

FBVA - B E R I C H T E
Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt

Nr. 36

1989

1988
BEITRÄGE ZUR WILDBACHEROSIONS- UND LAWINENFORSCHUNG
ODC 116:384:971

CONTRIBUTIONS TO RESEARCH ON TORRENT EROSION AND AVALANCHES
ESSAIS SUR LA RECHERCHE D'ÉROSION TORRENTIELLE ET DES AVALANCHES

(8)

IUFRO

Fachgruppe

Subject Group

Group sectoriel

S 1.04 - 00

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

Herausgeber
Forstliche Bundesversuchsanstalt in Wien

in Kommission bei
Österreichischer Agrarverlag, A-1141 Wien

Herstellung und Druck
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A - 1131 Wien

Copyright by
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A - 1131 Wien

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet
Printed in Austria

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

	Seite/Page
Vorwort	5
Preface	8
Préface	11

I. **AUSWIRKUNGEN VON WALDSCHÄDEN AUF EINZUGSGEBIETS-
REGELUNGEN, WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG**

**EFFECTS OF DYING FORESTS ON WATERSHED MANAGEMENT
AND TORRENT AND AVALANCHE CONTROL**

**EFFETS DE LA DEGRADATION DE LA FORET A L'AMENAGEMENT
DES BASSINS VERSANTS ET LA CORRECTION DES TORRENTS**

KRONFELLNER-KRAUS, G. (Vienna/Austria): Veränderungen in Wildbachein- zugsgebieten und deren Auswirkungen	17
Alternations in torrential watersheds and their effects	31
JARABAC, M. & A. CHLEBEK (Ostrava/CSSR): The problems of streamflow changes from forest decline due to air pollution	43
NAKAI, Y. (Tsukuba/Japan): Soil conservation effect by hillside works in the devastated land of Ashio, Japan	51
SAMMORI, T. & M. IWAMOTO (Tsukuba/Japan): Soil conservation plan in a devastated forest due to typhoon	65
IWAMOTO, M. (Tsukuba/Japan): Prediction of sediment discharge and forest conservation plan for a sub-alpine forest in Japan	81
RUF, G. (Vienna/Austria): How to replace the Manning (Strickler) Formula in steep and rough torrents?	99

II.

LAWINEN UND ANDERE MASSENBEWEGUNGEN

AVALANCHES AND OTHER MASS MOVEMENTS

AVALANCHES ET D'AUTRES MOUVEMENTS DE MASSES

WIDMANN, R.: Einfluß alpiner Speicher auf den Abfluß von Hochwässern	109
KRONFELLNER-KRAUS, G.: Der Bergsturz Val di Pola im Addatal, Italien	111
HANAUSEK, E.: Die Wolfsgrubenlawine in St. Anton am Arlberg	115
SCHAFFHAUSER, H.: Lawinenereignisse im Winterhalbjahr 1987/88	117
NEMETZ, W.: Auswirkungen von Lawinen im Bereich von Bach- fassungen	121
RAMMER, L.: Stand des Projektes über lawinendynamische Messungen im Pitz- und Bschrabsertal	123
HÖLLER, P.: Aktuelle Ergebnisse von Gleitschneemessungen	125

VORWORT

Das vorliegende Heft setzt die Publikationsreihe der ho. Anstalt für die IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 für "Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen" als achttes fort. Zur Beschleunigung wurde hierfür die neue, einfachere Form, "BERICHTE der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien", gewählt. Gegenstand dieses Heftes sind die Tagungsbeiträge zweier Veranstaltungen die im Frühjahr und im Sommer 1988 in Frankreich und Österreich, wiederum zusammen mit anderen fachverwandten Arbeitsgruppen, stattgefunden haben.

AUSWIRKUNGEN VON WALDSCHÄDEN AUF EINZUGSGEBIETSREGELUNGEN, WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG

Über die "Auswirkungen des Waldsterbens auf Einzugsgebietsregelungen, Wildbach- und Lawinenverbauung" fand am 15. Juni 1988 ein gemeinsames FAO/IUFRO Symposium statt, und zwar im Rahmen der 16. Tagung der Arbeitsgruppe (WP) für Bewirtschaftungsregelungen von Gebirgseinzugsgebieten (MW) der Europäischen Forstkommission (EFC) der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation (FAO) der UNO in der Zeit vom 14. bis 24. Juni 1988 in Aix-en-Provence, Frankreich. Die erste Woche (14. bis 18. Juni) war der eigentlichen Tagung und dem Symposium gewidmet. In der zweiten Woche (19. bis 24. Juni) führte eine Studienreise zu historischen und aktuellen Aufforstungen, Wildbachverbauungen und Forschungsgebieten in den französischen Süd- und Hochalpen.

Die gesamte Veranstaltung führte 61 Teilnehmer aus 20 Ländern zusammen, und zwar 39 Vertreter der neun Mitgliedsstaaten der EFC (Deutschland, Frankreich, Griechenland, Israel, Italien, Österreich, Spanien, Schweiz, Jugoslawien), 16 Beobachter aus neun überseeischen Entwicklungsländern (Burundi, Goldküste, Guinea, Haiti, Madagaskar, Mexiko, Marokko, Ruanda, Venezuela), sowie 6 Repräsentanten der zwei veranstaltenden Organisationen, FAO (Rom) und IUFRO (Österreich, Japan). Während der mehr praktisch orientierten Tagung wurden in 8 Themengruppen etwa 35 Referate behandelt. Eine Zusammenfassung dieser Referate scheint im Schlußbericht der Tagung auf, die vom Sekretariat der FAO/EFC/MW-Arbeitsgruppe in Rom herausgebracht wird (Final Report of the 16th Session of the Working Party on the Management of Mountain Watersheds in Aix-en-Provence, France, by FAO/EFC Rom).

Bei dem FAO/IUFRO-Symposium standen an Hand von fünf Referaten aus der CSSR (Jarabac & Chlebek), Japan (Nakai, Sammori, Iwamoto), und Österreich (Kronfellner-Kraus) die möglichen und drohenden, sowie bisher tatsächlichen Auswirkungen der neuartigen Waldschäden auf Einzugsgebietsregelungen und Verbauungen zur Debatte. Das drastischste Beispiel der Folgen einer Waldverwüstung liegt wohl in Ashio/Japan. Es handelt sich hierbei um weit in das vorige Jahrhundert zurückgehende Schadenseinwirkungen durch Brand und von einer Kupfermine. Diese, aber auch andere natürliche Schadenseinwirkungen (Taifune) erforderten bereits umfangreichste Verbauungs- und Sanierungsmaßnahmen. In Europa liegen gemessene hydrologische Auswirkungen von Waldschäden bisher lediglich aus der CSSR vor, während sie im Alpenraum noch weniger offenkundig aber mehr diskutiert sind. Die Komplexhaftigkeit der Probleme erfordert umfassende Untersuchungen und langfristige Messungen und man wird die diesbezüglichen Forschungen, Wissens- und Gedankenaustausch intensiv fortsetzen müssen.

Dem ersten Abschnitt ist noch ein weiterer, bei der Tagung vorgelegter, aktueller österreichischer Bericht über Wassergeschwindigkeitsmessungen (Ruf) angeschlossen.

LAWINEN UND ANDERE MASSENBEWEGUNGEN

Der zweite Teil des vorliegenden Heftes faßt die beim sechsten, ostalpin-regionalen IUFRO/ÖGG-Workshop über "Lawinen und andere Massenbewegungen" in Salzburg am 22. April 1988 vorgebrachten Referate in Kurzfassung zusammen. 18 Mitglieder der IUFRO-Fachgruppe und des "Arbeitskreises für Eis, Schnee und Lawinen" der "österreichischen Geomechanischen Gesellschaft" (ÖGG, eine Zweigorganisation der "Internationalen Gesellschaft für Felsmechanik") besprachen aktuelle Forschungen und extreme Katastrophenereignisse der letzten Jahre, die ja auch mit menschlichen Aktivitäten in Zusammenhang gebracht wurden. Insoferne stellen sie auch eine gewisse Ergänzung des ersten Teiles dar.

DANKSAGUNG

Die gegenständliche Publikation möge den Informationsfluß und Gedankenaustausch beschleunigen und damit zu einer gesteigerten Wirksamkeit der Wildbach- und Lawinenforschung beitragen. Der Dank gilt daher Allen, die an diesen Prozeß mitgewirkt haben, den Referenten, Organisatoren, Dolmetschern und Helfern, insbesondere den jeweiligen Gastgebern, in Frankreich dem französischen Forstdienst, RTM und CEMAGREF, allen voran repräsentiert durch Herrn De Crecy, Grenoble, sowie dem FAO-Sekretariat in Rom, in Österreich der Direktion der Tauernkraftwerke AG, Salzburg, und für die Drucklegung dieses Heftes der Direktion der Forstlichen Bundesversuchsanstalt mit allen befaßten Mitarbeitern.

Gottfried Kronfellner - Kraus
Stellvertretender Leiter der
IUFRO - Fachgruppe S1.04-00

P R E F A C E

The present booklet continues the series of proceedings, published by the Federal Forestry Research Station of Vienna for the IUFRO-Subject Group S1.04-00 for the "Prevention and Control of Torrent Erosion, Floods and Mud Flows, Snow Damage and Avalanches" as the eighth volume. This publication has been printed in the new format called "BERICHTE" (REPORTS) by our Research Station in order to speed up the edition. This booklet mainly contains the proceedings of two meetings of the Subject Group which took place in France and Austria in spring and summer 1988, again together with other related working groups.

EFFECTS OF DYING FORESTS ON WATERSHED MANAGEMENT AND TORRENT AND AVALANCHE CONTROL

A jointFAO/IUFRO-Symposium on the "effects of dying forests on watershed management and torrent and avalanche control" took place on June 15, 1988, during the 16th session of the working party (WP) for the management of mountain watersheds (MW) of the European Forestry Commission (EFC) of the Food and Agriculture Organization (FAO in Rome) from June 14 to 24, 1988, in Aix-en-Provence, France. The first week (June 14 to 18) of this meeting was spent on the actual session and symposium. During the second week (June 19 to 24) a study tour guided the participants to historic and current places of afforestation and torrent control as well as places of research activities in the French South and High Alps.

The whole meeting brought together 61 participants from 20 countries, namely 39 representatives of the nine member countries of EFC (Austria, France, Germany, Greece, Israel, Italy, Spain, Switzerland, Yugoslavia), 16 observers from nine overseas, developing countries (Burundi, Gold Coast, Guinea, Haiti, Madagascar, Morocco, Mexico, Ruanda, Venezuela) as well as 6 representatives of the organizations responsible for the session, (FAO, Rome/Italy) and symposium (IUFRO, Austria, Japan). 35 papers were read on eight topics. A summary of these papers will be published in the "Final Report of the 16th Session of the FAO/EFC/MW-Working Party in Aix-en-Provence, France", by the FAO Secretariat in Rome.

The threatened and hiterto real effects of the novel damages of forests on the management of mountain drainage basins and control measures were discussed on five papers from the CSSR (Jarabac & Chlebek), Japan (Nakai, Sammori, Iwamoto) and Austria (Kronfellner-Kraus). The devastated land of Ashio/Japan may be presumed as being the most drastic example of "dying forests". It was due to emissions by a copper mine and to forest fires going back as lang ago as last century. Such and other natural injuries to forests (typhoons, etc.) have already given rise to extensive control and sanitation measures. In Europe, measured hydrologic effects of dying forests are only known from the CSSR, whereas they are less obviously manifest but more discussed within the Alpine Countries. The complexity of these problems requires comprehensive investigation and longterm measurements and therefore, the research and discussions have to be continued on an intensive scale.

A further Austrian report presented at the 16th EFC/MW-WP-session concerning a few formula for the velocity of water has been annexed to this chapter.

AVALANCHES AND OTHER MASS MOVEMENTS

The second part of the present booklet contains the summaries of papers of the Sixth East-Alpine-Regional IUFRO/ÖGG-Workshop on "Avalanches and other Mass Movements" which took place in Salzburg, on April 22, 1988. Eighteen members of the IUFRO-Subject Group and of the Working Party on "Ice, Snow and Avalanches" of the "Austrian Society for Geomechanics" (ÖGG, a branch organization of the "International Society for Rock Mechanics) discussed current research activities as well as the most extreme catastrophic events of the last year. These events are continually beeing viewed in the media or beeing a result of various human activities. Insofar they can be considered as a supplement to the first part of this booklet.

THANKSGIVING

The present publication may contribute to a speedy exchange of knowledge and experience and therefore to an increased efficiency in torrent and avalanche research. We are deeply indebted to all speakers, interpreters, organizers and especially to the respective hosts, in France to the Forest Service, RTM and CEMAGREF, represented first of all by Mr. De Crecy, Grenoble, and to the FAO-Secretariat in Rome, in Austria to the Management of the Tauernkraftwerke AG, Salzburg, and to the Management of the Federal Forest Research Organization, Vienna, and to all staff members concerned with the printing of this booklet.

Gottfried Kronfellner - Kraus
Deputy Leader of
IUFRO-Subject Group S1.04-00

P R E F A C E

La présente brochure est la huitième publication de l'Institut Fédéral de Recherche Forestière de Vienne pour le Groupe Spécial IUFRO S1.04-00 de "Prévention et contrôle de l'érosion torrentielle, des crues et laves de boue, dégâts par la neige et avalanches". Afin d'accélérer l'édition de cette série, nous avons choisi la nouvelle forme simplifiée de "RAPPORTS" de notre Institut de Recherche. L'objet de la présente brochure, ce sont les actes de deux réunions qui ont eu lieu au printemps et en été 1988 en France et en Autriche, de nouveau ensemble avec d'autres groupes de travail connexes.

EFFETS DES DEGATS FORESTIERS SUR LA CORRECTION DES BASSINS HYDROLOGIQUES ET LES DEFENSES DE TORRENTS ET AVALANCHES

Sur les "Effets du dépérissement forestier sur la correction des bassins hydrologiques et les oeuvres de défense des torrents et avalanches", un symposium commun FAO/IUFRO a eu lieu le 15 juin 1988 dans le cadre de la 16ème session du groupe de travail (WP) pour l'aménagement des bassins versants de montagne (MW) de la Commission Forestière Européenne (EFC) de l'Organisation des Aliments et de l'Agriculture (FAO) de l'ONU qui siégeait à Aix-en-Provence, France, du 14 au 24 juin 1988. Dans la première semaine (14 au 18 juin) tenaient la session et le symposium proprement dits. Dans la deuxième semaine, un tour d'études visitait des reboisements historiques et récents, des défenses torrentielles et des terrains de recherche dans les Alpes du Sud et d'autres hautes montagnes françaises.

Toute la réunion rassemblait 61 participants de 20 pays, à savoir 39 représentants des neuf Etats membres de la EFC (Allemagne, France, Grèce, Israël, Italie, Autriche, Espagne, Suisse et Yougoslavie), 16 observateurs de neuf pays d'outre-mer en voie de développement (Bouroundi, Côte d'Or, Guinée, Haiti, Madagascar, Mexique, Maroc, Rouanda et Venezuela), ainsi que six représentants des deux organisations responsables de la session (FAO, Rome/Italie) et du symposium (IUFRO, Autriche, Japon). Dans la session, orientée plutôt vers la pratique, environ 35 exposés furent présentés sur 8 groupes thématiques. Le résumé de ces exposés se trouve dans le rapport final de la session, édité le secrétariat de la FAO/EFC/groupe de travail MW à Rome (Final Report

of the 16th Session of the Working Party for the Management of Mountain Watersheds in Aix-en-Provence, France, by FAO/EFC Rome).

A partir de cinq conférences, de la CSSR (Jarabac & Chlebek), du Japon (Nakai, Sammori, Iwamoto) et de l'Autriche (Kronfellner-Kraus), on a discuté dans le symposium FAO/IUFRO les effets des récents dégâts forestiers sur la correction des bassins hydrologiques et les défenses, autant possibles et imminents, que ceux qui se sont déjà produits. L'exemple le plus expressif des effets du dépérissement forestier sera celui de Ashio/Japon. Ils étaient dus aux conséquences pernicieuses des émissions d'une mine de cuivre et des incendies de forêt, causés depuis longtemps dans le siècle passé. Les facteurs mentionnés, mais aussi d'autres influences endommageantes naturelles (typhons) ont déjà demandé les mesures les plus étendues de défenses et d'assainissement. En Europe, jusqu'à ce moment les effets hydrologiques des dégâts forestiers ont été mesurés et quantifiés seulement en CSSR, tandis que dans la région alpine, ils restent encore moins évidents, mais davantage sujets à une large discussion publique. La complexité des problèmes rend nécessaires des investigations d'ensemble et des mesurages à long terme, et il faudra donc continuer et intensifier les recherches, ainsi que l'échange de connaissances et de réflexions sur ce sujet.

Au premier exposé fut ajouté un deuxième rapport actuel autrichien (Ruf) présenté à la session sur le mesurage de la vitesse des courants d'eau.

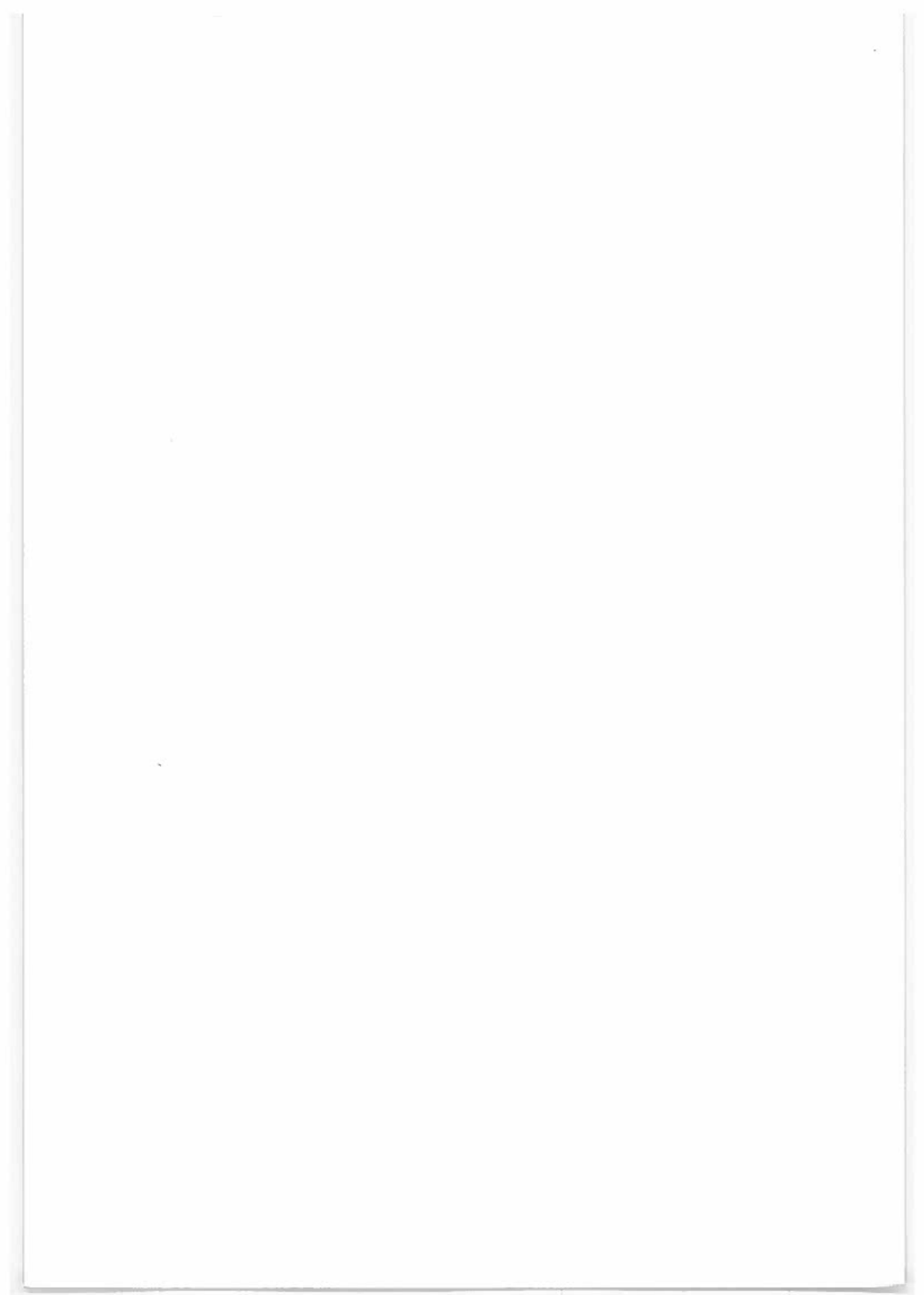
AVALANCHES ET AUTRES MOUVEMENTS DE MASSES

La deuxième partie de la présente brochure donne un bref résumé des conférences présentées à la sixième réunion régionale IUFRO/ÖGG des Alpes Orientales, sur "Avalanches et autres mouvements de masses", tenu à Salzbourg le 22 Avril 1988. 18 membres du groupe spécial IUFRO et du "Cercle de travail sur la glace, la neige et les avalanches" au sein de la ÖGG (Société Autrichienne de Géomécanique, à son tour une branche de la "Société Internationale de la Mécanique des Roches"), discutaient les recherches actuelles et les événements catastrophiques extrêmes des dernières années, regardées aussi en relation avec les activités humaines. Dans un sens, cela était aussi un certain complément de la première partie.

REMERCIEMENTS

La présente publication devrait accélérer le courant de l'information et un vaste échange de la connaissance, afin de contribuer à une efficacité croissante de la recherche sur les torrents et les avalanches. Nous remercions donc tous ceux qui ont contribué à cette tâche, tous les conférenciers, organisateurs, traducteurs et assistants, surtout les hôtes respectifs, en France les Services Forestiers Français RTM et CEMAGREF, représentés surtout par M. De Crécy, Grenoble, ainsi que le secrétariat FAO à Rome, en Autriche la centrale hydro-électrique de Tauernkraftwerke AG, Salzbourg, pour l'impression de cette brochure la direction de l'Institut Fédéral de Recherche Forestière avec tout son personnel.

Gottfried Kronfellner-Kraus
Vice-Directeur du Groupe
Spécial IUFRO S1.04 - 00



I.

AUSWIRKUNGEN VON WALDSCHÄDEN AUF EINZUGSGEBIETS-
REGELUNGEN, WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG

EFFECTS OF DYING FORESTS ON WATERSHED MANAGEMENT
AND TORRENT AND AVALANCHE CONTROL

EFFETS DE LA DEGRADATION DE LA FORET A L'AMENAGEMENT
DES BASSINS VERSANTS ET LA CORRECTION DES TORRENTS

VERÄNDERUNGEN IN WILDBACHEINZUGSGEBIETEN UND DEREN AUSWIRKUNGEN

von

Gottfried Kronfellner-Kraus, Wien

EINLEITUNG

Nach den Katastrophen der letzten Jahre konzentrieren sich die aktuellsten Fragen der Erosionsbekämpfung in alpinen Wildbächen vor allem auf die

- möglichen Auswirkungen menschlicher Eingriffe auf den Wasserhaushalt (Waldwirtschaft, Straßenbau, Skipisten, etc.),
- Effizienz und Umweltverträglichkeit von Verbauungen, Wasserkraftwerke, etc. und auf die
- möglichen Folgen neuartiger Waldschäden.

Zu diesen Problemen gibt es zwar zahlreiche qualitative Studien und approximative Modellvorstellungen, aber nur wenige auf Messungen beruhende Untersuchungen. Zu Diskussionen kommt es vor allem deshalb, weil die Folgen nachteiliger Veränderungen meist nicht sofort, sondern erst nach vielen Jahren, bei entsprechenden Niederschlägen und Schäden, auftreten. Bis dahin werden auch gefährliche Eingriffe oft nicht als solche erkannt oder geleugnet. Ebenso falsch erscheint es aber auch, Schadenereignisse pauschal als Folge nachteiliger Veränderungen darzustellen ohne ausreichende Kenntnis darüber, ob im gegebenen Einzelfall Veränderungen überhaupt in ausschlaggebenden Umfang vorgekommen sind.

Um zu einer sachlicheren Diskussion beizutragen werden im folgenden zunächst die alpinen Wildbachgefahren und die Schutzwirkungen des Waldes besprochen. Sodann werden insbesondere die möglichen Folgen von Sportanlagen und der neuartigen Waldschäden behandelt. Die tatsächlich vor sich gegangenen Veränderungen und Auswirkungen werden an charakteristischen Hochwasserereignissen zusammenfassend aufgezeigt.

WILDBACHEROSION UND WILDBACHVERBAUUNG

Die alpinen Wildbachgefahren beruhen auf den großen Schwankungen in der Wasser- und Geschiebeführung. Außerdem muß man mit irregulären Abflüssen und Feststofftransporten (Muren und Lawinen) rechnen. Die Schwierigkeiten in der Gefahreinschätzung liegen vor allem darin, daß auch ganz neue Erosionen auftreten können. Die verschiedenen Erosionsraten können über viele Zehnerpotenzen und die Feststofftransporte über sehr verschiedene Perioden schwanken. Die Größenordnungen flächenhafter Erosionen reichen von hundertstel Millimeter bis zu mehreren Zentimetern jährlich. Tiefen- und Seitenschurf sowie Rutschungserosionen können aber auch plötzlich in Meter- und Zehnmeter - Dimensionen eingreifen.

Verbauungen schalten akute Geschiebeherde aus:

- Im Oberlauf durch Schaffung von Erosionsbasen, Konsolidierung, Begrünung und Aufforstung der Anbrüche (Geschiebeherde).
- Im Mittellauf werden vor allem Grobgeschiebe etc. unschädlich abgelagert, Hänge konsolidiert und
- im Unterlauf besiedelte Schwemmkegel reguliert.

Vorsorglich sind Einzugsgebiete pfleglich zu bewirtschaften.

- Gefahrenzonen- und Katastrophenabwehrpläne stellen weitere vorbeugende Maßnahmen dar.

SCHUTZFUNKTIONEN DES WALDES

In unseren humiden Breiten vermögen auch landwirtschaftliche Nutzungen bis zu Hangneigungen von etwa 30° Erosionen zu verhindern, steilere Hänge sollten jedoch Wäldern vorbehalten sein.

Von allen Vegetationsformen vermag ein entsprechend aufgebauter, gesunder Wald den Boden am wirkungsvollsten zu schützen. Das Kronendach schützt den Boden vor der erosiven Aufschlagswirkung von Regentropfen und Hagelkörnern (splash erosion). In der Vegetationsperiode wirkt die Interzeption von Baumkronen und Bodenstreu in unseren Breiten günstig. Ihre Wirkung nimmt aber mit zunehmender Regenmenge und Intensität rasch ab. Bestockungsgrad, Durchforstungen, also auch Nadelverluste, haben untergeordnete Bedeutung und nur bei sehr großen Auflichtungen meßbare Auswirkungen auf das Abflußgeschehen (ENGLER 1919, WILM &

DUNFORD zit. bei BRECHTEL & ESCHNER 1969). Bei größeren Auflichtungen, insbesondere von Laubhölzern, wird die geringere Interzeption der Waldbäume meistens durch eine infolge stärkeren Lichteinfalles dichtere Vegetationsdecke am Boden wieder aufgehoben (DELFS 1955). Die Schneeinterzeption erscheint wirksamer, vor allem wenn es, im Falle tiefgreifender Hangbewegungen, auf die Verringerung des in den Boden eindringenden Schmelzwassers ankommt. Eine längere Schneelage im Wald durch Beschattung kann durch Verzögerung der Abflüsse Vorteile bieten. Sie kann aber auch nachteilig sein, wenn Schnee zusammen mit Frühjahrsniederschlägen gemeinsam zum Abfluß kommt. Größere Freistellungen und Blößen im Walde sind vor allem hinsichtlich Lawinenbildung gefährlich. Solche Auflichtungen sind bisher meistens auf Überalterung, Nutzung von Nadelhölzern in Mischbeständen (so daß nur sommergrüne Laubhölzer, wie Buchen, verbleiben) und mangelndem Jungwuchs infolge zu hohen Wildstandes zurückzuführen. Bestände sind durch Lawinenabgänge gefährdet, in Steillagen bereits dann, wenn die Blößen in der Falllinie etwa 40 m überschreiten. Einmal losgelöste Schneemassen erreichen schon nach kürzester Zeit ihre maximale zerstörende Geschwindigkeit und zwar auf einer Strecke die etwa der vierzigfachen Schneemächtigkeit entspricht (d.i. bei 1 m mächtigen Schneedecken 40 m, INDERGAND 1984).

Was die Verdunstung betrifft, sind die Unterschiede zwischen ganzjährigen Vegetationsdecken, wie Grasland und Wald, eher gering. Doch bewirken Waldböden einen vergleichsweise tieferreichenden Bodenwasseraufbrauch (BAUMGARTNER 1967 zit. bei BRECHTEL et al. 1971, 1985). Die wirksamste Schutzwirkung des Waldes beruht aber auf der Durchdringung und Auflockerung des Bodens. Es versickert im Walde ein vielfaches des Niederschlagwassers im Vergleich zu Freilandböden, es kommt zu geringeren Oberflächenabflüssen und es wird dementsprechend auch die Gefahr von oberflächlichen und Grabenerosionen herabgesetzt. Das versickernde Wasser wird teils gespeichert, teils gelangt es oberflächennahe verschieden rasch (bis zum "Schnellabfluß") und teils in die Tiefe zum Abfluß.

Die Wurzelsysteme tragen dazu bei Waldböden zusammenzuhalten, die Scherwiderstände zu vergrößern und somit Rutschgefahren zu vermindern (KOBASHI 1984). Diese bodenfestigende Wirkung geht bei Kahlschlägen erst nach völliger Verrottung der Wurzelsysteme, also erst nach einigen Jahren verloren. Im Anschluß nehmen die Rutschgefahren sprunghaft zu bis die Wurzelsysteme neuer Aufforstungen wieder wirksam werden. Abgesehen von Kahlschlägen zeigen sich relativ geringe Unterschiede zwischen Hoch- und Buschwald und Bestockungsgrad und Rutschungsanfälligkeit (MEGAHAN et al. 1978). Oftmals findet auch eine Veranke-

rung in den felsigen Untergrund statt (RICE 1977). Da aber auch das Grundgestein in Bewegung sein kann, wirkt der Wald vor allem durch die Schneeinterzeption und durch seinen Wasserverbrauch auch auf große Kriechhänge und Talzuschübe, als ein quasi biologisches Entwässerungssystem, stabilisierend (KRONFELLNER-KRAUS, 1980).

Am Grabenausgang des Gradenbaches im Mölltal, Kärnten, sackt der sogenannte 2 km² große Berchtoldhang jährlich um Dezimeter bis Meter talwärts und gefährdet dadurch die unterhalb liegenden Ortschaften. Es gelang die Abhängigkeit der Hangbewegung von den vorangegangenen Niederschlägen zu quantifizieren. Demnach kommt der Hang erst ab einer zehnmonatigen Niederschlagssumme von mehr als 500 mm in nennenswerte Bewegung, die jedoch bei weiteren Niederschlägen progressiv zunimmt. Solche Niederschlagsmengen kommen nur durch Abschmelzen hoher Schneedecken vermehrt um weitere Niederschläge zustande. Durch zusätzliche Schneeinterzeption in den Baumkronen würden folglich die geringeren Schneeschmelzraten die Hangbewegung herabsetzen (bei etwa 50 ha Aufforstung etwa 20 % der ursprünglichen Hangbewegung bei 1000 mm Niederschlag). Dagegen könnten Kahlschläge oder ein umfassendes Waldsterben auf solchen Standorten (bei mehr als 1000 mm Niederschlag) infolge der dann progressiv zunehmenden Hangbewegung auch katastrophale Folgen haben (KRONFELLNER-KRAUS & SCHAFFHAUSER 1984). Die neuartigen Waldschäden sind allerdings bisher auf feuchten Standorten eher unterdurchschnittlich (POLLANSCHÜTZ et al. 1987). Tatsächlich wurde der Hang inzwischen weitgehend entwässert und die im Frühjahr und anfangs Sommer periodisch vor sich gehende Hangbewegung drastisch (bis auf etwa 10 % der ursprünglichen Bewegungsrate bei 1000 mm) reduziert.

VERÄNDERUNGEN UND IHRE AUSWIRKUNGEN

Insbesondere Straßen- und Wegebauten sowie ausgedehnte Sportanlagen bringen oft schwerwiegende Veränderungen mit sich. Durch lange über mehrere Eintalungen verlaufende Hanganschnitte (Wegtrassen) kann es zu völlig neuen Einzugsgebietsgrößen kommen. Vormalig ausreichende Gerinne und Brückenobjekte entsprechen dann nicht mehr den neuen Anforderungen worauf örtlich verstärkte Abflüsse Erosionen, Rutschungen und Muren verursachen (SWANSTON 1971). Beispielsweise waren nach der Katastrophe 1971 in Badgastein, wo Schiabfahrten mehrmals den Wetzelsbach und den Winklerbach queren, umfangreiche Verbauungen erforderlich (KETTL 1976).

Um die Auswirkungen von Rodungen für Sportanlagen (Skipisten) besser beurteilen zu können, haben sich Abfluß- und Erosionsmessungen auf kleinen Meßparzellen (100 m²) bei künstlichen Beregnungen bewährt (CZELL 1972, SCHAFFHAUSER 1982). Die ökologischen Nachteile solcher Nutzungsänderungen sind bekannt (CERNUSCA 1984). Waldböden zeigen ein großes Schluckvermögen und keine oder nur geringe (etwa 10%ige) Oberflächenabflüsse im Vergleich zu Pistenanlagen (etwa 50 %) und Weideflächen (mit Abflußanteilen bis über 60 %). Auf manchen Grasflächen kann es auch bei geringen Gefällsverhältnissen zu hohen Oberflächenabflüssen kommen, während sich manche strauchartige Vegetationsformen wie Waldflächen verhalten. Die örtlichen Unterschiede sind auch je nach Gesteinsuntergrund beträchtlich. Zu Erosionen ist es auf relativ kleinen Meßparzellen bisher nicht gekommen. Große Hanglängen mit Abflußkonzentrationen führen auf Skipisten zu Rillen- und Grabenerosionen und im Wald eher zu Rutschungserosionen (SCHAFFHAUSER 1983).

