5. APPLICAZIONE DI METODI PER LA VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITA'

5.1. Analisi e mappatura della suscettibilità

L'analisi di suscettibilità è stata elaborata in un'area "training", costituita dal bacino idrografico del Torrente Giampilieri, con una superficie totale di circa 10 km^2, mediante l'applicazione di due diverse tecniche bivariate. Altre porzioni dell'area in studio sono state deliberatamente escluse nella fase di analisi, con lo scopo di verificare obiettivamente l'attendibilità dei vari modelli usando informazioni indipendenti, cioè che non siano state usate per produrre i modelli stessi. Con questo tipo di procedura è possibile evitare le ridondanze che naturalmente si avrebbero esaminando i modelli attraverso il riscontro con gli stessi dati di origine. La statistica bivariata è largamente usata in letteratura per le analisi di suscettibilità ai dissesti (van Westen, 1997; Cevik & Topal, 2003; van Westen et al., 2003; Süzen & Doyuran, 2004; Yalcin, 2008, Nandi & Shakoor, 2009).

Ognuno dei sei fattori presentati nel capitolo precedente è stato considerato elaborato considerandolo una variabile spaziale indipendente (layer) nel determinare la distribuzione dei dissesti. Successivamente, ognuna di queste variabili viene incrociata con il catalogo degli eventi franosi che rappresenta invece la variabile dipendente. Inoltre, i metodi bivariati assumo che le variabili indipendenti non siano correlate tra loro, e che abbiano la stessa influenza sul verificarsi dei dissesti.

L'applicazione di più di un metodo permette di poter confrontare e verificare quale è in grado di produrre i risultati migliori.

I metodi utilizzati sono:

- Statistical Index Method (SIM)
- Probability Method (PM)

Ognuno dei metodi applicati assegna dei pesi numerici alle classi di ogni fattore in funzione del rapporto spaziale tra l'area di ogni classe e l'incidenza dei dissesti nella stessa classe. Tutte le operazioni di calcolo e di elaborazione grafica sono state eseguite su un supporto informatico tipo GIS (Geographic Information System) con l'ausilio di un foglio di calcolo. Si è operato su unità di mappa di forma quadrata (celle) di dimensione 10 x 10 m.

Sono di seguito descritti i metodi di analisi e presentati i relativi risultati.

5.1.1. Statistical Index Method

Lo "Statistical Index Method" (SIM) è una tecnica bivariata proposta da van Westen (1997) per le analisi di suscettibilità ed è stata successivamente applicata da altri autori (Cevik & Topal, 2003; Oztekin & Topal, 2005). Il metodo SIM calcola i pesi delle classi dei fattori come il logaritmo naturale del rapporto tra la densità di frana nella classe considerata e la densità di frana nell'intera area di applicazione del metodo. Il calcolo è eseguito con la seguente formula:

$$w_{ij} = \ln(f_{ij}/f) = \ln[(A^*_{ij}/A_{ij})/(A^*/A)] = \ln[(A^*_{ij}/A^*)/(A/A_{ij})]$$

dove,

- w_{ij} è il peso della classe i del parametro j;
- f_{ij} è la densità di frana della classe i del parametro j;
- f è la densità di frana dell'intera area considerata;
- A^*_{ij} è l'area in frana nella classe i del parametro j;
- A_{ij} è l'area della classe i del parametro j;
- A^* è l'area complessiva interessata dalle frane;
- A è l'estensione totale dell'area considerata.

Quindi, questo metodo si basa sulla correlazione statistica tra le mappe tematiche dei sei fattori geologico-ambientali e la mappa-inventario dei dissesti. Come detto, l'analisi è stata condotta nell'area di "training", e i pesi calcolati per ognuna delle classi dei sei parametri sono mostrati in Tabella 5.1.

Successivamente, il peso è assegnato a tutte le unità di mappa corrispondenti di ogni layer; trasformando le mappe da qualitative a quantitative. Infine le mappe dei sei fattori sono state sommate per ottenere la mappa di distribuzione dell'indice di suscettibilità (LSI) secondo la seguente formula:

$$LSI = \sum_{j=1}^{n} w_{ij}$$

Dove:

- w_{ij} è il peso della classe i del parametro j;
- n è il numero totale di fattori;
- LSI è l'indice di suscettibilità (Landslide Susceptibility Index).

Questa mappa descrive la variazione nello spazio del valore di LSI, ma non risulta significativa se al valore numerico di LSI non è associata una descrizione qualitativa del grado di suscettibilità (Fell et al., 2008). Per questo motivo il valore di LSI è stato riclassificato in quattro categorie qualitative di suscettibilità in accordo con le suddivisioni più usate in letteratura: suscettibilità bassa (low), media (medium), alta (high) e molto alta (very high) (Guzzetti et al., 1999).

Esistono diversi criteri per classificare l'indice di suscettibilità, e la scelta di adottare un criterio piuttosto che un altro dipende soprattutto dalla distribuzione di frequenza dello stesso indice. I criteri sono: suddivisione arbitraria secondo il giudizio di un esperto, intervalli uguali, natural breaks, deviazione standard, percentuali di corrispondenza con i dissesti.

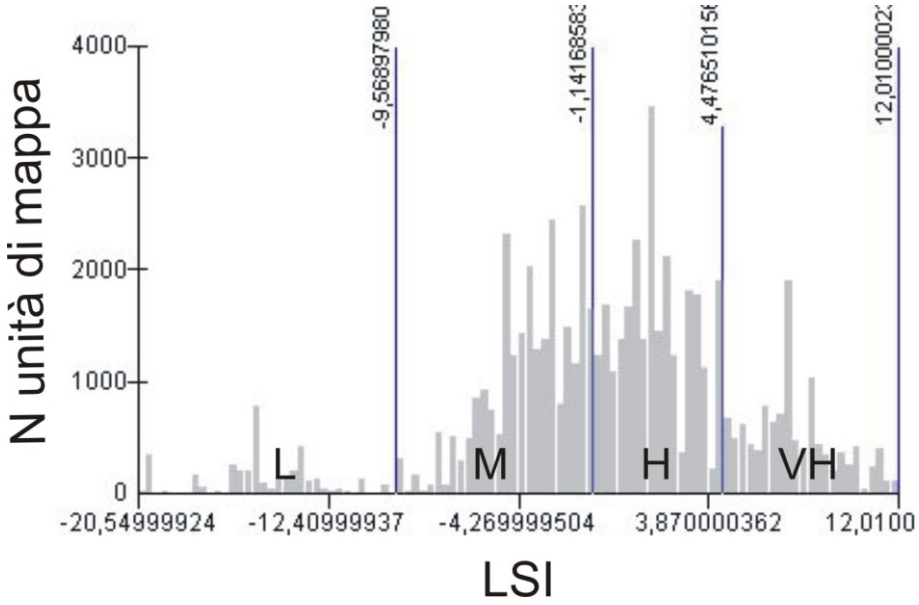

Fig. 5.1. Distribuzione di frequenza dell'indice di suscettibilità (LSI) elaborato con il metodo SIM e suddivisione in intervalli secondo i *natural breaks* (Jenks Algorithm). L: suscettibilità bassa; M: suscettibilità media; H: suscettibilità elevata; VH: suscettibilità molto elevata.

La suddivisione dell'intervallo di LSI in classi è stata effettuata secondo i *natural breaks* definiti da Jenks (Jenks Algorithm) (Ruff and Czurda, 2008; Ruff and Rohn, 2008; Falaschi et al., 2009; Nandi and Shakoor, 2009; Piacentini et al., 2012), analizzando appunto la distribuzione di frequenza dell'indice LSI. La distribuzione mostra per ogni singolo valore di LSI, il numero di unità di mappa, e quindi la superficie, corrispondente. Il criterio dei *natural breaks* fissa i limiti tra due classi in corrispondenza di discontinuità o "salti" nella distribuzione di frequenza.(Fig. 5.1)

La mappa finale è mostrata in Fig.5.2.

