Zeitschrift: Bulletin für angewandte Geologie

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung der Petroleum-Geologen und –Ingenieure; Schweizerische Fachgruppe für Ingenieur-Geologie

Band: 3 (1998)

Heft: 1

Artikel: Geologische Naturgefahren in der Schweiz = Dangers géologiques en Suisse = Pericoli geologici naturali in Svizzera

Autor: Baumer, Adrian / Colombi, Alberto

Kapitel: Caso rappresentativo no. 11 : caduta massi sulla N2 a Rodi

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-220733

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Boll. Geol. appl.	vol. 3	no. 1	p. 121 - 129	Luglio 1998

Caso rappresentativo no. 11:

Caduta massi sulla N2 a Rodi

ADRIAN BAUMER* e ALBERTO COLOMBI*

Riassunto

Nel febbraio 1990 un grosso masso è caduto sulla corsia nord-sud della strada nazionale N2 a Rodi. Durante la ricognizione aerea della zona di stacco, effettuata subito dopo l'evento, si è dovuto constatare la presenza di ulteriori massi pericolanti. Come misura di emergenza, sulla parte inferiore del pendio sono state costruite due berme orizzontali con valli di protezione. L'esame più approfondito della zona di stacco eseguito da geologi assieme a ingegneri civili e l'analisi matematica fisica delle traiettorie hanno portato all'esclusione dei metodi distruttivi (mine e sgombero) o di protezione passiva (reti) per il risanamento della parete. I massi pericolanti sono stati sottomurati e ancorati, le fessure aperte sono state sigillate e le masse rocciose critiche sono state munite di sistemi di drenaggio. I lavori sono stati completati nell'autunno 1996 senza incidenti di rilievo, a un costo complessivo di due milioni di franchi circa.

Zusammenfassung

Im Februar 1990 stürzte aus etwa 250 Höhe ein grosser Felsblock auf die nach Süden führende Fahrbahn der Nationalstrasse N2 bei Rodi in der oberen Leventina. Bei der unverzüglich durchgeführten Kontrolle des Bereiches der Ausbruchnische wurde das Vorhandensein von weiteren unstabilen Blöcken festgestellt. Mit dem sofortigen Bau von zwei horizontalen Bermen mit Schutzwällen im unteren Teil des Hanges wurden die ersten Schutzmassnahmen getroffen. Die weitere Untersuchung der Abbruchzonen durch die Geologen zusammen mit Bauingenieuren und Physikern (für die Simulation der Block-Sturzbahnen) führte zur Überzeugung, dass für die Sicherung des Hanges weder Sprengungen noch Steinschlagnetze eingesetzt werden können, und dass die zuverlässigsten Massnahmen in der Untermauerung und Verankerung der Blöcke bestehen, zusammen mit der Versiegelung von offenen Spalten und der Entwässerung der stabilisierten Felsmassen. Die Arbeiten wurden ohne Unfälle im Herbst 1996 abgeschlossen und die Gesamtkosten belaufen sich auf ungefähr zwei Millionen Franken.

1. Descrizione dell'evento

Nella prima mattina di sabato 24 febbraio 1990 un masso proveniente dal fianco sinistro della valle ha attraversato la strada nazionale N2 Chiasso-Basilea, tratto Faido-Varenzo, rimbalzando lungo il pendio e sulla corsia N-S, fermandosi finalmente a valle della strada, sulla berma a quota 942 msm che forma la sponda sinistra del fiume Ticino. Al punto d'impatto finale il masso misurava ancora 4 x 2.5 x 1.5 metri

*Dr. Baumer SA, Geologi Consulenti, 6612 Ascona

circa (volume 15 m^3) (fotografia no. 1). Lungo il pendio a monte della strada due ulteriori punti di rimbalzo hanno potuto essere identificati.
La zona di stacco è stata individuata nella parete rocciosa a circa 250 metri sopra il livello della strada nazionale.

