

Klimaatveranderlikheid het meer vrae as antwoorde

Referaat gelewer op 23 Julie 1992 te Daniëlsrus tydens die droogte van 1991/92 deur deur prof. Piet van Rensburg van die destydse Departement Geografie, Randse Afrikaanse Universiteit.

INLEIDING

Die ernstige droogte wat tans ondervind word (1991/92), toon opnuut hoe veranderlik die weer en klimaat is. Dit is vandag algemeen bekend dat kontinente skuif, bergreekse vorm en verdwyn, oseane groei en verdwyn en dat groot dele van die aarde soms met ys bedek word om dan weer weg te smelt. Die mens is nou maar sowat 1 miljoen jaar op aarde in vergelyking met 'n aardgeskiedenis van 4,6 miljard jaar. Gedurende hierdie miljoen jaar het o.a. die volgende groot gebeurtenisse plaasgevind:

- Die Beringstraat wat Asië van Noord-Amerika skei, het gevorm;
- Die Middellande See wat Afrika van Europa skei, het ontstaan;
- Slegs 5 000 jaar gelede kon daar nog droogvoets tussen Brittanje en Europa gestap word – sedertdien het die straat van Dover gevorm.

In die Bybel lees ons ook van groot klimaatsverandering wat van tyd tot tyd plaasgevind het. So was daar die sewe vet en maer jare in Egipte – dink aan Farao se droom. So ook die trek van die Israeliete deur 'n woenstynstreek wat vroeër digbegroei was. Die groot kragte wat hierdie verandering teweeg gebring het, is steeds werksaam en verander die aarde se aanskyn en klimaat voortdurend – soms dramaties – gesien oor 'n geografiese tydskaal. Klimaatsveranderinge word vermoedelik ook teweeggebring deur wisselinge in:

- Die aarde se rotasie om sy denkbeeldige as;
- Die aarde se wenteling om die son;
- Die son se energie-uitset.

Al hierdie wisselinge het weer 'n invloed op die aarde se groot windstelsels, seestrome, seisoene, temperatuur en reënval en dus die klimaat. Dan moet ons ook in aanmerking neem dat die mens met sy steeds ontwikkelende tegnologie en groeiende getalle toenemend in staat is om natuurlike ewewigte te versteur. Die mens is egter nog nie ten volle in staat om hierdie insette se uitwerkinge vooruit te bepaal nie. Hy is eerder 'n passiewe ervaarder van klimaatsveranderinge, veral radikale veranderinge soos byvoorbeeld voorkoms van ystydperke.

Klimaatsveranderinge het oor eeue heen 'n groot invloed gehad op beskawings. Dink byvoorbeeld aan die leefstyl van die Westerling teenoor dié van die Eskimo of die Pigmeë. In hierdie perspektief van voortdurende grootskaalse veranderinge oor lang tye heen leef ons tans in 'n klein, vogtige, gekromde ruimtetjie in die grootse heelal... tydens 'n warm oomblik.

As ons klimaat definieer as die gemiddelde weer oor 'n periode van 40 jaar of langer, dan was die warmer periode wat gedurende die eerste helfte van hierdie eeu geheers het, veral oor die noordelike halfrond normaal. Oor 'n tydperk van 500 jaar of langer was dit egter abnormaal. Dit was vroeër kouer en sedert 1945 wéér koeler. Die tydperk 1900–1945 mag moontlik die warmste (byna) halfeeue die afgelope 1 000 jaar gewees het.

OORSAKE VAN KLIMAATSVERANDERING

Die vraag is nou:

- a) Wat veroorsaak klimaatsverandering?
- b) En oor watter tydskaal?