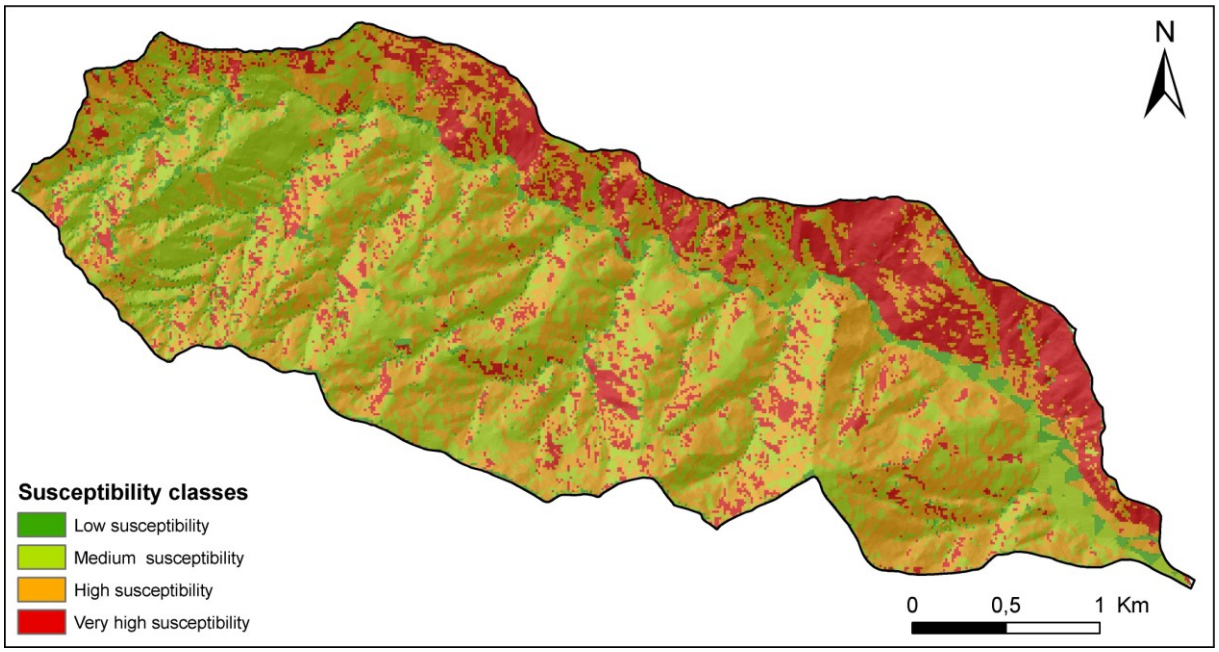

Fig. 5.2. Mappa di suscettibilità per l'area di *training* elaborata con il metodo SIM.

5.1.2. Probability Method

Come già esposto nel paragrafo 2.3, assunzione necessaria per gli studi di suscettibilità è che il controllo sui dissesti futuri è esercitato dagli stessi fattori che hanno controllato quelli passati. Sulla base di questa assunzione, la relazione tra i fattori predisponenti e i conseguenti dissesti verificatisi in una data area, può essere distinta dalla relazione tra gli stessi fattori e il non verificarsi di dissesti in un'altra area. Questo concetto può essere espresso da un rapporto di frequenza che rappresenta la relazione quantitativa tra il verificarsi dei dissesti e i fattori che li determinano (Pradhan & Lee, 2010).

I pesi di ogni classe sono calcolati come la frequenza delle frane osservate nella classe, divisa per la frequenza di frane non-osservate nella stessa classe, secondo la relazione:

$$w_{ij} = \frac{f^{*}_{ij}}{\bar{f}^{*}_{ij}} = \frac{A^{*}_{ij}}{A^{*}} \times \frac{A - A^{*}}{A_{ij} - A^{*}_{ij}} =$$

Dove:

w_{ij} è il peso della classe i del parametro j;

f^{*}_{ij} è la frequenza di frane osservate nella classe i del parametro j;

$\bar{f}^{*}_{ij}$ è frequenza di frane non-osservate nella classe i del parametro j.

Quindi, maggiore il rapporto, più forte sarà la relazione tra i dissesti e la classe considerata. Anche per questo metodo l'analisi è stata condotta nell'area di "training"; i pesi calcolati per ognuna delle classi dei sei parametri sono mostrati in Tabella 5.1.

Successivamente, i pesi calcolati sono assegnati alle corrispondenti unità di mappa per ogni classe dei fattori, e tutti i layer sono stati sommati per ottenere la mappa di distribuzione dell'indice di suscettibilità (LSI) con la stessa formula usata per il metodo precedente.

L'intervallo di LSI nella mappa ottenuta è stato suddiviso nelle quattro classi qualitative, nuovamente secondo il criterio dei *natural breaks* di Jenks (Fig. 5.3). La mappa di suscettibilità finale è mostrata in Fig. 5.4.

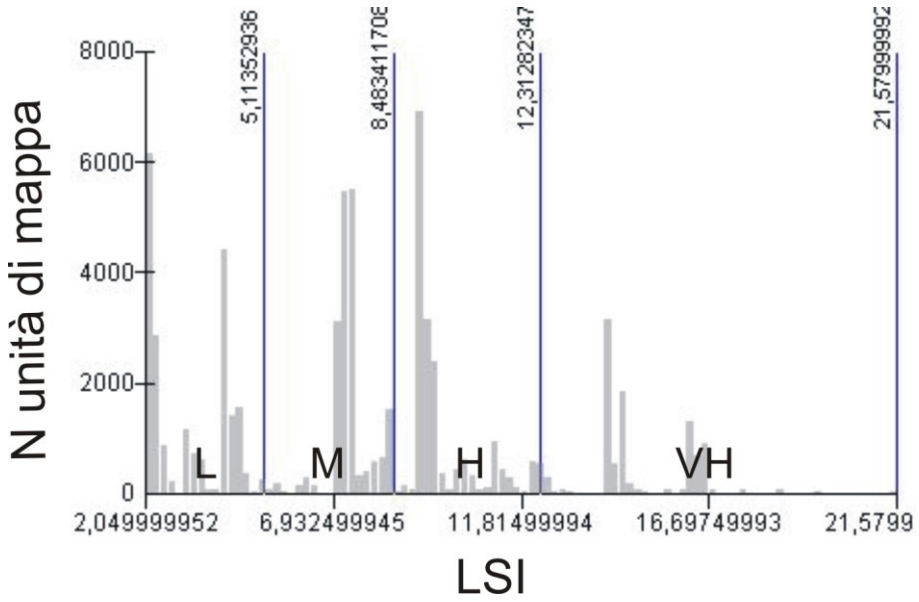

Fig. 5.3. Distribuzione di frequenza dell'indice di suscettibilità (LSI) elaborato con il metodo PM e suddivisione in intervalli secondo i *natural breaks* (Jenks Algorithm). L: suscettibilità bassa; M: suscettibilità media; H: suscettibilità elevata; VH: suscettibilità molto elevata.

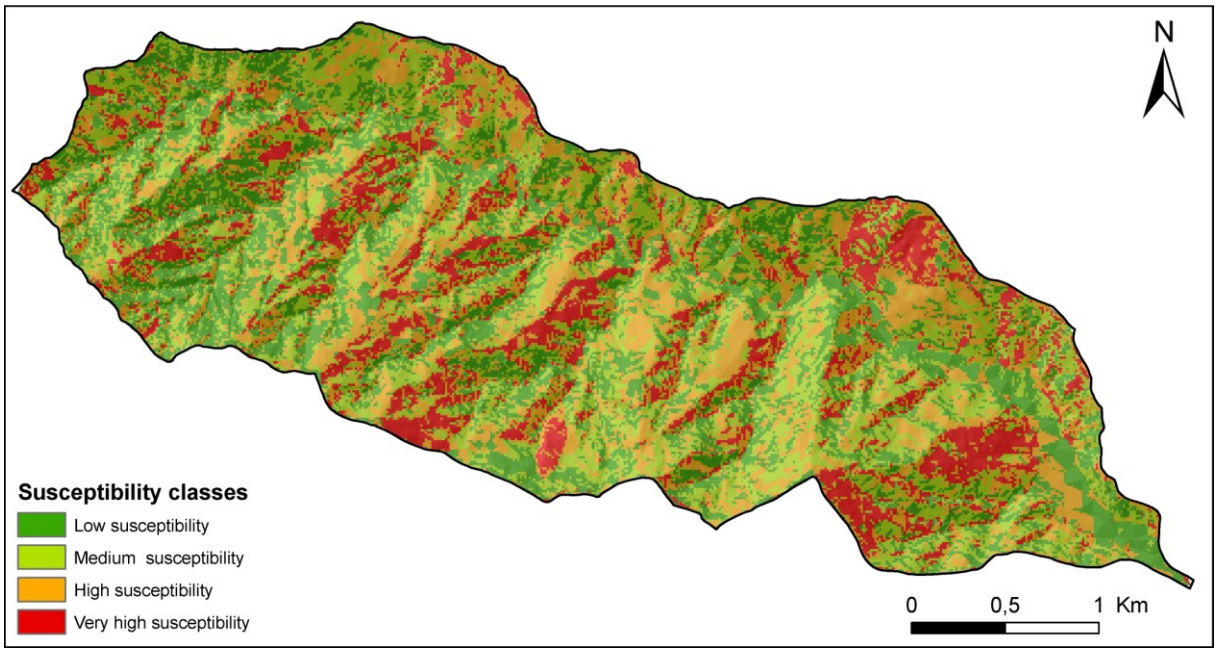

Fig. 5.4. Mappa di suscettibilità per l'area di *training* elaborata con il metodo PM.