Die bei Beregnungsversuchen nicht erfaßten oberflächennahen und tieferen Abflüsse erschweren die direkte Übertragbarkeit dieser Meßergebnisse auf Einzugsgebiete. Die Abflußbeiwerte verändern sich je nach Art und Dauer der Niederschläge, wozu in Einzugsgebieten noch die jeweiligen lagemäßig unterschiedlichen Anlaufzeiten kommen. Im allgemeinen, d.h. bei Gewittern und bei Landregen, gleicht die wasserspeichernde Wirkung von Waldböden Bachabflüsse über längere Zeiträume aus, dämpft also Hochwasserwellen zugunsten höherer Mittel- und Niederwasserabflüsse. Die auf der Basis synchroner Niederschlags- und Abflußmessungen resultierenden Hochwasserganglinien aus gut (zu 88 %) und vergleichsweise geringer (zu 56 %) bewaldeten Einzugsgebieten bestätigen diese Tendenz (RUF 1977). Ist das Schluckvermögen nach langandauernden Starkregen (und nach ausgiebigen Vorregen) erschöpft ist jedoch der Wald wirkungslos und es fließt dieselbe Wassermenge ab wie im Freiland. Im Sperbelgraben flossen bei ausgiebigen langandauernden Niederschlägen (am 14./15. Juni 1910 etwa 80 mm in 24 h) mehrmals mindestens ebensoviel Wasser ab als im Rappengraben (ENGLER 1919).

Für genauere Analysen von Abflußereignissen sind deshalb stets auch entsprechende Niederschlagsmessungen erforderlich. Solche synchrone Niederschlags-, Geschiebe- und Abflußmessungen erfolgen in einigen ausgewählten Mustereinzugsgebieten, vor allem zur Bestimmung regional gültiger Eintrittswahrscheinlichkeiten bestimmter Hochwässer für Projektierungen und Gefahrenzonenplanungen. Sie erlauben es auch unter gemessenen Bedingungen die Auswirkungen der in den Einzugsgebieten vor sich gehenden Veränderungen zu erfassen.

Der Schmittenbach in Zell am See ist ein solches Meßgebiet. Es war auch bereits Gegenstand verschiedener Studien um die Folgen von Rodungen einzuschätzen (HINTERSTOISSER & MAYER 1982). In seinem 10 km² großen Einzugsgebiet wurden seinerzeit große Flächen (158 ha) aufgeforstet. Inzwischen hat sich der Waldanteil (ca. 70 %) für die Gewinnung von Sportanlagen wieder stark vermindert (um ca. 95 ha). Die den veränderten Flächen entsprechende Abflußerhöhung wird auf etwa 7 % geschätzt, sodaß vormals 100jährige Hochwässer nunmehr bereits alle 50 Jahre auftreten. Eine im Ausmaß ähnliche Abflußerhöhung von 5 bis 7 % infolge Pistenbauten im Einzugsgebiet des Axamerbaches kann man aber sicher nicht in einen ursächlichen Zusammenhang mit der Katastrophe in Axams bringen, wie dies immer noch behauptet wird (CERNUSCA 1988). Bei dem Katastrophenereignis am 4.7.1983 kam es dort zwar zu Erosionsschäden an neuen Pisten. Die relativ geringe Feststofffracht wurde aber am Grabenausgang zur Gänze hinter einer Wildbachsperre abgefangen. Erst im Anschluß daran wurde auf dem Schwemmkegel eine gerade offene Regulierungsbaugrube erodiert, was dann zu den Schäden in Axams geführt hat (PITTRACHER 1986, GREIF 1987). Die Auswirkungen von Skipisten werden auch oft überschätzt, weil ihre Wirkung mit zunehmenden Einzugsgebietsgrößen abnimmt.

Die Einschätzung der Abflußänderungen durch künftiges Waldsterben ist schwieriger, weil die nachwachsenden Vegetationsdecken und deren Abflußanteile nicht bekannt sind. Nach dem Vergleich von (1000) alten mit neuen Bodenproben sind von der Bodenversauerung vor allem nur schwach saure Böden mit einem pH-Wert zwischen 5 und 3,5 betroffen, während stark saure Böden nicht noch weiter versauern (KILLIAN 1987). Die einer Versauerung folgenden physikalischen Bodenveränderungen werden sich erst langfristig fühlbar auswirken. Wiederaufforstungen werden nach wie vor mit Erfolg durchgeführt. Sollte es tatsächlich zu einem flächenhaften Waldsterben kommen, ist anzunehmen, daß strauch- und buschartige Vegetationen folgen. Auf Grund von Nadelanalysen in einem Bioindikatorennetz wurde Ausmaß und Verbreitung der forstschädlichen Luftverunreinigungen kartiert. Nach der Waldzustandsinventur (2300 Beobachtungsflächen) ist der österreichische Wald auf 75 % der Fläche nicht oder nicht über das normale Maß hinausgehend verlichtet, weist auf 21,5 % eine schwache und auf 3,5 % eine starke Verlichtung der Baumkronen auf. Die schwersten Waldschäden wurden an Nordabhängen der nördlichen Kalkalpen an der Bayerischen Grenze und in Ost-Österreich sowie in der Nähe von Luftschadstoff-Emittenten ermittelt (POLLANSCHÜTZ 1987).

Der Einfluß des Waldes und seiner Veränderung auf die Wildbacherosion hat auch Grenzen. Während die Vegetation und vor allem der Wald den Boden zu schüt-

zen und Hochwasserabflüsse zu dämpfen vermag, werden größere Hochwasserfrachten insgesamt kaum verändert. Durch das große Erosionsvermögen der Bäche sind die Bette meist ausgeräumt und mit groben Blöcken abgepflastert. Die Abflüsse können dann jahrelang geschiebelos bleiben. Wenn jedoch Rutschungsmaterialien in die Bette gelangen, können durch die ungefähr gleichen Wasserfrachten wieder gewaltige Muren die Folge sein. Das mit Murenmaterial belastete Wasser hat ein größeres Erosionsvermögen und kann bis dahin stabile Deckschichten neu aufreißen. Dies erklärt die großen Schwankungen in der Feststoffführung alpiner Wildbäche.

Die Analyse der bei Katastrophen aufgetretenen Extremwerte läßt erkennen, daß die bei Einzelereignissen möglichen extremen Feststofffrachten mit Größe, Steilheit und Erosionsanfälligkeit (Torrentialität) ihrer Einzugsgebiete in einem bestimmten Zusammenhang stehen. Ein sogenannter Torrentialitätsgrad berücksichtigt sowohl die hydro- und geomorphologischen Größenunterschiede als auch die Bodenschutzverhältnisse der Einzugsgebiete in den verschiedenen Wildbachzonen der Alpen (KRONFELLNER-KRAUS 1984). Die Quantifizierungsmethode ermöglicht auch eine bessere Bewertung neuer Katastrophenereignisse.

NEUE KATASTROPHENEREIGNISSE

Um die tatsächlichen Zusammenhänge zwischen neuartigen Waldschäden, sonstigen Veränderungen in Einzugsgebieten (Skipistenbau) und Wildbacherosionen besser beurteilen zu können, seien im folgenden die ärgsten Katastrophenereignisse der letzten Jahre aufgezeigt.

Der Unterlauf des Stranigbaches im Gailtal wurde am 11./12. September 1983 vollkommen verschüttet. Die Feststofffracht aus dem 11,6 km² großen praktisch unverbauten, gut bewaldeten Einzugsgebiet betrug 180.000 m³. Im Schreigraben, im Drautal überraschte am 11. September 1983 eine Mure die mit Sicherung der Brücke befaßten Personen. Vier von ihnen wurden von der 50.000 m³ umfassenden Mure erfaßt und kamen ums Leben. Aus den fast zur Gänze bewaldeten, unverbauten Einzugsgebieten hatte man derart große Materialfrachten nicht erwartet.

Die Katastrophenereignisse des Jahres 1987 waren vor allem durch Starknie-

derschläge mit gleichzeitig starker Erwärmung in Hochlagen und dadurch erhöhten Gletscher- und Schneeschmelzwasserabflüssen bedingt. Wald und Skipisten waren kaum betroffen und hatten diesmal keinen oder nur geringen Einfluß auf den Hochwasserabfluß.

Im Glemmtal, Salzburg, entluden sich am 1./3. (und am 8.) Juli 1987 die stärksten Niederschläge auf den Almen zwischen Löhnersbach und Schwarzachengraben. Es bildeten sich von dort zahlreiche tiefe Gräben von welchen Muren in die Hauptbäche abgingen. Nach Zwischenablagerungen kam es auch zu neuen Erosionen in den Hauptgräben. Es gelangten vom Schwarzachengraben etwa 100 bis 140-tausend m³ und vom Löhnersbach etwa 80 bis 100-tausend m³ in das Haupttal. Teils wurden die Feststoffe weiter abgedriftet, teils aus dem Bach gebaggert. Im Saalbach selbst kam es durch Verklausungen und Zerstörungen von Brücken zu Bachaustritten, Überflutungen und Vermurungen. Den Hochwässern im Schwarzachengraben und Löhnersbach wird eine 100jährige, das des Saalbaches eine 60jährige Auftrittswahrscheinlichkeit zugeordnet (HDÖ 1987).

Im Stubaital und im Ötztal wurden am 18./19. Juli und 24./25. August 1987 hauptsächlich die Talböden verwüstet. Die Einzugsgebiete der oberen Ruetz und der Ötztaler Ache haben infolge ihrer Höhenlage nur geringe Waldanteile (17 % bzw. 30 %). Die übrigen Flächenanteile sind alpines Grünland und Fels. Fast alle Skipisten liegen dort ober der Waldgrenze. Sie trugen auch nicht zur Abflußerhöhung bei, weil das Zentrum der Niederschläge am Alpenhauptkamm lag. Auch Wildbäche waren weniger betroffen (HANAUSEK 1988).

Ein besonderes Ereignis war der Felssturz im Addatal, im Veltlin, Lombardei/Italien, am 28. Juli 1987. 25 Einwohner und Arbeiter kamen dabei ums Leben. Aus einer Höhenlage von etwa 1900 - 2300 m brachen einige Zehnmillionen m³ ab (10 Mill. m³ nach PUSTERLA 1987, 30 Mill. m³ nach BECKER & LITSCHER 1988, 40 Mill. m³ nach GOVI 1988), stürzten durch den 70 % steilen Polagraben, stauten den Addafluß dammbildend auf und brandeten am Gegenhang noch 300 m empor. Das Addatal wurde auf etwa 5 km vollkommen verwüstet, umgestaltet oder unter Wasser gesetzt. Das Pauschalgefälle des Bergsturzes liegt zwischen 31 und 42 % und das Verhältnis des Gefälles zur Bergsturzmasse entspricht der bekannten Korrelation für große Massenbewegungen (SCHEIDEGGER 1975). Der Bergsturz hat seinen Ursprung ober der Waldgrenze und ist vom bekannten Skigebiet Bormio's etwa 10 km entfernt. Menschliche Einflüsse kommen für dieses Geschehen nicht in Betracht. Es handelt sich hier vielmehr um eine der typischen Talengen in denen

glaziale Unterschneidungen nach dem Schwinden der Gletscher zu größeren Massenbewegungen führen können.

An Hand der geographischen Verteilung der Bergstürze, Rutschungen, Muren und Hochwässer (ABELE 1972, EISBACHER et al. 1984) erscheint eine erweiterte Abgrenzung der Wildbachzonen für den gesamten Alpenraum möglich und für Vergleichszwecke auch von großem Interesse.

BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Im Rahmen des forsttechnischen Systems der Wildbach- und Lawinenverbauung und der pfleglichen Landnutzung in den Einzugsgebieten kommt dem Wald eine überragende Bedeutung zu. Denn von allen Vegetationsdecken vermögen Wälder auf die beste und natürlichste Weise zum Schutze vor Erosionen und Muren, Hochwässern und Lawinen beizutragen. Im allgemeinen wird daher eine Verminderung der Waldausstattung in den Einzugsgebieten auch eine Zunahme der Wildbach- und Lawinengefahren zur Folge haben. Im Speziellen sind allerdings noch viele andere Gesichtspunkte mit entscheidend, die bei Nichtberücksichtigung, leicht zu voreiligen Schlüssen führen können. Veränderungen der Waldausstattung in Einzugsgebieten kommen immer wieder aus vielerlei Gründen vor. Zunächst sind die natürlichen Ursachen zu nennen, wie zum Beispiel Vulkanausbrüche (Zerstörung von 500 km² Wald am Mt. St. Helens, USA), Waldbrände, Windwürfe durch Stürme und Taifune (SAMMORI & IWAMOTO, in diesem Heft) u.a. Aber auch die antropogen bedingten Veränderungen auf Kosten des Waldes können auf verschiedenste Art und Weise vor sich gehen, durch großflächige Kahlschläge, zu konservative Waldwirtschaft und folgende Überalterung (vor allem von alpinen Schutzwaldbeständen), industrielle Nutzungen, Straßenbauten, Tourismus und Schaffung von Sportanlagen sowie in letzter Zeit auch durch die sogenannten neuartigen Waldschäden, die örtlich zu den drastischsten Auswirkungen geführt haben, wie zum Beispiel in Ashio/Japan (NAKAI, in diesem Heft). Die Beispiele zeigen auch welche Anstrengungen nötig sind, um einmal entblößte Gebiete zu rekultivieren (SAMMORI & IWAMOTO, in diesem Heft). In Europa dürften die bisher größten Schadensflächen in der CSSR aufgetreten sein, wo es auch möglich war hydrologische Auswirkungen von Entwaldungen in vorhandenen Meßgebieten zu überprüfen (JARABAC & CHLEBEK 1988, sowie in diesem Heft).

Alle hydrologischen Vorhersagen und Bewertungen von Folgen neuartiger

Waldschäden sind schwierig und fragwürdig. Sie sind praktisch erstmalig aufgetreten und betreffen mehrere unterschiedlich zusammenwirkende Systeme. Sowohl Wildbach- als auch Lawinengefahren, sowie Schutzwirkungen des Waldes wirken je nach örtlichen und zeitlichen Bedingungen unterschiedlich und nur in den für sie maßgeblichen Wirkungsbereich. Die neuartigen Waldschäden treten je nach örtlichen und zeitlichen Schadenseinwirkungen (Immissionen und saurer Regen vor allem in Südsandinavien und Zentraleuropa) als auch entsprechend den Bodeneigenschaften (gut gepufferte Karbonat- oder Silikatböden in Skandinavien, CSSR und Alpenhauptkamm) und genetischen Merkmalen in unterschiedlichsten Ausmaßen auf. Sie werden auch als ein von Wetterbedingungen abhängiger Krankheitskomplex betrachtet. Nach Erholungspausen in feuchten Jahren ist solange wieder mit zunehmenden Schäden in Trockenjahren zu rechnen, solange die Hauptursachen (Luftverschmutzung, etc.) nicht beseitigt oder auf ein erträgliches Maß vermindert sind. Schäden werden vor allem dort auftreten, wo die verschiedenen nachteiligen Faktoren zusammentreffen. Verallgemeinerungen können daher leicht zu falschen Schlüssen führen.

Die meisten Autoren betrachten beispielsweise Kriech- und Rutschhänge als besonders anfällig und gefährdet hinsichtlich der Folgen neuartiger Waldschäden. Solche Standorte sind aber meistens relativ feucht und auf feuchten Standorten sind die neuartigen Waldschäden bisher in geringerem Ausmaß als sonst aufgetreten. Während Wälder die Lawinenbildung verhindern können werden sie selbst von einmal abgegangenen Lawinen zerstört und es bilden sich dementsprechend die wohlbekannten Lawinenzüge aus auf denen weder gesunde noch kranke Wälder das Lawinengeschehen einschränkend beeinflussen können. Solche an sich klare Zusammenhänge und notwendige Unterscheidungen (Grabenlawinen - Waldlawinen) werden vor allem in der öffentlichen Diskussion immer wieder übersehen.

Um die Auswirkungen antropogener Einflüsse im allgemeinen und die neuartigen Waldschäden im besonderen studieren und richtig beurteilen zu können sind in den jeweils untersuchten Meß- oder Katastrophengebieten also stets die örtlichen Gegebenheiten, der gerade vorhandene Waldzustand, etc., genauer in Betracht zu ziehen. Solche erweiterte Studien und Untersuchungen verdienen fortgesetzt und intensiviert zu werden um die Grundlagen und Strategien aller erforderlichen Schutzmaßregeln und Planungen noch zu verbessern. Das gegenwärtige FAO/IUFRO-Symposium kann als ein Schritt in diese Richtung angesehen werden, welchem weitere folgen sollen.

ZUSAMMENFASSUNG

Die im Alpenraum vorherrschenden Wildbacherosionen und Verbauungsmethoden werden im Zusammenhang mit den Schutzfunktionen des Waldes und den möglichen Folgen verstärkter menschlicher Eingriffe in den Natur- und Wasserhaushalt besprochen. Auf Grund neuer Verfahren sind die Folgen von Veränderungen besser erkennbar und bewertbar geworden. Unvermeidliche Veränderungen in den Einzugsgebieten sind gegebenenfalls durch Schutz- und Ersatzmaßnahmen (Ersatzaufforstungen) auszugleichen.

An Hand von charakteristischen Katastrophenereignissen der letzten Jahre werden insbesondere die wasserwirtschaftlichen Auswirkungen von Rodungen und der drohenden neuartigen Waldschäden behandelt. Bei der Errichtung neuer Sportanlagen sollte man neben Nachteilen auch positive Aspekte beachten. An den letztjährigen Katastrophenereignissen waren Wälder und Sportanlagen kaum beteiligt. Die Niederschläge und Erosionen fanden vor allem ober der Waldgrenze statt. Die Wälder dieser Gebiete waren außerdem nach der Waldzustandsinventur nicht oder nur schwach verlichtet. Auch haben die neuartigen Waldschäden die normalen Holznutzungen in Österreich noch nicht vermehrt. Die in Zukunft drohenden Auswirkungen flächenhaften Waldsterbens wären durch möglichst hochwertige Vegetationsformen zu minimieren.

Schutzwirkungen durchgeführter Verbauungen erweisen sich immer wieder sehr wirkungsvoll, wenn auch örtlich einige Verbesserungen möglich sind. Die hohen Kosten beschränken zwangsläufig den Umfang technischer Verbauungen. Auch bei bester Waldausstattung verbleibt stets ein relativ großes Restrisiko bestehen. Um die größten Risiken zu verringern sind die Sanierungsprogramme vor allem der Schutz- und Bannwälder auf labilen Standorten am vordringlichsten.

BIBLIOGRAPHY

- Abele, G. 1972: Klinematik und Morphologie spät- und postglazialer Bergstürze in den Alpen. Z. Geomorph., Suppl. Bd. 14, 138-149, Berlin-Stuttgart.
- Baumgartner, A. 1971: Energy factors controlling the climate, production and the hydrologic cycle of forested watersheds. XV. IUFR0-Congress, Gainsville.
- Becker, L.P. & Litscher, H. 1988: Der Felssturz von Monte Zandila, Veltlintal. Felsbau, 6, 2, 75-77.
- Brechtel, H.M. & Eschner A.R. 1969: Nutzung des Bodens durch den Menschen als Faktor im Wasserhaushalt. Schriftenreihe Vereinigung deutscher Gewässerschutz, EV-VDG, Nr. 22, 3-33.
- Brechtel, H.M. & Hammes, 1985: Der Einfluß der Vegetation auf den Bodenwasserhaushalt unter besonderer Berücksichtigung von Fragen der Bodenkonsistenz auf Böschungen und Hängen. In: Jahrbuch Nr. 2 der Gesellschaft für Ing.-Biologie, 108-133; Aachen.
- Brechtel, H.M. & Krecmer, 1971: Die Bedeutung des Waldes als Hochwasserschutz, ÖWW, 23, 7/8, 166-177.
- Cernusca, A. 1984: Ökologische Auswirkungen des Baues und Betriebes von Skipisten. Interpraevent Villach, Band 3, 57-77.
- Cernusca, A. 1988: Wasserwirtschaftliche Auswirkungen menschlicher Eingriffe in Alpine Systeme. Wasserwirtschaftl. Mitt., Bd. 75, 243-260, Univ. Bodenkultur, Wien.
- Delfs, J. 1955: Die Niederschlagszurückhaltung im Walde. Mitt. AK. Wald und Wasser, Nr. 2, Selbstverlag Koblenz.
- Eisbacher, G.H. & Claque, I.I. 1984: Destructive Mass Movements in High Mountains: Hazard and Management; Geological Survey of Canada, Paper 84-16.
- Govi, 1988: Hochwasser und Bergstürze im Veltlin im Juli 1987. Österr. Wasserwirtschaft, 40, 5/6, 149-152.
- Greif, F. 1987: Wintersporteinrichtungen und ihre Auswirkungen auf die Land- und Forstwirtschaft. Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, Schriftenreihe Nr. 47, Wien.
- Hanausek, E. 1988: Die Hochwasser- und Murenkatastrophen im Stubaital und Ötztal 1987. Allg. Forstzeitung, Jg. 99, 1, 33-34.

- HDÖ 1987: Mitt. Hydrographischer Dienst in Österreich, Nr. 57, Wien.
- Hinterstoisser, H. & Mayer, H. 1982: Waldbauliche Auswirkungen der Standard- (Weltcup-) und Traßschiabfahrt an der Schmittenhöhe/Zell am See. Allg. Forstzeitung, 93, 34-37.
- Indergand, H.R. & Kronfellner-Kraus, G. 1984: Wind, Schnee und Wasser und gesunder Wald. Symposium IUFRO, Straßburg, France, 17.-22. Sept. 1984, INRA, Paris 1985 (Les Colloques de l'INDRA, no. 30), 385-402.
- Jarabac, M. & Chlebeck, A. 1988: The effects of forests on the hydrological budget. In: Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. 159, 239-251.
- Jeglitsch, F. 1976: Hochwässer, Muren, Rutschungen und Felsstürze in Österreich 1971-1973. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, 114.
- Kettl, W. 1976: Die Verbauung der Stubnerkogel-Wildbäche. Wildbach- und Lawinenverbau, 40, 2, 77-105.
- Killian, W. 1987: Bodenversauerung. In: Gefährdung und Schutz des Waldes, Aus den Untersuchungen der Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien, S. 43.
- Kobashi, S. 1984: The role of vegetation to slope stability. Intern. Symp. Interpraevent, Villach, Bd. 1, 45-56.
- Kronfellner-Kraus, G. 1980: Neue Untersuchungsergebnisse in Wildbächen - Der Talzusub in Abhängigkeit von Niederschlägen. Intern. Symp. Interpraevent, Bad Ischl, Bd. 1, 179-192.
- Kronfellner-Kraus, G. 1984: Extreme Feststofffrachten und Grabenbildungen in Wildbächen. Intern. Symp. Interpraevent, Villach, Bd. 2, 109-118.
- Kronfellner-Kraus, G. 1984: Mögliche Folgewirkungen des Waldsterbens für die Lawinen- und Wildbachverbauung. In: FBVA-Jahresbericht, S. 112-117.
- Kronfellner-Kraus, G. 1986: Neue Ergebnisse und Erfahrungen zur quantitativen Einschätzung von Wildbächen. Proc. IUFRO World Congress, Div. 1, Vol. 1, 165-177 (Kurzfassung in: Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, 159/1988, 84-87).
- Kronfellner-Kraus, G. & Schaffhauser, H. 1984: Schneehydrologische Untersuchungen in einem Talzusub in Kärnten, Österreich. DVWK/IUFRO/HFV-Tagung "Schneehydrologische Forschung in Mitteleuropa", Hann. Münden, BRD, 1984, DVWK-Mitt. 7, 373-383.
- Lichtenegger, E. 1987: Landwirtschaft und Bodenschutz. Der Alm- und Bergbauer, 37, 12, 452-473.

- Mayer, H. 1987: Katastrophengefährdung im Alpenraum. Holz-Kurier, Jg. 42, Nr. 38, 10-11.
- Megahan, W.F. 1977: Reducing erosional impacts of roads. In: Guidelines for Watershed management. FAO Conservation Guide 1, 237-261.
- Megahan, W.F. & Day, N.F. & Bliss, T.M. 1978: Land slide occurrence in the Western and Central Northern Rocky Mountain physiographic province in Idaho, Proc., Fifth North. Am. For. Soils Conf., Ft. Collins, Colo. State Univ. Fort Collins, 116-139.
- Pittracher, M. 1986: Hochwasserkatastrophe Axams nicht durch Skipisten. Allg. Forstzeitung, Jg. 97, F. 2, 28-29.
- Pollanschütz, J. & Neumann, M. 1987: Waldzustandsinventur 1985 und 1986. FBVA-Berichte, Nr. 23 der Schriftenreihe der Forstl. Bundesvers. Anst., Wien.
- Prenner, G. 1986: Einfluß der Waldausstattung auf die Hochwasserspitze. Allg. Forstzeitung, Jg. 97, 7, 204-206.
- Pusterla, M. 1987: Veltellina, i giorni del drama. Suppl. 169 del 31 luglio 1987 di "Regione Uno", Trento.
- Rice, R.M. 1977: Forest management to minimize landslide risk. In: Guidelines for watershed management, FAO Conservation Guide 1, 271-287.
- Ruf, G. 1977: Konzept und Methodik hydrologischer Untersuchungen in den Mustereinzugsgebieten der Forstl. Bundesversuchsanstalt. Wildbach- und Lawinnenverbau, 41, 80-93.
- Schaffhauser, H. 1983: Das Abflußverhalten verschieden bewirtschafteter Testflächen. Allg. Forstzeitung, Jg. 94, 12, 344-345.
- Scheidegger, E. 1975: Physical Aspects of natural catastrophies. Amsterdam-Oxford-New York.
- Swanston, D.N. 1971: Slope stability problems associated with timber harvesting in mountain regions of the Western United States. Symp. on forest operations in mountainous regions, Krasnoda, UDSSR, 1971, (Reprint 1974).
- Szell, A. 1972: Wasserhaushaltsmessungen in subalpinen Böden. Mitt. der Forstl. Bundesvers. Anst., Wien, 98, 1-109.

ALTERNATIONS IN TORRENTIAL WATERSHEDS AND THEIR EFFECTS

by

Gottfried Kronfellner-Kraus

Federal Forest Research Station of Vienna/Austria

INTRODUCTION

The most current problems of erosion and torrent control within the Alpine Mountain ranges of today concentrate on the possible effects of alternations within the watersheds, e.g.:

- of human disturbances (new settlements, sport facilities, diversion of water, etc.)
- of efficiency and compatibility of control constructions, power plants, etc.)
- of novel damages to forests (forest decay by air pollution, acid rain, etc.).

There are already many qualitative studies on these aspects, but very little quantitative information. Discussions are continually arising because the effects of disadvantageous alternations don't usually take place immediately but mostly after many years according to heavy precipitation and damages. Dangerous changes within the torrential watersheds are seldom recognized or even disavowed until a catastrophe occurs. But it would also be a misrepresentation if catastrophic events were seen as the consequence of disadvantageous alternations in general without really knowing if such alternations had really occurred on a significant scale. In order to contribute to a more unbiased discussion, first of all the dangers of alpine creeks and the beneficial effects of the forests are summarized in this paper. Then the possible consequences of human disturbances and of novel damages of forests are discussed based on research results and literature. Thirdly the real changes and their current effects are shown on characteristic torrential events which have occurred in recent years.

TORRENT EROSION AND TORRENT CONTROL

The dangers of alpine torrents rest on the great differences in water and sediment discharges. One has to take into consideration irregular runoffs, debris flows and avalanches, as well as completely new erosion scars, land slides and so on. The different erosion rates can vary over tens of powers and the sediment transports over very different periods of time. The order of magnitudes of erosion rates ranges from hundreds of millimeters to some centimeters yearly, but longitudinal and lateral erosion as well as land slide erosion can suddenly reach dimensions of meters and tens of meters.

Torrent control constructions eliminate acute sources of debris and other dangers: by

- installing base levels of erosion by check dams, revegetation of bare erosion scars in the head waters
- managing debris and water discharge in the middle reach, by retention dams and debris basins, etc.
- training the lower mostly settled reaches, by protective measures, etc.

Disaster prevention plans and measures consist of zoning of danger areas on the alluvial fans and careful land use within the watershed to avoid dangers from the beginning.

PROTECTIVE FUNCTION OF FORESTS

In our humid sphere agricultural landuse can also protect the soil against accelerated erosion on slopes up to 30° inclination (LICHTENEGGER 1987). But steeper slopes should better be covered with forests.

Of all kinds of vegetation, healthy forests protect the soil best. The crown cover protect the soil against splash erosion. During the vegetation period the interception of the canopy and of the litter of the soil has an advantageous effect, but this effect decreases with increasing rain fall quantities and intensities. The crown density, and therefore also the loss of needles, are of lower hydrologic importance and only measurable if the stand density decreases by more than 50 % (ENGLER 1919, WILM & DUNFORD zit. BRECHTEL at al. 1969).

The interception of snow is more efficient, above all, if the question is to lower the infiltration into the soil, especially in the case of deep seated sagging slope movements. A longer duration of snow cover in the forest through over-shade can be advantageous, but also disadvantageous, if a later melt water runs off simultaneously with heavy rainfall in spring.

Extensive thinning can be dangerous from the point of view of avalanche formation. Such thinnings originate up to date mainly by overmaturing, by harvesting the coniferous trees within former mixed stands (so that only a few old beeches may remain) and by lack of natural regeneration maybe because of too dense game population. The forests itself are already endangered by avalanches if the openings in the fall line exceed approx. 40 m. After the release of a snow mass the avalanche reaches 90 % of its maximum speed in a short time. The distance can be calculated by multiplying the thickness of the snow cover 40 times. For example, if the snow cover is 1 m then the (oblique) distance for the maximum cinetic energy approx. 80 % is 40 m (INDERGAND et al. 1984).

As to the evapotranspiration, the differences between vegetation covers throughout the year (grassland and forests) are relatively little. But forests show a more deep-reaching consumption of ground water (BAUMGARTNER 1971). The most effective beneficial function of forests lies in the fact that the tree roots penetrate and loosen the soil deepest. There is a multiple infiltration and therefore less run-off and superficial and gully erosion within forests than in open fields. The oozed water is partly stored, partly runs away as subsurface flow and ground water flow, according to the geologic strata.

The tree roots hold the forested soils together, they increase the shear strength and decrease the dangers of slides (KOBASHI 1984). These strengthening effects cease only when the roots have rotted a few years after cutting. Then the sliding dangers increase rapidly till the roots of young afforestations work again. Besides clear cuts there are again relatively little differences between stocking degree, high forests and brushwoods on the one hand and landslide risks on the other hand (MEGAHAN et al. 1978). Sometimes the root anchorage also takes place in the underlying bed rock (RICE 1977). And forests can also have a stabilizing effect when the underlying bed rock is in a deep-reaching sagging movement, by snow interception and ground water consumption, which can be shown by an example.

At the outlet of Graden Creek into the Möllvalley, Carinthia, a 2 km² sized deep-seated slope creep narrows the Graden torrent, increasing the torrential dangers for some villages below. Years of detailed measurements resulted in the quantification of the dependence of slope shift rates on the amount of slope soaking by precipitation. Accordingly, noticeable slope movement begins only after a precipitation sum of about 500 mm but increases progressively. Greater precipitation sums are only possible after snow melt in combination with further rainfalls. According to special snow hydrologic investigation one can deduce that the reduction of the infiltration rate by snow interception through afforestation on 50 ha would reduce the yearly slope movement by about 20 percent. In contrast a clearcut (or decay) of the existing 50 ha forest stand would increase infiltration rates and the resulting slope movement to a much greater, progressively increasing extent (KRONFELLNER-KRAUS 1980, KRONFELLNER-KRAUS & SCHAFFHAUSER 1984). Extensive novel damages of forest would have a similar effect, but until now they have occurred relatively seldom on moist sites (POLLANSCHÜTZ et al. 1987). Actually, the moving slope has been drained, with the result, that the periodic slope movement after snow melt, occurring in spring and summer, could be drastically reduced by 90% (with a rest of 10% at a precipitation sum of 1.000 mm).

ALTERNATIONS AND THEIR EFFECTS

Road building and expanded ski-runs often create significant alternations within mountain drainage basins which can hardly be overseen. Long road cuts in connection with insufficient bridges, culverts and cross drainage could double the size of a watershed by drainage along the new roadway (SWANSTON 1971, MEGAHAN 1977). This was the case west of Bad Gastein, Salzburg, where ski-runs cross two small creeks (Wetzel- and Winklercreek) several times and where a catastrophe in 1971 required extensive control constructions (KETTL 1976).

In order to judge the effects of clearings for new sport facilities (ski-runs, skilifts, etc.), runoff and erosion measurements on plots under rainfall simulators stood the test (CZELL 1972, SCHAFFHAUSER 1982). The ecological disadvantages are well known (CERNUSCA 1984). Forested soils generally have much more infiltration capacities and less overland flow (0-15 %) in comparison with runoff on Grasslands, ski-runs (up to 50 %) and alpine pastures (about 60 %). But simultaneously there are wide ranging variations. The runoff on a meadow on a little inclined alluvial fan was similar to that of alpine

pastures. Brushwoods have similar run-off rates to forests. The most variations were locally found due to differences of soil and bedrock strata. Long slopes and concentrations of overland flow on ski-runs can lead to rill and gully erosion relatively easily, within forest stands more likely to sliding erosion (SCHAFFHAUSER 1983).

