



Zonnepanelen: lusten en lasten

INHOUD

1	INLEIDING	3
2	LEESWIJZER	3
3	TECHNISCHE BESCHRIJVING VAN EEN PV-INSTALLATIE	3
3.1	ZONNECEL EN ZONNEPANELEN	3
3.2	OMVORMER	5
3.3	DATALOGGER	7
3.4	ELEKTRISCHE INSTALLATIE	9
4	ENERGIE-OPBRENGST	11
4.1	PLAATSING VAN ZONNEPANELEN	11
4.1.1	INSTRALINGSSCHIJF	11
4.1.2	SCHADUWEFFECT	13
4.2	TEMPERATUURSINVLOED	13
4.3	BENODIGD AANTAL PANELEN	13
4.4	METEN EN VERREKENEN VAN DE ELEKTRICITEIT	15
5	INVESTERINGEN EN EXPLOITATIE	18
5.1	INVESTERING	18
5.2	EXPLOITATIEKOSTEN	19
5.2.1	OPBRENGSTEN	19
5.2.2	KOSTEN	20
5.2.3	TERUGVERDIENTIJD	21
6	OFFERTE AANVRAAG	21
7	HANDIGE WEBSITES	23
8	LEVERANCIERS	23
	COLOFON	24

1 INLEIDING

Elektrische energie opwekken met behulp van zonne-energie is een bekende techniek. In het buitenland wordt deze techniek soms op grote schaal toegepast (Verenigde Staten, Duitsland, enz). In Nederland is dat veel minder het geval. Dat heeft waarschijnlijk te maken met relatief weinig zonne-uren en, vooral voor de particulier, een ongunstiger subsidieklimaat. Toch zijn ook in Nederland steeds meer particulieren geïnteresseerd in deze toepassing.

Op Internet is veel informatie te vinden over zonnepanelen¹. Maar de informatie over dit onderwerp is versnipperd, onvolledig en soms zelfs tegenstrijdig.

Mijn recente ervaringen met zonnepanelen alsmede de wens dat te willen delen met anderen heeft mij aangezet tot het schrijven van dit rapport.

Doel is om geïnteresseerden kennis te laten nemen van de techniek, wat erbij komt kijken, de investeringen en kosten maar ook opbrengsten en het aanschafproces (aanbesteding).

2 LEESWIJZER

Hoofdstuk 3 geeft technische informatie over een photo voltaïsche (PV) installatie. Hoe werkt een zonnepaneel en uit welke componenten bestaat een PV-installatie. Voorts komt aan bod op welke aanpassingen van de elektrische huisinstallatie gerekend dient te worden. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de plaatsing van zonnepanelen en de opbrengst. Tevens wordt uitleg gegeven over de wijze waarop de energie wordt gemeten.

Het financiële plaatje (investeringen en exploitatiekosten/opbrengsten) is toegelicht in hoofdstuk 5.

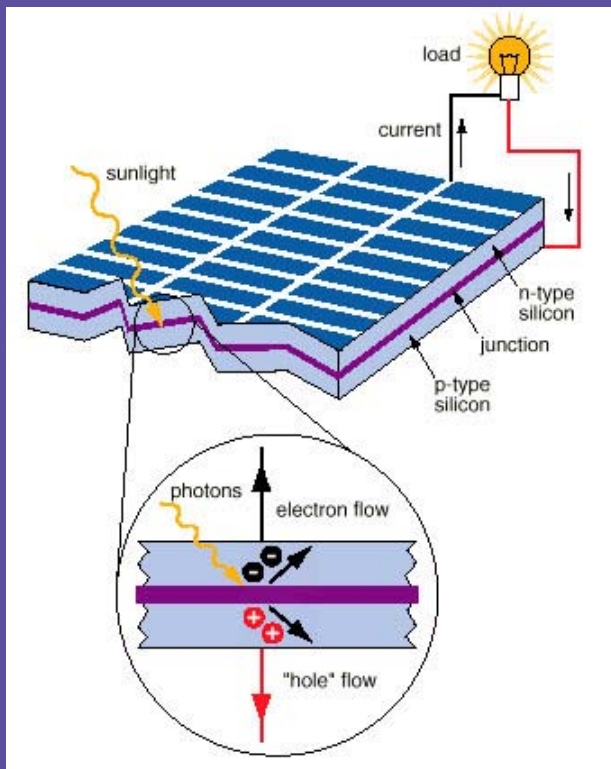
In hoofdstuk 6 worden een aantal punten gegeven die van belang zijn voor het opstellen van een offerte-aanvraag. Hoofdstuk 7 bevat verwijzingen naar handige websites en in hoofdstuk 8 zijn enkele leveranciers/installateurs vermeld.

3 TECHNISCHE BESCHRIJVING VAN EEN PV-INSTALLATIE

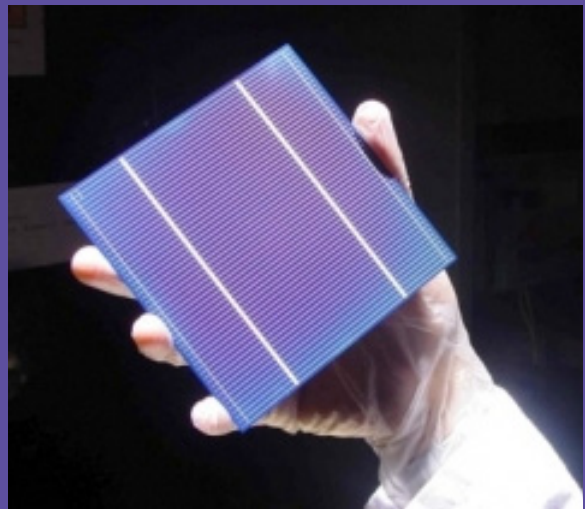
3.1 ZONNECEL EN ZONNEPANELEN

Een photo-voltaic (PV-) installatie is een installatie waarbij zonne-energie omgezet wordt in elektrische energie. Een zonnecel is een foto-voltaïsche cel. Licht, bestaande uit fotonen, wordt geabsorbeerd en omgezet in een spanning. Aangesloten op een elektrische circuit gaat een stroom lopen en wordt er elektriciteit opgewekt. De werking van zonnecellen wordt goed uitgelegd in www.wikipedia.nl. In figuur 1 is een en ander schematisch uitgelegd.

1 Let op: zonnepanelen worden vaak verward met zonnecollectoren. Een zonnecollector wordt gebruikt om met behulp van een medium (dat kan bijvoorbeeld water zijn maar ook een glycol-oplossing) en een warmtewisselaar warm water te maken met behulp van zonne-energie. Met een zonnecollector wordt dus geen elektrische energie opgewekt.



Figuur 1
Schematische weergave zonnecel
(Bron RESLAB)



Figuur 2
Zonnecel

Een zonnepaneel bestaat uit zonnecellen opgesloten tussen een lichtdoorlatend glaspaneel, een achterpaneel en een aluminiumframe voor de stevigheid. De zonnecellen zijn in-serie geschakeld tot één circuit. De plus- en min-draad eindigen in een connector en worden eventueel doorgekoppeld met andere zonnepanelen. Op deze wijze wordt een string van zonnepanelen gevormd.

De grootte van panelen varieert van circa 0,8 m² tot 2 m². Een paneel heeft meestal een dikte van 40 – 50 mm. De dikte wordt bepaald door het aluminiumframe.

Er zijn verschillende soorten zonnecellen. Meestal worden monokristallijne of polykristallijne silicium zonnecellen toegepast. De rendementen en energie-opbrengsten zijn tegenwoordig ongeveer hetzelfde.

Het maximaal opgewekt vermogen van een paneel wordt gegeven in Watt-piek en bedraagt globaal tussen de 100 en 250 Watt. Het begrip Watt-piek geeft het vermogen dat een paneel levert bij gestandaardiseerde laboratoriumcondities (oftewel Standard Test Conditions (STC)), wat het makkelijker maakt om panelen met elkaar te vergelijken. In de praktijk zullen deze (optimale) condities vrijwel nooit geëvenaard worden.

