

Lengen en korten van de dagen

J. den Heijer

technical reports TR 91

technische rapporten TR 91

INHOUD	Bladzijde
Voorwoord	3
Inleiding	5
Tijdindeling	6
Daglengthe in Nederland	13

Voorwoord

Deze publicatie, welke gaat over de tijdstippen van zonsopkomst en zons-
ondergang, de daglengte, de verschillende soorten tijdaanduiding, e.d.
werd samengesteld omdat over deze onderwerpen aan het KNMI regelmatig vra-
gen worden gesteld.

De bedoeling is de gebruiker, die in het algemeen weinig vertrouwd is met
de oorzaken van de bovengenoemde verschijnselen, enig inzicht te verschaf-
fen in deze toch wel tamelijk gecompliceerde materie.

Waar het voor een goed begrip van een en ander niet noodzakelijk was diep
op de theoretische achtergronden in te gaan, heb ik dit achterwege gela-
ten.

Een ieder die betrokken was bij het welslagen van deze publicatie, waar-
bij ik met name denk aan de heer Krijnen, die het concept kritisch beoor-
deelde, de heer Van Stralen van de tekenkamer, mevrouw Tjok-A-Hen-Emanuel-
son, die het typewerk verzorgde en last but not least de personeelsleden
van de drukkerij wil ik hierbij gaarne dank zeggen voor hun door mij zeer
gewaardeerde inzet in deze.

Inleiding

Het lengen en korten van de dagen verloopt volgens onze klokken niet geheel regelmatig.

In de maanden september en oktober bijv. korten de dagen 's avonds sneller dan 's morgens.

Rond de jaarwisseling lengen de dagen 's avonds al flink, maar 's morgens gebeurt er weinig.

In het hiernavolgende zal worden getracht wat meer inzicht te geven in de gebeurtenissen, die de zo juist genoemde verschijnselen tot gevolg hebben.

Tijdindeling

Onze dagelijkse tijdindeling is gebaseerd op de aswenteling (rotatie) van de aarde; de kalender is gebaseerd op de omloop van de aarde om de zon.

De omloop van de aarde om de zon spiegelt zich aan de hemel af door een verplaatsing van de zon ten opzichte van het vaste "sterrendecor".

Na een jaar bevindt de aarde zich weer op hetzelfde punt van zijn baan en staat de zon weer op dezelfde plaats tussen de sterren. Wanneer van dag tot dag de plaats van de zon tussen de sterren op een sterrenkaart zou worden ingetekend, ontstaat een cirkel, die de zonsbaan of ook wel ecliptica wordt genoemd.

De dagelijkse aswenteling van de aarde is te merken aan het op- en ondergaan van zon, maan en sterren.

Elk hemellichaam komt op, bereikt in de meridiaan zijn grootste hoogte boven de horizon en gaat daarna onder.

Met "meridiaan" wordt bedoeld de halve cirkelboog, die vanaf het zuidpunt van de horizon door het punt van de hemel, dat zich recht boven ons bevindt (het zenith) naar het Noordpunt van de horizon loopt.

In Nederland bereikt de zon zijn grootste hoogte altijd boven het Zuidpunt van de horizon.

Wanneer we de tijd meten vanaf het moment waarop een bepaalde ster zich in de meridiaan bevindt tot het moment dat deze ster zich daar opnieuw bevindt, zeggen we dat er 24 uren zijn verstreken. De aardbol heeft dan één omwenteling gemaakt.

Dit etmaal is het sterrenetmaal. De tijd in de sterretijd (ST).

Wanneer we op dezelfde wijze de zon van meridiaan tot meridiaan laten lopen, blijkt dit etmaal t.o.v. het sterrenetmaal ongeveer 4 minuten langer te zijn.

