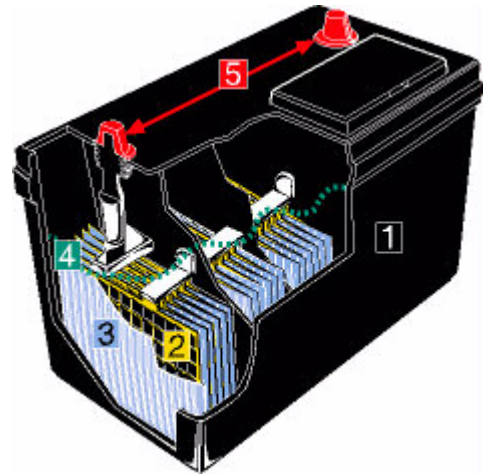


# ZONNEPANELEN op MOTORHOMES

door Guido Clinckemaijlie

De gemiddelde huishoudbatterij in een motorhome heeft vermoedelijk een capaciteit van rond de 100 Ah. Dit wil zeggen dat de batterij gedurende 1 uur 100 ampère kan leveren. In theorie. Want die capaciteit wordt alleen gehaald als niet meer dan rond de 10 ampère afgenomen wordt (dat getal staat aangegeven op de batterij: bijvoorbeeld 100 Ah/5h - de batterij kan 5 uur lang 20 A leveren, of 100 Ah/K20 - de batterij kan 20 uur lang 5 A leveren). En dan nog. Een typische half-track batterij (die worden meest gebruikt als huishoudbatterij in motorhomes) mag zeker niet meer dan voor de helft ontladen worden wil men de batterij niet beschadigen. Die 100 Ah zijn dan al snel maar 50 Ah meer in de praktijk. Aan 10 Ampère mag de 100 Ah batterij dus een vijftal uren stroom leveren.



Voor wie, zoals wij, meestal in de vrije natuur staat, zijn zonnepanelen erg belangrijk. Zij leveren de stroom om de batterij(en) op te laden wanneer er niet gereden wordt en de generator dus niet draait. Want alle elektriciteit wordt uit de huishoudbatterij gehaald: radio, televisie, zender, lampen, laders voor scheermachine en NiCd's of NiMH's voor de GSM en de GPS, motoren die de stabilisatiepoten uitdraaien en intrekken, ventilatoren in het dak die zorgen voor de afkoeling (de koelkast werkt op gas als de motor niet draait), laptop computer. Alles samen toch een heel pak verbruikers.

De batterijen kan men ook opladen met een stroomgroep die op gas, dieselolie of benzine werkt. Maar dat is de minst goede oplossing om aan stroom te geraken: de generator weegt veel (grootte orde 100 kg voor een 3 kVA - wat men zeker nodig heeft om een airconditioner te laten draaien - hadden we in onze vorige motorhome), is heel duur, en vooral, is zeer lawaaiig (ook de meest stille produceren toch vrij veel lawaai).



Een andere mogelijkheid is een windmolen. Die wordt aan de motorhome bevestigd of wordt op vaste grond gemonteerd bij stilstand. Maar er is lang niet altijd voldoende wind om de windmolen te doen draaien en windmolens zijn ook zeer duur in aankoop. En stil zijn ze ook al niet echt.

Ook werken ze alleen als men stil staat. Dus maar zonnepanelen! Die werken zonder lawaai,

verbruiken geen brandstof, zijn licht (een tiental kg).

Maar waar de generator lawaai produceert, de windmolen vrij sterke wind nodig heeft, heeft het zonnepaneel licht, liefst zon, nodig. Belangrijk is dus te weten wanneer zo'n zonnepaneel werkt. En vooral: **of het zonnepaneel voldoende stroom levert** om al die batterijen (heel wat motorhomes nemen twee en soms meer huishoudbatterijen mee; en de start batterij moet ook geladen worden, zeker bij langere stilstand, want meerdere verbruikers, zoals het alarm, liggen permanent aan), om al die batterijen dus die in de motorhome zitten, op te laden. Onthoud daarbij dat in de meeste gevallen, het zonnepaneel plat op het dak gemonteerd is en nooit recht naar de zon gericht (tenzij men op de evenaar toert).

### **Wat is een zonnepaneel?**

Een zonnepaneel is een verzameling van zonnecellen, photovoltaïsche cellen geheten, die in een of andere frame met elkaar verbonden zijn. In de photovoltaïsche cellen ontstaat een elektrische spanning onder invloed van licht.