De meest gangbare afmeting van een zonnepaneel is ongeveer 1,7 m² groot (1,1 x 1,6 m) en kan zowel *landscape* als *portrait* geplaatst worden.

Het frame van een zonnepaneel bestaat meestal uit geanodiseerd aluminium (metallic-look). Dit betreft een elektrolytische behandeling waardoor de buitenste laag voorzien wordt van een oxidelaagje. Deze laag zorgt ervoor dat het aluminium corrosiebestendig is. Tegenwoordig zijn er ook panelen waarvan het aluminium zwart gespoten is. Ook andere kleuren zijn mogelijk. Dergelijke panelen worden ook wel design-panelen genoemd.

3.2 OMVORMER

De elektriciteit die opgewekt wordt in een zonnecel heeft een gelijkspanning die varieert. Het openbaar elektriciteitsnet is echter gebaseerd op wisselspanning met een vaste frequentie van 50 Hz. Omdat de PV-installatie gekoppeld wordt aan de elektrische huisinstallatie, die op haar beurt gekoppeld is aan het openbare net, wordt een zogenaamde omvormer (*converter* in het Engels) gebruikt om de gelijkstroom in wisselstroom om te zetten.

Omvormers bevatten veel elektronica en zijn prijzig. Moderne omvormers houden zelf hun status bij, de hoeveelheid energie die wordt opgewekt en nog tal van andere meetgegevens worden vastgelegd.

Het kan niet genoeg benadrukt worden dat de afstemming tussen omvormer en de aangesloten zonnepanelen (die daarvoor in serie zijn geschakeld tot een *string*) belangrijk is. Een te grote omvormer werkt suboptimaal en geeft rendementsverliezen. Een te kleine levert een onveilige situatie op. Bovendien is een dergelijke situatie ongunstig voor de levensduur. Een omvormer is altijd uitgerust met een regeleenheid (*tracker*) die voortdurend het optimum zoekt waarbij het vermogen (het product van spanning en stroom) dat door de panelen opgewekt wordt, gemaximaliseerd wordt.



Figuur 3
Omvormer van het merk SMA
(Bron: SMA)

Dit wordt het *Maximum Power Point* (MPP) genoemd. Het vermogen is afhankelijk van de instraling van zonne-energie en de temperatuur van het paneel. Het vermogen verandert voortdurend. De MPP-tracker van de omvormer houdt dit in de gaten en zoekt continue naar het optimum.

Een omvormer heeft een bepaald omzettingsrendement. Meestal varieert dit van 90-95%. Dit rendement is erg belangrijk. Hoe hoger dat dit is hoe meer zonne-energie omgezet wordt in elektrische energie. Het verschil wordt omgezet in warmte. Dit wordt warmte-dissipatie genoemd. Om hoeveel warmte gaat het? Stel we hebben 6 x 230 Wp-zonnepanelen met een instralingsrendement van 95% dan levert deze installatie $0,95 \times 6 \times 230 = 1.311$ Watt (gelijkstroom). We gaan uit van een omvormer met een omzettingsrendement van 90%. Van deze 1311 Watt komt 1.180 Watt beschikbaar als wisselstroom. Er wordt dus 131 Watt aan thermische energie gevormd.

Omvormers zijn relatief grote apparaten. De afmetingen zijn globaal: H x B x D: 30 - 60 x 20 - 50 x 15 - 20 (alles in cm); dit verschilt van merk tot merk. Bij de opstelling dient aan alle zijdes rekening te worden gehouden met loze ruimte. Deze is nodig voor de bereikbaarheid en ventilatie.

Het zal duidelijk zijn dat het plaatsen van een omvormer in een meterkast vaak geen goede keuze is. Er is te weinig ruimte en de warmte kan vaak niet goed afgevoerd worden. De meterkast kan daardoor ontoelaatbaar warm worden. Een omvormer dient dus geplaatst te worden in een ruimte waar de warmte weg kan en/of die goed geventileerd is. Ruimtes waar het warmer kan worden dan 40°C zijn ook minder geschikt. Bedenk dat de meeste energie vrijkomt als het buiten toch al warm is.

Over het algemeen is een CV-ruimte, bijvoorbeeld op zolder, wel geschikt. Temeer omdat de CV-ketel vaak een aparte elektriciteitsleiding naar de meterkast heeft. Als de PV-installatie niet te groot is kan de omvormer daar op aangesloten worden.

3.3 DATALOGGER

‘Meten’ is ‘weten’. De meeste omvormers leggen tegenwoordig veel gegevens vast en berichten zelf wanneer zich een storing voordoet. De vraag is hoe u daar dan achter komt. Dat kan op verschillende manieren. De goedkoopste manier is door elke dag naar de omvormer te lopen. Omvormers bevatten vaak een display waarin de status is aangegeven. Met drukknoppen kan door de menu’s gescrold worden en is bijvoorbeeld het volgende te achterhalen: aantal bedrijfsuren, opgewekte vermogen momentaan en cumulatief, enzovoort. Deze wijze van gegevens achterhalen is omslachtig. Zeker als de omvormer op zolder hangt. Daarom bevatten de tegenwoordige omvormers een data-uitgang, zodat de informatie naar een PC kan worden doorgegeven.

Het betreft vaak een RS485-uitgang, Bluetooth of Wifi. De eerste is een bekabelde uitgang, de anderen draadloos. In het eerste geval dient een draad naar het PC-netwerk getrokken te worden. In het tweede geval kunnen met behulp van een Bluetooth-verbinding de gegevens naar een PC verzonden worden. Met een Wifi-verbinding kunnen de gegevens via uw (draadloze) router/modem ingelezen worden en is er meteen een verbinding met Internet. Het zal duidelijk zijn dat een verbinding met Internet meer mogelijkheden biedt met name als het gaat om het op afstand aflezen van de status.

Figuur 4
Voorbeelden van dataloggers: respectievelijk de Sunnybeam,
Solarlog 500 en de Solarlog1000
(Bron: SMA)



Aansluitwaarde (in Ampere)	Maximaal piekvermogen één installatie (in Wp)	Maximaal vermogen aansluiting (in Wp)
1x25	3.680	5.750
1x35	5.750	8.050
1x40	6.900	9.200
3x25	11.040	17.250
3x35	17.250	24.150
3x40	20.700	27.600
3x50	24.150	34.500
3x63	27.600	43.470
3x80	34.500	55.200

Tabel 1
Aan te sluiten vermogen

Met het verzenden van de gegevens zijn we er niet. De gegevens zullen bewerkt en gepresenteerd moeten worden. Dat kan met een datalogger. In principe is het ook mogelijk om de gegevens rechtstreeks op een PC te ontvangen. De PC dient daartoe wel met de juiste software uitgerust te zijn. Bovendien dient de PC op het moment van inlezen ingeschakeld te zijn.

Dataloggers voor PV-installaties zijn helemaal toegerust voor dergelijke taken. De binnenkomende gegevens worden netjes verwerkt tot overzichtelijke grafieken. Er is veel verschil tussen dataloggers. Een bekende serie is van SMA Solarlog (met types Sunnybeam, Solarlog 500, Solarlog 1000). Dit is overigens hetzelfde bedrijf dat SMA-omvormers maakt.

De in de datalogger opgeslagen gegevens kunnen meestal met een PC worden uitgelezen. Dat is handig als u de gegevens langer wilt bewaren en/of bijvoorbeeld bewerken in een spreadsheet.

Sommige dataloggers hebben een internetverbinding. U kunt dan op afstand inloggen en zien hoe uw installatie ervoor staat. Dit kan bijvoorbeeld ook met uw smartphone.

