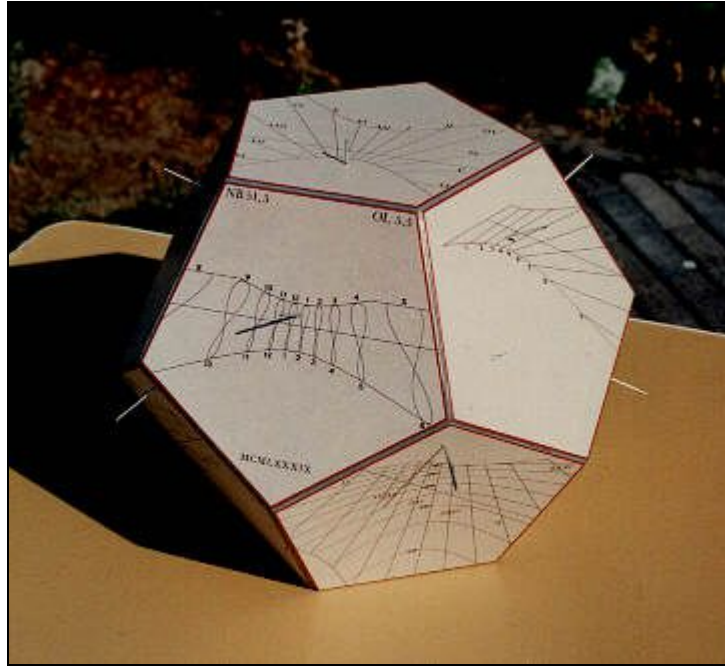


EEN UNIFORME METHODE OM VLAkke ZONNEWIJZERS TE BEREKENEN

toepasbaar over de gehele wereld

door fer j. de vries, eindhoven



voorbeeld van zonnepijlers op een dodecaëder

datum: Oktober 2002

Last Modified 02/05/2004 09:16:36

inleiding

Op deze bladzijden vindt u basis procedures om allerlei soorten lijnen voor een vlakke zonnwijzer te berekenen.

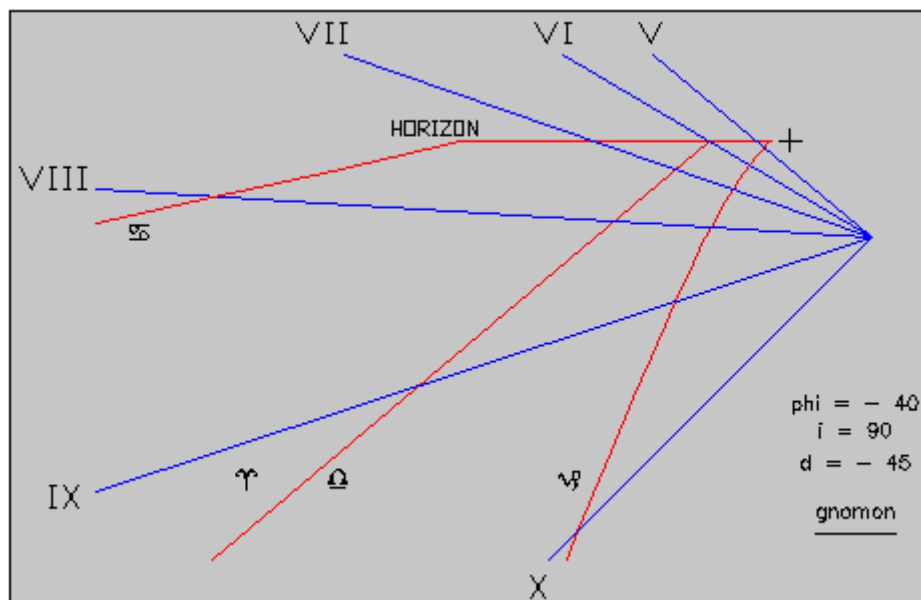
Deze procedures vormen een bruikbare basis voor computerprogramma's.

De definities zijn zo geformuleerd dat de methode uniform toepasbaar is, zowel voor het noordelijk halfrond als voor het zuidelijk halfrond en voor elk vlak, ongeacht de oriëntatie ervan.

Het principe van de berekening van een zonnwijzer is een bepaalde zonspositie om te zetten naar coördinaten van een schaduwpunt op het zonnwijzervlak. Een uniforme hoofdprocedurer doet dit werk.

Secondaire procedures worden gebruikt om een aantal punten te vinden voor de lijn die moet worden berekend.

