

Rob's Nieuwsbrief - 39

over sterrenkunde en het heelal

13.000 jaar oud bos!

Nieuws van het front...

Deze nieuwsbrief is voor een groot deel gewijd aan de ontdekking van de restanten van een bos dat bijna 13.000 jaar geleden groeide op de plek waar Marja en ik graag wandelen. Dat de ontdekker, prof.dr. Jos Bazelmans, Marja's baas is maakt het natuurlijk nog interessanter, én bood ons de mogelijkheid enkele keren te komen kijken, foto's te maken en privé lezingen te krijgen! De ontdekking werd afgelopen zomer gedaan en ik moest wachten er iets over te schrijven tot de ontdekking officieel bekend gemaakt was (op 5 maart j.l.). Men wilde natuurlijk de vindplaats beschermen en er wordt driftig gewerkt aan het maken van een nieuw vennetje, waarbij pottenkijkers niet erg gewenst zijn.

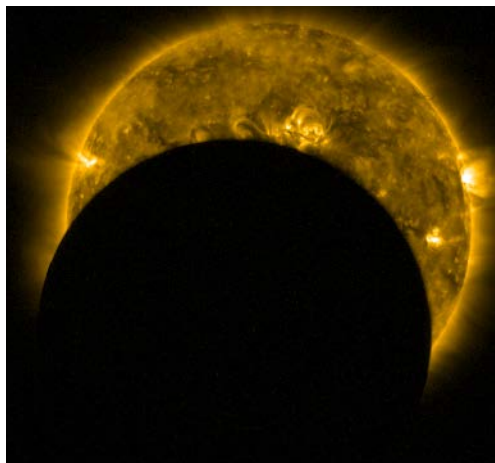
Verder wat ander, sterrenkundig nieuws. Op het zakelijke vlak gaat het goed, met een grote order uit Duitsland en een van de VVV Terschelling. De Duitse order bevat ook Poolse en Portugese versies. Als die klaar zijn hebben wij planisferen in zestien talen gemaakt!

Ander nieuws

Ringvormige zonsverduistering

Op 26 februari was er een ringvormige zonsverduistering te zien in Zuid-Amerika en Afrika. Bij zo'n verduistering staat de maan in haar baan verder van de aarde waardoor ze aan de hemel kleiner is en de zon niet geheel kan bedekken. Op het maximum blijft een smalle rand van de zon zichtbaar: een ring. Het wordt niet donker en het is dus wat minder spectaculair dan een totale zonsverduistering.

De Proba-2 satelliet van de ESA nam drie gedeeltelijke verduisteringen waar (zie de foto).



Pluto 'schildert' Charon rood

Toen in juni 2015 de eerste beelden van *New Horizons* binnenkwamen viel meteen het roodachtige poolgebied op Pluto's grootste maan, Charon, op. De mission scientists wisten meteen dat men zoiets nog niet eerder had gezien in het zonnestelsel!

Na analyse van de beelden en andere data die *NH* rond 14 juli naar de aarde stuurde, denkt men het mysterie te hebben opgelost: de rode kleur wordt veroorzaakt door Pluto! Methaangas dat uit de atmosfeer van de dwergplaneet ontsnapt wordt ingevangen door de zwaartekracht van de maan en vriest vast op het ijzige oppervlak van Charons pool. Vervolgens worden de methaanmoleculen door de zonnestraling omgezet in *tholins* (zie kader). Die hebben een roodachtige kleur.

De modellen, die gebruik maken van de 248 jaar durende omloop van het Pluto/Charon systeem om de zon, tonen aan dat er aan de polen van Charon extreme omstandigheden zijn. Honderd jaar continu zonlicht wordt afgewisseld met een eeuw in totale duisternis. Dat komt omdat het stelsel op zijn kant ligt: de polen zijn steeds verlicht of in duisternis.

De moleculen stuiteren eerst wat op het oppervlak van Charon, tot ze óf weer de ruimte in verdwijnen, óf in het zeer koude poolgebied landen. De oppervlaktetemperaturen dalen daar tijdens de lange winters naar -257°C, koud genoeg om methaan tot vast ijs te laten bevriezen. Zo vormen ze een dunne coating die standhoudt tot de lente terugkeert en het methaan weer verdampt. De zwaardere *tholins* blijven daarbij echter op het oppervlak achter. En zo gaat dat al vele miljoenen jaren.



april 2017

Deze nieuwsbrief verschijnt circa tien maal per jaar en bevat:

- * De sterrenhemel van de maand
- * Nieuws en leuke weetjes over het heelal;
- * Leuke en leerzame lesactiviteiten voor scholen;
- * Nieuws over Rob Walrecht Productions;
- * Speciale aanbiedingen.

Je kunt je aan- of afmelden via www.walrecht.nl.

Tholins

Onder invloed van de UV-straling van de zon (en kosmische straling) wordt een methaanmolecuul opgebroken tot de vijf losse atomen (een koolstof- en vier waterstofatomen), waarna het lichte waterstof het heelal in verdwijnt. De koolstofatomen vormen vervolgens lange ketens (polymeren) die erg donker en roodachtig zijn: *tholins*. Je vindt ze in het hele zonnestelsel, zoals op het oppervlak van bepaalde typen planetoiden en op ijsdweren zoals Pluto zelf (zie eerdere foto's van Pluto in mijn nieuwsbrieven, en de *Pluto Special* op de pagina met nieuwsbrieven).

Linksonder: een van de opnamen van de zon, op 26 februari door de Proba-2 satelliet gemaakt. Dat is gedaan met de SWAP Imager, die de zon in ultraviolet fotografeert. Je ziet het turbulente oppervlak van de zon en zijn wervelende corona, een soort zonneatmosfeer.

Rechtsonder: Pluto's grootste maan, Charon. Hier zijn de kleuren versterkt, om de rode kleur beter te zien. Het blijkt dus dat Pluto de oorzaak is. *New Horizons* heeft maar één pool goed in beeld gebracht, maar via een omweg weet men dat aan de andere pool (nu in de duisternis) hetzelfde aan de hand is.

Stemvork

We delen sterrenstelsels naar hun vorm in, in elliptische, lensvormige en spiraalstelsels. Het model van sterrenstelsels hieronder werd bedacht door de beroemde astronoom Edwin Hubble. Vanwege de structuur van het overzicht noemen we dit de **Hubble-stemvork**.

Elliptische stelsels hebben een bol- of rugbybalvorm en geen schijf, en worden aangeduid met een E, gevolgd door een cijfer (E0 stelsels zijn bolvormig, E7 stelsels het 'platst').

Spiraalstelsels hebben een dunne schijf met sterren en gas en een verdikte kern, of **centrale bult**. De helderste sterren in de schijf vormen lange spiraalarmen, vandaar de naam. De kern is bij bepaalde stelsels (o.a. het Melkwegstelsel en de Andromedanevel) langgerekt: **balkspiraalstelsels**. Spiraalstelsels worden aangeduid met de letter S of SB (balkspiraalen), gevolgd door a, b, c of d. De Sa/SBa stelsels hebben de strakst opgewonden structuur en de grootste, helderste kern, de Sd/SBd stelsels hebben zeer losse, fragmentarische spiraalarmen en geen centrale bult.

Lensvormige stelsels zitten tussen beide typen in. Ze zijn elliptisch maar hebben een dunne schijf. Ze worden aangeduid met S0 (of SB0) waarbij de '0' betekent dat ze geen spiraalarmen hebben.

Hieronder: de Hubble-stemvork
Rechtsboven: overal waar je kijkt in het heelal zie je sterrenstelsels; hier de beroemde Hubble Ultra-Deep Field foto.
Rechtsonder: het sterrenstelsel UGC 12591 (foto HST).

Een hybride stelsel

Reuzensterrenstelsel met vreemde vorm

Het sterrenstelsel UGC 12591 is een bijzondere, een soort hybride versie tussen een lensvormig (S0) en een spiraalstelsel (Sa, zie kader). De Hubble-opname rechtsonder toont dat sterrenstelsel, dat op bijna 400 miljoen lichtjaar ligt, in Pegasus (het licht vertrok toen zich op Aarde de eerste bomen ontwikkelden!). Het bevindt zich in het meest westelijke deel van de Pisces-Perseus Supercluster (zie kader), die zich langs 40° van de noordelijke wintersterrenhemel uitstrekt – van het sterrenbeeld Perseus tot Vissen.

