

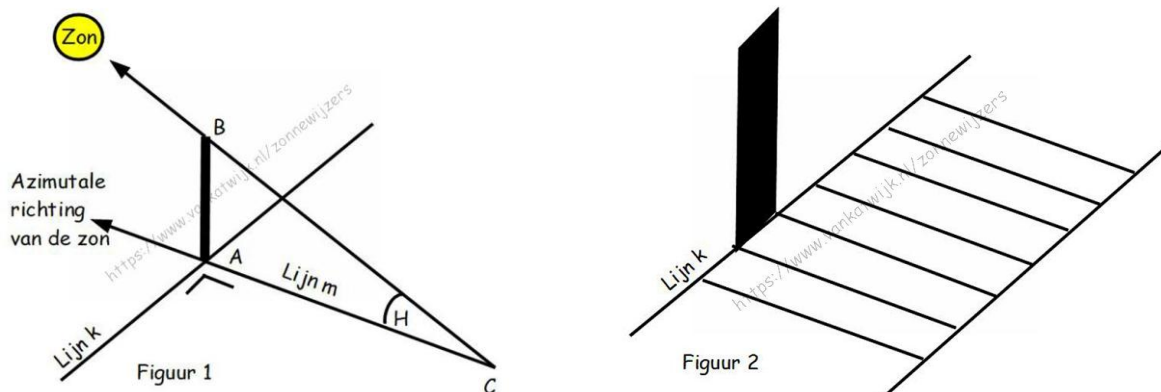
ZONNEWIJZERS

Hoofdstuk 17 Een Hoogte Metende Zonnewijzer.

Inhoud: Inleiding	blz. 17.1
Berekening van de afstand AC van lijn k tot een uurlijn	blz. 17.1
Het tekenen van de lijnen op de zonnewijzer	blz. 17.2
Tijd Aflezen	blz. 17.2
Varianten met een rechte uurlijn	blz. 17.3
Voorbeelden op andere breedtes	blz. 17.4

Inleiding.

Een hoogtemetende zonnewijzer wordt altijd gericht in de richting van de zon. Dat betekent dat het azimut er niet toe doet. Afhankelijk van de datum is de hoogte van de zon dan bepalend voor de tijd. Bij deze zonnewijzer moet de datum dus bekend zijn om de tijd te kunnen aflezen. Door gedurende een jaar schaduwgever AB in figuur 1 te verplaatsen over lijn k en steeds op dezelfde tijd het schaduwpunt C vast te leggen vormen de opeenvolgende schaduwpunten een tijdlijn. Bedenk daarbij dus dat de opeenvolgende datumlijnen op de zonnewijzer wel evenwijdig aan elkaar lopen, maar op een andere datum een andere azimutale richting hebben. In figuur 2 zijn datumlijnen



getekend. De datumlijnen kunnen bijvoorbeeld als eerste van de maand gekozen worden zodat er twaalf rechthoekige vakken ontstaan. Ook wordt bij deze zonnewijzer in plaats van met een verplaatsbare gnomon vaak gewerkt met rechthoekige schaduwgevers met een breedte gelijk aan de afstand tussen de maandstrepen.

Berekening van de afstand AC van lijn k tot een uurlijn.

