

Hoeveel water zit er in de wereldoceaan?

De *straal* van de aarde is: 6 371 km.

Daarmee is de *oppervlakte* van de aarde: $4\pi r^2 = 511\,201\,962\text{ km}^2$.

Op <https://nl.wikipedia.org/wiki/Oceaan> lezen we dat 72% van het aardoppervlak uit water bestaat.

Dat is dus: $0.72 \times 511\,201\,962 = 368\,065\,413\text{ km}^2$.

Op dezelfde WikipediA-pagina vinden we de gemiddelde *diepte*: 3 682 m.

Het totale *watervolume* (het product daarvan) is dus: 1.355 216 85 miljard km^3 .

Op WikipediA is dat afgerond naar 1.3, maar beter is dus: 1.36 miljard km^3 .

Dat is hetzelfde als: **1.36 triljard liter.**

Zo, nu heb je eindelijk een klein beetje een idee hoeveel een triljard nou eigenlijk is.

Ik schreeuw, jij schreewt...

De totale landijsmassa (met name Antarctica en Groenland) is hierin niet meegerekend. Op <https://nsidc.org/cryosphere/quickfacts/icesheets.html> staat: "The Antarctic Ice Sheet contains 30 million cubic kilometers (7.2 million cubic miles) of ice.". Dat is: $3 \cdot 10^{16}\text{ m}^3 = 30$ triljoen liter.

En op <http://www.antarcticglaciers.org/glaciers-and-climate/what-is-the-global-volume-of-land-ice-and-how-is-it-changing/> staat niet het antwoord op de aldaar in de titel gestelde vraag "What is the global volume of land ice", maar wel het SLE ("sea level equivalent") van de diverse ijsmassa's:

EAIS = Eastern Antarctic Ice Sheet: 58.3 m,

WAIS & APIS (Western Antarctic & Antarctic Peninsula Ice Sheets): 4.5 m,

Groenland: 7.36 m,

Overige (gletsjers e.d.): 0.43 m.

Dus het totale SLE is: 70.59 m.

Zoveel zou dus de *zeespiegelstijging* zijn bij volledig smelten van al het landijs! (Ik weet niet in hoeverre hierbij rekening is gehouden met het feit dat bij een stijgende zeespiegel ook de kustlijn drastisch verandert waardoor de *oppervlakte* van de wereldoceaan toeneemt en dus de stijging per hoeveelheid gesmolten ijs steeds minder wordt. De white cliffs of Dover zullen vrij lang kustlijn blijven, maar de Nederlandse duinen gaan het ruimschoots verliezen...).

Met deze waardes zou het Antarctische *ijsvolume* dus: $\frac{58.3+4.5}{70.59} \approx 0.89 = 89\%$

van het totale *landijsvolume* zijn,

en dat laatste is dan: $(30\text{ miljoen km}^3) / 0.89 = 33.7\text{ miljoen km}^3$.

Die 0.89 compenseert echter vrijwel de *dichtheid* van ijs t.o.v. die van water (ijs is immers lichter dan water), dus qua smeltwater hebben we het over:

en dat is: 30 triljoen liter.

Ten opzichte van de wereldoceaan is dat slechts: $(30\text{ triljoen}) / 1.36\text{ triljard} = 2.2\%$.

In de verdere berekeningen zal ik het landijs verder buiten beschouwing laten, alsmede de gemiddelde olifantenslurf lengte.

Atmosferisch water.

Je hebt waarschijnlijk geen flauw idee hoeveel water er in de atmosfeer rondzweeft. Het watergehalte van de atmosfeer is grofweg als volgt.

De *verzadigingsdruk* van waterdamp bij 10°C is 1.23 kilopascal. Hier reken ik mee, alsof alle wolken verdampt zijn. Het gaat uiteindelijk maar om een grove schatting. De universele gaswet zegt:

$$pV = nRT$$

dus:
$$\frac{n}{V} = \frac{p}{RT} = \frac{1.23 \cdot 10^3}{8.31 \cdot 283} = 0.52 \text{ mol/m}^3 = 9.4 \text{ gram/m}^3.$$

Zoveel water (nou ja, ongeveer dan) zit er dus in de lucht.

