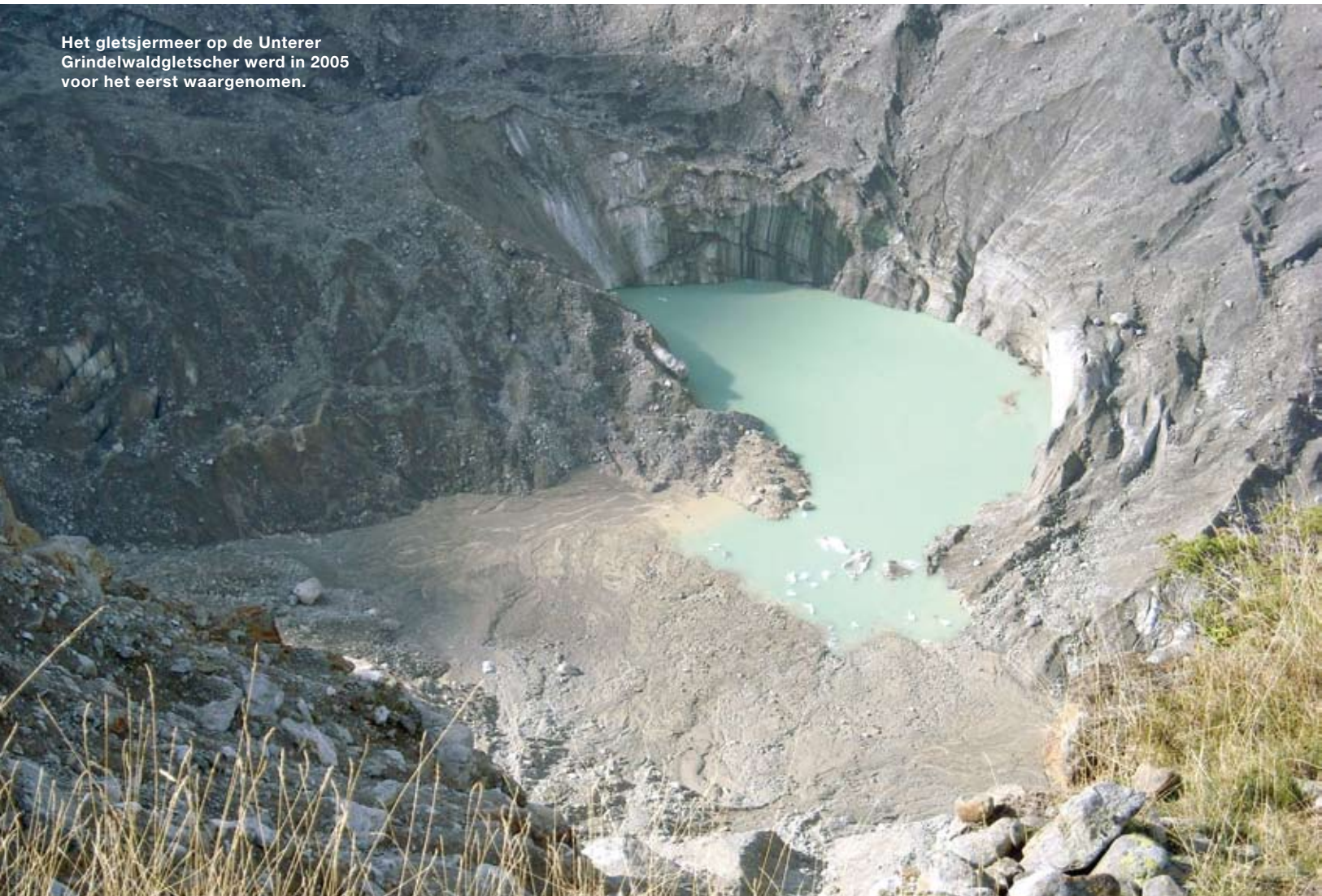


# TIKKENDE WATERBOM

In de bergen boven het Zwitserse Grindelwald is enkele jaren geleden een gletsjermeer ontstaan, waarvan het volume snel toeneemt. Elke zomer bestaat het gevaar dat het meer spontaan in één keer leegloopt, wat zou leiden tot rampzalige overstromingen in het dal. Zwitserse ingenieurs pakken de acute dreiging op unieke wijze aan. Een kunstmatige overloop en een twee kilometer lange tunnel moeten het overtollige water veilig naar het dal leiden.

