

## RISK MANAGEMENT STRATEGIES FOR LANDSLIDES IN EUROPEAN MOUNTAIN REGIONS – CURRENT PRACTICE IN AUSTRIA AND FUTURE NEEDS

### STRATEGII DE MANAGEMENT AL RISCOLUI LA ALUNECĂRI DE TEREN ÎN REGIUNILE MONTANE EUROPENE – PRACTICILE CURENTE ÎN AUSTRIA ȘI NECESITĂȚILE VIITOARE

Sven FUCHS<sup>1</sup>, Markus HOLUB<sup>1</sup>

**Abstract:** Risk management for natural hazards is based on risk assessment techniques, including methods to determine the hazard potential and procedures to analyse and evaluate the damage potential exposed. In European mountain regions, risk management for landslides is comparatively reliable with respect to the hazard process, while suggestions for the assessment of values at risk have only recently been introduced. Moreover, since neither geosystems nor social systems are static in time and space, there is a particular need for the spatial and temporal analysis of risk. However, reliable information related to tangible and intangible assets is still missing. Presenting the legal framework of dealing with landslides and associated phenomena in Austria, the current state of the art regarding mitigation concepts is presented, with a particular focus on land-use restrictions and local structural protection. Future needs with respect to a sustainable protection of settlements and infrastructure within the framework of integral risk management are presented.

**Key words:** landslides, variability, values at risk, vulnerability, local structural protection, risk management

**Cuvinte cheie:** alunecări de teren, variabilitate, valori la risc, vulnerabilitate, protecție structurală locală, managementul riscului

### 1. Introduction

The historical shift of a traditionally agricultural society to a service industry- and leisure-oriented society led to socioeconomic development in mountain environments and foreland regions. This shift is reflected by an increasing use of those areas for settlement, industry, and recreation. On the other hand, areas suitable for land development are relatively scarce in mountain regions, e.g., in Austria, only about 20 percent of the whole area is appropriate for development activities (BEV, 2007). Moreover, those areas are located line-shaped along valley bottoms. In other mountain regions of Europe, areas of economic activity interfere with areas periodically affected by natural hazards such as flood plains of the rivers or torrential fans developed over centuries or even longer. Consequently, it results a conflict between human requirements on the one hand and naturally determined conditions on the other hand. Due to an increasing concentration of tangible and intangible assets and to an increasing number of persons exposed to natural processes, which in the case of harm to human life or property

### 1. Introducere

Transformarea istorică a unei societăți tradițional-agrare într-o societate orientată spre sectorul terțiar și care acordă o mare importanță petrecerii timpului liber a condus la dezvoltarea socioeconomică a mediului montan și a regiunilor submontane. Această transformare se reflectă într-o utilizare tot mai pronunțată a acestor arii pentru locuire, industrie și recreere. Pe de altă parte, ariile favorabile amenajării terenurilor sunt destul de restrânsă în regiunile montane. Spre exemplu, în Austria, doar aproximativ 20% din întreaga suprafață este potrivită pentru astfel de activități (BEV, 2007). Mai mult, acele arii însotesc liniar părțile inferioare ale văilor. În alte regiuni montane europene, ariile de activitate economică interferează cu ariile afectate periodic de hazine naturale, în această situație aflându-se unele lunci ale râurilor sau conuri toreanțiale dezvoltate de-a lungul secolelor ori chiar în perioade mai îndelungate. Ca urmare, apare un conflict între cerințele umane și condițiile determinante naturale. În condițiile unei tot mai intense concentrări de bunuri materiale și imateriale, a unui număr tot mai mare de persoane

<sup>1</sup> Institute of Mountain Risk Engineering, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna  
E-mail: [sven.fuchs@boku.ac.at](mailto:sven.fuchs@boku.ac.at), [markus.holub@boku.ac.at](mailto:markus.holub@boku.ac.at)

are considered as natural hazards, there is an emerging need for the consideration of risk in land-use development.

Dealing with natural hazard processes has a long tradition in European alpine countries. Early attempts in dealing with natural hazards include the establishment of official authorities in the second half of the 19<sup>th</sup> century, e.g., in Switzerland in the late 1870s (Frutiger 1980) and in Austria, in 1884 (Bergthaler 1975). For more than half a century, technical mitigation measures were developed and implemented. These active measures, which represent the human reaction to hazard processes, appeared to be the appropriate way to cope with this challenge. There was little impetus toward an integrative dealing with natural hazards before the 1950s and 1960s, when extreme events occurred over wide areas of the Alps. Extraordinary governmental expenditures involved with technical coping strategies resulting from those extreme events made traditional reactive measures increasingly obsolete. Consequently, ideas of complementary passive protection measures emerged, such as hazard mapping and land-use restrictions.

Only recently, the responsible authorities in most of the European mountain countries developed theoretical models of integrated risk management, which follow mainly the engineering approach to express risk as a function of hazard and values at risk (Republik Österreich 1975, 1976; Repubblica Italiana 1998; Borter 1999, see Equation 1). Consequently, information on the hazard potential and the related probability of occurrence ( $p_{Si}$ ), the values at risk exposed ( $AO_j$ ) and the vulnerability of objects at risk ( $v_{Oj}, Si$ ) is needed for the evaluation of risk. The development of these models is strongly connected to the considerable amount of damage in European mountain regions and related forelands due to natural hazards in recent years (Munich Re 2007).

$$R_i, j = f(p_{Si}, AO_j, v_{Oj}, Si) \quad (1)$$

The aim of this paper is to present the current practice of hazard management strategies for landslides in Austria and future needs with respect to the holistic framework of risk management. Thereby, the focus is not only on permanent and temporary mitigation measures implemented by public authorities nation-wide, but also on measures suitable to reduce risk on a regional scale, such as local structural protection of buildings. Furthermore, the problem of risk evolution is addressed by a concept of multi-temporal risk management.

## 2. Current practice of hazard management in Austria

The legal foundations of dealing with natural hazards in mountain regions of Austria are regulated at federal level by the Forest Act (Republik Österreich 1975) in the respective current version.

expuse proceselor naturale - care sunt considerate hazarde naturale atunci când afectează viața sau proprietatea omului -, apare nevoie de a lua în considerare riscul în amenajarea teritoriului.

Acțiunile referitoare la hazardele naturale au o lungă tradiție în statele europene alpine. Unele dintre cele mai vechi încercări de limitare a efectelor hazardelor naturale includ înființarea autorităților oficiale în a doua jumătate a secolului al XIX-lea, spre exemplu în Elveția, spre sfârșitul anilor 1870 (Frutiger 1980) și în Austria, în 1884 (Bergthaler 1975). Pentru mai mult de jumătate de secol, au fost dezvoltate și implementate măsuri tehnice de atenuare. Aceste măsuri active, ce reprezintă reacția umană la hazarde, au părut a fi modalitatea potrivită de a face față acestei provocări. Acțiunile integrate împotriva hazardelor naturale au fost limitate înainte de anii 1950 și 1960, când fenomene extreme au avut loc pe extinsă arie în Alpi. Extraordinarele sume guvernamentale allocate pentru startegiile tehnice de a face față acelor fenomene extreme au făcut ca măsurile de reacție tradiționale să devină perimate. Ca urmare, au apărut idei pentru măsuri complementare de protecție pasivă, precum cartografierea hazardelor și restricții în utilizarea terenurilor.

Abia recent, autoritățile responsabile din majoritatea statelor montane europene au dezvoltat modele teoretice de management integrat al riscului, care urmăresc preponderent abordarea inginerească, exprimând riscul ca o funcție a hazardului și a valorilor la risc (Republik Österreich 1975, 1976; Repubblica Italiana 1998; Borter 1999, vezi Relația 1). Astfel, pentru evaluarea riscului este nevoie de informații cu privire la potențialul hazardelor și probabilitatea de apariție a acestora ( $p_{Si}$ ), valorile expuse la risc ( $AO_j$ ) și vulnerabilitatea obiectelor la risc ( $v_{Oj}, Si$ ). Dezvoltarea acestor modele se află în strânsă legătură cu distrugerile considerabile suferite de regiunile montane europene și de ariile submontane limitrofe datorită hazardelor naturale din ultimii ani (Munich Re 2007).

$$R_i, j = f(p_{Si}, AO_j, v_{Oj}, Si) \quad (1)$$

Scopul acestei lucrări este acela de a prezenta strategiile curente de management al alunecărilor de teren în Austria, precum și cel de a evidenția necesitățile viitoare ce privesc întregul cadru de management al riscului. Astfel, accentul nu a fost pus pe măsurile de atenuare permanente sau temporare, implementate de autoritățile publice la nivel național, ci pe măsurile potrivite pentru reducerea riscului la nivel regional, aşa cum este protecția structurală locală a construcțiilor. Mai mult, problema evoluției riscului se reflectă în conceptul de management multi-temporal al riscului.

## 2. Practicile curente de management al hazardelor în Austria

Bazele legale ale acțiunilor privitoare la hazardele naturale în regiunile montane din Austria sunt reglementate la nivel federal prin *Actul Pădurii* (The

According to this law, hazard maps have to be provided to protect settlements and infrastructure against natural hazards; the responsibility for the compilation and implementation of these maps is assigned to the Austrian Service for Torrent and Avalanche Control (WLV), a subsidiary authority of the Austrian Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management (Republik Österreich 1975, § 11 Abs. 1). Further regulations concerning the content, the form and the specific design of hazard maps are defined in the Decree on Hazard Zoning (Republik Österreich 1976). According to this decree, hazard maps provide the basis (1) for any planning and implementation of mitigation measures by the WLV as well as for the prioritisation of these measures, and (2) for any planning activities concerning regional development, land-use and construction engineering. Thus, the overall aim of hazard mapping is (1) to delineate areas endangered by avalanches and landslides including torrent processes, (2) to assess the level of exposure of such areas, and (3) to depict areas used for mitigation measures against these hazards.

Hazard maps are based on a design event with a return period of 150 years and an event occurring more frequently with a return period of 10 years (Republik Österreich 1976). In § 6 of the Decree on Hazard Zoning, the criteria for delimitation of hazard zones is prescribed. According to these prescriptions, red hazard zones indicate areas where the permanent utilisation for settlement and traffic purposes is not possible or only possible with extraordinary efforts for mitigation measures. Yellow hazard zones indicate those areas where a permanent utilisation for settlement and traffic purposes is impaired by hazard processes. Furthermore, specific other areas have to be displayed in the hazard maps: (1) Blue colours mark areas to be provided for future mitigation measures, (2) brown colours indicate areas affected by landslides and rock fall and (3) purple colours indicate areas that can be used as protection due to their natural properties, such as protection forests or natural retention basins.

