

Inhoud:	Pannekoeken van steen in Andalucia.....117
Geomorfologie in de praktijk.....97	Simpang kanan-kiri (voormalig Ned. N.-Guinea)119
Andesiet102	Denemarken121
Fossielen op postzegels, deel IV105	Nogmaals: Mineralen in de Morvan122
Fossielen uit een Franse falaise112	Intrigerend natuurwonder bij Bolnuevo (Z-Spanje)123
De systematiek van mineralen IX: organische stoffen116	Reacties op "Iberia".....123
	De oude uraniummijn van Tragos.....to.124

Geomorfologie in de praktijk:

Voorkoming van natuurgevaren in een Alpen landschap

door Dr. Harry Seijmonsbergen
Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde
Faculteit der Ruimtelijke Wetenschappen
Universiteit van Amsterdam

De meeste vakantiegangers in landen als Zwitserland en Oostenrijk hebben het wel eens van nabij meegemaakt: een vallende steen, puin of modder op het wegdek. Wanneer zulke **massabewegingen** op grote schaal voorkomen, kunnen zij een frequent gevaar voor de mens en de infrastructuur opleveren. Daarom is het vaak noodzakelijk om beschermende maatregelen te treffen in de vorm van keerdammen en lawinehekken. Ook het aanleggen van een effectief drainage-netwerk om schuivende grondmassa's te stabiliseren kan een oplossing bieden. Om deze maatregelen zo doeltreffend mogelijk te plannen, moeten eerst de (potentiële) natuurgevaren in kaart worden gebracht. Gedetailleerde kennis van geomorfologie*) en sedimentologie is hierbij onontbeerlijk.

In de Alpenlanden zijn de topografische omstandigheden zodanig, dat de mens herhaaldelijk door lawines, wilde bergbeken en andere natuurgevaren zoals bergstorting, modderstromen en afschuivingen wordt bedreigd. Door de stijgende levensstandaard, de toenemende bevolkingsdruk, en de groei van het toerisme met daarmee samenhangend de vraag naar meer recreatieve ruimte, betreedt men gebieden die potentieel gevaarlijker zijn dan de traditioneel bewoonde zones. De schijnbare toename van natuurcatastrofes lijkt hiermee samen te hangen. In Zwitserland en Oostenrijk

is de angst van de bevolking voor natuurgevaren dan ook omgeslagen in de vraag naar veiligheid. De (lokale) overheden hebben deze verantwoordelijkheid geaccepteerd en zien toe op het uitvoeren van richtlijnen, die opgesteld worden om die veiligheid te kunnen waarborgen.