Door René SCHILS

Het gletsjermeer op de Unteren Grindelwaldgletscher werd in 2005 voor het eerst waargenomen.



**T**ijdens de hete zomer van 2006 dromden duizenden toeristen samen aan de oostelijke voet van de Eiger om getuige te zijn van een spectaculair geologisch schouwspel. Rotsblokken ter grootte van een respectabel flatgebouw braken met donderend geraas van de berg af. Een half miljoen kubieke meter rots belandde honderden meters lager op de *Unterer Grindelwaldgletscher*. Spectaculair was het zeker, maar behalve stofoverlast schulde er weinig gevaar in de vallende rotsen. Nadat het stof was opgetrokken, bleek de dreiging uit een heel andere hoek te komen. Het puin ligt namelijk op het uiteinde van de gletsjer, waardoor het onderliggende ijs trager smelt. Het hoger gelegen deel van de gletsjer, met minder puinbedekking, smelt juist

## Als 10 miljoen m<sup>3</sup> water uitbreekt, kan de waterafvoer een piek bereiken boven de 400 m<sup>3</sup> per seconde

in een hoger tempo, waardoor op de gletsjer zelf een meer is ontstaan. Dat heeft geen natuurlijke afvoer, maar kan op een onverwacht moment in zeer korte tijd leeg lopen, met een verwoestend effect op het dal.

### PUIN

De *Unterer Grindelwaldgletscher* ligt ingeklemd tussen de oostelijke flank van de Eiger en de Mättenberg. De Eiger is een beruchte alpenreus van bijna 4.000 meter, met een rijke geschiedenis van spectaculaire beklimmingen. De Mättenberg is wat bescheidener van omvang, maar meet nog altijd 3.100 meter. De tong van de *Unterer Grindelwaldgletscher* stroomt via een nauwe kloof naar beneden. Het smeltwater baant zich via de rivier de *Lütschine* een weg door Grindelwald, om uiteindelijk twintig kilometer verder bij Interlaken in het meer van Brienz te stromen.

De geschiedenis van de gletsjer is goed gedocumenteerd met tekeningen, schilderijen, foto's en kaarten. De gebroeders Bisson fotografeerden de gletsjer tijdens het laatste maximum rond 1855. Sindsdien heeft de gletsjer zich ruim anderhalve kilometer teruggetrokken en is de dikte van het ijspakket met 200 meter afgenomen. Door het terugtrekkende ijs en het verdwijnen van de permafrost zijn de bergwanden aan weerszijden instabiel geworden, waardoor de gletsjertong regelmatig met nieuw puin wordt bedekt, met als voorlopig hoogtepunt de spectaculaire afstort in juli 2006.

In 2005 is het gletsjermeer voor de eerste keer waargenomen, toen nog met een bescheiden inhoud van honderdduizend kubieke meter.

In drie jaar tijd is het volume vertienvoudigd. Onderzoekers hebben berekend dat het potentiële volume in 2010 toeneemt tot vijf miljoen kubieke meter, en in de jaren daarna zelfs tot tien miljoen kubieke meter.