The subsurface and ground water flows not recorded by artificial rainfall tests render the transfer of measuring results from plots to whole drainage basins more difficult. The run-off rates vary according to kinds and duration of precipitations, to which must be added that the time of flow also has to be taken into consideration in studies for whole watersheds. Generally, during short storms and persistent rains, the storage capacity of forested soil balances the flood discharges over longer periods of time, it lowers flood peaks in favour of higher mean discharges and base flows. Characteristic hydrographs from well (88 %) forested and comparatively less (56 %) forested drainage basins confirm this tendency (RUF 1977). But after saturation of the soil (or of relevant soil layers) during long and very heavy rainfalls forested soils also become inefficient and about the same water volume flows off as from open fields. Sometimes practically the same floods flowed off from the well forested Sperbelgraben after long and heavy rains (e.g. 80 mm on 14./15. June 1910) as from the little forested Rappengraben (ENGLER 1919).

Synchronized precipitation, bed load and discharge measurements are necessary to enable more accurate analysis and in particular to find out the regional valid occurrence probabilities of floods for all planning purposes, design of torrent control constructions, zoning of endangered areas, etc. Such analysis enable also to study greater alternations within the drainage basins.

The Schmittenbach in Zell/See, Salzburg, is such an experimental watershed. It was already subject of some studies on the effect of deforestations (HINTERSTOISSER & MAYER 1982). Beginning at the end of the last century, 158 ha extensively managed pastures were afforested in the head water. In the meantime, especially during the last decades, the well forested watershed (approx. 70 % forested area) became deforested on approx. 100 ha again in order to install sport facilities, ski-runs and so on. The increase of flood discharge is estimated to be about 7 % according to these changes in the watershed. Former 100-year floods may occur theoretically every 50 years in the future, but with little probability, because the new ski-runs lie on more favourable sites than those of the former afforestations in the head water. Although this degree of

increase of run-off is scarcely measurable, a similar case was discussed vehemently. The deforestations in the head water of the Axamerbach in Tyrol led to a similar increase (5-7 %) in flood discharge due to the installation of sport facilities for the Olympic games. Very heavy rainfalls in July of 1983 led to a catastrophe in the village Axams on the alluvial fan of the Axamerbach. Some ski-runs within the watershed were eroded, but all sediments washed away were caught behind a little check dam at the outlet of the Axamerbach. Then the clear flood water again eroded an open excavation below the dam on the upper part of the cone and heavily damaged the village Axams. Although there was no or negligible connection between the effects of ski-runs and the catastrophe in this village, the controversy did not find an end (CERNUSCA 1988, PITTRACHER 1986, GREIF 1987).

The estimation of hydrologic changes caused by dying forests is much more difficult, because a complete decay is unlikely and the kind of vegetation which will follow and its run-off rates are unknown. Changes in physical properties of the soils are indeed probable but not yet known. Afforestations are still successful. If a forest decay really takes place one has to assume that in the worst case vegetation covers like brushwoods will follow (but not pastures as sometimes used for predictions, PRENNER 1986). The actual degree of forest decay in Austria is the following. By analysing needles and leaves within the net of bioindicators, the degree and location of the effects of air pollution could be mapped. The forest conditions are controlled on 2.300 sample plots and deliver the distribution and the degree of thinning of the tree crowns by the loss of needles. The interpretation of aerial photographs began this year. According to this actual state, the Austrian forests are found to be thinned out by loss needles or leaves on 75 % in a normal degree, 21,5 % in a light and mean degree, 3,5 % in a heavy degree, respectively decayed. The most novel damages were mainly found on the north slopes of the northern limestone Alps on the borderline to Bavaria, in East Austria as well as in the vicinity of the emittencies of air pollution (POLLANSCHÜTZ et al. 1987).

The influence of forests on torrent erosion also has limits. Whereas the vegetation cover and especially forests may protect the soil against erosion and may balance flood discharges, flood volumes as a whole are not always influenced. Under normal conditions the torrential beds are completely eroded and paved with the remaining big boulders so that the run-offs may be clear for many years. But if, during heavy storms and rainfalls, debris

reaches the water way from tributaries or land slides, huge mud and rock flows can be transported by the same flood volume. The sediment transport also increases the erosion capacity and the tractive forces so that stable bed pavements can be newly washed away. This explains the great fluctuations in water and debris discharges from alpine torrents.

The analysis of all greater sediment transports suggests that possible extreme sediment transports are being connected with size, steepness and torrentiality of the concerned drainage basins. The so-called torrentiality factor takes into consideration hydro- and geomorphologic differences as well as protection properties within the watersheds and their torrential zones of the Alps (KRONFELLNER-KRAUS 1984). This method of quantification also enables a better judgement of all catastrophies newly occurring.

CASE STUDIES

The following catastrophies of the last years may be mentioned as case studies. The Stranigbach in the Gail valley, Carinthia, buried its lower reach on the alluvial fan with 180 thousand m^3 of debris in September 1983. The 11,6 km^2 sized watershed is well wooded and still uncontrolled. At the same time a debris flow from the Schreigraben in Drau valley, Carinthia, surprised some people working on protective measures on a bridge at the outlet of the gully and killed four of them. They had not expected a sediment transport of 50 thousand m^3 from this relatively small (3,7 km^2) and well stocked watershed.

The catastrophies of the year 1987 were caused above all by very heavy rainfall increased by simultaneous ice and snow melt waterflows from high altitudes because of the rise of the freezing point to about 4.000 meters (HDÖ 1987). Forests and ski-runs were not or scarcely concerned and couldn't have influenced these events in a significant way.

Within the Glemm valley, Salzburg, the heaviest rains took place on the first July 1987 on the alpine pastures between the tributaries Löhnersbach and Schwarzachengraben. Many new gullies were the consequences which led to debris flows, sedimentations and new erosion scars within the main gullies. The Schwarzachengraben brought 100-140 thousand m^3 and the Löhnersbach delivered 80-100 thousand m^3 to the main valley, the Saalache, dewatering the so-called

Glemm valley. At the tourist centres, Hinterglemm and Saalbach, the bridges became jammed and floodings and sedimentations were the results. The occurrence probabilities of these rainfalls and floods of the tributaries (Löhnersbach and Schwarzachengraben) and of the main river (Saalache) were specified as 100-year resp. 60-year floods (HDÖ 1987).

Within the Stubai valley and the Ötz valley in Tyrol mainly the valley floors were heavily damaged by >100-year floods. The tributaries and head water ranges have only little forested portions (17 % and 30 %). The other parts of the drainage basins are grasslands, alpine pastures and wasteland. Nearly all ski-runs lie above the timber line. They didn't influence the run-off because the centre of the precipitations was on the Alpine main ridge. Also torrential watersheds were less concerned (HANAUSEK 1988).

A particular event was the rock fall in the Adda valley, Lombardia/Italy, on July 28, 1987, which killed 25 people. From an altitude of 1900-2300 m some 10-Million m³ of rocky debris broke away (10 Mill. m³ according to PUSTERLA 1987, 30 Mill. m³ at BECKER & LITSCHER 1988, 40 Mill. m³ at GOVI 1988), descended the 70 % inclined Pola ravine, dammed the Adda river, climbed 300 m up the opposite slope and flowed up- and downstream back into the main valley. The Adda valley was completely devastated on 5 km length, partly flooded due to the jammed dam in the river. The slope angle of the line connecting the uppermost point from which the rock mass broke away and the terminus rock-fall (Sturzstrom) deposit (Fahrböschung or Pauschalgefälle), which is at the same time the coefficient of friction, is about 31-42 %. And both the coefficient of friction and the volume of the rock slide (some ten million m³) correspond to the correlation for large landslides (SCHEIDEGGER 1975). The rock fall originates above the timber line. The ski-runs of Bormio are 10 km away. The causes of such large landslides go back to the ice age and to the oversteeping of slopes by clacial erosion.

According to the distribution of large landslides, debris flows and floods (ABELE 1972, JEGLITSCH 1976, EISBACHER et al. 1984) a further delimitation of the different torrential zones for the whole Alpine region seems to be possible and of some interest for purposes of comparison.

DISCUSSION

Within the frame of the combined forestal-technical system of torrent and avalanche control as well as watershed management the forests play a dominant role. Because the forests of all vegetation covers are able to contribute to the protection against the dangers due to erosion phenomena, mud flows and floods as well as avalanches in the most natural way a reduction of the forested areas of watersheds may automatically lead to an increase of dangers by torrents and avalanches in general. However, in detail there are many different special aspects to take into consideration, which are often overseen, in particular in public discussion.

Changes in the forested areas of watersheds take place again and again due to many possible causes. There are first of all natural causes, eruptions of volcanoes (at the Mt. St. Helens more than 500 km² were destroyed), forest-fires, storms and typhoons (SAMMORI & IWAMOTO in this booklet). But there are also manmade changes through different ways of land use at the costs of forests, extensive clear cuts, too conservative forest conservation leading to overmaturing (Alpine range), industrial exploitation, road building, tourism and sport facilities and in recent years through the phenomena of dying forests, which have led to most drastic effects (Ashio/Japan, NAKAI in this booklet). The many examples show at the same time the extensive efforts which are necessary to revegate areas once damaged. In Europe, the greatest damages are probably to be expected in the CSSR, where it was possible to measure some hydrologic effects in existing experimental watersheds (Malá Ráztoka in the Beskidian Mountains, JARABAC & CHLEBEK in this booklet).

All hydrologic predictions and valuations related to the novel damages of forests are very difficult, because of the new character of the damages and because various systems are concerned. Both the dangers by torrents and avalanches as well as the protective functions of forests work differently according to local and temporal conditions and also within given ranges. Also, the forest decline takes place to different degrees, according to the different local and temporal influences of air pollution, acid rains, etc. (South Scandinavia, Central Europe) and according to the various soil properties (well buffered soils containing carbonate or slow-weathering rocks like in Scandinavia, the CSSR or some parts of the Alps). The novel damages of forests are a complex of sicknesses which also appears according to the weather conditions. Despite recoverings during wet seasons, one has to reckon with reinforced renewed novel damages during dry seasons again. The novel damages of forests will be a threat

as long as the most important causes (air pollution) are not eliminated or brought to a tolerant minimum. Damages will appear above all in places, where different disadvantageous factors are combined. Therefore, generalization can easily lead to false conclusions.

As an example, most authors consider slopes which tend to creep and to landslides as being the most dangerous, due to novel forest damages. On the other hand, such sites are mostly relatively humid, and on humid sites the novel damages are found to be less common. Whereas forests are able to hinder the formation of avalanches, once these are running, the forests themselves are most endangered. And therefore greater wellknown avalanche paths are mostly deforested and no longer influenced by healthy or sick forests.

In order to study and estimate the effects of dying forests or novel forest damages one therefore also has to take into consideration the respective state of forests within the study areas, within the experimental watersheds or during analysed catastrophies, etc. In any case such special research and case studies should be intensified in order to improve the fundamentals for the necessary strategies used for all protection measures and plannings. The present FAO/IUFRO Symposium may be seen as a step in this direction. The discussions will be continued.

SUMMARY

The alpine kinds of torrent erosion and control methods are discussed in connection with the protective functions of forests and the possible effects of alternation within the drainage basins. Based on new methods of estimation the judgement of torrential events as well as of the effects of human activities became more exact and easier.

As an elementary rule, all disadvantageous alternations within a drainage basin have to be avoided as much as possible and unavoidable changes have to be compensated by measures and provisions. As to the real effects of changes up to date, characteristic torrential catastrophies could be studied, in particular if sports facilities and novel damages of forests have already influenced these events.

Clearings of forests for new sport facilities generally increase flood discharges and require appropriate compensations (e.g. indemnification afforestations). But besides the disadvantages, the positive effects should also be taken into consideration (higher infiltration rates on ski-runs than on extensively managed alpine pastures as an example).

During the last catastrophies forests and ski-runs were not or scarcely involved. The precipitations and erosions took place mainly above the timber line. The forests of these ranges were not or scarcely novel damaged. The novel damages of forests also haven't yet increased the normal felling area in Austria. The possible effects of novel damages of forests (forest decay) in future should be minimized by the best possible new vegetation cover (afforestations, brushwoods). Overmatured forests also present big problems.

The degrees of the last catastrophies and sedimentations did not exceed hitherto existing ranges. The protective functions of torrent control measures are again and again most effective, but the high costs of constructions reduce the application of these measures to a minimum. There are therefore, in spite of the best conditions, well forested drainage basins and well controlled ravines, always relatively high remaining risks, which have to be taken into consideration in any case. In order to minimize the greatest actual risks, the sanitation projects of protection forests on unstable sites are at present of greatest urgency.

Bibliography at the end of the German version.

RESUME

(Alternances des bassins versants torrentiels et leurs effets)

Les érosions torrentielles et les méthodes de défense prédominant dans la région alpine sont traitées en relation avec la fonction protectrice de la forêt et les conséquences possibles qui peuvent provenir de la croissante intervention de l'homme dans les systèmes écologique et hydrologique. De nouvelles méthodes permettent une meilleure reconnaissance et évaluation des conséquences de ces altérations. Les alternances inévitables dans un bassin hydrologique doivent être éventuellement compensées par des mesures de protection et de remplacement (reboisements de compensation).

Par l'exemple des événements catastrophiques caractéristiques des dernières années, l'auteur examine surtout les funestes conséquences hydrologiques des essartements et de la menace de nouveaux dégâts de la forêt. Quant à la construction de nouveaux terrains de sport, à côté des désavantages, il fait remarquer aussi des aspects positifs. Dans les événements des catastrophes de ces dernières années, le rôle des forêts et des terrains de sport n'était pas décisif. Les précipitations et les érosions se sont produites plutôt au-dessus de la limite d'arbres. En outre, les forêts de ces régions n'étaient pas ou à peine raréfiées depuis le dernier inventaire dressé sur l'état forestier. Encore, l'utilisation normale du bois n'a pas encore été augmentée en Autriche à cause de ces nouveaux dégâts forestiers. Les conséquences imminentes du dépérissement forestier général devraient être minimisées, en cultivant dans l'avenir des espèces végétales de la plus haute qualité.

L'effet protecteur des défenses déjà réalisées s'est avéré extrêmement utile dans tous les cas, bien que certaines améliorations locales ultérieures soient toujours possibles. C'est l'importance du coût qui nécessairement limite la construction de ces défenses techniques. Même le meilleur aménagement forestier laisse toujours un assez grand risque résiduel. Afin de diminuer les risques les plus dangereux, ce sont surtout les programmes d'assainissement des forêts protégées et protectrices dans les emplacements labiles qui relèvent de la plus haute urgence.

THE PROBLEMS OF STREAMFLOW CHANGES DUE TO FOREST RENEWAL IN AIR POLLUTED AREA

MILAN JAŘABÁČ - ALOIS CHLEBEK

Forestry and Game Management Research Institute
Jíloviště - Strnady, Czechoslovakia

Summary

The study of a 34 year long series of forestry hydrological measurements in a small experimental watershed in the Beskydy mountains, Czechoslovakia, in which the forest has been suffering damage due to air pollution especially since the 1970's, does not show that the water budget and storm hydrograph have been significantly affected by the forest decline; the change seems to be small in comparison with the natural scatter of the data.

Introduction

The great forest areas of the northern hemisphere are currently suffering severe damage from air pollution. To date, 54 % of forest in Czechoslovakia have been affected in this way. Some hydrologists have warned that there could be serious consequences of forest changes or losses on the water budget and particularly on the storm hydrographs. Because of the gravity of these warnings, the expected consequences of runoffs need to be studied experimentally. However, the forest decline due to air pollution took place too rapidly for it to be possible to plan appropriate research in experimental watersheds. Expected streamflow changes can be forecast in terms of measurements of a number of water balance elements, but the interactions among these are very complex and poorly understood. Under these conditions it is necessary to

- use measured results from other experimental watersheds, applying hydrological analogy methods;
- in places of severe pollution, intensify the registration of heavy rainfalls, record flood situations and analyse their causes.

It is reasonable to anticipate that the consequences of forest changes may include

- changes of soil water regime with greater degree of water-logging, increased tendency to landslide and forest renewal complications;
- changes of water budget, affecting both quantity and quality of water resources;
- wider runoff fluctuations and storm hydrograph changes

associated with greater flood losses /increases in frequency and amplitude of runoff waves/;

- increased soil erosion and diminished energy reserves.

At the present time, hydrological research in forest environments is in progress in more than 20 watersheds in Czechoslovakia. Only one of these, however, is particularly suited to studying the consequences of runoffs of forest renewal in air polluted area. This is the experimental watershed at Malá Ráztoka in the Beskydy mountains, for which there is a 34 year long series of climatic and hydrological measurements, in which the damage of forest by air pollution becomes increasingly evident over the last 10 years. These measurements are still in progress.

The Malá Ráztoka experimental watershed

The watershed is situated about $18^{\circ}16'$ east of Greenwich and $49^{\circ}30'$ north at heights between 609 and 1084 m above sea level and covers an area of 2,076 km². The average incline of slopes is around 50%, the predominant exposure being to the Nord-West. It lies in the western foothills of the Carpathian range and consists mainly of sandstone covered by brown forest soil. It is 100% covered by forest. The watershed was gauged between 1953 and 1966; towards the end of the gauging period, the average age of the forest was 83 years. The forest comprises 70% *Fagus silvatica*, 25% *Picea abies* and 5% *Abies alba*. The average density of timber was 326 m³.ha⁻¹ /Fig.1/ for spruce and 218 m³.ha⁻¹ for beech; the total volume of timber in the watershed was 60149 m³. Since 1966 there has been progressive renewal of the forest, using the technique of clearing and replanting the forest in strips. By the end of 1987, two-thirds of the watershed had been harvested and replanted. The wood was transferred by cable lifts to forest roads, whose density is 41 m.ha⁻¹.

The average yearly temperature in the basin was 6.9°C and the average yearly precipitation 1257 mm, 557 mm /mainly snow/ in the cold period and 700 mm in the warm period. The annual precipitation ranged from a minimum 805 mm to a maximum 1711 mm. The average yearly specific outflow was 27.8 l.s⁻¹.km⁻² and the runoff coefficient 0.706.

Damage to the forest is spreading from the mountain ridges into the valleys /Fig.2/.

Synopsis of research results

In order to establish whether there are any changes in the relationship between precipitations and runoffs in consequence of planned forest renewal /including substitution of beech for Norway spruce/ and of air pollution, it is necessary to seek useful hydrological models for the experiments performed. There is considerable difficulty in measuring precipitations, especially of snow falling on large areas after forest fellings and being subject to extensive drifting; the heights of snow precipitations in the watershed area are therefore not exactly known. This is particularly important in the middle European climate, which is characterised by irregular changes such as cyclones and the associated precipita-



Fig.1 The spruce stands in the experimental watershed at Malá Ráztoka twenty years ago

tion; in this watershed, the average interval between two waves of precipitation is no more than 6 days, but the interval tends to be longer in stable conditions. It has been found to be very important to analyse how the relationship between precipitations and runoffs varies with the elapse of time following, for example, a rise in water resources or the implementation of flood prevention or control measures. Both the intensity of precipitations and the intervals between them are important factors in this area, which is an important source of water for domestic and industrial use. The runoff conditions have to be analysed over time in order to ensure that these important uses are adequately provided for and



Fig.2 The beech stands killed by air pollution



Fig.3 The present view of the forest renewal in the experimental watershed at Malá Ráztoka

that suitable flood prevention measures are available.
The supply of water depends on the runoffs, which in

turn are related to the precipitation. The simplest model is a linear function $H_R = F/H_p$, where H_R are runoff volumes in the measurement period /usually a year/ and H_p are precipitation volumes. In our conditions, it has been found that about 95% of runoff values in the different years of our measurements lie within $\pm 30\%$ of the values predicted by regression line whose equation reflects the characteristics of the particular watershed. With such a wide spread of runoff values about the regression line, it is very difficult to detect the consequences of forest decline. The next step of the analysis, therefore, involved the examination of matched pairs between cumulative sums of the two time series of annual totals of rainfalls and runoffs. This double mass curve shows that there may have been a moderate increase of water yield in Malá Ráztoka after 1979, when more than 50% of the watershed area was felled. However, the cause of this change cannot be conclusively established in this way, because of possible effects of

- advanced forest renewal with changes of wood from beech to spruce;
- ecosystem weakening due to long term air pollution;
- other, so far unknown, influences.

The double mass curve cannot explain where an increase in water yield may be anticipated and put to practical use.

An attempt was made to estimate the effects of factors such as these, using a multiple regression of the runoff quantities on measured climatic variables and on the percentage reduction of the wood mass in the watershed during forest renewal. Since aggregated annual totals of rainfalls and runoffs are not satisfactory for this purpose, the regression variables used included monthly totals, together with totals values in defined cold and warm periods each year. It is evident that the precipitations are the main natural factors which affect the runoffs. The total rainfalls, however, are only very simplified characteristics, and it is necessary also to include in the analysis information about their configurations, intensities, durations, timing. Other climatic variables which need to be included in the regression are sunshine, temperatures, windflows, and their associated potential energy. Although the regression confirms the dependence of the runoffs on the rainfalls, it still does enable us to demonstrate any effect of forest renewal, because over monthly periods the runoff differences are also levelling off. It was therefore necessary to study the differences of observations over shorter intervals.

A final analysis was based on the study of 283 hydrographs after individual precipitations during the 34 long series of measurements. It was found that

- for equal rainfalls, the amplitudes of streamflow waves can fluctuate by a factor of 10 according to the values of environmental factors affecting the formation of the runoff
- because of their scatter, it is very difficult to establish any effect of forest harvesting on the heights of these peaks;
- there were no changes in frequency of occurrence of runoff waves.

Using runoff data over yearly intervals we were able to construct the outflow lines of the experimental watershed. Comparison of these lines shows that there is a slight increase in water yield in recent years in comparison with the calibration period, but that this is not related to the maxima or minima of the flow waves. This increase is noted a few days after the precipitation. The increases are not very easily established because it often happens that a further rainfall occur before the increased runoffs have been detected.

Conclusions

The effects of changes in vegetation cover due to forest renewal or forest decline due by air pollution on single elements of water balance such as interception and infiltration are considerable. However, in Czechoslovakia, their aggregated effect has not been found to be very great. Volume changes of water balance elements have not led to marked changes in runoffs because the natural mechanisms controlling these are rather complicated.

Polluted air causes disturbances to the ecosystem, but at the same time activates compensating mechanisms which can counter the effects of such external disturbances. So long these mechanisms exist, the ecosystems are not in danger of destruction. Since the operating limits of the compensation are not known, however, it is necessary to remove the air pollution, the cause of disturbances to the ecosystem.

Forest decline due to air pollution does not cause loss of the vegetation cover, but there are adaptive changes in this cover brought about by the compensating mechanisms operating in the new conditions. The forest decline reduces pollution "combing" following a loss of intercepting surface area of the wood. The sparse forest affords better conditions for the growth of low-level vegetation which maintains the cycles of water, energy and elements, and increases the survival capacity of many small resistant organisms during the critical period of severe air pollution. Low-level vegetation also has an important function in preventing soil erosion.

Our experience in the climatic conditions of central Europe in areas of strong atmospheric pollution do not so far give convincing proof of a significant increase in runoffs nor of greater frequency or amplitude of the flow waves in their streams. We cannot exclude the possibility of an increased occurrence of torrential rain in the areas with higher concentration of condensation centres in the atmosphere.

The precipitation-runoff relationship are affected more strongly by atmospheric conditions than by any vegetation changes, since these do not affect all elements of the water cycle. When no significant changes of the precipitation regime in small watersheds are found, it may be that the effect of the dying forest on the runoffs is masked by the scatter of the measured data. We cannot quite exclude the possibility that human intervention such as disturbance of the vegetation cover, soil compaction or transference of the soil surface,

may cause increasis in water yields and flooding; the consequences of forest loss due to air pollution may not yet be fully apparent.

April 1988

ZUSAMMENFASSUNG

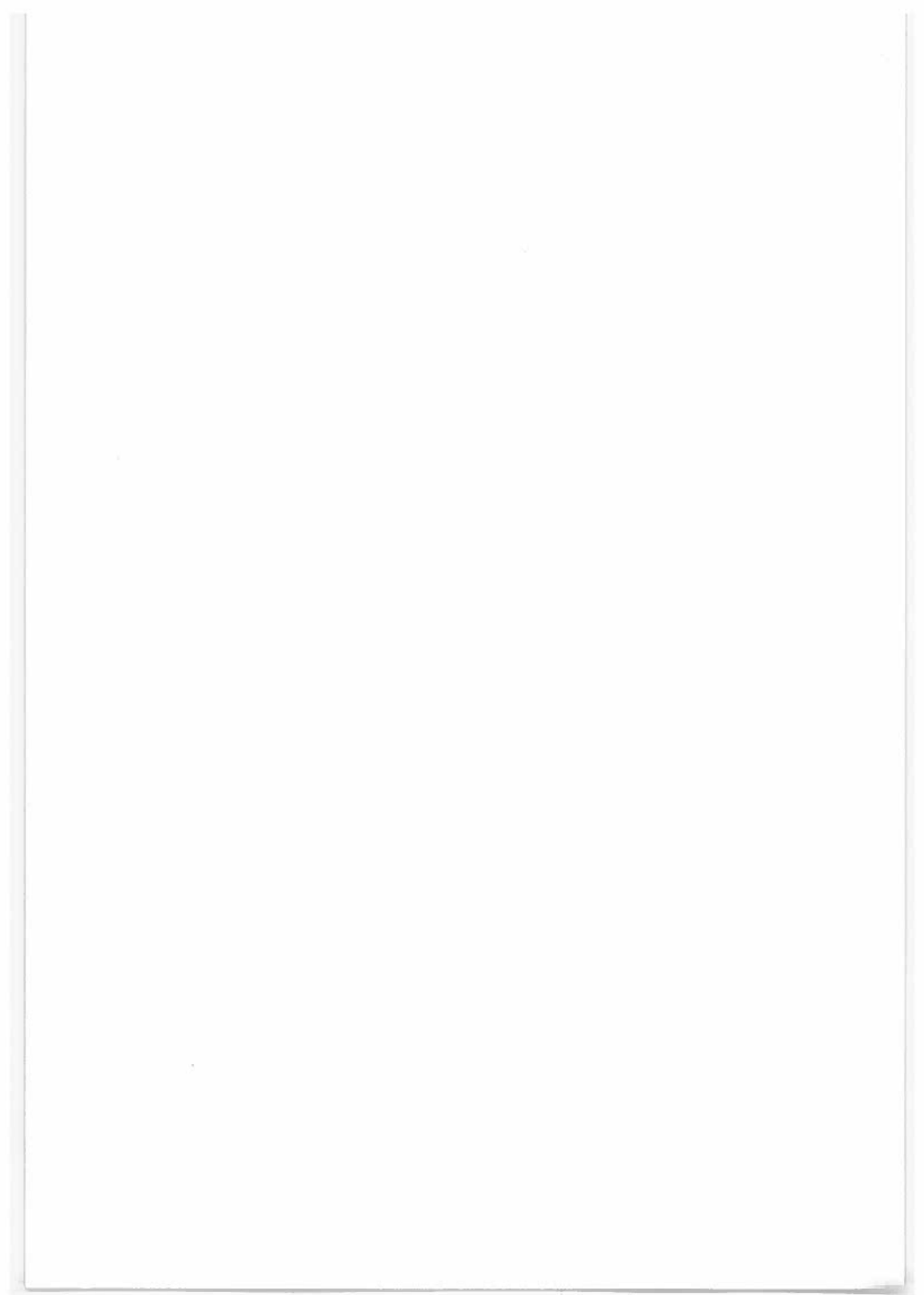
(Die Probleme der Abflußveränderungen bei der Walderneuerung in
Luftschadstoffen ausgesetzten Gebieten)

Das Studium 34 Jahre langer forsthydrologischer Messungen in einem kleinen Mustereinzugsgebiet in den Beskiden, Tschechoslowakei, in welchem die Wälder insbesondere seit den 1970-er Jahren Schäden durch Luftverunreinigungen erlitten haben, zeigt, daß das Waldsterben sich nicht signifikant auf Wasserhaushalt und Hochwasserganglinien ausgewirkt hat; die Veränderung scheint im Vergleich der Streuung der Meßergebnisse zu gering zu sein.

RESUME

(Le problème des alterations du régime hydrologique suivant
un reboisement rendu nécessaire par la pollution de l'air)

L'étude des mesurages hydrologiques forestiers, suivie pendant 34 années dans un petit bassin versant expérimental dans les Besquides, Tchécoslovaquie, où les forêts ont subi, surtout à partir des années soixante-dix, les dégâts dus à la pollution de l'air, montre que le déperissement forestier n'a pas influencé d'une manière significative le régime hydrologique et l'écoulement des crues; les altérations paraissent petites, tenant compte de la dispersion des résultats mesurés.



SOIL CONSERVATION EFFECT BY HILLSIDE
WORKS IN THE DEVASTATED
LAND ASHIO/JAPAN

YUICHIRO NAKAI

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

ABSTRACT

An investigation was conducted to evaluate the effect of hillside works in relation to soil conservation in the devastated land area of Ashio, Tochigi Prefecture, Japan. Ashio is widely devastated and the National Forest Agency has been carrying out conservation projects there for the past 30 years.

The results obtained were as follows: On the debris at the foot of the slopes, forests of Alnus , Pinus, and other species were becoming established with A₀-horizons and primary soil dark-colored by humus within about 30 years after planting work. Changes in soil properties with time were shown as increase of A₀-horizon, decrease of bulk density, increase of fine particles in top soil, and so on.

On the bare slopes, soil was more immature than in revegetated sites due to frequent soil erosion. On the rock-exposed slopes with aerial seeding works, only grass and bush vegetation could be seen.

INTRODUCTION

Japan has frequently suffered from sediment hazards due to its mountainous land and heavy rainfall. In order to prevent disasters and restore devastated lands, a wide range of conservation projects have been undertaken.

The author has been researching into the assessment and improvement of conservation projects with an emphasis on the function of vegetation, which plays an important role in terms of preventing both surface erosion and shallow mass-movement.

In this paper, the rehabilitating process of vegetation and soil, and its assessment are discussed through an investigation in Ashio, one of the large areas devastated by forest fires, excessive deforestation, and smoke-damage.

STUDY SITE

natural condition

The study area was in the Ashio district which is a National Forest, located to the west of Nikko National Park in Tochigi Prefecture (Fig.1). This district is the

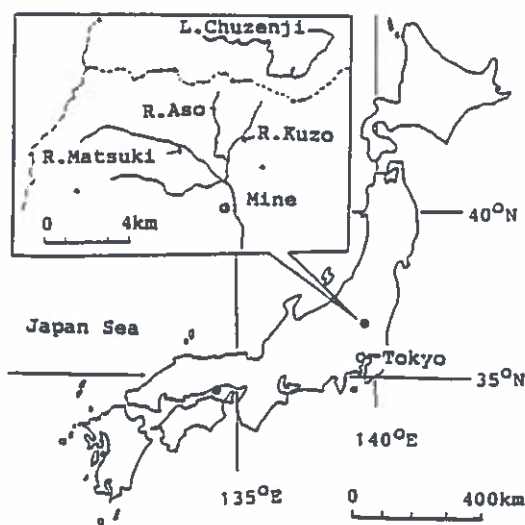


Fig.1 Location of Study Site

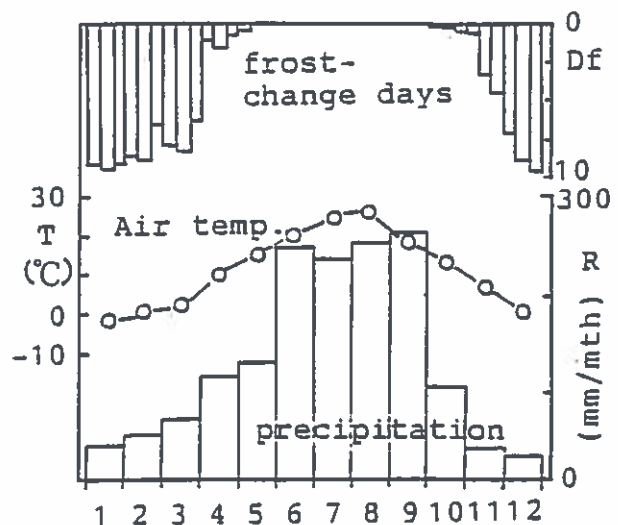


Fig.2 Climate of study site

headwaters of the Watarase River of the Tone River system, in an altitude range of about 600 to 2100 m. The topography of this area can be characterized by mature mountains with a high relief ratio. Rock-exposed hillslope with gradients of 40 degrees and over, and talus and debris slopes composed mainly of grain materials are formed at the foot of the slopes.

As for its geology, in the central southern part, there is a Paleozoic and Mesozoic zone, which consists of clay slate, sand stone, chert and so on, and surrounding that, igneous rocks which consist chiefly of granodiorite and quartz porphyry. There are many faults and fractured zones in the region.

According to the records between 1966 and 1975 at Kuzo station 788 m above sea level (Fig.2), an inland climate with temperatures ranging widely from -15°C to 34°C , prevailed in the region. The mean annual air-temperature was about 12°C . The temperature at 3cm under the ground was below the freezing point from early January to late February. The annual number of frost change days was about 115 days which prevailed from November to March. Snowfall is slight in the region except for an area in the west which is higher than 1800 m. Therefore the freezing and thawing phenomena dominate the bare grounds on the frost change days, as one of the important factors causing surface erosion. Average annual precipitation was about 1600 mm with 50 or 60% falling between June (rainy season) and September (typhoon season).