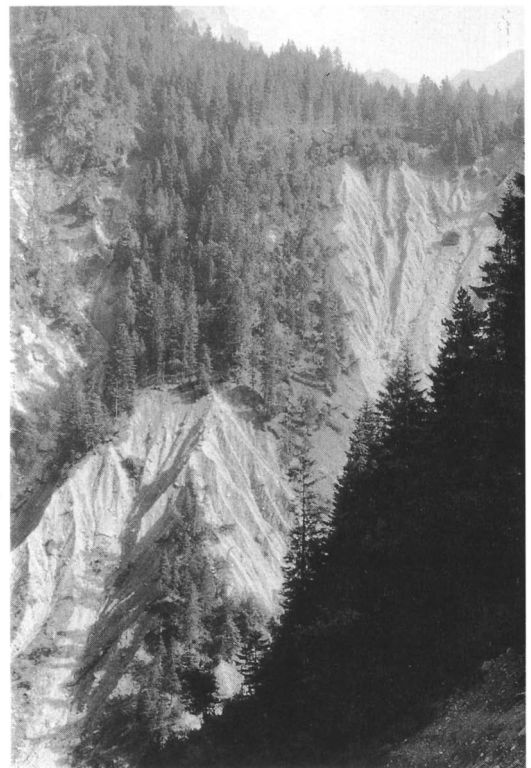
Onweersbuien

Veel natuurgevaren treden op tijdens extreem slechte klimatologische omstandigheden en worden dan pas onderkend. Wanneer we de alom bekende fenomenen als vulkanische uitbarstingen en aardbevingen, die door endogene krachten worden gedreven, buiten beschouwing laten, blijft een aantal natuurgevaren over. Dit zijn met name de door neerslag gestuurde massabewegingen, die tot enkele meters diep in de ondergrond reiken en waarbij verzadiging van de bovenste grondmassa's leidt tot het helling-afwaarts afglijden van enorme volumes puin. Afb. 1, 2 en 3.

Om de relatie tussen het klimaat en de omstandigheden waar- onder bepaalde massabewegingen geactiveerd raken te verduidelijken, zullen we hier een uitzonderlijke situatie bekijken, die zich voordeed in Zwitserland tussen 23 en 25 augustus 1987. Door een lagedrukgebied boven Zuid-Skandinavië deed zich in Zwitserland het volgende voor: na een föhn en een stijging van de nul-gradengrens tot 4000 meter, ontwikkelden zich onweersbuien. Deze veroorzaakten een zodanig hoog waterpeil als maar eens in de 100 jaar voorkomt. Binnen een dag viel bijna 100 mm neerslag,



Afb. 1. Een beeld dat in de Alpen meer en meer zorgen baart: het aantasten en verloren gaan van het bos, in dit geval door instabiel gedrag (afschuivingen) van de ondergrond op middelsteile hellingen, die in losse hellingafzettingen zijn gevormd.



Afb. 2. (Rechts) Actieve erosienissen zorgen voor enorme technische en bosbouwkundige problemen. Deze complexe ijscontactafzettingen in West-Oostenrijk, die onder totaal andere klimatologische omstandigheden zijn afgezet in een laat-glaciale periode, kunnen, wanneer zij eenmaal gemobiliseerd zijn, versnelde erosie tot gevolg hebben.

binnen drie dagen zo'n 160 mm. Heel Zwitserland werd getroffen door modderstromen, verzakkingen en overstroming van dalbereiken. Binnen enkele uren werd er voor 800 miljoen Zwitserse frank schade veroorzaakt. De opvallendste schademelding was de onderbreking van alle verkeersverbindingen op de Gotthardroute. De economie van het land, die afhankelijk is van doorgaansroutes, werd hierdoor direkt benadeeld. Daarom kan Zwitserland het zich niet permitteren, dat een dergelijke ramp vaak voorkomt. In afb. 4, eigenlijk een gevarencarteringskaart in uiterst simpele vorm, zijn de gebieden met zware tot catastrofale schade en overige gebieden aangegeven. De belangrijkste getroffen gebieden waren het Rijndal tussen Andermatt en Flims, het dal van de Reuss, het Rhônedal, het Emmedal en het dal van de Ticino. Deze ramp voltrok zich in gebieden die al vaker getroffen waren; van oudsher behoren zij tot de rampgevoelige zones van Zwitserland. De zeldzaamheid van dergelijke gebeurtenissen echter - ze komen maar eens in de honderd jaar voor - maakt dat niet alle risicozones bekend zijn of dat ze in de vergetelheid zijn geraakt.

Rode en gele zones

Dit soort natuurnatuurstrofes maakt duidelijk, dat het onderkennen van gevarencarteringszones een vereiste is. Waar halen de lokale overheden en bijvoorbeeld bosbouwinstellingen de kennis vandaan die kan dienen als basis voor planningsdocumenten? In Oostenrijk levert de Dienst für Lawinenverbau und Wildbachverbauung waardevolle informatie over het optreden en de intensiteit van lawines en bergbeken die potentieel overstroming van de onderliggende valleien tot gevolg kunnen hebben. Deze informatie wordt opgetekend in zogeheten gevarencarteringszones.