Alle figuren van zonnwijzers op deze bladzijden zijn met deze procedures berekend.



vertikale zuid-oost zonnwijzer voor zuiderbreedte 40°.
(phi = - 40°, i = 90°, d = - 45°)

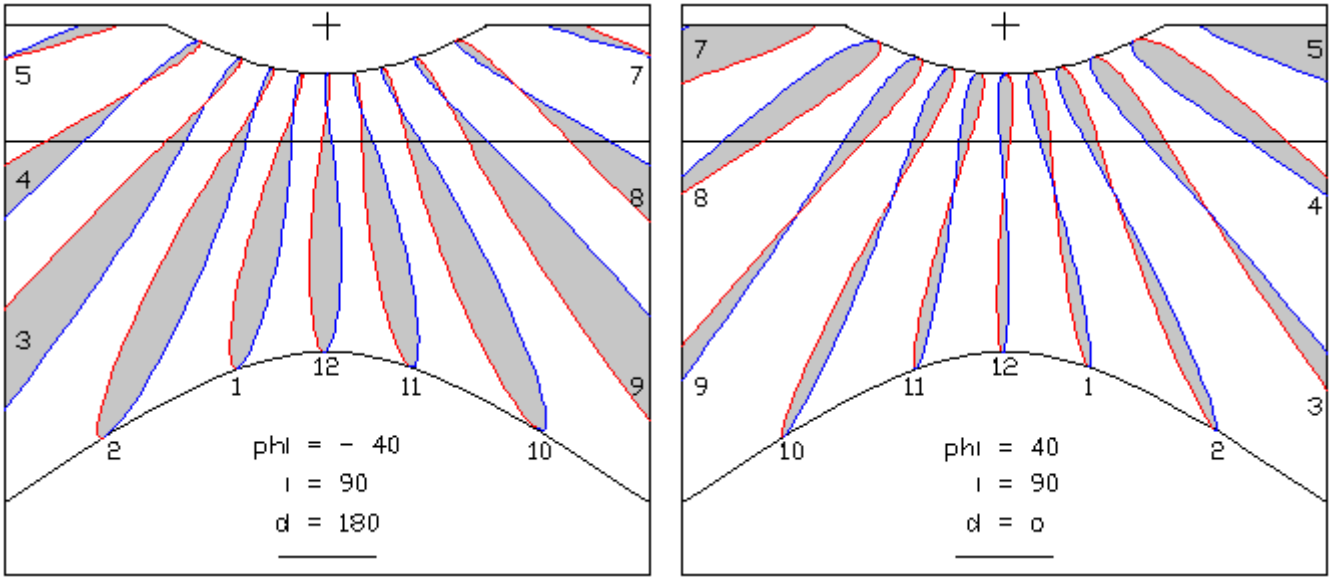
Last Modified 02/05/2004 09:16:36

definities

- phi** breedte van de plaats. $-90^\circ \leq \text{phi} \leq 90^\circ$, noorderbreedte positief, zuiderbreedte negatief.
- g** lengte van gnomon haaks op het zonnewijzervlak. Het eindpunt van de gnomon is het schaduwgevend punt. $g > 0$.
- i** inclinatie van het vlak: de zenit afstand van het eindpunt van de gnomon. $0^\circ \leq i < 180^\circ$. (horizontaal $i = 0$ verticaal $i = 90$)
- d** declinatie van het vlak: azimut van de gnomon: zuid = 0° , positief naar west, negatief naar oost. $-180^\circ \leq d \leq 180^\circ$.
- SM** standaard meridiaan van de tijdzone. Greenwich = 0° , positief naar west, negatief naar oost. $-180^\circ \leq \text{SM} \leq 180^\circ$.
- LM** plaatselijke meridiaan. (*lengte van de plaats van opstelling.*) Greenwich = 0° , positief naar west, negatief naar oost. $-180^\circ \leq \text{LM} \leq 180^\circ$.
- LC** lengte correctie $\text{LC} = \text{SM} - \text{LM}$.
- E** tijdvereffening in graden. In november is E positief.
Conversie minuten in tijd naar graden: 1 minuut = 0.25 graad.
- v** stijlverheffing of hoogte van de stijl t.o.v. het zonnewijzervlak, parallel aan de aardas. $-90^\circ \leq v \leq 90^\circ$.
- b** hoek van de substijl, gemeten t.o.v. de y-as. pos. tegen de klok in. $-180^\circ \leq b \leq 180^\circ$.
- ts** uurhoek van de substijl. $-180^\circ \leq \text{ts} \leq 180^\circ$.
- decl** declinatie van de zon, pos. als de zon ten noorden van de evenaar staat, neg. als de zon ten zuiden van de evenaar staat. $-23.^\circ5 \leq \text{decl} \leq 23.^\circ5$
- t** uurhoek van de zon: ware middag = 0° , positief naar west, negatief naar oost. $-180^\circ \leq t \leq 180^\circ$.
- x,y** coördinaten van het schaduwpunt. Voetpunt gnomon = 0,0. x naar rechts, y naar boven. Voor horizontale zonnewijzer x naar oost, y naar noord.
- dn** dagnummer. Op 1 januari om 00:00:00 is dagnummer 1.0, om 12:00:00 is dagnummer 1.5.
- ... diverse andere variabelen worden in de procedures gebruikt zoals $x_0, y_0, z_0, x_1, y_1, z_1$, dag, mnd and so on. Zie in de procedures.