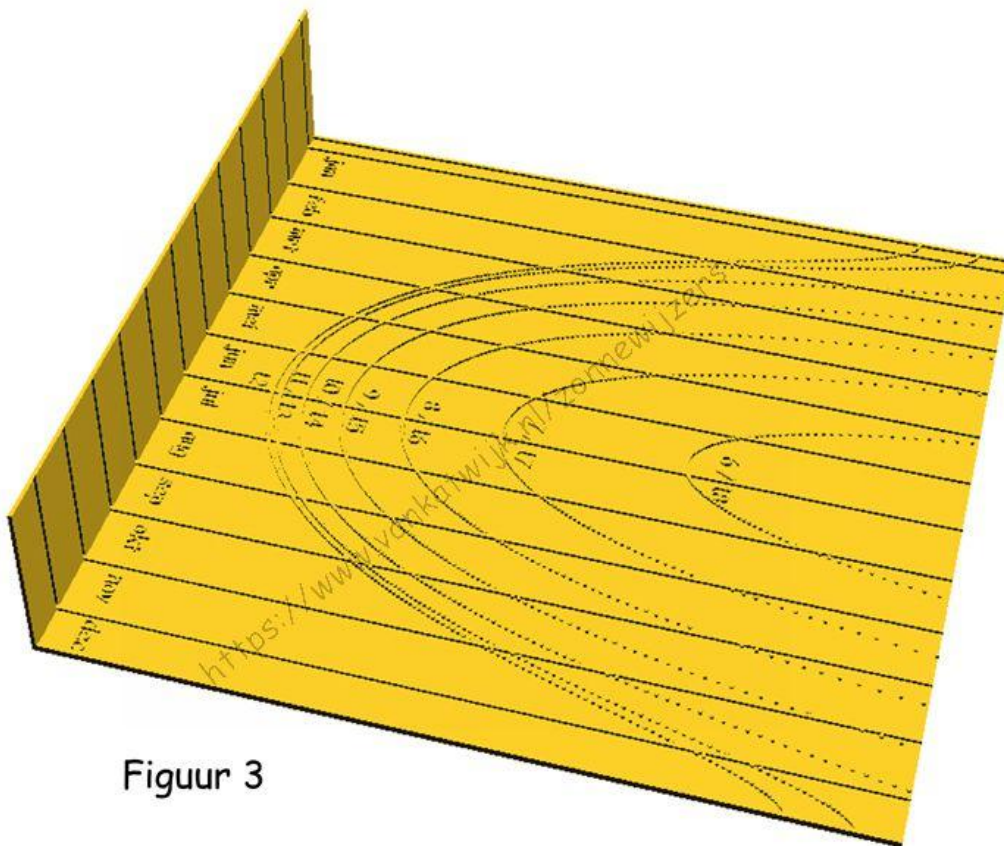
Op een bepaalde geografische positie, een bekende datum en een bekende tijd zijn de breedte b , de declinatie d van de zon en de plaatselijke uurhoek P bekend. Met deze gegevens kan de hoogte (H) van de zon worden berekend met de formule $\sin(H) = \sin(b) \cdot \sin(d) + \cos(b) \cdot \cos(d) \cdot \cos(P)$ (zie Hoofdstuk 1).

Hoewel de schaduwgever bij deze zonnewijzer vaak een rechthoekig vlak is met een breedte gelijk aan de afstand tussen de maandstrepen (zie figuur 2) worden de punten C van de uurlijnen elke dag van een jaar berekend. Bij bekende hoogte AB van de schaduwgever volgt de afstand AC uit $\tan(H) = AB/AC$ ofwel $AC = AB/\tan(H)$.

ZONNEWIJZERS

Het tekenen van de lijnen op de zonnwijzer.

De breedte van het zonnwijzervlak wordt verdeeld in 365 dagen. Vanwege de symmetrie heb ik ervoor gekozen te beginnen bij 22 december (Steenbok, maximaal zuidelijke declinatie). Elke andere keuze is natuurlijk net zo goed. De datumlijnen zijn nu eenvoudig te tekenen; 1 januari 9 dagen na het begin, 1 februari 9+31 ofwel 40 dagen na het begin enz.. Op dezelfde manier kunnen de openingen in de schaduwgever worden gemaakt. Als de zonnwijzer van papier wordt gemaakt, dan zijn deze schaduwgevers per maand rechthoekige strookjes die afhankelijk van de maand rechtop worden gezet. Door in een programma de dagen 365 keer te laten "lopen" vanaf 22 december en de uurhoek van -90° (6 uur) tot $+90^\circ$ (18 uur) met stappen van 15° (een uur) en daarbij de afstand AC te berekenen en te plotten ontstaan de tijdlijnen. Figuur 3 is gemaakt met het 3D programma OpenSCAD. In een dergelijk programma moet wel rekening worden gehouden met de breedte van de datumlijnen.



Figuur 3

Tijd Aflezen.