UGC 12591 is ook op een andere manier bijzonder: het is enorm 'zwaar', met vier maal zoveel massa als het Melkwegstelsel! Verder draait hij erg snel om zijn as, met 1,8 miljoen km/u, ruim tweemaal zo snel als het Melkwegstelsel.

De waarnemingen met de Hubble helpen astronomen te begrijpen waarom UGC 12591 zo zwaar is. Is dit stelsel gewoon gevormd en geleidelijk gegroeid of is het zo ongewoon zwaar geworden door botsingen en fusies met andere stelsels?

Clusters en Superclusters

Sterren bevinden zich meestal in sterrenstelsels, maar ook die vormen groepen, of **clusters**. Ons Melkwegstelsel, met ca. 300 miljard sterren, is onderdeel van de kleine Lokale Cluster, met ca. 50 stelsels, waaronder de Andromedanevel. Dat stelsel, op 2,5 miljoen lj afstand, is ruim tweemaal zo groot als het Melkwegstelsel en bevat misschien driemaal zoveel sterren. Je ziet de Andromedanevel goed in de herfst, in het sterrenbeeld Andromeda: het licht dat je dan ziet vertrok toen onze chimpanseeachtige voorouders in Afrika de bomen verlieten om hun heil op de savannen te zoeken.

De grootste cluster in de buurt is de Virgo Cluster (in de Maagd), met stelsels als M84, M86

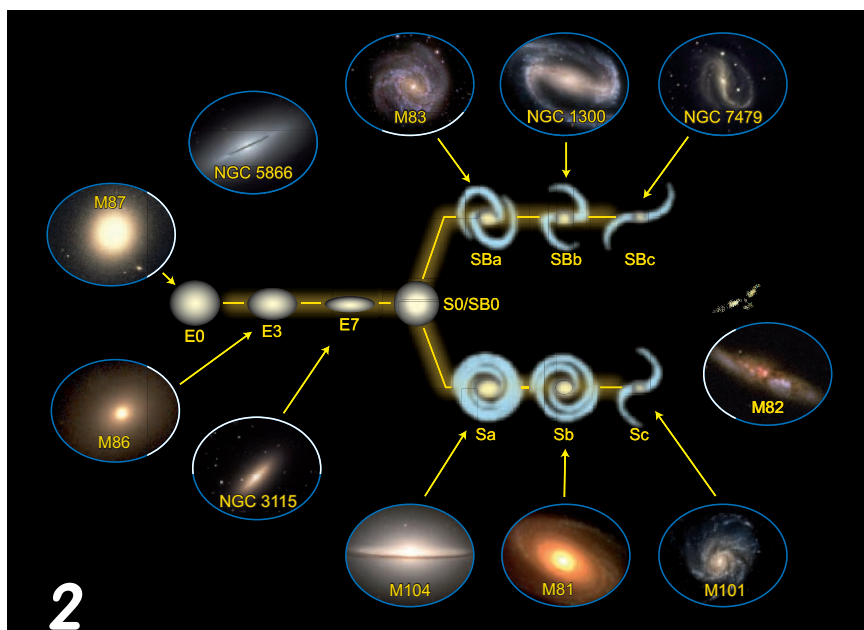
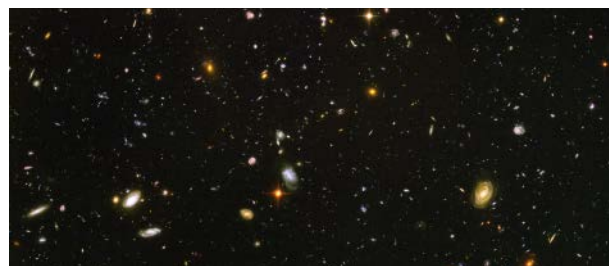
en M87 (allemaal in de planisfeer vermeld) en 1300 tot 2000 andere. Clusters vormen ook weer groepen: **superclusters**. De Virgo Cluster en de Lokale Groep vormen samen de Virgo Supercluster, die uit minstens honderd clusters bestaat: 47.000 sterrenstelsels!

Er zijn echter ook Super-Superclusters, zoals de Pisces-Perseus Supercluster waarin UGC 12591 zich bevindt. Het is een van de twee grootste bekende structuren in het 'nabije' heelal (binnen ca. 500 miljoen lj). De andere is de Laniakea Supercluster, die 500 miljoen lj lang is en waar men sinds september 2014 ook de Virgo Supercluster toe rekent. Die is 515.000 lj lang en bestaat uit 100.000 stelsels, met een totale massa van 10^{17} zonsmassa's. Dat is zoveel als 100.000.000.000.000.000 sterren ter grootte van de zon!

In totaal zijn er 2 biljoen sterrenstelsels in het heelal! Ongeveer... Zie ook pag. 10.

Hubble Ultra-Deep Field

De Hubble Space Telescope maakte in 2004 een speciale opname van een klein gebiedje aan de sterrenhemel, in het sterrenbeeld Oven (Fornax). Dat gebiedje is vergelijkbaar met een vierkant van 1 bij 1 mm op 1 m afstand. De totale belichtingstijd, over een periode van vier maanden, was 1 miljoen seconden! Daardoor zien we er ongeveer 10.000 sterrenstelsels op, tot een afstand van ongeveer 13 miljard lichtjaar: je ziet het heelal zoals het er 800 miljoen jaar na de Oerknal uitzag. We noemen het de Hubble Ultra-Deep Field opname.



12.900 jaar oud bos ontdekt

Even iets anders

Nu en dan vind je in mijn nieuwsbrief iets dat niet (of niet helemaal) over sterrenkunde gaat. Maar dit is dan ook zo bijzonder: op het landgoed Den Treek-Henschoten, ten zuiden van Amersfoort, zijn de resten van een bijna 13.000 jaar oud bos gevonden! En Marja en ik hebben het een beetje van nabij meegemaakt. De ontdekking werd op 5 maart in het radio-programma *Vroege Vogels* bekend gemaakt.

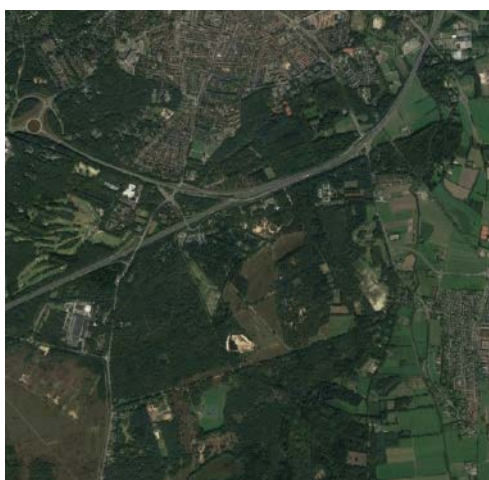
Bij het begin

Laten we bij het begin beginnen. Marja werkt bij de Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed (RCE), als secretaresse voor de afdelingen Landschap en Archeologie. Haar baas voor Archeologie is prof.dr. Jos Bazelmans. Den Treek is al vele jaren een van onze favoriete wandelplaatsen, en Jos mag er graag hardlopen. (Om de een of andere reden komen wij er ook vaak onze djembé-docent Bastiaan tegen, maar dat is een ander verhaal.)

