

**MITTEILUNGEN
DER FORSTLICHEN BUNDESVERSUCHSANSTALT
WIEN**

(früher „Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs“)

153. Heft

1984

1982 – 1983

**BEITRÄGE ZUR WILDBACHEROSIONS-UND LAWINENFORSCHUNG
ODC 116:384:971**

*Contributions to Research on Torrent Erosion and Avalanches
Essais sur la Recherche d'Erosion Torrentielle et des Avalanches*

(5)

Fachgruppe	IUFRO Subject Group S1.04-00	Group sectoriel
------------	------------------------------------	-----------------

Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und
Muren, Schneeschäden und Lawinen

Prevention and Controll of Torrent Erosion, Floods and Mud Flows,
Snow Damage and Avalanches

Prévention et correction de l'érosion torrentielle, des crues et
des laves torrentielles, du dommage par la neige et des avalanches

Herausgegeben
von der

Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien

Forstliche Bundesversuchsanstalt in Wien, Österreichischer Anzeiger 1141 Wien

Copyright by
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A-1131 Wien

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Printed in Austria

ISBN 3 7040 0817-6

Herstellung und Druck
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A-1131 Wien

I N H A L T - C O N T E N T - S O M M A I R E

	Seite/Page
Vorwort	7
Preface	10
Préface	13

TEIL / PART / PARTIE I

FAO/IUFRO - Symposium

"Wechselbeziehungen zwischen Wildbacherscheinungen und Erdbeben"
"Relationship between torrential phenomena and seismic events"
"Rapport entre les phénomènes torrentiels et les événements
sismiques"

30. September 1982, Palermo, Italien.

<u>KRONFELLNER-KRAUS, G.</u> : Wechselbeziehungen zwischen Erdbeben und Wildbachtätigkeit	19
<u>QUERINI, R.</u> : Sismicité dans les Alpes Carniques et Juliennes: Résultat des activités d'aménagement Hydrolique et forestier	29
<u>PALMENTOLA, G.</u> : Considerations on the possibility of evaluating the effects of earthquake on erosion in Basilicata (Italy)	41
<u>PALMENTOLA, G. & S. PUGLISI & G. TRISORIO-LIUZZI</u> : Wasser- und Forstregulierung in den rutschgefährdeten Fluß- becken von Trivigno (Basilikata) im südlichen Apennin im Gebiete des Erdbebens von 1980	49
<u>BRÜCKL, E.</u> : Bericht über seismische Untersuchungen im Bereich des Talzuschubes im Gradenbach (Kärnten, Österreich).....	69

TEIL / PART / PARTIE II

Nachträge - Addenda - Suppléments

	Seite/Page
DJOROVIC, M.: Relation between water and sediment discharge volumes in experimental watershed "Ralja"	77
RICE, R.M & D.J. FURBISH: Erosion and soil displacement related to timber harvesting in Northwestern California, U.S.A.	99
SHIMOKAWA, E.: Slope failure in volcanic region of southern Kyushu, Japan	111
OCHIAI, H.: The stress measurement on the surface layer of landslide area	123
TSUKAHARA, H. & OHTANI, H.: Mechanism of occurrence of snow damages to forestation trees in North-East Japan ...	133
TAIRA, H.: The process of bend forming and reerecting of the lower part in the stem due to snow pressure and the tree weight increase in Tateyama Sugi (Cryptomeria Japonica, D.Don) plantations	139

TEIL / PART / PARTIE III

REGIONALE LAWINENTAGUNG IUFRO/ÖGG

der IUFRO (Fachgruppe S1.04-00) und der ÖGG (Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, Arbeitskreis für Eis, Schnee und Lawinen)

22. April 1983, Salzburg, Österreich

Seite/Page

KRONFELLNER-KRAUS, G.: Aktuelle Probleme der Lawinenforschung in Frankreich, Japan und Österreich (Bericht von Tagungen und Studienreisen)	151
LACKINGER, B.: Schnee- und Lawinenforschung am Institut für Bodenmechanik, Felsmechanik und Grundbau der Universität Innsbruck: 1) Untersuchungen an Gleit-schneelawinen, 2) Boden- und felsmechanische Probleme bei Lawinenschutzbauten	155
NEUBAUER, F.: Fortschritte in der Schnee- und Lawinenmeßtechnik durch den Einsatz von Mikroprozessoren	175
BUNZA, G. & R. CHRISTA & E. PRÖBSTLE: Einfluß von Schneefeldsprengungen auf die Erosion	181
MERWALD, I.: Über die Lawinenstatistik in Österreich	191
SCHAFFHAUSER, H.: Wetterlagen und Schneedeckenentwicklung (am Beispiel einer inneralpinen Hanglage)	205

V O R W O R T

Das vorliegende Heft stellt eine Fortsetzung der Bemühungen dar, durch Vermittlung von Arbeitsergebnissen den Informationsfluß zu beschleunigen und damit zu einer allenfalls möglichen Leistungssteigerung der Wildbacherosions- und Lawinenforschung beizutragen.

Das nunmehr fünfte Heft in dieser Serie beinhaltet vor allem Tagungsbeiträge zweier Veranstaltungen der IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 für "Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen", die in den Jahren 1982 und 1983 stattgefunden haben, sowie einige (vor allem durch lange Postwege) verspätet eingelangte Manuskripte vorangegangener Tagungen. Dementsprechend gliedert sich das Heft in drei Teile.

FAO/IUFRO SYMPOSIUM IN PALERMO, ITALIEN:

Im ersten Teil sind die Beiträge des gemeinsamen "FAO/IUFRO-Symposiums über Wechselbeziehungen zwischen Wildbacheroscheinungen und Erdbeben" zusammengefaßt. Dieses Symposium fand am 30. September 1982 im Rahmen der dreizehnten Tagung der Arbeitsgruppe für die Regelung von Gebirgseinzugsgebieten (MW) der Europäischen Forstkommission (EFC) der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation (FAO) der UNO vom 27. September bis 9. Oktober 1982 in Palermo, Italien statt. 76 Teilnehmer vertraten dabei 11 Mitgliedsländer der Europäischen Forstkommission, Tunesien, sowie internationale Organisationen (FAO, IUFRO, UNEP).

Die XIII. FAO/EFC/MW-Arbeitsgruppentagung war eine Jubiläumsveranstaltung. Die Arbeitsgruppe traf sich nämlich 1952, vor dreißig Jahren erstmals in den französischen Alpen um die dortigen klassischen Wildbachgebiete zu studieren. Seither haben solche Tagungen und Studienreisen in 2- bis 3-jährigen Abständen in fast allen europäischen Gebirgsländern stattgefunden und das Fachgebiet, durch die Ermöglichung eines ständigen Wissens- und Erfahrungsaustausches ungemein bereichert. Dies hat auch bald zu einer engeren Zusammenarbeit zwischen den praktischen Verbauungsdiensten (die in der FAO/EFC/MW-Arbeitsgruppe vertreten sind) und den mehr wissenschaftlich orientierten Organisationen (vor allem der IUFRO-Fachgruppe) geführt. Und zwar haben die genannten Gruppen der FAO und IUFRO wiederholt spezielle Themen gemeinsam behandelt, wie zum Beispiel beim Sperren-Kolloquium 1972 in Wien oder beim Kolloquium über die Forschung in kleinen Wildbach-Einzugsgebieten 1981 in Grenoble, Frankreich.

Nach den schweren Erdbeben-Katastrophen in Friaul 1976

vermitteln einen Überblick über den Wissens- und Kenntnisstand auf diesem Gebiet. Nach Einführung in das Generalthema folgen ausführliche Referate aus Friaul und Süd-Italien. Der letzte Bericht ist einem Anwendungsgebiet der Mikroseismik, der Erkundung von Rutschungen, gewidmet.

FORSCHUNGEN IN KLEINEN EINZUGSGEBIETEN

Im zweiten Teil dieses Heftes sind die (verspätet eingelangten und zusätzliche) Berichte zusammengefaßt, die den vorangegangenen Tagungsthemen entsprechen. Dieser Fragenkomplex reicht von der Wasser- und Feststoffführung kleiner Einzugsgebiete über Erosion, Bodenbewegungen und Rutschungen bis zu Schneeschäden und Lawinen, mit besonderer Berücksichtigung der Vegetation und Funktion und Behandlung des Schutzwaldes. Sie ergänzen thematisch den Band 4 der vorliegenden Serie (Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, Heft 144/1982).

REGIONALE, IUFRO/ÖGG LAWINENTAGUNG IN SALZBURG

Der dritte Teil dieses Heftes enthält die zur Publikation vorgelegten Beiträge einer für den Ostalpinen Raum in Salzburg, Österreich, am 22. April 1983 organisierten, regionalen Lawinentagung. Bei dieser trafen Vertreter verschiedener Fachrichtungen, und zwar Mitglieder des "Arbeitskreises für Eis, Schnee und Lawinen" (AKESL) der "Österreichischen Gesellschaft für Geomechanik" (ÖGG) und der IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 erstmals zu einem gemeinsamen Gedankenaustausch zusammen. Der ÖGG/ESL-Arbeitskreis besteht seit etwa zehn Jahren und hat sich im Anschluß an die Geomechanik-Kolloquien oder aber im Frühjahr regelmäßig in Salzburg getroffen. Da auf kleinerem Raum auch die Zahl derjenigen, die sich auf ur-eigenstem Gebiet mit Schnee und Lawinen befassen relativ klein bleibt, kann hier durch gemeinsame Veranstaltungen eher eine Intensivierung der Zusammenarbeit erwartet werden. Tatsächlich behandelten 16 Teilnehmer aus Bayern und Österreich in neun Referaten: Aktuelle Lawinenforschungen im In- und Ausland, Mikroseismische Messungen und Einsatz von Mikroprozessoren, automatische Schneemessungen und Schneedeckenentwicklung, Lawinenstatistik, Schneefeldsprengung und Erosion, sowie Fundierungs- und Konstruktionsprobleme bei verschiedenen Lawinenverbauungen. Es ist beabsichtigt, die Reihe dieser gemeinsamen, regionalen Arbeitstagungen fortzusetzen.

DANKSAGUNG

Abschließend sei Allen gedankt, die zum Gelingen beider Veranstaltungen, vom Anbeginn bis zur Fertigstellung der Publikation, beigetragen haben. Insbesondere gilt der Dank allen Referenten, Dolmetschern und Organisatoren mit allen ihren Mitarbeitern.

Die FAO/EFC/MW-Arbeitsgruppentagung fand auf Einladung der Italienischen Regierung statt und für die Organisation des gemeinsamen FAO/IUFRO-Symposiums ist dem Präsidenten, Herrn Prof. Dott. S. Puglisi und vor allem dem Sekretär dieser Arbeitsgruppe in der FAO in Rome, Herrn L.S. Botero zu danken.

Für Unterstützung und gewährte Gastfreundschaft bei Abhaltung der IUFRO/ÖGG-Lawinentagung in Salzburg gebührt dem Präsidenten der ÖGG, Herrn Direktor Dr. R. Widmann, Salzburg, der Dank aller Teilnehmer.

Für die Drucklegung dieses Bandes ist dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft und der Direktion der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien und allen befaßten Mitarbeitern im Namen aller Autoren und Teilnehmer der Dank abzustatten.

Gottfried Kronfellner-Kraus
Leiter der Fachgruppe

P R E F A C E

The present booklet continues the efforts of the transmission of research results in order to accelerate the flow of information in general in particular to possibly enable an increase in the effectiveness of research on torrent erosion and avalanches.

The present fifth booklet of this series contains, especially, the contributions of two meetings of the IUFRO's Subject Group S1.04-00 for "prevention and control of torrent erosion, floods and mud flows, snow damage and avalanches" which took place in 1982 and 1983. It also contains some additional delayed papers from former meetings. Therefore this booklet is subdivided into three parts.

FAO/IUFRO SYMPOSIUM IN PALERMO, ITALY

The first part contains the contributions of the joint FAO/IUFRO Symposium "Relationship between Torrential Phenomena and Seismic Events". This symposium took place at September 30, 1982, during the thirteenth session of the Working Party on the Management of Mountain Watersheds (MW) of the European Forestry Commission (EFC) of the Food and Agriculture Organization (FAO) of UNO which was held from September 27 to October 9, 1982, in Palermo, Sicily, Italy. 76 participants came from eleven member countries of the European Forestry Commission as well as from Tunisia and other international organizations (FAO, IUFRO, UNEP).

The 13th session of the FAO/EFC/MW-Working Party was a jubilee in so far as this working party celebrated its thirtieth anniversary, as the first meeting took place 1952 in France in order to study the classic torrents of the French Alps. Since this time special study tours and meetings have been held every two or three years in nearly all mountainous European countries, enabling and promoting the international exchange of experience and know-how and enriching the whole special branch. These international contacts soon led to closer cooperation between both, the more practice oriented representatives of the FAO/EFC/MW-Working Party and the more scientific oriented members of the IUFRO's Subject Group. Indeed both mentioned groups of FAO and IUFRO have repeatedly cooperated to handle special problems, for example at the colloquy on torrent dams in Vienna, Austria in 1972, or at the colloquy on research in small torrential watersheds in Grenoble/France in 1981.

The disastrous earthquakes 1976 in Friuli and in 1980 in Basilicata, in North and South Italy respectively led to an other joint symposium of both mentioned groups. The presented papers delivered a survey of knowledge and experience in this area. After an introduction to the general theme there follow detailed papers about the earthquakes in Friuli and Basilicata. The last paper handles seismic prospecting of deep reaching landslides with an example.

RESEARCH IN SMALL TORRENTIAL WATERSHEDS

The second part of this booklet collects the delayed and additional papers which still belong to the main topic of the former sessions. These topics range from water and sediment discharge from small drainage basins over erosion and landslides to snow damage and avalanche problems, particularly considering the vegetation and the function and management of protection forests. These papers complete volume 4 of the present series (Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, Nr. 144/1982).

REGIONAL IUFRO/ÖGG AVALANCHE MEETING IN SALZBURG

The third part of this booklet includes some of the papers presented at an East Alpine Meeting in Salzburg/Austria, regionally organized on April 22, 1983. At this meeting representatives from different fields and that from the circle for "Ice, Snow and Avalanches" (ISA) of the Austrian resp. of the International Society of Rock Mechanics (ÖGG, ISRM) as well as from IUFRO's Subject Group S1.04-00, took occasion to a first common exchange of thoughts. The ISA-Circle exists since ten years. It had regularly meetings following the Geomechanic Colloquies, which take place yearly in October in Salzburg/Austria and sometimes additional meetings in spring. Because of the relatively small number of professional experts engaged in the field of snow and avalanches, within a given territory, common meetings can help to promote a closer cooperation particularly. In fact sixteen participants from Germany (Bavaria) and Austria discussed the following topics in nine oral or written contributions: Actual avalanche research activities in the home country and abroad, micro seismic prospecting und use of micro processors, automatic snow measurements, snow pack analysis, avalanche statistic, erosion by explosive control, foundation and construction problems of avalanche defence structures. According to the wellknown travel restrictions it is foreseen to continue such common regional meetings.

THANKSGIVING

At the end we would like to thank all those who have contributed to the success of both arrangements, from the start up to the concluding publication. A special thank to all lecturers and speakers in the discussions, to the organizers with all their collaborators and interpreters.

The FAO/EFC/MW-WP-Session took place on an invitation of the Italian Government and had been organized by the Forestry Office of the Sicilian Region. So our gratitude for the enabled common FAO/IUFRO Symposium has to be expressed to these Italian authorities, but also to the president and to the secretary of the FAO/EFC/MW-Working Party, Prof. Doct. S. Puglisi (Bari/Italy) resp. Mr. L.S. Botero (FAO/Rome).

All participants of the IUFRO/ÖGG avalanche meeting in Salzburg/Austria want to express their thanks for help and hospitality to the president of ÖGG/ISRM, Director Dr. Widmann (Salzburg/Austria).

For printing of this volume we have to thank the Federal Ministry of Agriculture and Forestry, the Direction and Management of the Federal Forestry Research Organization Vienna with all involved collaborators, in the name of all authors and participants.

Gottfried Kronfellner-Kraus
Subject Group Leader

P R E F A C E

Le présent carnet représente une suite aux efforts entrepris pour accélérer par le truchement des résultats fournis le courant d'informations et pour augmenter ainsi les possibilités de performance dans les recherches relatives à l'érosion torrentielle et celle due aux avalanches.

Le cinquième carnet actuel de cette série contient avant tout des apports de Congrès relatifs à deux réunions du Groupe professionnel de la IUFRO S4.04-00 sur la "prévention et correction de l'érosion torrentielle, des crues, des laves torrentielles, du dommage par la neige et des avalanches", qui ont eu lieu durant les années 1982 et 1983, ainsi qu'un certain nombre de manuscrits de réunions antérieures qui sont parvenus tardivement (par suite du long trajet postal). De ce fait, le cahier se subdivise en trois parties.

SYMPOSIUM DE LA FAO/IUFRO A PALERME, ITALIE

Dans la première partie, les apports du Symposium commun de la "FAO/IUFRO sur les aspects torrentiels et les tremblements de terre" sont récapitulés. Ce Symposium a eu lieu le 30 septembre 1982 dans le cadre de la 13^e Réunion du Groupe de Travail pour la menagement du bassin versant des montagnes (MW) de la Commission Européenne Forestière (CEF/EFC) de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, la FAO des Nations Unies, du 27 septembre jusqu'au 9 octobre 1982 à Palerme, Italie. 76 participants ont représenté 11 Pays membres de la Commission Forestière Européenne, la Tunisie, ainsi que des Organisations Internationales (FAO, IUFRO, UNEP).

La XIII^e Réunion du Groupe de travail de la FAO/EFC/MW était une manifestation de jubilé. Le Groupe de travail se rencontrait en effet en 1952, il y a trente ans, pour la première fois dans les Alpes Françaises pour étudier sur les lieux les régions torrentielles. Depuis, de pareilles réunions et de tels voyages d'études ont eu lieu tous les deux à trois ans dans presque tous les pays montagneux de l'Europe et elles ont enrichi par les possibilités d'un échange constant d'expériences et de connaissances d'une façon extraordinaire. Ceci a amené bientôt à une collaboration plus étroite entre les Services de Construction de Barrages (qui sont représentés au sein du Groupe de travail de la FAO/EFC/MW) et des Organisations scientifiques plus spécialisées (avant tout le Groupe spécialisé de la IUFRO). En effet, les Groupes sus-nommés de la FAO et de la IUFRO ont traité ensemble à plusieurs reprises des thèmes plus spécialisés comme par exemple lors du Colloque des Barrages en 1972 à Vienne, ou à l'occasion du

Après les grandes catastrophes du tremblement de terre dans le Frioul en 1976 et dans l'Italie Méridionale en 1980, il devint apparent de consacrer aussi à ce problème un Symposium propre. Les cinquante apports soumis, permettent une vue d'ensemble sur la situation scientifique et de la connaissance dans ce domaine. Après une introduction sur le thème général, suivent des exposés étendus sur le Frioul et l'Italie Méridionale. Le dernier rapport est consacré à un domaine d'application de la microséismique, de la recherche sur le glissement de terrains (des éboulements).

RECHERCHES DANS DES PETITS BASSINS VERSANTS (AIRES DE DRAINAGE)

Dans la seconde partie de ce carnet sont rassemblés les rapports qui correspondent aux thèmes des sessions antérieures (et qui sont parvenus tardivement, donc additionnels). Cet ensemble de question s'étend du transport des eaux et des corps solides charriés dans les aires de drainage, en passant par l'érosion, les mouvements tectoniques, les éboulements, jusqu'aux dommages occasionnés par la neige et les avalanches, tout en tenant compte en bonne et due forme de la végétation et de la fonction et du traitement de la forêt protectrice. Ils complètent, thématiquement le volume 4 de la série en question (Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Wien, Heft 144/1982).

CONGRES REGIONAL SUR LES AVALANCHES DE L'IUFRO/ÖGG A SALZBOURG

La troisième partie de ce carnet contient les apports présentés pour la publication le 22 avril 1983 au Congrès Régional pour les Avalanches organisé à Salzbourg pour la contrée orientale des Alpes. Des représentants de divers secteurs professionnels se rencontrèrent pour la première fois durant ce Congrès, notamment les membres du Groupe de travail pour la glace, la neige et les avalanches (AKESL) de la "Société Autrichienne pour la Géomécanique" (ÖGG) et du Groupe Professionnel S1.04-00 de l'IUFRO pour un échange de vue. Le groupe de travail ÖGG/ESL existe déjà depuis dix ans approximativement et s'est réuni régulièrement après les Colloques de Géomécanique, soit au Printemps à Salzbourg. Etant donné que le nombre de ceux qui s'occupent dans leur domaine propre de la neige et des avalanches demeure relativement restreint, on peut s'attendre ici par l'entremise de manifestations communes, plutôt à une intensification de la collaboration: en effet seize participants de la Bavière et de l'Autriche ont traité en neuf exposés sur la recherche actuelle des

matique des (masses) de neige et sur le développement des couches de neige, sur les statistiques des avalanches, sur le dynamitage des planches de neige et de l'érosion, ainsi que sur les problèmes de fondations et de constructions pour les diverses obstructions contre les avalanches. On a l'intention de continuer la série de ces Congrès de travaux en commun régionaux.

REMERCIEMENTS

Pour conclure, nous voulons remercier tous ceux qui ont contribué au succès des deux manifestations, depuis le début jusqu'à la fin des publications. Notre gratitude spéciale s'adresse à tous les rapporteurs, les interprètes et les organisateurs et à tous leurs collaborateurs.

Le Congrès du Groupe de travail de la FAO/EFC/MW a eu lieu sur l'invitation du Gouvernement Italien et quant à ce qui regarde l'organisation des Symposiums communs de la FAO/IUFRO, nous avons à remercier M. le Président Professeur Docteur S. PUGLISI et avant tout, le Secrétaire de ce Groupe de travail à la FAO à Rome, Monsieur L.S. BOTERO.

Pour ce qui a trait à l'accueil qui nous a été accordé lors du Congrès des Lavines de l'IUFRO/ÖGG à Salzbourg, tous les participants sont redevables de leur gratitude à Monsieur le Directeur Docteur R. WIDMANN, Salzbourg.

Pour l'impression de ce volume, nous avons à exprimer notre remerciement au nom de tous les auteurs et de tous les participants concernés, au Ministère Fédéral pour les Eaux et Forêts (dans ce cas le Ministère de l'Agriculture) et à la Direction des Recherches Expérimentales Forestières Fédérale de Vienne.

Gottfried Kronfellner-Kraus
Directeur du Groupe Professionnel

T E I L / P A R T / P A R T I E I

FAO/IUFRO SYMPOSIUM

"Wechselbeziehungen zwischen Wildbacherscheinungen und Erdbeben"

"Relationship between torrential phenomena and seismic events"

"Rapport entre les phénomènes torrentiels et les évènements
sismiques"

30. September 1982, Palermo, Italien

WECHSELBEZIEHUNGEN ZWISCHEN ERDBEBEN UND WILDBACHTÄTIGKEIT *

von
Gottfried Kronfellner-Kraus

VORWORT

In letzter Zeit haben einige katastrophale Erdbeben die Aufmerksamkeit der Wildbachverbauungsdienste auf bestehende Zusammenhänge zwischen Erdbeben und Wildbacherscheinungen, das heißt auf Gebirgsbildungen und Abtragungsvorgänge gelenkt. Zunächst verursachten die starken Erdbeben in Friaul 1976 zahllose Felsstürze und Rutschungen und den Einwurf großer Gesteinsschubmassen in Wildbachbetten. Auch kleinere Flußbetten wurden ganz oder teilweise mit Rutschungsmaterialien blockiert und bestehende Verbauungen beschädigt (Querini 1980). Dann traten 1980 abermals schwere Beben in Süditalien auf, die ebenfalls Rutschungs- und Verbauungsprobleme aktualisierten. Die folgenden in diesem Heft publizierten Referate beschreiben ausführlich die besonderen örtlichen hydrologischen Probleme und die in Friaul und Süditalien gemachten Erfahrungen. Im folgenden seien noch einige weitere besondere Beispiele und einige allgemein einführende Erläuterungen, sowie einige Bemerkungen über praktische Anwendungsmöglichkeiten der Mikroseismik vorangesetzt, denen abschließend ebenfalls ein Detailbericht gewidmet ist.

BEISPIELE VON WECHSELBEZIEHUNGEN

Einige Beispiele mögen in Erinnerung rufen, in welchem Ausmaß Erdbeben die Entwicklung und Tätigkeit von Wildbächen beeinflussen können.

In den Ostalpen trat in historischer Zeit, nämlich im Jahre 1348 in Südkärnten, ein Erdbeben mit einer Intensität 10 der MM Skala auf, die den sogenannten Dobratsch-Felssturz verursachte. Rund 30 Millionen Kubikmeter Felsmaterial stürzten zu Tal und verschütteten eine Fläche von 7 km². Ähnliche Felsstürze müssen hier schon in früherer Zeit stattgefunden haben, denn insgesamt haben hier etwa 500 Millionen Kubikmeter Felssturzmaterial das Bett der Gail um rund 30 bis 40 m angehoben (Lanser 1967). Die durch diesen Stau bedingte Auflandung des Gailtalbodens hat im Verein mit dem geringen Verlandungsgefälle des Flusses weit intensivere Verbauungen der hier einmündenden Seitengräben erfordert, als ohne Flußbetthebung.

In Japan sind einige der größten Rutschungen durch Erdbeben verursacht worden, wie zum Beispiel 1858 durch den Einsturz des Tate-Berges (3015 m) im Einzugsgebiet des Joganji-Flusses. Die Menge des bei dieser Katastrophe abgestürzten Materials wurde auf 400 Millionen Kubikmeter geschätzt. Die Rutschungsmassen wurden rasch erodiert und nach jedem starken Regenfall führten Hochwässer riesige Geschiebemengen in der Größenordnung von einer Million Kubikmeter pro Jahr, zu Tal (Yamasaki 1966). Um die am Schwemmkegel des Flusses gelegene Stadt Toyama mit 270.000 Einwohnern zu schützen und Erosion und Geschiebeführung unter Kontrolle zu bringen, waren außergewöhnlich große Regulierungen und Verbauungen erforderlich. Durch die Rutschbewegungen im Einzugsgebiet entstanden im Oberlauf hohe Stufen die durch entsprechende große Querwerke und steile Sperren-Staffelungen abgesichert werden mußten.

Locker gelagerte Böden sind bei Erdbeben besonders rutschgefährdet, weil sie sich durch die Erdstöße förmlich verflüssigen können. Die sogenannte Liquifaction führte in Japan (Niigata 1964) und in China (mehrere Beispiele von Lößrutschungen) zu einigen der größten Katastrophen überhaupt (Bolt et al. 1975, Veder 1979).

Vor allem die pazifischen Inselbögen liefern auch charakteristische Beispiele für den engen Zusammenhang zwischen seismischen und vulkanischen Erscheinungen. Die dort praktizierten Verbauungsmethoden erscheinen vergleichsweise auch für die südeuropäischen Anwendungsgebiete aufschlußreich. Je nach Alter und Stadium der aktiven oder ruhenden Vulkane sind die höchstliegenden Vulkanbereiche meist unkontrollierbar. Das abfließende Wasser wird möglichst noch ober dem bewirtschafteten Land zusammengefaßt und dann talwärts, wie auch sonst üblich, durch verbaute Gräben abgeleitet. Wegen der großen Feststoffmengen und der großen Blöcke sind entsprechend stark dimensionierte Verbauungswerke erforderlich. In Japan wendet man auch neue Verbauungstypen an, wie zum Beispiel vorgefertigte Stahlkastenbauten und Murenbrecher in Form von stählernen Palisaden. Schließlich müssen auch die am Fuße der Vulkane angeordneten Ablagerungsräume den relativ großen Feststoffmengen entsprechen.

Die an Vulkanbergen häufig auftretenden Muren erleichtern spezielle Studien. Am Vulkanberg Yakedake (2445 m) in den japanischen Alpen untersucht man Murenabläufe, Geschwindigkeiten und Murenkräfte mit weitverzweigten, auf Oberlauf, Graben und Schwemmkegel verteilten Meßeinrichtungen und Filmgeräten in allen Einzelheiten. Durchschnittlich können hier jährlich drei Murgänge gemessen und analysiert werden.

EINIGE ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Die "Stärken" oder "Intensitäten" von Erdbeben werden, ohne Instrumente, an beobachteten Erdbebenwirkungen an der Erdoberfläche an Hand von Skalen abgeschätzt. Diese makroseismischen Skalen haben 7, 10 oder 12 Stärkegrade. Die siebenteilige Skala ist in Japan gebräuchlich. In USA, Europa und Rußland verwendet man hauptsächlich zwölfteilige Skalen, die in den USA als "Modified Mercalli (MM) intensiv scale", in Europa und vor allem im deutschen Sprachraum als "Mercalli-Sieberg-Skala" oder "Medvedev-Sponheuer-Karnik- (MSK-) Skala" bekannt und örtlichen und modernen Verhältnissen angepaßt sind. Die folgende Tabelle gibt eine gekürzte Beschreibung der zwölfteiligen, makroseismischen Skalen (Schneider 1975, ÖNORM 1979):

Bezeichnung der Intensitätsgrade nach	Beobachtungen
MS-Skala, MSK-Skala	
I ^o	1 ^o - 2 ^o Unmerklich, nur von Seismographen registriert
III ^o	3 ^o - 4 ^o schwach (von wenigen Personen) bemerkt
IV ^o	4 ^o - 5 ^o allgemein, von vielen Personen bemerkt
V ^o	5 ^o - 6 ^o Aufweckend, hängende Gegenstände pendeln
VI ^o	6 ^o - 7 ^o Erschreckend, leichte Risse in Verputz
VII ^o	7 ^o - 8 ^o Schäden an Gebäuden, kleine Mauerrisse
VIII ^o	8 ^o - 9 ^o Zerstörungen an Gebäuden, große Mauerrisse
IX ^o	9 ^o - 10 ^o Allgemeiner Gebäudeschaden, viele schlecht gebaute Häuser stürzen ein, Erdbeben
X ^o	10 ^o - 11 ^o Allgemeine Gebäudezerstörungen, viele normal gebaute Häuser stürzen ein, Spalten im Boden
XI ^o	11 ^o - 12 ^o Katastrophe, schwere Zerstörungen an Gebäuden, Brücken, Dämmen, Straßen, Bahnen, Rohrleitungen, breite Spalten im Boden, Erdbeben, Felsstürze
XII ^o	12 ^o Landschaftsveränd., Hoch- und Tiefbauten vernichtet, Erdoberfläche umgestaltet

Moderne Erdbebenstationen vermögen seismische Bodenbewegungen, und zwar die sich durch den Erdkörper ausbreitenden schnellen Primär-, Longitudinal- oder P-Wellen, die Sekundär-, Scher- oder S-Wellen, sowie die relativ langsamen aber zerstörenden Oberflächen-, R- und L-Wellen mit ihren Amplituden und Ankunftszeiten genau zu registrieren. Aus solchen in verschiedenen Stationen aufgezeichneten Seismogrammen ist es möglich die Erdbebenherde weltweit zu orten und klassifizieren. Da die von den Herden abgegebenen Energien, bzw. die aufzuzeichnenden Wellenamplituden in riesigen Bereichen über viele Zehnerpotenzen schwanken, wird hierfür eine logarithmische Skala, die sog. Magnituden- oder Richterskala (von - 3 bis etwa 8,8) verwendet.

Als grobe Gegenüberstellung mag der Anhalt dienen, daß die Magnitudenklasse 5 der Richterskala in etwa einem MM-Intensitätsgrad zwischen VI und VII entspricht und die bisher größten registrierten Erdbeben Magnitudenklassen in der Größenordnung von 8,6 (Alaska 1899, 1964), 8,7 (Assam, Indien-Tibet 1950), und sogar 8,9 (Kolumbien-Ecuador 1906, Japan 1933) hatten (Bolt et al. 1975, Schneider 1980). Die Häufigkeiten der auf der Erde ausgelösten Beben betragen jährl. (nach Gutenberg & Richter, sowie Rothe, zit. von Schneider 1980) nach

Magnitudenklasse,	Größenordnung bzw.	Beobachtung:
3,0 - 3,9	100.000	49.000
4,0 - 4,9	10.000	6.200
5,0 - 5,9	1.000	800
6,0 - 6,9	100	150
7,0 - 7,9	10	18
8,0	1	2.. 3

Aus der weltweiten Verteilung der Bebenherde ersieht man, daß Erdbeben wie auch Vulkane und Gebirgsketten vor allem an den Rändern tektonischer Platten konzentriert sind. Diese tektonischen Platten befinden sich in Bewegung. Relativ dünne ozeanische Platten werden von den mittel-ozeanischen Rücken durch aus der Tiefe aufsteigendes Magma (um Zentimeter jährlich) auseinander gedrückt und mächtigen Kontinentschilden unterschoben, wobei sich sowohl Tiefseegräben wie auch Faltengebirge bilden. Das Zustandekommen der Plattenbewegungen stellt man sich in der Art von Konvektionsströmungen im oberen Erdmantel vor. Sie rufen an den Stoß- und Scherflächen der Plattenränder die Spannungen hervor, die sich als Erdbeben entladen, während die infolge Tiefe und Reibung aufschmelzenden Gesteine an Schwachstellen der Erdkruste aufsteigen und Vulkane, Vulkanketten und ganze Inselbögen bilden können.

Ein besonders charakteristisches Beispiel eines solchen Inselbogens stellt Indonesien dar, das mit über 300 erloschenen und etwa 75 tätigen Vulkanen das vulkanreichste Land der Erde ist. Der Ausbruch des Vulkans Tambora auf der Insel Sumbawa (400 km östlich von Java) im Jahre 1815 gilt allgemein als größte Explosion der letzten Jahrhunderte. Über 100 Kubikdizentimeter Asche bzw. ...

90.000 Menschen getötet wurden oder verhungern mußten). Vergleichsweise wird die Ausbruchsmasse des Krakatau im Jahre 1883 auf 18 Kubikkilometer geschätzt. Der untermeerische Ausbruch löste eine 30 m hohe Flutwelle aus, die an den umliegenden Küsten 36.000 Menschenleben forderte. Solche Flutwellen, Tsunamis, können aber auch durch untermeerische Erdbeben erzeugt werden.

In Zentraljava verdient der Vulkan Merapi (Feuerberg) wegen des Auftretens von Glutlawinen und einer schon früh erstellten Gefahrenkarte besonderes Interesse. Glutlawinen wurden erstmals bei den Ausbrüchen des Mount Pelée auf Martinique und Soufrière auf St. Vincent der Kleinen Antillen Anfangs dieses Jahrhundert (1902) beobachtet und genauer beschrieben. Die Stoßrichtung solcher Glutlawinen richtet sich vor allem nach der Ausbildung des Kraters, je nach dem ob der Krater offen oder durch einen erstarrten Magnapfopfen (Dom) mehr oder weniger verschlossen ist. Im Falle des Merapi entstehen glühende Staublawinen vor allem durch teilweisen Zusammenbruch eines solchen Domes. Die Reichweiten dieser Glutlawinen betragen 6 bis 13 Kilometer und markieren die sogenannte (gelbe) "Todeszone". Die (blau gekennzeichnete) "erste Gefahrenzone zeigt die Reichweite vulkanischen Bombenwurfes an und eine (braune) "zweite Gefahrenzone" die den Aschenmuren und -strömen (lahar) vorbehaltenen Gräben und Ablagerungsräume. Die Verbauungsprinzipien dieser vulkanischen Murströme (Lahar) wurden bereits oben erwähnt: Fassung der Muren an der oberen Grenze der ersten Gefahrenzone, Abtreppung der talwärts anschließenden Gräben zur Erosionsbekämpfung, sowie Eindämmung und Räumungen im Ablagerungsbereich.

Die ausgeworfenen vulkanischen Feststoffe (Tephra), die auf den Vulkanabhängen zur Ablagerung kommen, sind der Erosion leicht zugänglich und als schnell mobilisierbare Gesteinsmasse die eigentliche Hauptgefahr für die Unterlieger. Diese Gefahr kann noch durch ausbrechende Kraterseen gesteigert werden, wie zum Beispiel im Falle des Vulkanberges Kelut auf Java. Mit wechselndem Erfolg hat man dort die See-Ausbruchsfahr dadurch verringert, daß man den Seespiegel durch Ableitung über ein Tunnelsystem abgesenkt hat.

DIE VERSCHIEDENEN ERDBEBENZONEN

Trotz des gemeinsamen Auftretens von seismischen und vulkanischen Erscheinungen werden nur etwa 9 % der Erdbeben von Vulkanen verursacht. Der überwiegende Teil der Erdbeben ist tektonischen Ursprungs und 75 % der durchschnittlich-jährlich freigesetzten seismischen Energie stammt von Erdbeben mit flachem Herd (bis zu 60 km Tiefe; Bolt et al.

- a) die zirkumpazifische Erdbebenzone, in der 70 - 80 %,
- b) die mediterran-transasiatische Erdbebenzone, in der 15 - 20 %
- c) die Erdbebenzone der ozeanischen Rücken, in der etwa 3 - 7 % der langjährig-mittleren seismischen Energie zur Auslösung kommen, sowie
- d) die übrigen Erdbebengebiete, die vor allem mit Gräben und Brüchen verbunden sind (in welchem auch Übergänge zu Kriech-, Gleit- und Rutschbewegungen vorkommen).

Innerhalb der mittelmeerisch-transasiatischen Erdbebenzone unterscheidet man in Europa folgende Erdbebenregionen:

- Spanien-Nordafrika, deren Faltengebirge (Sierra Nevada, Atlas) deutliche Verbindungen zur Azoren-Gibraltar-Bruchzone zeigen (Lissabonner Erdbeben 1755).
- Die Gebirgszüge der Pyrenäen, Alpen, des Apennin, der Karpaten, Dinariden und Helleniden, die ein zusammenhängendes Erdbebengebiet bilden. Der Schwerpunkt der seismischen Aktivität Europas liegt in der Ägäis. Von dort bestehen Verbindungen zu den
- Erdbebenlinien Anatoliens. Ferner bildet
- der Kaukasus eine besondere Erdbebenregion.

Der Ostalpenraum liegt am Rande des mediterran-transasiatischen Erdbebengürtels, nahe der Grenze zwischen der eurasischen und afrikanischen Platte. Die mit der Tektonik der Alpen gekoppelte Erdbebentätigkeit in Österreich ist (abgesehen von kleinen Lokalbeben) wiederum an bestimmte Bereiche gebunden. Die Erdbebenkarte Österreichs (Drimmel 1980, ÖNORM B 4015) weist nach bisherigen Beobachtungen (1201-1975) vier Zonen mit folgenden Erdbebenintensitäten (I in Grad nach der zwölfteiligen MSK-Skala) auf:

Zone 4, mit I zwischen 9° und 10° : Villacheralpe (Dobratsch);

Zone 3, mit I zwischen 8° und 9° : Kleinere Zonen um Murau, Kindberg, Wr. Neustadt, Neulengbach, Innsbruck/Bad Hall;

Zone 2 und 1, mit I zwischen 6° und 8° : im wesentlichen die umliegenden Bereiche der vorigen Zonen.

INGENIEURMÄSSIGE GESICHTSPUNKTE

In der Wildbach- und Lawinenverbauung ist eine Berücksichtigung der Erdbebenkräfte im allgemeinen nicht erforderlich. Die Beanspruchung der relativ kleinen Verbauungswerke ist sowohl auf Grund des Tragverhaltens als auch der geringen Gefahr von Starkbeben in Österreich von untergeordneter Bedeutung. Im Zusammenhang mit Verbauungen sind auch erdbebenbedingte Personenschäden kaum zu befürchten. Allenfalls sind mögliche Sekundärschäden in Betracht zu ziehen.

Auch die großen Talsperren der Wasserkraftwerke die als Bauten "besonderer Verantwortung" besonderen Vorschriften unterliegen, sind in Österreich nicht betroffen, weil sie sich weit ab von den bekannten Bebenzonen befinden. Trotzdem haben Kraftwerksunternehmungen spezielle Forschungsprogramme eingeleitet und auch eigene seismische Meßstationen eingerichtet, um Berechnungsverfahren zu überprüfen, allenfalls auftretende Makrobeben zu erfassen und auch die Möglichkeit von durch den Staubetrieb induzierten Erdbeben zu untersuchen (Eiselmayer & Widmann 1979).

Mit der zunehmenden Anwendung neuer Bauweisen bei gleichzeitig zunehmender Bevölkerungs- und Gebäudedichte ist allerdings im Hochbau ein erhöhtes Sicherheitsbedürfnis entstanden. Es wurden Normen erstellt, wie die seismischen Gefahren bei der Planung und beim Bau von Gebäuden zu berücksichtigen sind. Diese Normen (in Österreich ÖNORM B 4015) beschreiben die Erdbebenkräfte meistens als Ersatzlasten. Demnach sind die auf Bauten wirkenden Erdbebenkräfte, ähnlich wie Windlasten, als zusätzliche, vorwiegend horizontale Kräfte örtlich nach den Bebenzonen zu ermitteln und gegebenenfalls in Rechnung zu stellen.

SEISMISCHE UNTERSUCHUNGSMETHODEN

Seismische Untersuchungsmethoden können auch zur Erkundung des Untergrundes, zum Beispiele von Rutschungen, angewendet werden. Mit Geophonen wird die Ausbreitung von Longitudinalwellen von einem Schußpunkt aus gemessen. Aus dem Laufzeitvergleich der sich oberflächlich ausbreitenden und aus der Tiefe von Grenzflächen reflektierten Wellen kann auf die Tiefe verschiedener Schichten (Gleitflächen) geschlossen werden.

Das refraktionsseismische Verfahren wurde auch im Talzuschubsbereich am Berchtoldhang im Gradenbach im Mölltal, Kärnten/Österreich, angewandt. Der Gradenbach facht durch Erosion einen Talzuschub, bzw. die Talwärtsbewegung des Berchtoldhanges immer wieder an. Während der Hochwasserkatastrophen der Jahre 1965 und 1966 wurden weit mehr als eine Million Kubikmeter vom Hangfuß erodiert und auf dem Schwemmkegel und im Tal abgelagert. Seitdem steht der Hang unter meß- und verbauungstechnischer Kontrolle. Aufgrund der verschiedenen langjährigen Messungen konnte ein Zusammenhang zwischen jährlichen Niederschlägen und Hangbewegungsraten gefunden und in einer kinematischen Studie auf Umfang und Tiefe (zwischen 100 und 180 m) der in Bewegung befindlichen Masse geschlossen werden (Kronfellner-Kraus 1978). Abgeteufte Bohrungen (Stritzl 1980. Moser & Glumac 1982) und vor allem die Ergeb-

Studie. Sie vermittelten darüber hinaus weiters wertvolle Resultate und sie festigten die Grundlagen für die weitere Anordnung der Entwässerungs- und Verbauungsmaßnahmen.

Andere refraktionsseismische Untersuchungen wurden beispielsweise von Yamamoto (1974) und, in Zusammenhang mit akustischen Methoden, von Koerner et al. (1981) beschrieben. Abschließend seien die Bemühungen erwähnt, akustische und seismische Messungen in der Schneedecke auch zur Frühwarnung von Lawinenabbrüchen zu verwenden. Diese sind allerdings noch nicht abgeschlossen (Lackinger 1981, sowie in diesem Heft).

ZUSAMMENFASSUNG

Von den verschiedenen seismischen Gefahren (Bodenerschütterungen und -verformungen, Brüche und Verwerfungen, Tsunamis) sind in Zusammenhang mit Wildbächen und Lawinen vor allem die sogenannten sekundären Gefahren hervorzuheben. Durch Beben verursachte Felsstürze, Rutschungen oder Lawinen wirken nicht nur selbst zerstörend sondern sie können auch neue Gefahrenherde schaffen. Sie können Bäche und Flüsse aufstauen und in weiterer Folge Muren und Hochwässer verursachen. Auch Dammbüche und Feuerbrünste können gefährliche sekundäre Schäden darstellen.

Die verschiedenen Zusammenhänge zwischen Beben und Wildbachereignissen und die Auswirkungen auf Verbauungen werden an Hand von Beispielen besprochen. Da auch ein enger Zusammenhang mit vulkanischen Erscheinungen besteht, wird auch auf die Verbauung vulkanischer Wildbäche eingegangen. Die Kenntnis der Verbreiterungszonen erleichtert die örtliche Berücksichtigung bestehender Gefahren bei Planungen.

Schließlich werden auch die seismischen Methoden besprochen die der Erkundung des Untergrundes von Rutschungen dienen. Die Anwendung seismischer Methoden für die Lawinenwarnung befindetet sich noch im Versuchsstadium.

SUMMARY

From the different seismic hazards (ground shaking, fault rupture, tsunamis) mainly the so-called secondary hazards are to be emphasized in connection with torrents and avalanches.

can be not only destructive by themselves; they can also create new additional sources of danger. They can block torrent or river beds causing debris flows or floods subsequently. Also floods from dam and levee failures represent secondary hazards.

The different relationships between torrential and seismic events as well as the effects on control measures are discussed by means of examples. Because there is a close connection between seismic and volcanic appearances also the control methods of volcanic torrents are mentioned in examples. The knowledge of the most hazardous zones enables their consideration for all planning purposes.

Other examples show that seismic methods can also be used in order to prospect the subsurface of landslides. The application of seismic prospecting for avalanche warning purposes is still in a testing stage.

BIBLIOGRAPHY

- Bolt, B.A. & W.L. Horn & G.A. MacDonald & R.F. Scott, 1975: Geological Hazards. Springer-Verlag; Berlin-Heidelberg-New York.
- Brückl, E., 1979: Bericht über seismische Untersuchungen im Bereich des Talzuges Gradenbach. Ms. (in diesem Heft).
- Drimmel, J., 1980: Abschnitt 4, Rezente Seismizität und Seismotektonik des Ostalpenraumes; In: Der Geologische Aufbau Österreichs, Springer-Verlag, Wien-New York.
- Eiselmayer, M. & R. Widmann, 1979: Zum Schwingungsverhalten von Gewölbemauern (Remarks on the Vibration Behaviour of Arch Dams) Österr. Wasserwirtschaft, 31, 5/6, 154-162.
- Koerner, R.M. & Mc.Cabe W.M. & Lord A.E., 1981: Overview on acoustic emission monitoring of rock structures. Rock Mechanics, Vol. 14, 1, pp. 27-35.
- Kronfellner-Kraus, G., 1978: New contributions of research in order to achieve a successful watershed management. Doc. No.: FO:EFC/MW/78/A.1 presented at 12th Session of the Working Party on the Management of Mountain Watersheds of the European Forestry Commission on FAO in Rome, Italy.
- Lackinger, B., 1981: Akustische und seismische Messungen in der Schneedecke zur Frühwarnung vor Lawinenabbrüchen. In: Sicherheit im Bergland, Jahrbuch 1981, Österr. Kuratorium für Alpine Sicherheit, Wien, pp. 205-213.

- Moser, M. & S. Glumac, 1982: Geotechnische Untersuchungen zum Massenkriechen in Fels am Beispiel des Talzuschubes Gradenbach (Kärnten). Verh.Geol.B.-A.Wien, 209-241.
- ÖNORM B 4015 (1.Teil) 1979: Erdbebenkräfte an nicht schwingungsanfälligen Bauwerken. Österreichisches Normeninstitut, Wien.
- Querini, R., 1980: Nuove Norme per la Correzione dei Torrenti ed il Consolidamento dei Versanti Franosi nelle Zone di Alpi Sud-Orientali (New Norms for the Torrent Control and Consolidation of Slopes Liable to Slide Down in Highly Seismic Zones of South-Eastern Alps); Intern. Symp. Interpraevent 1980, Bad Ischl, Österreich, Referate Band 1, 351-359.
- Scheidegger, A.E., 1975: Physical Aspects of Natural Catastrophes. Elsevier Sc.Publ.Comp., Amsterdam-Oxford-New York.
- Schneider, G., 1980: Erdbeben, Entstehung-Ausbreitung-Wirkung. Enke-Verlag, Stuttgart.
- Stritzl, J., 1980: Über die Problematik des Gradenbaches, Exkursionsbericht. Wildbach- und Lawinenverbau, Sonderheft. (Berichterstatte des Tages: A.Baumgartinger)
- Veder, Chr., 1979: Rutschungen und ihre Sanierung. Springer-Verlag, Wien-New York.
- Yamamoto, T., 1974: Seismic refraction analysis of watershed mantle related to soil, geology and hydrology. Water Resources Bulletin, Vol. 10, No. 3, pp. 531-546.
- Yamasaki, M. & Nakanishi, N. & Miyata, K., 1966: History of Tateyama Volcano. Sci.Rep. Kanazawa Univ., Vol. 11, No. 1, pp. 73-92.

SISMICITE' DANS LES ALPES CARNIQUES ET JULIENNE:
RE'SULTAT DES ACTIVITE'S D'AME'NAGEMENT HYDRAULIQUE ET FORESTIER

RICCARDO QUERINI
Direttore Regionale Foreste
Del Friuli-Venezia Giulia
Piazza Belloni 14 - Udine

P r é l i m i n a i r e s

Le catastrophique tremblement de terre du Frioul en 1976 a intéressé une surface d'environ 4000 Km² (soit 50% de la surface régionale), en causant des dommages matériels et corporels énormes. Le tremblement de terre qui a eu sa zone épacentrale dans les Alpes et Préalpes Carniques et Juliennes avec une intensité de 10° de l'échelle MKS (Seismi Intensity Scale Version de Medvedev, Sponheur et Karnik, 1964), a provoqué ou aggravé les nombreux déséquilibres hydrogéologiques dans les bassins versant montagneux, ce qui a eu des effets considérables sur les cours d'eau les plus petits.

Dans les bassins versants montagneux, localisés surtout sur des roches semi-choérentes (calcaires, calcaires dolomitiques, dolomies et conglomérats) et composés pour la plupart de dépôts abondants de roches incohérentes (éboulis moraines, alluvions anciennes et récentes) et traversés par de nombreuses failles longitudinales E-O (direction alpine) et NO-SE (direction dinarique), les principaux dommages causés par le tremblement de terre ont été directs et indirects.

Parmi les dommages directs citons ceux causés aux structures naturelles des bassins versants, aux ouvrages de correction torrentielle et à ceux de bonification; parmi les dommages indirects rappelons ceux causés par l'activité humaine et par les phénomènes naturels exogènes (pluies, crues, avalanches) qui ont eu lieu après le tremblement de terre sur les structures naturelles des bassins versants.

Les principaux dommages que l'on a pu constater sur les structures naturelles du bassin sont:

- 1) éboulements de la partie supérieure rocheux des versants (cimes, crêtes, sommets);
- 2) éboulements des berges inchoérentes;
- 3) obstruction partielle, totale, temporaire ou permanente des cours d'eau les plus

- 4) formation de gouffres le long de certains cours d'eau et présence d'eau dans des zones sous-jacentes et proches du lit.
- 5) Crevasse des versants et altérations de l'hydrologie du terrain;
- 6) Broyage apical de rocheuses à "reggipoggio";
- 7) Roulement de rochers sur les versants
- 8) Tassement différentiel des sols incohérents.

Les principaux dommages provoqués aux ouvrages hydrauliques et forestiers ainsi qu'aux ouvrages de bonification montagnaise sont:

- 1') lézardes et écoulement de quelques barrages en maçonnerie à un seuil parement;
- 2') lézardes et écoulement de quelques digues en maçonnerie;
- 3') lézardes sur quelques barrages en béton;
- 4') décollement des plaques de revêtement en béton ou en maçonnerie;
- 5') perte d'efficacité des barrages qui ont été partiellement ou totalement ensevelis par les matériaux éboulés dans les lits;
- 6') éboulement de corps de chaussée, formation de crevasse, rupture des ouvrages d'art;
- 7') aqueducs endommagés.

Comme nous venons de le dire il faut ajouter à ce type d'effets directs causés par le tremblement de terre, les effets indirects dus à l'activité humaine et aux phénomènes naturels exogènes (pluie, crues, avalanches) qui ont provoqué les dommages suivants:

- 1") altération de la stabilité des pentes et du débit normal des eaux, dues à la quantité de ruines déposées sur les pentes et dans les cours d'eau;
- 2") La destruction des digues qui ont été endommagées en enlevant les ruines des maisons détruites ou lézardées;
- 3") utilisation irrationnelle d'aires exposées au danger d'inondations ou de chute de pierres à cause de la localisation des établissements provisoires;
- 4") transport des matériaux éboulés dans le lit torrentiel par les eaux torrentielles qui ont causé et des ravinelements et des obstructions des lits. D'où l'instabilité ultérieure des pentes et l'inefficacité des barrages.

Ont relevé 224 éboulements pour une surface réelle estimée de 3,4 Km²: ils furent répartis en zones isosismiques. Les cas les plus importants sont liés aux zones épacentrales, mais surtout à 8°-9° de l'échelle MKS, celle de 10° étant limitée au fond de la vallée qui comprend Gemona, Osoppo, Trasaghis et Montemar. On a pu toutefois observer que certains éboulements parmi ceux qui avaient la plus grande surface unitaire sont localisés dans des zones sismiques d'intensité inférieure. Ceci prouve que l'onde sismique a aggravé des conditions d'instabilité préexistantes dans

des zones qui étaient considérées déjà précédemment comme ébouleuses en puissance.

De plus les relèvements effectués sur le réseau hydrographique élémentaire exposé aux éboulis ont mis en évidence la présence de deux types de dépôts; le premier se compose d'une couche superficielle des produits de la désagrégation d'épaisseur variable (1-7 m) formée surtout de débris de petites dimensions (10-20 cm de longueur; 7-10 cm de largeur et 5-7 cm d'épaisseur) qui est facilement emportée par les eaux de crue; le deuxième, par contre, est formé d'une couche de débris de l'épaisseur de 3-7 m, localisée dans la partie supérieure du bassin versant et composée d'éléments des grandes dimensions (2-5 m de longueur, de largeur et de hauteur) avec des volumes de 120-150 m³ et même plus, qui n'est emportée que partiellement par les eaux de crue.

Les projets des ouvrages d'aménagement hydraulique et forestier ont été conçus sur la base de critères suivants:

- 1^o) rétablissement des barrages et de digues lézardés ou détruits, en utilisant le béton ou le béton armé;
- 2^o) rétablissement des cuvettes détruites, en béton (dose: 5 q par m³), avec des fers latéraux de protection ou bien avec des matériaux rocheux particulièrement résistants (porphyre ou granit);
- 3^o) construction de plusieurs séries de barrages en béton ou en béton armé dans les parties supérieures des lits torrentiels pour contenir les éboulis;
- 4^o) emplacement des barrages sur des terrains qui présentent d'excellents caractères géomécaniques pour obtenir un encastrement sûr des fondations et des ailes;
- 5^o) réalisation de barrages de retenue des matériaux solides charriés étant donné des principaux phénomènes secondaires provoqués par le tremblement de terre est la formation d'énormes éboulis facilement transportables par les eaux;
- 6^o) cuvettes superdimensionnées pour permettre le passage des matériaux solides en adoptant, par prudence, des cycles de deux cents ans dans le calcul du débit de crue maximum;
- 7^o) construction d'étagement et de tranchées pour bloquer le mouvement de la chute de pierres;
- 8^o) construction de séries de barrages en béton pour contenir les éboulis provoqués le long des lits torrentiels;
- 9^o) blocage des zones rocheuses instables et exposées à l'écroulement, à l'aide de bétonite, d'entretoisement et de clouages;
- 10^o) reconstruction de la plaque des digues longitudinales en béton renforcé avec un réseau électro-soudé;
- 11^o) régulation périodique des lits pour emporter les matériaux transportés par les eaux de crue et provenant des éboulements précipités dans les lits torrentiels;
- 12^o) construction de canalisation en béton pour empêcher l'enquouffrement de l'eau;

- 13^{me}) construction d'ouvrages de soutènement des corps de chaussée en béton armé (monolithiques ou avec des éléments préfabriqués élastiques);
- 14^{me}) protection de zones utilisées pour les établissements provisoires à l'aide d'ouvrages de protection et de barrage;
- 15^{me}) protection des ruines avec des enrochement;

Nous nous bornerons donc à présenter quelques-unes de ces interventions, et plus précisément:

- A) la correction du torrent Vegliato (Gemona);
- B) la consolidation de l'éboulement de Manazzons (Pinzano);
- C) l'aménagement des décharges de décombres sur la rivière Tagliamento, sur la rivière Fella et sur le torrent Torre;
- D) la construction de la tranchée destinée à bloquer la chute de pierres (Venzona).

A m é n a g e m e n t d u t o r r e n t V e g l i a t o (G e m o n a)

Données de base: $S = 6,8 \text{ Km}^2$ jusqu'à l'altitude de 220 m au-dessus du niveau de la mer: longueur de l'axe longitudinal: 4,7 km; hauteur moyenne du bassin 783 m; temps de concentration 0,92 heures; débit maximum = $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

Les effets des séismes du 6 mai et du 11 septembre 1976 ont été:

- a) désagrégation des lignes de faite et des versants rocheux nus avec des dérochoirs et des chutes de pierres gigantesques (surtout du mont Deneal, et ensuite du mont Cuarnan, ainsi que du mont Chiampon et de la côte Gringhiona);
- b) dommages à la végétation herbacée, arbustive et sylvestre des parties hautes des pentes;
- c) dommages à d'oe à l'obstruction partielle ou totale, permanente ou temporaire de certains canaux de réception des eaux, des affluents et de l'axe principal;
- d) dommages à différents ouvrages d'aménagement hydraulique et forestier (ablation des cuvettes, démolition des ailes, lésions du corps, des barrages altérations des conditions statiques de certains ouvrages, etc.), aux digues longitudinales (lézardes aux perrés, affaissements différentiels du corps, aux murs des gradins, aux reboisements);

Les crues qui se sont produites après les tremblement de terre ont provoqué les dommages suivants:

- a') formation de retenues temporaires;
- b') destruction des retenues temporaires et fort accroissement des débits;
- c') mouvement catastrophique de grosses pierres et obstruction des confluences;
- d') ravinement du lit torrentiel;
- e') découverte de lentilles argileuses dans les lits torrentiels et leur érosion rapide;
- f') élévation exceptionnelle du lit torrentiel provoquée par les nouvelles alluvions dans la déviation Dorondon;
- g') imperméabilisation soudain de l'axe longitudinal du cours moyen; causée par dépôt torrentiel de limons calcaires;
- h') affaissement global du torrent, ou plutôt désagrégation des structures de l'ancien torrent;
- i') accroissement de la torrentialité et des conséquences dangereuses jusqu'aux cours inférieurs, à cause des altérations des structures profondes qui permettaient l'écoulement des crues.

Tout de suite après le tremblement de terre un village préfabriqué destiné à 1200 sinistrés a été mis sur pied près du torrent.

Pour réparer les dommages causés par le torrent et par les crues qui s'ensuivirent, compte tenu notamment de l'urgence d'éliminer les risques qui menaçaient le nouveau village, on procéda à l'exécution des ouvrages suivants:

- 1) excavation de matériaux alluvionnaires et réaménagement du lit torrentiel moyen pour faciliter les écoulements;
- 2) stabilisation des lits supérieurs: barrages de consolidation en béton armé;
- 3) endiguement de la grande quantité de détritits des lits torrentiels supérieurs; barrages de sédimentation en béton armé;
- 4) renforcement de l'élévation et du prolongement de la déviation Dorondon: digue longitudinale en matériaux incohérents avec des revêtements en béton armé pour 2 m, avec accès pour l'extraction des alluvions;
- 5) écoulement des crues en aval du Dorondon: barrage réservoir en béton armé avec une capacité supérieure à 200.000 m³ ;
- 6) déplacement du lit vers la droite dans la zone inférieure: canalisation avec barrages, enrochements et digues;
- 7) entretien extraordinaire de tous les vieux barrages pour couvrir par des atterrissements les lentilles argileuses mises à jour;
- 8) chemin de service jusqu'à une altitude de 1100 m.

Presque tous ces travaux ont été réalisés grâce à des mesures d'urgence, notamment 1) 4) 6), et partiellement 2) 3) 7). Aucun épaississement des maçonneries n'a été nécessaire pour résister aux contraintes sismiques vu que les ouvrages ont au

maximum une hauteur de 9m. Pour ce qui est du village des sinistrés il a été possible de réduire sensiblement les risques par l'affectation d'une somme de 3 milliards de lires (1982).

Consolidation de l'éboulement de Manazzons de Pinzano

Données de base: parois de conglomérats, qui dominent l'agglomération, composées de structures et de consistences hétérogènes en gros blocs séparés avec plusieurs types d'éboulis provoqués par des contraintes sismiques anciennes et par de vieux éboulements entamés de plusieurs façons par les agents atmosphériques.

Les effets du tremblement de terre ont été:

- a) chute de blocs gigantesques;
- b) crevasses sur les parois de conglomérats avec chute de très grosses pierres;
- c) affaissements différentiels du sol et fissuration de la surface;
- d) abandon du centre habité dont toutes les maisons furent fortement endommagées.

Pour réparer les dommages du tremblement de terre et éviter de changer l'établissement du centre habité on a appliqué les critères que nous décrivons ci-dessous et réalisé des ouvrages sur une hauteur moyenne de 20 m de parois ébouleuses:

- 1) construction de chemins de service à l'intérieur du centre habité détruit;
- 2) consolidation superficielle des parois par injections de béton liquide dans les fissures et mise en place d'un treillis en béton armé destiné à endiguer, faire adhérer et répartir les charges;
- 3) consolidation en profondeur par des injections de mélanges de ciment et bétonite;
- 4) ancrages avec des entretoises pré-tendues de type et débit varié (10, 12, 60 t) avec une distribution spécifique de 42 t par ml et un coefficient de sécurité égal à 1,20;
- 5) drainages profonds derrière les structures de consolidations;
- 6) ouvrages divers: élimination de la végétation; dégagements, treillis métalliques, aménagement des pierres précipitées.

Les travaux ont été réalisés conformément aux mesures d'urgence, en suivant

centre habité est redevenu le siège de la vie civile, économique et sociale. Les dépenses s'élèvent à 500 millions de liras.

Aménagement des décharges de ruines sur la rivière Tagliamento, sur la rivière Fella et sur le torrent Torre.

Parmi les effets indirects du tremblement de terre citons la détermination du cumul de ruines des centres habités détruits qui s'était déposés sur le lit des cours d'eau, grands et petits, en occupant partiellement les francbords et également les parties du lit aussi. Là où des dommages pouvaient se produire, on procéda à la réalisation des ouvrages suivants:

- a) régularisations des masses incohérentes déposées d'une façon désordonnée;
- b) drainage profond des masses sous a);
- c) digues de stabilisations;
- d) barrages de consolidation.

Des digues ont été construites sur une longueur de 5,5 km. Elles sont composées d'ouvrages de pierres gigantesques avec une section de $12-27 \text{ m}^2$ pour un volume de 2 millions de m^3 .

Les frais se sont élevés à environ trois milliards de liras (1982) et les résultats atteints ont été excellents (amélioration de l'aménagement hydraulique, élimination de pollution due à des matières organiques) bien qu'il se soit agi d'interventions de premier secours.