As far as pure sliding processes and slumps are addressed, the spatial extent of the mass movement has to be described in the hazard map. Currently, there are no regulations for a further classification of such processes. With respect to hillslope debris flows and shallow landslides, the lateral extent has to be included and marked by red colour in the hazard map. Torrent debris flows have to be classified according to their accumulation height of  $< 0.7$  m and  $= 0.7$  m; the respective areas have to be indicated in red and yellow colour in the hazard maps.

According to Equation (1) it becomes apparent that all parameters have a linear influence on the results of risk analyses. The procedure of hazard assessment is methodologically reliable in determining the hazard

**Forest Act - Republik Österreich 1975**) în respectiva versiune curentă. Conform acestei legi, pentru a proteja localitățile și infrastructura împotriva hazardelor naturale trebuie să fie furnizate hărți; responsabilitatea pentru realizarea și implementarea acestor hărți revine Serviciului Austriac pentru Controlul Torenților și Avalanșelor (WLV), o autoritate subsidiară a Ministerului Austriac Federal al Agriculturii, Silviculturii, Mediului și Gospodăririi Apelor (Republik Österreich 1975, § 11 Abs. 1). Reglementările ulterioare referitoare la conținutul, forma și proiectul specific al hărților hazardelor sunt definite în Decretul asupra Zonării Hazardelor (Republik Österreich 1976). În conformitate cu acest decret, hărțile hazardelor furnizează baza (1) pentru planificarea și implementarea oricăror măsuri de atenuare, de către WLF, precum și pentru prioritizarea acestor măsuri și (2) pentru orice activități de planificare referitoare la dezvoltarea regională, utilizarea terenurilor și ingineria construcțiilor. Astfel, scopul general al cartografierii hazardelor este (1) de a delimita ariile expuse avalanșelor și alunecărilor, inclusiv proceselor toreanțiale, (2) de a evalua nivelul expunerii acestor arii și (3) de a descrie ariile folosite pentru măsurile de atenuare a acestor hazarde.

Hărțile hazardelor se bazează pe un eveniment determinat, ce are o perioadă de reîntoarcere de 150 ani și pe un eveniment ce se produce mai frecvent, având o perioadă de reîntoarcere de 10 ani (Republik Österreich 1976). Criteriile pentru delimitarea zonelor cu hazard sunt cuprinse în § 6 al Decretului asupra Zonării Hazardelor. Conform acestor prevederi, zonele roșii indică ariile unde locuirea sau transportul nu sunt posibile, ori se pot realiza doar cu eforturi extraordinare pentru măsuri de atenuare. Zonele galbene indică acele areale în care hazardele pun în primejdie traficul sau locuirea permanentă. Mai mult, alte areale specifice trebuie să fie prezентate pe hărțile hazardelor: (1) albastrul marchează acele arii ce trebuie avute în vedere pentru viitoarele măsuri de atenuare, (2) nuanțele de maro indică arealele afectate de alunecări de teren și de căderi de pietre și (3) purpuriul indică arealele ce pot fi folosite ca protecție, datorită trăsăturilor lor naturale, în această categorie fiind cuprinse pădurile de protecție sau bazinile de retenție naturale.

Atunci când se face referire la procesele pure de alunecare sau la prăbușiri, extinderea spațială a deplasării trebuie să fie descrisă în harta hazardelor. În prezent, nu există reglementări pentru o clasificare suplimentară a acestor procese. Cât privește curgerile de sedimente de pe versanți și alunecările superficiale, extensiunea laterală trebuie să fie inclusă în harta hazardelor, fiind marcată cu roșu. Curgerile toreanțiale de sedimente trebuie să fie clasificate în funcție de înălțimea acumulației lor de  $< 0,7$  m și  $= 0,7$  m; ariile respective trebuie să fie indicate în hărțile hazardelor prin culorile roșu și galben.

Conform Relației (1), devine evident faptul că toți

potential and the related probability of occurrence (pSi) by studying, modelling, and assessing individual processes and defined design events (Kienholz and Krummenacher 1995; Heinimann et al. 1998). So far, little attention has been given to the damage potential (AOj) affected by hazard processes, particularly concerning spatial patterns and temporal shifts. Furthermore, studies related to the vulnerability of the object (vOj, Si) to a defined scenario have predominantly been carried out so far as proposals to determine the risk of property and human life with the focus on a specific location and a specific point in time (Heinimann et al. 1998; Borter 1999; Barbolini et al. 2004; Fuchs et al. 2007a, b).

Socioeconomic developments in the human-made environment led to an asset concentration and to a shift in urban and suburban population in European mountain regions. Thus, the temporal variability of damage potential is an important key variable in the consideration of risk. Recently, conceptual studies related to the temporal variability of damage potential exposed to hazards have been carried out, focusing both, the long-term and the short-term temporal evolution of indicators (Fuchs et al. 2005; Keiler et al. 2005; Zischg et al. 2005; Keiler et al. 2006a). Furthermore, owing to the requirement of economic efficiency of public expenditures on mitigation measures, there is a need for a precautionary, sustainable dealing with natural hazard phenomena, taking into account particularly the values at risk (Benson and Clay 2004; Dilley et al. 2005; Johnson et al. 2005; Fuchs et al. 2007c).

### **3. Assessment of values at risk**

Currently, only few conceptual suggestions and operational methods are available for the comprehensive assessment of values at risk endangered by natural hazards (Wilhelm 1997; Heinimann et al. 1998). Accordingly, the evaluation of damage potential is often based on subjective estimations rather than on widely-accepted standardised approaches. Hence, results of such assessments are rarely comparable and do not necessarily mirror the actual situation satisfactorily. With respect to integral risk management, the assessment of values at risk has to be based on a spatially explicit valuation using GIS techniques. Thus, the following procedures outlined in Borter (1999) and further developed by Keiler et al. (2006 b) are recommended for an area-wide application in European mountain regions with respect to persons, infrastructure lines and buildings at risk.

The basis for this procedure is a digitised layer of the values at risk, e.g. a building shapefile originating from orthophotos and information extracted from the land register plan. The surface covered by buildings provides the source for any further economic valuation. This valuation is

parametrii au o influență liniară asupra rezultatelor analizelor de risc. Procedura de evaluare a hazardelor este fiabilă, din punct de vedere metodologic, în determinarea potențialului hazardelor și a probabilității lor de apariție (pSi), prin studierea, modelarea și evaluarea unor procese individuale și a unor evenimente stabilite (Kienholz și Krummenacher 1995; Heinimann et al. 1998). Până în prezent, a fost acordată o atenție redusă elementelor potențial afectate de hazarde (AOj) și în mod special modelelor lor spațiale și schimbărilor temporale. Mai mult, au fost realizate predominant studii cu privire la vulnerabilitatea obiectului (vOj, Si) în cadrul unui scenariu determinat, ca propuneri pentru determinarea riscului la care sunt supuse bunurile materiale și viața omului, accentul fiind pus pe coordonate clare de spațiu și timp (Heinimann et al. 1998; Borter 1999; Barbolini et al. 2004; Fuchs et al. 2007a, b).

Dezvoltarea socioeconomică a condus la o concentrare de bunuri materiale și la o modificare a populației urbane și suburbane din regiunile montane europene. Astfel, modificarea temporală elementelor potențial afectate reprezintă o variabilă cheie în analiza riscului. Recent, au fost realizate studii conceptuale referitoare la variabilitatea temporală a elementelor potențial afectate de hazarde, atenția concentrându-se asupra evoluției temporale a indicatorilor atât pe termen lung, cât și pe termen scurt (Fuchs et al. 2005; Keiler et al. 2005; Zischg et al. 2005; Keiler et al. 2006a). În plus, în condițiile eficienței economice a cheltuielilor publice cu măsurile de atenuare, există necesitatea abordării durabile, preventive a hazardelor naturale, ținând seama în mod special de valorile la risc (Benson și Clay 2004; Dilley et al. 2005; Johnson et al. 2005; Fuchs et al. 2007c).

### **3 Evaluarea elementelor la risc**

În prezent, un număr redus de sugestii conceptuale și metode operaționale sunt disponibile pentru evaluarea cuprinzătoare a elementelor la risc, amenințate de hazardele naturale (Wilhelm 1997; Heinimann et al. 1998). În consecință, evaluarea pagubelor potențiale se realizează adesea pe baza unor estimări subiective și nu a unor abordări standardizate general-acceptate. Prin urmare, rezultatele acestor evaluări sunt rareori comparabile și nu oglindesc satisfăcător starea de fapt. Cât privește managementul integral al riscului, evaluarea valorilor la risc trebuie să se bazeze pe o expertiză spațială explicită, utilizând tehnici GIS. Următoarele proceduri subliniate de Borter (1999) și dezvoltate de Keiler et al. (2006 b) sunt recomandate pentru aplicarea la scară largă în regiunile montane europene, în ceea ce privește populația, liniile de infrastructură și construcțiile supuse la risc.

Baza acestei proceduri este reprezentată de un layer digitizat cuprinzând elementele la risc, spre exemplu un shapefile al construcțiilor, realizat pe baza ortofotoplaurilor și a informațiilor extrase din planurile de amenajare a teritoriului. Suprafața ocupată de clădiri

carried out by means of average reconstruction values for different building categories, multiplied by further characteristics of these buildings such as building height and technical equipment, see Table 1. The number of persons at risk is derived from the number of households per building and multiplied by the average number of persons per household, e.g. by using information from the respective national statistical offices. If a considerable amount of values at risk is comprised by tourist infrastructure, the number of tourists being present in endangered buildings could be derived from the number of beds in the hotel and restaurant industry, multiplied by the respective rate of occupation.

oferează sursa oricărei evaluări economice ulterioare. Această evaluare este realizată cu ajutorul valorilor medii de reconstrucție pentru diferite categorii de clădiri, multiplicate cu alte caracteristici ale acestor clădiri, precum înălțimea și echiparea tehnică (vezi Tabelul 1). Numărul persoanelor la risc derivă din numărul gospodăriilor/construcție și este multiplicat cu numărul mediu de personae/gospodărie, de exemplu prin utilizarea informațiilor de la respectivele birouri statistice naționale. Dacă infrastructura turistică cuprinde o parte considerabilă a valorilor la risc, numărul turiștilor prezenți în clădirile periclitante poate fi derivat din numărul de paturi din rețeaua hotelieră și de restaurante, multiplicat cu respectiva rată de ocupare.