Op een van zijn rondjes kwam hij vorig jaar langs de Droogmakerij, een oud landbouwgebiedje dat toen werd omgevormd tot een nieuw vennetje, voor natuurontwikkeling. Het gaat het Vogelwater heten

Als er ergens gegraven wordt is de archeoloog er als de kippen bij, en Jos herkende op 12

juni 2016 in de noordoosthoek van het gebied een zeer donker laagje van een paar cm dik in de verder bijna maagdelijke zandlaag. Het is de **laag van Usselo**, die ook in andere delen van het land is gevonden. De laag markeert het einde van het **Allerød**, 12.900 jaar geleden. Dat is een korte warme, natte periode aan het eind van de laatste ijstijd. Bij zo'n natte periode hoort een veenlaag van planten die hier ooit groeiden en stierven. Die laag vond men wat later in de zuidoosthoek, op een paar meter diepte. Jos en enkele collega's (geologen) vonden een flink stuk hout in dat veen. De geo-



Warme Golfstroom

De Warme Golfstroom is het bekendste deel van de Thermohaliene Circulatie (THC), of 'transportband', een wereldwijde waterstroming met koude stromen langs de oceaanbodem en warme stromingen meer aan het oppervlak. Water dat de complete reis maakt is 1600 jaar onderweg! Op die manier wordt de warmte van rond de evenaar naar gematigde streken gevoerd.

De Warme Golfstroom trekt van de Golf van Mexico naar de Golf van Biskaje, waar het zijn warmte afgeeft. Een deel ervan buigt dan af richting Groenland, waar het water afkoelt en het naar de oceaanbodem zinkt (zie kader **Zondvloed**) en daar ook warmte afgeeft. Voor ons in West-Europa is de Golfstroom erg prettig: op onze breedte aan de andere kant van de oceaan leven ijsberen!

De Warme Golfstroom heeft daarom een grote invloed gehad op de ontwikkeling en bevolkingsgroei van Europa. Het (vervolgd op pag. 4)

Linksboven: de Usselo-laag zoals Jos Bazelmans die op 12 juni op ongeveer deze plek vond.

Linksonder: Jos Bazelmans (rechts) en collega Wim Jong aan het werk, op 24 augustus, bij 32°C.

Midden: twee beelden van het gebied; boven van Google Earth (de lijn van rechtsboven naar linksonder is de A28); daaronder een uitvergroting.

Rechtsonder: een overzichtsfoto van het gebiedje, met het Vogelwater in aanbouw. JS*



(vervolg van pag. 3)

is erg belangrijk voor het hele klimaatsysteem van de aarde. Op het moment dat ik dit in de tuin zit te schrijven, is er trouwens een zware sneeuwstorm in New York. Je kent die Amerikaanse romantische films ook wel, met winterse tafereels in New York. Nou, New York ligt op dezelfde hoogte als Madrid!

Zondvloed

Zowel de temperatuur ('thermo') als het zoutgehalte ('halien') hebben invloed op de dichtheid van water, en dus op het stijgen en zinken ervan. Zout water is 2 à 3 procent zwaarder dan zoet water, en koud water is zwaarder dan warmer water.

Als er opeens veel zoet water in de noordelijke Atlantische Oceaan terecht komt kan de THC worden geblokkeerd, want zoet water blijft bovenop drijven. De THC keert dan eerder terug naar de evenaar en ons klimaat wordt veel kouder, te vergelijken met Canada nu. De Engelsen noemen dit de Big Freeze. Maar hoe kon er zoet water in de oceaan komen?

In de laatste ijstijd (het Weichselien) lag er ook een grote ijskap over Noord-Amerika. Toen het ijs afsmolt en de gletsjers zich terugtrokken bleef er een gigantisch meer over dat we Lake Agassiz noemen. Het was groter dan de Great Lakes van nu, 440.000 km². Het werd aan één zijde door een overge-

(vervolgd op pag. 5)

Linksboven: Jos Bazelmans en collega José Schreurs pakken een monster van een van de bomen in, in folie, om te voorkomen dat het vocht te snel verdwijnt. JS*

Linksonder: de THC doorloopt alle oceanen.

Rechtsboven: de veenlaag, met daaronder en erboven lagen dekzand. Enkele boomstammen steken eruit. Je ziet nog net iemands schoen. JS*

Rechtsonder: de grootste boom is 18,5 m hoog. JS*

logen dachten dat het de wortel was van een moderne boom die tot die diepte was doorgroeid, maar dat leek Jos 'onwaarschijnlijk omdat tussen de wortels van de huidige bomen en de veenlaag geen wortels te zien waren in het dikke dekzandpakket'. Dat zou betekenen dat het hout 12.900 jaar oud moest zijn!

Na het Allerød was er een periode van plotselinge grote klimaatverandering op het noordelijke halfrond: de zomertemperaturen daalden in tien jaar met zo'n 5°. Deze periode is het **Jonge Dryas**. In koude perioden veranderde het landschap in een dorre poolsteppe waar de wind het zand verstoof. Zo werd het oerbos in het Jonge Dryas bedekt door de 1,5 m dikke laag dekzand (zie onder **Steppen** op pag. 7; onder de laag van Usselo ligt ook een dikke laag dekzand, uit het korte **Oude Dryas**, vóór het Allerød).

Als mogelijke oorzaak voor de klimaatverandering wordt het afnemen of zelfs tot stilstand komen van de Warme Golfstroom genoemd (zie kader op pag. 3 en 4).

Onderzoek

Op 15 juli liet Jos met een graafmachine een flink stuk blootleggen en vond hij een complete boom. Toen kwamen alle raderen pas echt in beweging. Hij wist iedereen enthousiast te krijgen verder (dieper) te gaan zoeken: zijn collega archeologen, aardwetenschappers, de familie van het landgoed, de aannemer en (niet onbelangrijk!) de kraanmachinist. Met de graafmachine werd de dikke laag dekzand afgegraven tot zo'n 30 cm boven de veenlaag, waarna archeologen het werk kwamen begeleiden. Het maakte daarbij niet uit of een enkele boom daarbij een beetje zou worden bescha-

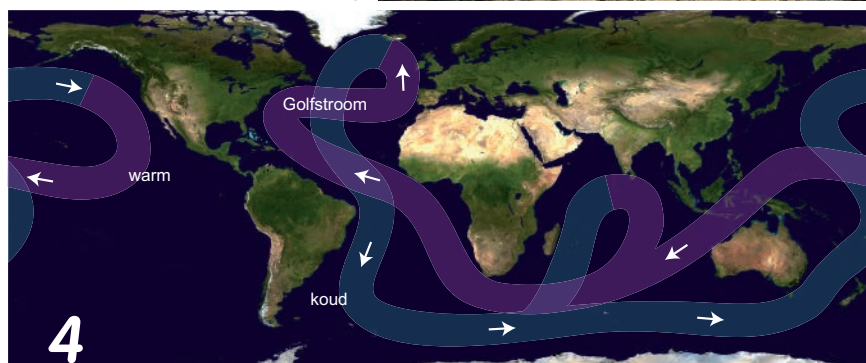
digd, want er waren slechts monsters nodig om jaarringen te tellen en C14-datering op toe te passen. De rest kon niet worden bewaard, het verrot waar je bij staat nu het blootgesteld wordt aan zuurstof! Verder was er haast geboden, want het budget was beperkt en er moest verder gewerkt worden aan het nieuwe Vogelwater. Jos kreeg vier maal een week de tijd voor het graafwerk en onderzoek, van augustus (bij 32°C!) tot januari (rond het vriespunt) werd er hard gewerkt om alle boomstronken te **bemonsteren**. Daarbij mocht er niets naar buiten komen, om de vindplaats te beschermen en de werklui niet voor de voeten te lopen. Zo vonden ze uiteindelijk een heel bos met 158 dennen en twee berken (in de omgeving zullen er nog veel meer liggen).

De tijdschaal

De geschiedenis van de aarde (of eigenlijk van de buitenkant van onze planeet) wordt onderverdeeld in tijdperken: de geologische tijdschaal. Het gaat daarbij natuurlijk om gesteentelagen en dergelijke, maar ook om de afwisselende koude en warme perioden, de ontwikkeling van het leven, vooral de primaten en dan in het bijzonder de mens.

De geologische tijdschaal bestaat uit twaalf perioden, zoals bijvoorbeeld het Carboon en het Krijt. Die perioden worden weer verder onderverdeeld. Het Krijt eindigde 66 miljoen jaar geleden met grote massa-uitstervingen: 75% van alle planeten en dieren verdwenen, waaronder alle niet-vliegende dinosauriërs. Als hoofdoorzaak hiervoor wordt de inslag van een 10 km grote planetoïde of komeet gezien, 66 miljoen jaar geleden, waarbij de enorme Chicxulub krater op het Yucatán-schiereiland in Mexico ontstond.

