



GROTTEN EN KARST

door Herman W. de Swart*)

Karstverschijnselen en grotten zijn fraaie geologische fenomenen. Maar ze zijn meer dan dat. Ook allerlei andere wetenschappen, biologie, archeologie, hydrologie, om er enkele te noemen, vinden hier unieke objecten van studie. Het is niet de bedoeling van dit artikel om tot in detail alles over de wetenschap van grotten en karst, de speleologie, te laten zien. Daar zouden vele jaargangen van Gea voor nodig zijn en daar bestaan bovendien goede boeken voor. Wel hoop ik dat de met name geologisch geïnteresseerde bezoeker van grotten en karstgebieden iets gaat begrijpen van de veelheid van aspecten die aan het onderzoek daarvan verbonden is, en dat degene die als toerist in een grot wordt rondgeleid meer gaat zien dan alleen dat waar de gids op wijst. Het bezoek aan zo'n grot kan zo veel waardevoller worden.

Karstverschijnselen

Ongeveer 10% van het oppervlak van onze aardkorst (de oceanen en zeeën niet meegerekend) bestaat uit kalkgesteenten. Kalkgesteenten hebben twee belangrijke eigenschappen:

- het zijn afzettingsgesteenten en dus zijn ze gelaagd;
- ze zijn oplosbaar.

Deze twee eigenschappen hebben een hele reeks van gevolgen die we kunnen samenvatten onder het begrip **karstverschijnselen**.

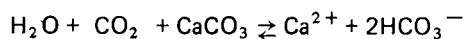
Karst is de naam van een gebied in NW-Joegoslavië, zo ongeveer tussen Triëst en Ljubljana, waar al in de vorige eeuw veel aandacht aan deze verschijnselen werd geschonken. Het gebied vertoont een aantal heel specifieke kenmerken; karren, dolinen en ondergrondse afwatering zijn daarvan de meest karakteristieke. Zodanig, dat wanneer deze kenmerken elders voorkomen, zo'n gebied een karstgebied wordt genoemd.

De streek in Joegoslavië is nog steeds een belangrijk centrum van onderzoek. Zo is in Postojna een uniek instituut voor grot- en karstonderzoek gevestigd.

Corrosie

Voor het ontstaan van karstverschijnselen is een niet te ingewikkeld chemisch proces verantwoordelijk: dat van corrosie.

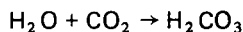
Dit is het oplossen van kalk door (aangezuurd) water:



water + kooldioxide + kalk \rightleftharpoons oplossing

(Dat kalk oplost door zuur is in de geologie heel bekend: het is de methode om in het veld kalk met behulp van een druppelflesje zoutzuur te herkennen.)

Ook regenwater, of rivierwater, kan als een zuur reageren wanneer daarin kooldioxide uit de lucht oplost:



water + kooldioxide \rightarrow koolzuur

In humus is door de ademhaling van plantewortels en de afbraak van organische stoffen een groter gehalte kooldioxide aanwezig dan in de lucht; water dat via een humusbodem de kalk bereikt is dan ook chemisch actiever. Het proces dat we corrosie noemen is overigens een evenwichtsreactie, dat wil o.m. zeggen dat het proces ook de andere kant op kan verlopen. Ik kom daar later, bij de sintervorming, op terug.

Bij de oplossing van kalk spelen nog meer factoren een rol, zoals de temperatuur van de lucht en het water, het CO₂-gehalte in beide media, enz. Dit alles maakt het proces wat ingewikkelder dan hier wordt voorgesteld. In principe is het gestelde echter juist en voor begrip van het hierna komende voldoende. Voor een uitvoeriger verhandeling verwijs ik naar de literatuur, in het bijzonder Bögli, 1978.

Karren

Het eerste wat we in het veld waarnemen, waar de ondergrond uit kalk bestaat, waar voldoende neerslag valt, en waar bovendien geen of matige plantenbedekking is, zijn de z.g. karren.