De photovoltaïsche cel is opgemaakt uit twee lagen silicium. De ene laag is gedopeerd (verontreinigd) met onder andere Boor en vormt de p (positieve) laag. De andere laag is gedopeerd met onder andere fosfor en vormt de n (negatief) laag. In de p laag zijn elektronen te kort en in de n laag zijn er teveel. Onder invloed van licht gaan die elektronen bewegen. Er ontstaat een spanningsverschil tussen de n en de p laag die iets minder dan 0.5 volt per cel bedraagt. Wanneer de zonnecel op een verbruiker (lamp bijvoorbeeld) aangesloten wordt, stromen de vrij bewegende elektronen door de verbruiker (de lamp brandt).

De hoeveelheid elektronen (de elektrische stroom) dat beweegt is rechtstreeks afhankelijk van de grootte van de cel (hoe groter de cel hoe meer stroom) maar ook van de hoeveelheid licht die op de cel valt (de spanning blijft altijd ongeveer 0.5 volt). Hoe meer licht, hoe meer stroom. In dit artikel bekijken we hoe we dit verband licht - stroom kunnen bepalen.

### **Type zonnepanelen**

Er zijn vier soorten van zonnepanelen: drie die uit silicium gemaakt zijn: monokristallijn, polykristallijn en amorf silicium. Er is nu ook sedert enkele jaren een vierde type op de markt: het CIGD zonnepaneel. Over dit laatste kunnen we kort zijn omdat hier nog maar weinig over geweten en nog in volle ontwikkeling.

### **CIGD ZONNEPANEEL**

CIGD is de afkorting van Copper Indium Gallium Diselenide, het gelijkrichter materiaal dat in deze speciale zonnecellen gebruikt wordt. Deze CIDG panelen bestaan uit een zeer dun laagje photovoltaïsch materiaal. Hierdoor zijn de panelen uiterst

flexibel, oprolbaar zelfs. Deze CIDG panelen worden op de motorhome *geplakt!*

Ze zijn meer efficiënt dan de silicium zonnecellen en werken beter in beperkt licht. Efficiëntie: 7 tot 8% (8 percent van het zonlicht wordt omgezet in elektriciteit).

CIDG zonnepanelen zijn ongetwijfeld de cellen van de toekomst en ik vermoed dat ze binnen een drietal jaar de silicium zonnepanelen zullen verdrongen hebben.

Naast deze koper-indium diseleniden worden nu ook al cadmium telluriden gebruikt. Maar, zoals gezegd dit soort zonnecellen is in volle ontwikkeling.

## **MONOKRISTALLIJN SILICIUM**



Dit is de oudste (en nog altijd goedkoopste en meest gebruikte) soort van photovoltaïsch materiaal.

De cellen zijn gemaakt uit monokristallijn silicium: één enkel silicium kristal wordt gebruikt om de cel te maken. In hete ovens wordt (proper) zand gesmolten en als een enkel kristal getrokken in een zuiver silicium staaf en gedopeerd door boorgas (voor het p materiaal) of fosforgas (voor de n materiaal) in zeer nauwkeurig afgemeten hoeveelheid te laten stromen over het gesmolten silicium. Uit die staaf worden dunne schijfjes (wafers) gesneden de dikte van een vingernagel. Deze wafers worden dan in frames gelegd en met elkaar elektrisch verbonden om de panelen te maken.

Monokristallijne silicium cellen hebben een mooie blauwgrijze kleur.

De efficiëntie is 15%.

De spanning van een silicium cel in volle zon is zoals gezegd, iets minder dan 0.5 volt. Een courant zonnepaneel bevat 36 cellen en die zijn goed voor een 17 volt. Zeer helder licht kan die spanning opdrijven en onbelast meet men dan meer dan 20 volt (22 volt in onze testen).

Als men minder dan 36 cellen in een zonnepaneel steekt, dan haalt men onvoldoende spanning om 12 volt batterijen op te laden. Wel kunnen dergelijke zonnepanelen gebruikt worden om rechtstreeks ventilatoren te doen draaien, verkeerslichten of pompen te doen werken.