De huidige periode wordt het Kwartair genoemd (een naam stammend uit de tijd dat men slechts vier perioden kende), die weer is opgedeeld in het Pleistoceen en het Holoceen.



Pleistoceen

Het Pleistoceen laat men tegenwoordig 2,58 miljoen jaar geleden beginnen. Het is een periode met ongeveer 52 langdurige ijstijden (**glacialen**), afgewisseld door kortere, zachtere perioden (**interglacialen**). Ijstijden waren in feite de norm, warme perioden duurden relatief kort.

Het Pleistoceen is ook de periode van het geslacht **homo**, de mensachtigen. Het einde ervan valt samen met het einde van de laatste ijstijd, 11.700 jaar geleden. Tijdens de ijstijden was het zeespiegelniveau tientallen tot 200 m lager dan nu, terwijl de ijskappen buiten de poolgebieden honderden meters tot enkele km dik waren.

De laatste periode van het Pleistoceen, van 14.650 tot 11.650 jaar geleden, wordt opgedeeld in koude **stadialen** en minder koude **interstadialen**. Zie het overzicht. Het bos verdween in de periode van snelle afkoeling, aan het eind van het Allerød (in de grafiek hieronder aangegeven met een rode cirkel; zie de beschrijving rechts).

Holocene

Na Jonge Dryas laat men het Holocene beginnen, dat tot nu voortduurt (men laat dan ook het mesolithicum beginnen, de middensteen-tijd). Het Holocene is een stabiel, warm interglaciaal, waardoor de mensheid kon opbloeien als nooit tevoren. De enorme impact van de mens op de huidige aarde en zijn ecosystemen heeft waarschijnlijk ook een wereldwijde

invloed op de evolutie van andere levensvormen, de lithosfeer (aardkorst en buitenste deel mantel) en de atmosfeer. Vandaar dat de term Antropoceen officieus gebruikt wordt voor de periode vanaf de Industriële Revolutie (ca. 200 jaar geleden) of ook wel vanaf het begin van de landbouw (12.000 jaar geleden).

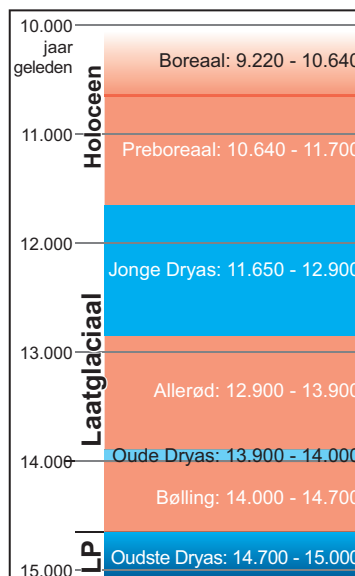
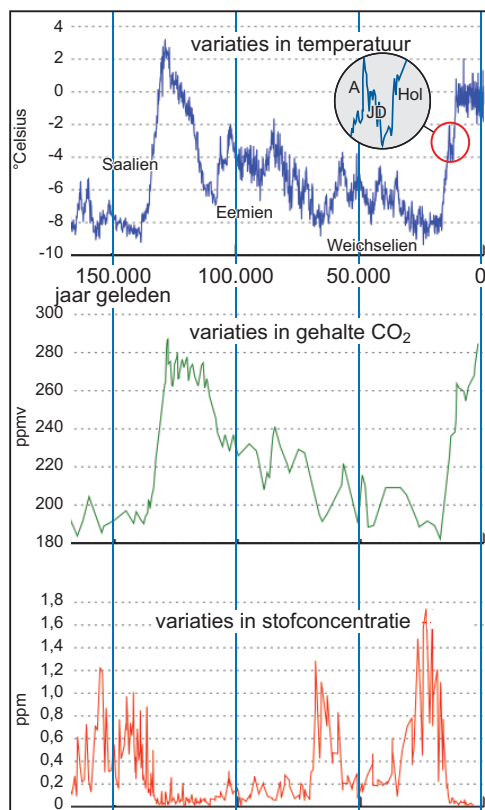
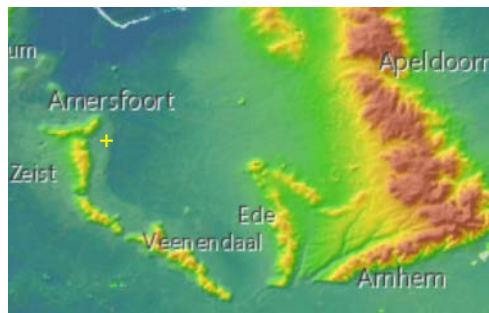
Het gebied

Het landgoed Den Treek ligt tegen de oostkant van de Utrechtse Heuvelrug. De oorsprong van de Utrechtse Heuvelrug ligt in de voorlaatste ijstijd (het Saalien, 238.000 tot 126.000 jaar geleden). Het landijs wist zo'n 150.000 - 135.000 jaar geleden vanuit Scandinavië (waar de ijslaag misschien 3 km dik was) door te dringen tot in onze streken. De bodem van wat nu Nederland is bestond toen uit dikke lagen zand, grind en klei, afgezet door de Rijn en de Maas maar ook door rivieren uit het oosten die we hier niet meer aantreffen (zie kader *Rivierendelta*). Overigens weten we veel over het verloop van de temperatuur in de tijd, door onderzoek van boorkernen van grote diepte in de Groenlandse ijskap. Daarmee kan vrij nauwkeurig tot 400.000 jaar geleden worden 'teruggekeken' in de tijd (het gaat dan om de verhouding tussen twee zuurstofisotopen). In Nederland was het ijs minder dik, maar men denkt dat het ijs hier toch minstens 235 m dik

(vervolg van pag. 4)
bleven ijswand afgebakend.
Toen die ijswand uiteindelijk doorbrak stroomde al dat water naar de oceaan, waarvan het niveau 1 tot 3 m steeg. Geologen hebben bewezen gevonden dat dat ongeveer 12.900 jaar geleden gebeurde: het begin van het Jonge Dryas! Door de enorme hoeveelheid zoet water die in de oceaan kwam staakte de THC en kwam er een Big Freeze, die een einde maakt aan het Allerød (zie elders in deze nieuwsbrief). Er zijn vanuit dit gebied meerdere vloedten ontstaan en het zou kunnen dat verhalen van een grote vloed in prehistorische culturen en de Bijbel hierop zijn geïnspireerd.

Rivierendelta

Nederland is opgebouwd door rivieren. Dat zijn de rivieren die we nu nog kennen, zoals Rijn en Maas, maar een ervan was de reuzenrivier Eridanos. Die ontstond 40 miljoen jaar geleden in het Baltische gebied en bereikte 12 miljoen jaar geleden het Noordzeebekken. In bijna de hele Noordwest-Europese laagvlakte tot en met de huidige Noordzee bouwde ze met haar sedimenten een enorme delta. De naam van de rivier uit de Griekse mythologie kom je ook in de planisfeer tegen, als Eridanos.



Linksonder: de variaties in de temperatuur, het CO₂-gehalte en de stofconcentratie vanaf ca. 165.000 jaar geleden. Aan het eind van het Pleistoceen warmt het klimaat opeens erg sterk op, met nog een ruim duizend jaar durende koude periode, het Jonge Dryas (JD). De in het Allerød (A) florierende bossen stierven in die tijd (aangegeven met de rode cirkel) uit door de droogte. Daarna begint het Holocene (Hol).

Rechtsboven: een hoogtekaart van Midden-Nederland, met de Utrechtse Heuvelrug (gele 'lijn' links) en de Veluwe. Je ziet hier goed tot waar de ijskap is gekomen. Bij het gele plusje de locatie van het Vogelwater.

