

## Het klimaat in grotten

door H. L. M. Jonkergouw

Met betrekking tot het klimaat in de hoofdgang van de Préhistorische Vuursteenmijn te Rijckholt (Savelsbos). (X)

Wanneer er gesproken wordt over een klimaat in bepaalde grotten, is die geenszins een overdreven benaming. In alle grotten welke op de een of andere manier in verbinding staan met de buitenlucht heerst een klimaat. Er zijn luchtstromingen aanwezig, die evenals in de atmosfeer veroorzaakt worden door plaatsen van hoge en lage luchtdruk, er heerst een bepaalde temperatuur.

In de meeste kunstmatige grotten waartoe we ook de gangenstelsels in Zuid Limburg en ook de hoofdgang van de Préhistorische Vuursteenmijn rekenen, heersen over het algemeen slechts matige luchtstromingen. Echter in sommige andere grotten in Europa en elders komen op plaatsen zelfs orkaanachtige winden voor. In grote ruimten zoals in de schacht van Gouffre de la Pierre Sint Martin in de Pyreneën (750 m. diep), vormen zich onder gunstige omstandigheden zelfs wolken die zich eveneens onder gunstige omstandigheden kunnen ontladen in een fikse regenbui. Het is zelfs mogelijk dat zich in zulke ruime grotten een onweer kan ontwikkelen. Zo wordt verteld van holen-expeditie's die werden afgelast omdat de deelnemers geen metalen voorwerpen meer konden beetpakken zonder een elektrische schok te krijgen.

Waarvan is nu zo'n klimaat in grotten afhankelijk?

1. Van de ligging en de vorm der grotten.
2. Van de buitentemperatuur.
3. Van de temperatuur van het omringend gesteente en de aard van dit gesteente.

Vóór we vorm en ligging der grotten bespreken zullen we eerst de buitentemperatuur en gesteente-temperatuur in beschouwing nemen.

De buitentemperatuur is met de temperatuur van het gesteente en de aard hiervan,

(X)

De gangenstelsels in Zuid Limburg hebben in veel gevallen slechts één opening (ingang), de enkele verbindingen met de buitenlucht welke er toch nog kunnen zijn, zoals leeggelopen geologische orgelpijpen, beïnvloeden het klimaat in de gangen slechts plaatselijk. Ze kunnen door de vaak zeer grote oppervlakten van de gangenstelsels niet veel invloed uitoefenen.

verantwoordelijk voor het ontstaan van de luchtstromingen en de uiteindelijke temperatuur in de grotten.

Zij die wel eens in de zomer een van de gangenstelsels (kunstmatige grotten) van de tS. Pietersberg of elders in Zuid Limburg hebben bezocht, moeten bij het binnengaan hebben bemerkt dat de lucht koel aanvoelt. In de winter voelt deze lucht echter behagelijk warm aan. Dit is dus zoiets als een kelder 's zomers betrekkelijk koel, 's winters betrekkelijk warm. In werkelijkheid blijft de temperatuur in het grootste gedeelte van deze stelsels, zeer gelijkmatig, de temperatuur is relatief constant. Zomer en winter temperaturen in deze kunstmatige grotten vertonen slechts kleine schommelingen.

Dit is een gallerij(gang) welke in de helling werd gedreven met het doel om de zich daarin bevindende préhistorische gangen en schachten van een dito mijnenveld (vuursteenmijnen) te kunnen onderzoeken.

Deze relatief constante temperatuur vindt men in alle grotten waarin door hun vorm en ligging geen grote luchtverplaatsingen optreden. De grottentemperatuur blijft echter nooit geheel constant. Ze is hoger of lager wanneer de buitentemperatuur hoger of lager is.

Reeds door vele onderzoekers is de temperatuur in de Zuid Limburgse gangenstelsels gemeten. Deze komt dan ook vrijwel overeen met temperaturen van vergelijkbare grotten elders. Een Oostenrijkse spéléoloog heeft eens de temperatuur in vele grotten in de Salzburger Alpen gemeten, waarvan ik het resultaat hier in globale cijfers wil geven:

Zomer buitenlucht	+ 27 °C.
Zomer grotlucht	+ 8 °C.
Winter buitenlucht	— 20 °C.
Winter grotlucht	+ 7 °C.

