

INSTALLEREN VAN FOTOVOLTAISCHE SYSTEMEN

Beknopte praktische handleiding

INHOUDSTAFEL

MODULE 1 : RATIONEEL ENERGIEGEBRUIK EEN COMPLEMENTAIRE STAP BIJ HET GEBRUIK VAN FOTOVOLTAÏSCHE ENERGIE	Page (6)
1. Definitie	1
2. Analyse van het energieverbruik van een brussels gezin	2
3. De energiebehoefte van een gebouw terugdringen: isolatie	2
Waarlangs ontsnapt de warmte?	2
Dakisolatie	3
Isolatie van gevels	4
Isolatie van ramen	4
Vloerisolatie	4
Ventilatie	4
4. Energie-efficiëntie	5
De verwarmingsketel	5
Elektrische toestellen	5
5. Meer weten	6

MODULE 2 : STEUNMAATREGELEN, STEDENBOUW & INFORMATIECENTRA	Page (8)
1. Groenestroomcertificaten	1
Definitie	1
Principes et oorsprong	1
Beschrijving van het mechanisme van groenestroomcertificaten	2
Berekening van groenestroomcertificaten	2
Toekenningsperiode van fotovoltaïsche groenestroomcertificaten	3
Geldigheidsduur van de toegekende groenestroomcertificaten	3
Prijs van de fotovoltaïsche groenestroomcertificaten	3
Fiscaliteit en groenestroomcertificaten	3
Procedure voor toekenning en waardebeoordeling van groenestroomcertificaten	3



Wettelijke termijnen	4
Nuttige documenten	4
2. Gewestelijke en gemeentelijke premies	5
Gewestelijke premie	5
Gemeentelijke premie	5
3. Belastingvermindering	5
4. Voorbeelden van financiële berekeningen	6
5. Stedenbouw en fotovoltaïsche zonne-energie	6
6. Bevoegde instanties en informatiecentra	7

MODULE 3 : WERKING EN TECHNOLOGIEËN	Page (10)
1. Werking	1
2. Fotovoltaïsche cel	2
Verschillende technologieën voor fotovoltaïsche cellen	3
Evolutie van de rendementen van verschillende types zonnecellen	6
3. Fotovoltaïsche panelen	8
4. Recyclage van panelen	9
5. De omvormer	9

MODULE 4 : FACTOREN DIE DE PRODUCTIE BEÏNVLOEDEN	Page (9)
1. Globale zonnestraling	1
2. Oriëntatie en hellingsgraad	2
3. De beschikbare oppervlakte in m ² en de aangewende technologie	3
4. Wijze van inplanting of montage	4
5. Schaduw van obstakels (schouwen, technische ruimtes)	4

MODULE 5 : DIMENSIONERING VAN FOTOVOLTAÏSCHE INSTALLATIES	Page (8)
1. Dimensionering van een installatie in functie van de beschikbare oppervlakte en het verbruik	1
2. Dimensionering van de omvormers	2
3. Dimensionering van de gelijkstroombedrading	6
Beveiliging tegen overspanning als gevolg van een storing of kortsluiting	6



Kabeldoormeter en ohmse verliezen in het gelijkstroomdeel	7
Gelijkstroomconnectoren	7

MODULE 6 : INPLANTING VAN FOTOVOLTAÏSCHE INSTALLATIES	Page (11)
1. Installatie op een plat dak	1
Stabiliteit	1
Waterdichtheid	1
Technische oplossingen	2
2. Installatie op een hellend dak	5
Opbouw	5
Integratie	8
3. Integratie in de gevel	9
4. Montage van de installatie	11
5. Montage van de omvormers	11

MODULE 7 : AANSLUITING OP HET ELEKTRICITEITSNET	Page (12)
1. Aanvraag tot aansluiting op het net	1
Aansluiting op hoogspanning	2
Aansluiting op laagspanning	3
2. Aansluiting van de omvormer op het NET: werkwijze	4
3. Elektriciteitsstellers	5
A+/A- of 4 kwadrantenmeter	5
Meting van de netto-elektriciteitsproductie van de fotonvoltaïsche installatie	6
4. Principes van de elektriciteitsmeting	7
Installaties van minder dan 5 kw	7
Installaties met een vermogen tussen 5 en 10kva	8
Installaties van meer dan 10 kva	8
5. Beveiligingen	9
6. Technisch reglement voor het beheer van het elektriciteitsdistributienet	10
7. Normen en reglementeringen	12
Normen en reglementeringen m.b.t. De installateurs	12



Normen en reglementeringen m.b.t. De certificering van de panelen	12
Normen en reglementeringen m.b.t. De elektrische aansluiting	12

MODULE 8 : ONDERHOUD & FOLLOW-UP VAN DE INSTALLATIE	Page (10)
1. Waarborgen	1
Waarborg op materialen	1
Waarborg op de productie	1
2. Herstellingen	2
Preventief onderhoud	2
Verbeterings- en herstellingswerken	5
3. Inventaris van mogelijke problemen	6
Tijdelijke problemen	6
Problemen m.b.t. de cellen	6
Problemen m.b.t. de panelen	7
Andere problemen	8
4. Productiefollow-up (operationele fase)	9

MODULE 9 : RISICOBEBEER	Page (7)
1. Veiligheid tijdens de werken	1
Voorschriften voor werken op hoogte	1
Voorschriften voor werken met gelijkstroom	1
Veiligheidscoördinator	3
2. Bliksem en overspanning	3
Gevolgen van een blikseminslag	3
Andere oorzaken van overspanning	4
Bescherming tegen overspanning	4
3. Brandgevaar	6
Risico's verbonden aan het materiaal	6
Risico's van een onzorgvuldige installatie	7
4. Risico op diefstal	7
Meer weten	7



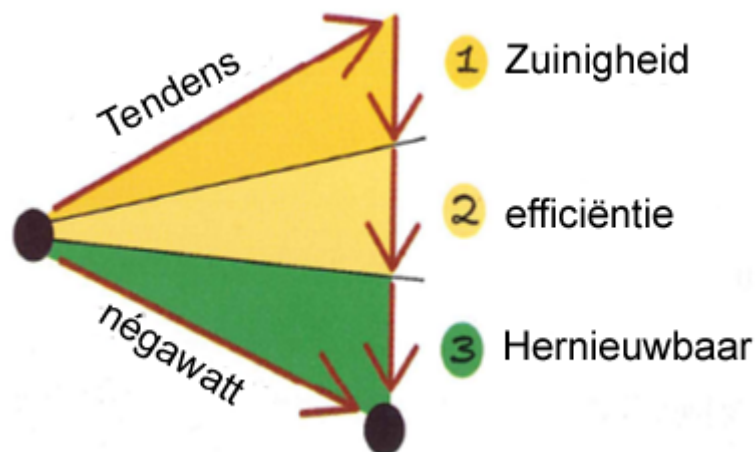


RATIONEEL ENERGIEGEBRUIK EEN COMPLEMENTAIRE STAP BIJ HET GEBRUIK VAN FOTOVOLTAÏSCHE ENERGIE

1. DEFINITIE

Rationeel energiegebruik (REG) kiest voor de oplossingen met het kleinst mogelijke energieverbruik, zoals:

- Het gebruiken van een energie-efficiënte uitrusting
- Het gebruiken van een energie-efficiënte infrastructuur
In een verspreid woongebied bestaat er een grote behoefte aan vervoersmogelijkheden voor de bewoners. Het openbaar vervoer wordt inefficiënt, omdat de infrastructuur uitbreidt en daardoor de werkingskosten stijgen.
- De voorkeur geven aan materialen en diensten met een bepaalde energie-inhoud
Het totale energieverbruik van een bepaalde dienst omvat niet alleen de energie die voor de betreffende dienst wordt verbruikt (zich verwarmen, zich verplaatsen, zich met allerlei activiteiten bezighouden), maar ook de energie die zit vervat in de gebruikte voorwerpen, materialen en diensten, inclusief alle toekomstige energie-uitgaven voor de hele duur van de levenscyclus. Wij spreken dan van de grijze energie van een materiaal.
- Zuinig omspringen met energie
Dit kan door verspilling te vermijden, te zorgen voor een goed onderhoud, behoeften te beperken, overbodige aankopen en uitgaven te vermijden en de levensduur van producten te verlengen.



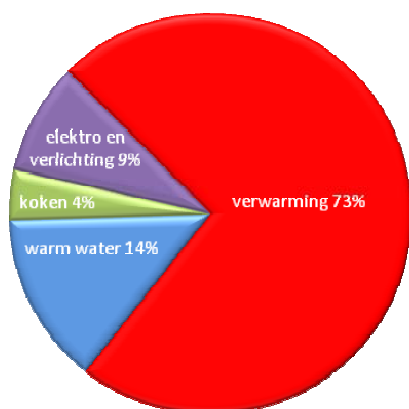
Figuur 1 : De negawatt-tendens

Het schema van de Negawatt-tendens illustreert dat hernieuwbare energie alleen zinvol is in een bepaalde context. De keuze voor hernieuwbare energiebronnen is pas nuttig en logisch, indien men tegelijk een bepaalde mate van zuinigheid naleeft en toeziet op de efficiëntie van de uitrusting.

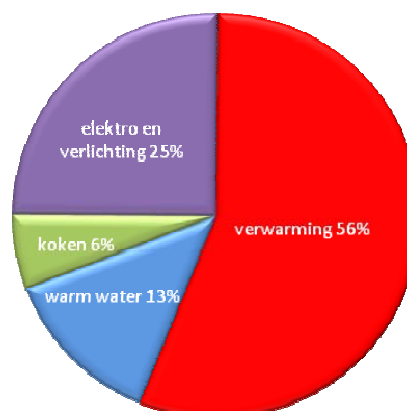
Het is belangrijk dat bij het ontwerp van een nieuwbouw al rekening wordt gehouden met de mogelijkheid om later hernieuwbare energieën (oriëntatie, technisch lokaal en schachten) te integreren, bijvoorbeeld thermische of fotovoltaïsche zonnepanelen.

2. ANALYSE VAN HET ENERGIEVERBRUIK VAN EEN BRUSSELS GEZIN

GEMIDDELD ENERGIEVERBRUIK*
22.621 KWH/JAAR



GEMIDDELDE ENERGIEFACTUUR*1.500 €



*CIJFERS EXCLUSIEF VERVOER VOOR EEN GEMIDDELD GEZIN IN 2006 (RAPPORT OVER DE STAAT VAN HET BRUSSELSE LEEFMILIEU)

Bovenstaande cirkeldiagrammen illustreren dat verwarming het leeuwendeel vertegenwoordigt van ons jaarlijkse energieverbruik. Als we willen besnoeien, dan zullen we ons dus op die uitgavenpost moeten concentreren. De verwarming van water is goed voor 14% en de post koken voor 4% van het totale verbruik.

Opmerkelijk is tevens dat elektrische huishoudapparaten en verlichting enerzijds slechts 9% van het totale energieverbruik vertegenwoordigen, maar anderzijds wel 25% van de energiefactuur. Deze discrepantie valt te verklaren door het feit dat de elektriciteitsprijs drie maal hoger is dan die van andere traditionele energiebronnen. Deze factor vraagt dus bijzondere aandacht.

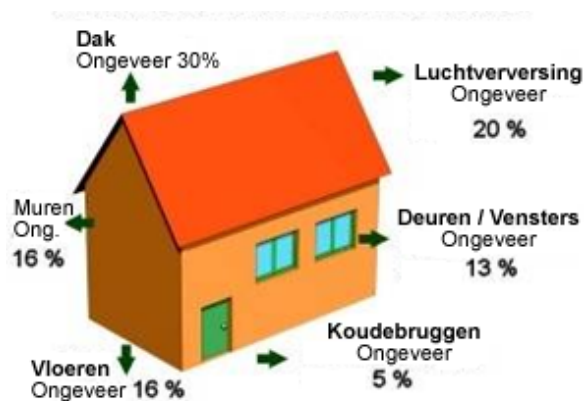
3. DE ENERGIEBEHOEFTE VAN EEN GEBOUW TERUGDRINGEN: ISOLATIE

Om op de energiefactuur van een gezin te besparen, moet in de eerste plaats worden gedacht aan isolatie, vermits die een onmiddellijk effect heeft op de energiebehoefte voor verwarming, die 73% vertegenwoordigt van het totale verbruik exclusief vervoer. Een ander positief gevolg voor de energiefactuur is het feit dat een goed geïsoleerd huis sneller opwarmt en de circulatiepompen dus minder lang moeten draaien.

Sinds januari 2010 is de gewestelijke premie (1€/Wp)¹ voor een fotovoltaïsch systeem in Brussel gerelateerd aan de energieprestatie van het gebouw: lage-energiehernovatie (60 kWh/m²/jaar), passiefnieuwbouw (15 kWh/m²/jaar).

WAARLANGS ONTSNAPT DE WARMTE?

In gebouwen ontsnapt 16% van de warmte langs de muren, 30% langs het dak, 13% langs de vensters, 16% langs de vloer van de benedenverdieping en 20% is het gevolg van luchtverversing. Er bestaat een logische volgorde voor isolatiewerken. Hoewel die niet dezelfde is voor renovatie en voor nieuwbouw, is in beide gevallen dakisolatie (of zolderisolatie) de meest efficiënte ingreep, omdat die een groot effect heeft op het energieverbruik van het gezin. Vaak vergt dit een kleinere investering dan andere werkzaamheden.



¹ Meer info : <http://www.leefmilieubrussel.be/Templates/news.aspx?id=24292&langtype=2067>

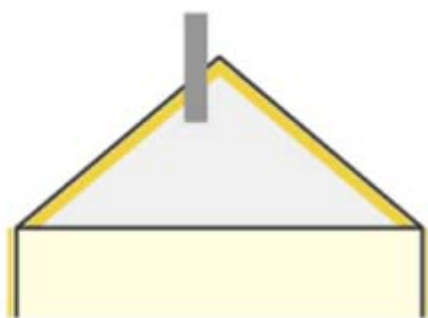
DAKISOLATIE

In de meeste gevallen levert dakisolatie de grootste energiebesparing op, en terwijl het ook de goedkoopste ingreep is.

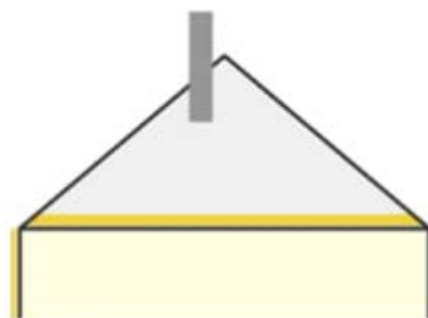
Als het dak in slechte staat is, moet de bewoner beseffen dat de eerste logische stap, voorafgaand aan de installatie van fotovoltaïsche zonnepanelen, een vervanging van de dakbedekking is. Hij zou van de gelegenheid gebruik moeten maken om dakisolatie aan te brengen. Isolatie kan worden geplaatst tussen de bestaande spanten of volgens de sarkingmethode (aan de buitenzijde van de draagconstructie). Als de zolder niet wordt gebruikt, is het aan te raden de zoldervloer te isoleren (zodat die ruimte niet moet worden verwarmd).

Een zolder waar een fotovoltaïsche omvormer staat, moet steeds worden geïsoleerd. Oververhitting van een omvormer heeft immers een negatief effect op het rendement en de levensduur ervan.

Als de zolder niet is geïsoleerd, is het beter om de omvormer in de kelder of de traphal te plaatsen. (De traphal is niet steeds aangewezen door de lichte geluidshinder die sommige omvormers voortbrengen).



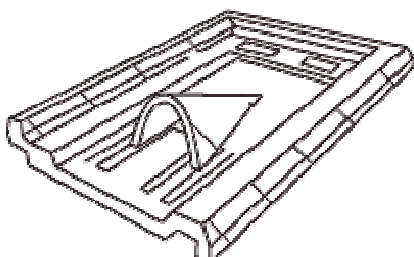
Isolatie van de dakhelling



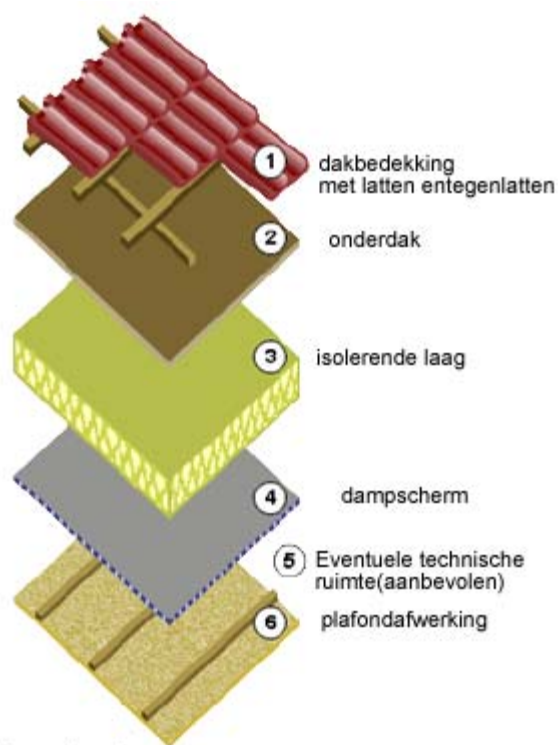
Isolatie van de zoldervloering

Bron : energie +

Hiernaast ziet men de verschillende lagen van een hellend dak. Gierzwaluwpennen bieden een gemakkelijke doorgang bij de installatie van fotovoltaïsche panelen. De installateur moet er echter over waken dat de lektheid van het onderdak en het dampscherm niet worden verzwakt: lektheid tegen water in het geval van het onderdak en lektheid tegen lucht in het geval van het dampscherm.



Gierzwaluwpenn



Bron : Energie +

ISOLATIE VAN GEVELS

De gemiddelde kwaliteit van muurisolatie in België is vergelijkbaar met landen zoals Griekenland.

Het is dus duidelijk dat ook op dit vlak nog behoorlijk wat energie kan worden bespaard. Buitenisolatie is het meest efficiënt, maar in praktijk is dit niet altijd haalbaar. De enige oplossing is dan de binnenisolatie van de gevels maar dan moet je opletten voor mogelijke condensatieproblemen. In beide gevallen moeten koudebruggen worden uitgeschakeld.



ISOLATIE VAN RAMEN

Dubbele beglazing met hoog rendement is vijf maal efficiënter dan de oude ramen met enkel glas. Ook hier kan dus nog heel wat energie worden bespaard.

Driedubbele beglazing (zie foto) is nog doeltreffender: ze is bijna twee maal meer energie-efficiënt dan de dubbele beglazing met hoog rendement.



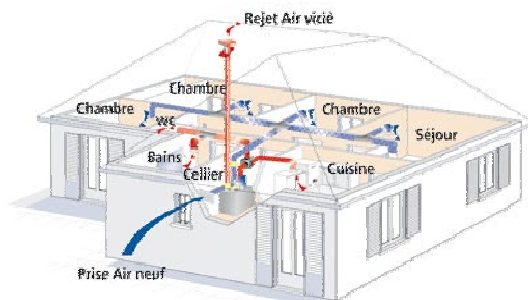
Niet alleen de energie-efficiëntie is een belangrijke factor, maar ook de lekdichtheid van het raamwerk van deuren en vensters. Op het bovenstaande schema is immers te zien dat 20% van de energie via vensters en deuren ontsnapt.

VLOERISOLATIE

Vloerisolatie is eenvoudig aan te brengen als het huis een kelder heeft, maar in het andere geval impliceert het een ingrijpende renovatie.

Hiermee kan tot 15% worden bespaard op de energiefactuur.

VENTILATIE



Waar er vocht zit in vloeren en muren, moet dit probleem eerst worden aangepakt voor er wordt geïsoleerd. Niet alleen kan vocht de isolatie aantasten, de mogelijke schimmelvorming houdt tevens een gezondheidsrisico in voor de bewoners.

Wanneer de isolatie van het gebouw wordt verbeterd, is het van belang ook voor een doeltreffend ventilatiesysteem te zorgen. In lage-energie- of passiefwoningen wordt vaak een dubbelstroomventilatiesysteem gebruikt. (zie schema)

Ook hier dient aandacht te worden besteed aan koudebruggen. Een koudebrug onderbreekt de isolatie; op deze plaats functioneert de "isolerende mantel" niet. Niet alleen vermindert hierdoor de energie-efficiëntie van de isolatie, maar bovendien groeit de kans op condensatie op binnenmuren, waardoor zich schimmel- en rotvlekken kunnen vormen.

Als bepaalde elementen van de woning zeer goed en andere zeer slecht zijn geïsoleerd, wordt het verschil onmiddellijk en heel duidelijk zichtbaar.

4. ENERGIE-EFFICIËNTIE

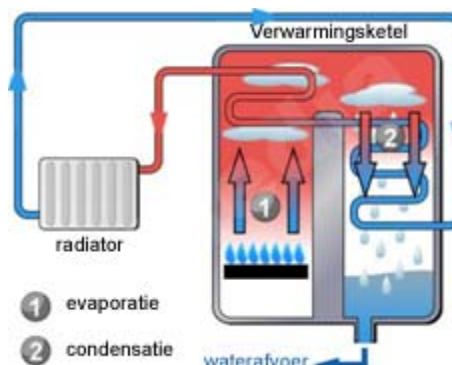
De huishoudelijke apparaten zijn uiteraard ook bepalend voor het energieverbruik. We bekijken hieronder de belangrijkste elementen.

DE VERWARMINGSKETEL

Verwarming is goed voor bijna 75% van het huishoudelijke energieverbruik, dus is een optimale werking van de ketel van enorm belang.

Oude ketels (meer dan 20 jaar) bieden een energie-omzettingfactor van minder dan 40%, d.w.z. dat er 60% verliezen optreden. Dat is buitengewoon veel in vergelijking met de condensatieketels die een rendement van bijna 100% bieden (zie hiernaast).

Een jaarlijks onderhoud voor een stookolieketel en een tweejaarlijks voor een gasketel is onontbeerlijk voor de goede werking ervan.



Wanneer na een woningrenovatie de isolatie is verbeterd, loont het vaak om de oude ketel te vervangen door een minder krachtige om overcapaciteit te vermijden.

In tegenstelling tot een automotor verbruikt een kleine verwarmingsketel die lang op volle toeren draait minder dan een grote die voortdurend aan- en afspringt.

In elk geval dient men eerst de woning te isoleren voor men op een kleinere verwarmingsinstallatie overstapt.

Het goede beheer van de verwarmingsinstallatie slaat ook op de regeling ervan. Er is minimaal een algemene thermostaat nodig die de opwarmingsperiodes regelt en thermostatische kranen op de radiatoren. Met deze elementen zal het energieverbruik aanzienlijk worden teruggedrongen.

In het verwarmingssysteem verbruiken de warmtepompen het meeste elektriciteit. Om onnodige watercirculatie in de radiatoren te vermijden, kan dat deel van het systeem over het algemeen worden uitgeschakeld vanaf half april tot half september.

ELEKTRISCHE TOESTELLEN

Het is erg belangrijk dat de installateur van het fotovoltaïsche systeem de klant sensibiliseert voor rationeel energiegebruik (REG) van de huishoudelijke toestellen. Hoe minder de klant verbruikt, hoe groter het relatieve aandeel van fotovoltaïsche energie hierin zal zijn. Dat aandeel kan zelf oplopen tot 100%.

Het jaarlijkse elektriciteitsverbruik van een alleenstaande Brusselaar is gemiddeld 2.100 kWh en dat van een Brussels gezin van twee à drie personen tussen 3.000 en 3.500 kWh.

Dat wil zeggen dat een fotovoltaïsch systeem van minder dan 2.500 Wp volstaat om 100% van de behoeften te dekken van een REG-gezin, terwijl er meer dan 4.100 Wp nodig is voor een normaal gezin.

In het kader van duurzame groei is het dus de taak van de installateur om een particulier aan te sporen tot een lager energieverbruik, opdat zijn fotovoltaïsche installatie het grootste deel van zijn energiebehoeften zou kunnen dekken.

Dubbeltarief: niet zinvol voor een fotovoltaïsche installatie

Op basis van simulaties is gebleken dat de eigenaars van fotovoltaïsche installaties er baat bij hebben om over te schakelen van een dubbeltariefsysteem naar een enkeltarief. Omdat de elektriciteitsproductie immers automatisch wordt teruggekocht aan verkoopprijs, wordt de productie van het weekend minder gevalideerd².

Elektrische huishoudapparaten

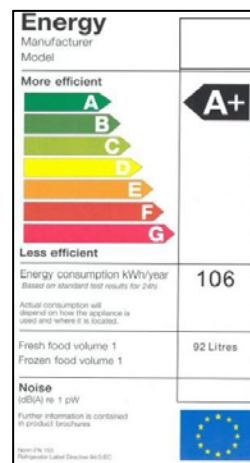
Na elektrische radiatoren en warmwaterboilers zijn dit de grootste elektriciteitsverbruikers van een gezin. Koelkasten en diepvriezers werken onafgebroken, dus is het aangewezen om toe te kijken op de energie-efficiëntie ervan. Het Europese energielabel is een goede hulp bij de aankoop van een nieuw apparaat: men ziet onmiddellijk in welke energieklassen een toestel valt en men weet aldus of het al dan niet zuinig is.

Verlichting

De energiebehoefte van spaarlampen is vijf maal kleiner dan die van klassieke gloeilampen, terwijl ze toch dezelfde lichtintensiteit opleveren.

Op plaatsen waar een lamp langer dan een half uur onafgebroken brandt, is het interessanter om ze te vervangen door een spaarlamp: ze warmt minder op en gaat tot acht maal langer mee. De energiebesparing bedraagt 75 tot 80%. Op die manier is de hogere aankoopprijs vlug terugverdiend.

In vele gevallen is het zinvol om halogeenschermers met indirecte verlichting te vermijden. Halogeenschermers zijn echte energievreters en kunnen 50 tot 80 € per jaar kosten (voor een staande halogeenscherm van 300 Watt). Zulke schermers bestaan ook in uitvoeringen met spaarlampen.



Slaapstand

Bepaalde toestellen verbruiken "stiekem" energie.

We onderscheiden twee vormen van "onzichtbaar" energieverbruik:

- **Het verbruik in "slaapstand"**: slaat op de toestellen die onnodig in de "slaapstand" worden gezet, terwijl ze kunnen worden uitgeschakeld met de on/off-hoofdschakelaar. Dit is typisch voor tv, cd- en dvd-speler, hifiketen, computer enz.
- **Het echte verborgen verbruik**: slaat op de toestellen die op het net blijven aangesloten en die men niet kan of vergeet uit te schakelen: wasmachine, gsm-lader, koffiezetapparaat, fotokopieer- en faxapparaat, printer, halogeenschermers, elektrische tandenborstel enz.

5. MEER WETEN

Particulieren kunnen informatie vinden over REG en energie in het algemeen op de site van Leefmilieu Brussel: <http://www.leefmilieubrussel.be/> (Onthaal > Particulieren > Thema's > Energie ofwel via Documentatiecentrum, bovenaan rechts op de onthaalpagina).

² Op de site van Brugel kunnen simulaties worden gemaakt: <http://www.brugel.be>



FOTOVOLTAÏSCHE ZONNE-ENERGIE STEUNMAATREGELEN, STEDENBOUW & INFORMATIECENTRA

Het doel van deze module is drieledig. Vooreerst worden de verschillende steunmaatregelen voor fotovoltaïsche zonne-energie van het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest beschreven, namelijk groenestroomcertificaten, gewestelijke premies en federale belastingsvoordelen. Vervolgens wordt het stedenbouwkundig kader voor fotovoltaïsche systemen geschetst. Ten slotte wordt er een overzicht gegeven van de Brusselse informatiecentra.

1. GROENESTROOMCERTIFICATEN

België en enkele andere Europese landen (Polen, Zweden, Verenigd Koninkrijk en Italië) voerden het systeem van groenestroomcertificaten in. De regels verschillen voor elk gewest van ons land, maar ze hebben eenzelfde onderliggende filosofie: hernieuwbare/groene elektriciteit stimuleren aan de hand van het vrijemarktmechanisme. Deze productiesteun vormt een aanvulling op de gewestelijke, gemeentelijke en fiscale steunmaatregelen en betekent met andere woorden een belangrijke financiële stimulus.

DEFINITIE

Groenestroomcertificaten (GSC) zijn in feite vergelijkbaar met immateriële effecten aan toonder, die worden toegekend in ruil voor de levering van een bepaalde hoeveelheid elektriciteit die is opgewekt uit hernieuwbare energiebronnen of voor een verminderde CO₂-uitstoot. Groenestroomcertificaten zijn overdraagbaar en verhandelbaar tegen een prijs die wordt bepaald door de wet van vraag en aanbod.

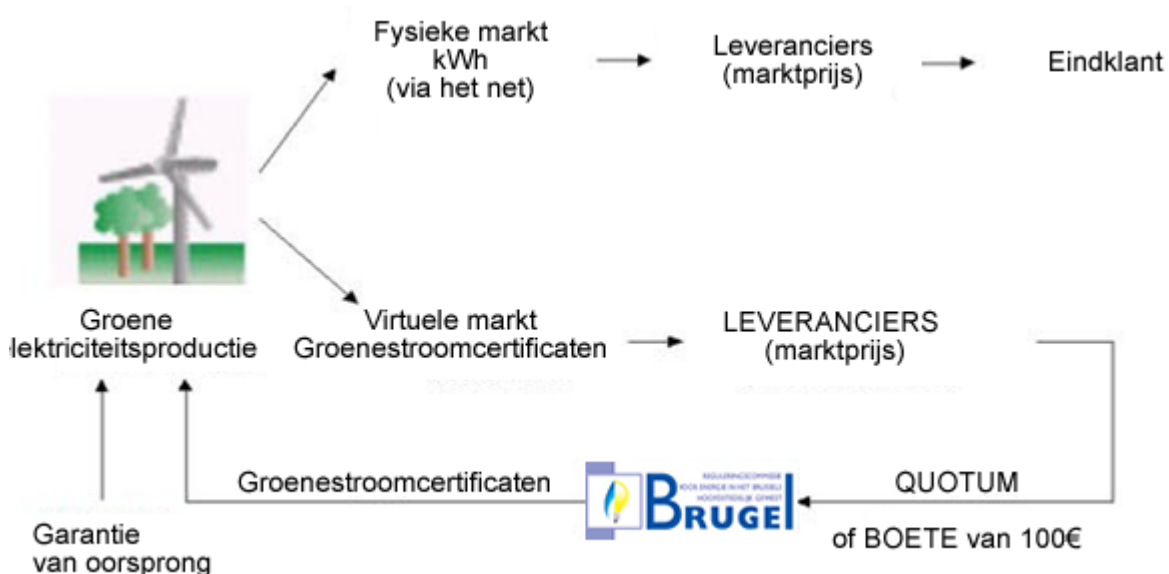
PRINCIPES EN OORSPRONG

“Om de productie van groene energie alsook kwalitatieve warmtekrachtkoppeling op het grondgebied van het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest te bevorderen wordt een systeem van groenestroomcertificaten ingevoerd.”

Dit systeem werd ingevoerd door de Ordonnantie betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest, die reeds verschillende malen werd bijgewerkt en verder gepreciseerd:

- **Besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering van 6 mei 2004** betreffende de promotie van groene elektriciteit en van kwaliteitswarmtekrachtkoppeling, bepaalt de voorafgaande certificering, de berekenings- en toekenningswijze, de CO₂-emissiefactoren, de referentierendabiliteit en de verplichtingen van de leveranciers.
- **Ministerieel besluit tot vaststelling van de berekeningscode van 12 oktober 2004** bepaalt het meetprincipe van de netto geproduceerde elektrische energie en de nauwkeurigheidsklasse van de meters.
- **Besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering van 29 maart 2007** bepaalt de quota voor groenestroomcertificaten voor de periode van 2008 tot 2012.
- **Besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering van 19 juli 2007** ter wijziging van het Besluit van 6 mei 2004, regelt het principe van een belangrijke wijziging van oude installaties en de vermenigvuldigingsfactor van fotovoltaïsche zonne-energie.