Sommige dataloggers leggen ook storingen vast. In het geval dat er een verbinding is met Internet, wordt een e-mail verstuurd. Over het algemeen geldt hoe geavanceerder hoe duurder. Globaal variëren de prijzen van € 200 tot € 800,- of hoger.

3.4 ELEKTRISCHE INSTALLATIE

De elektriciteit die opgewekt wordt, moet terugvloeien naar de elektrische huisinstallatie. Met andere woorden er dient een elektrische koppeling te komen tussen de PV-installatie en de groepenkast die in de meterkast zit.

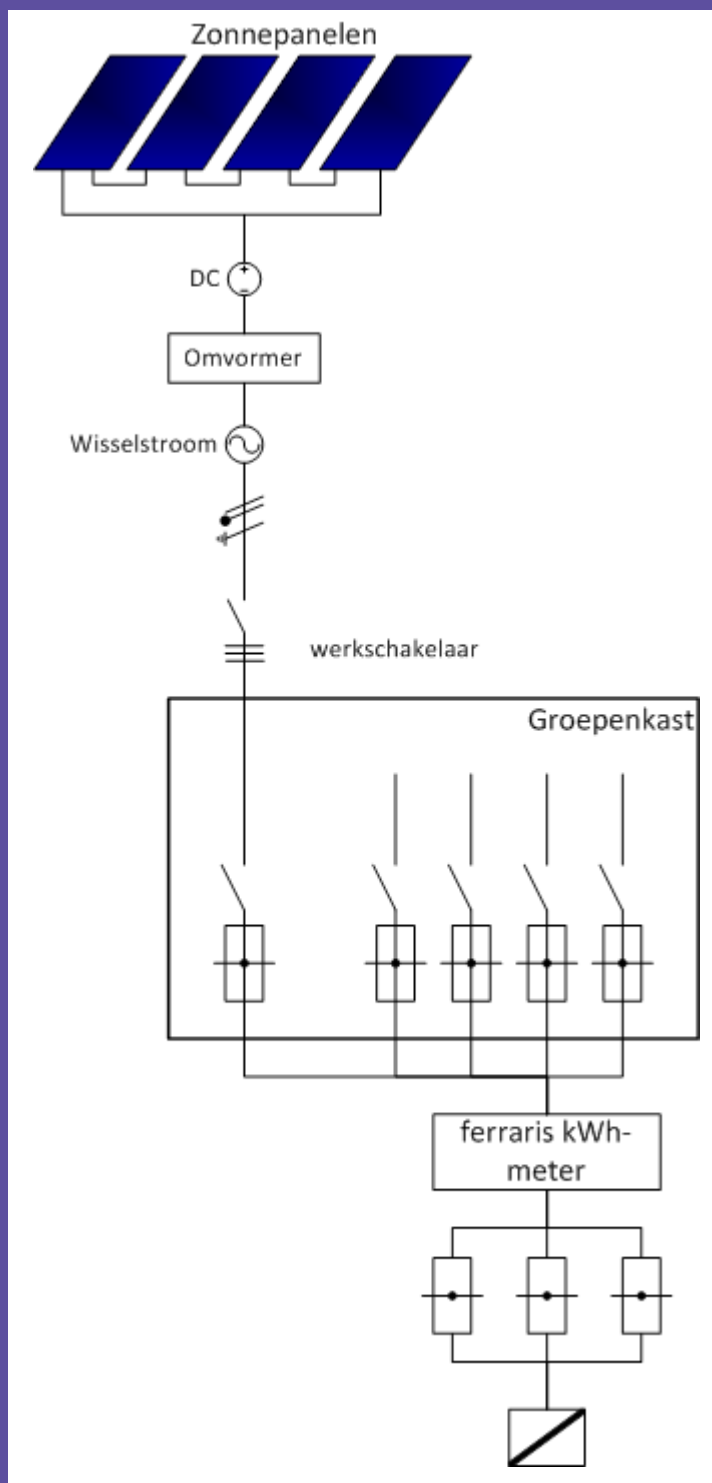
De netwerkbeheerder, bijvoorbeeld Liander of Enexis, stelt eisen aan de koppeling van de PV-installatie. Op aanvraag stuurt Enexis een informatiepakketje toe hoe een en ander technisch uitgevoerd moet worden. Een goede installateur is op de hoogte van dergelijke eisen en houdt daar rekening mee. Deze eisen kunt u terugvinden op de website van uw netwerkbeheerder, bijvoorbeeld www.enexis.nl, of www.zelfenergieproduceren.nl.

In het kort komt het erop neer dat hoe groter de PV-installatie, hoe groter het opgewekt vermogen is en hoe meer aandacht nodig is voor de aansluiting op een elektrische huisinstallatie.

De grootte van de hoofdaansluiting bepaalt ook de maximale grootte van een PV-installatie die aangesloten mag worden. Ook dit wordt bepaald door de netwerkbeheerder.

Voor de maximale grootte van een aan te sluiten PV-installatie hanteert Enexis tabel 1.

De PV-installatie dient altijd twee niveau's lager te worden afgezekerd dan uw hoofdzekering (conform NEN1010). Als u meerdere installaties heeft zal de hoofdzekering veelal bepalend zijn voor de grootte van de installatie die aangesloten kan worden.



Figuur 5

Voorbeeld eendraadsschema voor een drie fasen aansluiting

Het is aan te bevelen om contact op te nemen met uw netwerkbeheerder en/of installateur om na te gaan wat maximaal aangesloten mag worden in uw situatie en hoe dat het beste gerealiseerd kan worden. Met uw installateur kunt u nagaan welke aanpassingen aan uw meterkast/elektrische installatie zonodig verricht dienen te worden.

Voor de volledigheid: in de NEN1010 rubriek 712 'Fotovoltaïsche voedingssystemen' is een overzicht gegeven van de technische eisen waar aan voldaan moet worden (bedrading, aardlekbeveiliging, werkschakelaar om spanningloos aan installatieonderdelen te kunnen werken).

Een elektrische installatie met haar voorzieningen kan schematisch vastgelegd worden in een tekening. Dit wordt een eendraads elektriciteitsschema genoemd. Een voorbeeld daarvan is weergegeven in figuur 5.

Het is verstandig aan de installateur een dergelijk schema te vragen, zodat u weet hoe een en ander is geschakeld en welke voorzieningen getroffen zijn.

4 ENERGIE-OPBRENGST

4.1 PLAATSING VAN ZONNEPANELEN

Zonnepanelen dienen op zonnrijke plaatsen opgesteld te worden. Een schuine opstelling is hierbij van belang omdat ze dan het meeste zonlicht opvangen.

Dit kan relatief makkelijk op een schuin dak (zadeldak). Een zadeldak gericht op het zuiden is ideaal.