2. Situazione geologica

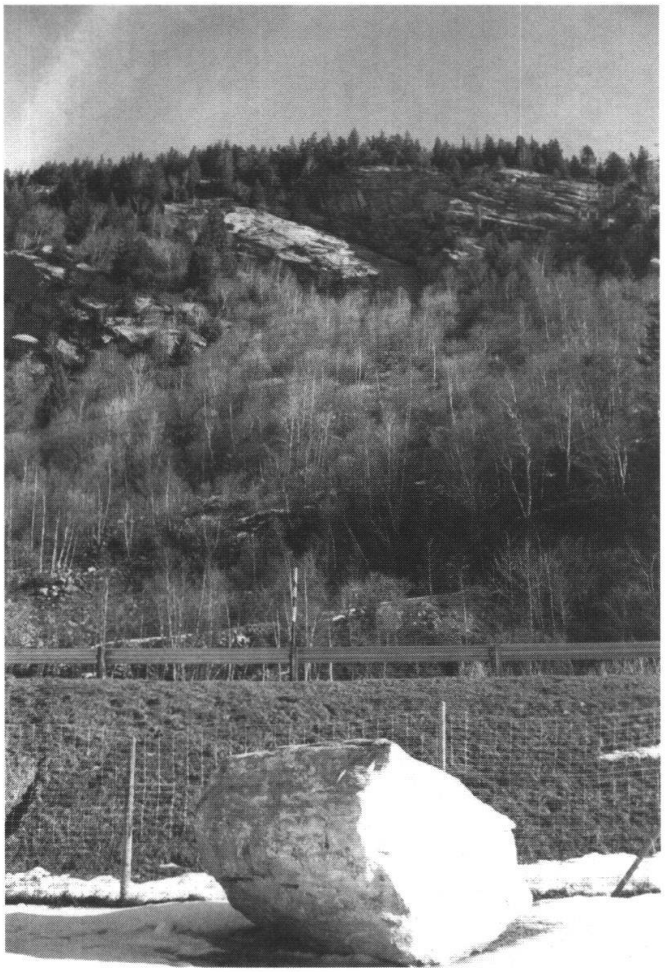
La Valle Leventina è intagliata nelle rocce cristalline dei ricoprimenti pennidici detti del Simano, del Lucomagno e della Leventina. I gneiss della Leventina formano la parte inferiore dei due versanti della valle e consistono in banchi grossi di gneiss chiari, generalmente inclinati verso sud e sud-ovest. Gli orizzonti che separano i banchi litologici sono frequentemente arricchiti di mica e danno così luogo a situazioni instabili sul versante sinistro della valle, dove i banchi litologici hanno un'immersione più o meno parallela ai pendii. La massa rocciosa è attraversata da altri sistemi di discontinuità tra le quali predominano le diaclasi trasversali orientate N-S e E-O, ambedue sub-verticali.

Localmente il fianco roccioso è limitato verso il basso (a quota 1070 msm circa) da un cono di materiale detritico grossolano, in parte probabilmente di origine natura-

Ausbruchstelle — zona di stacco

Berme und unterer Schutzwall — berma e vallo di protezione inferiore

Nationalstrasse N2 — sedime della strada nazionale N2



Fotografia 1: Zona di stacco e luogo dell'impatto finale del masso caduto il 24.2.1988.
Ablösungsbereich und Endpunkt der Flugbahn des am 24.2.1988 abgestürzten Blockes.

le, in parte formato dagli scarti dell'antica cava ubicata nella roccia sovrastante e sfruttata nella prima metà di questo secolo per la produzione di dadi destinati alla pavimentazione della strada del San Gottardo.
Con lo sfruttamento della cava il banco di gneiss che poggiava sul piano di scistosità inclinato di 43°-52° verso valle (ossia verso SSO) è stato scavato e al limite dell'area di scavo sono state lasciate delle scarpate rocciose parzialmente disturbate.