Daar is geen kort bevredigende antwoord op enige van hierdie vrae nie. Baie "verklarende" idees is kontroversieel. Die volgende drie ineengeskakelde oorsake vir klimaatsveranderlikheid word vervolgens kortliks bespreek:

- Gebeurtenisse buite die aarde-atmosfeeromgewing;
- Gebeurtenisse binne die aarde-atmosfeeromgewing;
- Gebeurtenisse deur die mens veroorsaak

Gebeurtenisse buite die aarde-atmosfeeromgewing:

- Tussenkoms tussen son en aarde van kosmiese stof kon moontlik die groot ystydperke van die afgelope miljard ingelei het. Ystydperke kom blybaar siklies elke ongeveer 150 miljoen jaar voor. Hierdie periodisiteit kan moontlik verband hou met die sonnestelsel se rotasie as deel van ons sterrestelsel se rotasieperiode van 300 miljoen jaar. In die proses beweeg die sonnestelsel deur die stofbelaaide buiterand van die Orionspiraalarms. Tydens hierdie deurbeweeg kan sonlig taamlik afgeskerm word, met al die gevolge wat dit op die aarde se klimaat kan hê. Ons sonnestelsel is tans besig om uit so 'n stofbelaaide gebied te beweeg.
- Variasie in die son-aarde-opset, die sogenaamde Milankovitch-effek, kan ook 'n oorsaak wees van klimaatveranderlikheid. Die Milankovitch-effek behels:

Die eksentrisiteit van die aarde se wentelbaan om die son. Hierdie baan wissel tussen feitlik 'n sirkel tot 'n redelike plat ellips met 'n ossillasie-periode van 90–100 000 jaar. In sy mees elliptiese vorm veroorsaak dit 'n sonsenergievloedverskil tussen afelium (aarde verste van son) en perihelium (aarde naaste aan son) van $\pm 30\%$. Tans is hierdie wisseling slegs sowat 7%.

'n Veranderende kanteling in die aarde se rotasie-as met betrekking tot 'n vlak loodreg tot die sonneweg. Dié askanteling wissel tussen $21,8^\circ$ en $24,4^\circ$ en is tans $23,5^\circ$ met 'n ossillasieperiode van ongeveer 40 000 jaar. Hoe groter die kanteling, hoe groter die seisoenale verskille. Dit is moontlik dat die aarde se rotasie-as in 'n stadium 'n hoek van 180° met die sonneweg kon gevorm het (90° met die vlak loodreg op die sonneweg). Die vorige maksimum kanteling was ongeveer 10 000 jaar gelede. Daarby ondergaan die aardaskanteling ook nog 'n presessieperiode van 21 000 jaar waartydens die seisoensvoorkomste tussen die noordelike en suidelike halfrond geleidelik omkeer (somer word winter en omgekeerd). Tans is die suidelike halfrond tydens perihelium na die son gerig en ontvang dus ietwat meer sonenergie tydens sy somerseisoen as die noordelike halfrond.

Die invloed van die Milankovitch-effek op klimaatsveranderlikheid word bevestig en kan in elke geval nie alleen verantwoordelik wees vir sodanige veranderlikheid nie. Van groter belang is die korttermynvariasie in sonbestraling as gevolg van wisselinge in die son se energie-uitset. Die sonkonstante van ongeveer $1,4 \text{ kW/m}^2$ is glad nie so konstant as wat vroeër algemeen aanvaar is nie. Satellietmonitering het die bewyse gelewer. 'n Hele aantal sonsiklusse is ook vasgestel wisselend in periodes van 90 jaar tot 27 dae – laasgenoemde die son se rotasie om sy denkbeeldige as.

Die bekendste sonsiklus is die sonvleksiklus van 11 jaar – eintlik 22 jaar vir een volledige siklus.

Die buitenste lae van die son dien as stabiliseerder in die son se energie-uitset. Met toename in stralingsenergie-uitset, sit die son uit (word groter) en deel van die toename in stralingsenergie word as potensiële swaartekragenergie geberg. Met afname in stralingsenergie, krimp die son en die opgebergde energie word weer vrygestel as stralingsenergie ter stabilisering van die energiestroom.