4.1.1 INSTRALINGSSCHIJF

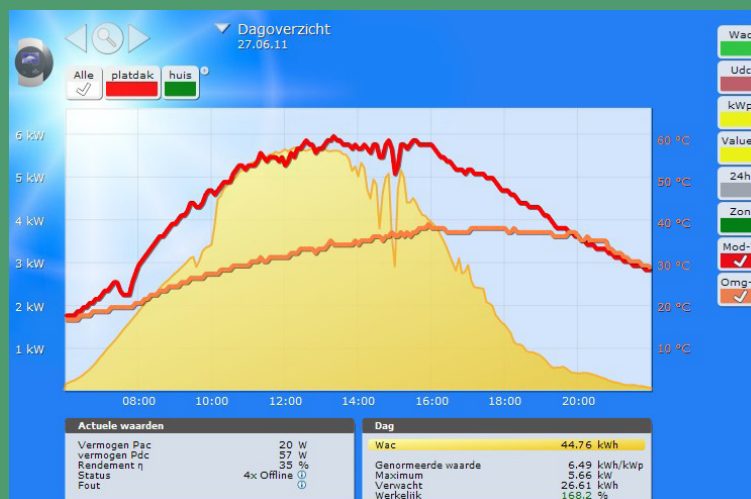
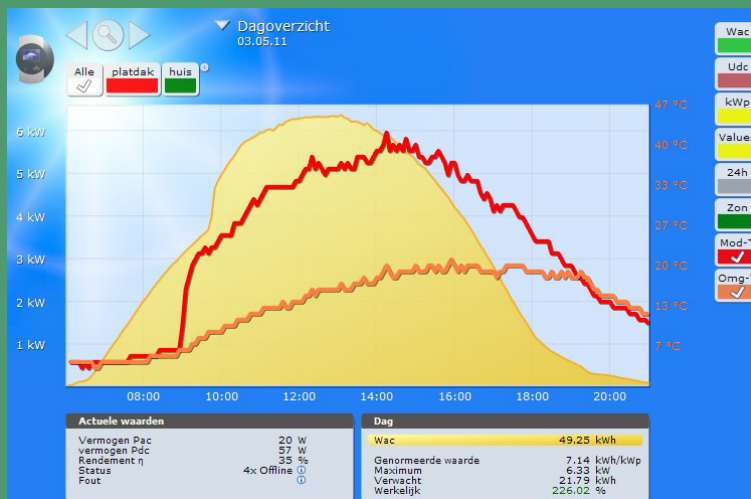
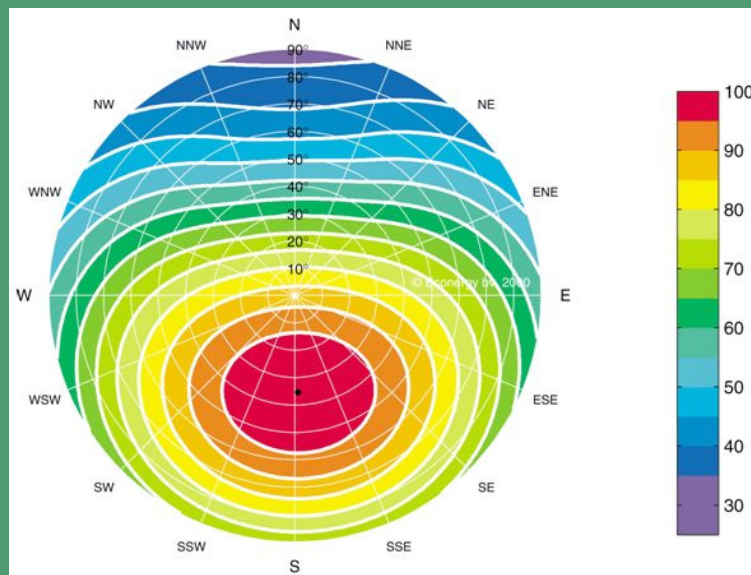
De elektriciteitsopbrengst is afhankelijk van het aantal zonne-uren en de opstelling van de zonnepanelen ten opzichte van de zon. Bij een ideale opstelling is in Nederland een opbrengst mogelijk van 850 – 900 kWh per kW-piek opgesteld vermogen.

Met behulp van de instralingsschijf (figuur 6) kunt u zelf nagaan wat de te verwachten opbrengst zal worden. Met behulp van een dergelijke schijf kan een opbrengstpercentage worden bepaald op basis van de opstelling van de panelen.

Het vergt enige oefening maar bij een opstelling van zonnepanelen pal op het zuiden (de *azimuth* is dan 0° graden) met een hellingshoek van de panelen tussen de 14° en 58° is de opbrengst meer dan 95%. De ideale hellingshoek is ongeveer 35°. In de rechter kolom zijn de opbrengstpercentages per kleur weergegeven.

Alle opstellingen die een opbrengst geven van meer dan 90% zijn minimaal goed te noemen. In die gevallen wordt de opbrengst dus 90% van 850 kWh is dus minimaal 765 kWh per jaar. Het betreft een conservatieve schatting.

Figuur 6
Instaltingsschijf



Figuur 7
Typische opbrengstgrafiek van een tweetal zomerse dagen

4.1.2 SCHADUWEEFFECT

Belangrijk bij de keuze van de plaats is dat er geen schaduw valt op de panelen. Dit kan de opbrengst ernstig belemmeren. Door schaduwwerking werkt een individueel paneel namelijk als een weerstand. Omdat meestal meerdere panelen in serie in een string geschakeld zijn, heeft dit (negatieve) invloed op de gehele string. Schaduwen van schoorstenen en dakkapellen enzovoort belemmeren de opbrengst. Met andere woorden lang niet alle dakoppervlaktes zijn geschikt voor het plaatsen van panelen.

4.2 TEMPERATUURSINVLOED

In figuur 7 is het effect van de buitentemperatuur op het maximaal opgewekt vermogen weergegeven voor een installatie met een geïnstalleerd piekvermogen van 7,1 kW-piek (30 panelen à 235 W-piek). In het voorbeeld zijn de opbrengsten van 3 mei 2011 en 27 juni 2011 met elkaar vergeleken.

Het gele vlak presenteert de elektriciteitsopbrengst verspreid over de dag. De oranje lijn geeft de omgevingstemperatuur weer en de rode lijn de paneeltemperatuur.

Op 3 mei bedraagt het maximale opgewekt vermogen 6,3 kW en op 27 juni is dat 'slechts' 5,4 kW. Daarbij moet gerealiseerd worden dat de stand van de zon op 27 juni gunstiger is dan op 3 mei. Toch is het maximaal opgewekt vermogen lager. Dit verschil met 0,9 kW is fors te noemen.

De oorzaak van de lagere opbrengst is gelegen in de paneeltemperatuur. Hogere paneeltemperaturen hebben tot gevolg dat er minder elektrische energie wordt opgewekt.

4.3 BENODIGD AANTAL PANELEN

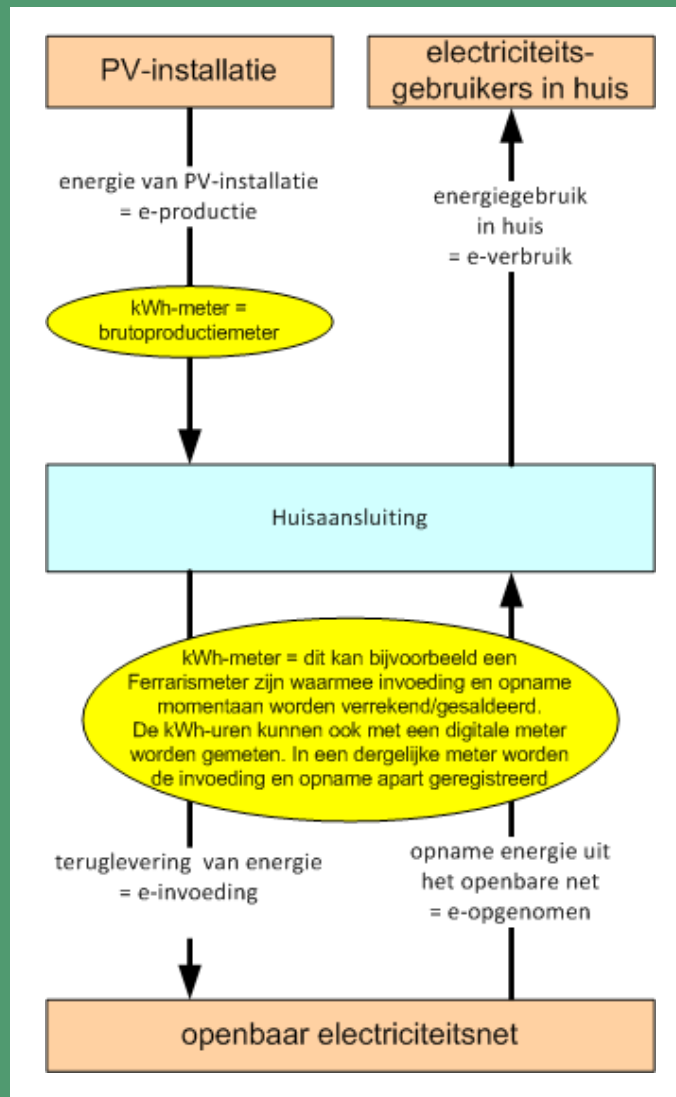
Wilt u uw hele elektrisch energieverbruik zelf opwekken met PV-panelen dan kunt u met de volgende formule het aantal panelen berekenen dat nodig is.

$$\frac{\text{energieverbruik [kWh/j]}}{0,85 \times \frac{\text{instalingsrendement [\%]}}{100} \times \text{paneelpiekvermogen [Watt]}}$$

met als rekenvoorbeeld:

$$\frac{3.000 \text{ [kWh/j]}}{0,85 \times \frac{95}{100} \times 230} = 14,2 \text{ panelen afgerond } 14 \text{ panelen}$$

De huidige generatie panelen hebben een vermogen van 150 – 250 Watt-piek. In het rekenvoorbeeld is uitgegaan van 230 W-piek panelen.