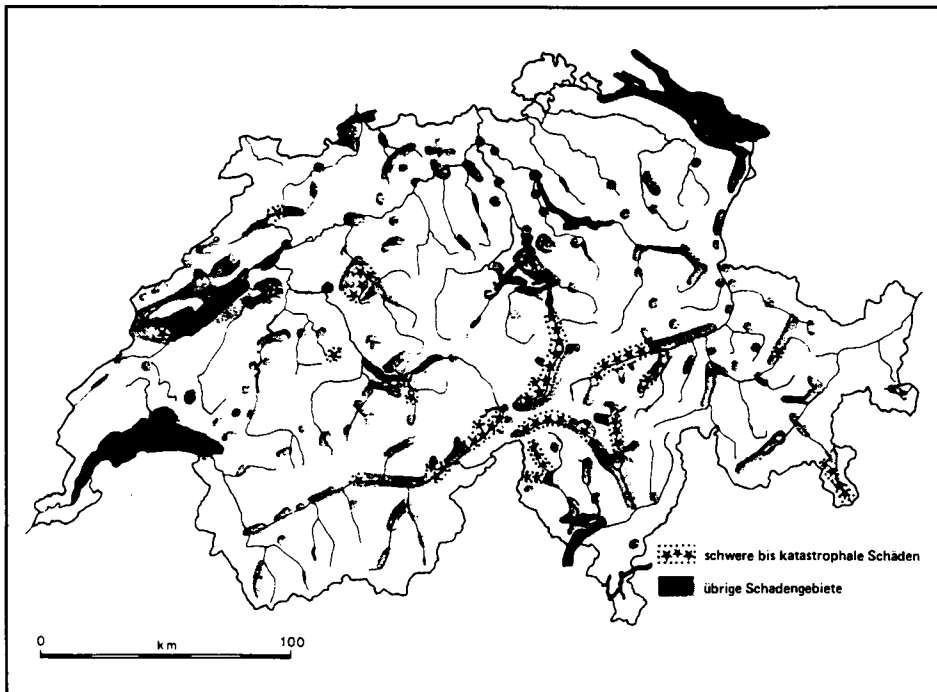
Afb. 3. Het spoor van een puinstroom ("debris-flow") is vaak over honderden meters in het landschap te vervolgen. De breedte van de geërodeerde geul blijft opvallend constant; aan weerszijden worden kleine puinwaaletjes opgeworpen. Deze fenomenen zijn een bekend verschijnsel in de buurt van de boomgrens op actieve puinhellingen.



In Oostenrijk worden deze gevarencarteringskaarten door elke gemeente gebruikt om de ontwikkeling van de bebouwing te sturen. Een classificatie in rood (gevaarlijke zone) en geel (minder gevaarlijke zone) geeft aan welke gebieden men dient te mijden en welke met gerichte beschermende maatregelen toch benut kunnen worden.

Een belangrijke lacune in deze kaarten vormt het gebrek aan informatie over meer specifieke natuurgevaren, zoals steenslag, afschuivingen en modderstromen. Deze gevaren komen slechts summier tot uitdrukking. Een ander nadeel is dat de niet-bewoonde gebieden op deze kaarten evenmin beoordeeld zijn.

De fysisch-geograaf en met name de geomorfoloog kan met zijn specifieke kwaliteiten, die de raakvlakken tussen atmosfeer, aardoppervlak en ondergrond bestrijken, de relaties in een landschap die bepalend zijn voor het optreden van natuurgevaren zichtbaar maken. Hierbij is in de eerste plaats inzicht in de natuurlijke ontstaanswijze van het desbetreffende gebied vereist. Ten tweede moet duidelijk zijn waarom het gevaar juist op die bewuste plek



Afb. 4. Overzicht van de gebieden in Zwitserland met zware tot catastrofale schade en overige getroffen gebieden, als gevolg van aardverschuivingen en overstromingen.

bestudeert immers de ontstaanswijze en de ontwikkeling van landvormen. Daarbij worden alle tekenen van (fossiele) hellingontwikkeling beoordeeld en gekarteerd.