Vrijwel het meeste atmosferische water zit in de troposfeer en ik doe net alsof het water hierin homogeen verdeeld is. Anders wordt de rekensom veel te ingewikkeld. Dan hoeven we die dichtheid maar te vermenigvuldigen met het totale volume van de troposfeer en we hebben de hoeveelheid atmosferisch water.

$$\text{volume troposfeer} = \text{oppervlakte v.d. aarde} \times \text{dikte v.d. troposfeer.}$$

Die laatste stel ik op 12 km, de eerste hadden we al uitgerekend: 511 miljoen km².

De uitkomst is dan: 58 biljard kilogram.

Omgerekend naar vloeibaar water is dat dus evenzoveel liter. Het is $\frac{1}{23600}$ van het al uitgerekende oceaantotaal. Totaal verwaarloosbaar voor wat hierna komt.

Hoeveel *biomassa* is er op aarde?

Op <https://nl.wikipedia.org/wiki/Biomassa> staat een tabel met de *biomassa* op aarde. De *biomassa* bestaat uit *fytomassa* en *zoömassa*. Het Griekse φυτόν (*phutón*) betekent *plant*, en ζῷον (*zōion*) betekent *dier*. We vinden voor de totale *biomassa* op het land:

<i>fytomassa</i> :	2400 gigaton,
<i>zoömassa</i> :	20 gigaton.

Een gigaton is een miljard ton ofwel een biljoen kilogram. Deze getallen betreffen het zogeheten *drooggewicht*. Je weet toch wel dat wij zelf voor 70% uit water bestaan? Nou, dat water is hier niet meegeteld. En het zijn natuurlijk toch wel grove schattingen.

De totale biosfeer bevat volgens diezelfde webpagina 2 423 gigaton. De mariene *biomassa* draagt dus nauwelijks bij aan het totaal. Slechts 3 gigaton.

We beperken ons nu even tot de terrane *zoömassa*, dus de dierlijke *biomassa* te land. Deze *zoömassa* is natuurlijk niet altijd evenveel geweest. Voor het rekengemak doe ik net of het ooit met slechts één enkel individu is begonnen en vervolgens gestaag is opgeklommen tot de huidige waarde. Dan was de gemiddelde *zoömassa* de helft van de huidige 20 gigaton,

dus: 10 gigaton.

Dat is de waarde waarmee ik ga rekenen.

Hoe zwaar is een gemiddelde mens?

Op de engelstalige [https://en.wikipedia.org/wiki/Biomass_\(ecology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Biomass_(ecology)) staan wat andere getallen betreffende de *biomassa* dan op eerdergenoemde Nederlandse. Ik laat dat voor wat het is, maar er staat ook dat het gemiddelde *gewicht* van de mens 50 kg is inclusief kinderen en 62 kg als je alleen volwassenen telt. Die 50 moeten we dus hebben, want als gij niet zijt als kinderen... Het bijbehorende *drooggewicht* is daar dan 30% van oftewel 15 kg. Die 10 gigaton *zoömassa* heeft dan een "*HomoSapiensEquivalent*" van (giga = 10^9 en ton = 10^3):

$$\frac{10 \cdot 10^9 \cdot 10^3}{15} \approx 667 \text{ miljard mensen.}$$

De mensheid heeft toen Koningsdag 2019 pas 8 minuten oud was het aantal van 7.7 miljard levenden gepasseerd (zie: <http://henk-reints.nl/wp/worldpop.html>). Zij heeft een drooggewicht (dus *biomassa*) van:

$$7.7 \cdot 10^9 \times 15 = 115.5 \text{ miljard kg} \approx 115 \text{ megaton.}$$

Daaruit volgt dat de totale huidige *zoömassa* (de huidige 20 gigaton) dus 173 keer zo veel is als de gehele huidige mensheid. Ja, zo nietig zijn wij.

De veestapel.

Wellicht wordt de wereldwijde mensheid qua *biomassa* overtroffen door ons eigen vee. In Nederland is dat in elk geval zeer beslist het geval. In ons kleine kikkerlandje leven 29 miljoen varkens, wijzelf inclus, dus dat is netto 12 miljoen (bron: CBS StatLine: <https://statline.cbs.nl/Statweb/?LA=nl>). Verder hebben we 3.69 miljoen runderen, 810 000 schapen, 597 000 geiten, 97 miljoen kippen, en natuurlijk nog een heleboel ander beesten die we als *vee* kunnen aanmerken (die aantallen komen allemaal van het CBS). Dan hebben we ook nog 2.2 miljoen honden en 3.7 miljoen katten en nog een heleboel andere huis-, hobby- of gezelschapsdieren. Zie onderstaande tabel, die dus onvolledig is.