Het ontstaan hiervan moet nu duidelijk zijn: regenwater neemt CO₂ uit de lucht op, komt op de kalk terecht en lost tijdens het wegstromen een beetje daarvan op, zodat

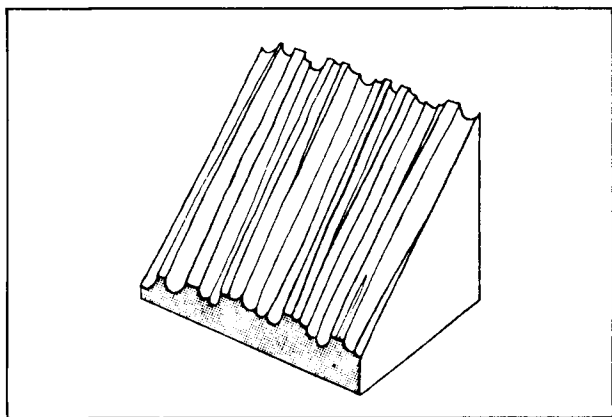
Een zaal in de ruim 7 km lange Jaskyna Slobody (Grot van de Vrijheid) in de Demänovskavallei in de Tsjechische Lage Tatra, met een veelheid aan karstverschijnselen: corrosievormen aan het plafond, vele sinterafzettingen (macaroni's, stalactieten, draperieën, en een 'versteende waterval', afgezet op los sediment), dit alles zich weerspiegeld in een vadose watervlakte.

*) De auteur is bestuurslid van de Nederlandse Vereniging voor Grot- en Karstonderzoek "Speleo Nederland" en redacteur van het tijdschrift dat deze vereniging uitgeeft.

een geultje ontstaat. Omdat dit relatief laag ligt, zal steeds meer water via dit geultje wegstromen (het gaat als een gootje fungeren), en zo zal het steeds dieper worden.

Een tweetal typische vormen zal ik hierna kort noemen, waarbij u wel dient te bedenken dat er vele overgangsvormen bestaan.

Stroomt het water snel weg, dan zullen vele, naast elkaar liggende, betrekkelijk ondiepe geultjes ontstaan, de z.g. **rillenkarren**. Deze komen vooral voor op hellende oppervlakken. (Afb. 1).



afb. 1. Rillenkarren (naar Binggeli et al., 1976)

Op vlakker liggende kalkoppervlakken, waar het water langzamer wegstroomt en de tijd heeft diepere plaatsen op te zoeken, zullen enkele, relatief diepe geulen ontstaan, de z.g. **kluftkarren**. (Afb. 2). Veelal zullen die voorkomen op plaatsen in het gesteente waar diaklazen al voor een zwakkere of lagere plek hebben gezorgd. Diaklazen, dat zijn breuken waarlangs weinig of geen beweging heeft plaatsgehad, bepalen dan ook de richting van kluftkarren. Vaak ontstaan in kluftkarren plantengroei en een humuslaag. Hierdoor zal, zoals gezegd, het corrosieproces sneller en ook zijwaarts verlopen.

Op de lange duur worden zo de kluftkarren bedekt, worden de wanden tussen de karren ondermijnd, en verdwijnen ze uiteindelijk. (Afb. 3).

afb. 2. Karrenlandschap met tot 2 m diepe kluftkarren nabij Ingleborough (Yorkshire, Engeland). De begroeiing onderin de karren versnelt het corrosieproces, zodat de karren steeds dieper worden.



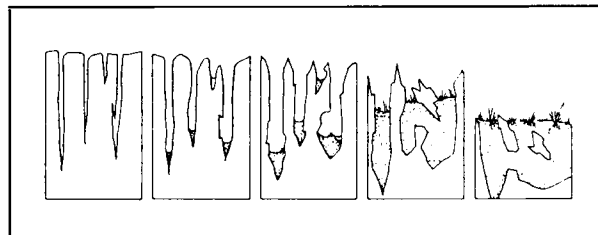
Karrentafels

Het ontstaan van karrentafels is op dezelfde manier te verklaren. Een zwerf- of morenekei bedekt een deel van het kalkoppervlak. Om de kei heen vindt corrosie plaats en ontstaan karren. Onder de kei echter is de kalk beschermd. De kei komt dus t.o.v. zijn omgeving steeds hoger te liggen. (Afb. 4). Er is een analogie met het ontstaan van gletsjertafels, vandaar ook de naam.

Dolinen

Dolinen (naar doline, het Sloveense woord voor dal) zijn misschien wel het meest kenmerkende voor een karstgebied. Het meest kenmerkend omdat ook in de begroeide streken, zelfs in bossen, dolinen goed zijn waar te nemen. Het zijn meestal ronde depressies in het landschap, soms van enkele meters doorsnede, soms echter honderden meters lang. (Afb. 5). De diepte varieert van enkele meters tot meer dan 100 m.

Alhoewel corrosie de belangrijkste rol bij de dolinenvorming speelt, zijn ook instortingen niet te verwaarlozen. De dolinen (die we in Zuid-Limburg kunnen waarnemen boven de geologische orgelpijpen, ook een karstverschijnsel) worden naar hun wijze van ontstaan in twee groepen onderscheiden. Overgangsvormen zijn er natuurlijk ook.



afb. 3. De ontwikkeling van een karrenveld (naar Binggeli et al., 1976)

1. — Oplossingsdoline: het regenwater sijpelt via een spleet in het gesteente weg; dikwijls op een plek waar b.v. twee diaklazen elkaar snijden. Steeds meer water zal via deze spleet wegstromen en de wanden raken door corrosie steeds verder uit elkaar. Er ontstaat een soort trechter.

