



# Opslag elektra van zonnepanelen op bloembollenbedrijven

Accu ↔ H<sub>2</sub>

Jeroen Wildschut

Rapport WPR-1060

## Referaat

Het aantal bedrijven in de bloembollensector dat zonnepanelen heeft geïnstalleerd is spectaculair toegenomen: van 5% in 2013, naar 42% in 2019. Omdat salderen na 2023 wordt afgebouwd, heeft WUR in kaart gebracht hoe overmatige kWh-productie voordelig opgeslagen kan worden. Op tulpenbedrijven is het verbruik het hoogst in juli t/m september en is er een productieoverschot in april t/m juni, op de leliebedrijven is het verbruik het hoogst in november t/m februari en is er een overschot van april t/m september. Om het elektraverbruik 's nachts (gemiddeld van 200 - 300 kWh) te dekken is voor beide bedrijfstypen het dagelijkse overschot voldoende. Opslag in containerbatterijen (20 - 40 ft) met een batterij-efficiëntie van >95% geschikt. Om het resterende overschot van gemiddeld 12.000 kWh op tulpenbedrijven en 50.000 kWh op lelie langdurig op te slaan (seizoensopslag) zijn batterijen ongeschikt. Voor opslag van 50.000 kWh zouden 25 containers nodig zijn. Voor opslag van deze overschotten in H<sub>2</sub> middels een elektrolyser en vervolgens terugwinnen met een brandstofcel is de efficiëntie te laag (35%) en is de H<sub>2</sub> productie te kleinschalig. Het is aanbevolen om alleen overmatige elektra op te slaan voor verbruik 's nachts. Het resterende overschot kan het best aan het net worden terug geleverd.

## Abstract

The adoption of solar panels by the flower bulb industry increased spectacularly from 5% of the companies in 2013 to 42% in 2019. As from 2023 the favourable conditions for return of energy will be phased out gradually, WUR investigated how surplus production of electricity could be stored profitably. On tulip farms electricity use peaks in July to September, but solar panels produce a surplus in April to June, on lily farms it peaks in November to February and surplus occurs from April to September. For both farm types the daily surplus suffices to cover the nightly average electricity use (from 200 - 300 kWh). Storage in container batteries (20 - 40 ft) with efficiency > 95% is suitable. For long time storage of the average remaining surplus of 12.000 kWh on tulip farms and 50.000 kWh on lily farms, container batteries are not suitable, e.g. the latter requires 25 containers. Storage of the remaining surplus through hydrogen production with an electrolyser and converting back to electricity with a fuel cell has a too low efficiency (35%) and production scale is too small. It is recommended to store surplus electricity for nightly use only, and return the surplus to the grid.

## Rapportgegevens

Rapport WPR-1060

Projectnummer: 3742 3099 00 / AGRO20006

DOI: <https://doi.org/10.18174/548854>

Thema: Klimaat en Energie / bloembollen

Dit rapport is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door de partijen in de Meerjarenaafpraak energie Bloembollen (KAVB, Min. LNV, RVO.nl en telers).

## Disclaimer

© 2020 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research,

Business unit Glastuinbouw - Bollen

Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research).

Kamer van Koophandel nr.: 09098104

BTW nr.: NL 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Adresgegevens

### Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw - Bloembollen

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Werkwijze</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Resultaten</b>	<b>11</b>
	2.1 Vraag en aanbod	11
	2.2 Productie en opslag	13
	2.3 $\text{Accu} \leftrightarrow \text{H}_2$	15
	2.4 Ontwikkelingen	16
<b>3</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>17</b>
	<b>Literatuur en Bronnen</b>	<b>19</b>



# Samenvatting

Het aantal bedrijven in de bloembollensector dat zonnepanelen heeft geïnstalleerd is spectaculair toegenomen: van 5% in 2013, naar 15% in 2016 tot 42% in 2019. Omdat salderen na 2023 langzaam wordt afgebouwd, is het van belang in kaart te brengen hoe op de momenten van overmatige kWh-productie deze energie voordelig opgeslagen kan worden.

Op basis van recente gegevens uit de Energiemonitor van de Nederlandse Bloembollensector en van eerder onderzoek naar de energiestromen op bloembollenbedrijven, is voor twee verschillende typen bloembollenbedrijven nagegaan hoe vraag naar en aanbod van elektra uit zonnepanelen zich over het jaar verhouden: teeltbedrijven met lelie en tulpenbedrijven met teelt en broei. Voor deze bedrijfstypen is uitgewerkt wat de gemiddelde opslagcapaciteit moet zijn om de energievraag 's nachts te dekken (dagelijkse opslag) en wat de opslagcapaciteit moet zijn om het resterende overschot niet terug te leveren, maar op te slaan voor later in het jaar (seizoensopslag).