Construction d'une tranchée pour bloquer la chute des blocs de pierres à Portis (Venzone)

Le grand dérochoir (environ 20.000 m^3) précipité de la formation conglomératique avec des parois sub-verticales (hauteur 150-200 m) qui dominait l'agglomération de Portis s'était brisé, dans la pente sous-jacente, dans de nombreuses unités détritiques de dimensions variables (de $0,50 \text{ m}^3$ à 15 m^3) qui menaçaient de s'écrouler sur l'agglomération sous-jacente.

L'intervention englobait les ouvrages suivants:

- ouverture d'une tranchée pour bloquer la chute blocs de pierres à section trapézoïdale (longueur 210 m, largeur à la base 10-12 m, profondeur de la tranchée sur le bord de la vallée du talus 6 m).

La largeur du remblai, composé de matériaux incohérents couverts de cordons de mottes de gazon sur le talus extérieur a été de 2,50 à la tête avec une pente de 45% en aval et en amont.

Le talus inférieur a été revêtu d'un mur en béton sur une hauteur de 4 m.

De plus l'ouvrage est équipé de canaux de drainage qui, en traversant le corps du remblai, ont facilité l'écoulement des eaux de pluie.

RESUME

Le tremblement de terre du Frioul de 1976 a provoqué des effets secondaires permanents d'une certaine gravité sur les Préalpes, les Alpes Juliennes et les Alpes Carniques. Ces montagnes sont surtout composées de roches calcaires et dolomitiques; elles sont traversées par de nombreuses failles longitudinales EW (direction alpine) et NO-SE (direction dinarique).

Les mouvements sismiques ont peu endommagé les ouvrages de correction torrentielle (digues longitudinales, barrages, reboisements); par contre ils ont causé des dégâts importants à l'environnement naturel (éboulements). Bon nombre de dérochoirs ont abîmé la végétation naturelle et endommagés le torrents du 1er et du 2e ordre par de graves obstructions. On a pu observer des phénomènes reliés de torrentialité vive, provoqué par les énormes dépôts d'éboulis sur les versants et dans les torrents et d'altération du régime hydrologique des grand fleuves par suite des décharges désordonnées de décombres des pays détruits.

Le tremblement de terre du Frioul de 1976 est d'origine tectonique comme tous ceux qui l'ont précédé à un rythme assez soutenu. L'influence des tremblements de terre sur la stabilité des masses rocheuses est négative et elle constitue un facteur d'accélération de leur désagrégation, encore favorisé, dans les cas du Frioul, par la forte pluviosité et par l'alternance du gel et du dégel.

L'analyse des phénomènes sismiques et de la physionomie climatologique et lithologique doit donner naissance à de nouveaux critères pour l'établissement des plans d'ouvrages de correction torrentielle. Il faut notamment évaluer attentivement les véritables possibilités mécaniques des roches ainsi que leur facilité d'éboulement réelle et potentielle; il faut prévoir des barrages de retenue spéciaux pour les bassins de retenue des énormes charges solides provoquées par les tremblements de terre; enfin, il faut veiller à l'entretien des oeuvres et, au besoin, les adapter au risque sismique.

SUMMARY

The earthquake in Friuli of 1976 caused secondary permanent effects of considerable seriousness in the Alpine foothills and "Giulie" and "Carniche" Alps.

These mountains are mainly composed of limestone and Dolomite rock and are traversed with longitudinal faults EW (Alpine direction) and NW-SE (dinaric-direction).

The seismic shocks caused slight damage to torrent control (training wells, dams, reforestation) but the natural environment suffered greatly (landslides). Numerous rock falls have damaged the natural vegetation and 1st and 2nd order streams have been seriously obstructed.

Correlated phenomenon of torrentiality caused by enormous deposits of landslide debris have been reported and of alterations of the hydraulic regime of large rivers due to the disorderly dumping of ruins from the destroyed villages.

The 1976 Friuli earthquake was of Tectonic origin, like all the others that preceded it with much frequency.

The influence of the earthquake on the stability of the rocky masses is negative and is an accelerating factor in their disintegration which in Friuli was facilitated all the more by heavy rainfall and alternate freezing-thawing temperatures.

From analysis of seismic phenomenon and climatological and lithological features new criterion must be adopted for the planning of works for torrent control. In particular, the true mechanical properties of the rocks and their actual and potential possibility of subsidence must be carefully considered; special debris basins for storage ponds must be provided made up-of huge bedload discharges; and finally these works must be carefully preserved and must adapt further to the risk of seismic shocks.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Das Erdbeben in Friaul 1976 verursachte sekundäre bleibende Wirkungen von beträchtlicher Schwere in den Ausläufern der Alpen und den Julischen und Karnischen Alpen. Diese Gebirge setzen sich hauptsächlich aus Kalk- und Dolomitgesteinen zusammen und werden von Verwerfungslinien in EW (alpine-) und NW-SE (dinarische) Richtung gequert.

Die Erdbebenstöße verursachten geringe Schäden an Verbauungswerken (Längswerken, Sperren und Aufforstungen) während die Natur schwer betroffen wurde (Rutschungen). Zahlreiche Felsstürze schädigten die natürliche Vegetation und Gewässer erster und zweiter Ordnung wurden beträchtlich verschüttet. Damit zusammenhängend und als Folge der riesigen Ablagerungen von Rutschungsmassen auf Hängen und in Wildbächen konnte man eine gesteigerte Wildbachtätigkeit beobachten, sowie Änderungen im hydrologischen Regime der großen Flüsse entsprechend den unregelmäßigen Entladungen von zahlreichen zerstörten (Zerstörungen in den verschiedenen) Landesteilen.

Das Erdbeben in Friaul 1976 war, wie auch alle in anhaltender Folge vorhergegangenen (mit großer Häufigkeit) tektonischen Ursprungs. Die Auswirkung der Beben auf die Stabilität der Felsmassen ist negativ und ein Beschleunigungsfaktor hinsichtlich der Entfestigung, welche in Friaul noch begünstigt wird durch Niederschlagsreichtum und Temperaturwechsel um den Gefrierpunkt (Frost-Tau-Wechsel).

Nach der Analyse der Bebenscheinungen und der klimatologischen und lithologischen Verhältnisse sind neue Kriterien bei der Planung von Wildbachverbauungen zu erstellen. Insbesondere müssen tatsächliche Standfestigkeiten der Felsen und bestehende und mögliche Bruchgefahren berücksichtigt werden. Dem riesigen Geschiebeanfall entsprechend sind besondere Rückhaltesperren für Ablagerungsplätze vorzusehen, für deren Instandhaltung zu sorgen und wenn nötig, an das seismische Risiko anzupassen.

C O N S I D E R A T I O N S O N T H E P O S S I B I L I T Y
O F E V A L U A T I N G T H E E F F E C T S
O F E A R T H Q U A K E O N E R O S I O N
I N B A S I L I C A T A (I T A L Y)

by Giovanni Palmentola

Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università
Bari, Italia

SUMMARY

The effect of the combination of different factors which condition and determine the natural surface dynamics is in Basilicata such that the normal evolutive situation is locally represented by formes of rapid erosion and mass movements. This occurs mainly in the two most fragile of the five litho-morphological districts recognizable in the Region: the Lucanic Flysch and Variegated Clays District, and the Plio-Pleistocene Clays District. The effects of 23 November 1980 seismic shock (magnitude 6.5) and of the numerous later repetitions, which in the most resistant districts had absolutely no significant effect, were to date slight in these districts and, in any case, difficult to evaluate since they were covered by normal morphological changes, which are very rapid in the area.

RÉSUMÉ

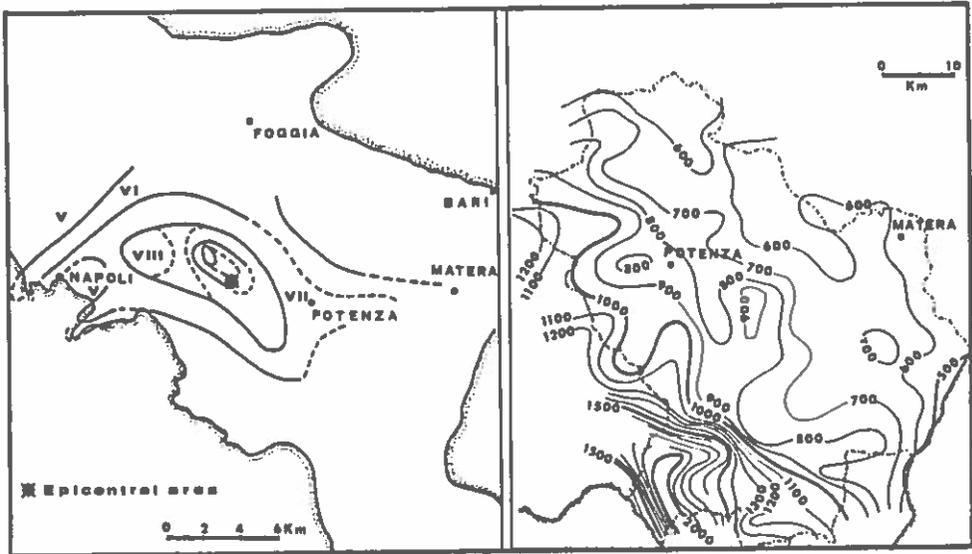
La combinaison des facteurs qui conditionnent l'évolution du relief, soit la lithologie, le climat, l'usage du sol, l'activité tectonique récent et en cours, est en Basilicata telle que la situation normal des plusieurs versants est constitué par les mouvements de terrain et l'érosion intense. Cette situation est typique de deux de tous les cinq départements lithomorphologiques qui on peut distinguer dans la Région: celui des Flysch Lucaniens et des Argiles écaillées et celui des Argiles plio-pléistocènes. Les conséquences du dernier tremblement de terre en Basilicata (23.11.'80, magnitude 6.5) et des nombreuses secousses successifs, qui dans les départements lithomorphologiques les plus résistants ont été tout court négligeables, dans ces départements-ci ne sont pas bien évaluables à cause de la très rapide evolution morphologique normal des leurs surfaces.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Kombination der Faktoren die die Reliefgestaltung bestimmen, Lithologie, Klima, Bodennutzung, die jüngste und langzeitliche tektonische Aktivität ist in Basilicata derart, daß die normalen Formen der meisten Hänge durch Massenbewegungen und einer intensiven Erosion gebildet sind. Diese Situation ist typisch in den zwei brüchigsten von fünf in der Region bekannten lithologisch-morphologischen Regionen: diejenige des Iuzianischen Flyschs und Tonarten Distrikt sowie des Plio-Pleistozänen Ton-Distriktes. Die Wirkung des Erdbebens vom 23. November 1980 (Magnitudenklasse 6, 5) und von zahlreichen späteren Wiederholungen, welche in den meisten widerstandsfähigeren Distrikten überhaupt keine signifikanten Wirkungen zeigten, waren in diesen Distrikten bisher gering, und jedenfalls schwer zu bewerten, weil sie mit normalen morphologischen Veränderungen überlagert waren, die in diesem Gebiet (an sich) sehr schnell vor sich gehen.

PREFACE

The objective and exact evaluation of variations induced by earthquake on the erosion dynamics may be seen as proportional to the normal situation which they modify. This observation is of particular importance if referred to the territory of Basilicata, where the normal situation of equilibrium is characterized by rapid erosion and mass movements. In this area, as in most Apennine region, surface evolution is linked to and depends directly on the combination of three factors: climate, lithology and past, present tectonics.



23.11.1980 earthquake of southern Italy: isoseismal lines (MSK scale).
(from Berardi et Alii, 1981).

Map of rainfall in Basilicata (mm per annum).

The climate, which is mediterranean, is characterized by mainly autumn-winter rainfall with absolute values increasing from the eastern (at an average, of 550 mm in 80 days a year) to the western area (up to a maximum of 1700 mm in 200 days a year); temperatures present an annual variation of at least 40°C between the maximum in August (46°C in the Bradano area) and the minimum in January (-15°C in the apennine area). Rainfall distribution the great thermic variation and the large number of clear sunny days (more than 135 a year in Potenza), among other effects cause notable and recurrent variations in water content in the rocks with consequences on the cohesion of the loosed rocks.

... lithology, even marked by the

recurrent prevalence of pelitic facies, determines and conditions, as a function of the first factor, the particular types and forms by which morphological evolution develops.

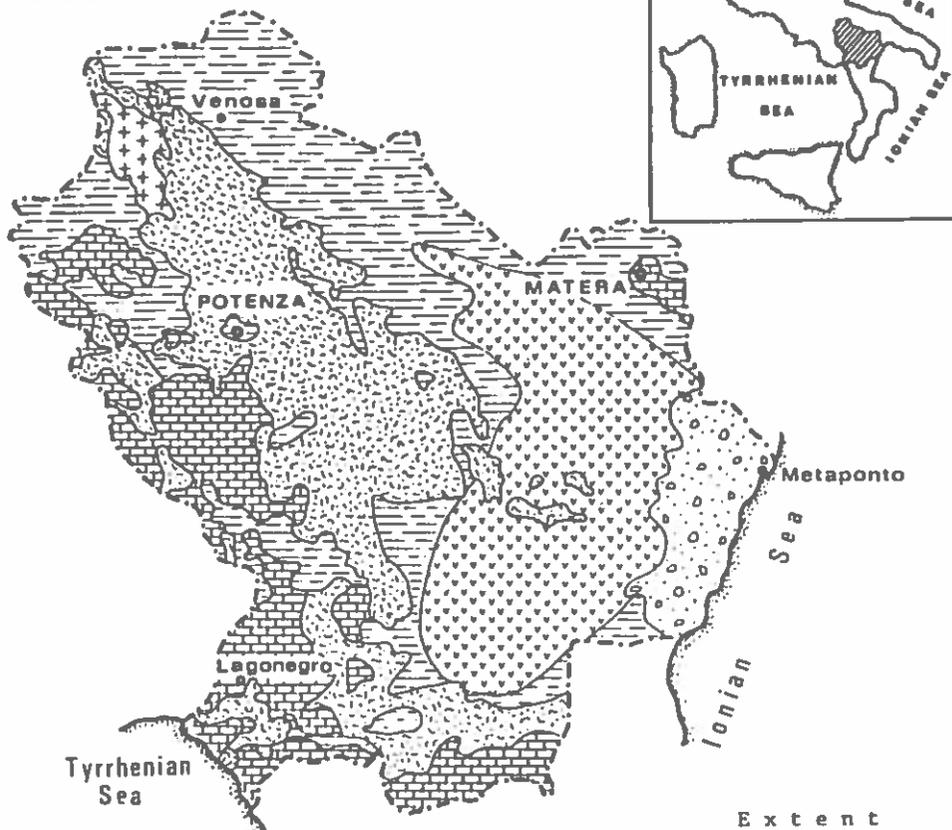
Besides introducing defects and causing anomalous combinations and overlappings among lithological bodies with different geomechanical behaviour, tectonics has controlled and continues to control the relationship between linear and areal erosion; this is locally characterized by the overall prevalence of the former on the latter. As a result of this, in Basilicata especially on the Jonic coast in consequence of rapid and intense regional uplifts, beginning at the end of the Tertiary and reaching their greatest intensity in the middle Pleistocene, very steep slopes are still formed, with an incline which is not suited to the lithotechnical properties of the material in which they are cut out. These slopes develop towards more balanced configurations by means of widespread mass movements, or also with particular shapes typical of rapid erosion (badlands).

THE LITHOMORPHOLOGICAL DISTRICTS IN BASILICATA

In accordance with these premises, five lithomorphological districts may be recognized.

- 1) Carbonate, silicious District - stable, with rugged shapes. Its surfaces are characterized by the effects of karst phenomena, developed mainly at the end of the Mesozoic and in the lower Tertiary. In many areas it was buried under the tertiary allochthonous nappes and is presently in an advanced phase of re-exposure because of the erosive removal of the covering.
- 2) Lucanic Flysch and Variegated Clays District - characterized by a generally high pelitic content and also by a great lithological variety both in height and width. It is marked by reworking and by non-uniform mechanical properties mainly connected with orogenic overthrusts, which in several areas have substantially changed the original stratigraphic relationship. Its surfaces develop rapidly above all by means of landslides. In fact, extending as it is for about 270.000 ha, equivalent 27% of the whole territory of the Region, it is normally characterized by superficial and deep-seated forms of sliding which involve it for about 40%.
- 3) Plio-Pleistocene Clays District - characterized by the spread of swift weathering forms like badlands, it is conditioned in several areas by residual strips of permeable sandy-conglomeratic covering located at the top of hills; it shows old landslide masses with periodic renewals. The relationship between the badlands, particularly developed in the lower part of the slope, and the alluvial terraced deposits of well-known age (Boenzi, Di Gennaro & Pennetta, 1978) along the sides of the valley, led to consider that, in the present configuration, these forms began to develop owing to the post-wurmian uplifting (Del Prete, 1981). Extending for about 495.000 ha,

SCHEMATIC MAP OF LITHOMORPHOLOGICAL DISTRICTS OF BASILICATA.



	Extent	
	hectares	percentage of Basilicata
 Carbonate, Silicious District	151.000	15%
 Lucaic Flysch and variegated Clays District	270.000	27%
 Plio-Pleistocene Clays District (A)	495.000	49%
 Area with Badlands prevalent (B)	178.600	18%
 Mt. Vulture volcanic products District	17.000	2%
 Sandy conglomeratic of the Metaponto planes District	66.000	6%
River beds	124	2%

about 180.000 ha, equivalent to 36% of its surface and 18% of the whole area of Basilicata.

- 4) Mt. Vulture Products District - practically without important erosional and slope stability problems; it is essentially made up of trachytic, phonolitic, tephritic and phoiditic lavas with pyroclastic interbeddings (Hieke Merlin, 1967).
- 5) Sandy Conglomeratic District of the Metaponto planes - marked by stables surface in consequence of slope and of their over altimetrical position. Its most outstanding problem (Cocco et Alii., 1975) is the withdrawal of the shoreline, linked to drastic reduction in clastic contribution from the hinterland owing to the construction of numerous barrages.

On the whole, rapid erosive withdrawal, landslides and mass movements represent the usual dynamics for about 290.000 hectares, compared to a total regional surface of about 1.000.000 ha.

THE EFFECTS OF EARTHQUAKE ON EROSION

It was on this situation of usual solpe evolution that the November 1980 earthquake happened. Its first impulse, due to a complex breakup process with a magnitude 6.5, was followed after two seconds by another somewhat wider. The epicentral area was iutside of Basilicata, in Laviano territory; the focus was evalutated at a depth between 18 and 20 km. These first shocks were followed by many others during the following days and months, with a constantly decreasing intensity and focus lined up according to a strip approxiamately 70 km long and 15 km wide, which individualize a tensive antiapenninic fault. The effects of the shock and aftershock were felt in Basilicata according to preferential direction linked to the different characteristics of the lithological bodies encountered by the seimics wave. The sum of seismic-induced shakings certainly altered the mechanical properties of the geological formations by temporarily changing their conditions of equilibrium and modifying their water content and the water static and dinamyc conditions. The most obvious effects of the shaking were evident in the very first days after the shock. Outside of Basilicata, some large landslide were reactivated in Irpinia, as for exemple those of Calitri (Del Prete & Trisorio Liuzzi), 1981) and Senerchia. Within the limits of the Basilicata, the Lucanic Flysch and variegated Clays District, and the Plio-Pleistocene Clays District have felt the effects of the shaking, apart from the Carbonate District which bear evidence of small and rare rock falls. An extent lanslide developed in the Malonga area near S. Fele, involving a slope of approximately 110 ha, reached, a new situation of equilibrium in the space of few days the mass movement died out without further signs of activity to date. Another large movement already occurred the day after the shock, in the Bella territory near the epicentral area, involving a slope of approximately 200 ha.

lap and following the liquefaction phenomena of a thick sand bank, died out in the space of a few days after altering the local hydrogeological situation radically. Other landslides of minor size and importance were activated various areas, mainly in northern Basilicata and, to a lesser extent, in the south of Potenza.

Data collected on slope erosive phenomena were practically trifling as a result of shakings.

On the whole, from what we could observe or measure, the effects of the November '80 earthquake on the surface dynamics processes were not very striking and involved the re-mobilization of old landslides which were in conditions of precarious equilibrium.

In spite of this, attention must be turned to what has been recalled with regard to the usual condition of slopes in Basilicata: their widespread instability, particularly evident and intense above all in the rainy season, makes difficult "to read" and separate the effects of minor intensity due to occasional phenomena as earthquakes.

CONCLUSION

The conclusion may thus be reached that seismic-induced alterations in the erosive processes in Basilicata cannot be exactly evaluated because of the so called "low relationship between signal and background noise" where the former is represented by the shaking consequences on erosion and the latter by the usual erosive processes as a result of local climatic, lithological, structural, tectonic and land use situation.

LITERATURE

- Berardi, R. et Alii, 1981: Terremoto campano-lucano del 23 novembre 1980. Regisztrazioni accelerometriche della scossa principale e loro elaborazioni. Congr. Annuale, Fin. Geodin. su Sismicit  della Italia. Udine.
- Boenzi, F., Di Gennaro, A., & Pennetta, L., 1978: I terrazzi della Valle del Basento (Basilicata). Riv. Geogr. It., LXXXV (4). Firenze.
- Cocco, E., et Alii, 1975: Lineamenti geomorfologici e sedimentologici del litorale alto ionico (Golfo di Taranto). Boll.Soc.Geol.It., XCIV. Roma.
- Cotecchia, V., 1982: Phenomena of ground instability produced by the earth quake of november 23, 1980 in southern Italy. Proceedings IV Congress International Association of Engineering Geology, VIII, New Delhi.
- Cotecchia, V., 1982: Le instabilit  del territorio rivelatesi a seguito del terremoto del 23 novembre 1980 in Irpinia e Basilicata. Contributo per la ristrutturazione energetica delle zone terremotate del Mezzogiorno, Fast, Milano.
- Cotecchia, V., & Del Prete, M., 1977: Proposal for an Engineering Geology orientated zoning of a structurally complex region of the Southern Apennines (Basilicata) with special reference to slope stability. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 15 Krefeld.
- Del Prete, M., 1981: La frana del centro storico di Grossano: meccanismo, et , effetti del terremoto del 23.11.1980. Rend.Soc.Geol.It., 4 (1981). Roma.
- Del Prete, M. & Trisorio Liuzzi, G., 1981: Risultati dello studio preliminare della frana di Calitri (AV) mobilitata dal terremoto del 23.11.1980. Geol.Appl. e Idrogeol., XVI, Bari.
- Hieke Merlin, O., 1967: I prodotti vulcanici del Monte Vulture (Lucania). Mem.Ist.Geol.Miner. Univ., XXIV. Padova.
- Kayser, B., 1961: Recherchey sur les sols et l'érosion en Italie méridionale, Lucanie, Soci t  d'Edition d'Enseignement Supérieur, Paris.
- Palmentola, G., et Alii, 1980: Studio delle condizioni di stabilit  di parte dell'alto bacino idrografico del Fiume Basento, in Lucania. Geol. Applicata e Idrogeol., XV, Bari.
- Palmentola, G., et Alii, 1981: Catalogo dei fenomeni franosi della parte meridionale della provincia di Potenza, in Basilicata. Regione Basilicata, Potenza.
- Puglisi, S., 1982: Quelques aspect de la R.T.M. en Basilicate. R.F.F. XXXIV - 5.

WASSER- UND FORSTREGULIERUNG IM ABRUTSCHGEFÄHRDETEN FLUSSBECKEN VON TRIVIGNO (BASILIKATA) IM SÜDLICHEN APENNIN IM GEBIET DES ERDBEBENS VON 1980 .

Prof. Giovanni PALMENTOLA, Doz.,
Fakultät für Geologie, Universität Bari/Italien

Prof. Salvatore PUGLISI, o. Prof.,
Fakultät für Agrarwissenschaften, Universität Bari

Dipl. Ing. Giuliana TRISORIO-LIUZZI, Assistentin,
Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Universität Bari

ZUSAMMENFASSUNG

Wir berichten hier von den Ergebnissen einer Untersuchung, die in der Basilikata (im südlichen Apennin) in Flußbecken, die schon reguliert sind oder bei denen Wasser- und Forstregulierungen im Gange sind, unternommen worden ist. Allgemeines Ziel der Untersuchung ist es, die Wirkung des Zeitfaktors auf die ausgeführten Regulierungseingriffe festzustellen. Dabei werden die Erdstöße und Niederschläge von besonderer Stärke berücksichtigt. Es soll dann die Wirksamkeit der angewandten Kriterien und im Bedarfsfall die Notwendigkeit neuer Methoden bestimmt werden. Die Untersuchung bezieht sich auf ein Gebiet in der Nähe des Ortes Trivigno (Abb.1), wo im Gefolge von Erdbeben, die das Wohngebiet betrafen, im Jahre 1969 eine Befestigung des Abhangs vorgenommen wurde. Zweck der Arbeiten war es außerdem, die Eisenbahnlinie und die Autobahn zu schützen.

Diese Gegend gehört zu dem großen Gebiet des südlichen Apennin, das am 23. 11. 1980 von jenem starken Erdbeben getroffen worden ist und in dem außerdem im März 1973 eine Überschwemmung von außergewöhnlichem Ausmaß stattgefunden hat, die so starke Schäden an der Autobahn und an der Eisenbahnlinie hervorgerufen hat, daß sie für mehrere Jahre nicht mehr benutzt werden konnten.

Der Analyse liegt als Methode der Vergleich der verschiedenen Zustände der Stabilität des Abhangs zugrunde, von denen sei es vor oder nach den ausgeführten Regulierungsarbeiten zu verschiedenen Zeiten (nämlich in den Jahren 1954, 1969, 1976 und 1982) berichtet worden ist.

Die durch die Regulierung erzielten Resultate in dem betreffenden Gebiet sind trotz der Überschwemmung von 1973 und dem Erdbeben von 1980 zufriedenstellend.

mit Hilfe einer nachträglichen Prüfung der angewandten Vorgehensweisen die Gelegenheit zu einer Definition des Regulierungsmodells.

1. EINLEITUNG

In den letzten 30 Jahren sind in der Basilikata (Süditalien) zahlreiche Wasser- und Forstregulierungsarbeiten ausgeführt worden. Sie sollten dazu dienen, die Ebenen vor Überschwemmungen, die Deiche vor Verlandungen, sowie die Wohnzentren und die vielfältigen Infrastrukturen vor Erdbewegungen zu schützen. Über einige der ausgeführten Eingriffe, die wegen der Schwere der Zerstörung oder der Art der angewandten Verfahrensweisen besonders interessant sind, ist unsere Arbeitsgruppe auf dem laufenden gehalten worden.

Die Basilikata ist Teil des großen Gebiets des südlichen Apennin, das am 23. November 1980 von jenem starken Erdbeben getroffen worden ist.

Diese Region gehört, was ihre geologische Struktur und ihre Erdbebengefährdung angeht, zu den komplexesten der ganzen italienischen Halbinsel. Vorherrschend sind vielfältige Strukturen vornehmlich tonhaltiger Litofazies, die eine ausgeprägte Neigung zu Erdbewegungen haben. Diese sind nach Alter, mechanischem Ablauf, Gründen und Geschwindigkeit sehr verschiedenartig. Darüberhinaus ist die in Gang befindliche morphologische Evolution für ausgedehnte Phänomene von Abböschung verantwortlich, die die Rekonstruktion der Vorgänge häufig erschweren.

Der Lehrstuhl für Wasser- und Forstregulierungen der Universität Bari hat nach dem Erdbeben vom November 1980 eine Untersuchung der Wildbachbecken in der Basilikata, die schon reguliert sind oder deren Regulierung im Gange ist, vorgenommen. Ziel der Untersuchung war es, die Wirksamkeit der angewandten Regulierungskriterien und gegebenenfalls die Notwendigkeit neuer Methoden festzustellen.

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Untersuchung, die sich auf ein Gebiet in der Nähe der Ortschaft Trivigno (Abb. 1) bezieht, mitgeteilt. Dort wurde im Gefolge von Erdbeben, die das Wohngebiet betrafen, im Jahre 1969 eine Befestigung des Abhangs vorgenommen. Zweck der Arbeiten war es außerdem, die Eisenbahnlinie und die Autobahn zu schützen.

Der Analyse liegt als Methode der Vergleich der verschiedenen Zustände der Stabilität des Abhangs zugrunde, von denen sei es vor oder nach den ausgeführten Regulierungsarbeiten zu verschiedenen Zeiten (nämlich in den Jahren 1954, 1969, 1976 und 1982) berichtet worden ist.

Die morphologischen Erkenntnisse, mit deren Hilfe wir die

Erdbebenvorgänge und ihre mechanischen Abläufe haben rekonstruieren können, sind aus dem Studium von Luftaufnahmen gewonnen worden, mit Ausnahme der Jahre 1969 und 1982, wo es möglich gewesen ist, direkte Erhebungen vor Ort vorzunehmen.

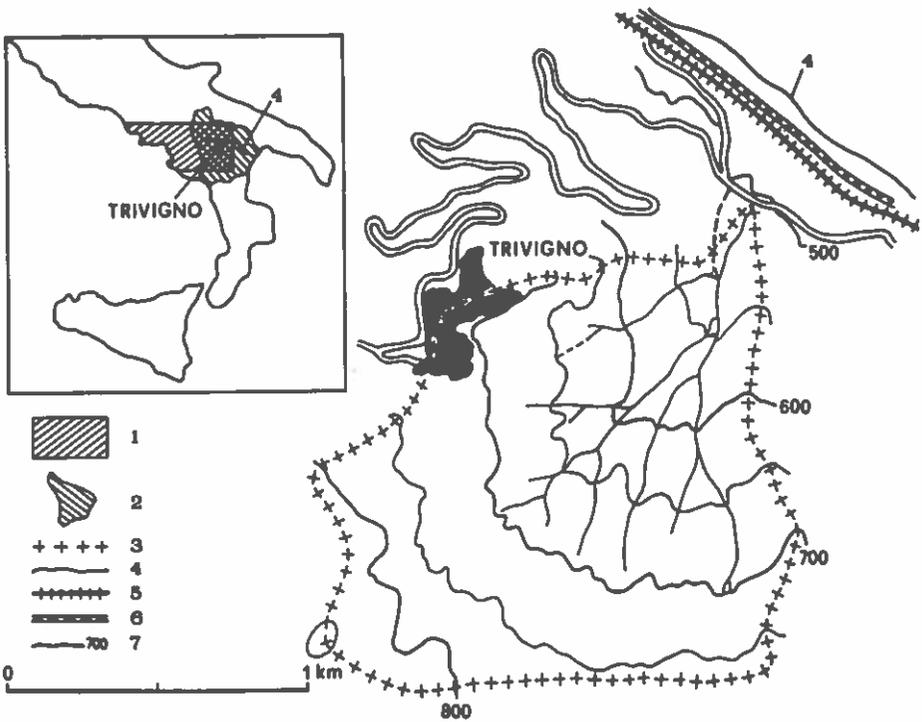


Abb. 1: Lokalisierung des untersuchten Gebietes.
 (1): Zone des Erdbebens vom 23. 11. 1980;
 (2): die Basilikata; (3): Begrenzung des hydrographischen Beckens; (4): Basento-Fluß;
 (5): Eisenbahnlinie; (6): Autobahn;
 (7): Höhenlinien .

2. GEOLOGISCHE MERKMALE UND ERDRUTSCHBEWEGUNGEN

Der untersuchte Teil des Abhanges wird von zwei Gesteinsschichten gebildet, die einem Zeitraum zwischen der Kreide und dem Oberen Miozän zuzuordnen sind. Die ältere untere Schicht besteht aus buntem Ton; sie wird an verschiedenen Stellen von Tonbetten gebildet, die zum Teil schlammartig oder geschiefert sind. Die Farbe wechselt von rotbraun zu grau, grün und gelb. Die Tonbetten, die durchschnittlich etwa 10 cm dick sind, wechseln, von Zone zu Zone verschieden häufig, mit unregelmäßigen Schichten und Körpern aus gelblichem und weißlichem Kalkmergel und aus bleifarbenem Kalksandstein von einigen Dezimetern Dicke.

Die von dieser Schicht gebildeten Oberflächenformen erweisen sich als weitgehend instabil oder sind offenkundig den Wirkungen der raschen Veränderung unterworfen, und zwar auch durch Erdbewegungen an der Oberfläche oder im Untergrund. Dieser Zustand scheint zum Teil verbunden mit und abhängig von den tektonischen Vorgängen, denen diese Böden unterliegen, von der Art der Tonmineralien und von den unzulänglichen mechanischen Eigenschaften. Auf dem Buntton, der in dem untersuchten Nebenbecken der am meisten verbreitete Boden ist, erkennt man einige Streifen von Flyschfazies vorwiegend sandiger Zusammensetzung mit offenbar tektonischem Kontakt aufgrund des oberen Fließvorgangs.

Das Nebenbecken von Trivigno ist von einem hydrographischen Netz zerschnitten, das direkt in den Basento entwässert; der Verlauf dieses Netzes, das in typischer Weise verzweigt ist, resultiert klar von sowohl oberflächlichen als auch unterirdischen, sowohl vergangenen als auch neueren Bewegungen, die übrigens auch vom gegenwärtigen Verlauf der Oberflächenformen und auch der Isohypsen bezeugt werden.

Ein großer Teil der Abböschung, die teilweise heute noch in der Trivigno-Zone zu erkennen ist, kann mit großer Wahrscheinlichkeit auf den Zustand mangelnden Gleichgewichts zurückgeführt werden, der von der Hebung des Mittleren Pleistozän hervorgerufen worden ist, während die jüngeren und die gegenwärtigen Formen auf die erneute spätpleistozäne und holozäne Erosion, die noch im Gang ist, zu beziehen sind.

Die Überprüfung der Luftaufnahmen von 1954 läßt klar bereits sich vollziehende Zerstörungen in der Umgebung von Trivigno und einige warnende Anzeichen auf einen immer mehr sich verschlimmernden Zustand in unmittelbarer Nähe des südlichen Teils der Ortschaft erkennen (Abb. 2,a).

Wie man auf der Abb. 2 sehen kann, sind die Ränder der Ablösung (durch einen durchgehenden Strich gekennzeichnet), die Hangrutschungen, die vermutlich zu dem Typ gehören, der abwechselnd bogenförmig und gradlinig verläuft, sowie der Korpus der Hauptrutschung gut zu erkennen, der von ihnen herührt und dessen vorderer Teil sich schon in der Nähe der Straße der Talsohle befindet. Tatsächlich wurde diese Straße auch bald erreicht und zerstört mit der Folge, daß die Brücke einstürzte, so daß die Errichtung einer neuen Brücke notwendig

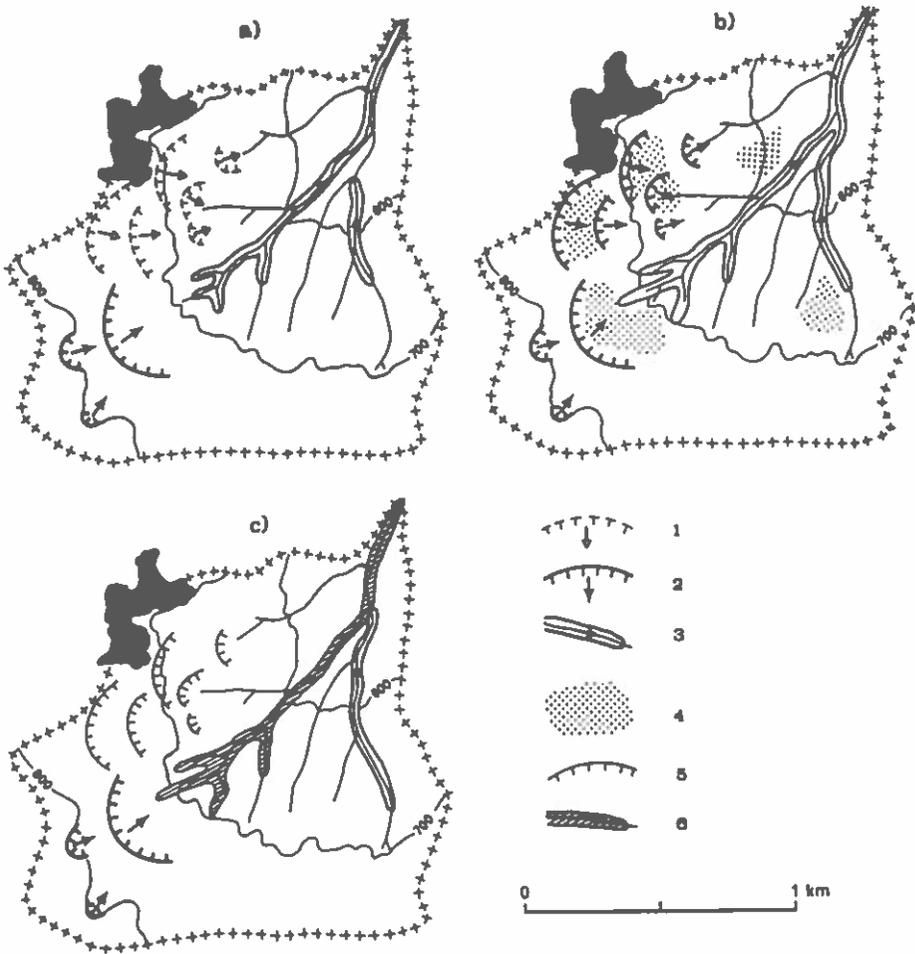


Abb. 2: Entwicklung der Stabilitätsbedingungen des Beckens:
 (a) Lage im Jahre 1954; (b) Lage im Jahre 1969;
 (c) Lage in den Jahren 1976 bis 1982.
 (1): Ablösungslinien; (2): aktive bogenförmig-geradlinige Hangrutschungen; (3): aktiver Rutschungskorpus; (4): Zonen von Grundwasseraustritt; (5): inaktive bogenförmig-geradlinige Hangrutschungen; (6): stabilisierter Rutschungskorpus

mußte, und zwar mit Einbettung des Wasserlaufs in das Geröll flußaufwärts der neuen Anlage.

Die auf diese Weise entstandene Rinne wurde dann mit Drahtschotterschwelen befestigt, und diese Maßnahme wurde flußaufwärts für ca. ein Drittel der Gesamtlänge des Hauptgrabens fortgesetzt. Im Verlauf der späteren Regulierungsmaßnahmen, die 1969 begonnen wurden und die im 3. Abschnitt beschrieben werden, zeigte es sich, daß jene Drahtschotterarbeiten zerstört waren. In Abb. 1 ist das aufgelassene Flußbett schraffiert angegeben.

Ein Nebenerdfluß, der sich rechts von der Hauptrutschung befindet, wird von weitläufigen Oberflächenbewegungen genährt, deren Produkte einer natürlichen Talrinne zugeführt werden.

Die warnenden Anzeichen, von denen gesprochen wurde und die schraffiert angegeben sind, bestehen in augenfälligen Sprüngen und Rissen, die noch nicht zu erheblichen Dislokationen am Gipfel geführt haben. 1969 ist die Zerstörung des Hangs schon weit fortgeschritten: das Nebengeschiebe hat schon die Hauptrutschung erreicht und hilft mit, dessen letztes Teil anzureichern. Die gemeinsame Front drückt auf die Straße und wirft sie auf (Abb. 2,b).

Die warnenden Anzeichen haben sich, mit deutlich sichtbaren Bruchrändern, zu Massenbewegungen des bogenförmig-geradlinigen Typs weiterentwickelt, deren Zurückschreiten bereits die Peripherie der Ortschaft erreicht hat und dabei den Einsturz einiger Gebäude verursacht hat und andere bedroht.

Die direkte Erhebung vor Ort zeigte an mehreren Stellen des Beckens das weitverbreitete Vorhandensein von zutage tretendem Grundwasser.

Die Prüfung der Luftaufnahmen aus dem Jahr 1976, die nach den Regulierungsmaßnahmen gemacht wurden, verdeutlicht den Zustand, wie er auf Abb. 2,c dargestellt ist.

Es sind die aktiven Massenbewegungen sichtbar gemacht. Diese werden von drei der alten Bruchränder, die noch in langsamem Zurückschreiten begriffen sind, und von dem hydrographisch rechts verlaufenden Nebengeschiebe gebildet, das durch eine recht deutliche Zunahme der Rückversetzung charakterisiert ist.

Der Korpus der Hauptrutschung weist keine Anzeichen von Aktivität auf und ebensowenig die bogenförmig-geradlinigen Hangrutschungen, die den Ort vom Süden her unmittelbar bedrohten, die sich aber inzwischen konsolidiert haben und mit einer Pflanzendecke überzogen sind.

Im Sommer 1982 wurde für das gesamte Becken eine direkte Erhebung der Zerstörungen vorgenommen. Der ganze Abhang steht unter dem Einfluß von eher starker Oberflächenerosion, zu der oft Oberflächenbewegungen hinzukommen, vor allem im oberen südlichen Teil und in der unmittelbaren Umgebung südlich und östlich des Ortes. Der Zustand der ermittelten Zerstörungen bestätigt den aus den Luftaufnahmen von 1976 erschlossenen: es ist nicht festgestellt worden, daß die bogenförmig-geradlinigen Hangrutschbewegungen und der Haupterdrutschkörper, bei denen Regulierungsarbeiten vorgenommen worden sind, wieder in Gang gekommen sind; hingegen bleiben die in Abb. 2,c bezeichneten Erdbewegungen und das Nebengeschiebe aktiv.

3. ANGEWANDTE REGULIERUNGSMASSNAHMEN

Die Regulierungsarbeiten waren angelegt mit dem Ziel, die Ortschaft zu schützen, die durch das Fortschreiten der bogenförmig-geradlinigen Hangrutschungen des rechten Abhangs bedroht war. Sie sollten auch der Straße und der Eisenbahnlinie zugute kommen, die durch das Vordringen des Hauptrutschkörpers gefährdet wurden.

Die Sanierungsmaßnahmen am hydrographisch rechten Hang und die Konsolidierungsarbeiten an der Rutschung wurden eng aufeinander abgestimmt.

In den bogenförmig-geradlinigen Hangrutschungen, die die Peripherie des Ortes erreicht hatten, wurden in mittlerer Tiefe von 10 m subhorizontale Drainage-Arbeiten vorgenommen; es wurde ein Stollen aus Stahlbeton angelegt, der bis an die Oberfläche des Feldniveaus mit grobem entwässerndem Material bedeckt wurde. Die Stollen wurden unterhalb der Rutschungsebene angebracht, so daß das intakte von dem darüberliegenden unruhigen Material deutlich getrennt wurde. Wie man in der Abb. 3 sieht, wurde planimetrisch ein grätenförmiges Drainagesystem angebracht, und zwar mit dem Hauptarm in Richtung der Hangrutschung, der sich mit Hilfe kleiner Böschungsmauern in zwei Kanäle öffnet. Diese bestehen aus vorgefertigten Teilen und sammeln das Oberflächenwasser. Der Verlauf des ersten Kanals erstreckt sich fast vollständig entlang der Hauptrutschung, der des zweiten anfangs entlang eines natürlichen Talwegs, um sich dann mit dem anderen Kanal entsprechend der Akkumulationszone des Hangflusses zu verbinden.

Die Konsolidierungsarbeiten an der Rutschung wurden in den einzelnen Abschnitten in verschiedenen Formen ausgeführt:

- I - von der Nährzone bis zum Zusammenfluß der drei Gräben bei ca. 675 m Höhe;
- II - von diesem Zusammenfluß bis ca. 550 m Höhe;
- III - von 550 m Höhe bis zur Straße (auf 500 m Höhe), dort zusammenfallend mit der Akkumulationszone.

Im ersten Abschnitt wurde zunächst ein grätenförmiges Drainagesystem angelegt. Dann folgt ein längsförmiges Drainagesystem, das in einer mittleren Tiefe von etwa 4 m verlegt wurde. Es besteht aus einem Graben, der mit steingefüllten Sickerschlitzeln versehen ist. Unter ihm befindet sich der Stollen, darüber der mit vorgefertigten Teilen ausgelegte Kanal in wechselnder Trapezform. Die Teile sind an ihrem Ende ziegelartig übereinandergelegt, so daß eine gelenkartige Verbindung entsteht, die nötig ist, um mögliche Senkungsbewegungen des durchquerten Rutschungskörpers zu gewährleisten.

Drainagesystem und Kanal werden von kleinen Betonsperren durchbrochen, die die Funktion haben, das Gesamtgefälle des entwässerten Abschnitts zu reduzieren: der Stollen jedes Segments entleert sich so in den Kanal des unmittelbar folgenden Segments, das folglich tiefer liegt als die Mündung des Stollens des bergwärts liegenden Segments.

Die beschriebene lineare Entwässerungsstruktur verbindet sich dann - wo es zweckmäßig ist zunächst über eine Auffül-

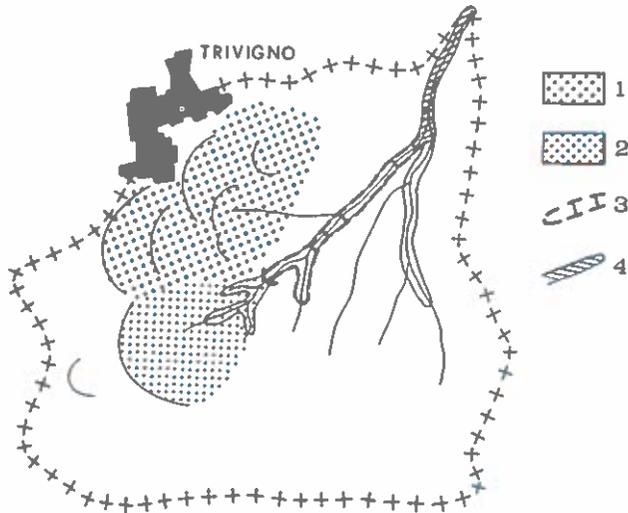


Abb. 3: Schema der ausgeführten Wasser- und Forstregulierungen.
 (1): Geländeabböschung, in 10 m Tiefe verlegtes grätenförmiges Drainagesystem mit Inspektionsschächten an den Knotenpunkten und Ableitung des Oberflächenwassers in die Auffangkanäle, Aufforstung;
 (2): Abböschung mit Hangreduktion, Oberflächendrainagen und Tiefendrainagen mit darüberliegender Kanalisation, kleine verankerte, den Fluß unterbrechende Gewichtssperren und Bogensperre aus Drahtschotterkörben, Aufforstung;
 (3): Tiefendrainage in Längsrichtung des Rutschungsbettes und Hangneigung reduzierende Abböschung in Verbindung mit Einbindungssperren, mit Fertigteilen verkleideter Kanal;
 (4): mit bituminösem Konglomerat verkleideter Kanal mit darunterliegendem Drainagesystem.

re aus Drahtschotterkörben von 56 m Länge, die 3 m über Geländeniveau hinausragt. Das Fundament besteht aus einer Eisenbetonsole mit der Funktion, das Wasser zu sammeln und über eine Öffnung in einen Kanal weiterzugeben, der talwärts der Struktur der Längsachse nach angelegt worden ist.

Außer dem eben beschriebenen länglichen Drainagesystem, das entlang der Achse verläuft, gehen bergwärts 4 weitere Drainage-Arme von der bogenförmigen Sperre aus, die symmetrisch in Fächerform angeordnet sind, und zwar jeweils 2 links und 2 rechts des Hauptdrainage-Arms. Sie führen in Richtung der beiden Seitenzungen der Rutschung und durchqueren diese längs. In diesem Kanal wird auch das Wasser eines Fanggrabens, der an der Haupttrutschung entlangführt, gesammelt.

Das feste und doch durchlässige Fundament der Drahtschotterkorbsperre, das zugleich auch schmiegsam und damit entwässernd ist, hat also die Funktion, das Wasser zu sammeln, das seitlich in den Entwässerungsgräben geführt wird, und das Wasser, das von oben her durch den Körper der Struktur dringt.

Von da an, wo die Sperre in ihren Talabschnitt mündet und für den gesamten zweiten Abschnitt, der dem der aktiven Flüsse der Rutschung entspricht, ist die Regulierung nach dem schon beschriebenen Funktionsschema ausgeführt worden. Durch die Rutschung führt eine längliche Drainagestruktur. Von unten nach oben gesehen besteht sie aus Stollen, Sickerschlitz mit Steinfüllung, Versiegelung und Fluder. Sie wird in regelmäßigen Abständen von Sperren unterbrochen, die die Funktion der Einbindung des Ganzen und der Stufung des Kanals haben. Wegen der größeren abzuleitenden Wassermengen und der unzureichenden Dimensionierung der damals auf dem Markt befindlichen Standardelemente wurde für den Belag des Kanals eigens vor Ort ein Typus von Fertigteil hergestellt, der die nötigen wirtschaftlichen und funktionalen Eigenschaften besaß. Das größere Gewicht der erforderlichen Elemente sowie das Fehlen der notwendigen Industrieanlagen ließen eine dreidimensionale Fertigteilherstellung nicht zu. Deshalb wurde der Belag - wie aus Abb. 4 ersichtlich - mit verbindbaren Flachelementen für die Basis und anfügbaren Seitenteilen ausgeführt. Auf diese Weise ist eine rasche Instandsetzung des Kanals möglich, falls sich unter der Wirkung von Seitendruck die vorgefertigten Seitenteile entfugen sollten.

Der beschriebene Eingriff hat die Änderung des Rutschungsgefälles ermöglicht, und zwar durch die zweckmäßige Anordnung der quergestellten Haltewerke. Topographische Erhebungen, die im Laufe des Jahres 1982 ausgeführt worden sind, zeigen für einen Abschnitt von etwa 220 m bergwärts der Drahtschotterkorbsperre Hangneigungen zwischen 4° und 5° und für einen Abschnitt von ca. 300 m talwärts derselben Struktur solche zwischen 5° und $6,5^{\circ}$.

In der Akkumulationszone (Abschnitt III) wurde der Kanal, der oberhalb der Längsdrainage liegt, mit einem bituminösen Mantel (binder) versehen. Diese auch aus wirtschaftlichen Erwägungen gewählte Maßnahme war im übrigen wegen des reduzierten Gefälles des Abschnitts ($\approx 4^{\circ}$) möglich. Der bergwärts liegende Rutschungskorpus wurde mit Cupressus Arizona (Abb. 5) aufgeforstet.

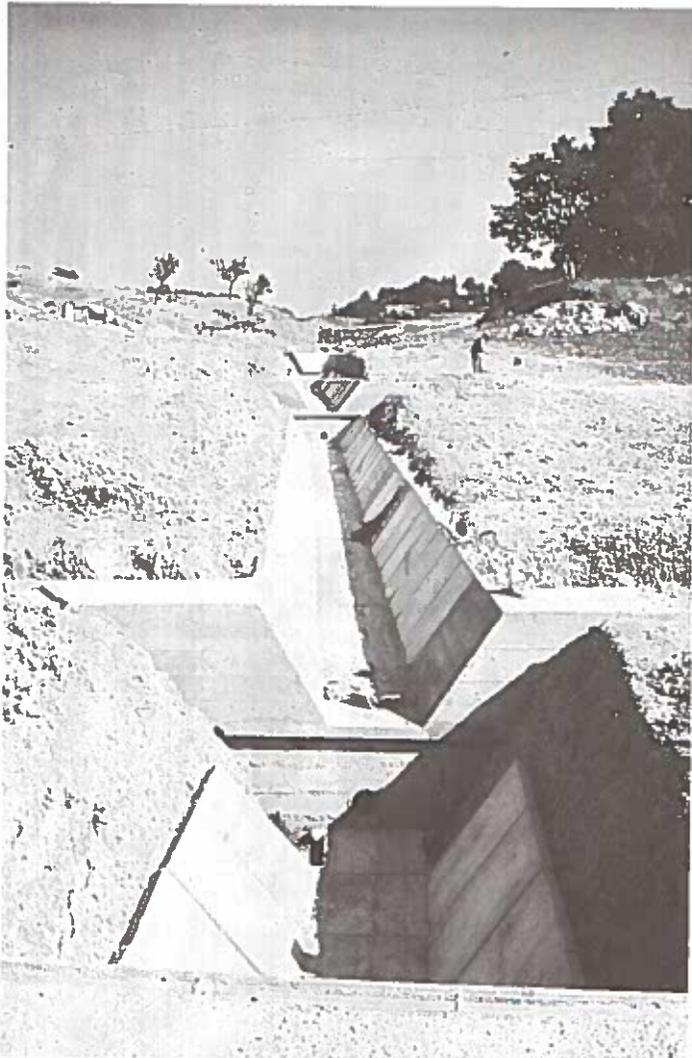


Abb. 4: Darüberliegender Drainagekanal aus Fertigteilen. Zu beachten die Einbindungssperre des Drainagesystems mit Öffnung in den Abfluß des Ableitungskanals und mit der Funktion, die Neigung des Kanals und der abgeböschten Rutschung durch Stufen zu reduzieren.



Abb. 5: (oben) Bogensperre aus Drahtschotterkörben mit festem Fundament mit Öffnung aus Stahlbeton, die gleich nach dem Bau (der im Jahre 1970 beendet wurde) angebracht wurde; (unten) dieselbe Sperre im Jahre 1982 .

4. ERÖRTERUNG DER ERGEBNISSE

Wie schon gesagt, erwies sich die Rekonstruktion der Formen des Abrutsches aufgrund der morphologischen Veränderungen, die sich im Lauf der Zeit ereignet hatten, als schwierig. Allgemein kann man sagen, daß diese Formen von den entsprechenden Bildungen des Niveaus und der Quote der Höhe abhängen: es ist möglich gewesen, wenig tiefgehende Massenbewegungen mit dem Grundmechanismus eines Mischtyps zu erkennen: Rutschungen (mit einer Tiefe von ca. 3 m), die von vielfachen Rutschvorgängen an der Spitze, und zwar des bogenförmig-geradlinigen Typs, herrühren, welche ihrerseits Anreicherungsfunction ausüben. Die mittlere Tiefe der Rutschungsebene liegt bei etwa 10 m, wie zur Zeit der Regulierungseingriffe festgestellt wurde.

Nichts läßt es ausgeschlossen erscheinen, daß frühere oder spätere Zustände von Instabilität in den historischen Perioden, um die es sich handelt, zu Gleichgewichtsordnungen, wenn auch prekärer Art, gekommen sind.

Wenn man berücksichtigt, daß die Regulierung im wesentlichen nur in oberflächlicher Form vorgenommen werden konnte, sind die erzielten Ergebnisse, soweit sie die Zonen, in denen reguliert wurde, betrifft, zufriedenstellend gewesen.

Wie schon gesagt, zeigen die Luftphotovermessungen des Jahres 1976 und die Erhebungen vor Ort des Jahres 1982 die Inaktivität sowohl der bogenförmig-geradlinigen Rutschungen unmittelbar unterhalb des Ortes wie auch der Hauptrutschung.

Während der Ermittlungen vor Ort des Jahres 1982 wurde entlang der Richtung der Rutschung eine mittlere Neigung von 2.86° der Inspektionsschächte festgestellt, die die Arme des Tiefendrainagesystems miteinander verbinden. Die Deformationen entstanden im Verlauf von weniger als einem Jahr seit der Fertigstellung der Strukturen. Obwohl man die Anlage ganz sich selbst überließ und keinerlei Unterhaltsarbeiten ausführte, entlugten sich im mittleren Abschnitt der Rutschung lediglich an einigen Stellen die Seitenverkleidungen.

Beim talwärts liegenden letzten Abschnitt zeigte es sich, daß die flexible Verkleidung des Kanals und infolgedessen auch der darunterliegende Sickerschlitz mit Steinfüllung zum großen Teil weggeschwemmt waren. Dies muß man sowohl auf die fehlende Unterhaltung wie auf die Inadäquatheit des Materials zurückführen. Gleichwohl sind Zerstörungen an den Seitenhängen, abgesehen von örtlichen Erscheinungen von Randerosion, nicht festgestellt worden.

Die Stabilisierung des Territoriums von Trivigno bietet über die nachträgliche Prüfung der angewandten Maßnahmen die Gelegenheit zu einer Definition des Regulierungsmodells. Darüberhinaus erlaubt sie es, die zeitliche Wirksamkeit eines partiellen regulatorischen Eingriffs festzustellen.

Was unter geotechnischem Gesichtspunkt die Definition des Bunttons angeht, so ist in dem untersuchten Areal aus dem Inneren des Hauptrutschungskorpus' in einer Tiefe von 1 m eine gestörte Bodenprobe entnommen worden.

Das wassergesättigte spezifische Gewicht des Materials er-

(% > 0.02 mm) 24.1 %, das Flüssigkeitslimit 65.85 % und der Plastizitätsindex 39.65 %. Sie gehören in den Bereich der Tonarten von hoher Plastizität.

Spezielle Forschungen über die geotechnische Typisierung des Bunttons (Belviso u.a., 1977 a, 1977 b, 1977 c) weisen ihn der Zone der Quelltonarten zu; der benutzte Parameter FS (free swell) zeigt mittlere Werte der Ausdehnung des Volumens beim Kontakt mit Wasser von 60 % nach der Meßmethode des U. S. Bureau of Reclamation.

Mit der bearbeiteten Bodenprobe sind mechanische Resistenzprüfungen durchgeführt worden. Es wurde ein Reibungswinkelwert $\phi^0 = 18$ gefunden, abgelesen am Direktschnittapparat nach Konsolidierung bei Belastungen von 2, 4, 6 kg/cm². Der gefundene Wert ist ein mittlerer, da das Material eine Tendenz zu Pseudokohäsion aufweist. In Wirklichkeit tendiert er zu ϕ^0 und vermindert sich mit der Höhe der Belastung.

Mit demselben Direktschnittapparat ist eine Entwässerungskonsolidierungs-Probe mit den Werten 2, 4, 6 kg/cm² des Konsolidierungsdrucks durchgeführt worden, wobei man das Material über eine glatte Platte gleiten ließ.

Es ist bekannt, daß ein solches Verfahren die rasche Anordnung der Tonteilchen in zerstreute Positionen erlaubt, so daß man Widerstandswerte erhält, die sehr nahe an denen des Fließvorgangs Mineral auf Mineral liegen. Unter diesen Bedingungen lagen die meßbaren niedrigsten Werte des Reibungswinkels bei 10⁰.

Auf der Abbildung 6 kann man den Hauptrutschungskörper (Abb. 6,a) und den Nebenrutschungskörper (Abb. 6,b) gut unterscheiden. Sie haben einen ausgeprägten Charakter von Zähflüssigkeit und bestehen aus tonartigem Geschiebe, das aus mehr oder weniger veränderten und aufgeweichten Bruchstücken der ursprünglichen Formation innerhalb einer Tonmasse von niedriger Konsistenz gebildet wird (Hutchinson & Bhandari, 1971).

Gesicherte Daten sind die ermittelten Zonen, wo freies Grundwasser zutage tritt (Abb. 2,b), die Neigung der vertikalen Inspektionsschächte, das Zurückschreiten des Haupt- und das des Nebenrutschungskorpus', und zwar im Durchschnitt um 15 m pro Jahr (Abb. 6), und das Vordringen des Nebenrutschungskorpus' in den Jahren 1954 bis 1969 um ca. 200 m in linearer Richtung (wobei 1969 der Hauptrutschungskörper erreicht wurde, wie aus Abb. 2,b ersichtlich).

Die Unversehrtheit der Stützwerke und des Oberflächen-drainagesystems sowie der blühende Zustand der Pflanzendecke lassen in den regulierten Zonen das weitere Fortschreiten von Deformationen in feststellbaren Bewegungsgeschwindigkeiten als ausgeschlossen erscheinen.

Es wurde eine Analyse der Stabilität der Abhänge vorgenommen, wobei das einfachste Rechenmodell der "Unendlichen Hangneigung" in Begriffen effektiver Spannung benutzt wurde, denn die zur Verfügung stehenden Daten über die Morphologie der Rutschungskörper ließen komplexere Berechnungen nicht zu.

In der Annahme einer stationären Filterung, die parallel zur Rutschungsoberfläche verläuft, die ihrerseits bezogen auf die Horizontale die Neigung β hat, und bei einem wassergesättigten spezifischen Gewicht des Bodens von 2 t/m³ gibt die

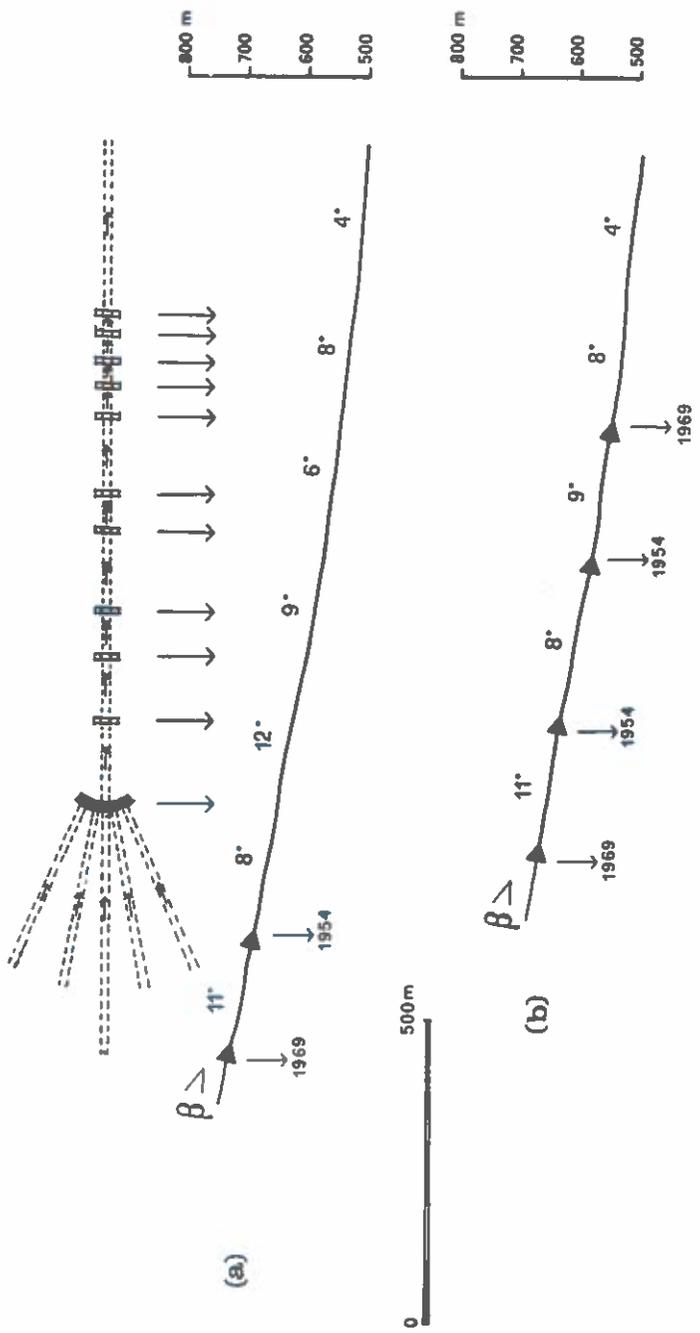


Abb. 6: (a) Abschnitt des Hauptrutschungskörpers; (b) Abschnitt des Seitenrutschungskörpers

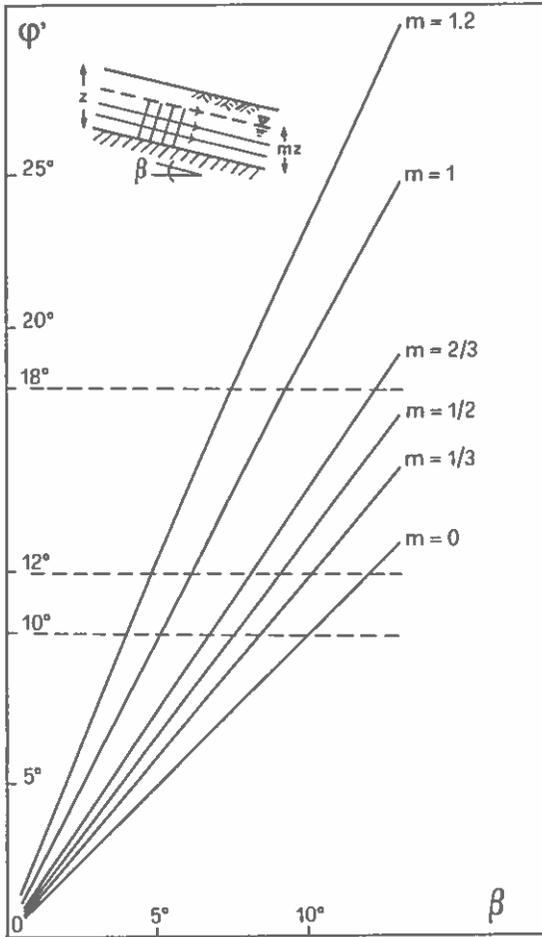


Abb. 7: Diagramm der Hangneigungen mit Gleichgewichtslimit ($F=1$) in Funktion des Reibungswiderstandes (β°) für verschiedene Lagen der Oberfläche des freien Grundwassers.

spiegels in einem Schema die Werte der Resistenz an, die im Winkelmaß effektiver Reibung unter Bedingungen von Gleichgewichtslimit (Gesamtsicherheitskoeffizient) ausgedrückt sind.