Instability factor / Classes	% area covered by the class	% area covered by the class	weights (SIM)	weights (PM)
Lithology				
Slope deposits	1.33%	2.7%	0.69	3.16
Present-day alluvial deposits	2.06%	0.0%	0.00	0.00
Recent alluvial deposits	1.24%	0.0%	0.00	0.00
Calcarenites	0.09%	2.2%	*1.00	*5.00
Aspromonte Unit (gneiss)	48.35%	41.9%	-0.14	0.04
Mela Unit (mica schist)	21.82%	10.2%	-0.76	0.04
Mandanici Unit (phyllar)	20.61%	42.9%	0.73	0.21
Marble	4.49%	0.0%	0.00	0.00
Geomechanical classification				
very good	3.62%	0.0%	0.00	0.00
good	11.57%	0.4%	-3.49	0.01
fair	49.41%	67.8%	0.32	0.06
poor	30.67%	26.9%	-0.13	0.06
very poor	4.73%	4.9%	0.04	0.45
Geomorphology				
rock slopes and cliffs	8.70%	13.9%	0.47	0.39
colluvial slopes	78.17%	78.1%	0.00	0.03
gullies	5.09%	2.5%	-0.72	0.20
areas with diffuse erosion	0.33%	0.3%	-0.07	5.92
alluvial	2.06%	0.0%	0.00	0.00
quaternary sediments	1.24%	0.0%	0.00	0.00
terraced elements	3.20%	2.6%	-0.22	0.52
detritus	1.22%	2.6%	0.77	3.76

Slope angle (°)				
<5	5.11%	2.5%	-0.72	0.20
5-15	4.07%	0.9%	-1.55	0.11
15-25	19.03%	14.9%	-0.24	0.08
25-35	38.65%	40.2%	0.04	0.06
35-45	25.50%	30.5%	0.18	0.10
>45	7.65%	11.0%	0.37	0.39
Aspect				
Flat	5.03%	2.5%	-0.70	0.20
North	8.67%	6.4%	-0.30	0.18
Northeast	18.68%	18.6%	-0.01	0.11
East	18.28%	12.3%	-0.39	0.08
Souteast	13.11%	9.7%	-0.30	0.12
South	11.64%	17.2%	0.39	0.26
Soutwest	5.93%	11.4%	0.65	0.68
West	2.16%	4.2%	0.66	1.89
Northwest	7.40%	4.2%	-0.56	0.16
North	9.09%	13.5%	0.39	0.34
Distance to stream				
<30	24.01%	5.0%	-1.58	0.02
30 - 150	60.05%	69.0%	0.14	0.04
>150	15.94%	26.0%	0.49	0.21

Tabella 5.1. Pesi calcolati per l'area di *training* per le classi dei sei fattori con i metodi SIM e PM; *: valore assegnato.

5. 2. Risultati

Vengono di seguito esaminati, per entrambi i metodi, i valori dei pesi calcolati per tutte le classi di tutti i fattori geologico-ambientali.

Tra i due metodi, esiste un sostanziale accordo, in termini relativi, sui pesi calcolati nelle varie classi. Nel fattore geologia i pesi più alti si riscontrano nella classe delle calcareniti Plio-pleistoceniche. Queste affiorano solo in una piccola porzione dell'area di training dove costituiscono una piccola scarpata immediatamente al di sopra dei punti di innesco di alcuni dei dissesti. Proprio per questa ragione il peso risulta essere molto alto, ma è ragionevole considerare molto più limitata la reale influenza di questa litologia sul verificarsi dei dissesti. Per tale motivo il peso di questa classe è stato assegnato arbitrariamente. Pesi relativamente alti caratterizzano anche i grossi accumuli di materiale detritico. Infine, tra le Unità metamorfiche, l'Unità di Mandanici è la più incline alle instabilità.

Riguardo il parametro della classificazione geomeccanica, esiste una correlazione tra i pesi calcolati e la qualità della roccia (secondo la classificazione RMR). Rocce “buone” non influenzano i dissesti, mentre quelle “scadenti” li favoriscono.

Hanno alta influenza anche i versanti in cui la coltre colluviale è soggetta a processi di erosione concentrata; inoltre i pendii rocciosi ripidi hanno un’influenza maggiore poiché possono costituire l’innesco di dissesti superficiali attraverso il distacco di blocchi secondo il meccanismo descritto nel paragrafo 3.7.

I dissesti superficiali si verificano su pendii con inclinazioni superiori ai 10-15°. I pesi nel fattore pendenza sono maggiori per le classi con pendenze più elevate e minori per quelle intermedie.

Tre classi del fattore esposizione hanno maggiore influenza; tra queste, in particolar modo, i versanti esposti a S-SSW risultano essere quelli più inclini al dissesto. Infine, le porzioni di versante più lontane dalla rete di drenaggio (>150m) hanno rivelato una maggiore propensione all’instabilità.

Le mappe di suscettibilità sono il risultato della sovrapposizione delle mappe dei singoli fattori. Anche nel caso in cui due differenti metodi forniscano pesi con valori identici, o con identica influenza relativa, non necessariamente le mappe di suscettibilità risulteranno identiche. Questo è dovuto al diverso intervallo di LSI che si verrà a comporre dell’incrocio dei fattori e all’applicazione dell’algoritmo di suddivisione di LSI in intervalli (classi qualitative).

Le mappe elaborate nell’area di training con i due diversi metodi classificano l’area in maniera diversa. Benché entrambi i modelli classifichino come “molto suscettibile” circa il 15% del territorio in esame (Fig. 5.5 e Fig. 5.6), le porzioni ricadenti nelle altre tre classi hanno estensione molto diversa. La differenza maggiore (>20%) si riscontra nella classe a suscettibilità bassa; anche nelle altre due classi è comunque maggiore del 10%.

Esistono dei criteri oggettivi di analisi delle mappe di suscettibilità che permettono di stabilire l’effettiva aderenza alla distribuzione dei dissesti, e di operare confronti tra modelli differenti.

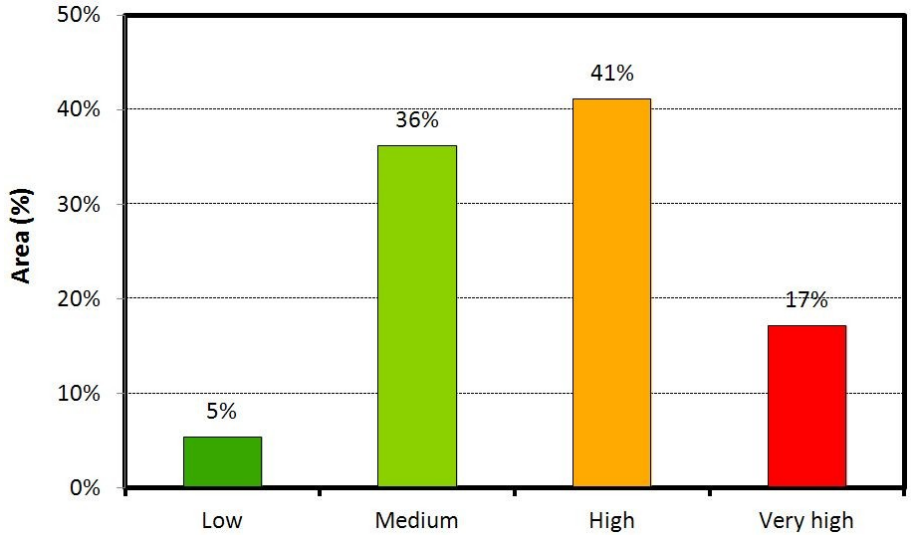

Fig. 5.5. Estensione superficiale dalle varie classi di suscettibilità nell'area di *training* (elaborazione metodo SIM).

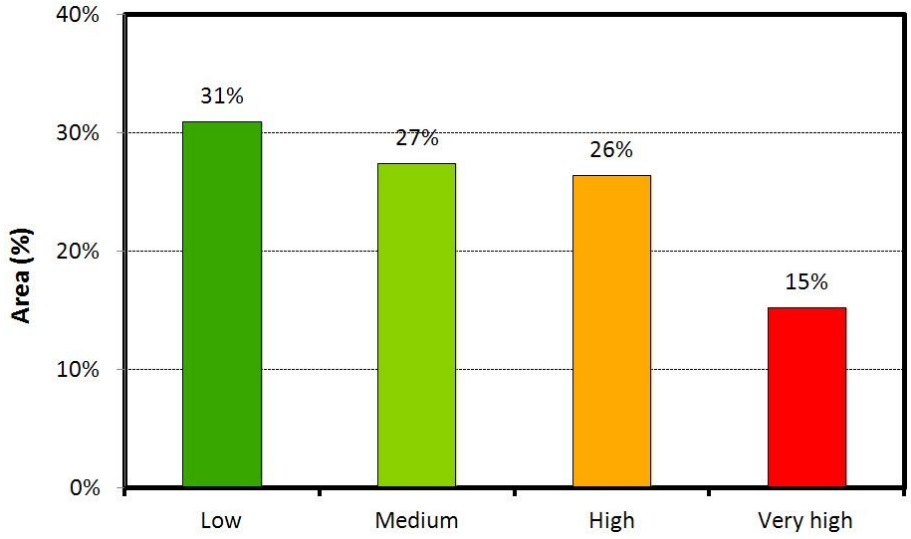

Fig. 5.6. Estensione superficiale dalle varie classi di suscettibilità nell'area di *training* (elaborazione metodo SIM).

