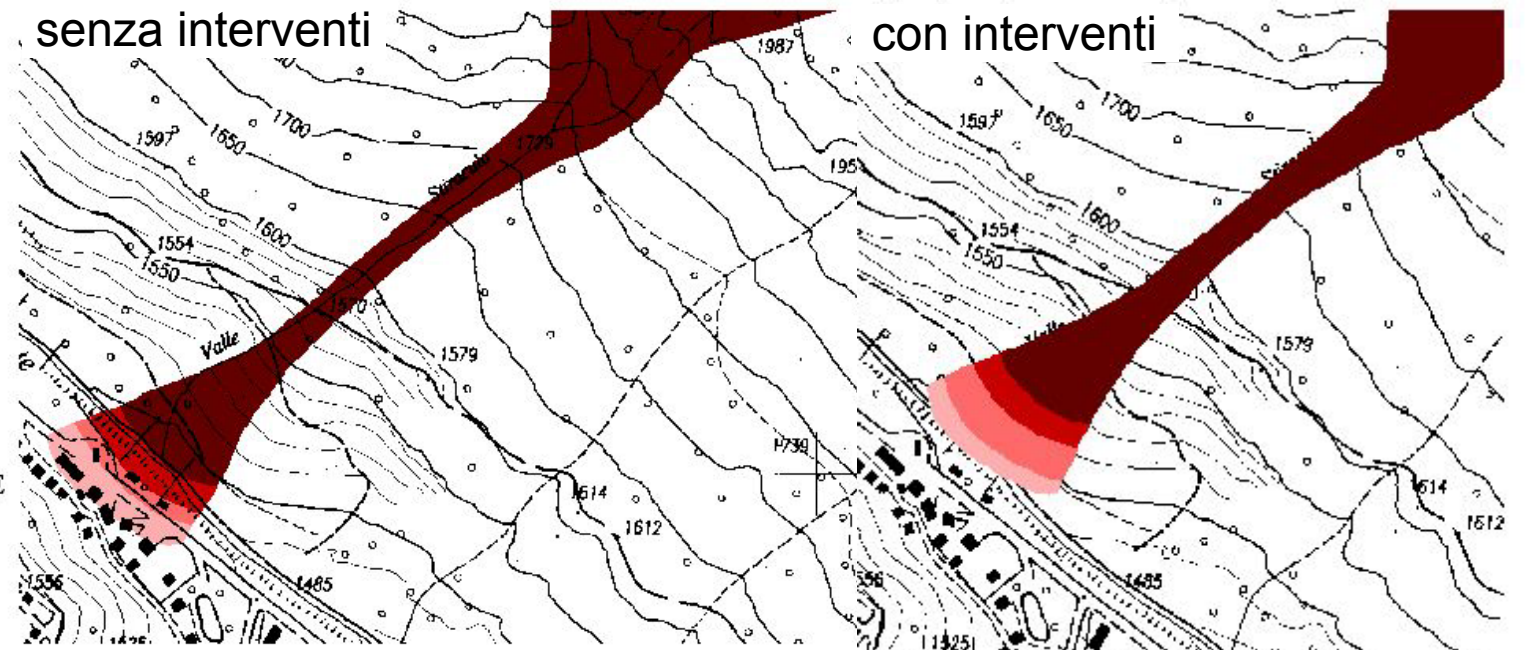


scenario T=300 anni

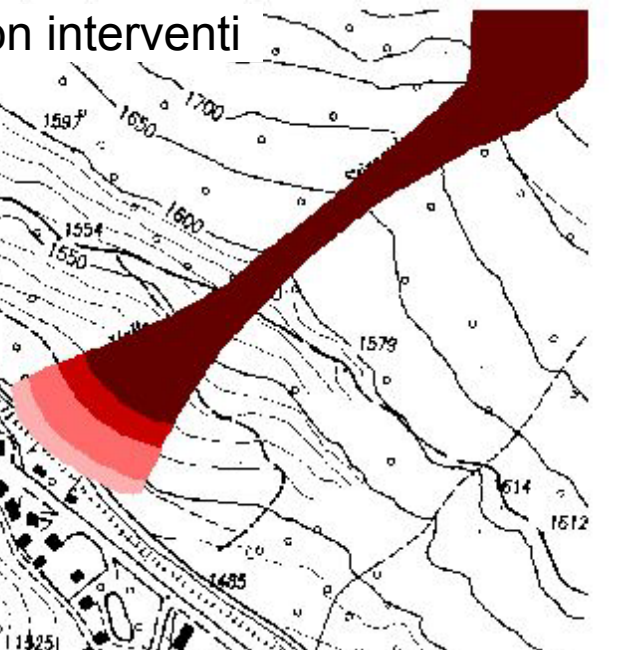
Legenda



senza interventi

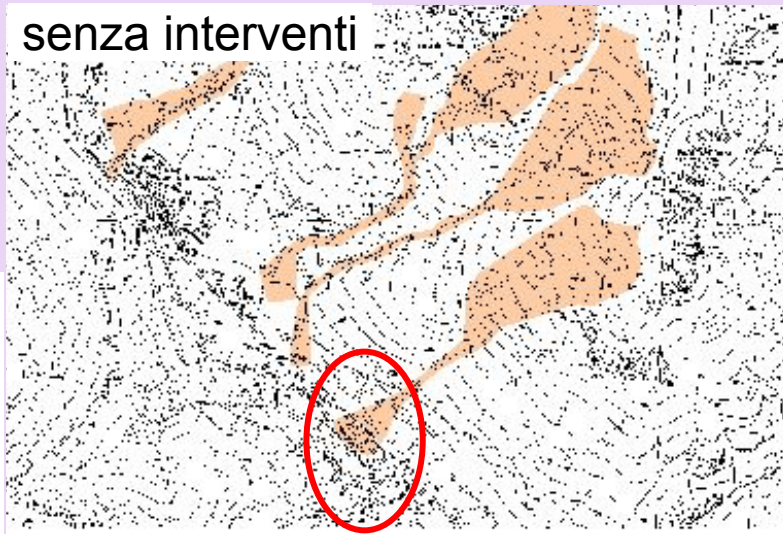


con interventi