Auf die statischen Bedingungen ist Bezug genommen worden.

Die Prüfung der in Abb. 7 dargestellten Relationen rechtfertigt die Wahl des Typus' der vorgenommenen Regulierungsmaßnahmen (die auf der Dränierung und der Abböschung der Abhänge beruhen) und folglich auch die erzielten Resultate.

Eine sichtlich prekäre Lage von Instabilität, die 1954 ermittelt wurde (Abb. 2, a), wird 1969 offenkundig. In der Tat resultiert $\phi^{\circ} = 19,43^{\circ}$ für Neigungen um 10° und für Rutschungen auf Feldniveau in Bedingungen von Gleichgewichtslimit mit dem Sicherheitskoeffizienten von $F = 1$ gegenüber dem im Laboratorium gemessenen Spitzenwert von 18° . Wenn man als realistischer einen Restscherfestigkeitswert von 12° annimmt (mit der beschriebenen besonderen Methode erhielt man im Laboratorium 10°) und wenn man die Gesamtlage der im Becken in Gang befindlichen Rutschungen analysiert, dann sind für Rutschungen auf Feldniveau Neigungen unter 6° stabil und für Höhen von Rutschungen, die der Hälfte der Tiefe der Rutschungsoberfläche entsprechen, Neigungen unter 9° , während bei nicht vorhandener Rutschung Neigungen unter 12° stabil sind.

In diesem Zusammenhang ist die Änderung der Hangneigungen zu unterstreichen, die mit Hilfe der Abböschung der Abhänge und des Rutschungskörpers in Verbindung mit der Sperre aus Drahtschotterkörben und den den Fluß unterbrechenden Einbindungssperren erreicht wurden.

Wir verfügen für das untersuchte Areal nicht über Werte von Beschleunigungen, die während des Erdbebens im November 1980 am Boden registriert worden sind. Der nächste Wert ist der der Beschleunigungsstation des nationalen Elektrizitätsnetzes der ENEL in Tricarico (das in Luftlinie 12 km von Trivigno entfernt liegt). Für die horizontale Beschleunigung längs der Richtung N-S ergibt er 0.05. Für $\phi_r^{\circ} = 12^{\circ}$ und $\gamma = 2 \text{ t/m}^2$, für verschiedene Rutschungshöhen $h_w = mz$ von der Rutschungsebene, die verlegt ist auf die Tiefe z der topographischen Oberfläche, wobei die horizontale Beschleunigung K mit 0.05 ein erstes und keineswegs ein zweites Mal angenommen wird, zeigt Abb. 8 das Diagramm der Sicherheitskoeffizienten F in Funktion der Neigung β des Abhangs. Daraus können klar die zur Verfügung stehenden Stabilitätsniveaus während der dynamischen Belastung, der sie vermutlich ausgesetzt sind, abgeleitet werden.

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die durchgeführte Studie hat die Richtigkeit der angewandten Regulierungskriterien nachgewiesen.

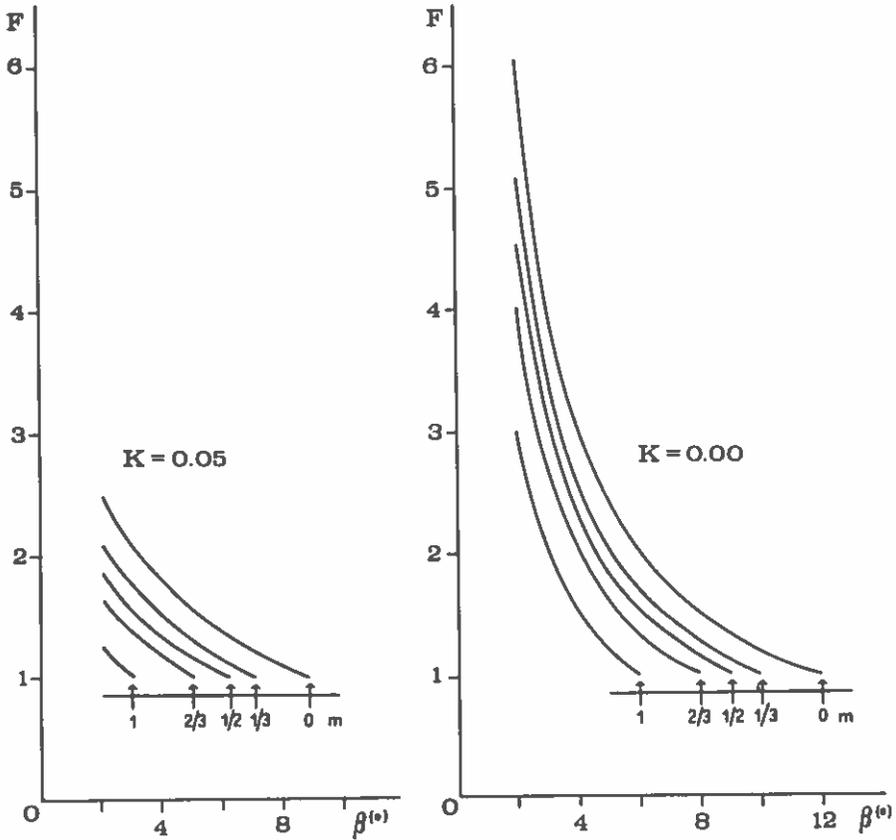


Abb. 8: Variationsdiagramme des Sicherheitskoeffizienten F für verschiedene Hangneigungen und Lagen des freien Grundwassers unter den Bedingungen von (a): dynamische Belastung von $K = 0.05$ und unter den Bedingungen von (b): statische Belastung von $K = 0$.

(von über 10 Jahren) seit Vollendung der Arbeiten, sondern auch im Lichte eines Erdbebens von besonderer Stärke, das sich im November 1980 ereignete, und einer sehr schweren Überschwemmung im März 1973.

Die angewandten Planungskriterien aktiven Schutzes, die auf die Ursachen und nicht auf die Wirkungen zielten, lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- a) in der Nährzone des Hauptrutschungskörpers: Änderung der Hangneigungen, Regulierung des vadosen und des Oberflächenwassers, Entzug des Tiefenwassers mit Hilfe von Drainage-Systemen und Aufforstung;
- b) in der Zone aktiver Rutschungsflüsse: Regulierung des Oberflächenwassers, Entzug des Tiefenwassers mit Hilfe von Drainageanlagen, die in Verbindung mit flexiblen und filtrierenden Stützwerken entworfen wurden. Die Drainageanlagen haben in ihrer Funktion von den Lauf unterbrechenden Sperren die Änderung der Neigung der Rutschung, die sich ihr Bett geschaffen hat, erreicht. Und Aufforstung;
- c) in der Akkumulationszone: Regulierung des Oberflächenabflusses, hangreduzierende Abböschung und Entzug des Tiefenwassers durch Dränierung.

Die Wiedergewinnung der Stabilität des Abhangs ist nicht vollständig verwirklicht worden, denn der Teil des Hanges, der am weitesten von der Ortschaft entfernt liegt (Abb. 2), ist keinerlei Regulierungseingriff unterzogen worden: daraus ergibt sich die Notwendigkeit, für eine Konsolidierung der aktiven Massenbewegungen zu sorgen, denn auch wenn zum gegenwärtigen Zeitpunkt keinerlei Wirkung auf den stabilisierten Rutschungskörper zu registrieren ist, so sind doch bedeutsame Rückversetzungsbewegungen festgestellt worden.

Es muß unterstrichen werden, daß die nach 1954 und vor 1969 unternommenen Regulierungsarbeiten, von denen in Abschnitt 2 die Rede war, im Verlauf von vermutlich etwa 5 Jahren nicht nur zerstört worden sind, sondern nicht einmal verhindert haben, daß die Rutschung wieder in Gang gekommen ist.

Dies führt zu der Notwendigkeit, für Techniken der Kontrolle der Massenbewegungen zu sorgen und sie einzugliedern in und in organischer Weise zu verbinden mit einer Planung der Regulierungseingriffe auf Gebietsebene.

Als ebenso offenkundig erweist sich die dringende Aufgabe, Unterhaltsarbeiten an den Wasserregulierungsanlagen auszuführen, denn mit der Aufrechterhaltung ihrer Wirksamkeit ist die Garantie für die Stabilität der konsolidierten Rutschungskörper eng verbunden.

LITERATUR

- BELVISO, R. et al., 1977: Dati di composizione mineralogica delle argille varicolori affioranti nell'Italia Meridionale tra i fiumi Sangro e Sinni, Geologia Applicata e Idrogeologia, vol. XII, p. II, Bari.
- BELVISO, R. et al., 1977: Confronto tra i caratteri geotecnici e mineralogici delle successioni pelitiche delle argille varicolori, Geologia Applicata e Idrogeologia, vol. XII, p. II, Bari.
- BELVISO, R. et al., 1977: Parametri indicativi e loro correlazioni nella prima tipizzazione geotecnica delle successioni pelitiche delle argille varicolori, Geologia Applicata e Idrogeologia, vol. XII, p. II, Bari.
- BOENZI, F. 1974: Il dissesto idrogeologico in Basilicata dalla fine del 1600 ad oggi, Atti IV Simp. Naz. conservaz. Natura, 1, Bari.
- BOENZI, F. et al., 1971: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, F2 200 "Tricarico", Serv. Geol. d'Italia, Roma
- D'ELIA, B., 1975: Aspetti meccanici delle frane tipo colata, Riv. Ital. di Geotecnica, 9, Napoli.
- HUTCHINSON, J.N. and BHANDARI, R.K., 1971: Undrained loading, a fundamental mechanism of mudflows and other mass movements, Géotechnique 21, n. 4.
- OGNIBEN, L., 1969: Schema introduttivo alla geologia del confine Calabro-Lucano, Mem. Soc. Geol. It., 8, Roma.
- PAGANELLI, F. e PUGLISI, S., 1973: Stabilization of landslides in the River Noce Basin (Basilicata), Geologia Applicata e Idrogeologia, vol. VIII, p.I, Bari.
- PALMENTOLA, G. et al., 1980: Studio delle condizioni di stabilità di parte dell'alto bacino idrografico del F. Basso, in Lucania, Geologia Applicata e Idrogeologia, Vol. XV, Bari.
- PUGLISI, S., 1979: Il ruolo delle sistemazioni idraulico-forestali in aree soggette a processi erosivi e franosi, Geologia Applicata e Idrogeologia, vol. XIV, p.III, Bari.
- PUGLISI, S., 1982: Quelques aspects de la R.T.M. en Basilicate, Revue Forestière Française, vol. XXXIV, 5, Nancy.

BERICHT ÜBER SEISMISCHE UNTER -
SUCHUNGEN IM BEREICH DES TALZU -
SCHUBES IM GRADENBACH

von

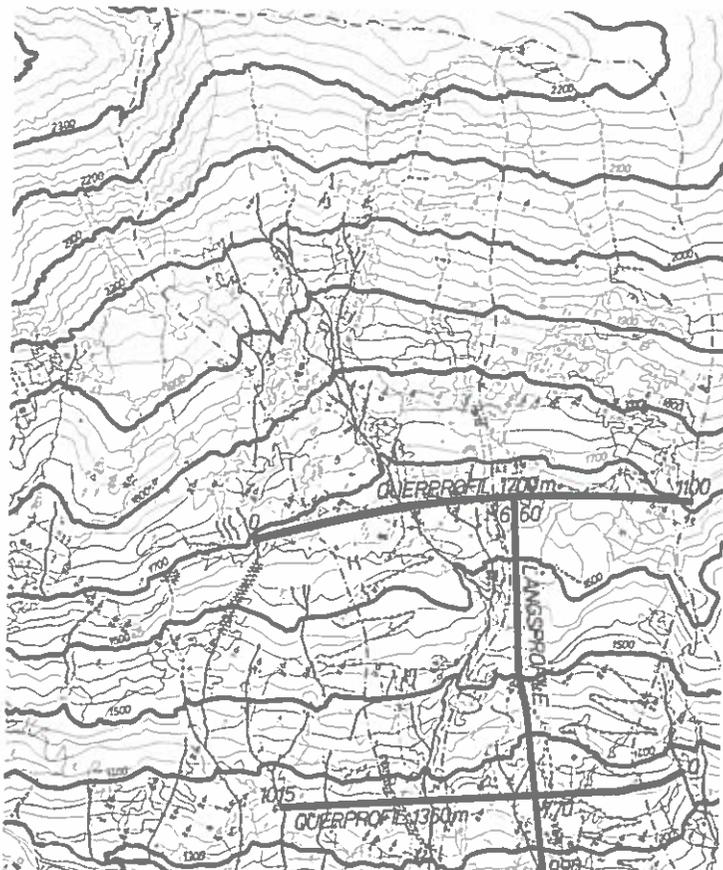
Ewald Brückl, Hallein/Austria

Abstract

The valley narrowing by mass creep in rock on the Berchtoldslope in Gradenbach near Döllach, Möll valley in Carinthia, is one of the greatest in Austria. The depth of the moving mass, i.e. of the more or less ruptured and loosened bed rock has been partly determined by two drillholes. Based on these drill holes, through seismic prospecting over three refraction seismic profiles an additional three dimensional view of the extent of the different layers of the underground could be obtained.

Aus den Differenzen der Schichtmächtigkeiten in den Schnittpunkten der seismischen Profile läßt sich für die Tiefenlage der kompakten Felsen im Talzuschubbereich ein Fehler von ca. $\pm 15\%$ ableiten. Im Bereich der Bohrung E2 ergibt das Längsprofil den kompakten Fels in einer lotrechten Tiefe von 130 m. Die Bohrlochdeformationsmessungen ergaben Bewegungen bis in eine Tiefe von mindestens 125 m.

Der direkte Aufschluß widerspricht somit nicht den seismischen Ergebnissen, eine systematisch zu geringe Mächtigkeitsbestimmung bis zu 20 % ist jedoch nicht auszuschließen.



TEIL / PART / PARTIE II

Nachträge - Addenda - Suppléments

RELATION BETWEEN WATER AND
SEDIMENT DISCHARGE VOLUMES
IN EXPERIMENTAL WATERSHED "RALJA"

Dr Miroljub Djorović, prof.
forestry faculty
Belgrade University

SUMMARY

Water and sediment discharge hydrographs were studied for several years in experimental watershed - Ralja.

Sediment concentration in water discharge hydrographs as determined in more than 60 events (fig. no. 1 - 11). These data enable to design the unit hydrograph for this watershed and to define its characteristic values ($D, T_p, T_r, I_b, T_c, I_{max}$) and also to find out mathematical relation between water and sediment discharge volumes expressed by the equation:

$$Y = 0,0742 X^{1.492} \quad \text{where}$$

Y - represents sediment volume in water discharge hydrograph in tons;

X - represents total water discharge volume in m^3

So, the results of these investigations make possible to evaluate the total sediment discharge during a certain flood flow on the base of water discharge hydrograph, without measuring the sediment concentration.

1. INTRODUCTION

The relation between sediment yields and water discharge volumes in experimental watershed "Ralja" was studied in the period 1970 - 1975. The main aim was to find a certain quantitative relation between these phenomena, that would enable to determine and predict the total sediment discharge during a flood event.

This information is very significant especially for the events when only one flood in a few hours discharges more sediment than during the whole year.

III METHODOLOGY

Water discharge was measured by standard equipment: water level recorder, type Valdai with 24 hours rotation mounted on broad crest weir.

Sediment concentration was measured by sampling 1- 3 l. volumes in 20 min. intervals during the flood flow, followed by filtering, drying and weighing it.

IV RESULTS

Water discharge and sediment concentration in runoff volumes in experimental watershed "Ralja" were studied for 6 years and the results from the period 1970-1975 are presented in this paper.

Experimental watershed "Ralja" has 8,8 km² with the length of 4,12 km. Mean elevation is 277.0 m and mean slope is 19.5 %.

The soil is brown forest soil formed on sandstone and limestone.

More than 55 % of the whole watershed is under plough land (corn and wheat), 24.4 % is under grass cover and 20.5% under forest cover.

Mean rainfall is 720,0 mm per year with daily amount from 60 to 90 mm and intensities from 1- 3 mm/min of short duration(max. 30 min.). Detailed information about physical characteristics of watershed "Ralja" is published, D j o r o v i M. (1975).

Water and sediment discharge were constantly measured and more than 60 water and sediment discharge hydrographs were made.

From these water discharge hydrographs it was possible to derive several unit hydrographs. It is well known that the concept of the unit hydrograph is one of the most important contributions ever made to the science of hydrology, W i s l e r

determination of the hydrograph of surface runoff that results from any given amount of rainfall excess.

The unit hydrograph was derived by using all single-peaked hydrographs produced from the unit storms. The reason is that a unit hydrograph derived from a single storm may be in error and it is desirable to average unit hydrographs from several storms of the same duration(unit storms). This should not be an arithmetic average since, if peaks do not occur at the same time, the average peak will be lower than the individual peaks.

The proper procedure is to compute average peak flow and time to peak. The average unit hydrograph is then sketched to conform to the shape of the other graphs, passing through the computed average peak and having a unit volume of 1 or 10 mm.

Some of the hydrographs that were used for the unit hydrograph construction are shown on fig. 1 - 11.

The unit hydrograph for the experimental watershed "Ralja" has the following characteristics:

D = 30 min. - Duration of the unit storm or duration of excess rainfall or critical rainfall time. For this time: H= 30mm, $i = 1\text{mm/mir}$ for P = 5 %.

Tp = 60 min. - Period of rise.

Tc = 90 min. - Time of concentration.

Tr = 186 min. - Time of recession.

Tb = 240 min. - Duration of the unit hydrograph or length of base.

h max. = $4,3 \text{ m}^3 / \text{sec.} / 10 \text{ mm}$ - Peak for 10 mm of runoff.

While the water discharge hydrograph is completely explained by stated characteristics, the sediment hydrograph is much more difficult to define.

By studying more than 60 events during the experimental period in watershed "Ralja"(fig. no 1 - 16), it is possible to point out the following facts:

Sediment discharge hydrograph follows water discharge hydrograph more or less constantly during the whole flood event (the beginning, the peak and the end).

The precise definition of these three main points on the sediment discharge hydrograph was up to now impossible due to the manual sampling procedure we have used in our investigation.

Automatical registration of sediment concentration during the flood event certainly would be much more useful for the determination of these main inflection points on sediment discharge hydrographs.

The quantity of sediment depends on the volume of discharged water, following the expression:

$$Y = 0,0742 X^{1,492} \quad (\text{fig. no.17})$$

where: Y = - total quantity of sediment in "tons".

X = - total water discharge volume in " m³ ".

The plotting of sediment volume versus water discharge during a flood flow, shows considerable dispersion but the given mathematical expression could be used especially in the lower portion of the curve.

With planned investigation that should be continued next year, this relation will, certainly, be improved.

The given mathematical expression enables to evaluate or predict (approximately) the expected sediment volume for the certain flood event in experimental watershed "Ralja", but also in other watersheds with similar physical characteristics.

L I T E R A T U R E

1. Djorović M. (1975) : Gubici zemljišnog materijala i vode dejstvom erozije s raznih tipova zemljišta u SR Srbiji, IŠDI br. 37, Beograd.
2. Wisler C.O. and Brater E.F. (1959) Hydrology, New York
3. R.K.Linsley, Jr., M.A.Kohler, J.L.H.Paulhus (1975): Hydrology for engineers
4. SCS National Engineering Handbook (1973): Hydrology, SCS. U.S. Department of Agriculture.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Mustereinzugsgebiet Ralja wurden über mehrere Jahre Wasser- und Feststoff-Ganglinien studiert.

Die Feststoffkonzentration in den Abflußganglinien wurde in mehr als 60 Ereignissen bestimmt (Fig. 1 - 11). Diese Daten ermöglichen es eine Einheitsganglinie (UH) für dieses Einzugsgebiet zu erstellen und ihre charakteristischen Merkmale (D = Niederschlagsdauer, T_p = Anstiegszeit, T_r = Rückgangszeit, T_b = UH-Basislänge, T_c = Konzentrationszeit, h_{max} = Spitzenabfluß für 10 mm Niederschlag) zu definieren und auch eine mathematische Beziehung zwischen Wasser- und Feststoff-Durchflußvolumen zu finden, die durch die Gleichung ausgedrückt werden kann:

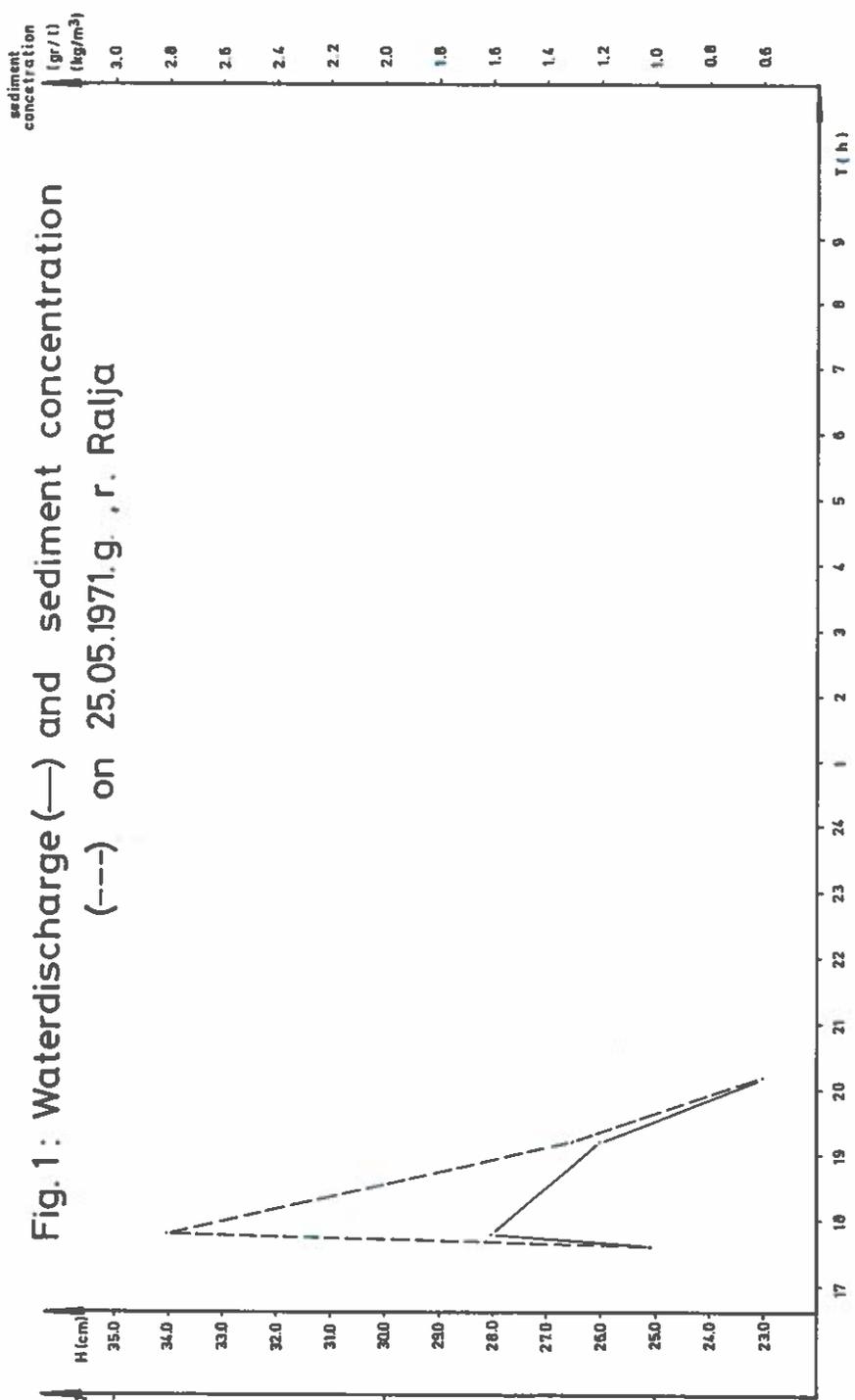
$$Y = 0,0742 x^{1.492}, \text{ worin}$$

Y = Feststoffvolumen in Tonnen aus der Wasserdurchflußganglinie

X = Gesamte Wasserfracht in m^3 bedeuten.

Diese Untersuchungsergebnisse ermöglichen die Einschätzung der gesamten Feststofffracht während eines bestimmten Hochwassers nach der Abflußganglinie ohne Messung der Fest-

Fig. 1: Waterdischarge(—) and sediment concentration (---) on 25.05.1971.g. . r. Rajja



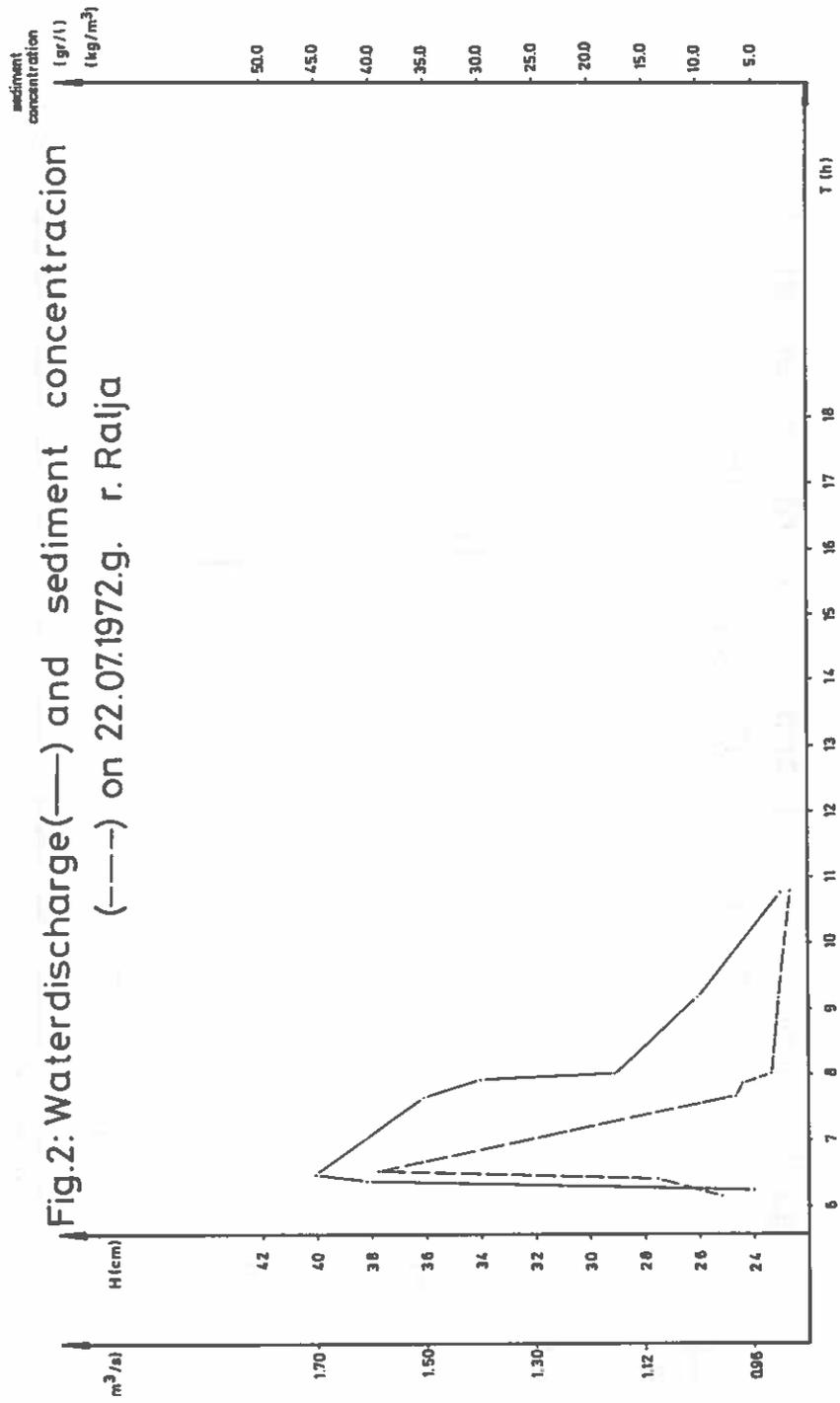


Fig.2: Waterdischarge(—) and sediment concentration (---) on 22.07.1972.g. r.Ralja

Fig.3 Waterdischarge (—) and sediment concentration (---) on 26.07.1972.g. r. Rajja

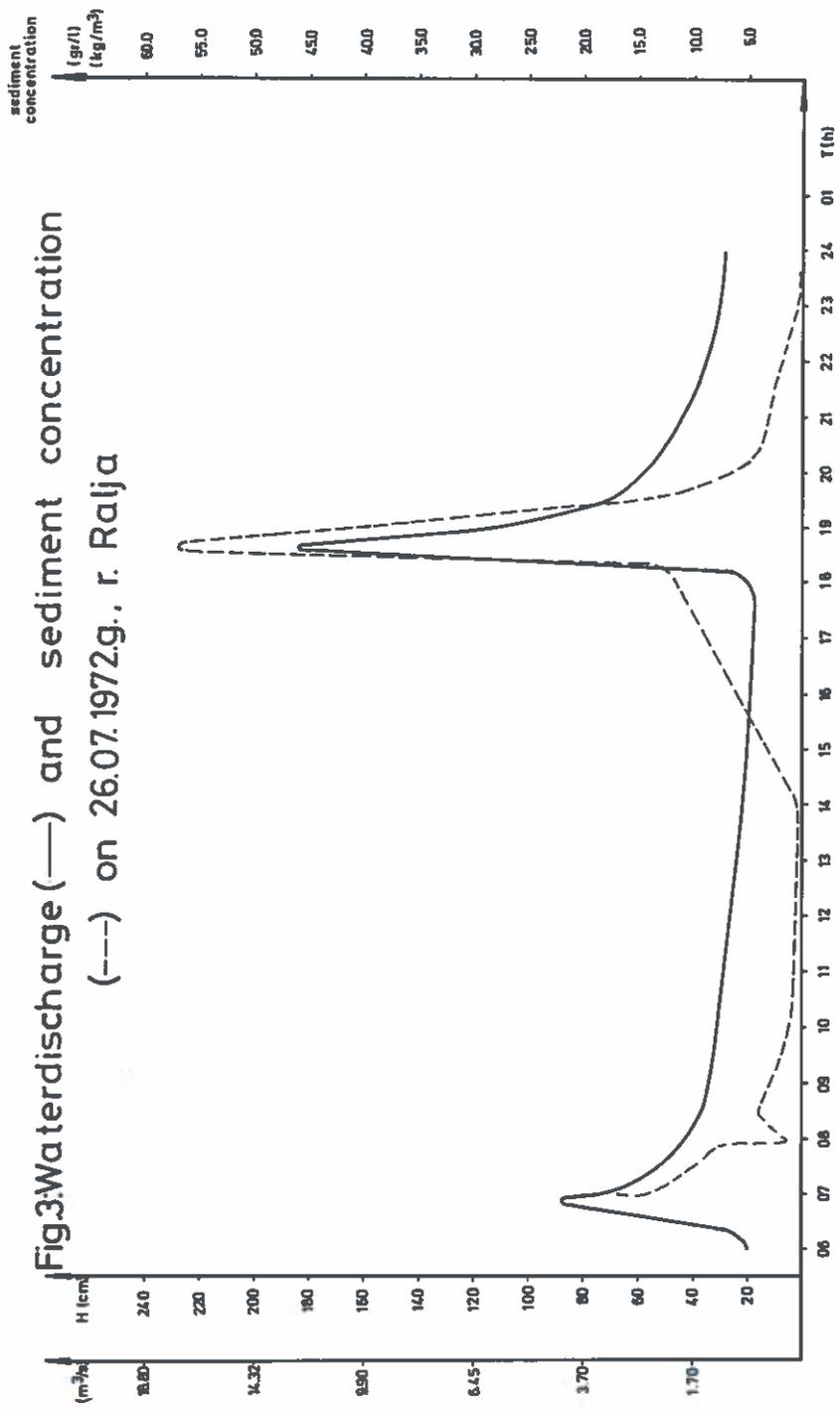
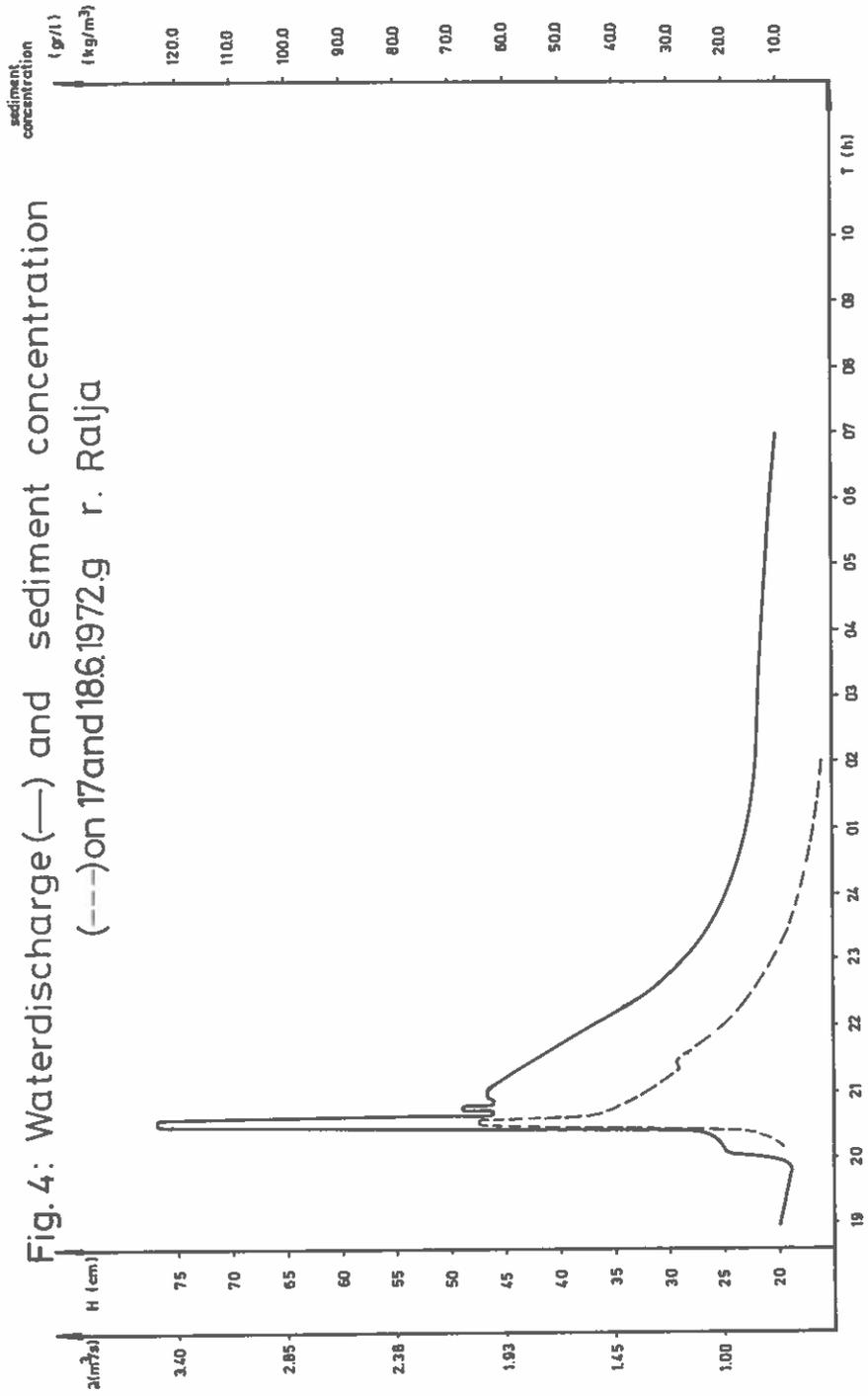


Fig. 4: Water discharge (—) and sediment concentration (---) on 17 and 18 June 1972 at Rajaj



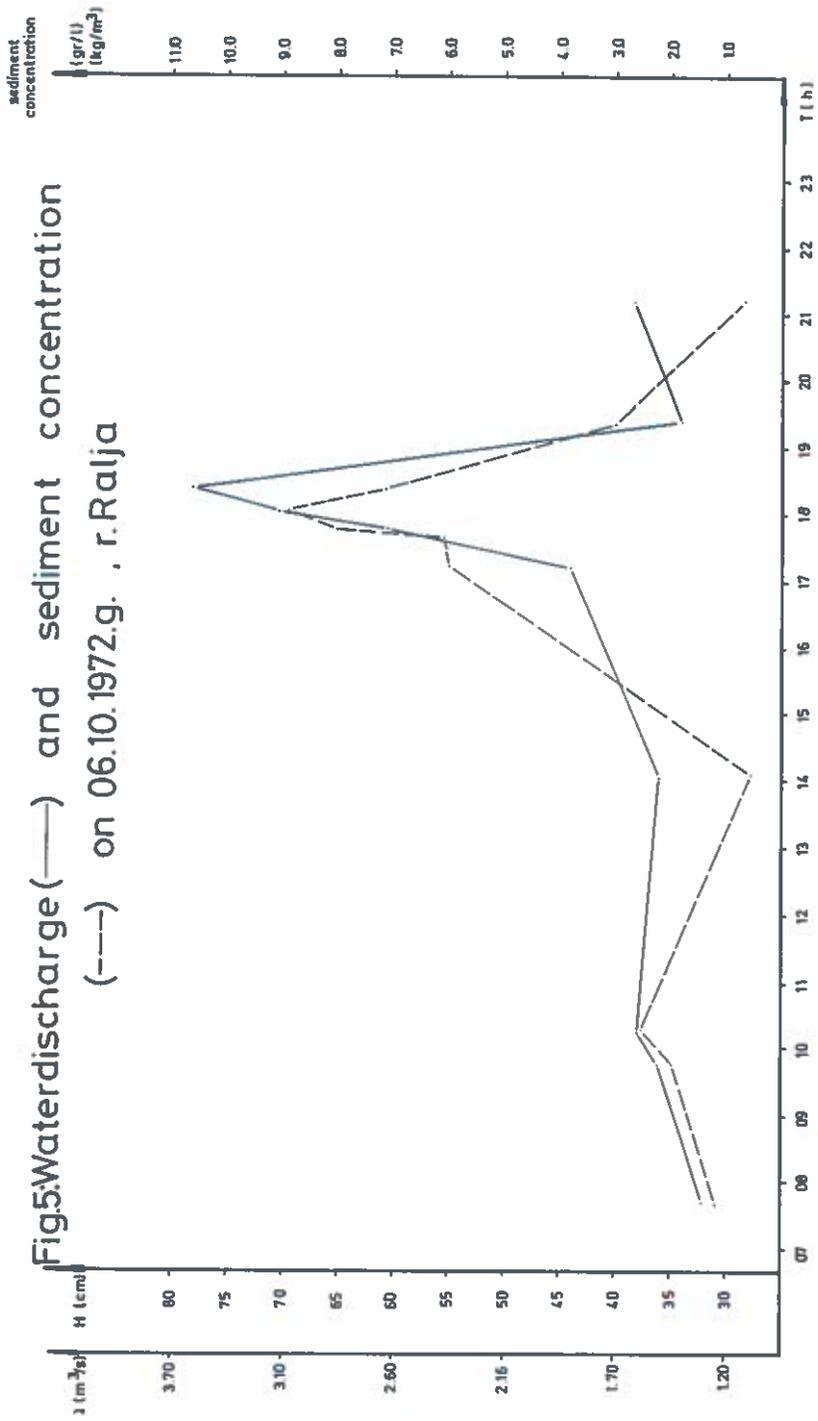


Fig.5: Water discharge (—) and sediment concentration (---) on 06.10.1972.g. , r.Rajja

Fig. 6: Waterdischarge(—) and sediment concentration (---) on 09.06.1973.g. , r.Ralja

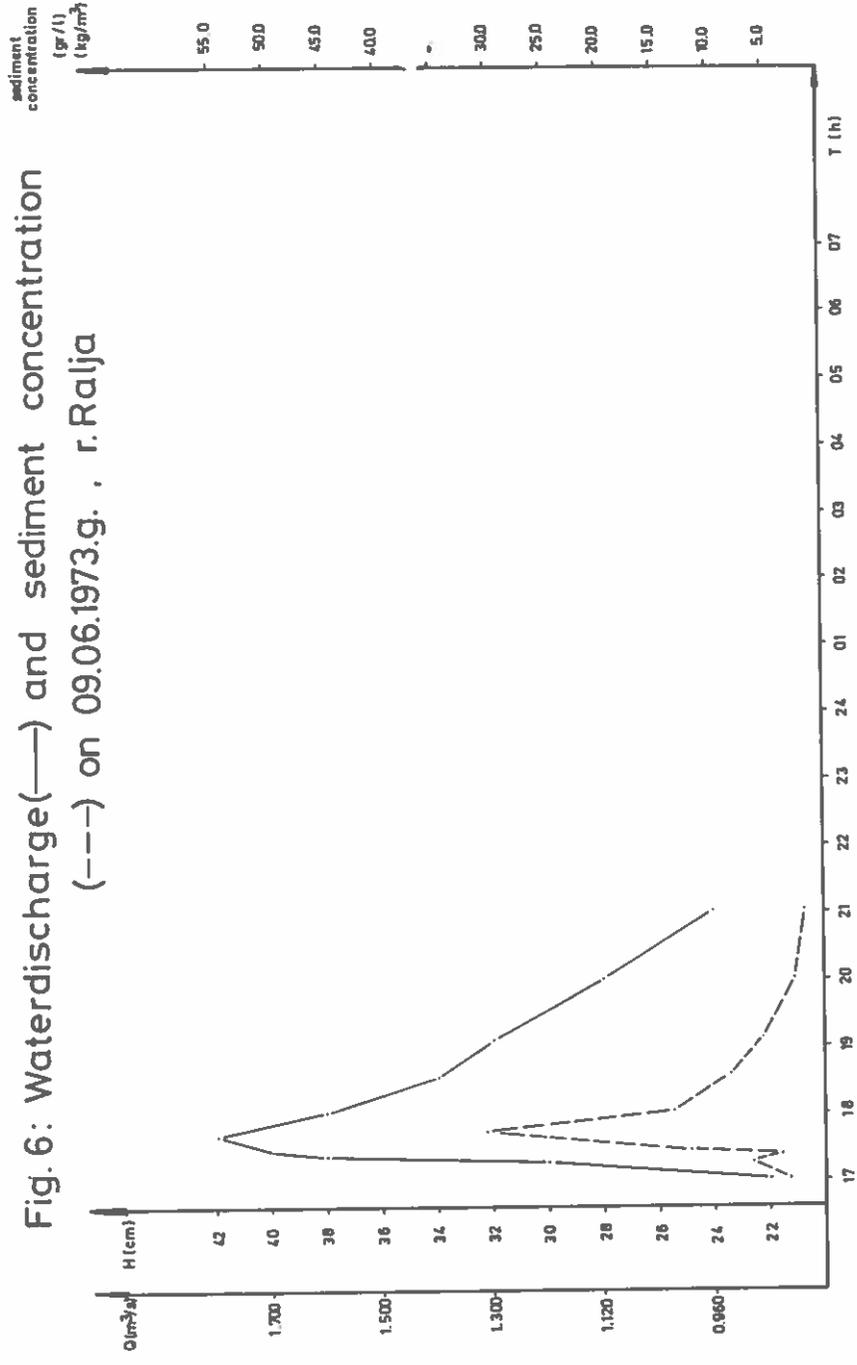
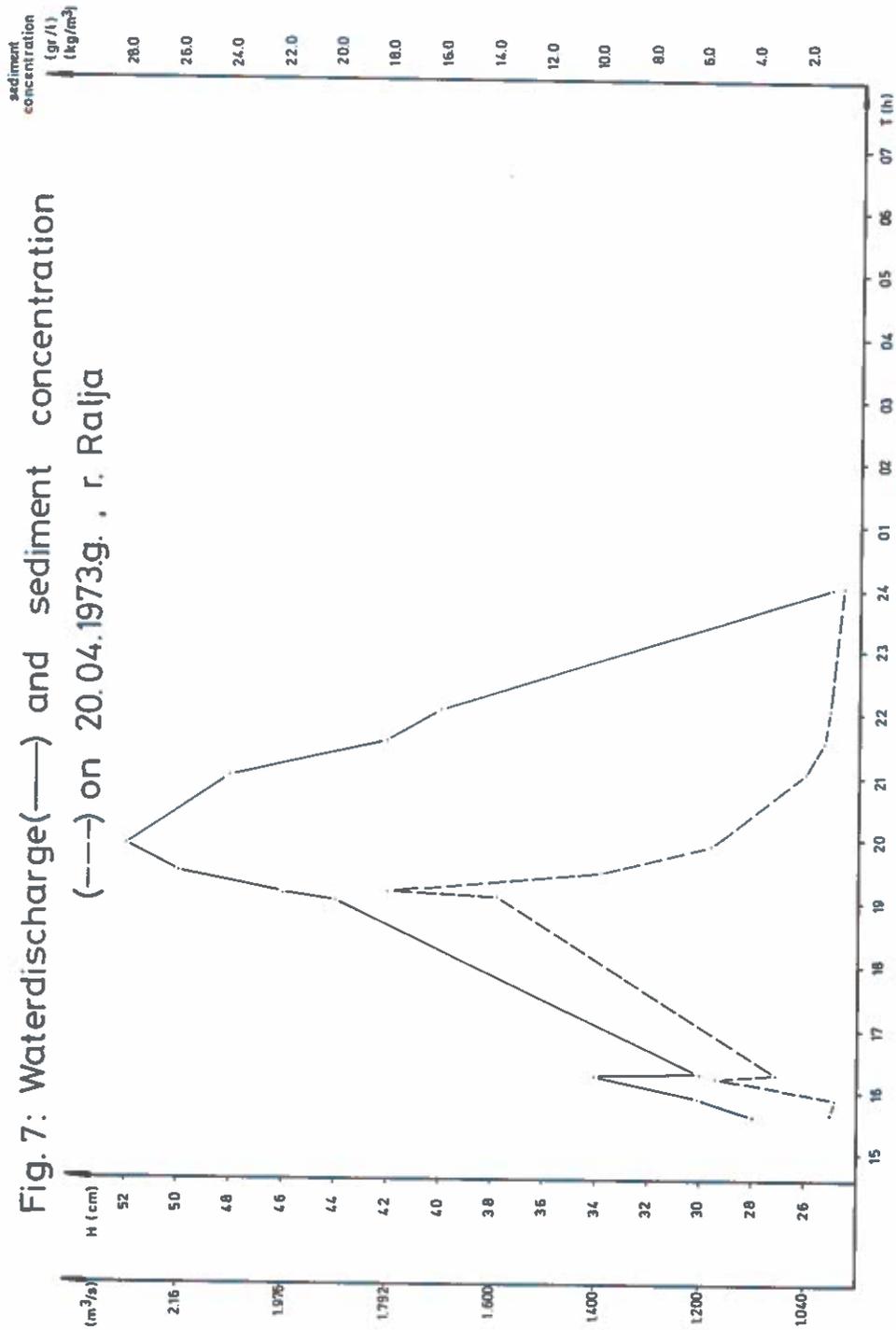


Fig. 7: Waterdischarge(—) and sediment concentration (---) on 20.04.1973g. . r. Rajja



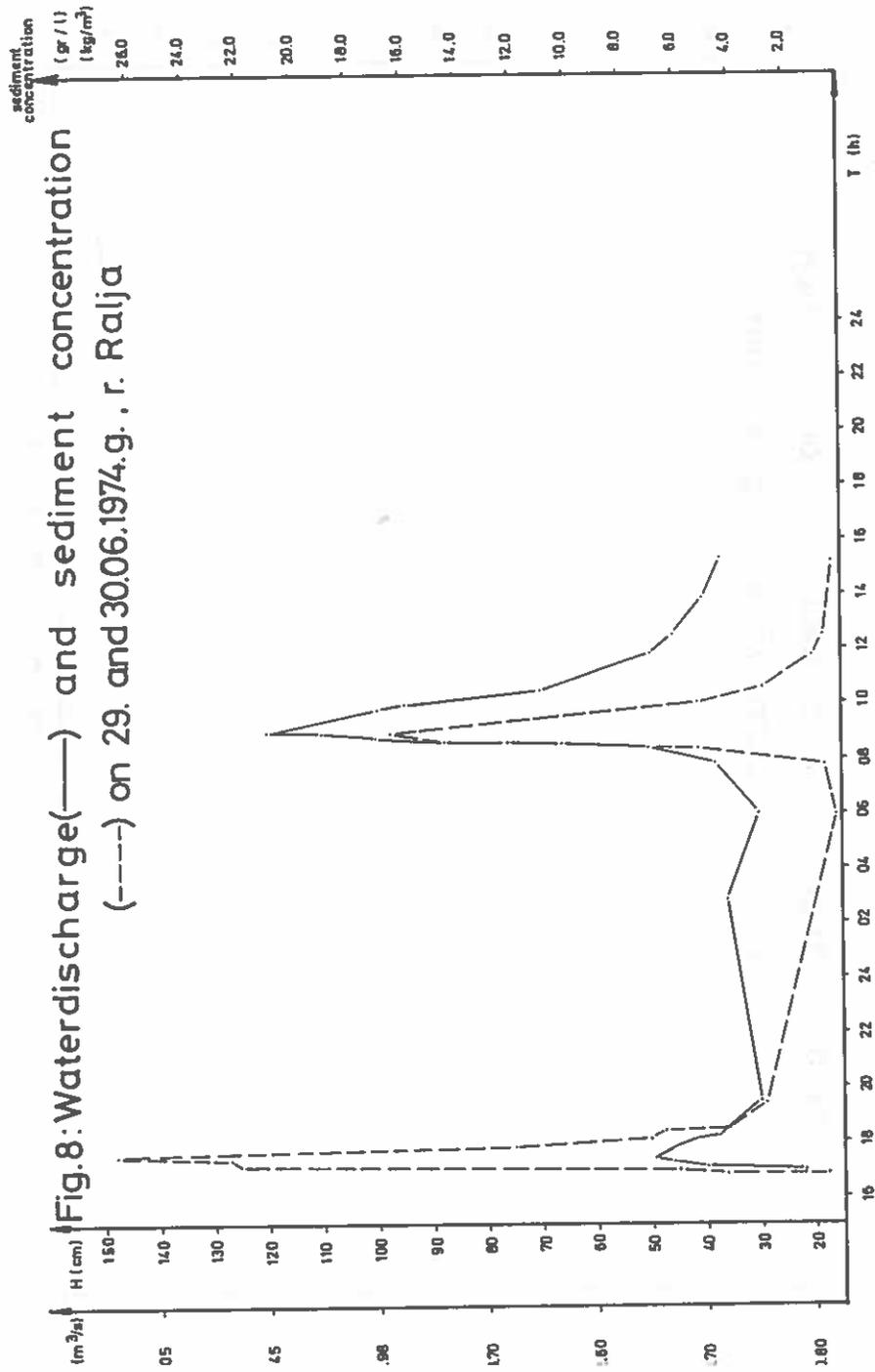
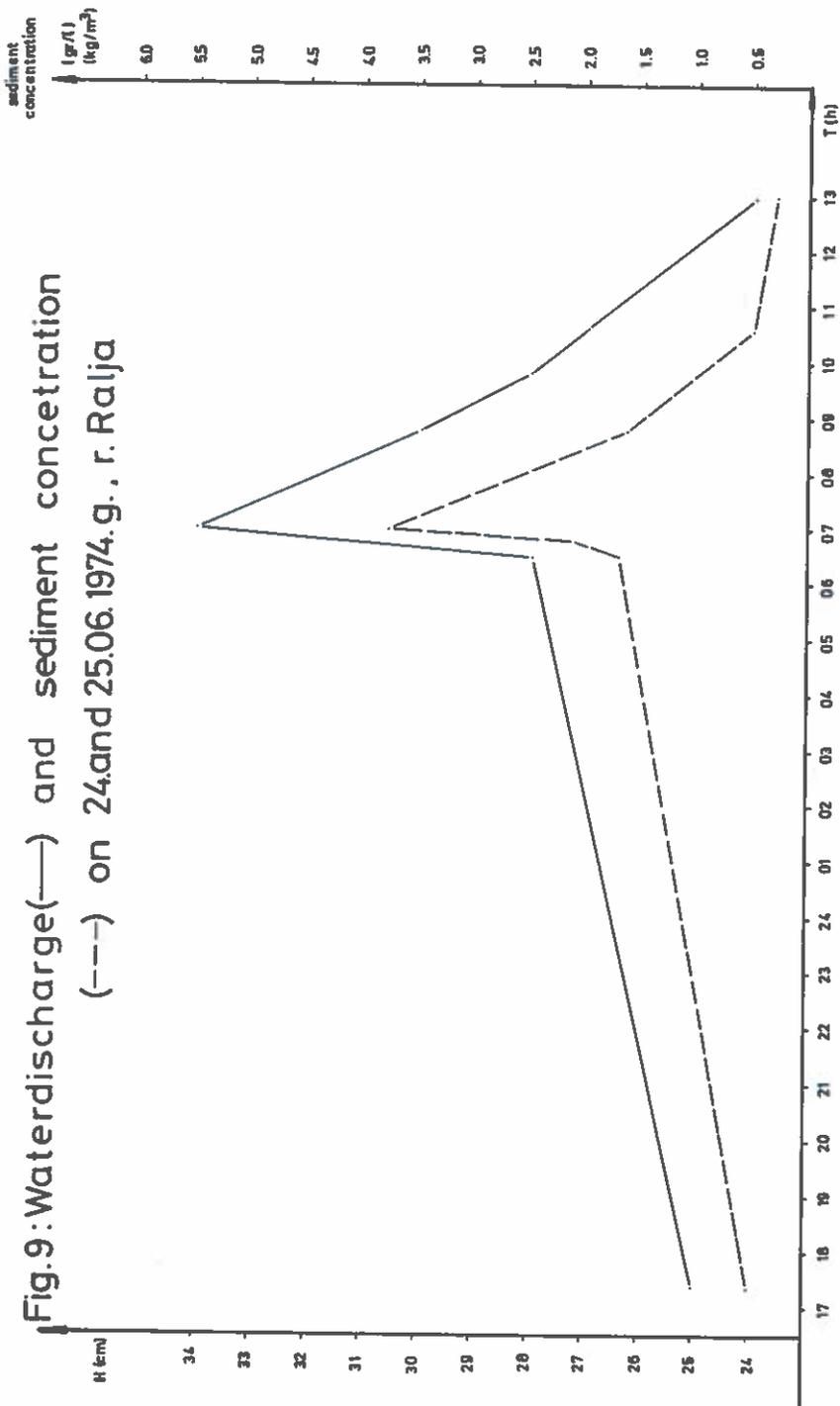


Fig.8: Waterdischarge(—) and sediment concentration (----) on 29. and 30.06.1974.g. . r. Rajja

Fig. 9: Water discharge(—) and sediment concentration (---) on 24 and 25.06.1974. g. , r. Rajja



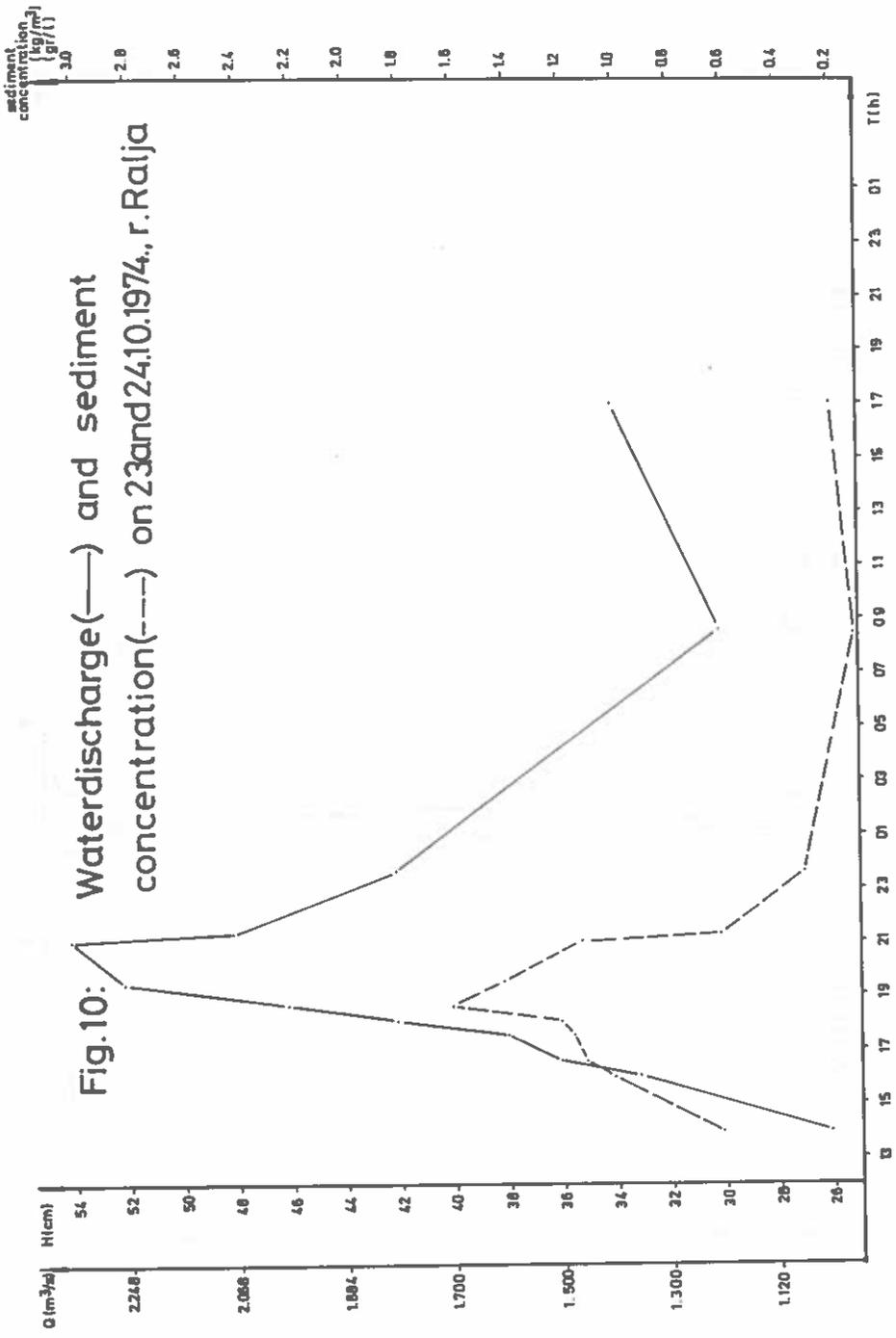


Fig.10: Water discharge(—) and sediment concentration(---) on 23 and 24.10.1974., r. Rajja

Fig.11 : Waterdischarge(—) and sediment concentration (---) on 28 and 29.08.1975. r.Ralja