5.2.1. Tasso di successo

Una stima quantitativa delle prestazioni dei modelli di suscettibilità è fornita dalla curva del tasso di successo (*success rate curve)* (Chung and Fabbri 2003; van Westen et al., 2003; Guzzetti et al., 2006b; Poli and Sterlacchini, 2007; Blahut et al., 2010; Piacentini et al., 2012). La curva si disegna riportando sull'asse delle ascisse la percentuale cumulativa dell'area ricadente in ogni classe di suscettibilità e, sull'asse delle ordinate, la percentuale cumulativa di frane nelle stesse classi,

ordinate dalla più alla meno suscettibile. Esprimendo sia le aree che le frane come frazioni percentuali, la curva risulta essere normalizzata, consentendo così il confronto tra elaborazioni, modelli ed anche metodi differenti. In particolare, la forma della curva fornisce informazioni riguardo il grado di successo del modello; infatti maggiore è l'area sottesa dalla curva ("Area Under Curve", AUC) maggiore risulterà il rendimento del modello. Per un modello ideale, la curva dovrebbe inizialmente discostarsi rapidamente dall'asse delle ascisse per poi successivamente crescere lentamente, approssimando il valore massimo.

Per il modello elaborato con il metodo SIM l'andamento della curva si discosta abbastanza rapidamente dall'asse x nella sua parte iniziale e tende invece ad approssimarlo nella parte finale. La Fig.5.7 mostra il confronto tra le curve del tasso risultanti dall'elaborazione con il metodo SIM e quello PM; in accordo con quanto appena esposto, la prima delle due indica che il metodo SIM, per l'area in esame, riesce a modellare in maniera migliore la distribuzione dei dissesti.

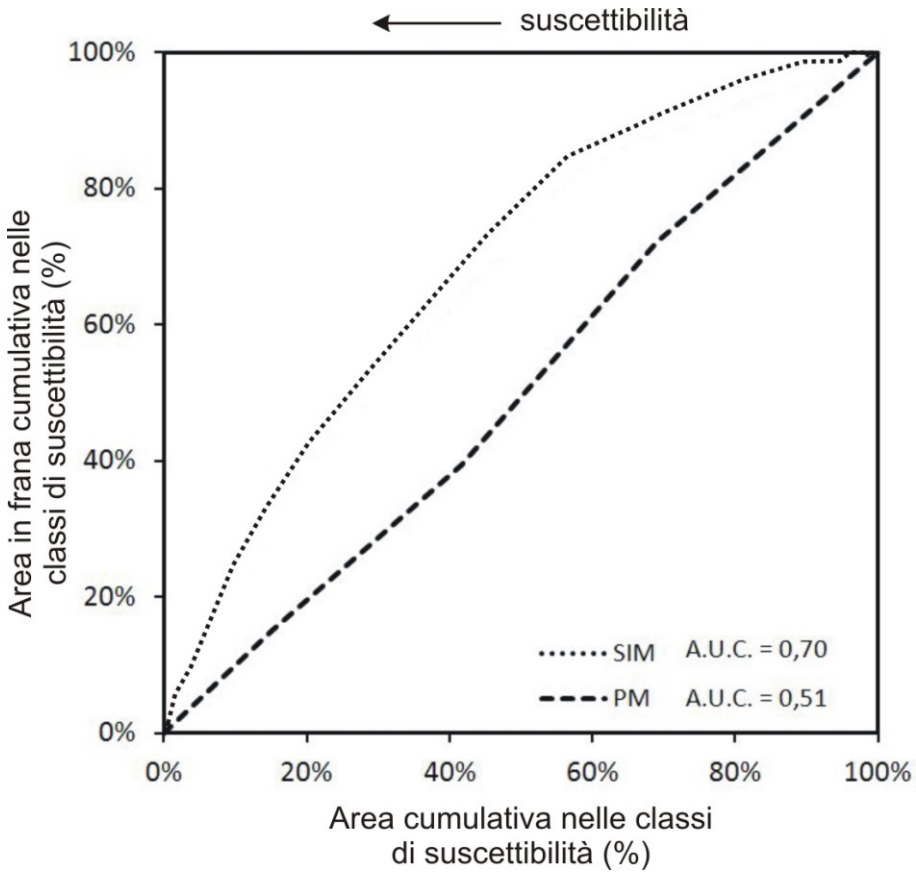

Fig. 5.7. Curve del tasso di successo per i modelli di suscettibilità elaborati con metodo SIM e PM; sono riportati i valori dell'area sottesa dalla curva (AUC).

In dettaglio, l'area sottesa dalla curva è 0,70, a testimonianza del fatto che il modello SIM è caratterizzato da un buon grado d successo (Fig. 5.8). La metà dei dissesti (50%) è compresa nel 26,1% dell'area a più altra suscettibilità. Nel 10% di territorio maggiormente suscettibile è compreso circa un quarto (24,8%) di tutti i dissesti. Inoltre, l'area classificata come suscettibile o molto suscettibile racchiude l'84,4% di tutti i dissesti mappati, mentre solamente l'1,8% di questi è mappato nella classe a suscettibilità più bassa.

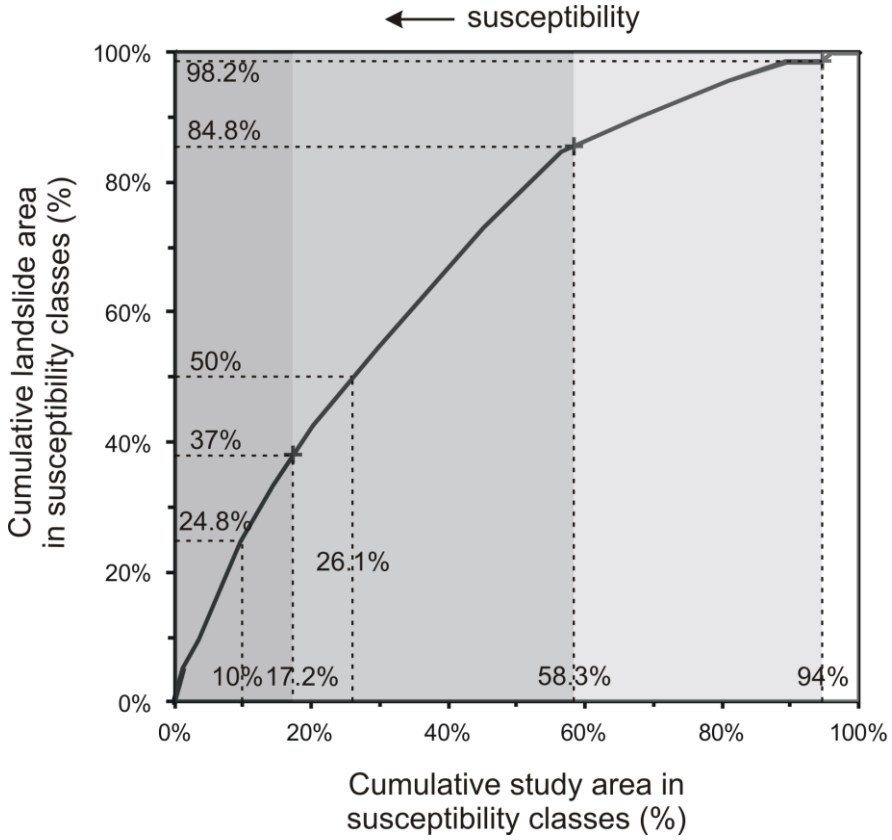

Fig. 5.8. Curva del tasso di successo per il modello di suscettibilità elaborato con il metodo SIM. In ascissa è riportata la percentuale cumulativa dell'area nelle classi di suscettibilità, in ordinata la percentuale cumulativa dell'area in frana nelle classi di suscettibilità (da De Guidi & Scudero, *in press).*

Nella letteratura specialistica non esistono soglie prestabilite per definire il livello di qualità di un modello di suscettibilità. Guzzetti et al. (2006b) suggeriscono dei valori basandosi sull'esperienza acquisita in più di vent'anni nell'elaborazione di modelli. Un modello può essere definito soddisfacente quando il suo grado di accuratezza è maggiore del 75%. Con valori superiori all'80% il modello può essere definito molto soddisfacente. Al contrario, valori molto elevati (per esempio >90%)

indicano che il modello si sovrappone quasi del tutto con l'inventario dei dissesti (overfitting), risultando da questo praticamente indistinguibile. Questa situazione può verificarsi nel caso in cui non siano state prese in considerazione un numero sufficiente di variabili, o il numero di unità di mappa sia troppo limitato.

Tra i metodi proposti, soltanto quello SIM fornisce risultati accettabili riuscendo, in questa fase, a classificare correttamente più di otto dissesti su dieci (84.4%) e rientrando tra i modelli "molto soddisfacenti". Diversamente, il metodo PM riesce a classificare circa un dissesto ogni due, pertanto, vista la sua scarsa affidabilità, l'applicabilità del modello è pregiudicata; il metodo sarà comunque oggetto delle ulteriori procedure di verifica.

5.3. Validazione

Sebbene non sia sempre eseguita, la validazione di un modello di suscettibilità è una procedura fondamentale che per valutare il grado di corrispondenza tra il modello e la reale distribuzione delle frane sul territorio. Inoltre, l'uso di informazioni indipendenti è essenziale per una stima oggettiva della capacità del modello nel predire le instabilità future (Chung ad Fabbri, 2003; Guzzetti et al., 2006b). Esistono criteri diversi nelle procedure di validazione, con gradi di accuratezza crescenti.