De genoemde vragen zijn als geïsoleerde problemen vaak moeilijk te beantwoorden. In het gebied Vorarlberg in Oostenrijk is na een ervaring van ruim twintig jaren door het Fysisch Geografisch Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam een hoog niveau van kennis van het Alpine landschap opgebouwd. Het aspect hellinginstabiliteit - natuurgevarencartering is één van de vele deeldisciplines binnen deze Amsterdamse Alpine Geomorfologische School.

optreedt. Van de vele vragen die daarbij aan de orde komen zijn de belangrijkste:

- Welke processen spelen zich af, of hebben zich afgespeeld in het landschap en wat is de ruimtelijke verspreiding en de mogelijke intensiteit van deze processen?
- Welke factoren dragen ertoe bij, dat er in bepaalde zones wel sprake is van instabiel gedrag van de ondergrond op hellingen, terwijl andere, ogenschijnlijk gelijksoortige hellingen, zich stabiel gedragen?
- Is er verschil in de mate van erosie op verschillende types materiaal? Met andere woorden: kan het gebied ingedeeld worden in materialen met een verschillende erosiegevoeligheid?

Om deze complexe vragen te beantwoorden kunnen grofweg twee wegen worden bewandeld. Men kan kiezen voor een tijd- en geldrovend meetnet, waarbij bijvoorbeeld getracht wordt gegevens te verzamelen over snelheden van hellingbewegingen. Hierbij worden grondmonsters kwantitatief uitgewerkt en beoordeeld op diverse voor hellingstabiliteit belangrijke parameters, zoals cohesie en interne wrijvingshoek van het desbetreffende materiaal. Daarbij moet men zich realiseren, dat men vrijwel altijd puntgegevens bepaalt en een koppeling naar de ruimtelijke verspreiding een hachelijke zaak is. Ook worden de bewegingen die eens in de 10, 25, 50 of 100 jaar optreden met deze methode niet opgemerkt. Een andere benaderingswijze is de geomorfologische, die juist in reliëfrijke gebieden uiterst bruikbaar is. De geomorfologie classificeert en

Alpien ecosysteem

Het navolgende voorbeeld illustreert het effect dat menselijk handelen kan hebben op een alledaags Alpenlandschap en welke aanpassingen nodig zijn om een verstoorde relatie met de leefomgeving te herstellen.

De Schesa is de grootste erosie/denudatie-nis in los materiaal van Europa. Ze is gelegen in Vorarlberg, de meest westelijke bondstaat van Oostenrijk, aan de monding van het Brandner-dal, een bekend ski-oord. De historisch-geografische ontwikkeling van dit gebied is uiterst interessant. Uit kadastrale archieven van de gemeentes Bürs en Bürserberg is gereconstrueerd dat vóór 1770 de "Schesa-tobe", die dit gebied ontwatert, een onschuldige bergbeek was en dat het gebied dichtbebost was zonder enige vorm van versnelde erosie. Onenigheid over de eigendomsrechten van