Vervolgens zijn 2 mogelijkheden van kWh-opslag op bloembollenbedrijven vergeleken: opslag in een accu (aangepast aan het volume van opwekking en energieverbruik van een bloembollenbedrijf) en opslag d.m.v. omzetting van elektra in H<sub>2</sub> (waterstof) en weer terug naar elektra.

Tussen de verschillende bedrijven in de Bloembollensector verschilt het elektraverbruik en de elektra-productie met zonnepanelen sterk. Op tulpenbedrijven is het verbruik het hoogst in de periode juli t/m september en is er een fors productie overschot in april t/m juni, op de leliebedrijven is het verbruik het hoogst in november t/m februari en is er een zeer fors overschot van april t/m september.

Om het gemiddelde elektraverbruik 's nachts (van 200 tot 300 kWh) te dekken is voor beide bedrijfstypen het gemiddelde dagelijkse overschot voldoende. Voor deze kort cyclische opslag zijn containerbatterijen (20 – 40 ft) met een batterij-efficiëntie van >95% geschikt.

Om het resterende overschot van gemiddeld 12.000 kWh op tulpenbedrijven en 50.000 kWh op leliebedrijven langdurig op te slaan (seizoensopslag) zijn deze batterijen ongeschikt. Voor de opslag van 50.000 kWh zouden bijna 25 containers nodig zijn.

Voor opslag van deze resterende overschotten in H<sub>2</sub> middels een elektrolyser en vervolgens later weer terugwinnen met een brandstofcel is de efficiëntie te laag (35%) en is de H<sub>2</sub> productie te kleinschalig.

Het is daarom aanbevolen om alleen overmatige elektra van zonnepanelen op te slaan voor verbruik 's nachts. Hiervoor is de containerbatterij geschikt. Het resterende overschot kan het best aan het net worden terug geleverd. Bij opslag in H<sub>2</sub> gaat immers 65% van de duurzaam opgewekte elektra verloren.

De ontwikkelingen in opslagcapaciteiten en kosten van batterijen, en van kosten van zonnepanelen van elektrolyzers, van opslag van H<sub>2</sub> en van brandstofcellen gaan echter zeer snel, zodat binnen enkele jaren waarschijnlijk meer mogelijkheden zijn op het gebied van kleinschalige H<sub>2</sub> productie.



# 1 Inleiding

Het aantal bedrijven in de bloembollensector dat zonnepanelen op de daken van de bedrijfsschuren geplaatst heeft is spectaculair toegenomen: van 5% in 2013, naar 15% in 2016 tot 42% in 2019, (Wildschut J., 2020). Het salderen wordt na 2023 langzaam afgebouwd. Daarom is het van belang in kaart te brengen hoe op de momenten van overmatige kWh-productie deze energie voordelig opgeslagen kan worden om zo het rendement van zonnepanelen op bedrijfsniveau zo hoog mogelijk te houden.





# 1 Werkwijze

Op basis van recente gegevens uit de Energiemonitor van de Nederlandse Bloembollensector en van eerder onderzoek naar de energiestromen op bloembollenbedrijven, is nagegaan hoe vraag naar elektra en aanbod van elektra uit zonnepanelen zich over het jaar verhouden. Dit is nagegaan voor twee verschillende typen bloembollenbedrijven: teeltbedrijven met lelie en tulpenbedrijven met teelt en broei. Voor deze bedrijfstypen is uitgewerkt wat de gemiddelde opslagcapaciteit moet zijn om de energievraag 's nachts te dekken (dagelijkse opslag) en wat de opslagcapaciteit moet zijn om het resterende overschot niet terug te leveren, maar op te slaan voor later in het jaar (seizoensopslag).