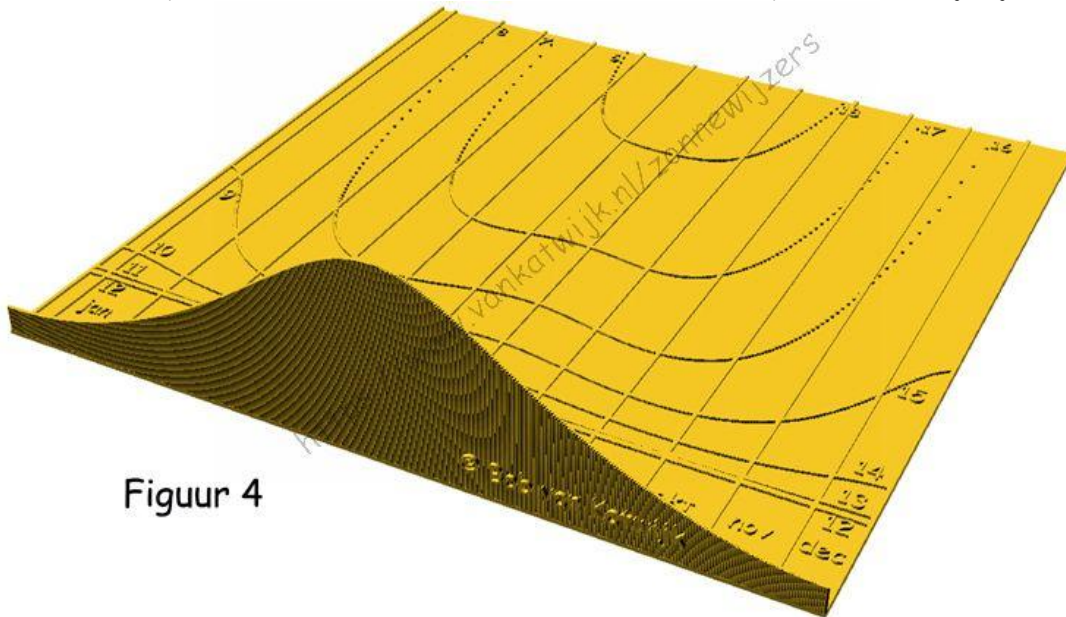
Het zonlicht dat door de openingen tussen de schaduwgevers valt moet precies op de lijnen van de eerste van de maand vallen. Anders gezegd, de schaduw van elke schaduwgever moet precies tussen de lijnen van de eerste van elke maand vallen.

Het einde van de schaduw snijdt een bepaalde tijdlijn (of ligt tussen twee tijdlijnen). Hier is de tijd af te lezen. In figuur 3 is de afstand tussen de stippen op de tijdlijnen (hart op hart) precies een dag zodat de ware tijd of zonnetime redelijk nauwkeurig op de juiste datum kan worden afgelezen.

ZONNEWIJZERS

Varianten met een rechte uurlijn.

Op de hoogte metende zonnwijzer zijn veel varianten denkbaar, zowel in constructie als in ontwerp. Een eerste voorbeeld is een variant waarop de 12 uur tijdlijn een rechte