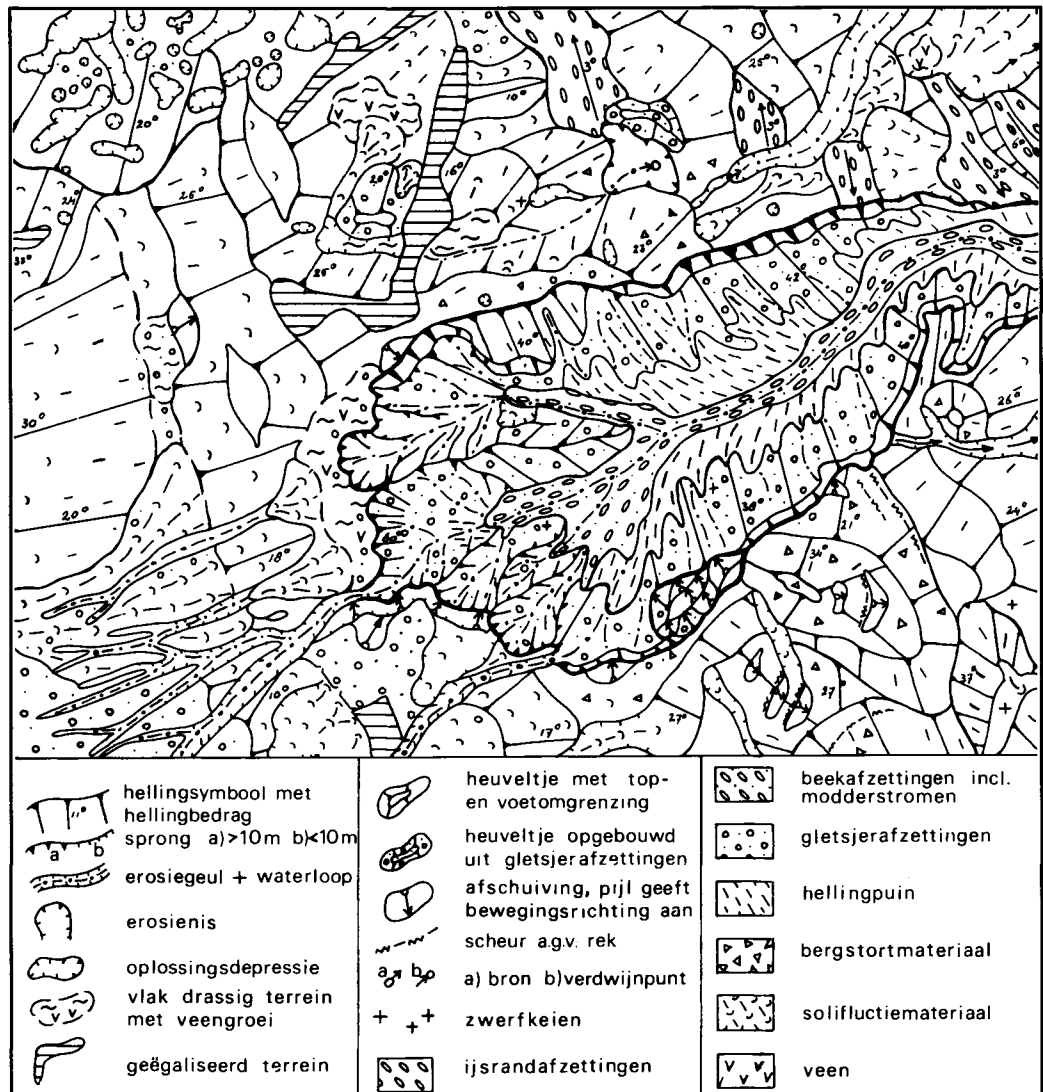
Afb. 5. Fotocompilatie van een deel van de oostelijke achterwand van de Schesa, de grootste erosienis van Europa in los materiaal. Inmiddels is dit deel reeds ettelijke tientallen meters teruggeweken wegens slumping (afschuiving). (foto: De Graaff 1964)

Afb. 6. Geomorfologisch kaartje van de omgeving van de Schesa-erosienis in Vorarlberg, Oostenrijk.