We zien hier dus een verschil van slechts 1 °C tussen zomer en wintertemperatuur in de grotten, terwijl er tussen zomer en wintertemperatuur van de buitenlucht een verschil van maar liefst 47 °C. aanwezig is.

We zien nu ook dat ofschoon de buitentemperatuur een rol speelt om de temperatuur in de grot te bepalen, deze temperatuur in de grot maar weinig direct beïnvloedt.

Hoe ontstaat nu deze vrijwel constante grottentemperatuur?

Zoals reeds vermeld is deze mede afhankelijk van de temperatuur van het omringend gesteente en tevens van de aard van dit gesteente. Deze gesteentetemperatuur is weer een gevolg van de inwerking van de buitentemperatuur op dit gesteente, ze is steeds het jaargemiddelde van de buitentemperatuur, althans bij het soort grotten met een geleidelijke luchtstroom en niet meer dan één opening (ingang). Het gesteente neemt tot op een diepte van 15 tot 20 m., zeer geleidelijk deze gemiddelde jaartemperatuur aan doordat water en lucht van boven af via fijne scheurtjes en capillaire holten tussen de gesteentekorrels zeer langzaam hun temperatuur uitwisselen. De temperatuur wordt als het ware in het gesteente genivelleerd tot het gemiddelde. Van de binnenzijde der grot trachten de gesteentetemperatuur en de temperatuur van de binnendringende buitenlucht een evenwicht te bereiken. Het resultaat is dat de temperatuur van het gesteente en de temperatuur van de grottenlucht op vele plaatsen slechts zeer weinig verschillen vertoont. Wanneer de aard van het gesteente zodanig is dat er veel tamelijk wijde scheuren in voorkomen of wanneer het gesteente zeer poreus

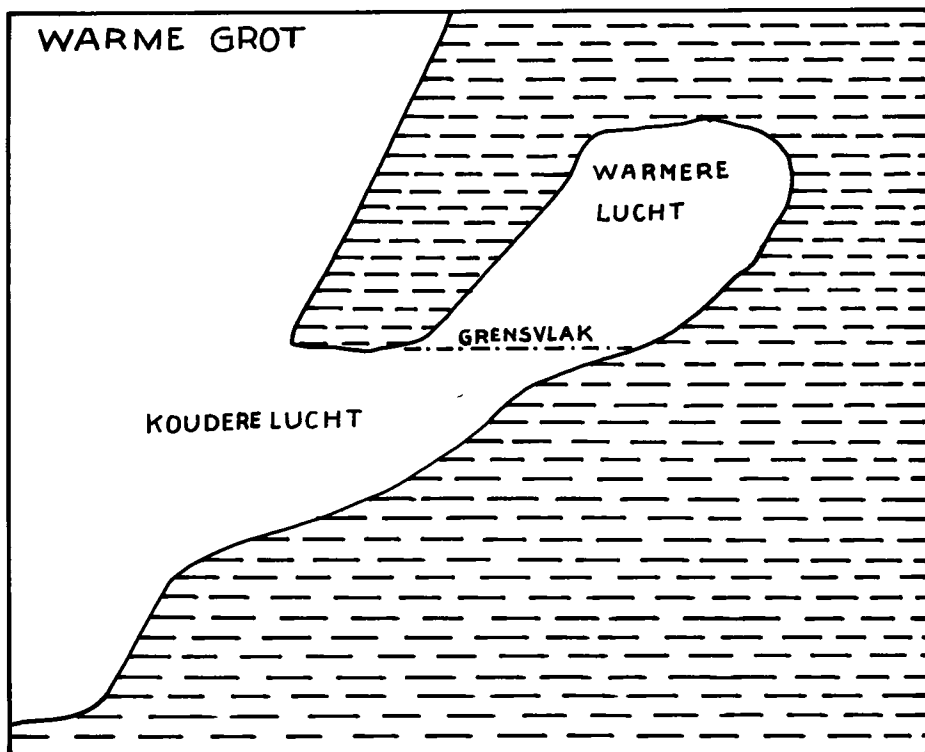


Fig. 1

is, waardoor de uitwisseling van temperatuur tussen water, lucht en gesteente meer wordt versneld dan zal het verschil van de grottentemperatuur in zomer en winter groter worden.