Hoewel deze definities discutabel zijn worden vele ervan gewoonlijk in de gnomonica toegepast en zijn andere noodzakelijk vastgelegd opdat de rekenmethode universeel toepasbaar is over de gehele wereld.

Als u de definities wil aanpassen moet u eveneens diverse formules aanpassen of moet u een conversie routine toevoegen.



voorbeeld van verticale zonnwijzer op noorderbreedte en zuiderbreedte
 links: noordwijzer voor zuiderbreedte rechts : zuidwijzer voor noorderbreedte
 blauw: periode 21 dec - 21 juni rood: periode 21 juni - 21 dec

Last Modified 11/29/2011 22:09:28

hoofd procedure

Het doel van de hoofdprocedure is een gegeven zonspositie, gedefiniëerd door de zonsdeclinatie **decl** en de uurhoek **t** om te zetten in **x, y** coördianten van het schaduwpunt van het eindpunt van de gnomon of als uitvoer te geven 'punt is niet reëel'.

Bereken de waarden voor x_0, y_0, z_0 , x_1, y_1, z_1 , x_2, y_2, z_2 , x_3, y_3, z_3 en voor x, y zoals in de 5 routines hieronder is aangegeven.

In deze routines zijn 2 beslispunten opgenomen om uit te vinden of een punt al of niet reëel is.

In : phi, g, i, d, decl, t

Uit : x, y of 'punt is niet reëel'

$$x_0 = \sin t \cdot \cos \text{decl}$$

omzetting van decl, t in x_0, y_0, z_0

$$y_0 = \cos t \cdot \cos \text{decl}$$

$$z_0 = \sin \text{decl}$$

$$R = 90 - \text{phi}$$

omzetting x_0, y_0, z_0 , in x_1, y_1, z_1

$$x_1 = x_0$$

door rotatie om de x-as met hoek $90 - \text{phi}$

$$y_1 = y_0 \cdot \cos R - z_0 \cdot \sin R$$

$$z_1 = y_0 \cdot \sin R + z_0 \cdot \cos R$$

als $z_1 < 0$ punt is niet reëel: zon is onder de horizon.

$$R = d$$

omzetting x_1, y_1, z_1 , in x_2, y_2, z_2

$$x_2 = x_1 \cdot \cos R - y_1 \cdot \sin R$$

door rotatie om de z-as met hoek d

$$y_2 = x_1 \cdot \sin R + y_1 \cdot \cos R$$

$$z_2 = z_1$$

$$R = i$$

omzetting x_2, y_2, z_2 , in x_3, y_3, z_3

$$x_3 = x_2$$

door rotatie om de x-as met hoek i

$$y_3 = y_2 \cdot \cos R - z_2 \cdot \sin R$$

$$z_3 = y_2 \cdot \sin R + z_2 \cdot \cos R$$

als $z_3 \leq 0$ punt is niet reëel: zon is niet boven het zonnwizervlak.