een relatief klein bosperceel in de bovenloop van dit gebied leidde tot illegale kap. Omdat dit bosperceel niet behoorde tot het zogenaamde Bannwald (lawinebeschermend bos), leek kappen geen kwaad te kunnen. In werkelijkheid betekende dit echter de verstoring van een zorgvuldig gereguleerd ecosysteem. Enkele regenrijke jaren na de kap brachten omvangrijke uitruimingen op gang in de vorm van modder- en puinstromen. Tijdens intensieve neerslag begon de afbraak steeds frequenter op te treden. Eerst met tijdsintervallen van zo'n tien jaar, maar vervolgens jaarlijks en zelfs verscheidene malen per dag. Modderstromen van meer dan 20 meter hoog en met een bewegingssnelheid van 12 meter per seconde, waarbij zwerfkeien met een volume van meer dan 75 m³ meegesleurd werden, vormden geen uitzondering. Afb. 5. In het benedenstroomse gedeelte leidden deze uitruimingen tot omvangrijke afzettingen in de vorm van een puinwaaier. Deze puinwaaier drukte op zijn beurt de hoofdriever de Ill, een belangrijke zijrivier van de Rijn, naar het noorden. Hierdoor werd een aantal huizen in het dorp Nüziders ondergraven en verwoest. In 1897, op het hoogtepunt van de ontwikkeling van de nis, begon men onder levensgevaarlijke omstandigheden aan de bescherming en vastlegging van de nis. De basis van de nis werd 80 meter opgehoogd en een serie keerdammen werd geïnstalleerd. Men hoopte dat de nis zich hiermee zou stabiliseren, waardoor de rampzalige gebeurtenissen tot het verleden zouden behoren.