Het grote gevaar is een plotselinge en nauwelijks voorspelbare waterafvoer uit het meer. Tussen april en oktober kan het meer in enkele uren volledig leeg lopen. De bedding van de *Lütschine* is echter niet berekend op dergelijke watermassa's. Daarom is het meer sinds 2006 voorzien van een permanente bewaking. Een druksonde in het meer meet de waterspiegel, en stroomafwaarts staan verschillende instrumenten die plotselinge schommelingen in de waterafvoer vastleggen. Bovendien kan iedereen het meer bekijken via een webcam ([www.gletschersee.ch](http://www.gletschersee.ch)). De

In de statistieken van de afgelopen 75 jaar schommelde de jaarlijkse maximale afvoer tussen de 40 en 110 m<sup>3</sup> per seconde. Met een potentiële waterafvoer van 200 m<sup>3</sup> of meer, belandt men op onbekend terrein. Bovendien is de frequentie van hoogwater door het gletsjermeer, met een of meerdere uitbraken per jaar, extreem hoog in vergelijking met de sporadisch optredende wateroverlast door neerslag.

Zonder ingrijpen wordt de schade geraamd op minimaal honderd miljoen Zwitserse Frank (Sfr). Niet alleen Grindelwald zou zwaar getroffen worden, maar zelfs de buitenwijken van de twintig kilometer verder gelegen stad Interlaken lopen gevaar.

### JÖKULHLAUP

Gletsjermeren tref je aan in alle vergletsjerde gebieden van de wereld. Ze kunnen zich in, op of onder de gletsjer vormen, maar ook aan de rand ervan. Ze hebben een levensduur van enkele jaren tot enkele eeuwen. Een catastrofale uitbraak van gletsjermeren wordt officieel *Glacier Lake Outburst Flood* (GLOF) genoemd, maar de IJslandse naam *jökulhlaup* wordt ook algemeen gebruikt. In Zuid-Amerika staan de vloedgolven bekend als *aluviones* en in Nepal als *chhugyumba*.

Het water in gletsjermeren staat niet in verbinding met de normale afwateringskanalen onderaan de gletsjer. Op verschillende manieren kunnen echter scheuren of breuken ontstaan, waardoor kortsluiting ontstaat tussen het meer en de bestaande kanalen, en waardoor het water zich in korte tijd een weg naar buiten baant. In IJsland is subglaciale vulkanische activiteit een veel voorkomende oorzaak, maar lichte aardbevingen kunnen ook al voldoende zijn om de leegloop in gang

laatste keer dat de alarmbellen luidden was in de middag van 30 mei 2008. In een tijdsbestek van zes uur liep 800.000 m<sup>3</sup> water uit het meer. De instrumenten registreerden vier vloedgolven met een piekwaarde van 110 m<sup>3</sup> per seconde. De schade bleef gelukkig beperkt tot een vernielde golfbaan en afgekalfde oevers.

De verwachte toename van het watervolume brengt echter veel grotere risico's met zich mee. Bij een uitbraak van vijf miljoen kubieke meter water, verwacht men een piek in de waterafvoer van 200 m<sup>3</sup> per seconde, en bij tien miljoen kubieke meter kan de waterafvoer boven de 400 m<sup>3</sup> per seconde uitkomen.





12/04/2009



14/04/2009



19/04/2009

**Het grote gevaar van het Unterer Grindelwaldgletschermeer is een plotselinge en nauwelijks voorspelbare waterafvoer. Tussen april en oktober kan het meer in enkele uren helemaal leeg lopen. Daarom wordt het sinds 2006 permanent bewaakt.**

te zetten. Een ander veel voorkomend mechanisme is dat de ijtsdam als het ware wordt opgetild door de opwaartse drijfkraft van het gletsjermeer. Recente metingen aan de Gornergletsjer in het Zwitserse Wallis lieten zien dat de ijtsdam op sommige plekken tot drie meter werd opgetild, waarna het water vrij spel had.

In het verre verleden hebben vloedgolven uit gletsjermereen een grote rol gespeeld in de vorming van het landschap. Tegen het einde van de laatste ijstijd kwamen ze op grote schaal voor, met als bekendste voorbeeld de *Missoula Floods* in het huidige noordwesten van de Verenigde Staten. Ongeveer 15.000 jaar geleden ontstond achter een gigantische ijtsdam een meer met een oppervlakte van bijna 8.000 km<sup>2</sup> en een maximale diepte van 600 meter. In de daaropvolgende 2.000 jaar brak het meer naar schatting 20 tot 40 keer uit. De grootste uitbraak ging gepaard met een onvoorstelbare waterafvoer van 10 miljoen kubieke meter per seconde. Vloedgolven van 200 tot 250 meter hoog raasden met een snelheid van 80 kilometer per uur door het landschap en lieten diepe sporen achter, die nog altijd zichtbaar zijn.