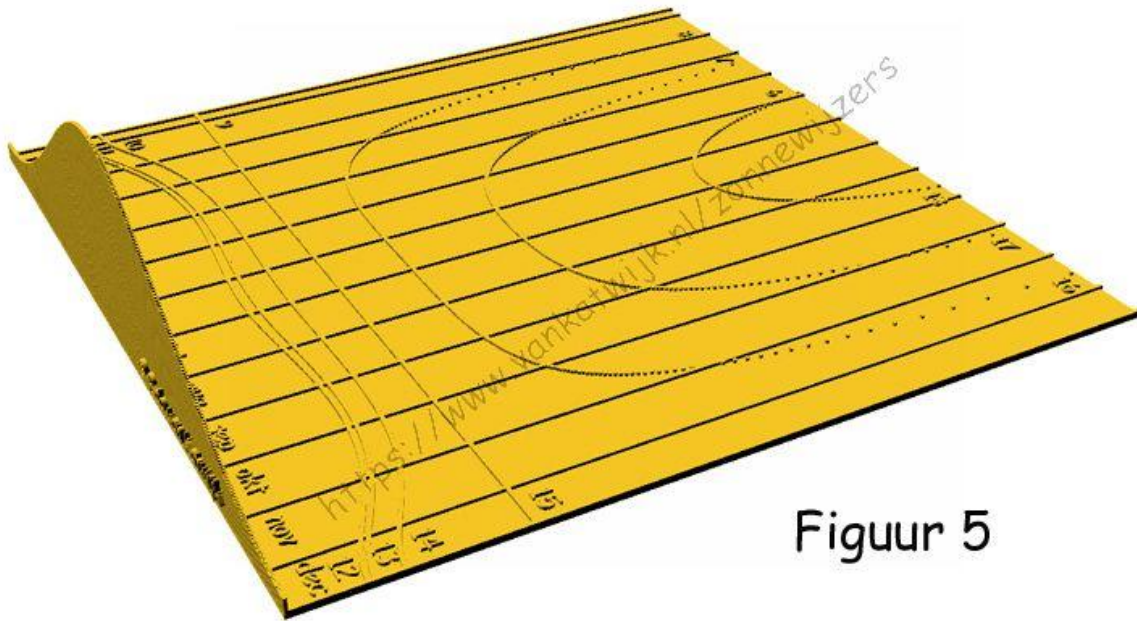
Figuur 4

lijn is. De datumlijnen worden bij deze zonnwijzer op dezelfde manier getekend als bij de eerste hoogte metende zonnwijzer. Nu is echter in figuur 1 de afstand AC om 12 uur constant en de hoogte van de schaduwgever AB variabel. Nog steeds is $\tan(H) = AB/AC$, maar nu volgt daaruit: $AB = AC \cdot \tan(H_{12 \text{ uur}})$ waarbij $H_{12 \text{ uur}}$ berekend wordt uit $\sin(H_{12 \text{ uur}}) = \sin(b) \cdot \sin(d) + \cos(b) \cdot \cos(d) \cdot \cos(0^\circ) = \sin(b) \cdot \sin(d) + \cos(b) \cdot \cos(d)$. In een programma moeten de dagen weer "lopen" vanaf 22 december en de uurhoek van -90° (6 uur) tot $+90^\circ$ (18 uur) met stappen van 15° (een uur). Nu worden twee afstanden, eerst $AB = AC \cdot \tan(H_{12 \text{ uur}})$ en daarna de afstand tot de uurlijn = $AB / \tan(H_{\text{gewenste tijd}})$ berekend en geplott. ($H_{\text{gewenste tijd}}$) wordt natuurlijk berekend met: $\sin(H_{\text{gewenste tijd}}) = \sin(b) \cdot \sin(d) + \cos(b) \cdot \cos(d) \cdot \cos(P_{\text{gewenste tijd}})$. Ook figuur 4 is gemaakt met het 3D programma OpenSCAD. De afstand tussen de stippen op de tijdlijnen (hart op hart) is ook hier precies een dag. Hoewel in de schaduwgever geen sleuven gemaakt zijn kan de (ware- of zonne-)tijd worden afgelezen op de betreffende datum door de zonnwijzer goed in de azimatale richting van de zon te richten.

Op dezelfde manier als in voorgaande kan elke uurlijn recht gekozen worden. In het volgende voorbeeld heb ik gekozen voor de lijn van 9 uur en 15 uur. De datumlijnen worden op dezelfde manier getekend als in het eerste en tweede voorbeeld. Nu is in figuur 1: $AB = AC \cdot \tan(H_{9 \text{ uur}})$ waarbij $H_{9 \text{ uur}}$ berekend wordt uit $\sin(H_{9 \text{ uur}}) = \sin(b) \cdot \sin(d) + \cos(b) \cdot \cos(d) \cdot \cos(45^\circ)$ (Uurhoek van 9 uur is $3 \cdot 15^\circ$ Oost). In een programma moeten de dagen weer "lopen" vanaf 22 december en de uurhoek van -90° (6 uur) tot $+90^\circ$ (18 uur) met stappen van 15° (een uur). De twee afstanden, eerst $AB = AC \cdot \tan(H_{9 \text{ uur}})$ en daarna de afstand tot de uurlijn = $AB / \tan(H_{\text{gewenste tijd}})$ worden berekend en geplott. ($H_{\text{gewenste tijd}}$) wordt natuurlijk berekend met: $\sin(H_{\text{gewenste tijd}}) = \sin(b) \cdot \sin(d) + \cos(b) \cdot \cos(d) \cdot \cos(P_{\text{gewenste tijd}})$

ZONNEWIJZERS

Het resultaat is te zien in figuur 5.



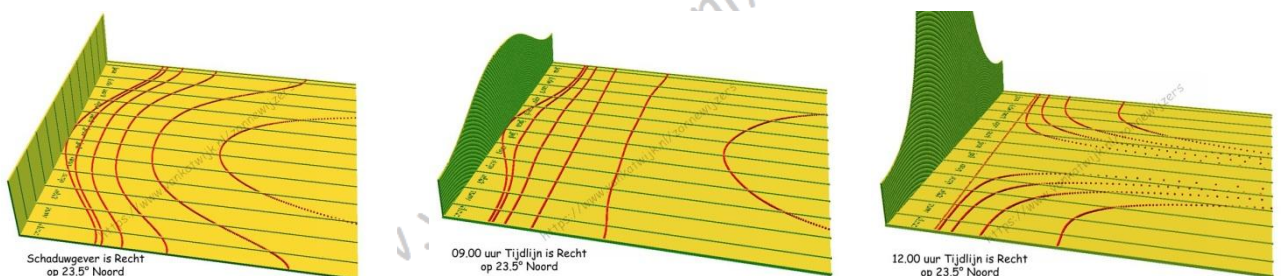
Figuur 5

NB: In alle drie de voorbeelden is duidelijk te zien dat de hoogte metende zonnwijzer rond het middaguur niet nauwkeurig is. Dat is ook wel logisch omdat de hoogte van de zon rond die tijd nauwelijks verandert (zie de tekeningen van de dagbaan van de zon in Hoofdstuk 1)

Alle bovenstaande tekeningen zijn gemaakt voor 52.5° Noorderbreedte.

