

3 – SVOLGIMENTO DELLE ATTIVITÀ

Il progetto MASSA si è sviluppato essenzialmente attraverso attività di terreno, effettuate sia separatamente sia congiuntamente dal personale dei 3 enti, e attività di discussione con la finalità di comprendere a fondo le caratteristiche di ciascun metodo in vista di una loro possibile integrazione.

Il fulcro delle attività realizzate direttamente sul territorio ha comportato l'analisi di 3 siti pilota corrispondenti a tre ambiti vallivi dove ciascun ente ha applicato il proprio metodo di studio per la valutazione della pericolosità da crollo (figura 3.1). La finalità del lavoro era quella di acquisire un bagaglio di dati articolato, fondamentale per poter effettuare un confronto dei metodi utilizzati non solo in modo teorico ma anche pratico.

Le aree di studio sono localizzate in tre differenti contesti geologici e morfologici del settore centrale ed esterno delle Alpi nord-occidentali e sono caratterizzate da una marcata valenza transfrontaliera.



Figura 3.1 – Ubicazione dei siti prescelti per il confronto tra i metodi speditivi di valutazione della pericolosità dei fenomeni di crollo

1. Asse viario francese della strada dipartimentale D6204 del colle di Tenda (1871 m s.l.m.)

Il tratto stradale preso in considerazione è parte della strada dipartimentale che attraversa la valle Roya che permette il collegamento tra la costa ligure e, per mezzo del tunnel del Colle di Tenda, il territorio della provincia di Cuneo. Il settore studiato, caratterizzato da uno sviluppo complessivo di 18 km, è compreso tra l'uscita settentrionale del tunnel a sud di Saorge e il piede del Mont Branegue, circa 1 km a monte dell'abitato di Tenda; dal punto di vista amministrativo il territorio considerato appartiene ai comuni di Tende, Fontan e Saorge.

La valle Roya si sviluppa su arenarie e peliti del Permiano, arenarie e carnirole del Trias, e su calcari e dolomie del Giurassico; gli elementi tettonici più rilevanti che controllano la morfologia della valle Roya hanno direzione N20°-40° e N140°.

2. Asse viario italiano della strada provinciale SP255 del colle della Lombarda (2350 m s.l.m.)

Lo studio è stato effettuato in relazione ad un tratto stradale di circa 7 km che si sviluppa tra le quote di 1120 m e 1700 m lungo il Vallone di S. Anna, ubicato in destra idrografica della Valle Stura di Demonte e appartenente al territorio del comune di Vinadio. Questa strada, seppure percorribile solo da maggio/giugno fino a ottobre in funzione delle condizioni di innevamento, rappresenta un importante e

frequentato asse turistico sia per la presenza del noto santuario di S. Anna di Vinadio sia per il collegamento che realizza tra la valle italiana della Stura di Demonte e la valle francese della Tinée.

Il Vallone di S. Anna si sviluppa nel dominio tettonico dell'Argentera che rappresenta un basamento cristallino pre-alpino costituito da gneiss migmatitici e granitoidi attraversati da zone di taglio *en echelon* ad orientazione N120°-140°.

3. Asse viario italiano della strada statale SS33 e della strada nazionale svizzera N9 del passo del Sempione (2005 m s.l.m.)

Il tratto stradale studiato corrisponde ad una porzione della strada che corre in fregio al torrente Diveria (Doveria in Svizzera) che pone in collegamento il settore ossolano del nord Piemonte con il territorio svizzero vallese. La parte studiata di tale via di comunicazione è compresa tra la località di Balmanolesca, nel comune italiano di Varzo, e la località svizzera di Gabi; complessivamente il tratto stradale valutato presenta uno sviluppo di circa 12 km e appartiene amministrativamente ai comuni italiani di Varzo e Trasquera e al comune svizzero di Simplon.

Questo settore si sviluppa nel dominio Pennidico inferiore costituito principalmente da ortogneiss a biotite e muscovite ai quali si intercalano marmi e calcescisti.

Per omogeneizzare la raccolta dei dati di terreno ed uniformare i criteri di interpretazione delle caratteristiche geometriche, tipologiche e geologiche nella valutazione della pericolosità da caduta massi è stato effettuato un rilievo congiunto del versante settentrionale della Valle Divedro presso la località di Iselle, nel comune di Trasquera (provincia del Verbano-Cusio-Ossola) (figura 3.2).

In posizione opposta rispetto alla falesia che sovrasta l'abitato, i tecnici di ciascun ente hanno effettuato i rilievi della falesia utilizzando ciascuno il proprio metodo in un tempo fissato di circa 45 minuti e, al termine, sono stati presentati e discussi i risultati ottenuti (cfr par. 3.1 e **ALLEGATO 2**).



Figura 3.2 – Fotografia delle pareti soprastanti l'abitato di Iselle oggetto del rilievo congiunto

Le fasi progettuali sviluppate direttamente sul territorio sono state accompagnate per tutta la durata del progetto da frequenti momenti di discussione e confronto dei risultati, che hanno consentito da un lato di chiarire in modo esaustivo le potenzialità e i limiti di ciascun metodo, riassunti sinteticamente in forma tabellare nel capitolo 5, e dall'altro di realizzare un prodotto che, a livello della fase di rilievo dei dati sul terreno, risponde all'obiettivo di integrare i tre modi di approcciare il problema della valutazione della pericolosità da caduta massi (cfr. **ALLEGATO 3**).

3.1 – Sintesi dell'applicazione delle metodologie di studio delle pareti rocciose (Proviaip, BRGM, Matterock short/light) sul versante pilota di «Iselle-dogana» il 19 maggio 2011

Questo lavoro è stato realizzato congiuntamente dai tecnici dei tre enti CREALP, ARPA PIEMONTE e BRGM che si sono trovati sul sito di Iselle-dogana per esaminare un tratto di versante da un punto di osservazione favorevole situato sul versante opposto (sud).

Ciascua squadra era formata da due o tre persone di diversa formazione (geologi, geotecnici, ingegneri) ed esperienza.

L'obiettivo era quello di realizzare in un intervallo di tempo relativamente breve (1 h), lo studio del versante considerato per definire la pericolosità da caduta blocchi che interessa il tratto di strada a valle secondo i criteri propri di ciascuna metodologia.

Questo lavoro, abbastanza unico nel suo genere e particolarmente formativo in termini di scambio di esperienza tra addetti ai lavori, è stato uno dei momenti chiave dell'Azione 1 del progetto MASSA.

Lo studio ha permesso in particolare di:

- confrontare le tre metodologie direttamente sul terreno;
- illustrare *in situ* i diversi criteri utilizzati in ciascuna metodologia e quindi precisare meglio il senso di ciascuno di essi e il loro peso nei risultati finali;
- mostrare che la metodologia Proviaip di ARPA PIEMONTE necessita sistematicamente di un lavoro preliminare di analisi delle ortofoto prima di ogni rilievo di terreno al fine di: a) identificare le aree omogenee (I); b) identificare e caratterizzare geometricamente le «grandi» discontinuità e la loro densità di intersezione con la parete. Una prima valutazione della propagazione, attraverso l'applicazione automatizzata del metodo dei coni, è realizzata prima di andare sul terreno (ma solo nel caso in cui la valle non sia troppo incassata, situazione in cui il metodo dei coni non è applicabile). Il rilievo di terreno consiste nell'acquisire una serie di dati geomorfologici e strutturali e una descrizione sintetica delle caratteristiche del versante che vengono direttamente riversati nel database Proviaip, installato su un pc portatile;
- evidenziare che, per quanto riguarda il metodo Matterock short/light del CREALP, i rilievi di terreno consistono nel ricostruire l'assetto strutturale del versante, nell'identificare e descrivere le aléas ponctuels e/o le aléas diffus (CH) (meccanismi, volumi, taglia dei blocchi), nel valutare la loro dangerosità (CH) e nello stimare la probabilité d'atteinte (CH) dei blocchi costituenti le instabilità. L'esercizio eseguito ad Iselle ha permesso, dopo un'ora di indagine, di determinare un livello di danger (CH) lungo il tratto di strada interessato che comprende la nozione di probabilité d'occurrence (CH) e quella di energia dei blocchi stimata empiricamente mediante l'applicazione di un «fattore di caduta f» funzione della morfologia del versante alla base della parete;
- far emergere che il metodo BRGM utilizza i rilievi sul campo per determinare *in situ* la probabilità di distacco dei blocchi così come i valori di alcuni parametri che sono in seguito utilizzati nei programmi di modellazione traiettografica in 2D e 3D e/o di propagazione tipo «metodo dei coni» e BORA con lo scopo di valutare la probabilità di arrivo dei blocchi sulla strada. Il lavoro sul terreno consiste principalmente nel rilevare le caratteristiche morfologiche e strutturali della parete, nello stimare la taglia dei blocchi presenti sul pendio e nell'identificare le zones homogènes (F) alle quali saranno in seguito associate le susceptibilités de départ (F) dei blocchi. I valori dei criteri non sono vincolati da limiti di variabilità predefiniti; gli schizzi e i disegni realizzati in loco così come le foto rappresentano strumenti indispensabili nei rilievi di terreno.