Om het vermogen van zonnepanelen en de spanning te bepalen, gebruiken fabrikanten als referentie een lichtbron die het zonlicht nabootst en een vermogen geeft van 1000 watt per vierkante meter (W/m<sup>2</sup>). Het licht dat op de aarde valt tijdens een heldere, zonnige dag met zuivere lucht is om en nabij de 1000 W/m<sup>2</sup>. In ons land is er het weerstation van een amateur (Barry van der Auwera) dat om het half uur de zonne-energie (plus een enorm aantal andere weergegevens) op aarde geeft. Het station staat in Sint-Antonius-Zoersel en houdt ook maxima en minima bij. In de periode van begin 2003 tot nu, het is nu eind juli 2003, was de maximum zonne-energie 1114 W/m<sup>2</sup>. Maar een bewolkte dag geeft al

snel minder dan 100 W/m<sup>2</sup>. Men kan de zonne-energie, die om het half uur aflezen wordt, volgen op de site van Barry: [www.weerstation.be](http://www.weerstation.be) (waar overigens een ganse reeks andere weergegevens vermeld staan).

### **POLYKRISTALLIJN SILICIUM**

Hier wordt het vloeibare silicium in mallen gegoten en in schijfjes gesneden na het doperen en opharden. Het fabricage proces is goedkoper omdat de behandeling niet vereist dat een enkel kristal gevormd wordt.

De efficiëntie is 11 tot 14 %.

### **AMORF SILICIUM**

Amorf silicium zonnepanelen worden ook nog "**thin film solar panels**" genoemd. Dit niet-kristallijn (amorf) silicium paneel (het silicium is niet meer mooi geordend in een kristal rooster zoals wel het geval was in de twee kristallijn silicium soorten) wordt gemaakt door een zeer dunne laag siliciumgas te spuiten op aluminium, glas, roestvrij staal of plastic (waardoor het paneel een beetje plooibaar wordt - onder andere *Unisolar* maakt die plasticen zonnecellen). De individuele cellen worden in de dunne laag silicium gesneden met een laserstraal. Die cellen worden dan onderling verbonden met dioden.

Amorf silicium panelen zijn minder efficiënt dan kristallijn silicium panelen: 6 tot 7 %.

Voor eenzelfde vermogen moet een amorf silicium zonnepaneel dus dubbel zo groot zijn als een kristallijn paneel.

Maar! Groot voordeel van de amorfe cellen: ze werken ook als er weinig licht is, als het bewolkt is, als het donker aan het worden is, als de zon laag staat of als er geen zon te bespeuren is. Ook als er schaduw valt op het amorf silicium zonnepaneel, werkt het nog.

Als er op een *kristallijn* silicium zonnepaneel ook maar de minste schaduw valt, daalt de output dramatisch. Eén enkele bedekte cel kan volgens de literatuur (zie onder andere [www.sunlightsolar.com](http://www.sunlightsolar.com)), de output met 75% verminderen. Drie cellen reduceren de output met 93% in sommige panelen. De gevolgen van schaduw op een kristallijn silicium zonnepaneel, bespreken we verderop in een apart hoofdstuk. En we bevestigen daar wat de literatuur hierover zegt.

Samengevat:

**CIGD:** 7-8 % efficiënt; zeer plooibaar.

**Monokristallijn silicium:** 15 % efficiënt.




**Polykristallij silicium:** 11-14 % efficiënt en iets goedkoper dan monokristallijn silicium.

**Amorf silicium:** 6-7 % efficiënt; werken bij weinig licht ook onder gedeeltelijke beschaduwing. Hieronder enkele panelen van

verschillende makelij. Zie ook op de website [www.sunlightsolar.com](http://www.sunlightsolar.com).

Onderaan de lijst staat de betekenis van de SC, PC en A afkortingen om het type van silicium dat gebruikt werd, aan te duiden.

Dit is maar een kleine greep uit de soorten zonnepanelen.

Large Solar Panels							
	Watts	Volts	Amps	Size	Weight	Type	Manufacturer
	120	16.9	7.1	56.1" x 25.7" x 2"	26.2	SC	Kyocera
	100	17.2	5.8	52-3/8" x 26.5" x 1"	23.0	PC	Photowatt
	80	17.3	4.6		18.0	PC	Kyocera
	64			53.78" x 29.18" x 1.25"	20.2	A	Uni-Solar
	40	16.9	2.94			SC	Kyocera
Key: SC = Single Crystalline Cells, PC - Poly Crystalline Cells, A = Amorphous.							

Het zonnepaneel op onze Maess Evolution 3 is een 80 watt PC.

### Zonne-elevatie

Het rendement van een zonnepaneel wordt bepaald door meerdere factoren:

- het materiaal (monokristallijn, polykristallijn of amorf silicium, seleniden)
- de grootte van het paneel (groter is beter)
- lichtsterkte (direct zonlicht is best).