BESCHRIJVING VAN HET MECHANISME VAN GROENESTROOMCERTIFICATEN



In ruil voor de fotovoltaïsche elektriciteit (d.w.z. groene elektriciteit) die op het fysieke distributienet wordt geïnjecteerd, ontvangen de producenten virtuele groenestroomcertificaten.

De elektriciteitsleveranciers die op het Brusselse grondgebied actief zijn, moeten elk jaar een bepaald quotum aan groenestroomcertificaten (GSC) leveren aan de regulator, in functie van de hoeveelheid elektriciteit die ze aan hun respectieve klanten verkopen. "BRUGEL, de Brusselse regulator van de elektriciteits- en gasmarkt, deelt ten laatste op 28 februari van elk jaar mee hoeveel groenestroomcertificaten de producenten aan zijn diensten moeten afgeven." (Art. 25 van het BBHR van 6 mei 2004).

Indien de elektriciteitsleveranciers hun jaarlijkse quotum niet halen, stellen zij zich bloot aan een administratieve boete van 100 € per ontbrekend GSC.

Momenteel zijn in Brussel volgende quota van kracht:
(Art. 1 van het BBHR van 29 maart 2007)

Jaar	2009	2010	2011	2012
Quotum	2,5%	2,75%	3%	3,25%

BEREKENING VAN GROENESTROOMCERTIFICATEN

Volgens dit systeem wordt een groenestroomcertificaat toegekend aan een gecertificeerde installatie voor elke 217 kg CO₂ die ze bespaart op de uitstoot. In de praktijk geeft elke fotovoltaïsch geproduceerde MWh recht op 1,818 GSC, wat overeenkomt met een besparing van 394,5 kg CO₂.

In het Brusselse gewest heeft de wetgever een vermenigvuldigingsfactor ingevoerd die wordt toegepast op het aantal groenestroomcertificaten (GSC) voor een productiesite, in functie van de fotovoltaïsche oppervlakte. De wet beoogt hiermee de fotovoltaïsche elektriciteit te stimuleren.

Er wordt in schijven gewerkt:

- van 0 tot 20 m²: 4 x 1,818 GSC = 7,27 GSC/ geproduceerde MWh
- van 20 tot 60m²: 3 x 1,818 GSC = 5,45 GSC/ geproduceerde MWh
- meer dan 60m²: 2 x 1,818 GSC = 3,64 GSC/ geproduceerde MWh

In de praktijk komt het erop neer dat installaties met een oppervlakte tot 20m² 7,27 GSC/geproduceerde MWh ontvangen. De grotere installaties krijgen 7,27 GSC/MWh voor de eerste 20 m²; 5,45 GSC/MWh voor de volgende 40m² en daarboven 3,64 GSC.

Voor installaties met minder dan 4m² worden de GSC forfaitair berekend op basis van een geschatte jaarlijkse productie van 0,5 kWp (+/- 425 kWh).

Er dient te worden onderstreept dat de vermenigvuldigingsfactor van toepassing is per productiesite. Een site komt overeen met een dakconstructie.

In het geval van een flatgebouw waar vijf privé-installaties van 8 m² met individuele meters staan, zal de vermenigvuldigingsfactor rekening houden met de totale oppervlakte van de vijf installaties en niet met de oppervlakte van elke installatie afzonderlijk. Iedere eigenaar van een installatie krijgt dus 1/5 van het totale aantal GSC dat wordt toegekend aan een installatie van 40 m².

TOEKENNINGSPERIODE VAN FOTOVOLTAÏSCHE GROENESTROOMCERTIFICATEN

De Brusselse groenestroomcertificaten worden toegekend voor een periode van 10 jaar te rekenen vanaf de inwerkingstelling van de installatie (Art.14 §1 van het BBHR van 6 mei 2004). BRUGEL mag gedurende deze periode op elk moment de installatie inspecteren.

GELDIGHEIDSDUUR VAN DE TOEGEKENE GROENESTROOMCERTIFICATEN

Elk groenestroomcertificaat heeft een geldigheidsduur van vijf jaar vanaf de dag waarop het werd toegekend (Art.20 van het BBHR van 6 mei 2004).

PRIJS VAN DE FOTOVOLTAÏSCHE GROENESTROOMCERTIFICATEN

In Brussel is de prijs niet gegarandeerd en de gemiddelde marktprijs fluctueert tussen 65 € en 100 €. De prijs wordt onderhandeld en geformaliseerd in een contract met een leverancier. In 2008 bedroeg de gemiddelde prijs 90,95 €.

FISCALITEIT EN GROENESTROOMCERTIFICATEN

Overeenkomstig artikel 56, §2 van het Wetboek van de belasting over de toegevoegde waarde zijn de verkopen van elektriciteit en groenestroomcertificaten vrijgesteld van BTW, behalve indien de omzet voortvloeiend uit de elektriciteitsproductie meer bedraagt dan 5.580 € per kalenderjaar.

Voor de personenbelasting is de opbrengst uit de verkoop van GSC niet belastbaar voor zover de elektriciteit geproduceerd wordt in installaties die exclusief in de privésfeer worden gebruikt.

PROCEDURE VOOR TOEKENNING EN WAARDEBEPALING VAN GROENESTROOMCERTIFICATEN

De berekening, de toekenning en het beheer van groenestroomcertificaten zijn geautomatiseerd en toevertrouwd aan BRUGEL. Deze commissie houdt het gegevensbestand bij van alle debet- en creditbewegingen die gepaard gaan met een toekenning, aankoop of teruggave (om toezicht te kunnen houden op de naleving van de quota).

Eenvoudig gezegd gaat het om een boekhoudpost die wordt bijgeschreven in een gegevensbank. Een dergelijk beheer maakt het mogelijk om de groene elektriciteitsproductie te certificeren en te stimuleren. De gegevensbank vormt echter geen uitwisselingsplatform of handelsbeurs.

De toekenningsprocedure van groenestroomcertificaten verloopt in enkele stappen die hieronder worden beschreven en die grafisch als volgt kunnen worden voorgesteld:



1. Om in het Brusselse Gewest in aanmerking te kunnen komen voor de toekenning van groenestroomcertificaten moeten de eigenaars bij BRUGEL voorafgaandelijk een certificering aanvragen van de groenestroommeter van de elektriciteitsinstallatie.

Een certificering bevestigt dat de betreffende productie-installatie groene elektriciteit opwekt en dat ze zodanig is gebouwd dat de verbruikte en opgewekte energiehoeveelheden overeenkomstig de berekeningscode kunnen worden gemeten. De aanvraag kan online gebeuren (particulieren > groenestroomcertificaten > Waar vindt u formulieren voor GSC?). Er bestaan twee formulieren: een voor installaties van minder en een voor installaties van meer dan 5 kVA.

Als het aanvraagdossier volledig is¹, komt een technicus de groenestroommeter goedkeuren, de beginstand ervan optekenen en vaststellen dat de bestaande installatie conform is aan het ingediende dossier.

Vanaf het ogenblik dat de meter is goedgekeurd, komt de productie van de fotonvoltaïsche installatie in aanmerking voor de berekening van groenestroomcertificaten. Dit inspectiebezoek is eenmalig (een nieuw bezoek is uitsluitend vereist in geval van een productiecontrole). Na de certificering wordt een eenvormigheidsattest afgeleverd, dat de hele levensduur van de installatie geldig blijft. Vervolgens staat de eigenaar of zijn gemachtigde in voor de trimestriële aflezing van de meter.

Bovendien verbindt de eigenaar van de installatie zich ertoe om gedurende de hele toekenningsperiode van groenestroomcertificaten inspectiebezoeken toe te staan die bedoeld zijn om de juistheid van de metingen te controleren en de conformiteit van de installatie met het dossier te verifiëren.

De installateur moet zijn klant erop wijzen dat hoe meer tijd er verstrijkt tussen het ogenblik van de inwerkingstelling en de datum van certificering, hoe meer elektriciteit er “verloren” gaat voor de meting van de groenestroomcertificaten. De aanvraag tot certificering moet dus zo vlug mogelijk gebeuren bij BRUGEL.

2. Op het einde van elk trimester moet de eigenaar van een fotonvoltaïsche installatie of zijn gemachtigde aan BRUGEL de stand van zijn groene meter meedelen. Eénmaal per jaar, in de loop van januari, ontvangt de eigenaar een rekeninguittreksel dat het aantal groenestroomcertificaten vermeldt, dat hem in de betreffende periode werd toegekend.
3. De groenestroomcertificaten kunnen vervolgens aan elektriciteitsleveranciers worden verkocht. De lijst van leveranciers die in het Brusselse gewest actief zijn en hun desbetreffende contactpersonen is beschikbaar op de site van Hernieuwbaar Brussel².

WETTELIJKE TERMIJNEN

BRUGEL beschikt over een maand om de volledigheid van het dossier te onderzoeken.

Zodra het dossier volledig is, heeft een technicus vergund door BRUGEL, een maand de tijd om de meter goed te keuren en de beginstand op te nemen.

Ten laatste een maand na het inspectiebezoek van de technicus verstrekt BRUGEL een gelijkvormigheidsattest voor de installatie.

NUTTIGE DOCUMENTEN

De volgende documenten zijn beschikbaar op de site van BRUGEL, www.brugel.be:
Particulieren > groenestroomcertificaten > Waar vindt u formulieren voor GSC?

- Aanvraagformulier voor certificering van een fotonvoltaïsche installatie van minder dan 5kWp
- Aanvraagformulier voor certificering van andere installaties
- Inschrijvingsformulier gegevensbank GSC
- Formulier voor de verkoop van GSC

¹ Een volledig dossier bestaat uit enerzijds het ingevulde aanvraagformulier en anderzijds de volgende bijlagen: minimaal één kopie van de installatiefactuur op naam van de eigenaar, een recto-verso kopie van zijn identiteitskaart, de technische fiche van de meter, een situatieschets en een eendraadsschema. Mocht het A.R.E.I gelijkvormigheidsattest nog niet beschikbaar zijn op het ogenblik dat het dossier wordt ingediend, dan mag dit later worden nagezonden. Indien van toepassing, moet ook een kopie van de stedenbouwkundige vergunning en van het verkoopcontract voor elektriciteit worden bijgevoegd.

² <http://www.hernieuwbaar-brussel.be/>

2. GEWESTELIJKE EN GEMEENTELIJKE PREMIES

GEWESTELIJKE PREMIE

Voor 2010 bedraagt de gewestelijke premie voor het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest 1 € per kilowattpiek, met een maximum van 30% van de totale installatiekost en beperkt tot de woningen die voldoen aan volgende voorwaarden:

- een nieuw passiefgebouw (< 15 kWh/m².jaar)
- een gebouw met lage-energierenovatie (< 60 kWh/ m².jaar)

De gedetailleerde technische voorwaarden zijn te vinden op het premieaanvraagformulier van de site van Leefmilieu Brussel. Afhankelijk van het type installatie kan men er terecht in de sectie voor particulieren, collectieve huisvesting of bedrijven.

De voorwaarden voor de toekenning van een premie zijn te vinden op www.leefmilieubrussel.be
→ Particulieren → Praktische zaken → Mijn premies

Een bidirectionele meter A+/A- is verplicht, maar gratis

De verplichte vervanging door SIBELGA van de bestaande meter door een bidirectionele elektronische meter A+/A- wordt voor 100% terugbetaald (online formulier op www.sibelga.be).

GEMEENTELIJKE PREMIE

Bepaalde gemeenten kennen voor een fotovoltaïsche installatie een supplementaire premie toe (250 à 1000 €).

Omdat er vaak nieuwigheden, wijzigingen en schrappingen in de reglementering voorkomen, raden wij u aan om rechtsreeks contact op te nemen met de dienst Stedenbouw van de woonplaats van de bouwheer.

3. BELASTINGVERMINDERING

Elke belastingplichtige kan aanspraak maken op een belastingvermindering van 40% van de investering, BTW inbegrepen, indien is voldaan aan de volgende voorwaarden:

- De modules moeten aan de volgende vereisten voldoen:
 - voor de "kristallijne modellen" wordt de norm IEC 61215 vereist, alsook een minimumrendement van 12 %;
 - voor de "dunne-filmmodules" wordt de norm IEC 61646 vereist, alsook een minimumrendement van 7 %.
- Het minimumrendement voor de omvormers moet hoger liggen dan 88% voor de autonome systemen en hoger dan 91% voor de netgekoppelde.
- De oriëntatie van de panelen moet tussen het oosten en het westen liggen via het zuiden. De hellingsgraad van de vaste panelen moet tussen 0 en 70° bedragen ten opzichte van de horizon.
Er dient te worden onderstreept dat deze voorwaarden met betrekking tot de oriëntatie en hellingsgraad verschillen van die voor de gewestelijke premies.

Voor 2010 is deze aftrek beperkt tot 3.600 €, maar het surplus kan worden overgedragen. Voor gebouwen die op het ogenblik van de werken al meer dan 5 jaar zijn bewoond, kan het surplus naar de volgende 3 aanslagjaren worden overgeheveld, voor zover het hierboven vermelde plafondbedrag niet wordt overschreden. Ook de nieuwe uitgaven van de belastbare periode komen in aanmerking.

Om in aanmerking te komen voor een belastingvermindering moeten de werken zijn uitgevoerd door een erkende aannemer en betaald zijn tijdens het belastbaar tijdperk en dat onafhankelijk van het ogenblik van de uitvoering van de werken.

Meer informatie vindt men op de site van het ministerie van Financiën <http://www.minfin.fgov.be>:
Thema's > woning > energiebesparing.

4. VOORBEELDEN VAN FINANCIËLE BEREKENINGEN

Een voorbeeld van een financiële berekening voor kleine installaties kan men vinden in de installatiegidsen voor kleine en grote systemen.

5. STEDENBOUW EN FOTOVOLTAÏSCHE ZONNE-ENERGIE

De stedenbouwkundige reglementering met betrekking tot zonnepanelen in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest werd versoepeld door het Regeringsbesluit van 13 november 2008.

Het Besluit bepaalt met name de handelingen en werken die vrijgesteld zijn van een stedenbouwkundige vergunning, van het advies van de gemachtigde ambtenaar, van de gemeente of van de koninklijke commissie voor monumenten en landschappen of van de medewerking van een architect.



Een vergunning is niet meer nodig indien:

"De panelen niet zichtbaar zijn vanaf de openbare ruimte of op het dak zijn geplaatst, voor zover ze in het dakvlak zijn ingewerkt of evenwijdig aan het dakvlak zijn bevestigd, zonder daarbij meer dan 30 cm uit te springen of de grenzen van het dak te overschrijden. Het Besluit heeft betrekking op alle daktypes."

In alle andere gevallen blijft een vergunning noodzakelijk (zichtbaar en/of niet parallel aan het dak opgesteld) en/of indien

- het gebouw is beschermd of in een beschermingsperimeter van een beschermd gebouw ligt
- de werken een afwijking betekenen op een bestemmingsplan, een stedenbouwkundige verordening of een verkavelingsvergunning.



Figuur 1: een vergunning is noodzakelijk, want de panelen staan niet parallel met het dak en zijn zichtbaar vanop straat



Figuur 2: een randgeval waarbij de panelen amper zichtbaar zijn vanop straat

6. BEVOEGDE INSTANTIES EN INFORMATIECENTRA

LEEFMILIEU BRUSSEL

Adres: Gulledele 100
1200 Brussel
Tel.: 02 775 75 75
Internet: <http://www.leefmilieubrusssel.be>
Mail: info@ibgebim.be



Dit is de overheidsdienst voor milieu en energie van het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest.

De website bevat volgende nuttige informatie:

- Lijst van installateurs van fotovoltaïsche installaties
- Aanvraagformulieren voor gewestelijke premies (particulieren – collectieve huisvesting – bedrijven)
- Documentatiecentrum: infofiches en beschrijvingen van bestaande fotovoltaïsche installaties, stappenplan voor particuliere woningen en bedrijven; onderhoudsgids voor particulieren

Leefmilieu Brussel start ook met het Huis voor duurzaam bouwen en energie: deze gewestelijke dienst maakt deel uit van het BIM en zal particulieren begeleiden die rationeel met hun energieverbruik willen omspringen en duurzaam willen bouwen. Het doel is op een efficiënte en proactieve wijze particulieren te helpen die met vragen zitten over hun woning, in welk stadium dan ook (aankoop, huur, bewoning, bouw, renovatie).

Er wordt gestreefd naar gedragswijzigingen op het vlak van energie door informatie te verstrekken, de besluitvorming te begeleiden, de uitvoering van grote en kleine werken te inspecteren en te helpen bij de zoektocht naar financiering.

INFORMATIEPUNT VOOR HERNIEUWBARE ENERGIE

Adres: Koningsstraat 35
1000 Brussel
Tel.: 02 218 78 99
Internet: <http://www.hernieuwbaar-brussel.be/>
Mail: bruinfo@apere.org



Dit is het informatiepunt van Leefmilieu Brussel voor hernieuwbare energie dat bedoeld is voor wie in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest een klein systeem voor hernieuwbare energie wil installeren (gaande van een eengezinswoning tot een collectieve huisvesting van minder dan 10 eenheden).

Zijn rol is om particulieren te begeleiden: een expertendienst analyseert en vergelijkt bestekken, maakt simulaties van de productie aan de hand van gespecialiseerde computerprogramma's en geeft advies en ideeën.

De website bevat volgende nuttige informatie:

- vele documenten om met hernieuwbare energie van start te gaan
- forum voor uitwisseling van ervaringen
- openinsuren van het loket
- een persdienst
- Hernieuws: een gratis maandblad dat de actualiteit rond hernieuwbare energie op de voet volgt

FACILITATOR HERNIEUWBARE ENERGIEBRONNEN

Adres: Gulledele 1200 Brussel 100
 Tel.: 0800/85 775 (kies uw taal, daarna Menu 1 / submenu 1 / submenu 4).
 Internet: <http://www.hernieuwbaar-brussel.be/>
 Mail: fac.her@ibgebim.be

Leefmilieu Brussel heeft de dienst in het leven geroepen van een Facilitator hernieuwbare energiebronnen - grote systemen.

Die biedt informatie aan over:

- bestaande technologieën en leveranciers van materialen;
- bestaande financiële tegemoetkomingen en de administratieve procedures die ermee gepaard gaan;
- voorontwerpen voor de bepaling van de omvang van productiesystemen voor hernieuwbare energie;
- specifieke begeleiding bij de diverse stappen van uw persoonlijk project “hernieuwbare energie”;
- nalezen van haalbaarheidsstudies, lastenboeken;
- vergelijking en hulp bij de selectie van een productiesysteem voor hernieuwbare energie.

BRUGEL

Adres: Gulledele 1200 Brussel 92
 Tel.: 0800 97 198
 Internet: <http://www.brugel.be>
 Mail: greenpower@brugel.be



De Brusselse regulator van de elektriciteits- en gasmarkt staat onder andere in voor het toezicht en controle op de reglementering rond groene elektriciteit.

De website bevat volgende nuttige informatie:

- een simulator voor de vergelijking voor elektriciteitsstarieven
- formulieren voor de certificering, verkoop en machtiging voor de toekenning van groenestroomcertificaten

VERENIGING VOOR DE PROMOTIE VAN HERNIEUWBARE ENERGIEËN (APERE)

Adres: Koningsstraat 1000 Brussel 35
 Tel.: 02/218 78 99
 Internet: <http://www.brugel.be>
 Mail: info@apere.org



Sinds 1991 is APERE in België de vereniging bij uitstek voor duurzame energie, die hernieuwbare energieën en een rationeel energieverbruik promoot.

De website bevat volgende nuttige informatie:

- een informatiebank voor hernieuwbare energie
- een evenementenagenda voor hernieuwbare energie
- informatie- en documentatiecentrum: een bibliotheek van referentiewerken en magazines over hernieuwbare energie.



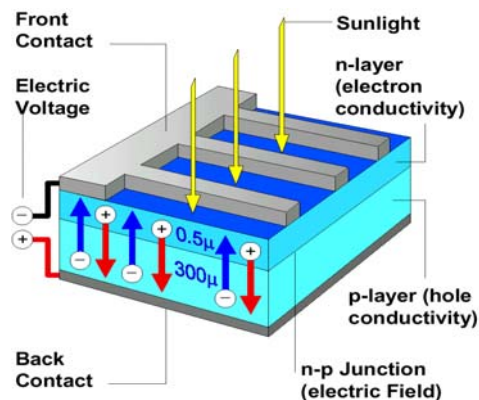
FOTOVOLTAÏSCHE ZONNE-ENERGIE WERKING EN TECHNOLOGIEËN

De term “fotovoltaïsch” duidt op het fysische proces waardoor lichtenergie wordt omgezet in elektriciteit door de energieoverdracht van fotonen naar elektronen in een materiaal. Het fotovoltaïsche beginsel werd ontdekt door de Franse natuurkundige A. Becquerel in 1839 en beschreven door Albert Einstein in 1905 (die hiervoor in 1921 de Nobelprijs voor de Natuurkunde kreeg).

Het voorvoegsel “foto” komt van het Griekse “phos” en betekent licht. “Volt” komt van het patroniem van Alessandro Volta (1745-1827), een natuurkundige die belangrijke bijdragen heeft geleverd in het onderzoek van elektriciteit. Letterlijk betekent fotovoltaïsch (FV) dus “lichtgevende elektriciteit”.

1. WERKING

De basis van de fotovoltaïsche omzetting is de fotovoltaïsche cel, ook zonnecel genoemd. Het is een halfgeleider die lichtenergie afkomstig van de zon – een onuitputtelijke energiebron – omzet in elektrische energie. Het principe is gebaseerd op de eigenschappen van halfgeleiders, waarvan men vele toepassingen vindt in de elektronica: diodes, transistoren en geïntegreerde schakelingen.

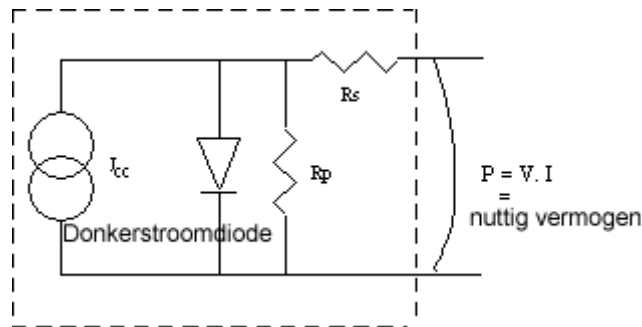


Figuur 1 : Dwarsdoorsnede van een fotovoltaïsche cel

Het fotovoltaïsche effect doet zich voor wanneer een foton wordt geabsorbeerd door een materiaal dat is samengesteld uit gedoteerde n-type (negatief) en p-type (positief) halfgeleiders, pn-overgang genoemd. Als gevolg van de dotering is er in het materiaal een permanent elektrisch veld aanwezig (zoals een magneet een permanent magnetisch veld heeft). Tijdens de wisselwerking van een invallend foton (lichtdeeltje) met de elektronen van het materiaal, draagt het foton zijn energie $h\nu$ over op het elektron dat is vrijgekomen uit zijn valentieband en wordt het dus blootgesteld aan het intrinsieke elektrische veld. Onder invloed van dit veld migreert het elektron naar de bovenzijde. Het gat dat aldus ontstaat, evolueert in de tegenovergestelde richting. Door elektroden te plaatsen op de boven- en onderzijde, kunnen de elektronen worden aangetrokken en kan deze spanningsbron worden aangewend om elektrische stroom op te wekken.



Figuur 2: Het invallende foton creëert een elektron/gat-paar



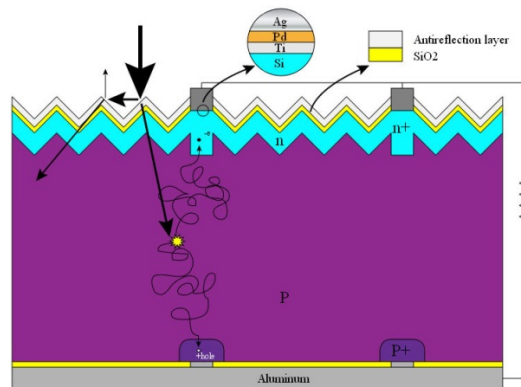
Figuur 3 : Model van een fofovoltaïsche cel: equivalent schema van een diode (van links naar rechts: stroomgenerator, diode, parallelle weerstand R_p en serie weerstand R_s)

2. FOTOVOLTAÏSCHE CEL

Om het fofovoltaïsche beginsel in de praktijk toe te passen, gebruikt men materialen die de twee basisprocessen optimaliseren:

1. absorptie van het invallende licht
2. aantrekking van elektronen aan de oppervlakte

Fofovoltaïsche cellen zijn vervaardigd uit halfgeleidende materialen, die elektriciteit kunnen geleiden of overbrengen. Meer dan 90% van de huidige zonnecellen zijn gemaakt van de halfgeleider kristallijn silicium. Eén zijde van de cel is n-gedoteerd (met bijvoorbeeld fosfor); de andere zijde is p-gedoteerd (met bijvoorbeeld boor). Langs beide zijden worden metalen elektroden geplaatst, die de elektronen aantrekken en aldus ontstaat een elektrisch circuit.



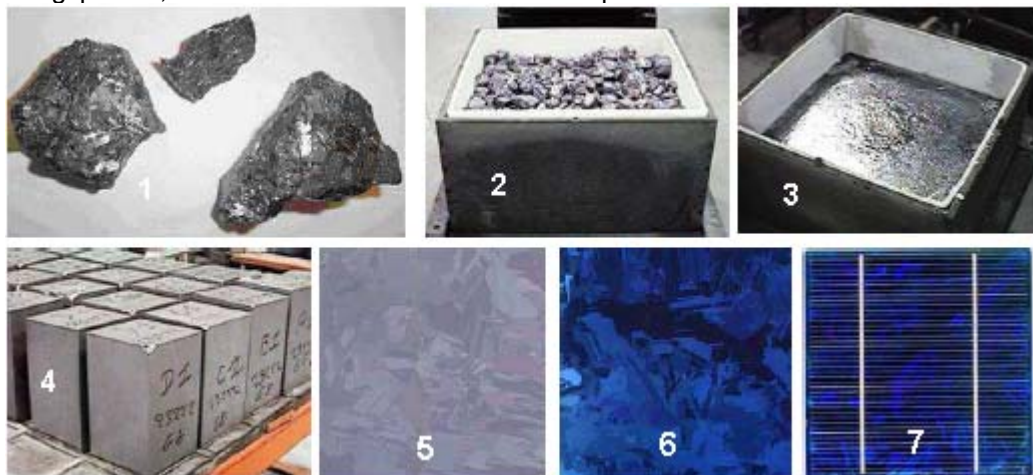
Figuur 4: Schematische doorsnede van een fofovoltaïsche siliciumcel

Om een optimale lichtinval te bekomen, is de bovenkant van de cel behandeld met een reflectiewerende laag. Langs de boven- en onderzijde trekken elektroden de elektronen aan. De technologieën voor fofovoltaïsche cellen verschillen op het vlak van de gebruikte materialen en het productieproces.

VERSCHILLENDE TECHNOLOGIEËN VOOR FOTOVOLTAÏSCHE CELLEN

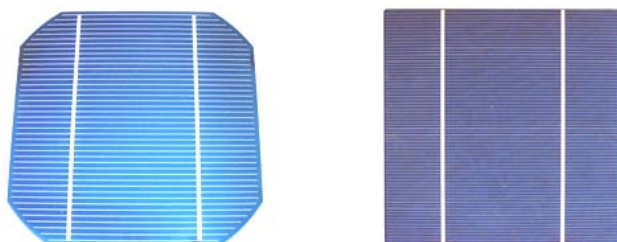
Eerste generatie: kristallijn silicium (mono en poly)

Deze generatie zonnecellen is gebaseerd op wafers (dunne plakken) monokristallijn silicium. Wafers worden gezaagd uit siliciumblokken. Deze blokken zijn het resultaat van een zuiveringsproces, dat een 99.99999% zuiver silicium oplevert.



Figuur 5 : Productieproces van zonnecellen: (1) siliciumerts – (2) raffinage (zuiveringsproces) – (3) gesmolten silicium in de vorm van blokken (4) na stolling – (5) wafers verkregen door het zagen van de blokken– (6) fysisch-chemische behandeling van het oppervlak en (7) afgewerkte cel met elektroden

Volgens de structuur onderscheiden we twee types kristallijne cellen: mono- en polykristallijn. Ze zijn het resultaat van verschillende zuiverings- en stollingsmethoden (Czochralski-methode (Cz) en Siemensmethode). Deze zuiveringsprocessen worden meestal uitgevoerd door verschillende industrietakken en maken gebruik van andere toeleveringsketens.



Figuur 6: Monokristallijne cel en polykristallijne cel

Men herkent monokristallijne cellen aan de afgeronde hoeken en het egale uitzicht. Polykristallijne cellen hebben een iriserend uitzicht door de ongelijke oriëntatie van de kristalkernen ten opzichte van het oppervlak.

In de gangbare commerciële zonnepanelen bedraagt de efficiëntie van de omzetting van lichtenergie in elektriciteit 12% à 14% (polykristallijn) tot 13% à 19% (monokristallijn).

Tweede generatie: CdTe, CIS/ CIGS, amorf en microkristallijn silicium

Het principe van deze generatie zonnecellen is een opeenstapeling van dunne lagen (*thin film*) halfgeleidende materialen. Deze materialen worden op een substraat gelegd volgens methoden zoals PE-CVD (*Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition*). De dikte van de laag varieert van enkele nanometer tot enkele tientallen micrometer. Oorspronkelijk waren dit dure technologieën die voorbehouden waren voor ruimtevaarttoepassingen (de cellen wegen zeer weinig in verhouding tot hun wattpiekvermogen) en concentratietechnologieën. De toename van de productievolumes had een prijsdaling tot gevolg, waardoor deze technologieën konden concurreren met de kristallijne technologie van de eerste generatie.

Op industriële schaal worden volgende dunnelaagtechnologieën geëxploiteerd (massaproductie):

CdTe : Cadmiumtelluride

CIS / CIGS : Copper Indium Gallium Selenide

Dunnefilm silicium: amorf (α Si) en microkristallijn silicium

Voor deze technologieën bedraagt de efficiëntie van de omzetting van lichtenergie in elektriciteit respectievelijk 6% (α Si) en 5 à 11% (CdTe). (Dit is de efficiëntie van de individuele cellen; die van de panelen valt iets lager uit als gevolg van de ruimte tussen de cellen.)

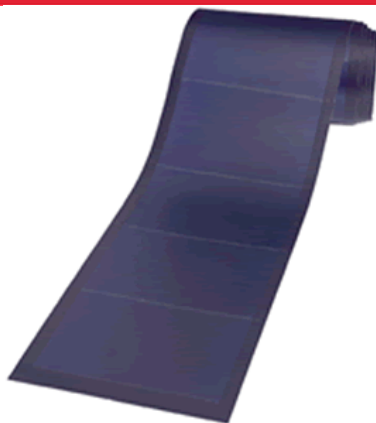
Er dient te worden opgemerkt dat cadmiumtelluride (CdTe) een erg giftige legering is van zware metalen, die – net als lood en kwik – in de voedselketen kan voorkomen. De Europese Unie heeft het gebruik ervan in elektrische apparaten verboden, maar voor FV-cellen werd een uitzondering gemaakt.