Zoals eveneens reeds vermeld is het klimaat in de grotten vooral afhankelijk van vorm en ligging. We zullen dit met enkele tekeningen trachten duidelijk te maken. De voorbeelden zoals getekend in fig. 1 en 3 zijn qua vorm elkaars uitersten. De vrijwel horizontaal verlopende gangenstelsels liggen dan tussen deze twee uiterste vormen in. Het zijn echter alle drie grotvormen met slechts één verbinding met de buitenlucht.

Er bestaan talloze grotvormen met veel en weinig verbindingen met de buitenlucht, die daardoor ook telkens weer een ander klimaat vertonen. Deze worden hier echter buiten beschouwing gelaten omdat de gekozen voorbeelden m.i. voldoende zijn om een globaal beeld te geven over het ontstaan van een klimaat in grotten.

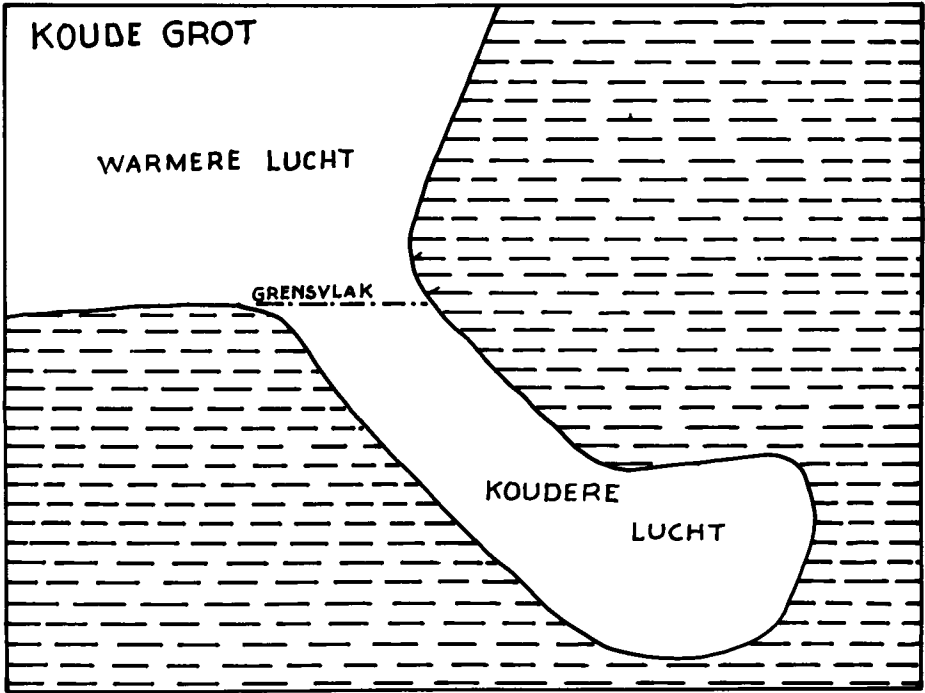


Fig. 2

Fig. 1. laat een stijl naar bovenlopende grot zien met één ingang. Deze ingang of opening is dusdanig gevormd dat de warme lucht in de grot kan opstijgen, daalt nu de temperatuur buiten, dan zal de koudere lucht de warmere lucht beletten te ontsnappen. Bij hogere buitentemperatuur dringt de relatief warmere lucht naar binnen en vult de naar bovenlopende grot geheel op. Dit type wordt een warme grot genoemd en zal minstens een hogere temperatuur hebben dan de gemiddelde jaartemperatuur van de buitenlucht. Warme lucht kan koude lucht niet verdringen omdat koude lucht een hoger s.g. heeft. De koude lucht fungeerd hier als een soort deksel. Het gevolg is dat hier de hele winter door een temperatuur heerst die hoger is dan de buitenlucht. Is de aard van het gesteente al te poreus of gescheurd dan zal dit niet worden bereikt wanneer hierdoor de uitwisseling tussen binnen en buitenlucht te zeer wordt versneld.