Vandaag is de schaal weliswaar veel kleiner, maar gletsjermereen vormen op veel plaatsen in de wereld nog steeds een reële dreiging. De opwarming van de aarde bespoedigt het smelten van gletsjers, en als dat ongelijkmatig gebeurt zoals in Grindelwald, is de kans op vorming van gletsjermereen groot. In een overzicht van de dodelijkste gletsjergeveeren staat de uitbraak van gletsjermereen op nummer één, op respectabele afstand gevolgd door ijslawines en ongevallen van klimmers en wandelaars.

In Nepal zijn er naar schatting 2.500 gletsjermereen, waarvan één procent als gevaarlijk wordt beschouwd. Op dit moment is het Tsho Rolpameer, een kleine 50 kilometer ten zuidwesten van Mount Everest, verreweg het gevaarlijkst. Het meer is rond 1950 gevormd, geleidelijk aangegroeid van 0,23 tot 1,75 km<sup>2</sup> en bevat 80 miljoen kubieke meter water. Bij een uitbraak zijn tienduizenden mensen in gevaar, evenals een lager gelegen waterkrachtcentrale. Vanwege de beperkte financiële middelen kunnen er alleen eenvoudige maatregelen worden genomen, zoals het graven van oppervlakkige afwateringskanalen. Maar het resultaat daarvan was teleurstellend: de waterspiegel daalde maar met drie meter. Wat rest

is het bewaken van het meer en het instellen van alarmsystemen voor de bevolking. Dat staat in schril contrast met de situatie in Grindelwald, waar men voldoende geld heeft om alle technische middelen uit de kast te halen.

### TUNNEL

In 2008 staken Zwitserse experts de koppen bij elkaar om uit een lijst met alle alternatieven de juiste oplossing te kiezen. De ene na de andere optie viel af. Het opblazen van de ijs- en puindam werd geschrapt omdat het technisch niet uitvoerbaar was. De bouw van opvangbekkens in het dal was landschappelijk niet acceptabel. Heetwaterboringen om kortsluiting te maken tussen het meer en het subglaciale afwatersysteem bleken te onzeker. Uiteindelijk koos men voor een nooit eerder uitgevoerde techniek, namelijk de bouw van een tunnel om het water veilig van het meer naar het dal te leiden. De kosten bedragen ongeveer 10 miljoen euro, een koopje in vergelijking met de potentiële schade van meer dan 66 miljoen euro.

In januari van dit jaar is men vanuit het dal begonnen met de werkzaamheden. Met behulp van springstoffen en graafapparatuur baant men zich langzaam een weg omhoog, richting gletsjermeer. Gedurende tien maanden zal het geknal van springstoffen zes dagen per week van zonsopgang tot zonsondergang door het dal galmen. De tunnel heeft een doorsnede van enkele meters, zodat men later nog met grotere bouwapparatuur bij het meer kan komen.

Het laatste deel van de tunnel voert door een laag puin naar de kunstmatige overloop. Die wordt zo aangelegd dat het meer voortaan maximaal 500.000 m<sup>3</sup> kan bevatten, een hoeveelheid die bij een eventuele uitbraak makkelijk kan worden opgevangen. Het meer wordt in de loop van de jaren echter steeds dieper, waardoor het aansluitpunt iedere drie tot vijf jaar moet worden verlaagd. Tegen de lente van 2010 moet de rust terugkeren in het dal, en kunnen ook de inwoners weer rustig slapen. ●



**Om het water veilig van het meer naar het dal te leiden, wordt nu een tunnel gebouwd.**