Hierdie pulsering in die sonenergie-uitset mag moontlik verband hou met die kom en gaan van ystydperke. Namate die aarde afkoel tydens verminderde sonenergie-uitset, koel die pole veral relatief meer af. Wanneer die son nou weer opflikker, word die ewenaar en die poolgebeide kouer, wat 'n intenser atmosferiese sirkulasie tot gevolg het om die groot energieverskil uit te wis of te verminder. 'n Intensier sirkulasie dra op sy beurt by tot meer verdamping, meer wolke, meer presipitasie (ook sneeu) wat 'n hoër albedo (ligweerkaatsing van tot 80%) meerbring en uiteindelik in somtotaal bydra dat die ysdekke groei.

Die verband tussen sonvleक्सiklusse en die aarde se klimaat is eers afgemaak as onsin. Twee Suid-Afrikaanse navorsers, prof. Tyson en dr. Dyer, het egter bevind dat Suid-Afrika se somerreënvalstreek nat en droë siklusse ondervind wat in fase is met die 22 jaar sonvleक्सiklus en die suidelike kusstreke se reënval in byna perfekte antifase is met 'n enkelsonvleक्सiklus van 11 jaar. Daar is egter nog geen oorsaaklike verband vasgestel nie.

Daar word beweer dat die klein ystydperk in Europa gedurende die 17de eeu verband gehou het met lae sonvleक्सaktiwiteite wat meegebring het dat die aarde $\pm 1,4\%$ minder sonenergie as tans ontvang het, en 'n gemiddelde jaarlikse temperatuurdaling van $1-2^{\circ}$ teweeggebring het. Om en by 1916 het die son se stralingsuitset weer heelwat vermeerder. Onlangs is vasgestel dat die son se energie-uitset onverklaarbaar pulseer teen 'n periode van 2 uur en 40 minute. Al die voorgemelde inligting toon eintlik dat ons nog relatief min van die son weet.

- Nog twee faktore van buite die aarde-atmosfeeromgewing is:

Die differensiële wenteling van die planeete (insluitend die aarde) om die son. Sodoende word gety-effekte met 'n ritme van 1 700 jaar in die son veroorsaak wat moeilik bestudeerbaar is.

Die gety-effek van die maan en die son het ook sy invloed op die aarde se atmosfeer. Uitsonderlike hoë getygolwe in die see kan ook prosesse aan die gang sit wat eers na eeue weer reggestel kan word. Sodanige getygolwe het moontlik bygedra tot die suidwaartse drywing van die Arktiese ysdek in 1433. Hierop het die klein ystydperk van die 17de eeu gevolg.

Gebeurtenisse binne die aarde-atmosfeeromgewing

- Tektoniese kragte binne die aarde wat meebring dat vastelande en berge vorm, oseane groter en kleiner word, beïnvloed die verspreiding van inkomende sonenergie tot 'n groot mate. Land en water het verskillende warmte-kapasiteite en elke nuwe energieverbredingspatroon.

Van klimatologiese belang is dat daar tans 'n landomringde see by die Noordpool is en 'n vasteland by die Suidpool – 'n ideale opset vir 'n ystydperk. Met 'n ystydperk word bedoel 'n periode wanneer daar enigsins ys op aarde in die natuurlike opset voorkom. Vir 90% van die aarde se geskiedenis was die aarde ysvry. Ons beleef tans 'n ystydperk – maar 'n warmer interglasiale periode daarvan.

Indien die landmassaverbreiding sodanig was dat die warm golfstroom weer heelwat verder suid as vandag vloei, soos 18 000 jaar gelede die geval was, sou Brittanje en Wes-Europa

dieselfde koue Toendra-tipe klimaat as die Hudsonbaaigebied in Kanada op dieselfde breedtelegging beleef. Bedink die invloed daarvan op die Westerse beskawing.