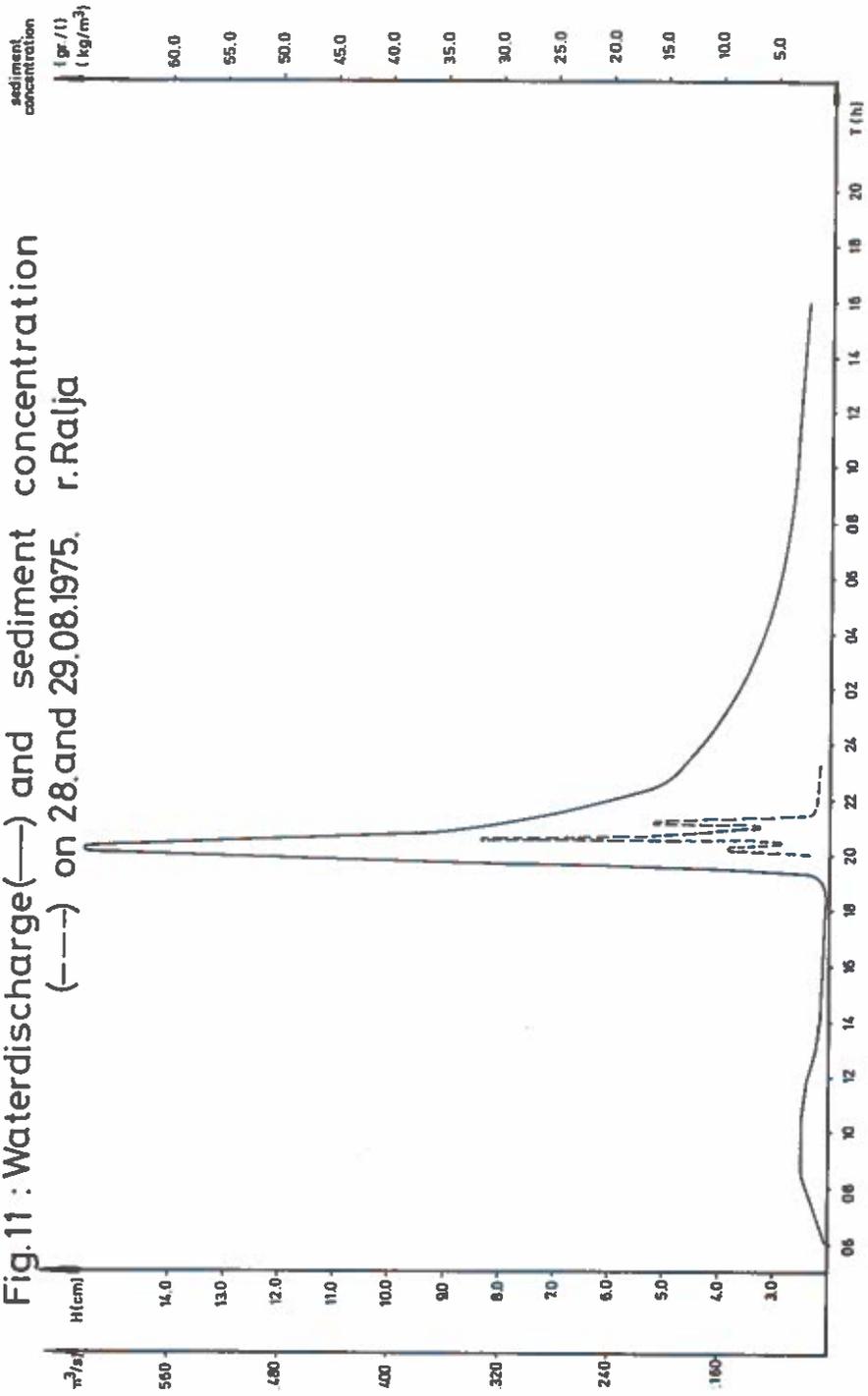


Fig.12 : Water discharge(—) and sediment transportation(---) for 1971 , Rajja

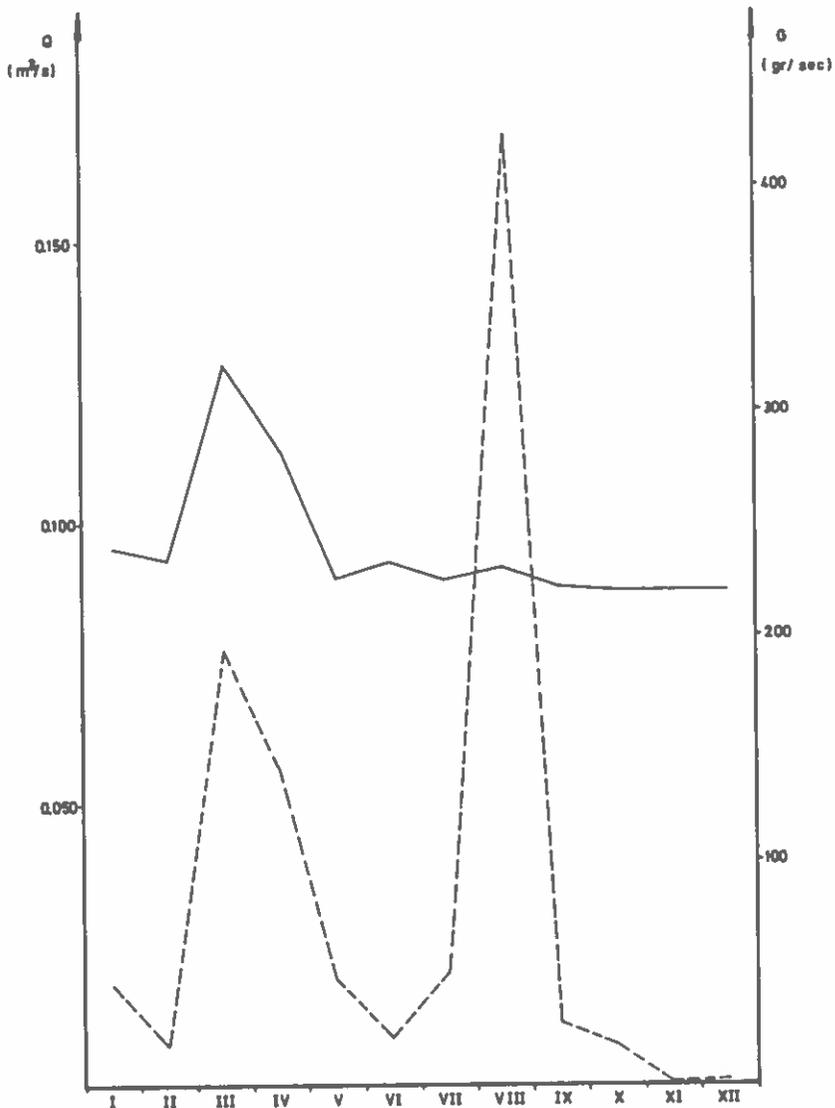


Fig.13: Water discharge (—) and sediment transportation(---) for 1972 , Ralja

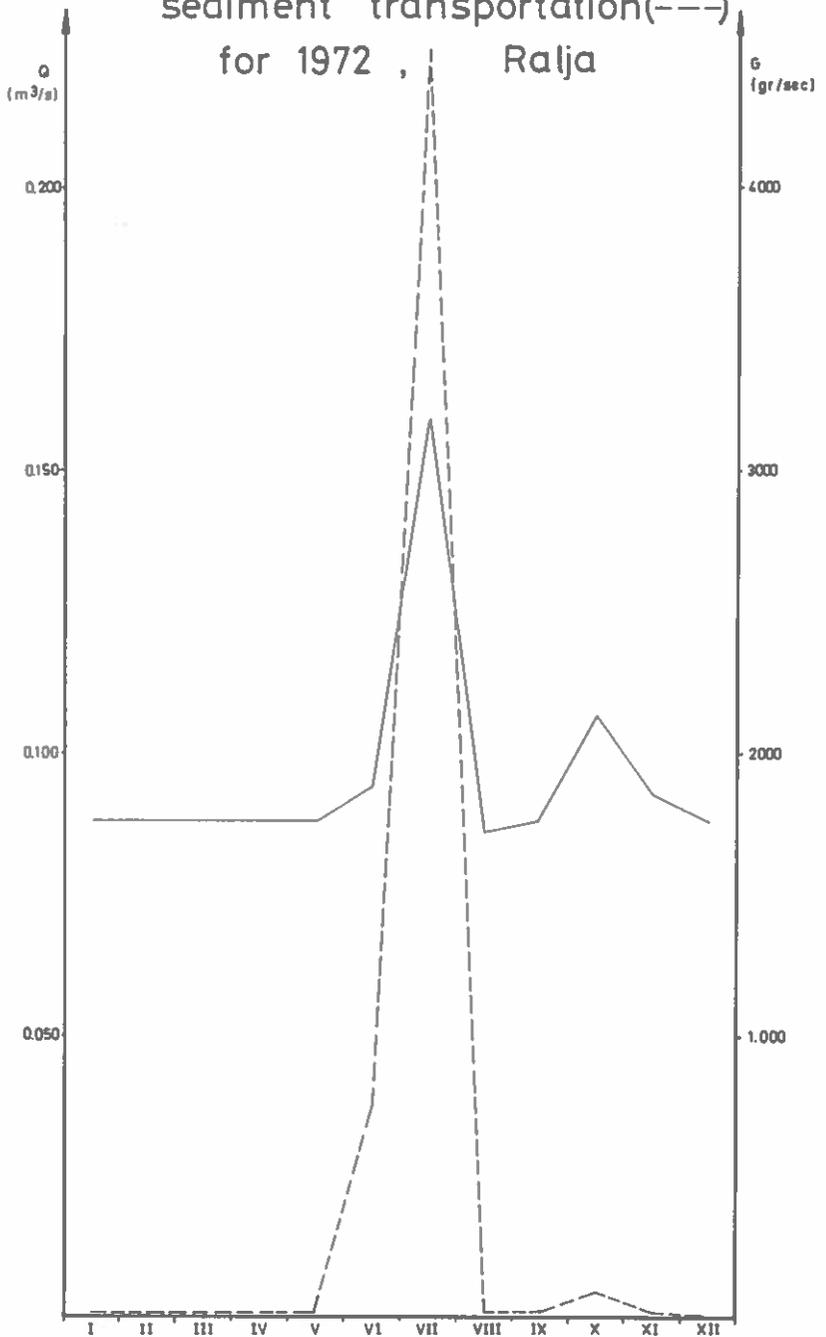


Fig. 14: Water discharge(—) and sediment transportation(---) for 1973 , Rajja

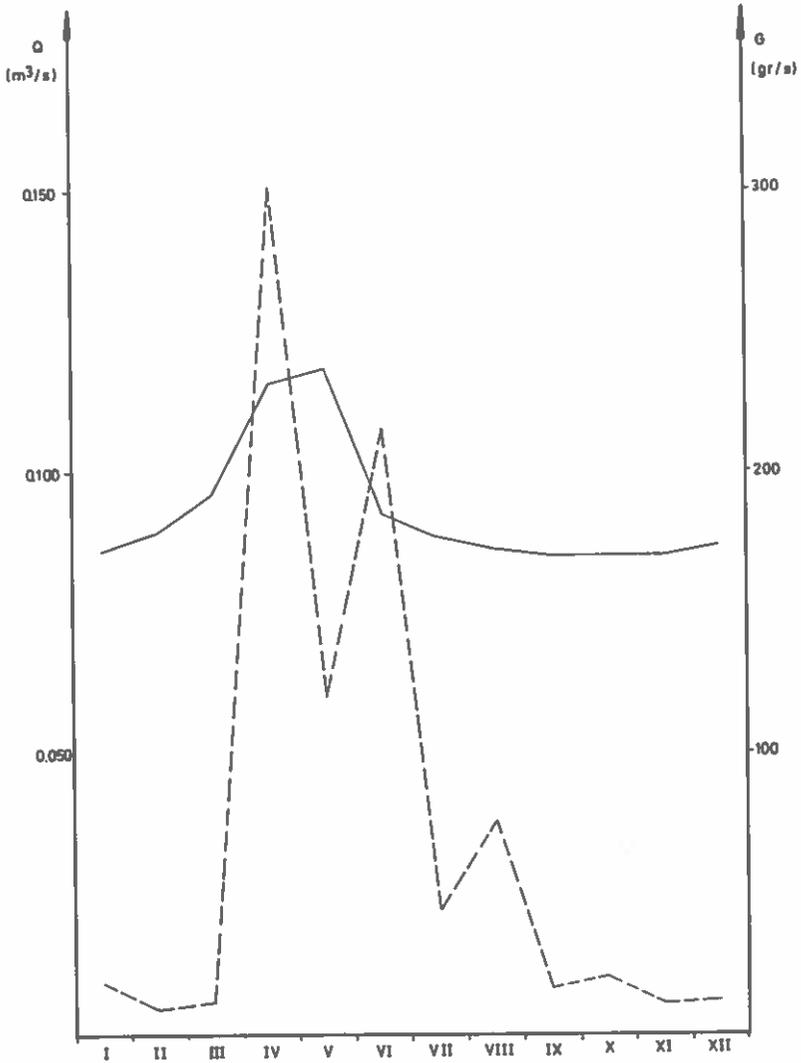


Fig. 15: Water discharge (—) and sediment transportation(---) for 1974 , Rajla

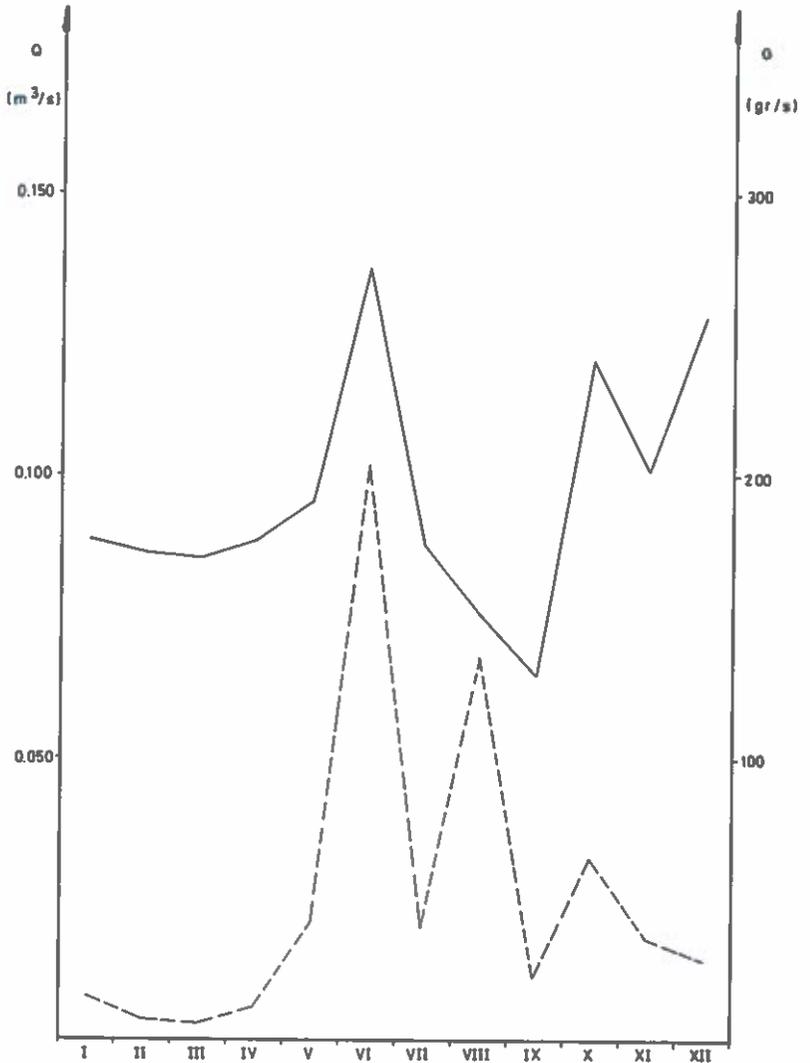


Fig.16: Water discharge (—) and sediment transportation(---) for 1975 , Rajja

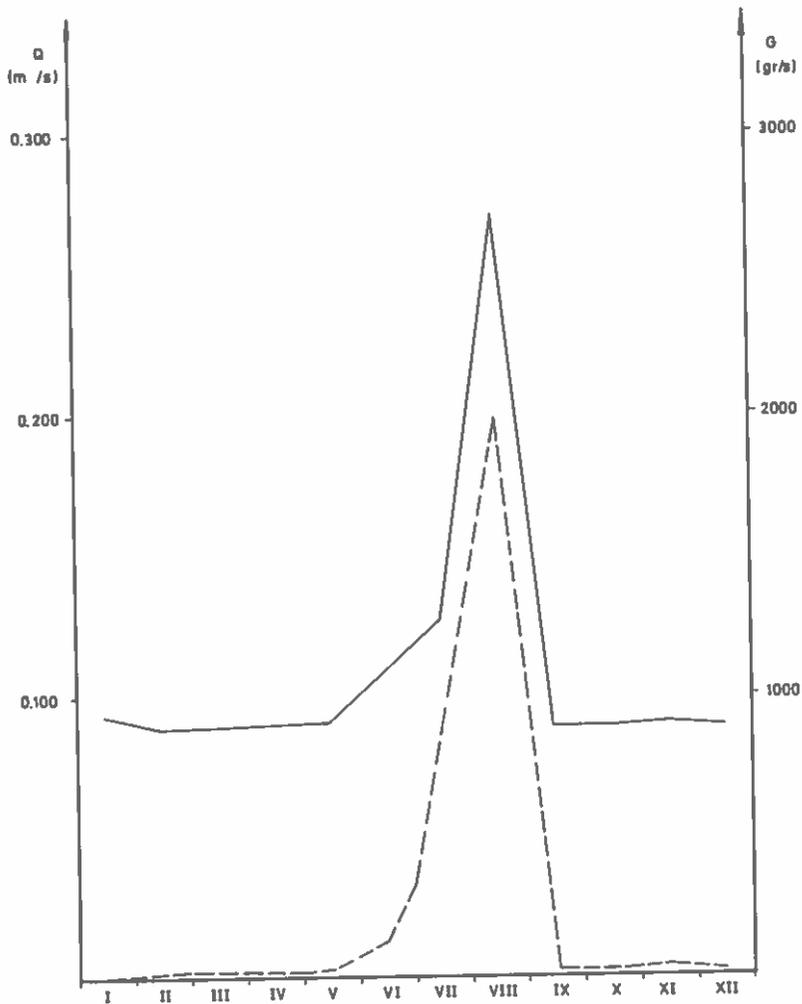
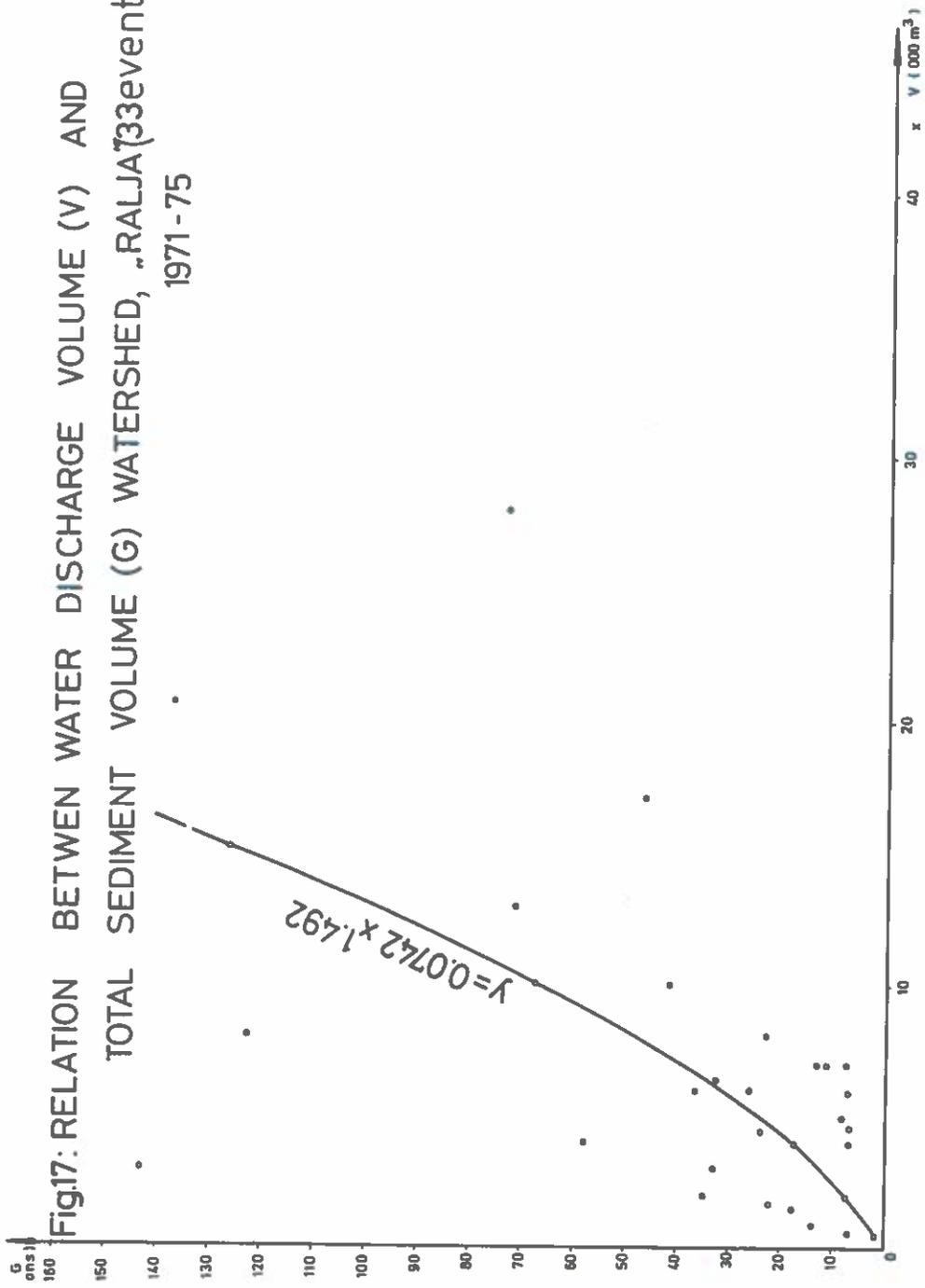


Fig.17: RELATION BETWEEN WATER DISCHARGE VOLUME (V) AND
 TOTAL SEDIMENT VOLUME (G) WATERSHED, „RALJA”(33events)
 1971 - 75



EROSION AND SOIL DISPLACEMENT
RELATED TO TIMBER HARVESTING IN
NORTHWESTERN CALIFORNIA, U. S. A.

R.M. Rice and D.J. Furbish
Hydrologist and Geologist, respectively,
Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station,
Forest Service, U.S. Department of Agriculture

SUMMARY

The relationship between measures of site disturbance and erosion resulting from timber harvest was studied by regression analyses. None of the 12 regression models developed and tested yielded a coefficient of determination (R^2) greater than 0.60. The results indicated that the poor fits to the data were due, in part, to unexplained qualitative differences in disturbance associated with cable and tractor yarded harvests. Improved prediction might be achieved by weighting each elementary area of disturbance by the sine of its slope for estimates of surface erosion and by both the sine of its slope and its cut bank height for estimates of mass erosion.

KEYWORDS: logging, erosion, site disturbance, regression

INTRODUCTION

A good vegetative cover can help prevent erosion by reducing raindrop impact and by impeding overland flow. It also creates a litter layer that can protect the soil surface and promote infiltration. It has long

been assumed that the amount of erosion from an area would be proportional to the amount of bare ground or to the degree of site disturbance. Accordingly, many investigators have used the percentage of bare ground or some other areal index of disturbance as an indicator of the potential for erosion or site damage (Dickerson 1968, Rice and Wallis 1962, Ruth 1967, Swanston and Dyrness 1973). Some investigators have gone further and separated the total bare area into qualitative categories depicting different levels of disturbance (Garrison and Rummel 1951, Patric and Gorman 1977, Wooldridge 1960). Only a few, however, have attempted to relate bare area or disturbance to measured erosion or sedimentation (Haupt and Kidd 1965; Rice, et al 1979; Rice and Wallis 1962). Even in these latter investigations, the relationship between disturbance and erosion or sedimentation was qualitative, ambiguous, or both.

In a study of cable and tractor logging in northwestern California, the amount of logging-related disturbance was not a good predictor of erosion (Rice and Datzman 1981). Data from 102 plots showed that erosion was best predicted by an equation that included slope, aspect, yarding method, and geologic parent material. The prediction equation was, however, not precise ($R^2 = 0.43$). The lack of precision was attributed chiefly to unmeasured qualitative differences in how the various timber harvests they sampled were conducted.

This paper reports a study of the relationship between erosion and different descriptors of site disturbance associated with logging. Our purpose was to observe how various disturbance variables were related to each other and, especially, to different types of erosion, in northwestern California. The data collected by Rice and Datzman (1981) provided the basis for the work.

EXPERIMENTAL METHODS

In this study, we defined "erosion" as the volume of voids created by rills, gullies, and mass movements. We found that we could not accurately estimate the amount of deposition within the study plots. Consequently, we decided to use void volume as the estimate of erosion rather than to contaminate those relatively accurate data by subtracting estimates of deposition which had low precision and accuracy. We made no attempt to measure sheet erosion, and therefore, that omission compensated to an unknown degree for our ignoring deposition.

Field Procedures

A stratified sampling scheme was used to obtain maximum utility from

rainfall classes, six geologic types, three lengths of time-since-logging, and two yarding methods. Plots were selected so as to get a uniform distribution of plots across all strata. This sampling method yielded acceptably low ($r < 0.70$) correlations between the five stratification variables.

The landing was the locus of each plot. The 102 plots were rectangular, about 200 m wide, and extended up or down the slope to include all area from which logs were yarded to a particular landing. They also extended 40 m from the landing in the opposite direction from which the logs were skidded. Logs were skidded downhill on almost all tractor-yarded plots. Logs were yarded uphill on all cable-yarded plots.

Rill erosion and some independent variables were estimated from data collected on transects extending across the slope at 40-m intervals (Table 1). Mass movements appearing to have displaced more than about 0.76 m^3 of soil and those portions of gullies having cross-sectional areas greater than 930 cm^2 were surveyed individually.

The 102 cutover plots we studied were about equally divided between public and private ownerships and between cable and tractor yarding. About one-third of the plots had supported old-growth redwood forests, and the rest had supported second-growth redwood or similarly sized old-growth timber of other species. The plots averaged about 4.5 ha, including about 750 m^2 of road, $1,400 \text{ m}^2$ of landing, $3,100 \text{ m}^2$ of skid trails, and about 21 percent bare ground. On the average, the timber harvest had displaced $167 \text{ m}^3/\text{ha}$ of soil and resulted in an erosion rate of $26.8 \text{ m}^3/\text{ha}$ --somewhat misleading values because we determined that erosion and soil displacement were best approximated by log normal distributions. The associated medians of soil displacement and erosion are $8.5 \text{ m}^3/\text{ha}$ and $3.2 \text{ m}^3/\text{ha}$, respectively. The average plot was measured 4 1/2 years after the harvest. The correlation between time-since-logging and estimated erosion was not statistically significant ($\alpha = 0.4$). Consequently, we assumed that the effect of logging on erosion can be satisfactorily treated as a fixed amount and that it would be less correct to consider it as $\text{m}^3/\text{ha}/\text{yr}$ based on time-since-logging.

Regression Analyses

All analyses were done by regression techniques using logarithmic transformations of the data. A logarithmic regression model was preferable to an additive model because the erosion data were log-normally distributed, the regression residuals were also approximately log-normally distributed, and a multiplicative model seems to be a closer approximation to natural interactions among variables. Furthermore, in all regressions, the logarithmic model was a better predictor of erosion than one based on untransformed data.

The 12 analyses were conducted using an all-possible subsets regression (Dixon and Brown 1979). Our criterion for selecting "best" regression equations was minimum Mallows' Cp (Daniel and Wood 1971). The Cp statistic facilitates comparison of regression models having different

Table 1. Independent variables investigated in regression analyses relating logging-associated erosion to site conditions.

Variables	Definition
Site Variables:	
GEOLOGY	A set of five dichotomous variables indicating which of six broad classes of geologic parent material (soft sedimentary formations, hard sedimentary formations, metamorphic formations, the Franciscan formation, granitic formations, and ultramafic formations) underlay the plot.
SLOPE	The tangent of the average slope gradient of the plot.
ASPECT	The average orientation of the plot as indicated by an arbitrary scale having a minimum value of 1.0 for northerly aspects, and a maximum value of 8.0 for southerly aspects.
AGE	The elapsed time between when the plot was logged and when our measurements of erosion were made.
ELEVATION	The altitude of the plot above mean sea level.
RAINFALL	Mean annual precipitation at the plot as determined from isohyetal maps (Rantz 1968).
SURFACE CLAY	The percent of particles < 2 μ in diameter in the surface 15 cm of mineral soil.
SURFACE SAND	The percent of particles with diameters between 0.2 mm and 2 mm in the surface 15 cm of mineral soil.
TWO-YEAR, SIX-HOUR <u>1/</u>	The maximum six-hour rainfall amount expected to occur in a two-year period based on isohyetal maps (U.S. Dep. Commerce, Weather Bureau 1956).
SURFACE AGGREGATE <u>1/</u> STABILITY	A numerical index of the stability of an undisturbed soil sample when subjected to a fine stream of water sprayed from a distance of 40 cm. (U.S. Dep. Agric., F.S., 1976).

SUBSURFACE AGGREGATE STABILITY <u>1/</u>	A numerical index of the stability of an undisturbed soil sample when subjected to a fine stream of water sprayed from a distance of 40 cm.
SURFACE DISPERSION RATIO <u>1/</u>	The ratio of hydrometer readings for dispersed and aggregated soil samples (Middleton 1930).
SUBSURFACE DISPERSION RATIO <u>1/</u>	The ratio of hydrometer readings for dispersed and aggregated soil samples (Middleton 1930).

Disturbance Variables:

METHOD	A dichotomous variable indicating whether tractors or a cable system was used to haul logs from where they were cut to the landing.
LANDING	The proportion of the plot used for loading logs onto trucks for transportation from the forest. Includes associated cut and fill slopes as well as loading area.
SKID TRAILS	The proportion of the plot's planimetric area occupied by paths or trails used to drag logs from where they were cut to the landing.
DISPLACED SOIL	The volume of soil displaced by the construction and use of skid trails (m^3/ha).
COMPACTION	The sum of the proportions of the plot in Roads, Landings and Skid Trails.
BARE <u>1/</u>	The percent of the plot having exposed mineral soil at the time of our survey.
ROADS <u>1/</u>	The proportion of the plot containing the running surface and associated cut and fill slopes of a road.
BURNED <u>1/</u>	A dichotomous variable indicating whether or not the plot had been broadcast burned after the timber harvest.

1/ Variables failing to be included in any of the regression models having minimum Mallows' Cp.

squares is the least after being adjusted for the number of variables in the model.

We investigated the effectiveness of eight different site disturbance variables as predictors of erosion (Table 1): six quantitatively described some component of land disturbance associated with logging, and two indicated qualitatively whether the plot had been tractor- or cable-yarded and whether it had been broadcast-burned after yarding. In addition to the site disturbance variables, each regression analysis tested 12 site variables describing the slope, aspect, elevation, precipitation regime, geologic parent material, soil, and the elapsed time between the timber harvest and our measurements (Table 2).

Twelve regression equations were computed (Table 2). In each, BARE and BURNED and the Site Variables were tested for possible inclusion in best models. In the first three regressions (models 1, 5, and 9), disturbance was described by using the individual descriptors: ROADS, LANDINGS, and SKID TRAILS. In the next three (models 3, 7, and 11), disturbance was described using the aggregated descriptors: DISPLACED SOIL and COMPACTION. The volume of surface erosion, the volume of mass erosion, and the total volume of erosion were regressed against these variables. These six regression models were then reanalyzed with METHOD added for possible inclusion in addition to the two groups of disturbance variables (models 2, 6, 10, and 4, 8, 12).

Lastly, each of the excluded Disturbance Variables was regressed against the set of independent variables included in each of the 12 models. We wanted to see if the poor performances of some of the Disturbance Variables were caused by collinearity. It seemed plausible that if one of the Disturbance Variables was highly correlated with a set of the other independent variables, either it or its correlates would be excluded from the best equation predicting erosion.

RESULTS

All of the regression analyses produced equations which were relatively poor predictors of erosion (Table 2). Disturbance Variables contributed the greatest proportion of the explained variation (R^2) in those equations predicting surface erosion. The best prediction equations, however, were those estimating mass erosion. Even though the best equations usually included one or two disturbance variables, it often seemed that a variable was not really expressing the condition that its name implied; rather, that it owed its inclusion in the equation to some other site condition with which it was correlated. For example, LANDING is included in three best equations (Table 2, models 5, 6, 9). Its regression coefficient, however, carries a negative sign which is difficult to explain physically. Even though the relative increases in explained

Table 2. Regression models relating components of logging associated erosion to site and disturbance variables 1/.

Independent Variables	Dependent variables and model numbers											
	Surface erosion			Mass erosion			Total erosion					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
..... Standardized Regression Coefficients												
<u>Site Variables</u>												
GEOLOGY 2/	0.29	0.32	0.26	0.30	0.40	0.40	0.63	0.38	0.37	0.35	0.46	0.35
SLOPE	0.28	0.31	0.25	0.30	0.45	0.47	0.21	0.44	0.28	0.30	0.22	0.30
ASPECT	0.30	0.25	0.29	0.25	0.22	0.12	0.26	0.16	0.33	0.29	0.31	0.29
AGE											0.17	
ELEVATION					-0.26	0.16						
RAINFALL						-0.25		-0.25				
SURFACE CLAY						0.16					0.15	
SURFACE SAND												
R ² 3/	0.22	0.22	0.22	0.22	0.41	0.41	0.41	0.41	0.35	0.35	0.38	0.35
<u>Disturbance variables</u>												
METHOD		0.43		0.36		0.45		0.65		0.37		0.37
LANDING					-0.25	-0.23			-0.14			
SKID TRAILS	0.36				0.32				0.29		0.18	
DISPLACED SOTL				0.16	0.14							
COMPACTION				0.26								
R ² 4/	0.30	0.33	0.32	0.34	0.52	0.56	0.41	-0.30	0.42	0.43	0.41	0.43

1/ Computed by using the logarithms of the continuous variables.
 2/ Highest standardized regression coefficient among the geologic variables.
 3/ Coefficient of determination for model including only Site Variables.
 4/ Coefficient of determination for complete model.

SLOPE-FAILURE IN VOLCANIC REGION OF SOUTHERN KYUSHU, JAPAN

By

Etsuro SHIMOKAWA

Department of Forestry, Faculty of Agriculture

Kagoshima University

1-21-24 Korimoto, Kagoshima-shi, Japan

SUMMARY

In southern part of Kyushu, Japan, the land is broadly covered with pyroclastic flow deposits called "Shirasu". Its topography is like a plateau. Many people live around and on the plateau. In Baiu and typhoon seasons, slope-failures caused by a heavy rain often occur, and bring about serious disasters around the plateau. The subject of this paper is to clarify the causes and mechanisms of the slope-failures and predict the location of the occurrence. The author carried out data analyses, field investigation and soil tests. We must not forget the social cause, as well as the natural one, as the causes of the slope-failure. By considering the topographic evaluation process of the Shirasu plateau, it is possible to predict the occurrence-location of the slope-failure.

Keywords: slope-failure, pyroclastic flow deposit, pumice fall, volcanic ash, weathering.

INTRODUCTION

Four big volcanoes of Aso, Kakuto, Aira and Ata are located in the central and southern parts of Kyushu, Japan. Volcanic products from those volcanoes cover deeply and widely over the regions.

"Shirasu", the volcanic products from Aira volcano cover widely over the southern Kyushu, as shown in figure 1¹⁾ "Shirasu" is a local term for pyroclastic flow(or pumice flow) deposits mainly composed of volcanic ash and pumice. Its topography is like a plateau, around which a lot of erosional valleys are developed. The Shirasu is characterized by angular soil particles, small specific gravity of grains and erosive property lying against running water, from the viewpoint of the soil engineering¹⁾. Younger pumice fall and volcanic ash beds cover the Shirasu with unconformity.

Recently, not a few slope-failure disasters due to heavy rainfalls have occurred frequently with the development of land use in the Shirasu region. In June, 1976, many slope-failures occurred owing to the heavy rain accompanied with the Baiu front in the central part of Kagoshima prefecture, in which 32 lives were lost and 37 persons were wounded.

It is necessary to clarify the

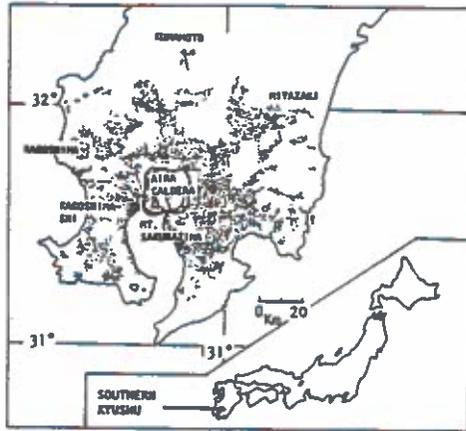


Fig. 1 Distribution of Shirasu(After Yokoyama 1972)

that the slope-failures in the Shirasu region are mainly caused by the Shirasu itself because of its erosive property. But, according to the investigation of the disaster in 1976⁷⁾, through all the types of the slope-failure, the Shirasu itself is not collapsed principally. In other words, it has been treated too lightly that the slope-failures are to be influenced by the pumice fall and volcanic ash beds from Mt. Sakurajima volcano laid over the Shirasu.

METHODS

Methods of this study consist of data analyses, field investigation and soil tests of the volcanic products. By making use of research datas and aerial photographs, the data analyses were carried out in order to ascertain the following items: occurrence-number of the slope-failures owing to a rain⁵⁾, rainfall⁵⁾, area in which dry fields were made during a year⁸⁾, accumulated area of residential lands⁹⁾, and form and shape of the Shirasu erosional valleys. The field investigations were performed at the Murasakibaru plateau of Kagoshima-shi, southern Kyushu. The matters for the field investigation are as in the following; the form and shape of the Shirasu erosional valleys, and distribution form, stratification and soil properties(apparent state, tone of color, extent of weathering, thickness of a bed, hardness of soil, etc.) of the volcanic products. The hardness was measured by using Yamanaka's soil hardness tester of the spring constant of 7.6 kg. Moreover, the soil tests were performed to ascertain the geotechnical properties of the volcanic products.

TRANSITIONS OF THE OCCURRENCE-NUMBER AND FORM OF THE SLOPE-FAILURES

Figure 2 shows transitions of the occurrence-number of the slope-failure owing to a rain, area in which dry fields were made during a year and

failure is relatively large from 1951 to 1955, after that small from 1956 to 1965, and large again from 1966 to the present time. As it may be considered that the occurrence-number of slope-failures is related to the rainfall, the relationship between them was analyzed. But, no firm relationship could be found. That is to say, the rainfall was not little from 1956 to 1965. Therefore, there must be any other causes for this transitions.

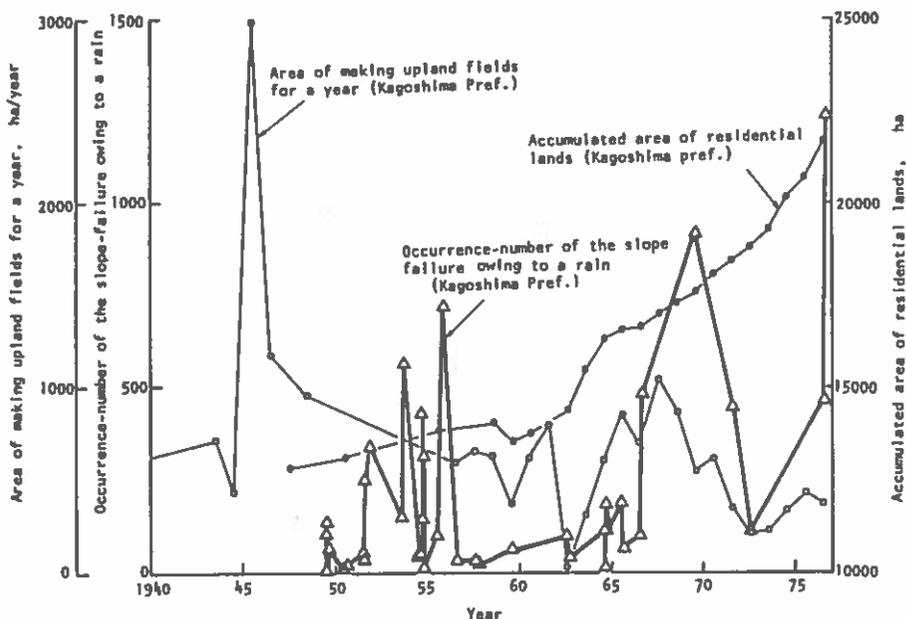


Fig. 2 Transitions of occurrence-number of the slope-failures owing to a rain, area of making dry fields for a year and accumulated area of residential lands.

It is the slope-failure disasters due to Della-typhoon and Judith typhoon in 1949 that the disasters in the Shirasu region caused public discussion for the first time. According to research on the actual conditions, Nishi and Kimura⁶⁾ concluded that those slope-failures were caused by the Shirasu itself accompanied with dry fields made and heavy rainfalls. Tamachi¹⁰⁾ grouped the then slope-failures in the farm lands into the five types of failure due to saturation of the talus, lateral erosion, waterfall erosion, sinking erosion, and rotational slide on the basis of their forms and causes. As shown in figure 2, the farm lands were made on a large scale on and just after the end of the World War II.

The small occurrence-number of the slope-failure from 1956 to 1965 may be caused by the decrease of the area in which dry fields were made during a year and the countermeasures taken against the disasters.

The slope-failures have been increasing in number again from 1966 to this day. During that period, economy in Japan accomplished high growth and the population concentrated in the cities. The area of residential lands have

increased as shown in figure 2. This increase is remarkable in

topographically with the increase of the residential lands. The estate development in the slope lands and mountainous districts is to be attended with the earthwork on a large scale and construction of structures such as retaining walls. As the result of that, the residential lands and roads have come close to the dangerous slopes. The slope-failures which have occurred from 1966 to this day are closely related with the development of the home lots and roads. This can be supported by some research materials. Kimura⁴⁾ classified the slope-failures which occurred in 1969 into the following eight types; waterfall erosion, lateral erosion, topsoil falls, topsoil slides, slope-failure due to piping, exfoliation, collapse of structures such as banking slope or retaining wall, and soil flow under the development of home lots. The collapse of structures and soil flow are the new typed slope-failures, which are directly concerned with the development of home lots and roads. The types of topsoil falls, topsoil slides and slope-failure due to piping occurred mainly in the natural slopes, at the foot of which the residential lands were located. Moreover, according to the research of the slope-failure disasters in 1976⁷⁾, the types are composed mainly of the topsoil slides, topsoil falls, banking slope-failure and their composite type. No types of waterfall erosion, lateral erosion and sinking erosion could be observed. As mentioned above, the occurrence-number and form of the slope-failures have changed with the extent and form of the land use, and countermeasures taken against the disasters even for the short period of 35 years after the World War II. Figure 3 shows the basic types of slope-failures in the Shirasu region.

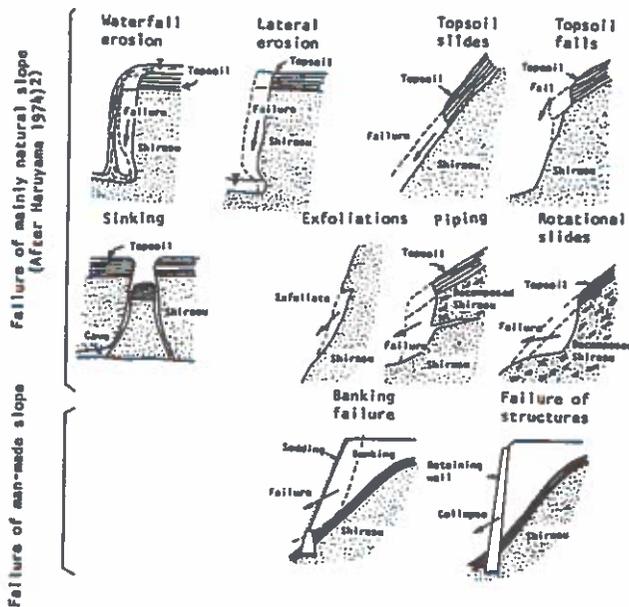


Fig. 3 Basic types of slope-failures in the Shirasu region.

older valley, in which the deep younger valley is formed. Figure 4 shows the survey section. The topography is 40-50 degrees in dip and flat in plane shape. The geology is composed of the Shirasu, decomposed Shirasu, palaeosol, and pumice fall and volcanic ash beds. A banking slope was constructed with wicker-work at the upper part of the slope.

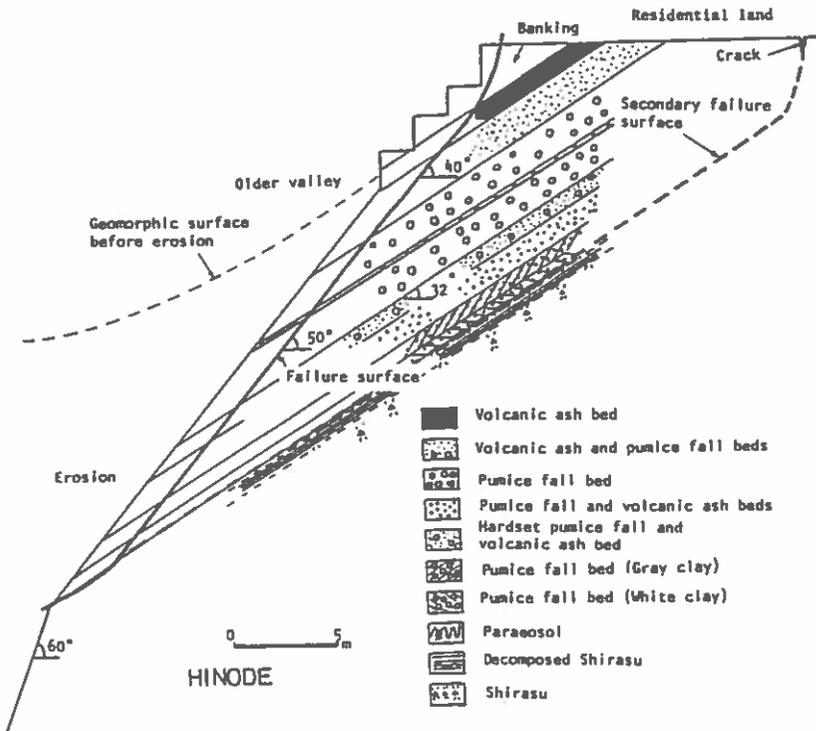


Fig. 4 Slope-failure survey section at Hinode, Kagishima-shi.

Firstly, the slope-failure occurred at the banking slope. After that, the first failure was immediately followed by the secondary failure, along the slide surface between the palaeosol and pumice fall bed, destroying 6 houses. The first failure was assumed to have been caused by infiltration of rainwater in the banking slope. It was considered that the secondary failure was due to the intense weathering of the pumice fall bed on the palaeosol caused by the ground water for a long time. The geotechnical properties of the pumice fall beds on the slide surface are different from those of the palaeosol, as shown in figure 5. The pumice fall beds are by nature loose and easy to be infiltrated by water. The type of this slope-failure is the topsoil slides. The greater part of the slope-failures which occurred in 1976 belong to this type.

In order to predict the occurrence of this typed slope-failures, it is necessary to have some understandings about the topography of the Shirasu region, as well as the distribution, stratification and geotechnical properties of the pumice fall and volcanic ash beds.

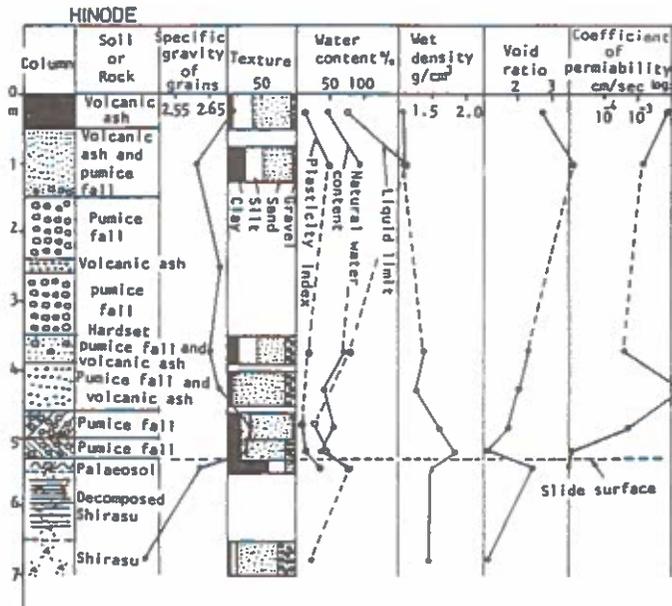


Fig. 5 Geotechnical properties of the ground at Hinode, Kagoshima-shi

TOPOGRAPHY OF THE SHIRASU PLATEAU

There are two types in the valleys of the Shirasu region³⁾. The two valleys were formed by the following process. The Shirasu plateau measuring about 100 m in relative height had been formed about 22,000 years ago and been exposed to the erosion action due to rainwater since then to about 11,000 years before. This period was parallel with the high prosperity of Haupt-Wrum glacial stage in which the sea level was below a maximum and it rained very little. Therefore, the erosion action of rainfall was so weak that the shallow older valleys were formed as shown in figure 6. The palaeosol was formed during the same period. The Shirasu plateau was covered with the volcanic fall products (pumice fall and volcanic ash beds) caused by violent volcanic activities of the old Sakurajima on and after about 11,000 years ago. The erosion became intense because of the humid and warm climate on and after about 5,000 years ago. As the result, the Shirasu plateau was eroded and the deep younger valleys were formed in the shallow older valleys. The deep younger valleys were formed at the toe of the both side slopes. Figure 6 shows schematically topographic evolution process of the Shirasu plateau and the form of the slope-failures. The form of the slope-failures are closely related to the types of the valleys.

Figure 7 shows the relationship between the width and the depth of the valleys. The shape of the older valleys differs from that of the younger valleys. That is to say, the width versus the depth of the former is larger than that of the latter. The two valleys are divided with the application of this relationship.

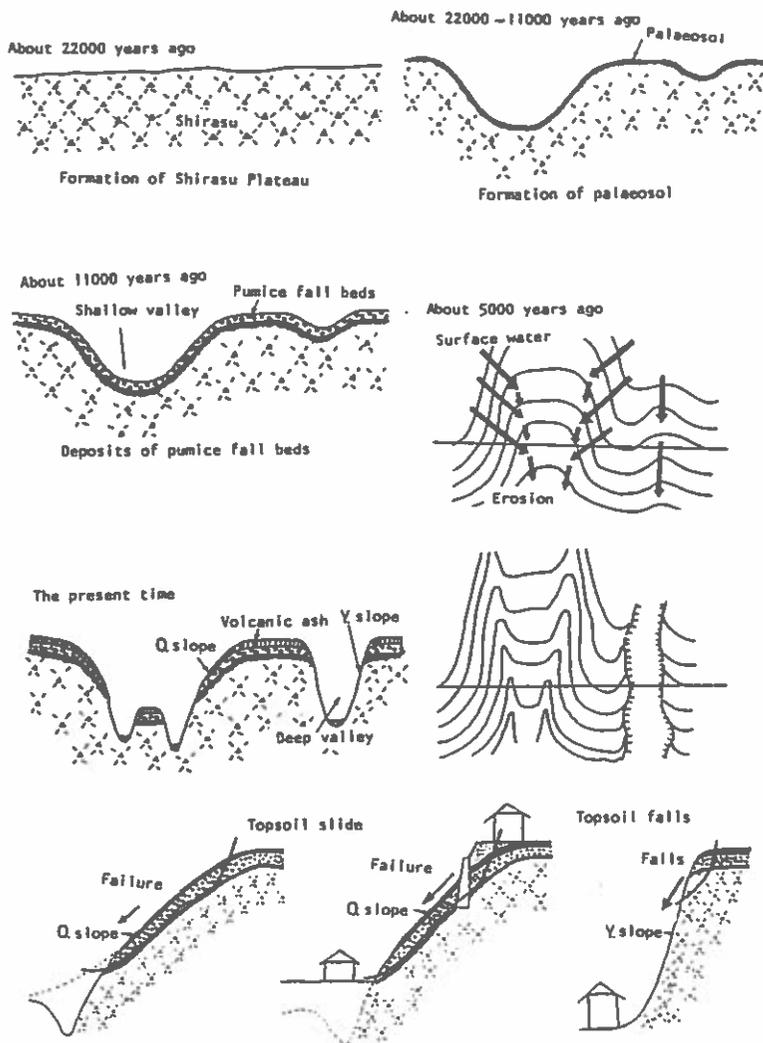


Fig. 6 Schematically topographic evolution process of the Shirasu plateau and form of the slope-failure.

DISTRIBUTION, STRATIFICATION AND GEOTECHNICAL PROPERTIES OF THE PUMICE FALL AND VOLCANIC ASH BEDS ON THE SHIRASU SLOPES

The pumice fall and volcanic ash beds on the Shirasu slope have been eroded under the humid and warm climate on and after about 5,000 years ago. But, they are still distributed widely over from mid to ridge of the Shirasu slope as shown in figure 8. The present topography is very complicated, but it is considered that the older topography which was present before the pumice fall and volcanic ash beds were deposited, had been simple, judging from

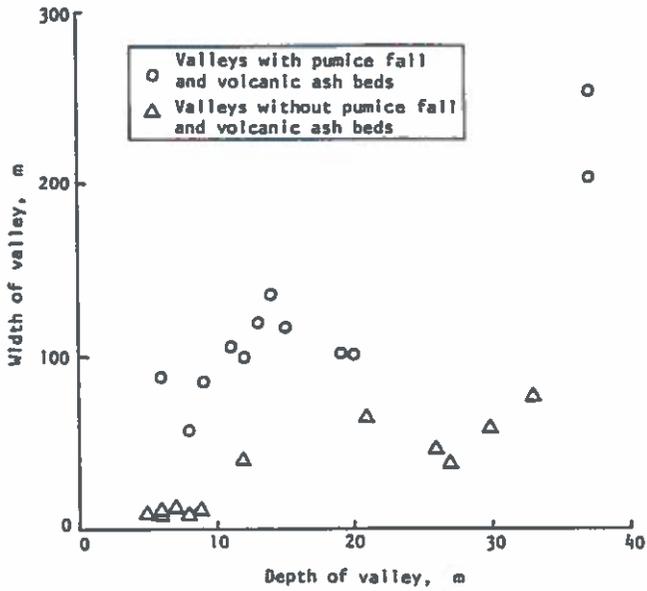
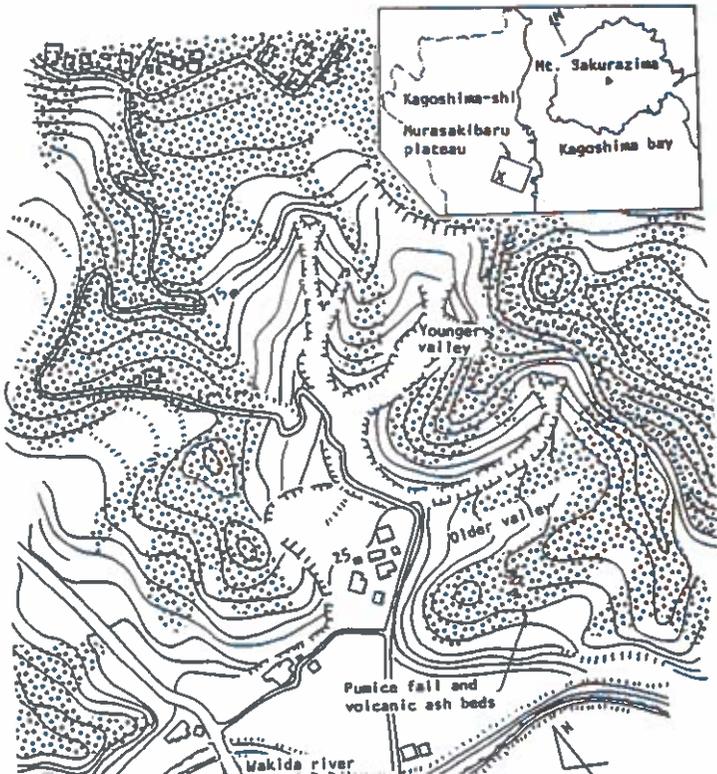


Fig. 7 Relationship between the width and depth of the valleys.



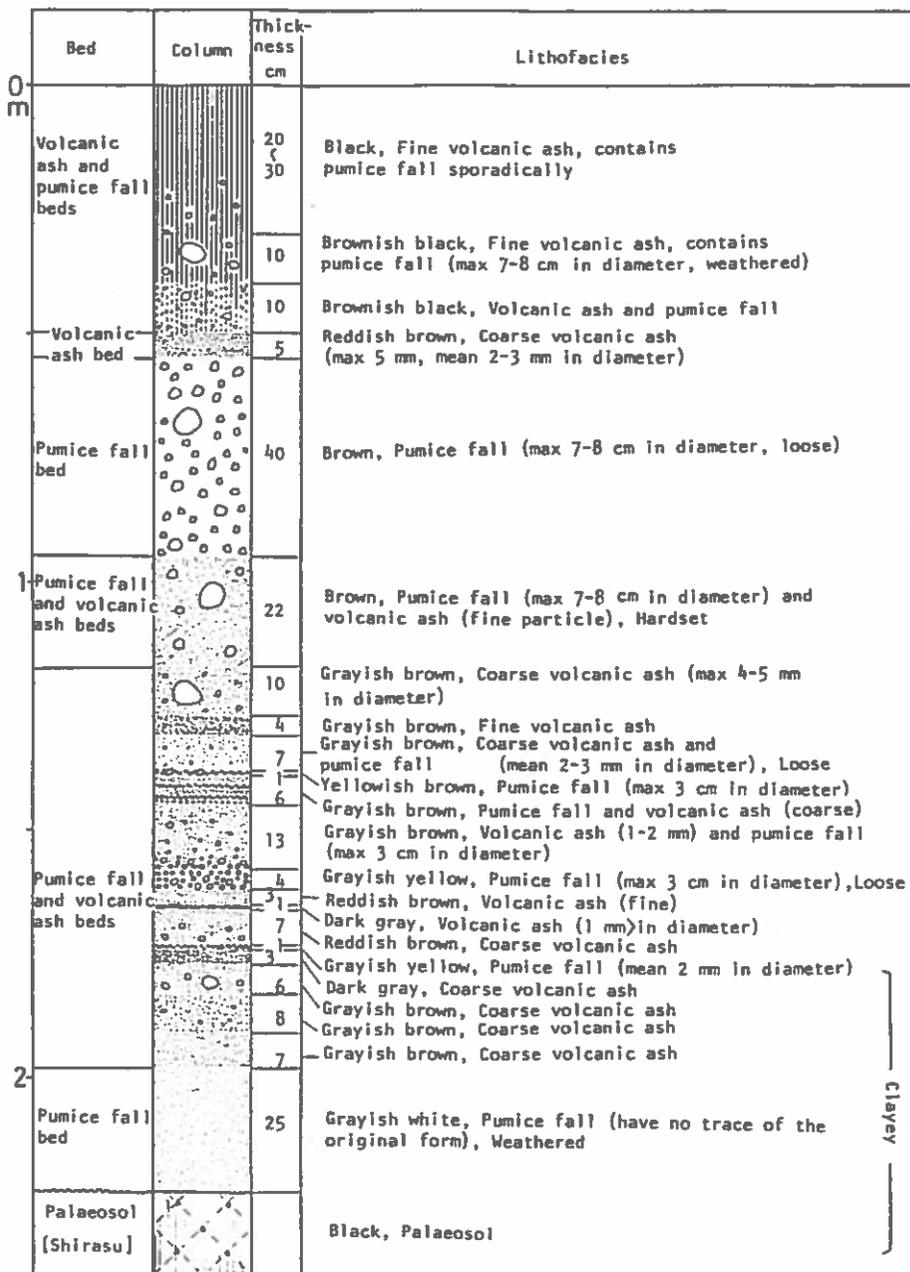


Fig. 9 A typical example of the geologic columner section.

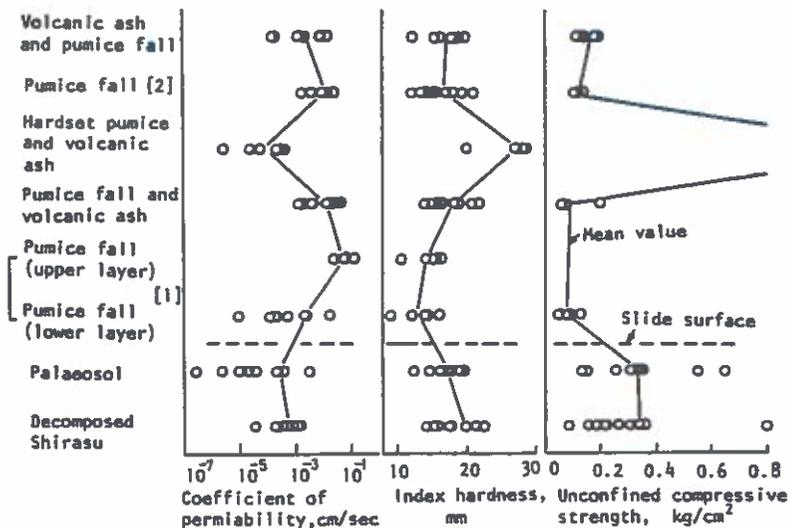


Fig. 10 Geotechnical properties of the Shirasu, and pumice fall and volcanic ash beds.

as residential lands in recent years.

The ground of the Shirasu slope is composed of the Shirasu, and many pumice fall and volcanic ash beds. Figure 9 shows an example of the geologic columnar section. The topography of the investigated place is concave in plane shape, being about 25 degrees in dip. There is the palaeosol of several tens cm in thickness near the surface of Shirasu. The pumice fall and volcanic ash beds are composed of coarse pumice fall bed, thinly laminated pumice fall and volcanic ash beds, hardset bed of pumice fall and volcanic ash, coarse pumice fall bed, coarse volcanic ash bed, and volcanic ash and pumice fall beds in order of the deposition. The palaeosol was not formed in their beds because of their successive depositions. The lowest pumice fall bed is heavily weathered and the particles have no trace of the original form, because of the topography of concave in plane shape and stagnation of the ground water. The pumice fall and volcanic ash beds shows similar stratification and degree of weathering in other investigated places.

Figure 10 shows the geotechnical properties of the Shirasu, and pumice fall and volcanic ash beds. The lowest coarse pumice fall bed is roughly divided into the lower layer and the upper layer by degree of weathering. There is remarkable differences in the coefficient of permeability, index hardness and unconfined compressive strength between the palaeosol and pumice fall bed (1). The lower layer of pumice fall bed (1) is the smallest in the unconfined compressive strength among the volcanic products. Therefore, the greater part of the topsoil slides typed slope-failures occur along the boundary surface between the palaeosol and pumice fall bed (1).

CONCLUSION

The results described above are concluded in the following:

- 1) The occurrence-number and the form of the slope-failures have changed with the extent and form of the land use, and the countermeasures taken against the disasters even during the short period of 35 years after the World War II.
- 2) The greater part of the slope-failures which have occurred in recent years belong to the type of topsoil slides brought forth due to the collapse of the pumice fall and volcanic ash beds on the Shirasu. A cause of the topsoil slides is due to the geotechnical properties of the volcanic products.
- 3) There are two kinds of valleys, namely the older valley covered with pumice fall and volcanic ash beds, and younger valley without those beds in the Shirasu region. The form of slope-failures are closely related to the types of the valleys. The width versus the depth of the former is larger than that of the latter. The two kinds of valleys are to be easily divided by applying this relationship.
- 4) The lowest pumice fall bed on the palaeosol(surface of the Shirasu) is heavily weathered and the particles have no trace of the original form. Therefore, the geotechnical properties of pumice fall bed on the slide surface are different from those of the palaeosol.