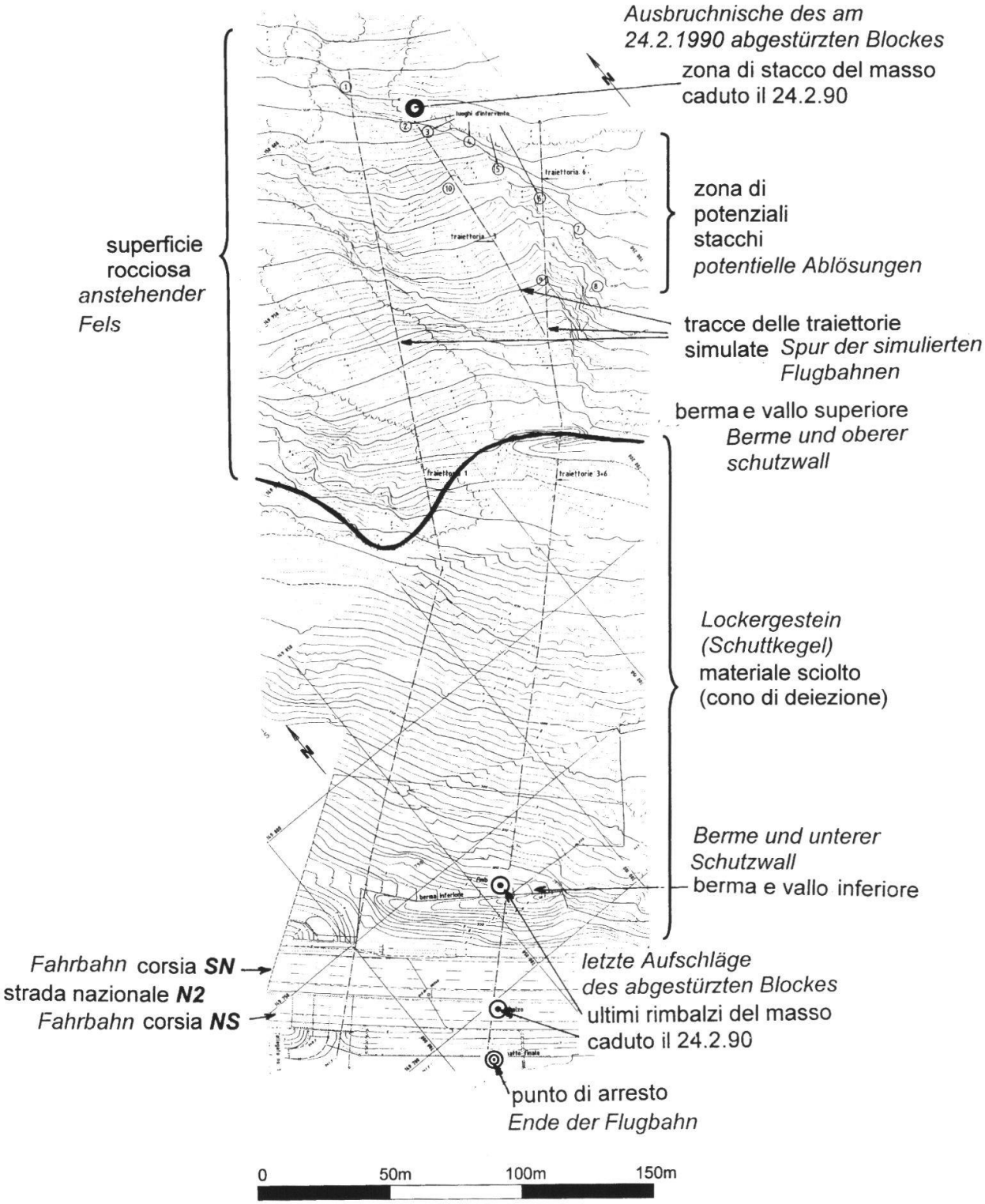
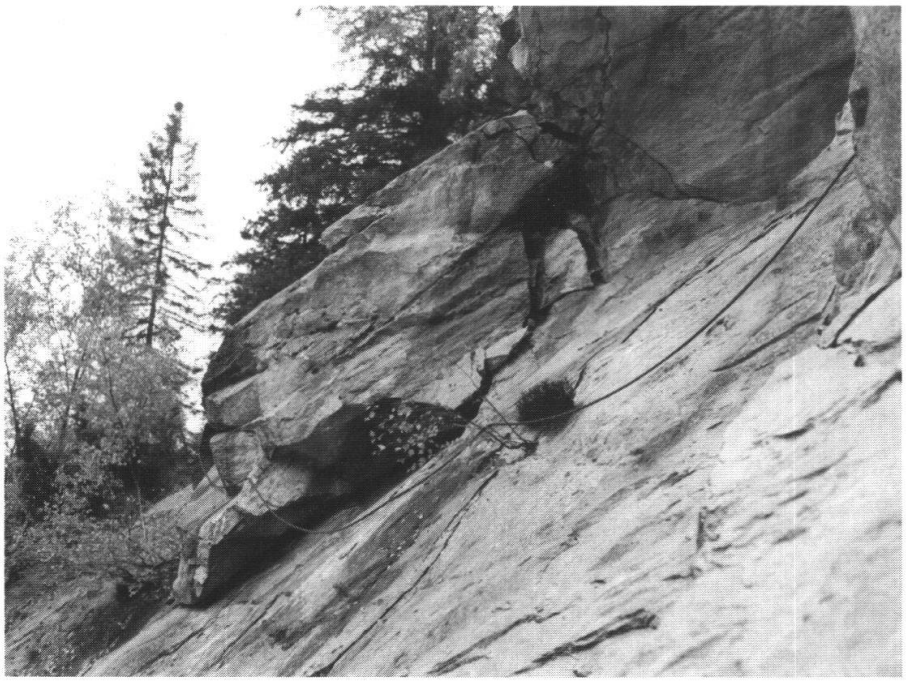