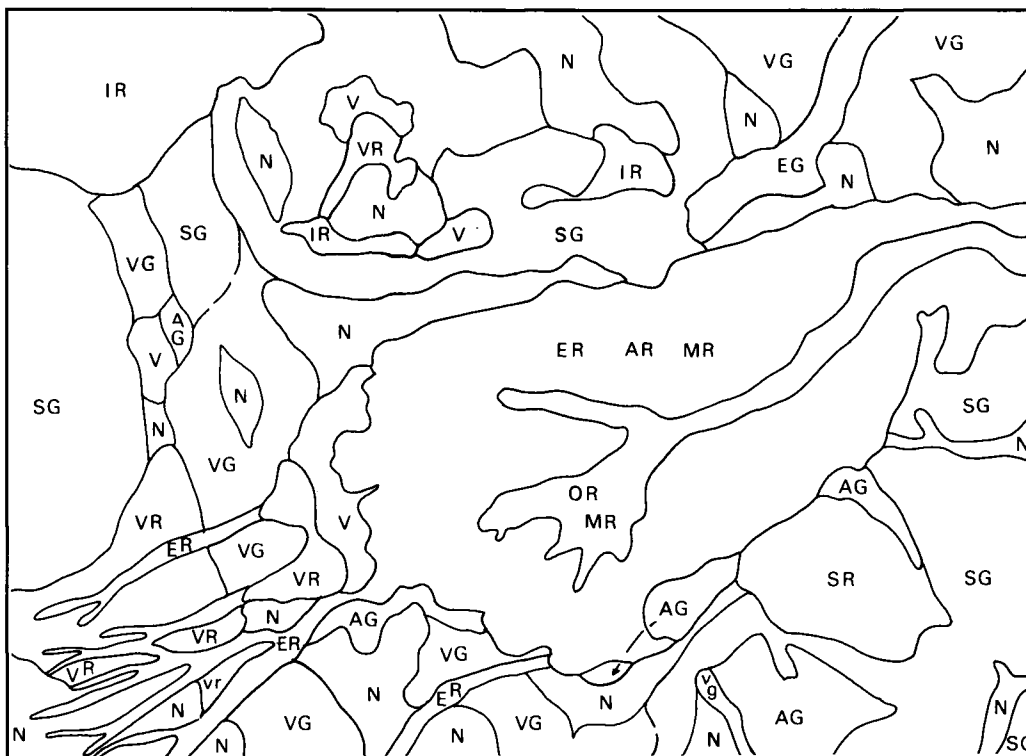
Kartering

Het gebied van de Schesa is onlangs door de Universiteit van Amsterdam in het kader van een morfologisch-ecologisch onderzoek (Van Noord) in kaart gebracht. Dit heeft niet alleen geleid tot een gedetailleerde kennis van de ontstaanswijze en de materiaalverspreiding van het gebied, maar ook van de processen die actief waren en nu nog zijn. Een zwart-wit voorbeeld van zo'n geomorfologisch symbolenkaartje is weergegeven in afb. 6. Deze 1:10.000 kaart is ter plekke "in het veld" opgenomen met ondersteuning van zwart-wit (pan-chromatische) en infra-rood luchtfoto's. Deze maken het mogelijk om met behulp van een stereoscoop het terrein driedimensionaal te interpreteren. In de kaart worden vier informatieniveaus geïntegreerd: drainage, morfografie/morfometrie, materialen en genese. Het belangrijkste voordeel van benadering via symbolen in tegenstelling tot vlakken is de mogelijkheid om complexe poly-genetische landschapseenheden weer te geven en



binnen omgrenzingen diverse materiaalverschillen aan te brengen. De huidige afmetingen van de met vette lijnen aangeduide erosie/denudatie-nis bedragen ongeveer 600 x 1000 m. De maximale diepte bedraagt bijna 200 m. Het betrekken van de naaste omgeving van de nis bij de kartering leverde een groter inzicht op in de te verwachten ontwikkeling van de erosie-nis.

De nis heeft zich ingevreten in losse materialen die door gletsjers uit voormalige ijstijden zijn afgezet. Dit is onder meer af te leiden uit de gesteente-samenstelling. Kristallijne zwerfkeien met kenmerkende mineralenassociaties kunnen stroomopwaarts getraceerd worden tot in het herkomstgebied. Vooral de epidoot-, glimmer- en granaathoudende gneizen en schisten zijn talrijk, naast diverse soorten amfibolieten. Deze ondergrond in los materiaal is op sommige plaatsen meer dan 200 meter dik en gedeeltelijk zeer gevoelig voor erosie en massabeweging. De gesteenteondergrond bestaat lokaal uit sedimentaire, deels evaporitische gesteenten. Deze gipshoudende formaties geven aanleiding tot zeer snelle oplossing in de ondergrond. Dit komt aan het oppervlak tot uitdrukking in de vorm van karstdepressies, zoals bijvoorbeeld linksboven in afb. 6 te zien is. Instortingsgevaar vormt lokaal dan ook een probleem. Vervloeiingen (solifluctie) van het oppervlakkige bodemmateriaal komen ook voor. Dit is op afb. 6 (links onder) goed zichtbaar; hellingen die met gletsjer-afzettingen zijn bedekt (keileem in dit geval) zijn door vervloeien instabiel geworden. Kenmerkende afzettingvormen, solifluctie-waaiers genaamd, zijn hiervan het gevolg. Door terugschrijdende denudatieve ontwikkelingen aan de randen van de nis (vooral rotationele afschuivingen) lijken toekomstige puin- en modderstromen vooralsnog onvermijdelijk.



Afb. 7. Natuurgevarenkaart van de omgeving van de Scheschnitz, gebaseerd op de geomorfologische gegevens uit afb. 6. Verklaring van de codes:

N = veilige zones; ER = gevaarlijke zones t.a.v. erosie;
EG = gering gevaar t.a.v. erosie; IR = gevaarlijke zones t.a.v.
instorting veroorzaakt door oplossing van onderliggend gips;
AR = gevaarlijke zones t.a.v. afschuivingen; AG = gering gevaar
t.a.v. afschuivingen; MR = gevaarlijke zones t.a.v. modderstromen;
SR = gevaarlijke zones t.a.v. steenslag; SG = gering gevaar t.a.v.
steenslag; VR = gevaarlijke zones t.a.v. oppervlakkige vloeibewegingen; V = moerassige gebieden; OR = gevaarlijke zones
t.a.v. overstrooming.

Een bijkomstig positief uitvloeisel van het ontstaan van de erosie-nis is de constante leverantie van geschikt bouw materiaal; de gletsjerafzettingen zijn een onophoudelijke bron van bruikbaar grind. Er bestaan plannen om grindwinning in heel Vorarlberg hier te concentreren en daarmee kleinere, vaak landschappelijk en aardwetenschappelijk gezien belangrijke, grindvoorkomens te ontzien.