Maar er is nog een zeer belangrijke factor die bepalend is:

- de stand van de zon ten opzichte van het zonnepaneel.

Als zonnepanelen die op daken van huizen gemonteerd zijn, staan verplicht onder een hoek (afhankelijk van de plaats op aarde) naar het zuiden gericht (anders krijgt men geen subsidies).

De meeste zonnepanelen op motorhomes liggen plat of onder een heel kleine hoek. Maar er zijn ook opstellingen die in azimut en elevatie draaibaar zijn (zoals een schotel antenne). Er is een firma in Frankrijk die zich specialiseert in verstelbare opstellingen: Alden ([www.alden.fr](http://www.alden.fr)). Die firma maakt zelfs

zonnepanelen die radio gestuurd zijn of zich automatisch naar de zon richten. Zeer duur, maar wel efficiënt.

Is het effect van de hoek die het zonnepaneel maakt met de zon dan zo belangrijk? Zeer zeker.

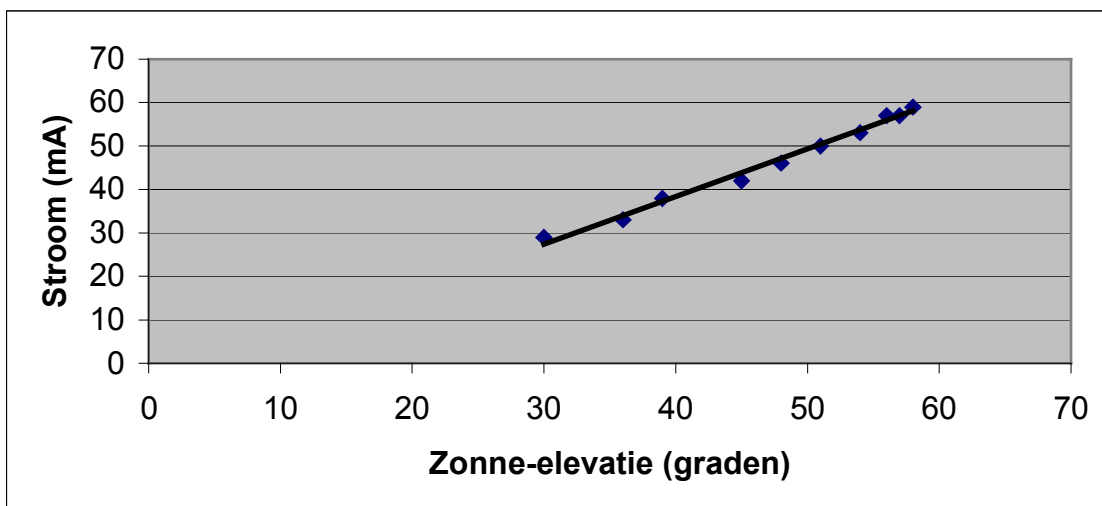
De proeven die het verband "output - zonne-elevatie" meten, heb ik uitgevoerd met een kleiner model zonnepaneel omdat dit veel handiger was om op te stellen en proeven mee te doen, dan het 80 watt zonnepaneel dat op de motorhome ligt. De resultaten zijn onafhankelijk van het soort paneel. Ik gebruikte een paneel van 10 op 29 cm dat vroeger, toen ik het kocht, verdeeld werd door Intersolar UK. Deze maatschappij is ondertussen overgenomen door ICP Solar Technologies in Canada. Het kleine zonnepaneel heet nu "Battery Saver Plus with cigarette lighter adapter". Ge kunt inderdaad gewoon via de sigarenaansteker de autobatterij opladen door het paneel op het dashboard te leggen. Onbelast geeft het paneel tussen de 17 en de 25 volt en levert theoretisch 1.8 watt bij 15 volt (0.125 A).



### **Zonne-elevatie en output**

Vermits de meeste zonnepanelen plat op het dak liggen van de motorhome, is het te verwachten dat de stand van de zon ten opzichte van het paneel invloed zal hebben op de stroomopbrengst. Hoe groter de zonne-elevatie, hoe groter de stroom. En dit is inderdaad zo, zoals blijkt uit de volgende grafiek.