I dettagli in merito ai rilievi realizzati sono disponibili nell'**ALLEGATO 2**.

4 – APPLICAZIONE DEI METODI

Come evidenziato nel capitolo 2 i tre enti operano con approcci differenti: la stima della suscettibilità (I), dell'aléa chute de blocs (F) e del danger (CH) viene ottenuta direttamente sul terreno e affinata in sede di elaborazione del rapporto finale, come nel caso del metodo Matterock short/light, o suddividendo in fasi successive le attività di raccolta, analisi e trattamento dati, nel caso dei metodi BRGM e Proviaip. Queste diverse modalità operative determinano differenziazioni sia nelle modalità di rilievo sia nelle fasi di analisi dati e conseguentemente nei risultati finali ottenuti.

Di seguito viene riportato a titolo di esempio il confronto tra i rilievi e le osservazioni di terreno effettuate per il sito della Lombarda (Vallone di S. Anna); delle tre zone analizzate il Vallone di S. Anna risulta il sito in cui le carte di suscettibilità (I), aléa chute de blocs (F) e danger (CH) derivano dalla realizzazione ex-novo dei rilievi di terreno e delle elaborazioni da parte dei tre gruppi di lavoro; si rimanda invece al sito web MASSA per i dati completi ottenuti dall'analisi dei tre siti pilota studiati.

Vengono di seguito confrontati i risultati ottenuti sulla base delle diverse attività previste dai tre metodi per il tratto centrale di strada della suddetta valle (figura 4.1).

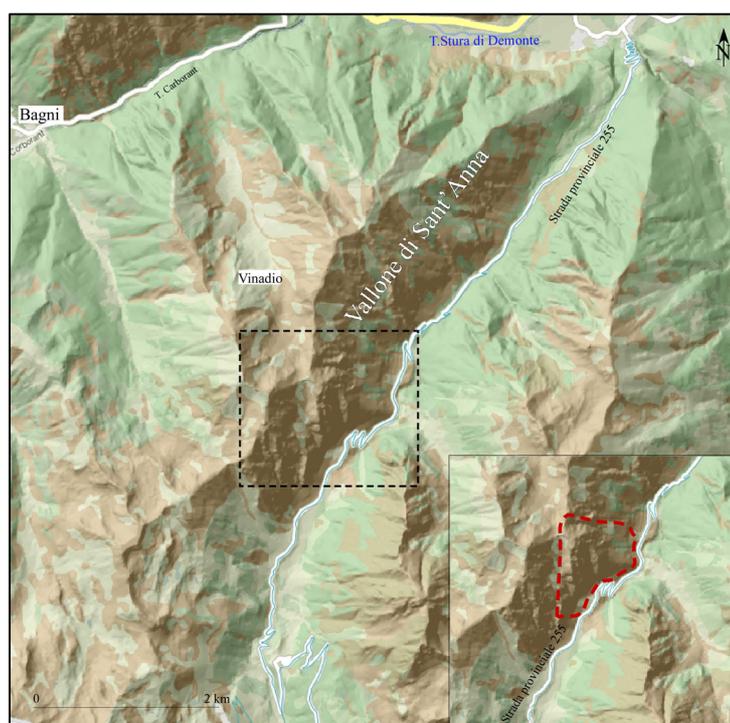


Figura 4.1 – Vallone di S. Anna, in rosso è riportata in dettaglio l'area di confronto

4.1 – Attività di rilievo di terreno

I tre metodi di studio comportano una prima fase che ha la finalità di suddividere le pareti rocciose sovrastanti la strada in aree omogenee (I), zone homogènes (F) o aires structurales (CH) ovvero in settori contraddistinti da caratteristiche strutturali e morfologiche analoghe. Per compiere tale operazione il metodo Proviaip prevede un'analisi preliminare geomorfologica e strutturale da foto aeree che tiene conto del grado di destrutturazione e di orientazione, pendenza ed estensione dell'ammasso roccioso e affina il dato sul terreno; il metodo BRGM individua le zones homogènes (F) direttamente sul terreno contestualmente all'attività di rilievo strutturale e affina quindi il risultato in ufficio; il metodo Matterock short/light distingue la zona di studio in settori omogenei di significato prettamente logistico sulla base della morfologia e dell'orientazione del versante; successivamente questi settori possono essere distinti in aires structurales (CH), cioè in domini con lo stesso assetto strutturale.

Nel caso del vallone di Sant'Anna, il metodo italiano individua 15 aree omogenee (I), il metodo BRGM identifica 12 zones homogènes (F) e infine Matterock distingue, in funzione della litologia e dell'esposizione del versante, 3 aires structurales (CH), due in sinistra orografica e uno in destra (figura 4.2).

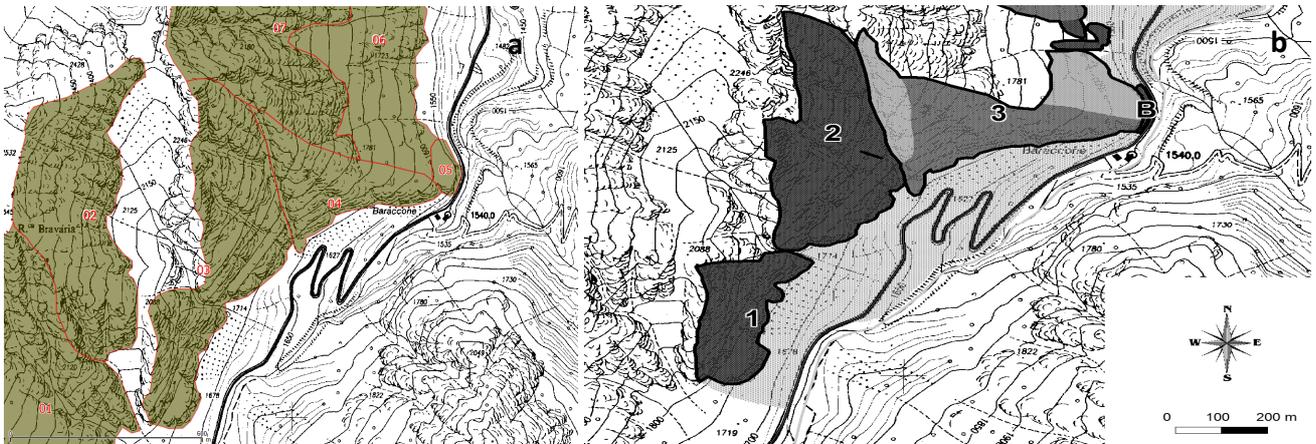


Figura 4.2 – Esempio di aree omogenee (I) relative al tratto centrale del Vallone di S. Anna, a: rilievo ARPA b: rilievo BRGM (i numeri identificano le zones homogènes (F) individuate). Per questo settore il metodo Matterock short/light individua una sola aires structurales (CH)

Sebbene in linea generale le attività di rilievo di terreno condotte dai 3 enti siano state svolte secondo le metodologie classiche di rilevamento dati geologico-strutturali e geomorfologici di superficie, si osservano differenze già in questa fase di studio.

Rilievo metodo Provalp

I rilievi di terreno effettuati da Arpa Piemonte vengono riversati in un *database* strutturato *ad hoc* per la raccolta dati su *tablet pc*.

Per il settore in esame i rilievi di terreno sono stati effettuati sulle 4 aree omogenee (I) catalogate come tipo 2 (figura 4.3) per le quali si è ritenuto di poter fornire misure strutturali attendibili (tabella 4.1). Si tratta di aree caratterizzate da pendenze molto elevate (70°), che mostrano una morfologia e una densità di fratturazione differente come evidenziato anche dalle dimensioni dei volumi dei blocchi osservati sia in parete sia al piede del versante. Nelle 4 aree omogenee si distinguono 6 sistemi di discontinuità caratterizzati da differenti ordini gerarchici. I sistemi a maggiore persistenza e spaziatura interessano principalmente l'area 1 (persistenza > 20m) mentre le aree 3 e 4 sono interessate da sistemi a persistenza mediamente minore. Il metodo Provalp prevede il confronto tra le misure strutturali di terreno e i sistemi di fratture individuati su viste prospettiche in 3D di foto aeree al fine di estendere il dato puntuale misurato sull'affioramento roccioso all'intera area omogenea.

Per le diverse aree sono stati descritti 6 cinematismi (I) ai quali si associa il meccanismo di distacco.