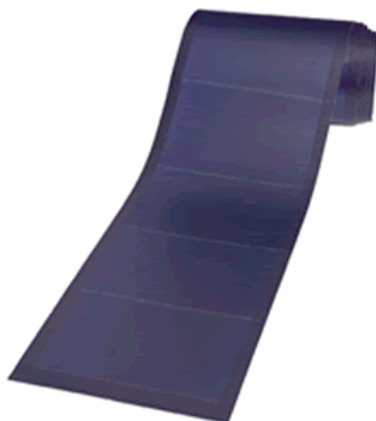
Figuur 7 : Glas-glas panelen van cadmiumtelluride, efficiëntie van 9 tot 11%



Figuur 8 : CIGS-gevel in Wales, efficiëntie van 8,5%



Figuur 9 : Soepele fotovoltaïsche module van amorfe aSi met een driedubbele pn-overgang, efficiëntie van 6,5% (foto Unisolar)



Figuur 10 : Zonnepaneel met een gecombineerde micokristallijn-amorf technologie, efficiëntie van 8,5% (foto Phoenix Solar)

Foto-elektrochemische technologieën (Dye Sensitised Cell en Organic PV)

Bij organische fotovoltaïsche cellen bestaat minstens de actieve laag uit organische moleculen. We onderscheiden voornamelijk twee types:

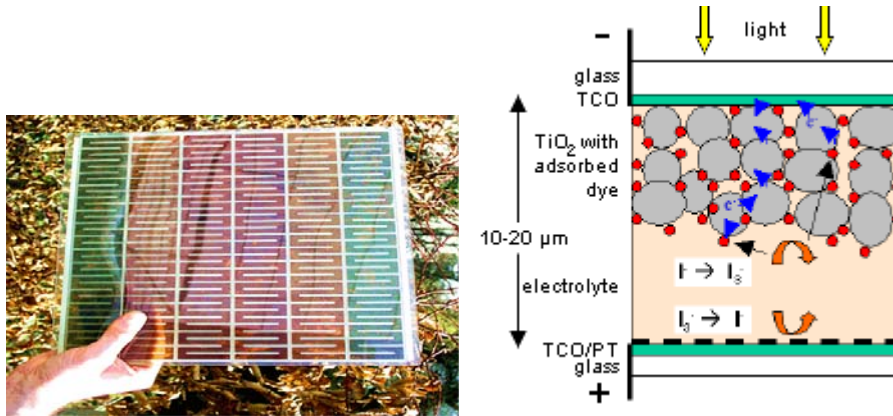
- moleculaire organische fotovoltaïsche cellen
- polymere organische fotovoltaïsche cellen

Deze technologieën werden ontwikkeld in de jaren 1990 met als doel de productiekost van elektriciteit te drukken. De kostprijs van organische fotovoltaïsche cellen is laag, omdat er gebruik wordt gemaakt van goedkope organische halfgeleiders en een vereenvoudigd productieproces. Voorts bestaat de mogelijkheid om de cellen op een continue manier te produceren (*roll-to-roll*), waardoor de kostprijs van zonnepanelen drastisch kan worden teruggeschroefd.



Figuur 11 : Rugzak met een ingewerkte module gebaseerd op de organische DSC-technologie

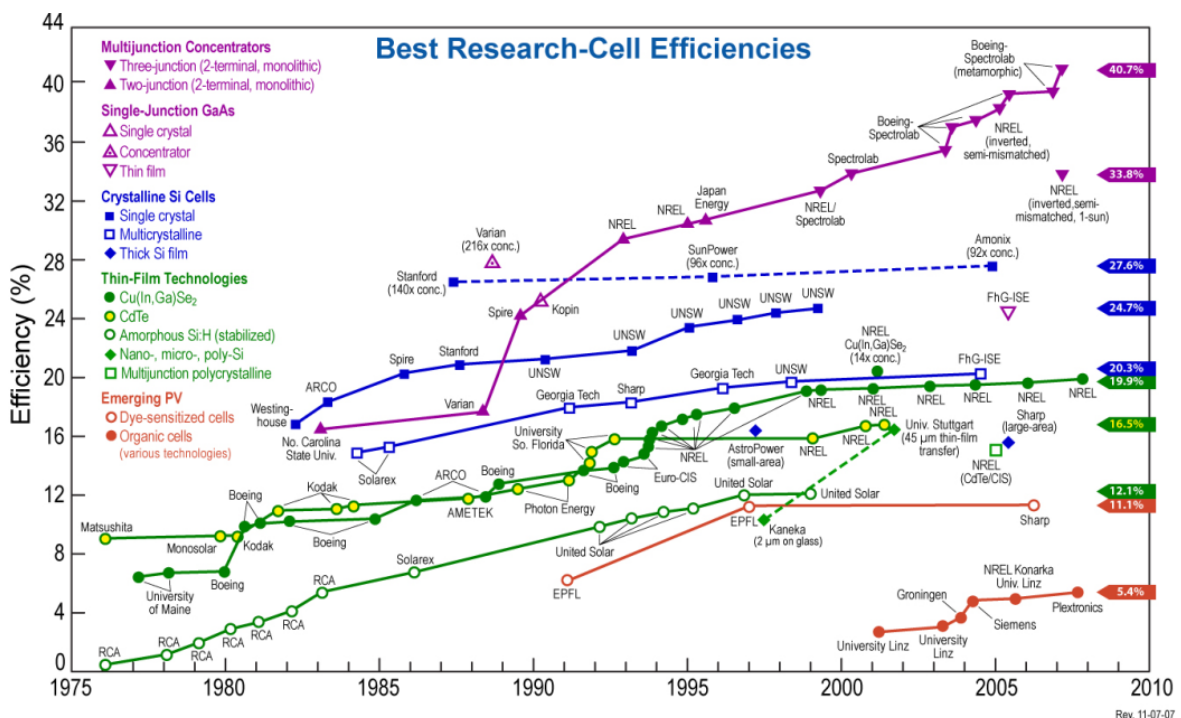
In de praktijk worden deze technologieën vandaag de dag uitsluitend aangewend in commerciële toepassingen in consumentenelektronica (laders voor gsm, walkman, mp3-speler), omdat hier de verwachte levensduur van de zonnecel en het product zelf ongeveer gelijk zijn (2 jaar). Als er in de toekomst kan worden gewerkt aan de verlenging van de levensduur of de verlaging van de productiekosten, zal deze technologie vast een breder toepassingsgebied vinden.



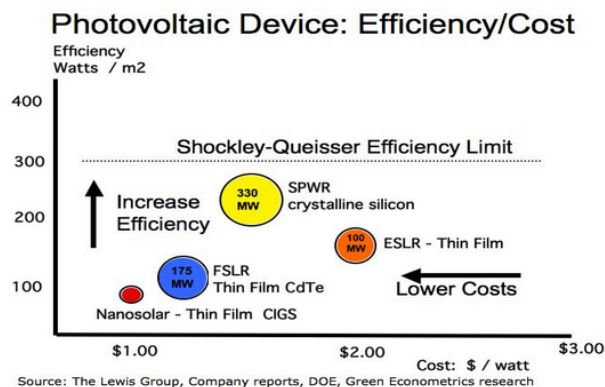
Figuur 12: Dye Sensitized Cell – doorsnede met toelichting

Deze technologie bevindt zich nog in een experimenteel stadium en de hoogste efficiëntie die in laboratoriumonderzoek werd bereikt, bedraagt 4 à 5%. Voor ze kan worden gecommmercialiseerd, moet er dus eerst vooruitgang worden geboekt op het vlak van efficiëntie en inkapseltechniek.

EVOLUTIE VAN DE RENDEMENTEN VAN VERSCHILLENDE TYPES ZONNECELLEN



Figuur 13: Resultaten van laboratoriumonderzoek naar de evolutie van het rendement van verschillende types zonnecellen



Figuur 14 : Verdeling van de verschillende technologieën volgens prijs en rendement (2007)

Figuren 13 en 14 tonen de evolutie van het rendement van de verschillende types zonnecellen. De grafische voorstellingen tonen de resultaten die in een laboratorium konden worden bereikt voor de beste cellen. De verschillende kleuren komen telkens overeen met een bepaalde technologie. Het rendement van commerciële cellen is uiteraard lager, omdat de productieomstandigheden – anders dan in een laboratorium – worden bepaald door industriële standaarden en technieken.

Figuur 14 geeft de Shockley-Queisser limiet (SQL), dit is de maximale theoretische efficiëntie (rendement) van een zonnecel met pn-overgang.

De afkortingen SPWR, ESLR en FSLR staan voor de namen van de respectieve producenten: *Sunpower*, *Evergreen Solar* en *First Solar inc.* De afkorting CIGS komt van *Copper Indium Gallium Selenium*, een legering die wordt gebruikt door de producent *Nanosolar* (zie figuur) voornamelijk voor de productie van zonnecellen met dunnefilm polykristallijn. De cijfers in de gekleurde cirkels geven (bij benadering) het vermogen van elke technologie.

Men kan stellen dat de “typische” efficiëntie van de verschillende technologieën als volgt zijn:

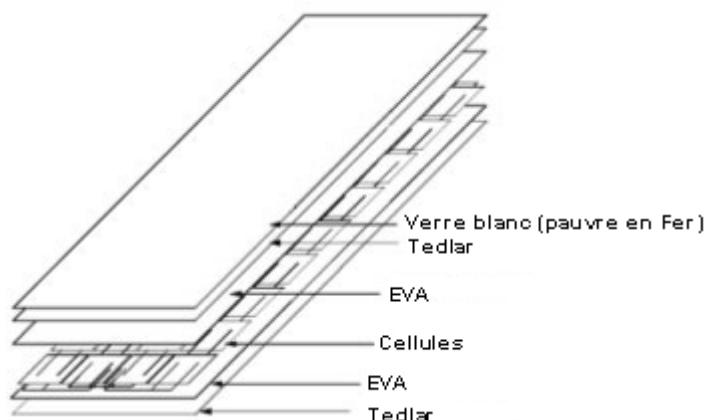
	Amorf Silicium	Cadmium teluride	Cl(G)S	Amorf silicium/ microkristallijn	Mono-kristallijn	Poly-cristallijn
Efficiëntie van de cel bij STC*	5 – 7 %	8 – 11 %	7 – 11 %	8 %	16 – 19 %	14 – 15 %
Efficiëntie van de module bij STC*					13 – 15 %	12 – 14 %
Benodigde oppervlakte om 1 kWp te produceren	15 m ²	11 m ²	10 m ²	12 m ²	~ 7 m ²	~ 8 m ²

*STC : standaard testcondities 1000 W/m², 25°C, spectrum AM 1,5

Figuur 15 : Typische efficiëntie van de verschillende commerciële fotovoltaïsche technologieën (bron: *Photon International Modules Survey 2009*)

3. FOTVOLTAÏSCHE PANELEN

Kristallijne cellen op zich bieden niet de mogelijkheid om op een efficiënte en duurzame wijze fotovoltaïsche energie op te wekken. De cellen hebben inderdaad een beperkt vermogen (in de grootteorde van 3 W) en zijn uiterst broos en gevoelig aan externe invloeden (corrosie). Om fotovoltaïsche energie op grote schaal te kunnen toepassen, worden de cellen met elkaar in serie verbonden om de spanning te verhogen en in parallel om de stroom te verhogen. Daarna worden ze met behulp van een polymeer (ethyleenvinylacetaat - EVA) ingekapseld tussen een glazen blad en een Tedlar (Polyvinylfluoride - PVF - CH₂CHF-n-) blad.



Figuur 16 : Samenstelling van een fotovoltaïsche module met kristallijn silicium

De afmetingen van de meest courante panelen bedragen 1.580 x 808 mm en ze bevatten 72 cellen met een totaal vermogen van 200 Wp. Er bestaan panelen van andere groottes, gaande van 1 cel (100 mm x 100 mm) tot modellen voor integratie in een gevel van 2.631 x 1.645 (117 kg voor 580 Wp). Nieuw op de markt zijn de panelen van 300 Wp en meer.

In een standaardpaneel zijn de cellen gescheiden in segmenten van telkens ongeveer 18 cellen, die worden beschermd door een diode. Indien een van de cellen in de schaduw komt te liggen, schakelt de diode uit om zo de cellen in het betreffende deel van het paneel te beschermen.



Figuur 17 : Verschillende types van fotovoltaïsche modules

Voor het op de markt komt, wordt elk paneel getest in genormaliseerde omstandigheden, Standard Test Conditions (STC) genaamd: straling = 1 000 W/m², t° cellen = 25°, Air Mass¹ = 1,5

¹ Air Mass : optische luchtmassa. Wanneer het rechtstreekse zonlicht door de atmosfeer gaat, wordt het afgezwakt door het effect van absorptie en diffusie door gasmoleculen en atmosferische deeltjes. De mate van afzwakking van de zonnestraling (uitdoving) is afhankelijk van het aantal aanwezige deeltjes en moleculen en eveneens van de lengte van het traject dat de fotonen moeten afleggen voor ze op de FV-cel vallen (dit traject is langer bij zonsopgang dan op de middag). Een optische luchtmassa (AM) van 1 veroorzaakt de uitdoving van de buitenaardse straling die verticaal door de atmosfeer gaat tot op zeeniveau, bij een atmosferische druk van 1 013 mbar. Een AM van 1,5 komt overeen met een zon die in een hoek van 41,8° staat).

4. RECYCLAGE VAN PANELEN

Op het einde van hun levensduur (25 à 30 jaar) zijn de panelen recycleerbaar. Het glas, het aluminium kader, het silicium van de cellen en het koper van de connectoren kunnen worden gerecycleerd. Door recycling wordt de energiekost van de volgende panelen beperkt, want een deel van het extractie- en raffinageproces is niet meer nodig.

De Europese fotovoltaïsche industrie heeft het initiatief *pv cycle* (www.pvcycle.org) in het leven geroepen, dat gratis fotovoltaïsche panelen op het einde van hun levensduur recycleert.

5. DE OMVORMER

De omvormer is een fundamenteel onderdeel van een fotovoltaïsche installatie. Dit systeem van vermogenselektronica zet elektrische gelijkstroomenergie, die afkomstig is van de fotovoltaïsche modules, om in elektrische wisselstroomenergie die onmiddellijk en ter plaatse kan worden aangewend of die op het net kan worden geïnjecteerd. Een omvormer moet worden uitgerust met een automatische onderbreker op de verbinding met het net (ontkoppelingsbeveiliging): wanneer de spanning van het net terug- of wegvalt, moet de omvormer zichzelf onmiddellijk loskoppelen om een instroom te vermijden (beveiliging). Bovendien moet de omvormer worden uitgerust met een beveiligingsmechanisme tegen uitstroom van gelijkstroom naar het net.

Om veiligheidsredenen moet de geïnstalleerde omvormer voldoen aan de DIN norm VDE 0126 aangepast aan de Belgische context².

Er bestaan verschillende types omvormer afhankelijk van de beoogde toepassing:

Autonome toepassingen (niet verbonden met het net): deze omvormers wekken een signaal op van 220 V amplitude en 50 Hz frequentie waarmee een wisselstroomnet wordt gecreëerd. Zo'n omvormer kan worden verbonden met een belastingsregelaar en batterijen om de energie op te slaan voor verbruik tijdens de nacht.

Toepassingen verbonden met het net: we onderscheiden verschillende types omvormers die met het net worden verbonden:

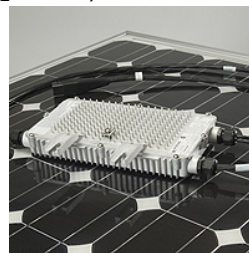
1. Centrale omvormer: deze omvormer zit in een industriële kast en levert een driefasen wisselstroomvermogen van 50 à 500 kVA (1 VA = 1 W als de $\cos \phi$ gelijk is aan 1, wat het geval is voor deze omvormer. Vaak gebruikt men de eenheid VA voor het wisselstroomgedeelte van het circuit om verwarring te vermijden tussen Wattpiek en "reële" Watt). Dit type omvormer wordt meestal geïnstalleerd in het kader van grote projecten (vanaf 60 kWp) in speciaal daarvoor uitgeruste lokalen. (Figuur 18)



Figuur 18 : Voorbeelden van centrale omvormers (Siemens) van 100 tot 420 kW (ac)

² Zie de paragraaf over de reglementering in de tekst van de DIN norm VDE 0126

2. Stringomvormer (stringomvormer): deze omvormer wordt gevoed door verschillende strings en ontwikkelt een vermogen van 0,7 à 11 kVA in een- of driefasenstroom. Deze omvormers die soms buiten staan opgesteld, bestaan in versies met en zonder geïntegreerde transformator. De modellen zonder transformator hebben een hogere omzettingsefficiëntie; de beste modellen bereiken 98% tegenover 96% voor de modellen met transformator. (Figuur 19)



Figuur 19 : Stringomvormer (SMA) zonder transformator Figuur 20: micro-omvormer (Enphase)

3. Module-omvormer: dit type omvormer wordt in de schakelkast rechtstreeks aangesloten op een module. De modules die hiermee zijn uitgerust, zijn op het wisselstroomniveau in parallel geschakeld. Met dit type omvormer bestaat er geen risico op een mismatch tussen modules met uiteenlopende eigenschappen. Aangezien er geen modulestring meer is, beperkt het schaduwprobleem zich bovendien enkel tot de overschaduwde modules. (Figuur 20)

De keuze van een omvormer zal afhangen van diverse overwegingen:

- Omvang van het project (individueel systeem van 1 kWp of een installatie van verscheidene tientallen kWp) en aanbevelingen van de distributienetbeheerder.
- Combineerbaarheid van panelen en omvormer, zowel in termen van spanningsbereik als in termen van compatibiliteit (bijvoorbeeld: vele producenten van amorfe panelen geven de voorkeur aan het gebruik van omvormers met een transformator om te voorkomen dat er gelijkstroom op het net zou worden geïnjecteerd)
- Financieel: er dienen situaties te worden afgewogen, zoals die waarbij een omvormer enerzijds bij de aankoop wel goedkoop is, maar anderzijds tijdens het gebruik niet efficiënt blijkt te zijn.
- Het Europese rendement van de omvormer: een omvormer werkt niet het hele jaar door op volle kracht; de notie “Europees rendement” houdt rekening met de frequentie en de variatie in de zonnestraling, waardoor men twee types omvormer gemakkelijker kan vergelijken.
- Schaduw op de zonnepanelen

De eindgebruiker heeft er alle baat bij zich de werking van de omvormer eigen te maken en onder andere het afleesscherm te leren interpreteren, omdat dat alle productiegegevens en eventuele pannes en storingen weergeeft.



FOTOVOLTAÏSCHE ZONNE-ENERGIE FACTOREN DIE DE PRODUCTIE BEÏNVLOEDEN

Wanneer men overweegt om in een bestaand of een nog op te richten gebouw een fotonvoltaïsche installatie te integreren, dienen vooreerst alle beperkingen goed te worden bestudeerd.

Factoren die het vermogen (en dus de rendabiliteit) van een systeem beïnvloeden, zijn:

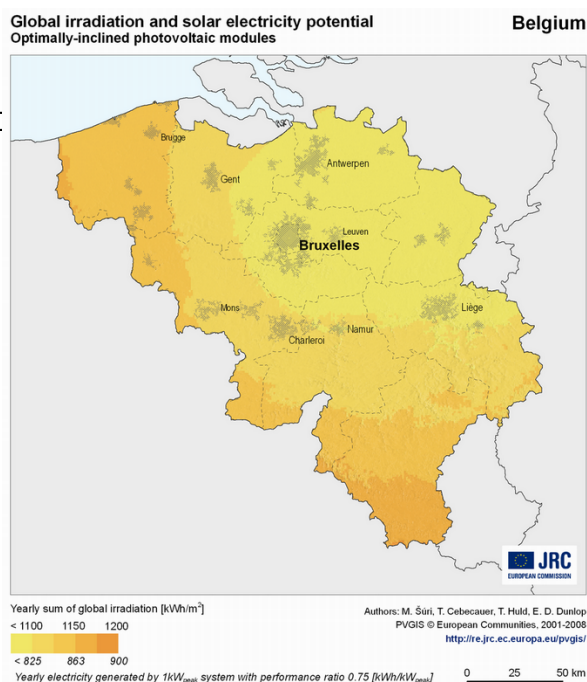
- de globale zonnestraling per jaar, uitgedrukt in kWh/m².jaar
- de oriëntatiehoek tegenover het zuiden, uitgedrukt in graden (°) (voor een hellend dak of een gevel)
- de hellingsgraad tegenover een horizontaal vlak, uitgedrukt in graden (°) (voor een hellend dak)
- de beschikbare oppervlakte, uitgedrukt in m²
- de aangewende technologie (efficiëntie uitgedrukt in Wp/m²)
- de wijze van integratie of montage
- de schaduw van voorwerpen (schouwen, technische ruimtes)

1. GLOBALE ZONNESTRALING

Figuur 1 geeft de verdeling voor België van de zonnestraling op een ideaal gelegen oppervlak en de elektriciteitsproductie die zou kunnen worden opgewekt door een zonnestelsel dat optimaal is georiënteerd (azimut van 0° op het volle zuiden en een hellingsgraad van 35°). De productiecijfers in kWh/m².jaar zijn gebaseerd op een systeem van 1 kWp met een efficiëntie (*Performance Ratio* - PR) van 75%. Deze performantieratio wordt gedefinieerd als de verhouding van de eindopbrengst tegenover de referentieopbrengst; hij kwantificeert de efficiëntie van het systeem vanaf de fotonvoltaïsche omzetting in de zonnepanelen (met een nominaal piekvermogen) tot de werkelijke opbrengst van de omvormer(s). De ratio is tevens de verhouding van de hoeveelheid reëel opgewekte energie tot de hoeveelheid energie die had

kunnen opgewekt worden in een ideaal fotonvoltaïsch systeem zonder verliezen, bij een temperatuur van 25° en gelijkmatige zonnestraling.

De vastgestelde waarde voor Brussel is - 840 kWh/kWp voor een PR van 75% - aan de lage kant; over het algemeen wordt er voor projecten in Brussel gerekend met 850 kWh/kWp.



Figuur 1 : kaart van België met de globale zonnestraling in kWh/m².jaar en de elektriciteitsproductie in kWh voor een ideaal georiënteerd systeem (zuid, 35° hellingsgraad) met een efficiëntie van 75% (PVGIS © European Communities, 2001-2008)

2. ORIËNTATIE EN HELLINGSGRAAD

De plaats van de installatie op het dak is doorslaggevend. Idealiter staat een installatie (op onze breedtegraad) recht op het zuiden gericht met een hellingsgraad van 35°. Nochtans levert een systeem dat staat opgesteld tussen het westen en oosten nog voldoende rendement bij een hellingsgraad tussen 20° en 60°. Een afwijking tegenover de ideale positie heeft dus slechts een rendementsverlies van enkele percenten tot gevolg (zie onderstaande figuur).

Correctiefactor voor een oriëntatie en een hellingsgraad					
Hellinggraad		☀ 0°	☀ 30°	☀ 60°	☀ 90°
oriëntatie		0°	30°	60°	90°
West		0,93	0,90	0,78	0,55
Zuidoost		0,93	0,96	0,88	0,66
Zuid		0,93	1,00	0,91	0,68
Zuidwest		0,93	0,96	0,88	0,66
West		0,93	0,90	0,78	0,55

☐ : Te vermijden als het niet door architecturale eisen verplicht is

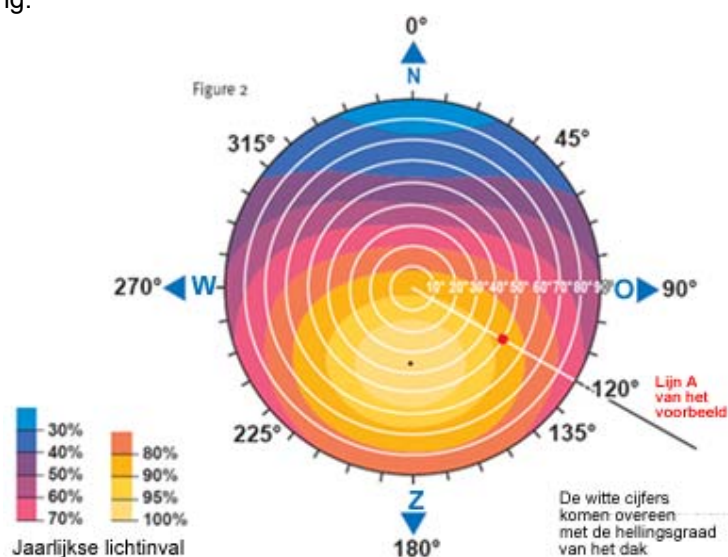
Bron : HESPUL

NB : Deze cijfers nemen de eventuele schaduwen niet in aanmerking

Figuur 2: Correctiefactor (CF) voor de rendementsberekening van een fotovoltaïsche installatie

De zonnescijf van figuur 3 is een grafische voorstelling van het rendementsverlies: dit is de globale zonnestraling in Ukkel in functie van de oriëntatie en de hellingsgraad van het hellend vlak. De correctiefactor (CF) wordt ook hier uitgedrukt in % en gaat van geel (100%) naar blauw (30%).

Men zal opmerken dat er een nogal belangrijke zone bestaat, waarvoor de oriëntatie en hellingsgraad niet veel invloed hebben op de zonnestraling: namelijk de zone gaande van west/zuidwest tot oost/zuidoost, met een hellinggraad tussen 10° en 55°. Het energieverlies is er minder dan 10% op jaarbasis. De reden hiervoor is het grote aandeel verstrooide straling op onze breedtegraad: in België bereikt ons ongeveer 60% van de zonne-energie onder de vorm van verstrooide straling.



Figuur 3 : Jaarlijkse relatieve straling in Ukkel op een hellend vlak in functie van de oriëntatie (poolcoördinaten) en de hellingsgraad (radiale coördinaten)

Buiten deze optimale zone stelt men bijvoorbeeld vast dat het jaarlijkse stralingsverlies van een verticale gevel op het zuiden 27% bedraagt, terwijl dat voor een horizontaal oppervlak slechts 13% is.

Horizontale montage van zonnepanelen is over het algemeen niet aangewezen, omdat er zich dan gemakkelijk vuil ophoopt. Er is minstens een hellingsgraad van 5° nodig om het zelfreinigende effect van de regen zijn werk te laten doen.

Met de volgende conversieformule berekent men de totale productie van het systeem (zonder schaduwimpact):

$$\text{Productie} = \text{Vermogen (Wp)} \times \text{specifieke productie van de installatie} \times \text{correctiefactor}$$

[kWp x kWh/kWp x % = kWh/jaar]

Voorbeeld: een systeem van 2.6 kWp staat op een dak met een hellingsgraad van 50° en georiënteerd op 120° oost. Uit de zonneshijf leiden we de correctiefactor af: 85 %. De minimale productie die moet worden behaald is:

$$2,6 \times 850 \times 0,85 = \mathbf{1878,5 \text{ kWh/jaar}}$$

Op de site van het *Joint Research Centre* van de Europese Commissie kan men de gemiddelde productie van een systeem berekenen op basis van de inputgegevens voor vermogen, oriëntatie, hellingsgraad, fysieke plaats en technologie. De site vindt u op: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php>

Gewoonlijk houdt men rekening met een forfaitair systeemverlies van 14%, maar dit kan door zorgvuldige planning tot 12% worden teruggebracht.

3. DE BESCHIKBARE OPPERVLAKTE IN M² EN DE AANGEWENDE TECHNOLOGIE

De beschikbare oppervlakte en de wijze van integratie bepalen het maximale vermogen.

Bij hellende daken wordt het nuttige oppervlak afgebakend door het deel dat naar het zuiden is gericht en dat geen schaduw krijgt van schouwen of andere obstakels. In complexe situaties is steeds een nauwkeurige inventaris vereist van alle natuurlijke obstakels, zodat de impact van de schaduw kan worden gekwantificeerd. Hoe de nuttige oppervlakte zich zal vertalen in productievermogen, zal afhangen van efficiëntie van de gekozen technologie.

In het Brusselse Gewest worden groenestroomcertificaten toegekend op basis van de hoeveelheid geproduceerde energie en grootte van het systeem in m². Op die manier worden de technologieën met de hoogste efficiëntie bevoordeeld (modules met een efficiëntie van 17 à 18%), omdat ze meer vermogen per m² ontwikkelen.

Dakranden en kroonlijsten van platte daken die veel straling krijgen, verkleinen vaak de nuttige oppervlakte met 10 à 15%. Deze nuttige oppervlakte kan worden geëxploiteerd met horizontale amorfe modules of met modules in zaagtandopstelling (sheds) (zie pagina 6). In beide gevallen is het piekvermogen ongeveer 60 à 70 Wp/m² dakoppervlak.

Technologie	Kristallijne technologie, in zaagtandopstelling	Amorfe technologie, horizontaal
Rendement	14 %	7 %
Oppervlakte van de panelen	85 m ² de maximale schaduwhoek tussen de rijen is 17° en de hellingsgraad is 35°	170 m ²
Piekvermogen	11 kWp	11 kWp

Voorbeeld: een plat dak van 200 m² bruto. Dat betekent ongeveer 170 m² nuttige oppervlakte als we rekening houden met dakranden en kroonlijsten.

Met beide technologieën kan op deze oppervlakte hetzelfde piekvermogen worden bereikt.

4. WIJZE VAN INPLANTING OF MONTAGE

Als een fotovoltaïsche installatie in een gebouw wordt geïntegreerd (wat in het Brusselse Gewest bijna steeds het geval is), dan wordt ze in de meeste gevallen op het dak geplaatst. In module 6 (Verschillende types van installaties) bekijken we de diverse manieren waarop dat kan gebeuren: op platte en hellende daken of geïntegreerd in de gevel.



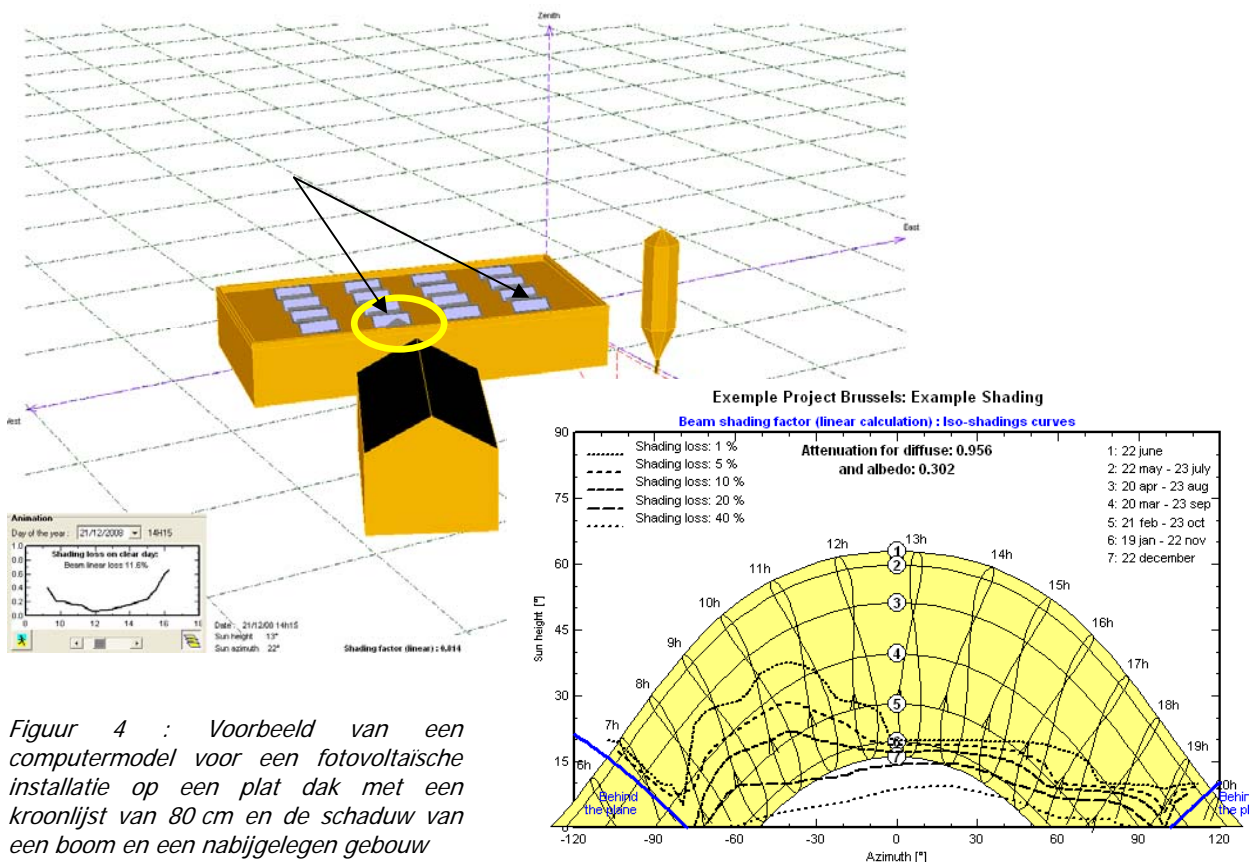
5. SCHADUW VAN OBSTAKELS (SCHOUWEN, TECHNISCHE RUITES)

Fotovoltaïsche installaties die – zelfs gedeeltelijk of tijdelijk – overschaduwd worden, produceren op jaarbasis minder energie.