Guzzetti et al. (2006b) propongono una classificazione della qualità dei modelli di suscettibilità e delle mappe ad essi associate. Modelli di bassa qualità mancano di un qualsiasi tipo di verifica di attendibilità; o al limite verificano il modello ricorrendo allo stesso catalogo dei dissesti usato per produrre il modello. Modelli di buona qualità forniscono una stima dell'errore associato all'indice di suscettibilità elaborato e, in aggiunta, prevedono una procedura di validazione che faccia uso di un catalogo di dissesti "indipendente", cioè che non sia lo stesso usato per l'elaborazione del modello.

L'indipendenza del catalogo dei dissesti può essere ottenuta in due modi diversi. Nel caso si disponga di un data set multi temporale, per esempio relativo a due gruppi di eventi simultanei avvenuti in tempi diversi, il modello potrà essere elaborato con il primo gruppo di dati e verificato con quello successivo (Guzzetti et al., 2006b). Alternativamente si può ricorrere alla suddivisione del'area, o del catalogo, in parti diverse, quindi aree diverse, sulle quali procedere all'elaborazione e alla verifica.

Avendo a disposizione un unico set di eventi, i modelli presentati nel paragrafo precedente sono stati testati seguendo quest'ultimo criterio.

5.3.1. Capacità di previsione

L'attendibilità e la capacità di previsione dei modelli sono state verificate attraverso una partizione dell'area (Chung ad Fabbri, 2003). I modelli sono stati elaborati su un'area chiamata di "training" (T) che comprende l'intera superficie del bacino idrografico del Torrente Giampilieri. Le procedure di verifica hanno sì interessato l'area in studio, ma sono state successivamente estese in due distinte aree di "test" (V) (Fig. 5.9). Le aree di verifica devono comunque rispettare i seguenti requisiti: i) i caratteri geologici, geomorfologici e topografici devono essere affini a quelli dell'area di produzione del modello; ii) deve esistere un inventario dei dissesti che permetta l'incrocio *a posteriori* con le mappe di suscettibilità già elaborate. Per entrambe le aree di verifica queste assunzioni sono rispettate.

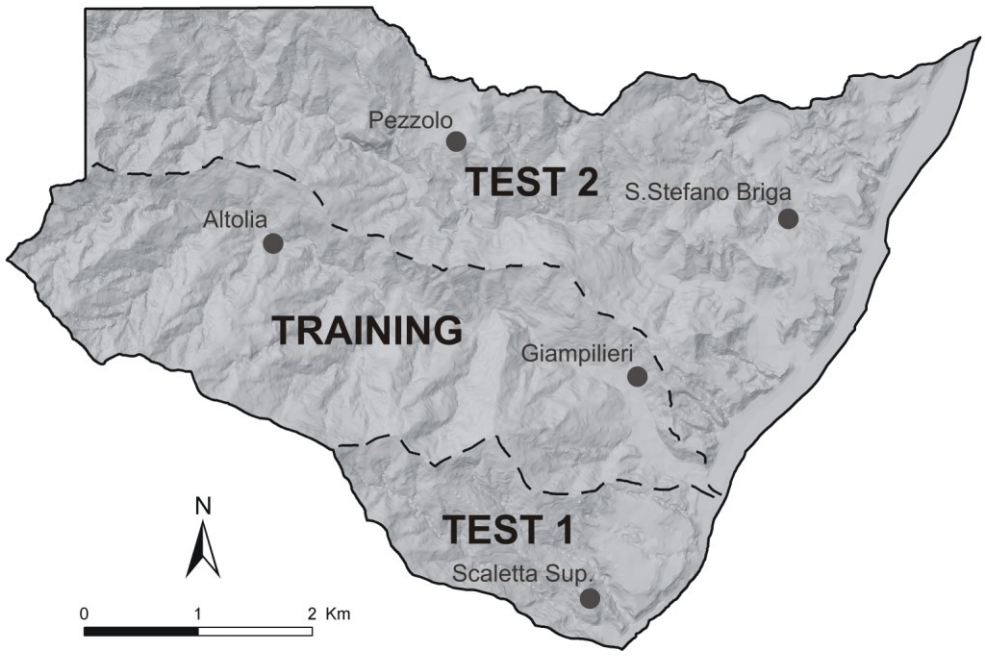

Fig. 5.9. Area di elaborazione del modello di suscettibilità (training) e aree di verifica (test).

La prima verifica è stata eseguita sui bacini di Racinazzi, Divieto e Motte, immediatamente adiacenti a Sud dell'area di training. L'area è stata scelta decidendo di rispettare i limiti fisiografici dei bacini. Le dimensioni sono abbastanza limitate (un terzo dell'area di training), ma vi ricadono 215 frane. In quest'area, la mappa di suscettibilità è stata realizzata associando alle mappe di fattori (Fig. 5.10, 5.11, 5.12,

5.13, 5.14) i pesi calcolati precedentemente con entrambi i metodi (SIM e PM). Solo successivamente la mappa di suscettibilità è stata incrociata con la mappa (i.e. catalogo) dei dissesti (Fig. 5.15), che stavolta risultano essere indipendenti dal modello. La procedura di costruzione del modello e la sua scala di applicazione, sono identiche a quelle descritte nel paragrafo 5.1; in sintesi:

- i pesi numerici delle classi sono associati, per ogni fattore, alle unità di mappa corrispondenti;
- sono sommate le mappe di tutti i fattori
- le risultanti mappe dell'indice di suscettibilità (LSI) sono riclassificate
- produzione della carta della suscettibilità nelle quattro classi

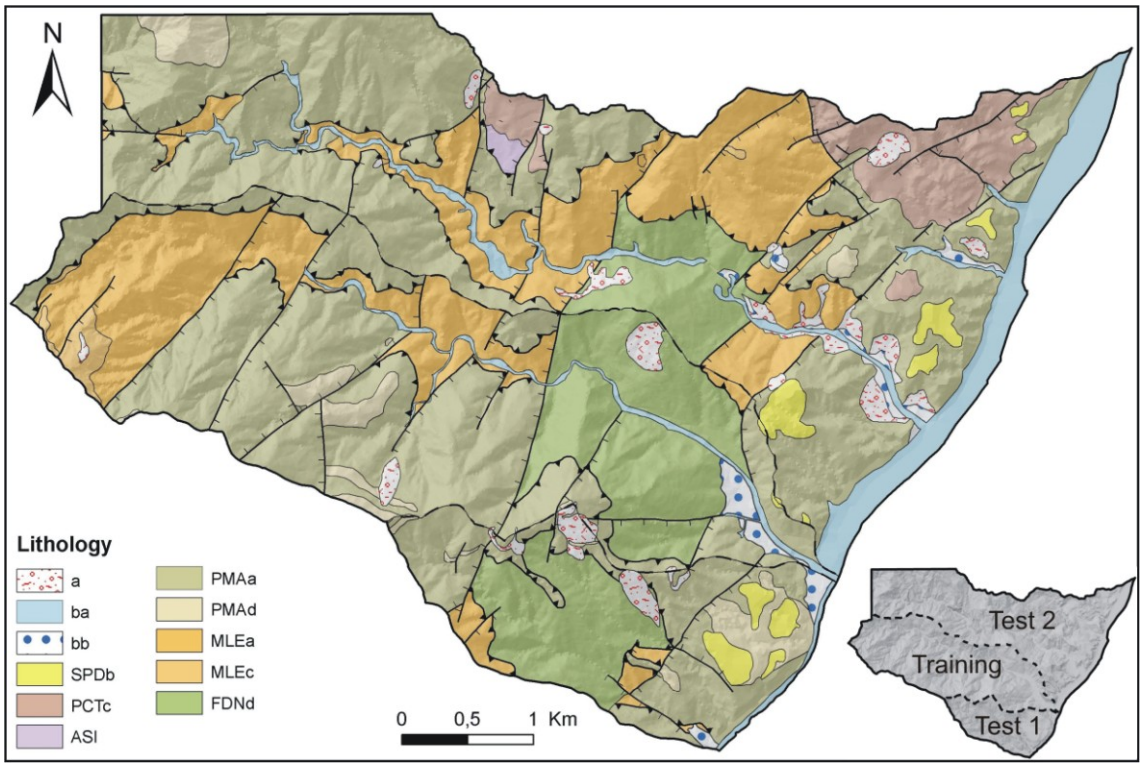

Fig. 5.10. Mappa geologica del bedrock per l'area di training e le aree di test (abbreviazioni da: APAT, Servizio Geologico d'Italia, Dipartimento Difesa del Suolo: Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 601, Messina. Reggio di Calabria, S.EL.CA, Firenze, 2008); a: depositi di versante; ba: depositi alluvionali attuali; bb:depositi alluvionali recenti; SPDb: calcareniti plio-pleistoceniche; PCTc: conglomerati del Miocene Sup.; ASI: argille varicolori scagliettate (Cretacico Sup.) PMAa: paragneiss dell'Unità dell'Aspromonte; PMAd marmi dell'Unità dell'Aspromonte; MLEa: mica-scisti dell'Unità del Mela; MLEc: marmi dell'Unità del Mela; FDNd: fuilladi dell'Unità di Mandanici.