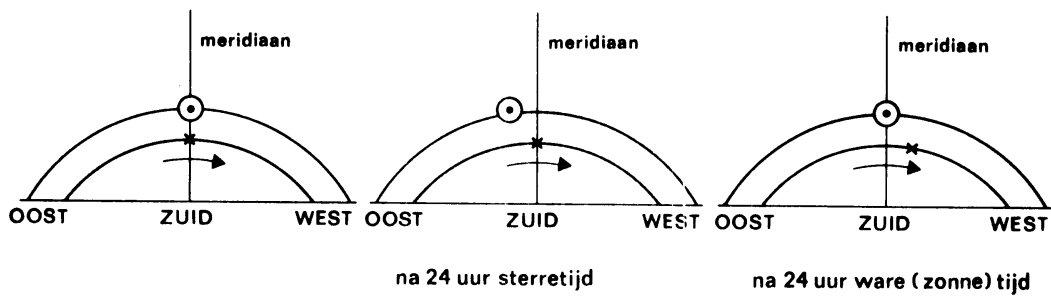
Dit komt omdat de aarde intussen een stukje is opgeschoven in zijn baan om de zon.

Van het noordelijk halfrond uit gezien heeft dat tot gevolg dat de zon zich een eindje naar links heeft verplaatst in het sterrendecor.

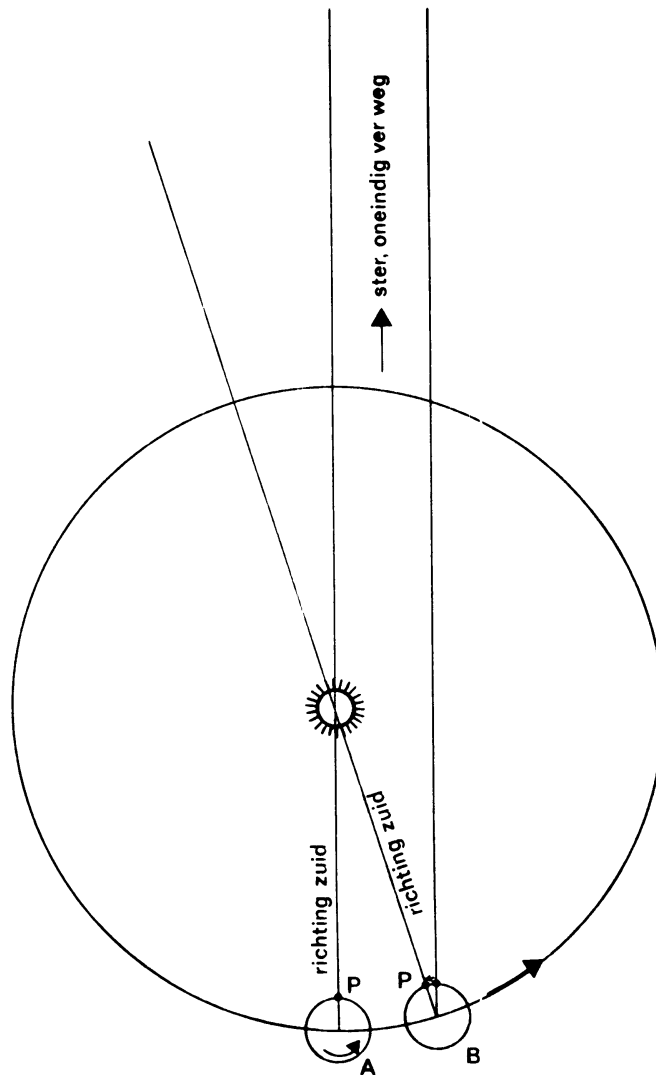
De zon komt daardoor wat later in de meridiaan aan (zie fig. 1 en 2).

Dit etmaal is het zonne-etmaal. De bijbehorende tijd is de ware (zonne) tijd (WT).

Het tijdsverschil zonnetijd-sterretijd wordt dus iedere dag 4 minuten groter. Na een jaar vallen zij weer samen. Wanneer het op een bepaalde dag 12 uur WT is, wijst de sterretijdklok een tijd aan die daar op het eerste gezicht geen enkel verband mee heeft.



Figuur 1



Figuur 2

In de tekening, welke uiteraard niet op schaal is, is aangenomen dat van boven op de Noordpool van de aarde wordt gekeken. Wanneer de aarde zich in het punt A van zijn baan bevindt, staan voor een plaats P, ergens op het Noordelijk halfmond de zon en de ster beiden boven het zuiden.