The dominant species of natural vegetation in the devastated region at present are as follows - woody species : Alnus firma, Clethra barbinervis, Alnus hirsuta, /grass species : Miscanthus sinensis Athyrium yokoscense, Sasa nipponica, Sasa borealis, etc.

historical description

The Ashio district was originally covered with mature forest. A copper mine was opened in the area during 17th

century. It is said that the practical devastation in the area began with over-logging between 1890 and 1897 and a large forest fire which occurred in 1891 (SUZUKI, 1967). Poisonous smoke-discharge from refineries had kept the wasted condition of vegetation and soil from recovering for many years, and caused large areas of denuded land. Such devastation caused frequent floods and sediment discharge in the lower watershed. The denuded area covered about 15000 ha, of which about 3000 ha were severely damaged and almost bare in 1956. Because of the prolonged total absence of vegetation, top soil on the steep slopes had almost been washed away, and soil left on the gentle ridges and the foot slopes became acid.

On the other hand, soil conservation works have been operating for almost 100 years. In 1956, a new refining method was developed to reduce poisonous gas levels. At the same time, a regular project was also started by the

Table 1 Watershed Condition

Watershed	area (km ²)	bare area (km ²)	ratio of bare area(%)	stream length (km)
Matsuki	31.2	5.7	18.2	11.6
Kuzo & Aso	17.8	0.4	2.2	6.0

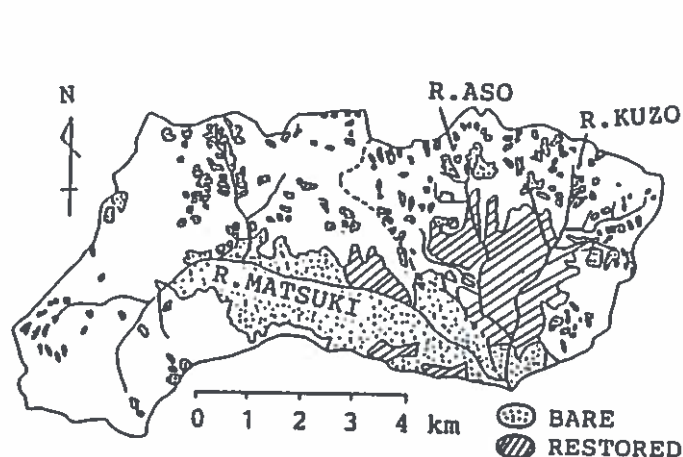


Fig.3 Distribution of bare and restored areas

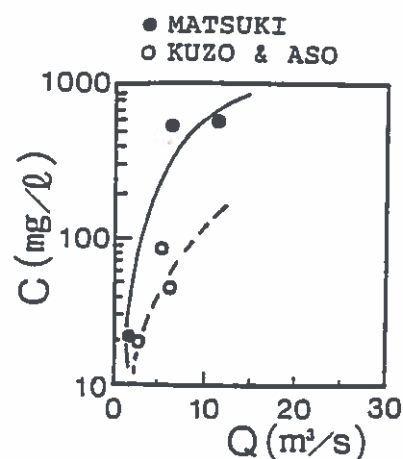


Fig.4 Relationship between Discharge(Q) and Wash-load Concentration(C)

National Forest Agency. Table 1 and fig.3 show the present watershed condition. In the Kuzo and Aso watershed, primary revegetation has practically been completed, but in the Matsuki, a large area of bare land still remains. The difference in the devastation ratio between the two watersheds is clearly indicated by the difference in the concentration of wash load in stream water (Fig.4), that is, the concentration in the Matsuki is much higher than that in the Kuzo and Aso (NAKATA, 1987).

restoration method

Generally, in Ashio there are two types of methods for introducing vegetation on to the hillsides. One is helicopter sowing which has been adopted mainly to the rocky slopes which are widespread in the region. Seeds, fertilizers, and asphalt emulsion are each sown by helicopter. This method of sowing 3 times is an original method developed at the Ashio Station. The other method is planting work which has been adopted to the debris slopes where relatively thick layers of soil exist. Planting work is composed of the three following processes :

(1) site preparation, foundation work in the first year

(2) fixing vegetation bags along contour lines with relative height of intervals about 0.2 m, in the second year. The contents of the vegetation bags are seeds, soils, soil renovation materials (fertilizers, bark, lime and so on). Seeds in the bag can germinate through the bag cloth.

(3) planting seedlings in the third year

Species of seeds used in the vegetation bag and sown by helicopter are as follows: Miscanthus sinensis, Polygonum cuspidatum (Itadori), Artemisia spp. (Common mug wort), Eragrostis curvula (Weeping lovegrass), Festuca arundinacea (Kentucky 31 Fescue), Festuca rubra (Creeping Red Fescue), Agrostis alba (Redtop), Amorpha fruticosa (Indigo-bush), Cytisus scoparius (Scotch Broom), Robinia pseudo-

acacia(Black Locust)

Species of the seedlings are as follows: Pinus Thunbergii(Japanese Black Pine), Alnus firma, Alnus hirsuta, Robinia pseudo-acacia, Amorpha fruticosa, Elaeagnus umbellata(Autumn Elaeagnus), Larix Kaempferi(Karamatsu)

METHOD

On the rock-exposed slopes, species composition, stem density, and average height of vegetation were respectively measured at 16 quadrats of 4 m².

On the debris slopes, young forests of *Pinus* spp. and *Alnus* spp. could be seen on the site with age older than about 15 years after planting. The investigation on vegetation and soils on the debris slopes was as follows :

23 hillside sites were selected for study. Out of those, 18 sites were restored through planting work and 5 sites were denuded sites which were bare. The number of years which had passed since planting varied between 1 and 28 years. Mean tree height in a quadrat averaging 25 m² and coverage ratio of grass in a quadrat of 4 m² were respectively measured at each site. One pit was excavated by hand at each site. Each point around the pit was regarded as free from disturbance by human and wildlife activity. Two layers of soil were sampled at each pit by cylindrical samplers with a 400 ml volume. One was the surface layer (top soil) at the depth of between 0 and 5 cm under the ground, and the other was the sub soil at a depth varying between 15 and 40 cm. These samples were analyzed in the laboratory in accordance with the standard method for physical properties of forest soil(KAWATA and KOJIMA,1976). Specifically, bulk density, maximum water holding capacity, three phases distribution(solid, water, and air percentage by volume), and permeability were measured. The grain-size distribution of each layer was analyzed both by the sieving and pipette method. 3 samples of A₀-horizon were collected from an area of 1m² at each site, oven-dried at a temperature of 80 °C, and then weighed.

RESULTS AND DISCUSSION

vegetation growth

On planted sites, forests of *Pinus* spp., *Alnus* spp., *Robinia* sp. with heights between 7 and 10 m can be seen at the sites with ages of about 30 years after planting, although height differences among the species can be recognized in the first several years. Especially, the growth rate of *Pinus* sp. is lower than that of other species in the period between 0 and 10 years after planting.

Fig.5 shows the schematic changes of grass cover. The coverage ratio of foreign grasses decreased to below 50 % within 7 years after working and that of Japanese grasses decreased to below 50 % within 13 years (IWAMOTO and HORIE, 1983). The lack of nutrients and shade of trees may caused the decay of grass cover. The growth rate of planted trees after the grasses had relatively declined was higher than it had been before the grasses had decayed. Fig.6 shows an example which indicates such a change in growth rate. In the figure, the growth rate increases after 9 or 13 years had passed since the hillside work. It is often said that grass cover with high density often bars the invasion and growth of woody species at restoration sites in Japan (Nakai, 1986a). Moderate control of grass's flourishing should be important to establish woody vegetation when we

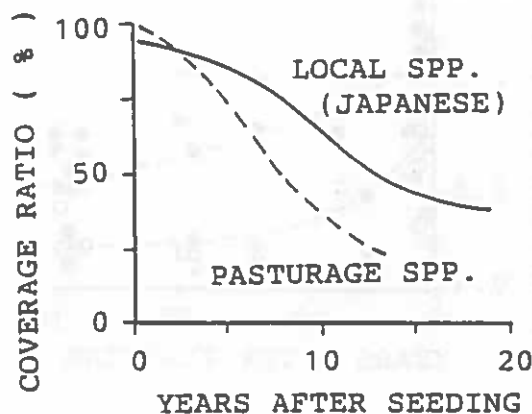


Fig.5 Changes of grass cover ratio

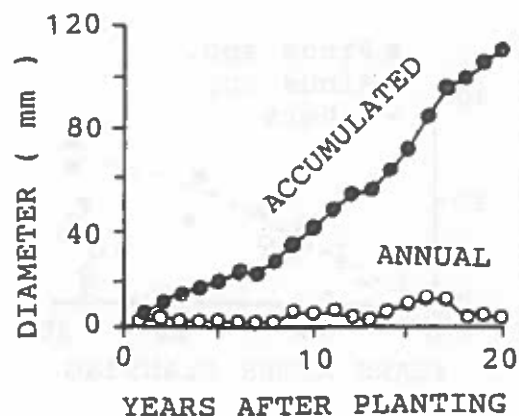


Fig.6 Diameter Growth of *Alnus firma*

operate seeding works.

On rock-exposed sites, bush and grass lands consisting of Clethra barbinervis, Miscanthus sinensis, Polygonum cuspidatum etc. were seen, which heights were almost 3 m and below.

accumulation of A₀-horizon

Fig.7 illustrates organic dry matter accumulated in A₀-horizon with years after planting. It is said that the A₀-horizon of 4 t/ha and above can sufficiently control surface erosion(MURAI and IWASAKI,1975). In the figure, the amount of dry matter seems to be enough to prevent erosion although some sites where acacia trees had grown, showed lower amounts and partially exposed mineral soils. Rapid increment of organic matter can be seen in the figure. Generally, with vegetation growth, the development of A₀-horizon is rapid in the first stage, but decreases its speed gradually, and finally reaches the balanced condition with a maximum amount of organic matter related to its environment. The result shows a characteristic of the first stage of the accumulation of A₀-horizon. However, the value of organic

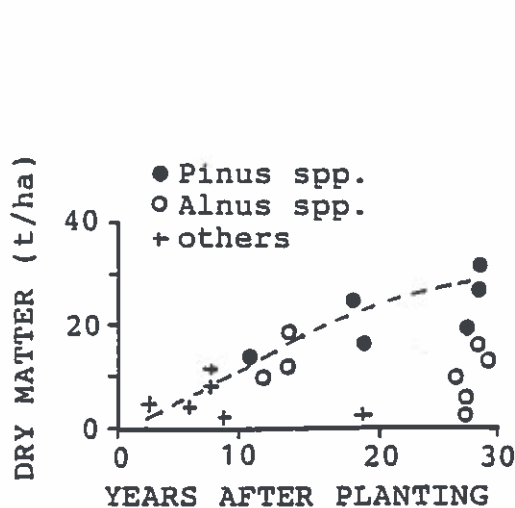


Fig.7 Organic matter in A₀-horizon

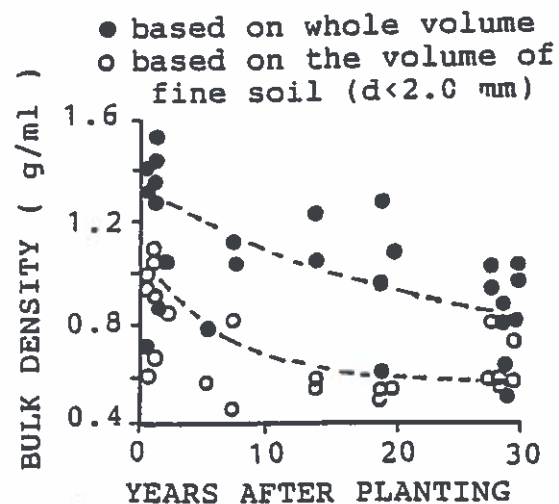


Fig.8 Relationship between bulk density and years after planting

matter varies widely because the amount of A₀-horizon is dependent upon growth conditions, shapes and resolvability of leaves affected by species, the accumulating condition affected by micro-relief topography, and so on. In this study, the sites where Pinus spp. had been planted, seem to form a relatively thicker A₀-horizon because of the low resolvability of Pine leaves.

physical properties of soil

From the results of on-site observation, surface soils of 5 years and over after planting were darkened by organic matter. Especially, the soil with 15 years and over clearly had a dark-colored layer. Other layer structure was not seen. Total thickness of the soil varied between 20 and 80 cm (NAKAI, 1987).

On the other hand, soil erosion seemed to be in progress on bare slopes without vegetation cover. Erosion on some sites over 10 years was estimated at the depth of between 7 and 15 cm by the vertical differentials between the grass land and bare land surface.

The relationship between bulk density and years after planting is illustrated in Fig.8. According to the figure, the bulk density of top soil roughly decreases with years after planting, although it varies widely with each year. For example, bulk density of fine soil (symbol o) ranges from 0.59 to 1.09 g/ml in 0-2 years after planting, and from 0.52 to 0.79 g/ml in 26-28 years after planting. On the other hand, there seems to be no tendency for bulk density to decrease with time in sub soil. A decrease of bulk density recognized only in surface soil seems to be attributed to accumulation of organic matter in soils. Similar patterns were recognized in other districts (NAKAI, 1986b).

Permeability ranged from 10^{-2} to 10^{-3} cm/sec in saturated hydraulic conductivity at all sites, and the tendency of permeability with age was not recognized.

Fig.9 represents the grain-size distribution on some of the soil sampled from restored and bare sites on the debris slopes. Plot-4 is a forest of *Alnus* spp. 28 years after planting. Plot-10 is a forest of *Pinus* spp. 27 years after planting. Plot-6 is a site where *Robinia* sp. was planted 5 years ago. Plot-M1 and -M2 are bare sites. The materials of these slopes seem to have originated from talus and debris deposit. Therefore, the figures indicate a high content of gravel in all of the sites, especially in sub soil. The gravel content of the top soil on the forested sites (plot-4, -6, and -10) is lower than on the bare sites(M1 and M2). The difference of fine soil content between bare and forested sites could be explained as follows: On bare slopes, rain water washed away fine particles of surface soils. And on the other hand, in forested sites, a combination of foundation work, step work(vegetation bag), and vegetation cover kept and

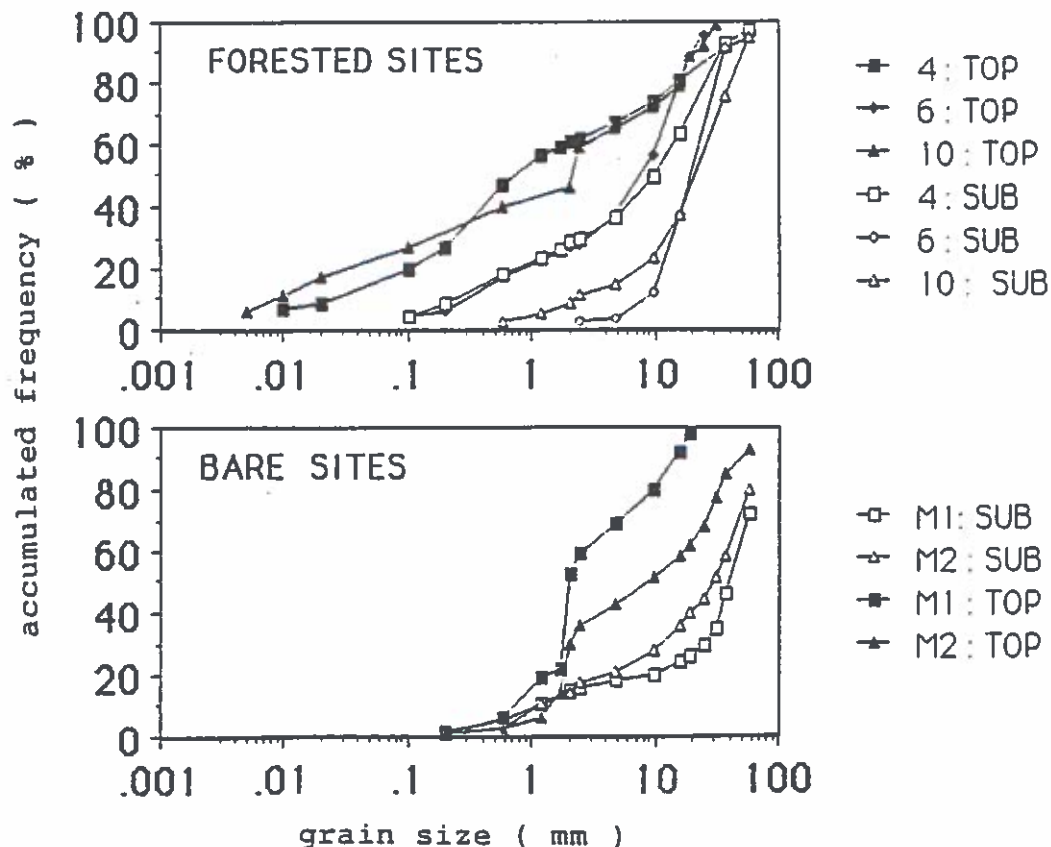


Fig.9 Grain-size distribution of soils

accumulated fine particles. But grain-size distribution shows very local conditions. Further study should be necessary.

CONCLUSION

The debris slopes at the foot of hillsides have a tendency towards the establishment of forests of *Pinus* spp., *Alnus* spp. and others, by planting work. Gully erosion, shallow mass-movement, rain-wash, and soil creeping due to freezing and thawing have been occurring at bare sites where no work has been carried out. Foundation work and step work (vegetation bag) is available to prevent these movements and keep primary soil formation. The stability condition of soil on reforested sites in a short time-scale such as a few decades, may be estimated by the features of primary soil formation. Further study should be necessary to find the index suitable for assessing the extent of soil formation and stability.

Grass and bush vegetation could be introduced by aerial seeding work. But, long periods would be needed to recover forests on the rocky slopes. These vegetation of grass and bush are important to prepare the condition for invasion of tree species because grass species have the function of supplying organic matter into soil and filtering fine soil from run-off. Therefore, the effective maintenance of the grass plants, for example, the development of systematic fertilizing by helicopter should be necessary.

With the present technique, introducing woody plants by a combination of foundation works, seeding work including vegetation bags, and planting works is essential for reliable reforestation.

ACKNOWLEDGMENT

The author is grateful to the staff of the Ashio Erosion Control Works Station of the National Forest Agency for their providing data and support in the investigation.

ABSTRAKT

(Bodenserhaltungsauswirkungen durch Hangsanierungsarbeiten im Schadensgebiet Ashio, Japan)

In den verwüsteten Landgebiet Ashio, Japan, wurde eine Studie durchgeführt um die Wirkung von Hangsanierungsarbeiten im Verhältnis zur Bodenerhaltung zu bewerten.

Die erhaltenen Ergebnisse waren folgende: Auf dem Schutt am Fuße der Hänge wurden innerhalb von 30 Jahren nach den Pflanzungsarbeiten Erlen-, Kiefern- und andersartige Bestände gegründet. Veränderungen der Bodeneigenschaften zeigten sich mit der Zeit in einer Zunahme der A_0 -Horizonte, Abnahme des Raumgewichtes, Zunahme der Feinteile im Oberboden, und so weiter.

Auf dem vegetationslosen Hängen waren die Böden unreifer als in den wiederbesiedelten Standorten, entsprechend den häufigen Bodenerosionen. Auf den mit Saaten aus der Luft behandelten, bis zum Felsenentblößten Hängen konnten nur gras- und buschartige Vegetationen festgestellt werden.

RESUME

(Effet des défenses des pentes sur la conservation du sol dans la région dévastée de Ashio/Japon)

Dans la région ravagée de Ashio, Japon, on a procédé à une investigation, afin d'évaluer l'effet des constructions d'assainissement des pentes sur la conservation du sol.

On a obtenu les résultats suivants: Sur les débris au pied des pentes, pendant les 30 années depuis les travaux de plantation, on a planté des forêts d'aunes, de pins et d'autres espèces. Les modifications des propriétés du sol qui apparaissaient au cours du temps consistaient entre autres, en une augmentation des horizons A_0 , une diminution du poids spécifique et l'augmentation des particules fines dans la couche supérieure.

Sur les pentes sans végétation, la maturité des sols était inférieure à celle aux endroits sujets à la replantation, en fonction des fréquentes érosions du terrain. Sur les pentes dénudées jusqu'à la roche où on avait semé avec des avions, la seule végétation constatée consistait d'herbes et de buissons.

REFERENCES

IWAMOTO, M. and HORIE, Y. (1983): Report on conservation works in Ashio. Annual report of Chizan research, Forestry Agency, 1-150 (in Japanese)

KAWATA, H. and KOJIMA, T. (1976): Measurement of environments 4-forest soil, Kyoritsu Press, Tokyo, 79-92 (in Japanese)

MURAI, H. and IWASAKI, Y. (1975): Studies on function of water and soil conservation based on forest land(1) - Influence of difference in forest condition upon water run-off, infiltration, and soil erosion -, Bull. Gov. For. Exp. Sta. No. 274, 23-84 (in Japanese)

NAKAI, Y. (1986a): Study on relation between soil properties and revegetation process(1), Proc. Mtg. Jap. Sabo Soc. 1986, 302-305 (in Japanese)

NAKAI, Y. (1986b): A study on the recovering process of physical properties of the soil by restoration works(1), Trans. 37th Kantoh branch Mtg. Jap. Forestry Soc., 207-208. (in Japanese)

NAKAI, Y. (1987): The effects of hillside works on physical properties of soil in smoke-damaged land around Ashio, "Human Impacts and Management of Mountain Forests" - Proc. of IUFRO Pl. 07-00 4th Workshop, 81-92 (in English)

NAKATA, H. (1987): A study on the wash load yield in a torrential catchment and its remedial measures(1), Proc. Mtg. Jap. Sabo Soc. 1987, 98-101 (in Japanese)

SUZUKI, H. (1967): Basic study on afforestation for rehabilitation of bare land by smoke, Bul. of the college of Agriculture Utsunomiya Univ. vol. 6, 25-61 (in Japanese)

SOIL CONSERVATION PLAN IN A DEVASTATED FOREST DUE TO TYPHOON

TOSHIAKI SAMMORI

MASARU IWAMOTO

Soil Conservation Laboratory, Forest Research Institute
Tsukuba Science City, Ibaraki, 305 Japan.

ABSTRACT

Japan is located at the north-east end of the Pacific Ocean and suffers from many natural disasters in every season. The authors did a research, regarding a forest conservation plan, in a devastated forest due to typhoon. Especially in volcanic ash land, once vegetation cover is destroyed, precipitation easily infiltrates and is also stored in the surface layer. When rainfall continues, interflow occurs on the boundary of the soil layers with different permeability under unsaturated conditions. This means an interesting fact of landslide mechanism in volcanic ash slope.

The forest conservation plans aimed at restoring the devastated slope rapidly, preventing new land slide and controlling debris by both hillside and torrent works. In addition, for future forest management and from the viewpoint of ecology, the multistoried forest should be created by thinning and density control cutting.

ZUSAMMENFASSUNG

(Bodenschutzpläne in einem durch Taifune verwüsteten Waldgebiet)

Japan liegt im Nordwesten des Pazifischen Ozeans und erleidet dort jährlich zahlreiche Naturkatastrophen. Die Autoren führten eine Forschungsarbeit über einen Bodenschutzplan in einem durch Taifun verwüsteten Waldgebiet aus. Insbesondere auf vulkanischen Aschenböden dringen, wenn die Vegetationsdecke einmal zerstört ist, Niederschläge leicht ein und werden in den oberen Lagen auch zurückgehalten. Wenn die Regenfälle anhalten gehen die bodennahen Abflüsse an den Grenzen der Bodenschichten, mit verschiedener Durchlässigkeit unter ungesättigten Bedingungen, vor sich. Dies stellt einen bedeutsamen Umstand für den Rutschungsmechanismus auf vulkanischen Aschen-Hängen dar.

Die Forstschutzpläne bezwecken eine rasche Wiederherstellung der verwüsteten Hänge, die Vorbeugung neuer Rutschungen und die Geschiebekontrolle durch Hang- und Wildbachverbauungsarbeiten. Darüber hinaus soll, durch künftige Waldbewirtschaftung und vom Standpunkt der Ökologie, der mehrstöckige Wald durch Durchforstung und eng begrenzte Kontrollschläge geschaffen werden.

RESUME

(Plan de conservation du sol dans une forêt dévastée par le typhon)

Le Japon est situé au bout nord-est de l'Océan Pacifique. Dans chaque saison, notre pays subit de nombreuses catastrophes naturelles. Les auteurs ont procédé à une investigation visant un plan pour la conservation forestière dans une forêt dévastée par le typhon. Surtout dans les régions d'un sol de centre volcanique, une fois la couverture végétale détruite, les précipitations s'infiltrant facilement et sont accumulées dans la couche superficielle. Si la pluie continue, des courants internes se présentent aux limites des couches avec une perméabilité différente du sol, dans les conditions non saturées. Cela est un aspect intéressant de la dynamique des avalanches de terre sur une pente de cendre volcanique.

Les plans de conservation forestière avaient pour objet d'accélérer la réhabilitation des pentes dévastées, de prévenir de nouvelles avalanches de terre et de régler le transport des débris par la construction de défenses des pentes et du torrent. En outre, du point de vue écologique, l'aménagement forestier de l'avenir doit prévoir la forêt mixte et clairsemée, en contrôlant la densité par la coupe.

INTRODUCTION

Japan consists of an arc chain of islands. A great range of mountains from 2,000 to 3,000 m high runs through the central part of Honshu island, so that most of the country has steep mountains and short rapid rivers. The mountain regions are relatively fragile in view of geology, because 40 % of the land is covered with volcanic rocks and the Tertiary strata. Especially in summer, the climate of the Pacific side of the islands can be characterized by a long rainy season and heavy rain-falls due to typhoon.

In this paper, the authors report the results of field research and data analysis regarding forest conservation plans for a devastated forest due to typhoon (Fig. 1).

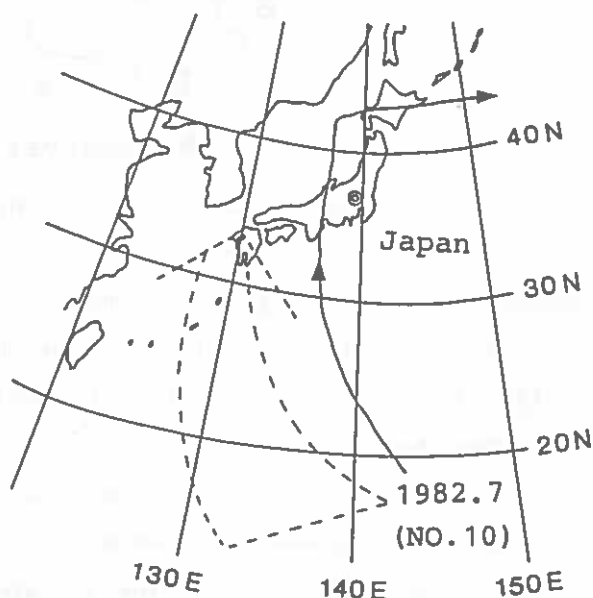


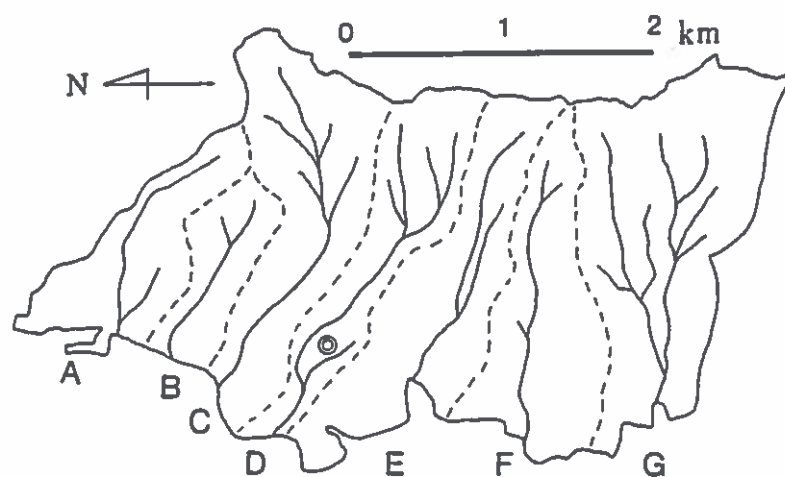
Fig. 1 The Paths of Major Typhoons

STUDY SITE

The Naganohara basin is located at the upstream branch basin of the Tone River in Gumma prefecture (Fig. 2). Natural conditions are as follows:

(1) Topography : The basin is a forest ranging from 800 m to 1,400 m and surrounded by active volcanoes, Mt. Asama, Mt. Shirane and Mt. Haruna. Volcanic sediment stratum are widely distributed. The bedrock is mainly tuff psephite and pyroxene andesite and these are sandwiched between each other. In the surface soil layer, black-ash loamy sand (Bld type soil) is widely distributed.

(2) Climate : Precipitation is rather little, with annual



◎; Observation site

Fig. 2 Research Basin (Naganohara, Gumma Prefecture)

amounts averaging 1,300 mm because of the inland climate. It is very cold in winter, the minimum temperature is -17°C with little snow and the frozen soil depth is about 70 cm on the northern slopes.

(3) Vegetation : The research site area is 1,035 ha and most of this is man-made forest (766 ha : 74 %) with Larix leptolepis Gordon (658 ha) and Pinus densiflora S. et Z. (108 ha). Consequently, the undergrowth is very poor and the humus layer is thin in comparison with natural forest.

(4) Devastation : From records of disasters, devastations of this basin were mainly caused by typhoon. Especially in 1982, the Typhoon No. 10 (Table. 1) went through central Japan and damaged mountainous areas, causing a lot of landslides and wind fallen trees, which were in danger of debris discharge.

Table. 1 Dimension of Typhoon No. 10

Date	: August 2nd, 1982
Wind (max)	: NE 41.8 m/sec (at Nikko)
Rain (max)	: 334 mm/day (at Mt. Haruna)
Damage	: 40 Million \$ (only with Forestry)

METHOD

Japanese Forestry Agency made forest conservation plans to investigate actual condition research and counter-plan as shown in Fig. 3 (IWAMOTO, 1987).

(1) Landslide Analysis : To investigate the relationship between landslide and causal factors, aerial photographs and related maps were used. In the analysis, physical condition data on slope stability was observed by soil mechanical test and infiltration test.

(2) Vegetation Research : To investigate the most suitable forest cover type, extensive vegetation research was made in neighboring mountain areas. Also considered, was putting the right tree on the right site and management plan.

(3) Conservation Works : To arrange forest conservation works, soil and water conservation works are undertaken for the restoration of devastated hillsides and torrents. After this, an evaluation of the forest conservation plans should be designed to make the assessment measures regarding work method, scale and arrangement.

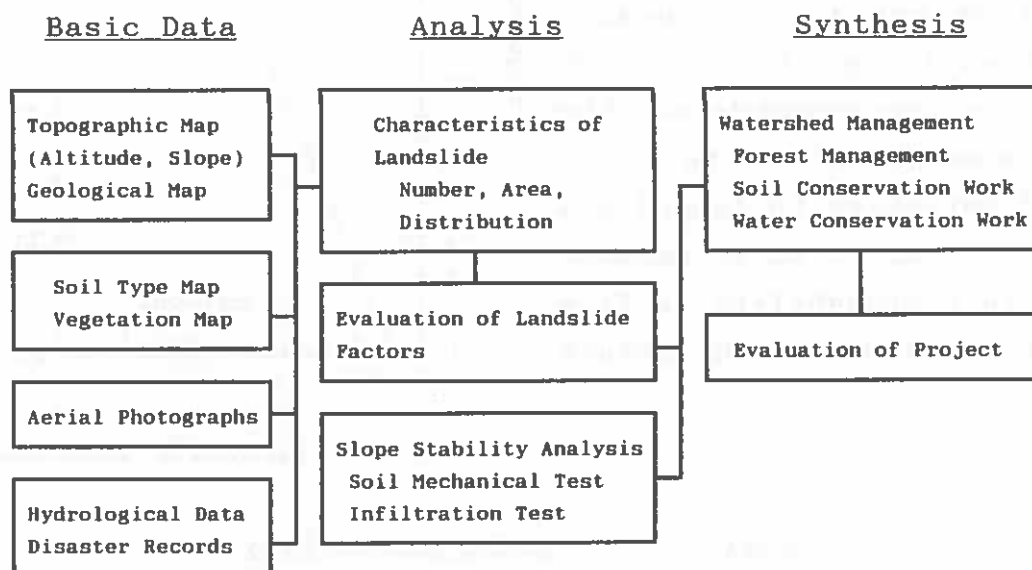


Fig. 3 Flow Chart of Forest Conservation Plan

RESULTS AND DISCUSSION

Forest Damage due to Typhoon

Main damage due to the typhoon is characterized by wind fallen trees, namely 36 % of *Larix leptolepis* G. forest (Damaged area : 238 ha, Age : 20 years old, Tree height : 9 m, D.B.H : 12 cm) was severely damaged. The landslide area was 7.1 ha because of the wind pass way. Subsequent to the landslides, debris flows occurred and they were deposited in the upstream valleys.

Hydrological Aspect

In general, it is very difficult to evaluate hydrological data in mountains because of few meteorological stations. However in such a case, one can consider the rainfall intensity and total rainfall with reference to that observed at a nearby station (Fig. 4). According to the records of the typhoon damages, the rainfall intensity to landslides may be from 20 to 40 mm/hour and this probability is from 5 to 10 years of the return period.