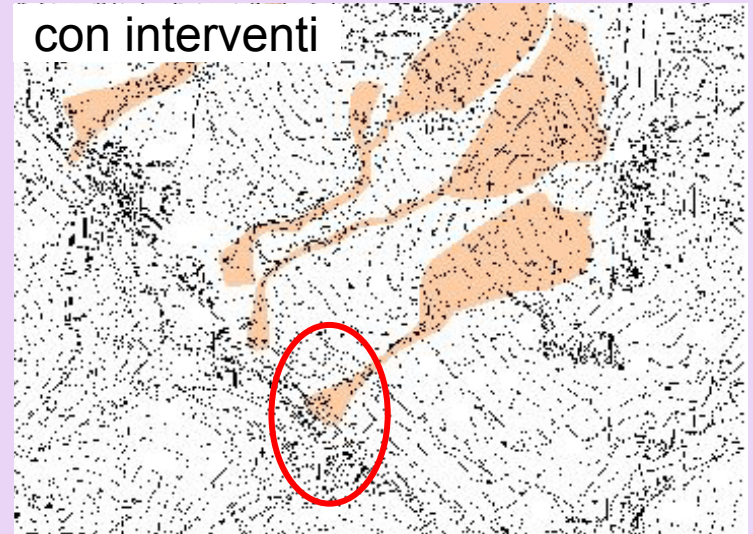


scenario T=30 anni

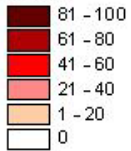
senza interventi



con interventi

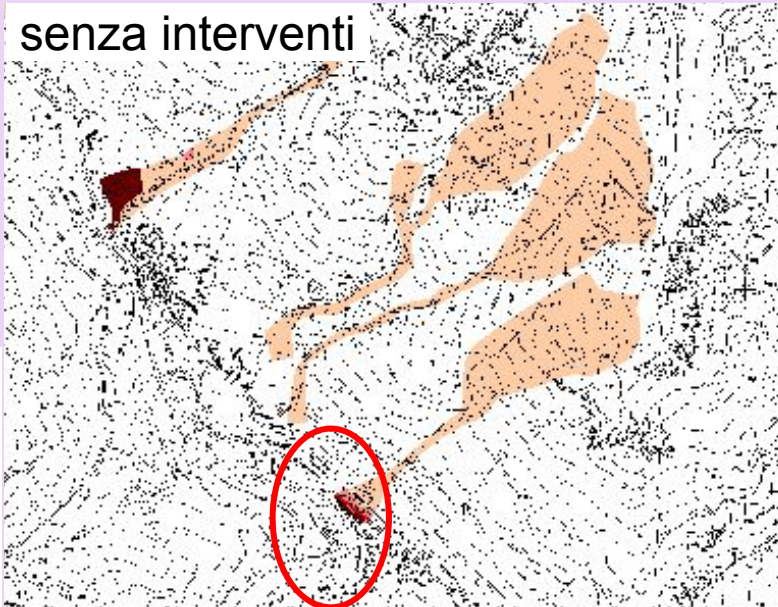


Legenda

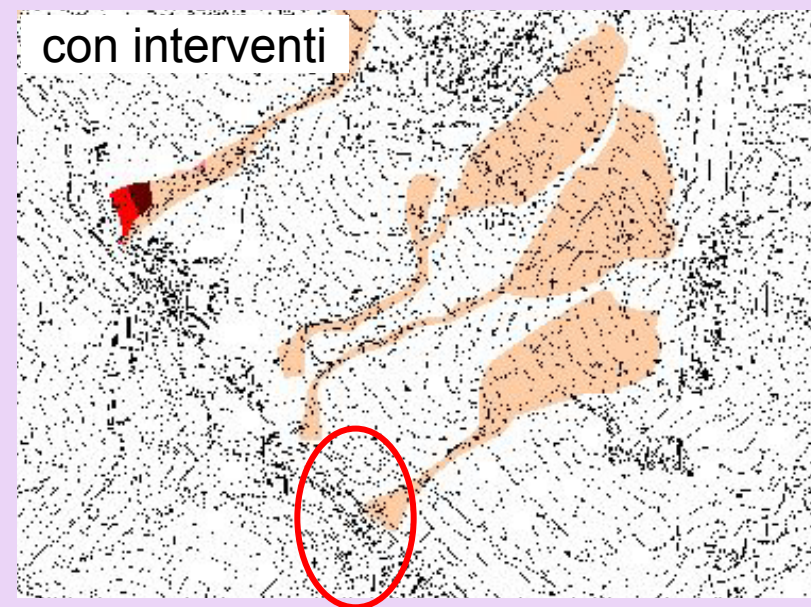


