

## PDF hosted at the Radboud Repository of the Radboud University Nijmegen

The version of the following full text has not yet been defined or was untraceable and may differ from the publisher's version.

For additional information about this publication click this link.

<http://hdl.handle.net/2066/46673>

Please be advised that this information was generated on 2020-09-24 and may be subject to change.

**SECTION:** Wetenschap & Onderwijs; Pg. 49

## **Permafrost voorbij ; Ontdooiend bevroren puin bedreigt Alpendalen**

**Niet alleen in de poolstreken, ook in de Alpen ontdooit de permafrost. Dat vergroot de kans op modderstromen en puinlawines.**

**Henk Donkers**

Op het eerste gezicht ligt Pontresina, het vakantieoord in het Zwitserse Oberengadin, er idyllisch en vredig bij. 's Zomers bevolken wandelaars en bergbeklimmers de hotels en pensions, 's winters skiers en snowboarders. Het dorp ligt tussen St. Moritz en de Berninapas, aan de voet van een lange, steile bergketen. Onderaan is deze bedekt met bos, daarboven liggen alpenweiden en kale rotsen. Wie goed kijkt, ziet sporen van sneeuw- en puinlawines in de gordel van bos: brede lawine- en puinbanen. Het dorp zelf ligt op een uitgestrekte oude, inmiddels begroeide puinwaaier.

"Pontresina heeft het gevaar van sneeuw- en puinlawines al heel vroeg onderkend", zegt fysisch-geograaf en glacioloog Felix Keller, hoofd onderzoek van de Academia Engiadina in Graubünden, het kanton waarin Pontresina ligt. "Op initiatief van een hoteleigenaar begon Pontresina al in 1882 als eerste dorp met de bouw van hekken tegen sneeuw- en puinlawines. Inmiddels staat er zo'n 18 kilometer hekwerk en zijn Pontresina grote rampen bespaard gebleven."

Inmiddels dreigen nieuwe natuurrampen, als gevolg van de klimaatverandering. En ook nu weer reageert Pontresina hier als eerste op. Hoog boven het dorp liggen enorme massa's permanent bevroren puin. "Zolang deze permafrostmassa's bevroren blijven, kunnen ze geen kwaad, maar als ze gaan ontdooien, kan dat rampzalig zijn", aldus Keller, die een specialist is op het gebied van permafrost in het hooggebergte en daarop in 1993 promoveerde. "De kans op ontdooien neemt toe door de wereldwijde temperatuurstijging. Metingen hebben uitgewezen dat de temperatuur van de permafrostmassa's maar net onder het vriespunt ligt. Kleine temperatuurstijgingen kunnen de permafrost dus doen ontdooien waardoor er grote hoeveelheden extra puin beschikbaar komen. Die kunnen in beweging komen, bijvoorbeeld bij onweersbuien, en puinlawines en modderstromen veroorzaken. We hebben berekend dat ze hier een omvang van 25.000 tot 100.000 kubieke meter kunnen krijgen, ofwel 360 tot 1.100 kubieke meter per seconde, terwijl de bestaande afvoergeulen maar 65 tot 86 kubieke meter per seconde kunnen verwerken."

## Bergstorting

De afgelopen tien jaar zijn er in Zwitserland zeven grote bergstortingen geweest. Keller wil ze niet meteen allemaal aan ontdooiende permafrost toeschrijven, maar acht de kans daarop groot: "Allemaal vonden ze plaats op de grens van de permafrost of in gebieden waar permafrost belangrijk is.'

Daarom besloot Pontresina op een puinwaaier boven het dorp, waar enkele puin- en lawinebanen samenkomen, een groot opvangbekken aan te leggen. Voor 7,5 miljoen franc heeft men daar twee massieve dammen aangelegd van 230 meter lang, 13,5 meter hoog en (maximaal) 67 meter breed. Om de kracht van de lawines te breken heeft men twee kleinere voordammen aangelegd en een slinger aangebracht in de afvoergeul. Als er ooit grote Murgänge als gevolg van ontdooide permafrost naar beneden mochten komen, is Pontresina erop voorbereid.

Ontdooiende permafrost in hooggebergten is een tamelijk nieuw onderzoeksterrein. Keller: "Naar permafrost in arctische gebieden wordt al lang onderzoek gedaan, evenals naar het inkrimpen van gletsjers door de mondiale temperatuurstijging. Dat de temperatuurstijging ook invloed heeft op de permafrost in het hooggebergte is veel minder bekend. Dat de gletsjers korter worden, kan iedereen met eigen ogen zien. Bijvoorbeeld als hij hier vlakbij langs de Morterascgletsjer loopt waar bordjes aangeven hoe ver de gletsjer vroeger reikte. Veranderingen in de permafrost zijn echter niet meteen met het blote oog waar te nemen.'

In 1987 merkten de ingenieurs bij het plaatsen van lawinehekken boven Pontresina dat de gebruikelijke methoden om hekken in de (bevroren) bodem te verankeren niet meer voldeden. Onderzoek waarbij ook Keller betrokken was, wees uit dat de ondergrond op veel plaatsen niet langer permanent bevroren was en dus minder stabiel. Ook bleken permafrostmassa's langzaam bergafwaarts te kruipen als zogeheten blokletsjers die van bovenaf lijken op dikke lavastromen. In hetzelfde jaar werd het dorp Poschiavo aan de andere kant van de Berninapas getroffen door een verwoestende puinstroom. Deskundigen waren verrast door de enorme hoeveelheid puin die er ineens beschikbaar was. Allengs ontstond de hypothese dat ontdooiende permafrost de oorzaak was. Na deze gebeurtenissen kwam het onderzoek naar permafrost in het hooggebergte op gang.

