

Opbrengst van zonnepanelen in juni afhankelijk van de dakhoek (slope) en de stand t.o.v. het zuiden (azimuth).

Op 11-3-2024 heb ik de notitie geschreven: “Opbrengst van zonnepanelen in december afhankelijk van de dakhoek (slope) en de stand t.o.v. het zuiden (azimuth)”. December is de maand met de laagste maximale zonhoogte en de opbrengst van zonnepanelen is daarom het laagst in december. Juni is de maand met de hoogste maximale zonhoogte en verwacht zou kunnen worden dat de opbrengst in juni daarom het hoogst is. Maar dit is niet voor elke dakhoek en scheefhoek het geval. Voor grote dakhoeken is de opbrengst in april of mei net wat hoger. Maar om de opbrengsten met elkaar te kunnen vergelijken, wordt toch overal de maand juni aangehouden voor deze nieuwe notitie.

Momenteel geldt de salderingsregeling nog. Dit betekent dat men voor 's zomers geleverde energie net zo veel terug krijgt als men voor 's winters afgenomen energie moet betalen, mits men netto in één jaar niet meer teruglevert dan men afneemt. Maar het ligt voor de hand dat deze salderingsregeling een keer afgeschaft gaat worden omdat het voordeel dat de eigenaren van zonnepanelen hiermee hebben, betaald wordt door degenen die geen zonnepanelen hebben. Als de regeling afgeschaft wordt, dan is de energie die 's zomers geleverd wordt veel minder waard dan de energie die 's winters geleverd wordt.

Als de stand van de zonnepanelen zo afgesteld zou worden dat opbrengst in december maximaal is, dan is het goed om te weten hoe sterk de opbrengst daardoor in juni gereduceerd wordt. Maar het is niet alleen het verschil in opbrengst dat van belang is. Het gaat uiteindelijk om het product van de opbrengst maal de gemiddelde kWh prijs die voor een bepaalde maand geldt. De berekeningen voor juni werden uitgevoerd met behulp van de website van PVGIS Europe die als link heeft:

https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis_en

Op deze website klik je eerst op het blok “Photovoltaic performance”. Links op het blad dat dan opent, staat een kaartje. Je moet dan op Nederland klikken want anders werkt er niets. Je kunt dan rechts invullen hoeveel kW piek er totaal geïnstalleerd wordt. Stel we nemen 24 zonnepanelen van 1 m breed, 1,65 m hoog en 300 W piek. Dit is het maximum aantal panelen dat gelegd kan worden op één kant van het dak van een huis met een breedte van 6 m, een diepte van 10 m en een dakhoek van 45°. Dit geeft 7200 W piek = 7,2 kW piek. Dit is hetzelfde piekvermogen als gebruikt in de notitie voor december. Je kunt ook de dakhoek (slope) en de scheefhoek t.o.v. het zuiden (azimuth) invullen. Als je dan klikt op het blok “Vizualize results” dan krijg je een grafiek met de opbrengst per maand in kWh. Ik heb wat gespeeld met diverse dakhoeken en de hoogste opbrengst in juni wordt verkregen bij een dakhoek van ongeveer 15° en een scheefhoek van 0°.

Ik heb nu de opbrengst in juni bepaald voor vijf verschillende dakhoeken namelijk 15°, 30°, 45°, 60° en 75° en voor zeven verschillende hoeken t.o.v. het zuiden namelijk 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° en 90°. Een positieve azimuth betekent dat de richting draait naar het westen. Ik heb ook een negatieve azimuth, dus draaiing naar het oosten, geprobeerd maar dat levert nagenoeg hetzelfde resultaat op als bij draaiing naar het westen. Azimuth wordt afgekort tot az. De opbrengst wordt gegeven in een staafdiagram. Door de cursor op de staaf te houden wordt de opbrengst in kWh getoond. De opbrengst in kWh afgerond op 1 kWh wordt gegeven in tabel 1.