Het kleine zonnepaneel werd gedurende een zonnige dag (15/7/3) horizontaal in de zon gelegd en aangesloten op een 24 Ah gelbatterij die opgeladen was en constant een onbelaste spanning had van 12.9 volt. De stroommetingen werden dus niet beïnvloed door de mogelijks veranderende inwendige weerstand van de batterij. Hierbij het resultaat van de metingen. Noteer het zeer mooie lineaire verband tussen zonne-elevatie en output van het platliggend paneel.



De zonne-elevatie voor de tijd van de dag werd berekend met het satellietpositie computerprogramma NOVA. De stroom die naar de batterij ging werd ongeveer om het uur gemeten tussen 9 en 18 uur.

Er zijn meerdere programma's om de zonne-elevatie te berekenen beschikbaar op internet. Maar voor wie vlug wil weten wat de maximum zonne-elevatie is, kan volgend tabelletje helpen.

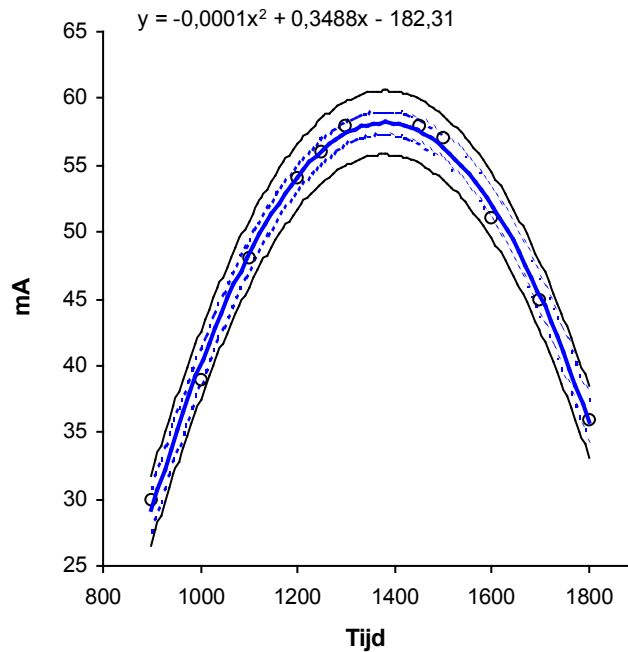
Datum	Maximum elevatie
20 maart	39 graden
20 juni	62 graden
20 sept.	40 graden
20 dec.	15 graden

In september en juni staat de zon boven de horizon op "90 graden min de noorderbreedte". In het Brusselse is dat dus  $90 - 51 = 39$  graden. Die 39 graden is de **gemiddelde zonne-elevatie** door het jaar. Bij het begin van de zomer moet men daar een 20 graden bijtellen, bij het begin van de winter, een 25 graden aftrekken. De formule is dus:

$$90 - \text{noorderbreedte} = \text{elevatie} \pm \text{correctie}$$

Zoals gezegd, de grafiek toont het duidelijke lineaire verband tussen de zonne-elevatie en de stroom die een zonnepaneel kan leveren. Een laagstaande zon betekent weinig stroom.

De onderstaand curve is ook interessant. Ze geeft de stroom aan in functie met het uur van de dag.



De grafiek is een regressie uitgevoerd met "Analyse-it+General 1.68". De buitenste omhullende lijnen omsluiten de 95% confidentielimiet. De grafiek toont het verband tussen de tijd van de dag en de hoeveelheid geleverde stroom.

Maximum stroom loopt tegen twee uur in de namiddag en dat kwam volledig overeen met het uur van de hoogste zonnestand.

We kunnen uit deze grafiek het afgegeven vermogen berekenen voor de ganse dag, door de oppervlakte te meten onder de curve na extrapoleren naar 8 1/2 en 19 uur (dat geeft 320 mAh) en te vermenigvuldigen met de spanning op de batterij (12.9 V). Dit geeft een afgegeven vermogen van 410 mWh voor die dag.

Een randbemerking. Vergelijken we dit getal met het officieel aangegeven vermogen dat we gedurende 10 1/2 uur (1.8 W x 10.5 uur = 19 Wh) mogen verwachten van het kleine zonnepaneel, dan zien we dat we daar ver onder zitten. De reden is dat we het zonnepaneeltje aangesloten hadden op een batterij die reeds volgeladen was. De reden hiervoor was dat het zonnepaneeltje op die manier een CONSTATANTE weerstand zag. Hierdoor werd de curve die de stroom vergelijkt met de zonnerelevatie NIET beïnvloed door een (stijgende) weerstand tijdens het laden van een lege batterij. De curve zou zeker niet de mooie rechte lijn geweest zijn die we nu kregen. Ook wordt de nominale waarde van een zonnepaneel door de fabrikant gemeten met het paneel recht op de lichtbron gericht.