Fig. 3. Met opzet bespreken we nu figuur 3, omdat de hier gegeven grotvorm een spiegelbeeld is van de eerst genoemde vorm. Hier heeft precies het omgekeerde plaats. Ook hier mag geen tweede uitgang voorhanden zijn. We zien hier nu dat in de winter koude lucht in de naar beneden gaande grot zakt. De warmere zomerlucht kan de koudere lucht in de grot niet verdringen omdat deze zwaarder is. De temperatuur blijft hier minstens onder het jaargemiddelde. Wanneer de vorm van de opening en het terrein ervoor gunstig zijn kan de temperatuur in

deze grotvorm zelfs zo laag blijven dat hier gedurende de gehele zomer en winter ijs aanwezig kan zijn. De vorm en ligging is echter nog geen garantie dat hier ijs zal ontstaan, ook hier speelt de aard van het gesteente weer een rol. Wanneer het gesteente te compact en niet water doorlatend is, dus wanneer er geen sijnwater in doordringt, zal er geen ijs kunnen ontstaan ook al is de temperatuur laag genoeg.

Fig. 2. Tussen deze twee grotvormen in ligt de vorm welke zich vanaf de ingang horizontaal of vrijwel horizontaal uitstrekt. Bij vormen zoals fig. 1 en 3 zagen we dat vrijwel geen luchtuitwisseling plaats vond. Dus dat er ook geen luchtstromingen aanwezig zijn. We kunnen ons voorstellen dat wanneer de type's 1 en 3 meer naar het horizontale vlak verschuiven er steeds makkelijker luchtuitwisseling kan plaats hebben. Bij grotten die horizontaal liggen, zoals onze Zuid-Limburgse gangenstelsels en ook in de hoofdgang van de préhistorische vuursteenmijn te Rijckholt, treffen we een geregelde luchtstroom aan die meestal direct merkbaar is bij de ingangen.

D.w.z. bij de ingangen treffen we steeds twee tegengestelde luchtstromingen aan. In de winter of in koude nachten strijkt dichtere en daardoor zwaardere koude lucht via de bodem de gang binnen, in de gang(en) wordt deze lucht door uitwisseling met de gesteentetemperatuur warmer en verlaat dan de gang(en) weer als lichtere warmere lucht via het plafond. Dus in tegengestelde richting. In de zomer heeft deze uitwisseling over het algemeen andersom plaats, de minder dichte en daardoor ook warmere en lichtere lucht strijkt via het plafond de gang(en) binnen en komt dan weer als dichtere zwaardere en koudere lucht via de vloer naar buiten.

Hoe groter de verschillen zijn tussen de buitentemperatuur en de temperatuur in de gangenstelsels, des te sterker is de luchtstroom. Is de temperatuur buiten en binnen op een bepaald moment gelijk dan zal de luchtstroom stoppen en pas dan weer in beweging komen wanneer dit evenwicht wordt verbroken. Is de temperatuur buiten hoger geworden dan zal de lucht zich via het plafond naar binnen bewegen en vervolgens via de vloer naar buiten. Is de temperatuur buiten lager geworden dan komt de lucht weer via de vloer naar binnen en strijkt langs het plafond naar buiten. Men kan stellen dat hoe meer de gangen in een horizontaal vlak liggen en hoe minder verbindingen er zijn met de buitenlucht, des te constanter vind de luchtuitwisseling plaats en des te constanter is de temperatuur in het binnenste der grot of gangenstelsels.

De hoofdgang van de préhistorische vuursteenmijn vertoont op het ogenblik nog het zelfde klimaat als in de meeste Zuid-Limburgse gangenstelsels. Er zijn echter ook verschillen aan te wijzen. De gangenstelsels in Zuid-Limburg zijn nl. gelegen in het meest homogene gedeelte van het zgn. turfkrijt, sinds onheugelijke tijden is dit turfkrijt ontgonnen voor bouwstenen, waardoor uitgestrekte gangenstelsels zijn ontstaan. We vinden deze gangenstelsels voornamelijk in het Mc, een niveau in het Maastrichtse krijt (Stratigrafische indeling volgens Uhlenbroek).