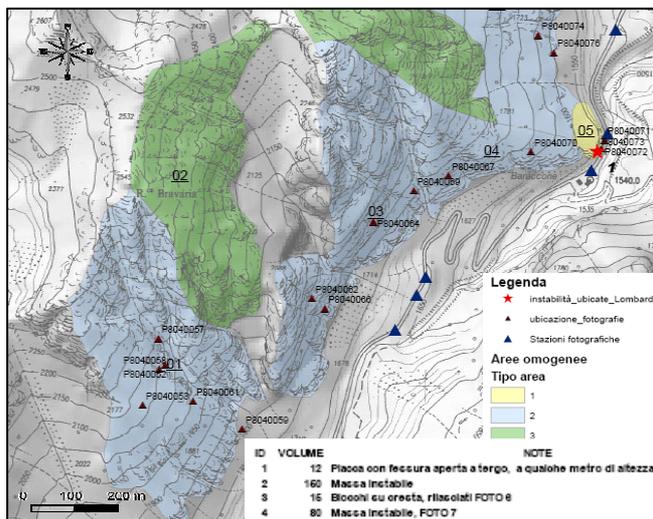


Figura 4.3 – Carta dei rilievi di terreno realizzata secondo il metodo Provalp

	Area 1	Area 2	Area 3	Area 4		Tipo elemento	Spaziatura	Persistenza		
Orientazione Parete	Dir imm.130+/-5 Dip 70+/-10	Dir imm.110+/-20 Dip 70+/-10	Dir imm.130+/-5 Dip 70+/-10	Dir imm.140+/-10 Dip 70+/-5		A: N10 85 SE	molto ampia (>2m)	molto alta (>20m)		
Altezza max parete	500	450	550	500		B: N70 45 NO	molto ampia (>2m)	molto alta (>20m)		
Foma blocchi in parete	irregolare	n.d	irregolare	irregolare	Area 1	C: N155 45 NE	molto ampia (>2m)	molto alta (>20m)		
volume blocchi in parete	0.5 medio 2 max	n.d	1 medio 10 max	0.1 medio 5 max		D: N90 60 SE	giunto	ampia (60cm-2m)	media (3m-10m)	
Forma blocchi alla base	irregolare	n.d	irregolare	irregolare		E: N70 45 SE	giunto	ampia (60cm-2m)	media (3m-10m)	
volume blocchi alla base	0.5 medio 1 max	n.d	0.5 medio 10 max	0.5 medio 15 max						
Tipologia ammasso	irregolare	irregolare	bloccoso	bloccoso		Area 2	A: N10 85SE	faglia	n.d	
Litotipo	metamorfiche a fogliazione pervasiva	metamorfiche a fogliazione pervasiva	metamorfiche a fogliazione pervasiva	metamorfiche a fogliazione pervasiva		B: N90 60 SE	giunto	n.d		
Grado fratturazione	fratturata	fratturata	fratturata	fratturata		C: N110 70 NE	giunto	n.d		
Grado alterazione	Debolmente alterata	Debolmente alterata	Debolmente alterata	Debolmente alterata	Area 3	A: N30 50 SE	giunto	moderata (20cm-60cm)	molto alta (>20m)	
resistenza	n.d	n.d	n.d	n.d		B: N100 75 NE	giunto	moderata (20cm-60cm)	alta (10m-20m)	
Elementi strutturali	A: N10 85 SE B: N70 45 NO C: N155 45 NE D: N90 60 SE E: N70 45 SE Faglia: N10 85SE	A: N10 85SE B: N90 60 SE C: N110 70 NE	A: N30 50 SE B: N100 75 NE C: N120 70 NE D: N30 35 NO E: N165 70 NE	A: N160 45 NE B: N20 70 NO C: N70 60 SE			C: N120 70 NE	giunto	ampia (60cm-2m)	media (3m-10m)
							D: N30 35 NO	giunto	moderata (20cm-60cm)	bassa (1m-3m)
							E: N165 70 NE	giunto	n.d	n.d
Cinematismi	C1; P1	P1	C1; P1	C1	Area 4	A: N10 85SE	giunto	ampia (60cm-2m)	alta (10m-20m)	
						B: N90 60 SE	giunto	ampia (60cm-2m)	alta (10m-20m)	
						C: N110 70 NE	giunto	n.d	n.d	

Tabella 4.1 – Esempio delle caratteristiche morfologiche e strutturali rilevate nelle aree omogenee (I) in esame derivate dalle schede del database. C (cuneo) e P (planare) indicano i meccanismi di instabilità

Rilievo metodo BRGM

In linea generale i rilievi effettuati dal BRGM sono rivolti ad attribuire dei punteggi ad ogni zone homogène (F) secondo un criterio misto morfologico e strutturale al fine di stabilire le classi di valutazione della susceptibilité de départ (F). I criteri sono suddivisi in tre classi di intensità che consentono di “incasellare” dapprima le osservazioni di terreno valutate dall’esperto di dominio (criterio morfologico) e successivamente di stabilire i meccanismi di crollo di blocchi instabili in base all’assetto giaciturale tra le orientazioni dei sistemi di frattura e quella del versante, attraverso i diagrammi di Schmidt (criterio strutturale).

Per il settore in esame le osservazioni di terreno per le tre zone homogènes (F) sopra individuate sono riportate in tabella 4.2. Le zone homogènes (F) 1 e 2 mostrano caratteristiche analoghe, sono caratterizzate da alte pendenze (50°-60°), da una direzione di immersione molto favorevole alla predisposizione di crolli e da una stato di fratturazione intenso. Sono stati misurati 5 sistemi di discontinuità differenti che conferiscono a queste due aree un grado di suscettibilità di distacco alto; viceversa la zone homogène (F) 3 presenta un ammasso roccioso più omogeneo caratterizzato da un stato di fratturazione debole ed una strutturazione a franapoggio mediamente poco marcata (tabella 4.2).

Area 1	Description Générale	Falaise de 200 mètres de hauteur, pente 60° en moyenne, d'exposition SE (N20) Falaise fracturée mais massive, discontinuités fermées
	Écoulement d'eau	Falaise humide
	Nombre de familles structurales 5 principales	Fracturation intense F1 N 140 60 SW S01 F2 N 72 90 3 fractures subverticales F3 N 160 50 NE Fa1 Aval pendage F4 N 55 40 SE Fa2 Aval pendage F5 N 50 50 NW S02
	Aval pendage	Très défavorable
	Surplomb	Nombreux surplombs
Area 2	Description Générale	Falaise de 250 mètres de hauteur, pente 55 à 60° en moyenne, d'exposition SE (N20 à N35). Falaise fracturée mais massive, discontinuités fermées
	Écoulement d'eau	Falaise humide
	Nombre de familles structurales 5 principales	Fracturation intense F1 N 30 35 SE Fa2 Aval pendage F2 N 145 67 NE Fa1 Aval pendage F3 N 30 55 NW S0 2 permet décollement F4 N 115 50 SW variante de Fa1 Aval pendage F5 N 157 90 S01
	Aval pendage	Très défavorable
	Surplomb	Nombreux surplombs
Area 3	Description Générale	Falaise de 100 à 150 mètres de hauteur, pente 50° en moyenne, d'exposition SE à S (N50 à N100). Falaise massive fracturée et découpage marqué en partie supérieure, discontinuités fermées, quelques figures de décompressions en partie inférieure
	Écoulement d'eau	Falaise humide
	Nombre de familles structurales 5 principales	Fracturation moyenne Homogène avec l'ensemble
	Aval pendage	Absent ou peu marqué en partie supérieure et très défavorable en partie inférieure
	Surplomb	Surplombs proéminents et/ou très nombreux

Tabella 4.2 – Descrizione di terreno delle tre zones homogènes (F) ottenute dal criterio di analisi morfologico

Le misure dei piani di fratturazione rilevati sul terreno consentono di determinare i meccanismi di distacco dei blocchi attraverso l'impiego del diagramma di Schmidt (figura 4.4).

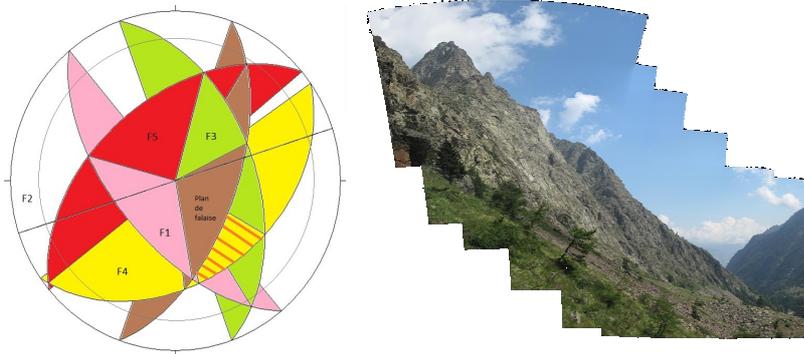


Figura 4.4 – Esempio di sistemi di discontinuità della zone homogène (F). I meccanismi di rottura dei blocchi si basano sull'assunzione che ogni zone homogène (F) è caratterizzata dalle stesse famiglie di fratture e che il meccanismo di rottura è condizionato da orientazione e pendenza del fronte roccioso

La valutazione della susceptibilité de départ (F) riportata in figura 4.5 rappresenta la somma ponderata dei pesi associati agli elementi morfologici e strutturali rilevati per ogni zone homogène (F).