Ysdekke by die pole speel 'n belangrike rol in die aarde se weer en klimaat en beïnvloed veral die aarde se groot windstelsels, seestroomstelsels en stralingsweerkaatsing oftewel albedo (tans ongeveer 33%). Met 'n hoër albedo weens groterwordende ysdekke is daar skerper terugkaatsing van sonlig, dit word kouer en ysdekke brei verder uit. As gevolg daarvan vind daar minder verdamping plaas, dit word droër en sand en stof begin op die ysdekke saampak. Die albedo verlaag as gevolg van die sand en stof, meer sonligenergie word geabsorbeer, die ys begin smelt en verdamping neem toe. Ystydperke is dus die gevolg van 'n balansaanpassing in die energiebalans van die aarde, atmosfeer en oseane. In 'n klimatologiese sin is woestyne die teenpool van ysdekke. Woenstye straal meer hitte uit as wat dit ontvang en "suig" gevolglik lug van omringende streke in, veral snags.

- Vulkaniese stof en as het 'n afskermende effek op sonlig. Uitbarstings by Mt. Agung in Bali het op plekke in die noordelike halfrond gelei tot 'n 2% vermindering in sonenergie wat ontvang is. Vulkaniese uitbarstings lei gewoonlik tot natter, stormagtiger weer oor die gematigde dele van die aarde, met 'n tydeffek van twee tot 15 jaar. Daar word gespekuleer dat die afkoelende tendens sedert 1945 te wyte is aan meer vulkaniese stof as normaal. (Ongeveer 1 000 000 ton vulkaniese stof sif jaarliks uit die atmosfeer neer – slegs sowat 10% van die stof wat 'n enkele groot uitbarsting binne 'n kort periode in die atmosfeer plaas.)

Die mens se invloed

Tot dusver het die mens se aktiwiteite nog nie die aarde se klimaat veel beïnvloed nie. Die gevaar lê egter daarin dat natuurlike prosesse aan die gang gesit kan word wat onberekenbare gevolg kan hê. Lokaal beïnvloed die mens wel die klimaat, veral oor stedelike gebiede waar 'n hitte- of klimaatkoepel onder gunstige omstandighede geskep kan word. Die mens is ook besig om stadigaan die aarde se albedo te verander deur byvoorbeeld damme en stede te bou en bosse uit te roei of aan te plant. Tot dusver is sowat 10% van die landsoppervlak reeds redelik drasties deur die mens gewysig.

Die gebied vanaf die Middellandse See tot in Noord-Indië was eers 'n beboste gebied, maar vandat die mens reeds lank hier woonagtig is, het 'n groot deel reeds woestynagtig geword. Ongeveer 7% van die aarde se oppervlakte, dit wil sê 'n gebied so groot soos Brasilië, is reeds mensgemaakte woestyn. Die uitwerking hiervan is moeilik bepaalbaar in terme van die aarde se weer en klimaat.

Daarby besoedel die mens ook die atmosfeer en oseane. Een van die mens se inplasings in die atmosfeer is koolsuurgas (CO₂). CO₂ word wel deur plante en die koue water van die oseane uit die atmosfeer onttrek. Nietemin sal die CO₂-konsentrasie die volgende 1 000 jaar 'n 18-voudige vermeerdering in die atmosfeer se CO₂-inhoud meebring. Dit kan tot gevolg hê dat die aarde se temperatuur met byna 20°C sal styg! Ander modelle voorspel egter 'n minder dramatiese uitwerking. CO₂ is 'n unieke gas in die sin dat dit hittestraling absorbeer en dus 'n kweekhuiseffek ("greenhouse") in die atmosfeer meebring. 'n Verhoogde temperatuur bring egter groter verdamping en dus meer wolke mee wat weer lei tot 'n groter albedo en dus afkoeling – dus 'n soort ingeboude balanshouer.