Fig. 1: Situazione dell' area interessata dalla caduta dei massi - *Einflussbereich der Blockstürze*

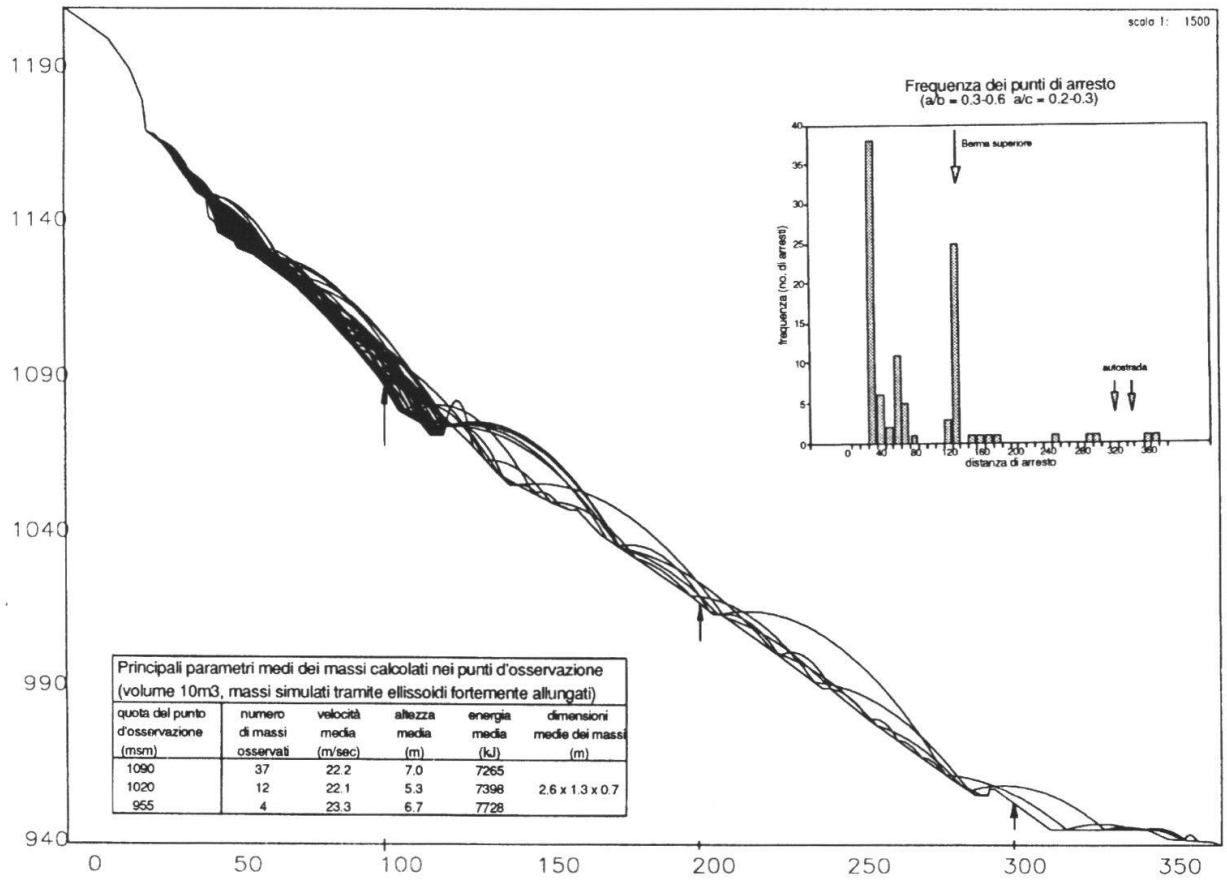


masso pericolante
gefährdeter Felsblock

superficie di slittamento (piano di scistosità/diaclasi di decompressione)

Abrutschfläche (Schieferung / Talkluft)

Fotografia 2: Luogo di stacco del masso; blocchi rimasti in equilibrio precario.
Ausbruchstelle und zurückgebliebene gefährdete Felsmasse.



