

H.J. Hollander,
December 2009

Spiegelzonnewijzers

DE THEORIE

Bekend zijn de zonnewijzers waarbij naar de schaduw van één specifiek punt gekeken wordt. Ligt dit punt op een poolstijl wordt ook wel van een nodus gesproken. Een recht opstaande staaf, waarbij naar de schaduw van de top wordt gekeken, wordt vaak met een gnomon aangeduid. *Figuur 1* geeft een voorbeeld waarbij de top van een poolstijl de tijd aangeeft. Deze zonnewijzer geeft de klokke-tijd aan waardoor de bekende “analemma’s” verschijnen.



Figuur 1: de schaduw van de top van de poolstijl geeft de tijd aan

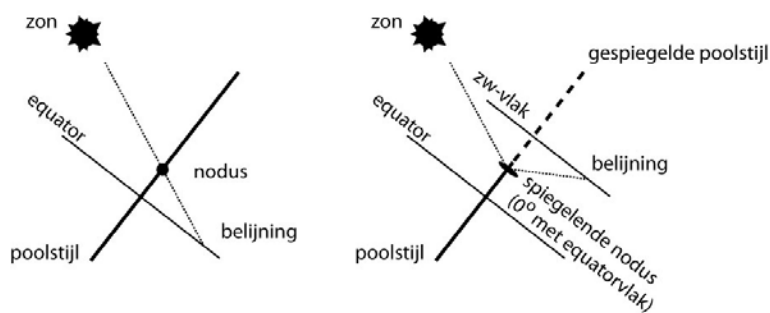
In dit artikel wordt verder een “spiegelende nodus” gebruikt om een spiegeltje aan te duiden die als lichtend punt in een zonnewijzer is verwerkt. Bij het gebruik van een spiegelende nodus wordt ook de belijning van de zonnewijzer gespiegeld. Uit vroegere tijden zijn de zonnewijzers bekend waarbij, met behulp van een horizontale spiegelende nodus, de belijning op een plafond of in een trappenhuis wordt geschilderd (zie *Figuur 2*). Wat opvalt is dat de eigenschappen van de zonnewijzerbelijning - zij het gespiegeld- niet veranderen.



Figuur 2: uitzetten van een zonnewijzer met een horizontaal spiegeltje als lichtend punt

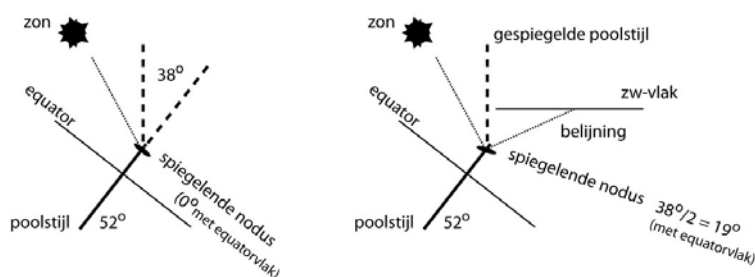
Nu kan een spiegelende nodus uiteraard in elke willekeurige stand geplaatst worden waarmee ook de zonnewijzerbelijning verandert. Een eenvoudige manier om in te zien hoe de belijning van de gespiegelde zonnewijzer zal zijn is door te kijken naar de oriëntatie van de gespiegelde poolstijl.

In *Figuur 3* zien we links een equatoriale zonnemijzer. De nodus op de poolstijl geeft de homogene belijning¹ op het equatoriale vlak. Plaatsen we nu een spiegelende nodus parallel aan het equatorvlak dan blijft de gespiegelde poolstijl ook parallel aan de werkelijke poolstijl. De homogene belijning verschijnt nu op het zonnemijzervlak dat parallel aan het equatoriale vlak is opgesteld. Zie de rechter kant in *Figuur 3*.