Rischio fisico-economico - scenario T=300 anni

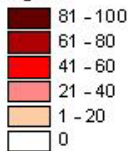
senza interventi



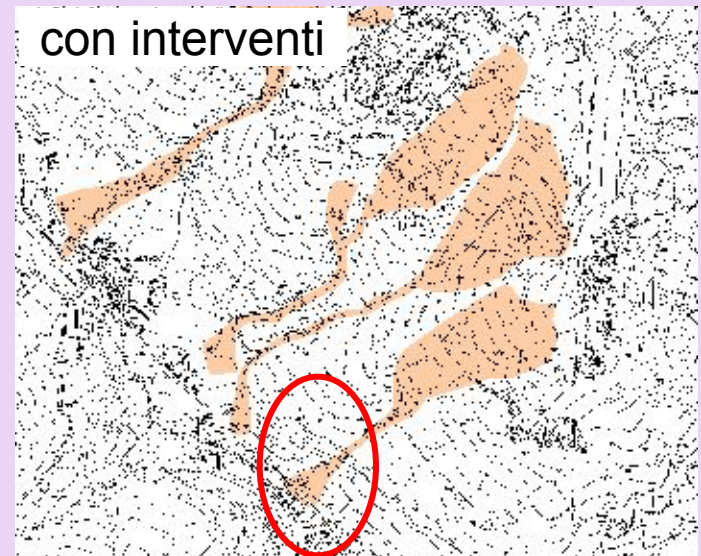
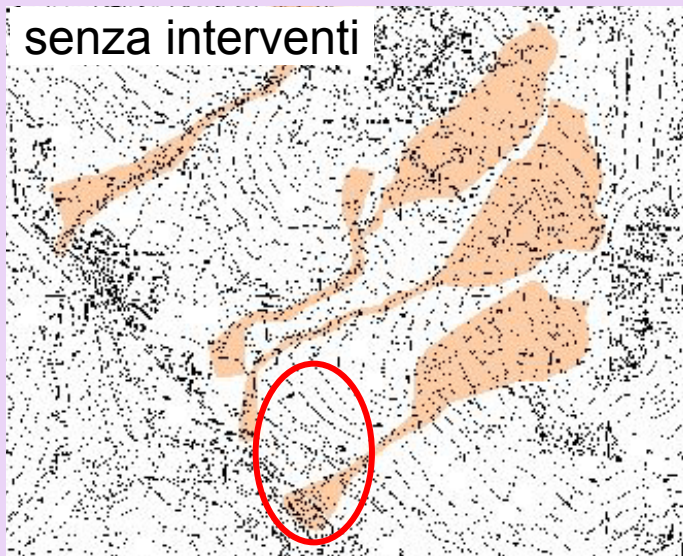
con interventi