**Table no. 1 / Tabelul nr. 1**  
**Average reconstruction values for buildings in Austria applied in the GIS-based assessment of values at risk (Keiler et al. 2006b:122) / Valorile medii de reconstrucție pentru clădirile din Austria aplicate în evaluarea pe bază GIS a valorilor la risc (Keiler et al. 2006b:122)**

Type of building/ Tipul de cădire	Floor height [m]/ Înălțimea etajului [m]	Number of floors/ Număr de etaje	Value/m <sup>3</sup> [€]/ Valoare/m <sup>3</sup> [€]
Detached house/ Casă individuală	2.8	3.5	350
Apartment building/ Clădire cu apartamente	2.8	4.0	385
Hotel/Hotel	3.0	5.0	528
B&B/Pensiune	3.0	3.5	435
Restaurant/Restaurant	3.0	3.0	399
Public building/ Clădire publică	3.5	3.5	406
Office/Birou	3.5	1.0	342
Shop/Magazin	4.0	1.0	330
Garage/Garaj	4.0	1.0	212
Barn/Hambar	2.8	1.0	200
Haystack/Stog	6.8	1.0	94
Indoor swimming pool/ Piscină interioară	6.0	1.0	601
Gym/ Sală de gimnastică	6.0	1.0	160
Carpark/Parcare	2.8	1.0	235

As a result, a relational database is developed within the GIS environment, containing spatially precise information on the economic value of buildings at risk, and the number of inhabitants and tourists. If necessary, people at risk can be further evaluated using economic techniques such as the human capital approach (Fuchs and McAlpin 2005), a well established method derived from the insurance industry (e.g., Pommerehne and Römer 1992; Leiter and Pruckner 2005). A similar approach is recommended for infrastructure lines in Zischg et al. (2004) based on earlier works by Wilhelm (1997). Hence, the damage potential is monetised and can be further processed with respect to the risk equation (Equation 1). Therefore, information on the vulnerability of values at risk is necessary.

În consecință, o bază de date relațională este realizată în mediul GIS, prezintând spațial informații clare asupra valorii economice a clădirilor la risc și asupra numărului de locuitori și turiști. Dacă este necesar, populația la risc poate fi ulterior evaluată prin utilizarea unor tehnici economice, precum abordarea capitalului uman (Fuchs și McAlpin 2005), o metodă bine stabilită, derivată din industria asigurărilor (Pommerehne și Römer 1992; Leiter și Pruckner 2005). O abordare similară este recomandată pentru liniile de infrastructură în Zischg et al. (2004), pe baza unor lucrări anterioare ale lui Wilhelm (1997). În consecință, elementelor potențial păgubite li se atribuie valoare monetară și pot fi ulterior analizate în relație cu ecuația riscului (Relația 1). Așadar, sunt necesare informațiile cu privire la vulnerabilitatea valorilor la risc.

#### **4. Assessment of vulnerability**

From a natural science perspective, vulnerability is usually considered as a function of a given process intensity towards physical structures, and is therefore related to the susceptibility of elements at risk. Thus, vulnerability – often referred to as ‘technical’ or ‘physical’ vulnerability in this context – is defined as the expected degree of loss for an element at risk as a consequence of a certain event (Fell 1994; Varnes 1984). Consequently, the vulnerability value ranges from 0 (no damage) to 1 (complete destruction). Its assessment involves in many cases the evaluation of several different parameters and factors such as building materials and techniques, state of maintenance, presence of protection structures, presence of warning systems and so on (Fell 1994; Fell and Hartford 1997). On the impact side, empirical process parameters such as the intensity have to be analysed based on theories of probability, which is usually undertaken by mapping the geomorphologic disposition and the extent of previous events, and by modelling (defined design) events. Even if the latter perspective of vulnerability has been subject to extensive research and practical application for the last decades, considerable gaps still exist with respect to standardised equations allowing for a wider application of technical vulnerability assessments (Glade 2003; Fuchs et al. 2007a, b). This has to be attributed to the overall lack of data, in particular concerning losses caused by mountain hazards, often as a result of missing empirical quantification. Recently, promising approaches for a quantification of vulnerability have been made by Wilhelm (1997), Borter (1999) and Barbolini et al. (2004) with respect to avalanches and rock fall processes, respectively. However, sound suggestions for landslides and torrent processes are still outstanding, even if these processes caused major losses in the Alps in recent years (Fraefel et al. 2004; Fuchs et al. 2007 a; Romang et al. 2003).

A review of existing approaches with respect to landslide risk assessment is provided by Glade (2003) and Fuchs et al (2007a), and summarised with respect to landslides and torrent processes in Table 2. The approaches for the evaluation of vulnerability vary significantly in detail of analysis and resulting numerical values. Although vulnerability is part of consequence evaluation, many approaches do neither specify the type of process they are applicable to (e.g., landslides, debris flows, hyperconcentrated flows), nor the physical mechanisms (e.g., travel distance) or the structural resistance of an endangered object. In particular, information on the process intensity is often missing and is therefore only described semi-quantitatively. Moreover, in none of the studies the universal set and the sample taken for empirical calculations were clearly specified.

Recent studies by Fuchs et al. (2007a, b) suggested

#### **4. Evaluarea vulnerabilității**

Din perspectiva științelor naturale, vulnerabilitatea este, în mod obișnuit, văzută ca o funcție a intensității unui proces dat asupra structurilor fizice, fiind, aşadar, legată de susceptibilitatea elementelor la risc. Astfel, vulnerabilitatea – adesea numită vulnerabilitate „tehnică” ori „fizică” în acest context – reprezintă gradul așteptat de pierderi pentru un element la risc, ca urmare a unui anumit eveniment (Fell 1994; Varnes 1984). În consecință, valoarea vulnerabilității variază de la 0 (nici o pagubă) la 1 (distrugere completă). Evaluarea sa implică, în multe cazuri, estimarea mai multor parametri și factori diferenți, precum materialele și tehnicele de construcție, starea de întreținere, prezența structurilor de protecție, a sistemelor de alarmare și.a. (Fell 1994; Fell și Hartford 1997). În ceea ce privește impactul, parametrii empirici ai procesului, precum intensitatea, trebuie să fie analizați pe baza unor teorii ale probabilității, aceasta realizându-se, de obicei, prin cartografierea disponerii geomorfologice și a proporțiilor evenimentelor anterioare și prin modelarea evenimentelor. Chiar dacă această ultimă perspectivă a vulnerabilității a fost subiectul unor ample cercetări și aplicații practice pe parcursul ultimelor decenii, există încă goluri considerabile în ceea ce privește ecuațiile standardizate care permit o mai largă aplicare a evaluării vulnerabilității tehnice (Glade 2003; Fuchs et al. 2007 a, b). Această situație trebuie pusă pe seama lipsei generale de date, în particular referitoare la pagubele cauzate de hazarde în zonele montane, adesea ca urmare a lipsei cuantificării empirice. Recent, abordări promițătoare pentru o cuantificare a vulnerabilității - respectiv cu privire la avalanșe și la căderile de roci - au fost realizate de către Wilhelm (1997), Borter (1999) și Barbolini et al. (2004). Totuși, sugestiile solide referitoare la alunecările de teren și la procesele de torrent sunt încă insuficiente, chiar dacă aceste procese au cauzat pierderi majore în Alpi, în ultimii ani (Fraefel et al. 2004; Fuchs et al. 2007 a; Romang et al. 2003).

O prezentare a abordărilor existente referitoare la evaluarea riscului la alunecări este oferită de Glade (2003) și Fuchs et al (2007a); Tabelul 2 prezintă un rezumat al acesteia, cu privire specială asupra proceselor de alunecare și de torrent. Abordările referitoare la evaluarea vulnerabilității variază în mod semnificativ în detaliul analizei și în valorile numerice rezultate. Deși vulnerabilitatea este parte a evaluării consecințelor, numeroase abordări nu precizează tipul procesului la care sunt aplicabile (de exemplu, alunecări de teren, curgeri de sedimente, curgeri hiperconcentrate) și nici mecanismele fizice (de exemplu, distanța deplasării) sau rezistența structurală a unui obiect expus pericolului. În particular, lipsesc adesea informațiile despre intensitatea proceselor, descrierea fiind, aşadar, realizată numai semi-cantitativ. Mai mult, setul general și mostrelle luate pentru calcule empirice nu au fost clar specificate în niciun studiu.

Studii recente realizate de Fuchs et al. (2007a, b)

that the vulnerability for buildings located on a torrent fan will be overestimated if such values are applied during the assessment of risk. Furthermore, vulnerability is considerably decreased if local structural protection measures are implemented.

However, further studies are needed in order to enhance the database on losses resulting from landslides, and to enable the development of a vulnerability function applicable on different spatial scales. Until now, standardised values for average loss are used instead by WLV for the operational application within cost-benefit analyses for protective measures (BMLFUW 2005). Following these guidelines, the uniform damage of average buildings resulting from landslides is estimated to be € 28,800. However, there is some evidence from recently analysed data that these average values do not mirror the vulnerability of buildings towards landslides precisely with high accuracy (Fuchs et al. 2007a).

au sugerat faptul că vulnerabilitatea clădirilor situate pe conul de dejecție al unui torrent va fi supraestimată dacă asemenea valori sunt aplicate în timpul evaluării riscului. Mai mult, vulnerabilitatea scade considerabil dacă sunt implementate măsuri structurale de protecție la nivel local.

Cu toate acestea, sunt necesare și alte studii pentru a spori baza de date referitoare la pierderile cauzate de alunecările de teren și pentru a face posibilă dezvoltarea unei funcții a vulnerabilității care să poată fi aplicată la diferite scări spațiale. Până acum, valori standardizate pentru pierderile medii au fost folosite de WLV pentru aplicarea operațională în analizele cost-beneficiu pentru măsurile de protecție (BMLFUW 2005). Urmând aceste linii directoare, pierderile uniforme cauzate de alunecări care au afectat clădirile medii sunt estimate la 28 800 €. Totuși, datele recent analizate dovedesc faptul că aceste valori medii nu oglindesc cu exactitate vulnerabilitatea clădirilor la alunecări (Fuchs et al. 2007a).