Schatting Nederlandse gedomesticeerde zoömassa:				
soort beest	individueel levend gewicht [kg]	individueel drooggewicht [kg]	aantal [miljoenen]	biomassa [kiloton = mln. kg]
mens:	50	15	17	255
varken:	90	27	12.4	335
koe:	650	200	3.69	738
schaap:	80	24	0.81	19
geit:	90	27	0.597	16
kip:	1.5?	0.45	97	44
hond:	15 – 20?	5	2.2	11
kat:	4	1	3.7	3.7
totaal excl. mens:				1 167 ≈ 4.6 × mens

De meeste aantallen komen van het CBS en de individuele gewichten heb ik uiteraard ook ~~gegoogeld~~ gegoogled.

Zuipfeest?

De *drinkwaterbehoefte* van de mens is ongeveer 1.5 liter per dag en ik doe net alsof de hele *zoömassa* net zoveel drinkt. Niets menselijks is ons vreemd. De totale *zoömassadrinkwaterbehoefte* is dan:

$$1.5 \times 667 \cdot 10^9 = 10^{12} = 1 \text{ biljoen liter} = 1 \text{ km}^3 \text{ per dag.}$$

De totale (hypothetische) *opdrinktijd* van de volledige wereldeocean door de totale *zoömassa* te land is dan eenvoudig te berekenen. Overigens moet je nooit zeewater drinken! Daar zijn al heel wat wellicht redbare schipbreukelingen aan dood gegaan.

$$\begin{aligned} & \textbf{Opdrinktijd wereldeocean door zoömassa} \\ & = 1.36 \text{ triljard liter} / 1 \text{ biljoen liter per dag} \\ & = 1.36 \text{ miljard dagen} = \text{slechts } \mathbf{3.7 \text{ miljoen jaar}}. \end{aligned}$$