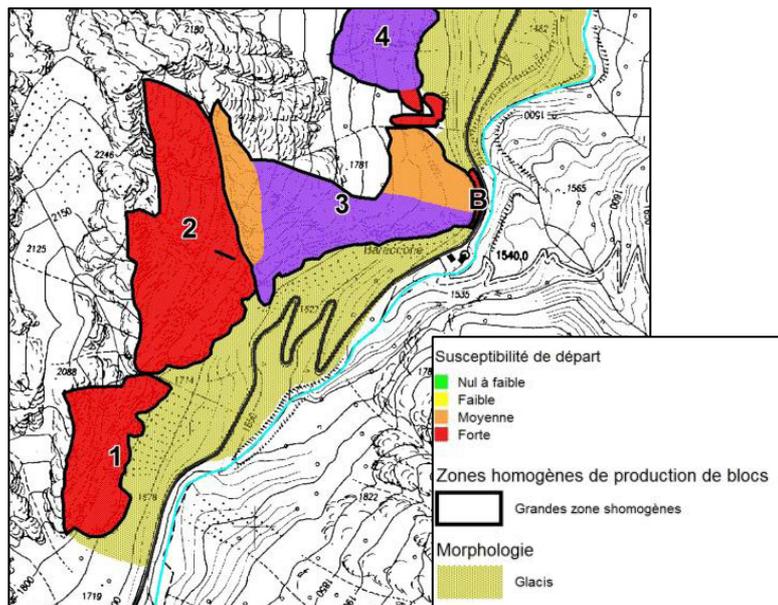


Figura 4.5 – Carta della susceptibilité de départ (F) del settore centrale de Vallone di S. Anna. Si osserva come all'interno di singole zones homogènes (F) i valori della pericolosità possono essere diversi

Rilievo metodo Matterock short/light

L'analisi strutturale del settore centrale del Vallone di S. Anna è stata effettuata a distanza attraverso osservazioni dal versante opposto al settore in studio. Sono stati individuati 6 sistemi di discontinuità principali distinti sulla base dei caratteri geometrici, geomeccanici e in base al ruolo nel meccanismo di instabilità dei blocchi e all'evidenza morfologica (tabella 4.3).

Per questo settore sono state individuate 9 aléa ponctuels (CH) e 4 aléas diffus (CH) caratterizzate da meccanismi di distacco di tipo scivolamento superficiale e profondo con volumi che variano da 1 a 200.000 m³ per le instabilità puntuali e da 10 a 50 m³ per le instabilità diffuse (figura 4.6).

Famille	Orientation	Persistance [m]	Espacement [m]	Rôle morphologique	Rôle principal dans les aléas	Remarques
J1	110-150/30-55	10-20 (30-50)	0.5-1 (4)	front falaise	plan glissement	--
J'1	120-150/55-70	10-15 (20-50)	0.2-0.5 (2)	front falaise	plan glissement	--
J2	060-090/40-55	10-20 (60)	3-5 (20)	vires au sommet du versant	plan glissement	moins diffus que J1
J3	220-260/40-60	10-30 (60-80)	2-5 (15)	grandes vires dans la partie supérieure du versant	plan décollement et glissement	--
J'3	220-260/60-90	4-6 (15)	5	--	plan cisaillement et glissement	--
J'4	160-190/60-80	10-20	1-2	front falaise (secteur S de l'aléa BS10)	plan glissement et cisaillement	--
J'5	300-330/50-80	4-6	--	--	plan décollement	--

en italique les plans secondaires

Tabella 4.3 – Esempio delle caratteristiche dei sistemi strutturali rilevati nel tratto centrale del Vallone di S. Anna

Secteur	Baraccone Sud
Type	Diffus
Description:	Aléa diffus qui comprend tout le versant
Mécanisme:	Glissement profond sur 130/30, 080/40 et –plus rarement– sur 230/40; glissement superficiel selon 140/60
Dangerosité:	Elevée (< 10m ²) ; moyenne (10-20 m ²)
Volume:	1) < 10 m ³ 2) 10-20 m ³
Taille des blocs (max.):	0.5-2 m ²

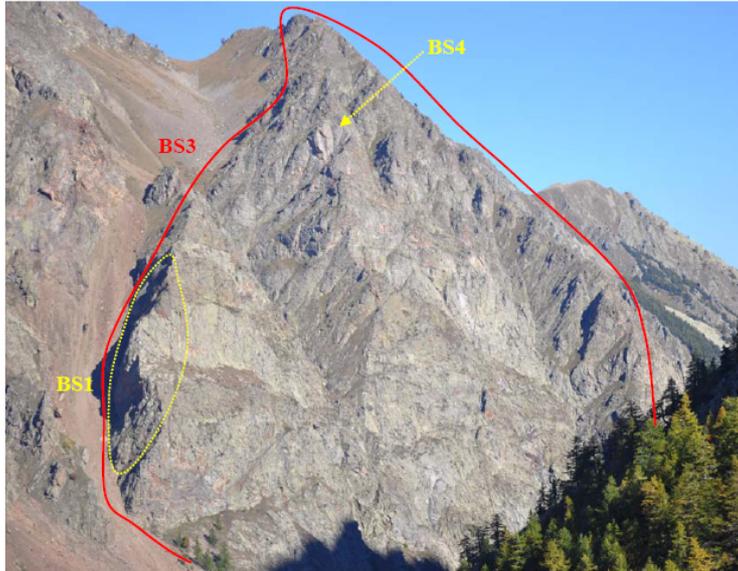


Figura 4.6 – Esempio di rilievo delle aléa puntuali e diffuse (CH) individuate nel settore centrale del Vallone di S. Anna (BS3 instabilità diffusa, BS1 e BS4 instabilità puntuali)

Per ogni aléa (CH) individuata le osservazioni di terreno sono rivolte a definire una *probabilité d'occurrence (CH)* attraverso la stima della sua probabilità di mobilitazione (definita anche *dangerosité (CH)* dell'aléa (CH)) e della *probabilité d'atteinte (CH)* dei blocchi in caduta (tabella 4.4). Come si osserva dalla tabella 4.4 la probabilità di accadimento o *probabilité d'occurrence (CH)* valutata per questo settore, sebbene si basi su parametri che dipendono da criteri morfologici (pendenza versante, distanza dell'instabilità dalla strada ecc.) risulta sensibilmente controllata dalla *dangerosité (CH)*, cioè da una probabilità di rottura dei blocchi che vincola successivamente anche le classi di *danger (CH)* nonostante i valori di intensità e di energia cinetica diversi.

Nom aléa	Type (1:ponctuel , 2:diffus)	Bloc/volume de dimen- sionnement [m ³]	Dangero- sité	Probabilité d'atteinte	Probabilité d'occurrence	Intensité	Energie cinétique [kJ]	Classe de danger
BS1	1	1000	faible	élevée	faible	élevée	1'299'825	C
BS2	1	150	moyenne	élevée	moyenne	élevée	409'445	B
BS3	2	2	élevée	élevée	élevée	élevée	6'239	A
BS3	2	5	moyenne	élevée	moyenne	élevée	19'497	B
BS4	1	10	élevée	élevée	élevée	élevée	25'997	A
BS5	1	1000	faible	élevée	faible	élevée	623'916	C
BS6	1	200	moyenne	élevée	moyenne	élevée	187'175	B
BS7	1	150	élevée	élevée	élevée	élevée	77'990	A
BS8	1	30	moyenne	élevée	moyenne	élevée	48'353	B
BS9	1	200	moyenne	élevée	moyenne	élevée	265'164	B
BS10	2	2	élevée	élevée	élevée	élevée	520	A
BS10	2	10	moyenne	élevée	moyenne	élevée	5'199	B
BS11	1	1	moyenne	élevée	moyenne	moyenne	104	E

Tabella 4.4 – Parametri utilizzati per definire la classe di danger (CH) generata da ciascuna aléa (CH)

La carta finale denominata *Carta des aléas, des événements et du danger de chutes de pierres/blocs et éboulements au niveau de la route* (figura 4.7) deriva in genere da queste osservazioni e quindi direttamente dai rilievi di terreno. Nel settore specifico scelto per il confronto, la definizione del danger (CH) lungo strada è stata affinata mediante i risultati delle analisi traiettografiche realizzate con l'applicativo Rockyfor3D.

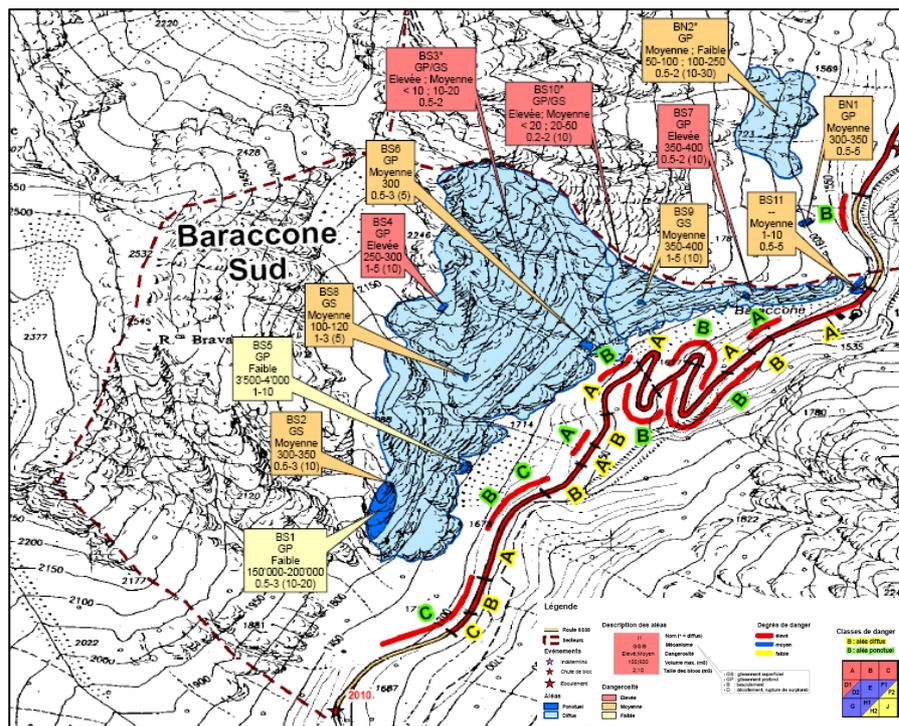


Figura 4.7 – Carta des aléas, des événements et du danger de chutes de pierres/blocs et éboulements derivata dall'applicazione del metodo Matterock short/light