**Table no. 2 / Tabelul nr. 2**  
**Compilation of different suggestions related to an assessment of vulnerability of structural elements with respect to landslides and torrent processes (Fuchs et al. 2007a:500) /**  
**Compilație a diferitelor sugestii referitoare la o evaluare a vulnerabilității elementelor structurale cu privire la procesele de alunecare și de torrentialitate (Fuchs et al. 2007a:500)**

Vulnerability/Vulnerabilitate	qualitative/ calitativă	Intensity/Intensitate							
		qualitative/calitativă				(semi)-quantitative/(semi)-cantitativă			
		low/ mică	medium/ medie	high/ mare	very high/ foarte mare	low/ mică	medium/ medie	high/ mare	very high/ foarte mare
		not specified/ nespecificată	not specified/ nespecificată	not specified/ nespecificată	not specified/ nespecificată	not specified/ nespecificată	$h < 1 \text{ m or } v < 1 \text{ m/s}$ $h < 1 \text{ m sau } v < 1 \text{ m/s}$	$h > 1 \text{ m and } v > 1 \text{ m/s}$ $h > 1 \text{ m și } v > 1 \text{ m/s}$	not specified/ nespecificată
	(1) Leone et al. (1995/1996); Finlay (1996)	not linked to process intensity/ nu este legată de intensitatea procesului							
	(2) Cardinali et al. (2002)	superficial/ superficială	functional/ functională	structural/ structurală	structural/ structurală				
	(3) Fell and Hartford (1997)	0.1	0.4	0.7	1.0				
	(4) Michael-Leiba et al. (2003)	0.1 (distal)		1.0 (proximal)					
	(5) Bell and Glade (2004)	0.1	0.2	0.5	not specified/ nespecificată				
	(6) Romang (2004)	not specified/ nespecificată	0.1 – 0.2	0.5	not specified/ nespecificată				
	(7) Borter (1999) [for channel debris flows/pentru curgerile de sedimente pe văi]					not specified/ nespecificată	0.1	0.5	not specified/ nespecificată

## 5. Protective measures

In Austria, strategies to prevent or to reduce the effects of natural hazards in areas of settlements and economic activities trace back in the mediaeval times; official authorities were only founded in 1884 (Länger 2003) based on a first legal regulation (Österreichisch-Ungarische Monarchie 1884). In the second half of the 19<sup>th</sup> and in the early 20<sup>th</sup> century, protection against natural hazards was mainly organised by implementing permanent measures in the upper parts of the catchments to retain solids from erosion and in the release areas of avalanches. These measures were supplemented by silvicultural efforts to afforest high altitudes. Since the 1950s such conventional mitigation concepts – which aimed at decreasing both, the intensity and the frequency of

## 5. Măsuri de protecție

În Austria, strategiile pentru prevenirea sau reducerea efectelor hazardelor naturale în ariile destinate locuirii sau activităților economice datează din perioada medievală; autoritățile oficiale au apărut abia în 1884 (Länger 2003), pe baza unei prime reglementări oficiale (Österreichisch-Ungarische Monarchie 1884). În cea de-a doua parte a secolului al XIX-lea și în prima parte a următorului secol, protecția împotriva hazardelor naturale a fost organizată îndeosebi prin implementarea măsurilor permanente în partea superioară a bazinelor de alimentare, pentru a împiedica eroziunea solului, precum și în ariile afectate de avalanșe. Aceste măsuri au fost suplimentate prin eforturi de împădurire a ariilor aflate la altitudini mari. Din 1950, acestor concepte convenționale de atenuare –

events – were increasingly complemented by more sophisticated technical mitigation measures. Until the 1970s, mitigation concepts mainly aimed at the deflection of hazard processes into areas not used for settlements.

### **5.1 Conventional mitigation within the framework of integral risk management**

In the Republic of Austria, conventional mitigation of natural hazards institutionally originates from the 1890s when the French system of forest-technical torrent and avalanche control was adopted. Watershed management measures, forest-biological and soil bio-engineering measures, as well as technical measures (construction material: timber and stone masonry) had been implemented. Thus, conventional mitigation concepts only consider technical structures within the catchment, along the channel system or track and in the deposition area. According to the approach of disposition management (reducing the probability of occurrence of natural hazards) and event management (interfering the transport process of the hazard itself), a wide range of technical measures is applicable (Hübl and Fiebiger 2005).

Conventional technical measures against landslides, such as deflection and retention walls and dams, as well as torrential barriers against torrent related mass movements, are not only very cost-intensive in construction, moreover, they interfere with the ecology of the adjacent landscape (e.g., Belský and Jarabáć 2004; Mayer 2004; Rudolf-Miklau and Patek 2004). Additionally, because of a limited lifetime and therefore an increasing complexity of maintenance in high-mountain regions, future feasibility of technical structures is restricted due to a scarceness of financial resources provided by responsible authorities (Weinmeister 2005). If maintenance is neglected, mitigation measures will become ineffective and can even increase the catastrophic potential of natural hazards. Since conventional technical measures do neither guarantee reliability nor complete safety (Schmid 2005), a residual risk of damage to buildings, infrastructure and harm to people remains.

Experiences from last years suggested that values at risk and spatial planning should be increasingly considered within the framework of natural hazard reduction (Kanonier 2006). To meet this goal, integral risk management strategies seem to be a valuable instrument to reduce the susceptibility of buildings and infrastructure to natural hazards and to develop strategies for a strengthened resistance, above all by means of local protection measures.

### **5.2 Local protection measures**

Besides conventional technical mitigation measures, structural precaution is achieved by an adapted construction design and the appropriate use of an object. Structural precaution is the main

care aveau scopul de a scădea atât intensitatea cât și frecvența evenimentelor – li s-au adăugat tot mai mult măsuri tehnice de atenuare mai sofisticate. Până în 1970, concepțile de atenuare tineau mai ales spre devierea hazardelor în ariile nefolosite pentru locuire.

### **5.1 Atenuarea convențională în cadrul managementului integral al riscului**

În Republica Austria, atenuarea convențională a hazardelor naturale datează, la nivel instituțional, din 1890, când a fost adoptat sistemul francez de control forestier-tehnic al torenților și avalanșelor. Au fost implementate măsuri de management al cumpenei de ape, măsuri forestier-biologice și de bio-ingineria solului, precum și măsuri tehnice (materialele de construcții: zidărie de piatră și lemn). Astfel, concepțile convenționale de atenuare au în vedere numai structurile tehnice situate în bazin, de-a lungul căilor de transport sau din aria de depozitare. Conform abordării care are în vedere managementul disponerii (reducerea probabilității de apariție a hazardelor naturale) și managementul evenimentelor (intervenția în procesul de transport al hazardului), se pot aplica măsuri tehnice variate (Hübl și Fiebiger 2005).

Măsuri tehnice convenționale împotriva alunecărilor de teren, precum construirea de pereti și diguri de deviere și retenție, dar și bariere torențiale împotriva deplasărilor în masă asociate torenților, sunt costisitoare ca preț de construcție și intervin în ecologia peisajului adiacent (de exemplu, Belský și Jarabáć 2004; Mayer 2004; Rudolf-Miklau și Patek 2004). În plus, datorită unei durate de viață limitată și, deci, a unei tot mai complexe întrețineri în regiunile montane înlalte, posibilitățile viitoare de realizare a structurilor tehnice sunt restrânsă din cauza lipsei resurselor financiare furnizate de către autoritățile responsabile (Weinmeister 2005). Dacă se neglijază întreținerea, măsurile de atenuare vor deveni ineficiente și pot chiar crește potențialul distructiv al hazardelor naturale. De vreme ce măsurile tehnice convenționale nu garantează siguranța completă și nici nu oferă o garanție solidă (Schmid 2005), rămâne un anumit risc de distrugere a clădirilor, a infrastructurii și de afectare a populației.

Experiențele din ultimii ani sugerează faptul că elementele la risc și amenajarea teritoriului ar trebui tot mai mult avute în vedere în cadrul reducerii hazardelor naturale (Kanonier 2006). Pentru atingerea acestui scop, strategiile de management integral al riscului par să fie un instrument valoros pentru reducerea susceptibilității clădirilor și a infrastructurii la hazardele naturale și pentru dezvoltarea strategiilor de creștere a rezistenței, mai ales prin intermediul măsurilor de protecție la nivel local.

### **5.2 Măsuri de protecție la nivel local**

Alături de măsurile tehnice convenționale de atenuare, precauția structurală este obținută printr-un proiect de construcție adaptat și prin utilizarea adecvată a unui obiect. Precauția structurală este

application domain for local structural measures, since the individual vulnerability of buildings can be fundamentally decreased by strengthening e.g. brick walls with reinforced concrete components, and/or the adopted interior design of the different rooms according to occupancy time and hazard potential. A well organised utilisation of the rooms can influence the vulnerability and, as a result, the risk considerably (Holub and Hübl 2007).

principalul domeniu de aplicare a măsurilor structurale locale, de vreme ce vulnerabilitatea individuală a clădirilor poate fi fundamental scăzută prin fortificare (de exemplu, pereții de cărămidă cu elemente de beton armat și/sau planul interior al diferitelor încăperi adaptat la timpul de ocupare și potențialul hazardelor). O bună organizare a folosirii încăperilor poate influența considerabil vulnerabilitatea și, deci, riscul (Holub și Hübl 2007).