$$x = x_3 \cdot g / z_3$$

omzetting x_3, y_3, z_3 , in x, y

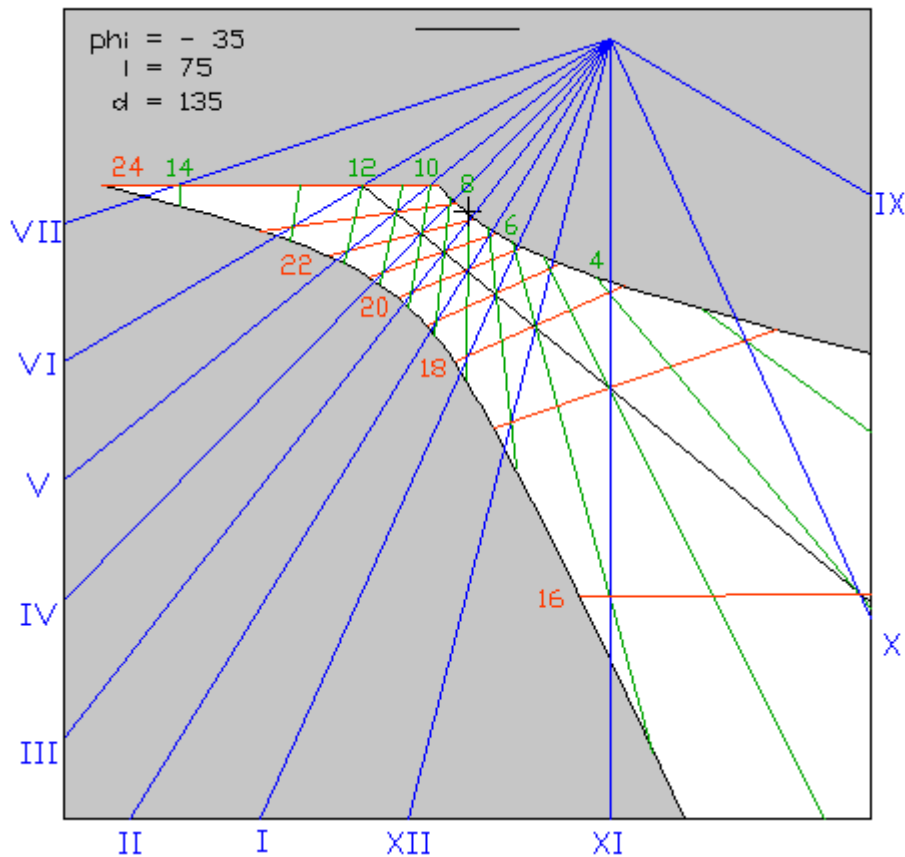
$$y = y_3 \cdot g / z_3$$

dit zijn de gevraagde coördinaten van het schaduwpunt.

Opmerkingen:

Het wordt aangeraden de 5 routines als aparte routines te programmeren in plaats van er een gecombineerde routine van te maken.

Houd rekening met een maximale waarde voor de x,y coördinaten van het schaduwpunt. Anders berekent u wellicht punten die heel ver van de zonnwijzer liggen .



inclinerende en declinerende zonnwijzer voor zuiderbreedte
groen: babilonische uren rood: italiaanse uren

Last Modified 02/05/2004 09:16:36

secondaire procedures

Op deze pagina treft u de secondaire routines aan om allerlei types lijnen op een vlakke zonnewijzer te kunnen berekenen.

Maak een keus voor de soort lijnen die u wil berekenen.

Kies een enkele lijn of maak een loop voor een serie lijnen binnen het bereik dat is genoemd.

Maak dan voor elke lijn in die serie een loop voor een aantal punten van die lijn.

Soms is dit een loop voor decl, een andere keer is dit een loop voor t of voor iets anders.

Soms is het eenvoudiger geen loops te maken voor decl of t, maar om een loop te maken voor dagnummers en dan de nodige waarden voor decl en t te berekenen of uit een tabel te halen.

Op gelijke wijze kunt u ook de tijdvereffening verkrijgen als die nodig mocht zijn.

In de procedures hieronder wordt hoofdzakelijk gebruik gemaakt van een loop voor dagnummers.

Met elke combinatie van decl en t wordt dan de hoofdroutine aangeroepen om het gewenste schaduwpunt te berekenen als dat reëel is.

Lijnen voor ware of plaatselijke zonnetijd.

Invoer (reeks van) gewenste lijnen u. $0 \leq u \leq 24$

Bereken uurhoek $t = (u - 12) * 15$

Maak loop voor dagnummers dn van 172 tot 355

Bereken decl voor dagnummer $(dn + 0.5)$ (dat is ware middag)

Roep hoofdprocedure aan

Verfijning: Als u deze lijnen wil tekenen tot aan het doordringingspunt van de poolstijl maak dan een loop voor decl van -90 to 90 in plaats van een loop voor dagnummers. Dit geldt alleen voor v ongelijk aan 0.

Lijnen voor ware of plaatselijke zonnetijd

met tijdvereffeningslussen for de periode 21 dec tot 21 juni.

Invoer (reeks van) gewenste lijnen u. $0 \leq u \leq 24$

Maak loop voor dagnummers dn van 355 to 538

Als $dn > 366$ dan $dn = dn - 366$

Bereken decl voor dagnummer $(dn + 0.5)$

Bereken tijdvereffening E voor dagnummer $(dn + 0.5)$

Bereken uurhoek $t = (u - 12) * 15 + E$

Roep hoofdprocedure aan

Lijnen voor ware of plaatselijke zonnetijd

met tijdvereffeningslussen for de periode 21 juni tot 21 dec.