Dakhoek	az. = 0°	az. = 15°	az. = 30°	az. = 45°	az. = 60°	az. = 75°	az. = 90°
15°	964 kWh	964 kWh	963 kWh	962 kWh	956 kWh	947 kWh	938 kWh
30°	941 kWh	945 kWh	946 kWh	945 kWh	937 kWh	923 kWh	902 kWh
45°	881 kWh	886 kWh	892 kWh	896 kWh	889 kWh	875 kWh	849 kWh
60°	780 kWh	788 kWh	800 kWh	809 kWh	809 kWh	794 kWh	770 kWh
75°	641 kWh	651 kWh	671 kWh	692 kWh	698 kWh	686 kWh	665 kWh

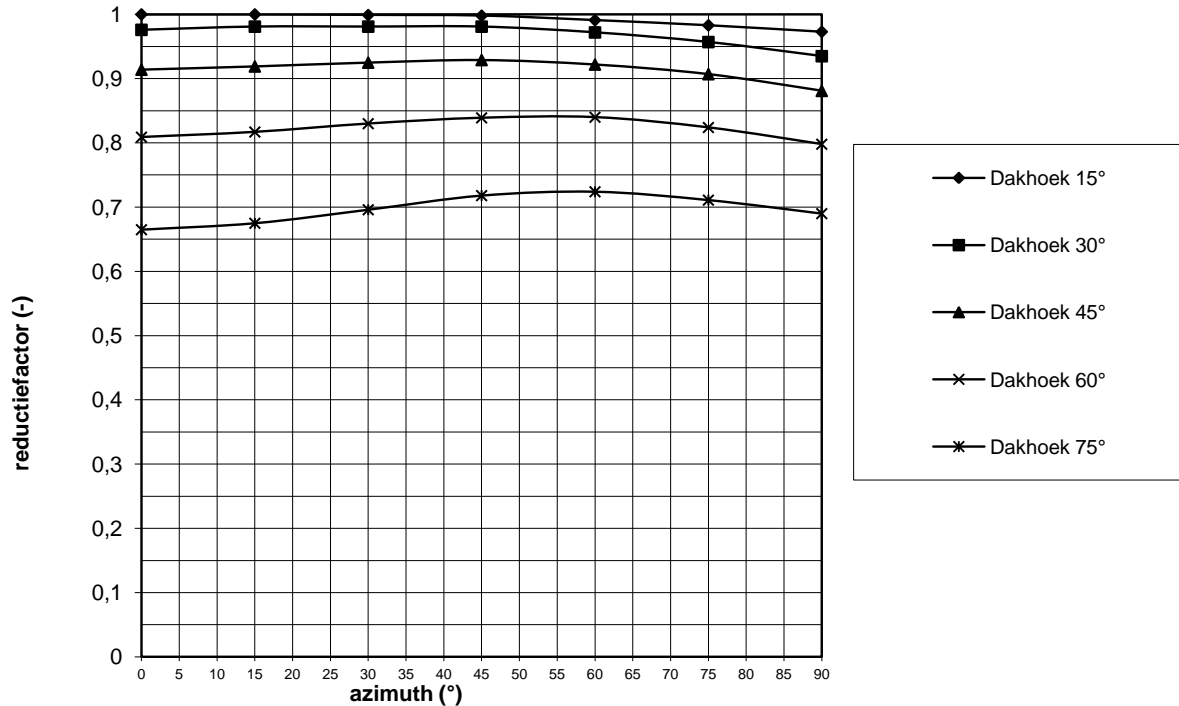
Tabel 1 Opbrengst in juni in kWh afhankelijk van de dakhoek en de azimuth voor 7,2 kW piek

De opbrengst in juni blijkt het hoogst te zijn voor een dakhoek van 15° en een scheefhoek van 0°. Deze opbrengst is 964 kWh. Als we alle berekende waarden delen door 964 dan krijgen we de reductiefactor waarmee de maximale opbrengst gereduceerd wordt als gevolg van een andere dakhoek dan 15° en een bepaalde azimuth. De reductiefactoren worden gegeven in tabel 2.