Figuur 8
Schema elektrische aansluiting

4.4 METEN EN VERREKENEN VAN DE ELEKTRICITEIT

Stel dat u stroom opwekt en op hetzelfde moment evenveel elektriciteit gebruikt dan wordt dit door de elektriciteitsmeter niet opgemerkt. Immers de geproduceerde elektriciteit wordt meteen verbruikt en er passeert geen stroom de elektriciteitsmeter. De elektriciteitsmeter zit namelijk tussen uw huisinstallatie en het openbare net.

Meestal is de hoeveelheid opgewekte stroom niet gelijk aan het verbruik. De elektriciteitsproductie in de zomer is overdag groter dan het verbruik (een en ander afhankelijk van de grootte van een PV-installatie). 's-Nachts, evenals in de winter, is de situatie omgekeerd.

Het separaat meten van de hoeveelheid opgewekte energie is alleen verplicht wanneer gebruik wordt gemaakt van de SDE-subsidie (die inmiddels voor particulieren vervallen is). Een elektriciteitsmeter die wordt geïnstalleerd voor dit laatste heet een 'brutoproduktiemeter'.

In het schema van figuur 8 is een en ander uiteen gezet.

In de tekening zijn de energiemeters weergegeven tussen de huisaansluiting en het openbare elektriciteitsnet. In de praktijk zijn de energiemeters onderdeel van de huisaansluiting. In het schema wordt bewust gekozen voor de vier begrippen van 'elektriciteitsproductie', 'elektriciteitsverbruik', 'elektriciteit invoeding' en 'elektriciteit opgenomen'.

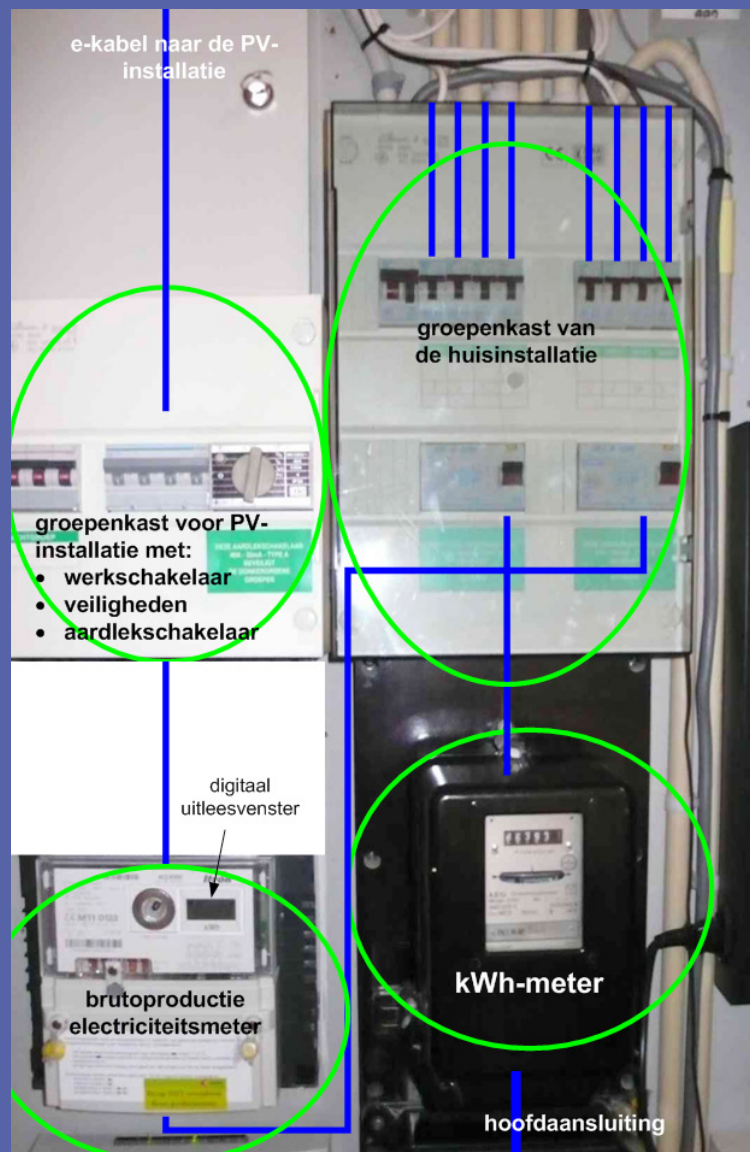
Maakt u gebruik van een **draaischijfmeter** (oftewel een **Ferraris-meter**) zonder teruglooppal, dan hoeft er niets veranderd te worden aan de meetinrichting. Is de elektriciteitsproductie groter dan het elektriciteitsverbruik dan draait de meter terug.

De netwerkbeheerder kan, in het geval dat u beschikt over een Ferraris-meter, u niet verplichten om een andere meter te installeren, zolang:

- de elektrische situatie veilig is;
- het jaarverbruik groter is dan dat wat er opgewekt wordt.

Heeft u een digitale elektriciteitsmeter die eventueel terug geleverde (ingevoede) kWh niet kan meten of niet 'terugtelt' dan moet deze worden vervangen. Teveel geleverde kWh worden weliswaar ook via dit type meter teruggeleverd aan het net, maar de hoeveelheid wordt niet gemeten en/of vastgelegd. Dit betekent dat de teruggeleverde kWh niet in mindering worden gebracht op uw rekening. Dat is natuurlijk niet de bedoeling.

Bij een moderne **digitale elektriciteitsmeter** wordt honderden malen per seconde gekeken hoe het saldo is tussen opwekking en opname. Is de opwekking groter dan de opname over dat zeer kleine tijdsinterval, dan wordt het verschil weggeschreven naar het 'teruglever'-geheugen (= elektriciteit invoeding); is de opname groter dan de productie dan wordt het verschil weggeschreven naar het 'opname'-geheugen (= elektriciteit opgenomen).



Figuur 9
Opstelling elektriciteitsmeters in een meterkast

Een moderne digitale elektriciteitsmeter kan ook nog onderscheid maken tussen dag- en nachturen. Er is dus sprake van vier situaties:

- de kWh die worden opgenomen tijdens de daguren;
- de kWh die worden opgenomen tijdens de nachturen;
- de kWh die worden teruggeleverd tijdens de daguren;
- de kWh die worden teruggeleverd tijdens de nachturen.

In werkelijkheid heeft een digitale elektriciteitsmeter maar één LCD-uitleesvenster. Om de circa 10 seconden laat het venster een andere tellerstand zien, die correspondeert met één van de bovengenoemde vier situaties.

De tellerstand van de vier geschetste situaties wordt opgeslagen in een digitaal geheugen van de elektriciteitsmeter.

In figuur 9 is een foto gegeven van een meterkast. Met blauwe lijnen is aangegeven hoe de elektriciteitskabels lopen.