In het Brusselse Hoofdstedelijke Gewest is de premie voor fotovoltaïsche panelen (onder andere) afhankelijk van de professionele voorstudie, die enerzijds alle natuurlijke obstakels in kaart brengt die schaduw kunnen werpen en anderzijds de directe omgeving simuleert op 21 december.

Voor obstakels die “ver verwijderd” zijn van de zonnepanelen (heuvels, kliffen), gaat men ervan uit dat het stralingsverlies zich gelijkmatig over alle panelen verdeelt (dit hangt af van de grootte van de installatie en de afstand tot het obstakel).

Voor obstakels “in de nabijheid” geldt dit niet. De schaduw die op één van de panelen van een fotovoltaïsch systeem valt, kan een aanzienlijk verlies veroorzaken in de hele installatie. Daarom is het van belang om bij de schatting van de jaarlijkse productie met elke mogelijke schaduw rekening te houden, ook die welke afkomstig is van relatief kleine obstakels (schouw, mast, antenne, ventilatiebuizen, enz.).



Figuur 4 : Voorbeeld van een computermodel voor een fotovoltaïsche installatie op een plat dak met een kroonlijst van 80 cm en de schaduw van een boom en een nabijgelegen gebouw

¹ <http://www.leefmilieubrussel.be> (Energiepremies)

De gele zone in figuur 4 is een weergave van de baan van de zon voor zeven verschillende periodes van het jaar (de verklaring vindt men bovenaan rechts in het schema), tijdens een gemiddelde dag tussen 6u en 20u. De stippellijnen (de verklaring vindt men bovenaan links in het schema) duiden op de verliezen als gevolg van schaduw. Voor de periode van 20 april tot 23 augustus (traject 3) is er 1% verlies door schaduw tussen 7u en 13u; hetzelfde geldt voor traject 4 van 20 maart tot 23 september. Tussen traject 4 en 5 stijgen de verliezen tot 5% voor ongeveer hetzelfde tijdsinterval. Enzovoort.

De ontwerper van dit project moet de impact van de schaduw evalueren in de context van de installatie en de *performance ratio* en op basis hiervan de leefbaarheid van het fotovoltaïsche project beoordelen.

Voorbeeld :

Een installatie van 3 kWp bestaat uit 2 velden van 8 modules van 185 Wp met elk een omvormer van 2 100 W.

- Op een van de velden valt de schaduw van een schouw.
- Dat veroorzaakt een productieverlaging van ongeveer 1,5 kWh per dag, ofwel een totaal verlies van +-10%.

Gespecialiseerde softwaretoepassingen, zoals PVSYS² (van de universiteit van Genève) of PVSOL³ maken het mogelijk om het gebouw en de omgeving in een computermodel te gieten en op basis hiervan de impact van de schaduw te berekenen. Deze programma's houden rekening met de stand van de zon in functie van de lengte- en breedtegraad van de fysieke plaats van de installatie. Omdat de stand van de zon voor elk ogenblik van het jaar bekend is, kan de software de impact van de schaduw berekenen. Deze methode kan worden aangewend voor nieuwe en bestaande gebouwen en maakt het mogelijk om het verlies als gevolg van schaduw te kwantificeren. In het gedetailleerde eindrapport vindt men een overzicht van alle verliezen – en dus ook de schaduwverliezen – uitgedrukt in %.

De impact van schaduw is een cruciaal punt, gezien het niet lineaire karakter van de relatie tussen schaduw en productieverlies. Voor eenzelfde percentage schaduw op een module, kan de impact gaan van 0 tot 100%, afhankelijk van de plaats van de schaduw en de schakeling van de cellen in de module.

Omdat de cellen in serie geschakeld zijn, bepaalt de cel die de minste zonnestraling krijgt (die in de schaduw ligt) hoeveel stroom er door de andere cellen gaat. Dit is het zogenaamde "tuinslangeffect". Wanneer u een tuinslang half indrukt, komt er nog maar half zoveel water uit! Als een zonnecel voor 50% wordt overschaduw, daalt de FV-productie eveneens met 50%. Dit nadelige gevolg kan worden beperkt door beveiligingen (bypassdiodes) en zogenaamde multistring-omvormers.

De meeste panelen zijn daarom uitgerust met bypassdiodes, die de impact van schaduw beperken (en de cellen beschermen). Niettemin mag de impact van schaduw niet worden onderschat.

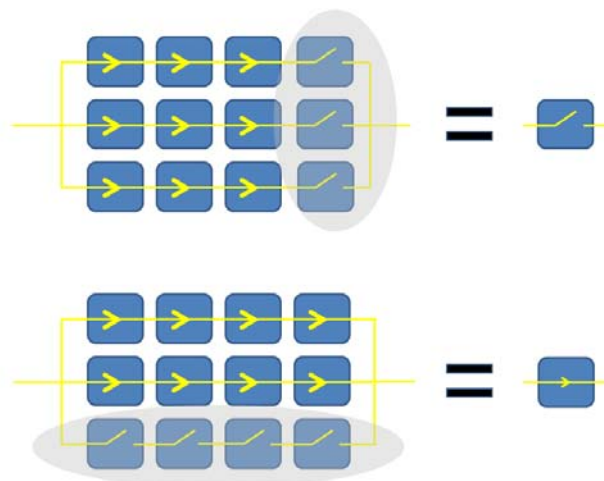
Van bij de aanvang van het project moet de impact van schaduwvorming tot in de kleinste details worden bestudeerd. De installateur moet ter plaatse komen en zijn advies geven over alle obstakels die schaduw kunnen veroorzaken. De financiële en energetische rendabiliteit van het project kan ervan afhangen.

Als het onmogelijk is om schaduwen te elimineren, dan kan men overwegen om gebruik te maken van bepaalde technologieën, zoals de amorfe aSi-modules of hybride (gemengd amorf en monokristallijn) HIT-modules, omdat ze minder onderhevig zijn aan deze problematiek.

² <http://www.pvsyst.com/5.2/index.php>

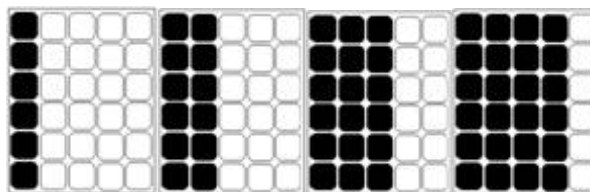
³ http://www.valentin.de/index_fr_page=pvsol_grid



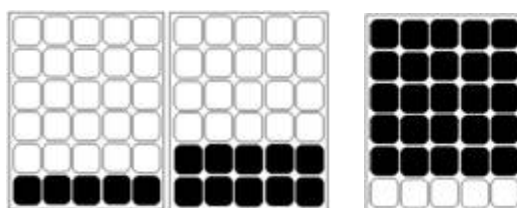


Figuur 5 : Vergelijking van de impact van schaduw op een fotovoltaïsch paneel in een dwars- en een langsdoorsnede en het (vereenvoudigde) equivalent schema

In de figuren 6 en 7 zien we een voorbeeld van een paneel met een portret-oriëntatie in verschillende schaduwsituaties. De uiteenlopende productieverliezen kunnen worden verklaard door de aanwezigheid van bypassdioden, die de panelen beschermen tegen de nefaste gevolgen van schaduw en die het mogelijk maken dat het overschaduwde paneel en de andere panelen van de string gewoon verder blijven functioneren.



Figuur 6 : Vier situaties waarbij de schaduw verticale banden bedekt, waardoor een productieverlies wordt veroorzaakt van 30% à 100% (afhankelijk van het aantal bypassdioden en de grootte van het overschaduwde deel)

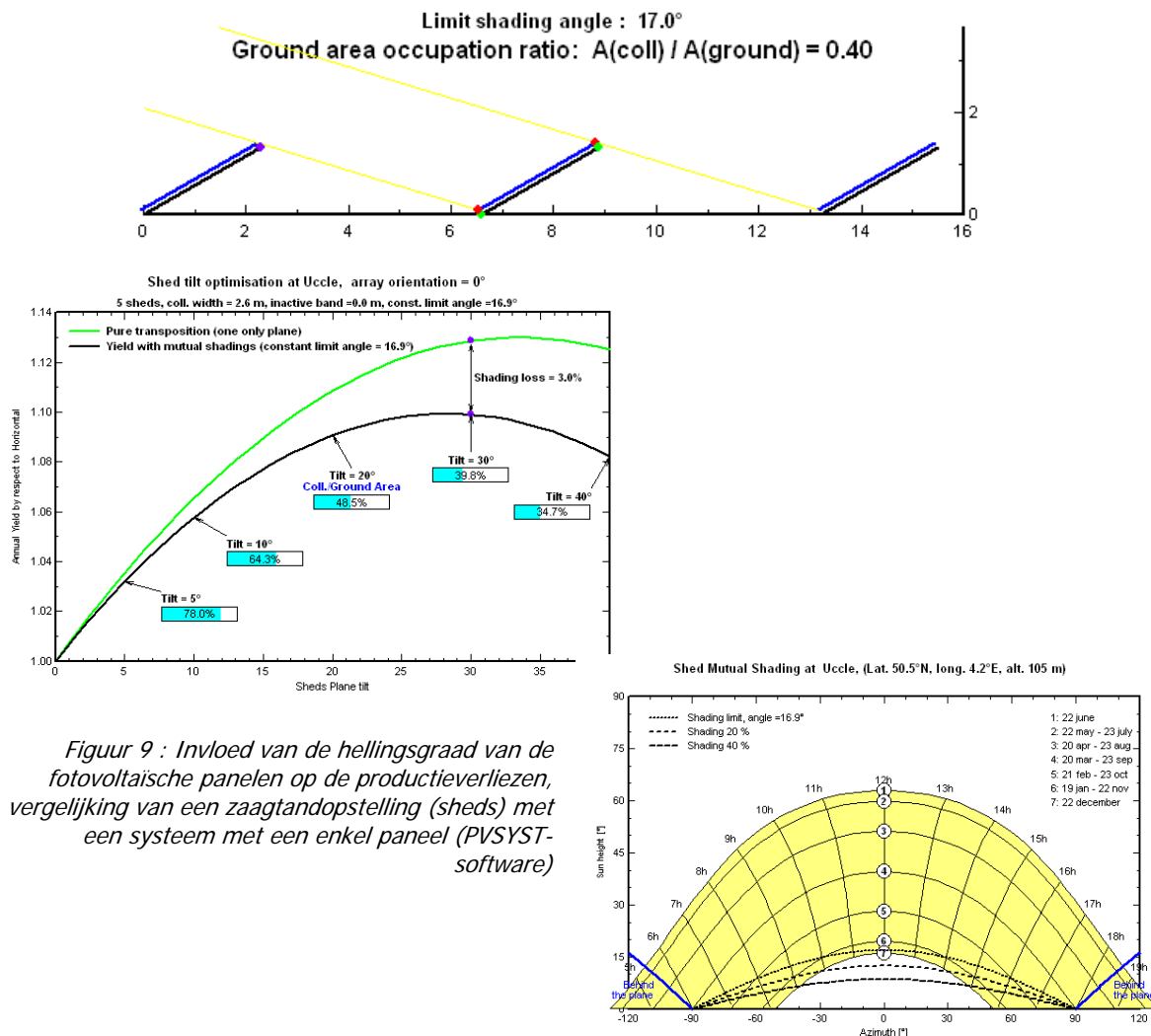


Figuur 7 : Drie situaties waarbij de schaduw horizontale banden bedekt (als gevolg van een slecht gedimensioneerde zaagtandopstelling), waarbij een productieverlies wordt veroorzaakt dat tot 100% kan gaan



Figuur 8 : Voorbeeld van een schaduw die bijna 100% productieverlies veroorzaakt

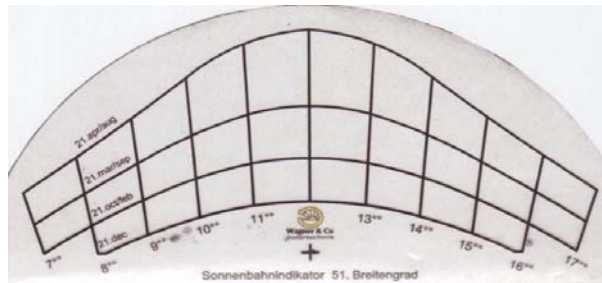
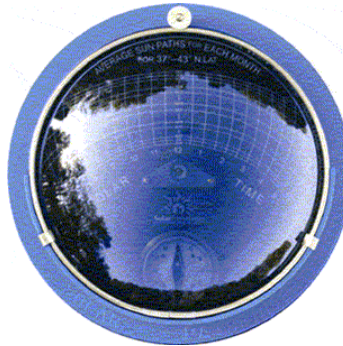
Vaak wordt de techniek van de maximale schaduwhoek toegepast om te anticiperen op de impact van schaduw. In België is die hoek 17°, maar hij kan variëren van 15° tot 18,5°. Het voorbeeld van figuur 9 toont dat door de maximale schaduwhoek van 17° te respecteren, er geen schaduw valt om 12u 's middags op 21 december. Er dient te worden opgemerkt dat de schaduw in de winter een erg beperkte impact heeft op de globale productie, aangezien de wintermaanden van november tot februari (een derde van het jaar) minder dan 1/6 bijdragen tot de jaarproductie. Bovendien hindert schaduw alleen de directe straling en tijdens de betreffende periode is die slechts goed voor ongeveer 30% van de zonne-energie; de rest bestaat uit verstrooide straling. Tijdens de maanden april tot september heeft de schaduw echter een heel uitgesproken impact.



Figuur 9 : Invloed van de hellingsgraad van de fotovoltaïsche panelen op de productie verliezen, vergelijking van een zaagtandopstelling (sheds) met een systeem met een enkel paneel (PVSYST-software)

De bovenste grafiek van figuur 9 geeft een vergelijking (groene en zwarte lijnen) tussen een systeem met een enkel paneel en een systeem met verschillende rijen panelen, en de overeenkomstige schaduwverliezen. In het geval van verschillende rijen panelen (zwarte lijn) neemt de jaarproductie toe met de toenemende hellingsgraad en verkleint de beschikbare oppervlakte met de toenemende hellingsgraad.

Er bestaan instrumenten om met optische technieken obstakels te visualiseren. Een panoramafoto kan alvast een idee geven van de ernst van het schaduwprobleem op de plaats van het project (op voorwaarde dat er op de foto een bekend referentiepunt staat aan de hand waarvan de hoeken van azimut en helling kunnen worden geïjkt).



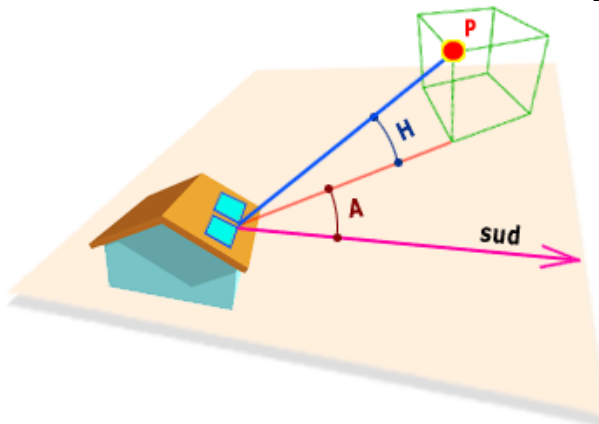
Figuur 10 : Voorbeeld van een optisch instrument dat wordt gebruikt om obstakels (schaduwbronnen) te visualiseren



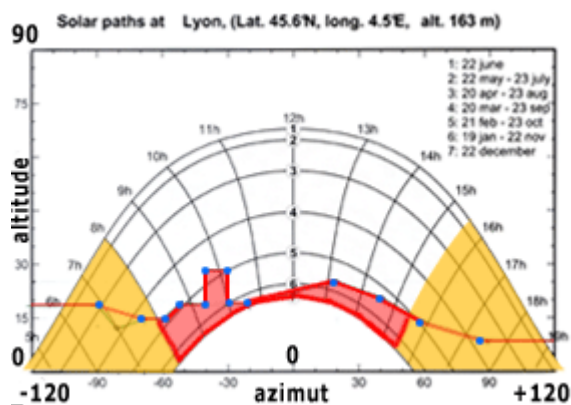
Figuur 13: Andere eenvoudige hulpmiddelen om obstakels te visualiseren: kompas & hellingmeter

Het tracé van de schaduwbronnen

We kunnen het tracé van de schaduwbronnen in kaart brengen door alle punten van de combinatie azimuth/hogte te verbinden. Deze curve kan worden beperkt tot de belangrijkste schaduwbronnen en hoeft dus niet tot in de kleinste details te worden uitgetekend.



Figuur 12: Azimut/hogte



Figuur 13: Overzicht van schaduwbronnen

In figuur 12 staat het azimuth op de x-as, uitgedrukt als een hoek met een waarde tussen -120° en $+120^\circ$. In de praktijk zijn azimuthwaarden tussen -90° en $+90^\circ$ voldoende. De hoogte staat op de y-as, uitgedrukt als een hoek met een waarde tussen 0° en 90° .

Het begin en einde van de dag [gele zones in figuur 13] hebben weinig invloed en worden daarom niet in beschouwing genomen. De totale schaduw van het obstakel wordt weergegeven door de rode oppervlakte. Op die manier kan de schadefactor worden berekend, die moet worden toegepast bij de berekening van de fotovoltaïsche productie van het veld.

De berekening van deze factor is erg complex. Ze is gebaseerd op geometrische beginselen verbonden met schaduwoppervlakken, het uur en kalenderperiodes. Meestal is een speciale software nodig om de factor precies te kunnen berekenen (bijvoorbeeld PVSyst-software).

Als zou blijken dat schaduw een groot probleem vormt op de plaats van het project, dan kan worden overwogen om de panelen te verplaatsen, de omvang ervan te verkleinen of hun oriëntatie te wijzigen.

Als bijvoorbeeld zou blijken dat de schaduw een probleem beginnen te vormen in de loop van de namiddag, kan men overwegen om de panelen meer naar het oosten te richten om aldus meer ochtendzonnepanelen op te vangen. Een optimalisatie moet vaak worden uitgevoerd vanuit de wetenschap dat de geometrie (oriëntatie, hellingsgraad en afstand tussen de opeenvolgende rijen panelen) van invloed is op de productie en dus op het financiële rendement, waarmee de installatie zich uiteindelijk terugbetaalt.



FOTOVOLTAÏSCHE ZONNE-ENERGIE : DIMENSIONERING VAN FOTOVOLTAÏSCHE INSTALLATIES

1. DIMENSIONERING VAN EEN INSTALLATIE IN FUNCTIE VAN DE BESCHIKBARE OPPERVLAKTE EN HET VERBRUIK

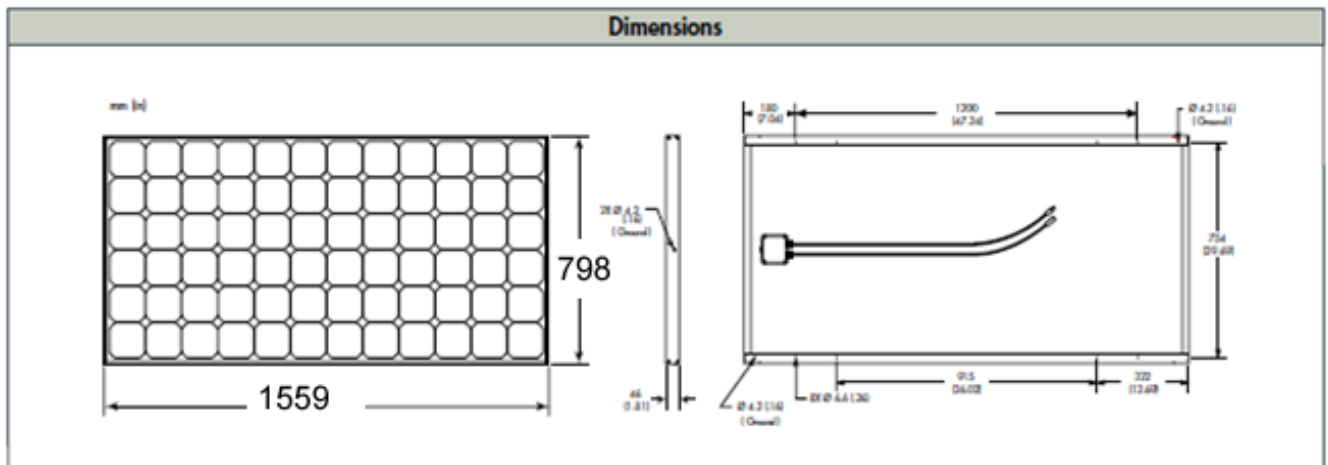
De juiste dimensionering van de installatie is essentieel. Hieronder worden twee methodes voor dimensionering (punt B en C) voorgesteld op basis van het onderstaande voorbeeld. Het spreekt voor zich dat naast de oppervlakte en het verbruik, het beschikbare budget een derde doorslaggevende factor is bij de dimensionering van een installatie.

A. Basisgegevens:

Men beschikt over een dak van 30 m² (6 m x 5 m) gericht op het volle zuiden en met een hellingsgraad van 35°.

De klant wil maximaal gebruikmaken van het dakoppervlak en het verbruik is 3.400 kWh/jaar.

Voorgestelde technologie: Sunpower 225 – model van 225 Wp met de afmetingen als volgt:



B. Berekening van aantal modules

Men dient ermee rekening te houden dat er een minimumafstand moet zijn tussen de dakrand en de installatie (1 à 2 dakpannen), als afscherming tegen de wind.

- Oppervlakte van een module met inbegrip van tussenruimtes van 20 mm

$$(1559 + 20) \times (798 + 20) \text{ [mm]} = 1,292 \text{ m}^2$$

- Beschikbare dakoppervlakte, rekening houdend met een veiligheidsboord van 30 cm aan elke kant

$$(6,00 - (2 \times 0,30)) \times (5,00 - (2 \times 0,30)) = 5,40 \times 4,40 = 23,76 \text{ m}^2$$

- Hoeveel modules kunnen er op dit dak worden geplaatst?

$$23,76 / 1,292 = 18,39 \text{ ofwel } \mathbf{18} \text{ modules goed voor } 4\,050 \text{ Wp}$$

C. Berekening van het aantal benodigde modules in functie van het verbruik

- Om het piekvermogen te berekenen dat nodig is om een bepaalde productie te bereiken, nemen we de formule van module 4.

$$\text{Geïnstalleerde piekvermogen} \times \text{specifieke productie van de installatie} \times \text{correctiefactor} = \text{Verbruik} = \text{Productie}$$

$$[kWp \times kWh/kWp \times \% = kWh/jaar]$$

Dus

$$\text{Te installeren piekvermogen} = \frac{\text{Verbruik}}{\text{specifieke productie van de installatie} \times \text{CF}}$$

$$[kWh/jaar / (kWh/kWp \times \%) = kWp]$$

$$P = 3\,400 / (850 \times 1,00) = 4 \text{ kWp}$$

- Aantal benodigde modules: $4 \text{ kWp} / 0,225 \text{ kWp} = 17,7$ modules → 18 modules.

Het dakoppervlak is dus in theorie groot genoeg om een installatie te herbergen die de totale behoefte van de klant kan dekken.

Over het algemeen is het logischer om bij de berekening uit te gaan van het huishoudelijke verbruik of het beschikbare budget dan van de dakoppervlakte. Het dak moet evenwel worden opgemeten om zich ervan te vergewissen dat het groot genoeg is voor de ideale installatie.

De doenbaarheid van deze opstelling moet steeds ter plaatse worden bekeken in functie van de ligging van de spanten.

2. DIMENSIONERING VAN DE OMFORMERS

DIMENSIONERING

Wanneer we het hebben over de dimensionering van de omvormers, mogen we niet uit het oog verliezen dat de fotovoltaïsche installatie een wissel- en een gelijkstroomkant heeft. Langs de gelijkstroomkant bekijken we het piek- en het reële (momentaan) vermogen dat tijdens de werking wordt bereikt. We dienen voorts ook aandacht te besteden aan de spanning van de strings die verbonden zijn met de omvormer.

In België wordt over het algemeen aanvaard dat het wisselstroomvermogen van de omvormer wordt ondergedimensioneerd (*de-rating*) tegenover het piekvermogen van de verbonden fotovoltaïsche string(s). Zo'n onderdimensionering kan worden getolereerd tot 80% van het piekvermogen (een omvormer van 3 kVA voor een string van 3,75 kWp komt overeen met een *de-rating* van 80%). Voor een systeem dat niet optimaal staat opgesteld tegenover de baan van de zon tolereert men zonder bezwaar een onderdimensionering.

Voorbeeld (gebaseerd op een bestaand geval): het momentaan vermogen van een installatie van 75 kWp varieert met de intensiteit van de zonnestraling (volgens een bijna lineaire relatie). In de loop van het jaar fluctueert de straling die op de panelen valt tussen 0 en 1.050 W/m^2 (op de middag, temperatuur van de panelen: 45°C). In deze installatie met een piekvermogen van 75 kWp is het opgewekte (gelijkstroom) vermogen gelijk aan 66,3 kW bij de ingang van de omvormers en 64 kVA (wisselstroom) bij de uitgang van de omvormers.

Vaak wordt een overdimensionering aangeraden bij dunnefilmpanelen, maar dit aspect moet geval per geval worden bekeken in functie van de combinatie panelen-omvormers.

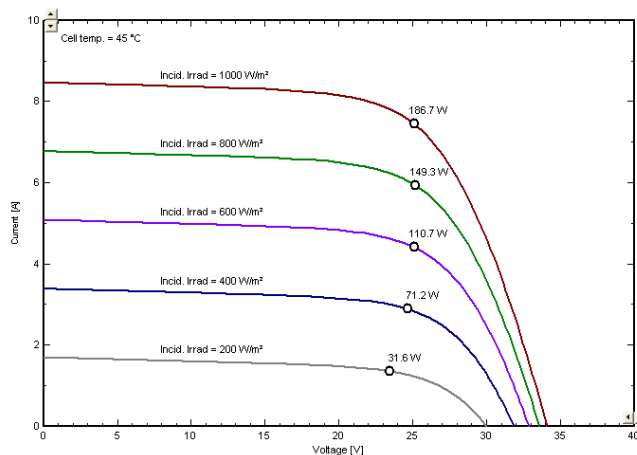
Een onder- of overdimensionering van de omvormer kan het globale rendement van het hele zonnestelsel negatief beïnvloeden.



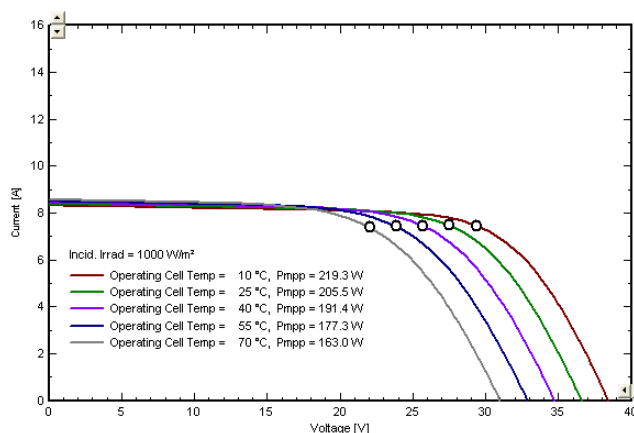
In verband met de dimensionering moet ook worden benadrukt dat het van het grootste belang is om de aanwijzingen van de producent voor het betreffende merk en model van panelen en omvormers te volgen.

Het is niet zozeer het vermogen dan wel de nullastspanning van de installatie die een bepalende factor is bij de dimensionering. Strings worden gevormd door seriegeschakelde panelen en ze bezitten inderdaad een karakteristieke stroom / spanning-relatie (zie curves I tot V); de spanning in elke string is gelijk aan de spanning van een paneel vermenigvuldigd met het aantal panelen en de stroom is gelijk aan de stroom van een paneel (serieschakeling: de spanningen worden bij elkaar opgeteld bij gelijke stroom).

De productie is evenredig met de straling en omgekeerd evenredig met de temperatuur.



Figuur 1: Curve stroom / spanning voor verschillende niveaus van stralingsintensiteit



Figuur 2 : Curve stroom / spanning voor een fotovoltaïsch paneel bij verschillende temperaturen

Om de lijnverliezen door het Joule-effect ($P=RI^2$) te beperken, moet de stroomsterkte worden verminderd (I^2) en dus de **spanning verhoogd**. Om die reden worden de modules in serie geschakeld (*string* in het Engels).

Het aantal modules dat in een string in serie kan worden geschakeld, wordt beperkt door de ingangsspanning die de omvormer aankan. Eventueel moeten de modules over **verschillende strings** worden verdeeld. Elke string heeft dan een lagere spanning, maar de totale stroomsterkte bij de ingangseenheden van de omvormer is hoger!... Het is belangrijk zich ervan te vergewissen dat de omvormer geschikt is voor deze stroomsterkte!

De meeste omvormers vereisen gelijke strings, d.w.z. strings met een gelijk aantal modules, van hetzelfde type en in dezelfde omstandigheden (oriëntatie, hellingsgraad, schaduw) opgesteld. Bepaalde multistring omvormers leggen die beperkingen niet op en zijn dus bijzonder geschikt voor installaties met modules met bijvoorbeeld een verschillende hellingsgraad of oriëntatie.

Om te bepalen of een bepaalde omvormer compatibel is met een string, moet men controleren of

- 1) het nominale vermogen van de omvormer zich situeert tussen 80% en 110% van het piekvermogen
- 2) de opgewekte spanningen binnen de mogelijkheden van de omvormer blijven:
 - a. De maximale spanning, d.i. bij 1 000 W/m², hellingsgraad 35°, nullastspanning en koud (-10°), moet lager zijn dan de maximaal toegestane gelijkstroomspanning. Dit is de veiligheidsspanning: boven deze maximale spanning wordt de omvormer uitgeschakeld (varistor¹) en dat veroorzaakt een onderbreking in de werking van de installatie
 - b. De minimale spanning, d.i. bij 1 000 W/m², hellingsgraad 35°, onder spanning en warm (70°), moet hoger zijn dan de minimale toegestane MPP²-spanning. Dit is de koppelingsspanning: onder deze minimale spanning wordt de omvormer uitgeschakeld en valt de productie stil!

Maximale spanning bij -10 °C: $V_{OC[String,-10^{\circ}C]} = M \times (V_{OC} + \mu V_{OC} \times 35)$
 Minimale spanning bij +70 °C: $V_{OC[String,+70^{\circ}C]} = M \times (V_{OC} + \mu V_{OC} \times 45)$

- M = aantal modules in een string
- V_{OC} = nullastspanning van een module in STC (25°C)
- μV_{OC} = temperatuurscoëfficiënt
- V_{MPP} = spanning op het Maximum Power Point (MPP)

3) de maximale stroom lager is dan de toegestane stroom van de omvormer

Voorbeeld :

Men kiest voor een installatie: panelen Issol Cenit 200, omvormers SMA SMC8000TL, strings van 3x17 panelen ofwel 10.200 Wp.