Legenda

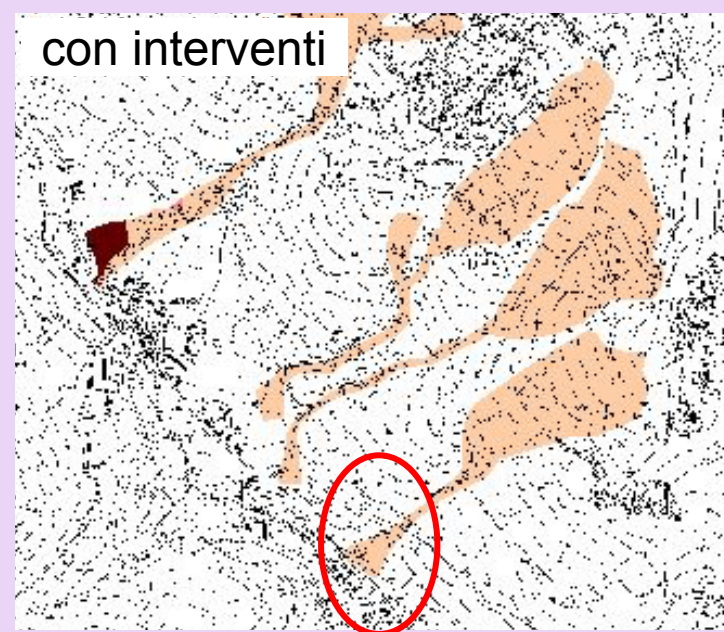
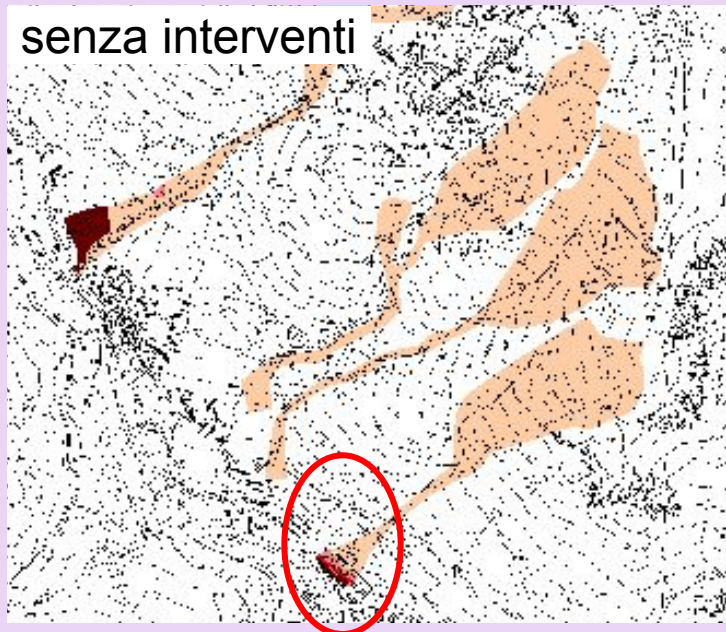
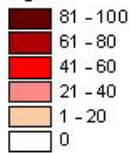


Rischio fisico-economico - scenario T=30 anni



Rischio sociale - scenario T=300 anni

Legenda



Rischio sociale - scenario T=30 anni