Invoer (reeks van) gewenste lijnen u. $0 \leq u \leq 24$

Maak loop voor dagnummers dn van 172 to 355

Bereken decl voor dagnummer $(dn + 0.5)$

Bereken tijdvereffening E voor dagnummer $(dn + 0.5)$

Bereken uurhoek $t = (u - 12) * 15 + E$

Roep hoofdprocedure aan

Lijnen voor zonnetijd voor standaard meridiaan. (Dit is tijd met lengtecorrectie)

Invoer (reeks van) gewenste lijnen u. $0 \leq u \leq 24$

Bereken uurhoek $t = (u - 12) * 15 + LC$

Maak loop voor dagnummers dn van 172 to 355

Bereken decl voor dagnummer ($dn + 0.5$)

Roep hoofdprocedure aan

Verfijning: Als u deze lijnen wil tekenen tot aan het doordringingspunt van de poolstijl maak dan een loop voor decl van -90 to 90 in plaats van een loop voor dagnummers. Dit geldt alleen voor v ongelijk aan 0.

Lijnen voor zonnetijd voor standaard meridiaan met tijdvereffeningslussen voor de periode 21 dec tot 21 juni.

Invoer (reeks van) gewenste lijnen u. $0 \leq u \leq 24$

Maak loop voor dagnummers dn van 355 to 538

Als $dn > 366$ dan $dn = dn - 366$

Bereken decl voor dagnummer ($dn + 0.5$)

Bereken tijdvereffening E voor dagnummer ($dn + 0.5$)

Bereken uurhoek $t = (u - 12) * 15 + E + LC$

Roep hoofdprocedure aan

Lijnen voor zonnetijd voor standaard meridiaan met tijdvereffeningslussen voor de periode 21 juni 21 to 21 dec.

Invoer (reeks van) gewenste lijnen u $0 \leq u \leq 24$

Maak loop voor dagnummers dn van 172 tot 355

Bereken decl voor dagnummer ($dn + 0.5$)

Bereken tijdvereffening E voor dagnummer ($dn + 0.5$)

Bereken uurhoek $t = (u - 12) * 15 + E + LC$

Roep hoofdprocedure aan

Lijnen voor de zonsdeclinatie.

Invoer (reeks van) gewenste lijnen voor decl in het bereik van -23.44 to 23.44

Maak een loop voor de uurhoek t in het bereik van -180 to 180

Roep hoofdprocedure aan

Datumlijnen (maand, dag).

Invoer (reeks van) maanden mnd

Invoer (reeks van) dagen dag

Bereken dagnummer dn :

$p = \text{int}((mnd + 9) / 12)$

$q = \text{int}(275 * mnd / 9) - 2 * p + dag - 30$

als schrikkeljaar $dn = q + p$ anders $dn = q$

Bereken decl voor dagnummer ($dn + 0.5$)

Maak een loop voor de uurhoek t in het bereik van -180 to 180

Roep hoofdprocedure aan

Lijnen voor Babylonische uren. Beperking $-66.56 \leq phi \leq 66.56$

Invoer (reeks van) gewenste lijnen u. $0 \leq u \leq 24$

Maak loop voor dagnummers dn from 172 to 355

Bereken decl voor dagnummer ($dn + 0.5$)

Bereken halve dagboog $T = \arccos(-\tan phi * \tan decl)$

Bereken uurhoek $t = u * 15 - T$

Roep hoofdprocedure aan

Lijnen voor Italiaanse uren. *Beperking* $-66.56 \leq \phi \leq 66.56$

Invoer (reeks van) gewenste lijnen u. $0 \leq u \leq 24$

Maak loop voor dagnummers dn from 172 to 355

Bereken decl voor dagnummer (dn + 0.5)

Bereken halve dagboog $T = \arccos(- \tan \phi * \tan \text{decl})$

Bereken uurhoek $t = u * 15 + T$

Roep hoofdprocedure aan

Lijnen voor antieke of ongelijke uren. *Beperking* $-66.56 \leq \phi \leq 66.56$

Invoer (reeks van) gewenste lijnen u. $0 \leq u \leq 12$

Maak loop voor dagnummers dn van 172 to 355

Bereken decl voor dagnummer (dn + 0.5)

Bereken halve dagboog $T = \arccos(- \tan \phi * \tan \text{decl})$

Bereken uurhoek $t = (u - 6) * T / 6$

Roep hoofdprocedure aan

Lijnen voor het azimut van de zon.

Invoer (reeks van) gewenste lijnen a. $-180 \leq a \leq 180$

Maak loop voor de hoogte van de zon h. $0 \leq h \leq 90$

Bereken:

$$x1 = \sin a * \cos h$$

$$y1 = \cos a * \cos h$$

$$z1 = \sin h$$

$$R = -(90 - \phi)$$

$$x0 = x1$$

$$y0 = y1 * \cos R - z1 * \sin R$$

$$z0 = y1 * \sin R + z1 * \cos R$$

$$\text{decl} = \arcsin(z0)$$

Als decl ligt binnen het bereik van -23.44 tot 23.44 roep dan de hoodroutine halverwege aan met de waarden x1,y1,z1

(*Begin met het berekenen van x2, y2, z2 en vervolg de hoofdprocedure*)

anders is het punt niet reëel

Lijnen voor de hoogte van de zon.