- Karakteristieken van het paneel Issol Cenit 200 :



Caractéristiques des Modules / Modules specifications / Modulenspezifizierung / Modules especificaciones

Model	P (Wc)	VOC (V)	ISC (A)	Vmp (V)	Imp (A)	Eff (%)	Umax (V)	α temp. VOC (mV/°C)	α temp. ISC (mA/°C)	α temp. Pmpp (%/°C)	NOCT (°C)	Cell type	Temp. Operative module
CENIT 80/70	70	20,94	4,84	16,96	4,15	13	750	-76,98	2,2	-0,49	45,5	mono	-40/85°C
CENIT 80/80	80	20,23	4,74	19,09	4,19	16	750	-76,98	2,2	-0,49	45,5	mono	-40/85°C
CENIT 80/85	85	21,83	5,20	17,79	4,74	15,50	750	-76,98	2,2	-0,49	45,5	mono	-40/85°C
CENIT 130/125	125	22,30	8,35	16,68	7,61	14,50	750	-148,8	2,2	-0,45	49,90	poly	-40/85°C
CENIT 150/150	150	44,01	5,14	33,40	4,49	13,50	1000	-148,8	2,2	-0,45	49,90	mono	-40/85°C
CENIT 150/160	160	45,58	5,00	34,89	4,59	14,50	1000	-148,8	2,2	-0,45	49,90	mono	-40/85°C
CENIT 150/185	185	45,24	5,57	35,06	5,15	14,50	1000	-148,8	2,2	-0,45	49,90	mono	-40/85°C
CENIT 220/200	200	36,62	8,38	29,05	6,92	15,85	1000	-148,5	2,3	-0,43	46	poly	-40/85°C
CENIT 220/210	210	37,45	8,16	28,29	7,43	16,00	1000	-148,5	2,3	-0,43	46	poly	-40/85°C

$V_{OC} = 36,62 \text{ V}$ $V_{MPP} = 29,05 \text{ V}$ $I_{MPP} = 6,92 \text{ A}$
 $\mu V_{OC} = -148,5 \text{ mV/}^{\circ}\text{C} (= - 0,1485 \text{ V/}^{\circ}\text{C})$

- Karakteristieken van de omvormer SMA SMC 8000 TL

¹ De varistors beveiligen de elektronische onderdelen aan de binnenzijde van de omvormer tegen spanningspieken afkomstig uit de atmosfeer, die het gevolg kunnen zijn van bijvoorbeeld een onrechtstreekse bliksemingslag in de buurt

² MPP : Maximum Power Point = punt van maximaal vermogen

Désignation du modèle	SMC 5000A	SMC 6000A	SMC 6000 TL	SMC 7000 HV	SMC 7000 TL	SMC 8000 TL	SMC 9000 TL	SMC 10000 TL	SMC 11000 TL
Numéro d'article	100916	100917	100919	100920	100921	100922	100923	100924	100925
Puissance DC max. (W)	5750	6300	6200	7500	7200	8250	9300	10350	11400
Tension MPP min. (V)	246	246	333	335	333	333	333	333	33
Tension MPP max. (V)	600	600	500	560	500	500	500	500	500
Tension DC max. (V)	600	600	700	800	700	700	700	700	700
Courant DC max. (A)	26	26	19	23	22	25	29	32	35
Puissance nominale AC (Wp)	5000	6000	6000	6650	7000	8000	9000	10000	11000
Puissance AC max. (Wp)	5500	6000	6000	7000	7000	8000	9000	10000	11000
Rendement max. (%)	96,10	96,10	98	96,10	98	98	98,10	98,10	98,10
Rendement Euro (%)	95,20	95,20	97,70	95,30	97,70	97,70	97,70	97,70	97,70
Transformateur	oui	oui	non	oui	non	non	non	non	non
Poids (kg)	62	63	31	65	32	33	40	40	40
Largeur (mm)	468	468	468	468	468	468	468	468	468
Hauteur (mm)	613	613	613	613	613	613	613	613	613
Profondeur (mm)	242	242	242	242	242	242	242	242	242
Classe de protection IP	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Plage de température (°C)	pour tous les onduleurs -25 à +60 °C								
Nombre de strings	4	4	4	4	4	4	5	5	5
Multi-Contact™	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Connecteur AC	non	non	non	non	non	non	non	non	non
ESS (Electronic Solar Switch)	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui

1) Controle van de maximaal toegestane spanning van de omvormer:

$$V_{\max} = 17 \times (36,62 - ((-0,1485) \times 35)) = 711 \text{ V} > 700 \text{ V} !$$

wat hoger is dan de maximaal toegestane spanning. De oplossing bestaat eruit een omvormer te kiezen met een grotere maximale toegestane spanning of het aantal strings te beperken tot 3 x 16 panelen, ofwel 9,6 kWp:

$$V_{\max} = 16 \times (36,62 - ((-0,1485) \times 35)) = 669 \text{ V} < 700 \text{ V} \quad \text{OK}$$

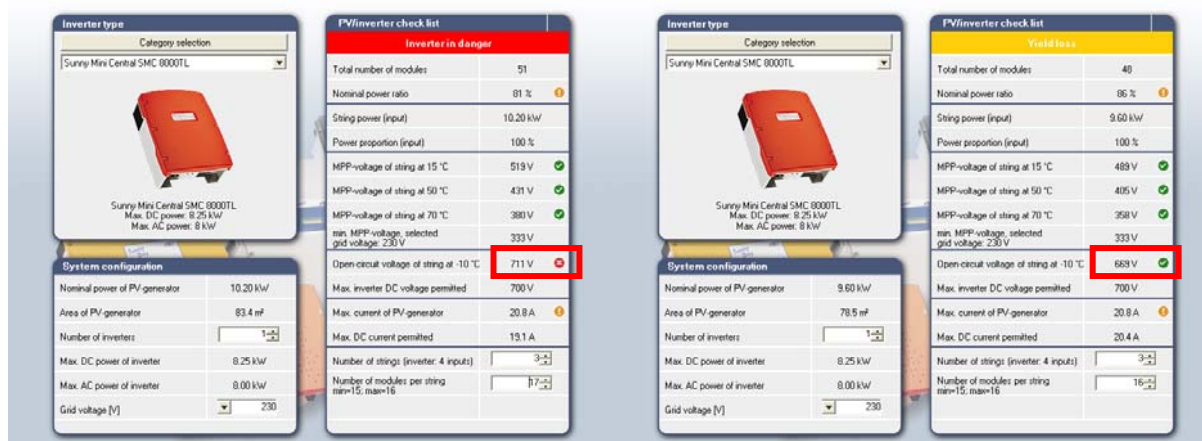
2) Controle van de minimaal toegestane spanning van de omvormer: 333 V

$$V_{\text{MPP}} = 16 \times (29,05 - ((-0,1485) \times 45)) = 693 \text{ V} > 333 \text{ V} \quad \text{OK}$$

3) Controle van de maximaal toegestane stroom van de omvormer: 25 A

$$V_{\text{MPP}} = 3 \times 6,92 = 20,8 \text{ A} < 25 \text{ A} \quad \text{OK}$$

Opmerking : Vele producenten hebben een softwareprogramma waarmee ze voor een bepaalde configuratie en een bepaalde geografische plaats de compatibiliteit kunnen controleren van de combinatie omvormer – panelen. Figuur 19 toont de resultaten van zo'n controleberekening voor de twee hierboven beschreven combinaties.



Figuur 3 : Resultaten van een controleberekening voor de dimensionering van strings (Sunny Design)

3. DIMENSIONERING VAN DE GELIJKSTROOMBEDRADING

Om de panelen met elkaar te verbinden tot strings en om verschillende strings in parallel te schakelen, is er gelijkstroombedrading nodig. Hiervoor mogen uitsluitend zogenaamde "zonnekabels" (dubbele isolatie, UV- en ozonbescherming, enz.) worden gebruikt.

De zonnekabels die op het dak worden gebruikt, moeten onder meer bestand zijn tegen UV-stralen en de inwerking van ozon. Bovendien moet de bedrading, evenals alle andere onderdelen van de installatie, functioneel zijn bij temperaturen tussen -20°C en 80°C.

Om redenen van veiligheid en efficiëntie gelden enkele cruciale criteria bij de dimensionering en koppeling van de hoofdkabels van het gelijkstroomgedeelte:

- A. De bedrading moet een spanning aankunnen van 1,15 x de nullastspanning (isolatie).
- B. De capaciteit van de bedrading moet voorzien zijn op de doorvoer van wissel- of gelijkstroom (doormeter van de draden) en op ohmse verliezen door spanningsval.
- C. Er dienen aangepaste connectoren gebruikt te worden.

A. BEVEILIGING TEGEN OVERSPANNING ALS GEVOLG VAN EEN STORING OF KORTSLUITING

Indien er verschillende strings³ in parallel geschakeld staan, plaatst men zekeringen op de + en -polen om de bedrading te beschermen tegen overspanning. Dat is vereist volgens norm IEC 60364-7-712.

Deze zekeringen zijn echter facultatief in het geval de bedrading is gedimensioneerd om de hoogst mogelijke overspanning te tolereren (kortsluitstroom) en indien er niet meer dan vier strings in parallel geschakeld staan. In dat geval moet worden gecontroleerd of de panelen dezelfde intensiteit in de tegengestelde richting aankunnen (geforceerde stroomstoot door de paneel) zonder ze onherstelbaar te beschadigen. Vraag indien gewenst een geschreven verklaring van de producent dat dit zo is.

De maximale stroom voor de bedrading van een string wordt berekend als volgt:

$$I_{\max, \text{string}} = 1,25 (n-1) I_{sc, STC}$$

waarbij n het aantal strings in parallel is en $I_{sc, STC}$ staat voor de kortsluitstroom in standaard testcondities (STC:1000 W/m², AM1,5, 25°C).

De hoofdkabels van het gelijkstroomdeel moeten bijgevolg altijd worden gedimensioneerd voor de hoogst mogelijke overspanning die kan voortkomen uit een array⁴ van fotovoltaïsche panelen (d.w.z. het geheel van in parallel geschakelde panelen). Deze maximale stroom wordt bekomen door

$$I_{\max, \text{array}} = 1,25 n I_{sc, STC}$$

In de praktijk werkt men met bedradingen van bepaalde standaardwaardes. Men kiest de eerstvolgende standaardwaarde die hoger is dan de uitkomst van deze berekening.

Enkele standaarddoormeters van zonnekabels zijn: 1,5 mm², 2,5 mm², 4 mm², 6 mm², 10 mm², 16 mm², 25 mm², 35 mm², 50 mm², 70 mm², 95 mm², 120 mm²...

³ String = fotovoltaïsche keten: circuit waarin fotovoltaïsche panelen in serie geschakeld staan en zo een eenheid vormen die de gespecificeerde uitgangsspanning genereert. Bron : norm IEC 60634-7-712.

⁴ Volgens de norm IEC60634-7-712 is een array = een Fve keten: circuit waarin fotovoltaïsche panelen in serie geschakeld staan en zo een eenheid vormen die de gespecificeerde uitgangsspanning genereert

B. KABELDOORMETER EN OHMSE VERLIEZEN IN HET GELIJKSTROOMDEEL

De doormeter van de stringbedrading en van de hoofdkabels (na parallelschakeling) moeten van die aard zijn dat de nominale stroom die erdoor loopt op het moment dat het maximale vermogen wordt bereikt (in het Engels *Maximum Power Point of MPP*), geen spanningsval van meer dan 2% van de nominale spanning tot gevolg heeft bij de uiteinden van de draden.⁵

De kabeldoormeter S kan als volgt worden berekend:

$$S = \frac{\rho \times L \times I}{\varepsilon \times V_A}$$

Waarbij :

ρ is de weerstand van de draad, uitgedrukt in $\Omega \cdot m$. Deze is $1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ voor een koperdraad

L is de lengte van de draad, uitgedrukt in m

I is de stroom die door de draad loopt, uitgedrukt in A

ε is de spanningsval, uitgedrukt in V

V_A is de beginspanning van de draad, uitgedrukt in V

Wanneer men overweegt om in een bestaand of een nog op te richten gebouw een fotovoltaïsche installatie te integreren, dienen vooreerst alle beperkende factoren goed te worden bestudeerd.

Voorbeeld:

De polykristallijne panelen Yingli van 230 W hebben een nominale intensiteit van 7,8 A (MPP) en een nominale spanning van 29,5 V. De nullastspanning is 37 V en de kortsluitstroom is 8,4 A.

Als er een string wordt gemaakt van 20 panelen in serie, is de totale nominale spanning 590 V en nullastspanning is 740 V. (20 x 37V)

Zodoende moeten de gelijkstroomdraden een isolatiewaarde hebben van minimum $1,15 \times 740 = 851$ V. De doormeter van de hoofdkabels van het gelijkstroomdeel (in dit geval de stringbedrading) wordt als volgt berekend:

$$1,25 \times 8,4 \text{ A} = 10,5 \text{ A}; \text{ is de maximale stroom van het array.}$$

De kabel kan een totaal vermogen aan van:

$$7,8 \text{ A} \times 590 \text{ V} = 4.602 \text{ W}$$

Om de verliezen te beperken tot minder dan 2%, mag de afstand tot aan de omvormer maximaal 120 m bedragen. Voor dit voorbeeld gaan we uit van een verlies van 1%:

$$\text{De spanningsval in de kabel is } 1\% \times 590 \text{ V} = 5,9 \text{ V}$$

Voor een koperdraad moet de doormeter de volgende zijn:

$$S = (1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m \times 120 \text{ m} \times 10,5 \text{ A}) / (1\% \times 590 \text{ V}) = 2,14 \times 10^{-5} / 5,9 = 3,63 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

→ 3,6 mm² De standaarddoormeter die net groter is dan deze uitkomst is 4 mm².

C. GELIJKSTROOMCONNECTOREN

De hierboven besproken criteria voor de bedrading gelden ook voor de connectoren die worden gebruikt om gelijkstroomdraden te verbinden. De connectoren moeten zodanig zijn geconcipeerd dat het risico op elektrocutie wordt uitgesloten als de vrouwelijke en mannelijke delen van de stekker niet in elkaar steken. De connector moet verder beschermd zijn tegen rechtstreekse fysische aanrakingen (IP65).

Bijzondere aandacht dient ook te gaan naar de trekkracht die de stekkers kunnen verdragen.

⁵ http://www.photovoltaique.guidenr.fr/III_dimensionnement_cable_dc_photovoltaique.php

De connectoren moeten voorzien zijn van een vergrendelingsysteem, dat voorkomt dat de twee delen uit elkaar zouden worden gerukt.

Op de technische fiche van de connectoren moet een referentie staan naar het erkende organisme die de testspecificaties heeft gecontroleerd.

Een gelijkstroomonderbreker is verplicht (IEC 60364-7-712) en dient om de fotovoltaïsche panelen en de omvormers te ontkoppelen. Deze schakelaar staat juist voor de omvormer of is geïntegreerd in de omvormer.



Op elke parallelschakeling in het gelijkstroomdeel moet er een afdoende bescherming tegen overspanning worden voorzien; deze bescherming bevindt zich net na de omvormer of is in de omvormer geïntegreerd.

Overspanning als gevolg van bliksem in de nabijheid van een fotovoltaïsche installatie dient tot een minimum beperkt te worden. Dit kan men bereiken door de positieve en negatieve bedrading van elke string zo dicht mogelijk bij elkaar te leggen om het risico op inductielussen te beperken. In de praktijk komt het erop neer dat de bedrading die van de string wegliep dezelfde weg volgt als bedrading die naar het paneel loopt.

Multi-contact AG - model MC3	Multi-contact AG - model MC4	Tyco electronics
		
klassieke connector	verdere ontwikkeling van het model MC3 met mechanische afsluitvergrendeling	

Figuur 4 : Verschillende types gelijkstroomconnectoren – bron : http://www.sigma-tec.fr/textes/texte_cables.html



FOTOVOLTAÏSCHE ZONNE-ENERGIE : INPLANTING VAN FOTOVOLTAÏSCHE INSTALLATIES

Als een fotovoltaïsche installatie in een gebouw wordt geïntegreerd (wat in het Brusselse Hoofdstedelijke Gewest bijna steeds het geval is), dan wordt ze in de meeste gevallen op het dak geplaatst.

Men moet een onderscheid maken tussen installaties op een plat of hellend dak of deze op de voorgevels. De integratiemogelijkheid wordt geanalyseerd in de 3 gevallen.

Een aantal beschouwingen met betrekking tot het monteren van de installatie en de omvormer worden op de laatste bladzijden van het document besproken.

1. INSTALLATIE OP EEN PLAT DAK

Bij montage op een plat dak moet worden nagedacht over eventuele problemen met de waterdichtheid en de stabiliteit van het gebouw. Bovendien moet de staat van de dakbedekking nog goed genoeg zijn om de hele levensduur van de fotovoltaïsche installatie mee te gaan (25 jaar).

Voorts kunnen op het dak obstakels (uitrusting, ventilatie, enz.) staan die schaduw werpen op de panelen. In de paragraaf "Technische oplossingen" hieronder zien we hoe de juiste tussenruimte tussen de rijen wordt bepaald.

STABILITEIT

Panelen die in een hoek staan ten opzichte van het dak, zijn onderhevig aan de impact van de wind. Dit effect kan in verschillende richtingen werken: verticaal naar boven (losrukken), naar beneden (samendrukken) of horizontaal (afschuiven). Om de installatie op haar plaats te houden, moet ze dus worden verankerd of verzwaaard met een ballast. Verder moet men nakijken of de dakbedekking en de dragende dakstructuur het bijkomende (statische) gewicht kunnen dragen en de impact van de wind (dynamisch) kunnen trotseren. Deze berekeningen moeten worden uitgevoerd door een burgerlijk ingenieur bouwkunde of door een bureau dat is gespecialiseerd in stabiliteitsstudies.

WATERDICHTHEID

Een fotovoltaïsche installatie zou niets mogen wijzigen aan de waterdichtheid van de dakbedekking. Een voorafgaand onderzoek zal uitwijzen of de bestaande bedekking nog 25 jaar kan meegaan of dat er herstellingen nodig zijn.

Als er een voorafgaand onderzoek door een onafhankelijk organisme heeft plaats gehad, is het mogelijk om te laten vastleggen hoever de verantwoordelijkheden van de installateur reiken, indien er schade zou optreden tijdens de montage of later door de fotovoltaïsche installatie zelf (gaatjes in het waterdichte membraan van het dak door mechanische belasting bijvoorbeeld). Het zal niet steeds nodig zijn om het membraan te doorboren (niet nodig voor systemen die worden gekleefd of met een ballast worden verzwaaard), maar indien dat toch dient te gebeuren, dan moeten de gaatjes rondom vakkundig weer worden afgedicht.

TECHNISCHE OPLOSSINGEN

Een fotovoltaïsch systeem kan op diverse manieren op een plat dak worden geïnstalleerd:

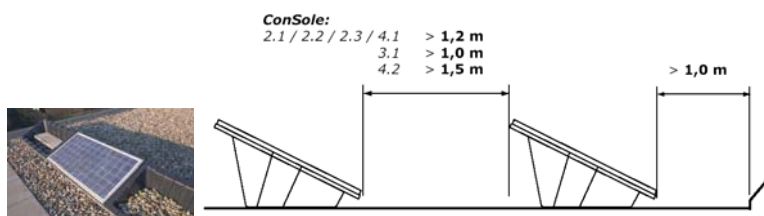
1. Gebruik van een draagsteen of console:

De zonnepanelen worden geplaatst op kunststof (PEHD) dragers die zijn gevuld met ballast (grint, betonblokken) van 80 tot 100 kg/m². De panelen worden opgesteld in een hellingshoek van 25°, waardoor ze minder blootstaan aan de wind en waardoor de ene rij weinig schaduw creëert voor de volgende rij. De eenvoud van dit concept is zijn grote voordeel, maar het biedt anderzijds weinig vrijheid met betrekking tot de hellingsgraad en er kan slechts één enkel paneel per rij worden opgesteld.

De ruimte tussen de rijen (ook *pitch* genoemd) wordt bepaald door de maximale schaduwhoek. Deze hoek bepaalt vanaf welke hoogte in de lucht de zon wordt “gezien” door het hele paneel (of met andere woorden vanaf wanneer er geen schaduw meer op het paneel valt). De vuistregel is om een tussenruimte te laten die gelijk is aan 3 x de hoogte van het obstakel of van het vorige paneel. Zo komt men tot volgende formule voor de berekening van de maximale schaduwhoek:

$$\text{gamma} = \arctg(1/3) = 18,5^\circ$$

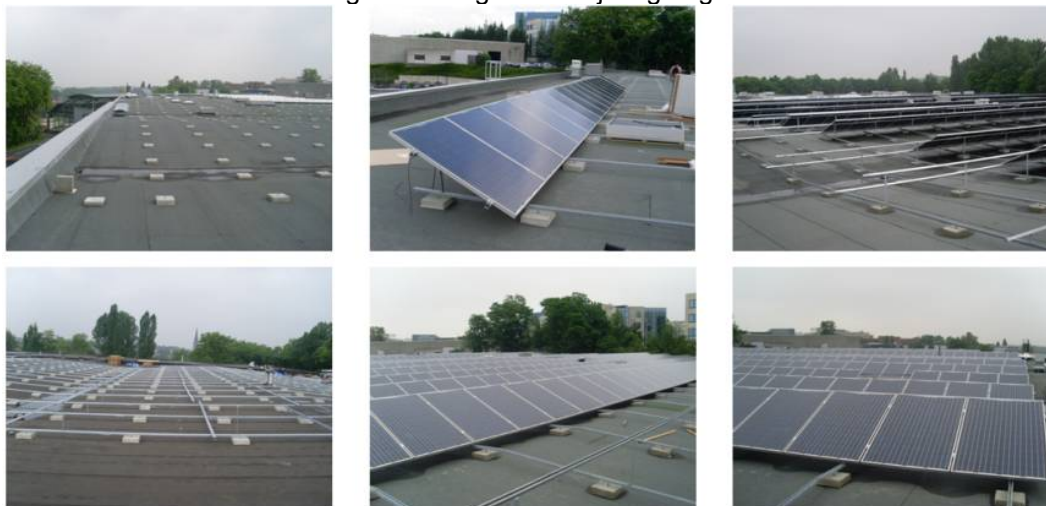
In de praktijk wordt een hoek van 15 tot 18,5° aanvaard.



Figuur 1 : Foto en schematische voorstelling van een montage met draagsteen op een plat dak

2. Gebruik van een metalen draagstructuur met ballast:

De zonnepanelen worden bevestigd op een metalen structuur die met ballast wordt verzwaard. Over het algemeen is deze oplossing niet duur, omdat de fotovoltaïsche panelen al in het atelier kunnen worden geïntegreerd in de metalen structuur. Het gewicht van de ballast moet nauwkeurig worden berekend, omdat het systeem extreme wind moet kunnen trotseren, terwijl het toch de dakstructuur niet mag beschadigen met zijn eigen gewicht.



Figuur 2 : Vaste fotovoltaïsche zonnepanelen gemonteerd op een metalen draagstructuur die op zijn plaats wordt gehouden door een ballast (Project D'Ieteren)

3. Gebruik van een metalen draagstructuur die wordt verankerd op het gebouw:

De zonnepanelen worden bevestigd op een metalen structuur, die op zijn beurt wordt verankerd op de dakbedekking. Deze installatie vereist een volmaakte afdichting ter hoogte van de verankeringspunten om waterinsijpeling te vermijden.



Figuur 3 : Fotovoltaïsche zonnepanelen gemonteerd op een metalen draagstructuur die is verankerd op het dak (Project Limburgse Tuinbouwveiling, Herk-de-Stad)

4. Gebruik van soepele amorfe siliciumpanelen:

Soepele amorfe siliciumpanelen kunnen rechtstreeks op het dak worden gekleefd.

De hellingsgraad van de panelen is dezelfde als die van het dak en die moet minstens 5° zijn om een aanvaardbaar rendement te garanderen. (De regen kan het vuil niet met dezelfde efficiëntie wegwassen van een horizontaal vlak dan op een paneel met een hellingshoek van 35°.)



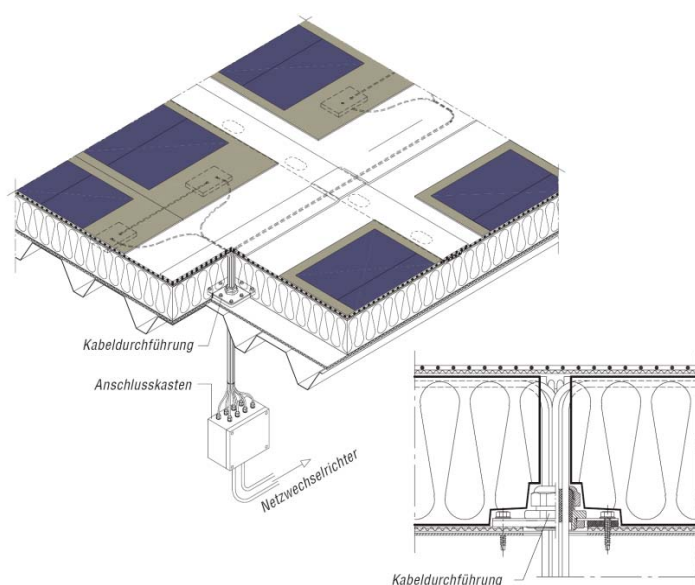
Figuur 4 : Zonnesysteem met soepele amorfe siliciumpanelen die zijn gekleefd op het waterdichte membraan van de dakbedekking (Project Colruyt, Halle. [Foto Colruyt])

5. Vergelijking van de systemen

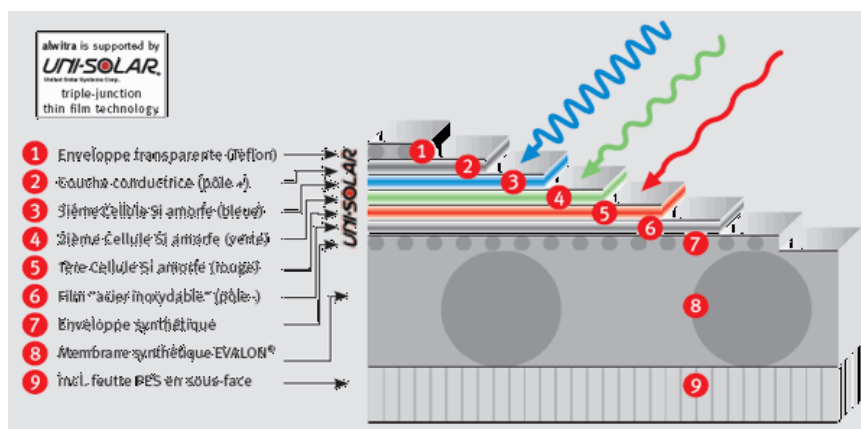
Tabel 1 vergelijkt de vier montagetechneken aan de hand van de parameters dichtheid (gemiddelde van het piekvermogen per m² dakoppervlak) en gemiddelde oppervlakteladingsdichtheid. De cijfers zijn louter informatief. Er bestaan realisaties van systemen met ballast met een gemiddelde ladingsdichtheid die kleiner is dan 15 kg/m². Dat kan worden bereikt door te spelen met de hellingsgraad van de panelen (met 12° in plaats van 25° vangen de panelen minder wind en is er dus minder ballast nodig) en met de “pitch” tussen de rijen (tussenafstand).

Methode	Dichtheid [Wp/m ² dakoppervlak]	Gemiddelde oppervlakteladingsdichtheid [kg/m ² dakoppervlak]
1. Draagsteen	50	> 40
2. Metalen draagstructuur met ballast	50 - 80	< 30
3. Metalen draagstructuur zonder ballast	50 - 80	< 20
4. Soepele amorphe siliciumpanelen	45	6

Tabel 1 : Vergelijking van de dichtheid en de oppervlakteladingsdichtheid voor vier verschillende inplantingsmethoden van zonnepanelen op een plat dak



Figuur 5 : Voorbeeld van een “geïntegreerd” product: het soepel amorf siliciummembraan verenigt drie functies, nl. isolatie, waterafdichting en zonnestelsel (Evalon Solar, schema Alwitra)



2. INSTALLATIE OP EEN HELLEND DAK

Een fotovoltaïsche installatie kan op een bestaand dak met een dakbedekking van pannen of leien worden gemonteerd, uiteraard steeds na controle van de toestand ervan. De panelen kunnen op het dak worden bevestigd of - in het geval van een renovatie - een deel van de bestaande dakbedekking vervangen. De tweede oplossing, die meer esthetisch is, is duurder en vaak ook moeilijker te verwezenlijken.

Men dient ervan uit te gaan dat de levensduur van een fotovoltaïsche installatie 25 jaar is en dat de dakbedekking dus minstens evenlang stand dient te houden.

OPBOUW

Figuur 6 is een illustratie van een installatie in opbouw (op de dakbedekking).



Figuur 6 : Installatie van 2 kWp - Brussel, België (foto Issol)

De montagetechnieken worden vaak samen geleverd met de modules. De markt wordt beheerst door een aantal grote merken. De kits bestaan voornamelijk uit rails, haken, aanhechtingen en inoxvijzen. Enkel de haken verschillen naargelang het type dakbedekking : pannen, leien of zink.

Het is dus raadzaam om bestaande installaties te bezoeken om een goed beeld te krijgen van de plaatselijke toepassingen en om inlichtingen in te winnen bij de producent van het gekozen montagesysteem. De producent kan de installateur op weg helpen met advies en opleiding, zodat de installateur met kennis van zaken kan beslissen over het meest doeltreffende montagesysteem.



Figuur 7: Het dak voor de installatie van de panelen (foto's SunSwitch)

Wanneer er voor opbouw wordt gekozen, moet de producent (of de installateur) alle relevante kenmerken van de dakbedekking bestuderen. Afhankelijk van de montagetechniek moet er immers een ruimte worden gelaten tussen de panelen onderling voor de klemmen en bevestigingsbeugels.

Tussen de panelen en de dakbedekking moet voldoende ruimte blijven om de luchtstroom door te laten, die voor de afkoeling van de panelen nodig is.

Boven 25°C heeft een temperatuursstijging van één graad een gemiddeld vermogensverlies tot gevolg van 0,4 % à 0,5 %, afhankelijk van het type paneel. Bij 50°C is het vermogensverlies van een paneel dus gemiddeld tussen 10% en 12,5%.

Een bijkomend aspect van de montage zijn de kabelgoten voor de gelijkstroombedrading. Draden en hulpstukken (connectoren, aftakdozen, enz.) moeten worden gekozen in functie van de mogelijke blootstelling aan externe invloeden (weersomstandigheden, ozon, UV-straling, omgevingstemperatuur, vuur, enz.) en moeten beantwoorden aan de respectieve IEC-normen (bijv. norm IEC 60529 voor de mate van IP-beveiliging, enz.) en de lokale voorschriften (bijv. AREI).



Figuur 8: Opbouw van panelen (foto's SunSwitch)

Vaak moet de hulp worden ingeroepen van een dakwerker. Installateurs moeten dus op de hoogte zijn van de geldende reglementering en de specificaties van de montagestructuren moeten beantwoorden aan de volgende Eurocodes:

- *Algemeen: Eurocode 1: Belastingen op constructies. Deel 1: Grondslag voor ontwerp*
- *Staal: Eurocode 3: Ontwerp van stalen draagsystemen*
- *Beton: Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies*
- *Sneeuw: Eurocode 1: Belastingen op draagsystemen – Deel 3: Sneeuwbelasting*
- *Wind: Eurocode 1: Belastingen op draagsystemen – Deel 4: Windbelasting*

Ook de plaatselijke aanvullingen van de Eurocodes moeten worden nageleefd.