In punt B staat na een volle omwenteling van de aarde diezelfde ster weer boven het zuiden, maar de zon nog niet.

Om de zon boven het zuiden te zien zal de aarde nog een stukje verder moeten draaien. De ster is het zuiden dan al gepasseerd.

Zowel de draaiing van de aarde om zijn as als de voortbeweging langs zijn baan vinden plaats in een richting die tegengesteld is aan die van de wijzers van een klok.

De sterretijd is voor dagelijks gebruik volkomen ongeschikt. Om praktische redenen zal het 12 uur moeten zijn, wanneer de zon in het zuiden (op zijn hoogst) staat.

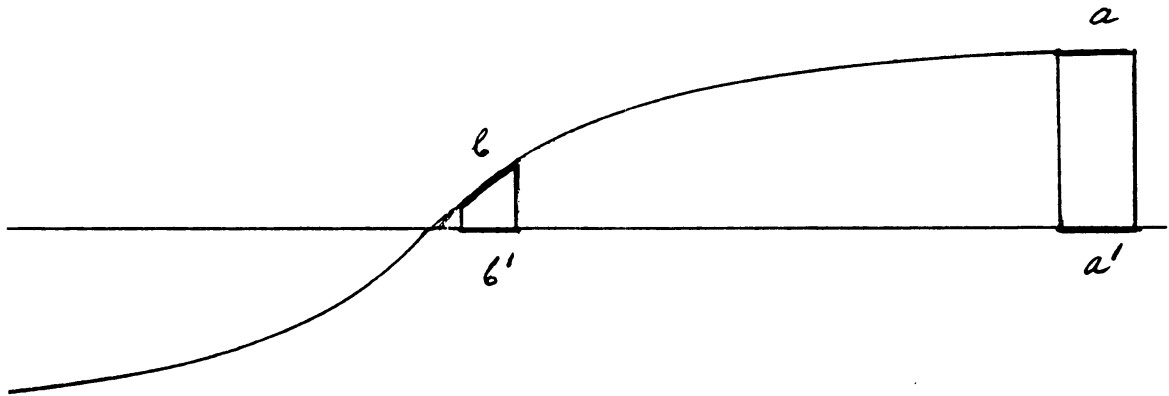
Het ligt voor de hand dan maar het zonne-etmaal als uitgangspunt te nemen.

Maar ook hier zijn er moeilijkheden. De dagen moeten even lang zijn.

De zonnedagen zijn dat niet, omdat de hoeksnelheid waarmee de aarde zijn baan doorloopt en dus ook de hoeksnelheid, waarmee de zon zich langs de ecliptica verplaatst, niet constant is.

Dit alles omdat de aardbaan geen cirkel is, maar een ellips.

Verder is het zo dat de projecties van gelijke afstanden langs de ecliptica ongelijke afstanden langs de hemelequator tot gevolg hebben. In figuur 3 stellen a en b de verplaatsing van de zon langs de ecliptica voor in een etmaal. De projecties a^1 en b^1 geven de bijbehorende zonnedagen weer.



Figuur 3

a en b zijn even lang, a^1 en b^1 zijn dit niet.

Wanneer dan bovendien nog het traject b sneller zou worden doorlopen dan a , worden de tijdsverschillen tussen a^1 en b^1 nog groter. Met andere woorden: de zonnedag b^1 duurt korter dan de zonnedag a^1 .

Er is daarom een fictieve zon bedacht, die met constante snelheid langs de hemelequator loopt, zodat a^1 gelijk is aan b^1 .

Zo ontstaat het middelbare zonne-etmaal. De bijbehorende tijd is de middelbare zonnetijd.

Populair gezegd: het is de "klokkentijd" voor een bepaalde plaats. Elke plaats op aarde heeft op deze wijze zijn eigen klokkentijd, zijn eigen middelbare plaatselijke tijd (MPT). Het is 12 uur MPT, wanneer de fictieve zon de meridiaan passeert.

Voor iedere plaats geldt, dat de zon om 12 uur ware tijd, geldend voor die plaats, zijn grootste hoogte bereikt.