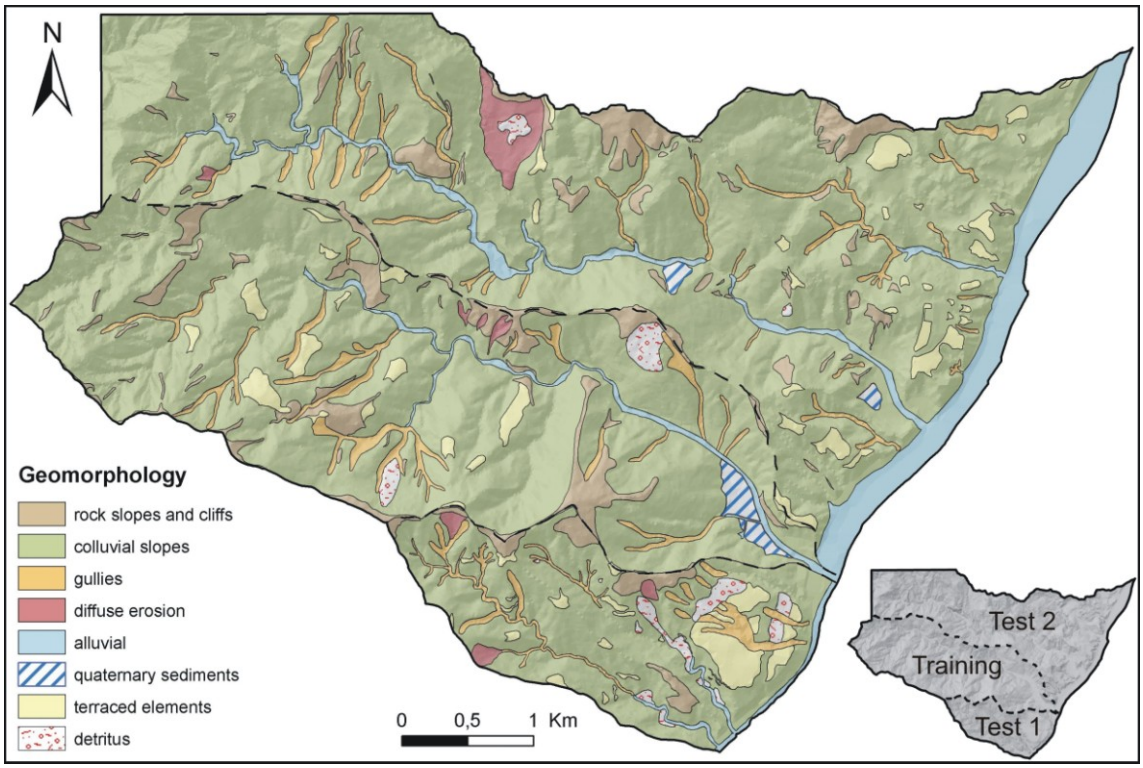

Fig. 5.11. Mappa delle unità geomorfologiche per l'area di training e le aree di test.

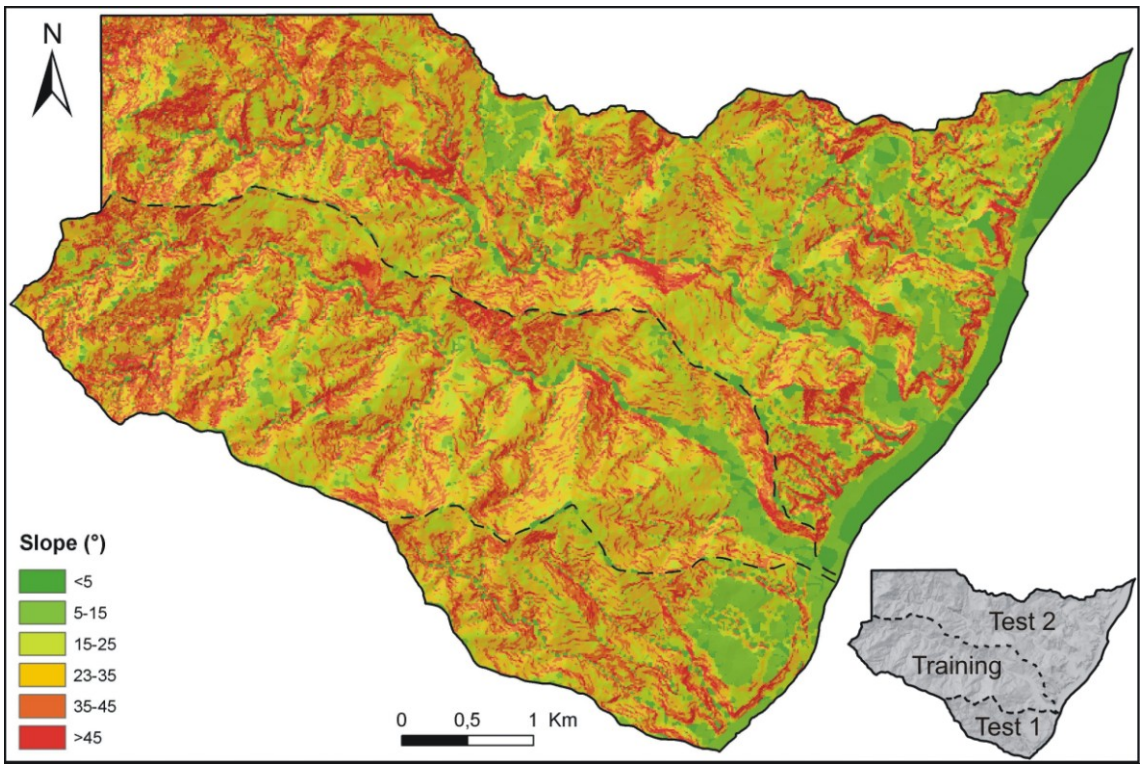

Fig. 5.12. Carta delle pendenze per l'area di training e le aree di test.

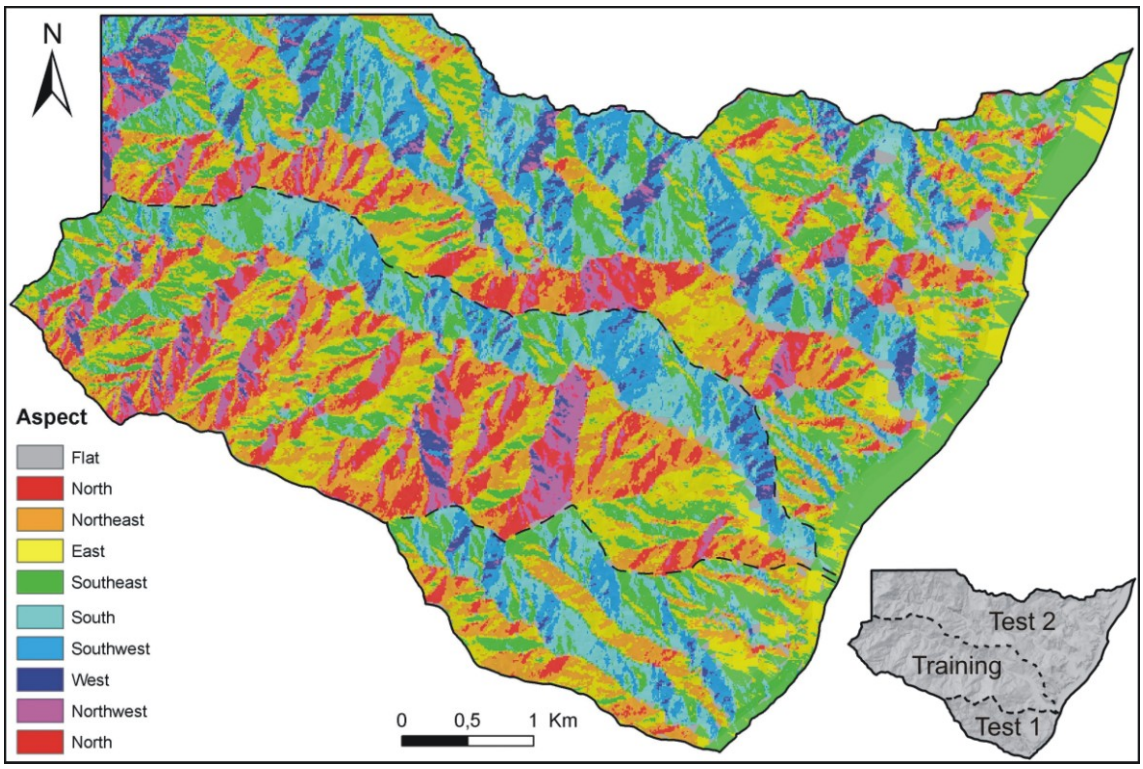

Fig. 5.13. Carta di esposizione dei versanti per l'area di training e le aree di test.