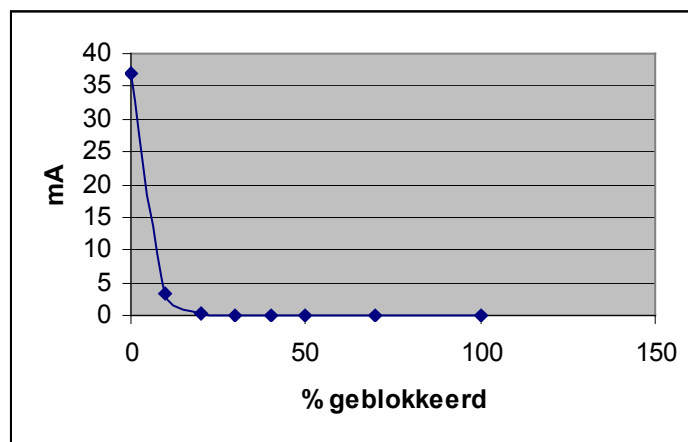
### Schaduw op een kristallijn silicium paneel

Kristallijne zonnepanelen zijn zeer onderhevig aan het schaduw effect. Dit wil zeggen dat van zodra een deel van het zonnepaneel in de schaduw staat, de output zeer snel



vermindert. Nog erger: wanneer een blad van een boom op het zonnepaneel gewaaid is, daalt de output zelfs dramatisch. Hetzelfde gebeurt als sneeuw nog een deel van het zonnepaneel bedekt (bijvoorbeeld een streep sneeuw die blijven liggen is na het dooien door de warme zon: alleen nadat ALLE sneeuw weg is beginnen de batterijen terug te laden).

De "schaduw test" werd uitgevoerd door de oppervlakte van het zonnepaneel percentsgewijs af te dekken met een stuk ondoorschijnend karton. De onderstaande curve toont de zeer snelle vermindering van de stroom naargelang de bedekking van het paneel oppervlak. Dit is zo omdat van zodra een paar cellen geblokkeerd zijn, de ganse stroomloop stilvalt. Weer werd de volgeladen gel batterij aangesloten als verbruiker.



In de praktijk is het drama minder groot omdat de schaduw van een boom nog altijd licht op het zonnepaneel toelaat. Licht dat onrechtstreeks van de zon komt. Diffuus licht dus. Zo verminderde de output door een schaduw te vormen met een stuk karton op een meter van het zonnepaneel, van 37 mA (geen schaduw) naar 13 mA voor 10% schaduw. Bij 100% schaduw was er nog altijd 6 mA stroom. Bij het 10% volledig blokkeren van het licht, viel de output naar de batterij van 37 mA naar 3.4 mA (zie bovenstaande grafiek). Wat een bevestiging is van wat in de literatuur staat.

### **Vermogen in functie van de noorderbreedte**

Hoe weten we of we genoeg zon hebben om onze batterijen op te laden? Eerst een paar voorbeelden en dan de formule die ons toelaat te voorspellen of we voldoende laden.

#### **OSLO 60° NB**

Met de gegevens uit de "I (mA) - elevatie (graden)" grafiek is het mogelijk om te voorspellen hoeveel vermogen het zonnepaneel gaat afgeven per dag wanneer men weg van huis is.

Neem dat we in Oslo staan. Wat is dan het dagelijks vermogen rond 15 juli (onze rechte is gemaakt op 15 juli, een dag zonder wolken) dat we mogen verwachten van het zonnepaneel?

### **Elevatie en mA**

Oslo ligt op ongeveer op 60 graden noorderbreedte (NB). De maximum elevatie is 52 graden (NOVA programma). De piek output is dan **50 mA** (zie grafiek "mA/zonne-elevatie").

Brussel ligt op 51 graden NB. De maximum elevatie was 61 graden (NOVA programma) op 15/7/3. Afgelezen piek output: **60 mA**.