Het verschil tussen ware tijd en middelbaar plaatselijke tijd heet tijdsvereffening.

In formule vorm:

$$\Delta t = WT - MPT$$

Δt = tijdsvereffening
 WT = Ware (zonne) tijd
 MPT = middelbaar plaatselijke tijd

Alleen wanneer de ware tijd gelijk is aan de middelbaar plaatselijke tijd, is de tijdsvereffening 0. Dit is slechts op enkele dagen in het jaar het geval (15 april, 14 juni, 1 september en 25 december).

De tijdsvereffening bepaalt op welk moment in middelbaar plaatselijke tijd de zon zijn grootste hoogte bereikt (in bovenculminatie is).

De MPT is gebonden aan de plaats op aarde. 1° lengteverschil levert een tijdsverschil op van 4 minuten. Immers wanneer de aardbol éénmaal om zijn as draait (360°) kost dit 24 uur tijd. 1° komt dan overeen met:

$$\frac{1}{360} \times 24 \times 60 = 4 \text{ minuten}$$

De tijdrekening gaat uit van de 0° -meridiaan, welke over de vroegere sterrenwacht van Greenwich (Engeland) loopt.

De meridianen zijn de halve grootcirkels, die op aarde de Noordpool met de Zuidpool verbinden. In combinatie met de parallelcirkels (breedtecirkels), welke evenwijdig lopen aan de evenaar, dienen zij voor de plaatsbepaling. De evenaar is de enige parallelcirkel, die tevens een grootcirkel is.

Een plaats die 5° oostelijk van de 0° -meridiaan ligt (Nederland bijvoorbeeld) heeft, omdat de aarde van west naar oost draait, een MPT die $5 \times 4 = 20$ minuten later is dan die van de 0° -meridiaan.

Daar het ondoenlijk is iedere lengtegraad zijn eigen tijd te geven, is de aardbol verdeeld in een 24-tal tijdzones, elk van 15° . Midden tussen de 23-uur en de 1-uur tijdlijn bevindt zich de datumlijn, waar 24 uur van de ene dag overgaat in 0 uur van de daaropvolgende dag. De datumgrens bevindt zich op 180° lengte (180° ooster- en westerlengte vallen daar samen) en loopt van de Noorpool dwars door de Stille Oceaan naar de Zuidpool. Om bij elkaar behorende eilandengroepen zo veel mogelijk in dezelfde tijdzone te laten vallen, volgt de datumgrens niet overal precies de 180° lengtemeridiaan.

Wanneer de datumlijn wordt gepasseerd van oosterlengte naar westerlengte, bijv. van Australië naar San Francisco (USA), wordt de datum dubbel geteld: op 6 november volgt dan 6 november. In omgekeerde richting echter wordt een dag overgeslagen: op 6 november volgt dan direct 8 november (zie figuur 4).

In Europa zijn de volgende tijdzones van belang:

$7\frac{1}{2}^{\circ}$ WL - $7\frac{1}{2}^{\circ}$ OL Universal Time (UT) (ook Wereldtijd genoemd, dat is de vroegere Greenwich Mean Time (GMT))

$7\frac{1}{2}^{\circ}$ OL - $22\frac{1}{2}^{\circ}$ OL Midden Europese Tijd (MET)