**Table no. 3 / Tabelul nr. 3**  
**Local structural measures for new buildings as well as for an upgrade of existing objects with respect to possible impacts of landslides / Măsuri structurale locale pentru clădiri noi, precum și pentru îmbunătățirea obiectelor existente în vederea posibilului impact al alunecărilor de teren**

Relevant impact/ Impact relevant	Objective/ Obiectiv	Local structural measure/ Măsură structurală locală	New building/ Cladire nouă	Upgrade building/ Îmbunătățiri
Edangering the stability of the exposed object/ Pune în pericol stabilitatea obiectului expus	Prevention of general damages/ Prevenirea pagubelor generale	Stabilising sliding masses (supporting elements, vegetation)/Stabilizarea maselor în alunecare (elemente de susținere, vegetație)	+	+
		Drainage of sliding masses/Drenarea maselor în alunecare	+	+
	Prevention of damage to outwalls/ Prevenirea pagubelor la pereții exteriori	Strengthening of exposed walls (reinforced concrete)/ Consolidarea pereților expuși (beton armat)	+	-
		Reinforced facing formwork/Schelet armat în partea expusă riscului	+	+
	Prevention of damage on intermediate ceilings/ Prevenirea pagubelor la plafonanele intermediiare	Strengthening of intermediate ceilings/Consolidarea plafonanelor intermediiare	+	-
		Static separation of structural levels/Separarea statică a nivelerelor structurale	+	-
		Static separation of outbuilding/Separarea statică a dependințelor	+	-
	Subsidence, tilting, translational displacement/ Subsidență, înclinare, deplasare translațională	Strengthened bedplate with cellar by reinforced concrete/ Fundăție consolidată, cu pivniță din beton armat	+	-
		Deflection of load to stagnant ground/Devierarea încărățării spre terenuri stabile	+	-
		Non-stop reinforcement from bedplate to wall/Consolidare continuă, de la fundație la perete	+	-
Intrusion of sliding solids/ Intruziunea a solidelor care alunecă	Prevention of damage due to mechanical demolition and contamination/ Prevenirea pagubelor cauzate de distrugerea mecanică și de contaminare	Lightweight constructions by timber/Construcții ușoare, din lemn	+	-
		No openings in exposed walls/Pereții expuși nu prezintă deschideri	+	-
		Small windows (located far above ground level)/Fereștri mici (situate mult deasupra nivelului solului)	+	-
		Impact protection for windows (massive shutter)/ Protejarea ferestrelor la impact (obloane massive)	+	-
		Concept of internal and external use of the object/ Conceptul folosirii interne și externe a obiectului	+	+
		Combination of protection measures/ Combinarea măsurilor de protecție	+	+
		Constructive easily feasible/Ușor de construit	+	
		Constructive hardly feasible/Greu de construit		-
		Constructive not feasible/Imposibil de construit		-

The principles of planning and implementation of local structural measures to reduce vulnerability against natural hazards are neither highly sophisticated nor very innovative. However, the performance of local structural measures is often neglected or even ignored following the proverb that cheap solutions cannot be effective. Generally, local structural measures are “the afterthought of a tragedy rather than a forethought of prevention” and are “developed based on individual experiences more than scientific knowledge” (IBHS 2005). Besides, in relation to the potential damage caused by natural hazards, the construction of local structural measures seems to be reasonable, in particular if renewal or reconstruction is planned (FEMA 1998).

Some basic principles should be considered for the

Principiile planificării și implementării măsurilor structurale locale pentru reducerea vulnerabilității la hazardele naturale nu sunt nici foarte sofisticate, nici inovatoare. Totuși, performanțele măsurilor structurale locale sunt adesea neglijate sau ignorate, după zicala conform căreia soluțiile ieftine nu pot fi eficiente. În general, măsurile structurale locale reprezintă „regretul de după o tragedie și nu planul de prevenire a acesteia” și sunt „dezvoltate pe baza experiențelor individuale, mai mult decât pe baza informațiilor științifice” (IBHS 2005). Pe lângă aceasta, în legătură cu potențialele pagube cauzate de hazardele naturale, luarea de măsuri structurale locale pare a fi rezonabilă, mai ales dacă se plănuiesc lucrări de înnoire sau reconstrucție (FEMA 1998).

Pentru implementarea măsurilor structurale locale trebuie avute în vedere câteva principii de bază:

implementation of local structural measures:

1. Knowledge of the interactions between all the possible hazard processes within the area concerned is required.

2. Spatial measures should be preferred to structural measures. The most effective way to avert the impact of natural hazards to damage potential is to keep the affected areas clear of values at risk.

3. Permanent measures should be preferred to mobile equipment. Due to high transport velocities of mountain mass movements and a short lead time for reaction, mobile mitigation measures cannot provide the same safety level than fix installed protective systems since they need a certain amount of time for installation.

4. Damage to third parties is not acceptable; hence, local structural protection must not cause negative impacts to adjacent or downstream riparian owners' values at risk.

5. Combination of miscellaneous local structural measures decreases considerably the vulnerability.

Local structural measures can be distinguished and classified in various ways, i.e., according to the applicability for protection against the hazard process, the location with respect to the protected object, as well as the type of construction and material used; a further differentiation is possible whether the local structure is of permanent or temporary use (Holub and Hübl 2007).

The following catalogue of local structural measures used in the European alpine regions represents an overview of existing and well-established protective techniques against landslides and aims at increasing the resistance of buildings planned and constructed in the future. Consequently, the catalogue might be a valuable tool to decrease the susceptibility of loss – in particular for consultants and practitioners.

Impacts originating from the dynamic or static load of sliding material endanger the stability of a building (Fig. 1), in particular with respect to translational slumps. Several local structural measures can be implemented, the most popular are described in Table 3. Two strategies mitigating losses due to land slides can be pursued, (1) stabilising unstable soil layers to prevent the initiation of mass movements, and (2) deflecting and/or retaining of already triggered masses.

Considering the catalogue of local structural measures to protect buildings against landslides, selected examples of protection measures such as soil bio-engineering and soil-nailing are presented in Figures 2 and 3. Moreover, the stabilisation of sliding masses is strongly supported by an efficient drainage system installed in the subsurface layers (Fig. 4). Instable and mobile masses can be deflected by suitable facilities (Figures 5 and 6) constructed from appropriate materials, such as earth-filling, timber, gabions, stone masonry and reinforced concrete.

1. Este necesară cunoașterea interacțiunilor dintre toate hazardele posibile din aria de interes.

2. Măsurile spațiale ar trebui preferate celor structurale. Calea cea mai eficace pentru reducerea potențialelor pagube cauzate de impactul hazardelor naturale este aceea de a îndepărta elementele la risc din ariile afectate.

3. Măsurile permanente trebuie preferate echipamentelor mobile. Datorită vitezelor mari de transport asociate deplasărilor în masă din ariile montane și timpului scurt de reacție, măsurile de atenuare prin echipamente mobile nu pot asigura același nivel de siguranță ca sistemele de protecție fixe, de vreme ce primele necesită un anumit timp pentru instalare.

4. Nu este acceptabil prejudiciul adus terților; în consecință, protecția structurală locală nu trebuie să aibă impact negativ asupra elementelor la risc deținute de populația din ariile adiacente sau din aval.

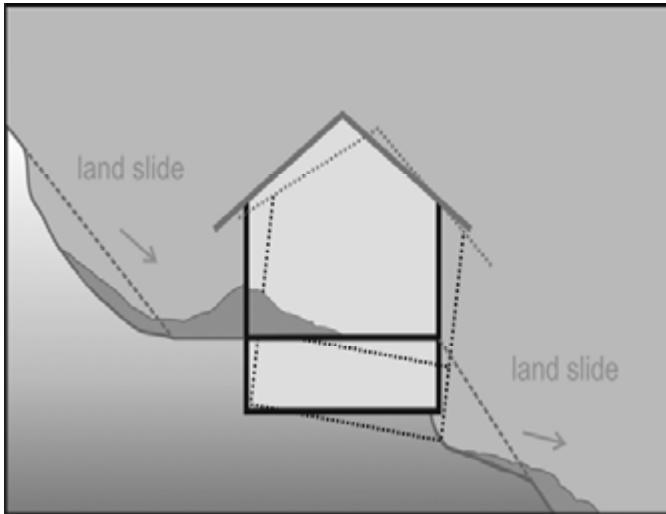
5. Combinarea diverselor măsuri structurale locale scade considerabil vulnerabilitatea.

Măsurile structurale locale pot fi diferențiate și clasificate în variate moduri, în funcție de aplicabilitatea pentru protecția împotriva hazardelor, de locația în raport cu obiectul protejat, precum și de tipul de construcție și materialul utilizat; o diferențiere ulterioară este posibilă dacă structura locală se folosește permanent sau temporar (Holub și Hübl 2007).

Următorul catalog de măsuri structurale locale folosite în regiunile alpine europene constituie o prezentare generală a tehniciilor de protecție existente și binecunoscute împotriva alunecărilor de teren; acesta are scopul de a crește rezistența clădirilor proiectate și construite în viitor. În consecință, catalogul ar putea fi un instrument valoros pentru scăderea susceptibilității pierderilor – în mod special pentru consultanti și specialiști.

Impactul care își are originea în presiunea dinamică sau statică a materialului ce aluneca pune în pericol stabilitatea unei clădiri (Fig. 1), în special în raport cu prăbușirile de translație. Pot fi implementate câteva măsuri structurale locale, cele mai cunoscute fiind descrise în Tabelul 3. Se pot urma două strategii de reducere a pierderilor generate de alunecări de teren: (1) stabilizarea stratelor de sol instabile, pentru a preveni declanșarea mișcărilor în masă și (2) devierea și/sau reținerea maselor deja în mișcare.

Având în vedere catalogul măsurilor structurale locale pentru protecția clădirilor împotriva alunecărilor de teren, în Fig. 2 și 3 sunt prezentate exemple selectate de măsuri de protecție, precum bio-ingineria solului și fixarea solului. Mai mult, stabilizarea maselor în alunecare este puternic susținută de un sistem de drenaj eficient, instalat în stratele subterane (Fig. 4). Masele instabile sau mobile pot fi deviate prin instalații potrivite (Fig. 5 și 6), construite din materiale adecvate, precum umplutura de pământ, lemn, gabioane, zidărie de piatră și beton armat.



**Fig. 1. Damage patterns to buildings due to landslides /**  
**Model de avariile aduse clădirilor de alunecările de teren**



**Fig. 2. New building and upgrade: Soil bioengineering measures to stabilise unsteady slopes (courtesy of Rankka, 2005)/**  
**Clădire nouă și îmbunătățiri: Măsuri de bio-ingineria solului pentru stabilizarea versanților (Rankka, 2005)**



**Fig. 3. New building and upgrade: Soil nailing measures to stabilise unsteady slopes (courtesy of Rankka, 2005)/**  
**Clădire nouă și îmbunătățiri: Măsuri de fixare a solului pentru stabilizarea versanților instabili (Rankka, 2005)**



**Fig. 4. Enclosing structures: Drainage system to stabilise the sliding layers of the slope/**  
**Structuri de împrejmuire: Sistem de drenaj pentru stabilizarea stratelor care se deplasează pe versant**



**Fig. 5. New building and upgrade: Splitting wedge for splitting and deflecting mass movements/**  
**Clădire nouă și îmbunătățiri: Construcție pentru separarea și devierea maselor în mișcare**



**Fig. 6. New building and upgrade: Deflection wall /**  
**Clădire nouă și îmbunătățiri: Perete de deviere**

## **6. Integral Risk Management**

The current method of dealing with natural hazards in Austria should be extended towards the holistic inclusion of damage potential exposed (cf. Equation 1), which is also prescribed by the European Directive on the Assessment and Management of Flood Risks adopted in July 2007 (Commission of the European Communities 2007). This extension directly brings about the concept of risk: the active and ex-ante management of natural hazards based on risk assessment, and including both, the assessment of elements in the natural environment and in society. With respect to natural hazards, the concept of integral risk management includes (1) risk analyses, mostly from a natural science point of view, (2) risk evaluation in collaboration with social scientists and politicians, and (3) interdisciplinary risk management strategies. Moreover, the comprehensive consideration of risk includes post-event concepts for recovery and an associated analysis of the damaging event in order to enhance and optimise the necessary risk management procedures (e.g., Kienholz et al. 2004).