### **Actieve periode**

De zonsopgang en zonsondergang op 15 juli is

Brussel: 06:00 en 21:30

Oslo: 04:30 en 22:00

Uit de "mA/tijd" grafiek blijkt dat het zonnepaneel begint "te werken" ongeveer van 2.5 uur na zonsopgang tot 2.5 uur voor zonsondergang. Dit geeft als "actieve" tijden:

Brussel: 8:30 tot 19:00 uur

Oslo: 7:00 tot 19:30 uur

Het vermogen kunnen we bij benadering berekenen door aan te nemen dat de "mA/tijd" curve een driehoek is. Voor Brussel geeft dat dan 320 mAh (zoals hoger berekend). Voor Oslo:  $[(b \times h)/2]$  dus  $((19.5 - 7) \times 50)/2 = 310$  mAh! Maal 12.9 V is ongeveer 4 watt vermogen.

Wat merken we? Alhoewel Oslo stukken hoger ligt naar het Noorden toe, is het vermogen afgegeven door het platliggend zonnepaneel bijna identiek. De reden is dat de dagen in het Noorden LANGER zijn dan hier. Het zonnepaneel is langer actief, weliswaar met een lager piek vermogen.

### **ROME 42° NB**

We kunnen precies dezelfde berekeningen doen voor Rome. De zon kwam daar op 15/7/3 op om 06:00 en ging onder om 20:30. Uren daglicht  $20.5 - 6 = 14.5$ . Na de correctie voor de uren die het zonnepaneel inactief is:  $14.5 - (2 \times 2.5) = 9.5$  uur actief.

De maximum elevatie is 70 graden (NOVA programma). Bij 70 graden zonne-elevatie is de maximum stroom **70 mA**. Oppervlakte  $(70 \times 9.5)/2 = 330$  mAh.

Weer is er weinig verschil met onze contreien. Nu is de piek mA hoger maar de uren activiteit zijn korter.

### **Algemene formule**

Tijd van Zonsopgang: **a** (in decimalen; 08:30 is 8.50)

Tijd van Zonsondergang: **b** (in decimalen; 20:15 is 20.25)

Duur dat het zonnepaneel werkt: **c** (in uur) =  $b - a - 5$  uur

Maximum elevatie van de zon: **d** graden (formule toepassen of een computerprogramma zoals NOVA gebruiken)

Maximum stroom: **e**; afleiden uit de "mA/zonne-elevatie" grafiek met d als x-as waarde. Natuurlijk is de afgedrukte grafiek alleen

geldig voor het zonnepaneeltje dat gebruikt werd voor deze experimenten. Ieder moet zijn eigen rechte opstellen voor het zonnepaneel waarvan men de capaciteit wil bepalen. Dit wil zeggen met de motorhome in de zon gaan staan (batterijen vol) en om het uur de stroom meten.

*Capaciteit van het zonnepaneel voor die dag:  $c \times e/2$  in mAh.*

Afgegeven vermogen voor die dag: capaciteit (mAh of Ah)  $\times$  batterijspanning (V) geeft mWh of Wh (watt.uur).

Wanneer men dus 25 Ah verbruikt heeft geurende de dag, en het zonnepaneel heeft 10 Ah geleverd (bijvoorbeeld 2 Ah gedurende 5 uur) dan is er 15 Ah uit de batterij verdwenen (25 Ah verbruikt en 10 Ah via het zonnepaneel gerecupereerd).