De installateur moet de gebruiksaanwijzing van de systemen grondig lezen, en dit voor en tijdens het monteren, zodat de installatie correct gebeurt, hij moet er ook voor zorgen dat de respectievelijke waarborg verzekerd blijft.

Indien de installateur samenwerkt met andere bedrijven of gespecialiseerde vakmensen, moeten de respectieve verantwoordelijkheden en waarborgen duidelijk worden afgebakend voor elke partij die tussenkomt in de installatie van een fotovoltaïsch systeem.



Figuur 9: Voor en na de plaatsing van zonnepanelen (Foto's SunSwitch)

Voordelen	Nadelen	Opmerkingen
Eenvoudig te installeren als het dak gemakkelijk toegankelijk is	Moelijk te installeren als de toegang tot het dak moeilijk of gevaarlijk is	Afdoende bevestiging zonder de dakbedekking te beschadigen (gebruik van pootjes onder de dakpannen)
Maakt ventilatie langs de onderkant mogelijk (ruimte van 5 à 10 cm tussen het dak en de panelen)	Productie is sterk afhankelijk van de oriëntatie en hellingsgraad van het dak	Bij voorkeur voor daken die georiënteerd zijn naar het zuiden + of - 45°
Beste piekvermogen per m ² dakoppervlak in vergelijking met soepele modules	Weinig esthetisch uitzicht	Opgepast voor schaduwbronnen (er zijn er veel in residentiële wijken)
De wind heeft weinig invloed	Ingewikkeld onderhoud	Vaak is het dak moeilijk toegankelijk
Er is weinig materiaal nodig voor de installatie		
Goed zichtbaar (marketingaspect)		

Tabel 1: Voor- en nadelen van de opbouw op een hellend vlak

INTEGRATIE

De integratie van panelen in de dakbedekking impliceert dat er bepaalde lagen van de dakafwerking moeten worden weggenomen en vervangen door een geïntegreerd product zoals zonnepanelen, zonnepannen of zonnelleien.

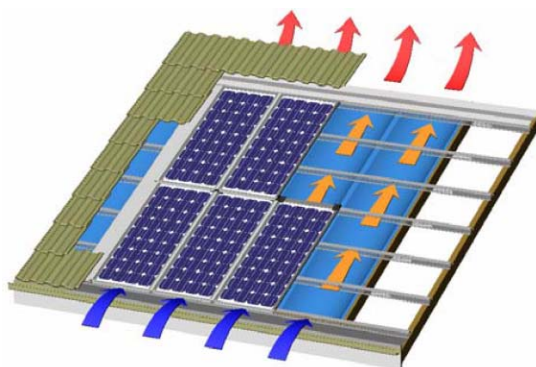
Er is slechts een beperkt gamma van zulke geïntegreerde producten op de markt. De meeste opmerkingen die

hierboven zijn gemaakt met betrekking tot de opbouw van panelen op het dak, zijn ook hier van toepassing. Er moet

bovendien naar een technische oplossing worden gezocht om een voldoende grote luchtstroom door te laten achter/onder de panelen die voor afkoeling moet zorgen. De temperatuur van onvoldoende gekoelde panelen kan tot meer dan 20°C hoger oplopen dan die van goed geventileerde panelen. Temperatuurschommelingen kunnen aanleiding geven tot een productiever variatie van 10% tot 30% voor het gehele systeem.



Figuur 10: Geïntegreerde modules - APERE



Figuur 11: Luchtstroom onder en achter de panelen¹

Uiteraard is het belangrijk dat de afgewerkte installatie waterdicht is.

De integratie van panelen in de dakbedekking is meer tijdrovend dan een montage in opbouw en vereist meer vakkennis van de installateur.

Meestal zijn de integreerbare systemen alleen verkrijgbaar in panelen met een portret-oriëntatie (de korte zijden boven- en onderaan). Het concept dient rekening te houden met bestaande elementen, zoals lichtkoepels, dakvensters en eventueel zonneboilers. De keuze van een deskundig dakwerker-installateur is dus raadzaam.

Voordelen	Nadelen	Opmerkingen
Uitstekende architecturale integratie	Bepaalde ventilatie van de modules	Bij voorkeur voor nieuwbouw of bij volledige dakrenovatie
Besparingen op dakbedekkingsmaterialen (pannen, leien)	Ingewikkelde plaatsing	
	Ingewikkeld onderhoud Weinig ventilatiemogelijkheden	
	Duur	

Tabel 2: Voor- en nadelen van de integratie van panelen in het dak

¹ <http://www.pvsolartiles.com>

3. INTEGRATIE IN DE GEVEL

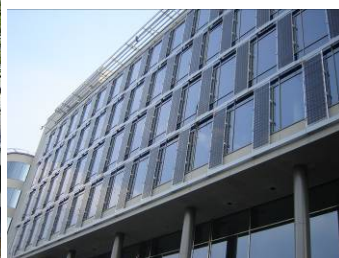
Bij nieuwbouw of volledige renovaties kunnen fotovoltaïsche panelen als een wezenlijk onderdeel van het gebouw worden gebruikt.

Fotovoltaïsche panelen kunnen worden gebruikt als:

- Zonnewering



Figuur 12: Bron Total Energie



Figuur 13: Solaris-gebouw in Brussel (Laureaat Eco-Building Award)

- Gordijngevel of blinde wand



Figuur 14: ©Tenesol et Enel

- Balustrade of borstwering



Figuur 15: Bron onbekend

- Gevel in semi-transparante panelen



Figure 16: © BP Solar

4. MONTAGE VAN DE INSTALLATIE

Belangrijk voor en tijdens de montage:

Het AREI – Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties – is van toepassing op fotovoltaïsche installaties. De lijst van erkende controleorganismen voor elektrische installaties vindt men op de site van de federale overheidsdienst voor Economie:

http://statbel.fgov.be/nl/consument/Energie/Elektriciteit/Controle_installations/index.jsp

De installateur moet minstens beschikken over een BA4- of BA5-attest van het AREI. Daarmee bewijst hij dat hij respectievelijk “gewaarschuwd” of “vakbekwaam” is om te werken aan elektrische installaties en dat hij weet welke risico’s hieraan verbonden zijn (bijv. : aarding, elektrocutiegevaar door rechtstreeks of onrechtstreeks contact, enz.)

Zoals hierboven werd beschreven, bestaan er diverse montagetechnieken voor fotovoltaïsche installaties. Voor dit werk kunnen vakmensen met uiteenopende specialisaties nodig zijn, maar werken aan elektrische installaties mogen uitsluitend worden uitgevoerd door erkende elektriciens. Voor montages op het dak zijn alleen elektriciens en dakwerkers bevoegd. Elke vakman moet de regels van zijn eigen vakgebied naleven.

Uiteraard is het aangewezen om steeds de technische voorschriften na te leven, zoals die staan gespecificeerd in het lastenboek of de gebruiksaanwijzing.

Indien vaklui van diverse gespecialiseerde vakgebieden samenwerken, gelden er regels voor samenwerking op de werf (plan voor veiligheid en gezondheid, risicoanalyse, enz.). Meer gedetailleerde informatie hierover kan worden aangevraagd bij de Confederatie Bouw. (<http://www.confederatiebouw.be>).

5. MONTAGE VAN DE OMVORMERS

MONTAGE

Algemene voorschriften :

- Volg de installatiehandleiding van de producent (bijv: tussenruimte, bescherming, ventilatie, enz.)
- Omvormers die buiten worden opgesteld, worden bij voorkeur niet langs de zuidkant geplaatst. Als er geen alternatief kan worden gevonden, dan moeten de omvormers onder een zonnescerm worden gezet. Om in aanmerking te komen voor een buiteninstallatie, moet de omvormer minstens beantwoorden aan de criteria van IP-klasse 54.
- Afhankelijk van de fysieke plaats van de installatie, zal er een andere beveiligingsklasse (IP) van toepassing zijn (bijv: IP 64 voor een buitenopstelling zonder bijkomende bescherming). De lijst van deze klassen en de overeenkomstige AREI-voorschriften moet steeds worden nageleefd.
- Idealiter wordt de omvormer op een koele plek geplaatst (om oververhitting te vermijden). Niet geïsoleerde zolders worden dus maar beter vermeden, zelfs als dit zou betekenen dat de lengte van de gelijkstroomkabel dan kan worden beperkt.
- Voorts wordt de omvormer het beste op een droge plek gezet (om corrosie tegen te gaan), tenzij de IP-klasse de plaatsing in vochtige omstandigheden toch mogelijk maakt.
- Ten slotte plaatst men de omvormer beter niet in leefruimtes (salon, slaapkamer), omdat hij een licht geluid voortbrengt.



FOTOVOLTAÏSCHE ZONNE-ENERGIE : AANSLUITING OP HET ELEKTRICITEITSNET

De distributienetbeheerder beschouwt de fotovoltaïsche installatie als een gedecentraliseerde productie-eenheid, d.w.z. een fysieke eenheid waarvan de productie niet centraal wordt aangestuurd met minstens één elektriciteitsgenerator. De aanvraag tot aansluiting moet worden ingediend bij SIBELGA.

Naast het document van Synergrid C10/11 (*“Specifieke technische aansluitingsvoorschriften voor gedecentraliseerde productie-installaties die in parallel werken met het distributienet”*) moeten ook de technische voorschriften van Sibelga worden nageleefd.

1. AANVRAAG TOT AANSLUITING OP HET NET

Elke nieuwe aansluiting op het net en de aanpassing van het aansluitingspunt moeten op voorhand worden aangevraagd.¹

De netbeheerder legt de criteria vast voor een aansluiting op het net.² Hij zal daarbij oog hebben voor het aan te sluiten vermogen, de karakteristieken van het eigen netwerk en het behoud van een kwaliteitsstroom binnen de grenzen van de norm EN 50160.

Fotovoltaïsche installaties van meer dan 10 kVA kunnen worden aangesloten op laag- of middenspanning. Als de klant beschikt over een driefasenaansluiting zal hij bij voorkeur een driefasenomvormer installeren voor zover het maximaal leverbare vermogen per omvormer 10kW niet overtreft en omschakelbaar is in driefasen +N. In het andere geval installeert de klant altijd drie omvormers in ster of in driehoek.³

De gedecentraliseerde producent moet voor eigen rekening een controlerapport laten opstellen door een erkend organisme, waaruit blijkt dat de installatie conform is aan het Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties (AREI).⁴ Vóór de aansluiting van de gedecentraliseerde installatie controleert de netbeheerder de volledige productie-eenheid. De aansluiting op het net is immers pas toegestaan na de schriftelijke toestemming van de netbeheerder. Een bijzondere toestemming is ook vereist na elke wijziging van een gedecentraliseerde installatie, bijvoorbeeld wanneer het vermogen ervan is aangepast.

De eigenaar van de gedecentraliseerde productie-eenheid moet de bestaande Sibelga-meter (in Brussel) laten vervangen door een bidirectionele meter (die telt enerzijds de hoeveelheid energie die wordt afgetapt van het net en anderzijds de hoeveelheid energie die door de decentrale eenheid werd geproduceerd en op het net wordt geïnjecteerd).⁵

Alle installatiekosten zijn ten laste van de eigenaar van de decentrale productie-eenheid, maar de bidirectionele meter die door Sibelga wordt geplaatst, wordt voor 100% terugbetaald.

Aanvraagformulieren zijn online te vinden www.sibelga.be → Aansluitingen en meters → Formulier Openen en sluiten meters (pdf) of op aanvraag via e-mail naar autoprod@sibelga.be.

¹ C.V.B.A. SIBELGA : Technisch reglement voor het beheer van het elektriciteitsdistributienet in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest en de toegang ertoe

² Synergrid C10/11 – 06.2006

³ Sibelga, Technisch lastenboek – 09/2009, referentie: SIB07EE004

⁴ Synergrid C10/11 – 06.2006

⁵ Sibelga, Technisch lastenboek – 09/2009, referentie: SIB07EE004



AANSLUITING OP HOOGSPANNING⁶

Een aanvraag tot aansluiting op hoogspanning vereist een detailstudie, eventueel nog voorafgegaan door een oriënterende studie. Aanvragen voor beide studies dienen te worden gericht aan Sibelga.

De detailstudie is gratis indien aan de volgende voorwaarden is voldaan:

1. de aanvraag tot aansluiting is al eerder ingediend en een eerste keer in behandeling genomen;
2. de aansluiting is niet gebeurd;
3. er zijn sindsdien geen wijzigingen aan het net aangebracht die van invloed zijn op de aansluitingsvoorwaarden.

De oriënterende studie mondt uit in een voorontwerp van aansluiting op hoogspanning.

Binnen de vijf werkdagen na ontvangst gaat de distributienetbeheerder de (on)volledigheid van de aanvraag na en licht hij de aanvrager daarover in. Binnen een termijn van vijftien werkdagen na ontvangst van een volledige aanvraag voor een oriëntatiestudie, maakt de distributienetbeheerder zijn conclusies aan de aanvrager over:

1. hetzij door middel van een voorontwerp van aansluiting
2. hetzij door middel van een gemotiveerde weigering van de aansluiting, waarvan een afschrift aan Sibelga wordt bezorgd.

Tijdens de behandeling van de aanvraag voor een oriënterende studie verleent de distributienetbeheerder, in de mate van het mogelijke en rekening houdend met de noodzakelijke continuïteit van bevoorrading, voorrang aan aanvragen met betrekking tot warmtekrachtkoppelingeninstallaties en productie-installaties die hernieuwbare energiebronnen gebruiken alsook aan de eenheden die elektriciteit opwekken op basis van afvalstoffen en uit industriële processen teruggewonnen restmaterialen.

Als de oriënterende studie wordt afgesloten met een voorontwerp van aansluiting, bevat dit ten minste:

1. een schema voor de beoogde aansluiting;
2. de technische voorschriften voor de aansluiting;
3. een indicatieve raming van de kosten;
4. een indicatieve raming van de termijn nodig voor de realisatie van de aansluiting, met inbegrip van de eventuele versterkingen die aan het distributienet moeten worden aangebracht ten gevolge van de aansluiting.

De detailstudie beoogt een ontwerp van aansluiting op hoogspanning. Binnen de tien werkdagen na ontvangst gaat de distributienetbeheerder de (on)volledigheid van de aanvraag na en licht hij de aanvrager daarover in.

Als de aansluitingsaanvraag volledig is, kent de distributienetbeheerder een capaciteitsreservering toe aan de aanvrager.

Binnen een termijn van dertig werkdagen na ontvangst van een volledige aanvraag, bezorgt de distributienetbeheerder de aanvrager een gemotiveerde weigering van de aansluiting waarvan een afschrift aan Sibelga wordt bezorgd, of een aansluitingsontwerp dat onder meer omvat:

1. de technische oplossingen en regelparameters die dienen overeengekomen te worden tussen de distributienetbeheerder en de aansluitingsaanvrager, in overeenstemming met de voorschriften van het technisch reglement en rekening houdend met de technische kenmerken van het distributienet;

⁶C.V.B.A. SIBELGA : Technisch reglement voor het beheer van het elektriciteitsdistributienet in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest en de toegang ertoe : http://www.sibelga.be/uploads/assets/93/nl/1273406081876-Technisch_Reglement_NL_E_20060510.pdf , hoofdstuk 5 artikels 68 tot 91

2. de beschrijving van de vooraf door de aanvrager of zijn mandataris uit te voeren werken om de realisatie van de aansluiting door de distributienetbeheerder mogelijk te maken;
3. de uitvoeringsmodaliteiten en termijnen voor de realisatie van de aansluiting, evenals enkele hypothesen zoals de termijnen die nodig zijn voor het verkrijgen van de vergunningen of machtigingen bij de bevoegde overheid of voor de realisatie van de eventuele aanpassingen die aan het distributienet moeten aangebracht worden; bovenvermelde uitvoeringstermijnen zijn louter indicatief;
4. de uitnodiging tot betaling van de prijs van de aansluitingswerken overeenkomstig de geldende tarieven.

Als een overeenstemming wordt bereikt over het aansluitingsontwerp, stelt de distributienetbeheerder een aansluitingscontract op binnen een termijn van twintig werkdagen te rekenen vanaf het akkoord.

Indien de aanvrager hieraan geen gevolg geeft binnen een termijn van veertig werkdagen na kennisgeving ervan, dan wordt de aanvraagprocedure als nietig beschouwd. De distributienetbeheerder kan hierop alleen terugkomen na een gemotiveerd verzoek van de aanvrager.

De afsluiting van een aansluitingscontract met de distributienetbeheerder is vereist in de volgende gevallen:

1. voorafgaand aan de uitvoering van een nieuwe aansluiting;
2. voorafgaand aan de aanpassing van een bestaande aansluiting indien die een niet te verwaarlozen invloed op het distributienet heeft of op de exploitatiewijze ervan.

De termijnen voor de realisatie van de aansluiting houden rekening met de eventuele versterkingen die moeten worden aangebracht aan het distributienet of het gewestelijk of lokaal transportnet.

De netbeheerder zal de aansluitingswerken pas plannen nadat de aanvrager hem alle kosten vooruit heeft betaald overeenkomstig het geldende tarief. Het betreft alle kosten die in verband staan met de aansluiting en die van de eventuele oriënterende - en detailstudie.

AANSLUITING OP LAAGSPANNING⁷

Een aanvraag betreffende een aansluiting op laagspanning vereist geen enkele voorafgaande studie. De distributienetbeheerder deelt binnen de tien werkdagen na ontvangst van een volledige aansluitingsaanvraag, de technische en financiële aansluitingsvoorwaarden mee, alsmede de waarschijnlijke termijnen voor de realisatie van de aansluiting onder volgende voorwaarden:

1. De aansluitingscapaciteit is niet groter dan 25 kVA.
2. Behoudens uitdrukkelijke toestemming van de distributienetbeheerder is de lengte van het gedecentraliseerde distributienet beperkt tot 10 meter. De ruimten of delen van de muur⁸ moeten onder deze omstandigheden voldoen aan deze eis.
3. Het distributienet bevindt zich in de onmiddellijke omgeving van het aansluitingspunt en aan dezelfde kant van de rijweg.

⁷ C.V.B.A. SIBELGA : Technisch reglement voor het beheer van het elektriciteitsdistributienet in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest en de toegang ertoe : hoofdstuk 5 artikels 92 tot 98

⁸ In gebouwen waar de aansluitingscapaciteit 56 kVA overschrijdt, stelt de distributienetgebruiker voor het groeperen van de meetapparatuur en andere uitrustingen die deel uitmaken van de aansluiting, een daartoe geschikte ruimte (of deel van een ruimte) ter beschikking van de distributienetbeheerder.

Als de plaatselijke eigenschappen van het distributienet zulks noodzakelijk maken, mag de distributienetbeheerder bovendien vragen dat hem een ruimte beschikbaar wordt gesteld voor de uitrusting van een transformatorpost voor hoogspanning/laagspanning. De voorwaarden van deze beschikbaarstelling worden bepaald door de distributienetbeheerder op basis van objectieve en niet-discriminerende criteria.

- In gebouwen waar de aansluitingscapaciteit 56 kVA niet overschrijdt, stelt de distributienetgebruiker een deel van een muur ter beschikking van de distributienetbeheerder voor de aansluitingskast.
- In gebouwen waar meerdere distributienetgebruikers zijn aangesloten, stelt de eigenaar voor het groeperen van de meetapparatuur en andere aansluitingsinstallaties een of meer daartoe geschikte ruimten of een of meer daartoe geschikte locaties ter beschikking van de distributienetbeheerder.

Indien aan bovenvermelde voorwaarden is voldaan en alle vereiste vergunningen en machtigingen zijn verleend, dan moet de aansluiting binnen de twintig werkdagen na ontvangst van de betaling gerealiseerd worden. Als niet aan de voorwaarden is voldaan, dient de distributienetbeheerder de aanvraag zo spoedig mogelijk te beantwoorden en in elk geval binnen de termijn die is vastgelegd voor aansluiting op hoogspanning.

Als de gevraagde aansluitingscapaciteit groter is dan 56 kVA of indien de distributienetbeheerder oordeelt dat een laagspanningsaansluiting alleen mogelijk is door het distributienet uit te breiden of te verstevigen, dan wordt een oriënterende studie gestart zoals bedoeld in de procedure op hoogspanning.

De distributienetbeheerder vat de aansluitingswerken pas aan nadat hij de volledige betaling heeft ontvangen van het bedrag.

De distributienetbeheerder is als enige gemachtigd om de aansluiting onder spanning te zetten.

De distributienetbeheerder kan aan de eigenaar van het gebouw vragen om gaten te boren voor de aansluitingskabel; de distributienetbeheerder zal hem daarvoor de nodige aanwijzingen geven.

De aansluitingskabel dient over de gehele lengte mechanisch te worden beschermd door een mantelbuis van polyvinylchloride (PVC), polyethyleen (PE), vezelcement of een ander gelijkaardig materiaal.

De doorgang voor de kabel in de muur moet door de eigenaar van het gebouw of door zijn mandataris worden afgedicht om de opening water- en gasdicht te maken.

2. AANSLUITING VAN DE OMVORMER OP HET NET: WERKWIJZE

- 1) Aansluiting van de panelen aan de omvormer
De gebruiksaanwijzingen van de zonnepanelen en de omvormers moeten nauwgezet gevolgd worden teneinde alle risico's van stoornis te vermijden.
- 2) Sluit de omvormer aan op het net > Maximum Power Point wordt gezocht. Op de display kunnen de functies worden afgelezen.
- 3) Schakel het net aan : de omvormer verbindt zich en start de voeding (wissel- en gelijkstroom zijn zichtbaar)
- 4) Controle > simuleer een panne van het net om te controleren of de omvormer wordt uitgeschakeld en ontkoppeld van het net.

Voor de etappes 2,3 en 4, is de netbeheerder de enige die het aansluiten aan het netwerk mag uitvoeren. Deze tests moeten op het moment van de belegging van de teller A+/A- uitgevoerd worden.

Belangrijke opmerking: voor de definitieve aansluiting op het net moet de installatie door een erkend organisme worden gecontroleerd, omdat een gedecentraliseerde productie-eenheid als een belangrijke wijziging wordt beschouwd aan de bestaande elektrische installatie.

La liste des organismes agréés pour effectuer ce contrôle est disponible sur le site du ministère fédéral de l'économie :

http://statbel.fgov.be/nl/consument/Energie/Elektriciteit/Controle_installations/index.jsp

3. ELEKTRICITEITSTELLERS

Volgens artikel 2 §1 van het *Technisch reglement voor het beheer van het elektriciteitsdistributienet in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest en de toegang ertoe*, is de definitie van een meetinrichting als volgt:

“een verzameling van apparaten bestemd voor het meten van elektrisch(e) vermogen/afname/injectie op een bepaald meetpunt; zij omvat meer bepaald de meters, de meettoestellen, de meettransformatoren en de telecommunicatietoestellen”.

Een meetinrichting bestaat uit alle uitrustingen die nodig zijn voor het nastreven van de doeleinden zoals bedoeld in artikel 176⁹ en kan dus met name bestaan uit al dan niet geïntegreerde combinaties van :

- 1° stroomtransformatoren;
- 2° spanningstransformatoren;
- 3° meters;
- 4° dataloggers;
- 5° uitrustingen voor tariefomschakeling;
- 6° kasten – klemmen – bedrading;
- 7° teletransmissieapparatuur;

Er bestaan verschillende metertypes. De leveranciers en de distributienetbeheerder kunnen voor het gebruik van deze meters verschillende prijzen en tarieven hanteren.¹⁰

Bovendien is de klasse van de meter afhankelijk van het vermogen van de installatie: klasse B (< 100 kVA) of C (≥ 100 kVA).

A+/A- OF 4 KWADRANTENMETER

In het Brusselse Hoofdstedelijke Gewest moet voor fotovoltaïsche installaties de klassieke meter worden vervangen door een elektronische bidirectionele A+/A-meter of een 4-kwadrantenmeter. Deze meters tellen afzonderlijk **hoeveel energie is verbruikt en hoeveel werd geïnjecteerd op het net**. Ze kunnen worden geprogrammeerd voor het enkelvoudig (laagspanning) of het dubbel tarief (laagspanning; verplicht bij hoogspanning). Elke verandering van meter moet bij Sibelga worden aangevraagd.



Figuur 1: Elektriciteitsmeters van Sibelga

⁹ Art.176. De meetinrichtingen en de meetgegevens zijn bedoeld om de facturering mogelijk te maken van de prestaties van de distributienetbeheerder en van de leveranciers, op basis van de hoeveelheden energie die op elk toegangspunt worden afgenomen van het distributienet, en dienen tevens als basis om een goed beheer van het distributienet mogelijk te maken.

¹⁰Bron: <http://www.brugel.be/Public/Page.php?ID=3956&siteID=2&IDParent=2&IDOrigin=3955%20.&language=dut>

METING VAN DE NETTO-ELEKTRICITEITSPRODUCTIE VAN DE FOTOVOLTAÏSCHE INSTALLATIE

De groenestroomteller meet de hoeveelheid elektriciteit die door de fotovoltaïsche installatie is opgewekt, d.w.z. hij berekent de netto-elektriciteitsproductie en is meestal een wezenlijk onderdeel van de gedecentraliseerde productie-eenheid. Deze teller wordt geleverd en geplaatst door de installateur.

De groenestroomteller maakt het mogelijk om het aantal groenestroomcertificaten te bepalen die door de installatie zijn opgewekt (na certificering door Brugel) en om de besparingen op de jaarlijkse energiefactuur te berekenen.

De klant geeft zijn meterstanden door aan Brugel en krijgt op basis daarvan groenestroomcertificaten.

De meter moet beantwoorden aan de wettelijke voorschriften¹¹.

Opgelet : Er bestaan kwaliteitsverschillen tussen de verschillende types groenestroomtellers en het is dan ook raadzaam om zich op voorhand goed in te lichten over de technische eigenschappen van de meter. De levensduur van kleine elektromechanische tellers is veel groter dan van digitale tellers alhoewel ze meer energie gebruiken. Bovendien is er geen gevaar dat het display uitvalt in geval van panne. Het is moeilijk het indexcijfer terug te vinden wanneer een digitale teller uitgevallen is (terug naar fabriek).



Elektromechanische teller



Mechanische teller



Digitale teller

¹¹ 12 oktober 2004 – Ministerieel besluit tot vaststelling van de berekeningscode zoals bedoeld in artikel 2 van het Besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering van 6 mei 2004 betreffende de promotie van groene elektriciteit en van kwaliteitswarmtekrachtkoppeling.

4. PRINCIPES VAN DE ELEKTRICITEITSMETING

Er gelden verschillende reglementeringen voor de verschillende klassen van installaties. De indeling in klassen gebeurt volgens het piekvermogen van de installatie of het vermogen van de omvormers. Wij onderscheiden installaties van minder dan 5 kVA, installaties tussen 5 en 10 kVA en installaties van meer dan 10 kVA (omvormervermogen).

INSTALLATIES VAN MINDER DAN 5 KWP

Voor installaties van minder dan 5 kVA (max. uitgangsvermogen van de omvormer) geldt het principe van compensatie.

Enmaal de FV-elektriciteit voorbij de groenestroomteller is, wordt ze verdeeld via het laagspanningsbord tussen de diverse verbruikers in het gebouw of wordt ze geïnjecteerd op het net.

Als er niet voldoende groene elektriciteit voorhanden is, wordt een bijkomende hoeveelheid afgetapt van het net.

Wordt er daarentegen meer FV-elektriciteit geproduceerd dan er wordt verbruikt, dan wordt het overschot op het net geïnjecteerd. In dat geval draait de teller dus terug.

In de praktijk wil dat zeggen dat het nettoverbruik (dat de leverancier aan zijn verbruiker factureert) wordt berekend door de hoeveelheid energie die op het net werd geïnjecteerd af te trekken van de hoeveelheid die werd verbruikt (resultaat van de berekening ≥ 0 in alle gevallen). De schijfmeter moet niettemin worden vervangen door een A+/A-meter die afzonderlijk telt hoeveel energie is verbruikt en hoeveel werd geïnjecteerd op het laagspanningsnet. De huidige EAN-code wordt behouden voor het aansluitingspunt (zie het punt meting hieronder).

Berekening van de productie en het verbruik aan de hand van de tellers (< 5 kW): voorbeelden¹²

Bij de eindafrekening van het netto-energieverbruik wordt de hoeveelheid energie die op het net werd geïnjecteerd in mindering gebracht (uitsluitend indien er een A+/A-teller is geïnstalleerd). Het resultaat moet altijd groter of gelijk zijn aan 0.

Voorbeeld 1 : verbruik in huis > injectie op het net	
	kWh
Jaarlijks elektriciteitsverbruik	2000
Jaarlijkse productie van de panelen (~10 m ²)	1000
waarvan zelf verbruikt (=intern)	600
waarvan geïnjecteerd op het net (=extern)	400
Verbruik van het net*	1400
Te betalen verbruik**	1000

* 2000 kWh – 600 kWh intern

** 1400 kWh – 400 kWh extern; het resultaat is dus positief want > 0.

Wanneer er meer zou worden geïnjecteerd dan er wordt verbruikt, bijvoorbeeld wanneer men zelden thuis is overdag, kan het resultaat kleiner zijn dan 0.

Voorbeeld 2 : verbruik in huis < injectie op het net	
	kWh
Jaarlijks elektriciteitsverbruik	2000
Jaarlijkse productie van de panelen (~10 m ²)	2200
waarvan zelf verbruikt (=intern)	600
waarvan geïnjecteerd op het net (=extern)	1600
Verbruik van het net*	1400
Te betalen verbruik**	0

* 2000 kWh – 600 kWh intern

** 1400 kWh – 1600 kWh extern = -200 kWh ; het resultaat is dus < 0.

In voorbeeld 2 verliest de producent 200 kWh productie. In dit geval kan hij een nieuwe EAN-code aanvragen om het overschot aan elektriciteit te verkopen een leverancier naar keuze.

¹² Ontleend aan "Stappenplan fotovoltaïsche panelen. Administratieve en technische gids.", gepubliceerd door Leefmilieu Brussel – BIM, versie 2.2., augustus 2009

INSTALLATIES MET EEN VERMOGEN TUSSEN 5 EN 10KVA

Het principe van compensatie is niet van toepassing voor installaties van meer dan 5 kVA en de aansluiting ervan moet gebeuren via twee verschillende EAN-codes, één voor de verbruikte en één voor de geïnjecteerde elektriciteit.

Opmerking : “compensatie” en “eigen verbruik” niet verwarren.

- Het eigen verbruik is het verbruik van de zelf geproduceerde energie; uitsluitend het overschot van zelf geproduceerde energie wordt op het net geïnjecteerd. Overal in België is het verbruik van de zelf geproduceerde energie toegestaan van installaties die op het net zijn aangesloten.
- Compensatie is de praktijk waarbij de netto-injecties worden verrekend met het nettoverbruik, terwijl injectie en verbruik niet op hetzelfde ogenblik plaatshebben. Het principe van compensatie is alleen van toepassing voor installaties van minder dan 5 kVA.

INSTALLATIES VAN MEER DAN 10 KVA

In installaties van meer dan 10 kVA (omvormervermogen) moet aandacht worden besteed aan de evenwichtige verdeling van de fasen. Concreet wil dat zeggen dat installaties van meer dan 10 kVA driefasenomvormers moeten hebben of verschillende eenfase-omvormers die gelijkmatig zijn verdeeld over de verschillende fasen. Een afwijking van een derde van het verbonden vermogen wordt over het algemeen aanvaard. Theoretisch kan men een installatie van 12 kVA verwezenlijken met 3 omvormers van 4 kVA. Als ze eenfasig zijn, zal men dus de voorkeur geven aan het gebruik van 3 omvormers (of een veelvoud van 3). Als de aansluiting met het net van het hoogspanningstype is (via een particuliere transformatiecabine), dan wordt er een 4-kwadrantenmeter geïnstalleerd.