Figuur 3: equatoriale zonnemijzer met de spiegelende nodus haaks op de poolstijl

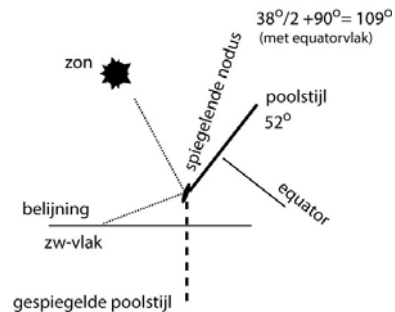
We kunnen de gespiegelde poolstijl echter elke willekeurige richting geven door de spiegelende nodus de juiste oriëntatie te geven. In *Figuur 4* wordt de gespiegelde poolstijl recht omhoog, naar het zenit gericht. Hoewel de gespiegelde poolstijl niet meer parallel aan de aardas staat blijft deze toch functioneren als poolstijl en verschijnt de homogene belijning op het horizontaal zonnemijzervlak, haaks op de poolstijl. Dit zou bijvoorbeeld een plafond kunnen zijn. Om de poolstijl naar het zenit te richten moet deze over 38° verdraaid worden (zie *Figuur 4* de linker zijde). Om dit te bereiken wordt de spiegelende nodus over de helft van deze hoek gekanteld, dus 19° (zie *Figuur 4* de rechter zijde).



Figuur 4: equatoriale zonnemijzer wordt geprojecteerd op een horizontaal vlak door de gespiegelde poolstijl recht omhoog te richten

De gespiegelde poolstijl staat nu vertikaal naar het zenit gericht. De poolstijl kan echter ook vertikaal naar het nadir (vertikaal naar beneden) gericht worden. Ook in dit geval verschijnt de homogene belijning op het horizontale zonnemijzer vlak. Om dit te bereiken wordt de spiegelende nodus 90° gedraaid waardoor de poolstijl 180° verdraait, zie *Figuur 5*.

¹ onder homogeen wordt verstaan dat de uurlijnen gelijkmatig verdeeld zijn over de zonnemijzer en elk een hoek van $360/24=15$ graden met elkaar maken



Figuur 5: door de spiegelende nodus 90 te draaien blijft de oriëntatie van de poolstijl gelijk maar heeft deze een tegengestelde draaiing.

We kunnen nu enkele algemeenheden opschrijven over het bovenbeschreven principe.

1. met een juist opgestelde spiegelende nodus kan op elk willekeurig vlak, elke willekeurig zonnewijzer geprojecteerd worden.
2. de eigenschappen van de geprojecteerde zonnewijzer zijn in essentie gelijk met de werkelijke zonnewijzer
3. elke zonnewijzer komt in een paar voor waarbij de spiegelende nodus 90° gedraaid is en de gespiegelde poolstijl gelijke oriëntatie heeft maar tegengestelde draaiing.
4. het kan zijn dat de spiegelende nodus gedurende het jaar aan beide zijden beschenen wordt, in zijn algemeenheid geldt dus dat de nodus aan beide zijden spiegelend moet zijn.
5. het bovenbeschreven principe geldt voor één nodus, een complete stijl kan worden opgebouwd uit een aantal spiegelende nodussen.

Om deze punten enige inhoud te geven licht ik deze aan het eind van dit artikel nog kort toe.

DE PRAKTIJK

Laten we nu kijken naar een paar uitgewerkte toepassingen van zonnewijzers met een spiegelende nodus. Allereerst een ansichtkaart dat ondergetekende heeft ontworpen. Om de werkelijk poolstijl, die onder een hoek van 52 graden naar het noorden wijst, horizontaal naar het zuiden te laten wijzen, wordt een spiegelstijl onder een hoek van 26 graden naar het zuiden gekanteld.

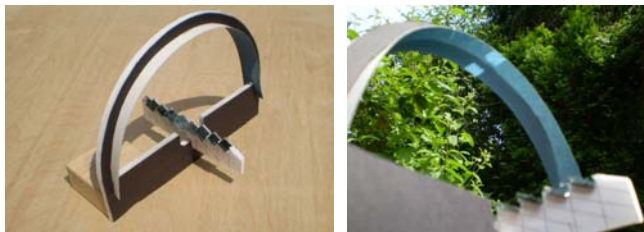


Figuur 6: homogene zonnewijzer op een zuidvlak

De homogene belijning voor de wintermaanden verschijnt nu op het kaartje. Het kaartje is ontworpen om in Utrecht de wintertijd aan te geven (exclusief de tijdvereffening). Hierdoor staat 12:40 recht naar boven afgebeeld². De gang van een zonnestraal van 9:00 en 11:00 is afgebeeld, zie Figuur 6.