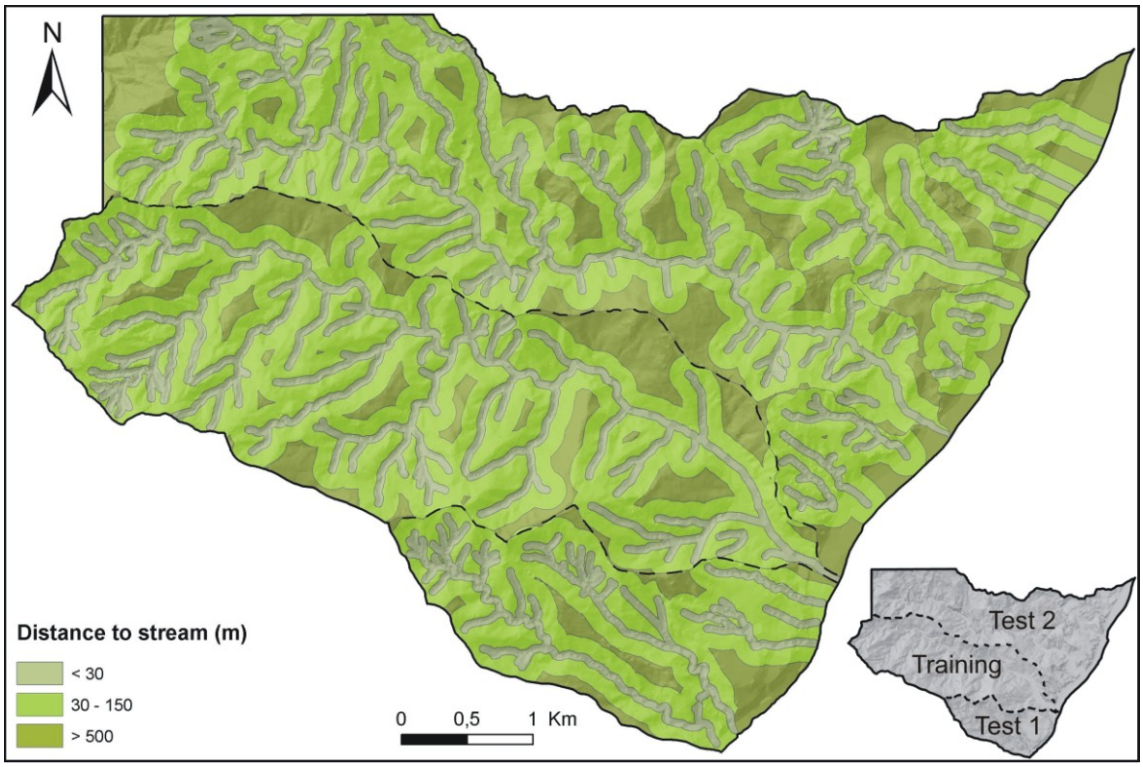

Fig. 5.14. Carta delle classi di ditanza dal reticolo di drenaggio per l'area di training e le aree di test.

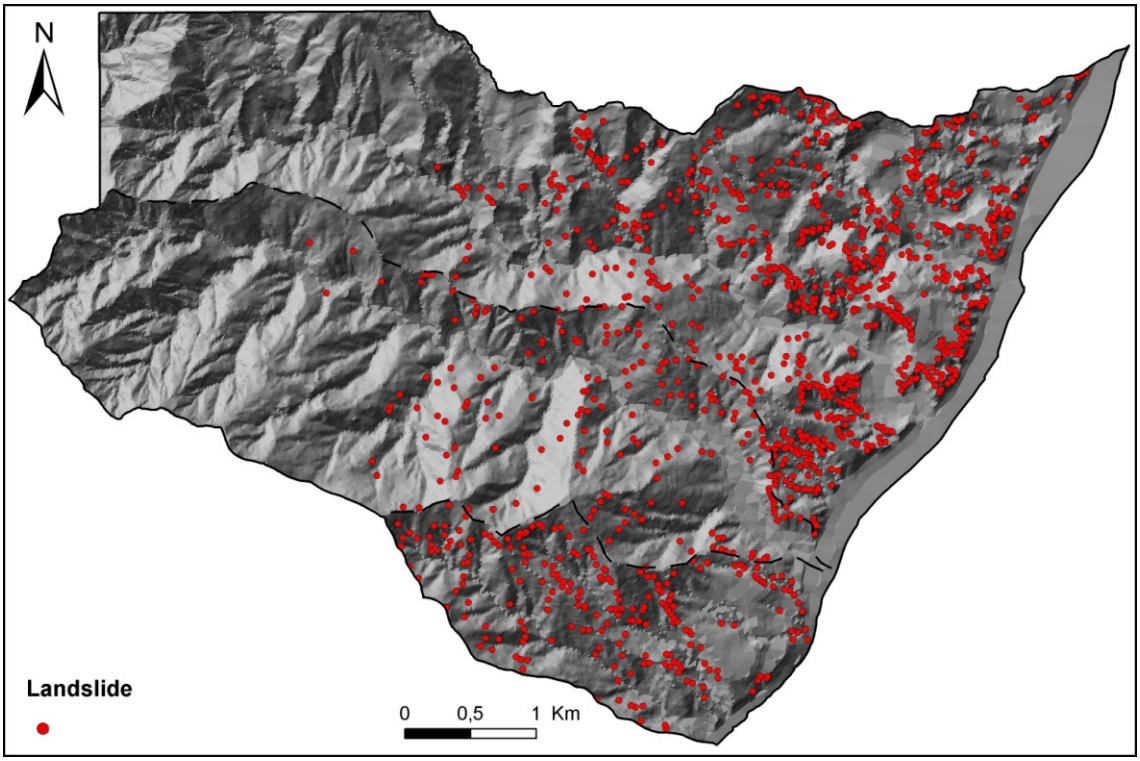

Fig. 5.15. Mappa dei dissesti per l'area di training e le aree di test. L'area di origine di ogni dissesto è rappresentata da un cerchio di 25 metri in diametro.

A questo punto è possibile quantificare la capacità di previsione dei modelli (prediction skill). È stata riportata la percentuale cumulativa del numero di dissesti in funzione della probabilità di accadimento; la curva risultante descrive la capacità di previsione del modello. Una curva che tende a rimanere inizialmente allineata all'asse delle ascisse per poi crescere in maniera rapida per valori di probabilità relativamente elevati, esprime una migliore capacità di previsione (Guzzetti et al., 2006b).

Nella prima area di test (Fig. 5.9) e con elaborazione SIM, solamente pochi dissesti (5,9%) ricadono nelle zone classificate a più bassa suscettibilità, mentre il 70,9% dei dissesti risulta correttamente classificato dal modello poiché ricade in porzioni di territorio classificate con suscettibilità alta o molto alta (Fig. 5.16).

La seconda verifica ha interessato i bacini idrografici (Test 2 in Fig. 5.9) di Fallega-Lumbri-S.Giovanni, Canne, Schiavo, S.Lucia e larga parte del bacino del torrente Briga. L'area si estende per circa 14 km^2 e comprende 833 dissesti.

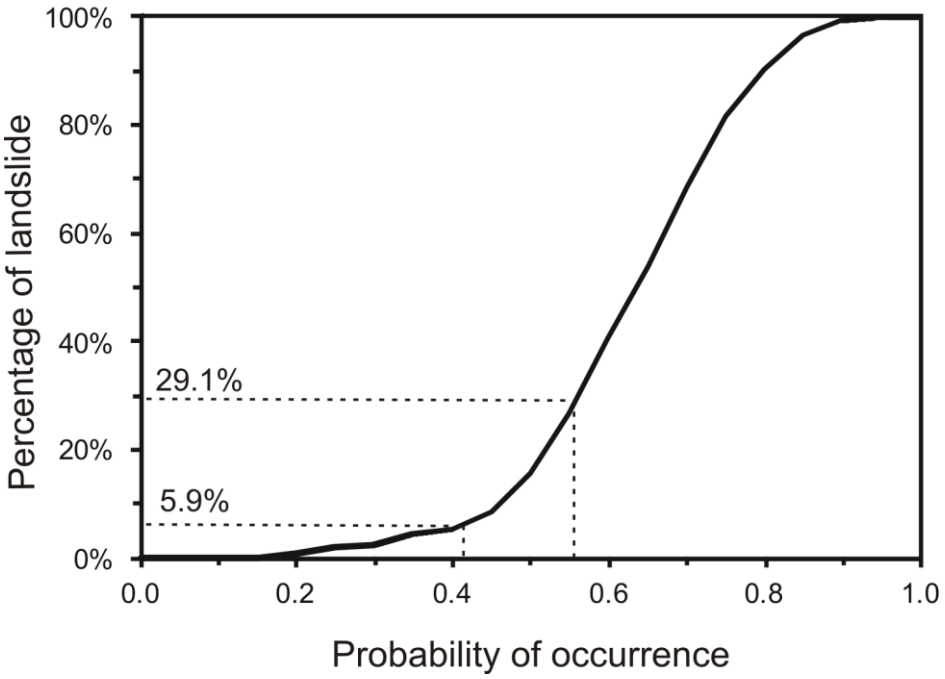

Fig. 5.16. Curva della capacità di previsione per l'area di test "1" per il modello di suscettibilità elaborato con il metodo SIM. In ascissa è riportata la probabilità di accadimento, in ordinata la percentuale cumulativa di dissesti. Sono evidenziati i limiti tra le classi di suscettibilità; le classi a suscettibilità alta o molto alta sono raggruppate (da De Guidi & Scudero, *in press).*

Per l'elaborazione con il metodo SIM, solamente pochi dissesti (4%) ricadono nelle zone classificate a più bassa suscettibilità, mentre il 64,4% dei dissesti risulta correttamente classificato dal modello poiché ricade in porzioni di territorio classificate con suscettibilità alta o molto alta (Fig. 5.17).