Het voorspellen van natuurgevaren, met name van massabewegingen, is bij de huidige kennis van de aardwetenschappen nog steeds een hachelijke zaak met vele haken en ogen. Toch is het vervaardigen van zogenaamde natuurgevaren-zoneringskaarten een uiterst nuttige bezigheid. Op deze kaarten wordt de geomorfologische of fysisch-geografische informatie - die vaak specialistisch is - uit de aardwetenschappelijke sfeer gehaald en voor derden beter toegankelijk gemaakt. Het type gevaar wordt aangegeven, evenals de mate van bedreiging die het vormt.

In het geval van de Scheschnitz kunnen de geomorfologische gegevens omgezet worden in een kaart, waarin af te lezen is welk type instabiliteit voorkomt en in welke mate dit proces actief is. In het afgeleide natuurgevarenkaartje (afb. 7) zijn de gevonden grenzen door de geomorfoloog geëxtraheerd uit geomorfologische land-schapsgrenzen uit het kaartje van afb. 6.

Afb. 7 kan voor diverse planningsdoeleinden gebruikt worden.

Geldverslindend

In de 185 jaar dat de Scheschnitz nu bestaat is al 400 miljoen m³ puin geërodeerd en nog steeds vormt de "Scheschnitz-tobel" een probleem. In 1967 leidde de mobilisatie van puin en modder met

een volume van 8 miljoen m³ tot een modernisatie-plan van de keerdammen in de nis zelf. Paradoxaal daarbij is, dat de reeds bestaande, maar ook de geplande bebouwing op de puinwaaier, die door de uitruiming van de nis is ontstaan, de kostbare investering van een puinafleidingsdam rechtvaardigt. Niet voor niets wordt in de volksmond met betrekking tot de Scheschnitz over "het Miljoenengat" gesproken. Samenvattend kan worden gesteld, dat de nis zich langzaam stabiliseert en de processen in intensiteit lijken af te nemen. Het eind is echter nog lang niet in zicht.

Dit aspect van hellingontwikkeling - massabeweging binnen het geomorfologisch onderzoek is één van de vele toepassingen van de gedetailleerde geomorfo-

logische kennis die is opgedaan. In volgende artikelen hopen wij een verder inzicht in dit Alpine landschap te kunnen geven.

Literatuur

Eisbacher, G.H. & Clague, J.J. (1984): Destructive mass movements in high mountains: hazard and management. Paper 84-16, uitgave: Geological Survey of Canada, 601 Booth Street Ottawa, Canada K1A 0E8.

Graaff, L.W.S. de, Jong, M.G.G. de, Rupke, J. & Verhofstad, J. (1987): A geomorphological mapping system at scale 1:10.000 for mountainous areas. Zeitschrift für Geomorphologie N.F. 31-2, pp.229-242. Berlin-Stuttgart.

Noord, H. van, Seijmonsbergen, A.C. & Rupke, J. (Ed.) 1991: Geomorfologisch kaartblad Brand-Nord. Uitgave van de Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde, Nieuwe Prinsengracht 130, 1018 VZ Amsterdam.

Übagger, G. 1988: Wildbachkunde in neuer Sicht, Österreichische Wasserwirtschaft, Heft 5/6, pp.118-122. Uitgave: Bundesministerium für Forstwirtschaft und des Österreichischen Wasserwirtschaftsverbandes Wien.

*) Geomorfologie is die tak van de aardwetenschap, die de vormen van het aardoppervlak (ook waar dat door water of ijs is bedekt) bestudeert. Dit stelt ons in staat, enerzijds uit de vormen de wondingsgeschiedenis van het aardoppervlak af te leiden en anderzijds voorspellingen te doen betreffende te verwachten toekomstige ontwikkelingen van het aardoppervlak.