However, risk changes over time since neither social systems nor geosystems are static in space and time. Due to climate change processes and the associated impact on the European mountain regions (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2007; Wanner et al. 2000), magnitude and frequency of natural processes will most probably slightly increase for those processes where water is the driving agent (Bader and Kunz 1998). Furthermore, the change in risk – presumably indicated by remarkable damage in the 1990s – has to be attributed to changes in the damage potential affected (Fuchs and Bründl 2005). The development of values at risk due to socioeconomic transformation in the European Alps varies remarkably on different temporal levels. These long-term and short-term variations in damage potential should be implemented into risk management approaches.

Long-term changes originate from the general increase in values at risk in mountain regions since the early 20<sup>th</sup> century. A considerable concentration of tangibles, as well as intangibles had been proven by Fuchs et al. (2005), Keiler et al. (2005, 2006a) and Zischg et al. (2005) for different alpine regions, leading to a long-term increase in exposed values at risk. Superimposed short-term variations occur with respect to mobile damage potential and persons at risk. Information on the general development of damage potential and seasonal, weekly, or diurnal peaks should be implemented in the risk management procedure, because the range of the results is remarkably high, and the values at risk have a key influence on the risk equation.

In Fig. 7, the significance for a consideration of basic, as well as variable disposition with respect to values at risk is presented. The basic disposition is

## **6. Managementul integral al riscului**

Metoda curentă de abordare a hazardelor naturale în Austria ar trebui să fie extinsă spre includerea generală a elementelor potențial păgubite (cf. Relație 1), ceea ce este recomandat și de către Directiva Europeană asupra Evaluării și Managementului Riscului la Inundații, adoptată în iulie 2007 (Comisia Comunităților Europene, 2007). Această extensie aduce în discuție în mod direct conceptul de risc: managementul activ și ex-ante al hazardelor naturale, pe baza evaluării riscului și incluzând evaluarea elementelor din mediul natural, dar și din societate. Cu privire la hazardele naturale, conceptul de management integral al riscului include (1) analiza riscului, mai ales din punct de vedere al unei științe a naturii, (2) evaluarea riscului, în colaborare cu sociologi și politicieni și (3) strategiile de management interdisciplinar al riscului. Mai mult, considerarea cuprinzătoare a riscului include concepte de refacere post-eveniment și o analiză asociată a evenimentului distrugător, cu scopul de a spori și optimiza procedurile necesare de management al riscului (de exemplu, Kienholz et al. 2004).

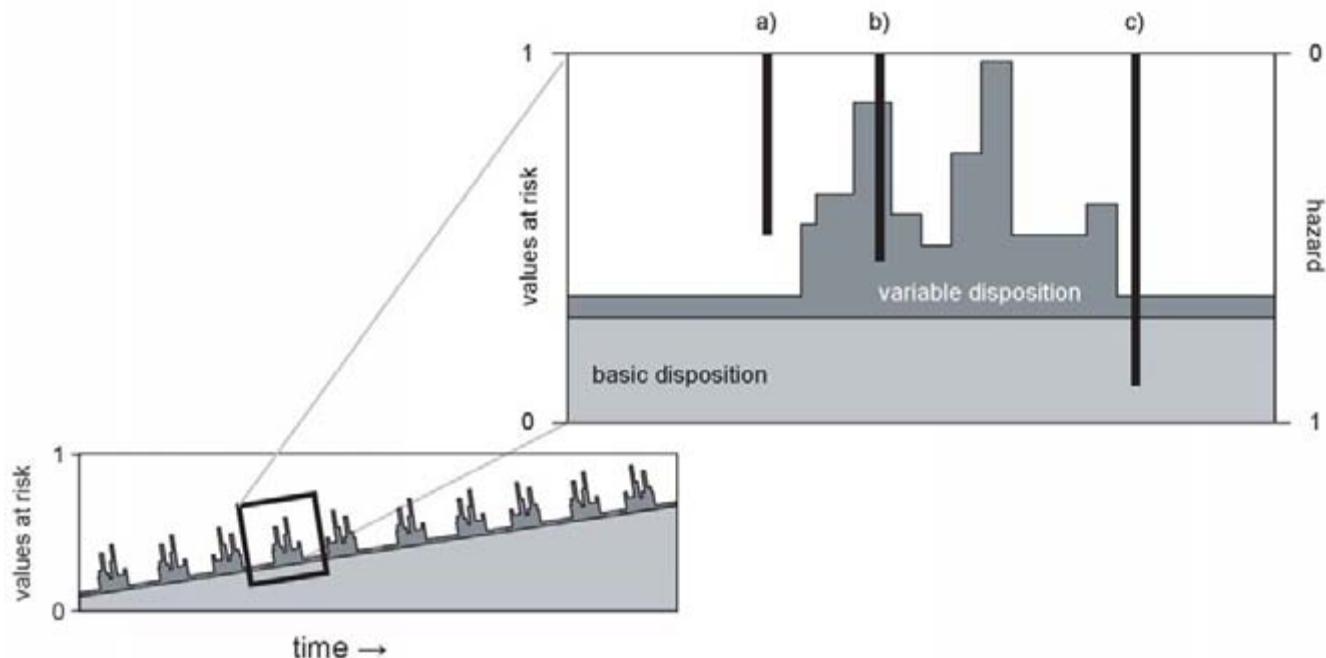
Totuși, riscul se modifică în timp, de vreme ce nici sistemele sociale și nici geosistemele nu sunt statice în spațiu și timp. Din cauza schimbărilor climatice și a impactului acestora asupra regiunilor montane europene (Grupul Interguvernamental asupra Schimbărilor Climatice (IPCC) 2007; Wanner et al. 2000), este foarte probabil ca magnitudinea și frecvența proceselor naturale să crească ușor, în cazul acelor procese în care apa reprezintă agentul declanșator (Bader și Kunz 1998). Mai mult, schimbarea riscului – probabil indicată de pagubele remarcabile din anii 1990 – trebuie să fie atribuită modificărilor elementelor potențial păgubite (Fuchs și Bründl 2005). Dezvoltarea valorilor la risc, datorită transformărilor socioeconomice în Alpii europeni, variază semnificativ pe scara timpului. Aceste variații pe termen lung și pe termen scurt ale pagubelor potențiale ar trebui să fie implementate în abordările managementului riscului.

Schimbările pe termen lung își au originea în creșterea generală a valorilor la risc în regiunile montane, începând cu prima parte a secolului al XX-lea. Studiile realizate de Fuchs et al. (2005), Keiler et al. (2005, 2006a) și Zischg et al. (2005), pentru diferite regiuni alpine, au evidențiat o concentrare considerabilă de bunuri materiale și imateriale, ceea ce conduce la creșterea pe termen lung a elementelor expuse la risc. Se suprapun variații pe termen scurt cu privire la pagubele potențiale mobile și la persoanele expuse la risc. Informațiile cu privire la dezvoltarea generală a elementelor potențial prejudiciale, precum și maximele sezoniere, săptămânale sau diurne ar trebui implementate în procedura de management al riscului, deoarece sirul rezultatelor este foarte mare, iar valorile la risc au o influență majoră în ecuația riscului.

În Fig. 7 este prezentată semnificația considerării dispoziției fundamentale, precum și a celei variabile cu privire la elementele la risc. Dispoziția fundamentală

defined as the long-term increase in values at risk, e.g. regarding the creeping increase in buildings exposed to landslides, while variable disposition is defined as a short-term fluctuation in variable damage potential, e.g., persons exposed. The need for a comprehensive assessment of risk is obvious if different hazard situations are considered. As shown in example (a) a hazard will not hit any values at risk, and thus, the level of risk reduction is sufficient. In example (b), due to high amounts of variable values at risk, damage will occur. As a result, temporal mitigation strategies could reduce the variable damage potential until a critical level. In contrast to the immobile damage potential (buildings and infrastructure, etc.), persons and mobile values can be removed from hazard-prone areas in case of dangerous situations. For developing efficient and effective evacuation and emergency plans, information on the numbers of persons and mobile values, as well as their location and movements in the area is needed. In example (c), basic and variable values at risk are affected by a process. Thus, temporal measures are no more sufficient enough for an effective risk reduction, either conventional mitigation measures or local structural protection, or a combination, will be needed for an effective risk reduction. These examples clearly indicate the strong need for an incorporation of dynamic assessments of damage potential in community risk management strategies. Such risk management strategies should include an objective risk assessment that is based on both, hazard analysis and an analysis of damage potential.

este definită ca fiind creșterea pe termen lung a valorilor la risc, de exemplu creșterea deformărilor suferite de clădirile expuse la alunecări de teren, în vreme ce dispoziția variabilă este definită ca o fluctuație pe termen scurt a potențialului variabil prejudiciat, de exemplu, persoanele expuse. Nevoia unei evaluări cuprinzătoare a riscului este evidentă, dacă se au în vedere diferite situații de expunere la hazarde. După cum s-a arătat în exemplul (a), nici un element la risc nu va fi afectat de hazard, nivelul reducerii riscului fiind, deci, suficient. În exemplul (b), se vor produce pagube din cauza numeroaselor elemente la risc ce sunt variabile. În consecință, strategiile temporale de atenuare ar putea reduce pagubele potențiale variabile până la un nivel critic. Spre deosebire de elementele potențial afectate care sunt imobile (clădiri și infrastructură etc.), populația și valorile mobile pot fi îndepărtați din arealele susceptibile la hazard, în cazul unor situații periculoase. Pentru dezvoltarea unor planuri de urgență și de evacuare eficiente și efective, sunt necesare informații cu privire la numărul de persoane și valorile mobile, precum și la localizarea și deplasările acestora în cadrul ariei. În exemplul (c), elementele la risc fundamentale și variabile sunt afectate de un proces. Astfel, măsurile temporale nu mai sunt suficiente pentru o reducere efectivă a riscului, pentru realizarea acesteia fiind necesare ori măsuri convenționale de diminuare sau protecție structurală locală, ori o combinație. Aceste exemple indică în mod clar nevoia de integrare a evaluărilor dinamice ale pagubelor potențiale în cadrul strategiilor comunitare de management al riscului. Astfel de strategii ar trebui să includă o evaluare obiectivă a riscului, bazată atât pe analiza hazardelor, cât și pe analiza pagubelor potențiale.