Rechtsonder: de tijdschaal, beperkt tot de periode van 15.000 tot 10.000 jaar geleden. De koude perioden hebben een blauw vak, de warme een oranje vak. (LP = Laatpleistociaal, het koudste deel van het laatste glaciaal.)

Vulkaanuitbarsting

In dezelfde periode als waaruit de Usselolaag stamt was er ook een grote vulkaanuitbarsting in de Eifel, bij wat nu de Laacher See is (40 km ten zuiden van Bonn). Die was ergens tussen 12.880 en 12.940 jaar geleden.

De kracht van uitbarsting van deze Laachervulkaan was met 6 op de Vulkanische Explosiviteit Index (VEI) vergelijkbaar met die van de Pinatubo, in de Filipijnen. Die uitbarsting, in 1991, was een van de grootste en meest explosieve van de 20e eeuw. Bij de uitbarsting van de Laacher, die nog altijd als actief wordt beschouwd (13.000 jaar is niets op een geologische schaal), werd zo'n 16 km³ vulkanische as en puimsteen uitgestoten (tefra). Dat vormde in de omgeving een 20 m dikke laag. Verder wordt het gevonden van centraal Frankrijk tot Polen, en van Zuid-Zweden tot Noord-Italië. In een straal van ruwweg 50 km rond de vulkaan werd al het leven uitgeroeid.

Linksonder: werkzaamheden in januari 2017, waarvoor een grote sleuf gegraven is: een lengteprofiel. Boven en onder het donkere laagje liggen dikke lagen dekzand, de bovenste is uiteraard het jongst. JS*

Rechtsboven: tijdens de laatste ijstijd lag het huidige Nederland ver van de zee.

Daaronder: zo kan de ijskap er in de voorlaatste ijstijd hebben uitgezien. Dit is landijs in Groenland (foto J.J.M. van der Meer).

Rechtsonder: Jos Stöver, de fotograaf tijdens de opgravingen (de JS*), en Jos (met schop) bij de veenlaag en een blootgelegde boomstam. Let ook weer op de laag dekzand.

was. IJs weegt 920 kg/m³, dus het gewicht dat op de bodem werd uitgeoefend was gigantisch: de grond werd onder het ijs weggeperst! Zo ontstonden voor en langs de gletsjers tot 200 m hoge heuvelruggen, de **stuwwallen**. Bekende stuwwallen zijn die Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe, maar ook in Noord-Nederland vind je ze.

Gletsjers

Hoe konden die gletsjers helemaal hier komen? Ze gleden langzaam over het oppervlak op een dun laagje smeltwater dat door scheuren en spleten naar beneden was gesijpeld. In Noord-Nederland ging dat goed, omdat de bodem daar uit leemgrond bestaat, en smeltwater dringt niet door de leem heen. In Midden-Nederland bestond de bodem uit de rivierafzettingen van zand en grind, waardoor het smeltwater gemakkelijk de bodem in kon verdwijnen (om daar te wachten tot wij het voor verpakt water gingen oppompen). Het ijs ging langzamer bewegen en groef zich in, waarbij grote schotsen bevroren land weggeduwd werden, opzij en vooruit. In de stuwwallen kunnen we nu nog goed de verschillende zand- en kleilagen zien die als dakpannen over elkaar geschoven zijn. De rivieren vonden die blokkade op hun weg en moesten afbuigen, naar het westen toe (die rivieren sletten later het meest zuidelijke deel van de stuwwallen weg zodat daar geen stuwwallen meer zijn).

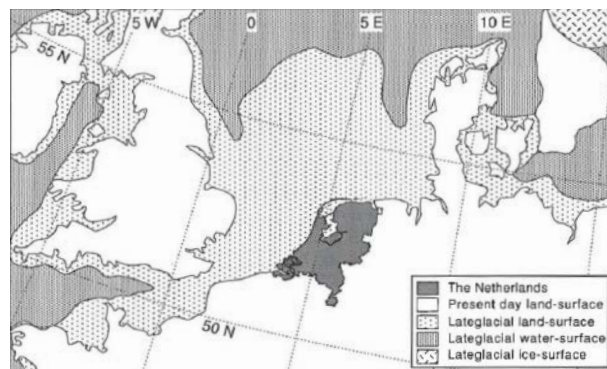
Zoals gezegd hadden de uitlopers van de ijskap, de **lobben**, de bodem voor zich uitgeduwd en hoge stuwwallen gevormd. De Utrechtse Heuvelrug was de westelijke grens, de Veluwe de oostelijke, terwijl het gebied ertussen, de Gelderse Vallei, is opgebouwd in verschillende stuwwingsfasen. Het heeft allemaal wat weg van de vloedlijn op het strand: het meeste materiaal ligt waar de waterstand het hoogst was, hier op het verste punt dat de ijsmassa's bereikten. De stuwwallen waren toen veel hoger en zijn later geërodeerd. Nu zijn ze 30-35 m hoog, met toppen in Utrecht zoals de Amerongse Berg (69 m) en de Grebbeberg (52 m) en op de Veluwe

zelfs een van 110 m hoog.

De Eemzee

Waar de dikke ijsmassa's hadden gelegen was de bodem ingedrukt, tot wel 150 m diep: de glaciaire bekkens. Nadat de ijskap zich ging terugtrekken, in het Eemien (een interglaciaal 126.000 – 116.000 jaar geleden, genoemd naar de Eem!) toen het een paar graden warmer was dan nu, kwam er een eerste erosiefase. De zeespiegel was toen 6 m hoger dan nu. Door permafrost kon het smeltwater in het voorjaar niet weg, de grond in. Er ontstonden stromen die de ondergrond erodeerden waarbij dalen ontstonden die een groot deel van het jaar droog stonden.

Het smeltwater stroomde in de glaciaire bekkens, die in het noorden werden afgesloten door de zich terugtrekkende ijsmassa's, aan de west-, zuid- en oostkant door de stuwwallen. Een grote daarvan was de Eemzee, afgebakend door de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe. Hier verzamelde zich in de loop der tijd een 150 m dikke laag sedimenten!



Steppen

In de laatste ijstijd (het Weichselien, 116.000 tot 14.700 jaar geleden) bereikten de gletsjers Nederland overigens niet, maar was de bodem wel permanent bevroren (permafrost). Vooral 20.000 jaar geleden was het erg koud, met polaire temperaturen. Ons gebied was een dorre ijswoestijn, een poolsteppe waar bomen verdwenen en harde winden vrij spel hadden. Hierdoor werd het zand verstoven en elders afgezet als lagen **dekzand**, vooral aan de flanken van de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug. De zeespiegel was in deze periode 120 m lager dan nu en omdat wat nu de Noordzee is toen land was (met een heuvel: de Doggersbank; later tijdelijk een eiland), had Nederland een landklimaat, met overwegend zuidwestenwinden.

Het bos

In het Allerød, ca. 13.900 jaar geleden, werd het hier weer aangenaam genoeg voor bomen, vooral voor de den. Toch duurde het 650 jaar voordat die den hier was gearriveerd. Dat ging natuurlijk via de zaden en die verspreidden zich langzaam naar het noorden, via het Rijn-dal. Het Allerød duurde echter maar ca. 950 jaar, dus 'hun tijd' duurde maar 300 jaar. Daarna brak in het Jonge Dryas weer een koude periode aan. Het deel van het bos dat in Den Treek is opgegraven had tien dikke bomen, die ook het grootst waren (een van 18,5 m), de oudste boom was 167 jaar. De meeste bomen zijn 50 tot 80 jaar geworden, is gebleken uit het jaarringenonderzoek (hoewel dat onderzoek bij het schrijven van deze nieuwsbrief nog maar op vier monsters volledig is uitgevoerd, zo tijdrovend is het). De bomen liggen allemaal in een van twee richtingen, wat erop wijst dat ze zijn omgewaaid bij een of twee zware stormen uit het zuidwesten en westen (de wind kan tijdens één grote storm ook van richting zijn veranderd). Bijna allemaal missen ze hun takken en schors, wat aangeeft dat ze dood waren voor ze omvielen. In de bodem kun je van sommige zien dat ze met kluit en al zijn omgevallen. Dat levert twee grote, lichte vlekken op: een van het restant van de kluit, en een van het gat dat later is dichtgewaaid met dekzand. Een aantal van de bomen is deels verbrand. In het Jonge Dryas kwamen

veel enorme bosbranden voor, zeker ook van de droge, dode bomen van reeds afgestorven bossen. In de laag van Usselo, genoemd naar de plaats waar die laag als eerste werd aangetroffen, vinden we dan ook houtskoolresten. Je krijgt er nog steeds zwarte vingers van, zoals wij merkten.