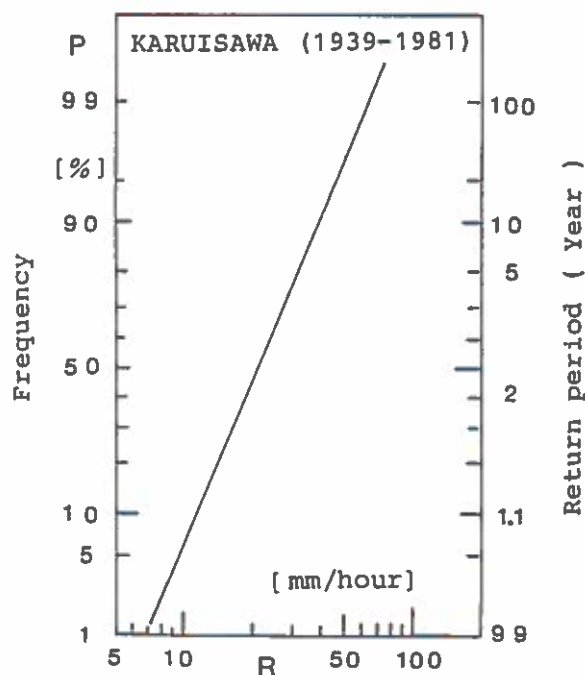


Fig. 4 Rainfall Intensity

Soil Profile and Permeability

Fig. 5 - 1 shows the soil profile in the testing site and parent material is a volcanic ash with pumice. In this figure, the strata are divided into 3 types, namely, the

surface layer ($0.2 < z < 1.4 \text{ m}$) is a black ash, the sub-surface layer ($1.4 < z < 2.7 \text{ m}$) is a yellow loam and the bottom layer ($z > 2.7 \text{ m}$) is a pumice layer.

Fig. 5 - 2 shows the results of a specific permeability test (JIS A 1218) relating to the individual soil depths to get the basic data for slope stability analysis and water conservation plan. The permeability is gradually decreasing with the soil depth until the lower part of the loam layer because the soil texture of the loamy sand is finer than the black ash, however in the bottom layer deeper than the loam, the permeability is again gradually increasing because of the porosity of the pumice layer.

From these results, the boundary layer between the loam and pumice ($z = 2.0 \text{ m}$), infiltration-retarding zone, may be a key point of the slope stability.

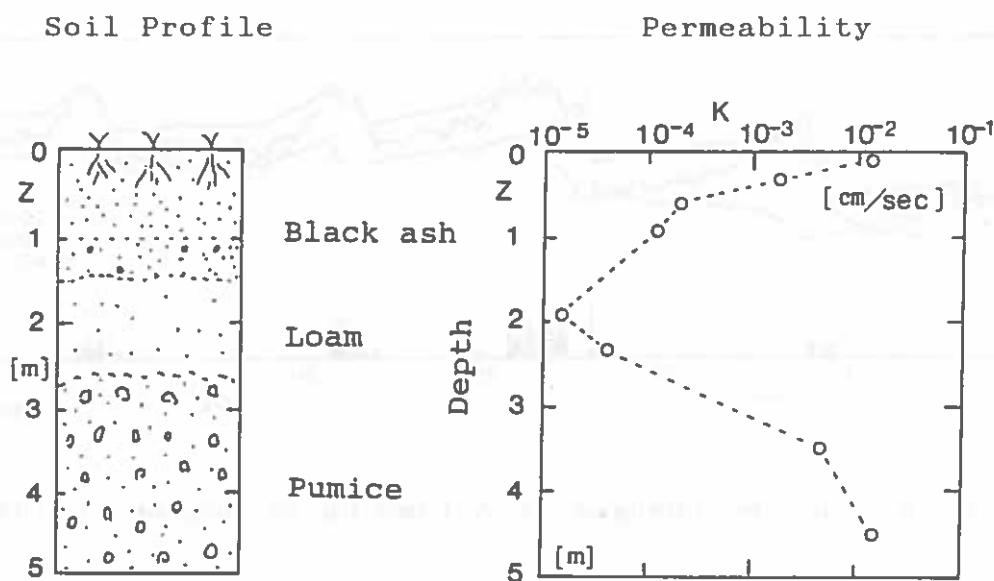


Fig. 5 Soil Profile and Permeability

Characteristics of Infiltration

(1) Soil Moisture Changes by Natural Rainfall

When estimating the slope stability, the precise infiltration data with times are indispensable. Then, ten-

siometers (soil moisture (suction) measuring apparatus) were linearly arranged on the mountain slopes at 20, 40 and 60 cm depth respectively, from top to bottom of the slope at regular intervals.

Fig. 6 shows one example of suction changes in the autumn rainy season. In this figure, comparing the suction changes before and after September 15th (before 15th : dry soil condition with few rainfall, after 15th : wet soil condition), the changes in the wet soil condition are obviously larger than that in the dry soil condition because rainfall rapidly and vertically infiltrates into the soil without the initial water loss. Consequently, the pressure head values were gradually increased from -130 to -70 cmH₂O even at the 60 cm depth. This means the increments of the slope water storage and the potential risk of slope failure.

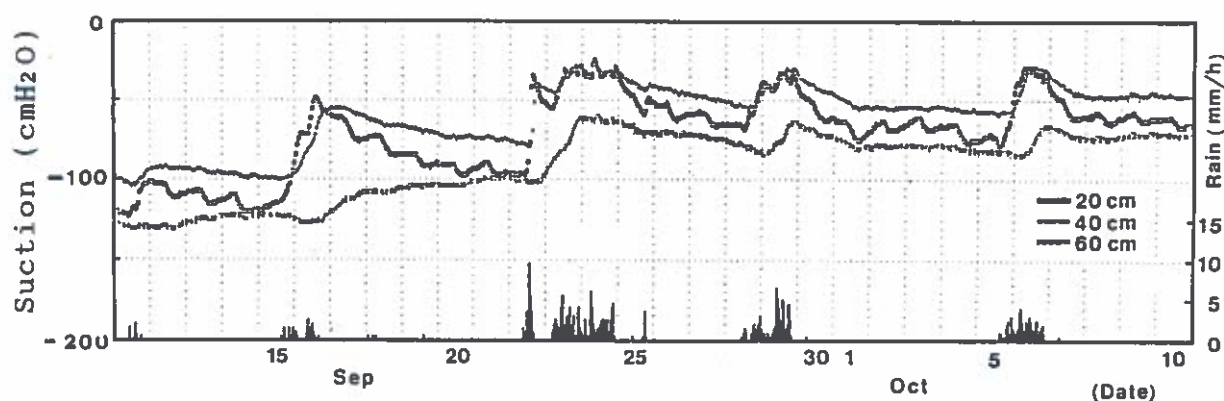


Fig. 6 Suction Changes of Autumn Rainy Season in 1986

(2) Soil Moisture Changes by Artificial Rainfall

To make clear characteristics of infiltration process at the beginning of rainfall, an artificial rainfall test was performed under the condition of 100 mm/hour rainfall intensity for 2 hours and the soil moisture (suction value) changes were constantly observed at 2 minutes intervals (Fig. 7).

Fig. 7 shows that the soil moisture changes during the test and infiltration process are as follows :

① $t = 16$ minutes past : The first stage of wetting front appeared at the layer of 20 cm depth and so the total hydraulic water head ($\phi = \psi(z) + z$) was performed clearly on the slope downward.

② $t = 50$ minutes past : However, the excess in gradients of water were gradually infiltrating into the further deep layer because the vertical component of the infiltration flow is expert in the lateral one. Consequently, the second stage of wetting front reached at the layer of 40 cm depth.

③ $t = 120$ minutes past : The infiltration phenomenon repeated continuously even in the deeper layer of 100 cm, however, clear wetting front was not performed because the rainfall intensity of 100 mm/hour was not enough to supply constant infiltration and so most of the infiltration ingredients were diffused (SAMMORI & IWAMOTO, 1987).

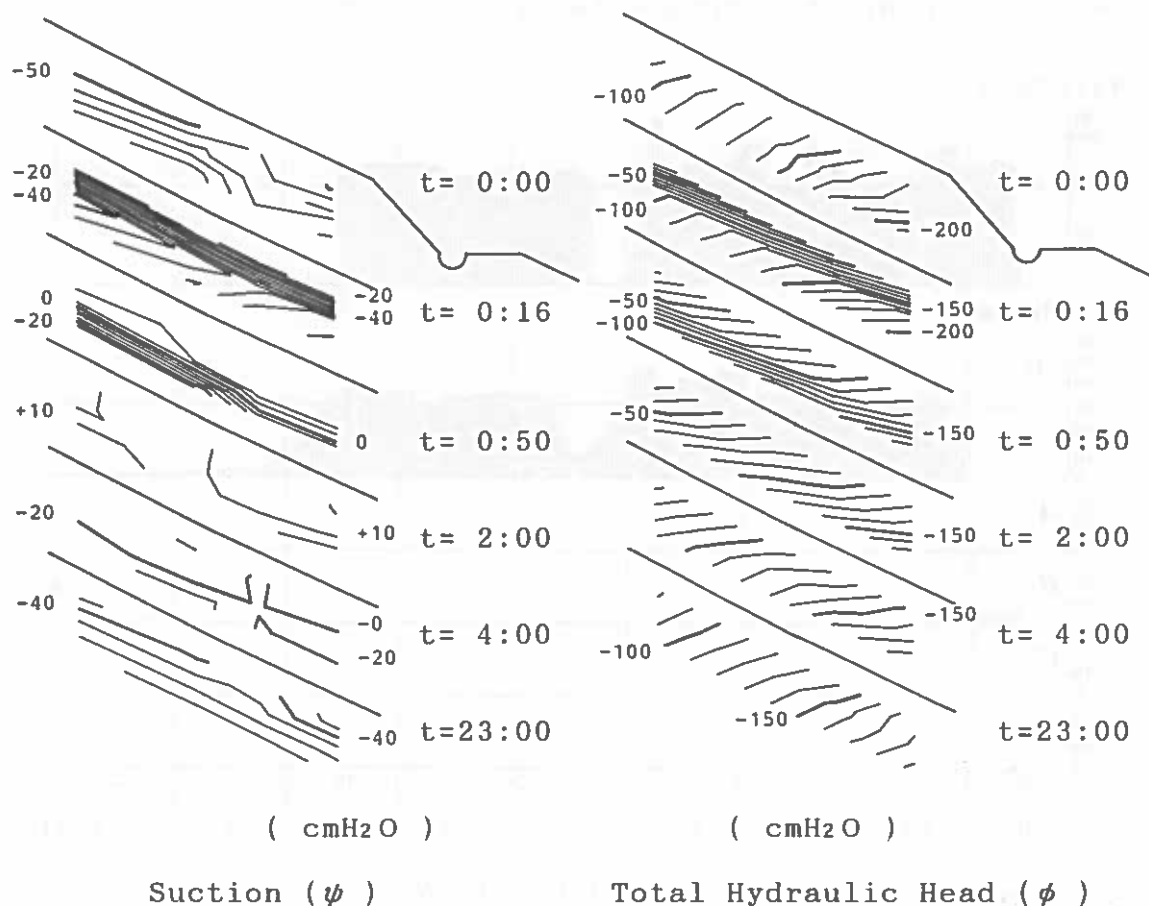


Fig. 7 Suction and Total Hydraulic Head Change during Artificial Rainfall Test (100 mm/hour)

(3) Interflow Run-Off

When rainfall continues, the final behaviors of infiltration might be interflow and ground water. the existences of them are the key points of landslide occurrence and water conservation plan. To investigate the interflow mechanism first, an artificial rainfall test was performed under the condition of 10 mm/hour for 3 days and interflow run-offs from individual soil layers were observed at the measuring trenches with the 2.3 m depth.

Fig. 8 shows the result of interflow run-off hydrograph. In this figure, most of the run-off was observed at the deepest soil layer (G layer : $z = 2.0$ m) and the run-off rate was 15 % of the rainfall intensity. Consequently, the data from infiltration process and interflow may suggest the following information.

① At the beginning of rainfall, wetting front was easily performed near the surface layer ($z = 20 \sim 40$ cm).

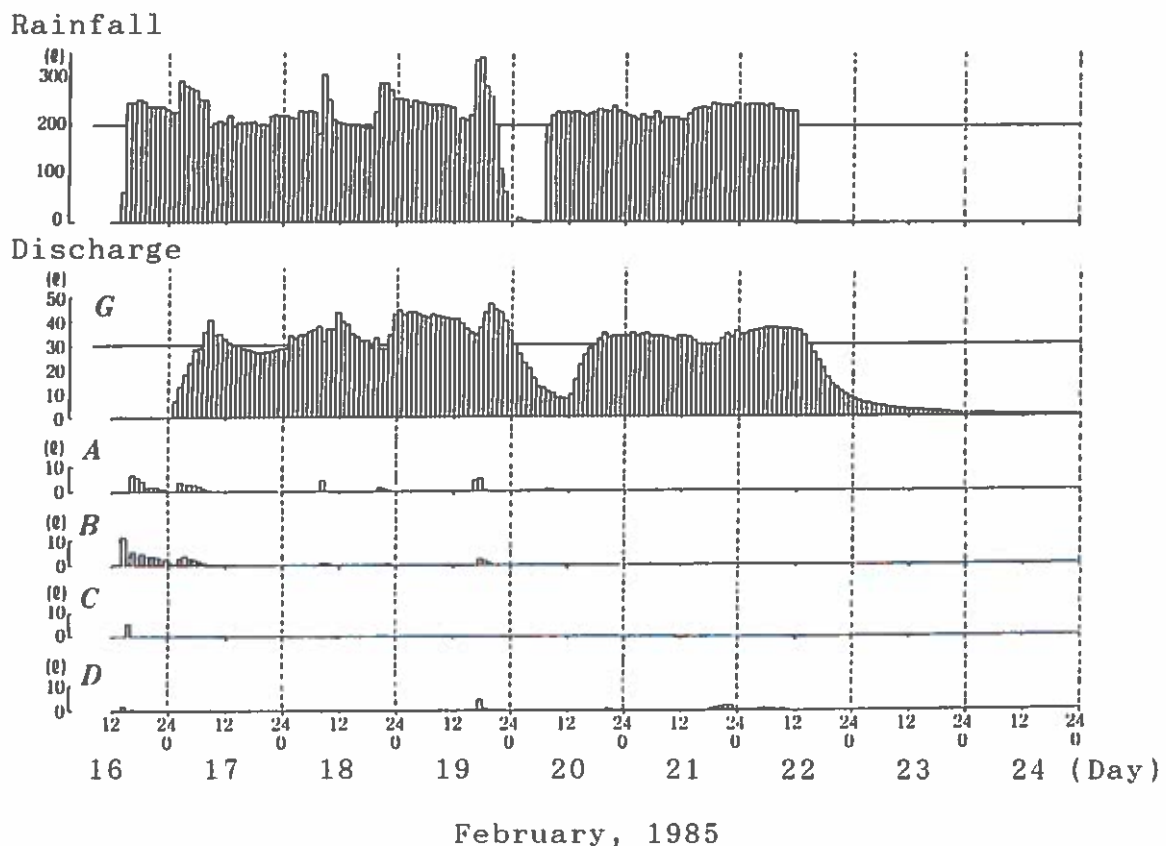


Fig. 8 Interflow Run-Off Hydrograph during Artificial Rainfall (about 10 mm/hour) Test (OKINO, 1985).

100?

However, most of the infiltration ingredients were vertically infiltrated into the deeper layer because of gravity. ② When it arrived at the boundary soil layer ($z = 2.0 \text{ m}$) between the loam and pumice layers, the unsaturated lateral flow (interflow) occurred temporarily there because of the difference of infiltration rate.

③ Successively when rainfall continued, ground water might be performed at the deep layer with non-permeability.

From the above facts, the existence of interflow at the boundary soil layer, temporary infiltration-retarding zone, might be a key point of landslide occurrence mechanism in this basin. Therefore, theoretical analysis should be considered about the characteristics of vertical infiltration, lateral flow, and soil mechanism on slope stability in more detail (OKINO, 1985. & SAMMORI, 1988.).

Forest Management Plan

The forest damages in this basin due to the typhoon are characterized by the windfalls of the man-made forest because of the weakness of the tree roots' strength on the slope stability, and the existence of the boundary soil layer with different permeability (ABE & IWAMOTO, 1987). Then, the forest conservation plans were arranged as follows:

(1) Soil Conservation Works

① Hillside Works : Seeding and planting work with foundation was carried out first to stabilize slopes and prevent erosion by covering slopes with vegetation. Because the climate condition in winter is characterized by the cycle effects of freezing and melting in a day and this is serious to maintain slope stability.

② Torrent Works : Dam work is applied for reducing the river gradient, stabilizing river sides and depositing debris from devastated slopes. The combination of small check dams and a large one is the most suitable procedure in the torrent.

(2) Forest Cultivation

The future forest should be aimed at a rational vegetation type supported by ecology because a single species type of man-made forest is very weak to typhoon impact. Therefore, the multistoried forest cultivation was carried out.

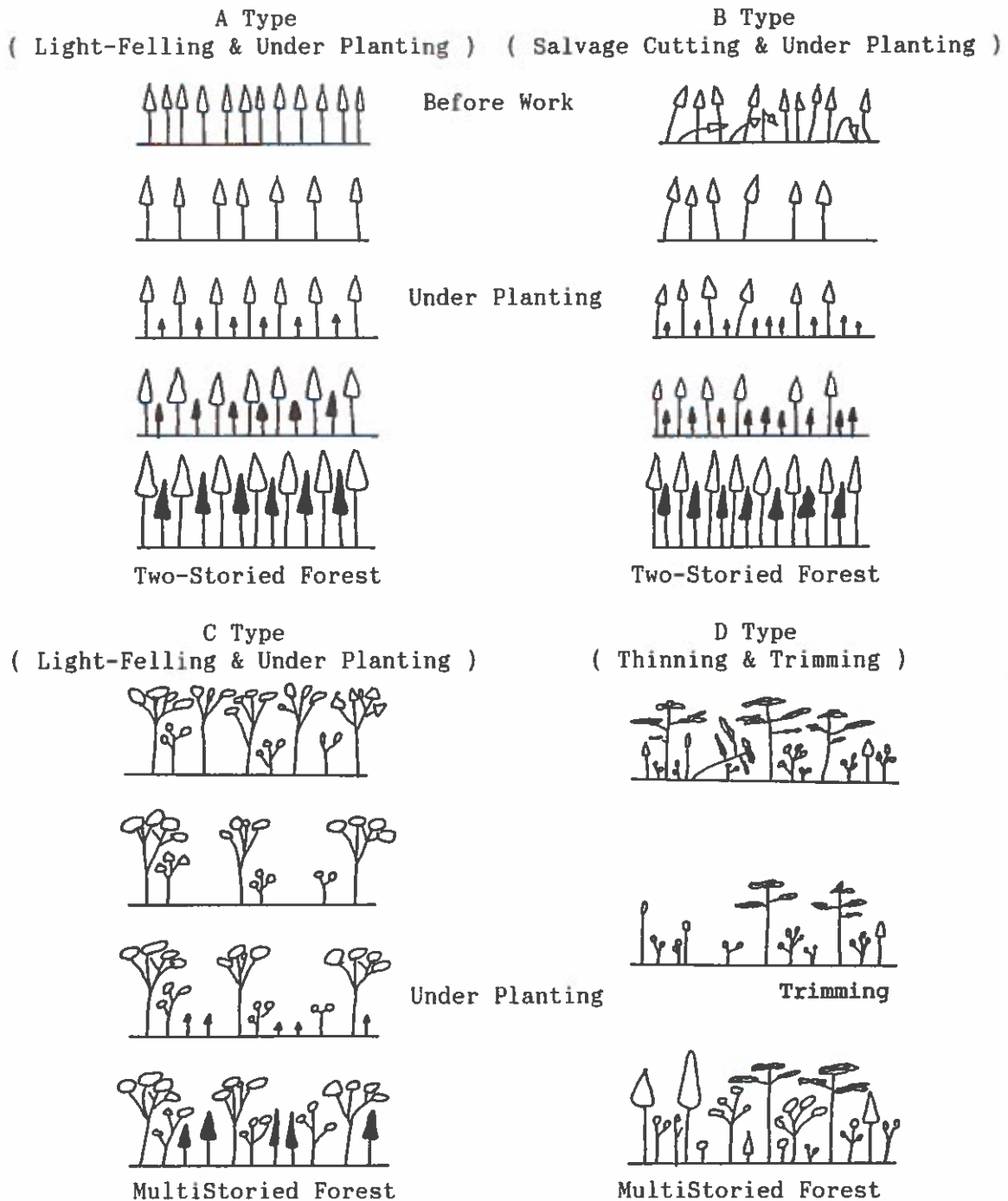


Fig. 9 Models of Forest Management

Table. 2 Management Manuals for Multistoried Forest

Original Species of Forest		Management Procedures	Final Forest
<i>Larix leptolepis</i> Gordon	Typhoon Damage (Serious)	Salvage Cutting and Under Planting (B type)	Two-Storied
	Typhoon Damage (Slight)	Light-Felling and Under Planting (A type)	Two-Storied
<i>Pinus densiflora</i> S. et Z.	Man-Made Forest	Light-Felling and Under Planting (A type)	Two-Storied
Broad Leaved Tree	Aged Ones	Light-Felling and Under Planting (C type)	Multistoried
	Young Ones	Thinning and Trimming (D type)	Multistoried

Table. 2 summarizes the management manuals. Cutting and planting were arranged according to the original vegetation types of both the species and the ages. Fig. 9 shows some model management procedures.

(3) Evaluation of Forest Conservation Project

It is important to evaluate the forest conservation works after the projects in order to promote the successive works in other basins. In evaluation analysis, the following factors should be observed and discussed with the passage of time (IWAMOTO, 1985).

- ① Hillside Works : Survival percentage of seeding and planting, coverage ratio on slope, growth ratio, erosion ratio before and after works, soil improvement by vegetation, etc.
- ② Torrent Works : Reducing river gradient, preventing river bed variation (width, flow direction), depositing debris, controlling debris flow, etc.
- ③ Forest Stratification : Relationships among the light-felling intensity, the relative illumination and the tree growth, the survival percentage of the planting trees, etc.

These factors should be observed in every season to compare the precise effects of the conservation projects. In addition, the water discharge and quality are also measured

at the dam site to evaluate the effects of forests on water conservation. These results will be reported in the near future.

CONCLUSION

Precipitation can easily infiltrate into the soil layer in the devastated forest due to typhoon and is stored near the surface layer because of the lack of vegetation cover. When rainfall continues, soil moisture increases and the wetting front goes down into the soil layer of the slope.

Especially in the volcanic sedimentary stratum, the infiltration rate is faster than that in another forest soil. Consequently, the increment of the soil moisture means high potential risk of landslide because of the occurrence of interflow.

For soil conservation plans, hillside and torrent works are effective to prevent erosion and keep stable river bed by small check dams. Future forest vegetation should be the multistoried forest from the viewpoint of ecology.

REFERENCES

- (1) ABE, K. & IWAMOTO, M. (1986) : An Evaluation of Root Effect on Slope Stability. Jou. of Japanese Forestry Society, vol. 68, NO. 12, pp. 505-510.
- (2) IWAMOTO, M. (1985) : Effect of Check Dams on a Torrent. Proc. of Sabo Symp. (SEDD, Japan), pp. 407-412.
- (3) IWAMOTO, M. (1986) : Effect of Forest Conservation Project in Smoke Damaged Land. Proc. of 18th IUFRO (Yugoslavia), Div. 1, Vol. 1, pp. 261-272.
- (4) IWAMOTO, M. (1987) : Landslide Risk Mapping and Conservation Plan in Alpine Forest. Proc. of 5th ICFL (ANZ slide'87, Australia and New Zealand), pp. 235-242.

(5)KITAMURA, Y. (1981) : Function of Tree Roots on Landslide Prevention through Uprooting Test (in Japanese). Bull. of Forestry Res. Inst. NO. 313, pp. 175-208.

(6)OKINO, K. (1985) : Integrated Soil and Water Conservation Model Project in Gumma Prefecture (in Japanese). Jou. of Chisan, vol.30, NO.5, pp.126-129.

(7)SAMMORI, T. & IWAMOTO, M. (1987) : A Case Study on Development and Conservation in a Subalpine Forest, Akita Prefecture, Japan. Proc. of 4th IUFRO (S.1.04, Japan), pp. 281-290.

(8)SAMMORI, T. (1988) : Analysis of Vertical Infiltration Characteristics under Unsaturated Condition by Finite Element Method. INTERPRAEVENT'88 (Austria).

APPENDIX

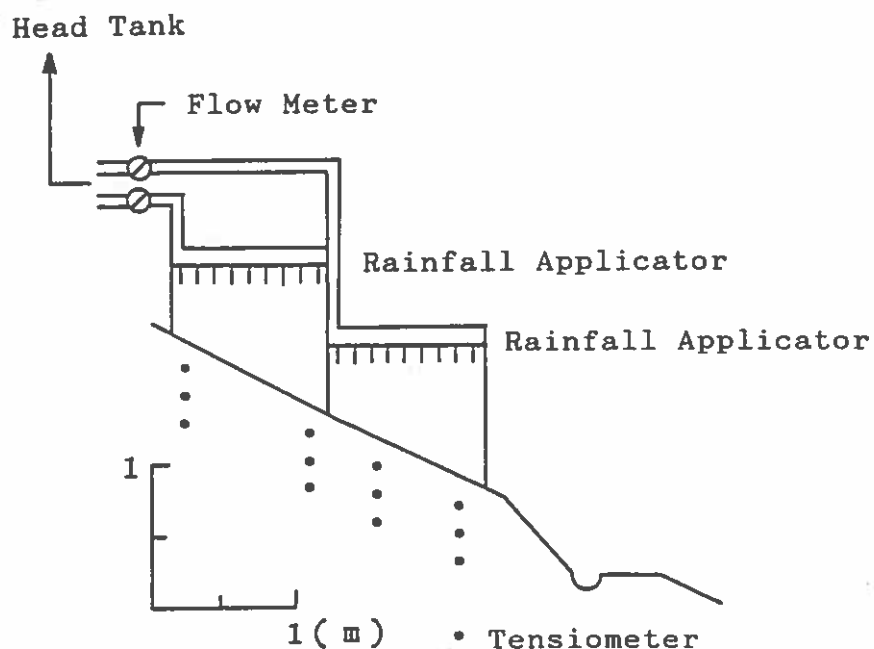
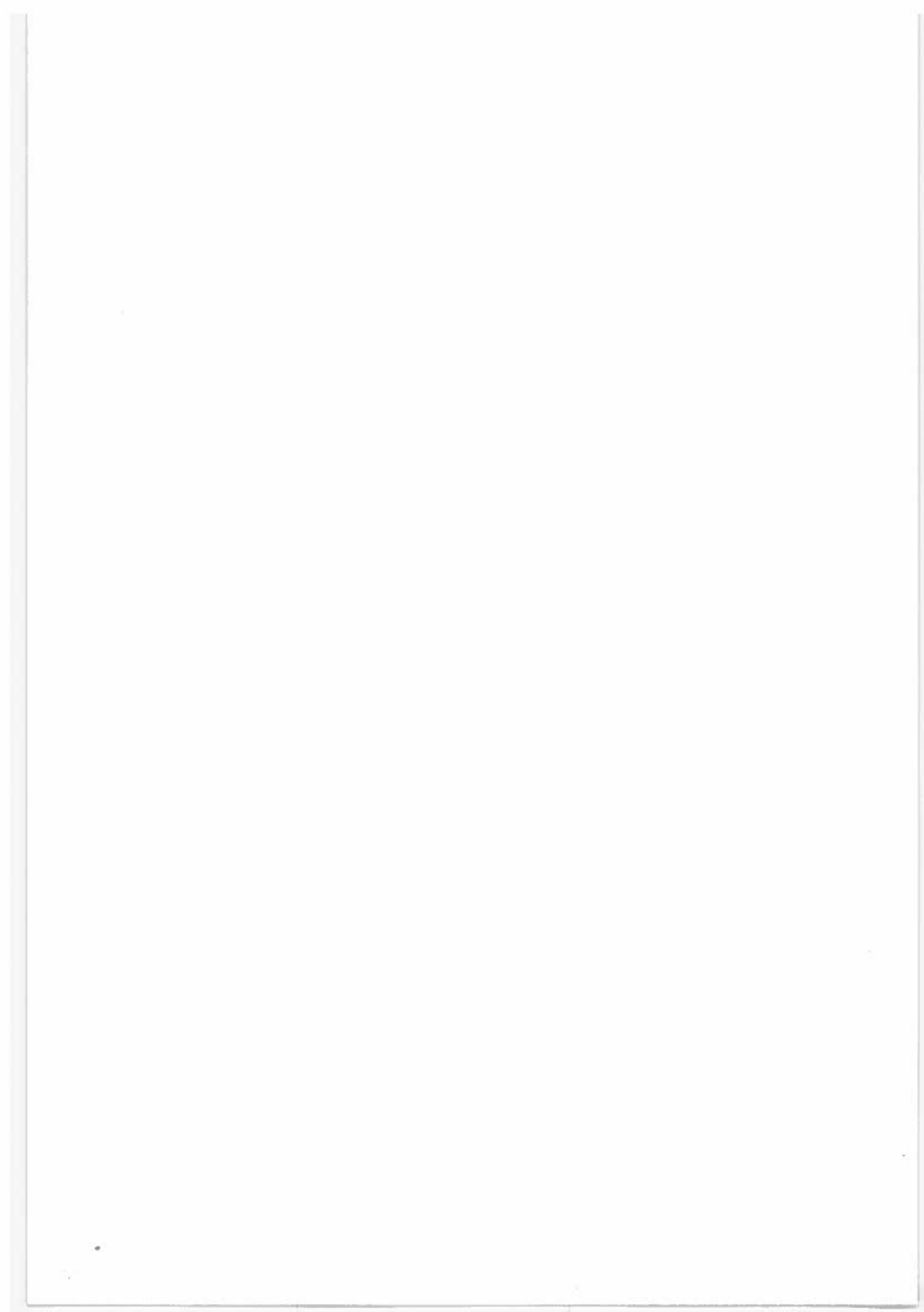


Fig. Schematic Sketch of Artificial Rainfall Test (Fig. 7)



PREDICTION OF SEDIMENT DISCHARGE AND
FOREST CONSERVATION PLAN FOR A
SUB-ALPINE FOREST IN JAPAN

by

Masaru Iwamoto
Tsukuba, Japan

ABSTRACT

The Ohi River basin is a representative sub-alpine forest in central Japan. The author conducted research in this basin regarding forest development and conservation. Landslides are common in this basin. In order to evaluate some symptoms of landslide danger and sediment discharge, the author made a landslide risk map first. As a result, landslides are associated with high altitude, sparse vegetation, high drainage density, S to SW-facing aspects, and steep concave slopes. Avoidance of slopes with these conditions will minimize exposure to hazard. When planning developments, sufficient foundation engineering is indispensable to prevent slope failures and erosion. In addition, we evaluate the sediment discharge ratio from the upstream area statistically by computing sediment data, and discuss how to develop the mountainous land and also manage the forest. In regard to forest management, emphasis should be placed on use of selection or shelterwood harvesting systems. Because of landslide and erosion hazard, rotation ages should be used in hazardous areas. Furthermore, a new master plan for general forest management was shown to combine soil and water conservation with forest management to promote the public functions of forest.

KEYWORDS : Landslide, Sediment discharge, Forest conservation

ZUSAMMENFASSUNG

(Feststofftransportvoraussage und Waldschutzplan für subalpines Waldgebiet in Japan)

Das Einzugsgebiet des Ohi-Flusses ist ein repräsentatives subalpines Waldgebiet in Zentral-Japan. Der Autor führte darin Forschungen hinsichtlich Waldentwicklung und -erhaltung durch. Um einige Merkmale von Rutschungsgefahren und Sedimentführung zu bewerten erstellte er zunächst eine Rutschungs-Gefahren-Karte. Als ein Ergebnis sind Rutschungen verbunden mit hohen Lagen, geringer Vegetation, hoher Gewässerdichte, S- bis SW-Exposition und steilen konkaven Hängen. Meidung von Hängen mit diesen Merkmalen verringert die Gefahrenaussetzung. Bei der Planung von Erschließungen ist eine ingenieurmäßige zufriedenstellende Fundierung unverzichtbar um Hangbrüchen und Erosionen vorzubeugen. Darüber hinaus schätzen wir den Sedimentführungsgrad des stromaufwärtigen Gebietes statistisch ein, durch Berechnung von Sedimentdaten, und besprechen wie das Gebirgsland zu entwickeln und wie die Forste zu bewirtschaften sind. Hinsichtlich der Waldbewirtschaftung soll Gebrauch und Auswahl von Schirmschlag-Nutzungssystemen hervorgehoben werden. Wegen der Rutschungs- und Erosionsgefahren sollten in gefährdeten Gebieten wechselnde Alter angewendet werden. Außerdem wurde eine neue Leitlinie aufgezeigt für die allgemeine Waldbewirtschaftung um diese mit Boden- und Wasserschutz zu kombinierten und die Wohlfahrtsfunktion des Waldes zu fördern.