LITERATURE CITED

- 1) Haruyama, M.:Geological, physical, and mechanical properties of "Shirasu" and its engineering classification. Soil and Foundation, 13(3), 45-60(1973)
- 2) Haruyama, M.:Features of slope-movement due to heavy rainfalls in the Shirasu region of southern Kyushu. Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ., 19, 151-163(1974)
- 3) Iwamatsu, A.:A type of the so-called "Shirasu disasters" -Slope-failures at the margin of the Murasakibaru plateau, Kagoshima city, owing to the heavy rain of a Baiu front in June, 1976-. Mem. Fac. Sci. Kagoshima Univ., 9, 87-100 (1976)(in Japanese with English summary)
- 4) Kimura, T.:On actual conditions of slope failures in Shirasu region due to a heavy rain and countermeasures against the disasters. Forestry Department of Kagoshima Prefectural Office, 1-47(1970)(in Japanese)
- 5) Kagoshima Prefectural Office and Kagoshima Local Meteorological Observatory: Memorials on disasters in Kagishima Prefecture.
- 6) Nishi, R. and Kimura, T.:A view on the disasters in Shirasu region. Planning Department of Kagoshima Prefectural Office, 1-31(1959)(in Japanese)
- 7) Shimokawa, E. and Haruyama, M.:On the slope-failures and geotechnical properties of volcanic deposits. Bull. Fac. Agr. Kagoshima Univ., 28, 209-227(1978)(in Japanese with English summary)
- 8) Statistics and Information Department Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries:Japan agricultural statistical yearbook.
- 9) Statistics Bureau Prime Minister's Office: Japan statistical yearbook.
- 10) Tamachi, M.:Prevention countermeasures against the disasters in Shirasu region(interim report). Planning Department of Kagoshima Prefectural Office, 1-31(1950)(in Japanese)
- 11) Yokoyama, K.:Flow and deposition mechanisms of Ito pyroclastic flow from Aira volcano. Reports of Geographical Studies of Tokyo Kyoiku Univ., 16, 127-167(1972)(in Japanese with English summary)

Zusammenfassung

Um die Gründe und den Mechanismus der Hangbrüche in der (vulkanischen) "Shirasu" Region zu klären wurden Daten-Analysen, Gelände-Untersuchungen und Boden-Teste ausgeführt. Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefaßt werden:

1) Die Zahl der Ereignisse und die Form der Hangbrüche haben sich geändert mit der Erweiterung und Form der Landnutzung und mit den gegen Katastrophen getroffenen Gegenmaßnahmen während der kurzen Periode von 35 Jahren nach dem zweiten Weltkrieg.

2) Viele der in den letzten Jahren vorgekommenen Hangbrüche gehören zur Type der Oberboden-Rutschungen bewegt durch den Zusammenbruch von Bimssteinfall- und vulkanischen Aschen-Lagen auf Shirasu. Eine Ursache der Oberbodenrutschungen liegt in den geotechnischen Eigenschaften der vulkanischen Produkte.

3) Es gibt zwei Arten von Tälern in der Shirasu Region, die älteren Täler sind bedeckt von Bimssteinfall- und vulkanischen Aschenlagen, die jüngeren Täler haben keine solche Lagen. Die Form der Hangbrüche steht in engem Zusammenhang zu dem Taltyp. Die Breite gegenüber der Tiefe ist bei Ersteren größer als bei Letzteren. Die zwei Arten der Täler sind durch die Anwendung dieser Beziehung leicht zu unterscheiden.

4) Die niedrigste Bimssteinfall-Lage auf Palaesol (Oberfläche von Shirasu) ist stark verwittert und die Teilchen haben keine Spur der ursprünglichen Form. Deshalb sind die geotechnischen Eigenschaften der Bimssteinfall-Lagen der Gleitflächen unterschiedlich von jenen von Palaesol.

THE STRESS MEASUREMENT
ON THE SURFACE LAYER
OF LANDSLIDE AREA

Hiroataka Ochiai

Forestry and Forest Products Research Institute,
P.O. Box 16, Tsukuba-Nohrin Ibaraki, 305 Japan

Introduction

Measurements of the state of stress on landslide area seems necessary to explain the mechanism of landslide movement. The measurement is helpful in distinguishing from the area under tension above the headscarp of a landslide from the stable area exhibiting compression.

Menci (1965) measured residual stress on the surface layer of a landslide. Matsubayashi et al. (1976) applied Menci's method and measured the stress distributions on three landslides in Nagano prefecture, Japan. Nakayama (1977) estimated the directions of principal stresses from the results of measurements on a landslide in Tokushima prefecture, Japan.

All of these methods of the stress measurement apply the "removal of material" technique initiated for metals. It is based on the fact that the stress field of a strained body changes after taking away a part of the body, or the removal of

The original stress field can be calculated from the result and the deformation parameters of the material.

Instruments as a trial were made to measure the displacements induced around a bore by boring into the ground. And stress fields were obtained by the instruments on the surface layer of a landslide.

Instrument

This measurement is focused on accurate measuring expansion and contraction of each side of a triangle which is formed by three pins driven into the ground.

A measuring instrument is shown as Fig-1. A brass shaft (S), a cone hollow is countersunk on the top, is mounted vertically to the upper face of an end of an aluminium arm (L), and a dial gauge (G) is attached to an aluminium arm (U) to measure the displacement of another shaft(S'). The lower arm (L) and the upper arm (U) are connected by a spacer (T).

Three of the instruments are combined, putting washers (W) which have twelve stainless-steel balls, between the lower arm (L) and another upper arm (U'), so that this system allows three shafts to move parallel to each other very smoothly and each change of the gap between the shafts is measured.

The cone hollow of the shaft (S) is fit for the ball (B), so that the center line of the shaft (S) coincides with the center of the ball (B) (Fig-2). Each shaft (S) of the instrument is placed on the pins (P) respectively, and each change of the gap between the pins or each side of the triangle is

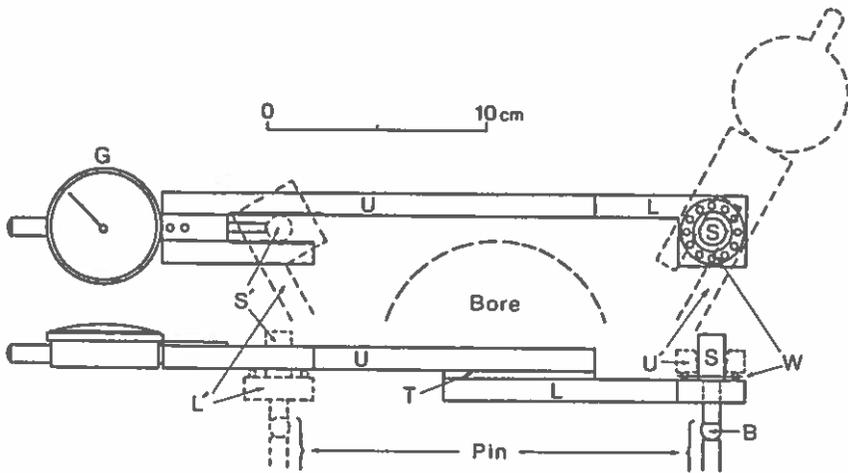


Fig.1 : The instrument for stress measuring

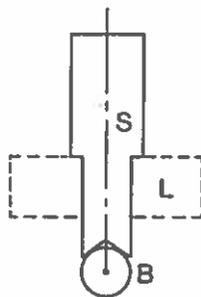


Fig.2 : Shaft (S) and Ball (B)

Method of measurement

The procedure of the measurement is as follows:

- (1) Driving three brass pins (a diameter of 8 mm, a length of 20 cm) vertically into the surface of the ground, as they form a configuration of an equilateral triangle (each side 20 cm long).
- (2) Combining three of the instruments and putting them on the pins.
- (3) Measuring the direction of each side of the triangle by a compass.
- (4) Boring a cylindrical hole (a diameter of 10.5 cm, a depth of 20 cm) in the center of the triangle by Hand Auger.
- (5) Reading each scale of the dialgauges before and after boring.

Surface temperatures of the instrument are measured with a thermocouple, and the expansion and contraction of the body due to the temperatures are compensated.

Analysis

In polar coordinates, the elastic solution for the radial component of the displacement which is induced by boring in the thin plate (plane stress condition) which has been submitted to principal stresses σ_1 and σ_2 in two perpendicular directions is

$$u = \frac{1}{E} \left[\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \cdot \frac{a^2(1+\nu)}{r} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \left\{ \frac{4a^2}{r} - \frac{a^4}{r^3}(1+\nu) \right\} \cos 2\theta \right]$$

Here, r : radial coordinate
 θ : angular coordinate (angle from the direction
of σ_1 in the anti-clockwise direction)
 σ_1, σ_2 : principal stress
 E : Young's module
 ν : Poisson's ratio (Pender, 1980)
 a : hole radius

The displacements u_1, u_2, u_3 of the apexes of the triangle in the direction of the circumcenter are composed of the length variations of the three sides A, B, C , so that the principal stresses σ_1, σ_2 are obtained from three equations about u_1, u_2, u_3 (Fig-3).

Here, Young's module E and Poisson's ratio ν are obtained from the results of soil testing by triaxial testing apparatus.

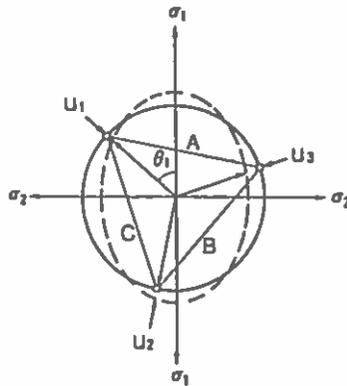


Fig.3 : Principal stresses and a deformation of a borehole

Results and conclusion

On 19th June 1980, a landslide occurred at Kanasago in Ibaraki prefecture (Fig-4). Measurements were carried out at several points on the landslide in February 1981. In that month, obvious movement, for example, new cracks, was not observed.

Two examples of measurements are given. The results of the measurements at N-1 are shown in Fig-5. N-1 was above the head scarp of the landslide. In the first period of two hours, it showed the tensile stresses might be affected by boring. The tensile stresses decreased with time and changed into compressive stresses. The results at N-2 are as shown in Fig-6. They indicated that the compressive stresses were changing gradually. Tensile stresses were expected at N-1 and N-2 which were close to the head scarp. At the scarp, a tensile strain of 4 % had been recorded by an extensometer S from July to October in 1980. But instead of the expected tensile stresses compressive stresses were shown. This may have been due to the fact that the landslide was moving very slowly during the month in which measurements were made.

The relation between the stresses and the cracks were not clear from the results of the measurements, but we will continue investigating the effectiveness of this method.

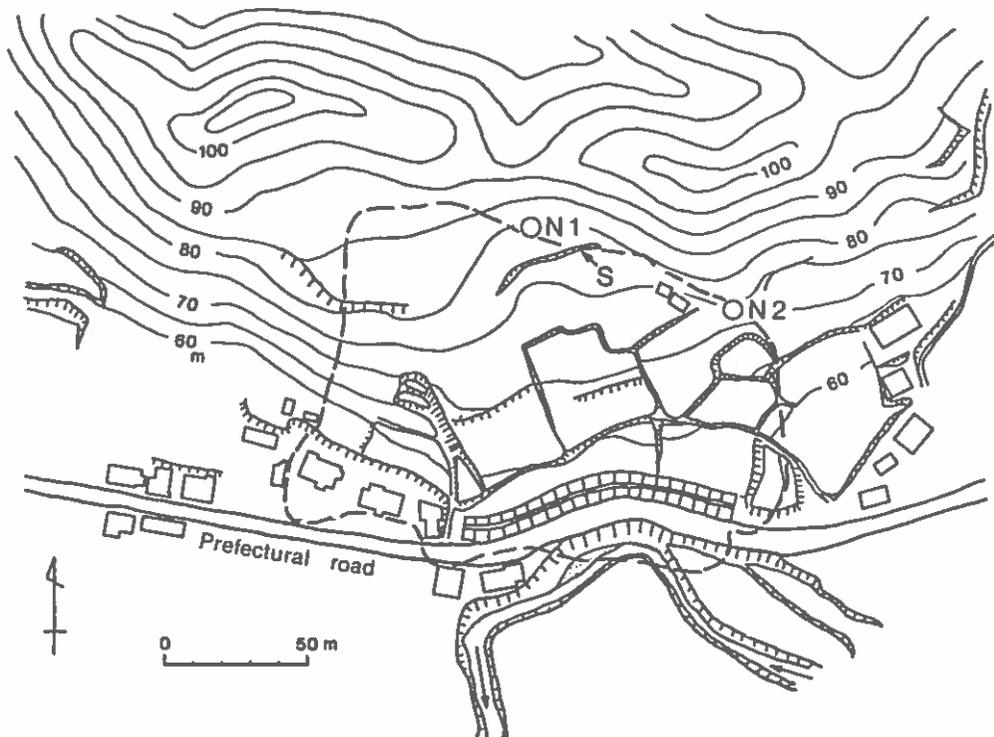


Fig.4 : A landslide at Kanasago in Ibaraki prefecture
(broken line : outline of the root area)

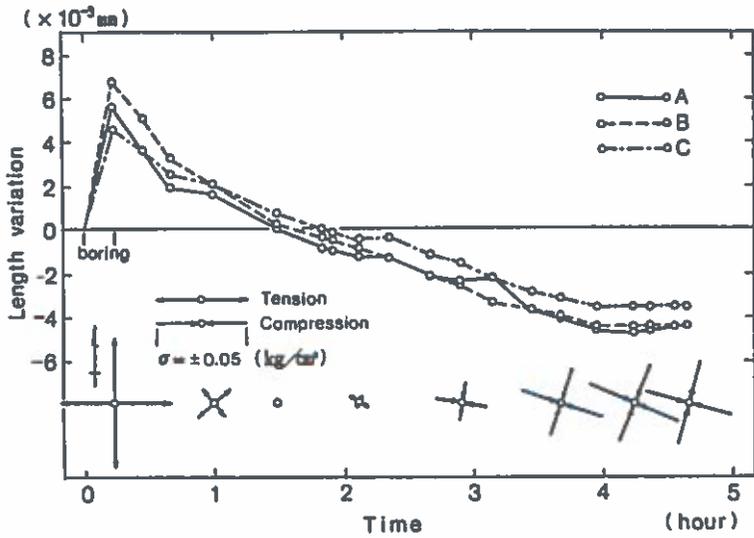


Fig.5 : Length variations of the sides of the triangle and principal stresses at N-1

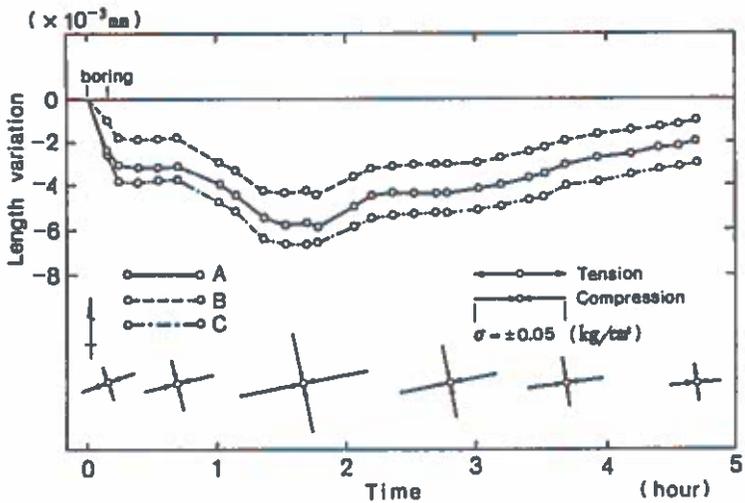


Fig.6 : Length variations of the sides of the triangle and principal stresses at N-2

References

- Matsubayashi, M., Yamaguchi, S. & Nakamura, S. 1976: On the measurement of stress-distribution on landslide slope. J. Jpn. Soc. Landslide 47: 1-5. (in Japanese)
- Menci, V. 1965: Three questions on the stability of slopes. Proceed. Intern. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Montreal 2 : 512-513.
- Nakayama, Y. 1977: On the distribution of principal stress in a landslide area — A case of Kito, Tokushima prefecture —. Tech. Rep. Natl. Res. Inst. Agric. Eng. C-18: 33-36. (in Japanese)
- Pender, M. J. 1980: Elastic solutions for a deep circular tunnel. Géotechnique 30, No. 2: 216-222.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Am 19. Juni 1980 fand eine Rutschung bei Kanasago in der Ibaraki Präfektur statt. Im Februar 1981 wurden an verschiedenen Punkten dieser Rutschung Spannungs-Messungen ausgeführt. In diesem Monat wurden augenscheinliche Bewegungen, zum Beispiel neue Risse, nicht beobachtet.

Es werden zwei Meßbeispiele aufgezeigt. Die erste Meßstelle (N-1) lag oberhalb des Haupt-Anbruches der Rutschung. In der ersten Meßperiode von zwei Stunden zeigten sich Zugspannungen die durch die Bohrung verursacht sein können. Die Zugspannungen nahmen mit der Zeit ab und gingen über in Druckspannungen. Die Ergebnisse der zweiten Messung (N-2) zeigten graduell unterschiedliche Druckspannungen. Bei beiden, nahe dem Hauptanbruch gelegenen Meßstellen (N-1 und N-2) waren Zugspannungen erwartet worden. Beim Hauptanbruch (head scarp) wurde mit einem Extensometer vom Juli bis Oktober 1980 eine Dehnung von 4 % gemessen. Entgegen den erwarteten Zugspannungen zeigten sich Druckspannungen. Dies mag darin begründet sein, daß sich die Rutschung während der Meßzeit nur sehr langsam bewegte.

Die Beziehungen zwischen den Spannungen und den Rissen wurden aus den Meßergebnissen nicht klar ersichtlich. Die Untersuchungen werden fortgesetzt um die Tauglichkeit dieser Methode zu prüfen.

MECHANISM OF OCCURRENCE OF SNOW DAMAGES

TO FORESTATION TREES IN NORTH-EAST JAPAN

by Tsukahara, H. & Ohtani, H.
Faculty of Agriculture, Yamagata Univ.,
997 Tsuruoka, Japan

Summary

The relation between the snow damages to forest trees and the cumulative snow pressure was investigated in young Cryptomeria stands. As the fatal snow damage, there is the number of lost trees. It was found that the close linear relation existed between the number of trees lost by the fatal damages and the cumulative sinking pressure of snowfalls. As the snow damages which are of light degree and occur in all surviving trees, there is the basal bending of trunks which is divided into the width of leaning trunks and the length of rooted trunks. It was found that these width had the exponential relation of very high accuracy to the cumulative sinking pressure difference, and that these length had the linear relation of very high accuracy to the cumulative sinking pressure.

Introduction

In north-east Japan, in the mountainous districts around Akita, Yamagata and Niigata Prefectures facing Japan Sea, much snow falls in winter, and because the topography is rugged, the snow damages to forest trees occur frequently. In this paper, to clarify the mechanism of the snow damages caused by large pressure of slowly moving snowfall, the relation between the damages and the pressure was analyzed except the case of forest damages due to avalanche.

Materials and methods

In the mechanical modes of snow damages observed in trees of young Cryptomeria japonica, there are the breaking, cracking, bending and coming out of trunks. The method of quantitatively expressing the snow damages was roughly divided into fatal and recoverable modes. The former mode was expressed by the number of lost trees converted to that per unit area n_D (n/ha). And the later mode was expressed by the basal bending of trunks. Where, the bending was divided into two items of

measurement, namely the width of leaning trunks (S , cm) which was the horizontal distance between the point of 1.2m vertical above the position of trunk roots and the center of trunks, and the length of the rooted trunks (L_R , cm) turned to buried butt from the position of trunk roots to that at the time of planting (Fig. 1).

The action of snowfall on forest trees is repeated every year in winter to all parts of tree bodies buried in snow. Therefore as the factors of snowfall, the cumulative pressure and the cumulative pressure difference of the following eight factors were taken up.

1. ΣP_N : Cumulative moving pressure.

2. $\Sigma P_N \cdot \tau$: Cumulative moving pressure taking the number of days of continuous snow cover into account.

3. $\Sigma (P_N - P)$: Cumulative moving pressure difference from the resistance of roots.

4. $\Sigma (P_N \cdot \tau - P)$: Cumulative moving pressure difference taking the number of days of continuous snow cover into account from the resistance of roots.

5. ΣF : Cumulative sinking pressure.

6. $\Sigma F \cdot \tau$

7. $\Sigma (F - P)$

8. $\Sigma (F \cdot \tau - P)$

Where, P_N (ton) is the product of the component of snow pressure (S_N , ton/m) in the direction parallel to a slope given by Haefeli, R. et al. (1939) and the mean distance between trees. For the calculation of F (ton), the pressure component in vertical direction, the following equation of Nakamata et al. (1970) was employed.

$$F = A \cdot \gamma \cdot H_S \text{ ----- (1)}$$

Where, A (m^2) is the area of the zone of snow pressure influence to trees.

$$A = \frac{1}{2} [L_B (D_0 + 2R) + (L_C + R) (D_C + 2R)] \text{ ----- (2)}$$

L_B : Clear length (m)

D_0 : Basal diameter of trunk (m)

L_C : Crown length (m)

D_C : Crown diameter (m)

R : Length of snow loading zone (=0.55m)

γ is snow density (=0.52 ton/ m^3), H_S (m) is the deepest snow in one winter season.

τ is the ratio of the number of days of continuous snow cover concerned in that year to the mean number of days in past years.

P (ton) was calculated by using the following regression equation

obtained by Imai et al. (1980).

$$P = 45.5D_0^{1.36} \text{ (Relation coefficient, } r=0.9742) \text{ -----(3)}$$

The places of investigation of the fatal damages were three stands, No.1-CHI, 1-WA and 12-YO, of the recoverable damages were two stands, No.12-HA and 12-YO, in Kaminagawa experimental forest of Yamagata University positioned in the lower part of Fagus crenata zone in northern Asahi mountains.

Results

The linear and exponential relations of n_D to the eight factors were determined for respective stands and the equations of the closest relations were picked up, then the following equations (4), (5) and (6) were obtained (Fig. 2).

$$\text{Forest stand No. 1-CHI : } n_D = 19.6 \Sigma F.P - 501 \text{ (} r=0.9899) \text{----- (4)}$$

$$\text{No. 1-WA : } n_D = 15.2 \Sigma F.P - 419 \text{ (} r=0.9850) \text{----- (5)}$$

$$\text{No. 12-YO : } n_D = 14.5 \Sigma F.P + 68 \text{ (} r=0.9869) \text{----- (6)}$$

It was found that there was the close linear relation between the decrease of the number of trees due to fatal snow damage and the cumulative sinking pressure taking the number of days of continuous snow cover into account.

The linear and exponential relations between the degree of basal bending of trees and the eight factors of cumulative snow pressure were analyzed, and the equations of the closest relations were picked up among respective equations of relations, then the following equations (7) and (8) were obtained (Fig. 3, Fig. 4).

Forest stands pooled for No. 12-HA and 12-YO :

$$S = 14.45 [\Sigma (F-P)]^{0.52} \text{ (} r=0.9943) \text{-----(7)}$$

$$L_R = 0.70 \Sigma F.P + 10.7 \text{ (} r=0.9960) \text{-----(8)}$$

It was found that there was the close exponential relation between the width of leaning trunks and the cumulative pressure difference of sinking pressure from the resistance of roots, and that there was the close linear relation between the length of rooted trunks and the cumulative sinking pressure taking the number of days of continuous snow cover in account.

Conclusions

It was clarified that the snow damages were controlled largely by the snow and tree factors. As snow factors, there are snow depth, snow density, number of days of continuous snow cover and cumulative sinking pressure of snowfalls. As tree factors, there are the area of the zone

of snow pressure influence to tree bodies, namely clear length, basal diameter, crown length, crown diameter and length of snow loading zone, and the resistance of root system to snow pressure.

It is expected that the reduction of the snow damages can be realized by the reduction those snow and tree factors except the resistance of root system, and by the increase of the resistance.

For the shortening of the period during which trees are buried in snow, there is a report which experimentally confirmed that snow treading using snow sweeping, snow shoveling or snow digging up simultaneously as occasion demands is useful (Tsukahara et al. 1980). As one of the methods of reducing the damages, there may be snow conditioning such as snow treading.

It has been known that the development of crown length and crown diameter tends to promote the development of root system. That is connected to the increase of the resistance of roots, and also has connection to the increase of basal diameter. Accordingly for the reduction in the area of the zone of sinking pressure influence, it is the premise that the resistance of trees is not stagnated or decreased. As the second and third methods of reducing the snow damages to trees, it may be important to improve the method of growing trees such as the fertilization and soil improvement, which promote the development of root system, and to improve the trees such as the breeding, which have the large resistance of roots to snow pressure.

References

- Imai, E., Tsukahara, H., Ohtani, H. and Endoh, F., 1980: The estimation of flowing snow pressure through the basal bending of Cryptomeria trees and the resistance of root system to snow pressure(II). Jour. Jap. For. Soci., Tohoku Branch 32, 171-173. (in Japanese)
- Haefeli, R. et al., 1939: Der Schnee und seine Metamorphose. Beitr. z. Geolog. d. Schweiz, Geotechn. Ser., Hydrologie, Lief. 3 ; Bern
- Nakamata, S. & Sutoh, I., 1970: The sinking snow pressure on the horizontal beam in various shape of the zone of influence. Prerep. of Jour. Jap. Soci. of Snow and Ice. (in Japanese)
- Tsukahara, H., Ohtani, H. and Sutoh, S., 1980: Effect of snow treading on the reduction of degrees of the flowing snowfalls along the gentle and steep slopes. Symp. Rep. of Natural Disaster Science in Jap. 17, 727-730. (in Japanese)

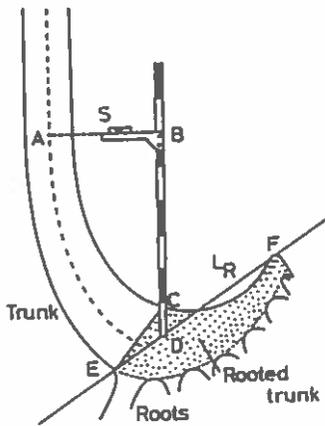


Fig.1 The basal bending of trunk which was divided into two items of measurement.

\overline{AB} : S (cm)
 \overline{CF} : L_R (cm)

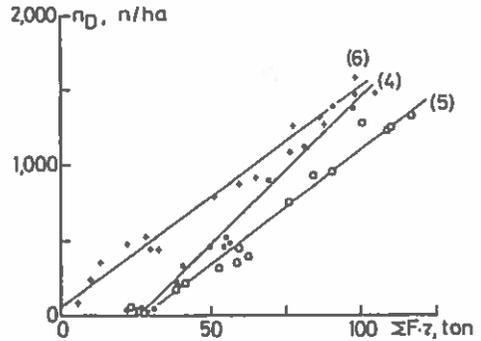


Fig.2 The regression equations determined for respective stands, picked up the closest relations, between the number of lost trees due to fatal snow damages, converted to that per unit area, and the eight factors of the cumulative snow pressure.

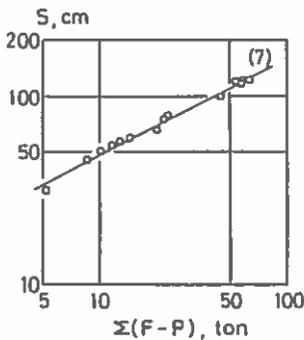


Fig.3 The exponential regression between the width of leaning trunks and the cumulative sinking pressure difference from the resistance of roots.

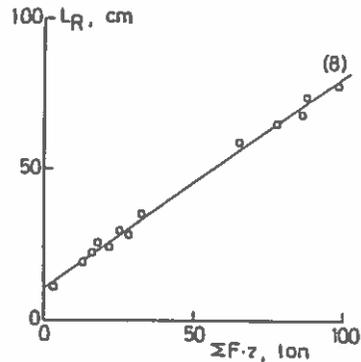


Fig.4 The linear regression between the length of the rooted trunks and the cumulative sinking pressure taking the number of days of continuous snow cover into account.

Zusammenfassung

Im Nord-Osten Japans, in den Bergen gegen das japanische Meer, fällt im Winter viel Schnee und es kommen Schneeschäden an Waldbäumen, den Steillagen entsprechend, oft vor. Um zur Klärung der Frage der Schneeschäden, die durch den Druck von sich langsam bewegendenden Schneedecken verursacht werden, beizutragen, werden in diesem Bericht Beziehungen zwischen Schäden und Schneedrucke analysiert, ausgenommen Forstschäden die durch Lawinen hervorgerufen werden.

THE PROCESS OF BEND FORMING AND REERECTING OF THE LOWER PART IN THE STEP DUE TO THE SNOW PRESSURE AND THE TREE WEIGHT INCREASE IN TATEYAMA SUGI(*CRYPTOMERIA JAPONICA* D. DON) PLANTATIONS

HIDEAKI TAIRA

TOYAMA PREFECTURAL FOREST EXPERIMENT STATION JAPAN

Summary

There are many methods for examining the bending process in the lower part of the stem of young *Cryptomeria* due to the snow pressure and the subsequent reerecting process. The new measuring method, however, was adopted in this research. First measurements were carried out before the snow fall, and after snow melted, the measurements were made about every ten days till the beginning of November. For the 2-year-old stand, it becomes evident that the cause of the bend in the lower part of the stem is the weight increase due to the tree-mass growing as well as the snow pressure. The bend in the lower part of the stem due to the snow pressure results from leaning of the lowest part of the stem including the stump and downward the bend of the upper part of the stem. On the basis of this result, it was evident that the bend in the lower part of the stem is formed in the process of the stem raising with spring growth.

I. Introduction

Cryptomeria, which is planted all over Japan, is one of the most important trees for plantation. In most of areas along Japan Sea where have much snow, however, the bend in the lower part of the stem is found. It is therefore considered that the bend in the lower part of the stem is caused by the snow pressure(3). If the lower part of the stem is bent, the bending part of the stem dose not recover perfectly in spite of the growth of the tree. Therefore it means that the coefficient of utilization and the market value of the timbers become very low(1).

This problem is important for forest owners, and many reports on it have been made, concerning to the observation of the bend forming in the lower part of the stem and reerecting(2)(4). Most methods which were used in those reports are to measure horizontal distance between the stem at breast height and the pole which stands at the uphill

and reerecting of the stem, as those methods above mentioned actually have more errors on measurement. Therefore the new exact measuring method is adopted in this research.

II. Out-line of experimental plots in this work

The experimental plots are located in a private forest near Toyama Prefectural Forest Experiment Station at Yoshimine, Tateyama-cho, Toyama Prefecture. Tateyama-Sugi (*Cryptomeria*) seedlings were planted in 1974, 1976 and 1978. This area was covered with snow first on January 6th 1980 and snow had melted on March 31st in 1980. In the beginning of 1980, we had a little snow several times, and after that we had heavy snow which had covered all over the experimental trees. The plants had been covered with snow for 84 days. The maximum snow depth of that year was 156 cm and was deeper than average snow depth.

Table 1 Details about testing stands of Tateyama-Sugi seedlings

Age	Number	Mean height (cm)	Direction	Slope	Density (per ha)
2-year-old	21	83	N	18°	2500
4-year-old	6	246	WNW	15°	2500
6-year-old	6	320	ESE	30°	2500

III. Experimental method

The method of measuring the bend in the lower part of the stem is showed in Fig. 1. The stem of twenty-one individuals in the 2-year-old Tateyama-Sugi seedlings were marked at points of 0, 5, 10, 20, 30, 40 and 50 above the ground surface respectively. The twelve of Tateyama-Sugi seedlings in the 4-and 6-year-old stands were also marked at points of 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120 and 140 cm above the ground surface respectively. Horizontal distances were measured between the center of the stem and the vertical axis which was made of the string with the weight originated at the point where the uphill edge of the stem meets the slope-surface. The actual length of the bend at each position was showed by the measured length of the bend from which the length of the lowest position was subtracted. In the following spring the horizontal distances which were made by the snow pressure were again measured by the same method. In order to observe the reerecting process, subsequent measurements were made about every ten days with the same method until early November when most Tateyama-Sugi ceased growing. To examine the weight increase of the measured trees, in 2-year-old stand, after recording of DBH, height and height increment in this year, the amount of stem, branch leaf and current leaf of each tree were separately weighed according to the

showed the same bending and reerecting processes were cut down by the method in early November. Small samples of respective tree components were taken for determination of oven dry weight.

The small samples were oven dried at 105°C in the laboratory. The conversion factors from fresh weight to dry weight were determined, and fresh weight was converted into dry weight.

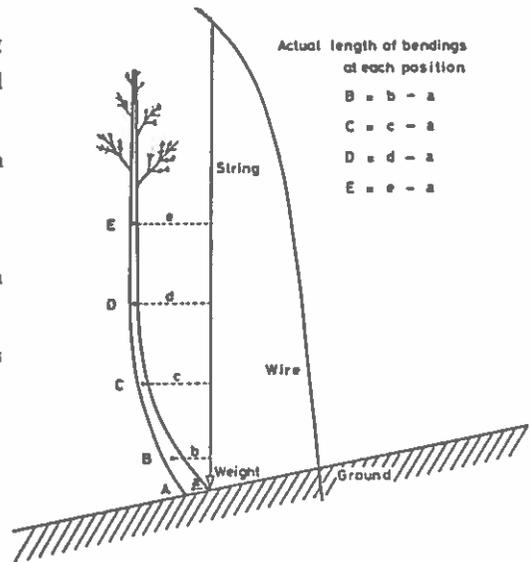


Fig. 1 Measuring method of the bends

IV. Results and discussion

1. The forming of bending in the lower part of the stem

The forming of bending in 2-year-old stand was divided into two patterns. One showed that the bend in the lower part of the stem was made by its weight increase with growth (Fig. 2). The other was caused by leaning of the stem which were pressed down by the snow pressure in winter (Fig. 3). In the case of the bend due to its weight increase with growth, the stem leaned by the snow pressure almost recovered the former position where they had been in the previous autumn, by mid-June. After that, the bend was increased according to the tree-mass growing until mid-August, the stem maintained constant horizontal distances even if the weight of stem, branch and leaf increased. At the 50 cm height above the ground, it was observed that 40% of individuals reincreased the bend by more than 2 cm. The maximum value of bend which increased in summer season reached to 7 cm. As the result of measurements, this 2-year-old stand showed the usual condition of growth in height and root side diameter. The environment of this stand does not differ from that of other stands in Toyama Prefecture. Therefore, the bend in the lower part of the stem which was made by its weight increase with growth, will be observed in the Tateyama-Sugi seedlings plantations.

The bend formed by leaning of the stem due to the snow pressure consists of slight leaning of the stem about 5 cm from the ground, and the bend in the upper part of the stem, about more than 5 cm from the ground.

In the 2nd 3-year-old stands, there were no observation of the bend caused by its

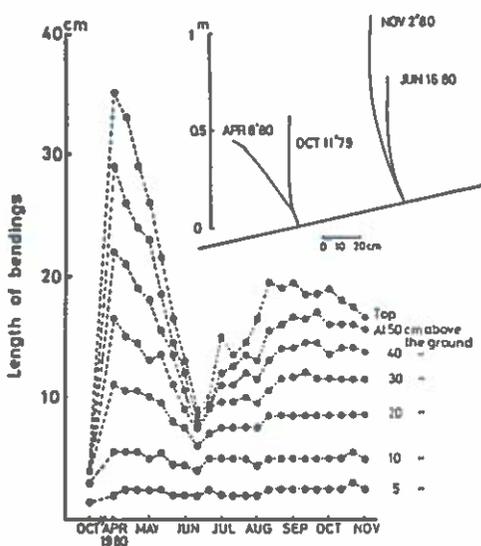


Fig. 2 The process of bend forming by its weight increase with growth (2-year-old stand)

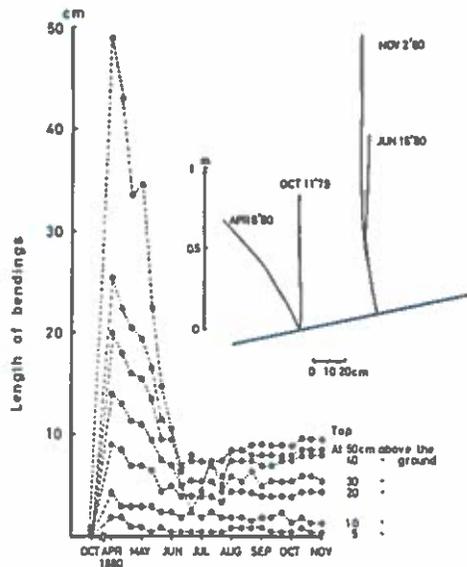
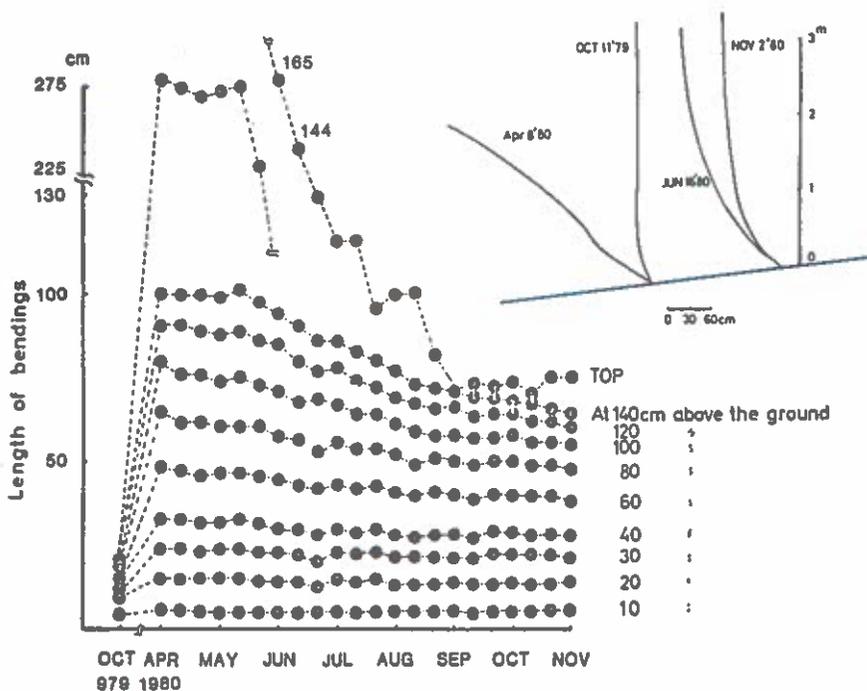


Fig. 3 The process of bend forming due to the snow pressure (2-year-old stand)



lower part of the stem including the stump under the ground and the bend of the upper part of the stem. The stem including the stump were leaned up to the point of 20 to 30 cm and the upper part of them were bent downward due to the snow pressure (Fig. 5). Some of the trees in 6-year-old stand were not bent in the lower part of the stem even due to the snow pressure, therefore the bend was not formed in the next spring.

2. The recovery of the bend

In 2-year-old stand, the stem begin to erect themselves just after snow disappearing. It was specially accelerated from mid-May to mid-June when Tateyama-Sugi begin to grow. Recovering from the bend of the stem almost finished in mid-June. After that, some of them increased horizontal distances with the growth of the stem, branch and leaf. The others maintained constant horizontal distances.

On the other hand, in the plants which showed the constant horizontal distances, two types were recognized. One of them showed almost perfect recovery, i. e. re-erected almost up to the position where they had been in the last autumn (Fig. 6). The other one, showed low degree of recovering, i. e. kept the large bend (Fig. 3). It was revealed that the higher the position of stem was, the larger the degree of reerection was. The upper part of the stem which were bent by snow pressure recovered by mid-June and became straight. The recovery was scarcely observed at about 5 cm height of stem which was leant by the snow pressure including the stump.

In 4-and 6-year-old stands, no reerecting

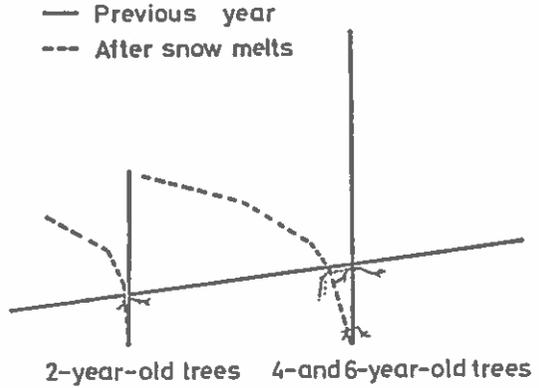


Fig. 5 Difference in the stem form between 2-year-old trees and 4-and 6-year old trees just after snow melts

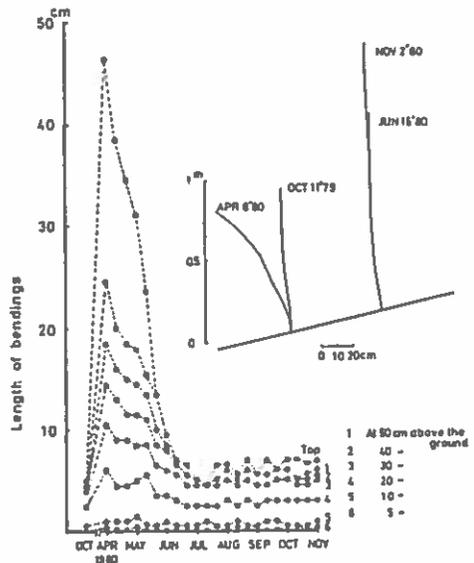


Fig. 6 A tree showing almost perfect

accelerated rapidly (Fig. 4). The value of the reerection became large, as the point of measuremnts of the stem go up towards the top. In the points of the stem, the reerection was continued untill early November when most Tateyama-Sugi have ceased their growing. As the position of measurement of the stem became lower, the reerection value for the points of the stem was smaller and ceased earlier. The part of the stem under 10cm which was leant including the stump, by snow pressure, no reerection was osverved.

V. The weight increase due to the tree-mass growing

Reincrease of the bend in the lower part of the stem was observed in the 2-year-old stand after mid-June, as the trees were growing. It is considered to be caused by the increase of the weight of stem, branch and leaf. Increase of the weight per year for 4- and 6-year-old stands showed about the same or less than total weight of trees in the previous year. However, for 2-year-old stand, the weight increase showed about four times, as big as that of the previous year.

Table 2 Dry weight of stem, leaf, branch, and their increments
(the mean value of trees in each stand gram unit)

Age	Stem dry weight			Branch dry weight			Leaf dry weight			Total		
	Previous year	ΔW_S	This year	Previous year	ΔW_B	This year	Previous year	W_{NL}	This year	Previous year	ΔW	This year
2-year-old	16	145	162	22	24	46	47	201	248	85	371	457
4-year-old	653	914	1567	252	185	437	815	645	1460	1721	1744	3465
6-year-old	1622	1442	3064	419	345	764	1420	882	2302	3461	2670.4	6132

Fig. 7 shows vertical distribution of the dry weight of stem, branch and leaf, and it is shown that how the rate of weight increase for the 2-year-old stand has been larger than those for the 6-year-old stand. Talking about the increase of weight, their is no clear distinction between trees which have showed bending increase and the ones which haven't. Therefore the trees which showed rebending are not always large in growth.

The Tateyama-Sugi whose reerection had finished in mid-June, began to increase its horizontal distance again. It is considered that their weight increase originated from unbalanced tree-mass growing in the point of the center of gravity on trees, caused the increase of bending-moment at the lower part of the stem, and the stem didn't have enough strength to endure the weight increase.

Against the strength to bent its stem which occur with tree-mass growing, how much resistance does the stem have? Modulus of elasticity bending is in proportion to the square of cross-sectional area, on the assumption that the strength of each wood is equal. Therefore, the number that all weight which fall on the cross-sectional area was divided

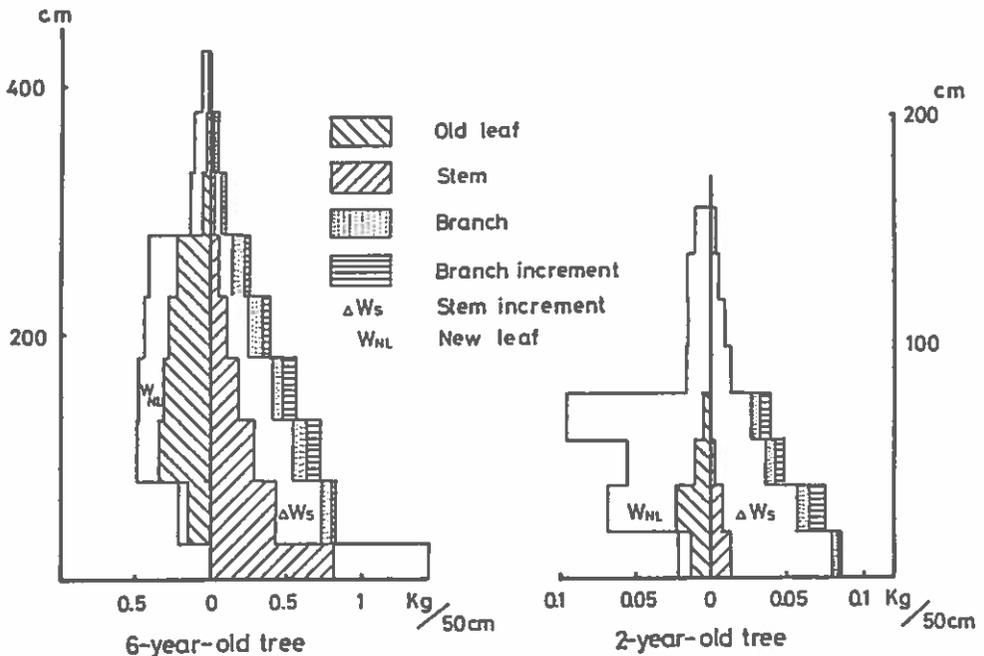


Fig. 7 Vertical distribution of dry weight of stem, branch, leaf and their increments

As the coefficient of correlation (R) is 0.73, a strong correlation exists between this index at the stem from 20 cm above the ground where the stem was bent again and the length of reincreased bend at 50 cm above the ground for 2-year-old stand (Fig. 8).

For 4-and 6-year-old stand, the index at the breast height are about 7.5 and 5.4 respectively, and they were smaller than those of 2-year-old trees that the bend in the lower part of the stem are not reincreased.

Those results indicate that the trees which reincreased their bends in the lower part of the stem are not only the ones of rapid growth, but the ones that have more tree-mass growing and smaller cross-sectional area compared with average trees. The re-

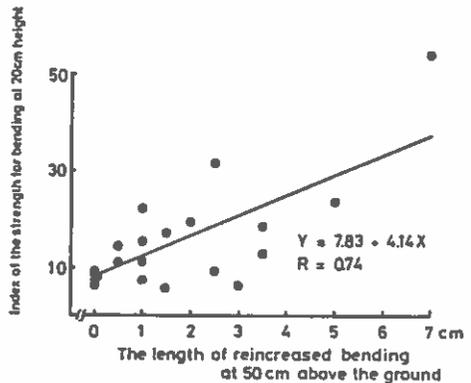


Fig. 8 The relation between the index of the strength for bend at 20 cm above the ground and the length of reincreased bend at 50 cm above the ground (2-year-old stand)

VI. Conclusions

1. In 2-year-old stand, forming of the bend in the lower part of the stem is caused by the increase of tree-mass growing as well as the snow pressure. There are lots of reports about the bend in the lower part of the stem in the areas where there is no snowfall. The weight increase appears to play an important role in forming the bend in the lower part of the stem in those areas.

2. In 2-year-old stand, the trees which increase their own bend in the lower part of the stem due to their tree-mass growing are the ones which have less increase in cross-sectional area compared with their own weight increase.

3. The bend in the lower part of the stem due to the snow pressure results from its leaning lowest part of the stem including the stump under the ground and downward the bend in the upper part of the stem. The bend in the lower part of the stem, as it so called, is not formed under this condition.

4. The bend in lower part of the stem is caused by uncomplete recovery of leaning part of the stem and the upper part of the stem. Reerecting in the upper part of the stem shows the rapid recovery, but leaned part of the stem including the stump under the ground shows almost no recovery, therefore it is to play an important role in forming of the bend in the lower part of the stem.

Literature Cited

- (1) Kataoka, K. and Sato, S., 1964: On the bend of lower part of the afforested *Cryptomeria* by snow (2). Seppyo vol. 26, pp. 1-7.
- (2) Sato, K. 1974: Studies on the bent forming in lower part of the stem by snow. Bulletin Yamagata Prefectural Forest Experiment Station, no. 4, pp. 67-78.
- (3) Shidei, T. 1954: Studies on the damages on forest tree by snow pressures. Bulletin Government Forest Experiment Station. no. 73.
- (4) Tsukahara, H. O, 1975: The bending of root sides of the forest trees by *Cryptomeria* seedlings on the steep stand in a heavy snow region. Jurnal Yamagata Agricultuer Forest Society, no. 32, pp. 21-30.

Zusammenfassung

Es gibt viele Methoden um den dem Schneedruck entsprechenden Biegevorgang im unteren Teil der Stämme von jungen Cryptomerien und den nachfolgenden Wiederaufrichtungsprozess zu prüfen. Im vorliegenden Fall wurde jedoch eine neue Meßmethode angewandt. Erste Messungen wurden vor dem Schneefall und nach der Schneeschmelze wurden die Messungen alle zehn Tage bis zum Beginn des November ausgeführt. Für den zweijährigen Bestand zeigte es sich, daß die Ursache der Biegung im unteren Stammteil sowohl in der Gewichtszunahme der wachsenden Baummasse als auch im Schneedruck liegt. Die Biegung im unteren Teil des Stammes durch den Schneedruck ergibt sich durch die Neigung des untersten Stammteiles einschließlich Baumstrunk und dem oberen Stammteil talwärts der Biegung. Basierend auf diesen Sachverhalt wurde klar, daß die Biegung im unteren Stammteil beim Vorgang der Wiederaufrichtung während des Frühjahrswachstums geformt wird.

T E I L / P A R T / P A R T I E III

IUFRO/ÖGG - Regionale Lawinentagung

22. April 1983 in Salzburg, Österreich

A K T U E L L E P R O B L E M E
D E R L A W I N E N F O R S C H U N G I N
F R A N K R E I C H , J A P A N U N D Ö S T E R R E I C H

(Kurzbericht von Tagungen und Studienreisen)

Gottfried Kronfellner-Kraus
Institut für Wildbach- und Lawinenverbauung
Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

ABSTRACT

The activities of the IUFRO's Subject Group S1.04-00 within the last two years are summarized in this paper in order to inform the members of the Circle of "Ice, Snow and Avalanches" of the Austrian Society for Geomechanics (the National Group ÖGG of the International Society for Rock Mechanics ISRM) about actual problems on avalanche research which were handled at IUFRO-meetings and study tours in France, Austria and Japan in 1981 and in Italy in 1982. The papers presented at these meetings are published largely complete so that some referencies and some additional information will be sufficient.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wird über Aktivitäten der IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 berichtet, sofern sie für den ÖGG-Arbeitskreis:ESL von Interesse sind. Es handelt sich vor allem um Tagungen und Studienreisen in Frankreich, Österreich und Japan (1981), sowie Italien (1982), die auch Lawinenprobleme zum Gegenstand hatten. Die Tagungsberichte sind größtenteils publiziert, sodaß Hinweise genügen. Das Augenmerk liegt hier auf zusätzlichen Informationen.

GEMEINSAME FAO/IUFRO-TAGUNG IN GRENOBLE, FRANKREICH, JUNI 1981

Zwei Themen wurden koordiniert behandelt: a) beim FAO-Symposium: "Wildbachverbauung in Zusammenhang mit industriellen und touristischen Aktivitäten" und b) beim IUFRO-Kolloquium: "Forschung in kleinen Einzugsgebieten" (quantitative Erfassung der Wildbach- und Lawinenphänomene). Lawinenreferenten waren Aulitzky (A), Rychetnik, Föhn (CH) und Brugnot (F). Die Tagung fand im "Nationalen Zentrum für mechanisierte Landwirtschaft und für land-, wasser- und forstwirtschaftliches Ingenieurwesen" (C.E.M.A.G.R.E.F.) in St. Martin d'Heres statt. Die "Abteilung für Nivologie" dieses Zentrums ist auch am Studienprogramm am Col de Porte beteiligt. Von der anschließenden Studienreise sind folgende Exkursionspunkte hervorzuheben:

- + Wildbacherosion in Zusammenhang mit der touristischen Erschließung im Wildbach Ravoire bei Bourg-St.Maurice, Tarantaise, Savoien;
- + Lawinenverbauungen bei Celliers, Tarantaise, Savoien;
- + Lawinenschäden in Valiorette-Bach bei Valloire, Savoien;
- + Die Muren-Verbauung von Pontamafrey, Maurienne, Savoien;
- + Hochlagenaufforstungen von Guisane, Gem. la Grave und
- + Lawinenversuchs- und Meßgelände am Col du Lauteret, Hautes Alpes (Geschwindigkeits- und Kräftermessungen an künstlich ausgelösten Lawinen).

STUDIENREISE IM JUNI 1981 IN ÖSTERREICH

Im Anschluß an die FAO/IUFRO-Tagung in Grenoble fand zum selben Tagungsthema (Forschung in kleinen Einzugsgebieten) eine ergänzende Studienreise in Österreich statt. Diese und auch Veranstaltungen des Ö. Kuratoriums für Alpine Sicherheit boten Gelegenheit auch Versuchs- und Forschungsaufgaben in unserem eigenen Lande zu diskutieren. Es handelt sich vor allem um folgende Instituts-Programme:

- + Auf- und Abbau der Schneedecke (sowie Lawinen) in Muster-einzugsgebieten, wobei auch neue Meßgeräte getestet werden;
- + Lawinengeschwindigkeits- und Kräftermessungen in Lawinenzügen;
- + Katastrophenuntersuchungen und Lawinenstatistik;
- + Gemeinsame Wildbach- und Lawinenbibliographie;
- + subalpine Waldforschung (in der Außenstelle Innsbruck).

IUFRO-WELT-KONGRESS UND STUDIENREISEN IN JAPAN
IM SEPTEMBER 1981

Beim XVII. IUFRO-Welt-Kongreß fungierte die Fachgruppe S1.04-00 als Kongreß-Gruppe, wobei das Thema "Forschung in kleinen Einzugsgebieten" (einschließlich Schnee- und Lawinen) diesmal in Fernost, weiter behandelt wurde. Die Referate über Lawinenforschungen in Europa, USA und Fernost (von In der Gand CH, Martinelli/Schmidt/Tabler USA, Nitta-Wakabayasi J), sowie über Schneeschäden und Wald/Lawinen-Probleme (von Saeki/Nitta/Watanabe/Ozeki/Niwano J, Tsukahara/Othani J, Matsuda J, Taira J und Kitamura J) vermitteln einen interessanten Überblick. Die Schnee- und Lawinenverhältnisse Japans konnten bei zusätzlichen Bereisungen zu folgenden Stationen noch eingehender studiert werden.

- + Hauptprobleme Japans sind Erdbeben, Taifune, Rutschungen, Muren und Wildbäche. Dies kommt auch in den Aufwendungen für Maßnahmen zur Katastrophenvorbeugung, Verbauung und Forschung (Geschiebe- und Murenforschung in japanischen Alpen) klar zum Ausdruck. Im Norden und Nordwesten des Inselbogens treten Schnee- und Lawinenprobleme zusätzlich auf.
- + In der Wissenschaftsstadt Tsukuba, 50 km nordwestlich von Tokyo, ist ein Hauptanteil aller Versuchs- und Forschungsanstalten konzentriert. Die Forstliche Forschungsanstalt hat ein Inst. f. Wohlfahrtswirkungen des Waldes das sich mit Katastrophenvorbeugung und -schutzwald und forstl. Meteorologie befaßt. Zweigstellen in Hokkaido und Tohoku befassen sich in diesem Zusammenhang auch mit Schnee- und Lawinenproblemen. Auch die Schnee- und Lawinenforschung ist hier im "Nationalen Forschungszentrum für Katastrophenvorbeugung" (NRCDF) in einer neuen Anstalt konzentriert, und gleichzeitig an zwei Orten (Nagaoka/Niigata-Provinz und Shinjo/Yamagata-Provinz) auch disloziert.
- + Das Institut für Schnee- und Eis-Studium in Nagaoka/Niigata befaßt sich vor allem: mit der Verhütung aller möglichen Schneeschäden; mit der Schneedecke; mit Schneeräumung und der Beschleunigung der Schneeschmelze mit Hilfe natürlich vorkommender Energien; sowie mit der Lawinen-Daten-Sammlung.
- + Die Außenstelle in Shinjo/Yamagata hat ebenfalls die Vorbeugung von Schneekatastrophen; Untersuchungen über die Schneedecke im Tohoku-Distrikt; Beobachtungen von Schneelasten, sowie Räumungstechniken; sowie Datensammlung betreffend Lawinen in ihren Programmen.

FAO/IUFRO-KOLLOQUIUM IN PALERMO, ITALIEN
IM SEPTEMBER 1982

Abschließend sei die FAO-Tagung in Palermo, Italien, erwähnt, bei der Graf (CH) über Lawinen referierte. Das IUFRO-Kolloquium war Zusammenhängen zwischen Beben und Wildbachphänomenen gewidmet, wobei auch die verschiedenen mikroseismischen Erkundungs- und Meßmöglichkeiten zur Sprache kamen. Die Zusammenarbeit zwischen den in der FAO/EFC/MW-Arbeitsgruppe vertretenen mehr praktisch orientierten Verbauungsdiensten und den mehr auf theoretischen Gebiet arbeitenden Institutionen der IUFRO-Fachgruppe hat sich als sehr nützlich erwiesen, weil so die Informationsbasis erheblich erweitert werden konnte. Es ist zu hoffen, daß auch im eigenen Lande die Kooperation der verschiedenen mit Lawinenforschung befaßten Stellen noch vertieft und fruchtbarer gestaltet werden kann.

LITERATUR:

Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung 1, 2, 3, 4, (5), Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, Hefte 115/1976, 125/1978, 138/1980 und 144/1982 (sowie fünfter gegenständlicher Band).

XVII. IUFRO-Weltkongreß, Referate-Band der Division 1, Kongreß-Gruppe 1.4; Japan 1981.

ABKÜRZUNGEN:

IUFRO-S1.04-00: Internationaler Verband Forstlicher Forschungsanstalten; Fachgruppe für Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwasser, Muren, Schneeschäden und Lawinen.

FAO/EFC/MW-Arbeitsgruppe: Arbeitsgruppe für die Bewirtschaftungsregelung von Gebirgseinzugsgebieten (Watershed management, MW) in der Europäischen Forstkommission (EFC) der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation (Food and Agriculture Organization, FAO) der UNO.

ÖGG-AK:ESL: Österreichische Gesellschaft für Geomechanik. Arbeitskreis für Eis, Schnee und Lawinen.

SCHNEE - UND LAWINENFORSCHUNG AM INSTI -
TUT FÜR BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND
GRUNDBAU DER UNIVERSITÄT INNSBRUCK:
1) UNTERSUCHUNGEN AN GLEITSCHNEELAWINEN;
2) BODEN- UND FELSMCHANISCHE PROBLEME
BEI LAWINENSCHUTZBAUTEN *

Bernhard Lackinger, Innsbruck

SUMMARY

Since 1981 the author has been engaged in two research projects at the Institute of Soil Mechanics, Rock Mechanics and Ground Engineering of the University of Innsbruck:

1) Investigations of gliding snow avalanches:

Gliding snow avalanches occur either immediately after a fracture of the snow pack or, more often, somewhat later. Fractures are a visible sign of strong gliding of snow on the ground surface. Observations in an avalanche area and measurements of meteorological and nivological data and of gliding distances and velocities are carried out in order to investigate the releasing mechanism and the important parameters which are hardly known. In particular, the microseismic activity of the snow pack is recorded. As could be shown by preliminary tests in 1981 the rising danger of an avalanche release could thus be detected several hours prior to the fracture. On Seegrube above Innsbruck, where numerous gliding snow avalanches occur, a measuring station with electric connection and measuring lines into an experimental site were installed in 1982. Results of the winters 1981/82 and 1982/83 are reported and an outlook on future research work is given.

2) Soil mechanical and rock mechanical problems with avalanche defence structures:

Frequently soil mechanical and rock mechanical problems arise from difficult topographic and unfavourable subsoil conditions. They have to be treated in an interdisciplinary manner, i.e. with respect to snow and

avalanche mechanics. The problems should be specified and the hitherto existing solutions should be discussed with experts in order to define future research work.

Such problems are, for example, the construction of avalanche defence dams or the foundation of snow supporting structures. For the former the difficulties with subsoil (strength, compressibility, bearing capacity and gliding stability), with the construction material and dam technology (soil mechanical properties, soil excavation, placing and compaction) and others are described. In snow supporting structures (snow bridges) tensile forces occur at the girder foundation as a result of snow pressure. They can be diverted into the subsoil by soil loading, piles or anchors. In the present investigation emphasis is laid on anchors, especially on the blasting anchor type ELISKASES. Design and placing of this anchor and the experience gained are described. The tensile tests carried out in Switzerland and Austria in order to determine the bearing capacity and the bearing behaviour are reported. In this connection the range of the variable tensile forces with unfavourable angles of action has to be taken into account. Plans for further research work in this field are also described.

ZUSAMMENFASSUNG

Seit 1981 werden vom Verfasser zwei Forschungsprojekte betrieben:

1) Gleitschneelawinen entstehen mehr oder weniger lange nach dem Aufreißen der Schneedecke, welches ein sichtbares Zeichen für starkes Gleiten des Schnees auf der Bodenoberfläche ist. Um den bisher kaum bekannten Bruchmechanismus und die maßgebenden Parameter zu erforschen, werden Beobachtungen in einem Lawinengebiet und Messungen von meteorologischen und nivologischen Größen sowie von Gleitwegen und -geschwindigkeiten durchgeführt. Besonders aber wird die mikroseismische Aktivität der Schneedecke registriert. Wie Vorversuche 1981 gezeigt hatten, kann daraus bereits einige Stunden vor dem Lawinenabbruch das Ansteigen der Gefahr abgelesen werden. Auf der Seegrube über Innsbruck, wo zahlreiche Gleitschneelawinen vorkommen, wurden 1982 eine feste Meßstation mit elektrischem Anschluß und Leitungen in ein Meßfeld installiert. Über Ergebnisse der Winter 1981/82 und 1982/83 wird berichtet, und ein Ausblick auf die geplante Weiterführung der Arbeiten wird gegeben.

2) Durch schwierige topografische Bedingungen und ungünstige Untergrundverhältnisse entstehen bei Lawinenschutzbauten oft bodenmechanische und felsmechanische Probleme, die interdisziplinär - d.h. unter Einbeziehung der Schnee- und Lawinenmechanik - bearbeitet werden müssen. Durch Verbindungsaufnahme mit Praktikern sollen die Probleme erfaßt und die bisherigen Lösungen wertend verglichen werden, sodaß die Aufgaben, die einer weiteren Erforschung bedürfen, erkannt werden können. Solche sind z.B. die Errichtung von Lawinenschutzdämmen und die Fundierung von Stützverbauungen. Für erstere werden anhand von Beispielen die Schwierigkeiten mit dem Untergrund (Festigkeit, Zusammendrückbarkeit, Grundbruch- und Gleitsicherheit) mit Schüttmaterial und Dammbautechnologie (bodenme-

chanische Eigenschaften, Bodenentnahme, Einbau und Verdichtung) u.a. beschrieben. Bei Stützverbauungen mit Schneebrücken treten infolge des Schneedruckes in der Trägerfundierung Zug- bzw. Abhebekräfte auf, die durch Bodenauflast, Pfähle oder Anker in den Untergrund eingeleitet werden können. Besonderes Gewicht wird im vorliegenden Bericht auf Anker und hier vor allem auf den Sprenganker Typ ELISKASES gelegt. Sein Prinzip und der Einbau werden beschrieben, über die bisherigen Erfahrungen und die Zugversuche zur Klärung von Tragfähigkeit und Tragverhalten in der Schweiz und in Österreich wird berichtet. Dabei sind die angreifenden wechselnden Zugkräfte mit ungünstigen Angriffswinkeln, deren Bereiche abgeschätzt werden, zu beachten. Das weiter vorgesehene Untersuchungsprogramm wird erläutert.