5. BEVEILIGINGEN

Het beveiligingsschema moet worden uitgewerkt in overleg met de netbeheerder volgens de beginselen van het document Synergrid C10/11 – 05/2009: “*Specifieke technische aansluitingsvoorschriften voor gedecentraliseerde productie-installaties die in parallel werken met het distributienet*”.

Scheidingssysteem en beveiligingen (Paragraaf 3.2)

Volgens de AREI-voorschriften (artikel 235) is een scheidingssysteem noodzakelijk. Dit systeem maakt een ont koppeling mogelijk bij onderhouds-, controle- en herstellingswerkzaamheden. Normaal ont koppelt het alle actieve draden, ook de neutrale, behalve in de volgende gevallen:

- in het schema TN-C waar het verboden is de PEN-draad te onderbreken;
- in het schema TN-S waar het mogelijk is om de neutrale draad niet te onderbreken;
- in het schema TT waar de onderbreking van de neutrale draad kan gebeuren onder de voorwaarden die zijn beschreven in de laatste alinea van punt 5 van artikel 81.

Bij gedecentraliseerde installaties van ≤ 10 kVA kan het scheidingssysteem worden vervangen door een automatisch scheidingssysteem conform met AREI art 235.01 c1) en d). Het automatische scheidingssysteem moet voldoen aan de bepalingen van de “Voor norm” DIN V VDE V 0126-1-1 van februari 2006, rekening houdend met de volgende bepalingen:

- Typeproeven voor detectie van een eilandbedrijf
- Afstelling van de beveiligingsfuncties

De afstelling van het automatisch scheidingssysteem moet in overeenstemming zijn met de bepalingen van het AREI en de ‘Voor norm’ DIN V VDE V 0126-1-1 van februari 2006. Bij tegenstrijdigheid zijn de bepalingen van het AREI van kracht.

De installatie-beheerder zal aan de netbeheerder een document voorleggen dat aantoont dat het gebruikte automatisch scheidingssysteem werd afgesteld in overstemming met deze eisen.

Algemene beveiliging bij interne fout (Paragraaf 3.3.2)

Zoals voor elke aansluiting op het distributienet, moeten de installaties aan de aansluitkant op het distributienet voorzien zijn van een mechanisme voor automatische onderbreking van de fasen in geval van een interne fout die een overschrijding van een bepaalde stroomsterkte gedurende een gegeven tijdsduur als gevolg heeft. De waarden van de stroom en van de vertraging worden door de netbeheerder opgegeven.

Ontkoppelingsbeveiliging (Paragraaf 3.3.3)

Indien het gedeelte van het net waarop de gedecentraliseerde producent is aangesloten, niet langer onder spanning staat of abnormale spanningswaarden vertoont, moet de parallelwerking van de decentrale productie-installatie met het openbare distributienet zo snel mogelijk onderbroken worden. Daartoe moet een ontkoppelingsbeveiliging worden geïnstalleerd. Deze kan vóór of na de eventuele transformator van de decentrale productie-installatie worden geplaatst.

Deze ontkoppelingsbeveiliging bevat een combinatie van een aantal beveiligingsfuncties. Bovendien dient er steeds een ont koppeling te volgen bij relaisdraadbreek of bij een hulpvoedingsprobleem van de ontkoppelingsbeveiliging (failsafe principe)¹³.

¹³ Meer details vindt u in de tekst van Synergrid C10/11 paragrafen 3.3.3.1. Decentrale productie-installaties stroomafwaarts van een aansluiting op het middenspanningsnet en 3.3.3.2. Decentrale productie-installaties stroomafwaarts van een aansluiting op het laagspanningsnet

6. TECHNISCH REGLEMENT VOOR HET BEHEER VAN HET ELEKTRICITEITSDISTRIBUTIENET

Sibelga heeft bijkomende technische voorschriften beschreven (Technisch reglement voor het beheer van het elektriciteitsdistributienet in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest) en gaat daarmee verder dan Synergrid C10/11.

De tekst hieronder is een complement op de paragrafen van de SYNERGRID C10/11.

- **Aanvulling bij de paragraaf “3. Algemeenheden”**

Als de aansluiting op het net bij middenspanning gebeurt, kan de vermogenstransformator de oorzaak zijn van een hoge spanning aan de laagspanningkant.

Het is inderdaad zo dat de interne spanningsval van de transformator moet worden gecompenseerd door een verhoging van de spanning langs de laagspanningkant, om het mogelijk te maken dat de gedecentraliseerde stroomproductie door de scheidingstransformator naar het net zou kunnen stromen.

Als er dus toepassingen worden gevoed door laagspanning, moeten ze worden beschermd tegen een te hoge spanningstoename.

Er bestaan twee oplossingen voor dit probleem:

- een bijkomende transformator laagspanning/laagspanning tussen de generator en de toepassingen, met een automatische bypass om onderspanningen te vermijden wanneer de stroomgenerator uitvalt;
- een afzonderlijke transformator middenspanning/laagspanning die is voorbehouden voor de eigen toepassingen van de gedecentraliseerde producent.

- **Aanvulling bij de paragraaf “4. Scheidingssysteem”**

Alle gedecentraliseerde productie-eenheden die in parallel op het net zijn aangesloten, moeten worden beveiligd met een zichtbare ontkoppelingsbeveiliging.

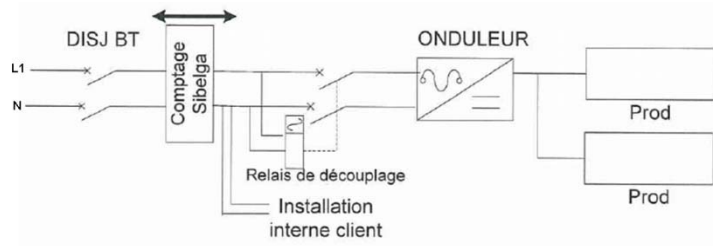
- **Aanvulling bij de paragraaf “5. Beveiligingssysteem”**

Aansluiting op het laagspanningsnet:

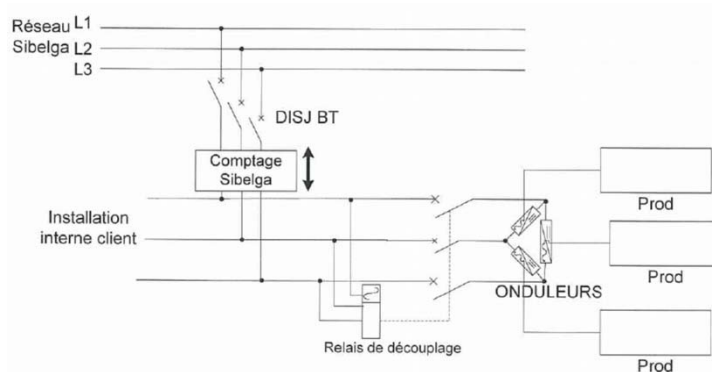
- om geen grote onevenwichten te creëren tussen de fasen wordt het productievermogen verdeeld.
- In alle gevallen mag het onevenwicht tussen de fasen nooit meer bedragen dan 4.6kVA.
- in geval van een éénfasige aansluiting mag het zelf geproduceerde vermogen niet meer bedragen dan 63A.
- Als het aan te sluiten vermogen meer is dan moet de klant een driefasenaansluiting aanvragen bij Sibelga (de klant staat in voor de kosten van deze wijzigingen).

Drie beveiligingssystemen

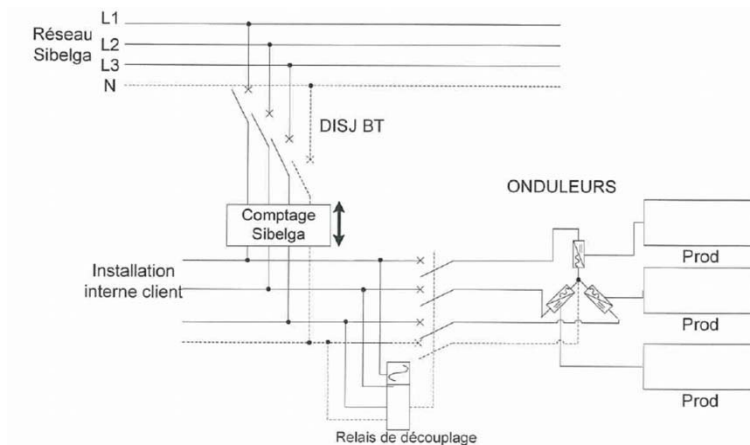
	Omvormer	Spanningsrelais	Ontkoppelingsrelais
Functie	<U, >U	<U, >U	<U, >U, <Hz, >Hz, vectorsprong
Afstelling	Geen afstelling	Afstelling door Sibelga	Afstelling door Sibelga
Test	Geen test ter plaatse door Sibelga	Test ter plaatse door Sibelga	Test ter plaatse door Sibelga
Norm	VDE 0126	Erkend door Laborelec	Erkend door Laborelec



Figuur 2: Eénfasige aansluiting (schema Sibelga)



Figuur 3 : Driefasige aansluiting 3X230V in "driehoek" (schema Sibelga)



Figuur 4 : Driefasige aansluiting 3X400V + N in "ster" (schema Sibelga)

- **Aanvulling bij paragraaf "6. Telebediening en telesignalisatie"**

De distributienetbeheerder installeert een signalisatiekast voor alle decentrale productie-eenheden met een vermogen van ≥ 250 kVA :

- Signalisatie-aanduidingen voor de werking van de generator
- Signalisatie-aanduidingen van de parallelschakeling van de generator(en) met het middenspanningsnet

7. NORMEN EN REGLEMENTERINGEN

Gewestelijke, nationale, Europese en internationale voorschriften regelen de bouw en aansluiting van fotovoltaïsche installaties. Hieronder volgt een niet exhaustieve lijst van de voornaamste reglementeringen, normen en voorschriften. Deze hebben betrekking op aspecten als de certificering van de panelen (kristallijn, dunnefilm), het reglement op de elektrische installaties (nationaal en Europees), de elektromagnetische compatibiliteit van de toestellen en veiligheid van personen.

NORMEN EN REGLEMENTERINGEN M.B.T. DE INSTALLATEURS

- Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties (AREI)
- Synergrid C10/11: Specifieke technische aansluitingsvoorschriften voor gedecentraliseerde productie-installaties die in parallel werken met het distributienet.
- IEC 60364-7-712 : Elektrische installaties van gebouwen - Deel 7-712: Bepalingen voor bijzondere installaties of locaties - Fotovoltaïsche voedingssystemen
- NBN EN 50160: Spanningskarakteristieken in openbare elektriciteitsnetten (de omvormers kunnen storingen teweegbrengen)
- Richtlijnen 73/23/EEG en 93/68/EEG betreffende elektrisch materiaal bestemd voor gebruik binnen bepaalde spanningsgrenzen, omgezet naar Belgisch recht door het Koninklijk Besluit van 23 maart 1977 en gewijzigd door het Koninklijk Besluit van 10 januari 1997, en geharmoniseerd door de richtlijn 2006/95/CE
- Ministerieel besluit tot vaststelling van de berekeningscode zoals bedoeld in artikel 2 van het Besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering van 6 mei 2004 betreffende de promotie van groene elektriciteit en van kwaliteitswarmtekrachtkoppeling.
- Besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering betreffende de promotie van groene elektriciteit en van kwaliteitswarmtekrachtkoppeling
- Ministerieel besluit tot vaststelling van het model van verslag van bezoek bedoeld in artikel 5 van het besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering van 6 mei 2004 betreffende de promotie van groene elektriciteit en van kwaliteitswarmtekrachtkoppeling

NORMEN EN REGLEMENTERINGEN M.B.T. DE CERTIFICERING VAN DE PANELEN

- NBN EN 61215: Kristallijn silicium fotovoltaïsche panelen voor aardse toepassingen - Ontwerpclassificatie en typegoedkeuring
- NBN EN 61646: Dunnefilm fotovoltaïsche panelen voor aardse toepassingen - Ontwerpkwalificatie en typegoedkeuring
- NBN EN 60904- 3: Foto-elektrische apparaten - Deel 3 : Meetprincipes voor aardse foto-elektrische zonnecelapparaten met referentiegegevens over de spectrale uitstraling

NORMEN EN REGLEMENTERINGEN M.B.T. DE ELEKTRISCHE AANSLUITING

- Technisch reglement voor het beheer van het elektriciteitsdistributienet in het Brusselse Hoofdstedelijke Gewest en de toegang ertoe (uitgegeven door C.V.B.A. Sibelga)
- NBN EN 50178: Elektronische apparatuur voor gebruik in sterkstroominstallaties
- NBN EN 61000-3- 2: Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) - Deel 3-2 : Limietwaarden - Limietwaarden voor de emissie van harmonische stromen (ingangsstroom van de toestellen 16 A per fase)
- DIN V VDE V 0126-1-1: automatische ontkoppelingsbeveiliging tussen de generator en het laagspanningsnet (frequentie en spanning zijn aangepast voor België)
- Federale Overheidsdienst Binnenlandse Zaken: Koninklijk Besluit van 7 juli 1994 gewijzigd door de Koninklijke Besluiten van 18 december 1996 en van 19 december 1997 tot vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing waaraan de nieuwe gebouwen moeten voldoen
- Richtlijn 2004/108/EG betreffende de onderlinge aanpassing van de wetgevingen van de lidstaten inzake elektromagnetische compatibiliteit, omgezet in Belgisch recht door het Koninklijk Besluit van 28 februari 2007 (gepubliceerd in het Staatsblad op 14 maart 2007)
- Richtlijn 89/392/CE gewijzigd door richtlijn 91/368/CE betreffende machines, omgezet in Belgisch recht door het Koninklijk Besluit van 11 juni 1992, geharmoniseerd door de richtlijn 98/37/CE.





FOTOVOLTAÏSCHE ZONNE-ENERGIE : ONDERHOUD & FOLLOW-UP VAN DE INSTALLATIE

Een goed onderhouden fotovoltaïsche installatie heeft een verwachte levensduur van 25 tot 30 jaar. In dit document beschrijven we enkele aanbevelingen om de niet productieve periode van de installatie zo kort mogelijk en de performantie zo hoog mogelijk te houden.

Sommige interventies hebben een preventief karakter en moeten op geregelde tijdstippen gebeuren. Andere vallen onder de noemer van de herstellingen en kunnen dus niet op voorhand worden gepland.

De frequentie van visuele controles hangt sterk af van het type installatie (panelen op de grond of op het dak, hellingsgraad, zonlichtvolger, enz.), van de geografische plaats (verwachte neerslag en klimatologische omstandigheden) en de onmiddellijke omgeving (industrieel, agrarisch, stedelijk, enz.).

De meeste pannes en storingen in een fotovoltaïsche installatie zijn het gevolg van onvolmaaktheden in het concept of van foute materiaalkeuzes. Daarom kan niet genoeg worden benadrukt hoe belangrijk het is om een kwalitatief hoogstand concept te laten uitwerken door een deskundig installateur en om kwaliteitsmaterialen te gebruiken.

1. WAARBORGEN

Er gelden bepaalde waarborgen op materialen en plaatsing.

WAARBORG OP MATERIALEN

Panelen : Voor de panelen geldt een waarborgperiode van minimum 2 jaar op de mechanische staat. Sommige producenten bieden tot 10 jaar.

Omvormers : De minimum garantieperiode voor de omvormer is 2 jaar, maar heel vaak is het langer (5, 10 en zelfs 20 jaar). Er kunnen kosten verbonden zijn aan de verlengde waarborgperiode.

Structuur : Voor de dragende structuur geldt meestal een waarborgperiode van 2 jaar. Voor installaties die in het dak zijn geïntegreerd, wordt de waterdichtheid gedurende 10 jaar gewaarborgd.

WAARBORG OP DE PRODUCTIE

Panelen : Het reële vermogen van de panelen is gewaarborgd voor 90% van het nominale vermogen na 10 jaar en voor 80 à 85% na 20 tot 25 jaar.

Productie : Vaak geven de installateurs een "Zonne-opbrengstgarantie". Dit verwijst naar een bepaald reëel productieniveau in functie van een referentiestraling. Als het tijdens een bepaald jaar minder zonnig was dan tijdens het referentiejaar, dan slaat de waarborg op een minder hoge productie.

2. HERSTELLINGEN

PREVENTIEF ONDERHOUD

Het preventieve onderhoud begint op de dag van de inwerkingstelling van de installatie. Het is raadzaam om te zorgen voor een formele technische ontvangstbevestiging. Daarmee bekrachtigt men dat de installatie conform is aan het geplande ontwerp en dat alle onderdelen correct werden geïnstalleerd.

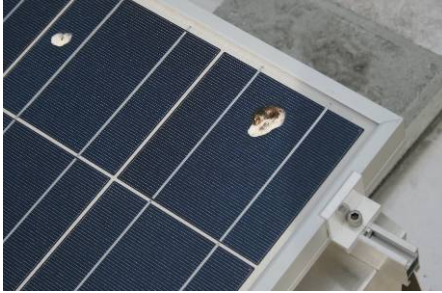
Het preventieve onderhoud begint met een eerste visuele controle, die daarna regelmatig moet worden herhaald. Om problemen van welke aard ook te voorkomen, moeten alle mechanische onderdelen die in openlucht staan opgesteld, vaak worden gecontroleerd.

De installateur kan de particulier een reeks van controles aanraden en aanraden deze verificaties op regelmatige tijdstippen uit te voeren om een optimale werking van de installatie te garanderen. De onderhoudsgids voor fotovoltaïsche installaties kan hiervoor een goed uitgangspunt zijn (www.leefmilieubrussel.be > Professionelen > Thema's > Energie > Hernieuwbare energie > **Fotovoltaïsche zonne-energie**).

Visuele controle

Panelen

- Vuilophoping of beschadigingen van het paneeloppervlak



- Controleer aansluitdozen
- Glasbreuk
- Driejaarlijkse metingen ter plaatse (spanning, stroom)
- Aarding nakijken



Draagstructuur van de panelen



- Controle van corrosie van de draagbalken
- Potentiële vervormingen opsporen
- Plaats van de ballast nakijken (bij structuren die met een ballast verzwaard zijn)
- Waterdichtheid controleren van de verankeringspunten (bij structuren die aan het dak zijn verankerd)
- Waterdichtheid van de dakbedekking controleren (bij in het dak geïntegreerde installaties)
- Als het systeem is uitgerust met een zonlichtvolger, de mechanische onderdelen, het richtmechanisme en het hydraulische systeem controleren (corrosie, slijtage, enz.)
- De stevigheid van de draagbalken controleren
- Aarding controleren (en eventuele lekken via beschadigingen van de isolatie)

Centrale omvormers

- Erop toekijken dat het onderhoud gebeurt volgens frequentie en de aanwijzingen die zijn opgelegd door de producent (zie gebruiksaanwijzing van de producent)
- Indien de omvormers in een afzonderlijke plaats staan, de ventilatie van deze ruimte controleren (en zorgen voor een correct onderhoud van het ventilatiesysteem – filters, enz.).



Gedecentraliseerde omvormers

- Erop toekijken dat het onderhoud gebeurt volgens de frequentie en de aanwijzingen die zijn opgelegd door de producent (zie gebruiksaanwijzing van de producent)
- Controleer de omvormers die in openlucht staan op de aanwezigheid van vocht
- Indien de omvormers in een afzonderlijke plaats staan, de ventilatie van deze ruimte controleren (en zorgen voor een correct onderhoud van het ventilatiesysteem – filters, enz.).



Aansluitdoos

- Controleer de binnenkant op de eventuele aanwezigheid van insecten, stof en/of vocht
- Controleer de zekeringen van elke keten van panelen
- Controleer de kast op haar algemene waterdichtheid
- Controleer de vergrendeling van het ontkoppelingsmechanisme
- Test de goede werking van alle onderbrekingschakelaars



Bedrading

- Controleer de ligging van de draden en de kabelgoten
- Controleer de elasticiteit van de draden (staat van de isolatie)
- Spoor breuken in de isolatie op
- Besteed extra aandacht aan de plaatsen waar vervormingen of breuken van de draden kunnen optreden (in de hoeken bijvoorbeeld)
- Controleer de bevestigingspunten

Wisselstroom-schakelbord en beveiligingsuitrusting

- Visuele controle van de aansluitingen, zekeringen en zekeringsautomaten voor wisselstroom en RCD's ("Residual Current Devices", d.i. de beveiligingsuitrusting tegen reststroom).



Systeembewaking en meteorologische uitrusting

- Controleer regelmatig de productie en de prestatie van het systeem (tweewekelijks of maandelijks) aan de hand van de gegevens van de systeembewaking
- Controleer de productie per keten en identificeer de minst rendabele paneelketen (kan alleen indien het systeem is uitgerust met een instrument om de afzonderlijke ketens te meten).
- Een rapport en analyse opmaken van alle fouten die de systeembewaking signaleert (tweewekelijks of maandelijks)
- Controleer de ijking van de meetapparatuur volgens de aanbevelingen van de producent



Bescherming tegen bliksem

- Controleer de aarding
- Controleer de bliksemafleider op beschadigingen (zeker na een onweer)
- Controleer de aansluitingspunten

Diversen

- Maak een rapport op van de impact van onverwachte schaduw op de productie (en de datum waarop dit is voorgekomen)
- Maak een lijst van vervangstukken en bestel ze eventueel
- Vermijd obstakels die schaduw kunnen veroorzaken (bomen, hagen, ...)
- Controleer de stevigheid van het rooster
- Controleer en onderhoud de beveiligingssystemen
- Smeer bewegende onderdelen (as, hydraulische vijzel, enz.) van de zonlichtvolger
- Controleer of de indicaties op etiketten of graveerplaten leesbaar zijn
- Zorg dat alle begeleidende documenten in de nabijheid van de installatie ter beschikking liggen (ontwerp, schema, gebruiksaanwijzing, enz.)

Schoonmaak

Panelen

- Hoe vaak de panelen moeten worden schoongemaakt, hangt af van het soort neerslag (regen, sneeuw, enz.), de hellingsgraad van de panelen en de omgeving. In een stedelijke of industriële omgeving is schoonmaken vaker nodig dan op het platteland.
- Gebruik voor de reiniging een spons en veel zuiver water zonder zeep. Het productieverval kan tot 4% gaan.
- Hogedruksputten kunnen het fotovoltaïsche oppervlak beschadigen en mogen daarom niet worden gebruikt.

Gecentraliseerde omvormers

- Verwijder stof/insecten/vuil van de luchtfilters (volgens de aanbevelingen van de producent)
- Indien de omvormers in een afzonderlijke plaats staan, de luchtfilters van het ventilatiesysteem in deze ruimte schoonmaken

VERBETERINGS- EN HERSTELLINGSWERKEN

Verbeterings- en herstellingswerken zijn nodig indien de performantie van het systeem onverwacht terugvalt of indien de goede werking van het systeem niet meer verzekerd is na een onverwacht voorval (bijv.: defecte panelen of omvormers, storm, uitzonderlijke sneeuwval, geblokkeerde zonlichtvolger, enz.)

Welke verbeterings- en herstellingswerken nodig zijn, hangt uiteraard af van de panne. Enkele voorbeelden:

- Voer een visuele controle uit na elke storm of na noodweer
- Controleer na elk onweer de beveiligingen tegen overspanning
- Los onmiddellijk alle problemen op die door de systeembewaking worden gesignaleerd

3. INVENTARIS VAN MOGELIJKE PROBLEMEN

TIJDELIJKE PROBLEMEN

Een afname van het reële vermogen van een fotovoltaïsch paneel kan slechts tijdelijk en omkeerbaar zijn. Het paneel kan in de schaduw staan van een boom die is gegroeid; het oppervlak kan vuil zijn (opgehoopt vuil kan het vermogen met 10% verminderen). Een module kan ook defect geraakt zijn of een contactprobleem (in de aansluitkast of panelen) verstoort de werking.

In al deze gevallen is de vermogensafname een omkeerbaar fenomeen, d.w.z. wanneer men de oorzaak van het probleem heeft geïdentificeerd en de verbeteringswerken zijn doorgevoerd (bomen snoeien, panelen schoonmaken, gebroken panelen vervangen), zal het systeem weer op volle toeren kunnen draaien.



Figuur 1 : Tijdelijke schaduwen (bijvoorbeeld veroorzaakt door vogels en hun uitwerpselen) kunnen het vermogen van het paneel en zelfs van de hele string negatief beïnvloeden

Een slechte verdeling van het aantal panelen over de strings creëert een onevenwichtige stroom in de installatie en bijgevolg een afname van het totale geproduceerde vermogen. Het volstaat in dit geval om de *as-built*-tekeningen (= revisietekeningen) van de installatie te controleren en de aansluitingen op het terrein te verifiëren (of de nullastspanning te meten; zie verder). Daarna moet de installateur erbij geroepen worden om de nodige veranderingen door te voeren.

PROBLEMEN M.B.T. DE CELLEN

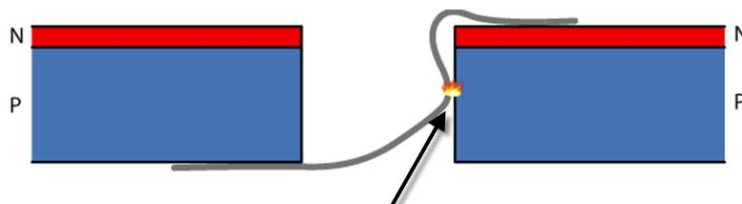
Slijtage van de zonnecellen

De geleidelijke rendementsdaling van een cel kan worden veroorzaakt door:

- Een verhoging van de seriële weerstand (zie equivalent schema) als gevolg van loskomende contacten of van corrosie (door waterdamp);
- een verlaging van de parallelle weerstand als gevolg van de migratie van het metaal in de pn-overgang;
- een slijtage van de oppervlaktebehandeling (reflectiewerende laag) .

Cellen in kortsluiting

Bij de aansluitingspunten kunnen kortsluitingen optreden. Deze storingen komen vaker voor bij dunnefilmcellen, omdat de bovenste en onderste elektroden er dichterbij elkaar liggen en dus gemakkelijker kunnen worden kortgesloten door een gat in de cel of door aangetast of beschadigd materiaal.



Figuur 2: Kortsluiting van een cel door de contactstrip

Cellen in een open stroomkring

Deze storing komt vaak voor en wordt over het algemeen opgelost door het aantal contactpunten te vermeerderen. Gewoonlijk worden cellen verbonden met twee banden die over de elektroden lopen (busbars). De cellen kunnen om verschillende redenen breken:

- Temperatuursomstandigheden en -schommelingen
- Hagel (uitzonderlijk grote hagelbollen)
- Tijdens de behandeling of assemblage kunnen minuscule scheurtjes optreden die tijdens visuele controles niet worden opgemerkt en op een later tijdstip zichtbaar worden



Figuur 3 : Gescheurde cel toch kan functioneren dankzij de contactstrips

PROBLEMEN M.B.T. DE PANELEN

Slijtage en fouten in de fotovoltaïsche panelen

De geleidelijke afname van het uitgangsvermogen van een fotovoltaïsch paneel kan wijzen op slijtage of kan het gevolg zijn van een defecte cel.

Panelen in open stroomkring

Op het niveau van de panelen, in de aansluitkast of in de interne bedrading kan een open stroomkring optreden.

Via metingen van de nullastspanning van de strings kan worden nagegaan hoeveel panelen in een string zitten. Mocht er tijdens de initiële installatie bijvoorbeeld een fout zijn gemaakt en een ongelijk aantal panelen per string zijn verbonden, dan komt dat door deze metingen aan het licht.

Panelen in kortsluiting

Hoewel elke module wordt getest voor ze de fabriek verlaat, kan niet worden uitgesloten dat een productiefout aan de oorzaak ligt van een kortsluiting. Kortsluitingen kunnen ook worden veroorzaakt door een slijtage van de elektrische isolatie onder invloed van klimatologische omstandigheden. Panelen kunnen dan beginnen loskomen, er ontstaan scheurtjes of er kan oxidatie optreden.

Breuk van het (glazen) oppervlak van de module

Het oppervlak van de module (in gehard blank glas en met een laag ijzergehalte) kan breken als gevolg van vandalisme, temperatuurschommelingen, slechte behandeling (bij het lossen of tijdens de montage), wind of hagel.

Loskomende module

In de eerste generatie panelen gebeurde het vaak dat de verschillende lagen loskwamen, maar tegenwoordig doet het euvel zich nog maar zelden voor. De oorzaken hiervoor moet men zoeken bij de omgevingsfactoren (vocht) of fothermische veroudering gecombineerd met temperatuurschommelingen of uitzetting van waterdamp.

ANDERE PROBLEMEN

Connectors in open stroomkring

Temperatuurschommelingen en windstoten zijn er vaak de oorzaak van dat connectors een open stroomkring veroorzaken. Connectors van het type “twist and lock” zijn daarom een betere keuze dan de connectors die men eenvoudigweg in elkaar duwt.



Figuur 4 : Connector van het type “twist and lock”

Probleem van hete punten (hot spots)

Cellen die niet goed op elkaar zijn afgestemd (mismatch), die worden overschaduwd of die gescheurd zijn, kunnen aanleiding geven tot hete punten (hot spots); d.w.z. het paneel oververhit heel plaatselijk en wordt daardoor beschadigd.

Probleem met de bypassdiode

De bypassdioden die dienen om een *mismatch* te vermijden, kunnen falen door oververhitting of onderdimensionering. Dit probleem is eerder gering, indien men ervoor zorgt dat de temperatuur van de aansluiting (in de diode) onder 130°C blijft.

Defect van de inkapseling

Om de levensduur van het inkapselmateriaal (EVA) te verlengen, gebruikt men bij de productie ervan additieven, zoals UV-absorbers en andere stabilisators. In de loop van de tijd kan de hoeveelheid van deze additieven afnemen door fenomenen als percolatie of diffusie. Als de concentratie onder een kritieke grens geraakt, verslijt het inkapselmateriaal sneller (bruine verkleuring van het EVA) en dat gaat gepaard met de vorming en ophoping van azijnzuur. Geleidelijk neemt het uitgangsvermogen van het paneel af, tot ze helemaal defect geraakt.

Storing op het elektriciteitsnet

We bekijken eerst een geval dat in feite geen storing is, nl. indien de netbeheerder de gedecentraliseerde installatie vrijwillig ontkoppelt om onderhoud te doen op zijn eigen lijnen. Om de technici die aan het net werken te beschermen, moet de omvormer de injectie van spanning op het net stopzetten (zie DIN norm VDE 0126). Daarom moet de omvormer zijn uitgerust met een *anti-islanding-beveiliging*. Dat onderdeel controleert voortdurend en automatisch of er nog een toegang tot het net is.

Andere veel voorkomende storingen van het elektriciteitsnet zijn:

1. Variabele netspanning
2. Variaties in de nominale frequentie van het net
3. Variaties in interne weerstand van het net

Deze problemen treden niet regelmatig op en ze zijn van korte duur, waardoor ze niet eenvoudig zijn op te sporen. Niettemin kunnen de meeste van deze problemen worden ondervangen in de ontwerpfase van de fotovoltaïsche installatie of opgelost door overleg met de netbeheerder.

1. Variabele netspanning : problemen met de netspanning kunnen te maken hebben met:
 - a. te hoge spanning
 - b. te lage spanning
 - c. vervormde spanning (geen gelijkmatige sinusvormige curve)

Als de netspanning te hoog (of te laag) is, schakelen de omvormers vanzelf uit vanaf het ogenblik dat de spanning onder een kritieke grenswaarde komt. De fotovoltaïsche installaties die aan het net verbonden zijn, gaan daardoor met een hogere spanning werken, opdat ze de stroom zouden kunnen injecteren. Het risico bestaat dat op zonnige dagen op die manier een installatie de spanning hoger zou opdrijven dan de toegestane grenswaarde en zo de ontkoppeling van een naburige installatie veroorzaakt.

Zeer hoge spanningen kunnen worden veroorzaakt door zeer hoge inductieve ladingen in de buurt van de installatie en het probleem kan uitsluitend door de netbeheerder worden opgelost.