Ander mensgemaakte effekte wat 'n invloed kan hê op die weer en klimaat sluit byvoorbeeld in kernbomontploffings en kunsmatige weermodifikasies. Min is egter bekend oor die presiese omvang wat hierdie invloede kan hê.

'n CHRONOLOGIE VAN KLIMAATSVERANDERINGE

Die langtermyn paleoklimatologie van die aarde is nie goed bekend nie. Die volgende feite is egter bekend:

Die afgelope miljard jaar was daar relatief min wisseling in die huidige opset van warm trope en koue pole met periodieke ystydperke.

Die afgelope 500 miljoen jaar was die aarde warmer as tans en vir 90% van dié tyd was die pole ysvry.

In Suid-Afrika kan die nagevolge van die ystydperke waargeneem word in sekere gesteentes soos die Dwyka-tilliete asook in die vorm van gletserskrabe in gesteentes.

Die huidige ystydperk het 1,8 miljoen jaar gelede begin en duur nog voort. Dit het tot dusver egter nog weinig effek op die Suid-Afrikaanse landskap gehad.

Die huidige ystydperk word gekenmerk deur herhaalde wisselinge tussen relatief warm interglasiale periodes, soos ons tans beleef, en veel kouer glasiële periodes met 'n temperatuurverskil van sowat 10°C tussen die twee periodes. Die warmste interglasiale periodes duur ongeveer 10 000 jaar met 'n oorgangsperiode van interglasiaal na glasiiaal oor 'n tydperk van 5 000 na 10 000 jaar. Andersom is die oorgangsperiode ongeveer 2 000 jaar.

Die afgelope 20 000 jaar was sommige klimaatsveranderinge net so erg as enige van die wat die afgelope miljoen jaar voorgekom het. In dié periode was groot gebiede van kontinente met ys bedek en het die seevlak met sowat 100 meter gedaal. Yssmelting het ongeveer 10 000 jaar gelede begin en tot 6 500 jaar gelede voortgeduur. Die hoogste temperatuur die afgelope 20 000 jaar was sowat 6 500 – 4 000 jaar gelede. Daarna het fluktuasies ingetree met 'n afkoelende tendens.

Kyk ons na suidelike Afrika die afgelope paar duisend jaar, dan blyk die volgende:

Die Makarikaripan in sentraal-Botswana was tot 21 000 jaar gelede 'n groot binnelandse meer waarin die Okavango-, Chobe- en Zambesiriviere waarskynlik "uitgemond" het. Nat, moerasagtige toestande het destyds oor suidelike Afrika geheers tot sowat 16 000 jaar gelede.

- o Die tydperk 15 000 - 13 000 jaar gelede was dit baie droog.
- o 9 000 – 8 000 jaar gelede was dit weer net met 'n gemiddelde neerslag van 165 – 400% van die huidige.
- o Sowat 3 000 jaar gelede het 'n korter nat periode ingetree.
- o Sedertdien het droër toestande oor 'n groot deel van suidelike Afrika ingetree.

Ander kontinente het soortgelyke nat- en droër periodes ondervind maar nie noodwendig in fase met suidelike Afrika nie.

Daar was ook afwisselende warmer en koeler periodes oor Wes-Europa:

- o 1000 – 1200 was dit droog en matig
- o 1100 – 1200 was dit redelik warm en is Groenland gekoloniseer
- o 1550 – 1700 was dit droog en koel
- o Gedurende die 17de eeu was dit heelwat kouer as tans ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) en het hierdie sogenaamde Klein Ystydperk die destydse koloniste vanaf Groenland verdryf.

Sedert meteorologiese rekords ná 1690 beskikbaar geraak het, blyk dit dat:

- o Verwarming sedert 1880 ingetree het.
- o Dié warm periode tot 1945 geduur het.
- o Daarna 'n afkoeling van 0,3°C ingetree het.
- o Die temperatuur oor Antarktika sedert 1971 weer begin styg het en daar waarskynlik weer 'n warmer periode begin is.