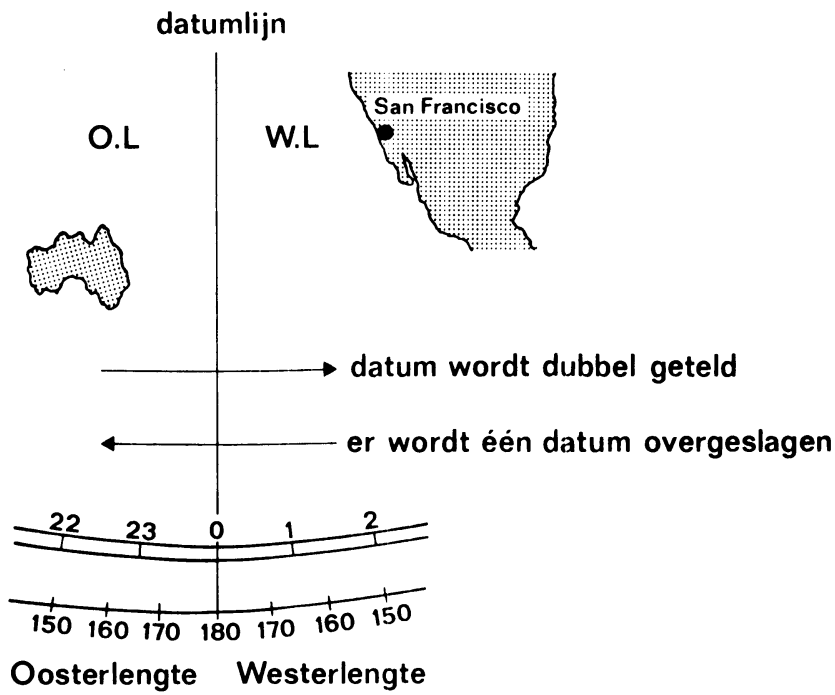
$22\frac{1}{2}^{\circ}$ OL - $37\frac{1}{2}^{\circ}$ OL Oost Europese Tijd (OET)

Nederland zou, gezien zijn ligging, Universal Time moeten hebben, maar om praktische redenen is West-Europa in de Midden Europese Tijdzone ingedeeld. Uitzondering is Groot-Brittannië, waar de Universal Time wordt aangehouden.

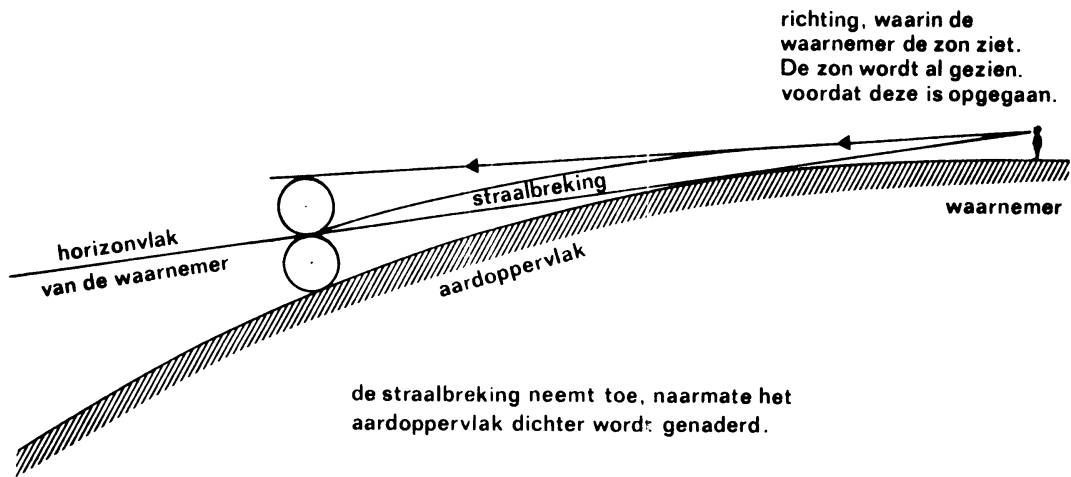
Gedurende de zomermaanden wordt in Nederland sinds 1977 weer de zomertijd gebruikt, waarbij de klok één uur wordt vooruit gezet.

Nederland heeft dan de Midden Europese Zomertijd (MEZT).