Dakhoek	az. = 0°	az. = 15°	az. = 30°	az. = 45°	az. = 60°	az. = 75°	az. = 90°
15°	1	1	0,999	0,998	0,991	0,983	0,973
30°	0,976	0,981	0,981	0,981	0,972	0,957	0,935
45°	0,914	0,919	0,925	0,929	0,922	0,907	0,881
60°	0,809	0,817	0,830	0,839	0,840	0,824	0,798
75°	0,665	0,675	0,696	0,718	0,724	0,711	0,690

Tabel 2 Reductiefactoren in juni t.o.v. een dakhoek van 15° en een azimuth van 0°

De gevonden reductiefactoren worden gegeven in figuur 1 als functie van de azimuth.



Figuur 1 Reductiefactor als functie van de dakhoek en de azimuth t.o.v. een paneel met een dakhoek van 15° en een azimuth van 0° voor de maand juni

In figuur 1 is te zien dat de daling van de reductiefactor voor kleine dakhoeken maar beperkt verandert voor toenemende scheefhoek. Voor een dakhoek van 75° neemt de reductiefactor eerst nog behoorlijk toe bij toenemende scheefhoek. De reductiefactor voor een dakhoek van 45° is voor bijna alle scheefhoeken nog hoger dan 0,92. In de notitie met de opbrengst voor december werd gevonden dat de opbrengst in december voor een scheefhoek van 45° maar beperkt lager is dan voor een dakhoek van 75°. Een vaste dakhoek van 45° is daarom een goede keus. Maar als men een rij panelen in de tuin heeft staan dan kan men die instelbaar maken en 's zomers een dakhoek van 15° en 's winters een dakhoek van 75° gebruiken.

Panelen in zonneparken worden vaak zo opgesteld dat de dakhoek 15° is en dat de helft van de panelen naar het westen en de andere helft naar het oosten gericht is. De scheefhoek is daardoor 90° en -90°. In figuur 1 en tabel 2 is af te lezen dat de reductiefactor voor 90°, 0,973 is. Deze opstelling is dus best gunstig in de zomer. In figuur 1 van de notitie voor december is af te lezen dat de reductiefactor in december maar 0,351 is voor een dakhoek van 15° en een scheefhoek van 90°.

De opbrengst in juni is 964 kWh voor een dakhoek van 15° en een scheefhoek van 90°. De opbrengst in december is 95 kWh voor een dakhoek van 15° en een scheefhoek van 90°. De opbrengst in december is dus een factor $95 / 964 = 0,1$ lager. Dergelijke zonneparken veroorzaken dus een enorme onbalans op het net. Doordat er 's zomers midden op de dag veel te veel geleverd wordt is de geleverde energie dan maar weinig en soms zelf helemaal niets waard terwijl geleverde energie 's winters veel meer waard is. Ik denk dan ook dat men nieuwe zonneparken beter kan optimaliseren voor december in plaats van voor een maximale jaaropbrengst.

Met behulp van de notities voor december en juni kan nu eenvoudig het verschil bepaald worden voor een systeem dat geoptimaliseerd is voor een maximale jaaropbrengst voor een bepaald grondoppervlak en een systeem dat geoptimaliseerd is voor een maximale opbrengst in december. Stel we hebben 24 zonnepanelen van 300 W piek en dus totaal 7200 W piek = 7,2 kW piek. Dit is dus hetzelfde piekvermogen als gebruikt werd in de rekenvoorbeelden van beide notities.

Stel systeem 1 bestaat uit 12 panelen op exact het oosten en 12 panelen op exact het westen onder een dakhoeck van 15° . De panelen liggen met de hoge kant tegen elkaar. Aangenomen wordt dat een paneel op het oosten dezelfde opbrengst heeft als een paneel op het westen. In tabel 1 van de notitie voor juni kan worden afgelezen dat de opbrengst in juni voor een dakhoeck van 15° en een scheefhoek van 90° , 938 kWh is. In tabel 1 van de notitie voor december kan worden afgelezen dat de opbrengst in december voor een dakhoeck van 15° en een scheefhoek van 90° , 95 kWh is.