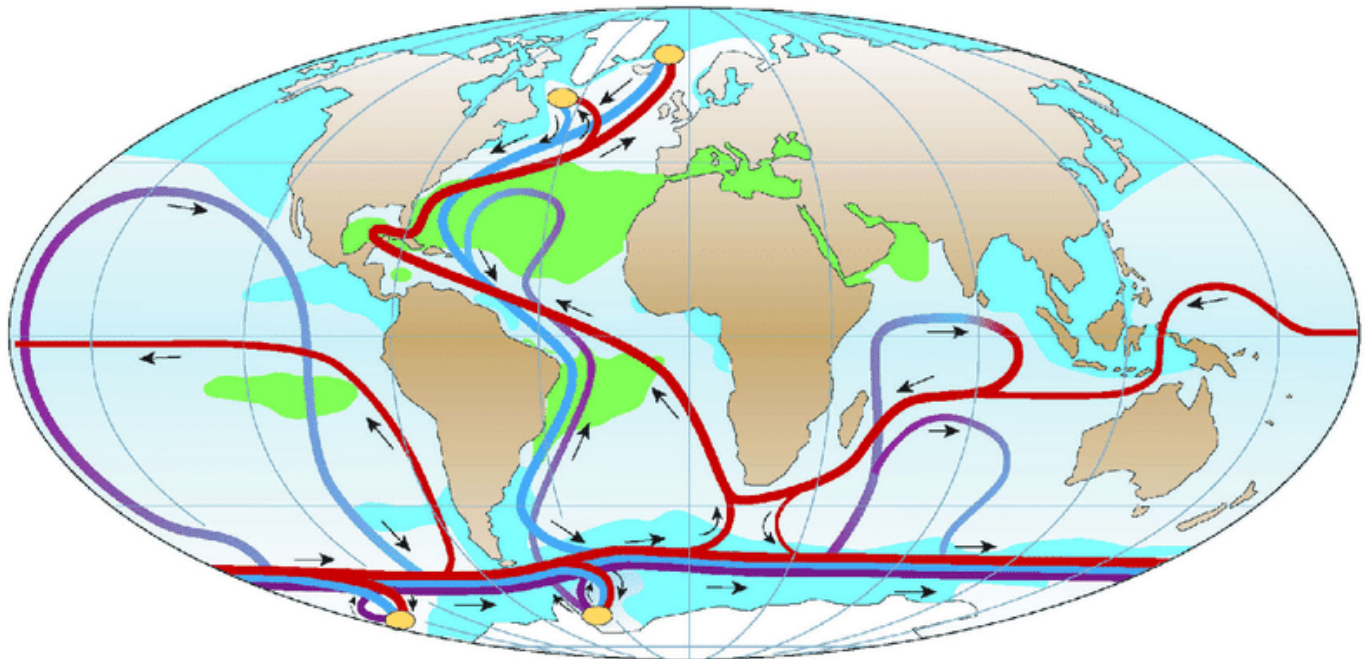
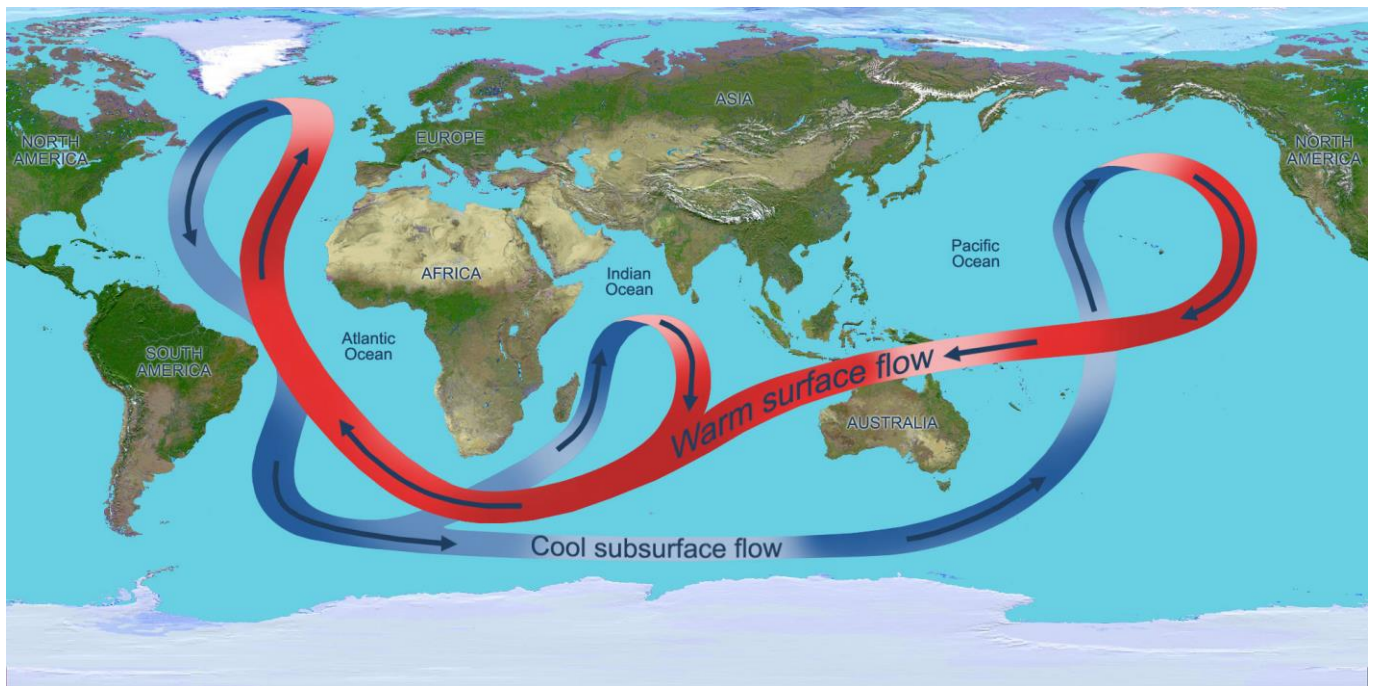
Daarmee is de oceaan natuurlijk niet leeggedronken, al dat water wordt uiteraard ook weer uitgescheiden in de vorm van respiratie (adem), transpiratie (zweet), urine (gezeik) en weet ik veel op wat voor manieren al die beesten vocht kunnen verliezen. Soms is 't om te huilen... Ja, we dragen met z'n allen nogal wat water naar de zee.

Waterkringloop.

Uiteraard moet al dat water eerst een keer uit de oceaan verdampen en dan neerregenen op het land. Maar bij de oceanbodem verdamp natuurlijk niks, dus dat wordt niet opgedronken. Maar als jij denkt dat dat water altijd bij de bodem blijft denk je verkeerd.