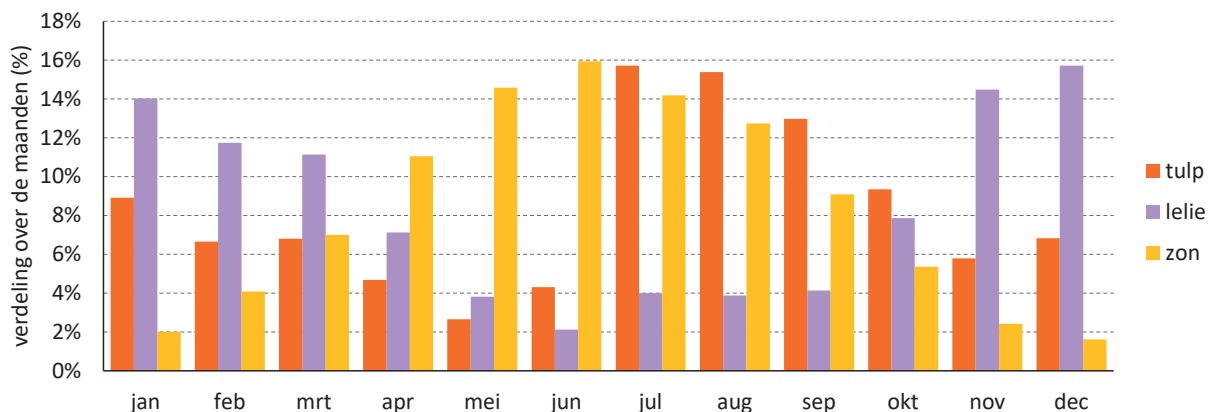
Vervolgens zijn 2 mogelijkheden van kWh-opslag op bloembollenbedrijven vergeleken: opslag in een accu (aangepast aan het volume van opwekking en energieverbruik van een bloembollenbedrijf) en opslag d.m.v. omzetting van elektra in  $H_2$  (waterstof) en weer terug naar elektra.



## 2 Resultaten

### 2.1 Vraag en aanbod

Gegevens verzameld voor het onderzoek naar energiestromen op tulpenbedrijven (teler/broeiers) en op lelieteeltbedrijven (zie resp. Wildschut J., *et al.* 2006, en Wildschut J. en Kok M., 2007) laten zien dat de maandelijkse vraag naar elektriciteit op tulpenbedrijven (en meer algemeen: bedrijven met teelt en broei van voorjaarsgewassen) zomers redelijk gelijk loopt met de energie-instraling van de zon, Figuur 1. De tweede en kleinere piek in elektraverbruik is rond januari, vnl. voor het koelen van de broeibollen.



**Figuur 1** Maandelijkse verdeling van het verbruik van elektra op tulpenbedrijven (teler/broeiers), op lelieteeltbedrijven, en de verdeling van de ingestraalde zonne-energie over de maanden van mei t/m april.

Op lelieteeltbedrijven is de vraag naar elektra echter het laagst in de maanden dat de instraling het hoogst is, en het hoogst wanneer de instraling het laagst is.

Consequenties van deze verschillen tussen de bedrijfstypen is dat zonder opslagmogelijkheden en zonder saldering het voor leliebedrijven alleen rendabel zou zijn om maar een klein oppervlak aan zonnepanelen te installeren. Tulpenbedrijven zouden een veel groter oppervlak zonnepanelen rendabel kunnen installeren. Zonder saldering, maar met opslagmogelijkheden zijn de verschillen tussen de bedrijfstypen dat leliebedrijven vooral elektra moeten opslaan voor gebruik in de winter, terwijl tulpenbedrijven in de lente elektra moeten opslaan voor gebruik in de zomer, en in de zomer voor gebruik in de nacht. Voor gebruik in de winter is bij deze bedrijven minder opslag nodig dan bij leliebedrijven.

Uit de gegevens van de Energiemonitor 2019 blijkt dat over 2016 en 2019 bij 23% van de bedrijven met bollenteelt ("Telers") zonnepanelen op het dak van de schuren lagen. Dit zijn vooral de grotere bedrijven, met een gemiddeld areaal van 49 ha en een elektraverbruik van gemiddeld 440.000 kWh, zie Tabel 1.

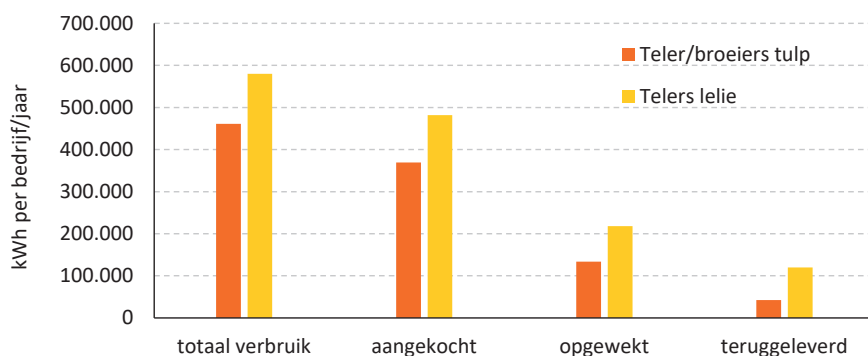
Tabel 1

*Bedrijven met zonnepanelen en totaal elektraverbruik bij de twee belangrijkste bedrijfstypes Telers en Teler/broeiers.*