Invoer (reeks van) gewenste lijnen h. $0 \leq h \leq 90$

Maak loop voor het azimut van de zon a. $-180 \leq a \leq 180$

Bereken:

$$x1 = \sin a * \cos h$$

$$y1 = \cos a * \cos h$$

$$z1 = \sin h$$

$$R = -(90 - \phi)$$

$$x0 = x1$$

$$y0 = y1 * \cos R - z1 * \sin R$$

$$z0 = y1 * \sin R + z1 * \cos R$$

$$\text{decl} = \arcsin(z0)$$

Als decl ligt binnen het bereik van -23.44 tot 23.44 roep dan de hoodroutine halverwege aan met de waarden x1,y1,z1

(*Begin met het berekenen van x2, y2, z2 en vervolg de hoofdprocedure*)

anders is het punt niet reëel

Lijnen voor sterrentijd voor de periode van 21 dec. tot 21 juni.

Invoer (reeks van) gewenste lijnen u. $0 \leq u \leq 24$

Maak loop voor dagnummers dn van 355 to 538

Als $dn > 366$ dan $dn = dn - 366$

Bereken decl voor dagnummer ($dn + 0.5$)

Rechte klimming van de zon $RA = \arcsin(\tan \text{ decl} / \tan 23.44)$

Uurhoek $t = u * 15 - RA$

Roep hoofdprocedure aan

Lijnen voor sterrentijd voor de periode van 21 juni 21 tot 21 dec.

Invoer (reeks van) gewenste lijnen u. $0 \leq u \leq 24$

Maak loop voor dagnummers dn van 172 to 355

Bereken decl voor dagnummer ($dn + 0.5$)

Rechte klimming van de zon $RA = 180 - \arcsin(\tan \text{ decl} / \tan 23.44)$

Uurhoek $t = u * 15 - RA$

Roep hoofdprocedure aan

Lijnen voor planeten uren voor de periode van 21 dec. tot 21 juni. Beperking $-66.56 \leq \phi \leq 66.56$

(Merk op dat planeten uren verschillend zijn van antieke of ongelijke uren. Ik refereer naar wat Joseph Drecker daarover in zijn boek 'Die Theorie der Sonnenuhren', 1925, pagina 73, schrijft.)

Invoer (reeks van) gewenste lijnen u. $0 \leq u \leq 12$

Maak loop voor dagnummers dn van 355 to 538

Als $dn > 366$ then $dn = dn - 366$

Bereken decl voor dagnummer ($dn + 0.5$)

Rechte klimming van de zon $RA = \arcsin(\tan \text{ decl} / \tan 23.44)$

Lengte van de zon $LS = \arcsin(\sin \text{ decl} / \sin 23.44)$

Lengte van punt van opkomst $LE = LS + u * 15$

Declinatie van punt van opkomst $DE = \arcsin(\sin LE * \sin 23.44)$

Rechte klimming van punt van opkomst $RE = \arcsin(\tan DE / \tan 23.44)$

Halve daglengte van punt van opkomst $T = \arccos(- \tan \phi * \tan DE)$

Uurhoek $t = - T - RA + RE$

Roep hoofdprocedure aan

Lijnen voor planeten uren voor de periode van 21 juni tot 21 dec. Beperking $-66.56 \leq \phi \leq 66.56$

(Merk op dat planeten uren verschillend zijn van antieke of ongelijke uren. Ik refereer naar wat Joseph Drecker daarover in zijn boek 'Die Theorie der Sonnenuhren', 1925, pagina 73, schrijft.)

Invoer (reeks van) gewenste lijnen u. $0 \leq u \leq 12$

Maak loop voor dagnummers dn van 172 to 355

Bereken decl voor dagnummer ($dn + 0.5$)