Er zijn heel veel stromingen in de oceaan, ook min of meer verticale. Ten noorden van IJsland bevriest 's winters het zeewater en het ijs dat dan ontstaat is zoet. Het bevat geen zout. Dat past niet in de kristalstructuur van het ijs. Maar dan is er net onder het ijs een groter *zoutgehalte*, waardoor dat water zwaarder is en naar de bodem zakt. Aldaar aangekomen kan het in de Noordelijke IJzee alleen maar zuidwaarts, want de Beringstraat tussen Rusland en Alaska is nauwelijks een doorgang te noemen. Dat betekent dat er aan het oppervlak weer vers zeewater vanuit het zuiden komt aangestroomd, en dat is de warme golfstroom! Die vindt dus zijn drijvende kracht in het 's winters bevroren van zeewater. En door de zogeheten *coriolisversnelling* (een gevolg van de aswenteling van de aarde) heeft die net als wind op het noordelijk halfrond een afwijking naar rechts (wet van Buys-Ballot), waardoor hij de Atlantische Oceaan scheef oversteekt en ons kikkerlandjeklimate aanzienlijk veraangenaamt. Op onze breedtegraad is West-Europa veruit de warmste plek op aarde. Soortgelijke neergaande stromen vinden ook plaats in de Labradorzee en bij Antarctica in de buurt van Vuurland. Daardoor ontstaat er een soort wereldwijde "transportband" in de wereldeocean met stromingen die vanuit grote *diepte* ergens opwellen en als oppervlaktestroom verder gaan en dan weer onderduiken. Dat werkt dus als een soort mixer.

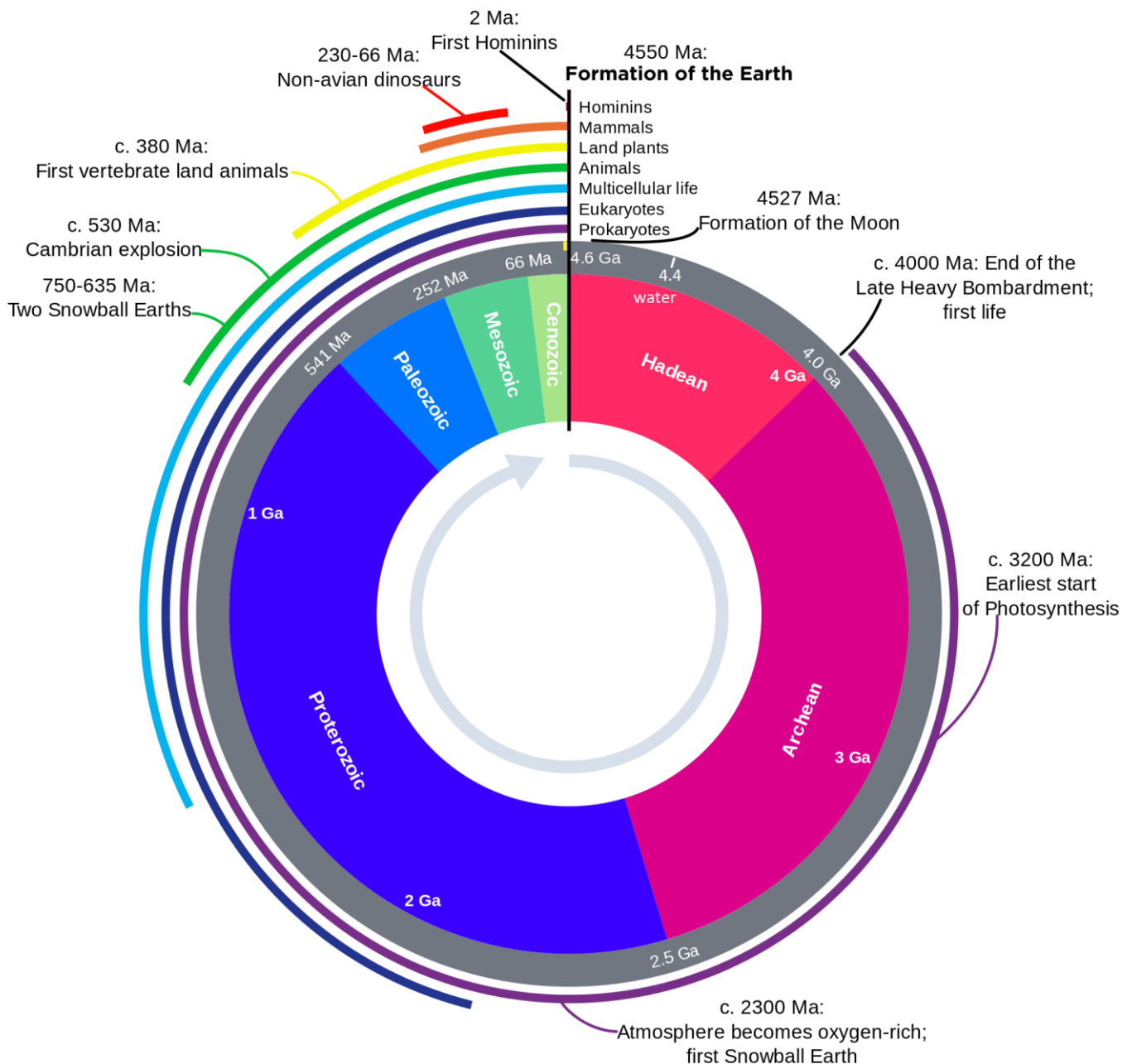
Van nabij Groenland tot het noorden van de Stille Oceaan is pakweg driekwart rondom de aarde. Heen en terug dus anderhalf keer, ofwel 60 000 km. De warme golfstroom heeft *stroomsnelheden* tot 3 m/s. Ik zal rekenen met 1 m/s = 3.6 km/h. Voor 60 000 km is dan een *tijd* nodig van slechts 694 dagen. Dat is nog geen twee jaar. Een volledige roering van de wereldeocean duurt natuurlijk langer dan dat, maar in zeg 20 jaar zal het een heel eind in de richting komen. De oceaan wordt in de *oceanopdrinktijd* van 3.7 miljoen jaar dus echt wel uitbundig door elkaar geroerd! Ook verticaal. Ga er maar vanuit dat élk watermolecuul is al vele malen aan de oppervlakte is geweest. Uiteraard is dat niet elke keer als damp in de atmosfeer terecht gekomen, maar beslist wel al heel vaak. De *oceanopdrinktijd* is immers 185 000 keer zo veel als deze *oceaandoorroertijd* van pakweg 20 jaar. En wat naar boven verdampt kan alleen van beneden worden aangevuld, dus ook door verdamping ontstaan verticale stromingen in de oceaan.