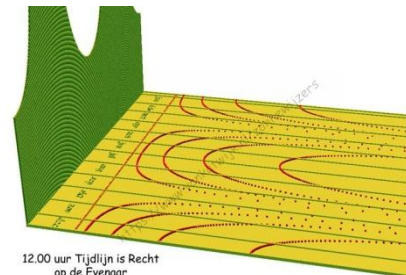
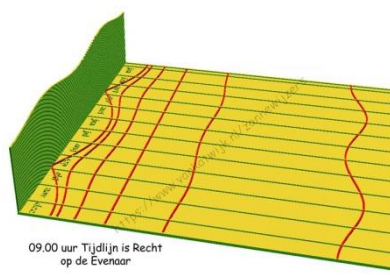
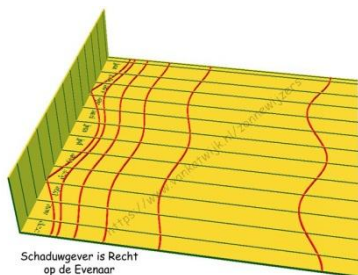
Voorbeelden op andere breedtes

Voor de volledigheid volgen hier nog een aantal tekeningen zoals de uurlijnen lopen met een rechte schaduwgever, de 09.00 uur tijdlijn recht en de 12.00 uur tijdlijn recht op 23.5° Noord, op de evenaar en op 23.5° Zuid.

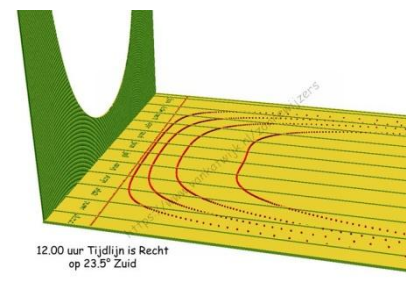
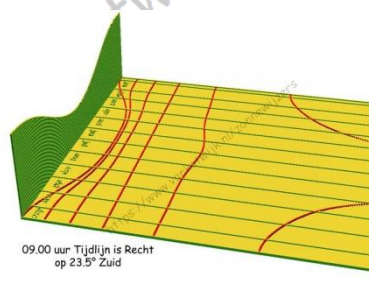
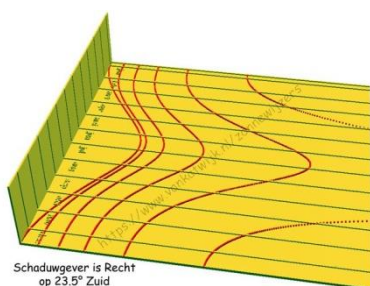


Bovenstaande tekeningen gelden voor 23.5° Noord voor respectievelijk een "gewone" hoogtemetende zonnwijzer, een zonnwijzer met de tijdlijn van 9 uur recht en een zonnwijzer met de tijdlijn van 12 uur recht. Wat op moet vallen is dat op de eerste twee tekeningen de 12.00 uur in juni (Kreeft) als de zonshoogte om 12 uur 90° is, raakt aan de schaduwgever en dat hierdoor een probleem ontstaat in de laatste tekening.

ZONNEWIJZERS



Bovenstaande tekeningen gelden voor de evenaar en respectievelijk voor een "gewone" hoogtemetende zonnwijzer, een zonnwijzer met de tijdlijn van 9 uur recht en een zonnwijzer met de tijdlijn van 12 uur recht. Zie ook hier het snijden van de 12.00 uur lijn met de schaduwgever in maart (Ram) en september (Weegschaal) en het probleem in de laatste tekening op deze data.



De volgorde van de tekeningen is weer hetzelfde als hier boven, maar de tekeningen gelden nu voor 23.5° Zuid. Nu raakt de tijdlijn van 12.00 uur aan de schaduwgever in december (Steenbok) en is er een probleem in de rechter tekening op 22 december.