RESUME

(Prévision du transport de débris et la plan de conservation forestière pour une forêt subalpine au Japon)

Le bassin du fleuve Ohi est une forêt subalpine représentative au Japon central. L'auteur procédait dans ce bassin à des recherches tenant compte de la conservation et du développement forestiers. Dans ce bassin, il y a souvent des avalanches de terre. Afin d'évaluer quelques symptômes du danger de ces avalanches et de dépôts sédimentaires, d'abord l'auteur établissait une carte du risque des avalanches de terre. Il en résultait que les avalanches de terre sont associées avec l'altitude, une végétation trop clairsemée, une haute densité des décharges, les pentes escarpées et concaves et une orientation vers le sud à sud-ouest. Afin de minimaliser ces risques, il faut éviter les pentes

exposées à ces conditions. Dans la planification des oeuvres de défense, il est donc indispensable de construire une fondation suffisamment robuste, pour éviter les chutes et l'érosion de ces pentes. En outre, nous avons évalué statistiquement l'importance des dépôts sédimentaire venant du cours supérieur, en établissant la spécification de cette sédimentation, et nous avons discuté les méthodes de protection des terrains montagneux d'aménagement forestier. Dans ce contexte, il faut soigneusement surveiller la sélection et la cueillette du bois de protection. Dans les zones menacées par les avalanches de terre et l'érosion, il faut appliquer des périodes de rotation. Enfin, un nouveau plan de principe d'un aménagement forestier général pouvait prouver qu'il combine la conservation du sol et de l'eau avec un meilleur aménagement forestier, tenant compte de la fonction publique de la forêt.

Mots clés: Avalanche de terre, dépôt sédimentaire, conservation forestière

INTRODUCTION

Japan is an arc chain of islands, located at the eastern edge of the Asian Continent in the westernmost part of the Pacific Ocean. A great range of mountains 2000 to 3000 m high, traverses the central part of the longest island. There are many narrow and steep valleys in these mountains. Frequently there are serious disasters due to soil erosion, landslides, snow-erosion, avalanches and floods. Geologically, there are many faults and fractured zones in this region (Fig. 1).

The Ohi River basin is reknown for landslides and erosion. Although forest management activities have declined in the basin, developments such as dam and road construction, building construction and resort places have increased. These developments rapidly destroy large forests and change environmental conditions. They may contribute to serious disasters such as landslides, erosion and avalanches (IWAMOTO, 1985).

The functions of forest in soil and water conservation may prevent disasters. In this paper, the author reports results of field research and data analysis regarding both forest development and conservation plan for a sub-alpine forest in the Ohi River basin.

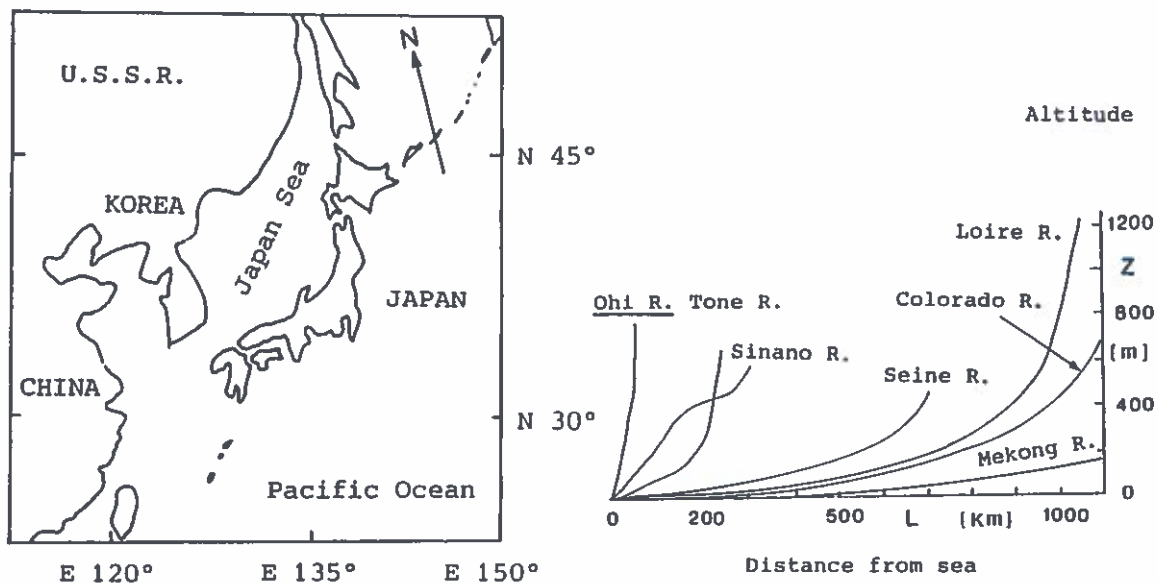


Fig. 1 Location map and vertical river slope

STUDY SITE

The Ohi River is located in central Japan with a large geological structure zone. The basin elevations range from 300 - 3200 m. Natural conditions are as follows :

Geology : Easily weathered Mesozoic rocks are widely distributed in this area and bedrock is mainly phyllite, sand stone, slate and chert. In addition, this area is sandwiched between the Central structure zone and fossa magna and so there are a large number of faults and folds. Especially in the upstream area, there are about 100 landslides larger than 3 ha. The annual sediment discharge ratio (Q_s) is very high ($1756 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year}$: Figs. 2 & 4).

Climate : Precipitation is very heavy, with annual amounts averaging 3000 mm at the center of the watershed (elevation $Z = 600 \text{ m}$). Most of them falls between June and October. According to records, the maximum rainfalls were 432 mm/day (1974), and 96 mm/hr (1960) respectively. During winter, a persistent snow pack develops above 1500 m and the temperature is very cold, in summer, the average temperature is about 24°C (Fig. 3).

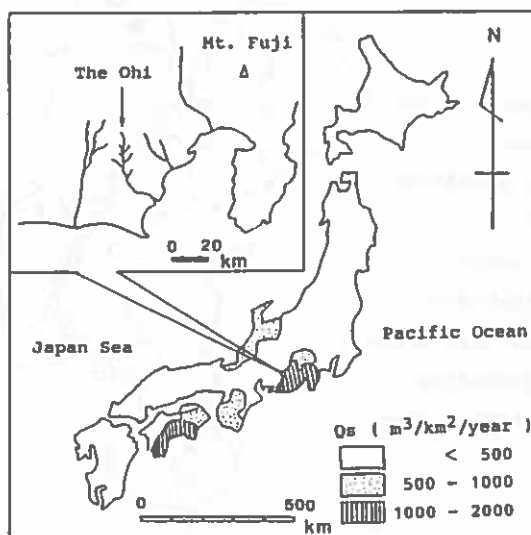


Fig.2 Annual sediment discharge

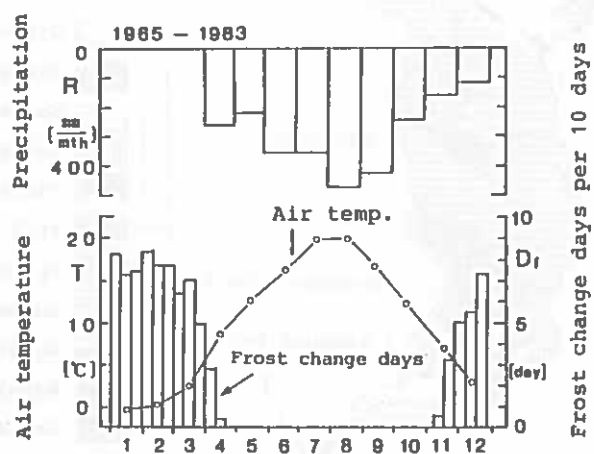


Fig.3 Climate graphs

Topography : The Ohi River rises in Mt. Ainodake (3189 m) and flows south to the Pacific Ocean. Though the average slope of the main stream is about 5 %, the tributary streams are steeper, so that both drainage density and relief ratio are higher than those of neighboring districts. In the middle basin, ranging from 1000 to 2000 m high, river terraces form a mountainous plain, so that the river is meandering and creates many bars. The stream is considered to be in a youthful stage of development (V-shaped prime mountain).

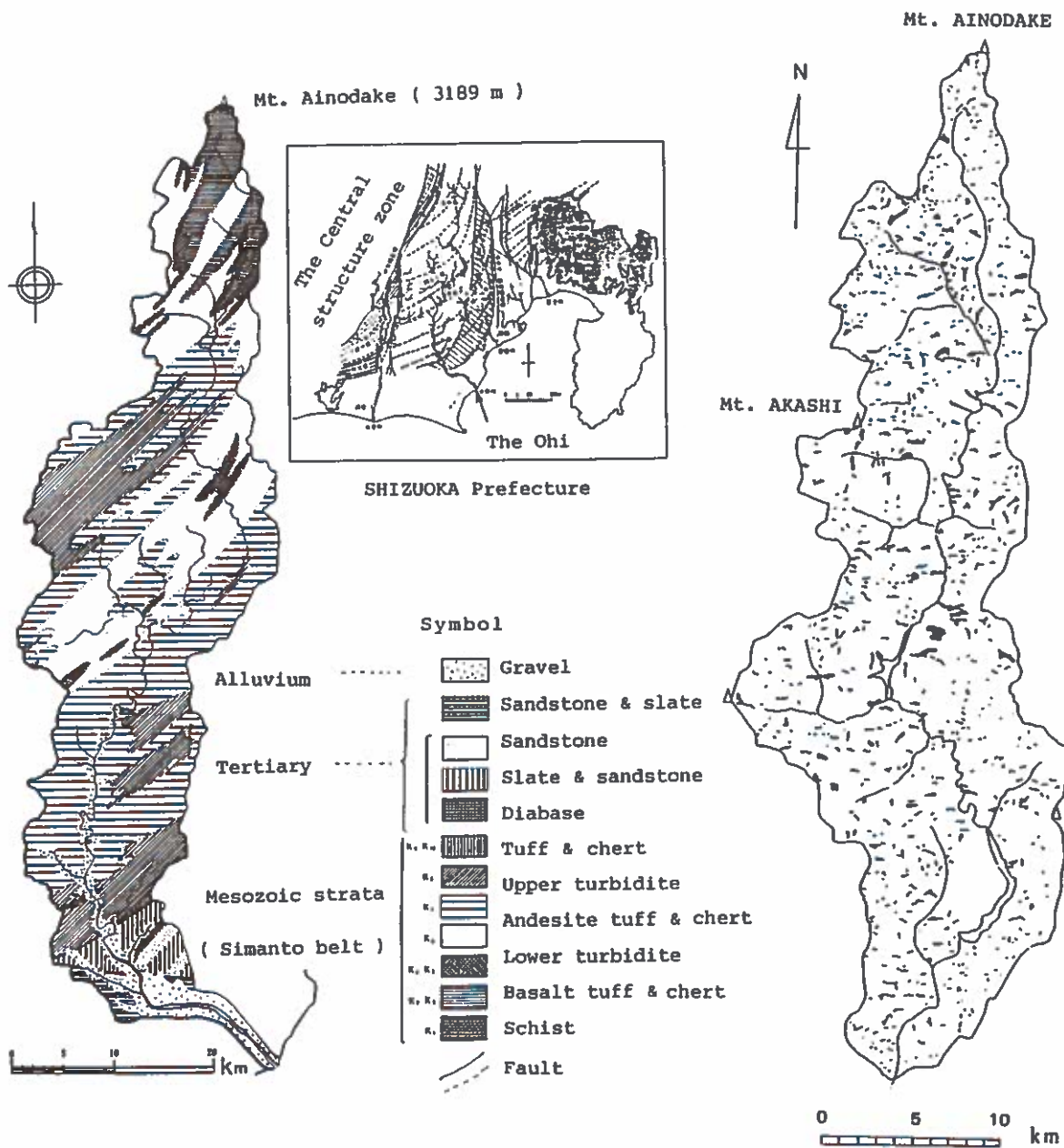


Fig.4 Geological map

Fig.5 Landslide distribution

Development : The upstream basin is the site of a mountain village, famous for shifting cultivation. Since World War II (the 1950's), Japan's economic policy has called for only a higher gross national product (GNP) resulting in the construction of many dams and roads. In addition, new developments (hot springs and sightseeing resorts) have also increased in recent years. As a result, the forest economy gradually weakened and the number of forest-dependent families decreased from 105 families in 1951 to 43 families in 1970.

Devastation : Land devastation at high altitude (elevations greater than 1500 m) has been caused by the geological cycle of erosion and large landslides are common (Fig.5). Landslides at elevations lower than 1500 m were caused mainly by resource developments. Hydro-electric dams, road constructions , and forest cutting are typical examples of developments which have caused devastation. Debris discharge from alpine areas with poor vegetation cover is the most serious problem because it causes siltation which reduces flood control capacity gradually and increases potential risk of disaster.

Vegetation : The research site ranges vertically from 700 to 3000 m and forest cover types are widely distributed from the subpolar to the cool temperate zone (Table 1).

Table 1 Distribution of forest cover types

Altitude	Land Form	Dominant Species
300 - 500 m	Hills	Evergreens (Camelia, Live oak, Laurel, Camphor tree etc.)
500 - 1500 m	Low Mountain	Deciduous trees (Siebold's beech , White oak, Maple, Basswood) Conifers (Momi fir , Tsuga etc.) Man-made (Cedar , Cypress, Red pine)
1500 - 2500 m	Sub-alpine	Climax (Hemlock, Hondo spruce, Momi fir, Veitch fir, White fir)
> 2500 m	Alpine	Shrubs (Creeping pine, Rowan, Birch, Japanese alder etc.) Alpine plants

METHODS

Existing maps and data were used to investigate conditions related to forest development, slope stability and forest management (Fig. 6). Product of analysis included a landslide hazard map and models for predicting landslide occurrence and sediment production.

In order to assure the influence of development on forest conditions and slope stability, aerial photographs and related maps were used to survey changes in landslide number and area. Physical conditions contributory to landslide hazard or occurrence were also evaluated.

The relationships between landslides and causal factors were analyzed by the Quantification Analysis method (IWAMOTO, 1987). From this, landslide risk is assigned for soil conservation planning.

In addition, dam sediment data and hydrological data were used to predict new sediment from upstream basin. A forest type map and the landslide risk map were also used to prepare plan for land development and forest conservation.

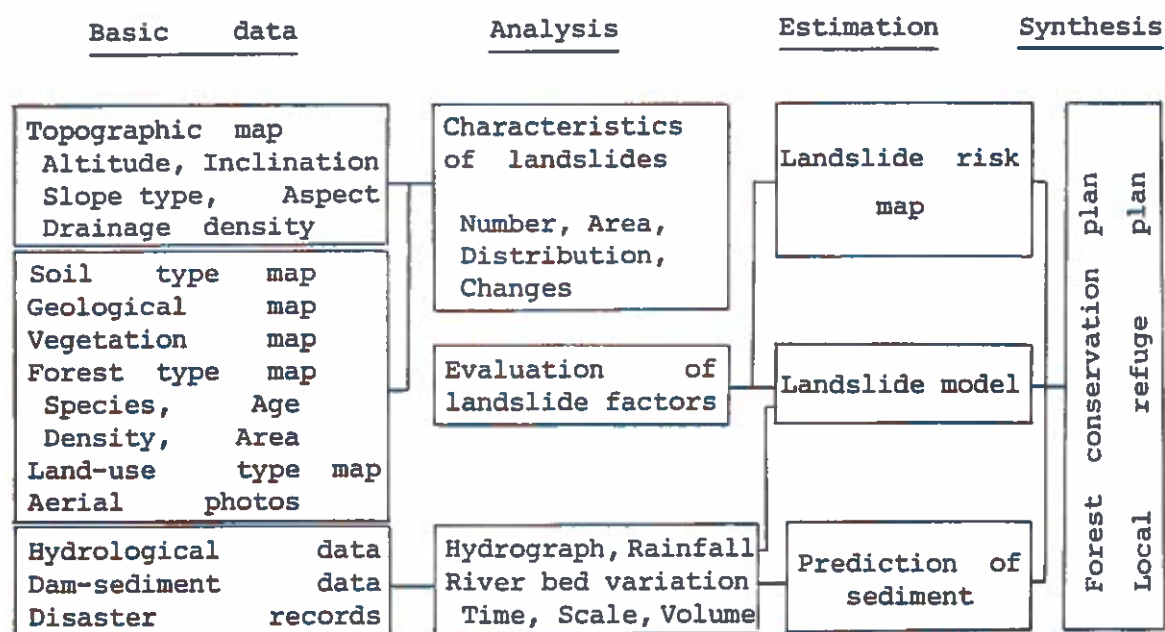


Fig. 6 Flow chart of analysis for landslide risk map and plan

RESULTS AND DISCUSSION

1. Landslide Distribution

From aerial photo interpretation, a landslide distribution map and summary table were produced (Fig.5). As a result , the Ohi River landslides can be divided into 3 types :
Alpine landslides ($Z > 2500$ m, caused by geological cycles),
Artificial ones (caused by civil engineering works) and
Natural ones (caused by precipitation).

Alpine landslides are found only in Hatanagi No. 1 basin (the most upstream area), artificial landslides are found mainly in Ikawa basin and natural landslides are widely distributed in all basins but occur mainly in the upstream basins with altitudes higher than 1000 m (Table 2).

Table 2-1 Total landslides (1965)

Sub - Basin	Area (Km ²)	Natural landslides			Artificial landslides			Alpine landslides		
		Number (No)	Area (ha)	Ratio (%)	Number (No)	Area (ha)	Ratio (%)	Number (No)	Area (ha)	Ratio (%)
Hata 1	318.0	1953	1460	4.6	7	10	0.1	105	811	2.6
Hata 2	11.2	67	32	2.9	14	13	2.0	0	0	0
Ikawa	130.1	717	254	2.0	63	44	3.4	0	0	0
Okuizu	5.3	22	4	0.7	0	0	0	0	0	0
Ohi	69.7	487	134	1.9	17	9	0.1	0	0	0

The frequency of landslides changed before 1965 and 1982. In general, landslides are gradually increasing in all basins (Table 2 - 2,3) :

Alpine landslides ----- Numbers have decreased but size have increased ; small ones are naturally restored by vegetation and large ones are gradually enlarged by erosion.

Artificial landslides - Their numbers and areas have increased in mid-elevation basins because of slope failures near roads.

Natural landslides - Small landslides have increased due to forest cutting, especially in upstream areas with altitudes higher than 1000 m.

Considering the relationship between landslides and land use types in more detail, landslides tend to occur close to developed sites such as dams, roads and forest harvest areas.

Table 2-2 Changes in total frequency of landslides (1965-1982)

Year	Area (ha)	Number (No)	Percentage (%)	No. of large landslides (Area > 3 ha)
1965	2771	3452	5.19	93
1975	3133	5334	5.86	100
1982	3800	6351	7.11	125

Table 2-3 Changes in frequency of 3 types of landslides
(1965-1975)

Basin	Area (Km ²)	Number			Area			Ratio		
		1965 (No)	1975 (No)	Differ. (No)	1965 (ha)	1975 (ha)	Differ. (ha)	1965 (%)	1975 (%)	Differ. (%)
Hata 1	318.0	2065	3313	1248	2281	2568	287	7.1	8.1	0.9
Hata 2	11.2	81	118	37	49	43	- 6	8.6	7.8	-0.8
Ikawa	130.1	780	1192	412	294	333	39	2.4	2.7	0.3
Okuizu	5.3	22	29	7	4	9	5	0.7	1.9	1.2
Ohi	69.7	504	682	178	144	180	46	2.0	2.5	0.5

2. Characteristics of Landslides

To investigate relationship between landslides and causal factors, Quantification Analysis method was used. Table 3 shows the results of Quantification Analysis 1. The score values of each item indicate the relationships with landslide, namely the larger values show close relationships with landslides. Furthermore, estimating the 8 kinds of landslide factors from the partial correlation coefficients, the characteristics of landslide factors in the Ohi River can be explained by saying that a dangerous slope is generally one with conditions :

high altitude ($Z > 1500$ m), poor vegetation, high drainage density, steep ($\theta > 40^\circ$), and concave slope, S-SW facing, turbidite and lithosol because those slopes are easily damaged by precipitation and earthquakes.

3. Landslide Risk Map

Fig. 7 shows the landslide risk map with 5 steps of potentiality. In the figure, comparing the actual landslides with the predictive ones, the accuracy is about 73 % with some exceptions and the following facts are clear (IWAMOTO, 1987).

(1) The dangerous basins with more than 3 landslides per 1 mesh tend to be in the upstream zones. Contrary to this, few landslides occur in the downstream zones because of good vegetation cover and stable slope (1 mesh = 500 m * 500 m).

(2) In this map, the mesh located in the larger basin seems to have many landslides because of the high potentiality of unstable factors.

Table 3 Results of Quantification Analysis-1

Item	k j	Category	Score
Forest type	1	Young, Grass, Bare land	1.079
	2	Middle-aged forest	- 0.080
	3	Aged forest	- 0.230
Altitude	1	< 1000 m	- 0.525
	2	1000 - 1500 m	- 0.429
	3	1500 - 2000 m	0.468
	4	2000 - 2500 m	0.267
Inclination	1	0 - 24 °	- 0.708
	2	25 - 30 °	- 0.025
	3	31 - 33 °	- 0.364
	4	34 - 40 °	0.050
	5	> 41 °	0.345
Facing	1	NE	- 0.060
	2	E	0.070
	3	SE	0.338
	4	S	0.347
	5	SW	0.078
	6	W	- 0.282
	7	NW	- 0.509
	8	N	- 0.179
	9	Flat	- 0.825
Slope type	1	Convex	- 0.438
	2	Parallel	- 0.598
	3	Concave	0.480
	4	Mixture	0.118
Drainage density	1	0 - 1 number	- 0.481
	2	2	- 0.100
	3	3	0.026
	4	4	0.474
	5	> 5	- 0.094
Geology	1	Crystallite shist	- 0.620
	2	Phyllite slate	0.025
	3	Lower turbidite	- 0.050
	4	Tuff slate	0.015
	5	Upper turbidite	0.220
Soil type	1	Lithoso l	0.216
	2	Wet podzolic soil	- 0.486
	3	Dry podzolic soil	0.171
	4	Brown forest soil	- 0.020

Total = 5121 landslides

(3) For example, in case of the Hatanagi No.1 basins (A-I), these are located in the most upstream ranging from 1500 m - 3000 m high and stand conditions, such as poor vegetation, cold climate and weathered geological strata etc., are serious problems in soil conservation works.

Symbol	Landslides (No/25ha)	Risk rank
■	> 5.0	A : Very danger
▲	3.0 - 4.9	B : danger
□	1.1 - 2.9	C : A little danger
+	0.1 - 1.0	D : Caution
-	0	E : Safe

Dam site	Basins
HATA 1	A - I
HATA 2	J - K
IKAWA	L - S
OKUIZU	T - U
OHI	V - 23

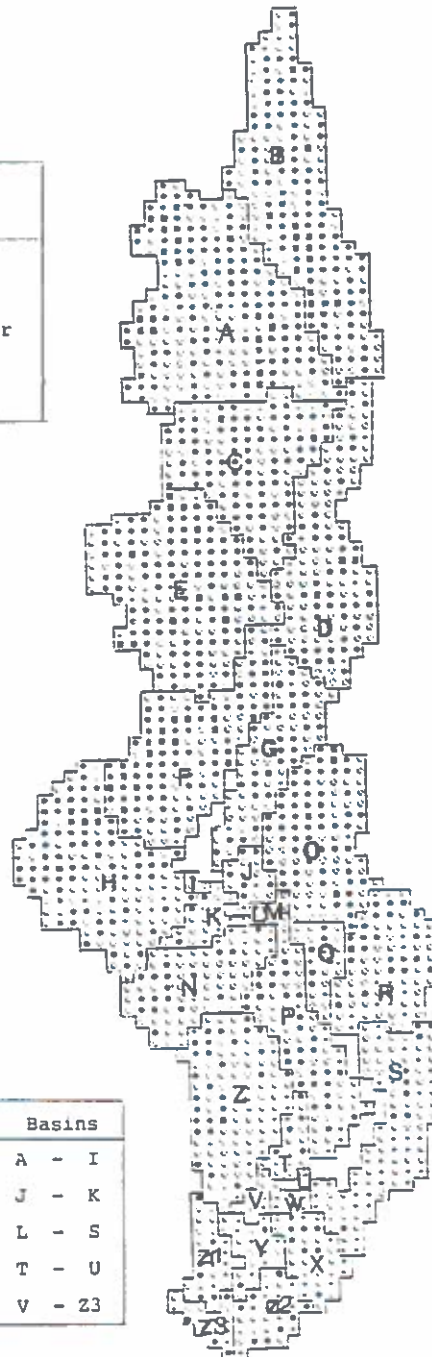


Fig. 7 Landslide risk map (Predicted number)

4. Prediction of Dam Sedimentation

Sedimentation in the Ohi River is extremely high due to a great number of landslides. The debris rapidly flows down the steep slopes and deposits near a dam (Figs. 8 & 9). This is the most serious problem as it gradually reduces flood control capacity and increases the possibility of disaster . It is very difficult to predict sedimentation theoretically without data relating to the longitudinal bed variation, grain size distribution and hydrological data. However, if the data is available, the statistical analysis is a useful method to predict sedimentation.

1) Characteristics of sedimentation

Fig. 10 shows the annual changes of sedimentation. The changes are as follows (Ministry of construction, 1981) :

HATANAGI 1 dam --- It was constructed in 1962 at the furthest point of upstream. Just after construction, the specific sediment yield was extremely high at , $Qs_1 = 19870 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year}$ (Stage I). However, gradually it reduced and remained constant. It was $Qs_2 = 3257$ during 1963 and 1975 (Stage II) and $Qs_3 = 726$ since 1976 (Stage III).

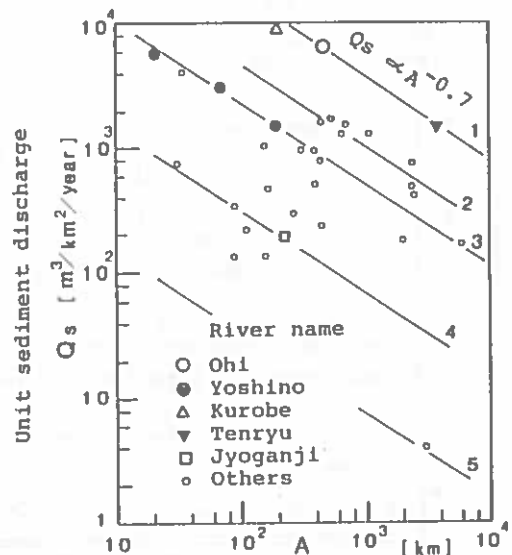
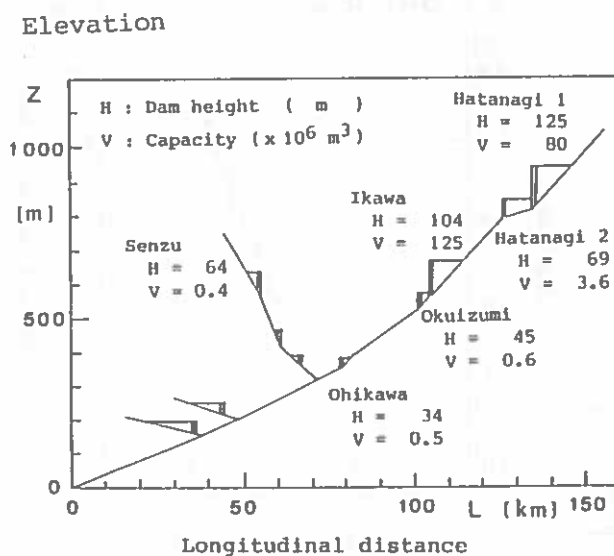


Fig.8 Dam location map in the Ohi River

Fig.9 Relationships between unit discharge & watershed area

IKAWA dam --- The primary specific sediment yield was $Qs_1 = 8050$ during 1957 and 1962, and the average yield were $Qs_2 = 3813$ since 1963.

OHI-GAWA dam --- It was constructed in 1937 in the middle of the Ohi River. However, it rapidly filled with sedimentation within two years after construction because of tremendous discharge from devastated land.

From these, the characteristics of sedimentation in the Ohi River are summarized as follows : Debris flows easily down the steep slopes and rapidly deposits at a dam site due to the heavy rainfall which is more than 100 mm/day (Fig. 11). Sedimentation mainly consists of river material loads. The suspended load flows through the dam but the amount is negligible when compared with the bed material loads. The annual specific sediment yields are proportional to the landslide area and altitude.

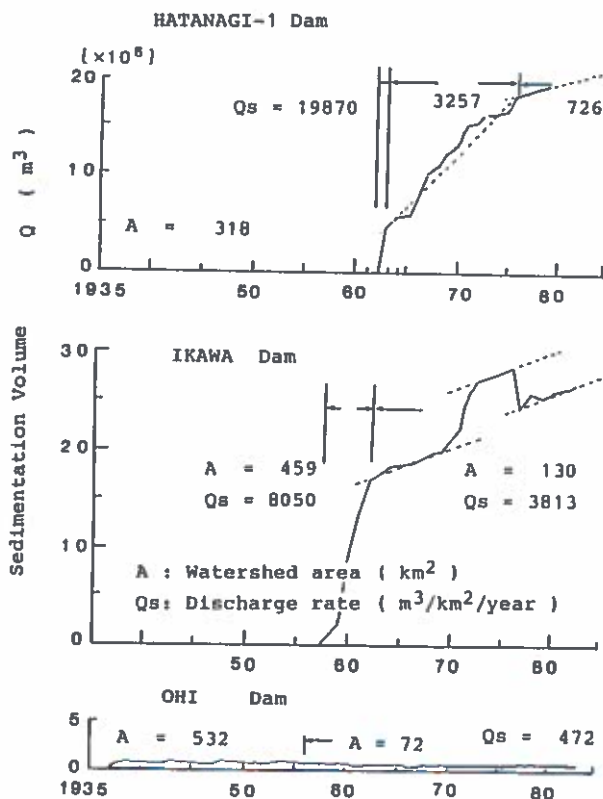


Fig.10 Annual changes of sedimentation

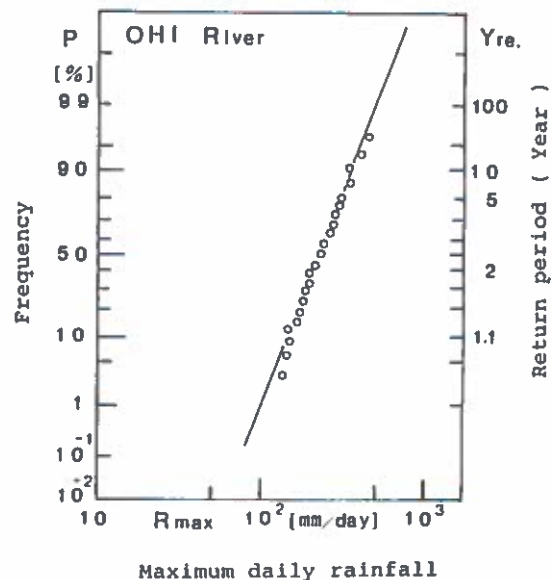


Fig.11 Provable daily rainfall in the Ohi River

2) Empirical equation

To predict and estimate sedimentation, statistical analysis was made because of the complexity of the sediment discharge phenomenon in the mountain river. In analysis, the relationships between sedimentation and causal factors were investigated first. As a result, factors such as relief ratio, landslide area ratio and annual amount of daily discharge were mutually related to sediment discharge and the empirical equation for sediment discharge was obtained :

$$Q_s = 2800 - 257 (\Delta Z) + 4176 (Ad/A) + 1.289 \times 10^{-4} (\sum Q_{da}) \quad \text{----- (1)}$$

Where, ΔZ : relief ratio (m/16km²), Ad/A : landslide area ratio (%), R : correlation coefficient (= 0.95), $\sum Q_{da}$: annual amount of daily discharge (m³/sec), Q_s : specific sediment discharge ratio (m³/km²/year)

Considering the future sediment discharge by Eq. (1), the following matters are noted (Fig. 12) :

(a) In the upstream basins ($Z > 2000$ m), the specific sediment yield may be larger than 3000 m³/km²/year because of alpine landslides.

(b) In the middle basins ($700 < Z < 1500$ m), the specific yield may be 1500 m³/km²/year because of both artificial and natural landslides.

(c) The differences between upstream and middle basins are caused by the existence of forest vegetations. Therefore, forest management is crucial in preventing landslides in the alpine. On this point, the author introduces the plans how to develop and also manage the subalpine forest in Japan.

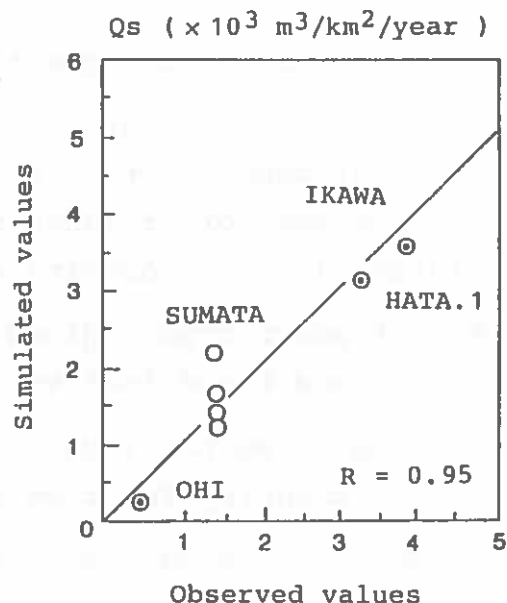


Fig.12 Comparison of simulated values with observed values

FOREST MANAGEMENT AND CONSERVATION

In sub-alpine forest , clear-cutting with large areas should be avoided at all sites. The selective cuttings are useful to promote the tree root effect on slope stability.

1. Group Selective Cutting

Fig.13 shows an example of selective cutting method . A wide shelter belt should be maintained along atream , on steep concave slope, and at the foot of slopes. Forest rotations greater than 50 years and shelterwood or selection silvicultural systems with small area less than 5 ha. Because large bare lands have high potential risk of landslide as shown in Table 3 and Fig.7 (KITAMURA,1981., IWAMOTO, 1986).