Rechte klimming van de zon $RA = 180 - \arcsin(\tan \text{ decl} / \tan 23.44)$

Lengte van de zon $LS = 180 - \arcsin(\sin \text{ decl} / \sin 23.44)$

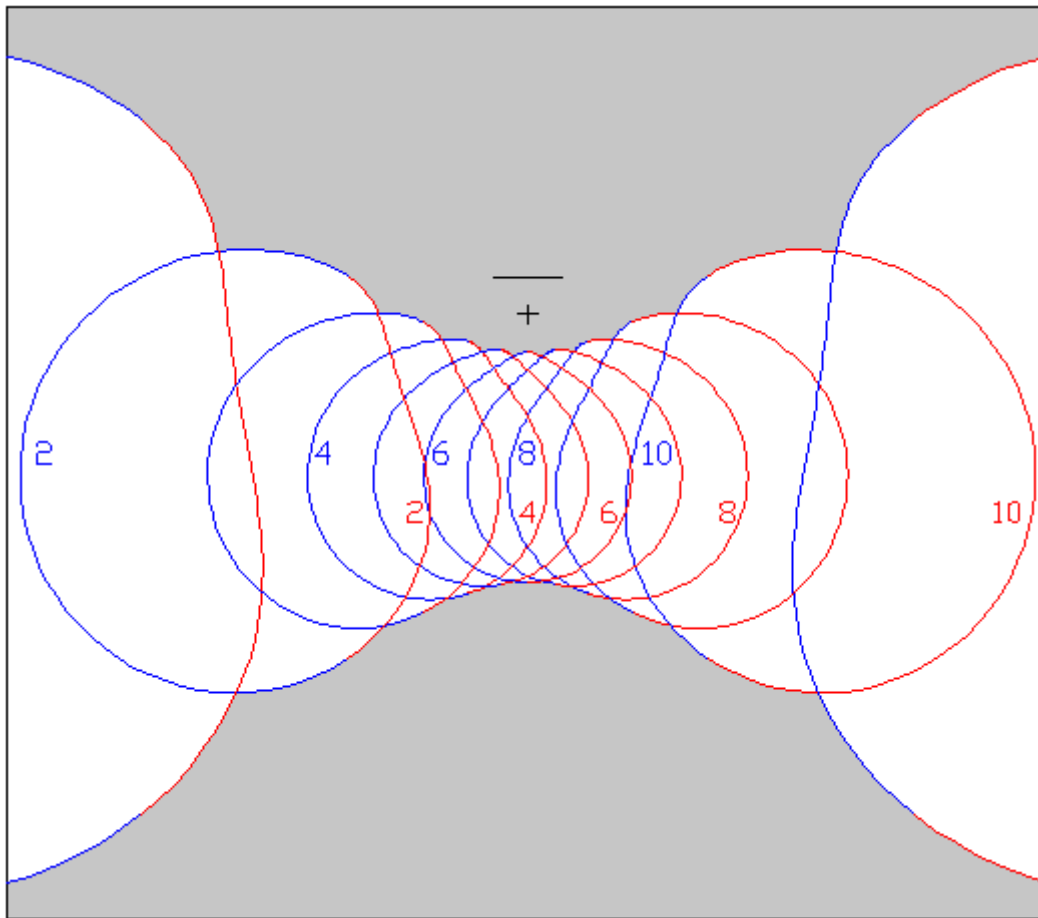
Lengte van punt van opkomst $LE = LS + u * 15$

Declinatie van punt van opkomst $DE = \arcsin(\sin LE * \sin 23.44)$

Rechte klimming van punt van opkomst $RE = \arcsin(\tan DE / \tan 23.44)$

Halve daglengte van punt van opkomst $T = \arccos(- \tan \phi * \tan DE)$

Uurhoek $t = -T - RA + RE$
Roep hoofdprocedure aan



voorbeeld van een horizontale zonnwijzer met planeten uren voor zuiderbreedte 52.
rood: periode 21 dec - 21 juni blauw: periode 21 juni - 21 dec

Opmerkingen:

De loops voor het dagnummer zijn zodanig gemaakt dat u kunt kiezen voor een ophoging in stappen van 1 of van 3 dagen, overeenkomstig uw wens hoeveel punten u wil berekenen.

Als u weet dat een lijn een rechte lijn is begin dan met de loop voor elke lijn aan een zijde totdat het eerste punt is gevonden.

Start dan opnieuw aan de andere zijde totdat het tweede punt is gevonden.

Als de lijn niet reëel is wordt in beide gevallen een niet reëel punt gevonden.

(Verfijning: als u voor de berekening van de zonsdeclinatie en de tijdvereffening gebruik maakt van de formules die in de paragraaf eindnoten worden gegeven, kunt u iets nauwkeuriger werken als de waarden berekend worden voor $dn + 0.5 + LM / 360$. Op die manier krijgt u de waarden voor de plaatselijke ware middag.)

Last Modified 04/15/2007 15:16:36

eindnoten

Niet alleen schaduwpunten moeten berekend worden, maar ook de stijlverheffing en de hoek voor de substijl.

Ook hiervoor is de hoofdprocedure te gebruiken.

Om deze constanten van de zonnwijzer te berekenen wordt als invoer voor de 5 routines de waarden $\text{decl} = 90^\circ$ and $t = 0^\circ$ gebruikt.

Pas nu echter geen controle toe op de 2 beslissingspunten in de procedure.

De stijlverheffing v is dan: $v = \arcsin(z3)$. (Testen op kwadrant is niet nodig)

Als $v = 0$ dan ligt de poolstijl evenwijdig aan het zonnwijzervlak en is er geen doordringingspunt van de stijl met het vlak.