Confrontando le curve per lo stesso metodo, ma aree di test diverse, è possibile verificare in quele area i risultati sono migliori. A dispetto della minore percentuale di frane nelle classi a più alta suscettibilità, il modello è in generale più aderente ai diissesti nella seconda area di test. Infatti, la curva corrispondente a quest'area, è spostata verso valori di probabilità maggiori (Fig. 5.18), indicando così una migliore capacità di previsione rispetto alla prima area di test (Guzzetti et al., 2006b).

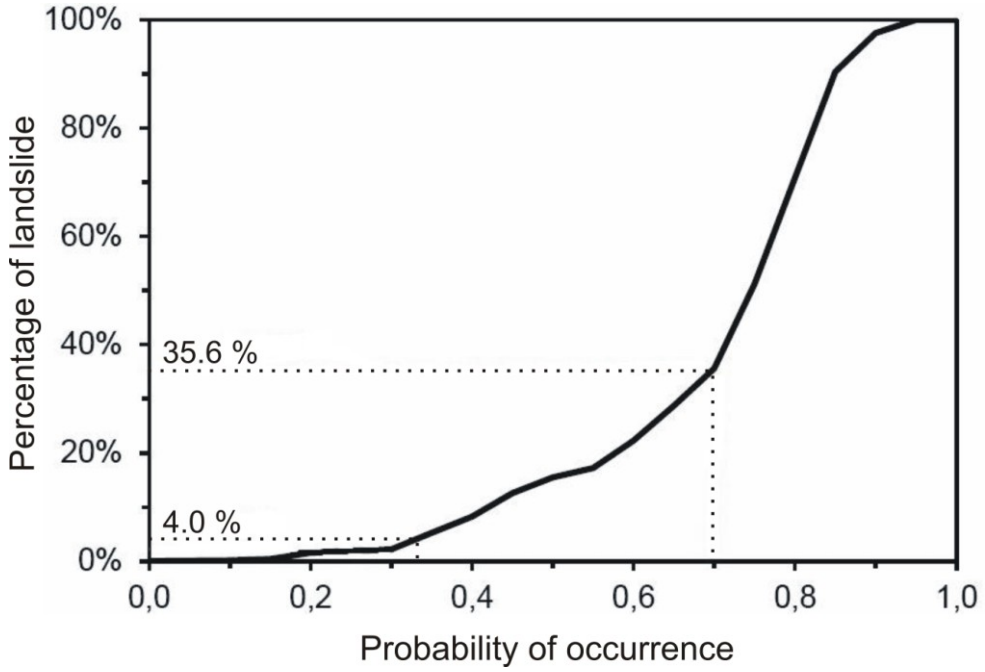

Fig. 5.17. Curva della capacità di previsione per l'area di test "2" per il modello di suscettibilità elaborato con il metodo SIM. In ascissa è riportata la probabilità di accadimento, in ordinata la percentuale cumulativa di dissesti. Sono evidenziati i limiti tra le classi di suscettibilità; le classi a suscettibilità alta o molto alta sono raggruppate.

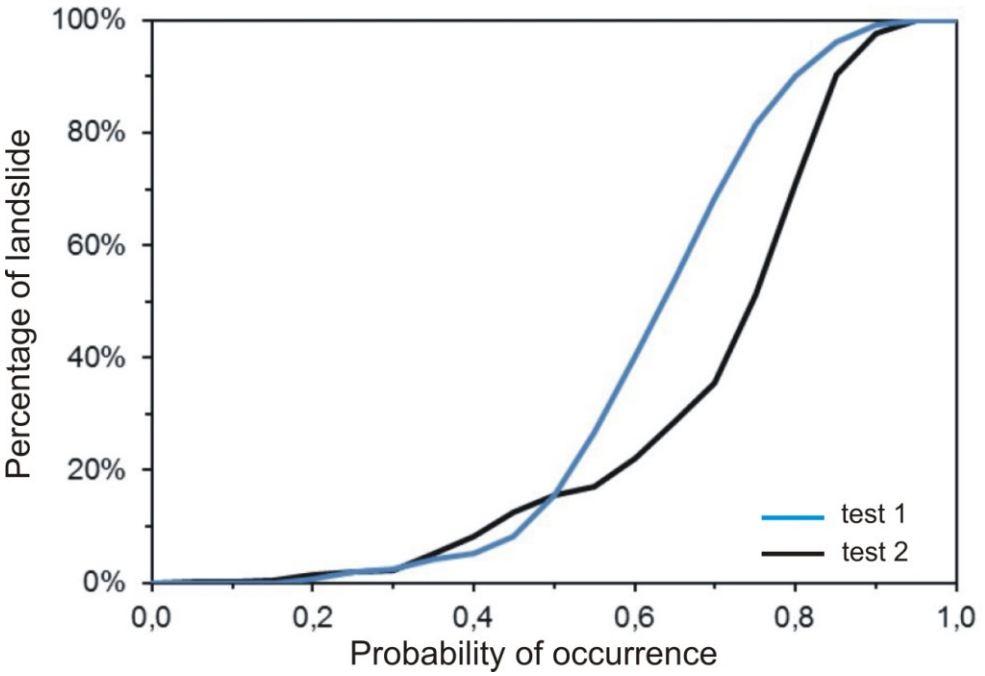

Fig. 5.18. Confronto tra le curva della capacità di previsione per l'area di test "1" e "2".

Le curve della capacità di previsione del modello di suscettibilità elaborato con il metodo PM risultano con un andamento anomalo, che si oppone alla curva teorica e alle curve che descrivono il metodo SIM. Pertanto, la procedura di validazione dimostra, come già precedentemente suggerito dalle curve del tasso di successo, l'inapplicabilità del metodo PM nell'area studiata.

Il modello SIM, elaborato e validato (Fig. 5.19), è quindi in grado sia di prevedere scenari futuri nella stessa area e ,con le opportune cautele, può essere esportato in aree esterne con caratteristiche geologiche e geomorfologiche simili.

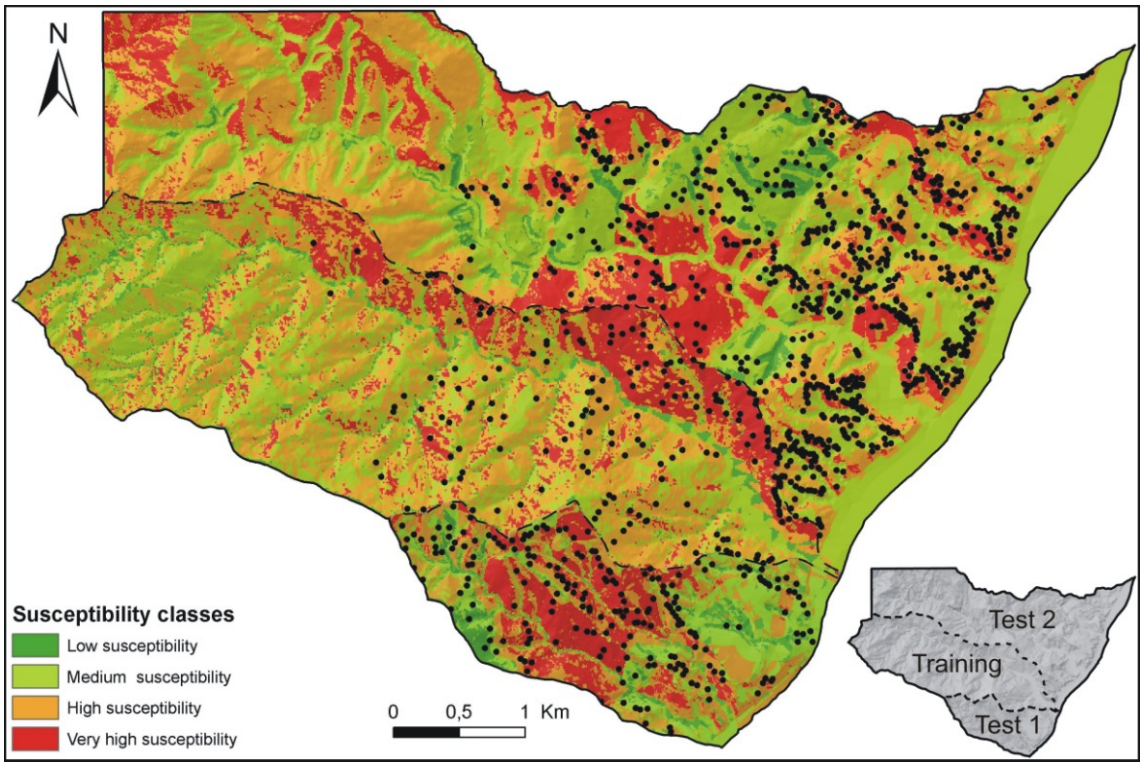

Fig. 5.19. Mappa di suscettibilità ai dissesti superficiali per l'area di training e le aree di test elaborata con metodo SIM (da De Guidi & Scudero, *in press)*.