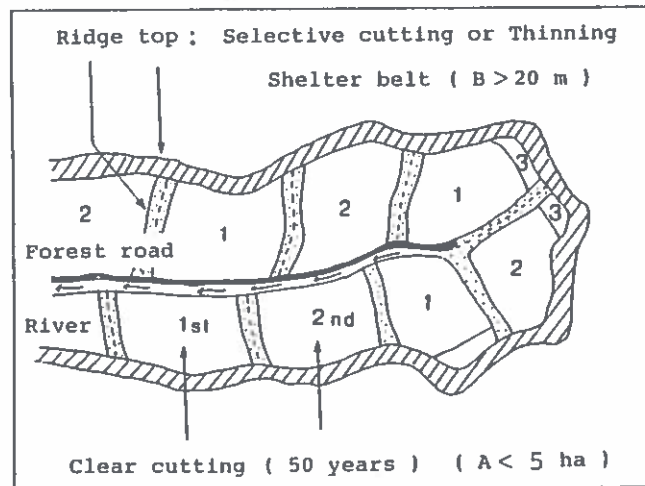


Fig. 13 Example of selective cutting

2. General Forest Management Plan

It is very important to combine soil and water conservation with forest management to promote the public functions of forest. A new forest management plan includes the following provisions (Japan Forestry Agency, 1985 : Fig. 14) :

- a) Forest cover type : Mixed forest consisting of conifer and broad leaf trees planted in strips or groups.
- b) Working method : Multi-storied forest is created by thinning for tree density control.
- c) Forest road : Road density should be 10 m/ha to reasonably manage various activities such as planting , care , harvest and transport.

- d) Infiltration facility : To store sediment and promote infiltration, a series of small permeable check dams are constructed in tributary valleys. On mountain slopes, road and channel works are theoretically arranged to spread surface flow over the forest slope.
- e) Hydrological facility : To measure various functions , hydrological instruments are arranged in the forest . These may include lysimeter, gauging well and meteorological instruments.

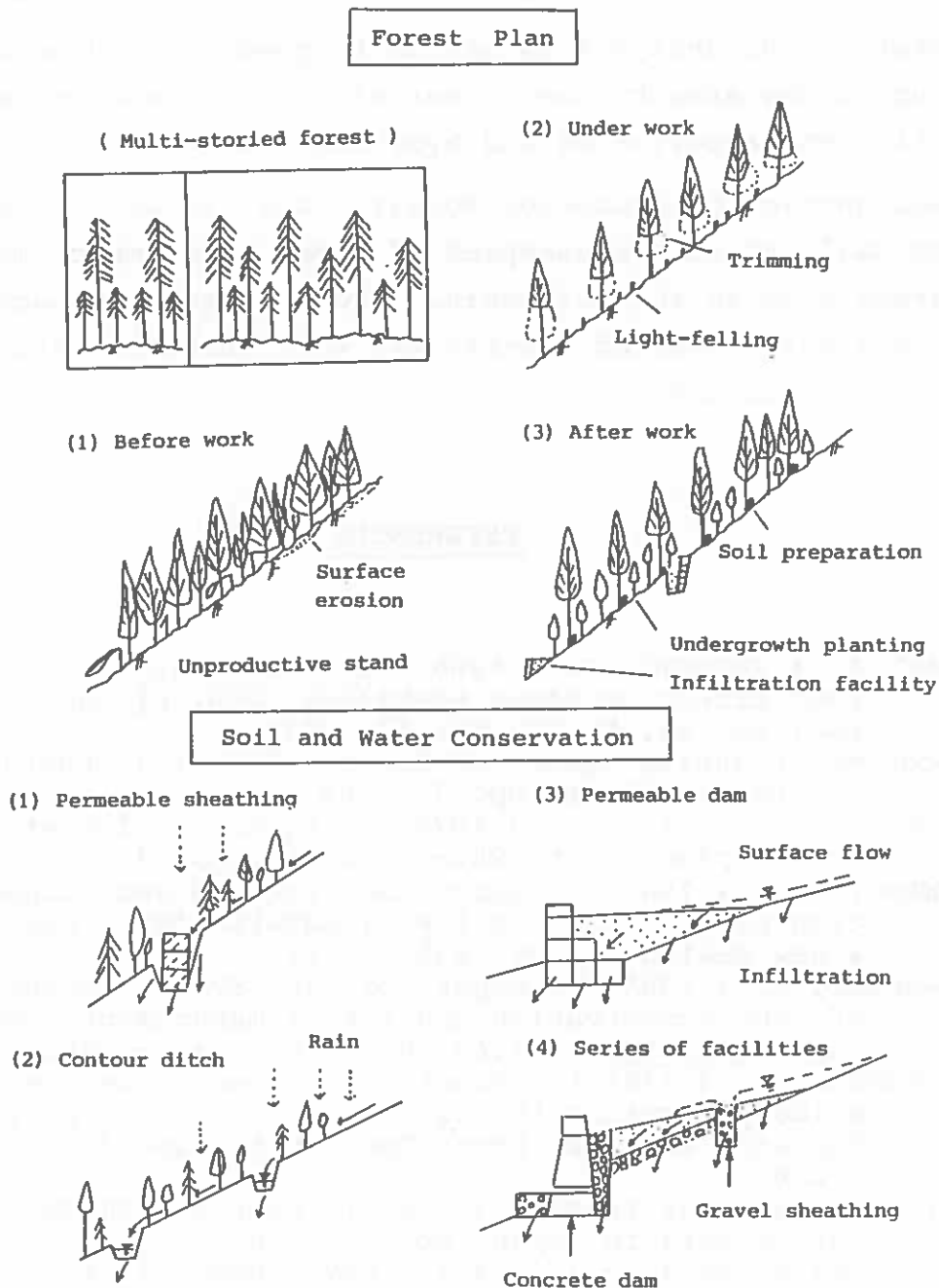


Fig.14 Master plan for general forest management

CONCLUSIONS

- (1) In alpine forests, the causal factors for landslides are vegetation type, slope type, altitude, slope aspect, slope angle and drainage density. The following sites have a high potential risk of landslide : young forest which are located on steep and concave slopes, facing south, with altitudes higher than 1500 m.
- (2) A landslide risk map produced by Quantification Analysis had a high accuracy in compared to actual landslide data.
- (3) Statistical analysis is useful to predict sedimentation in mountainous area by use of aerial photo interpretation, landslide characteristics and hydrological data.
- (4) Designation of protected forests and selective cutting within small areas are examples of ideal management methods for areas such as the Ohi basin. For future management, mixed and multi-storied forests are most suitable from the viewpoint of ecology.

REFERENCES

- (1) ABE, K. & IWAMOTO, M. (1986) : An evaluation of tree root effect on slope stability. Jou. of Japan Forest Soc. Vol.68, No.12, pp. 505 -510.
- (2) Economic Planning Agency of Japan (1974) : General rep. on the Ohi River, pp. 1 - 284.
- (3) Forest Agency of Japan (1976) : Report on forest management plan in the Oku-Ohi basin. pp. 1 - 216.
- (4) IWAMOTO, M. (1987) : Landslide risk map and conservation plan, Proc. 5th ICFL (ANZslide'87 : Australia & New zealand), pp. 235 - 242.
- (5) Iwamoto, M. (1985) : Report of 22nd Symp., the function of land conservation and forest management. Jou. of Japan For. Soc. Vol.67, No.6, pp. 246 - 249.
- (6) KITAMURA, Y. (1981) : Function of tree roots on landslide prevention through uprooting test. Bull. of Forestry and For. Prod. Res. Inst., No. 313, pp.175 - 208.
- (7) Ministry of Construction (1981) : List of dam sedimentation data in Japan. pp. 1 - 130.
- (8) Shizuoka University (1984) : Environmental report on the Ohi River, Shizuoka Pref., pp. 1 - 79.

HOW TO REPLACE THE MANNING (STRICKLER) FORMULA IN STEEP AND ROUGH TORRENTS?

NEW EXPERIMENTAL DATA A NEW APPROACH FOR NATURAL STRETCHES

by

Gerhard Ruf

Institute for Torrent Research

Federal Forestry Research Station, Vienna

Summary

A first analysis of salt tracing experiments in stretches of steep torrents results in a simple empirical formula for the flow velocity with assessable parameters. It is applicable to steep and rough natural (unregulated) torrents and gullies, while there is no efficient bed load movement. Within this range and for rough estimations beyond of it too it could replace Manning's (Strickler's) formula, which is not competent here.

Zusammenfassung

Eine erste Auswertung von Versuchen mit schwimmender Salzlösung in steilen Wildbachstrecken führt zu einer einfachen empirischen Formel für die Fließgeschwindigkeit mit abschätzbaren Einflußgrößen. Ihr Gültigkeitsbereich sind steile und rauhe (unverbaute) Naturstrecken in Wildbächen und Kleingewässern, solange kein wesentlicher Geschiebetransport stattfindet. Innerhalb dieses Bereiches und für überschlägige Abschätzungen auch darüber hinaus könnte sie die Strickler- (Manning-) Formel ersetzen, die hier nicht entspricht.

RESUME

(Comment remplacer la formule Manning (Strickler) pour les
torrents escarpés et raides

Nouvelles données expérimentales

Nouvelle application aux parties torrentielles naturelles)

Une première évaluation des expériences avec une solution saline flottante, réalisées dans les parties torrentielles excarpées, offre une simple formule empirique pour la vitesse d'écoulement où toutes les variables peuvent être estimées. Sa gamme de validité comprend les parties naturelles excarpées et raides (sans défenses) des torrents et petites rivières, tandis qu'il n'y pas d'important transport de débris. Au-dedans de cette gamme, utile pour une estimation approximative même au-delà d'elle, cette formula pourrait remplacer celle appelée Manning ou de Strickler qui n'est pas applicable à ces situations.

1. Why to displace the Manning (Strickler) formula?

Manning's (Strickler's) formula originates from experimental data on artificial channels and was verified by observations in rivers, canals and closed conduits (CHOW 1959). Because of its simplicity it was accepted all over the world to compute the flow velocity in open channels. Since there is no option for the conditions in the extreme rough and steep channels of natural torrents it is used there too, although its inadequacy is recognized: the roughness coefficient (by Strickler) is to be estimated within wide ranges by opinion; the gained values seem generally high, so usually the coefficient is lowered down unto the value 5 (CHOW 1959, ZELLER 1974); that coefficient does not really perform the drag, so usually it is variated with the discharge volume (ZELLER 1974); in natural torrents the hydraulic radius is hard to destinate and because of its great variability it is only valid for profiles but not for stretches; the hydraulic radius does not characterize the shape of a cross section sufficiently. Different profiles (e.g. width = 3 m, height = 3 m, resp. 6 and 1.5 m) lead to the same value.

2. Why not use the Kirpich formula
for the flow velocity in stretches?

The Kirpich formula is designed to perform the time of concentration on small areas with a distinctive relation between overland and channel flow and has therefore a dependence of the length (substituting the area). The flow velocity in a channel cannot be gained that way, not even using the improved version by WIDMOSER (1978).

3. Efforts for remedy

The Institute For Torrent Research, part of the Federal Forestry Research Station, Vienna, started tracer experiments in 1983, the first results of which are presented here. SMART and JAEGGI presented 1983 a

formula as a result of laboratory experiments concerning sediment loaded flow. It is not really simple, and there are still some reservations, but there is none equal. 1984 STORCHENEGGER presented interesting formulas which seem to conform to a limited range of catchment types and can be found still not simple enough to substitute the Manning (Strickler) formula.

4. New experimental data

The experiments of the Federal Forestry Research Station Vienna were executed using salt as tracer in 14 natural torrent stretches within 5 watersheds of great differences in conditions, in main channels as well as in the tiniest upstream branches. Slopes between 9 % and 48 % (60 % for comparison out of computation), bed load grain sizes d_{90} (90 % in vol. is smaller) from 0.35 to 1.85 m and discharge amounts from 0.002 up to 3.5 m³/s were the conditions, the length of the traced stretches were between 175 m and 1.125 m. No real flood conditions could be recorded, but snow melt stages were used to have above medium discharges. In some cases the coarse bedload was covered by the flow, in some not.

5. The approach

In the correlation analysis best coincidence was found using the parameters slope, discharge and grain diameter d_{70} (70 % in volume of the material forming the channel surface is smaller) only. As the grain diameter d_{70} is not easy to ascertain in the field without difficult screening it was defined as the medium between d_{90} and d_{50} , which can be estimated. All the data from most different conditions fitted to a common curve, the correlation coefficient of which is 0.965 in spite of rough methods to ascertain the parameters. So it is to suppose, that the factor $(Q/d_{70})^{0.5}$ (discharge over grain diameter) describes the drag and the freely formed channel shape sufficiently.

The found equations are:

- a) for the mean flow velocity:
$$v_m = 1.23 \sqrt{\frac{Q S}{d_{70}}}$$
- b) for the demanded cross section area:
$$A = 0.813 \sqrt{\frac{Q d_{70}}{S}}$$
- c) for the discharge from the cross section area:
$$Q = 1.513 \frac{A^2 S}{d_{70}}$$

where v_m = mean flow velocity in meters per second;

Q = discharge in cubic meters per second;

S = the dimensionless slope (tangens);

d_{70} = the grain diameter, which divides the volume of the material forming the channel bed surface into 70 % is smaller and 30 % is larger; determined as the medium between d_{90} and d_{50} , in meters.

A = the cross section area in square meters

Like the Manning (Strickler) formula these equations are inexact in dimensions. Therefore the numerical coefficient represents a dimension of time, namely in equation a) $\text{sec}^{-0.5}$, in b) $\text{sec}^{0.5}$ and in c) sec^{-1} . Yet that means there is no problem to convert it from the metric to English units.

6. The limits

Before extended verification under more different conditions the range of validity must be taken from the measured circumstances: natural stretches without control works, steep channels between about 7 % and 50 % slope and discharge amounts up to the begin of bed load movement. At low gradients and in smooth or artificial channels the Manning (Strickler) formula is possibly more correct, at the stage of bed load movement possibly the Smart-Jaeggli formula. Instead of using the Manning (Strickler) formula in the cases mentioned last (because of simplicity) it would be no adventure to apply the new equations presented here.

7. Another limit

The analysis is based on 30 experiments, but the activity will be continued and extended. It is probable, that extended data will lead to corrections or changes as a consequence. With respect to this the equations have provisional character.

8. Effects

Within the limited scope of application the presented formula differs less from Smart-Jaeggi's formula for the state of sediment transport, but leads to a much lower velocity than the Manning (Strickler), especially at lower flows. Given discharge amounts demand therefore much larger cross section areas than estimated by Manning-Strickler. Occured discharge amounts, made sure by the Manning (Strickler) formula from the cross section area, must obviously be too high. Maybe this concerns some flood estimating formulas too.

9. References

- CHOW, V.T., 1959: Open-channel hydraulics. McGraw-Hill Kogakusha Ltd., Tokyo.
- SMART, G. M. und JAEGGI, M.N.R., 1983: Sedimenttransport in steilen Gerinnen. Mitt. Vers. Anst. f. Wasserb., Hydrol. u. Glaziol. an d. ETH Zürich Nr. 64, Zürich.
- STORCHENEGGER, I.J., 1984: Orts- und ereignisbeschreibende Parameter für Niederschlag-Abfluß-Modelle. Diss. ETH Zürich Nr. 7479, ADAG Administr. u. Druck AG, Zürich.
- WIDMOSER, P., 1978: Zur Berechnung der Anlaufzeit nach Kirpich. Wasser und Boden, Hamburg/Berlin, 30, 1, 16-19.
- ZELLER, J., 1974: Starkniederschläge und ihr Einfluß auf Hochwasserereignisse. Ber. Nr. 126 Eidg. Anst. f. d. forstl. Versuchsw., Birmensdorf.

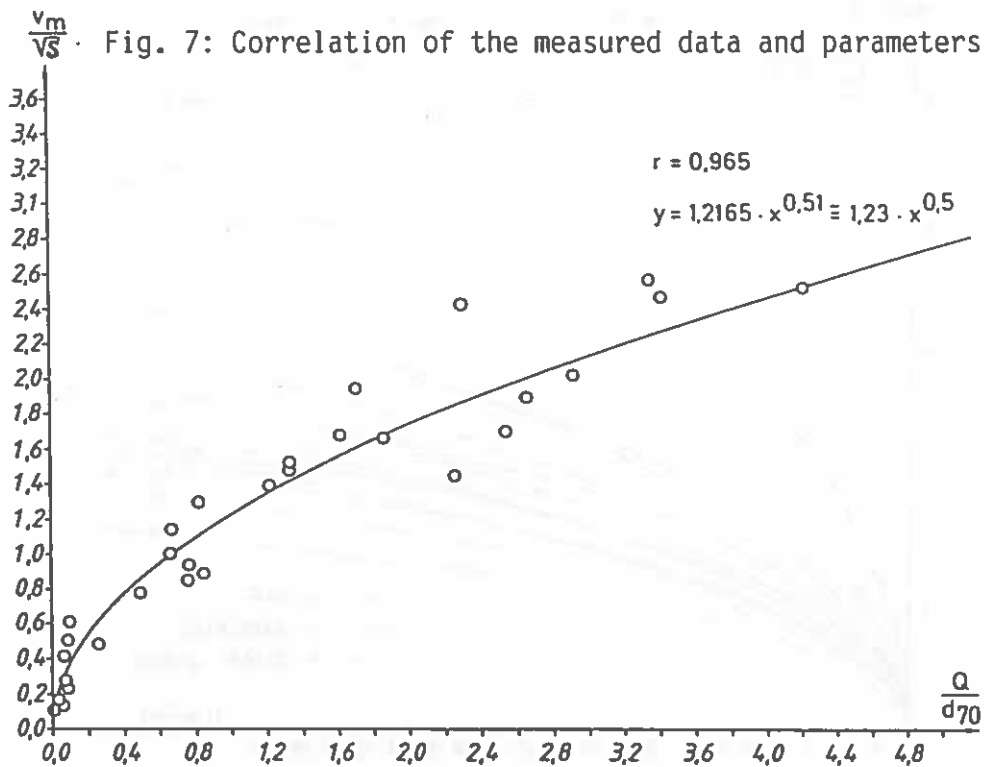
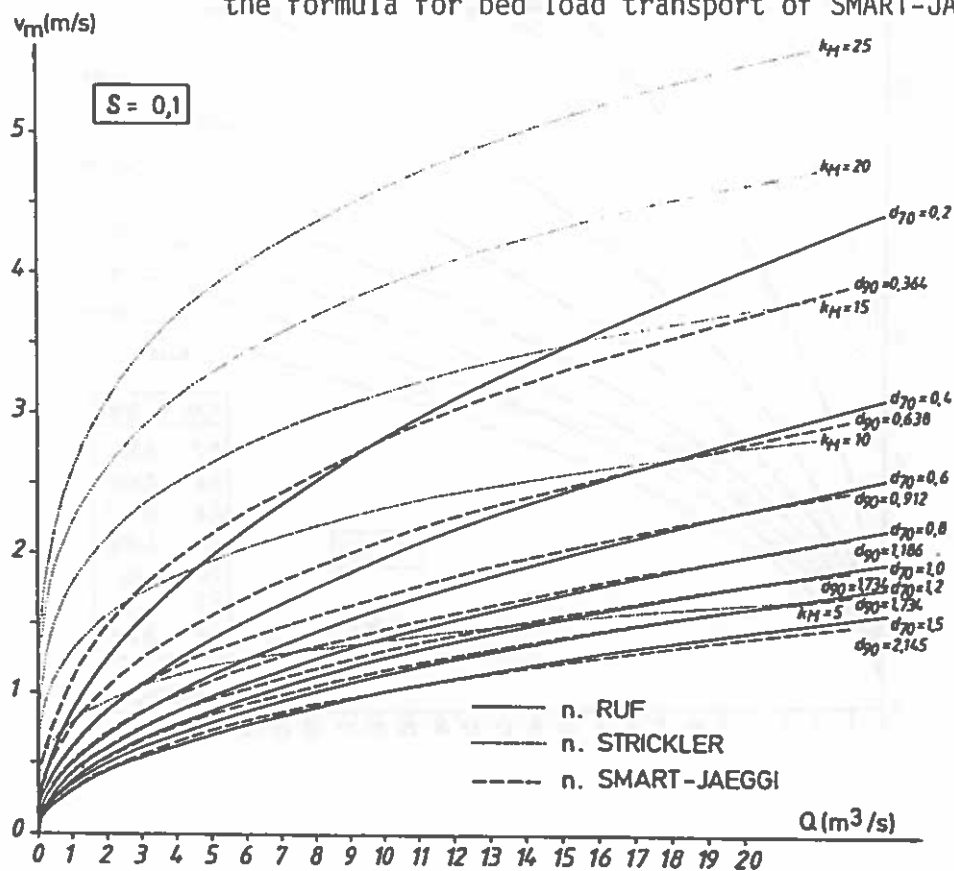
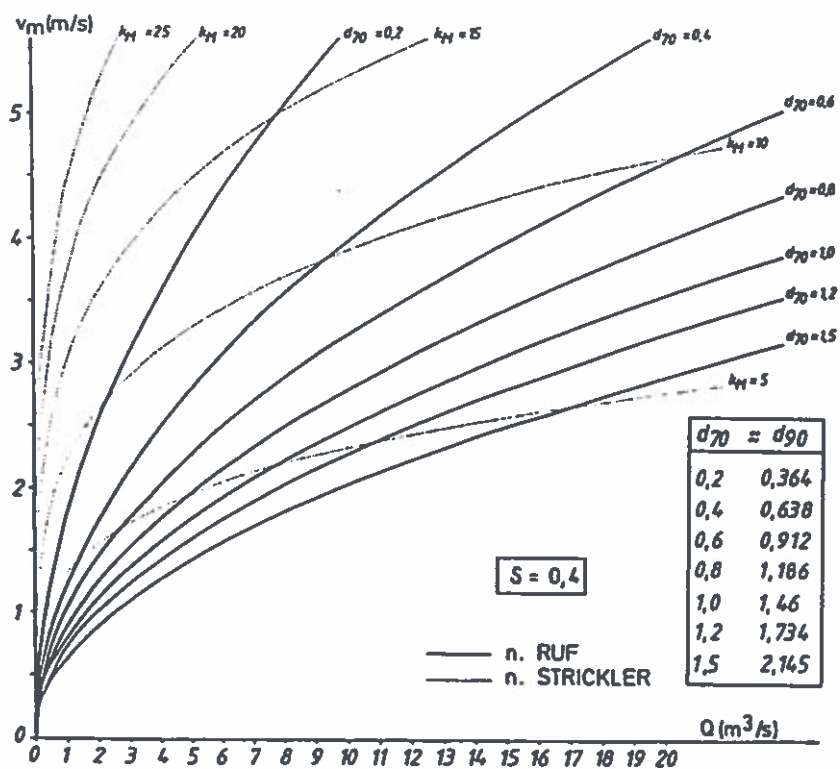
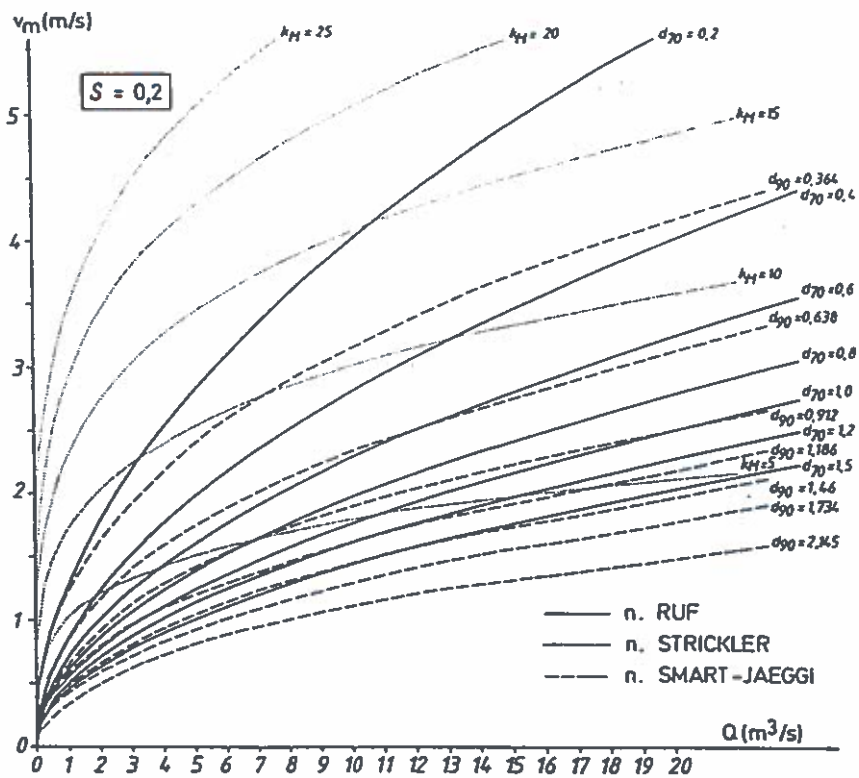


Fig. 8 - 10: Comparison with MANNING's (STRICKLER's) formula and the formula for bed load transport of SMART-JAEGGI



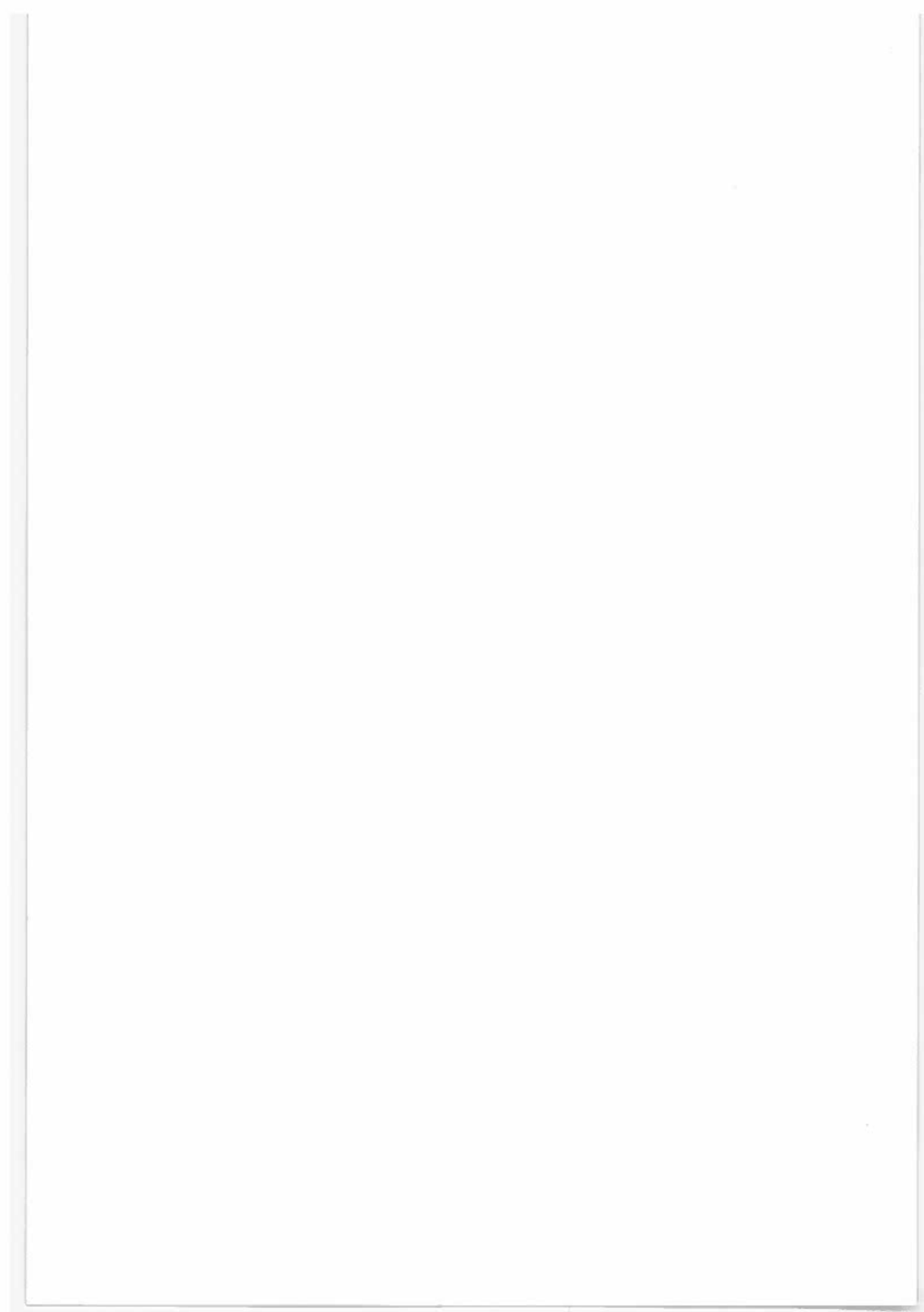


II.

LAWINEN UND ANDERE MASSENBEWEGUNGEN

AVALANCHES AND OTHER MASS MOVEMENTS

AVALANCHES ET D'AUTRES MOUVEMENTS DE MASSES



EINFLUSS ALPINER SPEICHER AUF DEN ABFLUSS VON HOCHWÄSSERN

von

Dipl.-Ing. Dr.techn. R. Widmann

KURZFASSUNG

Die Hochwässer des Jahres 1987 wurden ganz wesentlich durch die Schnee- und Eisschmelze der Hochgebirgslagen mitbestimmt. Während die Hochwasserabflüsse in Westtirol katastrophale Folgen hatten konnte das Schadensausmaß im Zillertal durch Hochwasserrückhalt der großen Speicher wesentlich vermindert werden. Es wird daher auch diesen Arbeitskreis interessieren, wie und in welchem Ausmaß Alpine Speicher den Abfluß von Hochwässern beeinflussen.

Einer Auswertung der internationalen Schadensstatistik (ICOLD 1983) ist zu entnehmen, daß rund 35 % aller Schadensfälle bei Talsperren auf Versagen oder unzureichende Bemessung von Hochwasserentlastungsanlagen zurückgeführt werden müssen. Eine genauere Analyse zeigt allerdings, daß diese Schadensfälle vor allem in Gebieten aufgetreten sind, in denen zur Festlegung des Bemessungshochwassers wenig hydrologische Unterlagen zur Verfügung standen oder die Betriebssicherheit mechanischer Verschlüsse durch unzureichende Wartung nicht gewährleistet war. Die ausreichende Funktionstüchtigkeit der Hochwasserentlastungsanlagen ist daher einer der wesentlichsten Beiträge zur Sicherheit der Talsperren.

Der Überblick über die Erfahrungen mit Hochwasserentlastungsanlagen österreichischer Talsperren beruht auf einer Gegenüberstellung des Bemessungshochwassers für die Entlastungsanlage und der tatsächlich beobachteten Zufluß- und Abflußereignissen während der bisherigen Betriebszeit. Insbesondere bei großen Speichern die in jedem Jahr nur kurze Zeit gefüllt sind, finden Hochwasserwellen meist noch einen ausreichenden Auffangraum im Speicher vor, sodaß es gar

nicht zu einer Inanspruchnahme der Hochwasserentlastungsanlage kommt. Es muß also zwischen der Wahrscheinlichkeit des Auftretens

- eines bestimmten Hochwasserzuflusses in den Speicher und
 - eines Hochwasserabflusses über die Hochwasserentlastungsanlage
- unterschieden werden. Die Auswertung der Beobachtungsergebnisse zeigt, daß Speicher, deren Nutzinhalt größer als 10 % des Regeljahreszuflusses ist, die jährliche Hochwasserwelle größer als 60 % des Regeljahreszuflusses ist, das HQ25 aufnehmen können. Darauf begründet sich auch die Erfahrung der Vergrößerung der Sicherheit gegen Hochwasserereignisse unterhalb großer Speicherräume, solange das durch den Speicherraum kontrollierte Einzugsgebiet einen wesentlichen Anteil am gesamten Einzugsgebiet des betrachteten Bereiches darstellt.

Es werden Entwicklungsgeschichte des Sperrbauausbaues in Österreich, bisherige Beobachtungsergebnisse und Überlaufwahrscheinlichkeiten, sowie die Verminderung des Hochwasserrisikos im Bereich der Unterlieger für natürliche Seen, große Speicher und kleine Speicher ausführlich dargestellt und die Aussagekraft dieser Untersuchungen besprochen.

Die Ausführungen sind vollinhaltlich in der Tagungspublikation des 16. Talsperrenkongresses in San Franzisko 1988 der Internationalen Talsperrenkommission niedergelegt.

DER BERGSTURZ VAL DI POLA IM ADDATAL, ITALIEN

von

Gottfried Kronfellner-Kraus
Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

(Kurzfassung, ergänzt)

Im Verlaufe des Sommers 1987 sind im benachbarten Ausland Ereignisse aufgetreten, die auch für österreichische Verhältnisse von grundlegendem Interesse sind. Vor allem die Katastrophe südlich von Bormio im Addatal wurde auch hierzulande stark beachtet und diskutiert. Man brachte sie sogar mit menschlichen Aktivitäten, Skipisten und Waldsterben in Zusammenhang. Es erschien daher ratsam diesen besonderen Ereignisfall eingehender zu prüfen und Fragen nach Ursachen, Auftrittswahrscheinlichkeit in unserem Lande und allfällige Folgerungen für Gefahrenzonenplanungen und Verbauungstechniken zu klären.