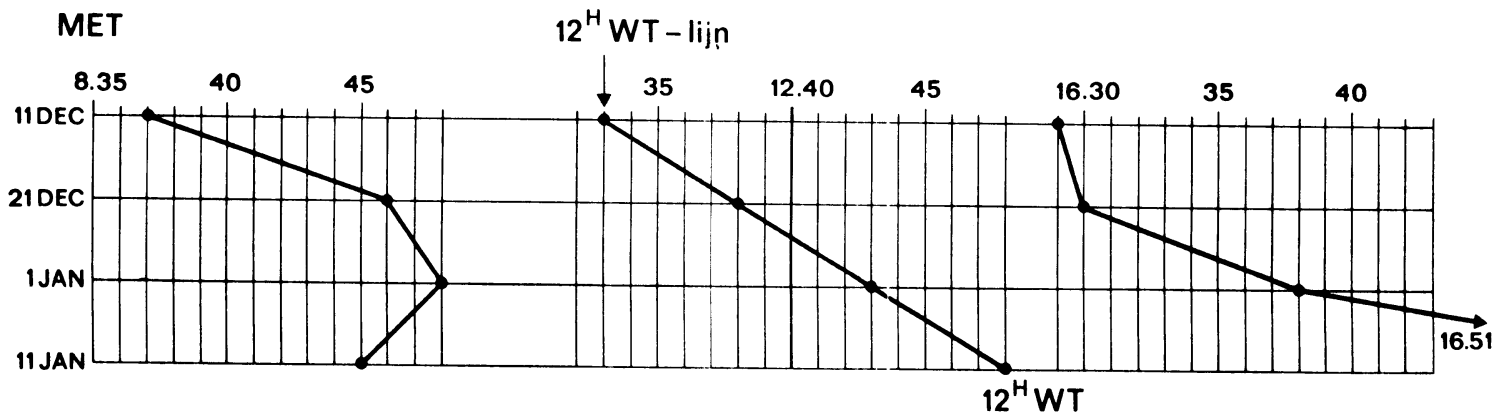
Wanneer de UT-klok 12 uur aanwijst, wijst de MET-klok 13 uur aan en de MEZT-klok 14 uur.