Sintesi

Il rilievo dei dati di terreno dell'ammasso roccioso è un lavoro comune ai tre metodi che inizia con una descrizione delle condizioni generali, quali l'identificazione e la classificazione delle litologie e degli aspetti strutturali principali che costituiscono l'ammasso roccioso. Le osservazioni successive di maggiore dettaglio degli elementi che influiscono sull'instabilità seguono procedure standardizzate proprie di ogni metodologia e come tali definiscono delle classi di suscettibilità (I), aléa chute de blocs (F) e danger (CH) tra loro non

direttamente confrontabili. Ad esempio i metodi Proviaalp e BRGM prevedono la localizzazione e la descrizione dei blocchi instabili più voluminosi, ma sono elementi questi che non rientrano nelle successive fasi di valutazione delle classi di suscettibilità (I) o aléa chute de blocs (F); viceversa per il metodo Matterock short/light la descrizione e la localizzazione delle aléa (CH) è un parametro di grande importanza che controlla e influenza pesantemente la distribuzione areale della probabilità d'occurrence (CH) e quindi del danger (CH) di caduta blocchi sulla strada. I caratteri geometrici della parete rocciosa quali l'altezza, l'orientazione, la pendenza ecc... rappresentano nel metodo Proviaalp dati di ingresso nei codici di calcolo utilizzati nelle fasi successive di analisi, nel metodo BRGM punteggi all'interno di sommatorie pesate, nel metodo Matterock short/light caratteristiche direttamente stimate dall'operatore sul terreno per la valutazione della dangerosità (CH). Infine la scelta del numero, della dimensione e della delimitazione delle aree omogenee (I) o zones homogènes (F) presenti in parete, si basa su valutazioni soggettive in quanto si valuta e si quantifica la predisposizione di una porzione di falesia al franamento che non è realmente misurabile, ma soltanto stimabile qualitativamente dall'operatore.

4.2 – Tempistica di applicazione delle metodologie

Nella tabella 4.5 è riportato un consuntivo totale del tempo impiegato dai tre enti per la realizzazione dello studio dei quattro siti campione (Tenda, Sempione italiano, Sempione svizzero e Lombarda).

Il Totale ore utilizzate è ripartito in 3 classi (1. Lavoro preparatorio in ufficio, 2. Rilievi di terreno, 3. Ufficio corrispondente ad elaborazione dei dati di terreno, esecuzione analisi traietto grafiche e stesura della relazione tecnica) ed è messo in relazione con il numero di persone impiegate e i prodotti finali derivati dal lavoro svolto. Di ogni persona che ha preso parte allo studio viene data la percentuale di impiego distinta tra lavoro di ufficio e di terreno, riferita alla somma delle ore impiegate. Sono messe a confronto solo le ore relative al lavoro svolto nell'ambito del progetto Massa tralasciando quelle servite alla stesura di documenti che, pur essendo stati utilizzati per il confronto, non sono stati realizzati nell'ambito del progetto. Questi ultimi sono riportati in corsivo nell'elenco dei prodotti di ciascun sito.

Dall'analisi della tabella 4.5 si deduce che:

- l'applicazione della metodologia Matterock short/light richiede più ore rispetto a Proviaalp e BRGM. Solo al sito della Lombarda il totale ore impiegato è confrontabile tra le tre metodologie e sostanzialmente uguale se si limita al confronto tra BRGM e Matterock short/light (rispettivamente 160 e 166 ore). Questo è in parte giustificato dal fatto che Matterock prevede la realizzazione sistematica di rapporti tecnici di dettaglio contenenti le schede identificative delle aléa (CH) riconosciute, la cui compilazione è molto più onerosa in termini di tempo, e da una cartografia finale -standard per tutti i siti studiati- del danger (CH) a livello della strada, relativa sia ai fenomeni di caduta blocchi che agli eventi franosi di volume più significativo. I risultati ottenuti con la metodologia svizzera permettono inoltre di scegliere in prima approssimazione le opere di protezione più idonee a mettere in sicurezza l'elemento esposto al pericolo di frana (in questo caso la strada). La differenza di ore tra l'applicazione delle tre metodologie tende a ridursi quando il numero e le caratteristiche dei prodotti finali si assomigliano.

- le ore dedicate ai rilievi di terreno sono simili in valore assoluto (ad esempio alla Lombarda sono 58 h per Matterock short/light, 50 per Proviaalp e 48 per BRGM) ma diventano in percentuale circa 1/3 rispetto al monte ore totale per le metodologie BRGM e Matterock short/light, che prevedono la realizzazione di un rapporto finale standardizzato. Il lavoro di ufficio propedeutico alle osservazioni di campagna oscilla tra il 5% e il 10% del totale ore impiegato.

Il numero di persone impegnato nei rilievi di terreno è sempre pari o maggiore di 2 tranne che per l'applicazione Matterock short/light alla Lombarda (1 persona). Per il sito del Sempione svizzero Arpa ha svolto il rilievo impiegando 2 gruppi costituiti da 2 tecnici ciascuno. Nelle metodologie Matterock short/light e BRGM i rilievi di terreno, l'elaborazione dei dati raccolti e la redazione del rapporto finale sono affidati ad un gruppo di lavoro ristretto composto da 2 o 3 persone. Nel Proviaalp le diverse fasi dello studio sono spesso compiute da soggetti diversi e può succedere che chi fa i rilievi di terreno non sia la stessa persona che poi elabora i dati.

	Matterock short/light	BRGM	Proviaalp	
Tenda/Valle Roya (versante francese)	Lavoro preparatorio in ufficio	--	5%	
	Terreno	--	70%	
	Ufficio	--	25%	
	Totale ore	390	258	
	Personale impiegato	Terreno: 2 (15%) Ufficio: 1 (40%) + 1 (30%)	Terreno: 2 (35%) Ufficio: 1 (20%) + 1 (10%)	
	Prodotti	<ul style="list-style-type: none"> • Rapporto tecnico di dettaglio • Schede descrittive delle instabilità • Carta del <u>danger (CH)</u> di caduta blocchi e di frana a livello della strada • Risultati delle analisi traietto grafiche eseguite su alcuni siti specifici 	<ul style="list-style-type: none"> • Database delle aree omogenee (generalità, elementi strutturali, instabilità) • Rapporto sintetico (generalità area, geologia, rilievi) • Carta dei rilievi di terreno, carta delle instabilità ubicate e carta della pericolosità derivata • Carta elaborazione con i e carta della <u>suscettibilità (I)</u> derivata 	
Sempione/Valle Divedro (tratto italiano)	Lavoro preparatorio in ufficio	5%	--	
	Terreno	25%	--	
	Ufficio	70%	--	
	Totale ore	201	120	
	Personale impiegato	Terreno: 2 (12,5%) Ufficio: 1 (75%)	Terreno: 2 (9%) + 1 (2%) Ufficio: 1 (60%) + 1 (10%) + 1 (5%)	
	Prodotti	<ul style="list-style-type: none"> • Rapporto tecnico di dettaglio • Schede descrittive delle instabilità • Carta del <u>danger (CH)</u> di caduta blocchi e di frana a livello della strada • Risultati delle analisi traietto grafiche eseguite su alcuni siti specifici 	<ul style="list-style-type: none"> • Schede tecniche per sito • Rapporto tecnico • Carta delle <u>zones homogènes (F)</u> • Anilisi traietto grafiche e di propagazione • Cartografie della propagazione • Cartografie dell'<u>aléa chute de blocs (F)</u> 	