2. — Instortingsdoline: een vrije ruimte in de ondergrond (een droge of met water gevulde grot) waarvan het plafond instort. Soms wordt op deze manier de grot toegankelijk, soms juist sluit het ingestorte materiaal de ingang af. Is er sprake van een met water gevulde grot en blijkt na instorting de doline vol water te blijven staan dan noemen we de doline een **cenote**. Ook de **sinkholes** van Florida behoren tot dit type.

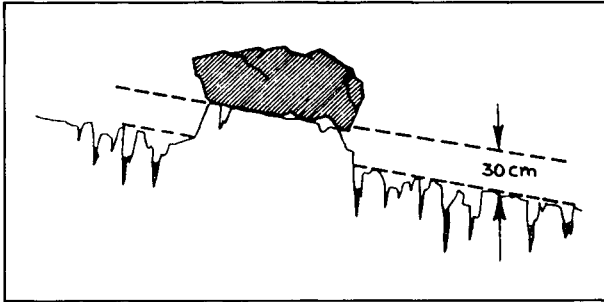
Soms verdwijnen de "wanden" tussen een reeks dicht naast elkaar liggende dolinen. Er ontstaat dan een z.g. **blind dal**, dat dikwijls een indicatie is voor een onderliggend stelsel van ruimten.

Wanneer vele dolinen op een groot oppervlak "aan elkaar groeien" noemen we het resultaat een **uvala**. In de wanden van een uvala zijn soms nog de vormen van de individuele dolinen te herkennen.

Poljes zijn voornamelijk in Joegoslavië voorkomende karstvormen. Over hun ontstaan bestaat nog geen zekerheid.

Het zijn depressies in het landschap, tot 700 km² groot, met duidelijke wanden. Gedurende een gedeelte van het

jaar staan ze droog, maar wanneer de sneeuw smelt lopen grote gedeelten onder. De boeren op de poljes zijn dan ook, zegt het verhaal, tegelijk vissers. Sommige onderzoekers zien in poljes grote uvala's, volgens anderen zijn het, tectonisch bepaalde, slenken. Het meest waarschijnlijk lijkt een combinatie van beide.



afb. 4. Karrentafel (Binggeli et al., 1976)

Ondergrondse afwatering

Het derde kenmerk dat een bepaalde streek tot karstgebied maakt is de ondergrondse afwatering. Regenwater blijft er slechts kort aan de oppervlakte, snel verdwijnt het in de ondergrond. Rivieren en beken zijn zelden aanwezig. Het water verdwijnt ofwel langs nauwelijks waarneembare spleten, er is meer sprake van wegsijpelen, ofwel in duidelijke verdwijngaten, de z.g. *portes*, in de ondergrond. Na een ondergrondse waterloop (via het grondwater, door laagvoegen – kalkgesteenten zijn immers gelaagde sedimenten – door breuken of diaklazen, of door vrije ruimten: grotten, waarover we later komen te spreken) komt het dan dikwijls in de vorm van een bron weer tevoorschijn.

Vaak liggen verdwijnpunten en karstbronnen op de grens van een karstgebied met zijn omgeving, waar b.v. de ondergrond van kalk in zandsteen of schalie overgaat. Niet ver van huis is dit al heel mooi waar te nemen. In het Massif de Boine, nabij Han-sur-Lesse in de Belgische Ardennen, verdwijnt het water van de Lesse spectaculair in de Gouffre de Belvaux, om na 700 meter onder de grond te hebben gestroomd in de Trou de Han in een grote natuurlijke tunnel weer tevoorschijn te komen. In de grotten van Han is een deel van de ondergrondse loop te zien; de grotten zijn trouwens in hun geheel door de ondergrondse Lesse gevormd. (Afb. 6).

Een zeer bijzondere vorm van karstbronnen is de vauclose-bron, genoemd naar de Fontaine-de-Vaucluse, in het Zuidfranse stadje van dezelfde naam.

Hier welt onder een loodrechte wand vanuit een diep gat het water op. De waterspiegel rijst en daalt al naar gelang van de hoeveelheid neerslag op het karstplateau boven de bron. Na extreme regenval of bij smelten van de sneeuw kunnen er per seconde 200 m³ water, dat is 200.000 liter, uitstromen.