Principali parametri medi dei massi calcolati nei punti d'osservazione (volume 10m3, massi simulati tramite ellissoidi fortemente allungati)

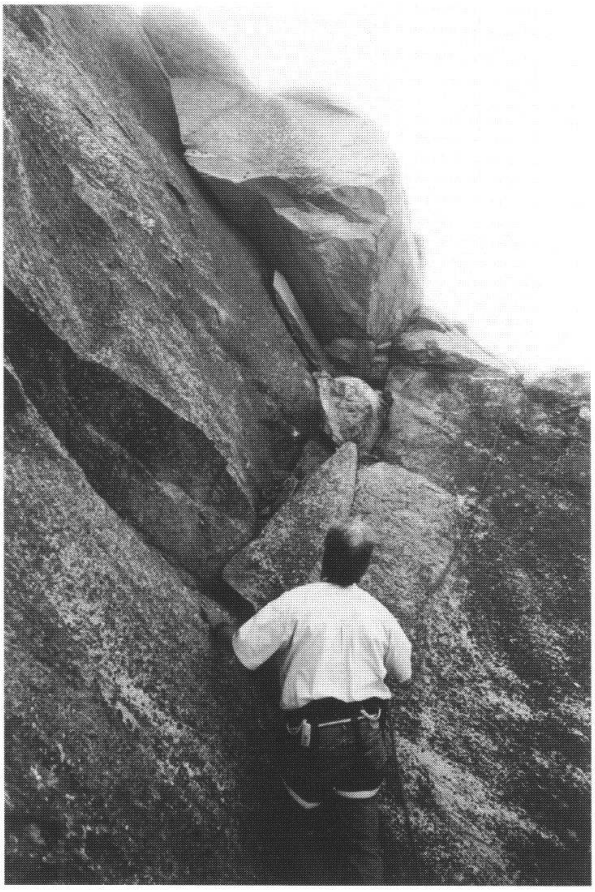
quota del punto d'osservazione (msm)	numero di massi osservati	velocità media (m/sec)	altezza media (m)	energia media (kJ)	dimensioni medie dei massi (m)
1090	37	22.2	7.0	7265	
1020	12	22.1	5.3	7398	2.6 x 1.3 x 0.7
955	4	23.3	6.7	7728	

Fig. 2: Simulazione delle traiettorie; zona di stacco in alto a sinistra, sedime dell'autostrada in basso a destra. / *Simulation der Flugbahnen; Ablösungsbereich oben links, Autobahn unten rechts.*

3. Metodi di indagine e lavori eseguiti

Durante il primo sopralluogo geologico dopo l'evento, in data 7 marzo è stata dapprima ispezionata la zona d'impatto del masso ed è stata seguita la linea di caduta. Quindi, a bordo di un elicottero, è stata sorvolata la parete rocciosa da dove si è staccato il masso. Come misura immediata è stata decisa la costruzione di una berma e di un vallo lungo la pista già esistente al piede del pendio ed è pure stata decisa la creazione di un camminamento nella parete. Quest'ultimo ha permesso l'esame dettagliato con il quale si è potuto rilevare la presenza di numerosi massi in equilibrio precario (esempio vedi fotografia no. 2). Ogni singolo masso è stato descritto e fotografato; in collaborazione con il progettista ing. Silvano Ceresa è stata valutata la stabilità e l'entità delle misure necessarie per la stabilizzazione (figura no. 1 e fotografia no. 3).

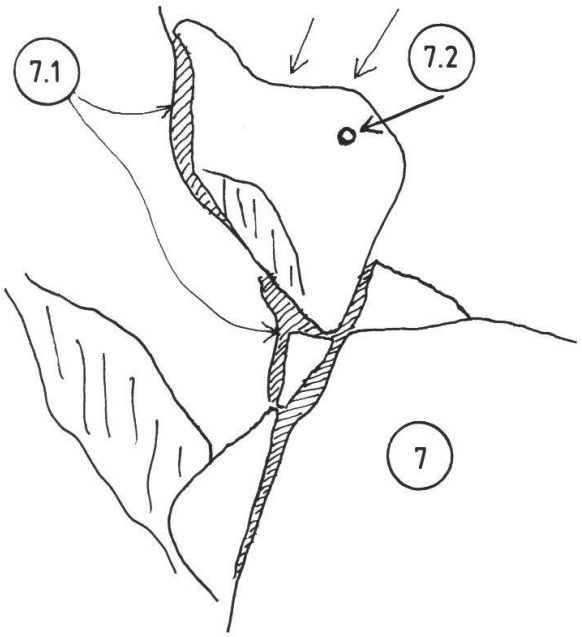
Per una rapida analisi delle condizioni di sicurezza e dell'effetto di eventuali opere di protezione è stato elaborato un programma semplificato per la simulazione matematica delle traiettorie di caduta presentate sulla cartina della figura no. 3.
In seguito sono stati raccolti i dati necessari per un esame più approfondito delle traiettorie, esame eseguito dal dr. D. Bozzolo dell'Istituto Cantonale Tecnico Sperimentale (figura no. 2).