Heeft een moderne digitale meter voor- en/of nadelen ten opzichte van een (reeds aanwezige) Ferraris-meter?

In sommige gevallen heeft dat inderdaad voordelen. Bij een Ferraris-meter wordt de hoeveelheid opgewekte en verbruikte energie continue verrekend oftewel gesaldeerd.

Een Ferraris-meter wordt éénmaal per jaar afgelezen en de stand wordt doorgegeven.

De tellerstand die u doorgeeft aan de elektriciteitsmaatschappij is in feit een salderingsresultaat. Immers, het betreft een meterstand die resulteert na continue saldering. Met een Ferrarismeter is de absolute hoeveelheid *ingevoede* kWh en de *opgenomen* kWh niet bekend. Met een moderne digitale meter is dit wel het geval.

Het installeren van een nieuwe meter, door de netwerkbeheerder, kost u bovendien ongeveer € 80- 110,-. Een elektriciteitsmeter blijft eigendom van de netwerkbeheerder en wordt gehuurd. Het huurbedrag zal waarschijnlijk niet wijzigen als u een andere elektriciteitsmeter 'neemt'.

Eenmaal per jaar dient de stand van alle telwerken doorgegeven te worden. Vervolgens geeft de elektriciteitsleverancier deze standen door aan de netwerkbeheerder. De standen worden in de administratie van de elektriciteitsleverancier (en de netwerkbeheerder) met elkaar verrekend (gesaldeerd).

Volgens de wet² hoeft door een elektriciteitsleverancier niet meer dan 5.000 kWh gesaldeerd te worden. In alle gevallen geldt dat maximaal het eigen gebruik wordt gesaldeerd. Is uw productie groter dan het eigen gebruik dan dient de elektriciteitsleverancier een redelijke vergoeding³ voor het meerdere te betalen.

Met andere woorden elektriciteit die opgewekt wordt, mag u tot 5.000 kWh 'wegstrepen' tegen het normale jaarverbruik. Levert u méér terug dan u inkoopt, dan zal in de regel alleen een brandstofvergoeding worden betaald. Die komt overeen met ongeveer € 0,10 per kWh.

² Elektriciteitswet 1998 (versie 03-08-2011), art 31c

³ Elektriciteitswet, art 95c, derde lid

In het geval van een Ferraris-meter heeft de elektriciteitsleverancier geen afzonderlijke informatie over de 'opgenomen' en 'ingevoerde-kWh' en kan dus niet administratief salderen. In de jaarlijks opgenomen meterstand is de opname en teruglevering al verwerkt (een Ferrarismeter saldeert continue). Het gevolg is dat niet getoetst kan worden aan de 5.000 kWh-salderingsgrens en dus over het eventuele meerdere niet gesaldeerd hoeft te worden.

Over het algemeen speelt deze kwestie alleen bij situaties waarin het verschil tussen de jaarlijks opgewekte energie en het eigen verbruik groot is. Daarbij kan gedacht worden aan:

- grotere PV-installaties (installaties groter dan 20 PV-panelen);
- huisaansluitingen die verschillen tussen momentaan opgenomen kWh en teruggeleverde kWh relatief groot zijn. Met andere woorden de tellerstanden van het 'teruglever-venster' en het 'opname-venster' lopen stevig op zodat er een reëel risico is van overschrijding van de salderingsgrens.

Kortom door een (goed functionerende) Ferrarismeter te laten zitten bespaart u installatiekosten en heeft u geen problemen met de wettelijke salderingsgrens (wat alleen speelt bij grote PV-installaties).

5 INVESTERINGEN EN EXPLOITATIE

De in dit hoofdstuk genoemde bedragen zijn allen inclusief BTW.

5.1 INVESTERING

PV-installaties zijn nog steeds kostbaar maar er is sprake van een dalende prijs. Dit heeft te maken met het grote aanbod van zonnepanelen (onder andere vanuit China) en het feit dat subsidieregelingen, in Nederland en omliggende landen, ongunstiger worden en leveranciers meer moeite moeten doen om de afzet van hun PV-panelen op peil te houden.

Tabel 2 geeft een indicatie van het prijsverloop.

	prijs in € per W-piek (all in)
december 2010	3,4
zomer 2010	3,0
november 2011	2,4

Tabel 2 Prijsverloop PV-installaties

Prijsniveau juni 2012:

€ 2,05/Wp (incl BTW en montage) voor Europese panelen
 € 1,89/Wp (incl BTW en montage) voor Chinese panelen (A-kwaliteit)

Prijsniveau februari 2013

De laatste 2 bladzijden van dit boekje bevatten een recent overzicht (februari 2013) van prijzen van PV-installaties voor pannendaken, platte daken en golfplattendaken. Het betreffen all-in prijzen (dwz compleet geïnstalleerd en inclusief BTW, maar exclusief eventuele subsidie). Afhankelijk van uw situatie kunnen de prijzen afwijken. De prijzen zijn gebaseerd op Europese panelen.

Hoe kleiner de installatie hoe (relatief) duurder de installatie is als de prijs uitgedrukt wordt in Euro's per Wattpiek. Als de panelen en de rest van de installatie zelf opgehaald en geïnstalleerd worden, kan dat een besparing opleveren van 10-20%.

Een PV-installatie van circa 1,5 kWp komt uit op een investering uit op € 4.000,-. Voor dit bedrag wordt de installatie geleverd, geïnstalleerd en in bedrijf genomen (dus turn-key). Grote installaties, bijvoorbeeld van 20 panelen of groter, geven een voordeel van 3-5%. Bedenk wel dat bij grotere installaties soms aanpassingen aan het huis nodig zijn. Dit kunnen bouwkundige aanpassingen zijn maar ook elektrotechnische aanpassingen in de meterkast.

Voor een complete installatie is geen eenheidsprijs te geven.

De installatie-prijs hangt samen met:

- soort, fabrikaat en afwerking van de PV-panelen;
- soort en aantal omvormers (wordt bepaald door de indeling en het aantal strings);
- bouwkundige voorzieningen, bijvoorbeeld de bevestigingsconstructie voor op het dak (zadeldak en/of platdak) en dakdoorvoeren;
- de afstand tussen de panelen en omvormers enerzijds en omvormers en meterkast anderzijds. Dit aspect heeft namelijk invloed op de lengte van de bekabeling;
- de bereikbaarheid van het dak en de voorzieningen die een installateur moet treffen om de installatie aan te brengen (steiger, hoogwerker, enz);
- eventuele aanpassingen aan uw meterkast.

5.2 EXPLOITATIEKOSTEN

In deze paragraaf zijn de exploitatiekosten, die bestaan uit opbrengsten en kosten, uitgewerkt. In paragraaf 5.3 wordt vervolgens de terugverdientijd berekend.

5.2.1 OPBRENGSTEN

Door zelf elektriciteit op te wekken wordt bespaard op de inkoop.

De inkoopkosten bestaan uit:

- de kale kWh-prijs (ook wel commodity genoemd);
- de netwerkkosten;
- energielasting.

De belangrijkste componenten hiervan, de *commodity* en de energielasting, bedragen thans (prijspeil 2011) zo'n € 0,23 per kWh. Daarnaast dienen ook de netwerkkosten nog betaald te worden. Deze bestaan uit: levering vastrecht, transport en meterhuur.

De verwachting is dat de energieprijs de komende jaren zal stijgen met 6% per jaar. Wordt er meer opgewekt dan het eigen verbruik dan worden de extra kWh teruggeleverd aan het net. U krijgt daarvoor de kale kWh-prijs. Dit is zo'n € 0,10 per kWh. Het verschil is met € 0,13 per kWh fors. Dit betekent dat het over het algemeen niet verstandig is om meer elektriciteit op te wekken dan het eigen verbruik.

Uitgaande van een installatie van 4,6 kW-piek is de investering ca € 10.500,- tot € 11.500 (inclusief leveren, aanbrengen/montage en in bedrijfname; prijsspeil 11/2011). Bij een ideale opstelling wordt met een dergelijke installatie jaarlijks circa 3.900 kWh opgewekt.