De bron voedt de rivier de Sorgue, bij laag water via een niet toegankelijke ondergrondse stroom, bij hoog water direct vanuit de Fontaine zelf.

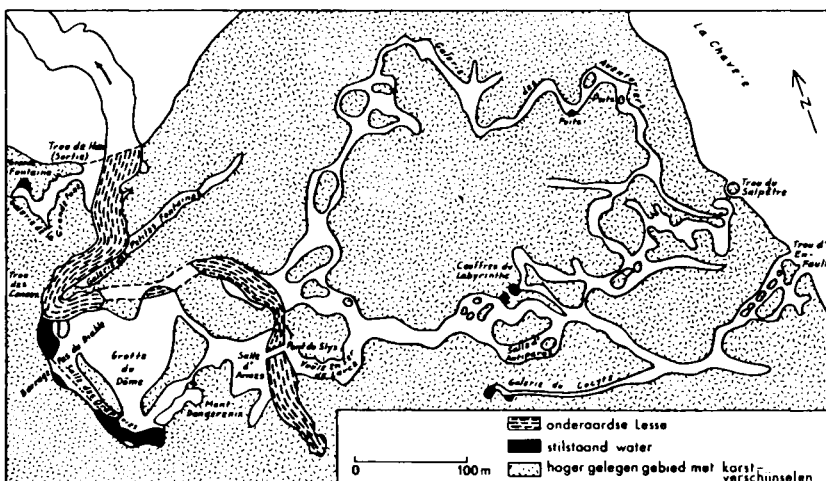
Duikers zijn tot 145 m diepte in de bron afgedaald, maar nog steeds gaat de waterloop omlaag en is er geen horizontaal gedeelte gevonden. De Fontaine de Vaucluse is een van de meest fascinerende objecten voor de Franse grotduikers. (Afb. 7).

De ondergrondse afwatering in een karstgebied heeft een aantal nare kanten. Zo is de oppervlakte dikwijls ontdaan van alle vocht en kan er nauwelijks iets groeien, zodat zelfs b.v. schapenteelt niet mogelijk is.

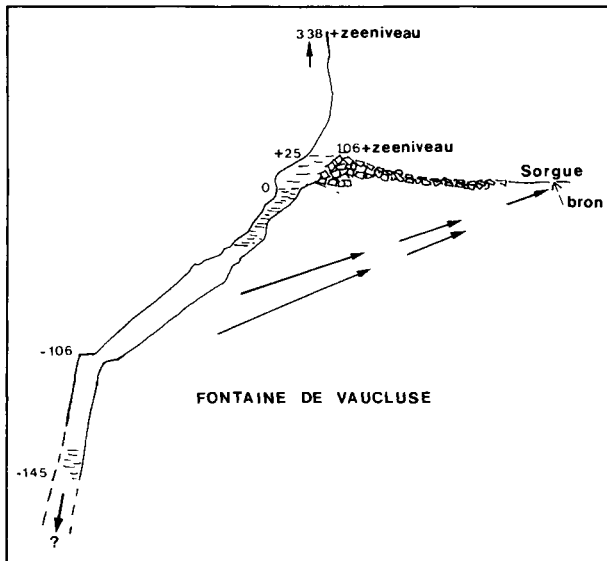
Ook kunnen verbindingen tussen verdwijnpunten en bronnen onbekend zijn. Dit had met name in Frankrijk in het nabije verleden nogal eens tot gevolg dat het ene dorp z'n afval (b.v. kadavers van aan hondsdolheid gestorven dieren) in een diepe karstput gooide, die echter via een



afb. 5. Dolinenlandschap van het gematigde klimaat (Breconshire, Wales). De foto toont enkele dolinen en, in het midden, een uvala-achtige vallei.



afb. 6. Kaartje van de loop van de Lesse, Belgische Ardennen (naar Pannekoek (red.), 1973)



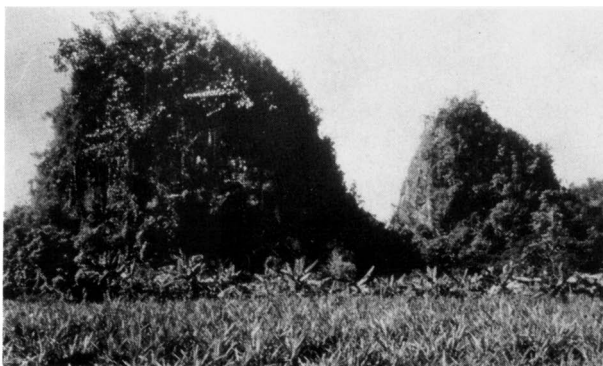
afb. 7. Fontaine de Vaucluse (gewijzigd naar Bögli, 1978)

ondergrondse waterloop in verbinding stond met een bron, die een ander dorp van drinkwater voorzag. De gevolgen laten zich raden. Ondanks allerlei wetten die dankzij de fameuze Franse speleoloog E.-A. Martel in het begin van deze eeuw tot stand kwamen doet zich dit soort situaties nog steeds voor.