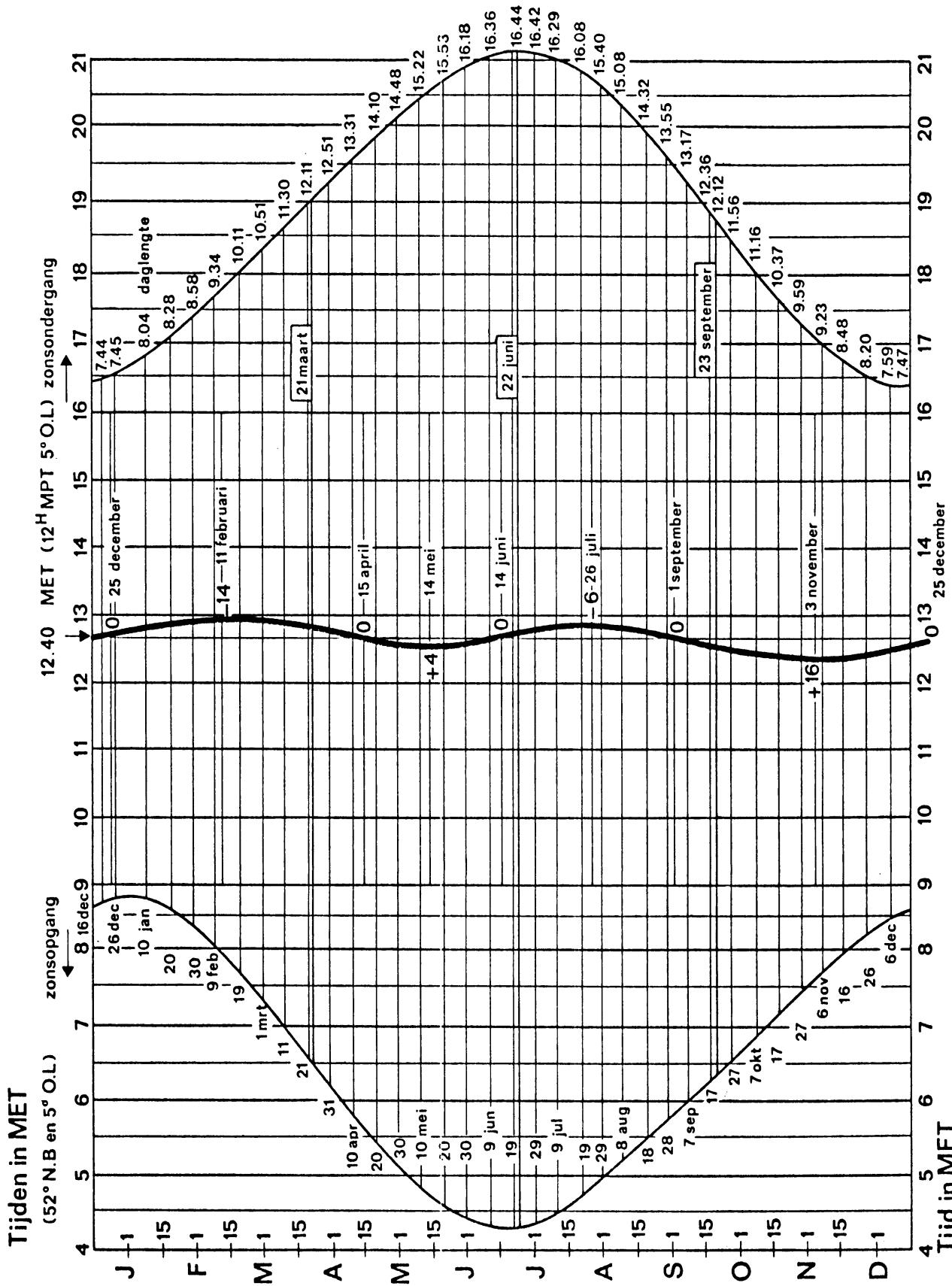
Figuur 4



Figuur 5



Figuur 7 Gedeelte uit figuur 6, dat betrekking heeft op het tijdvak 11 december - 11 januari.



De slingerlijn is de 12^H WT-lijn. Deze verdeelt de daglengte in 2 gelijke delen.

Figuur 6

Daglengte in Nederland

De daglengte varieert in de loop van het jaar van $7\frac{1}{2}$ uur op 22 december tot 16 op 22 juni. Op 21 maart en 23 september is de daglengte 12 uur. Volgens de tabellen van zonsopkomst en zonsondergang duurt de dag echter een kwartier langer. Dit is het gevolg van het feit, dat door de horizontale refractie (straalbreking) van de atmosfeer de zon al wordt gezien voordat deze in werkelijkheid boven de kim is. Bij zonsondergang wordt evenzo de zon nog gezien, nadat deze al onder de kim verdwenen is (zie fig. 5).

Bovendien gaan de tabellen uit van het moment dat de bovenrand van de zon zich in de kim bevindt, terwijl astronomisch met het middelpunt van de zonnescijf wordt gerekend.

Daar komt nog bij, dat de hoek met de horizon waaronder de zon opkomt, resp. ondergaat gedurende het jaar niet constant is (in de midwinter en midzomer rond 31° , in de herfst en de lente rond 38°) hetgeen eveneens invloed heeft op de daglengte. Bij een kleine hoek heeft de zon meer tijd nodig om zich boven de kim uit te werken dan bij een grotere.

De daglengte blijkt al met al een nogal gecompliceerd gegeven te zijn.

Binnen het kader van dit verhaal is het echter niet nodig diepgaand op bovengenoemde verschijnselen in te gaan.

Wanneer voor een geheel jaar de tijden van zonsopkomst en zonsondergang in grafiek worden gezet zou daar een symmetrisch model uit moeten komen. Het resultaat is echter een soort "scheefgedraaide vaas" (zie fig. 6).

De tijdstippen van zonsopgang en zonsondergang liggen weliswaar symmetrisch t.o.v. het 12 uur WT-tijdstip maar niet t.o.v. het 12 uur MPT-tijdstip (= 12.40 uur MET-tijdstip op 5° OL).

De oorzaak moet worden gezocht in de tijdsvereffening. Met behulp van de Δt -formule kan het tijdstip (uitgedrukt in MPT), worden berekend, waarop de zon zijn hoogste stand bereikt. Daarna kan het gevonden tijdstip worden omgezet naar de tijd van de desbetreffende tijdzone.

Voorbeeld: Plaats in Nederland op 5° OL

Datum 26 juli.

Op welk tijdstip MET bereikt de zon zijn hoogste stand en wanneer komt de zon op en gaat deze onder?