Stel systeem 2 bestaat uit 24 panelen op exact het zuiden met een dakhoeck van 60° . In tabel 1 van de notitie voor juni kan worden afgelezen dat de opbrengst in juni voor een dakhoeck van 60° en een scheefhoek van 0° , 780 kWh is. In tabel 1 van de notitie voor december kan worden afgelezen dat de opbrengst in december voor een dakhoeck van 60° en een scheefhoek van 0° , 265 kWh is.

Systeem 2 geeft dus in juni $938 - 780 = 158$ kWh minder dan systeem 1. Systeem 2 geeft in december $265 - 95 = 170$ kWh meer dan systeem 1. De afname van de opbrengst in juni wordt dus ruim gecompenseerd door de toename van de opbrengst in december. Als de salderingsregeling niet toegepast mag worden, wat het geval is voor zonneparken en voor het deel dat particulieren meer opwekken dan ze zelf per jaar zelf gebruiken, is een geleverde kWh in juni veel minder waard dan een geleverde kWh in december. Het rendement van de investering in de zonnepanelen en de omvormer is daardoor veel hoger voor systeem 2 dan voor systeem 1.

In dit rekenvoorbeeld werd juni met december vergeleken omdat die maanden een half jaar uit elkaar liggen. Voor een nauwkeurigere analyse zouden tabellen voor elke maand gemaakt moeten worden en zou de jaaropbrengst berekend moeten worden door de opbrengst van een bepaald systeem voor alle maanden bij elkaar op te tellen. Men zou ook moeten weten hoe groot het verschil in gemiddelde kWh prijs is voor elke maand.

Wat nog niet meegenomen werd dat is het grondgebruik. Bij de systeem 1 ligt er tussen een rij met panelen op het oosten en het westen maar een klein strookje grond dat nodig is om de panelen te kunnen inspecteren en wassen. Bij de systeem 2 moet er tussen de rijen wel een strook liggen met een breedte van drie maal de paneelhoogte om te voorkomen dat de panelen in elkaars schaduw komen te liggen. Dit houdt in dat er bij systeem 1 op een bepaald stuk grond ongeveer drie maal zoveel panelen gelegd kunnen worden als bij systeem 2. De bijdrage van de grondkosten aan de totale kosten is daardoor hoger bij systeem 2. Ik denk echter dat de grondkosten maar een klein deel zijn van de totale kosten van het hele zonnepark. De veel hogere waarde van geleverde energie in de winter dan in de zomer, zal de hogere grondkosten van systeem 2 ruimschoots compenseren. Daarbij komt nog dat de vrij blijvende strook grond tussen de panelen gebruikt kan worden om een gewas op te kweken en dat zou toch ook nog wat moeten kunnen opleveren.

Systeem 2 geeft ook een veel kleinere onbalans van het net. De opbrengst is in december 265 kWh en in juni 780 kWh. De opbrengst in december is dus een factor $265 / 780 = 0,34$ van de opbrengst in juni. Eerder werd al berekend dat deze verhouding 0,1 is voor systeem 1.

Het voordeel van een grote dakhoeck is ook dat smeltende sneeuw veel gemakkelijker van de panelen zal afglijden dan bij een kleine dakhoeck. Bij een grote dakhoeck zal men ook minder last van stof en bladeren hebben waardoor panelen met een grote dakhoeck minder vaak gereinigd hoeven te worden. Een ander belangrijk voordeel van een grote dakhoeck is dat de panelen dan minder kwetsbaar zijn voor schade door grote hagelstenen. In Texas zijn onlangs duizenden vlak liggende panelen vernietigd door golfbal grote hagelstenen.