De hoofdingang van de préhistorische vuursteenmijn is echter gemaakt in het Cr. 4. een niveau in het Gulpenskrijt (volgens genoemde indeling). Dit is grof wit krijt en bevat bruine, grijze en zwarte vuurstenen in regelmatige banken. De samenstelling van de kalk is lang niet zo homogeen als het turfkrijt. In het gesteente bevinden zich talrijke storingsen, grote en kleine spleten, talrijke orgelpijpen werden geconstateerd, welke zijn opgevuld met hoofdzakelijk Maasgrind. Bovendien bevinden zich dicht bij de hoofdgang verscheidene préhistorische

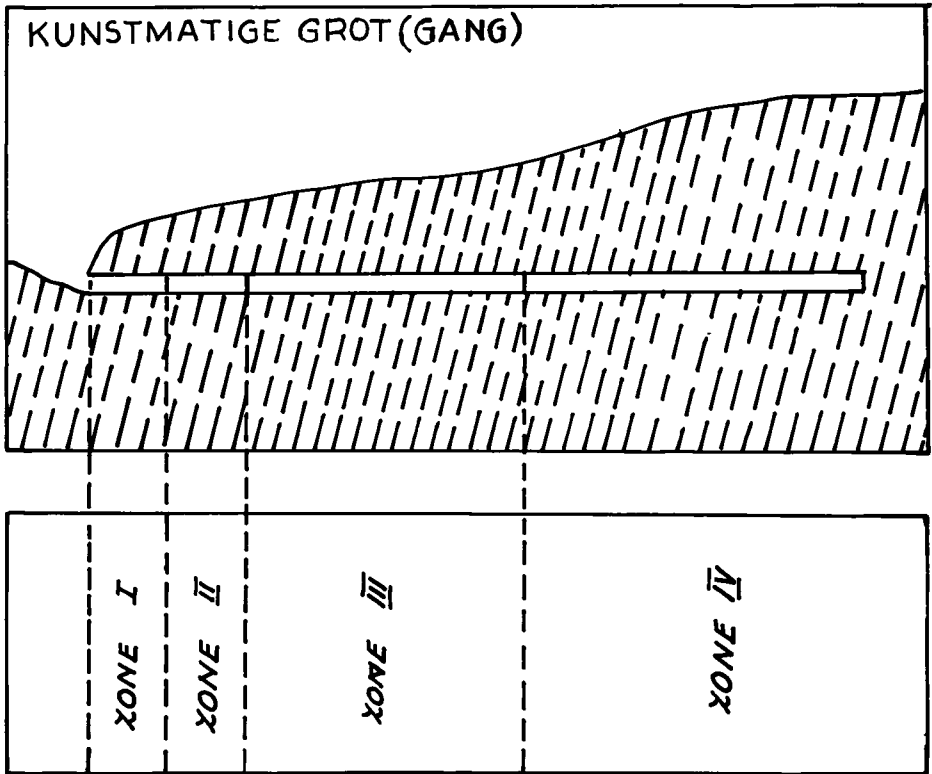


Fig. 3

mijnschachten welke zijn opgevuld met allerlei materiaal. Door al deze verschillen zal de luchtstroom wel niet zo constant zijn als in de Zuid-Limburgse gangenstelsels en zal de temperatuur daardoor iets lager liggen dan de gemiddelde jaartemperatuur voor Zuid-Limburg. De hoofdgang is verder gestut met ijzeren stijlen en kappen. Een groot gedeelte van de vloer is thans nog bedekt met een transportband. Dit laatste zal de luchtstroom wel iets wijzigen maar zal aan de uiteindelijke temperatuur in het diepste gedeelte der gang weinig afbreuk doen.

De hoofdgang heeft tot eind 1968 slechts een opening gekend nl. de ingang. Van april tot november 1968 bedroeg de temperatuur bij bouw 77 (zie fig. 2), dus reeds in het achterste gedeelte der gang, ca. +8 tot +9 °C.