Sempione/Valle Divedro (tratto svizzero)	Lavoro preparatorio in ufficio	--	5%	5%
	Terreno	--	20%	60%
	Ufficio	--	75%	35%
	Totale ore	--	120	140
	Personale impiegato	--	Terreno: 2 (9%) + 1 (2%) Ufficio: 1 (60%) + 1 (10%) + 1 (5%)	Terreno: 4 (15%) Ufficio: 2 (10%) + 1 (20%)
Prodotti	Carta del <u>danger (CH)</u> di caduta blocchi e di frana a livello della strada (non prodotta nell'ambito del progetto)	<ul style="list-style-type: none"> Schede tecniche per sito Rapporto tecnico Carta delle <u>zones homogènes (F)</u> Analisi traietto grafiche e di propagazione Cartografie della propagazione Cartografie dell'<u>aléa chute de blocs (F)</u> 	<ul style="list-style-type: none"> Database delle <u>aree omogenee (I)</u> (generalità, elementi strutturali, instabilità) Rapporto sintetico (generalità area, geologia, rilievi) Carta dei rilievi di terreno e carta della pericolosità derivata Carta elaborazione con i e carta della <u>suscettibilità (I)</u> derivata Carta di <u>suscettibilità (I)</u> desunta dall'applicativo Rotomap 	
Lombarda/Vallone di S. Anna (versante italiano)	Lavoro preparatorio in ufficio	5%	5%	10%
	Terreno	35%	30%	50%
	Ufficio	60%	65%	40%
	Totale ore	166	160	100
	Personale impiegato	Terreno: 1 (35%) Ufficio: 1 (40%) + 1 (25%)	Terreno: 1 (20%) + 2 (5%) Ufficio: 1 (50%) + 1 (10%) + 1 (5%)	Terreno: 2 (25%) Ufficio: 3 (10%) + 1 (20%)
Prodotti	<ul style="list-style-type: none"> Rapporto tecnico di dettaglio Schede descrittive delle instabilità Carta del <u>danger (CH)</u> di caduta blocchi e di frana a livello della strada Risultati delle analisi traietto grafiche eseguite su alcuni siti specifici 	<ul style="list-style-type: none"> Schede tecniche per sito Rapporto tecnico Carta delle <u>zones homogènes (F)</u> Analisi traietto grafiche e di propagazione Cartografie della propagazione Cartografie dell'<u>aléa chute de blocs (F)</u> 	<ul style="list-style-type: none"> Database delle <u>aree omogenee (I)</u> (generalità, elementi strutturali, instabilità) Rapporto sintetico (generalità area, geologia, rilievi) Carta dei rilievi di terreno e carta della pericolosità derivata Carta dello stato di fratturazione e carta della <u>suscettibilità (I)</u> derivata Carta elaborazione con i e carta della <u>suscettibilità (I)</u> derivata Carta di <u>suscettibilità (I)</u> desunta dall'applicativo Rotomap 	

Tabella 4.5 – Prospetto riassuntivo delle ore di lavoro svolte dagli esperti di dominio dei tre enti rapportate al personale impiegato e ai prodotti finali ottenuti

4.3 – Trattamento dei dati

I metodi francese ed italiano necessitano di trattare a posteriori i dati rilevati sul terreno per poter ottenere un risultato finale che indichi la pericolosità o la suscettibilità dell'elemento esposto nei riguardi dei crolli.

Il metodo ProviaIp permette di avere i dati acquisiti sul terreno già in forma organizzata grazie all'uso di un *database* realizzato ad hoc installato su un *tablet pc*; rimane tuttavia la necessità di un lavoro informatico attualmente realizzabile solo in ufficio, che comporta:

- una prima fase in cui, attraverso l'utilizzo di codici di calcolo sviluppati dal Politecnico di Torino, a partire dai dati strutturali rilevati, si calcola la probabilità di rottura (I) di ogni cinematismo (I) e quindi un indice di distacco (I) per ogni area omogenea (I);
- una seconda fase che, attraverso l'applicazione del programma traiettografico Rotomap, permette di ottenere la suscettibilità (I) dell'elemento esposto.

Il prodotto finale è rappresentato da una "Carta della suscettibilità dell'asse viario".

Il metodo BRGM prevede un lavoro di ufficio che, a partire dai dati acquisiti sul terreno, comporta il disegno preciso delle zones homogènes (F) mediante un programma GIS, la realizzazione degli stereogrammi attraverso i quali vengono individuate le instabilità possibili ed il calcolo della susceptibilité de départ (F) per ciascuna zone homogène (F) classificata secondo 5 classi i cui estremi corrispondono ai valori "debole o nulla" e "molto forte".

Per visualizzare il controllo esercitato dalla topografia nei riguardi dell'evoluzione dei crolli è utilizzato su tutto il territorio studiato il programma di propagazione BORA; per le situazioni ritenute più significative viene inoltre eseguita un'analisi traiettografica di dettaglio attraverso i programmi Pierre 98 2D/3D.

Bora è un applicativo sviluppato dal BRGM che viene utilizzato in presenza di valli molto ampie, caratterizzate da falesie sub verticali e pendii sottostanti ben sviluppati e a pendenza debole, per valutare la propagazione laterale di uno o più blocchi. L'applicativo Pierre 98 si utilizza in modo vantaggioso per pareti con o senza pendio al piede, con lo scopo di valutare più precisamente la propagazione frontale dei blocchi. La differenza basilare tra i due programmi è che Pierre 98 si basa su parametri fisici mentre BORA utilizza la sola morfologia del terreno derivata dal DTM.

Infine l'insieme dei risultati ottenuti necessita dell'intervento dell'esperto di dominio per essere sintetizzato nella "Carta della pericolosità da caduta blocchi a livello dell'asse viario".

La metodologia Matterock short/light permette già sul terreno di ottenere una prima stima del danger (CH) e demanda al lavoro di ufficio la fase di interpretazione ragionata dei dati di terreno che confluisce nella preparazione della relazione tecnica finale e nell'allestimento delle cartografie. Il prodotto riassuntivo dello studio effettuato è rappresentato da un'unica carta dove sono rappresentate le aléa (CH), i fenomeni franosi accaduti in passato e il danger (CH) da caduta massi e frana in roccia a livello della strada.

4.4 – Confronto dei prodotti finali

Considerazioni generali

Il differente approccio seguito dai metodi di studio della problematica dei crolli di massi, che come specificato nei paragrafi precedenti si evidenzia nelle fasi sia di raccolta dei dati sia del loro utilizzo, si traduce necessariamente in un risultato finale, rappresentato per i metodi Arpa e BRGM in una carta della suscettibilità e per il metodo Matterock short/light in una carta del danger (CH) o pericolo in italiano, che risultano difficilmente confrontabili.

In primo luogo la tipologia del dato posto a confronto è alla base differente dal momento che la carta finale derivata dal metodo Matterock short/light è relativa ad una suscettibilità che implica una probabilità stimata di accadimento su un periodo di tempo massimo di 300 anni, la carta del metodo BRGM descrive

una suscettibilità nel breve termine (indicativamente 10 anni) e senza alcun riferimento all'energia cinetica dei blocchi in caduta, mentre la carta del metodo Provi alp rappresenta una suscettibilità di tipo spaziale che non implica considerazioni in merito alla ricorrenza o tempo di ritorno del fenomeno. Il concetto di pericolo svizzero, inoltre, integra la nozione di intensità, cioè dell'energia espressa in kJ.

Tralasciando la considerazione appena espressa, senza dimenticare però che appare piuttosto difficoltoso paragonare dati di natura diversa, dal confronto delle cartografie finali ottenute dall'applicazione dei 3 metodi emergono ulteriori disuniformità alcune delle quali riconducibili alla delimitazione delle aree omogenee (I)/zones homogènes (F)/aléa diffus (CH) in parete. Ad aree di dimensione diversa, infatti, corrispondono tratti di strada esposti a caduta massi di lunghezza e posizione differente.

Osservando i prodotti a confronto risulta evidente il diverso stile di rappresentazione cartografica determinato da una differente organizzazione di ciascuna legenda; in effetti si può constatare che il metodo Provi alp indica la suscettibilità (I) secondo una scala di colori a classi multiple che in occasione del progetto MASSA è stata suddivisa in modo puramente aritmetico in 3 classi relative (bassa, media, alta) individuate da una gradazione semaforica (figura 4.8a), il metodo BRGM prevede la classificazione dell'aléa chute de blocs (F) in 5 classi (da nulla a debole, debole, media, forte, molto forte) indicate da un colore differente (figura 4.8b), il metodo Matterrock short/light suddivide il pericolo in 12 classi, funzione della probabilità d'occurrence (CH) e dell'intensité (CH), ciascuna evidenziata da una lettera, a sua volta raggruppate in 3 categorie di danger (CH) (debole, medio, elevato) rappresentate da un colore (figura 4.8 c).