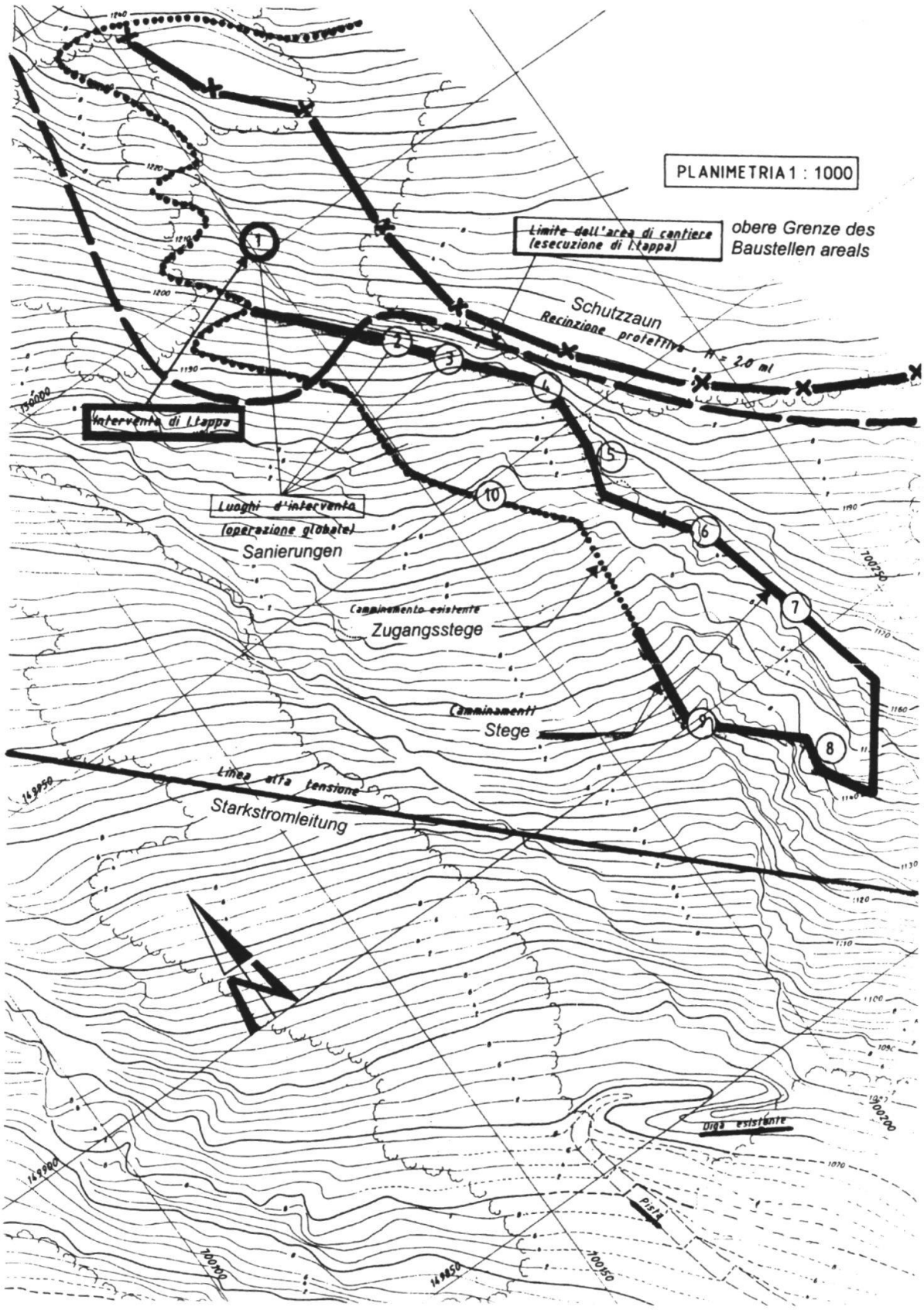
Zona 7:

7.1 impermeabilizzazione delle fessure aperte/
Versiegelung offener Klüfte

7.2 ancoraggio di un blocco pericolante
Verankerung eines losen Blockes



Fotografia 3: Progettazione di un intervento locale. - *Planung einer lokalen Sanierung.*



1: 1000

0 10m 20m 30m

Fig. 3: Estensione dalla zona di risanamento.
Ausdehnung des Sanierungsbereichs.