EINLEITUNG

Nach einem Symposium an der Universität Innsbruck "Aktuelle Probleme der Lawinenforschung" (1979), sowie aufgrund der Sitzungen des Arbeitskreises Schnee - Eis - Lawinen der Österreichischen Gesellschaft für Geomechanik und der langjährigen Beschäftigung mit Schnee und Lawinen in der Lehre hat der Verfasser 1980 in Abstimmung mit dem Institutsvorstand o. Univ.Prof. Dipl.Ing. Dr. W. Schober begonnen, eine Schnee- und Lawinenforschung in Gang zu bringen. Dabei war die Zielvorstellung, entsprechend der Einbindung in die Fakultät für Bauingenieurswesen, eine praxisorientierte, d.h. mit akuten Fragen von Lawinenvorbeugung, -prognose und -schutz eng zusammenhängende, wissenschaftliche Richtung einzuschlagen. Ziel ist der Aufbau einer, dem Institut eingegliederten Abteilung für Schnee- und Lawinenmechanik.

PROJEKT 1: UNTERSUCHUNGEN AN GLEITSCHNEELAWINEN

1.1 Allgemeines

Dieses Projekt wurde auf Anregung und mit Unterstützung von Hofrat Dr. O. Schimpp, Lawinenwarndienst Tirol, im Frühjahr 1981 in Angriff genommen. Das Thema hat einerseits besondere Aktualität, andererseits gibt es bisher noch kaum Lösungsansätze dazu.

1.2 Problem

Aufgrund verschiedener, z.T. noch unbekannter Faktoren (z.B. der geringeren Almbeweidung) zeigt sich in Tirol in den letzten Jahren verstärktes Gleiten der Schneedecke auf der Geländeoberfläche. Der normal nicht

die häufig auch auf der Nordkette über Innsbruck zu finden sind. Sie sehen nicht nur bedrohlich aus, sondern bewirken an vielen Stellen eine akute Gefährdung von Skipisten und Schifahrern oder Bauwerken. Mehr oder weniger lange nach dem Auftreten eines Risses kann eine Lawine, eine sog. Gleitschneelawine entstehen, d.h. es findet ein Übergang von der sehr langsamen Gleitbewegung in die sehr schnelle Lawinenbewegung statt. Abb. 1 zeigt die beschriebenen Vorgänge in einem Hang, in dem Gleitschneerisse und eine Gleitschneelawine, die eine (gesperrte) Piste gefährdet hat, aufgetreten sind. Abb. 2 gibt die Situation im Bereich der Seegrube wider und zeigt einige markante Rißzonen.

Die größte Schwierigkeit bei den Gleitschneelawinen ist ihre Unvorhersehbarkeit: Aufgrund des dzt. Wissensstandes ist eine Prognose mit den konservativ beobachteten meteorologischen und nivologischen Daten (z.B. Temperatur, Strahlung, Schneetemperatur- und Schichtprofil usw.) nicht möglich. Da auch aktive Maßnahmen (wie Sprengungen) bisher versagt haben, ist die Folge von Gleitschneerissen entweder eine ständig drohende Gefahr oder die langdauernde Sperre. Durch Beobachtungen und Messungen wird nun versucht, die maßgebenden Parameter, Bruchmechanismen und Indikatoren zu erforschen, optimistisch gesehen, ein Verfahren zur direkten Erkennung der Abgangsgefahr zu entwickeln.

1.3 Vorversuche 1981

1.31 Meßzone und Meßfeld

Weil die akuten Probleme in unmittelbarer Nähe auf der Seegrube anstehen, wurde dort eine Meßzone ausgewählt (siehe Abb. 2), welche mit der Nordkettenseilbahn von der Stadt Innsbruck aus in einer halben Stunde erreichbar ist. Zudem existiert hier eine langjährige Beobachtungsstelle des Lawinenwarndienstes Nordkette. Nachteilig für die Beobachtungen ist allerdings die Übervölkerung in dem beliebten Schigebiet.

Als engeres Meßfeld wurde im sog. "Schneggengufel" ein Grashang auf 1900 m Seehöhe mit Süd- bis Südwestexposition und 30 - 35° Neigung in ca. 400 m Entfernung von der Seilbahnstation ausgewählt, der außerhalb der Pisten liegt und in dem fast jedes Jahr Gleitschneerisse und Gleitschneelawinen auftreten (Abb. 3).

1.32 Meßprinzip und Meßanlage

Im Zuge der Vorversuche wurde eine Anlage für mikroseismische Messungen erprobt. Ihr Prinzip beruht darauf, daß im Schnee, wie bei vielen anderen Stoffen, z.B. Holz oder Fels, bei mechanischer Beanspruchung Geräusche, Knistern oder Mikrorucke auftreten, die sich bei Annäherung an den Bruch intensivieren. Diese Erscheinungen im Schnee wurden von ST. LAWRENCE und Mitarbeitern (ST. LAWRENCE 1980, ST. LAWRENCE und BRADLEY 1977, ST. LAWRENCE und WILLIAMS 1976, BOWLES und ST. LAWRENCE 1977) und von SOMMERFELD (1977, 1980a, 1980b) in den USA und von GUBLER (1977, 1979, 1980, 1981) in der Schweiz untersucht. In stabilen Perioden treten in der geneigten Schneedecke nur einzelne Mikrorucke bzw. Signale auf, mit abnehmender Stabilität wird eine Vermehrung der Signale schon einige Zeit vor dem eigentlichen Bruch beobachtet. Die Zielvorstellung für die Lawinenwarnung liegt auf der Hand: Durch diesen direkten Indikator können bei Überschreiten einer bestimmten Signalanzahl oder -größe eine unmittelbare Gefahr frühzeitig erkannt und entsprechende Maßnahmen gezielt

Die sehr schwachen Signale müssen mit hochempfindlichen Aufnehmern bei großer Verstärkung und durch geeignete Registrierung sichtbar gemacht werden. Die auf der Seegrube verwendete Meßkette wurde aus handelsüblichen Geräten aufgebaut, die an der Fakultät vorhanden waren: Der piezoelektrische Beschleunigungsaufnehmer, eingebettet in einen Schaumstoffzylinder, wurde in die Schneedecke nahe einem RiB eingebaut. Er war über die 70 m lange Meßleitung mit dem Ladungsverstärker (bis 80 dB Verstärkung) verbunden, dessen Ausgangssignal in einem Flachsreiber weiter verstärkt und analog registriert wurde. Die Stromversorgung erfolgte 1981 mit einem Benzingerator, die Geräte waren in einer Kiste provisorisch untergebracht. Die Messungen begannen Anfang April 1981 und endeten am 15. April, weil an diesem Tag die Meßleitung durch eine kleine Lawine abgerissen wurde.

1.33 Ergebnisse

Abgesehen vom zufriedenstellend verlaufenen Test der Geräte konnte die besagte Lawine auch aus den aufgezeichneten Signalen erkannt werden. Abb. 4 zeigt diese für den 15. April 1981: Die Intensivierung der Signale, sowohl Größe als auch Anzahl, beginnend ca. 3 Stunden vor dem Lawinenabbruch (A in Abb. 4) ist deutlich zu erkennen.

Genauere Angaben zu diesen Vorversuchen und ihren Ergebnissen finden sich bei LACKINGER (1981).

1.4 Meßstation

Da die ersten Messungen erfolgversprechend verlaufen waren, erschienen ihre Fortsetzung und der Ausbau der Anlage zu einer fixen Meßstation gerechtfertigt. Diese konnte an einem lawinensicheren Standort nahe dem Meßfeld eingerichtet werden. Dazu wurden im Herbst 1981 eine elektrische Anschlußleitung und die Meßleitungen im Hang vergraben und eine Mautkabine mit 6 m² Grundfläche als Meßhütte instandgesetzt. Anfang Februar 1982 erfolgte das Einfliegen dieser Kabine mit einem Hubschrauber und das Absetzen an ihrem Standplatz (Abb. 5). Nach Herstellung der Anschlüsse und Einbau von zwei Sensoren liefen die Beobachtungen und Registrierungen bis Ende Mai.

1.5 Ergebnisse des Winters 1981/82

Hier werden nur einige exemplarische Resultate präsentiert, da die Auswertung noch im Gang ist. Es konnten zahlreiche Beobachtungen gemacht werden, da auf der Nordkette mehrere Gleitschneelawinen zu unterschiedlichen Zeiten abgingen (Abb. 1). Auch im Meßfeld kam es wieder zum Abgang einer Lawine. Im Rahmen einer Diplomarbeit am Institut für Meteorologie der Universität Innsbruck wurden mit Hilfe der Meßstation durchgehend meteorologische Daten zur Energiebilanz der Schneedecke aufgezeichnet.

Einen Ausschnitt der mikroseismischen Registrierungen zeigt Abb. 6: Für einen normalen Tag wurde bei sehr hoher Empfindlichkeitseinstellung ein Zeitraum von rund 15 Stunden herausgegriffen. Tagsüber treten etwas stärkere Signale auf als in der Nacht, da sich die Schneedecke dann offenbar beruhigt. Anfang Mai 1982 konnte eine sehr ähnliche Erscheinung wie 1981 registriert werden: Es trat eine Zunahme von Anzahl und Größe der Signale im Zeitraum von ca. 3 Stunden ein, d.h. die Schneedecke wur-

klärt. Sehr wahrscheinlich kam es nur zu einer kurzen Rutschung um ca. 2 m mit Entstehung neuer Risse; solche wurden nämlich knapp nach der angezeigten instabilen Periode im Zuge von Rißweitenmessungen nahe dem Sensor entdeckt.

1.6 W i n t e r 1982/83

Aufgrund der häufigen Lawinen aus der Meßzone, die eine beliebte Schiabfahrt gefährden, wurde im Sommer 1982 eine Lawinenstützverbauung errichtet. Zwar konnten die Meßleitungen nach unten, außerhalb des Verbauungsbereichs, verlängert werden, jedoch traten im ganzen Winter 1982/83 an der Nordkette keine Gleitschneerisse oder -lawinen auf. Das gesamte Gleiten, gemessen mit Gleitschuhen nach dem Prinzip IN DER GAND und ZUPANČIČ (1966) betrug insgesamt nur wenige Dezimeter.

1.7 A u s b l i c k

Da die Lawinenverbauung nach unten erweitert wird, muß das Meßfeld verlegt werden. Dazu bietet sich ein Südwesthang in ca. 200 m Entfernung von der Meßstation an, zu dem die Leitungen neu verlegt und die Aufnehmer neu eingebaut werden. (Diese Arbeiten wurden im November 1983 abgeschlossen). Das bereits getestete, selbst entwickelte Gleitgeschwindigkeitsmeßgerät wird ebenfalls verbessert, da ein Zusammenhang zwischen einer Beschleunigung des Gleitens und dem Lawinenabbruch vermutet wird. Dies wäre ein weiterer Gefahrenindikator.

Weiters ist vorgesehen, die Registrierung und Auswertung auf ein Digitalverfahren umzustellen, um von dem relativ empfindlichen Linien-schreiber wegzukommen.

PROJEKT 2: BODENMECHANISCHE UND FELSMCHANISCHE PROBLEME BEI LAWINENSCHUTZBAUTEN

2.1 A l l g e m e i n e s

In Tirol werden die meisten Lawinenschutzbauten innerhalb Österreichs errichtet. Im Zuge der Beratungstätigkeit für solche Anlagen und aus Gesprächen mit den damit befaßten Fachleuten wurden immer wieder Fragen erkennbar, die einer intensiveren, wissenschaftlichen Behandlung bedürfen. Eine solche wurde für ein in Tirol erfundenes Verankerungsverfahren durch ausländische Wissenschaftler begonnen und hat zur Verbesserung und verbreiteten Anwendung dieses Verfahrens im Ausland geführt. Da die fachlichen Voraussetzungen für die Lösung derartiger Probleme auch im Inland gegeben sind, wurde vom Verfasser das gegenständliche Forschungsprojekt in Angriff genommen. Es erfuhr finanzielle Unterstützung aus Spendenmitteln durch den Senat der Universität Innsbruck.

2.2 P r o b l e m

Bei der Errichtung von Lawinenschutzanlagen, sowohl im Anbruch- als auch im Ausschüttungsgebiet entstehen durch extreme topografische Bedingungen und ungünstige Untergrundverhältnisse große Probleme. Hänge mit Verwitterungsschwarzen und Geröllhalden befinden sich oft im Grenzgleichgewicht gegen Abgleiten; wenn Fels ansteht, ist er häufig stark geklüftet und aufgelockert. Die Gründungen sind sehr erschwert, und die Standsicherheiten liegen nur wenig über 1. Zudem bestehen komplexe Wechselwirkungen zwischen den Belastungen aus Schnee, Lawinen und Boden (Erddruck) einerseits und den topografischen und geologischen Verhältnissen sowie den Bauweisen andererseits.

2.3 V o r g e h e n u n d Z w e c k

Neben den bereits aus der Beratungstätigkeit bekannten Problemen, die für den Einzelfall gelöst werden konnten, gibt es sicher eine Reihe noch unerkannter Aufgaben bzw. solche, die in der Praxis nicht befriedigend aufgearbeitet sind. Die Vorgangsweise war daher zunächst im wesentlichen auf die Verbindungsaufnahme mit Praktikern der Lawinenschutzbaumaßnahmen (Leitern der Wildbach- und Lawinenverbauung, Zivilingenieuren, Bauämtern u.a.) ausgerichtet. Dadurch und bei Besichtigungen von schwierigen Projekten sollten Probleme erkannt und dargestellt werden. Auch das Beschaffen und Auswerten einschlägiger Literatur ist vorgesehen.

Tatsächlich ergab sich aber bereits nach kurzer Tätigkeit die Notwendigkeit, einzelne Probleme herauszugreifen und sich auf ihre Bewältigung zu konzentrieren. Auch der vorliegende Bericht beschränkt sich auf Dämme und Stützverbauungen, obwohl bei Lawingalerien, Bremsverbauungen oder Lawinsprengbahnen ebenfalls zahlreiche offene Fragen zu erwarten sind.

2.4 D ä m m e

Zum Lawinenschutz werden Auffang- und Leitdämme errichtet. Aus den bei Projektierung und Ausführung zu bewältigenden Fragekomplexen werden einige im folgenden angeschnitten.

2.4.1 Untergrund und Aufstandsfläche

Durch Dämme werden beträchtliche Lasten in den Boden eingetragen. Dieser muß daher entsprechende Festigkeitseigenschaften aufweisen, damit kein Grundbruch mit Verlust der Standsicherheit eintritt. Ebenso wichtig ist die Zusammendrückbarkeit, damit der Damm nicht im Boden versinkt, wodurch die Geometrie nicht mehr einzuhalten wäre. Als Beispiel für schwierige Untergrundverhältnisse seien zwei ca. 20 m hohe Auffangdämme für die Schiltilawine in Fiss (Oberinntal) angeführt. Für den unteren Damm waren infolge von naßem Torf eines Hochmoores in der Aufstandsfläche ein Bodenaustausch, Entwässerungs- und Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich. Sie wurden aufgrund umfangreicher Bodenuntersuchungen vorgeschlagen. Der obere Damm liegt an der Vorderkante einer älteren, aber noch unruhigen Rutschmasse. Diese ist Teil einer großbräunigen labilen Sackung, die aus Wülsten, Versteilungen, Mulden, Rissen und dem Wandern einer Liftstation erkennbar ist. Um die Störungen des Gleichgewichts durch Aushubentlastung und Schütthelastung möglichst gering zu halten

sorgfältigen Wasserableitungen, messender Überwachung der Rißweiten und anderem erfolgen.

Die Gleitsicherheit spielt eine besondere Rolle bei steilen Aufstandsflächen, sowohl bei Quer- als auch Längsneigung. Hier wird immer wieder die Frage aufgeworfen, ob Bermen oder Stufen in der Sohle erforderlich, zweckmäßig oder ungünstig sind. Als Beispiel kann ein Ablenkdamms der Mureggbachlawine im Pitztal dienen. Die Aufstandsfläche in Dammlängsachse ist bis 45 % \approx 24° geneigt. Die vertikale Dammhöhe beträgt bis 17 m an der Böschung. Statt der ursprünglich geplanten, ca. 2 m breiten Bermen in 9 m Abstand, wurden nur wenige, ca. 4 - 5 m breite Bermen mit etwa 30 m Abstand ausgeführt, die gleichzeitig dem Seitentransport des Materials dienen. Da es z.B. im Staudammbau bei viel größeren Höhen nicht gebräuchlich ist, Stufen in der Sohle anzuordnen, muß diese Frage wohl noch weiter untersucht werden.

2.42 Schüttmaterial und Dammbautechnologie

Zur Beurteilung der Eignung des anstehenden Bodens für die Dammschüttung sind bodenmechanische Kenngrößen erforderlich. Die Untersuchung von Korngrößenverteilung (Grob- und Feinanteile), Verdichtbarkeit, Scherfestigkeit, insbesondere im Zusammenhang mit dem natürlichen Wassergehalt und einem allfälligen Porenwasserdruckaufbau, und Kompressibilität geben die Möglichkeit, Projektierung und Bauablauf zu optimieren und das Verhalten des Damms vorauszuberechnen. Die Erkundung von Menge und Gleichmäßigkeit des Schüttmaterials ermöglicht zusammen mit den o.a. Kennwerten die Auswahl einer geeigneten Abbaumethode. Bei ungeeigneten Verfahren (z.B. dem oft gebräuchlichen Abschälen mittels Planierdrahten) kommt es zur Durchnässung des Bodens und damit zur Verschlechterung seiner Eigenschaften. Auch der Einbau, vor allem die Dicke der Schüttlagen und ihre Verdichtung mit geeigneten Geräten, sind auf die Bodenparameter abzustimmen, da sonst Nachsetzungen mit Höhendefiziten in Metergrößenordnung auftreten können. Letztlich sind die Böschungen, ihre Neigung, Erosions- und Standsicherheit von den bodenmechanischen Fakten stark abhängig.

2.43 Entwässerung

Die Dammsohle und u.U. das Schüttmaterial müssen mittels durchlässiger, filternder Schichten entwässert werden, um beim Einbau entstehende Porenwasserdrücke abzubauen. Diese können, zusammen mit unkontrollierten Sickerströmungen, die Standsicherheit soweit vermindern, daß Rutschungen entstehen. Auch die Wasserableitung aus dem Auffangbecken und eine eventuelle planmäßige Dammdurchströmung sind zu beachten.

2.5 S t ü t z v e r b a u u n g

Aus den verschiedenen Verbauverfahren wurden vorläufig die VOEST Alpine-Schneebrücken ausgewählt, da sie in Österreich am gebräuchlichsten sind. Bei ihrer Fundierung entstehen die Probleme vor allem durch Geländesteilheit und schwierige Bodenverhältnisse (z.B. lockere Geröllhalden), gepaart mit unvermeidlich ungünstigem Belastungsangriff. Die Zerstörung von Stützwerken durch Versagen der Fundierung (Verankerung mit zu geringem Bohrdurchmesser, saigere Felsklüftung), und durch dynamische Kräfte aus Schneerutschen zeigt Abb. 7.

2.51 Belastungen, Kräfte, Tragsystem

Als Hauptbelastung wirkt der Schneedruck S (Abb. 8a), der gemäß den auch in Österreich angewandten Schweizer Richtlinien (EISLF, 1968) für zwei Lastfälle anzusetzen ist. Mit dem Gewicht des Schneeprismas G' und dem Eigengewicht der Konstruktion G'' wird die Resultierende R zusammengesetzt, deren Angriffspunkt sich im Lauf des Winters verschiebt (Abb. 8a). Als Tragsystem wirken Träger und Pendelstütze zusammen als Dreigelenkrahmen, für den sich aus dem Kräfteplan (Abb. 8b) beim Stützenfundament eine Druckkraft und beim Trägerfundament eine Zug- bzw. Abhebekraft ergeben. Da ersteres weniger kritisch ist, wurde das Hauptaugenmerk bisher auf die Einleitung der Zugkräfte in den Boden gerichtet.

2.52 Fundierungsarten

Bei anstehendem Fels wird aufgrund der Schweizer Richtlinien vom Hersteller eine Verankerung, kombiniert mit einem kleinen Betonfundament (Abb. 9a) angeboten.

Wenn im Boden gegründet werden muß, sind Gewichtsfundamente oder Pfähle gebräuchlich. Bei ersteren werden über einen Rost (Grundplatte) das Gewicht der Hinterfüllung und die seitlichen Scherkräfte zur Aufnahme der Zugkräfte herangezogen (Abb. 9b). Nachteilig sind dabei der große Aushub, der eine Störung des Hanges bewirkt und bei dem die Lagerung des Materials gelöst werden muß, sowie der Transport des Rostes. Betonfundamente werden wegen des Aufwandes bei Transport und Aufbereitung kaum gebaut.

Pfahlgründungen werden durch Einrammen von 2 Stahlprofilen je Träger ausgeführt (Abb. 9c) dabei ist zwar der Aushub klein, die Anwendbarkeit ist aber durch häufige Rammchwierigkeiten begrenzt. Zudem ist die Tragfähigkeit in den auftretenden Kraftrichtungen nicht ausreichend (Größenordnung 50 - 100 kN, horizontal).

Es wird daher eine Zugkrafteinleitung in den Boden mittels Ankern angestrebt, die dann optimal ist, wenn Zugwirkungslinie und Ankerachse zusammenfallen. Daß diese Bedingung nicht zu verwirklichen ist und welche Probleme sich daraus ergeben, wird später gezeigt.

2.53 Anker

2.531 Verpreßanker

Anfang der Sechzigerjahre wurden in Vorarlberg Verankerungen von Hängewerken ausgeführt, weil Gewichtsfundamente wegen sehr großer Aushubschwierigkeiten nicht möglich waren (SCHILCHER, 1967). Es stand lockerer, verwitterter, kohäsionsloser Dolomit an. Zunächst wurden Versuche mit verschiedenen Ankern vorgenommen: Perforierte Rohre, in Bohrungen eingesetzt und mit Zementmörtel verfüllt oder verpreßt, erreichten in Zugversuchen bis 90 kN. Eine Verbesserung auf 120 kN war durch Rund- oder Torstähle zu erzielen, die in die Bohrung bzw. die Rohre eingeführt und mit Mörtel bzw. Zementmilch (bis 1 000 l je Bohrung!) verpreßt wurden.

Um die Zugkräfte von 160 kN je Zugstange aufnehmen zu können, wurden 3 Rippen-Torstähle mit 24 mm \varnothing in gespreizt vorgerammte Rohre bis etwa 3,5 m unter Geländeoberfläche eingesetzt und mit reinem Zement in mehreren Phasen verpreßt. Der Verbrauch betrug im Mittel 1,5 t je Fundament, erreichte aber auch bis zu 8,7 t! Angenommen wurde, daß etwa 200 - 300 kN je Fundament aufgenommen werden können und somit ausreichende Sicherheit besteht. Es ist kein Versagen bekannt, trotzdem kann das Verfahren, auch aus anderen, hier nicht angeführten Gründen, nicht als befriedigend angesehen werden. De-

2.532 Sprenganker

1977 hat OR Dipl.Ing. Eliskases (WLW Außerfern/Tirol) erstmals Sprenganker ausprobiert, die aus Rippen-Torstahl-Bügeln mit zwei Schenkeln bestehen. Ihr Einbau erfolgt in mehreren Schritten: Zwei Rohre, \varnothing 50 mm, werden mittels Vorschlaghammers von Hand oder mit einem pneumatischen Rammhammer parallel in den Boden eingetrieben. Unter Umständen ist ein Vorrammen mit der sog. "Russischen Bodenrakete" nötig. Zwei Sprengladungen von dag-Größe werden im Rohrtiefsten synchron gezündet und schaffen damit einen Hohlraum. Dieser wird mit Zementmörtel (30 - 200 l) ausgegossen, in den der Anker eingeschlagen wird. Seine Länge beträgt 1,5 - 2,5 m. In letzter Zeit wird statt des Bügels ein Rahmenanker verwendet, bei dem die Ankerschenkel an eine gelochte Stahlplatte seitlich angeschweißt sind (Abb. 10).

2.533 Tragfähigkeit und Tragverhalten

Neben verschiedenen Fragen bezüglich Einbau, Lebensdauer u.a. interessiert am meisten, wieviel Last und auf welche Weise die Anker in den Boden eintragen und welche Verformungen dabei auftreten, kurz der Krafteintragungsmechanismus. Dieser ist nur durch Versuche zu klären, da zahlreiche Parameter auf ihn einwirken. Geländefaktoren, wie Neigung, Bodenart und -eigenschaften und Ankerfaktoren, z.B. Länge, Sprengstoffmenge, Mörtelmenge, Ruhezeit, Zugrichtung, Stahl (Schweißung, Haftung im Mörtel u.a.) erfordern umfangreiche Untersuchungen.

In Zusammenarbeit mit OR Eliskases hat das EISLF im Außerfern und später in der Schweiz Zugversuche an Bügelankern durchgeführt, über die HEIMGARTNER (1978, 1979) berichtet. Ebenso wie bei einigen Versuchen von ELISKASES (1981) mit Rahmenankern wurde in Richtung Ankerachse gezogen. Bei verschiedenen Böden und unterschiedlichen Tiefen trat nur selten ein Bruch im Boden auf, häufiger war vorher die Grenze der Prüfvorrichtung erreicht. Im ganzen gesehen wurden beachtliche Tragfähigkeiten nachgewiesen, die maximale Zugkraft betrug 210 kN. HEIMGARTNER (1979) gibt bereits einen empirischen Zusammenhang zwischen Tragfähigkeit und Ankertiefe an, der aus 13 Versuchen ermittelt wurde.

Aufgrund der beschriebenen Ergebnisse sowie durch den bisherigen praktischen Einsatz wird die Verwendbarkeit dieser Anker grundsätzlich bestätigt, jedoch ist damit ihr Tragverhalten gegenüber den bei Schneebrücken auftretenden Kräften keineswegs geklärt. Die Kräfte am Träger der Stützverbauung wirken nämlich nie in Ankerachse, sondern immer in mehr oder weniger großem, bis 90° betragendem Winkel zu dieser. Am Beispiel einer 4 m hohen Verbauung in Abb. 10 wird das Kräftespiel dargestellt: Für den Lastfall 2 wird für die Grenzen des Gleitfaktors ($N = 1,2$ bzw. $3,2$) der Bereich für Größe und Angriffswinkel der Resultierenden und daraus der Zugkraft Z am Anker aufgrund der Berechnung nach den Schweizer Richtlinien gezeigt. $Z_{1,2}$ wirkt mit 51 kN fast parallel zur Geländeoberfläche, $Z_{3,2}$ mit 165 kN unter 35° zu dieser. Durch die unterschiedliche Höhenlage der Resultierenden im Laufe des Winters verändern sich Größe und Angriffswinkel dieser Zugkräfte ebenfalls. Andererseits sollte der Anker, um eine entsprechende Bodenüberlagerung und die tieferliegenden, besseren Schichten zu erreichen, annähernd normal auf die Geländeoberfläche eingebaut werden. Es muß daher immer ein Kompromiß für die Ankerrichtung gefunden werden. Der Anker wirkt bei einer solchen Zugkraft im schrägen Winkel zu seiner Achse wie ein seitlich eingespannter, relativ weicher Pfahl mit überlagertem Zug. Es sind daher sowohl die Beanspruchungen des Ankers als auch die Bodenreaktionen sehr kompliziert.

Um das Verhalten der Anker bei solchen Belastungen studieren zu können, wurden von OR Eliskases und dem Verfasser weitere Versuche im Sommer 1981 durchgeführt. Dazu wurde eine Belastungsvorrichtung in Form eines Dreibocks mit einer 300 kN-Zugpresse verwendet, die nicht nur Zugkräfte normal zur Geländeoberfläche ermöglicht (Abb. 11), sondern mit der auch Zug in anderen Richtungen, z.B. horizontal, aufgebracht werden kann (Abb. 12). Bei Versuchen mit horizontalem Zug wurde bisher eine maximale Kraft von 82 kN gemessen. Infolge des Ausweichens der Fußplatten und der großen Verschiebungen des Ankerkopfes, die an der Versuchseinrichtung nicht mehr nachzustellen waren, konnte die Grenzlast des Ankers nicht erreicht werden. Es sind ohne Zweifel höhere Tragfähigkeiten zu erwarten.

Im Dezember 1982 wurden neben der Meßstation Seegrube einige Ankerzugversuche in Zusammenarbeit mit HR Hopf (WLV Innsbruck) vorgenommen, bei denen in einer Mulde die Anker gegenüber eingebaut und gegeneinander gezogen wurden. Der ungünstigste Winkel betrug 13° nach unten. Dabei konnte infolge eines Bruchs im Bereich der Schweißung des Rahmenankers nur $Z = 73$ kN erreicht werden. Es sind also noch Verbesserungen sowohl an den Ankern als auch an den Versuchseinrichtungen erforderlich.

Neben den Zugversuchen werden bodenmechanische Untersuchungen vorgenommen, z.B. Rammsondierungen, Entnahme von Bodenproben und Bestimmung von Bodenart, Scherfestigkeit, Lagerungsdichte u.a.

2.54 Ausblick

Um den Tragmechanismus der Sprenganker zu erforschen und Bemessungsrichtlinien aufstellen zu können, sind folgende Schritte nötig:

- Ankerzugversuche in systematischen Reihen mit Variationen von Bodenart, Ankerlänge, Zugrichtung, Einbaumethode u.a., Ausgraben der Anker.
- Sammlung von Erfahrungen beim Einbau und Verbesserung der Technologie.
- Feststellung von allfälligen Schäden an solcherart verankerten Stützwerken.

Ermöglicht wurden die Arbeiten durch die Unterstützung von HR Dr. Schimpp und Prof. Dr. Schober, des Senats und von Instituten der Universität Innsbruck, der Wildbach- und Lawinerverbauung Tirol und der Nordkettenbahn, denen hiermit gedankt wird.

LITERATUR

- AULITZKY, H. - DIERA, N. - KRISSEL, H. - SIEGEL, H. - PECENY, K. (1979): Vorläufige Studienblätter, Vorlesung Wildbach- und Lawinerverbauung; Inst. f. Wildbach- u. Lawinerverbauung, Universität f. Bodenkultur, Wien
- BOWLES, D. - ST. LAWRENCE, W. (1977): Acoustic emissions in the investigation of avalanches; Proceed. Western Snow Conf., 45. Annual Meeting, S. 88 - 94
- FISIF (1968): Lawinerverbau im Anbruchgebiet (Richtlinien d. Eidg. Ob.-

- ELISKASES, ? (1981): Ankerzugversuche 1981; Pers. Mitt. d. Versuchsergebnisse
- GUBLER, H. (1977): Künstliche Auslösung von Lawinen durch Sprengungen; Mitt. EISLF Davos, Nr. 35
- (1979): Acoustic emission as an indication of stability decrease in fracture zones of avalanches; Journ. Glaciol., Vol. 22, Nr. 86, S. 186 - 188
- GUBLER, H. (1980): Simultaneous measurements of stability indices and characteristic parameters describing the snow cover and the weather in fracture zones of avalanches; Journ. Glaciol., Vol. 26, Nr. 94, S. 65 - 74
- (1981): Electrical, optical and acoustical properties of snow; Proceed. Workshop on the Properties of Snow, Snowbird (Utah), S. 111 - 124
- HEIMGARTNER, M. (1978): Vorversuche mit Sprengankern im Lockergestein; Interner Ber. EISLF Davos, Nr. 562
- (1979): Vorläufige Ergebnisse der Zugversuche mit Sprengankern; Interner Ber. EISLF Davos, Nr. 575
- IN DER GAND, H.R. - ZUPANČIČ, M. (1966): Snowgliding and avalanches; IASH Gentbrugge, Publ. Nr. 69, S. 230 - 242
- LACKINGER, B. (1981): Mikroseismische Messungen in einer gleitenden Schneedecke; ZS f. Gletscherkunde und Glazialgeologie, Vol. 17, H. 2
- (1983): Stand und Tendenzen der Lawinenforschung (in Österreich und im Ausland); Enquete "Lawinenschutz und Recht", Schr. R. d. Bds.Min. f. Justiz, Nr. 11, S. 85 - 106
- ST. LAWRENCE, W. (1980): Acoustic emission response of snow; Journ. Glaciol., Vol. 26, Nr. 94, S. 209 - 216
- - BRADLEY, C. (1977): Spontaneous fracture initiation in mountain snow-pack; Journ. Glaciol., Vol. 19, Nr. 81, S. 411 - 417
- - WILLIAMS, T.R. (1976): Seismic signals associated with avalanches; Journ. Glaciol., Vol. 17, Nr. 77, S. 521 - 526
- SCHILCHER, Ch. (1967): Die Verbauung der Mont Jola-Lawine. Ein Beitrag zur Foundationstechnik in kohäsionslosem Lockergestein; Wildbach- u. Lawinenverbau, ZS. d. Vereins d. Dipl.Ing. d. WLV Österr., 31. Jhg., H. 1, S. 1 - 31
- SOMMERFELD, R.A. (1977): Preliminary observations of acoustic emissions preceding avalanches; Journ. Glaciol., Vol. 19, Nr. 81, S. 399 - 410
- (1980a): Acoustic emissions from unstable snow slopes; Proc. 2. Conf. Acoustic Emission, Microseismic Activity in Geologic Structures and Materials, Trans Tech Publ. (Hrsg. Hardy u. Leighton), S. 319 - 329
- (1980b): A preliminary system to predict snow instability using acoustic emissions; Journ. Glaciol., Vol. 26, Nr. 94, S. 520
- VOEST - ALPINE (?): Lawinenschutzbauten; Werbeschrift 1044 -GI-2000

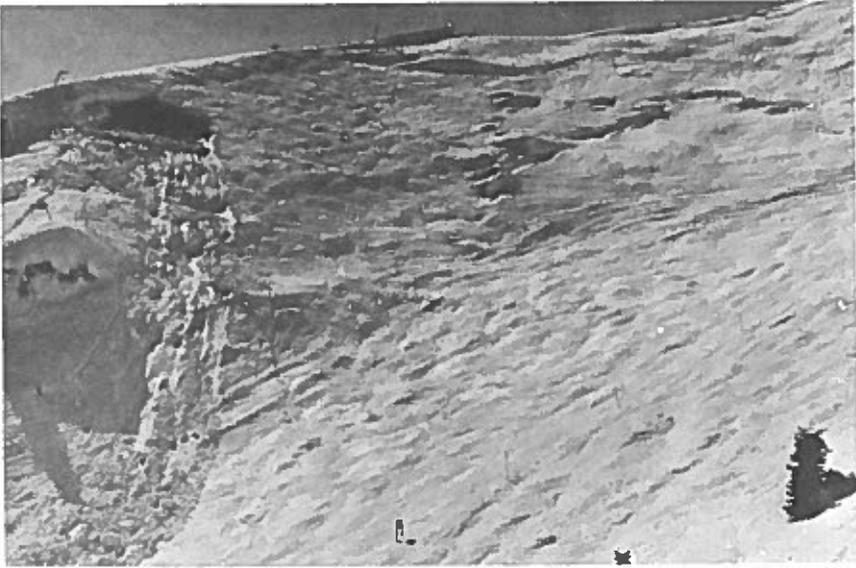


Abb. 1: "Osthang", Seegrube über Innsbruck, am 1. April 1982.
 Rechts: ältere Gleitschneerisse; links: Gleitschneelawine vom 1. April

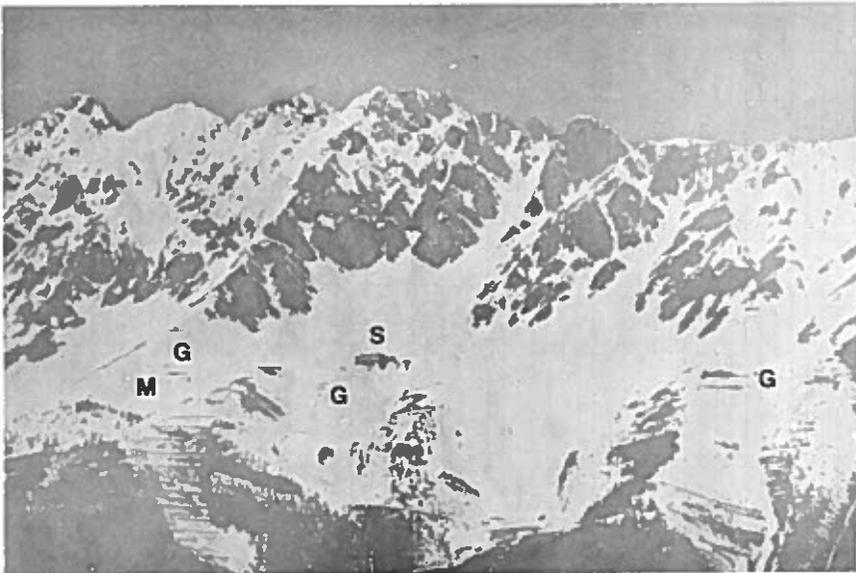


Abb. 2: Seegrube am 14. Mai 1982. G --- Gleitschneerisse,
 M --- Meßfeld, S --- Seilbahnstation



Abb. 3: 13.Mai 1982, Meßfeld im "Schneggengufel", M --- Meßstelle

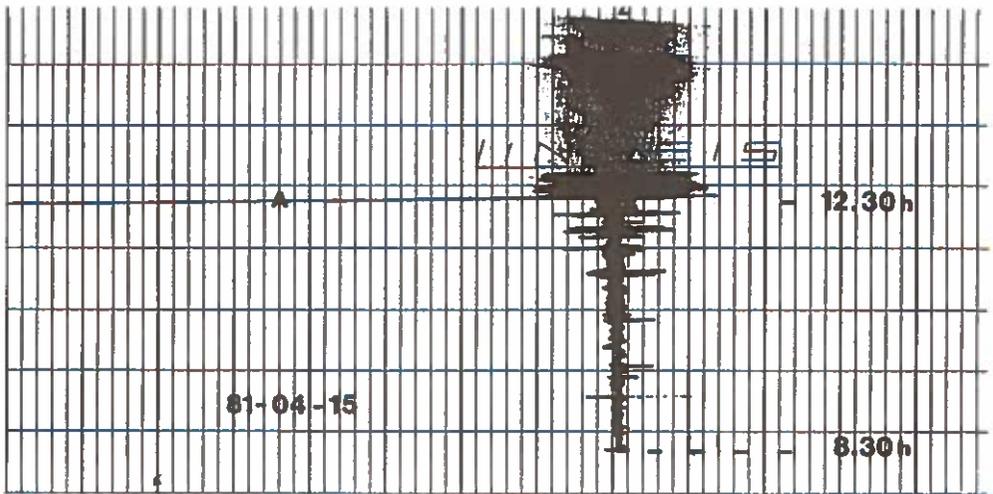


Abb. 4 (oben): Aufzeichnung der mikroseismischen Signale vom 15.April 1981 A --- Lawinenbruch



Abb. 5: Meßkabine. Rechts: Antriebsstation einer Lawinensprengseilbahn mit meteorologischen Instrumenten

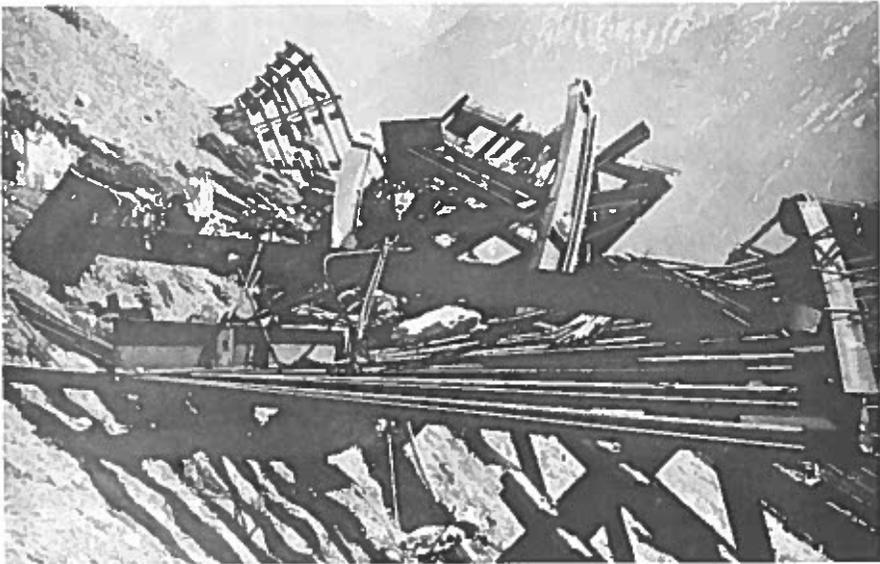


Abb. 7: Zerstörte Stützverbauung (s. Text)

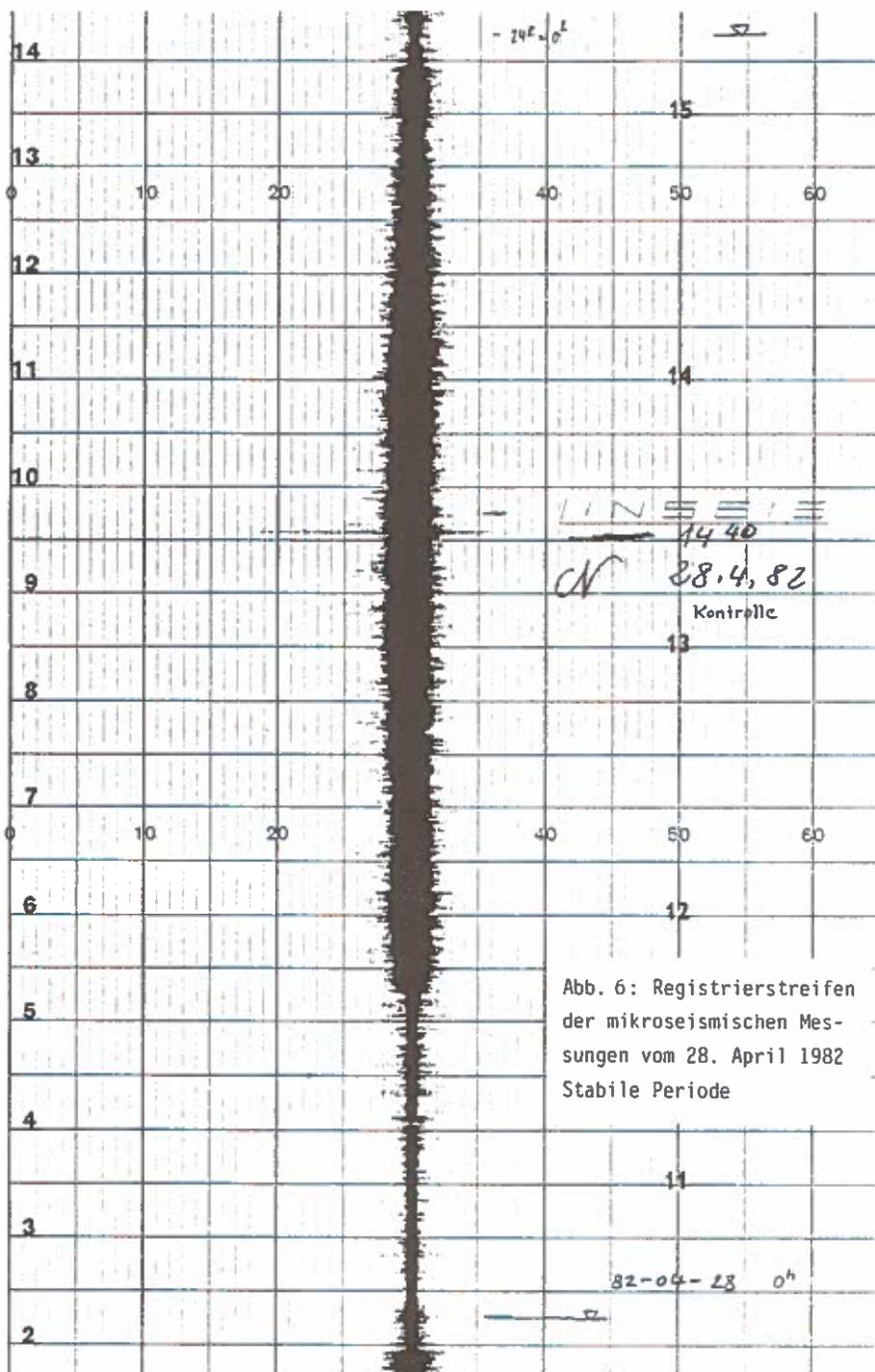
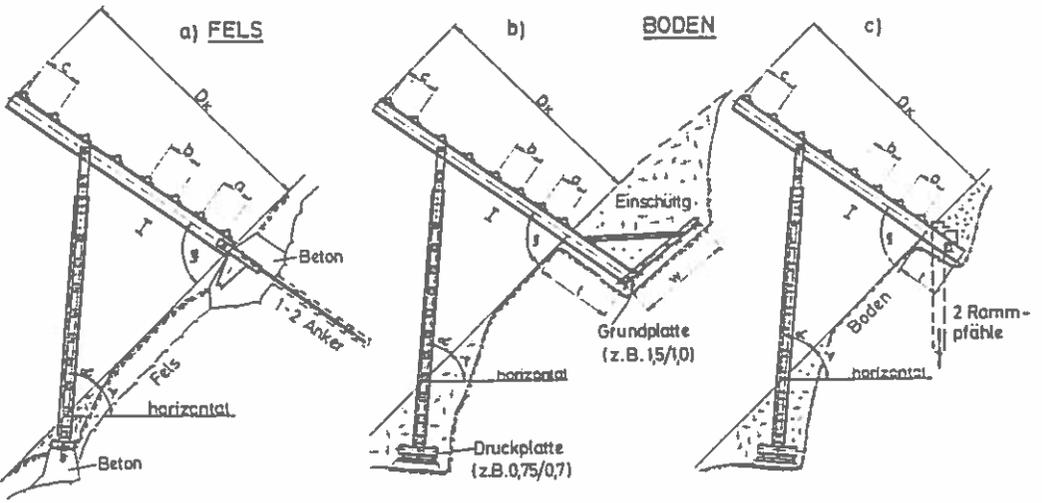
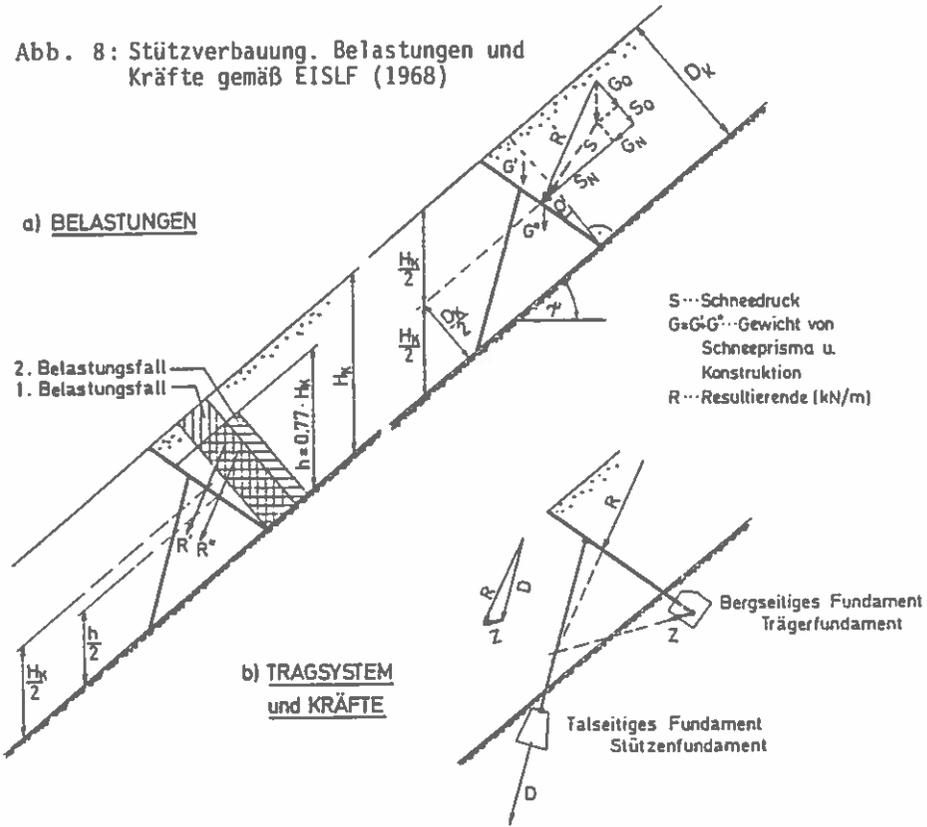


Abb. 6: Registrierstreifen
 der mikroseismischen Mes-
 sungen vom 28. April 1982
 Stabile Periode

Abb. 8: Stützverbauung. Belastungen und Kräfte gemäß EISLF (1968)





SCHNEEBRÜCKE (Mittelfeld)

Lastfall 2 Gleitfaktor: $\frac{N=1,2}{\text{bzw. } \frac{N=3,2}{\text{---}}}$

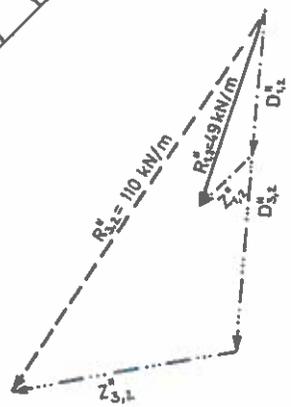


Abb. 10a: System und Kräfte

Abb. 10b: Rahmenanker und Zugkräfte des Trägers

SPRENGANKER (Typ Elliskases)

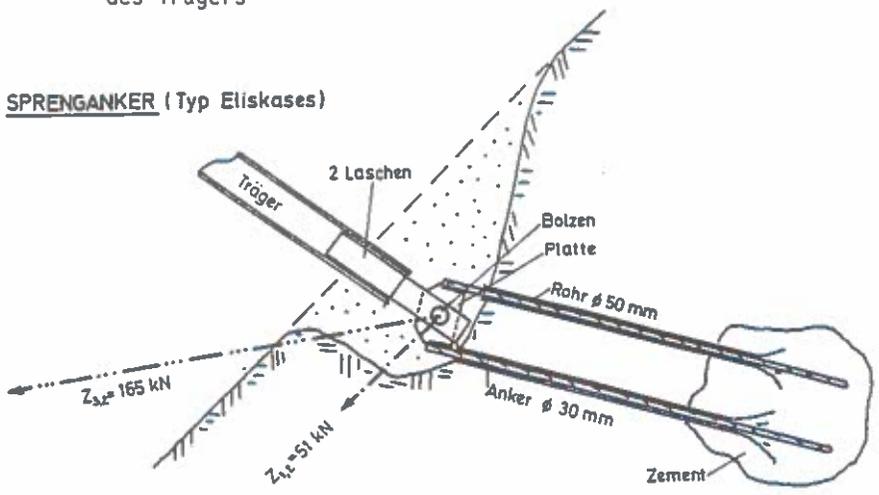


Abb. 10: Schneebrücke mit Sprenganker

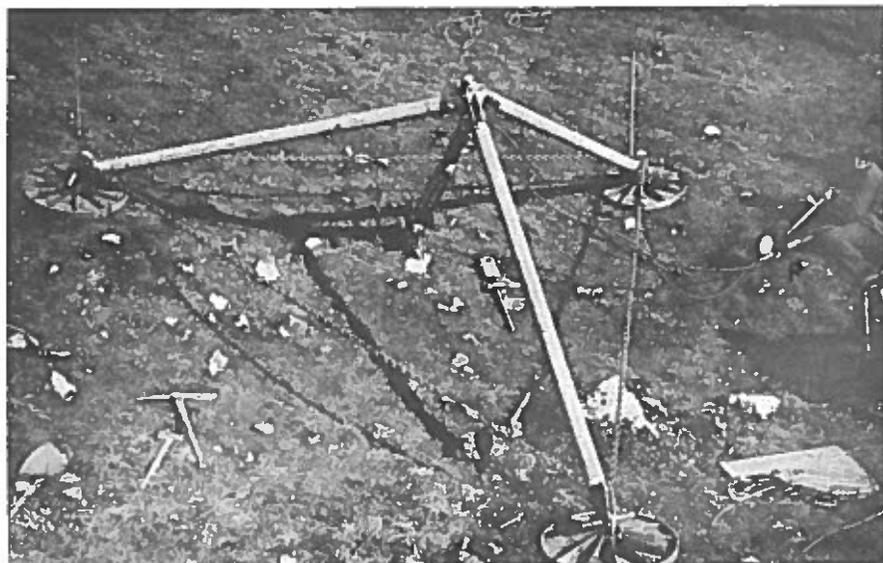


Abb.11: Dreibock für Ankerzugversuche. Zug normal zur Geländeoberfläche. Z --- Hydraulischer Zugzylinder, P --- Handpumpe



Abb.12: Dreibock mit verkürztem Bein (B). Horizontaler Zug. Z --- Zugzylinder, M --- Brücke mit Meßuhren für Verformungsmessungen

FORTSCHRITTE IN DER SCHNEE - UND LAWINENMESSTECHNIK DURCH DEN EINSATZ VON MIKROPROZESSOREN

(Kurzfassung)

von

Dipl.Ing. Franz Neubauer, Institut für Elektronik
der Technischen Universität in Graz, Österreich.

BISHERIGE ELEKTRONISCHE ENTWICKLUNGEN

Zunächst ein Rückblick auf die Arbeiten des Institutes für Elektronik der Technischen Universität in Graz. Unter dem Vorstand von Herrn Prof. Dr. W. Fritzsche, der im Sommer des Jahres 1982 unerwartet verstorben ist, wurden am Institut für Elektronik für verschiedene Alpine Einsatzgebiete elektronische Geräte entwickelt und getestet. Diese Arbeiten werden derzeit am Institut weitergeführt. Die wichtigsten Entwicklungen sind:

1. Die Entwicklung des Kameradenrettungsgerätes Pieps. Dieses Gerät arbeitet mit elektromagnetischer Übertragung im Niederfrequenzbereich.
2. Das Protonenresonanzmagnetometer zur Ortung von magnetischen Inhomogenitäten im Schnee. Dieses Gerät dient zur Ortung von Markierungsmagneten und von ferromagnetischen Materialien sowie nichtferromagnetischen Materialien.
3. Das Lawinenradar zur Messung von Inhomogenitäten im Schnee. Das Lawinenradar basiert auf einem Einzelimpulsradarverfahren im 1 GHz-Bereich und zeigt Schichten im Schnee an, die verschiedene dielektrische Eigenschaften haben.
4. Das Radiometer zur Bestimmung der Temperaturstrahlung von Körpern. Die unterschiedlichen Temperaturen der Körper werden als unterschiedliche Strahlungsintensität im Mikrowellenbereich detektiert. Die Anwendung im Schnee bringt auf Grund der Absorption und der Reflektion des Schnees große Probleme.
5. Ein Meßgerät zur Messung von Schneeigenschaften mit einer offenen Lecherleitung. Dieses Gerät dient zur Messung der

6. Ein Schneehöhenmeßgerät unter Verwendung von Ultraschall. Das Gerät arbeitet nach dem Reflexionsprinzip und wurde in den vergangenen Jahren auf der Schmittenhöhe und Rudolfshütte eingesetzt und erprobt.
7. Ein Gletscherdickenmeßgerät. Dieses Gerät arbeitet mit einem Einzelimpulsverfahren im 100 MHz-Bereich und kann Gletscher bis zu einer Dicke von 100 m messen.
8. Das Straßenschutzradar zur Anzeige von abgehenden Lawinen und zur Sicherung von gefährdeten Straßen. Dieses Gerät arbeitet mit einem Pulsradar im X-Band.
9. Das Stratimeter zur Messung von feinen Schichten im Schnee. Das Gerät arbeitet als Einzelimpulsradar im ps-Bereich und hat eine Reichweite im Schnee von ca. 2 m.
10. Ein Schneehöhenmeßgerät oder besser Wasseräquivalentmeßgerät nach dem Prinzip der Absorption der kosmischen Strahlung. Dieses Gerät bestimmt die äquivalente Wassermenge des Schnees.
11. Ein Bewegungsdetektor für Herzbewegungen und Atembewegungen zur Auffindung von Lawinenverschütteten. Diese Entwicklung ist derzeit noch nicht abgeschlossen.

EINSATZ VON MIKROPROZESSOREN

Von diesen Geräten wurden ab dem Jahr 1976 einige Geräte unter Einbeziehung einer neuen Technologie der Mikroprozessortechnik gebaut. Der Einsatz von Mikroprozessoren in diesen Geräten erhöht die Leistungsfähigkeit der Geräte wesentlich. Die Mikroprozessoren dienen sowohl zur Steuerung der Meßvorgänge als auch zur Auswertung der Meßsignale und zur Umrechnung der Meßgrößen.

Ein Mikroprozessor ist im Prinzip eine kleine Recheneinheit, die innerhalb kurzer Zeit verschiedene Aufgaben ausführen kann. Er wird mit einem Programm, das seine Intelligenz darstellt, geladen und führt dann die Anweisungen, die das Programm beinhaltet aus. Mit Hilfe von Mikroprozessoren können die Auswerterroutinen der Meßsysteme wesentlich verfeinert werden und komplexe Steuerungen der Geräte können exakt durchgeführt werden. Von den vorher erwähnten Geräten möchte ich die Geräte besprechen, die durch den Einsatz von Mikroprozessoren verbessert oder erst für die Anwendung im freien Feld einsetzbar wurden.

Im folgenden werden die Geräte besprochen, die unter

Das Ultraschallschneehöhenmeßgerät:

Das Ultraschallschneehöhenmeßgerät arbeitet nach dem Prinzip der Schallreflexion an Grenzschichten (Echolot). In diesem Gerät wird für die Erzeugung der Sendefrequenz der Einstellung des Stromflußwinkels für die Sendeendstufe, die Einstellung der entfernungsabhängigen Verstärkung und die Erzeugung des Puls-Pause-Verhältnisses der einzelnen Sendeimpulse der eingebaute Mikroprozessor verwendet. Die oben genannten Arbeitsbereiche sind reine Steuerungsvorgänge, die der Mikroprozessor neben seiner Hauptaufgabe die Auswertung der Meßsignale durchzuführen vornimmt. Die Genauigkeit des Schneehöhenmeßgerätes konnte erst durch die intelligente Auswertung der Meßsignale erreicht werden. Dazu werden die Meßsignale für eine Messung, die aus mehreren Teilmessungen besteht, gesammelt und durch Mittelwertbildung und Fehlerüberprüfung sowie durch Korrektur des Temperatureinflusses durch den Mikroprozessor ausgewertet. Dazu wird in Abhängigkeit von den gemessenen Parametern für jede Messung die Schallgeschwindigkeit gerechnet und aus der Zeitdifferenz zwischen dem Aussenden des Meßimpulses und des Rückkommens des Echos die Schneehöhe berechnet. Es wird dabei automatisch die Schneehöhe als absolute Schneehöhe ausgegeben, d.h. die Umrechnung erfolgt unter Einbeziehung des Abstandes zwischen Meßkopf und Boden, der vor dem Einsatz im Winter gemessen wird und in das Mikroprozessorprogramm eingeschrieben wird. Zusätzlich übernimmt der Mikroprozessor die Steuerung der Datenübermittlung zur Auswertestation, die Funktion einer Uhr, die Generierung von Datum und Uhrzeit zur Datenübermittlung und die Steuerung der seriellen Datenschnittstelle.

Das Schneehöhenmeßgerät mit kosmischer Strahlung:

Das Schneehöhenmeßgerät, welches nach dem Prinzip der Absorption von kosmischer Strahlung arbeitet, benötigt zur Auswertung der Meßergebnisse eine umfangreiche Meßroutine. Dieses Gerät mißt eigentlich das Wasseräquivalent des Schnees, d.h. die Absorption hängt von der Masse des Schnees über dem Meßgerät ab. Um mit diesem Meßgerät vernünftig messen zu können, muß ein kompletter Impulshöhenanalysator eingebaut sein. Ein Impulshöhenanalysator detektiert die Höhe der Spannungssprünge, welche beim Eindringen von kosmischer Strahlung in den Detektor entstehen und ordnen diese einzelnen Meßkanälen mit definierten Spannungshöhen zu.

Die Auswertung erfolgt nun so, daß die Ereignisse in den einzelnen Kanälen gezählt werden und einer statistischen Berechnung zugeführt werden. Der Mikroprozessor übernimmt diese Aufgaben und führt neben diesen noch Steuerfunktionen, die Temperaturmessung und die serielle Datenübertragung aus.

Das Meßgerät hat eine Größe von ca. 1 m Länge, 30 cm Breite und 20 cm Dicke. Die Rechereinheit verbraucht von diesem Raum nur ca. 5 %. Ohne die Mikroprozessortechnologie wäre dieses Meßsystem nur schwer für einen Feldversuch einsetzbar, da die Impulshöhenanalysatoren konventioneller

Das Stratimeter:

Das Stratimeter, welches nach dem Prinzip der Reflexion von elektromagnetischen Wellen an Grenzschichten arbeitet, wurde durch den Einsatz eines Mikroprozessors in der Signalauswertung wesentlich verbessert. Betreibt man ein Stratimeter, so hat man durch die Inhomogenitäten der Antenne in der nächsten Umgebung viele Reflexionen, diese Reflexionen werden am Bildschirm, der das Meßergebnis anzeigt, zusätzlich zu den gewünschten Anzeigen mitgeliefert. Diese Signale stören bei der Messung erheblich, sie können aber durch Anpassung des Abtastfensters und durch analoge Signalverarbeitung verkleinert werden. Geht man aber mit Hilfe eines Mikroprozessors an die Beseitigung dieser Signale, so kann man unter bestimmten Bedingungen diese Signale vollkommen ausblenden. Dazu wird ein Signal des Stratimeters durch den Mikroprozessor digitalisiert und in einem Speicher gespeichert. Mit dem nächstfolgenden Signal des Stratimeters bildet man eine Differenzschaltung. Dazu wird das zweite Signal ebenfalls digitalisiert und vom digitalisierten Signal im Datenspeicher abgezogen. Es entsteht das Differenzsignal, welches keine Störsignale mehr aufweist. Man kann nun im Freiraum ein Signal abspeichern, dieses Signal gespeichert lassen und von allen folgenden Signalen mit diesem Signal die Differenz bilden. Dadurch erreicht man eine Ausblendung der Störsignale, die von der Antenne und dem Aufbau des Stratimeters kommen. Mit dieser Methode ist eine wesentliche Empfindlichkeitssteigerung des Stratimeters erreicht worden, es können Schichten von ca. 1 cm Dicke mit einer Auflösung von 2 bis 3 cm gemessen werden. Die maximale Meßtiefe im Schnee beträgt bis zu 3 m.