Tropische karst

Een heel speciaal beeld biedt de **tropische karst**. Door de hogere temperatuur en de grotere neerslag, en tengevolge daarvan de overvloedige plantengroei — alle drie factoren die bijdragen tot sterkere corrosie van de kalkige ondergrond — zijn de karstverschijnselen zeer nadrukkelijk zichtbaar. Met name het dolinenlandschap is specifiek voor tropische karst. Op grote oppervlakten liggen vele dolinen vlak bij elkaar. Dit wordt een **cockpitlandschap** genoemd. Wanneer deze dolinen zich nog verder uitbreiden dan ontstaat een vlakke met daarin alleen nog een soort van restbergen op die plaatsen waar de dolinen elkaar niet raakten. Dit landschap van **towerkarst** is o.a. zeer bekend van het Indonesische Goenoeng Sewoe. (Afb. 8).

afb. 8. Torenkarst op Puerto Rico. De torenkarst is het voorlaatste stadium in de evolutie van een tropisch karstlandschap. Het laatste stadium is een vlakke zonder reliëf.



Karst in andere gesteenten

Tot nu toe is uitsluitend gesproken over de oplossing van kalkgesteenten. Dit omdat kalk veel voorkomt en omdat de oorsprong van het karstonderzoek in een kalkgebied ligt.

Maar in andere gesteenten komen dezelfde verschijnselen voor, en als hetzelfde proces daaraan ten grondslag ligt spreken we ook van karstverschijnselen. Allereerst dolomiet [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$], dat op dezelfde wijze als kalk op aangezuurd water reageert, zij het minder sterk. Voor de oplossing van anhydriet [CaSO_4], gips [$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$] en steenzout [NaCl] is niet eens de tussenkomst van CO_2 nodig. Water alleen volstaat om deze gesteenten op te lossen. De karstvorming in deze gesteenten is heftiger dan die in kalk. Dat wil overigens zeggen dat de karstverschijnselen ook eerder verdwenen zijn. Omdat de corrosie zo snel verloopt hebben geologische structuren veel minder invloed. Bij anhydriet verloopt het proces voornamelijk zo snel omdat dit eerst water opneemt en gips vormt [$\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$]. Hierdoor neemt het gesteente 50% in volume toe en gaat dan breuken vertonen, zodat het snel uiteenvalt.

Pseudokarst

Tot slot nog dit. In niet oplosbare gesteenten als b.v. graniet komen door verwerking karstachtige verschijnselen voor. Omdat deze niets met echte karst (door corrosie) uitstaande hebben worden ze met 'pseudokarst' aangeduid.

Enkele begrippen

Misschien is het goed op dit moment even stil te staan bij de verschillende benamingen waarmee het onderzoek van karst en grotten wordt aangegeven. De studie van karstverschijnselen zoals die in het voorgaande is beschreven is duidelijk een onderdeel van de geologie, en wordt dan ook met de term **karstgeologie** aangeduid. Als het de landschapsvorming betreft kunnen we de karststudie ook onderbrengen bij de geomorfologie, en van **karstgeomorfologie** spreken. De Fransen hebben de studie van de karst tot een min of meer zelfstandig terrein van onderzoek bevorderd en spreken van **karstologie**. **Karstmorfologie** is de beschrijving van de verschillende vormen in het karstlandschap.

Ligt het accent op de studie van het ontstaan van grotten als een van de karstverschijnselen (waarover wij hierna komen te spreken) dan is **fysische speleologie** de gebruikelijke term (van het Griekse spelaion = grot). Alhoewel deze titel suggereert dat het alleen om grotten gaat, maakt toch ook de studie van (de overige) karst hier deel van uit. Een goede vertaling is dan ook grot- en karstonderzoek. Maar speleologie omvat meer dan alleen de studie van geologische processen. Ook hydrologie, biologie, archeologie en klimatologie hebben bijgedragen tot de vorming van wat nu de speleologie inhoudt. Ook het (economisch en sociaal) gebruik van grotten en de ontwikkeling van technieken voor grotexploratie worden tot de speleologie gerekend. Zelfs is speleologie een fascinerende sport, al is de naam daarvoor misleidend (logos betekent immers kunde, wetenschap) en zou beter van grot sport gesproken kunnen worden.