De opbrengst is € 897,-.

Een snel rekensommetje zegt dat de installatie in circa 12 jaar is terugverdiend.

In werkelijkheid ligt deze rekensom iets genuanceerder/ingewikkelder, wat hierna wordt uitgelegd.

De opbrengst van zonnepanelen gaat in de loop van de jaren achteruit. Voor de huidige generatie panelen is dat 0,7% per jaar. Met andere woorden een paneel van 230 W-piek heeft over een jaar een vermogen van 228,4 Wattpiek. Dit lijkt niet veel, maar omdat panelen (minimaal) 30 jaar meegaan is tegen die tijd het vermogen 186 W-piek. Dit is een verlies van ongeveer 20%.

Rekenvoorbeeld

Met een voorbeeld wordt de opbrengst van een PV-installatie berekend. In de berekening zijn de volgende factoren meegenomen:

- 0,85 - 0,9: opbrengstfactor. De overheid gaat ervan uit dat In Nederland een PV-installatie met een vermogen van 1.000 W-piek op jaarbasis 850 kWh oplevert, vandaar de factor van 0,85. Dit is een voorzichtige inschatting. In de praktijk blijkt dat deze factor ongeveer 0,9 is;
- opstellingsfactor die bepaald kan worden met een instralingsschijf. Bij een 100% ideale opstelling is deze factor 1. Ervan uitgaande dat de meeste zonnepanelen opgesteld worden met een azimuth van plus of minus 45o en een hellingshoek tussen de 20 en 50o bedraagt de opstellingsfactor minimaal 0,95;
- voor de panelen wordt een afschrijvingsperiode gehanteerd van 30 jaar en voor de omvormer een periode van 10 jaar;
- een jaarlijkse prijsstijging van de elektriciteit van 6%.

Een PV-installatie, bestaande uit 20 panelen met een 230 W-piek, met een bijna ideale opstelling, levert de volgende hoeveelheid elektriciteit op:

- jaar 1: $0,9 \times 0,95 \times 20 \times 230 = 3.930$ kWh per jaar;
- jaar 15: $90,7 \% \times 3.930 = 3.562$ kWh per jaar;
- jaar 30: $81,6 \% \text{ van } 3.930 = 3.206$ kWh per jaar.

De afname is gebaseerd op de teruglopende opbrengst van de panelen.

Een dergelijke PV-installatie genereert in het eerste jaar een opbrengst van: € 904,- (gebaseerd op € 0,23 per kWh). In het 15-e jaar is dit € 1.851,- en in het 30-e jaar € 3.992,- per jaar. De opbrengst van de opgewekte energie vertegenwoordigt over de gehele periode een bedrag van € 62.739,-.

Het totale opgewekte vermogen van de PV-installatie over een periode van 30 jaar is 106.761 kWh. In deze waarde is rekening gehouden met een paneeldegradatie van 0,7% per jaar. Gemiddeld is de productie over de gehele periode 3.559 kWh per jaar.

5.2.2 KOSTEN

Een exacte levensduur van zonnepanelen is niet te geven. De eerste generatie panelen bestaat ongeveer 30 jaar. De verwachting is dat de huidige generatie dat minimaal zal evenaren.

Wanneer gerekend wordt met een afschrijvingsperiode van 30 jaar en een fictieve rente van 3,0% (4,2% voor een 5 jaars deposito bij de bank minus de vermogensrendementsbijtelling van box 3 met 1,2%; ervan uitgaande dat voor dit laatste geen vrijstelling aanwezig is) dan geldt ten aanzien van de kosten:

1. een investering van de € 11.000,-, gebaseerd op een PV-installatie van 4,6 kW-piek;
 2. een afschrijving van € 310,-/j voor de zonnepanelen en € 150,-/j voor de omvormer (aankoopbedrag € 1.500, levensduur 10 jaar, dus € 150,- per jaar afschrijving);
 3. een gedeelde rente van € 176,-/j (3% over de helft van het geïnvesteerde vermogen).
- Uiteraard wordt deze situatie ongunstiger wanneer geld geleend moet worden;

4. onderhoud. Een PV-installatie bevat geen bewegende onderdelen. Het onderhoud is daardoor minimaal. De kosten worden voorzichtig ingeschat op € 55,- per jaar (0,5% van het geïnvesteerde bedrag);
5. totale kosten: € 691,- per jaar.

5.2.3 TERUGVERDIENTTIJD

De terugverdientijd kan berekend worden met de volgende rekenformule:
de investering/(opbrengst minus kosten).

Dit levert de volgende rekensom op:

$\text{€ } 11.000,- / ((62.739 - 30 \times 691)/30) = 7,9 \text{ jaar (afgerond 8 jaar).}$

6 OFFERTE AANVRAAG

In dit hoofdstuk is een lijst van punten opgesteld die van belang zijn voor de aanvraag van een offerte.

1. Op welk dak wilt u de panelen aanleggen? Is het een zadeldak? Ga in dat geval de ligging na ten opzichte van de zuid-pijl. Een afwijking naar het westen wordt een positieve en een afwijking naar het oosten wordt een negatieve azimuth genoemd.
2. Bepaal de helling van uw dak. Met behulp van de hellingshoek en de azimuth kan met een instralingsschijf het jaarlijkse instralingsrendement voor uw situatie bepaald worden;
3. Bepaal welk vlak van het zadeldak geschikt is voor de panelen zonder dat één of meerdere panelen last hebben van schaduwwerking (bomen, dakkapel, uitlaten, schoorstenen). Panelen kunnen horizontaal (landscape) of verticaal (portrait) gemonteerd worden. Een gangbare afmeting voor een PV-paneel is circa 1,6 x 1,1 m.
4. Maak voldoende foto's van uw situatie en stel deze beschikbaar aan de installateur zodat deze weet hoe de bereikbaarheid is en met welk materieel hij moet rekenen (steiger, hoogwerker).
5. Bepaal het elektriciteitsverbruik in kWh per jaar (voor het heden en maak een prognose voor de nabije toekomst). Méér energie opwekken dan dat u zelf verbruikt is niet aan te bevelen. Dat levert een hoop gedoe op met de elektriciteitsleverancier. Bij een verbruik van 4.000 kWh kunt u dan installeren $4.000/0,85 = 4.700$ Watt piekvermogen. Uitgaande van 230 Watt-piek per paneel zijn dit circa 20 panelen (naar beneden afgerond). Afhankelijk van uw aansluiting op het openbare net kan dit vermogen wel/niet verwerkt worden op één omvormer. U kunt dit het beste overleggen met uw installateur.
6. Info aan te leveren benodigd voor opstellen van een offerte:
 - foto's aanzicht van dak, cv-ruimte, meterkast;
 - afmetingen dakvlak bestemd voor panelen;
 - situering omvormer (bijvoorbeeld in dezelfde ruimte als de cv-ketel);
 - hoeveel panelen dat u wilt en/of de hoeveelheid elektriciteit die opgewekt moet worden.
7. Geef aan of u zwarte panelen dan wel aluminiumkleurige panelen wilt hebben (en/of andere speciale wensen).

8. Naar wens kan een datalogger geleverd worden. Een goede en betaalbare is een Sunnybeam (de omvormer dient daartoe wel een Bluetooth-verbinding te hebben).
9. Ga na of het kabeltrace tussen de plaats waar de omvormer opgesteld wordt en de meterkast voorzien is van een elektriciteitsleiding en installatiedraad (VD-draad bruin, blauw, zwart en geel/groen). Is dat niet het geval ga dan samen met een installateur na hoe dit het beste opgelost kan worden.
10. Ga in de meterkast na met welke zekering de groep waarop de omvormer moet komen uitgerust is.