4. Interpretazione

Lungo il limite superiore dell'area di sfruttamento dell'antica cava è rimasta una scarpata ripida nella quale sono incorporati numerosi massi parzialmente staccati, appoggiati su un piano inclinato verso valle.

4.1 Modello geologico

Lo scavo nella cava ha seguito l'andamento di un piano di scistosità (limite di un banco litologico) che è inclinato di 43° a 52° verso sud-sud-ovest. La roccia è tagliata dai vari sistemi di discontinuità in elementi poliedrici e frequentemente le fessure che li separano sono aperte. Alcuni di questi elementi sono completamente staccati e sono rimasti in posto unicamente per la forza d'attrito lungo la superficie d'appoggio e in parte servono d'appoggio precario per i massi sovrastanti. Altri elementi sono ancora parzialmente incastrati e frequentemente trattengono altro materiale.
Si può presumere che in condizioni normali la massa rocciosa è sufficientemente permeabile ma non è da escludere che in periodi di forti e prolungate precipitazioni possa formarsi una falda temporanea che può causare delle pressioni interstiziali elevate.

4.2 Causalità

La principale causa delle condizioni prevalenti prima dell'intervento è l'abbandono della cava. In quel momento (inizio del secolo) la rinuncia a qualsiasi provvedimento è stata giustificabile visto che sul pendio sottostante e tra il piede del versante e la sponda sinistra del fiume Ticino non esistevano delle infrastrutture importanti.
Tutti i massi considerati precari sono appoggiati su un piano con un'inclinazione critica verso valle. Questi massi, trovandosi esposti alla superficie, possono venire sottoposti a sollecitazioni dovute a vibrazioni del terreno, al gelo o alla dilatazione termica come pure a pressioni idrostatiche.
L'ulteriore stacco repentino di uno qualsiasi dei massi era perciò possibile, con un grado di probabilità difficilmente valutabile.

4.3 Analisi dei rischi

Con l'evento del 24 febbraio 1990 è stata sfiorata per poco una tragedia: il masso è caduto poco dopo il passaggio di un convoglio di pullman esteri. Dopo l'esame della zona di stacco si era concluso che il pericolo di stacco di altri massi persisteva e che la probabilità era molto elevata che la loro traiettoria avrebbe potuto coinvolgere una o addirittura entrambe le corsie della strada nazionale. Si doveva perciò attribuire un grado di rischio molto alto, il che giustificava un intervento mirato all'eliminazione del rischio.