'n SOEKE NA SIKLUSSE

Die mens is nou maar eenmaal so saamgestel dat gegewe 'n tydreeks, sal jy eerstens reglynig vooruitskat en tweedens soek na periodisiteit, oftewel 'n veronderstelde patroon van variasie probeer ontrafel. Die veronderstelde periodisiteit moet egter aan noukeurige toetsing onderwerp word. Daar is 'n mate van ewekansige periodisiteit in die natuur aanwesig wat eers verwyder moet word voordat byvoorbeeld van klimaatsiklusse gepraat kan word.

Die klimatoloog word telkens met hierdie ingeboude gelykkansige soort periodisiteit gekonfronteer en moet dus in staat wees om werklike natuurlike tendense soos nat en droë periodes van die geruis ("noise") te skei. Binne die konteks van periodisiteit in astronomiese verband (byvoorbeeld dag en nag, somer en winter), is dit te verstane dat die klimatologie 'n gewilde jaggrond geword het vir die soeke na siklusse. Talle studies is al in die verband gedoen, onder andere ook in Suid-Afrika.

Daar is al baie gedebatteer of Suid-Afrika droër word en of daar siklusse in die reënvalpatroon bestaan. In 1934 het Schumann & Thompson byvoorbeeld 'n regeringsondersoek gelei en geen sodanige tendens of periodisiteit gevind nie. 'n Studie wat deur Tyson en andere onderneem is, het egter wel 'n swak periodisiteit uitgewys. Hulle studie het berus op reënvalgegewens vir die somerreënvalstreek oor die tydperk 1910 – 1970. Die 62 stasies waarvan gegewens gebruik is, is oneweredig versprei oor 0,6 miljoen km². Met behulp van stapsgewyse trigometriese regressieanalise is 'n voorspellingsmodel saamgestel. Weens datafiltrasie kan geen betroubaarheidsperke egter bepaal word nie. Volgens hierdie model gaan die tydperk van 1982 tot 1990/1 oor die geheel genome 'n droër periode wees as die voorafgaande 9/10 jaar toe bogemiddelde reënval oor die somerreënvalstreek uitgesak het. Dit lyk egter of die natter periode reeds in 1987/88 begin het.

OPSOMMEND

Daar bestaan nog geen deterministiese klimaatsvoorspellingsmodelle nie. Daar kan egter wel gesê word dat:

- die kenmerkendste eienskap van klimaat juis sy veranderlikheid is;
- klimaatsveranderinge gewoonlik vinnig intree;
- ingrypende klimaatsveranderinge dikwels ook grootskaalse kulturele gevolge het;
- wat ons vandag as normale klimaat beskou, in terme van eeue nie normaal is nie;
- koel periodes in die geskiedenis bekend geraak het as periodes van verskerpte klimaatsonstabiliteit;
- klimaatsvoorspellings al belangriker word gesien in die lig van toenemende wêreldbevolking, stygende lewenstandarde, ens. Al hierdie dinge stel steeds hoër wordende eise aan voedselproduksie – wat op sy beurt op 'n stabiele klimaat gebaseer is, of minstens 'n voorspelbare klimaat;
- Suid-Afrika 'n semi-droë land is waar drempelwaardes betreffende voedselproduksie maklik oorskrei word, selfs in terme van die huidige bekende klimaatvariasie.

Die laaste woord oor klimaatveranderlikheid is nog nie gesprek nie. Baie navorsing is nog nodig. Gelukkig kry hierdie onderwerp in Suid-Afrika met sy wispelturige klimaat heelwat aandag van navorsers. Hierdie pogings word goed ondersteun deur instansies soos die universiteite, Weerburo, WNNR, ensovoorts. Vir 'n vinnige toenemende bevolking in 'n landstreek wat 'n gemiddelde jaarliks reënval van slegs sowat 50% van die wêreldgemiddelde kry, is hierdie navorsingsaksies vir Suid-Afrika van kritieke belang.