Vraag een offerte aan op basis van: leveren, installeren/aanbrengen, aansluiten en in bedrijf stellen van een PV-installatie.

De offerte dient voorzien te zijn van:

1. beschrijving van de PV-installatie:
 - a. fabrikaat en eigenschappen panelen (waaronder vermogen in Watt-piek);
 - b. fabrikaat en eigenschappen omvormer(-s) met een prognose van het rendement en de opbrengst waarbij rekening is gehouden met de situatie ter plaatse;
 - c. wijze van bevestiging van de panelen op het zadeldak en/of platdak alsmede het soort materiaal dat toegepast wordt (bij voorkeur RVS304 en/of aluminium);
 - d. plaats waar de omvormer(-s) komen te hangen;
 - e. soort bekabeling en connectoren;
 - f. wel/geen datalogger met beschrijving en functionele eigenschappen
2. levertijd en doorlooptijd van de montage tot en met in bedrijfstelling;
3. prijsstelling;
4. kwaliteit toegepast materialen (bekabeling en bevestigingsmaterialen);
5. garantiestelling op de *hardware* (panelen en omvormer separaat);
6. garantiestelling op de installeringswerkzaamheden;
7. betalingsvoorwaarden.

Laat de installateur/leverancier aangeven of de meterkast aangepast dient te worden en welke kosten dat met zich meebrengt. Tevens dient de installateur aan te geven of voor de installatie de goedkeuring nodig is van uw netwerkbeheerder;

Tevens wordt in een goede offerte aangegeven óf en welke bouwkundige aanpassingen verricht dienen te worden.

7 HANDIGE WEBSITES

<http://science.howstuffworks.com/environmental/energy/solar-cell4.htm>

<http://www.solarnrg.nl/prijzen-zonnepanelen/prijzen-zonnepanelen-sharp-nd-r240-a5/prijzen-zonnepanelen-sharp-nd-r240-a5> (voor recente indicatieve prijzen)

http://www.consuwijzer.nl/Ik_wil_advies_over/Energie/Duurzame_energie/Teruglevering_van_energie

<http://www.test.de/themen/umwelt-energie/test/Photovoltaik-Geld-verdienen-mit-eigenem-Strom-1371581-1371662/default.ashx?sort=3>

http://www.photon.de/presse/grafiken_modulpreisindex.htm Het betreft een verwijzing naar Photon, een gerenommeerd Duits vakblad over zonne-energie.

http://www.photon.info/photon_home_en.photon Bevat links naar databases waarin veel , heel veel informatie over omvormers en zonnepanelen is opgenomen.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php> een handige site om het exacte aantal zonne-uren op een bepaalde locatie te berekenen

http://www.zelfenergieproduceren.nl/?utm_source=enexis&utm_medium=tekstlink&utm_content=zep.enexis.tekstlink&utm_campaign=enexis: website van netwerkbeheerder Enexis

<http://www.meermetminder.nl/178/energie-besparen-met-mmm/subsidies-en-financiering/mmm-subsidies.html> website die informatie geeft over subsidies. Informeer ook bij uw gemeente. Sommige gemeenten verstrekken subsidie voor duurzame energie.

8 LEVERANCIERS

Op verzoek van geïnteresseerden zijn in dit hoofdstuk enkele potentiële leveranciers vermeld. Het aantal installateurs dat PV-installaties levert en installeert is enorm.

In mijn aanbestedingsproces zijn bij aanvang maar liefst zeven bedrijven betrokken, wat ik achteraf niemand zou willen aanraden. Op basis van een groot aantal criteria zijn, voor mijn situatie, een tweetal bedrijven als beste naar voren gekomen:

- Schulz Systemtechnik <http://nl.schulz.st/> (Schwolgen)
- Nexten: <http://www.nexten.eu/Pages/default.aspx> (Etten-Leur)

In de beoordeling heb ik naast deskundigheid en prijsstelling de aspecten klantvriendelijkheid en communicatie zwaar laten wegen.

Aansprakelijkheid

De auteur heeft dit boek geschreven met als doel om kennis inzake zonnepanelen te verspreiden en geïnteresseerden te voorzien van informatie die behulpzaam kan zijn bij de aanschaf van een PV-installatie.

De auteur aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor schade ontstaan door eventuele fouten en/of onvolkomendheden in dit boek.

De auteur adviseert om bij twijfel contact op te nemen met de netwerkbeheerder, uw energie-leverancier dan wel een terzake deskundig elektrotechnisch bedrijf.

Deze zijn op hoogte van de laatste stand van zaken van zowel techniek als wet- en regelgeving.

COLOFON

Best, december 2011 update: jan 2013

UITGAVE BACO-adviesbureau BV en Watercollectief BV, BEST

AUTEUR Joop Baltussen

telefoon: 0499-329444

e-mail: j.baltussen@baco.nl



Prijsniveau PV-installatie (februari 2013)

Aantal zonnepanelen op basis van 250 Wp per stuk	Wp-vermogen van de PV- installatie in Watt-piek	PV-installatie op pannendak		PV-installatie op platdak		PV-installatie op een golfplattendak	
		Prijs incl 21% BTW, ex subsidie in €	€/Wp	Prijs incl 21% BTW, ex subsidie in €	€/Wp	Prijs incl 21% BTW, ex subsidie in €	€/Wp
6	1500	€ 3.732	€ 2,49	€ 4.050	€ 2,70	€ 3.756	€ 2,50
7	1750	€ 4.112	€ 2,35	€ 4.467	€ 2,55	€ 4.140	€ 2,37
8	2000	€ 4.355	€ 2,18	€ 4.747	€ 2,37	€ 4.387	€ 2,19
9	2250	€ 4.984	€ 2,22	€ 5.413	€ 2,41	€ 5.020	€ 2,23
10	2500	€ 5.228	€ 2,09	€ 5.694	€ 2,28	€ 5.268	€ 2,11
11	2750	€ 5.498	€ 2,00	€ 6.049	€ 2,20	€ 5.542	€ 2,02
12	3000	€ 5.757	€ 1,92	€ 6.345	€ 2,12	€ 5.805	€ 1,94
13	3250	€ 6.000	€ 1,85	€ 6.625	€ 2,04	€ 6.052	€ 1,86
14	3500	€ 6.259	€ 1,79	€ 6.920	€ 1,98	€ 6.315	€ 1,80
15	3750	€ 6.503	€ 1,73	€ 7.201	€ 1,92	€ 6.562	€ 1,75
16	4000	€ 6.780	€ 1,70	€ 7.534	€ 1,88	€ 6.843	€ 1,71
17	4250	€ 7.566	€ 1,78	€ 8.387	€ 1,97	€ 7.633	€ 1,80
18	4500	€ 7.809	€ 1,74	€ 8.667	€ 1,93	€ 7.881	€ 1,75
19	4750	€ 8.068	€ 1,70	€ 8.962	€ 1,89	€ 8.144	€ 1,71
20	5000	€ 8.621	€ 1,72	€ 9.552	€ 1,91	€ 8.700	€ 1,74
21	5250	€ 8.897	€ 1,69	€ 9.914	€ 1,89	€ 8.981	€ 1,71
22	5500	€ 9.156	€ 1,66	€ 10.210	€ 1,86	€ 9.243	€ 1,68
23	5750	€ 9.400	€ 1,63	€ 10.490	€ 1,82	€ 9.491	€ 1,65
24	6000	€ 10.416	€ 1,74	€ 11.543	€ 1,92	€ 10.511	€ 1,75
25	6250	€ 10.660	€ 1,71	€ 11.823	€ 1,89	€ 10.759	€ 1,72
26	6500	€ 10.937	€ 1,68	€ 12.186	€ 1,87	€ 11.039	€ 1,70
27	6750	€ 11.196	€ 1,66	€ 12.481	€ 1,85	€ 11.302	€ 1,67
28	7000	€ 11.439	€ 1,63	€ 12.762	€ 1,82	€ 11.550	€ 1,65