**Fig. 7. Schematic description of the concept of basic (long-term) and variable (short-term) damage potential and the relation to triggering events (Fuchs and Keiler 2008:271)/ Descrierea schematică a conceptului de pagube potențiale de bază (pe termen lung) și variabile (pe termen scurt) și relația cu evenimentele declanșatoare (Fuchs și Keiler 2008:271)**

## 7. Conclusion

As presented in the previous sections, Austria experiences a long tradition in dealing with landslide processes, i.e. torrential hazards. The concepts of analysing and assessing the hazard are comparatively well-established. Based on the respective legal prescriptions in the Forest Act and the Decree on Hazard Zoning, technical mitigation is implemented, and hazard maps are compiled. Similar procedures can be found in other European countries. However, neither values at risk nor the corresponding vulnerability are operationally assessed in a spatial and temporal resolution. Consequently, the methodology of integral risk management and the underlying foundations are still not fully implemented. Furthermore, the risk-reducing impact of local structural protection has not been assessed quantitatively. Risk assessment has to be followed by a risk evaluation procedure. In this evaluation process, the level of accepted risk and the level of (residual) risk to be accepted should be defined by a participative process. Using these results, the risk management strategy could be defined, aiming at both a risk minimisation and an economic efficient use of public expenditures. Thus, a combination of mitigation strategies, such as passive and active measures, could be chosen to meet these prerequisites. Thereby, temporal variations of the risk have to be considered seriously.

Information on the temporal variability of values at risk both from a long-term, as well as from a short-term point of view provided in combination with process knowledge is the basis for dynamic risk visualisation. Such information may help to recognise high-risk situations more easily and enables a situation-oriented and risk-based decision making (Zischg et al. 2004; Schwab et al. 2005). Apart from the damage potential, risk analyses are based on the concept of recurrence intervals of hazard processes. If those defined design events would be exceeded, the remarkable increase of values at risk would result in a significant shift in monetary losses (and presumably fatalities). First results on risk associated with torrent hazards suggest an increase in the probabilities of the design events in the alpine region, however, these results still need some additional analyses to be verified, and are subject to ongoing research. Furthermore, because socioeconomic development differs within Alpine regions, studies on the long-term behaviour of values at risk contribute to the ongoing discussion of passive and active developing regions and suburbanisation (Fuchs and Bründl 2005). However, if a potentially dangerous natural event occurs, it depends on the actual amount of values at risk (basic and variable disposition) within the process area whether or not damage will be triggered.

To conclude, risk analyses concerning natural hazards should be carried out with respect to a

## 7. Concluzii

Aşa cum a fost prezentat în secţiunile precedente, Austria are o tradiţie îndelungată în lupta cu procesele de alunecare, cu hazardele torenţiale. Conceptele analizei şi evaluării hazardelor sunt, de asemenea, bine stabilite. Pe baza reglementărilor legale din Actul Pădurilor și Decretul asupra Zonării Hazardelor, sunt implementate măsuri tehnice de atenuare și sunt compilate hărți ale hazardelor. Proceduri similare pot fi întâlnite și în alte state europene. Totuși, nici elementele la risc și nici vulnerabilitatea corespunzătoare nu sunt evaluate operațional într-o rezoluție spațială și temporală. În consecință, metodologia managementului integral al riscului și fundamentalul subiacent nu sunt complet implementate încă. Mai mult, impactul de reducere a riscului datorat protecției structurale locale nu a fost apreciat cantitativ. Aprecierea riscului trebuie să fie urmată de o procedură de evaluare a riscului. În acest proces de evaluare, nivelul riscului acceptat și nivelul riscului rezidual care poate fi acceptat ar trebui să fie definite printr-un proces participativ. Prin folosirea acestor rezultate ar putea fi definită strategia de management al riscului, scopul fiind dublu: o minimizare a riscului și o utilizare economică eficientă a banilor publici. Astfel, aceste condiții esențiale ar putea fi îndeplinite prin alegerea unei combinații de strategii de atenuare, precum măsurile pasive și active. De aceea, variațiile temporale ale riscului trebuie avute serios în vedere.

Baza vizualizării riscului dinamic este reprezentată de informațiile cu privire la variabilitatea în timp a elementelor la risc, atât pe termen lung, cât și pe termen scurt, furnizate împreună cu date despre proces. Asemenea informații pot ajuta la recunoașterea mai ușoară a situațiilor de risc ridicat și oferă posibilitatea luării deciziilor bazate pe risc și în funcție de situație (Zischg et al. 2004; Schwab et al. 2005). Pe lângă potențialele pagube, analizele de risc sunt bazate pe conceptul intervalelor de recurență a hazardelor. Dacă aceste modelări ale unor evenimente definite ar fi depășite, creșterea deosebită a valorilor la risc ar avea drept rezultat o schimbare semnificativă a pierderilor financiare (și, probabil, decese). Primele rezultate asupra riscului asociat hazardelor torențiale sugerează o creștere a probabilității evenimentelor modelate în regiunea alpină; totuși, aceste rezultate trebuie verificate cu analize suplimentare și constituie subiectul unei cercetări în derulare. Mai mult, în condițiile în care dezvoltarea socio-economică prezintă valori diferite în regiunile alpine, studiile asupra comportamentului pe termen lung al elementelor la risc contribuie la discuții nesfârșite despre regiunile pasive și active în dezvoltare și despre suburbanizare (Fuchs and Bründl 2005). Dacă un eveniment natural potențial periculos are totuși loc, ceea ce determină sau nu producerea pagubelor este volumul efectiv de valori la risc (dispoziție de bază și variabilă) din aria de manifestare a respectivului proces.

În concluzie, analizele de risc privitoare la hazardele naturale ar trebui să fie realizate având în

dynamic change of input parameters. This is essential for efficient disaster risk reduction and contributes to the concept of resilience as part of proactive adaptation. Regarding landslides in European mountains, the most important input parameter is the temporal variability of damage potential, since the natural variability of process activity seems to increase due to global change processes.

Thus, future research is needed to quantify the impact of modifications in damage potential on (1) the result of risk analyses, (2) the assessment of risk in the cycle of integrated risk management, (3) the adjustment of coping strategies, and (4) the perception of risk by all parties involved, including policy makers. The latter is the most crucial issue in Europe, because until now, dealing with natural hazards is based on mono-disciplinary approaches. In Austria, *the Forest Act* of 1975 restricts all hazards planning to forestry engineers (Republik Österreich 1975; 1976), in France, experts responsible for these issues are predominantly geologists (Stötter et al. 1999), while in Italy, the requirement for these specialists is a PhD in agriculture or a master's degree in forestry or geology (Autonome Provinz Trentino-Südtirol 1998). However, because risk resulting from natural hazards is a subject matter affecting life and economy within the whole society, multiple stakeholders' interests have to be considered when mitigation measures and coping strategies are developed and decisions are made.

Thus, there is a particular need to involve (1) economists with respect to an efficient and effective use of public expenditures, (2) social scientists with respect to both society's risk perception and an enhanced risk communication, (3) geographers and land-use planners, as well as (4) all other disciplines representing any other party involved.

vedere schimbările dinamice ale parametrilor inițiali. Acest fapt este esențial pentru reducerea eficientă a riscului dezastrelor și contribuie la conceptul de reziliență ca parte a adaptării proactive. În ceea ce privește alunecările de teren în regiunile montane europene, cel mai important parametru de intrare este variabilitatea în timp a pagubelor potențiale, de vreme ce variabilitatea naturală a activității procesului pare să crească din cauza schimbărilor globale.

Astfel, este necesar ca viitoarele cercetări să cuantifice impactul modificării potențialelor pagube asupra (1) rezultatului analizelor de risc, (2) evaluarea riscului în ciclul managementului integrat al riscului, (3) ajustarea strategiilor și (4) perceperea riscului de către toate părțile implicate, inclusiv de către cei care iau decizii. Ultimul aspect prezentat constituie problema crucială în Europa, deoarece până acum, acțiunile referitoare la hazardele naturale s-au bazat pe abordări monodisciplinare. În Austria, conform prevederilor *Actului Pădurilor*, din 1975, amenajările referitoare la toate hazardele sunt limitate la activitatea inginerilor silvici, (Republik Österreich 1975; 1976); în Franța, responsabilitii cu aceste probleme sunt predominant geologi (Stötter et al. 1999), în vreme ce în Italia, specialiștii în acest domeniu trebuie să dețină titlul de doctor în agricultură sau să fie absolvenți de master pe probleme de silvicultură ori geologie (Autonome Provinz Trentino-Südtirol 1998). Cum riscul implicat de hazardele naturale este un element ce afectează viața și economia întregii societăți, în hotărârea măsurilor de atenuare, a strategiilor de acțiune, precum și în luarea deciziilor trebuie avute în vedere interesele numeroșilor factori implicați.

Astfel, se simte în mod special nevoia implicării (1) economiștilor în utilizarea eficientă și efectivă a banilor publici, (2) a sociologilor, atât în ceea ce privește percepția riscului de către societate, cât și a comunicarea asupra subiectului, (3) a geografilor și a celor ce lucrează în amenajarea teritoriului, precum și (4) a celor care activează în orice disciplină ce reprezintă părțile implicate.

## REFERENCES

- Autonome Provinz Trentino-Südtirol (1998), *Beiblatt Nummer 5 zum Amtsblatt der Autonomen Region Trentino-Südtirol* vom 28. April 1998 18-I/II. Trient.
- Bader, S. and Kunz, P., Eds. (1998), *Klimarisiken – Herausforderung für die Schweiz*. Zürich, vdf Hochschulverlag.
- Barbolini, M., Cappabianca, F. and Sailer, R. (2004), *Empirical estimate of vulnerability relations for use in snow avalanche risk assessment*. In: Brebbia, C. (ed.): Risk Analysis IV. Southampton, WIT: 533-542.
- Belský, J. and Jarabák, M. (2004), *Experiences from the torrent control in the Czech Republic between 1884-2003*. Internationales Syposion Interpraevent 3: VII/13-18.
- Benson, C. and Clay, E. (2004), *Understanding the economic and financial impacts of natural disasters*. Washington, The World Bank.
- Bergthaler, J. (1975), *Grundsätze zur Erarbeitung von Gefahrenzonenplänen in Wildbächen der Nördlichen Kalkalpen und der Grauwackenzone*. Österreichische Wasserwirtschaft 27(7/8): 160-168.