Uniek

Het oerbos in Den Treek is het tweede bos uit het Allerød dat in Nederland is ontdekt. Het andere vond men in 1960 bij Helvoirt maar dat kon toen niet worden onderzocht. Dit interstadiaal is ook slecht vertegenwoordigd als het om jaarringenonderzoek gaat, omdat er zo weinig bomen uit die tijd zijn gevonden. Het levert dus een belangrijke bijdrage aan dat onderzoek. Jaarringenonderzoek is cruciaal voor de datering omdat de koolstof-14 (C-14 of ^{14}C) methode niet stabiel genoeg is. C-14 ontstaat onder invloed van kosmische straling en die is niet constant (zie daarvoor mijn boek *Genieten van het heelal*, pag. 17).

De vondst is erg belangrijk voor de archeologie, geologie en het klimaatonderzoek. Jos Bazelmans: 'Het belang van de vondst ligt in de mogelijkheid om de regionale impact te zien van een onmiddellijke en dramatische klimaatomslag, waarvan we het verloop goed kennen via onderzoek van boorkernen op de polen en in de diepzeeden. Archeologisch gezien biedt het goed materiaal voor een regionale/lokale milieureconstructie.' Verder vertelt het mogelijk meer over waarom de koude in de vorm van het Jonge Dryas nog terugkeerde, want daarvoor is geen astronomische verklaring. (Hier-na meer over de mogelijke oorzaken van de ijstijden.)

Gevraagd aan Jos hoe hij zijn ontdekking persoonlijk ziet, antwoordt hij nuchter en bescheiden: 'Een voetnoot. Een heel toevallige ontdekking, buiten mijn eigenlijke specialisme. Ik kon er niet omheen, want ik kende het uit de tekstboeken...'. Maar in een interview met de Leusder Krant geeft hij toe het toch wel een hoogtepunt van zijn carrière te vinden. Hij verwacht ook dat het landgoed Den Treek-Henschoten over 5 tot 10 jaar in de hand- en leerboeken zal staan vermeld vanwege de vondst.

Mijn hout

Marja en ik zijn er ook enkele keren geweest, de waarschu-wingsborden negerend ('Wij horen bij Jos!'), onder andere op die mooie, warme zondag 16 oktober. Ik heb (uiteeraard...) een paar stukken 'oud hout' gescoord, persoonlijk door de professor uitgezaagd. Instructies gekregen om het te conserveren (huishoudfolie met enkele gaatjes erin geprikt). Later bleek echter dat de kans nihil zou zijn dat je het zo zou kunnen conserveren... In de vriezer was beter, dan kon het water eruit sublimeren. Dus dit jaar ligt er nog een ijsdoos met een stuk 13.000 jaar oud hout tussen het brood en het vlees.

Linksonder: een mooie foto van de veenlaag met daarop liggend een boomstam. JS*

Midden, onder: de bomen zijn deels met kluit en al omgevallen, wat een ovale vlek oplevert als je het doorsnijdt. Maar het gat dat achterbleef vulde later op met stuifzand; dat levert nog zo'n vlek op (de dichtstbijzijnde). JS*

Rechtsboven: een bijna ingepakt monster. JS*

Rechtsonder: een foto die ik in augustus maakte. Het stuk moet eerst mooi vlak gemaakt worden om jaarringen te zien, maar wel is goed te zien dat het hout drijfnat is. Dat is de hele reden dat de bomen zo goed bewaard zijn gebleven, behalve de kernen, die verrot zijn. JS*

Met dank aan Jos Bazelmans.
JS* = Foto Jos Stöver



Kleine IJstijd

In de periode tussen 1645 en 1715 waren er nauwelijks zonnevlekken te zien en was er dus een heel lang zonneminimum. Daardoor waren de winters in Europa erg koud (denk maar eens aan de Nederlandse wintertaferelen in schilderijen uit die tijd, zoals het schilderij onderaan) en noemen we dit de Kleine IJstijd.

Linksonder: Marja had het duidelijk naar haar zin tussen de blootgelegde bomen. Niet dat wij iets nuttigs deden...

Rechtsboven: door baanresonanties (zie volgende pagina) worden banen zo beïnvloed dat ze excentrischer (elliptischer) worden. Laten we uitgaan van de satelliet (maan) lo van Jupiter. lo heeft een gemiddelde afstand (bovenste plaatje), maar kan in zijn elliptische baan verder weg staan, waarbij Jupiter minder zwaartekracht op de maan uitoefent; en hij kan dichterbij staan, waarbij hij meer zwaartekracht te verduren krijgt. Op die manier wordt lo als het ware 'gekneed' door de getijdenkrachten, wat in het inwendige wrijvingswarmte oplevert. Die warmte is de motor achter de grote vulkanische activiteit van lo (mogelijk 400 actieve vulkanen). Hetzelfde proces zorgt ervoor dat Europa, de volgende maan van Jupiter, een ondergrondse 100-150 km diepe zoutwaterocean heeft.

Onderaan: zie je het schilderij 'Winterlandschap met schaatsers', van Hendrick Avercamp, ca. 1608 (Rijksmuseum).

IJstijden - astronomische ritmen

Oorzaken van de ijstijden

We weten dat in lange perioden van afkoeling van het klimaat grote ijskappen ontstaan, en dat die ijskappen het zonlicht weerkaatsen waardoor het nog kouder wordt. Ooit was waarschijnlijk zelfs de hele aarde bedekt onder ijs ('Snowball Earth'). Maar wat veroorzaakt ijstijden? Er zijn meerdere boosdoeners. Zo zijn er de continenten die langzaam verschuiven en/of tegen elkaar aanbotsen om bergmassieven te vormen, waarbij de stroming van de oceanen, die warm water naar de polen brengen, kan worden geblokkeerd. Het kan ook gebeuren door de ijzerconcentratie in het zeewater, de afname van kooldioxide in de atmosfeer, de inslag van een grote planetoïde die de aarde deed kantelen, en astronomische factoren die over langere periode effect hebben. Ook de variaties in zonneactiviteit, en daardoor in de zonnestraling die de aarde ontvangt, worden daarin meegenomen (zie kader).

Astronomische oorzaken

Wat de hemelmechanische oorzaken betreft hebben we veel te danken aan de Servische wiskundige Milutin Milanković (1879 – 1958). Hij beschreef in 1941 dat de variaties in de baan van de aarde rond de zon (baanexcentriciteit), de variaties in de aardashoek (axialtilting) en de tolbeweging van de aardas (precessie; periode van 26.000 jaar) van invloed zijn op de temperatuur op aarde. In 1976 bleek de cyclus van ijstijden zich prima aan de parameters van Milanković te houden.

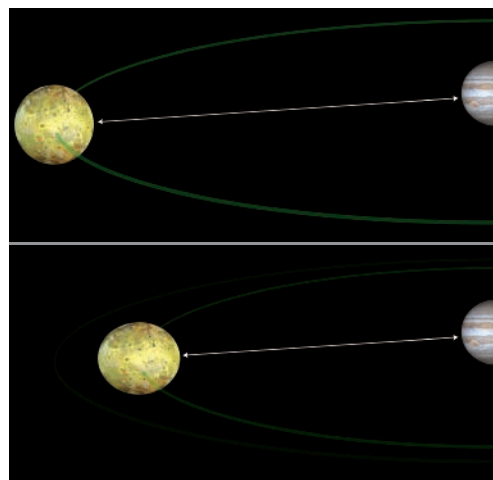
Baanexcentriciteit

De baanexcentriciteit is de mate waarin een baan afwijkt van een cirkelvorm. Elke baan van een planeet of satelliet is een ellips. Dat komt door de invloed van andere hemellichamen, in het zonnestelsel (en dus ook de aarde) stee-

vast de gasreuzen, Jupiter en Saturnus. In de loop van vele miljoenen jaren beïnvloedt hun zwaartekracht de banen van andere zonnestelselobjecten (en elkaar), door wat we *baanresonanties* noemen (zie volgende pagina). Een elliptische baan heeft een punt waarin een planeet het dichtst bij de zon staat (het perihelium) en een punt dat het verst van de zon ligt (het aphelium).