Das Straßenschutzradar:

Das Straßenschutzradar arbeitet als gepulstes Radar im X-Band (10 GHz) mit Festzielunterdrückung (MTI). Es soll die abgehenden Lawinen detektieren und gleichzeitig über Signalleitungen den Lawinenabgang melden und die zu sichernde Straße mit Ampeln sperren.

Im Straßenschutzradar werden zwei Mikroprozessorsysteme verwendet. Das eine Mikroprozessorsystem ist als Steuerprozessor für das Straßenschutzradar eingesetzt.

Dieser Mikroprozessor steuert:

- a) die Frequenznachführung des Lokaloszillators
- b) den Protokolldrucker, der den Lawinenabgang protokolliert
- c) die Ansteuerung der Ampeln zur Straßensperre
- d) die Steuerung des Bandgerätes zur Aufnahme der Niederfrequenzsignale beim Lawinenabgang
- e) die automatische Fernmeldeeinrichtung

Das zweite Mikroprozessorsystem dient zur Signalauswertung und nimmt in diesem Bereich folgende Funktionen wahr:

- a) er stellt ein Filter mit bestimmter Charakteristik dar - ein sogenanntes Clutterfilter - welches von außen durch Programmveränderung geändert werden kann
- b) er führt eine Effektivwertbildung der gefilterten Radarsignale durch

c) die Einstellwerte der Schwellwertlogik zur Alarmauslösung werden vom Mikroprozessor überwacht.

Die beiden Mikroprozessorsysteme sparen sehr viel Hardware beim Straßenradar ein, man müßte ansonsten festverdrahtete Logiksysteme verwenden. Außerdem ist es wichtig, daß man mit Hilfe des Programmes die Parameter für das Straßenschutzradar verändern kann und so eine optimale Anpassung an die jeweiligen Bedingungen erreichen kann.

Die besprochenen Beispiele zeigen anschaulich, daß die Mikroprozessortechnologie eine wesentlich verbesserte Meßtechnik zur Messung der Probleme in der Lawinen-, Schnee- und Eisforschung bringt.

ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Vortrag (Bericht) wird über den Stand der Entwicklungen von elektronischen Meßgeräten zur Auffindung von Lawinenverschütteten, sowie über Geräte zur Lawinenwarnung, Schneehöhenmessung und zur Messung von Schneeigenschaften am Institut für Elektronik berichtet. Durch den Einsatz der Mikroprozessortechnik ergaben sich neue Möglichkeiten. Sie ermöglichte die Entwicklung von leistungsfähigeren Geräten besonders für die Anwendung im freien Feld, wobei der Mikroprozessor sowohl zur Steuerung der Meßdatenerfassung, wie auch zur rechnerischen Auswertung verwendet wird. Einige der entwickelten intelligenten Meßwerterfassungssysteme werden im vorliegenden Bericht diskutiert.

EINFLUSS DER SCHNEEFELDSPRENGUNGEN AUF DIE EROSION*

von

G. BUNZA, R. CHRISTA** und E. PRÜBSTLE***

PROBLEMSTELLUNG

Schneefeldsprengungen werden im bayerischen Alpengebiet, wie auch anderswo, zur Sicherung von Skipisten, Bergbahnen und Skiliften sowie von Verkehrswegen durchgeführt und dienen damit dem Schutz von Menschenleben.

Auf Grund der zunehmenden Verbreitung der Schneefeldsprengungen tauchte die Frage auf, ob bei vermehrten Sprengungen an ein und demselben Lawinengang innerhalb einer oder mehrerer Wintersaisons bzw. seit Beginn der jeweiligen örtlichen Sprengensätze Schädigungen der Boden- und Vegetationsdecke herbeigeführt wurden und werden.

Da Arbeiten, die sich diesem Thema widmen, nicht bekannt sind, führte das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft im bayerischen Alpenraum entsprechende Untersuchungen über einen etwaigen Zusammenhang zwischen künstlichen Schneefeldsprengungen und der Bodenerosion durch. Dabei wurden zwei bei Oberschneesprengungen denkbare Möglichkeiten der Schadensverursachung und -bildung an Boden und Vegetation näher untersucht. Es sind dies

- sichtbare Detonationsschäden an Bäumen, Krummholz und Sträuchern (Abreißen von Ästen und Rinde)
- Bodenschurfschäden und Schädigungen der Vegetationsdecke (Abreißen, Abpressen) durch von Sprengungen u.U. ausgelösten Bodenlawinen.

* Kurzfassung ausführlicher Publikation des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft (s. Bibliographie).

** Dr. Günther Bunza, ORR Dipl.-Met. Rudolf Christa: beide Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, Lazarettstraße 67, 8000 München 19, Bundesrepublik Deutschland

*** Min.Rat Dipl.-Ing. Erwin Pröbstle, Oberste Baubehörde im Bayer. Staatsministerium d.Innern, Postf.227, 8000 München 22, Bundesrepublik Deutschland

GELANDEUNTERSUCHUNGEN

Im bayerischen Alpenanteil wurden 13 Gebiete mit insgesamt 72 Sprengpunkten bzw. -feldern untersucht. Als "Sprengfelder" werden hier die unmittelbaren Wirkungsbereiche der Detonationspunkte und der jeweils dazugehörigen Lawinanrißgebiete einschließlich der Lawinenbewegungsbahnen bezeichnet.

Zur Untersuchung der genannten Probleme im Gelände wurden Vergleiche des jeweiligen Bodenzustandes vor Beginn der ersten Sprengungen mit denen zum Zeitpunkt der Untersuchung herrschenden Verhältnissen durchgeführt. Veränderungen während dieses Zeitraumes, der zwischen 7 und 11 Jahren betrug, wurden ebenfalls berücksichtigt.

Bezüglich der Auswahl der Untersuchungsgebiete wurde versucht, möglichst unterschiedliche Standortverhältnisse in bezug auf den Untergrund, den Boden und die Vegetation zu erfassen, um so einen repräsentativen Querschnitt innerhalb der bayerischen Alpen zu erlangen. Ferner waren auch Höhenlage, Hangneigung und Exposition mitentscheidend.



1 Fellhorn	(1800 - 2000 m u.NN)	8 Taubenstein	(1600 - 1740 m u.NN)
2 Nebelhorn	(1900 - 2200 m u.NN)	9 Wendelstein	(1200 - 1700 m u.NN)
3 Oberjoch	(1300 - 1800 m u.NN)	10 Geigelstein	(1250 - 1700 m u.NN)
4 Tegelberg	(1550 - 1630 m u.NN)	11 Hochfellen	(1150 - 1480 m u.NN)
5 Osterfelder	(1300 - 2200 m u.NN)	12 Rauschberg	(1470 - 1640 m u.NN)
6 Brauneck	(1470 - 1700 m u.NN)	13 Jenner	(1500 - 1800 m u.NN)
7 Stümpfling	(1350 - 1580 m u.NN)		

Lage der Untersuchungsgebiete

In Bayern werden vier Arten des Sprengeneinsatzes durchgeführt, bei denen die Ladung im Regelfall etwa 1,5 - 3 m über der Schneedecke gezündet wird. Es sind dies Sprengungen mittels Stangen, Gratausleger, Sprengseilbahn und Hubschrauber. Dabei kommt es in 97 % aller Fälle zum Abgang von Oberlawinen. Nach erfolgtem Lawinenabgang auftretende Schneebewegungen finden ebenfalls auf der schon von der Lawinen benutzten Gleitfläche im Schnee (Altschneeschicht) statt. D.h., daß in weitaus der überwiegenden Mehrzahl aller Fälle von durch Sprengungen erzeugten Schneebewegungen wegen ihres fehlenden Kontaktes mit der Bodenoberfläche keine Bodenerosion und auch keine Schädigungen und Deformationen der Pflanzendecke im Normalfall zu erwarten sind.

UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Schäden, wie das Abknicken, Abreißen und Versengen von Ästen oder Rinde an Bäumen, Krummholz und Sträuchern infolge der Detonation des Sprengstoffes, konnten an keinem der Sprengpunkte festgestellt werden.

Die Untersuchungen über die Veränderungen des Bodenerhaltungszustandes seit Beginn der Lawinensprengungen brachten gegensätzliche Ergebnisse. Dementsprechend ließ sich eine Einteilung der Sprengfelder in drei Gruppen vornehmen:

1. Sprengfelder mit gleichgebliebenen Standortverhältnissen
2. Sprengfelder mit Erosionszunahme
3. Sprengfelder mit Erosionsabnahme

zu 1. Sprengfelder mit gleichgebliebenen Standortverhältnissen

Hier konnten Sprengbereiche ohne und solche mit Erosionsschäden unterschieden werden. Bei letzteren waren die dortigen Schneeschurfschäden schon vor Beginn der Schneefeldsprengungen vorhanden und hatten sich bis zum erwähnten Beobachtungsjahr kaum vergrößert, bzw. es kamen auch keine neuen Bodenverwundungen hinzu. Zu dieser Gruppe zählen ebenfalls Sprengfelder in Fels- und Schuttregionen ohne Bewuchs.

Im folgenden seien diese drei Sprengfeldtypen anhand von Beispielen beschrieben.

a) Sprengfeld ohne Erosionsschäden in der Vegetations- und Bodendecke

Am Schreykopf bzw. am nordostexponierten Hang unterhalb des Grates zwischen Roßkopf und Stümpfling (südwestlich Josefsthal, Lkr. Miesbach, Nr. 7) werden regelmäßig Schneefeldsprengungen mit Hilfe einer Sprengseilbahn durchgeführt. Die Schneemassen, die dabei zum Abgang gebracht werden, bestreichen ein Gebiet zwischen 1520 m ü.NN und ca. 1400 m ü.NN. Am Grat stehen Thecosmilienkalke und Kalke des Rät (o.Trias) an. Hangabwärts bilden Mergel der Kössener Schichten den Untergrund. Die Böden (Parabraunerde) weisen einen dichten Bewuchs mit montanen Rasengesellschaften auf.

Im Bereich der Lawinenhänge konnten keine natürlich oder anthropogen verursachten Bodenschurfschäden durch Schneebewegungen festgestellt werden.

Im Gegensatz dazu treten am Südosthang des Stümpfling (1401 m ü.NN), der ebenfalls aus Kössener Schichten (Rät) aufgebaut wird und an dem keine Schneefeldsprengungen durchgeführt werden, natürlich bedingte Schneeschurfschäden in der Bodendecke und durch Schneekriechen verursachte Translationsbodenrutsche zwischen 1400 m ü.NN und 1370 m ü.NN auf.

b) Sprengfeld mit Schurfschäden in der Vegetations- und Bodendecke, aber mit gleichgebliebenen Schurfflächengrößen seit Sprengbeginn

Sprengfeld und Lawinengang befinden sich am ost-nordostexponierten Hang des Bodenschneidrates zwischen 1580 m ü.NN und 1350 m ü.NN. Der Bodenschneid-

grat gehört zum Stümpflinggebiet und liegt westlich Oberer und Unterer Firstalpe zwischen Suttstein (1401 m ü.NN) und Krettenburg (1477 m ü.NN), südwestlich der Ortschaft Josefthal, Lkr. Miesbach. In diesem Gebiet werden seit dem Winter 1966 Schneefeldsprengungen durchgeführt. Seit 1971 steht eine Sprengseilbahn zur Verfügung, wobei es an vier Sprengstellen zur künstlichen Lawinenauslösung kommt.

Der untersuchte Hang weist im Untergrund Hangschutt aus triassischen Rätalken auf, die am Bodenschneidgrat anstehend sind.

Zahlreiche Grundlawinenabgänge und nachfolgende Rinnenerosion durch Schmelzwasser und oberflächlich abfließendes Wasser infolge von Starkniederschlägen ließen im mit montanen Rasengesellschaften bewachsenen Hangschuttkörper unterschiedlich breite Schuttreisen entstehen. Sie beginnen direkt an der Gratkante, werden hangabwärts immer tiefer und gehen ab der Hangmitte in fossile bis subfossile Hangschuttkegel über. Stellenweise ist eine geringe rezente Bestreuung dieser Schuttkegel mit Schutt unterschiedlicher Korngröße zu beobachten.

Bildvergleiche zeigten, daß seit 1952/53 keine wesentliche Zunahme von Erosionsschäden in bezug auf Ausdehnung derselben und Neubildung von solchen infolge Massenschurfes durch Lawinen und Wasser erfolgt.

c) Sprengfelder in Fels- und Schuttregionen ohne Bewuchs

Als Vertreter dieses Typs seien hier die nach Norden ausgerichteten Lawinhänge der Bernadewände östlich der Alpspitze (2619 m ü.NN) im Landkreis Garmisch-Partenkirchen angeführt (Nr. 5). Die zwischen 1600 m ü.NN und 1700 m ü.NN gelegenen Sprengfelder werden seit 1974 über eine Sprengseilbahn erreicht, wobei an zwei Sprengpunkten die Schneefelder zum Abgang gebracht werden. Wand- und gipfelbildend ist der steilgestellte Wettersteinkalk der mittleren Trias (Ladin). Der Wandfuß wird von z.T. grobblockigen, rezenten (Verwitterungsschutt, Felssturzmaterial) Hangschuttfeldern verdeckt (Haldengang). Hier treten zum Teil vereinzelt Schuttbesiedler auf; dagegen sind die Sprengfelder frei von Vegetation.

Aufgrund der geologischen und damit im Zusammenhang stehenden vegetationsmäßigen Verhältnisse konnten keine Bodenverwundungen weder durch künstlich ausgelöste, noch durch natürliche Lawinenabgänge festgestellt werden.

zu 2. Sprengfelder mit Erosionszunahme

Eine Zunahme des Bodenschurfes durch Schneebewegungen zeigte sich in Gebieten

- a) mit relativ wenigen Schneefeldsprengungen pro Wintersaison
- b) und in solchen Sprenggebieten, die mehr oder weniger extensive Grünlandbewirtschaftung aufweisen.

Zu a) In Gebieten mit relativ geringer Sprengtätigkeit (meist Sprengungen mittels Stangen oder Hubschrauber) kann die Schneemächtigkeit u.U. stärker anwachsen, als in häufiger akut lawinengefährdeten Bereichen, in denen zahlreiche Sprengungen pro Wintersaison durchgeführt werden müssen. Treten in ersteren Sprengfeldern Schneebewegungen auf (Schneekriechen; frühjahrsbedingte Bodenlawinen und Schneerutsche), dann ist die Scherkraft der Schneedecke, die sich auf den Boden oder auf Hindernisse überträgt desto größer, je mächtiger die Schneedecke ist. Die Gefahr von Bodenschurf durch Schneerutsche und -gleiten im Frühjahr wird noch dazu durch eine vergleichsweise

länger andauernde Ausaperungsphase erhöht. Auch können bei größeren Schneemächtigkeiten erhebliche Schmelzwassermengen zum Abfluß gelangen, die, sofern sie in den Boden eindringen können (z.B. bei Zugrissen), für eine größere Bereitschaft desselben zu Bewegungen beitragen. Wenige Lawinensprengungen, z.T. sogar in Abständen von einigen Jahren, erfolgen im Sprengfeld "Käferl" im Gebiet des Geigelsteins, südwestlich der Wirtsalpe zwischen 1450 m ü.NN und 1550 m ü.NN (Nr. 10). Auf dem östlich exponierten Hang kommen nur Stangensprengungen zum Einsatz.

Grat und Steilhang des muldenartigen Lawinengebietes werden aus Liasfleckenmergeln aufgebaut (Jura). Der daraus hervorgegangene Boden neigt infolge seines meist hohen Schluff- und Tongehaltes bei Vernässung und einer Störung in seinem Gleichgewicht (z.B. Ribildung durch Schneekriechen) sehr leicht zu Massenselbstbewegungen wie Translationsbodenrutschungen. Hangabwärts geht der stark geneigte Lawinengang des Käferls in den flacheren Schuttboden des Geigelsteinkars über.

Die Hänge zeigen eine Vegetationsbedeckung aus montanen Rasengesellschaften, die stellenweise unterschiedlich stark von rezemem grob- bis mittelstückigem Verwitterungsschutt aus den anstehenden Kiesel- und Kössener Kalken überlagert wird.

Im Lawinengebiet des Käferls gelangen, wie schon erwähnt, nur sehr selten Schneefelder zur Absprngung. Besonders in den oberen steilen Teilen der Fleckenmergelböschung des Käferls finden sich aber ausgedehnte Schneeschurfbloiken, die bis in den Verwitterungsschutt greifen, aber ohne Zweifel nur auf natürlichen Schneeschurf zurückzuführen sind. Seit dem Lawinenwinter von 1974 weist dieser Hang starke Erosionsschäden auf, die 1977 im Frühjahr durch Grundlawinenabgänge vergrößert wurden. Aufgrund einer zu geringmächtigen Altschneeunterlage konnten die Neuschneemengen durch Sprengung nicht mehr zum Abgang gebracht werden, so daß auf dem bereits erwärmten Boden große Grundlawinen mit starker Schurfkraft abgingen.

Zu b) Sprengfelder mit extensiver Grünlandbewirtschaftung weisen ebenfalls meist eine Zunahme von Bodenschurfschäden auf. Im Gegensatz dazu werden einerseits durch regelmäßige Weide (und Mahd) Gräser und Kräuter kurz gehalten, so daß von der Vegetation her nur geringe Widerstände gegen das Schneekriechen vorhanden sind. Zugrißentstehungen durch Schneebebewegungen sind daher kaum zu erwarten. Andererseits werden durch das Weidevieh einmal vorhandene Zugrisse mit Vorliebe als Pfade benützt und dabei zugetreten. Oberflächlich abfließendes Wasser kann somit nicht oder nur erschwert in den Boden eindringen.

An den Hängen, die noch beweidet werden, treten daher Blaiken nur in geringem Maße auf; ihre Bildung wird wirksam unterbunden. "Hört die Beweidung auf, so tritt die Blaikenbildung mit erhöhter Geschwindigkeit in Erscheinung, da die Pflanzenzusammensetzung dieser Bergwiesen -durch jahrhundertelange Bewirtschaftung verändert- für Blattanbrüche geradezu prädestiniert sind" (SCHAUER, 1975: 16).

Derartige Verhältnisse treffen für die zunehmenden Erosionserscheinungen am Sprengfeld "Sieglhang" an der Skiabfahrt vom Wendelstein nördlich von Bayrischzell zu (Lkr. Miesbach; Nr. 9).

Das Sprengfeld liegt zwischen Siegel Alpe (1325 m) und Bockstein (1528 m) auf einer Höhe zwischen 1270 m ü.NN und 1500 m ü.NN und weist eine südöstliche bis östliche Exposition auf. Mit zwei Sprengseilbahnen werden zwei Sprengpunkte im schmalen muldenförmigen Lawinengebiet erreicht. Am oberen Sprengpunkt wird die Lawine des Bockstein Gipfels (Exposition SE), am unteren Sprengpunkt das östlich exponierte Schneefeld gegenüber der Siegelalpe zum

Abgang gebracht.

Den geologischen Untergrund des Sprengfeldes "Siegldang" bildet im wesentlichen Wettersteinkalk. Nur randlich tritt noch etwas Hauptdolomit in Erscheinung. Das glazial überprägte Gelände wird von mehr oder weniger mächtigem Verwitterungsmaterial und Schutt der Lokalvergletscherung ummantelt, das dem Gebiet sanfte Hangformen verleiht. Diese weisen eine Vegetationsbedeckung aus montanen Rasengesellschaften und von einzeln oder in kleinen Gruppen stehenden Fichten, Buchen und Bergahorn auf.

Bis vor 15 Jahren wurde der Siegldang noch von ca. 20 Stück Vieh regelmäßig beweidet, während zur Zeit nur mehr 5 Kälber gesömmert werden. Bei der Begutachtung des Geländes konnten, besonders in Lawinstauzonen, vereinzelt größere Schneeschurfblaiken und Translationsbodenrutsche sowie häufigere kleinere Schneeschurfschäden in der Vegetations-Bodendecke festgestellt werden.

Nach Aussagen Ansässiger traten in Zeiten regelmäßiger Beweidung keine Schneeschurfschäden auf. Diese entstanden erst mit dem Einsetzen der extensiven Bewirtschaftung und schon vor Beginn der ersten Schneefeldsprengungen. Die Blaiken vergrößerten sich in den letzten Jahren durch frühjahrsbedingtes Schneegleiten, wobei auch Translationsanbrüche entstanden.

Zuletzt sei auch noch auf die Witterungsverhältnisse der letzten Jahre hingewiesen, die als dritte mögliche Ursache der Erosionszunahme in Sprengfeldern berücksichtigt werden muß.

Die vergangenen Frühjahre waren durch ausgiebige Schneefälle charakterisiert. Der Neuschnee fiel entweder auf den schon erwärmten Boden oder führte zur verstärkten Gewichtsbelastung einer noch vorhandenen Altschneedecke. Ausgiebige und starke Schneerutsche und Bodenlawinen und damit die vermehrte Bildung von Schurfschäden waren die Folge. Besonders der Winter 1974/75 zeichnete sich durch außergewöhnliche schadbringende Schneerutsche und Lawinen infolge seines Schneereichtums aus. Dabei kam es auch auf Hängen, die für einen langen Zeitraum frei von größeren Schneebewegungen geblieben waren, zur Entstehung von Schneeschurfschäden und Blaiken (Blattanbrüche) durch Translationsbodenrutsche.

Als Beispiel dafür sei das Gebiet an der Breitenstein-Leiten im Gebiet des Geigelstein-Breitenstein südwestlich von Schleiching im Landkreis Traunstein angeführt. Dort befindet sich zwischen 1600 m ü.NN und 1400 m ü.NN, topografisch links des Breitensteingipfels (1661 m ü.NN) und unterhalb des zum Geigelstein ziehenden Grates ein nord- nordost-exponierter Lawinengang. Abrißstellen der Lawinen sind die steilen bis senkrechten Felswände unterhalb des Grates. Durch natürliche gravitative Schneebewegungen sowie durch die ab- und ausspülenden Wirkungen von Schmelz- und Regenwasser haben sich in den an die Wände anschließenden z.T. bewachsenen Hangschuttkörpern, mehrere mehr oder weniger kurze Rinnen gebildet. Schutt aus diesen Rinnen bestreut in lockerer Ausdehnung die darunter liegenden Wiesenhänge. Im Gelände zwischen den Rinnen treten zahlreiche Schneeschurfflächen, Translationsbodenrutsche und Anrisse im Boden auf.

Seit den schneereichen Wintern 1974/75 und 1977/78 ist an diesen Hängen eine starke Zunahme der Erosionsschäden zu beobachten. Durch die häufigen natürlichen Schneebewegungen dieser Winter hat sich nicht nur die Anzahl der Schneeschurfschäden, sondern auch die Tiefe der Blaiken und Rinnen erhöht. Auch Deformationen an Krummholz durch Schneeschub und Lawinen wurden festgestellt.

zu 3. Sprengfelder mit Erosionsabnahme

In einigen Lawenstrichen, in denen vor Einführung der Schneefeldsprengungen häufig Bodenlawinen abgingen und dadurch bedingt starke und z.T. ausgedehnte Schurfschäden in der Bodendecke auftraten, konnte ein Rückgang der Erosionserscheinungen, d.h., eine gänzliche oder teilweise Wiederbesiedlung der Schurf- und Anbruchsflächen mit Vegetation sowie ein verstärktes Pflanzenwachstum und damit eine allgemeine Hangstabilisierung beobachtet werden.

Dies trifft z.B. für Teile des Garland-Hanges zwischen Brauneck (1555 m ü.NN) und Garland Alm südwestlich von Lenggries (Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen, Nr. 6) zu. Die vier Lawenstriche des Garland-Kessels werden von zwei Lawinsprengbahnen erreicht. Die Sprengfelder sind nordöstlich- bis östlich exponiert und liegen in einer Höhe zwischen 1500 m ü.NN und 1240 m ü.NN.

Der Garland-Kessel bildet morphologisch gesehen ein Kar, dessen Entstehung auf die diluviale Lokalvergletscherung zurückzuführen ist. Steile und z.T. felsige Grate begrenzen das Kar. Im Norden bestehen jene aus Lias-Kieselkalken, geringmächtigen Hierlatzkalken (Lias), Hauptdolomit (Nor) und Raibler Schichten (Karn); im Süden aus Kössener Kalken (Rät) und Hauptdolomit. Brauneck-Gipfel und Gipfelgrat bis zur Seilbahn-Bergstation, sowie der östlich anschließende Steilhang weisen im Untergrund liassische Kieselkalke, sekundär Hierlatzkalke auf.

Die Kiesel- und Hierlatzkalke des Lias sind z.T. tiefgründig verwittert und bilden steile Wiesenhänge. Standfesteres Material (auch Hauptdolomit) blieb in kleinen Rippen stehen. Diese ziehen unmittelbar vom Brauneckgrat in kurzer Längserstreckung nach Osten und gliedern die Lawinenhänge in muldenförmige Teilbereiche auf.

Hangabwärts schließt alluvialer Verwitterungsschutt an. Den Karboden bildet Moränenmaterial, z.T. in Wallform, der Lokalvergletscherung. Stellenweise werden die Hänge mit rezentem Schutt aus Felsstürzen und Lawinenschurfrinnen in unterschiedlicher Ausdehnung und Mächtigkeit bedeckt.

Montane Rasengesellschaften kennzeichnen die Vegetationsbedeckung der Lawenstriche und des Karbodens. Die Steilhänge der Karflanken sowie die erwähnten z.T. felsigen Rippen weisen einen lockeren Baumbestand auf.

An den Grashängen des Garland konnten z.T. starke Schurfschäden vorwiegend infolge von Bodenlawinen und Schneerutschungen festgestellt werden. Besonders ausgeprägte Erosionsschäden fanden sich im Lawenstrich des sogenannten Großen Garland, wo nicht nur flächige Schurfstellen speziell in oberen Hangbereichen, sondern hangabwärts auch langgestreckte Schurfrinnen zur Ausbildung kamen.

Rinnen und Schneeschurfblaiken waren schon vor dem Einsetzen der Sprengungen im Jahre 1972 in ihrer Ausdehnung zur Zeit der Geländeaufnahme in etwa vorhanden. Dies dürfte mit der Auflassung der intensiven Beweidung vor ca. 20 Jahren zusammenhängen; nach diesem Zeitpunkt wurde nur mehr vereinzelt Jungvieh aufgetrieben. Außerdem sorgten sehr hohe Wächtenbildungen und Schneeanstimmungen für zahlreiche Lawinenabgänge.

In der vergangenen Zeitspanne hat die Erosion in den oberen Hangpartien stark zugenommen. Durch hohe Oberflächenabflüsse infolge von Schneeschmelze und von Starkregen wurden Blaiken und Rinnen intensiv ausgewaschen. Zur Zeit der Begehung wies der Hang dort lokal ausgeprägte Merkmale beginnender Rutschungen auf.

Seit nun regelmäßige Lawinsprengungen mit Hilfe zweier Sprengbahnen durchgeführt werden, wird der Aufbau großer Wächten und Schneemächtigkeiten

an den Graten und Hängen, sowie der Abgang von schadbringenden Bodenlawinen weitestgehend verhindert. Es treten im Frühjahr, wie erwähnt, nur mehr zusammenhanglose, kleine erodierende Schneerutschungen in den steilen Oberhängen auf.

In den hangunteren flacheren Bereichen jedoch konnte eine Abnahme der Erosionsflächen infolge einer stetig fortschreitenden Besiedlung von Rinnen und Blaiken mit Vegetation seit Beginn der künstlichen Schneefeldsprengungen und damit eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften des Bodens registriert werden. Dies ist eindeutig eine Folge des Ausbleibens von weitreichenden und stark schürfenden Bodenlawinen. Infolge der geringeren Hangneigungen finden in diesen Hangabschnitten auch kaum intensive Schneegleitungen und -kriechbewegungen mit Bodenkontakt im Frühjahr statt.

Eine Vegetationszunahme war auch in einigen Sprengfeldern am Jenner südöstlich des Königssees im Landkreis Berchtesgadener Land (Nr. 13) zu verzeichnen. An der Nordostseite des Jennergipfels (1874 m ü.NN) ziehen mehrere Lawinengräben zu Tal. In ihnen traten infolge des Bewuchses mit Zwergsträuchern, Krummholz, Gräsern und Erlen schon vor dem Einsetzen der Schneefeldsprengungen im Jahre 1972 keine Erosionsschäden auf.

Seitdem die Schneemassen dieses Lawinenganges mit Hilfe einer Sprengbahn an zwei Sprengstellen bei entsprechendem Neuschneezuwachs ständig reduziert wurden, nahmen Dicht und Höhe des Bewuchses stark zu.

Gegensätzliche Verhältnisse weist der anschließende Hang der Bergbahntrasse auf. Hier, wo keine Lawinensprengungen durchgeführt werden, sind durch Grundlawinenabgänge großflächige Schurfschäden und Translationsanbrüche im Boden entstanden.

Auch in den beiden Lawinengräben am Mitterkaserweg, nordwestlich der gleichnamigen Alm zwischen 1610 m ü.NN und 1400 m ü.NN, wurde durch regelmäßige Sprengungen von Oberlawinen Längenwachstum und Dichte des natürlichen Erlenbestandes gefördert, so daß deren Kronen nicht mehr eingeschnitten werden. Auf diese Weise wird das Umlegen der Bestände weitgehend verhindert und dem Schneegleiten ein größerer Widerstand entgegengesetzt.

SCHLUSSFOLGERUNG

- a) Ein schlüssiger Beweis eines direkten Zusammenhanges zwischen Schneefeldsprengungen und Bodenerosion wurde nicht gefunden
- b) Zunehmende Erosionserscheinungen traten in Bereichen mit ausgesprochen seltenen Lawinensprengungen und in Sprengbereichen mit extensiver Grünlandbewirtschaftung auf. In vielen Fällen konnte jedoch die Zunahme von Bodenschurfschäden auf die starken Schneegleitungen und -rutschungen der letzten Frühjahre, besonders von 1974/75, bedingt durch entsprechende Schneefälle, zurückgeführt werden.
- c) Schneefeldsprengungen verhindern das Auftreten von Großlawinen und vermindern infolge der Reduzierung der Schneemächtigkeiten die Gefahr von bodenhaftenden, schürfenden Schneekriech- und Schneegleitbewegungen. Die

dadurch bedingten kleineren Schubspannungen in der Schneedecke verringern die Möglichkeit einer Neu- oder Weiterbildung von Schurfflächen. Anhand der Gesamtuntersuchung und der aufgezeigten Beispiele drängt sich daher die Annahme auf, daß Schneefeldsprengungen auf geeigneten Standorten eine natürliche Wiederbegrünung von Bodenschurfschäden und Anbruchflächen zulassen. Auch das allgemeine Wachstum von in Lawenstrichen bereits vorhandenen Pflanzengesellschaften scheint begünstigt zu werden, wie direkte Vergleiche mit unbeeinflussten Lawinhängen gezeigt haben.

- d) Im Falle eines strengen Winters mit langanhaltender großer Kälte wäre es denkbar, daß im Bereich der Sprengfelder durch das bei geringerer Schneemächtigkeit zu erwartende vertikale Temperaturgefälle die Bildung von Schwimmschneeschichten begünstigt wird. Dieser Effekt, der theoretisch Bodenlawinenabgänge fördert, scheint jedoch gegenüber den vorweg angeführten Gründen eine untergeordnete Rolle zu spielen.
- e) Wie die Verteilung von Lawenschurfschäden und Translationsanbrüchen in den 25 ausgewerteten hydrographisch-morphologischen Karten der bayerischen Alpen 1 : 25 000 zeigt, weist fast die Hälfte (940 km²) des untersuchten Raumes von 2276 km² Schäden in der Bodendecke durch natürliche Schneebewegungen auf. Es ist daher unter Berücksichtigung des Lawinenwinters 1974 und der z.T. starken Schneerutschungen der nachfolgenden Frühjahre nicht verwunderlich, wenn auch in Gebieten mit Schneefeldsprengungen zunehmende Erosionserscheinungen anzutreffen waren. Um so mehr ist aber die Tatsache hervorzuheben, daß in einem weitaus überwiegenden Teil der untersuchten Sprengfelder die Standortverhältnisse gleich geblieben sind und in einigen Bereichen die Erosion durch Schneebewegungen seit Beginn der Schneefeldsprengungen merklich abgenommen hat.

ZUSAMMENFASSUNG

In Bayern beschränken sich Schneefeldsprengungen weitgehend auf den touristischen Bereich -wie übrigens im Nachbarland Schweiz- auch. Es wird nur die Oberschneesprengung angewandt, die keine Bodenerosion beim Sprengvorgang erzeugt. Seit 1965 werden in Bayern Schneefeldsprengungen durchgeführt. Nach den Sprengungen sind keine Lawinen im behandelten Gebiet niedergegangen. Dies spricht für eine sichere und maßvolle Anwendung. In Bayern werden die Lawenstriche und ihr Abrißgebiet vor dem Anlegen einer Sprengbahn jahrelang vorher beobachtet, so daß die Gewähr besteht, daß die Sprengbahn an der richtigen Stelle angeordnet wird.

Schneefeldsprengungen werden nur dort angewandt, wo eine natürliche Lawine früher oder später abgehen würde. Es werden also keine zusätzlichen Lawinen erzeugt, man will nur der Natur zuvorkommen. Dabei entstehen kleine Staublawinen oder Lockerschneelawinen, die die Vegetation im Lawenstrich belasten können. Sie vermeiden aber die sonst natürlich auftretenden Großlawinen oder Schneebretter im Frühjahr, die an der Vegetation durch Schurf und Luftdruck

weit größeren Schaden anrichten können. Daher ist es nicht verwunderlich, daß die untersuchten Lawenstriche mit Sprengbahnen eine Vegetation ohne besondere Schädigung aufweisen. Sicher wird dort nie Hochwald aufkommen, aber der würde auch in einem natürlichen Lawenstrich nicht gedeihen und wäre dort wohl auch unnatürlich.

Nicht unerheblich erscheint, daß durch die Schneefeldsprengung im Lawenstrich die Vegetationszeit verlängert wird und damit die Voraussetzungen für die natürliche Sukzession verbessert werden. Von irreparablen Naturschäden, wie von Einzelnen behauptet, kann bei Kenntnis der Zusammenhänge wirklich nicht die Rede sein. Insgesamt gesehen, dient das Schneefeldsprengen heute dem Schutz unserer Bevölkerung. Ökologische Schäden oder eine Vermehrung der Erosion sind nicht nachweisbar.

BIBLIOGRAPHIE

- Bunza, G. und Christa, R., 1981: Zum Problem der Bodenerosion durch Schneefeldsprengungen in den Bayerischen Alpen.
Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, H. 16, 56 S.
- Pröbstle, E.; 1981: Zusammenfassung. In: Einfluß von Schneefeldsprengungen auf die Erosion.
Kolloquium vom 02. bis 03. Juli 1980, Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, München, Heft 8/81
- Schauer, Th., 1975: Die Blaikenbildung in den Alpen.
Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, H. 1, 30 S.

ÜBER DIE LAWINENSTATISTIK IN ÖSTERREICH

von Ingo Merwald

Institut für Wildbach- und Lawinenverbauung
Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

SUMMARY

Continually very different data concerning avalanches and avalanche accidents are propagated by the mass media. To clarify the ways of registration of avalanche accidents, different existing statistics and the results of research made by the author himself, are described in detail in this paper. In Austria approximately 4,400 avalanche paths are registered (avalanche paths according to the forest law 1975). But as a matter of fact only a number of about 40 to 400 avalanches cause damage and/or claim victims every year. Depending on the period of time considered, the yearly number of victims (people killed by avalanches) in Austria ranges between 32 during the period of winters from 1946/47 to 1980/81 and 26 between the winters from 1967/68 to 1981/82, including tourists from other countries.

ZUSAMMENFASSUNG

Immer wieder werden in den Massenmedien sehr verschiedene Zahlen betreffend Lawinen und Lawinenunfälle verbreitet. Um zu einer Klärung beizutragen werden in diesem Bericht Meldewesen, bestehende Lawinenstatistiken und die Ergebnisse eigener Erhebungen ausführlich dargestellt. In Österreich sind etwa 4.400 Schadenslawinenzüge (Einzugsgebiete von Lawinen im Sinne des Forstgesetzes 1975) registriert. Tatsächlich treten jedoch pro Jahr nur etwa 40 bis 400 Lawinen schaden- und unfallverursachend auf. Je nach den betrachteten Zeiträumen schwankt die Zahl der jährlichen Lawinenopfer zwischen 32 (1946/47-1980/81) und 26 (1967/68-1981/82) in Österreich (ausländische Touristen mitgerechnet).

EINLEITUNG

Da immer wieder widersprechende und unglaubliche Meldungen über Lawinentote und jährlich abbrechende Schadenslawinen durch unsere Medien verbreitet werden, wird hier versucht Klarheit zu schaffen. Im letzten Winter wurde sogar behauptet, daß jährlich 41 % aller Lawinentoten der Alpen auf Österreich entfallen, und daß jährlich 4.300 Schadenslawinen in Österreich abbrechen. Diese Zahlen standen nicht nur in vielen Zeitungen, sie wurden sogar in einer Rundfunksendung durchgegeben. Man hat offensichtlich die Zahl der überhaupt in Österreich registrierten Schadenslawinenstriche (ca.4.400) mit den tatsächlich pro Jahr auftretenden Schadenslawinen (etwa zwischen 40 und 400) verwechselt.

ÜBERSICHT ÜBER DERZEIT VORHANDENE LAWINENSTATISTIKEN:

S t a t i s t i k d e r L a w i n e n u n f ä l l e u n d L a w i n e n t o t e n

Statistiken über Lawinenunfälle und Lawinentote des gesamten Bundesgebietes gibt es in Österreich von Hofrat Dipl. Ing. A. Gayl ab dem Winter 1946/47 bis zum Winter 1975/76. Sie wurden von der IKAR (IKAR = Internationales Komitee für Alpines Rettungswesen) und später auch vom Kuratorium für alpine Sicherheit publiziert. Einzelne Daten hiezu stammen vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (BMLF) und der Forstlichen Bundesversuchsanstalt (FBVA). Ab dem Winter 1976/77 wurde die Erstellung dieser Statistik von Dr. Bauer übernommen.

Das BMLF führte seit dem Jahre 1945 bis 1963 eine nach Sektionen aufgegliederte Liste über Verluste an Menschenleben durch Lawinen. Sie ist aber nicht nach Wintern, sondern nach Jahren aufgeschlüsselt und überdies hinsichtlich Tourenskiläufer nicht vollständig (pers. Mitt. Min.Rat Gschwendtner).

In den Schweizer Winterberichten, die es seit 1936/37 gibt, erschienen anfänglich im Teil "Lawinenunfälle außerhalb der Schweizer Alpen" auch Meldungen des Tiroler Bergrettungsdienstes. Ab 1966/67 wurden IKAR-Berichte verwendet. Insgesamt waren aber diese Meldungen nicht vollständig. Ab dem Winter 1967/68 wurden in den Schweizer Berichten auch statistische Schadensmeldungen angeführt. Ab 1968/69 wurde in den Schweizer Berichten die Unfallstatistik von Dipl.-Ing. A. Gayl verwendet.

L a w i n e n s t a t i s t i k ü b e r P e r s o n e n - u n d S a c h s c h ä d e n

Am Institut für Wildbach- und Lawinenverbauung der FBVA, werden die Schadenslawinen seit dem Winter 1967/68 erhoben und wurden bis zum Winter 1974/75 vollständig und ausführlich in den Mitteilungen der FBVA publiziert (Merwald 1970, 1971, 1974, 1975, 1978).

Die Veröffentlichungen des Institutes schlossen insofern eine Lücke, da es in Österreich trotz mehrfacher Ansätze keine umfassende Lawinendokumentation gab, die auch die von den Lawinen verursachten Sachschäden enthielt. Einzelne Autoren beschrieben wohl besondere Lawinenkatastrophen oder kurze Gebietschroniken (Brandtner und Krasser 1955, Flaig 1955 und Wagner, in späterer Zeit Gayl, Kronfellner-Kraus, Schilcher, Hanausek u.a.), während die Beobachtungen in anderen Jahren wieder völlig zum Erliegen kamen. In der erwähnten Dokumentation des Fachinstitutes der FBVA wird ab dem Winter 1967/68 versucht, möglichst alle Lawinenereignisse zu erfassen, sofern sie Personen- und Sachschäden verursachten oder sonstige Aufwendungen zur Folge hatten. Dazu werden alle Meldungen verwendet, die in dankenswerter Weise von allen in Betracht kommenden Dienststellen (Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Gendarmerie, Straßenmeistereien, Bundesbahn, Lawinenwarndienst u.s.w.) zur Verfügung gestellt werden. Da die Erhebungen von Lawinentoten auf Schwierigkeiten stoßen, ist es notwendig auch auf das Meldewesen einzugehen.

D A S M E L D E W E S E N :

M e l d e b l a t t d e r G e n d a r m e r i e - d i e n s t s t e l l e n :

Seit dem Jahre 1969 bemüht sich die FBVA ein bundeseinheitliches Meldewesen im Rahmen der Gendarmeriedienststellen zu erreichen. Nach Verhandlungen zwischen dem Innenministerium und dem BMLF kam es zum Erlaß des Gendarmerie-Zentralkommando's, der am 13. Juli 1973 den Gendarmeriepostenkommanden zugeteilt wurde. Sie wurden verpflichtet, alle Schadenslawinen im aufgelegten 5-fachen Meldeblatt anzuführen und an die zuständigen Dienststellen weiter zu versenden. Diese Dienststellen sind die Gebietsbauleitungen und die Sektionen der WLW, die FBVA und die Landesgendarmerie Kommanden. Das Meldeblatt wurde auch in der Alpinvorschrift (GDV-GÖV) verankert. Das Meldeblatt wird den Landesgendarmeriekommanden direkt von den WLW-Sektionen zugesandt. Im Jahre 1979 wurde das Lawinen-Formular dahingehend verbessert, daß bei der Lawinenklassifikation eine bessere Übersicht geschaffen wurde. Einzelne Schadensspalten erhielten eine Erweiterung und genauere Unterteilung. In diesem Rahmen wurden auch für die Aufstiegshilfen getrennte Spalten vorgesehen, zusätzlich

Schlipisten und Abfahrten neu aufgenommen und in gesperrte und nicht gesperrte unterteilt. Dadurch wird der Erhebungsbeamte zu einer eindeutigen Entscheidung veranlaßt. In den letzten Jahren wurde durch persönliche Kontakte mit dem Alpinreferenten der einzelnen Bundesländer und den besonders betroffenen Gendarmerieposten das Niveau dieser Meldungen stark gehoben und ihre Weiterleitung zur Zufriedenheit unserer Abteilung erreicht. Die Lieferung der Alpinvorschrift (GDV-GÖV) vom 10.3.1982 enthält unter Pkt.XI-2.5.2. eine einseitenlange Vorschrift über Erfassung der Lawinen und die Ausfüllung des aufliegenden Formulars. Nicht erreicht wurde dagegen (von Ausnahmen abgesehen), eine einheitliche und gewissenshafte Durchsicht der Meldeblätter durch die Gebietsbauleitungen der WLW und eine verlässliche Weiterleitung an die Sektionen.

M e l d e b l a t t d e r G e b i e t s - b a u l e i t u n g e n :

Vom Institut für Wildbach- und Lawinenverbauung wurde in Zusammenarbeit mit den Sektionen der WLW ein eigenes Meldeblatt für Lawinen und für Wildbäche erarbeitet. Eine bundeseinheitliche Verwendung konnte bis heute jedoch nicht erreicht werden.

Zum Nachteil des Bearbeiters wirkt sich ein nicht vorhandener einheitlicher österr. Lawinenkataster aus. Derzeit verwendet jede Sektion eigene Formblätter und eigene Ziffernsysteme. Die Sektionen Steiermark und Niederösterreich haben noch keine Lawinenkataster.

D i e M e l d u n g e n d e r B a h n u n d S t r a s s e n m e i s t e r e i e n :

Sie werden von mit Lawinen befaßten Streckenleitungen direkt unserem Institut zur Verfügung gestellt. Dies betrifft besonders die Arlberg-Westrampe (Streckenleitung Dalaas) und das Gesäuse (Streckenleitung Hieflau) sowie die Straßenmeisterei Köttschach-Mauthen.

M e l d u n g e n v e r s c h i e d e n e r V e r e i n e u n d O r g a n i s a t i o n e n ,

Darunter fallen besonders die Meldungen der Einsatzleiter des Bergrettungsdienstes, die ich entweder über Herrn Hofrat Dipl.-Ing. A. Gayl oder durch direkte Kontaktaufnahme erhalte.

E i g e n e E r h e b u n g e n d e s I n s t i t u t e s

Eigenerhebungen werden vor allem bei großen Lawineneignissen und zur Ergänzung von diversen Sachschadensmeldungen durchgeführt.

Diese gesammelten Lawinenberichte gestatten nicht nur spezielle Analysen und Auswertungen, sondern auch Vergleiche auf internationaler Ebene. Auswertungen und Vergleiche der österreichischen Lawinenberichte in dieser Hinsicht gab es bereits in den Publikationen der FBVA durch Merwald 1976 und 1978, Kronfellner-Kraus u. Merwald, 1978 u. 1980, wobei letztere besonders auf die Waldschäden Bezug nahmen.

VERGLEICHE DER EINZELNEN STATISTIKEN

Gayl ermittelte in seiner Lawinenstatistik vom Winter 1946/47 bis 1975/76, das sind 30 Lawinenwinter, 920 Tote, das sind pro Lawinenwinter (30,7) 31 Tote. Die Schweiz mit 711 Toten erreicht einen Schnitt von (23,7) 24 pro Winter. Diese Werte enthalten aber die beiden völlig aus dem Rahmen fallenden Katastrophenwinter 1950/51 und 1953/54 mit zusammen 248 Toten allein in Österreich. Die 1. Katastrophe im Jahre 1950/51 erschütterte Tirol (54 Tote), Salzburg (allein beim Ölbrennergut 14 Tote) und Kärnten. Die Katastrophe im Jahre 1953/54 traf Vorarlberg mit 125 Toten schwer. Würde man zum Beispiel die beiden Katastrophenwinter aus der österr. und der Schweizer Statistik streichen, so würden sich Werte von 24 und 21 Lawinentoten für Österreich und die Schweiz im Jahre ergeben.

Aulitzky bringt in "Endangered Alpine regions and disaster prevention measures" (1974) einen Jahresdurchschnitt von 36 Toten in 21 Jahren für Österreich, für die Schweiz in demselben Zeitraum nur 24 Tote. Der letztere Wert muß aber entsprechend von kleineren Ungenauigkeiten auf 26 Tote für die Schweiz erhöht werden. Für Österreich ergibt sich bei dieser Statistik insoferne ein so schlechtes Bild, weil diese genau 1 Jahr vor der ersten großen Lawinenkatastrophe (mit 135 Toten) beginnt. 1953/54 folgt dann bereits der nächste Katastrophenwinter mit 143 Lawinentoten (Tab. 1).

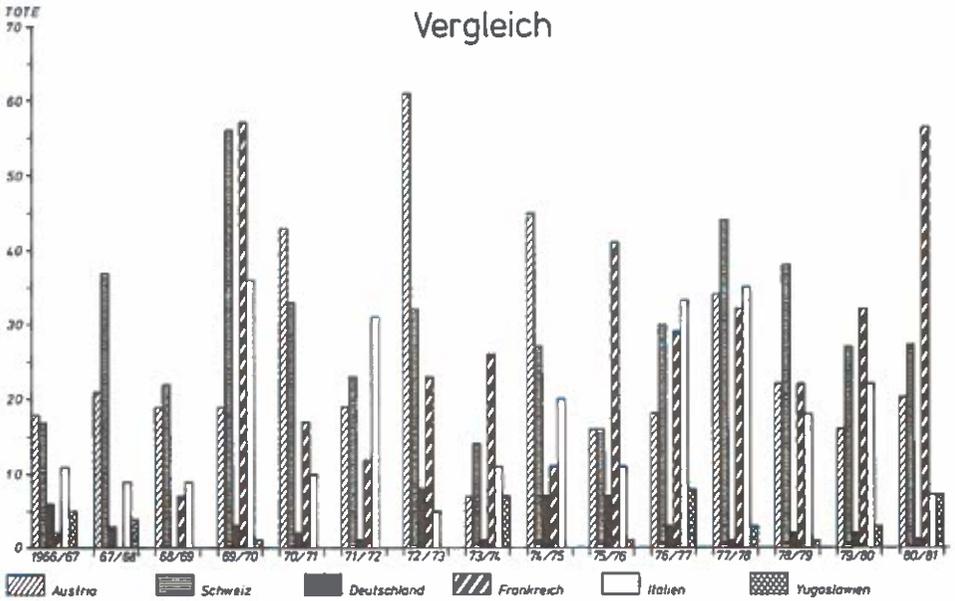
Williams (1975), der die Werte von Aulitzky übernahm, verschlechterte dieses Bild noch mehr, indem er den Schweizer Durchschnitt aus den Wintern 1940/41 - 69/70 mit 25 Lawinentoten errechnete. Womit darauf verwiesen wird, daß vergleichbare Statistiken nur über gleichlange Zeiträume zulässig sind.

Vom Winter 46/47 - 80/81, das ist ein 35-jähriger Durchschnitt, ergibt sich aus den Ermittlungen des Institutes IX der FBVA eine Zahl von (aufgerundet) 32 Toten pro Jahr für Österreich.

Da die Werte der anderen Alpenländer aus früheren Jahren zu ungenau erschienen und an unserem Institut mit eigenen Erhebungen erst ab dem Winter 1967/68 begonnen wurde, wurden die verfügbaren Zahlen an Lawinentoten ganz Europas für den Zeitraum vom Winter 1966/67 bis 1980/81 zusammengestellt, da die Zahlen des EISLF für 1981/82 noch nicht vorlagen, um einen 15-jährigen Durchschnitt zu bekommen (Tab. 2). Aus diesem 15-jährigen Durchschnitt ergibt sich für Österreich ein Wert von 25 Toten pro Jahr, für die Schweiz von 30, für Frankreich von 24, Italien von 18 und je 3 für die BRD und Jugoslawien (Diagramm der Lawinentoten d. Alpen).

den groß ist, so entsteht bei Berücksichtigung der Flächenanteile ein ganz anderes Bild. Die Angaben über den Alpenanteil sind der Veröffentlichung von Aulitzky (1974) entnommen (Tab. 3).

Die Lawinentoten in den Alpenländern im 15-jährigen Vergleich



ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE IN ÖSTERREICH

Seit dem Winter 1967/68 bis 1981/82, in einem 15-jährigen Zeitraum, traten nach eigenen Erhebungen insgesamt folgende Schadenslawinen und Personenschäden auf:

Lawinenabgänge: 2370 das sind 158 durchschnittlich

Lawinenunfälle: 539 - " - 36 - " -

Verschüttete: 1314 - " - 88 - " -

Verletzte: 439 - " - 29 - " -

Tote: 393 - " - 26 (ein Toter mehr im Durchschnitt als im 15-jährigen Zeitraum von 66/67 - 80/81)

Diese, mit einiger Sorgfalt erhobenen Zahlen unterschieden sich erheblich von den behaupteten, die in der Einleitung erwähnt wurden.

Kurzübersicht des Winters 1982/83:

51 Schadenslawinenabgänge

39 Lawinenunfälle

99 Verschüttete

43 Verletzte

23 Tote

SCHLUSSBETRACHTUNG

Lawinentote werden sich nie vermeiden lassen. Jemehr der Schisport Breitensport wird, das schiläuferische Können steigt und die Zahl der Liftanlagen vermehrt wird, umso mehr gehen wir Gefahr, daß die Zahl der Lawinentoten zunimmt. In den letzten Jahren wurde bereits sehr viel für die Aufklärung getan, jedoch ist hier vieles ergebnislos verhallt. Dagegen wurde im Bereich der Sicherung der Aufstiegshilfen, wo seit 1975 eine gesetzliche Regelung eine lawinensichere Abfahrt vorschreibt, und im Bereich der Pisten durch die Lawinenwarnkommissionen, durch einen gut organisierten Pistendienst, durch verstärkte Sicherheitsmaßnahmen und -vorsorge wie Lawinensprengbahnen, deutliche Absperrungen u.s.w. eine bedeutende Risikominderung für den Schiläufer erreicht. Ebenso erhielten die Verkehrswege und die Siedlungsgebiete durch Lawinenwarnkommissionen, "Rote Bauverbotszonen" und Schutzbauten der WLIV einen bedeutend höheren Sicherheitsgrad. Verbesserungen gab es auch im Rettungswesen durch erweiterte Ausbildung, ausgereifte Rettungsgeräte und Schaffung neuer Hubschrauber-einsatzstellen.

Wie bereits eingangs erwähnt wurde, dürfen für Vergleiche von Lawinenstatistiken mit anderen Ländern immer nur vergleichbare Zahlen herangezogen werden. Hier ist einmal die Genauigkeit und Wahrheitsfindung bei der Erhebung und der Weitermeldung zu beachten. Zusätzlich mußte das Flächenausmaß des lawinengefährdeten Gebirgsanteiles des jeweiligen Staates, sowie seine Nächtigungszahlen von Wintersportlern bekannt sein, um eine wirklich vergleichbare Statistik aufstellen zu können.

Da letztere Angaben nicht bekannt sind und nur schwer genauer erhoben werden können, sind alle Lawinenstatistiken über Personenschäden nur bedingt vergleichbar.

Nicht zu vergessen ist, daß ein Lawinenunfall, wie jener vom 4.2.1973 am Brünellkopf in der Gem. Gerlos, die Statistik verfälscht. Damals unternahmen 23 bundesdeutsche Tourenfahrer trotz Lawinengefahr im freien Gelände eine Tour, die mit dem Lawinentod von 10 Schiläufern endete. Sie waren erst am selben Tag, seit den frühen Morgenstunden, von München angereist.

Tab. 1: Lawinenopfer in Österreich und Schweiz (CH) in den Jahren 1946/47 - 1980/81 in

nach:	Ö s t e r r e i c h				bzw. Schweiz	
	Au- litz- ky	EISLF	Gayl Bauer 76/77	BM*	FBVA** -WL/c	EISLF
46/47	-	8	1	1	8	20
47/48	-	9	-	-	9	10
48/49	-	12	6	2	12	1
49/50	23	23	17	-	23	5
50/51	135	135	105	105	129*1	98
51/52	50	50	66	66	66	17
52/53	45	45	21	21	45*2	22
53/54	143	143	143	136	143-139*3	33
54/55	2	2	20	15	20	13
55/56	51	51	36	33	50-42	11
56/57	10	10	10	7	10	12
57/58	6	6	19	9	19	18
58/59	21	21	18	18	20	15
59/60	10	10	12	7	12	6
60/61	19	19	15	8	19	28
61/62	17	17	16	18	17	36
62/63	46	46	46	31	46	17
63/64	35	35	33	21	33	33
64/65	45	45	44	-	44	24
65/66	15	15	16	-	15	16
66/67	18	18	18	-	18	17
67/68	20	20	22	-	21	37
68/69	20	20	22	-	19	22
69/70	20	20	20	-	19*4	56
70/71	-	43	43	-	43	33
71/72	-	19	19	-	19	23
72/73	-	61	61	-	61	32
73/74	-	7	7	-	7	14
74/75	-	46	46	-	45	27
75/76	-	16	16	-	16	16
76/77	-	17	17	-	17	30
77/78	-	32	32	-	34*5	44
78/79	-	20	20	-	22*6	38
79/80	-	16	16	-	16	27
80/81	-	19	19	-	20*7	27
Gesamt- summe	751	1076	1022	498	1118-1106	878
Jahres- durch- schnitt	36	30,7	29,2		31,9-31,6 32 Tote	25,1

* Anmerkungen umseitig

Anmerkungen zur Tabelle 1:

- *) Liste BM = Min.Rat Gschwendtner
- **) Liste FBVA-WL/c (Brandtner, Krasser, Wagner, Flaig, EISLF, Gayl, Merwald)
- *1) Die Werte der Winter 1949/50 bis 1951 /52 differieren bei den einzelnen Quellen, sind aber in der Gesamtsumme wieder vergleichbar. Die Werte von Wagner und Flaig (1955) werden als die genauesten betrachtet. Das größte Ereignis des Winters 1950/51 war jenes von Badgastein/Ölbrennergut (14 Tote)
- *2) Größtes Ereignis des Jahres 1952/53 im Kleinen Walsertal/Ski-Hütte (20 Tote)
- *3) Im Winter 1953/54 finden sich in der Literatur wieder verschiedene Werte, nach Wagner und Brandtner und Krasser (1954) waren allein in Vorarlberg 125 Tote zu beklagen. Das größte Einzelereignis fand in Langen am Arlberg statt (24 Tote in Autobus)
- *4) Im Winter 1969/70 war eine Korrektur insoferne notwendig, weil 5 Tote entgegen der ersten Meldung auf schweizerischem Gebiet verunglückten
- *5) Im Berichtsjahr 1977/78 gab es zwei Lawinentote im Sommer ebenso
- *6) im Berichtsjahr 1978/79 (2 Lawinentote)
- *7) Im Winter 1980/81 verstarb ein zunächst als gerettet Gemeldeter auf dem Transport.

Tab. 2: Die Lawinentoten einiger europäischer Länder vom Winter 1966/67 bis 1980/81 in einem 15 jährigen Zeitraum

	A L P E N R A U M					A N D E R E L Ä N D E R				
	A	CH	F	I	D	YU	CS	PL	N	andere
66/67	18	17	2	11	6	5	8	-	4	? ¹
67/68	21	37	?	9	3	4	7	19 ²	4	-
68/69 I	19-(22)	22	7	9	-	-	3	-	3	-
69/70	19 ³	56	57 ⁴	36	3	1	8	-	1	-
70/71	43	33	17	10	2	-	5	-	-	8
71/72	19	23	12	31	1	-	-	-	15	3
72/73	61	32	23	5	8	-	3	-	-	-
73/74	7	14	26	11	1	7	14	-	1	23
74/75	45	27	11	20	7	-	1	1	-	-
75/76	16	16	41	11	7	1	-	-	3	-
76/77	17	30	29	33	3	8	-	-	12	30 ⁵
77/78	(32)-34 I ⁶	44	32	35	1	3	-	3	6	1
78/79	(20)-22 I ⁷	38	22	18	2	1	1	-	11	2
79/80	16	27	32	22	2	3	4	5	7	7
80/81	(19)-20 I ⁸	27	56	7	1	7	-	-	-	-
Summen:	378 I	443	367	268	47	40	54	28	67	74
Durchschnitt	25,2	29,5	24,4	17,8	3,1	2,6	4	2	4	
	25	30	24	18	3	3				

Anmerkungen umseitig

Anmerkungen zur Tabelle 2:

- 1) In Schweden Verschüttete, Tote?
- 2) Riesengebirge 25 Verschüttete, 19 Tote
- 3) Korr. v. 24 auf 19, da 5 Tote im Grenzgebiet zur Schweiz gefunden wurden
- 4) 39 Tote im Sporthotel, 72 Tote im Kindersanatorium nicht gezählt da Erdlawine
- 5) 23 Tote in Rumänien
- 6) 2 Sommerunfälle
- 7) 1 La-Unfall Juli, 1 Toter als Bergunfall
- 8) 1 Opfer am Transport verstorben

Tab. 3: Verteilung der Lawinenopfer auf Alpenanteile

	Bevöl- kerung in Mill.	Landes- Fläche km ²	davon Alpenanteil* km ²	%	Anzahl d. Law.-Opfer n. Aulitzky 49/50- pro -69/70 km ²		n. FBVA 66/67- -80/81	1 Opfer pro km ² Alp.Ant.
A	7,290	83.850	57.300	33	36	1.592	25	2.292
CH	5,970	41.288	24.700	14	26	1.588	30	823
D	59,676	247.960	6.800	4	3	2.266	3	2.266
F	49,570	551.694	30.200	17	10	3.020	24	1.258
I	51,945	301.253	50.000	28	10	5.000	18	2.778
YU	20,100	255.804	7.000	4	5	1.400	3	2.333

(* Ohne Berücksichtigung von Lichtenstein, da hier nur 75 km² Alpenanteilsfläche vorliegt)

LITERATURVERZEICHNIS:

- Aulitzky, H., 1974: Endangered Alpine regions and disaster prevention measures. Nature and Environment series No. 6, Council of Europe - Strasbourg - France 1974
- Bauer, H.: 1977-81: Lawinenunfälle im Winter in den österr. Alpenländern 1976/77 - 81/82. In den Jahrbüchern "Für die Sicherheit im Bergland"
- Brandtner, W. u. Krasser, L., 1954: Der Lawinenwinter 1953/54 in Vorarlberg, Eigenverlag
- Flaig, W., 1955: Lawinen. F.A. Brockhaus, Wiesbaden
- EISLIF - Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung
Weißflujoch/Davos Winterberichte 29/1966 - 45/1982
- Gayl, A., 1974: Ausgewählte Kurzberichte über Lawinenunfälle im Winter 1971/72, in: Mitt. d. FBVA, Bd. 104, S.104-109
- " - , 1976: Rückblick auf die Erfahrungen aus 30 Lawinenwintern von 1946 - 1976, in: "Für die Sicherheit im Bergland", Jahrbuch 1976
- Lawinenunfälle in den österr. Alpen. In: "Für die Sicherheit im Bergland" Jahrbuch 1971, 72, 73, 74, 75, 76
- Hanausek, E., 1955: Lawinenschäden in Tirol im Winter 1974/75. Zeitschr. f. Gletscherkunde u. Glazialkunde, Bd. XI, H. 2, S. 253-256
- Kronfellner-Kraus, G., 1951: Weiße Wand Lawine. Allg. Forstzeitung Nr. 62, S. 172
- Kronfellner-Kraus, G. u. Merwald, I., 1978: Avalanche observations and their consequences for avalanche research and control.- Deuxime rencontre internationale sur la neige et les avalanches. 12-13 et avril 1978, Grenoble, France, 46 avenue Felix Viallet. S. 23-26
- Kronfellner-Kraus, G. u. Merwald, I., 1980: Lawinenschäden in Wäldern - Folgerungen für die Forstwirtschaft. Mitt. d. FBVA, Wien, Heft 129, S. 171-186
- Merwald, I., 1970: Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich Winter 1967/68 und 1968/69. Mitt. d. FBVA, H. 87 (1979), 62 Seiten, Österr. Agrarverlag
- Merwald, I., 1971: Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich Winter 1969/70, Mitt. d. FBVA, Heft 95, (1971) 134 Seiten, Österr. Agrarverlag
- " - , 1974: Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich Winter 1970/71 und 1971/72, Mitt. d. FBVA, Heft 104 (1974), 126 Seiten, Österr. Agrarverlag
- " - , 1975: Die Schadenslawinen in Österreich 1972/73 und 1973/74 und ihre Abbruchgebiete. Allg. Forstzeitung Dez. 1975, Informationsdienst 159. Folge, 1,5 Seiten,

- Merwald, I., 1976: Die Schadenslawinen in den Wintern 1972/73 und 1973/74. Der Alm- und Bergbauer, Fachzeitschr. f. d. bergbäuerlichen Raum, einschl. d. Fremdenverkehrs und der Raumordnung. Herausgeber: Österr. Arbeitsgemeinschaft f. Alm u. Weide, Innsbr. Juni/Juli 1976, Folge 6/7, Jg. 26, 8,5 Seiten, S. 206-216
- " - , 1978: Übersicht und Auswertung der Österreichischen Lawinenstatistik zwischen den Wintern 1967/68 und 1973/74. Wildbach- und Lawinenverbau, 42. Jg., Dez. 1978, H. 2
- " - , 1978: Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich Winter 1972-73 und 1973-74. Mitt. d. FBVA, Wien, H. 123, 183 Seiten
- " - , 1979: Die Schadenslawinen in Österreich im Katastrophenwinter 1974/75. Informationsdienst, 186. Folge, September 1979, S. 1-2
- Schilcher, Ch., 1979: Beschreibung der Lawinenabgänge in Vorarlberg von 26. - 28.I.1968. Mitt. d. FBVA, Bd. 87, S. 26-36
- Wagner, O.: Beitrag zur Geschichte der Lawinenkatastrophen in Vorarlberg, Eigenverlag
- Williams, K., 1975: Avalanche Fatalities in the United States, 1950 - 75, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Research Note RM - 300

WETTERLAGEN UND SCHNEEDECKEN- ENTWICKLUNG

(am Beispiel einer inneralpinen Hanglage)

von H. Schaffhauser
Forstliche Bundesversuchsanstalt

EINLEITUNG

Neben der Erfassung von Schadenslawinen werden am Institut für Wildbach- und Lawinenverbauung an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien Untersuchungen über den Einfluß der Wetterlagen auf die Schneedeckenentwicklung durchgeführt.