	Telers			Teler/broeiers		
	zonder	met panelen		zonder	met panelen	
aantal	85	25	23%	137	33	19%
kWh verbruik	198.793	440.401	122%	499.472	438.839	-12%
ha	25	49	97%	26	34	29%
kWh/ha	7.906	8.903	13%	19.229	13.065	-32%

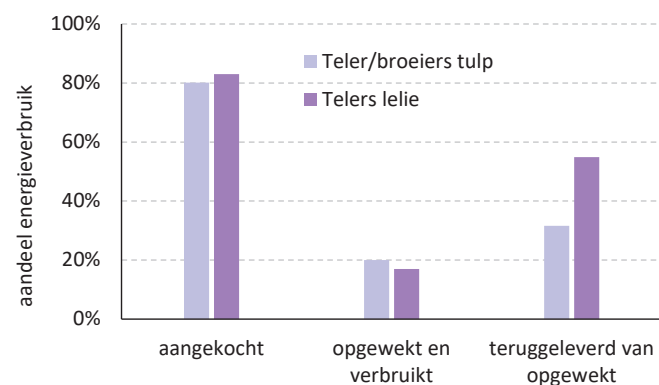
Van de bedrijven die zowel bollen telen als broeien ("teler/broeiers", vnl. tulpen) hebben 19% zonnepanelen. Deze bedrijven zijn met 34 ha gemiddeld groter dan de teler/broeiers zonder zonnepanelen (26 ha), maar verbruiken 12% minder elektra.

Lelieteelbedrijven met zonnepanelen verbruiken meer elektra dan teler/broeiers met tulp, kopen ook meer in, wekken meer op en leveren meer terug, Figuur 2.



**Figuur 2** Elektraverbruik, aankoop, opwekking en terug levering door teler/broeiers met tulp en telers met lelie.

In verhouding tot het totaalverbruik is de inkoop van elektra bij beide bedrijfstypen ongeveer gelijk (80-83%) en leveren de zonnepanelen 20-17%. Het deel van de met zonnepanelen opgewekte elektra dat aan het net terug geleverd wordt is bij de bedrijven met lelieteelt echter fors groter dan bij de teler/broeiers met tulp: 55% tegen 32%, Figuur 3.



**Figuur 3** Aandeel aankoop en terug levering van elektra door teler/broeiers met tulp en telers met lelie.

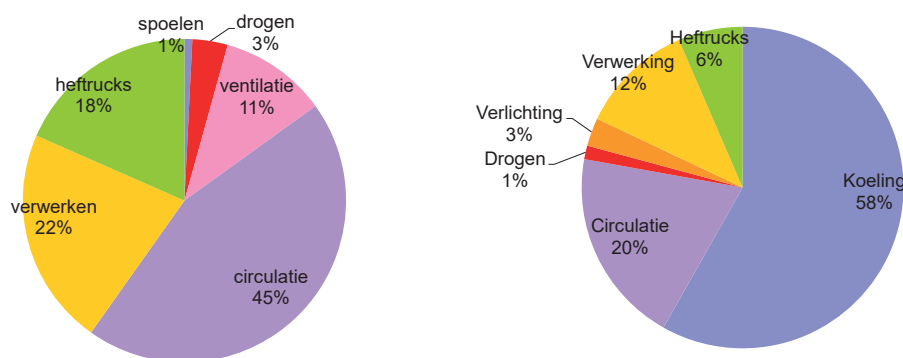
## 2.2 Productie en opslag

Het rendement (dat deel van de globale straling dat omgezet wordt in elektra, kWh) van gangbare monokristallijne zonnepanelen ligt nu tussen de 15 en 20%, maar de ontwikkelingen gaan door en recentelijk is door JinkoSolar een paneel ontwikkeld met een rendement van 25,25% (Stultiens, E., 2021).