De aardbaan heeft een excentriciteit van 0,005 (0 = cirkelvormig) tot 0,028 (licht elliptisch); de huidige excentriciteit is 0,0167. De excentriciteit kent perioden van ongeveer 100.000 jaar (ca. 95.000 en 125.000 jaar), die een grotere hoofdcyclus vormen van 413.000 jaar.

Nu is het zo dat de aarde rond 4 januari in het perihelium is, als het noordelijke halfrond, dat de meeste landmassa heeft, naar de zon is toegekeerd. Het verschil tussen perihelium en aphelium bij de aarde is nu zo'n 5 miljoen km, wat leidt tot een verschil in inkomende zonnestraling van 6,8%, maar bij een maximale excentriciteit kan dat oplopen tot bijna 23%.



Ashelling

De ashelling, de hoek van de aardas met de loodlijn op het eclipticavlak (waarin de aarde om de zon beweegt), varieert tussen $22,1^\circ$ en $24,5^\circ$, met een periodiciteit van 41.000 jaar. De aardas helt nu ongeveer $23,5^\circ$ (grotfweg halverwege) en is 'afnemend'. De ashelling van de aarde, die zorgt dat er seizoenen bestaan, wordt gestabiliseerd door de invloed van de maan. Anders zou de helling veel groter zijn, wat desastreus zou zijn geweest voor de ontwikkeling van het leven hier.

Het effect van de scheve stand van de aarde op het klimaat is dat bij een grotere ashelling de verschillen in zonnestraling tussen de seizoenen toenemen. Op beide halfronden worden de zomers dan warmer, en de winters kouder. Die verschillen zijn niet overal even groot: bij een grotere helling neemt de gemiddelde jaarlijkse instraling in de zomer op hogere breedten toe en op lagere breedte af, bij een

kleinere ashelling is dat andersom. Koele zomers kunnen in het laatste geval het begin van een nieuwe ijstijd triggeren, doordat er minder sneeuw smelt, en dus meer zonlicht wordt teruggekaatst.

Tol

De aardas staat nu naar de poolster gericht, maar dat was niet altijd zo. De aardas wiebelt een beetje, net als een tol die een tikje heeft gehad, waardoor de richting van de aardas langzaam verandert. Dit wordt veroorzaakt door de aantrekkingskracht van de zon en de maan, de ongelijke verdeling van de continenten en oceanen en de vorm van de aarde. De aarde is namelijk niet rond: zij is door de rotatie wat afgeplat. Eén complete schommeling van de aardas duurt ongeveer 26.000 jaar. Dit verschijnsel noemen we de **precessie**.

Baanresonanties

Als de omloopbanen van twee hemellichamen in een 'mooie' verhouding tot elkaar staan, zullen ze een regelmatige, periodieke zwaartekrachtinvloed op elkaar uitoefenen. Dat gebeurt vooral als de omlooperperioden een verhouding hebben die je kunt schrijven als een gehele breuk: 1:2, 2:3, 3:5 enz.

In dat laatste geval beweegt het ene object driemaal om de zon in de tijd dat het andere dat vijfmaal doet. We noemen dit baanresonantie en het zorgt voor een versterking van de wederzijdse aantrekkingskracht. Meestal leidt dat tot een situatie die niet stabiel is. Beide objecten zullen zó van baan veranderen dat de resonantie verdwijnt.

Soms kunnen objecten echter in stabiele resonantie komen en blijven. Zo zijn de Jupiter-manen Ganymedes, Europa en Io in een 1:2:4 resonantie en is er een stabiele 2:3 resonantie tussen de banen van Pluto en Neptunus (Pluto maakt twee omlopen in de tijd dat Neptunus er drie maakt, en ze zullen elkaar nooit ontmoeten).

Resonanties van de manen van Saturnus zorgen voor de scheidingen in de ringen en in de Planetoïdengordel zijn zones 'opgeschoond' door instabiele resonantie van Jupiter: de Kirkwood Gaps.

De maan

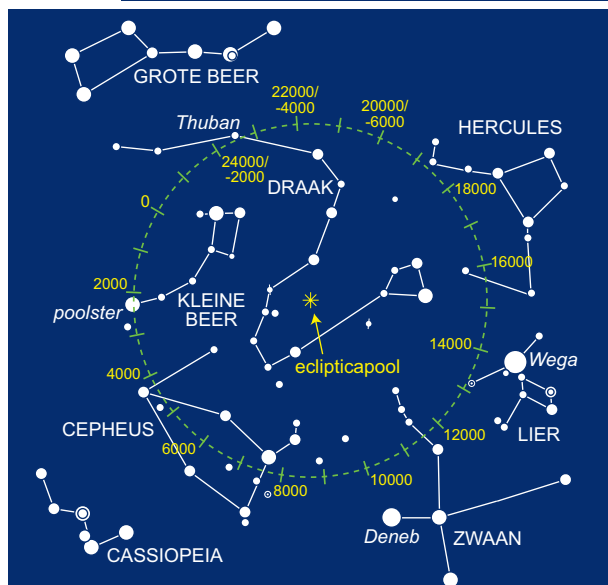
Er zijn ook andere resonanties mogelijk. Een bekende is die waarbij de rotatieperiode ('dag') van een object en de omlooperperiode ('jaar') rond een groter object met elkaar verbonden zijn. In het geval dat die gelijk zijn spreken we van **gesynchroniseerde rotatie** en het bekendste voorbeeld is onze eigen maan. Haar rotatieperiode en omlooperperiode (om de aarde) zijn beide ongeveer 27,3 dagen, zodat ze altijd dezelfde kant naar de aarde heeft gericht.

Ijstijd voorbij?

Is de ijstijd nu voorbij? Nee. Het is gewoon wat warmer geworden, waardoor het ijs is teruggetrokken. We leven in een interglaciaal. De laatste ijstijd was het ergst, en het klimaat het koudst, rond 18.000 jaar geleden. Het was droog, want heel veel water zat in het ijs. Europa kreeg ongeveer de helft van de hoeveelheid neerslag die het nu krijgt, en dan vooral in de zomer. Mondiaal was het klimaat 4° tot 8°C kouder dan nu, in sommige plaatsen waren de wintertemperaturen 15° tot 20° lager dan nu: het Florida van toen was wat dat betreft te vergelijken met Québec nu. Winden waren krachtiger en stofstormen gewoon, omdat door de droogte en erosie door gletsjers veel fijn materiaal voorhanden was. Het wachten is nu op het volgende glaciaal, maar dat duurt nog even. Voorlopig wordt het alleen maar warmer, maar dat doen we voor een groot deel zelf.

Linksboven: de aarde draait om haar as, en die as is een beetje geheld ten opzichte van haar baan om de zon (in het vlak van de ecliptica). De aardas wijst nu toevallig in de richting van een redelijk heldere ster: de poolster. Net als een kindertol die je tijdens het draaien een klein tikje geeft, schommelt ook de aarde een beetje: de aardas 'tekent' aan de hemel een cirkel af, één cirkel per ongeveer 26.000 jaar! Dat is de precessie (zie hoofdstuk 1)

Linksonder: die precessie-cirkel, rond de eclipticapool (de pool van het eclipticavlak, dus de aardbaan). Je ziet dat in onze tijd de poolster 'poolster' is, maar dat was niet altijd zo en zal ook niet altijd zo zijn. Zo'n 4000 jaar geleden was Thuban (van de Draak) poolster, en over 12.000 jaar zal Wega poolster zijn. Maar je ziet ook dat geen van de andere sterren die ooit poolster kunnen zijn zo dicht bij de hemelpool staan als de poolster! En die afstand wordt de komende eeuwen nog kleiner. Daarna neemt die afstand weer toe. Door de precessie schuiven ook alle sterrenbeelden van de dierenriem op, zodat op jouw verjaardag de zon waarschijnlijk niet in 'jouw' sterrenbeeld staat!