Tijdens de planningsfase van het project moet er met de producent van de omvormers overlegd worden hoe de werkingsparameters kunnen worden afgesteld, opdat de omvormers behoorlijk zouden blijven functioneren, terwijl ze op een verre van perfect netwerk zijn aangesloten.

2. Variatie van frequentie
De omvormers zijn afgesteld om te werken binnen een specifiek frequentievork, maar er kunnen frequentiestoringen optreden die hun goede werking verstoren.
3. Variaties in interne weerstand van het net
De omvormers die op het net zijn aangesloten, functioneren slechts binnen een bepaald interval van weerstandswaarden. Ze zijn gevoelig voor variaties; als de afwijking groter is dan dit interval, stopt de omvormer. De weerstandintervallen kunnen worden geregeld als de omvormer te gevoelig staat afgesteld.

4. PRODUCTIEFOLLOW-UP (OPERATIONELE FASE)

De operationele follow-up van een fotovoltaïsche installatie is noodzakelijk omdat men hiermee eventuele problemen kan opsporen die aan de werking verbonden zijn. Door regelmatig de tellerstanden op te nemen, kan men de reële productie vergelijken met de verwachte.

De reële productie wordt afgelezen van de meter en geeft recht op groenestroomcertificaten.

De verwachte productie is de hoeveelheid energie die een fotovoltaïsch systeem zou kunnen opwekken uit het reële stralingsniveau op een gegeven plaats. Als het een schaduwvrij systeem is, dan mag men over het algemeen uitgaan van de cijfers van het Koninklijk Meteorologisch Instituut in Ukkel voor de betreffende referentieperiode (meestal één jaar).

Voorbeeld :

Een installatie van 2 kWp die gericht staat op het zuiden met een hellingsgraad van 35° produceerde in 2004 1.700 kWh. Het gaat meer specifiek om een productie van 850 kWh/kWp en de eigenaar is hiermee tevreden. In 2004 lag de stralingsintensiteit echter 10% boven het lange termijn gemiddelde en dus had een gemiddelde installatie eveneens 10% meer moeten opwekken, d.w.z. een totale productie van 1.870 kWh.

De eigenaars van een fotovoltaïsche installatie kunnen zich dergelijke onaangename verrassingen besparen door een zonne-opbrengstgarantie te eisen. Deze garantie wordt geverifieerd door een onafhankelijke waarnemer die de reële productie vergelijkt met de verwachte, rekening houdend met correcties voor de reële omstandigheden en externe factoren. Als er een productietekort wordt vastgesteld, krijgt de eigenaar een financiële vergoeding die overeenkomt met de waarde van dit tekort (eigen verbruik + groenestroomcertificaten) vermeerderd met een forfaitaire vergoeding. Het voordeel van een GZR-contract is dat men een gegarandeerd inkomen krijgt, dat niet meer uitsluitend van de zonnestraling afhangt. Bovendien komt het ten goede aan de relatie tussen de klant en zijn installateur, omdat het een kwalitatieve productie garandeert. 80% van de performantieproblemen blijken inderdaad veroorzaakt te zijn door menselijke fouten (slechte dimensionering van de bedrading, verkeerde combinatie module – omvormer, enz.)

Performantie-index

Deze index wordt soms ook *Performance ratio* (PR) genoemd en is een waarde die onafhankelijk is van de fysieke plaats en die het mogelijk maakt om de kwaliteit van de fotonvoltaïsche installatie te kwantificeren. Het is de verhouding tussen het reële en het theoretische rendement van de installatie. Een goede installatie heeft een performantie-index rond 80 %.

Om het theoretische rendement te berekenen, heeft men de waarden van de plaatselijke zonnestraling voor een heel jaar nodig.

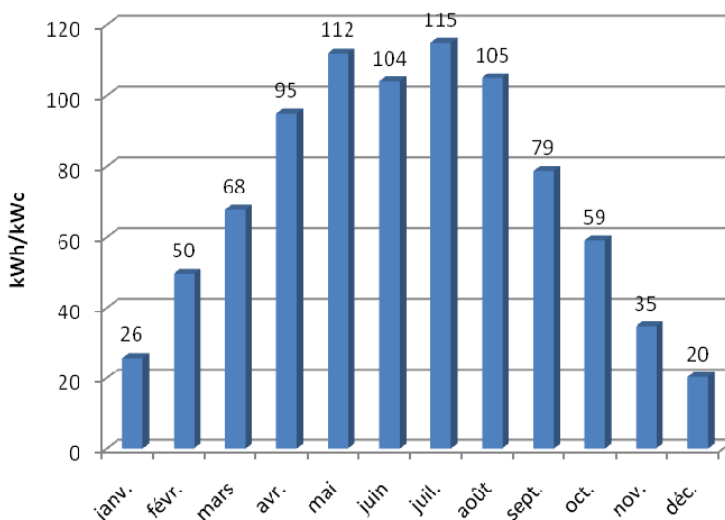
Deze index wordt beïnvloed door verscheidene factoren: temperatuur van de fotonvoltaïsche panelen, zonnestraling en verstrooiing van energie, schaduw of vuilophoping op de panelen (en op de meettoestellen), periode van meting, rendementsfactor van de panelen en omvormer, ...

Als de eigenaar geen zonne-opbrengstgarantie heeft of niet beschikt over een meettoestel voor de zonnestraling, dan kan hij zijn eigen productiegegevens vergelijken met die van een gelijkaardig systeem in de buurt. De Franse website www.bdpv.fr is een initiatief om verschillende privé-installaties met elkaar te vergelijken. Het systeem kan ook voor België worden gebruikt en telt al bijna 6.000 fotonvoltaïsche installaties in Frankrijk, Zwitserland en België.

In sommige gevallen voorziet de systeembewaking ook in de meting van zonnestraling. Daarmee kan de eigenaar de performantie van zijn systeem schatten op basis van reële stralingsomstandigheden.

De installateur zal de eigenaar van kleine installaties aanraden om tijdens de eerste maand na de inwerkingstelling dagelijks de productie op te tekenen. Later kan dat wekelijks of maandelijks gebeuren.

In België is de normale verdeling van de productie over een jaar als volgt: 16% tijdens de winter, 14% tijdens het najaar, 36% tijdens het voorjaar en 34% tijdens de zomer (bron: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>). Uiteraard fluctueren deze getallen en worden ze beïnvloed door reële weersomstandigheden. De grootste afwijking (standaardafwijking) registreert men tijdens de laatste maanden van het voorjaar en de eerste van het najaar.



De gemiddelde maandelijkse productie van een installatie in Brussel van 1 kWp die gericht is op het zuiden en met een hellingsgraad van 35°.

Tot slot stippen we nog aan dat het rendement van een fotonvoltaïsch paneel jaarlijks met 1% afneemt en bij een gelijkblijvende zonnestraling zal een oudere installatie dus minder gaan produceren. Over het algemeen garanderen producenten nog 90% van het nominale vermogen na 10 jaar en nog 80% na 20 jaar.



FOTOVOLTAÏSCHE ZONNE-ENERGIE RISICIBEHEER

Het risicobeheer van fotovoltaïsche installaties situeert zich op twee niveaus: tijdens de opbouw gaat het voornamelijk om de persoon van de installateur; eenmaal de installatie functioneert, zijn de risico's veeleer verbonden aan het systeem: overspanning, brand en diefstal. In deze module behandelen we de vier genoemde aspecten.

1. VEILIGHEID TIJDENS DE WERKEN

VOORSCHRIFTEN VOOR WERKEN OP HOOGTE

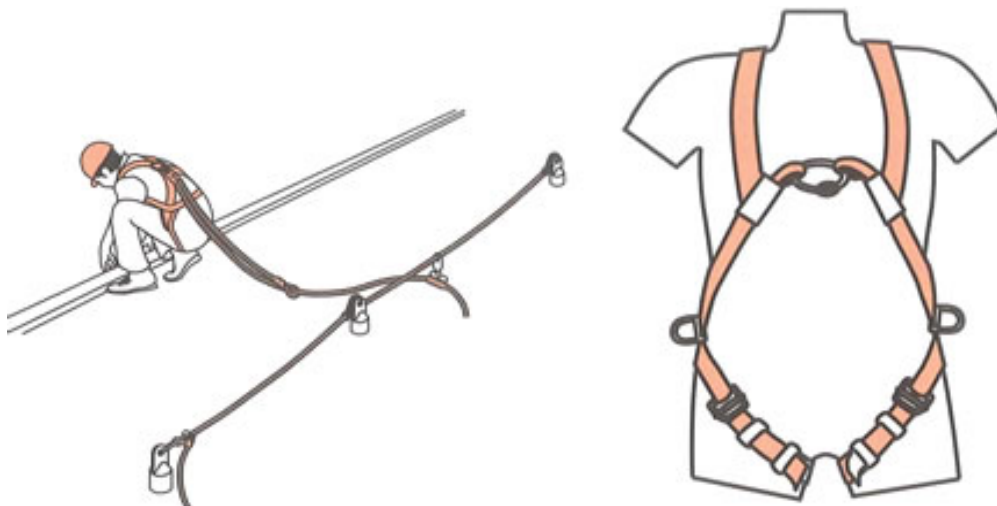
Alle dakwerken dienen overeenkomstig de veiligheidsnormen van het Algemeen Reglement voor de Arbeidsbescherming (ARAB) te worden uitgevoerd.

Op 15 september 2005 verscheen in het Staatsblad het lang verwachte Koninklijk Besluit van 31 augustus 2005 betreffende het gebruik van arbeidsmiddelen voor tijdelijke werkzaamheden op hoogte. Deze reglementering is een omzetting in Belgisch recht van de richtlijn 2001/45/CE van 27 juni 2001 en een bijwerking van verschillende artikels van het ARAB. Het KB omvat algemene en specifieke bepalingen voor het gebruik van ladders, steigers en toegangs- en positioneringstechnieken met touwen.

Op dit adres kan men de regels raadplegen: <http://www.werk.belgie.be/defaultTab.aspx?id=625>.

Men kan er gedetailleerde informatie vinden over:

- risicoanalyse en preventiemaatregelen;
- gebruik van ladders, trapladders en platformladders;
- gebruik van steigers;
- gebruik van toegangs- en positioneringstechnieken met touwen.



Figuur 1: Bij werken op hoogte is het gebruik van een veiligheidslijn en een harnas met bevestigingspunt aan de rugzijde verplicht

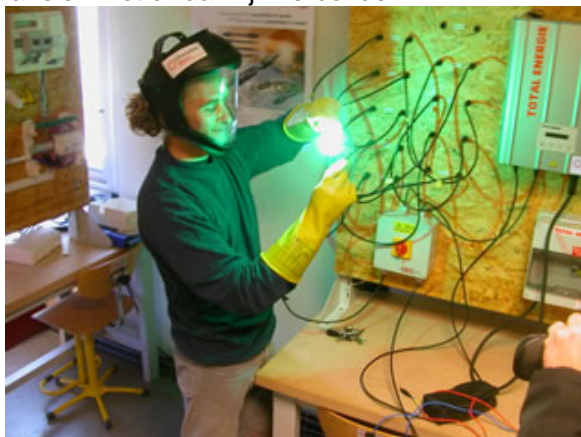
VOORSCHRIFTEN VOOR WERKEN MET GELIJKSTROOM¹

Inherente risico's

Fotovoltaïsche installaties mogen niet worden afgezet in aanwezigheid van licht. Het grootste risico wordt gevormd door het feit dat geen enkele van de gangbare veiligheidsvoorschriften probaat is: de stroomsterkte van de kortsluiting van de fotovoltaïsche generator is amper lager dan de overeenkomstige nominale stroom (in tegenstelling tot bijvoorbeeld een autobatterij). Automatische differentieelschakelaars, automatische zekeringen en smeltzekeringen functioneren niet.

Een elektricien die ervaring heeft met wissel- en gelijkstroom die niet afkomstig is van zonne-energie, zou kunnen veronderstellen dat de installatie is uitgerust met een stroomonderbreker die in werking treedt, wanneer zich een defect zou voordoen. Dat is echter niet het geval! Een kortsluiting veroorzaakt geen panne, zelfs geen stroomonderbreking in de installatie!

Fotovoltaïsche installaties produceren gelijkstroom onder hoge spanning (tot 600 V). Er kunnen permanente vlambogen ontstaan, indien contactpunten die onder spanning staan, uit elkaar worden gehaald (aansluitkern, stekker of ampèremeter), zoals onderstaande foto illustreert. Een elektrische schok is dodelijk vanaf 120 V gelijkstroom. Afhankelijk van het type zonnepaneel en van het feit of het om serie- of parallelschakeling gaat, kan de schok dodelijk zijn van zodra er twee panelen met elkaar zijn verbonden.



Figuur 2: simulatie van een vlamboog

Op het ogenblik dat de contactpunten onder spanning uit elkaar worden gehaald en er zich een vlamboog vormt, ontstaat het risico op brand, blikseminslag en elektrische schokken. Op een dak door een elektrische schok ("primaïr letsel") worden getroffen, is erg gevaarlijk, omdat hierdoor ook de kans toeneemt dat het slachtoffer van het dak valt ("secundair letsel").

Belangrijke maatregelen m.b.t. passieve veiligheid:

- Rust de gelijkstroomkant van de installatie uit met geaarde apparatuur die beschermt tegen kortsluiting en lekstroom.
- Gebruik voor de bedrading uitsluitend monogeleiders met dubbele isolatie.
- Waak ervoor dat alle systeemonderdelen behoren tot beveiligingsklasse 2.
- Scheid de positieve van de negatieve kant in de aansluitdoos.

Andere beschermingsmaatregelen tijdens werken aan het circuit

- Zet de gelijkstroomschakelaar van de installatie op de spanningsvrije stand.
- Maak de regelbare onderdelen spanningsloos (in geval van werken aan de omvormer).
- Zorg ervoor dat het systeem niet terug opstart (stroomonderbreker voor wisselstroom AC OFF).
- Vermijd contact met alle geleidende elementen! Open nooit een geleidend contact zonder toezicht.

¹ Gebaseerd op het boek van Antony Falk, Christian Dürschner en Karl-Heinz Remmers "Le photovoltaïque pour tous, conception et réalisation d'installations", Observ'ER 2006

- Alle werken moeten samengaan met efficiënte passieve veiligheidsmaatregelen. Neem voorzorgen tegen toevallige aanrakingen, vernieuw of herstel beschadigde of afgeklemde isolatie van leidingen.

VEILIGHEIDSCOÖRDINATOR

De algemene preventiebeginselen dienen te worden nageleefd. Het is verplicht om een projectcoördinator en een uitvoercoördinator aan te stellen.

Voor werken met een totale oppervlakte van minder dan 500 m² bestaat er echter een meer soepele regeling. Aannemers mogen hiervoor zelf de functie van uitvoercoördinator op zich nemen.

Wanneer er meer dan twee aannemers (het maakt niet uit of het gaat om werknemers in dienst van een aannemer of om een zelfstandige aannemer) aan de werken deelnemen, moeten er coördinatoren worden aangesteld. Wanneer de werken door een enkele aannemer worden uitgevoerd, zijn er dus geen coördinatoren nodig.

Meer informatie: <http://www.werk.belgie.be/WorkArea/showcontent.aspx?id=3826>

2. BLIKSEM EN OVERSPANNING

Fotovoltaïsche installaties kunnen rechtstreeks door een bliksem worden getroffen, maar een blikseminslag in de nabijheid kan eveneens schade berokkenen. De spanning en de stroom die ontstaan op het ogenblik van een inslag, kunnen elektrische en magnetische velden opwekken die een fotovoltaïsche installatie kunnen beschadigen of vernielen, net zoals elk ander toestel dat op het elektriciteitsnet is aangesloten en niet tegen overspanning is beschermd. Hieronder volgt een indeling van de gevolgen van een blikseminslag en de manieren om zich ertegen te beschermen.

GEVOLGEN VAN EEN BLIKSEMINSLAG

Een fotovoltaïsche installatie op het dak verhoogt het risico op blikseminslag niet. Afhankelijk van de omgeving kan het nuttig zijn om bliksemafleiders te plaatsen. Meestal is dat in een stedelijke omgeving niet nodig.

De gevolgen van een rechtstreekse blikseminslag zijn onder te brengen in de volgende twee categorieën:

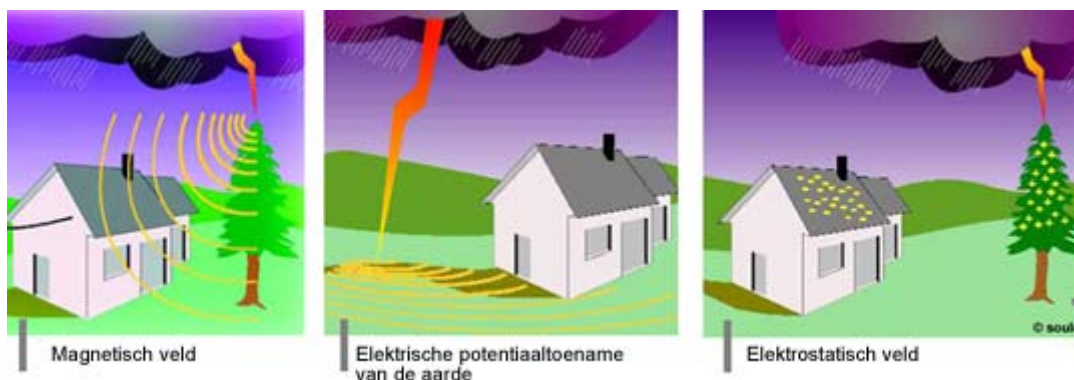
- Als een bliksem rechtstreeks op een onbeschermd huis inslaat, kunnen de gevolgen buitengewoon dramatisch zijn (vernietiging, brand). Als het huis is uitgerust met een bliksemafleider of als het dak een aarding heeft, wordt de ontlading naar de grond afgevoerd. De interne weerstand van de aarde en de stroom die er doorheen gaat, geven aanleiding tot enorme potentiaalverschillen: dit is **overspanning**. Die verspreidt zich via de bedrading over het gebouw en beschadigt het materiaal.
- Als de bliksem een laagspanningskabel van een bovenleiding treft, zal de sterke stroom die erdoor gaat, in het gebouw dringen en ook een grote overspanning veroorzaken. De gevolgen



van een dergelijke overspanning zijn vaak spectaculair door de ontploffing die ermee gepaard gaat (een brand in het schakelbord kan bijvoorbeeld aanleiding geven tot het volledig afbranden van het gebouw of de industriële installatie).

De gevolgen van een onrechtstreekse blikseminslag: wanneer de bliksem in de nabijheid van het gebouw inslaat, ontstaat er een overspanning zoals hierboven is beschreven. Die is het gevolg van de potentiaalstijging van de aarde op de plaats van de inslag. De elektromagnetische velden die door de bliksem worden opgewekt, geven aanleiding tot inductieve en capacatieve koppelingen, die op hun beurt een nieuwe overspanning veroorzaakt.

In een straal van honderden, zelfs duizenden, kilometer kan het elektromagnetische veld, dat door de bliksem in het wolkendek is opgewekt, eveneens bruuske spanningstoenames veroorzaken. De gevolgen zijn minder spectaculair dan in het voorgaande geval, maar het resultaat is toch onherstelbare schade aan de zogenaamde gevoelige apparatuur, zoals faxtoestellen, elektrische voedingen van computers en beveiligings- en communicatiesystemen.



ANDERE OORZAKEN VAN OVERSPANNING

In het voorgaande punt werden de gevaren toegelicht van een overspanning die voortkomt uit een blikseminslag. De gevolgen zijn net dezelfde voor een overspanning door een probleem op het net. Een kortsluiting in een van de fases van een geaard driefasig netwerk (een ontoereikende isolatie van een hoogspanningskabel bijvoorbeeld) kan een tijdelijke overspanning veroorzaken op de andere fasen (dit fenomeen vereist aandacht bij hoogspanning).

BESCHERMING TEGEN OVERSPANNING

Als het gebouw in een omgeving staat waar bliksembeveiliging nodig is, is het aangewezen een aangepaste overspanningsafleider te plaatsen op het gelijkstroomgedeelte van de fotovoltaïsche installatie en eveneens op het hele wisselstroomgedeelte (+ telefoon- en tv-stekker). Waar verschillende strings zijn geïnstalleerd, is er één overspanningsafleider per string nodig.

Sommige omvormers zijn uitgerust met een overspanningsafleider langs de wisselstroom- of gelijkstroomkant (zie hiervoor de instructies van de fabrikant).

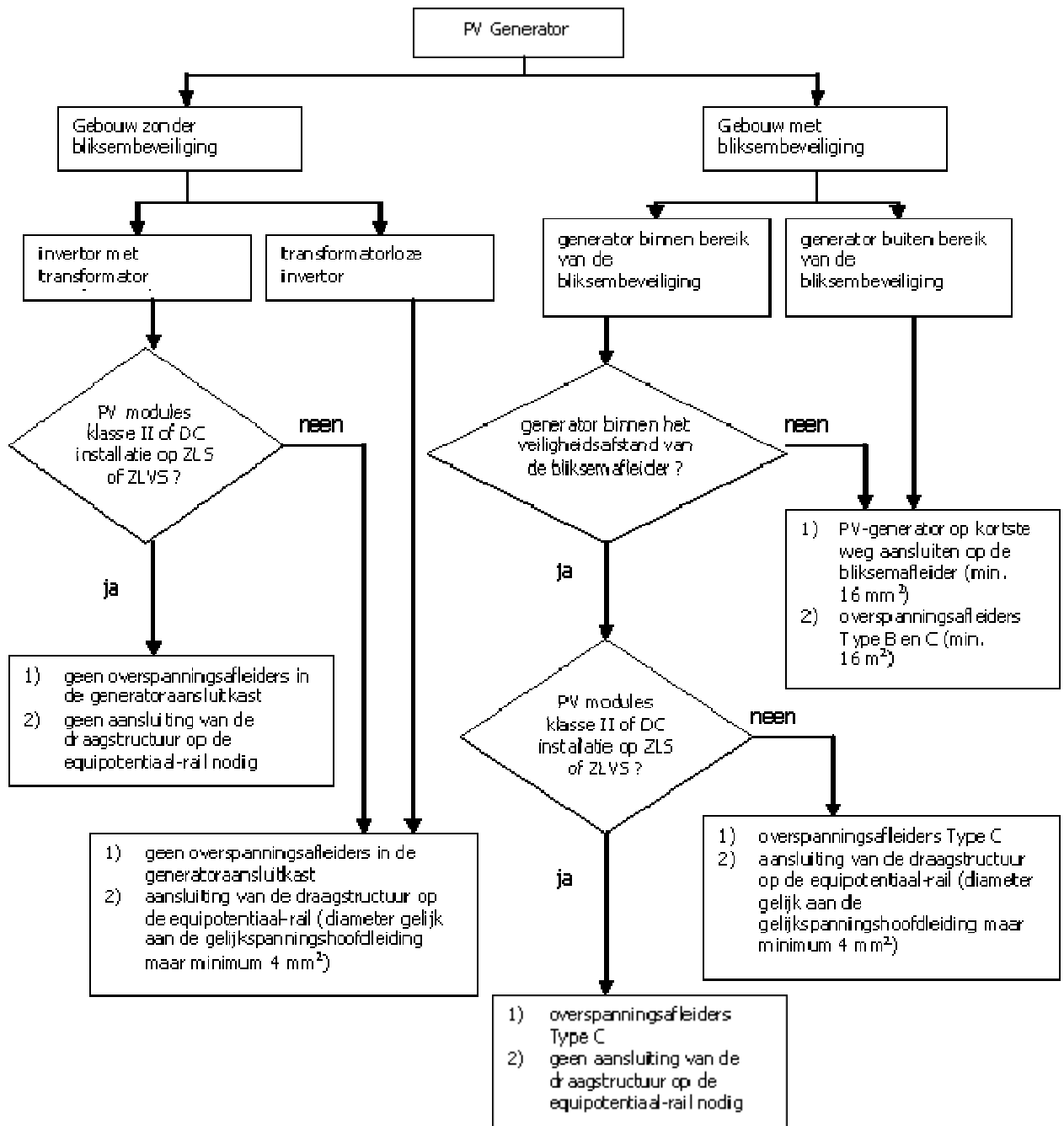


Figuur 3: voorbeeld van een overspanningsafleider van type 1 voor hoge risico's op overspanning

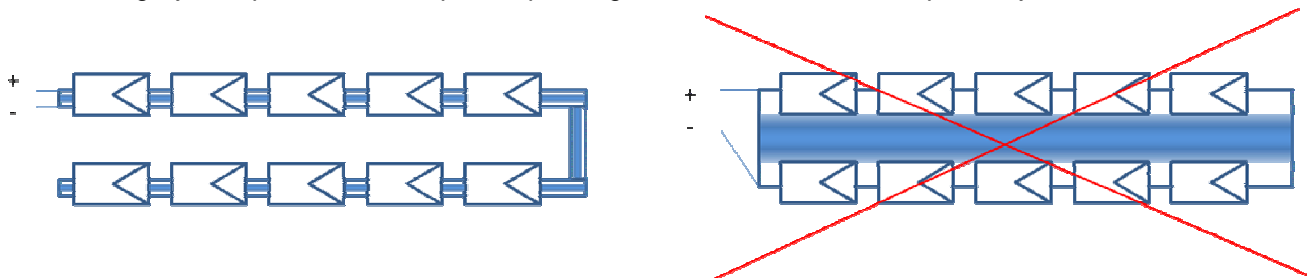


Figuur 4: voorbeeld van een overspanningsafleider van type 2 voor lagere risico's

De Belgische normen voor bliksembeveiliging dateren van 2006: *NBN EN 62305* en zijn gebaseerd op de internationale normen IEC 62305-1. Onderstaand schema geeft een overzicht van de gevallen waarin beveiliging nodig is. (Bron: *Planning and installing photovoltaic systems*, DGS, Earthscan, Londen, 2008)



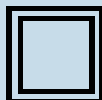
De bedrading moet zodanig worden aangebracht dat de oppervlakte tussen de + en de - zo klein mogelijk is, opdat het risico op overspanning door inductie in de lus beperkt blijft.



AARDING VAN FOTOVOLTAÏSCHE INSTALLATIES

Het is aan te raden om deze verbinding te aarden en te verankeren op de glijders van de dragende structuur (doorsnede van minimum 6 mm²). Indien de omvormer is uitgerust met een transformator en de panelen behoren tot klasse 2 (dubbele isolatie) is de aarding ervan echter niet nodig.

Toestellen met een dubbele isolatie kunnen worden herkend aan dit symbool:



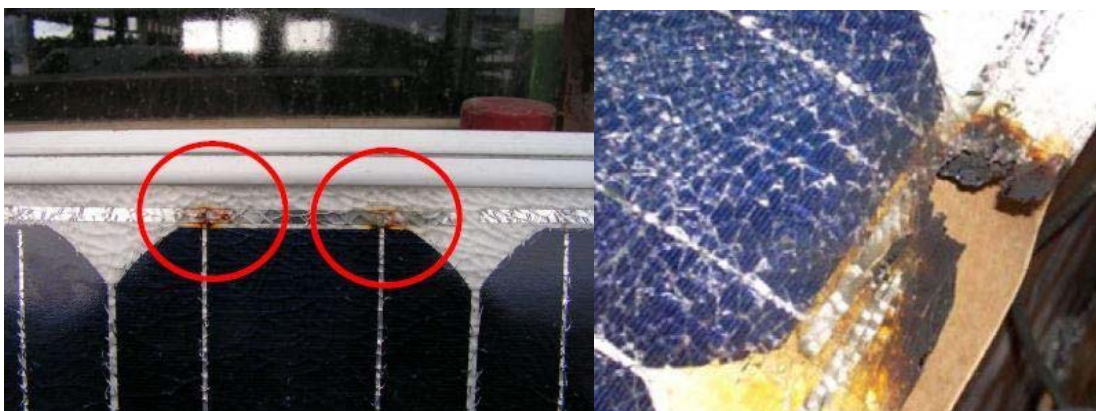
3. BRANDGEVAAR

Zoals alle elektrische apparatuur houdt ook een fotovoltaïsche installatie brandgevaar in. Dit risico slaat op zowel de onderdelen als op de werking.

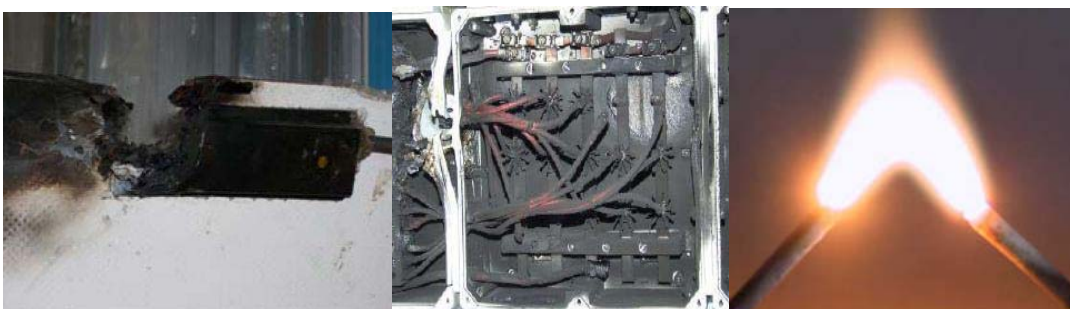
Het is aan te raden dat de bouwheer zijn woningverzekering laat aanpassen en schade aan de fotovoltaïsche modules in de dekking laat opnemen.

RISICO'S VERBONDEN AAN HET MATERIAAL

- Onderbreking of slecht contact tussen de cellen of connectoren:

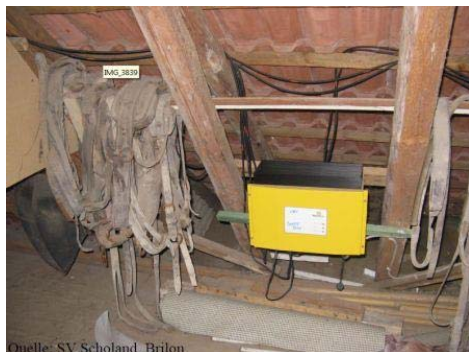


- Isolatieprobleem dat een vlamboog veroorzaakt:



RISICO'S VAN EEN ONZORGVULDIGE INSTALLATIE

Het brandgevaar is het grootst voor de omvormer en de bedrading. Ze mogen dus niet worden geplaatst in een licht ontvlambare omgeving. Onderstaande foto's illustreren met andere woorden hoe het absoluut niet moet.



Omvormer in een ontvlambare omgeving



Losse kabel op een ontvlambare structuur

4. RISICO OP DIEFSTAL

Hoewel het risico op diefstal gering is, is het aangewezen om de fotovoltaïsche installatie te laten opnemen in de dekking van de woningverzekering.

In West-Europa werden tot nog toe enkele diefstallen gemeld. Ze gebeurden voornamelijk op gemakkelijk toegankelijke daken en plaatsen.

Het is aangewezen om voor de installatie een positie te kiezen die van buitenaf moeilijk bereikbaar is en eventueel één van de volgende oplossingen te gebruiken:

- een anti-diefstal beveiliging: "niet los te schroeven" bouten of bouten met een ingebouwde stalen bal die de montage automatisch stukmaakt;
- een component die de panelen beschadigt, zodat de module onbruikbaar wordt;
- een elektronisch systeem dat reageert op het weghalen van een paneel en op die manier een traditioneel alarm in werking stelt;
- de panelen aan de dwarslatten lassen.

Om opsporing mogelijk te maken, vraagt men best altijd de serienummers aan de installateur of laat men ze in de panelen graveren.

MEER WETEN

ADEME, 2006, "*Générateur photovoltaïque rattachés au réseau: spécifications techniques relatives à la protection des personnes et des biens*". Praktische gids voor studiebureaus en installateurs, 29 pagina's

ADEME, 2001, Gids "Protection contre les effets de la foudre dans les installations faisant appel aux énergies renouvelables", 67 pagina's