In gangenstelsels en ook wel in andere grotten is de temperatuur niet al direct bij de ingang vrijwel constant. Men treft namelijk verschillende temperatuur-zônes aan.

1. De ingangszône. De lucht heeft hier nog vrijwel de temperatuur van de binnendringende buitenlucht.
2. De koude-zône, of koudezak.
3. De zône met nog niet geheel aangepaste temperatuur.
4. De zône met aangepaste temperatuur. Het diepste gedeelte.

De temperatuur in zône 4 van de hoofdgang schommelde van april tot november 1968 tussen +8 en +9 °C., dit is iets minder dan het jaargemiddelde van de buitentemperatuur voor Zuid-Limburg. Het K.N.M.I. te de Bilt berekende uit uurlijkse metingen (Beek L.) gedurende de jaren 1931 tot 1960 een jaargemiddelde van +9,4 °C. Het verschil is wel een gevolg van de aard van het gesteente. Komen er echter meer openingen zoals het geval was toen schacht 32 werd open-gemaakt, die op dat moment een tweede directe verbinding met de buitenlucht vormde, dan zien we weer andere temperaturen.

Toen ddo. 15 november 1968 schacht 32 werd geopend, was de buitentemperatuur reeds - 4 °C. De temperatuur bleef toen nog ca. + 8 °C. in het diepste gedeelte. Op 13 december 1968 is de temperatuur binnen gedaald tot + 6 °C., terwijl de buitentemperatuur - 9 °C. bedroeg.

Op 20 december 1968 werd de schacht weer afgedekt, bij bouw 45 werd toen + 4 °C. gemeten, in het diepste deel (bouw 77) echter weer + 8 °C.

De eerste zône behoeft nauwelijks een verklaring, de lucht heeft bij de ingang nog vrijwel de zelfde temperatuur als de binnendringende buitenlucht. Zône 2 is echter niet zo direct te begrijpen. We zullen trachten dit met een voorbeeld duidelijk te maken. Ieder die in de zomer wel eens een bezoek heeft gebracht aan het Noordelijke gangenstelsel in de St. Pietersberg bij Maastricht, zal het zijn opgevallen hoe koud het reeds enkele meters van de ingang is, dit komt niet alleen van de plotselinge overgang van de warme buitenlucht naar de koele lucht in de gangen, maar inderdaad is de lucht daar vlakbij de ingang beduidend kouder dan iets verderop in het gangenstelsel, de zgn. koude zône ligt hier direct bij de ingang. In dit geval wordt het verschijnsel nog versterkt doordat de toegang tot dit gangenstelsel is afgesloten met een goed passende ijzeren deur, die alleen wordt geopend wanneer bezoekers binnen komen. De uitstromende lucht wordt hier nog eens extra tegengehouden door deze deur en kan alleen door kieren onder en op zij ontsnappen, zodat de koude zich hier voor de deur ophoopt. Maar ook als deze deur er niet was zou de uitstromende koude lucht een zekere weerstand moeten overwinnen, zij moet nl. de buitenlucht opzij drukken, wat vooral het geval is wanneer het terrein voor de ingang omhoog loopt. Door het plaatsen van een deur vervalt de eerste zône bijna geheel en komt de tweede zône direct bij de ingang te liggen terwijl het effect versterkt wordt.

In de winter heeft de luchtstroom meestal een omgekeerde richting, de koude lucht zal zich nu via de vloer naar binnen bewegen, ook nu zal zij tegen de reeds aanwezige lucht binnen moeten aandrukken waardoor een zekere weerstand en opstopping ontstaat. In de winter is deze koude zône echter niet zo merkbaar omdat het dan ook buiten koud is, de overgang is dan niet groot.

De zône's 3 en 4 spreken eigenlijk voor zich zelf nu we gezien hebben waarom het klimaat verderop langzaam constanter wordt.

#### Bronnen:

Manfred Keller, *Auf Unterirdische Pfaden*. 1957.

*De Onderaardsche Gangen in de St. Pietersberg*. Ir. D. C. van Schaik.