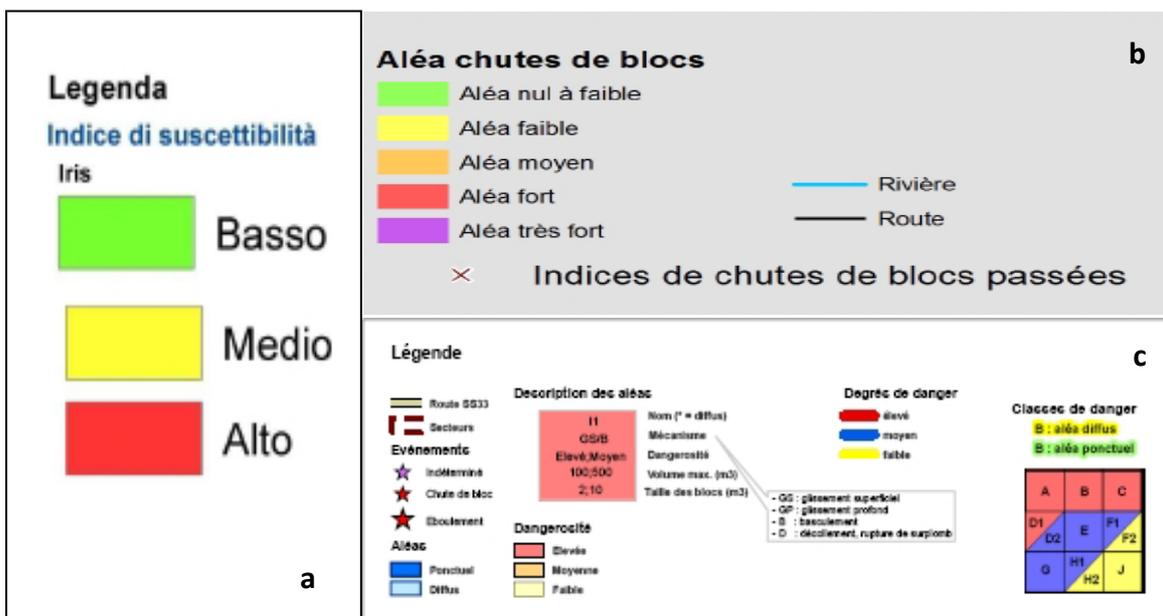


Figura 4.8 – Legenda delle carte di suscettibilità (I), aléa chute de blocs (F) e danger (CH) (a: metodo Provi alp; b: metodo BRGM; c: metodo Matterrock short/light)

Si tenga infine presente che mentre in Matterrock le classi di danger (CH) sono collegate a limiti costanti di energia (30 e 300 kJ) e di probabilité d'occurrence (CH) (30, 100 e 300 anni), le classi di aléa chute de blocs (F) francese e di suscettibilità (I) italiana non sono standard ma sono riferite al sito in esame per cui ad esempio un valore medio di aléa chute de blocs (F) in un sito di studio può non corrispondere esattamente ad un valore medio di aléa chute de blocs (F) calcolato in un altro sito.

Ponendo a confronto diretto le cartografie realizzate nel corso del progetto MASSA appare evidente che i prodotti ottenuti attraverso il metodo Matterrock short/light mostrano un livello di danger (CH) quasi sempre elevato mentre le carte ottenute con i metodi Provi alp e BRGM tendono ad essere caratterizzate da una proporzione più variegata delle classi di suscettibilità (I) e di aléa chute de blocs (F).

Questa differenza è legata al fatto che il metodo svizzero prende in considerazione la probabilité

d'occurrence (CH) del fenomeno caduta massi e l'energia. Se si considera infine che la legislazione di questo paese definisce di "intensità elevata" qualsiasi fenomeno con energia superiore ai 300 kJ ecco che si spiega facilmente la classificazione in "danger (CH) elevato" di gran parte dei tratti di strada oggetto di studio.

Se si considera ad esempio il risultato finale ottenuto per la zona di monte del Vallone di S. Anna a proposito dei cinematismi (I) / aléas diffus (CH) si osserva che la carta svizzera riporta un danger (CH) elevato compreso tra le classi A (intensità e probabilità di accadimento elevate) e B (intensità elevata e probabilità di accadimento media) mentre la carta francese e quella italiana individuano tratti soggetti a suscettibilità elevata più ristretti, la prima nei pressi della località Baraccone, la seconda in corrispondenza dei tornanti (figura 4.9 a, b, c).

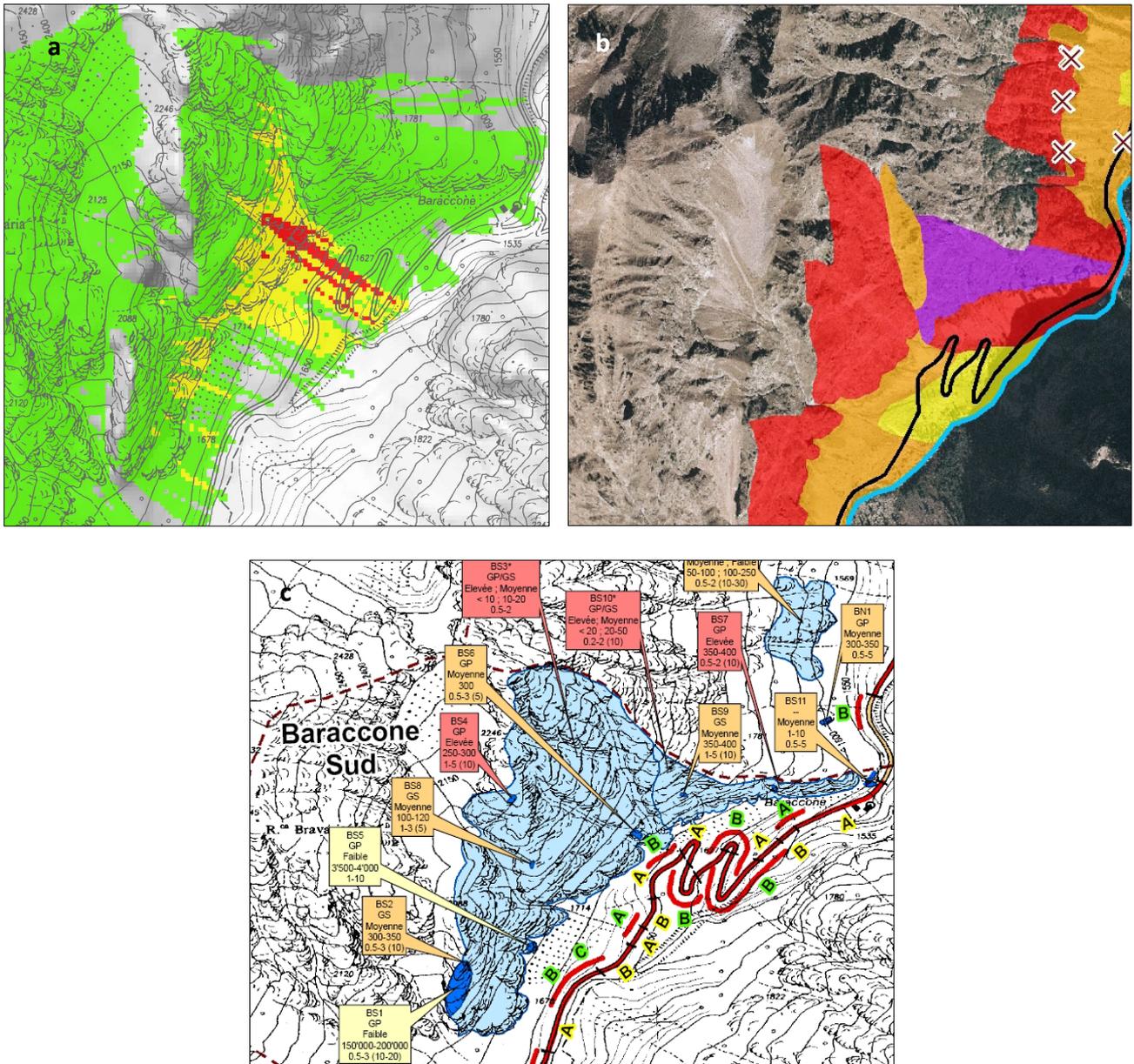


Figura 4.9 – Carte di suscettibilità (I), aléa chute de blocs (F) e danger (CH) (a: metodo Proviaalp; b: metodo BRGM; c: metodo Matterrock short)

Risultati del confronto

Malgrado i prodotti finali delle tre metodologie siano concettualmente diversi attraverso alcune semplificazioni è stato possibile mettere a confronto tra loro i risultati ottenuti. Per farlo è stato necessario procedere ad alcune semplificazioni:

- si sono messe a confronto la suscettibilità (I) (desunta dai rilievi di terreno o, se disponibile, dall'applicativo Rotomap), l'aléa final de chute de blocs (F) e la probabilité d'occurrence (CH) a livello della strada relativamente ai soli fenomeni di caduta massi, tralasciando la probabilità di accadimento legata alla mobilitazione di aléa ponctuels (CH) di volumi maggiori;

- sono state ridotte da cinque a tre le classi dell'aléa de chute de blocs (F) secondo il seguente criterio:

- da nulla a debole e debole = debole
- media = media
- da forte a molto forte = elevata.

La strada è stata suddivisa in tronconi di lunghezza e numero variabile ai quali è stato associato il valore di suscettibilità/probabilità di accadimento ottenuto dalle tre metodologie. Con la semplificazione sopradescritta si è assunto che la suscettibilità/probabilità di accadimento può essere bassa, media o elevata. Per tre dei quattro siti studiati (Tenda, Sempione svizzero e Sempione italiano) si è anche effettuato un confronto a 2. In questo caso si è distinto tra risultati in accordo (i valori di suscettibilità/probabilità di accadimento coincidono), risultati in disaccordo (quando i risultati differiscono di un grado, ad esempio basso-medio, medio-elevato) e i risultati in forte disaccordo (quando la valutazione è sensibilmente diversa: coppie basso-elevato) (tabella 4.6).

Lombarda (versante italiano)

Il sito della Lombarda è l'unico che è stato studiato *ex novo* nel quadro del progetto per cui non sono stati effettuati confronti a 2. Il confronto a 3 mette in luce una concordanza di risultati a 3 di appena l'8%. Confortante è il dato relativo a risultati in moderato disaccordo che raggiungono il 64% del totale. La differenza di valutazione può essere influenzata anche dal numero e dall'esperienza dei rilevatori impiegati sul terreno (1 persona per Matterock short/light, 2 per Proviaalp, 3 per BRGM).