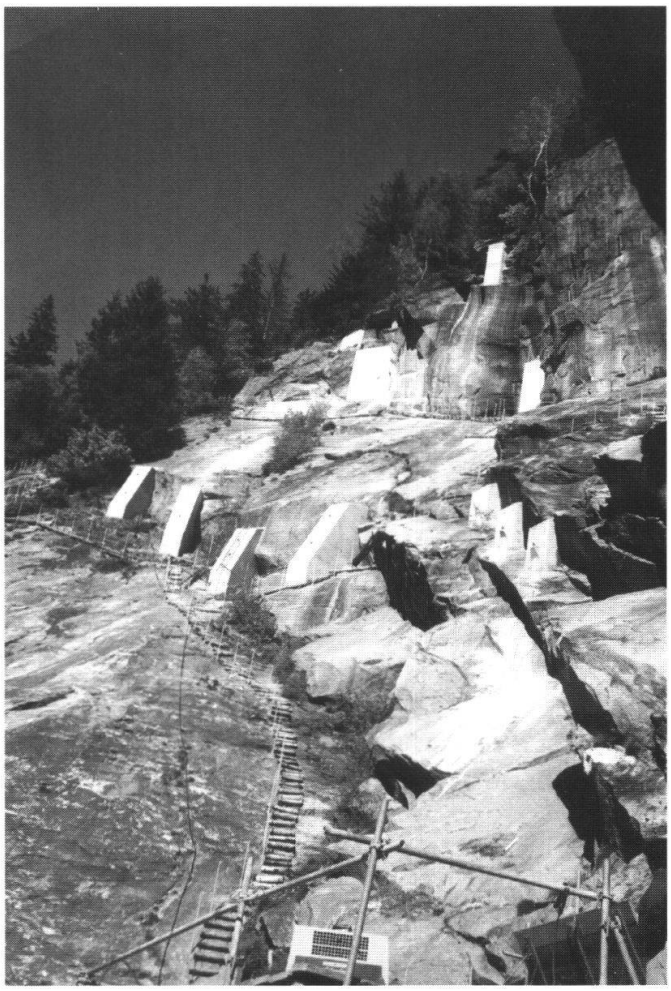
5. Interventi

5.1 Misure di emergenza

Due settimane dopo l'evento si è dato inizio alla costruzione di una berma di contenimento lungo la pista esistente al piede del pendio. A questo scopo è stata creata una piattaforma d'impatto e i massi grossi risultanti dallo scavo sono stati utilizzati per la costruzione di una massicciata lungo il ciglio esterno della berma. In seguito è

Fotografia 4:
vista generale della zona d'intervento con camminamenti, speroni, sottomurazioni e ancoraggi, appoggiati su piani rocciosi inclinati di 40°-45° verso sudovest

Ansicht des sanierten Bereiches der Talflanke mit den Zugangsstegen, Betonpfeilern, Stützmauern und Felsankern, aufstehend auf 40°-45° nach Südwesten geneigten Felsoberflächen



stata creata una pista d'accesso al piede della parete rocciosa dove è stata costruita un'altra piattaforma d'impatto assieme ad un vallo di protezione.
Contemporaneamente è stata iniziata la costruzione di sentieri d'accesso dall'alto e di camminamenti nella parete rocciosa.

5.2 Lavori di consolidamento

Con la creazione di camminamenti si è potuto procedere all'individuazione e alla descrizione degli elementi pericolanti. Assieme all'ingegnere progettista, sul posto è stata valutata la stabilità di ogni singolo elemento e sono stati scelti i metodi d'intervento per il consolidamento. Il progettista ha in seguito elaborato un programma di intervento che è servito per la stesura dei documenti di appalto.
I lavori di consolidamento sono stati iniziati nell'estate del 1994 e hanno dovuto essere interrotti per le stagioni invernali quando ghiaccio e neve rendevano troppo pericolosa la presenza di manodopera.
In una prima fase è stato sgomberato il materiale che costituiva un pericolo per gli operatori sul posto e di seguito sono stati costruiti i camminamenti d'accesso con corde fisse e scalinate. Il consolidamento dei massi è proceduto dall'alto del pendio verso il basso ed è sempre stato iniziato con il getto di un muro o di uno sperone di sostegno (in calcestruzzo armato, trasporti con elicottero), seguito dall'installazione di ancoraggi passivi (fotografia no. 4). Tutte le zone d'intervento sono state munite di tubi drenanti e di fori di drenaggio.

Dopo un controllo della zona nella fase finale è stato deciso di estendere il lavoro di consolidamento ad altri massi, non inclusi nel programma iniziale. In complesso l'intervento ha compreso i seguenti lavori:

- costruzione delle berme e dei valli
- costruzione della pista d'accesso a valle
- costruzione del sentiero d'accesso dall'alto e sgombero dei materiali sciolti
- costruzione dei camminamenti in facciata
- sottomurazione, ancoraggio, sigillatura di fessure aperte e misure di drenaggio.

Il costo complessivo dei lavori ammonta a due milioni di franchi circa.

6. Conclusioni

- L'evento del 24 febbraio 1990 segnala la presenza di una situazione di pericolo sul pendio sovrastante la strada nazionale N2 a Rodi, tra Airolo e Faido
- Una prima riduzione del rischio per la strada nazionale è stata ottenuta con la costruzione di due berme di trattenimento e con lo spurgo preliminare
- La perlustrazione della zona di stacco ha rilevato la presenza di un numero importante di massi pericolanti e la simulazione matematica delle potenziali traiettorie ha dimostrato che la probabilità che un masso arrivi sul sedime dell'autostrada è ancora elevato e che l'energia cinetica supera la resistenza delle reti in commercio
- Per la sistemazione della scarpata è stato scartato il metodo di rimozione dei massi con esplosivo: l'allontanamento degli elementi pericolanti avrebbe potuto mettere in pericolo la stabilità della massa rocciosa sovrastante
- Le zone d'intervento identificate in precedenza sono state consolidate e protette con sottomurazioni, ancoraggi, sigillatura delle fessure aperte, drenaggi
- I lavori eseguiti in un ambito difficile e pericoloso si sono svolti senza incidenti di rilievo.