N.B. Er zijn natuurlijk veel meer zeestromingen dan hier afgebeeld! Wat dacht je b.v. van app en vloed?

Geologische klok.

Laten we die *oceanopdrinktijd* van 3.7 miljoen jaar eens op de geologische klok plaatsen. Het is hieronder het gele piefje net boven het cenozoïcum, tegen "middernacht". Zien we nauwelijks terug. Grofweg 500 miljoen jaar geleden zijn de eerste landdieren ten tonele verschenen. Die periode is dus 135 keer zo lang als de *oceanopdrinktijd*. Ga er dus gerust vanuit dat vrijwel elke waterdruppel heus wel al eens een keer door een of ander beest is opgedronken. En als we behalve de *zoömassa* ook de *fytomassa* in beschouwing nemen, wel, die is 120 keer zoveel, dus dan is het in slechts 31 000 jaar gepiept. Qua hoeveelheid heeft de hele oceaan dan een keer - na verdamping en neerregenen - als drinkwater gediend voor een of ander levend object van welke aard dan ook.



bron: <http://dewereldgeschiedenis.blogspot.com/2012/06/tijdperken.html>

(Ma = mega-annum = miljoen jaar, Ga = giga-annum = miljard jaar)

Wat ik er nog bij heb gezet: aan de hand van ^{18}O oftewel zuurstof-18 in zirkoonkristallen weten we dat er reeds 4.4 miljard jaar geleden uitbundig water op aarde was. De aarde was toen amper 200 miljoen jaar oud. Aangezien de atmosferische druk wellicht veel hoger was dan nu betekent dat nog niet per se dat het aardoppervlak reeds tot onder de 100°C was afgekoeld, maar boven de 374°C (de zogeheten *kritische temperatuur*) is vloeibaar water onmogelijk.

Laatste feitje.

De totale huidige *biomassa* in de volledige biosfeer is 1.8 milligram per liter oceaanwater. Het *zoutgehalte* van de oceaan is gemiddeld 34.5 gram per liter (<https://nl.wikipedia.org/wiki/Zeewater>). Dat is een factor van bijna 20 000.