In den Winterhalbjahren von 1976/1977 bis 1977/1978 wurden die Schneeprofile monatlich, von 1978/79 bis 1980/1981 wöchentlich aufgenommen. Die Aufnahme der Schneeprofile erfolgte nach den Empfehlungen der Internationalen Kommission für Schnee und Eis (UNESCO/IAHS-WMO 1970) an zwei Meßstellen im Freiland auf Wirtmaraun (1600 m) und auf der Illenalm (1900 m). Beide Stationen weisen ein SE-Exposition auf.

Die Klassifikation der Wetterlagen erfolgte nach dem "System der ostalpinen Wetterlagen" nach F. Lauscher (1958)

Gliederung der ostalpinen Wetterlagen nach F. Lauscher (1958)

Gruppe 1:

Hochdrucklagen

Hochdruck	H	Hoch im Osten	HE
Zwischenhoch	h	Hoch über Finnland	HF
Zonale Hochdruckbrücke	Hz	gradientenschwache Lagen	g

Gruppe 2:

Weiträumig geradlinige Höhenströmungen

Nord und Nordost N/NE

Nordwest	NW	Südwest	SW
West	W	Süd S	

Gruppe 3:

Tiefdrucklagen

Tief über dem Kontinent	TK		
Meridionale Tiefdruckrinne	TR	Tief im Südwesten	TsW
Tief auf der Zugstraße Adria-Polen	Vb	Tief über dem westl. Mittelmeer	TwM
Tief über den Britischen Inseln	TB	Tief im Süden der Alpen	TS

Das Wetterlagenkalendarium wurde freundlicherweise von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Abteilung Klimatologie, zur Verfügung gestellt.

DIE ENTWICKLUNG DER SCHNEEDECKEN

Im folgenden wird die Entwicklung der Schneedecken an zwei Beispielen, den Meßstellen Illenalm (1900 m) und Wirtmaraun (1600 m) am Berchtoldhang in den Winterhalbjahren (WH) 1976/77 bis 1980/81 anhand von Schneezeitprofilen beschrieben. Der Hang weist eine Reliefenergie von 1300 m bei einer Horizontalabstufung von 2 km auf.

Illenalm (1900 m), Winterhalbjahr 1976/77: (s. Abb. 1)

Bereits am Beginn der hochwinterlichen Phase (14.12.76) kam es zu einer deutlichen Stockwerksbildung innerhalb der Schneedecke. Durch das Dominieren von Wetterlagen, die eine Konstanz bzw. Erhöhung der Schneedecke bewirkten (NW, W und TwM, s. A. u. F. Lauscher, 1973, S. 23), wurde diese Schneedecke trotz der geringen Niederschlagsdichte nicht unterbrochen. Bei einer Gesamtschneehöhe von 53 cm ergab sich ein Temperaturgradient von $8,5^\circ$, ein Umstand, der die aufbauende Phase an der Basis des Schnee Profils schon weit fortgeschritten erkennen ließ. Es waren dies die zwei Schichten der frühwinterlichen Schneefälle. Die Kornform der an der Basis liegenden Schicht wies bereits eine deutliche plattige Struktur auf, die darüber liegende Schicht war ähnlich entwickelt und unterschied sich nur in der Korngröße (2 mm) und Raumgewicht (190 kg/m^3) von der Liegendschicht mit Korngrößen von 1-2 mm und einem Raumgewicht von 310 kg/m^3 . Darüber folgten drei Schichten, die sich noch in der abbauenden Phase befanden. Der am Beginn der ersten Dezemberdekade gefallene Schnee war bereits bis auf das Rundkorn abgebaut und ergab somit eine deutliche Zäsur im Stockwerksaufbau dieses Profils. Einwandfrei ließen sich die Schichten der

Neuschneefälle vom 8.12. und 13.12.1976 in das Profil einordnen. Das Rammprofil verdeutlichte die Grenzflächen, besonders den Übergangsbereich zwischen abbauender und aufbauender Phase (s. Abb. 1).

Im Jänner wurden die maximalen Neuschneehöhen dieses Winterhalbjahres (am 3.1. und 11.1.1977) erreicht (Station Fleißner: 147,7 cm 1100 m u. A.). Bei einer Gesamtschneehöhe von 125 cm am Profilaufnahmetag (18.1.) ergab sich ein Temperaturgradient von 7,7 °. Die Schichtfolgen des Dezemberprofils waren nur mehr sehr schwierig zu identifizieren, da diese von der aufbauenden Metamorphose voll erfaßt worden sind. Vereinzelt Rundkörner, in der Mehrzahl aber plattige Strukturen (bis max. 2 mm) hoben sich deutlich von den Jännerschichten ab. Die starke Verfilzung der ersten Jännerschneelage bewirkte einen Maximalabschnitt innerhalb des Rammprofils (6,6 kg/dm²). Es kam zur Ausbildung einer Diskontinuitätsfläche, an der der Rammwiderstand um über 50 % abnahm. Das Raumgewicht unterhalb dieser Grenzfläche lag bei 300 kg/m³, während im abbauenden Bereich ein Maximalwert von 230 kg/m³ gemessen wurde.

Die mehrmalige Abfolge von H- und SW-Wetterlagen mit TK, TS-Lagen und Strömungen aus dem N-W-Sektor (mit Neuschneehöhen zwischen 20 - 40 cm) waren im Februarprofil (3. Dekade) an drei Harstschichten identifizierbar. Die Basisschicht, mit vorwiegend planen Konfigurationen (3 mm), geringen Rammwiderstandswerten (1,3 kg/m²), konstant verlaufenden Schneetemperatur (-0,8 °), war von der Tragfähigkeit her betrachtet als recht ungünstig zu bezeichnen. Die Hangendschicht erschien, vermutlich durch Setzungserscheinungen, trotz einsetzender Aufbauphase, mit einem maximalen Rammwiderstand von 20 kg/dm² als stärkstes Verbindungsmitglied innerhalb des Schichtverbandes. Die Temperaturwerte pendelten zwischen 1,5 ° an der Schneeoberfläche (114 cm), - 4 ° bei 80 cm (Maximalwert) und -0,5° an der Grenzfläche Schnee und Boden. Dies bewirkte eine zunehmende Verfestigung der obersten Schneeschichten, während an der Basisschicht ein niedriger Dichtewert und ein geringeres Snowgewicht (300 kg/dm²) als in der darüberliegenden Schicht (340 kg/m³) vorgefunden wurde. Somit ergab sich eine deutliche Differenzierung in der Tragfähigkeit gegenüber den Hangendschichten.

Die erste Märzdekade wurde von den Hochdruckwetterlagen bestimmt, die zu einer starken Verfirnung der obersten Stockwerke führten. Der Temperaturgradient war schwach ausgeprägt (1,3°), bedingt durch einen annähernd isothermen Temperaturverlauf (+/- 0° bis 1,3° bzw. + 1°/88 cm). Das Einsickern von Schmelzwasser bewirkte Setzungen im Grenzbereich zwischen Firnanteil und der Schicht mit über-

wiegenden plattigen Kornformen mit Maximalwerten in Bezug auf den Rammwiderstand (25 kg/dm^2) und das Raumbgewicht ($440/\text{kg/m}^3$). In der Basisschicht waren Becherkristalle bereits voll entwickelt, sodaß zu diesem Zeitpunkt die Standfestigkeit der Schneedecke als äußerst kritisch zu betrachten war.

Wirtmaraun (1600 m), Winterhalbjahr 1976/77: (s. Abb. 2)

Wegen der tieferen Lage dieser Meßstelle gegenüber der Illenalp (Höhendifferenz 300 m) waren die Schichten der frühwinterlichen Schneefälle bereits ausgeapert. In dieser Höhenlage wurde eine geschlossene Schneedecke ab dem 1.12.1976 beobachtet. Zum Zeitpunkt der Schneeprofilaufnahme (14.12.) war die Basisschicht bereits stark abgebaut und mit dem Boden verfestigt. Die Standfestigkeit der Schneedecke war eher als labil zu beurteilen, da der Rammwiderstand im Maximalbereich nur 2 kg/dm^2 erreichte. Die geringe Schneehöhe von 41 cm bedingte wiederum einen hohen Temperaturgradienten ($10,5^\circ$), der in der Folge eine Beschleunigung in Richtung aufbauender Metamorphose vermuten ließ.

Diese Entwicklung wurde dann im Jännerprofil (18.1.) voll bestätigt. Die Basisschicht wurde von kantig-flächigen Kornformen (Korngröße 2 mm) geprägt, wobei das Rundkorn nur mehr vereinzelt vorkam. Die Neuschneefälle in der zweiten Jännerdekade bedingten eine recht einheitliche Schneedeckenentwicklung, in Hinblick auf deren Metamorphose. Der abbauende Anteil war durch einen ungegliederten Rammprofilverlauf bestimmt, eine Harstschicht (4 cm) leitete zum Basisschichtpaket (Maximalwert des Rammprofils 15 kg/dm^2) über.

Auf der Station Wirtmaraun wurde das Schneehöhenmaximum im Feber (23.2.) mit 126 cm gemessen, während auf der Station Illenalp (1900 m) 110 cm festgestellt wurden. Diese Differenz dürfte hauptsächlich auf Windverfrachtung zurückzuführen sein. Der Rammwiderstand innerhalb der Basisschicht (38 cm) war in diesem Abschnitt mit $16,5 \text{ kg/dm}^2$ als gering zu bezeichnen und die aufbauende Phase verhinderte weiterhin den Setzungsvorgang in diesem Bereich. Der Schwerpunkt des maximalen Rammwiderstandes lag wiederum an der Grenzfläche verfilzter und plattiger Strukturen.

Hochdrucklagen in der ersten Märzdekade (7 H-Wetterlagentage, mit kurzer Unterbrechung durch drei Westwetterlagentage) führten zu einer starken Verfirnung der beiden obersten Schichten (440 bzw. 540 kg/m^3), während durch das nächtliche

Strahlungswetter in den Basisschichten und in den mittleren Schichthorizonten der Anteil die aufbauende Phase stark beschleunigt wurde. Gleichzeitig wurde durch Auftauen und Wiedergefrieren die Zone des maximalen Rammwiderstandes (30 kg/dm^2) in die Oberflächenschichte verlagert. Die inkohärenten Basisschichten waren im Grenzbereich der Firnstruktur und der Plättchenstruktur durch eine dünne Harstschichte getrennt (Maximum des Rammwiderstandes = $7,5 \text{ kg/dm}^2$). In Verbindung mit einer annähernd vertikalen Isothermie ($0^\circ + 0,3^\circ + 0,5^\circ$) war zu diesem Zeitpunkt eine akute Instabilität der Schneedecke gegeben. Der äußerst schwach ausgeprägte Temperaturgradient verhinderte ein weiteres Größenwachstum in Richtung der Hohlformen, sodaß im nachwinterlichen Zeitraum (20.4.) anhand des Profiles eine gänzliche Verfirnung und somit eine Auflösung des Stockwerkbauens innerhalb der Schneedecke festgestellt werden konnte. Isothermer Temperaturverlauf mit einem Maximum des Rammwiderstandes im Zentralbereich des Profiles (durch Gefrieren des freien Wassers im Staubereich) kennzeichneten damit die nachwinterliche Schneedeckenentwicklung.

Illenalm (1900 m), Winterhalbjahr 1977/78: (s. Abb. 1)

Zur Zeit der ersten Profilaufnahme in diesem Winterhalbjahr (18.1.78) überragte noch der Anteil der abbauenden Phase (50 cm). Die nun folgenden zwei Hangendschichten mit 35 cm Mächtigkeit wiesen eine deutliche Verdichtung (370 bzw. die Bodenschichte mit 290 kg/m^3) auf. Es überwog die plattige Strukturform (Korngrößen 1 - 2 mm). Für die Gesamtschneehöhe von 80 cm ergab sich zum Zeitpunkt der Aufnahme ein Temperaturgradient von $6,5^\circ$ in der Schneedecke (Schneeoberfläche - $6,5^\circ$ - Boden 0°).

In der letzten Jännerdekade wurde durch TR-Lagen das erste hochwinterliche Gesamtschneehöhenmaximum erreicht (122 cm). Bis zum Zeitpunkt der folgenden Profilaufnahme blieb die Gesamtschneehöhe annähernd konstant (21.Feb.). Ein hoher Temperaturgradient (14° , Schneeoberfläche = -13° , Boden = $+1^\circ$), bei einer Schneedeckenmächtigkeit von 120 cm, bewirkte keine Beschleunigung der Umwandlung der Basisschichten gegenüber der letzten Aufnahme. Schichtidentitäten waren nicht ganz einfach herzustellen, weil die Südexposition des Untersuchungsgebietes zu Schichtneubildungen führte. So konnten innerhalb einer Neuschneesicht deutliche Inhomogenitäten in Bezug auf den Rammwiderstand nachgewiesen werden (s. Abb. 1). Sonneneinstrahlung in Verbindung mit Windeneinwirkung führte zu einer raschen Metamorphose der Oberfläche der Neuschneedecke. Derart kurzzeitige Ereignisse innerhalb einer

Schneefallperiode verursachten durch Schichtneubildung große Unsicherheiten bei der Stratifizierung von Einzelschichten im vorliegenden Schneeprofil. Die Stabilität der Schneedecke an Hand des Feber-Profiles war als sehr günstig zu bezeichnen, da die Basisschichten stark verfestigt waren (85 kg/dm^2) und im Vertikalverlauf keine nennenswerten Schwankungen des Rammwiderstandes auftraten.

Der vorwiegende Anteil an schneedeckenabbauenden Wetterlagen (SW, g, H) reduzierte die Schneedeckenhöhe zu Beginn der dritten Dekade im März auf 83 cm. Die Verfirnung oberflächennaher Schichten (340 kg/m^3) führte zu deren Homogenisierung. An der Basisschicht konnten vereinzelt Becherkristalle (ϕ 2 bis 3 mm) aufgefunden werden. Die Bodentemperatur lag bereits nahe der $+1^\circ$ Grenze. Das Maximum des Rammwiderstandes befand sich im Bereich der Firnschichte mit 45 kg/dm^2 . Ein Tief über dem Kontinent vom 23.3. bis 26.3. führte zu einem Neuschneezuwachs von 50 cm, womit erst in der Spätwinterphase das Schneehöhenmaximum für diese Station erreicht wurde (135 cm). Die darauffolgenden S, SW, TS-Lagen bauten die Schneedecke bis zum 11.5. auf einer Schneehöhe von 92 cm ab. Eine TR-Entwicklung vom 12.4. bis 16.4. hatte ein spätwinterliches Gesamtschneehöhenmaximum (130 cm) zur Folge. Dieser Neuschneezuwachs (38 cm), die starke Durchfeuchtung der Schneedecke, Schwimmschneebildung (mit ausgeprägten Hohlformen ϕ 3-4 mm) an der Basis schufen für einige Tage eine kritische Lawinsituation. Am Ende der ersten Maidekade war die Winterschneedecke aufgelöst.

Wirtmerau (1600 m), Winterhalbjahr 1977/78: (s. Abb. 2)

Im Vergleich zur Station Illenalm (1900 m) erschien das Jännerprofil viel stärker homogenisiert. Bis auf die Basisschicht (flächige Elemente 2 mm ϕ) waren die darüberliegenden Schichten durch orographische und witterungsbedingte Einflüsse eher schwach abgebaut. An der Basisschicht ergab sich ein maximaler Rammwiderstand von 35 kg/dm^2 (Schichthöhe 7-9 cm). Der Temperaturverlauf entlang des Profils (63 cm) war annähernd stabil und betrug $8,5^\circ$. Die Raumgewichte schwankten zwischen 280 kg/m^3 an der Basis und 110 kg/m^3 in der obersten Schicht. Im Feberprofil waren die beiden Basisschichten des Jännerprofils durch die aufbauende Metamorphose bereits homogenisiert. Vereinzelt konnten Becherkristalle (ϕ 3 mm) angetroffen werden. Die Schneefallperiode vom 15.2. bis 19.2. (TK u. NW-Lagen) erbrachte für diese Station in diesem Winterhalbjahr die größte Gesamtschneehöhe (130 cm). Süd-, Südwest- und Hochdrucklagen in den zwei darauffolgenden Dekaden reduzierten die Schneedecke bis

zum 12.3. auf 58 cm Gesamtschneehöhe. Kurzzeitige Schlechtwettersituationen (NW, TR) leiteten zu Beginn der dritten Dekade wiederum in eine Schlechtwetterperiode über (23.3. bis 26.3., TR-Lagen), in die auch die Profilaufnahme hineinfiel. Durch den vorher stattgefundenen Abbau der Schneedecke war der Stockwerksbau im Profil stark homogenisiert, stark durchfeuchtet und die Raumgewichte schwankten bereits zwischen 420 kg/m^3 und 320 kg/m^3 . Die Oberflächenschicht des Feberprofils verfirnte (ϕ 3 mm), während die beiden Zwischenschichten plattige Konfigurationen beinhalteten. Im Basisbereich konnten bereits Becherkristalle (4 mm ϕ) beobachten werden. Die Schmelzwasserperkolation führte zu einer intensiven Durchfeuchtung der Liegendschichten und zu deren Verfestigung mit einem max. Rammwiderstand von 11 kg/dm^2 . Im höher liegenden Profilabschnitt erreichte der Rammwiderstand einen Wert von $0,5 - 1 \text{ kg/dm}^2$, ein Umstand, der deutlich die Instabilität des Schneedeckenaufbaues aufzeigte. Die Bodentemperatur betrug $1,2^\circ$, erreichte bei einer Höhe von 10 cm im Profilverlauf $-0,5^\circ$ und an der Schneeoberfläche $\pm 0^\circ$. Das spätwinterliche Schneehöhenmaximum wurde wiederum innerhalb von 14 Tagen auf eine Gesamtschneehöhe von 60 cm abgebaut. In der nachwinterlichen Phase verursachte eine Tiefdruckrinnenentwicklung über Mitteleuropa (12.4. -16.4.) ein fünftes Gesamtschneehöhenmaximum von 90 cm. Die Profilaufnahme am Ende der zweiten Dekade ergab das typische Bild einer Frühjahrsschneedecke. Abgesehen von der Neuschneesicht (15 cm), die bereits verfilzt war, hatte die Verfirnung den Großteil der Schneedecke erfaßt. Die Grundsicht, geprägt durch das Überwiegen von nassem Schwimmschnee (Bodentemperatur $+1,5^\circ$), bildete bereits eine deutliche Ausgangssituation für den Abgang von Grundlawinen. Um den 4.5. löste sich der geschlossene Schneedeckenverband auf.

Illenalm (1900 m), Winterhalbjahr 1978/79: (s. Abb. 1)

Entsprechend der Höhenlage der Station Illenalm betrug hier Anfang Feber die Schneehöhe 116 cm gegenüber 81 cm auf der Meßstelle Wirtmaraun. Dieses Profil zeigte eine typisch hochwinterliche Stockwerksentwicklung. Die Horizonte der Jännerschneefälle sind gering abgebaut. Die Kornformgröße bewegte sich zwischen 1 und 2 mm, der Schnee war trocken bis leicht feucht, dessen Dichte lag zwischen 0,1 bis 0,15. Die Harstschichten waren ebenso zu verfolgen wie auf Wirtmaraun. Die Stabilität der Schneedecke konnte als nicht besonders günstig bezeichnet werden, da der Rammwiderstand innerhalb der Jännerschneesichten (41 cm) nur $2,5 - 5 \text{ kg/dm}^2$ erreichte. Höhere Werte traf man im Übergangsbereich zwischen der Basisschicht und deren

Hangendschicht mit 18 kg/dm^2 an. Durch die beginnende Schwimmschneebildung reduzierte sich der Rammwiderstand in Richtung Boden wiederum auf 5 kg/dm^2 . Im zweiten Feberprofil sah man deutlich, daß die Auflösung der Dezemberschichtung durch die aufbauende Metamorphose erfolgte. Es überwogen Hohlformen und plattige Kornformen (2-3 mm). Die Jännerschichten waren ebenfalls abgebaut (Rundkorn, 0,5 mm). Innerhalb der Basisschicht reduzierte sich der Rammwiderstand von 18 kg/dm^2 gegenüber der vorherigen Messung auf $8,5 \text{ kg/dm}^2$ auf Grund der Schwimmschneebildung (260 kg/m^3). H- und gradientschwache Lagen führten in der ersten Märzdekade zu einer Abschmelzung der Schneedecke bis auf 64 cm. Die Oberflächenschicht verfirnte unter Ausbildung einer Harstschicht. Diese Harstschicht bildete die Zone des maximalen Rammwiderstandes im Profilverlauf (15 kg/dm^2). Fünf Neuschneefälle in der zweiten Dekade waren einwandfrei zu identifizieren, Schichten, die dann innhalb einer Woche rasch abgetaut wurden. Durch Schmelzwasser-einwirkung vereisten die Harsthorizonte bis zur Basisschicht hinunter. Setzungsvorgänge verdichteten die einzelnen stratigraphischen Einheiten bis zu einer Dichte von 0,42. Der Maximalabschnitt des Rammwiderstandes (27 kg/dm^2) verlagerte sich in den Bereich einer Eislamelle oberhalb der Basisschichte. Abgesehen von schmalen Neuschnee- bzw. Altschneehorizonten setzte die Verfirmung der oberen und mittleren Profilabschnitte ein. 0° Isothermie kennzeichnete den Temperaturverlauf im Profil. Die Maximalzone des Rammwiderstandes (56 kg/dm^2) befand sich knapp unter der Schneeoberfläche. Im letzten Aprilprofil und besonders im Maiprofil (8.5.79) trat durch weitgehende $0,5^\circ$ Isothermie die totale Durchfeuchtung unter allmählicher Auflösung des Schichtverbandes ein. Ein Kaltlufteinbruch am 2.5.1979 führte nochmals zu einem nachwinterlichen Maximum (Gesamtschneehöhe 1 m). Ab 15.5.79 wurde die Station Illenalm schneefrei.

Wirtmarau (1600 m), Winterhalbjahr 1978/79: (s. Abb. 2)

Der Wetterablauf im Vor- und Frühwinter war durch eine langandauernde Hochdrucklage (HF ab 27.10.1978) mit einer kurzzeitigen Unterbrechung durch TR-Lagen Ende November charakterisiert. Am 11.12.1978 setzten Schneefälle (W- und TR-Lagen) ein und leiteten zur hochwinterlichen Phase über. Wegen der geringen Schneehöhe dieser ersten Phase erfolgte die erste Profilaufnahme erst Anfang Feber 1979. An der Schichtfolge konnten die einzelnen Schneefälle der Monate Dezember und Jänner gut verfolgt werden.

Die dem Dezember 1978 zuzuordnenden Basisschichten waren von der aufbauenden Metamorphose erfaßt und es herrschten plattige (1-2 mm), rundkörnige (0,5 mm) Kornformen vor. Die Bodentemperatur lag bei +/- 0°. Im Profilverlauf wurde bei einer Schneehöhe von 63 cm ein Temperaturgradient von 9,5° gemessen. Dieser Temperaturgradient führte naturgemäß rasch, innerhalb eines Monats, in den Basisschichten zur aufbauenden Phase über. Die Abfolge von NW und HE (HF) Lagen mit Tiefdruck (-rand) lagen bedingten die Ausbildung von zwei Harstschichten im mittleren Profilbereich, wo auch die Maximalwerte im Rammprofil erreicht wurden (10 kg/dm²).

Der rasche Wechsel von Hochdruck- und Tiefdrucklagen in der ersten Feberdekade hielt die Schneedeckenhöhe annähernd konstant, wobei sich eine weitere Harstschicht entwickelte. Am 16.2.79 bewirkte ein Tief im Süden die maximale Schneedeckenhöhe dieses Winterhalbjahres mit 92 cm. H-Lagen bedingten eine Setzung der Schneedecke bis zum nächsten Aufnahmeterrn am 25.2.1979. Die maximalen Rammwiderstände lagen wiederum im Bereich der drei Harstschichten mit 10-12 kg/dm². Ein hoher Temperaturgradient (zum Aufnahmezeitpunkt: Boden 0°, bis 10,5° bei 62 cm) bewirkte eine 23 cm mächtige Schwimmschneeschicht (Korngröße 2 mm). In den übrigen Schichten herrschten plattige Konfigurationen vor (0,1 -1mm). Die oberste Schneeschicht war noch verfilzt. Gradientschwache und HZ-Lagen dominierten in der ersten Märzdekade und es kam zu einer Verfirnung des obersten Schichtpaketes (7 cm). Überraschend führten NW-Lagen ein zweites, schwach ausgeprägtes Maximum der winterlichen Schneedecke herbei (71 cm). Westwetter beschleunigte die Setzung der Schneedecke, aber ein Tief über dem Kontinent ergab einen weiteren Neuschneezuwachs von 30 cm (16.3.1979). SW-W-Lagen brachten zwar noch geringe Neuschneezuwächse, doch die Warmluftzufuhr aus dem Süden beschleunigte den Abbau der Schneedecke.

Mitte März (13.3.) waren die einzelnen Schichten schon durchfeuchtet (0° Isothermie). Die Schneegewichte erreichten Werte zwischen 235 kg/m³ an der Oberflächenschicht und 310 kg/m³ an den Basisschichten. Die zwei Profilaufnahmen in der letzten Märzdekade zeigten eine weitgehende Verfirnung auf, wobei die oberste Schicht durch den Einfluß der nächtlichen Ausstrahlung verharschte. Der Schwimmschnee war schon stark durchfeuchtet. Der Firn besaß zu diesem Zeitpunkt ein Raumgewicht von 460 kg/m³. Die maximalen Rammwiderstände lagen im oberen Schichtprofilbereich (55 kg/dm²). Ende März hatten SW-Lagen ein spätwinterliches Schneehöhenmaximum zur Folge (75 cm).

In der ersten Aprildekade überwogen Tiefdrucklagen mit geringer Niederschlagsintensität. Die Verfirnung schritt rasch weiter, gleichzeitig auch die Durchfeuchtung sämtlicher Schichteinheiten. Das Rammprofil wies noch immer auf eine ungünstige Stabilität der Schneedecke hin. Bei einer Schneehöhe von 68 cm ergaben sich im Schichtbereich zwischen 55 cm und 61 cm ein Maximalwert von 40 kg/dm^2 , ein weiterer Maximalwert von 10 kg/dm^2 zwischen 37 cm und 41 cm, während an der Basis nur mehr ein Minimalwert von 4 kg/dm^2 gemessen wurde. Dies war eine typische Ausgangssituation für nasse Schneebrettlawinen. In der ersten Maidekade verursachten NW- und H-Lagen die Verfirnung der Schichtpakete und zwischen dem 5. und 6. Mai löste sich der geschlossene Schneedeckenverband auf.

Illenalm (1900 m), Winterhalbjahr 1979/80: (s. Abb. 1)

Im Frühwinter (6.11.79) führte ein Kaltlufteinbruch aus Norden rasch zum Aufbau einer Winterschneedecke von 55 cm. W-Wetter und TS- und Vb-Lagen bewirkten eine starke Setzung der Schneedecke. Zu diesem Zeitpunkt kam es überraschenderweise zu einer Verfirnung des obersten Schneehorizontes (max. Rammwiderstand 22 kg/dm^2). Die Basisschicht wies nunmehr plattige Kornformen auf (1 mm, Schneegewicht 150 kg/m^3). Die Bodentemperatur lag bei $-0,5^\circ$, der Temperaturgradient bei $1,5^\circ$. Ein Tief (TK) um den 15.11.1979 erhöhte die Gesamtschneedecke auf 80 cm. Gradientschwache und H-Lagen reduzierten die Gesamtschneehöhe bis zum 26.11.1979 auf 50 cm. Eine Bodentemperatur von $+2^\circ$ homogenisierte die Basisschichten. Ein Temperaturgradient von 6° baute das Korngefüge der letzten frühwinterlichen Schneesichten innerhalb einer Woche in flächige Elemente um.

Weitere Westwetterlagen bis zur Mitte der ersten Dezemberdekade ließen die Schneedecke auf 30 cm abschmelzen. Erst um den 21.12.79, im Übergang zur hochwinterlichen Phase (Mitte Jänner), wurde die Schneedeckenhöhe konstant größer und erreichte am 23.1.80 mit 112 cm das Wintermaximum. Ein hoher Temperaturgradient zur Zeit der Profilaufnahme hatte den Aufbau einer 12 cm Schwimmschneeschichte zur Folge. Eine verfirnte Lage (10 cm) oberhalb der Basis mit einem Rammwiderstand von 90 kg/dm^2 war ein typisches Beispiel für die Entwicklung einer eingeschnittenen Schneebrettersituation. Wetterlagen vom Typus HE und NW bewirkten eine Konstanz der Schneedeckenhöhe. Einzelne Tiefdrucklagen (TR und TK) brachten geringfügige Neuschneezuwächse. 0° -Isothermie am Beginn der 2. Feberdecke beschleunigten den Abbau der Hohlformen an der Schneedeckenbasis (35 kg/dm^2) in flächige Elemente, wobei nur der Maximalabschnitt des Rammwiderstandes gegenüber der letzten Aufnahme in Richtung der Basisschichte verlagert wurde. Mitte März lag die Boden-

maximale Rammwiderstand (85 kg/dm^2) befand sich bereits 10 cm oberhalb des Bodens. Plattige, flache Elemente ($0,5 - 2 \text{ mm } \phi$) waren vorherrschend. Am 25.3.80, bei einer $+ 1^\circ$ Isothermie innerhalb des Profilverlaufes führte Sickerwasser zu einer Erhöhung des Schneegewichtes der oberen Schichten bis zu 430 kg/m^3 . Flächige Elemente sind noch immer dominant. Die spätwinterlichen Schichten waren bereits von der Verfirnung (1 mm Korngröße, Schneegewicht 500 kg/m^3) erfaßt. Interessanterweise wurden hier an der Basis wieder Hohlformen ($2-3 \text{ mm}$) gefunden. Durch das durchsickernde Schmelzwasser erreichte dieser nasse Schwimmschnee ein Gewicht von 610 kg/m^3 .

Wirtmaraun (1600 m), Winterhalbjahr 1979/80: (s. Abb. 2)

Die beiden frühwinterlichen Schneelagen wurden rasch von der aufbauenden Metamorphose erfaßt. Ende November lag der Maximalbereich des Rammprofils (20 kg/dm^2) schon in Bodennähe, der Temperaturgradient war mit 7° bei einer Schneedeckenhöhe von 50 cm sehr hoch. Die Hochdruck- und Westwetterlagen zu Beginn des frühwinterlichen Zeitraumes reduzierten die Schneedeckenhöhe auf 12 cm. Durch diesen hohen Temperaturgradienten und der geringen Schneehöhe resultierte eine intensive Schwimmschneebildung. Ein Neuschneezuwachs von 93 cm stellte das absolute Maximum dieses Winters in Bezug auf Neuschneehöhe und Schneedeckenhöhe (105 cm) dar. Die einzelnen Neuschneezuwächse im Hochwinter von durchschnittlich 10 cm wurden rasch abgebaut. Im Jännerprofil vom 10.1.80 traf augenfällig, als Produkt der Abschmelzvorgänge der frühwinterlichen Schichten, eine Firnlage auf (max. Rammwiderstand im Profilverlauf 28 kg/dm^2). Der Temperaturgradient ist noch höher als im Novemberprofil ($13,8^\circ$). Die Schichtfolgen von den November- und Dezemberschneefällen waren stark durchfeuchtet. Das zweite Jännerprofil zeigt die Tatsache auf, daß durch Setzungserscheinungen und der hohen Bodentemperatur von $+ 1^\circ$ die Basisschicht aufgelöst worden war. Es konnten nur mehr die Bodeneislamellen aus den vergangenen Profilaufnahmen registriert werden. Die beiden Profilaufnahmen im Feber sind an und für sich recht identisch, sowohl in der Kornformentwicklung (flächenhafte Elemente $0,5 - 1 \text{ mm}$) als auch im Verlauf der Temperaturkurve (Boden $+ 1,5^\circ$ - Schneeoberfläche $-2,5^\circ$). Das Rammprofil wies übereinander gestaffelte Maximalbereiche auf, welche in den Vertikalabschnitten bei 12 cm und 17 cm 42 kg/dm^2 und zwischen 37 und 41 cm 25 kg/dm^2 betragen. Im oberen Profilbereich hatte der Schnee ein Gewicht von 230 kg/m^3 , an der Basis wurden 410 kg/m^3 gemessen. Ende März förderten Warmlufteinflüsse aus SW eine Verdichtung der höheren Lagen im

Stockwerksbau der Schneedecke (Schneegewichte zwischen 450 - 500 kg/m³). Im Rammprofilverlauf stellte sich eine bemerkenswerte Kopflastigkeit ein. Über einem Profilabschnitt von 57 cm (32-89 cm) Profilhöhe erstreckte sich der maxi-male Rammwiderstand (50 kg/dm²), während im tiefer gelegenen Teilbereich nur mehr 0,5 kg/dm² errechnet wurden. Die Temperaturkurve verlief zwischen + 0,5° am Boden und + 1,5° an der Schneeoberfläche. Bei der Profilaufnahme am 8.5.1980 erreichte die Verfirnung (Schneegewichte 440 - 550 kg/m³), ausgenommen die Basislage mit einer Schneemächtigkeit von 13 cm, plattigen Kornformen und vereinzelt Becherkristallen bis 2 mm Korngröße, fast den ganzen Profilbereich von 66 cm. Der Schwerpunkt des Rammwiderstandes (39 kg/dm²) befand sich im oberen Drittel der Schneedecke. Mitte Mai waren sämtliche Lagen verfirnt, mit Schneegewichten von 500 und 540 kg/m³. Die Isothermie im Schichtverlauf betrug + 0,5°. In der letzten Maidekade war die Ausaperungsphase abgeschlossen.

Illenalm (1900 m), Winterhalbjahr 1980/81: (s. Abb. 1)

Im Frühwinter verlief die Schneedeckenentwicklung parallel zu der auf Wirtmarau. Die erste Profilaufnahme erfolgte zum 19.1.1981. Das Profil zeigte einen recht instabilen Zustand. Der Maximalbereich des Rammwiderstandes (40 kg/dm²) befand sich an der Basisschichte, während die darüberliegenden Schichtfolgen noch in einem schwach verfestigten Zustand (0,5 kg/dm²) vorgefunden wurden. Der Einfluß des Temperaturgradienten (Boden - 1,5° -Schneeoberfläche -8,2°) mit 6,7° widerspiegelte die aufbauende Metamorphose bis zur Oberflächenschichte. Diese Entwicklung wurde im Feberprofil noch deutlicher. Schwimmschnee (Hohlformen und plattige Konfigurationen 1-2 mm) beherrschten die einzelnen stratigraphischen Einheiten. Die Schneegewichte waren innerhalb dieser Schneelagen recht einheitlich (360 - 380 kg/m³). Der Rammwiderstand hatte den doppelten Wert des Jännerprofils erreicht. Der Temperaturgradient schwächte sich auf 3° ab. Die Neuschneesicht des zweiten hochwinterlichen Maximums war während der Profilaufnahmen am 11.3.81 schon weitgehend verfilzt. Die 0° Isothermie, die Verfirnung der Schichtfolgen, die schon vor dem 16.3. erfolgte, sowie die teilweise Verfirnung der Basisschichte waren die Charakteristika dieses spätwinterlichen Profils. Während des letzten Aufnahmetermine am 17.3.1980 war die gesamte Schneedecke verfirnt, die Schneetemperatur lag bei + 1,5°. Ein Rammwiderstand von 0,5 kg/dm², ein Raumgewicht von 560 kg/dm², eine Firnkorngröße von 3 mm und eine 1,5° Isothermie zeigten eine durchgehende Homogenisierung der Schneedecke. Ab dem 25.3. begann die Ausaperungsphase.

Wirtmaraun (1600 m), Winterhalbjahr 1980/81: (s. Abb. 2)

Ein Tief über dem Kontinent in der ersten Novemberdekade (4. u. 5.11.80) mit Neuschneehöhen über 20 cm leitete den Frühwinter ein. Warme Luftströmungen im Gefolge von W-Wetterlagen ließen diese geringmächtige Schneedecke innerhalb von wenigen Tagen abschmelzen. Erst am 5. Dezember brachte ein Tief über dem Kontinent in dieser Höhenlage den Beginn der Winterschneedecke, die kurz vor Weihnachten (20.12.80) einen Schneezuwachs von 25 cm erreichte. Danach setzten Westwetterlagen ein, die als weihnachtliches Tauwetter bekannt sind, sodaß die Schneedecke auf 15 cm abschmolz. Feuchtkalte Luftmassen aus NW führten in mehreren Abständen zwischen dem 1.1. bis zum 19.1. zu Neuschneefällen, die im Feberprofil vom 19.1. klar zu erkennen waren. Die Schneedecke besaß einen geringen Rammwiderstand, der Maximalbereich befand sich in Bodennähe (20 kg/dm²). Die geringe Schneemächtigkeit der frühwinterlichen Schichten bedingte eine rasche Schwimmschnee-Entwicklung in den mittleren Schichtlagen mit hoher Schneefeuchtigkeit. NW- und H-Lagen hielten die Schneedeckenhöhe bis zum 23.2. annähernd konstant. Dabei bildete sich eine Harstschicht aus. Eine TK-Lage brachte Neuschneezuwächse bis zu 35 cm (23., 24.2.). Die geringe Gesamtschneehöhe von 45 cm und ein Temperaturgradient von 5° (bei einer Bodentemperatur von - 1° und einer Oberflächentemperatur von - 6°) beschleunigten die Entwicklung von flächigen Kornformen und Hohlkörpern. Hinzu kamen die geringen Rammwiderstände, die nur im Basisbereich 20 kg/dm² erreichten, ein Umstand, der die Schneedeckenstabilität bedenklich erscheinen ließ. Eine Südostströmung Anfang März brachte ein zweites hochwinterliches Schneehöhenmaximum mit 50 cm Gesamtschneedeckenhöhe. Westwetter führte zu einem raschen Abbau der Schneedecke, ein Ereignis, das durch eine Tiefdruckrinnenentwicklung am 16.3. aufgefangen wurde. In der letzten Märzdekade war die Winterschneedecke aufgelöst.

BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Mit einem Jännermittel von 38 mm Niederschlag und einem Temperaturmittel von -4° C ist dieser südlich des Tauernhauptkammes gelegene inneralpine Raum im Talbodenbereich stark kontinental geprägt. Die Niederschlag- und Temperaturwerte im Zeitraum von 1951 - 80 (P. Tschernutter 1983) für Döllach betragen im Mittel 829 mm bzw. +5,9° C.

Für die Beurteilung der Schneesituation eines bestimmten Gebietes eignet sich recht gut die Summe der Neuschneehöhen (H. Wakonigg, 1975). Vergleicht man die Summen der einzelnen maximalen Neuschneehöhen bezogen auf die Station Egg (1200 m), beginnend im Winterhalbjahr 1976/77 bis 1980/81 und führt eine Reihung nach den einzelnen Wetterlagen, so dominieren die linearen Höhenströmungen mit S = 51 cm, W = 47,5 cm, SW = 41 cm und NW = 16 cm. Aus der Gruppe der Tiefdrucklagen tritt nur ein Vertreter hervor (TB = 34 cm). Die maximalen Summen der Neuschneehöhen wurden in den Winterhalbjahren 1977/78 mit 356,1 cm und 1979/80 mit 304,9 cm erreicht, wobei sich der Anteil der Tiefdrucklagen mit 24,3 % und 22,1 % ebenso wie der Anteil der linearen Höhenströmungen mit 35,8 % und 34,8 % kaum veränderten. Im Winterhalbjahr 1980/81 erreichte die Summe der Neuschneehöhen mit 185,8 cm ein Minimum. Ursache hierfür war die geringe Niederschlagsdichte, trotz der hohen Zahl der Tage mit Neuschnee - 41 Tage gegenüber dem Maximaljahr 1977/78 mit 45 Tagen. Als Einzelgruppe dominierten die linearen Höhenströmungen mit 42,4 %, der Anteil der H-Lagen sank auf 38,7 %, während der der Tiefdrucklagen mit 18,9 % deutlich gegenüber 1979/80 reduziert erscheint.

Die Zunahme der Schneehöhen mit der Meereshöhe am Beispiel der Meßstation Wirtmaraun (1600 m) und Illenalm (1900 m) kann als annähernd linear bezeichnet werden. Die Dauer der Winterschneedecke im Bereich der vorgenannten Meßstellen differierte im Winterhalbjahr 1979/80 um 7 Tage im übrigen Meßzeitraum um 1 bis 3 Tage. Dazu ist noch zu bemerken, daß expositionsbedingt, die höher gelegene Illenalm (Hangneigung 20°) auf Grund der steileren Hangsituation, gegenüber der Hangverebnung im Bereich von Wirtmaraun früher auszuapern beginnt.

In den frühwinterlichen Perioden führten vorwiegend Tiefdrucklagen südlich der Alpen und Strömungslagen von S, SW und NW zum Aufbau der Winterschneedecke. Dies galt besonders für die Winterhalbjahre 1976/77, 1977/78 und 1979/80. Während dieses Zeitraumes kam es zu geringeren Abbauerscheinungen im Kornbereich, die Basisschichten sind stark verfilzt, die Korngrößen wiesen Werte zwischen 0,5 - 1 mm auf. Der langsame Setzungsvorgang in der Schneedecke bewirkte geringe Rammwiderstände mit Maximalwerten in den Basisschichten um 35 kg/dm². H-Lagen im Früh- u. Spätwinter führten im Gegensatz zur hochwinterlichen Phase zu starken Reduzierungen der Schneehöhe. Im Jänner 1979 überwogen die schneedeckenaufbauenden Wetterlagen, aber die frühwinterliche geringmächtige Schneelage (18 - 25 cm) war bereits stark homogenisiert. Plattige Konfigurationen und Becherkristalle (2-3 mm), stark durchfeuchtet, mit einem Rammwiderstand um 280 kg/dm² wurden an beiden

Meßpunkten beobachtet. Ein Temperaturgradient von 10° beschleunigte in der Folge noch diese Entwicklung, wobei diese Schwimmschneesohle bis zur letzten Profilaufnahme Anfang Mai zu verfolgen war. Weiters bildete eine Harstsohle darüber eine ideale Gleitfläche für Oberflächenlawinen. In diesem Winterhalbjahr konnten im Gegensatz zu den übrigen Winterhalbjahren im Untersuchungsgebiet im größeren Umfang Schneebrettlawinen beobachtet werden. Das schneereiche Winterhalbjahr 1979/80 brachte im Früh- und Hochwinter stabile Schneedeckensituationen hervor. Schwimmschneesohlen wurden wegen der hohen Schneemächtigkeit und in diesem Zusammenhang auftretenden geringen Temperaturgradienten (bis 4°) nicht registriert. Die Winterschneedecke 1980/81 war mit 90 bzw. 91 Tagen von kurzer Dauer und die geringmächtigen Schneedeckenhöhen mit maximal 60 -70 cm förderte naturgemäß die Schwimmschneebildung. Durch die Windverfrachtung entstanden lokal gefährliche Schneebrettsituationen in Rinnen und Geländemulden. An den spätwinterlichen Ablationsperioden waren neben den H-Lagen, vor allem W-Wetterlagen und südliche Strömungen verantwortlich. Schadenslawinen konnten nicht registriert werden. Abgehende Lockerschneelawinen nach ergiebigen Neuschneefällen blieben in der großen Hangmulde unterhalb des schroffigen Gipfelaufbaues des Eggerwiesenkopfes liegen.

ZUSAMMENFASSUNG

Während eines fünfjährigen Beobachtungszeitraumes (1976 - 1981) wurde in einem kleinen alpinen Einzugsgebiet am Berchtoldhang (2 km², S-Exposition) der Auf- und Abbau der Schneedecke in Zusammenhang mit den Wetterlagen beobachtet. Daraus resultierende Lawinensituationen werden beschrieben. In den schneereichen Winterhalbjahren 1977/78 und 1979/80 erfolgte die Schwimmschneebildung in der Basisschicht nur in einem geringen Ausmaß. Infolge der S-Exposition war der Schnee rasch und stark verfestigt. In den schneearmen Wintern 1978/79 und 1980/81 setzte die aufbauende Metamorphose bereits zu Beginn des Hochwinters ein und die Schneedecke war dadurch instabil.

SUMMARY

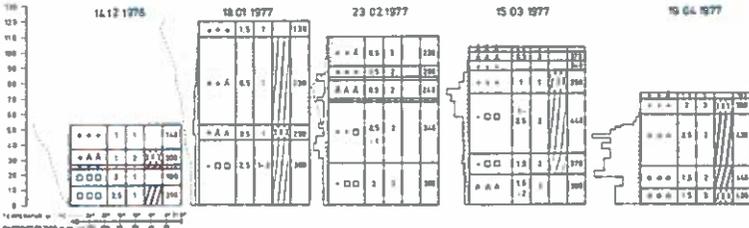
During a five year research-period (1976 - 1981) in the small experimental watershed Berchtoldhang (2 km², s-exposure) in the Möll-Valley in Carinthia the development of the snow cover in relation to the weather conditions was investigated. From then resulted situations of avalanches are described. In the winter with high snow cover (1977/78 and 1979/80) was the temperature gradient metamorphism rather reduced. In consequence of the s-exposure the snowpackes are strong stabilized. Whereas winter with thin snowpackes (1978/79 and 1980/81) the temperatur-gradient metamorphism layers at the begin of the high-winter period was observed until the end of the snowcourse. the snow cover was relatively instable.

LITERATUR

- Hydrographischer Dienst in Österreich, 1962: Der Schnee in Österreich im Zeitraum 1901-1950. Beiträge zur Hydrographie Österreichs Nr. 34, Wien.
- Lauscher, F., 1958: Studien zur Wetterlagen-Klimakunde der Ostalpenländer. Wetter und Leben 10, S. 79-83.
- Lauscher, F. & F., 1973: Der Aufbau und Abbau der Schneedecke auf dem Sonnblick im Wechselspiel der Wetterlagen. 68. - 69. Jahresbericht d. Sonnblick-Vereins f. d. Jahre 1970-1971, S. 3-30.
- Steinhauser, F., 1949: Über die Struktur des Jahresganges der Niederschläge am Zentralalpenraum. Wetter u. Leben 2, S. 1-4,
- Steinhauser, F., 1967: Schneedeckenwahrscheinlichkeit und durchschnittlich größte Schneehöhen in österreichischen Waldgebieten. Centralblatt f. d. gesamte Forstwesen 84, S. 355-364.
- Steinhauser, F., 1968: Die Schneeverhältnisse im Sonnblickgebiet. 63. - 65. Jahresbericht des Sonnblick-Vereines f. d. Jahre 1965-1967, S. 3-42.
- Steinhauser, F., 1974: Die Schneeverhältnisse Österreichs und ihre ökonomische Bedeutung. 70. - 71. Jahresbericht des Sonnblick-Vereines f. d. Jahre
- Unesco (IAHS-WMO), 1970: Seasonal snow-cover. Technical papers in hydrology. 2 nd p. Paris.
- Wakonigg, H., 1975: Die Schneeverhältnisse des österreichischen Alpenraumes (1950-1960). Wetter und Leben, Jahrgang 27, S. 193-203.

SCHNEEZITPROFIL WH 1976/77

STATION Illenalm 1900 m u.A.



SCHNEEZITPROFIL WH 1977/78

STATION Illenalm 1900 m u.A.

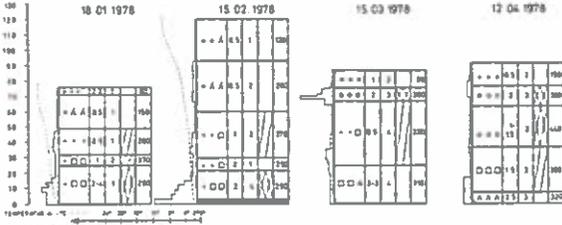
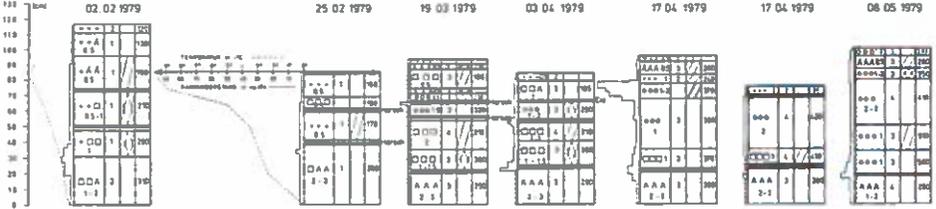


Abb. 1

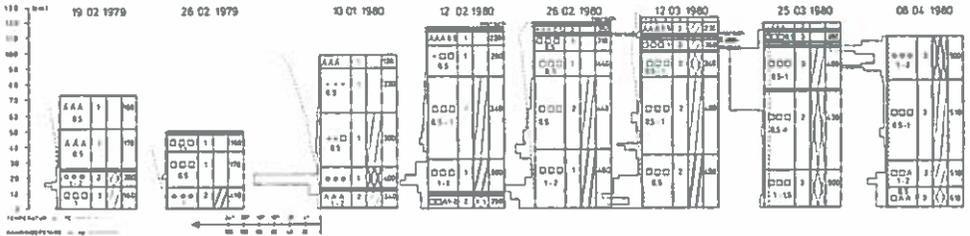
SCHNEEZITPROFIL WH 1978/79

STATION Illenalm 1900 m u.A.



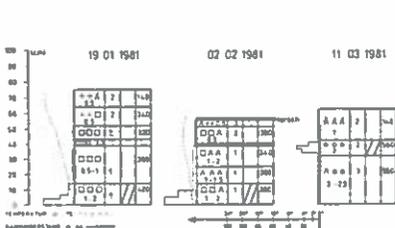
SCHNEEZITPROFIL WH 1979/80

STATION Illenalm 1900 m u.A.



SCHNEEZITPROFIL WH 1980/81

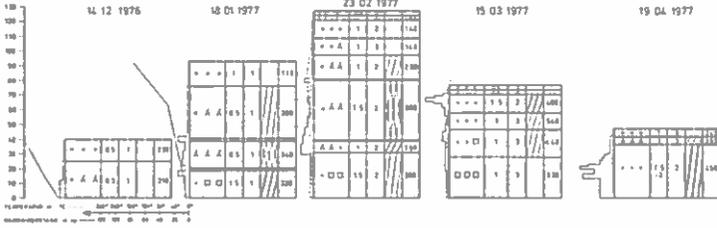
STATION Illenalm 1900 m u.A.



- TEMPERATUR IN DER SCHNEESCHICHT
- RAHWERDSTAND in 3p
- FORMATION der unteren Bestand d. Kristalle
- AAA abgerundete abwechselnde Phase
- BBB Ebnungsform d. abwechselnden Phase (Buckel)
- DDD aufsteigende Phase (steig. Bläse)
- AAA hart aufsteigende Phase (Buckelmarken, Schmelzabdrücke)
- GGG Schneehorizont
- VVV Abwurf
- KRINENGRÖSSE in mm
- FLUCHTNETZ EINER SCHNEESCHICHT
- XXXXX flach
- XXXXX steil
- XXXXX steil hart
- XXXXX E=0
- HAUTE EINER SCHNEESCHICHT
- XXXXX sehr weich
- XXXXX weich
- XXXXX mittelhart
- XXXXX hart
- XXXXX sehr hart
- XXXXX E=0

SCHNEEZITPROFIL WH 1976/77

STATION Wutmarau 1500 m u.A.



SCHNEEZITPROFIL WH 1977/78

STATION Wutmarau 1600 m u.A.

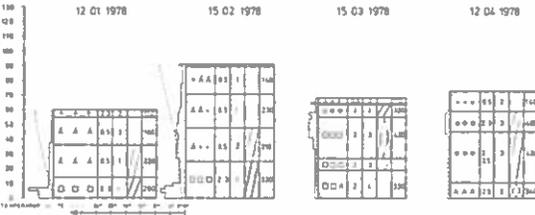
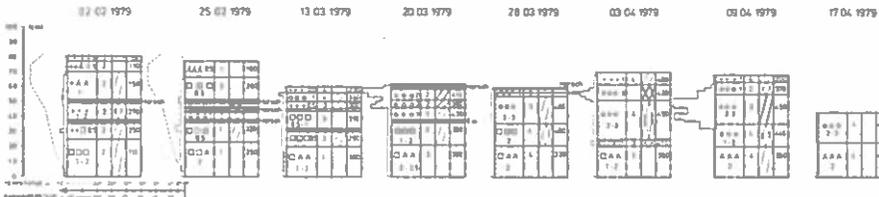


Abb. 2

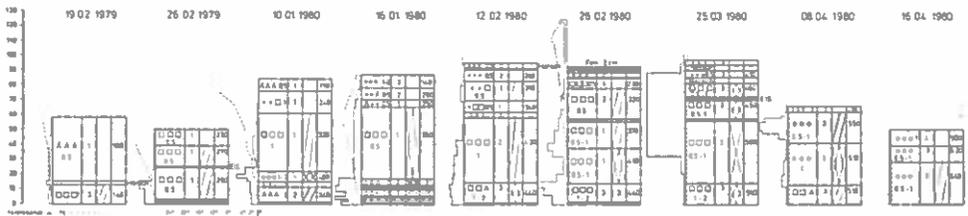
SCHNEEZITPROFIL WH 1978/79

STATION Wutmarau 1500 m u.A.



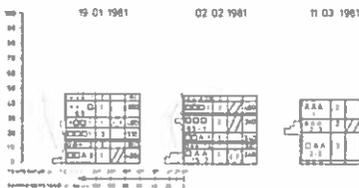
SCHNEEZITPROFIL WH 1979/80

STATION Wutmarau 1600 m u.A.



SCHNEEZITPROFIL WH 1980/81

STATION Wutmarau 1600 m u.A.



- | | |
|---|--|
| <p>--- TEMPERATUR IM OBER
SCHNEEDECKE</p> <p>■ ANSCHNEESTAND
im sp.</p> <p>□ □ □ FORMFORME
unterschiedl. Schicht d. H-schicht</p> <p>AAA Regenschnee abtaumende
Phase</p> <p>BBB Regenschnee d. abtaumenden Phase
Schicht</p> <p>DDD auftauende Phase
einzig. Reifsch.</p> <p>AAA hart auftauende Phase
Reifschicht/Schicht</p> <p>OOO Schneehaube</p> <p>VVV Reifschicht</p> <p>--- KÖRNERGRÖSSE
in mm</p> | <p>FEUCHTKEIT EINER SCHNEESCHICHT</p> <p>□□□□□ 1
□□□□□ 2
□□□□□ 3
□□□□□ 4
□□□□□ 5</p> <p>HARTE EINER SCHNEESCHICHT</p> <p>□□□□□ sehr weich</p> <p>□□□□□ weich</p> <p>□□□□□ mittelmäßig</p> <p>□□□□□ hart</p> <p>□□□□□ sehr hart</p> <p>□□□□□ Eis</p> <p>--- Reifschicht</p> |
|---|--|

Heft Nr.

- 134 Neumann Alfred † : "Die mitteleuropäischen Salix-Arten"
(1981) Preis ö.S. 200. -
Taschenbuchausgabe Preis ö.S. 150. -
- 135 "Österreichisches Symposium Fernerkundung"
(1981) Veranstaltet von der Arbeitsgruppe Fernerkundung der Österreichischen Gesellschaft für Sonnenenergie und Weltraumfragen (ASSA) in Zusammenarbeit mit der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, 1.-3. Oktober 1980 in Wien
Preis ö.S. 250. -
- 136 "Großdüngungsversuch Pinkafeld"
(1981) Johann Klaus: "Ertragskundliche Ergebnisse"
Stefan Klaus: "Nadelanalytische Ergebnisse"
Preis ö.S. 150. -
- 137/I "Nachweis und Wirkung forstschädlicher Luftverunreinigungen"
(1981) IUFRO-Fachgruppe S2.09-00 Luftverunreinigungen
Tagungsbeiträge zur XI. Internationalen Arbeitstagung forstlicher Rauchschadenssachverständiger, 1.-6.IX.1980 in Graz, Österreich
Preis ö.S. 180. -
- 137/II "Nachweis und Wirkung forstschädlicher Luftverunreinigungen"
(1981) IUFRO-Fachgruppe S2.09-00 Luftverunreinigungen
Tagungsbeiträge zur XI. Internationalen Arbeitstagung forstlicher Rauchschadenssachverständiger. 1.-6.IX.1980 in Graz, Österreich
Preis ö.S. 200. -
- 138 "Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung" (3)
(1981) IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 Wildbäche, Schnee und Lawinen
Preis ö.S. 200. -
- 139 "Zuwachskundliche Fragen in der Rauchschadensforschung"
(1981) IUFRO-Arbeitsgruppe S2.09-10 "Diagnose und Bewertung von Zuwachsänderungen". Beiträge zum XVII IUFRO Kongress
Preis ö.S. 100. -
- 140 "Standort: Klassifizierung-Analyse-Anthropogene Veränderungen"
(1981) Beiträge zur gemeinsamen Tagung der IUFRO-Arbeitsgruppen S1.02-06, Standortklassifizierung, und S1.02-07, Quantitative Untersuchung von Standortfaktoren.
5.-9. Mai 1980 in Wien, Österreich.
Preis ö.S. 250. -
- 141 Müller Ferdinand: "Bodenfeuchtigkeitsmessungen in den Donauauen des Tullner Feldes mittels Neutronensonde"
(1981) Preis ö.S. 150. -

Heft Nr.

- 142/I "Dickenwachstum der Bäume"
(1981) Vorträge der IUFRO-Arbeitsgruppe S1.01-04, Physiologische Aspekte der Waldökologie, Symposium in Innsbruck vom 9.-12. September 1980
Preis ö.S. 250. -
- 142/II "Dickenwachstum der Bäume"
(1981) Vorträge der IUFRO-Arbeitsgruppe S1.01-04, Physiologische Aspekte der Waldökologie, Symposium in Innsbruck vom 9.-12. September 1980
Preis ö.S. 250. -
- 143 Mildner Herbert, Haszprunar Johann, Schultze Ulrich:
(1982) "Weginventur im Rahmen der Österreichischen Forstinventur"
Preis ö.S. 150. -
- 144 "Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung" (4)
(1982) IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 Wildbäche, Schnee und Lawinen
Preis ö.S. 300. -
- 145 Margl Hermann: "Zur Alters- und Abgangsgliederung von
(1982) (Haar-) Wildbeständen und deren naturgesetzlicher Zusammenhang mit dem Zuwachs und dem Jagdprinzip"
Preis ö.S. 100. -
- 146 Margl Hermann: "Die Abschüsse von Schalenwild, Hase und
(1982) Fuchs in Beziehung zu Wildstand und Lebensraum in den politischen Bezirken Österreichs"
Preis ö.S. 200. -
- 147 "Forstliche Wachstums- und Simulationsmodelle"
(1983) Tagung der IUFRO Fachgruppe S4.01-00 Holzmessung, Zuwachs und Ertrag, vom 4. - 8. Oktober 1982 in Wien
Preis ö.S. 300. -
- 148 Holzschuh Carolus: "Bemerkenswerte Käferfunde in Österreich" III
(1983)
Preis ö.S. 100. -
- 149 Schmutzenhofer Heinrich: "Über eine Massenvermehrung
(1983) des Rotköpfigen Tannentriebwicklers (Zeiraphera rufimitrana H.S.) im Alpenvorland nahe Salzburg"
Preis ö.S. 150. -
- 150 Smidt Stefan: "Untersuchungen über das Auftreten von Sauren
(1983) Niederschlägen in Österreich"
Preis ö.S. 150. -

Heft Nr.

- 151 "Forst- und Jagdgeschichte Mitteleuropas"
(1983) Referate der IUFRO-Fachgruppe S6.07-00 Forstgeschichte, Ta-
gung in Wien vom 20.-24. September 1982
Preis ö.S. 150.-
- 152 Sterba Hubert: "Die Funktionsschemata der Sortentafeln für
(1983) Fichte in Österreich"
Preis ö.S. 100.-
- 153 "Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung" (5)
(1984) IUFRO-Fachgruppe S1.04.00 Wildbäche, Schnee und Lawinen
Preis ö.S. 250.-

ANGEWANDTE PFLANZENSOZIOLOGIE

Heft Nr.

- XX
(1967) Martin - Bosse Helke: "Schwarzföhrenwälder in Kärnten"
Preis ö.S. 125.-
- XXI
(1973) Margl Hermann: "Waldgesellschaften und Krummholz auf Dolomit"
Preis ö.S. 60.-
- XXII
(1975) Schiechtl Hugo Meinhard, Stern Roland: "Die Zirbe (Pinus
Cembra L.) in den Ostalpen" I. Teil
Preis ö.S. 100.-
- XXIII
(1978) Kronfuss Herbert, Stern Roland: "Strahlung und Vegetation"
Preis ö.S. 200.-
- XXIV
(1979) Schiechtl Hugo Meinhard, Stern Roland: "Die Zirbe (Pinus
Cembra L.) in den Ostalpen" II. Teil
Preis ö.S. 100.-
- XXV
(1980) Müller H.N.: "Jahrringwachstum und Klimafaktoren"
Preis ö.S. 100.-
- XXVI
(1981) "Alpine Vegetationskartographie"
Preis ö.S. 300.-
- XXVII
(1983) Schiechtl Hugo Meinhard, Stern Roland: "Die Zirbe (Pinus
Cembra L.) in den Ostalpen" III. Teil
Preis ö.S. 200.-

Bezugsquelle

Österreichischer Agrarverlag
A - 1141 Wien