Infolge der schweren Regenfälle vom 15. bis 20. Juli 1987 traten, etwa zur selben Zeit wie im Ötztal und Stubaital/Tirol, im gesamten Addatal, Veltlin/Italien und im Etschtal/Südtirol Hochwässer und Muren auf. Am 18. Juli 1987 wurde bei San Antonio Morignone der Addafluß durch Muren aus dem Val di Pola verlegt, sodaß Baggerungen eingeleitet werden mußten. Auf Grund von beobachteten Rissen an der Ostflanke des Monte Zandila (2936 m) in 2200 m Höhe und zunehmender Felsstürze wurden einige Gefahrenbereiche evakuiert. Am 28. Juli um 7 Uhr 30 erfolgte dann allerdings ein weit größerer als vermuteter Bergsturz. Aus einer Höhenlage von etwa 1700 bis 2300 m brachen zwischen 10 und 40 Millionen Kubikmeter ab (PUSTERLA 1987, BECKER & LITSCHER 1988, GOVI 1988), stürzten durch den ca. 70 % steilen Pola-Graben zu Tal (1107 m), brandeten bis zu 300 m am gegenüberliegenden Hang empor und strömten dann in das Addatal zurück, bzw. berg- und talwärts ab. Das Addatal selbst wurde dabei hoch aufgedämmt und es bildete sich ein See mit 18 Millionen Kubikmeter Inhalt. Insgesamt wurde das Tal auf 5 km Länge vollkommen verwüstet und umgestaltet. 27 Personen kamen um, hauptsächlich Einheimische aber auch 7 Arbeiter waren unter ihnen.

Nach der geologischen Karte handelt es sich hier um Orthogneise, Glimmerschiefer und Quarzphyllite, nach GOVI (1988) und BECKER & LITSCHER (1988) um ein historisch bekanntes, von mylonitisierten Brüchen durchzogenes Bergsturzgebiet nördlich der markanten Tonalelinie, welche die West- und Ostalpen von den Südalpen trennt. Das Gestein wurde beim Sturz vollkommen zertrümmert. Das Pauschalgefälle des Bergsturzes nach HEIM (1932) beträgt zwischen 31 und 42 % und das Verhältnis dieses Gefälles zur Bergsturzmasse entspricht im wesentlichen der Korrelation SCHEIDEGGER's (1975) für große Massenbewegungen (Fig. 1 und 2).

Fig. 1: Längenprofil Val di Pola, Bergsturz im Addatal, 1987-07-28

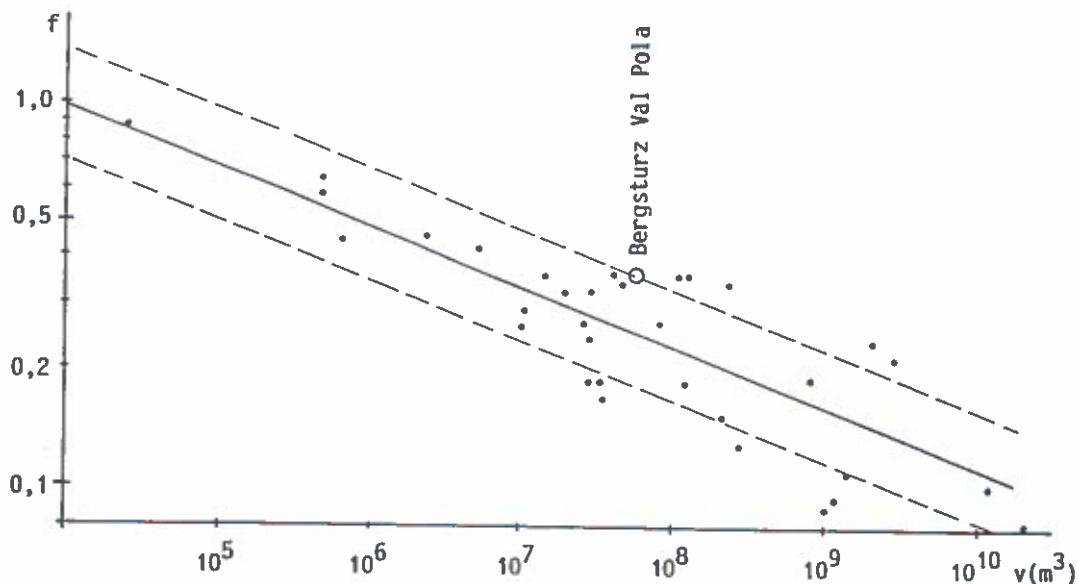
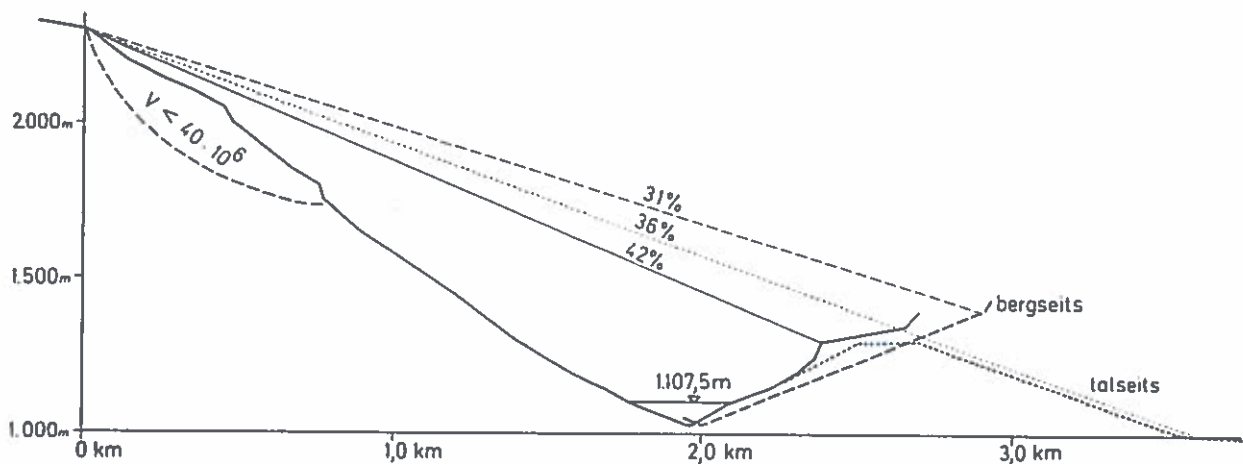


Fig. 2: Die Bergsturzmasse Val di Pola ($3-4 \cdot 10^7$) entspricht im wesentlichen der Korrelation zwischen Reibungskoeffizient (f) und Volumen (V) großer Bergstürze nach SCHEIDEGGER (1975)

Die sofort eingeleiteten Rettungs- und Sanierungsmaßnahmen betrafen die Ableitung der gestauten Wassermassen um einen Dammbruch vorzubeugen. Mit einem enormen Einsatz von Rohr- und Pumpenanlagen und einem Entlastungsgerinne gelang es den Wasserspiegel des Sees unter ein kritisches Gefahrenniveau abzusenken. Das Überlaufgerinne wird mit Sperren aus Betonfertigteilen abgetrepppt und gegen Erosionen gesichert. Die unterbrochene Addatal-Bundesstraße Nr. 38 wird am linken Hang z.T. über das Bergsturzgebiet übergeleitet, z.T. in einen Tunnel verlegt.

Der Bergsturz hat seinen Ursprung ober der Waldgrenze und ist vom bekannten Skigebiet Bormio's etwa 8 bis 10 km entfernt. Menschliche Einflüsse kommen für diese Katastrophe kaum in Betracht. Vielmehr handelt es sich hier um eine der typischen Talengen in denen glaziale Unterscheidungen nach dem Schwinden der Gletscherwiderlager zu größeren Massenbewegungen führen können. Erfahrungsgemäß kündeten sich diese Bergstürze, wie auch hier erfolgt, vorher an. An Hand der geographischen Verteilung der Bergstürze, Rutschungen, Muren und Hochwässer im Alpenraum (ABELE 1972, EISBACHER et al. 1984, u.a.) wird gegenwärtig die Möglichkeit einer weitergehenden Übertragbarkeit quantitativer Schätz- und Vorraussagemethoden geprüft.

SCHRIFTTUM

- Abele, G. 1972: Kinematik und Morphologie spät- und postglazialer Bergstürze in den Alpen. Z. Geomorph., Suppl. Bd. 14, 138-148, Berlin-Stuttgart.
- Becker, L.P. & Litscher, H. 1988: Der Felssturz vom Monte Zandila, Veltlintal. Felsbau, 6, 2, 75-77.
- Eisbacher, G.H. & Claque, I.I. 1984: Destructive Mass Movements in High Mountains: Hazard and Management. Geological Survey of Canada, Paper 84-16.
- Govi, M. 1988: Hochwasser und Bergstürze im Veltlin im Juli 1987. Österr. Wasserwirtschaft, 40, 5/6, 149-152.
- Heim, A. 1932: Bergsturz und Menschenleben. Zürich
- Pusterla, M. 1987: Valtellina i giorni del drama. Suppl. 169 des 31 luglio 1987 die "Regione Uno", Trento.
- Scheidegger, E. 1975: Physical aspects of natural catastrophies. Amsterdam-Oxford-New York.

DIE WOLFSGRUBEN-LAWINE IN ST. ANTON AM ARLBERG

von

E. Hanausek, Innsbruck

Am 13. März 1988 um 6,50 Uhr ist in St. Anton die Wolfsgruben-Lawine abgegangen und hat im Ortsteil Nasserein ein Wohnhaus zerstört und einige Wohnhäuser beschädigt. Die Lawine ist unterhalb des Zwölferkopfes in einer Seehöhe von etwa 2.400 m angebrochen, hat den Talboden östlich St. Anton überfahren und in dem ca. 20 m höher gelegenen Ortsteil Nasserein die oben erwähnten Schäden verursacht. Außerdem wurden über 300 m Bundesstraße und 300 m ÖBB-Strecke durch die Lawine verschüttet. Die Ablagerung des Lawinenschnees betrug einen bis einige Meter. In dem vorerwähnten zerstörten Wohnhaus kamen fünf Menschen, in einem der beschädigten Wohnhäuser eine Person und eine Person auf der Ortsstraße Nasserein ums Leben. Einige Menschen wurden verletzt.

Der Lawinenabgang und das Schadensausmaß entsprach den Kraftwirkungen, die aufgrund des 1974 ausgearbeiteten Gefahrenzonenplanes zu erwarten waren. Das zerstörte Wohnhaus lag am Rande der gelben Zone. Gebäudeverstärkungen, die anlässlich der Bauverhandlung vorgeschrieben wurden, wurden u.U. nicht eingehalten. Eine gerichtliche Prüfung ist im Gange.

Nach dem Gefahrenzonenplan sind schwere Lawinenabgänge aus den Jahren 1888, 1933 und 1959 bekannt, wobei einmal in dem 400 Jahre alten Bauernhaus Strolz, welches 1988 erhebliche Beschädigungen erlitten hat, Fensterscheiben eingeschlagen worden waren. 1959 drang die Wolfsgruben-Lawine bis zur Bundesbahn vor. Alle vor 1988 bekannten Ereignisse waren also in ihrer Wirkung geringer als dieses.

Ein Verbauungsprojekt ist im Konzept vorhanden, mußte aber bisher wegen der hohen Kosten von rund 90 Mio. S zugunsten anderer Verbauungen, die bei geringeren Kosten einen etwa gleichwertigen Schutzeffekt bieten, zurückgestellt werden. Mit der in diesem Verbauungskonzept vorgesehenen Stützverbauung wird heuer begonnen.

LAWINENEREIGNISSE IM WINTERHALBJAHR 1987/88

von

Horst Schaffhauser, Innsbruck

Ähnlich wie im Jahr 1986 übertrafen im Monat **Oktober** 1987 die Monatsmittel der Lufttemperatur den langjährigen Durchschnitt im Westen und im Zentralalpenbereich um 1,5° bis 2,5°C. Feuchtmilde Luftmassen aus dem Süd- und Südwestsektor dominierten über 60 % der Wetterlagentage im Oktober. Diese ausgesprochene Föhnwetterlage schuf entlang des Alpenhauptkammes sowohl auf der Lee- als auch auf der Luvseite gefährliche Schneebrettsituationen. Bei der Besteigung der Weißseespitze (3526 m) in den westlichen Ötztälern geriet ein Hochalpinist unter eine Schneebrettlawine und verunfallte tödlich.

Mitte **November** sank die vorwinterliche Schneefallgrenze kurzzeitig auf 1000 m herab. In der letzten Novemberdekade führten ergiebige Schneefälle im Süden (Lienzer Dolomiten und Karnischer Hauptkamm) zum ersten frühwinterlichen Wintereinbruch - im Norden war es vorwiegend föhnig aufgeheitert.

Positive Temperaturabweichungen (von 1,5° bis 3,0°C) im Gebirge - ein ähnlich warmer **Dezember** wurde letztmals in Österreich im Jahr 1982 registriert (die Null-Grad-Grenze lag zeitweise in 4000 m Höhe). Ab Mitte Dezember bis Monatsende dominierten dann Westwetterlagen im allgemeinen Wetterablauf. Die relative Sonnenscheindauer erreichte in den Gebirgslagen der Zentral- und Südalpen über 50 % der jeweils örtlich möglichen Dauer. Aufgrund der hohen Temperaturen war die Schneedecke zu Beginn der 3. Dezemberdekade in Höhenlagen bis 1000 m abgeschmolzen - über 1500 m konnte eine einheitliche Winterschneedecke beobachtet werden (1971 war die Schneedeckensituation ähnlich). Gute Schneebedingungen für den alpinen Schilauflauf existierten nur entlang des Karnischen Hauptkammes (Naßfeld).

Der **Jänner** 1988 war wiederum ein sehr milder Hochwintermonat. Eine zusammenhängende Winterschneedecke wurde in Höhen >1000 m angetroffen. In Osttirol und Westkärnten lag die Schneegrenze wesentlich tiefer bei etwa 600 m

(Inversionslage). Milde West- und Südwestlagen dominierten weiterhin im Wettergeschehen. Zeitweise drehte die Strömung immer wieder auf Nordwest und die Schneefallgrenze sank auf 500 m herab. Intensive Windverfrachtung auf Schmelzharschschichten führten zu einer gefährlichen Lawinensituation in diesem Winter.

Im Feber bewegten sich die positiven Temperaturabweichungen vom Normalwert im Westen und im Zentralbereich von 0,5° bis 1,5°C. Die Niederschlagsverhältnisse lagen in diesen Zonen zwischen 75 und 175 % über dem Normalwert. Die eklatante Schneearmut im Vor- und teilweise im Hochwinter wurde Anfang Feber in Höhenlagen über 1500 m beendet. Gleichzeitig bedingte diese Wettersituation im Zentralraum vom 29.01. bis 14.02.1988 18 Lawinenereignisse mit 18 tödlichen Unfällen.

NW-Strömungen zu Märzbeginn schufen eine latente Lockerschnee- und Schneebrettlawinengefahr für höher gelegene Verkehrswege und vor allem für die Tourengebiete in den Nord- und Zentralalpen. Eine rasche Abfolge von NW-Staulagen führte sukzessiv zu einer Katastrophensituation, besonders im Arlberggebiet und Außerfern.

Die Neuschneehöhensummen erreichten in diesem Zeitraum Werte bis 220 cm. Der Abgang der Wolfsgrubenlawine als Katastrophenlawine bildete den tragischen Höhepunkt im Lawinengeschehen dieses Winters. Die Drehung der NW-Strömung auf SW in Höhenlagen bis 1600 m führte zu einer Verfestigung der Schneedecke. Darüber hinaus bewirkten stürmische Winde aus S bis SW gefährliche Situationen in den Kammlagen der Zentral- und Nordalpen. Anhaltende Niederschläge während der letzten Märzdekade, in Verbindung mit einem labilen Schneedeckenaufbau und ausgedehnten Tribschneeansammlungen in den Kammlagen waren die Ursache für zahlreiche Touristenlawinen. Insbesondere wird in diesem Zusammenhang auf einen Lawinenunfall in unmittelbarer Nähe der Jamtalhütte (28.03.1988) hingewiesen, wobei 5 Tourengerer nur mehr tot geborgen werden konnten.

Insgesamt ereigneten sich im Berichtszeitraum von Oktober 1987 bis Anfang April 1988 34 Lawinenunfälle mit Personenschaden. Von den 80 Beteiligten verstarben 34.

19 Personen verunfallten beim Tourengehen tödlich, 7 im Variantenbereich und 1 Person innerhalb einer Abfahrtspiste. Durch die Katastrophenlawine in St. Anton kamen 7 Personen ums Leben.

Bezogen auf die einzelnen Bundesländer sieht die Unfallstatistik wie folgt aus (bis Ende Mai 1988):

Bundesland	Unfälle Beteiligte		Tour	Vari- ante	Tote Piste	Sons- tige	Katas- trophe	Summe
Tirol	42	148	19	7	1	1	7	35
Kärnten	6	14	-	1	-	-	-	1
Vorarlberg	2	8	-	1	-	-	-	1
Steiermark	1	1	-	-	-	-	-	-
Salzburg	3	13	-	-	-	-	-	-
Niederösterreich	1	3	1	-	-	-	-	1
Summe A	55	187	20	9	1	1	7	38

AUSWIRKUNGEN VON LAWINEN IM BEREICH VON BACHFASSUNGEN

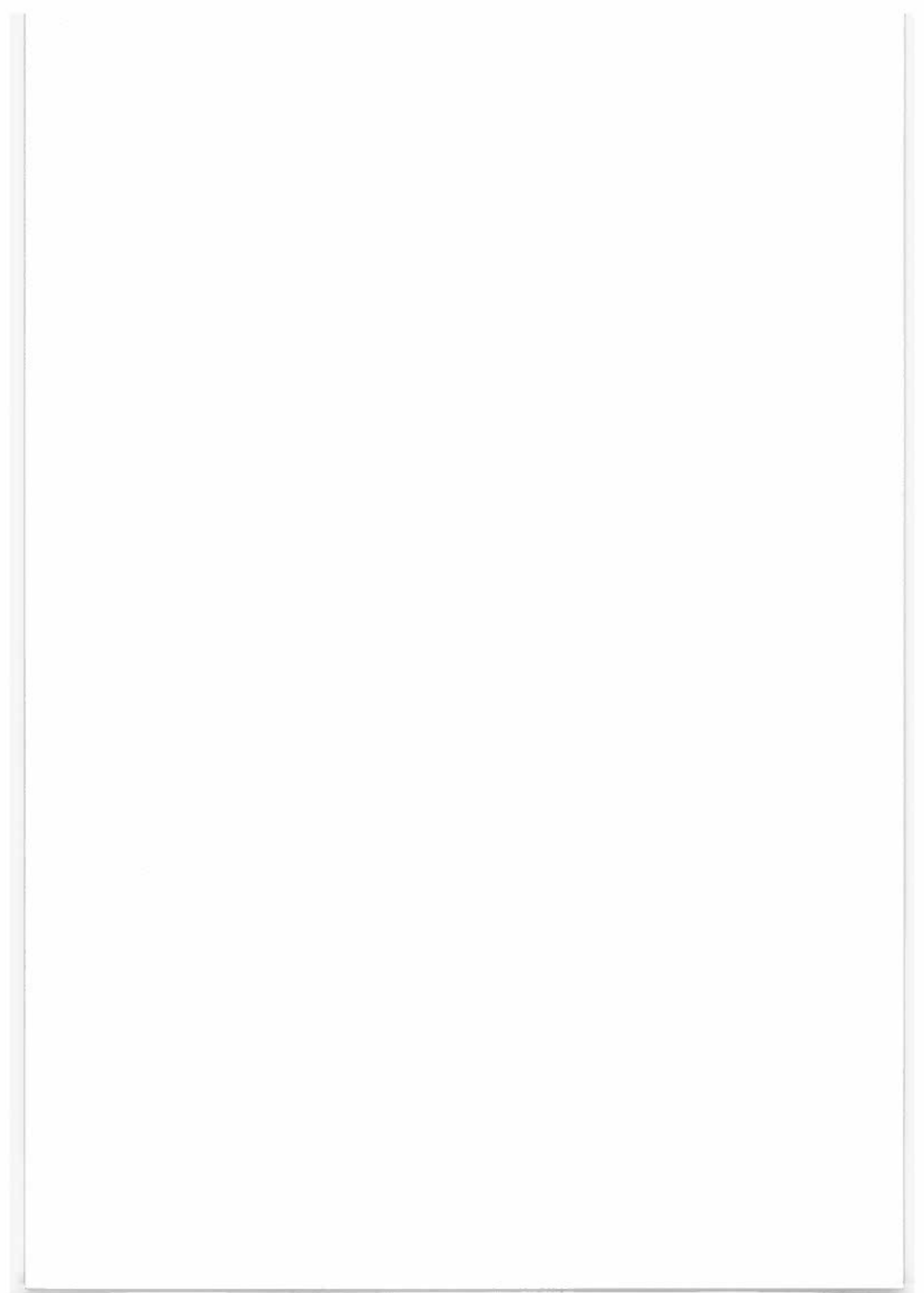
von

Wilhelm Nemetz
Tauernkraftwerke AG, Salzburg

Im Rahmen der Wasserrechtsverhandlung für die Bachbeileitung Kaprun-West der Werksgruppe Kaprun wurde die Befürchtung geäußert, daß durch die verminderte Wasserführung im Bachbett abgelagerte Lawinenkegel langsamer abschmelzen. Durch das langsamere Abschmelzen würden Lawinenreste bis ins Frühjahr liegen bleiben und bei eventuellen Gewittern könnte sich dahinter Wasser aufstauen. Die Tauernkraftwerke AG wurde angehalten, dieses Problem näher zu untersuchen.

Über den Einfluß des Wassers im Bachbett auf das Abschmelzen von Lawinenkegeln liegen nun erste Erfahrungen vor. Diese wurden mit einfachen Mitteln wie periodische Vermessung der Lawinenkegel und mit Fotografien gemacht.

Darüber wird in einem Kurzreferat berichtet.



STAND DES PROJEKTES ÜBER LAWINENDYNAMISCHE MESSUNGEN IM PITZ- UND BSCHLABSERTAL

(Kurzbericht)

von

L. Rammer, Innsbruck

Für die Erstellung von Gefahrenzonenplänen ist es notwendig, die Kräfte zu kennen, die eine Lawine beim Auftreffen auf feste Hindernisse ausüben kann. Daher soll das Projekt über lawinendynamische Messungen durchgeführt werden. Ziel dieser Arbeit ist es, in ausgewählten Lawinenbahnen Versuchsanlagen zu erstellen, die es ermöglichen, Drucke und Geschwindigkeiten einer möglichst großen Anzahl von Lawinen zu messen und zu registrieren. Weiters sollen auch die jedem Ereignis zugehörigen Anrißhöhen und die meteorologischen Daten erhoben werden. Die Ergebnisse sollen so ausgewertet und aufbereitet werden, daß sie als Entscheidungsgrundlage bei der Erstellung von Gefahrenzonenplänen dienen können.

Es wurden zwei Standorte für die Meßanlagen ausgewählt, die Biedernbachlawine im Pitztal und die Große Gröberlawine im Bschrabsertal.

Bei der Biedernbachlawine sollen hauptsächlich Fließlawinen untersucht werden. Hiefür werden Meßpfeiler in der Lawinenbahn errichtet, die mit Meßplatten bestückt sind, die auf Kraftmeßgebern aufgelagert sind. Die Signale der Kraftmeßgeber werden zusammen mit der Uhrzeit auf einem Datalogger aufgezeichnet. Als Ergebnis soll der zeitabhängige Kraftverlauf an den Meßplatten, und da die Meßpfeiler in Fließrichtung gesehen, einen bestimmten Abstand voneinander aufweisen, auch die Geschwindigkeit der Lawine ermittelt werden.

Bei der Großen Gröberlawine sollen sich die Untersuchungen auf StaUBLawinen konzentrieren. Dies bietet sich deshalb besonders an, weil im Zuge des Ausbaues der Bschrabsertal Landstraße eine Röhrenbrücke errichtet wird, die das

Gröbertal in ca. 40 m Höhe über der Talsohle quert und als Widerlager für die Meßgeräte dienen kann.

Als Meßanordnung ist eine Druckplatte mit der gleichen Meßausrüstung, wie sie vorhin beschrieben wurde, vorgesehen, die normal zur Stoßrichtung der Lawine an der Röhrenbrücke montiert wird.

Als weitere Meßeinrichtung sind Prandtl-Sonden geplant, die sowohl an der Ober- und Unterseite der Brücke, als auch an einer Abspannung in bestimmten Abständen unterhalb der Brücke angebracht werden. Jede dieser Sonden ist mit je zwei Druckgebern ausgerüstet, deren Signale auf einem Datalogger registriert werden. Ein Druckgeber mißt den Umgebungsdruck, der zweite den Staudruck. Aus der Druckdifferenz kann die Geschwindigkeit rückgerechnet werden. Anhand der abgespeicherten Meßwerte kann auch der zeitliche Verlauf der Druckwelle erhalten werden.

Nachdem mit den beiden oben erwähnten Lawinenzügen für dieses Projekt geeignete Standorte ausgewählt wurden, ist mit der Planung der Meßanlage und der Auswahl geeigneter Meßgeräte begonnen worden.

AKTUELLE ERGEBNISSE VON GLEITSCHNEEMESSUNGEN

(Kurzfassung)

von

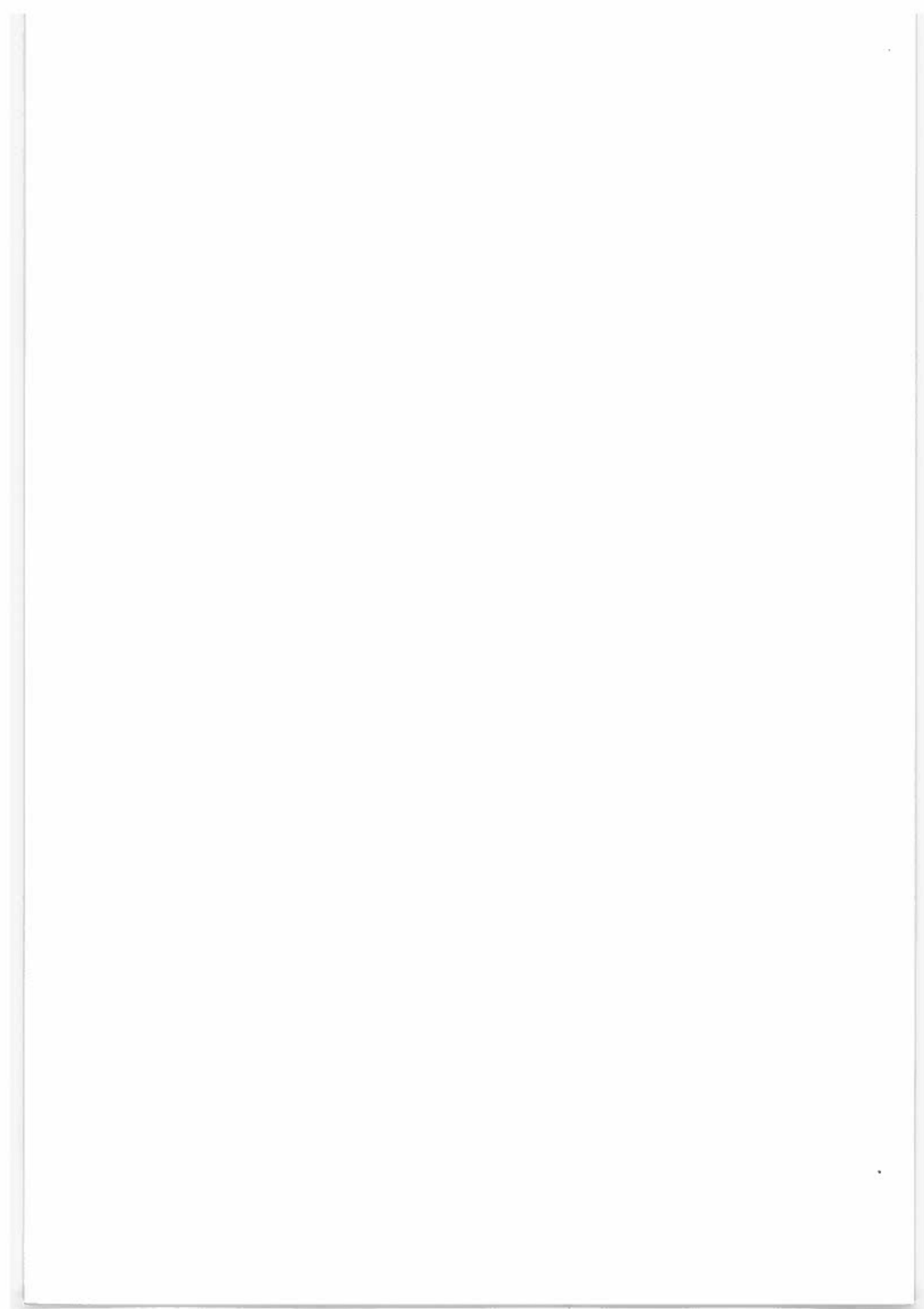
Peter Höller, Innsbruck

Im Rahmen des Projektes "Lawinenbildung im Schutzwald" wird unter anderem auch der überaus wichtige Problemkreis des Schneegleitens einer genaueren Betrachtung unterzogen.

Dies ist insofern von großer Bedeutung, als doch nicht auszuschließen ist, daß das vermehrte Auftreten von Bestandeslücken und die zum Teil geringen Bestockungsgrade der Schutzwälder zu einer Beschleunigung der Schneegleitbewegungen führen werden.

Die Messungen werden im Bereich charakteristischer, besonders ausgewählter Versuchsfelder (oberhalb und an der Waldgrenze, im Bereich von unterschiedlich ausgeprägten Blößen, in verschieden dicht bestockten Beständen) durchgeführt.

Nachdem im Winter 1986/87 erste Voruntersuchungen anliefen, wurden mit Beginn dieses Jahres Möglichkeiten zur Registrierung getestet; überdies konnten in diesem Zusammenhang die ersten Meßresultate verzeichnet werden. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß die Meßreihen dieses Winters noch nicht abgeschlossen sind, ist doch insbesondere im Verlauf des Frühlings eine Zunahme der Gleitbewegungen zu erwarten.



FBVA-BERICHTE
Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt
Wien

- 1987 19 Krehan, Hannes; Hauptolter, Rupert: Forstpathologische Sondererhebungen im Rahmen der Österreichischen Waldzustandsinventur 1984-1988. Kiefernbestände - Bucklige Welt.
Hauptolter, Rupert: Baumsterben in Mitteleuropa. Eine Literaturübersicht. Teil 1: Fichtensterben.
Preis Ös 80.-- 73 S.
- 1987 20 Glattes, Friedl; Smidt, Stefan: Höhenprofil Zillertal, Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden. Ergebnisse von Luft-, Niederschlags- und Nadelanalysen 1985.
Preis ÖS 70.-- 65 S.
- 1987 21 Ruetz, Walter; Nather, Johann: Proceedings of the IUFRO Working Party on Breeding Strategy for Douglas-Fir as an Introduced Species. IUFRO Working Party S2.02-05. Vienna, Austria June 1985.
Preis ÖS 300.-- 300 S.
- 1987 22 Johann, Klaus: Standraumregulierung bei der Fichte. Ausgangsbaumzahl - Stammzahlreduktion - Durchforstung - Endbestand. Ein Leitfaden für den Praktiker.
Preis ÖS 60.-- 66 S.
- 1987 23 Pollanschütz, Josef; Neumann, Markus: Waldzustandsinventur 1985 und 1986. Gegenüberstellung der Ergebnisse.
Preis ÖS 100.-- 98 S.
- 1987 24 Klaushofer, Franz; Litschauer, Rudolf; Wiesinger, Rudolf: Waldzustandsinventur: Untersuchung der Kronenverlichtungsgrade an Wald- und Bestandesrändern.
Preis ÖS 100.-- 94 S.
- 1988 25 Johann, Klaus: Ergebnisse einer Rotfäuleuntersuchung in sehr wüchsigen Fichtenbeständen.
Preis ÖS 90.-- 88 S.
- 1988 26 Smidt, Stefan; Glattes, Friedl; Leitner, Johann: Höhenprofil Zillertal, Meßbericht 1986. Luftschadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen.
Preis ÖS 120.-- 114 S.
- 1988 27 Smidt, Stefan: Messungen der nassen Deposition in Österreich. Meßstellen, Jahresmeßergebnisse, Literatur.
Preis ÖS 80.-- 72 S.
- 1988 28 Forum Genetik - Wald - Forstwirtschaft. Bericht über die 5. Arbeitstagung von 6. bis 8. Oktober 1987. Innsbruck.
Preis ÖS 200.-- 192 S.

- 1988 29 Krissl, Wolfgang; Müller, Ferdinand: Mischwuchsregulierung von Fichte und Buche in der Jungwuchsphase.
Preis ÖS 50.-- 52 S.
- 1988 30 Marcu, Gheorge; Tomiczek, Christian: Eichensterben und Klimastress. Eine Literaturübersicht.
Preis ÖS 30.-- 28 S.
- 1988 31 Kilian, Walter: Düngungsversuche zur Revitalisierung geschädigter Fichtenbestände am Ostrong.
Preis ÖS 50.-- 50 S.
- 1988 32 Smidt, Stefan; Glattes, Friedl; Leitner, Johann: Höhenprofil Zillertal, Meßbericht 1987.
Preis ÖS 250.-- 234 S.
- 1988 33 Enk, Hans: 10 Jahre Kostenuntersuchung bei Tiroler Agrargemeinschaften und Gemeindewäldern.
Preis ÖS 130.-- 124 S.
- 1988 34 Krehan, Hannes: Forstpathologische Sondererhebungen im Rahmen der Österreichischen Waldzustandsinventur 1984-1988. Teil II: Fichtenbestände im Ausserfern (Tirol) und im grenznahen Gebiet des Mühl- und Waldviertels.
Preis ÖS 60.-- 60 S.
- 1988 35 Schaffhauser, Horst: Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1986/87.
Preis ÖS 145.-- 138 S.
- 1989 36 Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (8). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00. Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen.
Preis ÖS 130.-- 128 S.