Anders: de coördinaten van het doordringingspunt zijn x,y .

De substijl kan getekend worden vanaf het voetpunt van de gnomon (point 0, 0) naar dit doordringingspunt.

De waarde van v is ook gelijk aan de breedtegraad waar de zonnwijzer een horizontale zonnwijzer wordt.

Merk ook op dat als $v > 0$ het eindpunt van de poolstijl naar de noordpool wijst en dat de uurlijnen met de klok mee lopen, maar als $v < 0$ wijst de stijl naar de zuidpool en en lopen de uurlijnen tegen de klok in.

Hoewel het niet noodzakelijk is om de zonnwijzer te construeren wordt ook een formule gegeven om de uurhoek van de substijl t_s te kunnen berekenen.

$\tan t_s = \sin i * \sin d / (\cos \phi * \cos i + \sin \phi * \sin i * \cos d)$

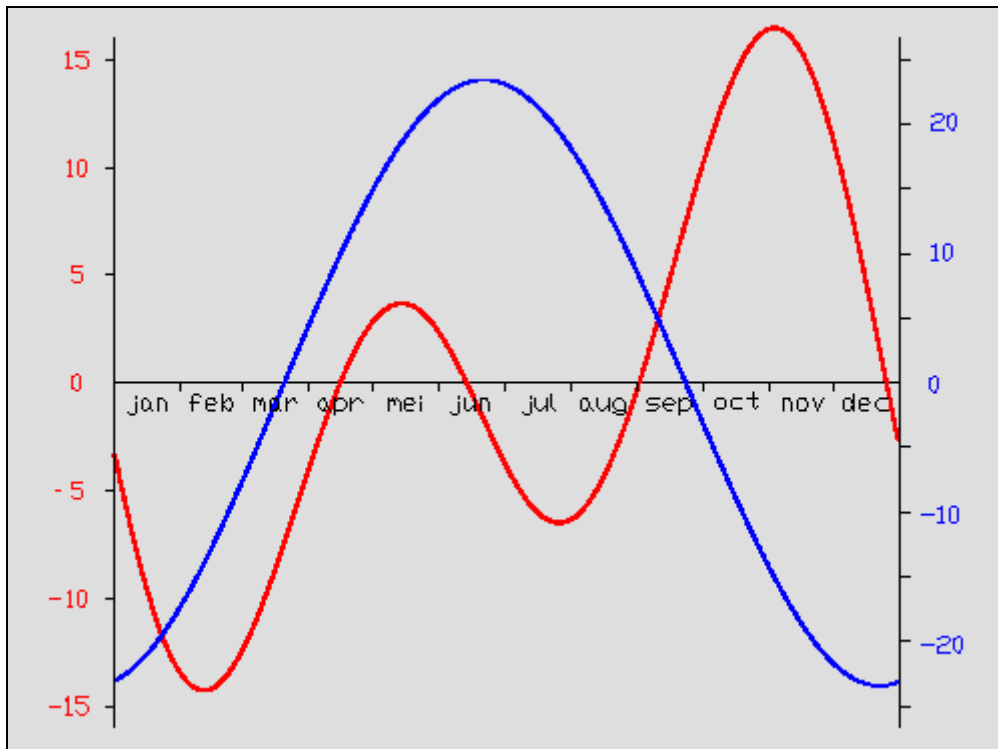
Controleer t_s voor ligging in het juiste kwadrant.

Formules om de tijdvereffening en de declinatie van de zon te bereken uit een gegeven dagnummer:

```
L = DAGNR*360/365.2422 - 80.412001 GRADEN
TIJDVEREFFENIG = - 109.2587*SIN( L) - 428.0240*COS( L)
                  + 595.9691*SIN(2L) - 2.1295*COS(2L)
                  + 4.5072*SIN(3L) + 19.2449*COS(3L)
                  - 12.7291*SIN(4L) SECONDEN (in
tijd)
LAMBDA = L + 0.4365*SIN( L) + 1.8636*COS( L)
          - 0.0179*SIN(2L) + 0.0089*COS(2L) GRADEN
EPSILON = 23.43746 GRADEN
DECLINATIE = ARCSIN(SIN LAMBDA * SIN EPSILON) GRADEN
```

Strikt genomen gelden deze formules voor 2014 (een jaar tussen twee schrikkeljaren) en voor 12.00 UT, maar voor zonnwijzers kunt u ze gedurende langere tijd gerust toepassen.

See ook 'Cousins', pagina 236, waar zo'n formule voor 1931 is vermeld.



grafiek voor de tijdvereffening en de zonsdeclinatie
 rood: tijdvereffening
 blauw: declinatie

Last Modified 10/15/2012 21:31:58