- BEV (2007), *Regionalinformation der Grundstücksdatenbank des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen*, www.bev.at (access 06.11.2007)
- Borter, P. (1999), *Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren*. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.
- BMLFUW (2005), *Richtlinien für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und Priorisierung von Maßnahmen der Wildbach- und Lawinenverbauung gemäß § 3 Abs. 2 Z 3 Wasserbautenförderungsgesetz*. Wien, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Commission of the European Communities (2007), *Directive of the European Parliament and of the Council on the assessment and management of floods*. Brussels, European Commission.
- Dilley, M., Chen, R., Deichmann, U., Lerner-Lam, A. and Arnold, M. (2005), *Natural disaster hotspots: a global risk analysis*. Washington, The World Bank.
- Fell, R. (1994), *Landslide risk assessment and acceptable risk*. Canadian Geotechnical Journal 31: 261-272.
- Fell, R. and Hartford, D. (1997), *Landslide Risk Management*. In: Cruden, D. and Fell, R. (eds.): *Landslide Risk Assessment*. Rotterdam, Balkema: 51-109.
- FEMA (1998), *Repairing your flooded home*. Washington, FEMA Publications.
- Fraefel, M., Schmid, F., Frick, E. and Hegg, C. (2004), *31 Jahre Unwettererfassung in der Schweiz*. Internationales Symposium Interpraevent 1: I/45-56.
- Frutiger, H. (1980), *History and actual state of legalization of avalanche zoning in Switzerland*. Journal of Glaciology 26(94): 313-330.
- Fuchs, S. and Bründl, M. (2005), *Damage potential and losses resulting from snow avalanches in settlements of the canton of Grisons*, Switzerland. Natural Hazards 34(1): 53-69.
- Fuchs, S., Keiler, M., Zischg, A. and Bründl, M. (2005), *The long-term development of avalanche risk in settlements considering the temporal variability of damage potential*. Natural Hazards and Earth System Sciences 5(6): 893-901.
- Fuchs, S. and McAlpin, M. (2005), *The net benefit of public expenditures on avalanche defence structures in the municipality of Davos, Switzerland*. Natural Hazards and Earth System Sciences 5(3): 319-330.
- Fuchs, S., Heiss, K. and Hübl, J. (2007a), *Towards an empirical vulnerability function for use in debris flow risk assessment*. Natural Hazards and Earth System Sciences 7(5): 495-506.
- Fuchs, S., Heiss, K. and Hübl, J. (2007b), *Vulnerability due to torrent events - a case study from Austria*. In: Kellerer-Pirklbauer, A., Keiler, M., Embleton-Hamann, C. and Stötter, J. (eds.): *Geomorphology for the future*. Innsbruck, Innsbruck University Press: 97-104.
- Fuchs, S., Thöni, M., McAlpin, M., Gruber, U. and Bründl, M. (2007c), *Avalanche hazard mitigation strategies assessed by cost effectiveness analyses and cost benefit analyses – evidence from Davos, Switzerland*. Natural Hazards 41(1): 113-129.
- Fuchs, S. and Keiler, M. (2008), *Variability of natural hazard risk in the European Alps – Evidence from damage potential exposed to snow avalanches*. In: Pinkowski, J. (ed.): *Disaster management handbook*. London, Taylor & Francis: 264-275.
- Glade, T. (2003), *Vulnerability assessment in landslide risk analysis*. Die Erde 134(2): 123-146.
- Heinimann, H., Hollenstein, K., Kienholz, H., Krummenacher, B. and Mani, P. (1998), *Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren*. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.
- Holub, M. and Hübl, J. (2007), *Local protection against mountain hazards – State of the art and future needs*. Natural Hazards and Earth System Sciences 7, in press.
- Hübl, J. and Fiebiger, G. (2005), *Debris-flow mitigation measures*. In: Jakob, M. and Hungr, O. (eds.): *Debris-flow hazards and related phenomena*. Chichester, Praxis Publishing: 445-487.
- IBHS (2005), *The benefits of statewide building codes*. Tampa, Institute for Business and Home Safety.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2007), *Climate Change 2007, Summary for Policymakers*. Geneva.
- Johnson, L., Frew, S. and Samant, L. (2005): *Planning for the unexpected: land-use development and risk*. Washington, American Planning Association.
- Kanonier, A. (2006), *Raumplanungsrechtliche Regelungen als Teil des Naturgefahrenmanagements*. In: Fuchs, S., Khakzadeh, L. and Weber, K. (eds.): *Recht im Naturgefahrenmanagement*. Innsbruck, StudienVerlag: 123-153.
- Keiler, M., Zischg, A., Fuchs, S., Hama, M. and Stötter, J. (2005), *Avalanche related damage potential – Changes of persons and mobile values since the mid-twentieth century, case study Galtür*. Natural Hazards and Earth System Sciences 5(1): 49-58.
- Keiler, M., Sailer, R., Jörg, P., Weber, C., Fuchs, S., Zischg, A. and Sauermoser, S. (2006a), *Avalanche risk assessment – A multi-temporal approach, results from Galtür, Austria*. Natural Hazards and Earth System Sciences 6(4): 637-651.
- Keiler, M., Zischg, A. and Fuchs, S. (2006 b), *Methoden zur GIS-basierten Erhebung des Schadenpotenzials für naturgefahreninduzierte Risiken*. In: Strobl, J. and Roth, C. (eds.): *GIS und Sicherheitsmanagement*.

- Heidelberg, Wichmann: 118-128.
- Kienholz, H. and Krummenacher, B. (1995), *Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene*. Bern, Bundesamt für Wasserwirtschaft; Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.
- Kienholz, H., Krummenacher, B., Kipfer, A. and Perret, S. (2004), *Aspects of integral risk management in practice – Considerations with respect to mountain hazards in Switzerland*. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 56(3-4): 43-50.
- Leiter, A. and Pruckner, G. (2005), *Dying in an avalanche: current risks and valuation*. The University of Adelaide, School of Economics, Working Paper 2005-16.
- Länger, E. (2003), *Der forsttechnische Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung in Österreich und seine Tätigkeit seit der Gründung im Jahre 1884*. Dissertation an der Universität für Bodenkultur Wien. unveröffentlicht.
- Mayer, R. (2004), *EU-Wasserrahmenrichtlinie – Neue Perspektiven für die Wildbach- und Lawinenverbauung in Österreich*. Internationales Symposion Interpraevent 4: VIII/161-169.
- Munich Re, Ed. (2007), *Topics Geo Natural catastrophes 2006*. München, Munich Reinsurance Company.
- Österreichisch-Ungarische Monarchie (1884), *Gesetz vom 30. Juni 1884, betreffend Vorkehrungen zur unschädlichen Ableitung von Gebirgswässern. Reichsgesetzblatt für die im Reichsrath vertretenen Königreiche und Länder*. Jg. 1870-1918 – Wien, Kaiserl.-königl. Hof, und Staatsdruckerei 1870-1918.
- Pommerehne, W. and Römer, A. (1992), *Ansätze zur Erfassung der Präferenzen für öffentliche Güter*. Jahrbuch für Sozialwissenschaft 43(2): 171-210.
- Repubblica Italiana (1998), G.U. n. 134/1998: DD. LL. 11 giugno 1998, n. 180. *Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana 134.
- Republik Österreich (1975), *Forstgesetz 1975*.
- Republik Österreich (1976), *Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft vom 30. Juli 1976 über die Gefahrenzonenpläne*.
- Romang, H., Kienholz, H., Kimmerle, R. and Böll, A. (2003), *Control structures, vulnerability, cost-effectiveness - a contribution to the management of risks from debris torrents*. In: Rickenmann, D. and Chen, C. (eds.): Debris-flow hazards mitigation: mechanics, prediction, and assessment. Rotterdam, Millpress: 1303-1313.
- Rudolf-Miklau, F. and Patek, M. (2004), *Geschiebebewirtschaftung in Wildbacheinzugsgebieten im Einklang mit der EU-Wasserrahmenrichtlinie*. Internationales Symposion Interpraevent 4: VIII/207-216.
- Schmid, F. (2005), *Gefahrenzonenplan - Fluch oder Segen?* Wildbach- und Lawinenverbau 152: 93-104.
- Schwab, J., Gori, P. and Jeer, S. (2005), *Landslide hazards and planning*. Washington, American Planning Association.
- Stötter, J., Belitz, K., Frisch, U., Geist, T., Maier, M. and Maukisch, M. (1999), *Konzeptvorschlag zum Umgang mit Naturgefahren in der Gefahrenzonenplanung*. Jahresbericht 1997/98. Innsbruck, Innsbrucker Geographische Gesellschaft: 30-59.
- Varnes, D. (1984), *Landslide hazard zonation: A review of principles and practice*. Paris, UNESCO.
- Wanner, H., Gyalistras, D., Luterbacher, J., Rickli, R., Salvisberg, E. and Schmutz, C. (2000), *Klimawandel im Schweizer Alpenraum*. Zürich, vdf Hochschulverlag.
- Weinmeister, H. (2005), *Machbarkeit und Grenzen der WLV – Physikalische und ökologische Aspekte*. Wildbach- und Lawinenverbau 126: 47-59.
- Wilhelm, C. (1997), *Wirtschaftlichkeit im Lawinenschutz*. Davos, Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung.
- Zischg, A., Fuchs, S. and Stötter, J. (2004), *Uncertainties and fuzziness in analysing risk related to natural hazards - a case study in the Ortles Alps, South Tyrol, Italy*. In: Brebbia, C. (ed.): Risk Analysis IV. Southampton, WIT: 523-532.
- Zischg, A., Fuchs, S., Keiler, M. and Stötter, J. (2005), *Temporal variability of damage potential on roads as a conceptual contribution towards a short-term avalanche risk simulation*. Natural Hazards and Earth System Sciences 5(2): 235-242.

Translated into Romanian by Mihaela Licurici / Tradus în limba română de Mihaela Licurici