Tenda (versante francese)

Il confronto a 3 dei risultati sul sito della valle Roya è condizionato dal fatto che il metodo BRGM non valuta l'aléa de chute de blocs (F) su gran parte del tratto di strada oggetto di studio. La percentuale di risultati in accordo comunque si attesta al 28%. Se si restringe il confronto alle metodologie Matterock short/light e Proviaalp la percentuale di risultati in accordo completo sale al 50%.

Nella statistica dei risultati non è stato incluso il tratto tra St. Dalmas e Tenda a causa della grande differenza sia nell'ubicazione dei tratti di strada esposti a caduta massi sia nella valutazione della probabilità di accadimento. In condizioni di osservazione molto difficili come in questo tratto (assenza di punti di osservazione panoramici, vegetazione particolarmente densa), i metodi speditivi applicati non danno risultati affidabili.

Sempione (tratto italiano)

Il sito del Sempione italiano è quello dove i risultati concordano di più sia in termini di stima della suscettibilità/probabilità di accadimento sia nella segmentazione dei tronconi. Se si restringe il confronto a Matterock short/light e BRGM, le uniche metodologie applicate *ex-novo* nell'ambito di questo progetto, la concordanza dei risultati è sorprendente. Su un solo tratto si ha una valutazione totalmente differente, probabilmente connessa alla presenza di una galleria. La convergenza tra i risultati è molto elevata ed è maggiore di quanto non risulti dai dati in tabella. La statistica non tiene infatti conto della lunghezza dei tronconi: su un totale di 4 tronconi lunghi, 3 mostrano risultati concordanti.

Difficile spiegare la concordanza di risultati in questo sito soprattutto se confrontata con il sito del Sempione

svizzero; probabilmente è da ricercare nelle condizioni di rilievo morfologico-strutturali più semplici, di osservazione relativamente più agevoli e nella minore lunghezza del tratto in studio.

Sempione (tratto svizzero)

La mancanza di punti di osservazione sul versante opposto e la morfologia estremamente acclive hanno reso difficile l'esecuzione dei rilievi di terreno. Solo in 3 segmenti di strada posti in prossimità di Gondo la valutazione è concordante. La discrepanza dei risultati è accentuata dal fatto che mentre i risultati Proviarp e BRGM derivano da uno studio speditivo eseguito ad hoc per il progetto MASSA, quelli svizzeri sono la somma di studi di dettaglio eseguiti nel tempo da vari professionisti. Il confronto a 2 tra risultati dello stesso livello di approfondimento (BRGM e Proviarp) mostra una concordanza bassa dei risultati (25%), soprattutto se confrontata con il sito del Sempione italiano (44%) e di Tenda (50%).

		Confronto a 3	Confronto a 2	
			(Proviarp-Matterock)	
Tenda/Valle Roya (versante francese)	3 risultati in accordo	28%	50%	Risultati in accordo
	2 su 3 in accordo	47%	31%	Risultati in disaccordo
	Disaccordo completo	25%	19%	Risultati in forte disaccordo
			(BRGM-Matterock)	
Sempione/Valle Divedro (tratto italiano)	3 risultati in accordo	28%	44%	Risultati in accordo
	2 su 3 in accordo	52%	53%	Risultati in disaccordo
	Disaccordo completo	20%	3%	Risultati in forte disaccordo
			(Proviarp-BRGM)	
Sempione/Valle Divedro (tratto svizzero)	3 risultati in accordo	8%	25%	Risultati in accordo
	2 su 3 in accordo	61%	64%	Risultati in disaccordo
	Disaccordo completo	31%	11%	Risultati in forte disaccordo
			--	
Lombarda/Vallone di S. Anna (versante italiano)	3 risultati in accordo	8%	--	Risultati in accordo
	2 su 3 in accordo	64%	--	Risultati in disaccordo
	Disaccordo completo	28%	--	Risultati in forte disaccordo

Tabella 4.6 – Confronto tra i risultati ottenuti dalle tre metodologie nei 3 siti di studio. Dettagli esplicativi nel testo

Il confronto dei risultati così esposto dimostra che non esiste una metodologia migliore in assoluto e applicabile in tutti i contesti. Si tratta di metodologie speditive e quindi di per se l'affidabilità non può essere elevata.

E' opportuno sottolineare tuttavia che le tre metodologie, benché speditive, sono quasi sempre in grado di riconoscere i tratti di strada sottoposti ad un livello di suscettibilità di crollo elevata e molto elevata e quelli invece poco o per niente esposti a questi fenomeni. Più problematico appare, invece, definire le situazioni intermedie.

Un esempio di utilizzo pratico di queste metodologie speditive nella pianificazione del territorio ci è offerto dalla collocazione di una centralina idroelettrica nel Vallone di Sant'Anna, la quale è stata posizionata proprio nell'unico tratto a suscettibilità elevata di caduta massi confermato dalle cartografie di tutte le tre metodologie (figura 4.10).

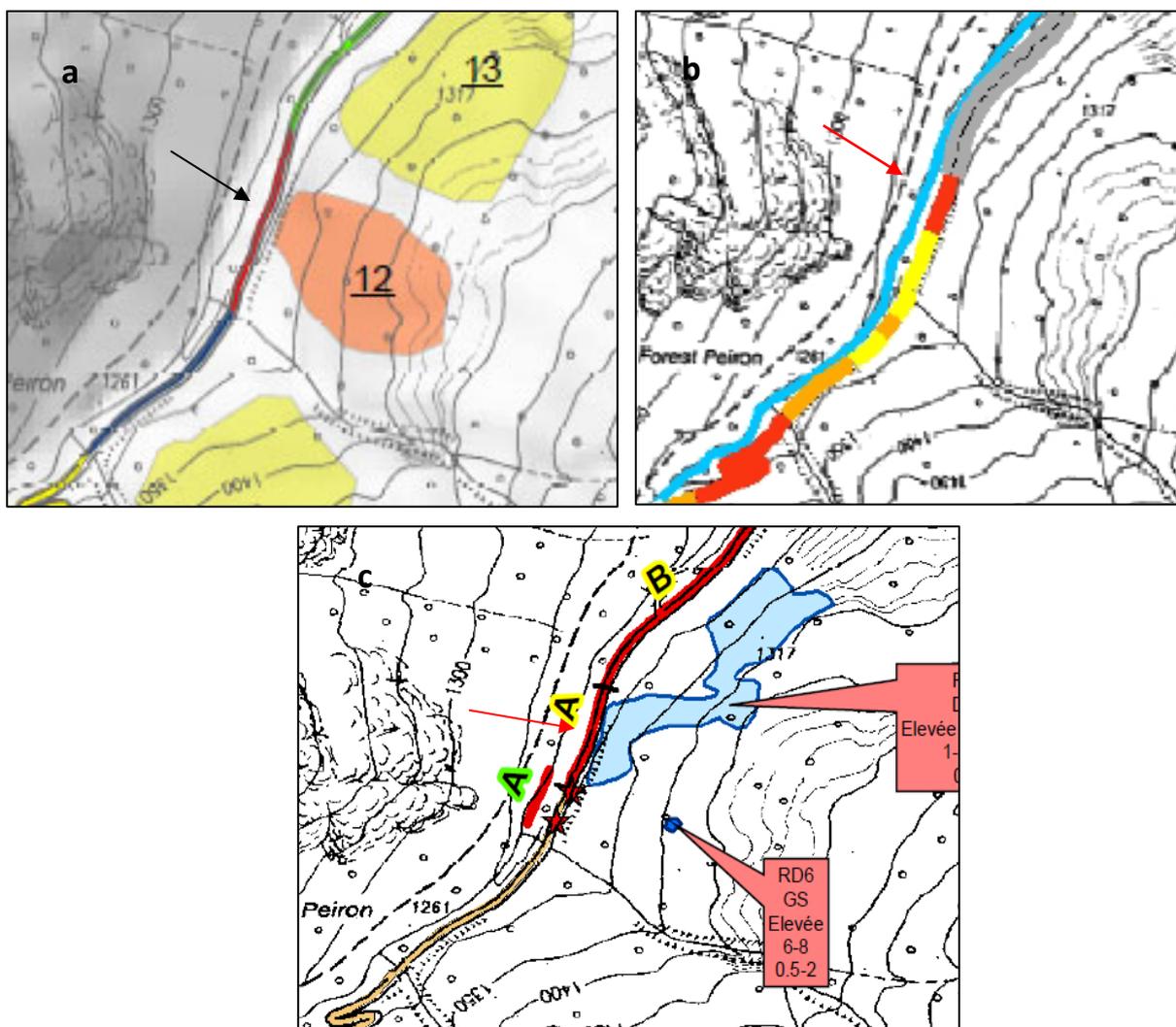


Figura 4.10 – Sito della Lombarda: carta della suscettibilità (I) (a), carta dell'aléa chute de blocs (F) (b) e del danger (CH) (c). La freccia indica la posizione della centralina idroelettrica