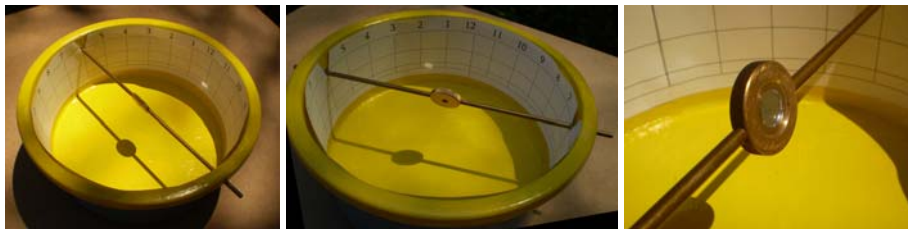
² wanneer een dergelijke kaart voor een ander azimut dan zuid wordt ontworpen verschijnt een ander uur op de vertikaal

Een andere mogelijkheid is om een hoepelzonnwijzer te kantelen. Om de gehele poolstijl te maken worden een aantal spiegellende nodussen op een rij geplaatst, zie *Figuur 7*. De homogene belijning kan aan de binnenkant van de boog worden aangebracht. In het prototype van *Figuur 7* is dit nog niet gebeurd.



Figuur 7: opstelling van een hoepelzonnwijzer, gekanteld tot een verticale boog. De gespiegelde poolstijl is opgebouwd uit een aantal spiegeltjes.

Een laatste voorbeeld met een polair opgestelde kegel. Een homogene belijning wordt verkregen wanneer de nodus op de centrale as geplaatst wordt en de centrale as parallel aan de aardas wordt opgesteld. Door de nodus als spiegeltje uit te voeren en deze 19 graden gekanteld t.o.v. de vertikaal op te stellen kan de kegel horizontaal geplaatst worden. De declinatielijnen van de zomer (positieve zon-declinaties) worden en de kegel afgebeeld. De gespiegelde poolstijl is vertikaal geïoriënteerd. De linker foto in *Figuur 8* geeft de zonnestand van 12 uur lokale zonnetijd op 10 juli aan. De middelste foto geeft 13:45 zonnetijd aan op de zelfde datum. De rechter foto is een detail van de gekantelde spiegellende nodus.



Figuur 8: kegelzonnwijzer, door de spiegellende nodus te kantelen kan de kegel horizontaal geplaatst worden en blijft de homogene belijning bewaard

Hieronder volgt de toelichting op de eerder genoemde 5 punten:

1. bijvoorbeeld kan een equatoriale zonnwijzer op een inclinerende noord-west muur geprojecteerd worden of een west-wijzer op een plafond.
2. bijvoorbeeld valt de schaduw van een nodus bij de equinox langs een equatoriale zonnwijzer. Wanneer een equatoriale zonnwijzer bijv. op een horizontaal vlak geprojecteerd wordt, geldt ook hier dat de lichtvlak van de spiegellende nodus langs het horizontale vlak valt bij equinox. Ook geldt bijvoorbeeld dat een equatoriale zonnwijzer voor 6 maanden aan de bovenzijde en 6 maanden aan de onderzijde belicht wordt. Voor een horizontale geprojecteerde equatoriale zonnwijzer geldt dat deze 6 maanden op het plafond afbeeld en 6 maanden op de vloer afbeeld.
3. Door de nodus 90 graden te kantelen draait ook de draaizin van de gespiegelde poolstijl om. Hierdoor draait ook de beweging van het lichtvlekje van de nodus om. Met de klok



mee wordt tegen de klok in en andersom. Ook verwisselen zonnewijzervlakken. Bijvoorbeeld worden niet de zomermaanden op het plafond afgebeeld maar op de vloer in bovenstaand voorbeeld.

4. om te bepalen wanneer welke kant van de spiegelende nodus belicht wordt kan eenvoudig in gedachte de spiegelende nodus vervangen worden door een vlakke zonnewijzer. Hierdoor kunnen de gebruikelijke formules voor de bezonning van de vlakke zonnewijzer gebruikt worden.
5. zie bijvoorbeeld *Figuur 7*.

Met vriendelijke groet,

Hendrik Hollander
info@analemma.nl
06 16 462 879