Om inzicht te krijgen in het gedrag van permafrostmassa's doorboorde men in 1987 een blokletsjer bij de Piz Corvatsch (3451 m) vlakbij St. Moritz. Sindsdien houdt men het temperatuurverloop daarvan bij. Sinds 1987 is de gemiddelde temperatuur op 11,6 meter diepte een halve graad gestegen. Daarnaast lokaliseerden de onderzoekers in Oberengadin nog ruim 300 andere blokletsjers. Ook brachten ze door duizenden sonderingen in de sneeuw, geofysisch onderzoek en boringen de verspreiding van de permafrost in kaart. Keller: "In vier tot zes procent van Zwitserland komt permafrost voor, vooral op noordhellingen boven de 2000 meter. Maar waar de zon nooit komt, is permafrost al op 1500 meter hoogte mogelijk. De dikte van de permafrostlaag kan oplopen tot meer dan 50 meter, terwijl de temperaturen variëren tussen de 0 en -4 graden.'

"Van permafrost', doceert Keller, "is sprake als de temperatuur van de ondergrond meer dan een jaar lang onder het vriespunt blijft. Vaak ontdooit boven de permafrost 's zomers een laag van enkele meters dikte. De permanent bevroren laag eronder laat geen water door en beschermt zo het puin en gesteente eronder tegen erosie. Als de permafrost dooit, neemt de hoeveelheid puin die in beweging kan komen, toe.'

Van groot belang is volgens Keller de hoeveelheid ijs in de permafrost. Die kan variëren van 'heel veel' tot 'bijna niets'. Het ijs kan bevroren grondwater zijn, maar ook opnieuw bevroren smeltwater, of het kan ontstaan zijn uit resten van gletsjers of lawines. Als er veel ijs in het puin zit en dit gaat smelten door temperatuurstijgingen, kan er meer water doordringen in de scheuren in het onderliggende gesteente. Bij bevroering zet dat uit en worden de scheuren dieper. Het gesteente verweert zo (door de groei van zogenaamde ijslenzen) sneller. Ook zorgt smeltwater voor warmtetransport naar beneden en bevordert het de dooi van dieper liggende permafrost. Een hoog watergehalte bevordert dus op verschillende manieren de vorming van los puin in de ontdooiende permafrost. Daarnaast houdt ijs ook puin bij elkaar. Als de temperaturen echter stijgen tot boven de -2 graden gaat de bindende kracht ervan verloren. Bij steile hellingen levert dat direct gevaar op.

Het ontdooien van permafrostmassa's heeft verstrekkende gevolgen. Modderstromen, puinlawines en bergstortingen kunnen dorpen, wegen en spoorlijnen bedreigen. Bestaande wegen, skiliften, elektriciteitsmasten, lawinehekken en gebouwen kunnen verzakken en de aanleg van nieuwe wordt bemoeilijkt. Ook kunnen nieuwe bouwwerken de dooi van de permafrost bevorderen, want elk bouwwerk staat warmte af aan en zorgt voor een hogere vochtigheid in de ondergrond.

## **Sneeuwzeker**

Voor de bouwplannen is het volgens Keller belangrijk vroegtijdig te weten waar zich permafrost bevindt en wat de karakteristieken van de permafrost ter plaatse zijn. Zeker nu het toerisme steeds verder doordringt in hoger gelegen gebieden omdat de lagere steeds minder sneeuwzeker worden door het warmere klimaat.

Om in de ruimtelijke ordening beter rekening te kunnen houden met ontdooiende permafrost is men in het kader van het Zwitserse onderzoeksprogramma 'klimaatverandering en natuurrampen' begonnen met glaciologische karteringen. Met een digitaal hoogtemodel binnen een geografisch informatiesysteem (GIS) is een eerste inschatting gemaakt van de verspreiding van permafrost. Vervolgens zijn daarin allerlei andere elementen geïntegreerd, zoals de energiebalans van de bodem, de toestand van het oppervlak en de rottemperaturen. Inmiddels is de eerste glaciologische kaart op een schaal van 1:60.000 gereed; hij bestrijkt het gebied rond St. Moritz tussen de Julier- en Berninapas. Daarop staan de verspreiding van de permafrost, de kruiprichting van de blok-gletsjers, de ligging van de gletsjers in het jaar 1850 en de morenen.

"Met zo'n kaart kunnen potentiële gevaren vroegtijdig herkend en gelokaliseerd worden", aldus Keller. Binnenkort zijn ze beschikbaar voor de hele Zwitserse Alpen, ook op internet.

De Julier-Berninakaart laat mooi zien dat aan het begin van een puinbaan die eindigt in Pontresina een ontdooiende blok-gletsjer ligt. Mochten daarvan ooit stukken naar beneden komen, dan is Pontresina erop voorbereid.

Zicht op Pontresina in Oberengadin in Zuidoost Zwitserland. De bosgordel is doorsneden door puin- en lawinebanen. Boven het dorp liggen permafrostmassa's die ontdooien en als puinstromen naar beneden kunnen komen. Om Pontresina daartegen te beschermen zijn dammen rond een groot opvangbekken op de puinwaaier boven het dorp aangelegd.

Op deze luchtfoto staat in het midden een op een lavastroom gelijkende blok-gletsjer. Dat is een langzaam naar beneden kruipende permanent bevroren puinmassa. Bij smelten van de permafrost wordt zo'n helling snel gevaarlijk.