Op 26 juli is $\Delta t = -6$ minuut

De zon culmineert om 12 uur WT, hetgeen overkomt met 12.06 MPT
want $12 \text{ WT} - \text{MPT} = -6$ minuut

Daar in Nederland de MET geldt, welke van de 15° OL-meridiaan uitgaat, moet omdat 1° lengteverschil met 4 minuten tijdsverschil overeenkomt, bij het gevonden tijdstip $(15 - 5) \times 4 = 40$ minuten worden opgeteld. Gevraagde tijdstip is dus 12.46 MET.

De tijden van zonsopkomst en zonsondergang liggen een halve daglengte voor, respectievelijk nà het tijdstip 12.46 MET. Op 26 juli is de halve daglengte 7u 55 min. De zon komt op om $12.46 - 7.55 = 4.51$ MET en gaat onder om $12.46 + 7.55 = 20.41$ MET.

Wanneer op bovengenoemde wijze voor iedere dag het tijdstip van culmineren van de zon (in MET) wordt uitgezet, levert dat een slingerende lijn op.

De 12 WT-lijn slingert om de 12.40 MET-tijdlijn heen. Daar het 12 WT-tijdstip altijd precies midden tussen de tijdstippen van zonsopgang en zonsondergang ligt, is het effect ook merkbaar in beide laatstgenoemde tijdstippen.

Voor 5° OL geldt:

Wanneer de tijdsvereffening positief is, culmineert de zon vóór 12.40 MET.

Wanneer de tijdsvereffening 0 is, culmineert de zon precies om 12.40 MET.

Wanneer de tijdsvereffening negatief is, culmineert de zon nà 12.40 MET.

Het grillige verloop van de tijdsvereffening geeft aanleiding tot merkwaaardige consequenties. In de loop van het tijdvak 11-21 december bijvoorbeeld (zie fig. 7) korten de dagen 8 minuten, maar de zon gaat op 21 december tóch al 1 minuut later onder dan op 11 december (16.30 uur tegen 16.29 uur).

's Morgens echter komt de zon geleidelijk 9 minuten later op n.l. om 8.37 uur op 11 december en om 8.46 uur op 21 december. De dagen korten 's morgens dus aanzienlijk meer dan zij 's avonds lengen.

Dit "later opkomen" van de zon gaat zelfs na 21 december nog enkele dagen door, maar 's avonds lengen de dagen steeds sneller: de daglengte neemt toe. Oorzaak hiervan is de tijdsvereffening die in het tijdvak 11 - 21 december minder positief wordt, n.l. verlopend van +7 naar +2 (een verschil van 5 minuten). Op 11 december valt de hoogste zonnestand om 12.40 MET -7 minuten is 12.33 uur MET, op 21 december om 12.38 uur MET. Wanneer de daglengte onveranderd zou blijven, zou de zon dus 's morgens daardoor al 5 minuten later opkomen en 's avonds 5 minuten later ondergaan.

Daar de dagen in genoemd tijdvak 8 minuten korten komt, ten opzichte van

12 WT, de zon 4 minuten later op en gaat 4 minuten eerder onder.
Gerekend naar MET komt de zon dus geleidelijk $4 + 5 = 9$ minuten later op en gaat $-4 + 5 = 1$ minuut later onder.

Uit figuur 6 (de "scheefgedraaide vaas") kan bijvoorbeeld ook worden geconcludeerd, dat in het tijdvak 22 juni - 26 juli de dagen 's morgens sneller korten dan 's avonds, n.l. 33 minuten tegen 25 minuten.

In de maanden september en oktober daarentegen korten de dagen 's avonds flink wat meer dan 's morgens:

in september 68 minuten 's avonds tegen 47 min 's morgens

in oktober 64 minuten 's avonds tegen 52 min 's morgens

Overigens kan nog worden opgemerkt, dat voor een bepaalde datum van jaar tot jaar kleine verschillen (1 à 2 minuten) kunnen voorkomen in de tijden van zonsopkomst en zonsondergang.

Al met al zal uit het voorgaande duidelijk geworden zijn dat een zo gewoon verschijnsel als het lengen en korten van de dagen heel wat ingewikkelder is dan het op het eerste gezicht lijkt.