## **Besluit**

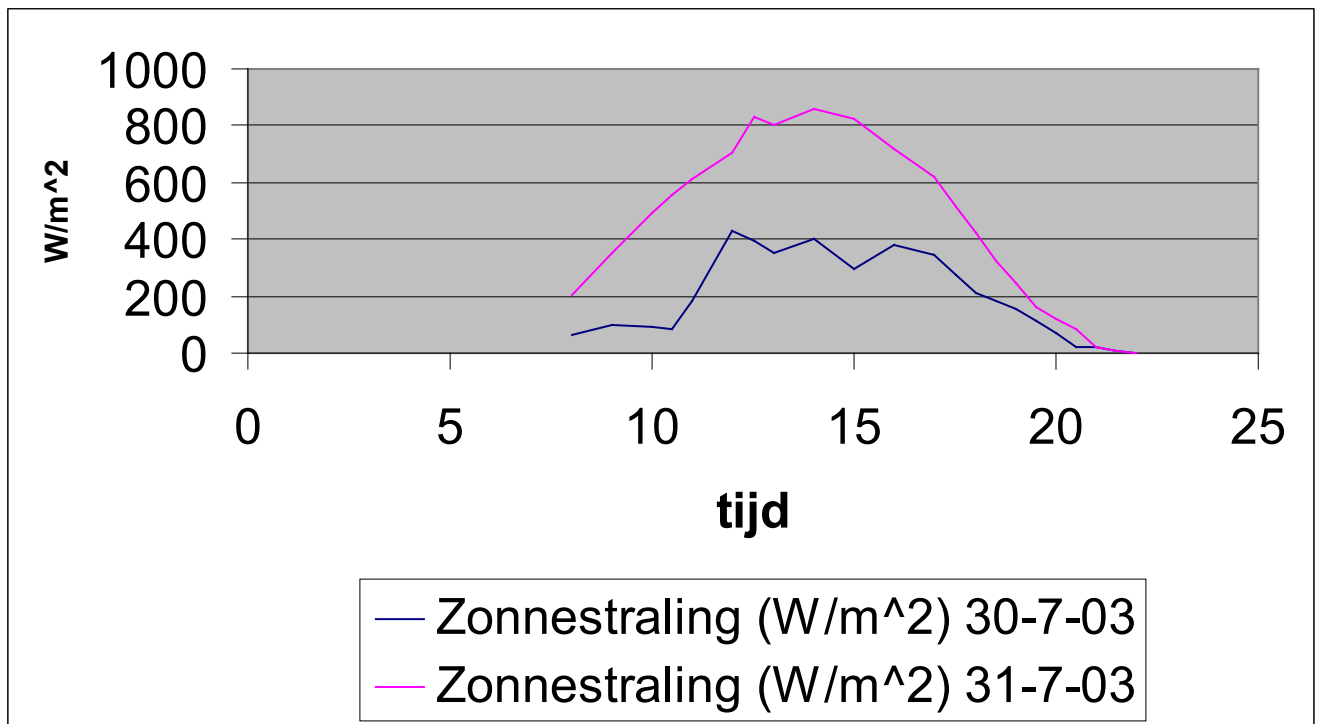
Het verbruik per dag in de winter in een motorhome mag geraamd worden op een 25 Ah (MMM, april 2003, p.184), in de zomer op 8 Ah. Een veel gebruikt zonnepaneel heeft een capaciteit van 80 watt, levert dus een zevental ampère bij 12 volt. Maar die stroom krijgt men alleen bij zeer helder weer en als de zon een elevatie heeft van 90 graden, dus loodrecht op het zonnepaneel staat (de referentie is 1000 mW/m<sup>2</sup>). Dit 80 W paneel geeft in de praktijk toch piekstromen van 4 A, een 50 watt dus (eigen metingen - tussen het zonnepaneel en de batterijen heb ik een ampèremeter gemonteerd).

Met de "Algemene formule" kan men berekenen hoeveel vermogen het zonnepaneel op een bepaalde dag zal leveren. Is dit vermogen voldoende om de batterij(en) terug op peil te brengen?

Hier moet ik bekennen dat ik de formule nog niet aan de realiteit heb kunnen testen. Ze is afgeleid van de metingen uitgevoerd thuis, in de omgeving van Brussel. Ik heb de test (nog) niet gedaan in Rome noch in Oslo.

Een meting van de output op een dag in juli bij helder weer, toonde een maximum stroom van 60 mA bij een elevatie van de zon van 60 graden. Toen de zon nog maar 22 graden boven de horizon stond (wat overeenkomt met de maximum elevatie van een winterse dag), was de output van het zonnepaneel (dat horizontaal lag), gezakt naar 23 mA (bij het druppelladen van de gel batterij waarvan de spanning 12.9 volt was, zoals hoger vermeld).

Overigens, de ene dag is de andere niet. In onderstaande grafiek heb ik het zonnevermogen op aarde (in Zoersel om specifiek te zijn) in functie van de tijd van de dag uitgezet. Noteer het grote verschil tussen die twee opeenvolgende dagen waarbij 30/7/3 licht bewolkt was.



Om maximum output te hebben moeten zonnepanelen een hoek van 90 graden maken met de richting van de zon. "Naar de zon gericht zijn" dus.

Maar zonnepanelen liggen nu eenmaal (bijna) plat op het dak van de motorhome. De enige oplossing om maximum vermogen uit een zonnepaneel te halen, is een systeem dat, vooral in de winter het zonnepaneel steeds naar de zon richt. Een draaibaar systeem dat instelbaar is in azimuth en elevatie. Dat de zon dus volgt. Die 23 mA worden dan weer snel 60 mA.



Ofwel het zonnepaneel plat laten liggen en naar een lagere NB trekken in de winter.

**Guido Clinckemaijlie  
Bekkerzeel**