Meer kort nieuws

Hieronder: een kleurenfoto van de Marsmaan Phobos, gemaakt door de Colour and Stereo Surface Imaging System (CaSSIS) van de Europese sonde ExoMars TGO (Trace Gas Orbiter). Het is een samengestelde foto, de opnamen hiervoor werden op 26 november 2016 van 7700 km afstand genomen (resolutie 87m/pixel).

Het ging om twee foto's met elk van de vier kleurenfilters (panchromatisch, blauwgroen, rood en infrarood), dus acht in totaal. Die zijn vervolgens samengefotostopt tot deze foto, die Phobos uiteraard niet toont zoals wij het met onze ogen zouden zien. De kleuren in de foto leveren echter veel informatie op over de mineralen in het oppervlak. Foto ESA.

Midden, boven: Cassini, die al bijna dertien jaar de geringe planeet en zijn vele manen onderzoekt, maakte deze opname van de kleine maan Mimas (397 km). Cassini zal in september de helderdood sterven door in de atmosfeer van de gasreus te duiken. Mimas heeft de relatief gigantische krater Herschel, van 139 km diameter: een derde van de diameter van het maantje! Bij de inslag is het net niet uit elkaar gespat, om een nieuwe ring te vormen.

Midden, onder: een andere Cassini-foto, van Enceladus (504 km). Het landschap is in twee typen verdeeld: in het noorden zien we een kraterrijk landschap, het bewijs dat ook Enceladus hevig is toegetakeld door inslagen in het verleden. In het zuiden zien we echter een 'gladder' landschap, met rimpels door geologische activiteit. Die activiteit wordt veroorzaakt door getijdenkrachten (zie baanresonanties, pagina's 8 en 9) en kan kraters wegvagen, zoals dat ook op Aarde en Io is gebeurd. Er blijft dan vlakker, jonger terrein over.

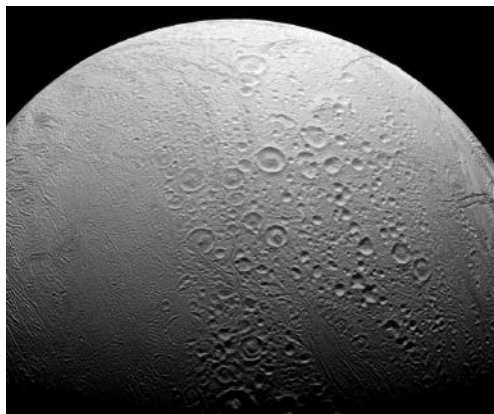
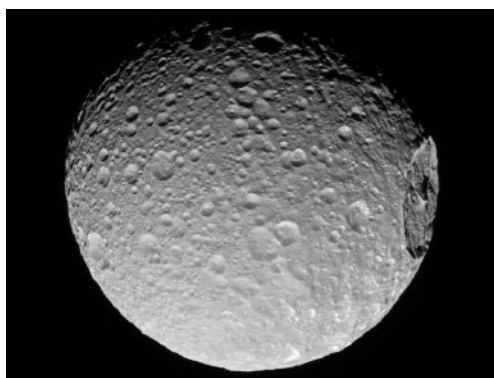
Vroeger minder donkere materie

Nieuw onderzoek wijst uit dat de grote, zware, actieve (met veel stervorming) sterrenstelsels in het jonge heelal vooral uit 'gewone' materie bestonden. Huidige sterrenstelsels bestaan voor de helft uit de mysterieuze donkere materie. Het betekent dat donkere materie in het vroege heelal minder invloed had dan nu. Tien miljard jaar geleden was er een piek in de vorming van sterrenstelsels. Voor meer over donkere materie en donkere energie zie ons boek *De Oerknal en het uitdijend heelal*.

Men heeft met ESO's Very Large Telescope (in Chili) de rotatie van zes zeer zware, actieve stelsels op 10 miljard lichtjaar afstand gemeten. Men ontdekte dat sterren aan de randen van die stelsels langzamer roteren dan dichterbij de kern! Dat betekent dat er veel minder donkere materie zou zijn dan bij moderne spiraalstelsels. Blijkbaar had donkere materie miljarden jaren langer nodig om te ontstaan (te condenseren).

Meer sterrenstelsels in het heelal

Uit waarnemingen met de Hubble (zoals de HUDF, zie pag. 2) bleek eerder dat er in het heelal 200 miljard sterrenstelsels zijn, maar dat blijkt niet te kloppen. Nieuwe analyse van de gigantische hoeveelheid Hubble data vertelt ons dat het er minstens tienmaal zoveel moeten zijn: **2.000.000.000.000 sterrenstelsels** dus! De meeste sterrenstelsels in het vroege heelal waren erg klein, zoals de Magelhaense Wolken, en die zien we niet. Ze smolten later samen tot steeds grotere stelsels waardoor het aantal stelsels sterk afnam.



Hemel van april 2017

Overzicht

De zichtbaarheid van de heldere planeten en de fasen van de maan voor deze periode, informatie afkomstig uit de **Sterrengids**. Dat is een interessante jaargids en een must voor wie de verschijnselen aan de hemel van dag tot dag wil volgen: www.sterrengids.nl/.

Maanfasen april 2017

Eerste kwartier	3 apr, 20:39 u MEZT
Volle maan	11 apr, 08:08 u MEZT
Laatste kwartier	19 apr, 11:57 u MEZT
Nieuwe maan	26 apr, 14:16 u MEZT

Apogeum: 15 apr, 12:05 u MEZT, 405.474 km

Perigeum: 27 apr, 18:15 u MEZT, 359.324 km

Planeten

Voor de planeten geven we het sterrenbeeld waarin ze halverwege deze periode staan, plus de **rechte klimming** (RA, in astronomische uren) waarmee je de locatie van de planeet in de buurt van de ecliptica kan opzoeken. De **declinatie** is dan niet echt nodig.

planeet	sterrenbeeld	RA
Mercurius	Ram/Vissen	2:05 u
Venus	Vissen	23:41 u
Mars	Ram/Stier	3:20 u
Jupiter	Maagd	13:07 u
Saturnus	Boogschutter	17:49 u
Uranus	Vissen	1:30 u
Neptunus	Waterman	22:58 u

De planeten

Mercurius bereikt op 1 april zijn grootste oostelijke elongatie, wat betekent dat hij een tijdje goed is te zien, na zonsopgang aan de WNW horizon. De hoekafstand tot de zon neemt rap af, op 10 april is hij niet meer te zien.

Venus is nu 'morgenster' en komt een uur voor de zon op. Ze staat laag boven het oosten. Op 23 april staat de smalle maansikkel vlak bij Venus (een conjunctie).

Mars beweegt nu net zo snel in oostwaartse richting als de sterrenhemel door de aardrotatie westwaarts beweegt. Daardoor gaat Mars de hele maand rond 23:00 uur onder, in het NW. Op 28 april een conjunctie met de maan.

Jupiter staat op 7 april in oppositie, de beste optie om de planeet te bekijken. Bij **oppositie** staat de aarde tussen de zon en de planeet in, zodat de planeet 's avonds laat hoog aan de hemel staat én zo'n planeet ook nog eens het dichtst bij de aarde. Dit kan alleen bij **buitenplaneten**: planeten met een baan voorbij die van de aarde.

Saturnus komt 's nacht op, begin april om 2 uur, eind april om middernacht. Op de 16e een samenstand met de maan.

Uranus is nu niet meer zichtbaar, op 14 april is hij in conjunctie met de zon.

Neptunus heeft die conjunctie met de zon weer achter de rug en is vanaf eind april tijdens de ochtendschemering in het OZO te zien - met een kijker!