Het vermogen van een zonnepaneel wordt uitgedrukt in wattpiek (de opbrengst bij gestandaardiseerde ideale omstandigheden) per paneel (van bv. 1 x 1,7 meter). In Nederland is de gemiddelde productie per wattpiek  $\approx 0.85$  kWh/jaar. Het vermogen van 1 m<sup>2</sup> zonnepaneel is ongeveer 200 wattpiek en produceert in Nederland gemiddeld 180 kWh per jaar.

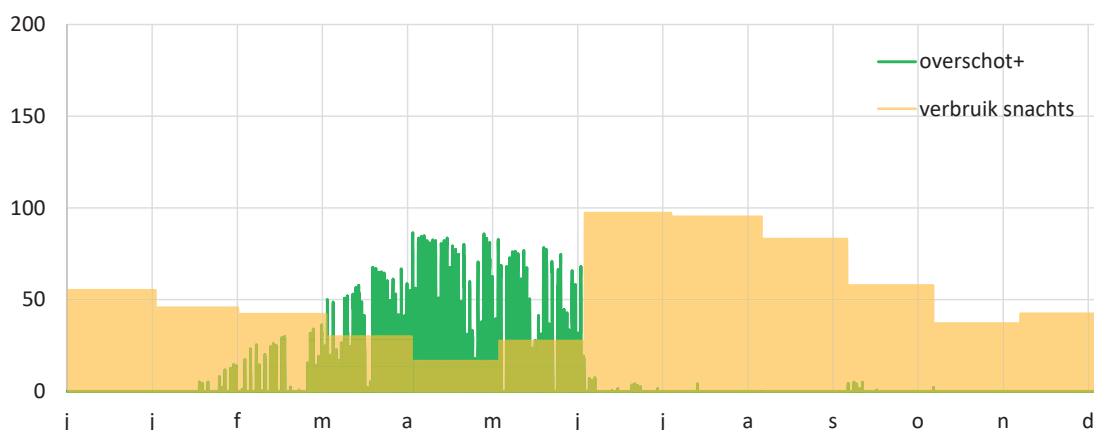
De eerder genoemde teeltbedrijven met lelie en de bedrijven met tulpen teelt en -broei hebben dus gemiddeld een oppervlak zonnepanelen van ongeveer respectievelijk 1200 m<sup>2</sup> en 740 m<sup>2</sup>.

Hoe het elektraverbruik over de verschillende productieprocessen op de twee bedrijfstypen verdeeld is, wordt geïllustreerd door Figuur 4 en 5 (data uit resp. Wildschut J., *et al.* 2006 en Wildschut J. en Kok M., 2007). Voor het elektraverbruik op tulpenbedrijven valt hieruit af te leiden dat dat overdag ongeveer evenveel is als 's nachts: overdag verwerken (22%) en spoelen (1%), plus de helft van circulatie (45%/2), ventilatie (11%/2) en drogen (3%/2) = 52%. En de helft van circulatie (45%/2), ventilatie (11%/2) en drogen (3%/2) plus het opladen van de heftrucks 's nachts = 48%. Ook op de leliebedrijven is het elektraverbruik overdag ongeveer even veel als 's nachts.



**Figuur 4 en 5** Belangrijkste energieposten (elektra) op Tulpenbedrijven en op Leliebedrijven.

Op basis van het relatieve maandelijkse elektraverbruik op de tulpenbedrijven (Figuur 1), het totale elektraverbruik, -opwekking en -terug levering (Figuur 2), en data van het KNMI voor globale straling (Joules/cm<sup>2</sup>/uur), en een gemiddeld rendement van zonnepanelen 16% is een schatting gemaakt van het elektraverbruik 's nachts (kWh/uur) en het overschot kWh-productie (productie *minus* verbruik per uur) van het oppervlak panelen van een gemiddeld tulpenbedrijf (740 m<sup>2</sup>), Figuur 6. (Deze methode overschat het verbruik per uur iets).



**Figuur 6** Overschot kWh productie per uur op een tulpenbedrijf met een 740 m<sup>2</sup> zonnepanelen, en het kWh-verbruik 's nachts.

De figuur laat zien dat met een oppervlak van 740 m<sup>2</sup> zonnepanelen het overschot aan kWh-productie in de maanden april, mei en juni het grootst is (geschat op ongeveer 30.000 kWh) en dat dat voor opslag voor gebruik 's nachts fors meer dan voldoende is. Gemiddeld zou 200 kWh opslag per dag voldoende zijn om het elektraverbruik 's nachts te dekken. Het geschatte overschot na opslag voor het nachtelijk verbruik wordt dan verminderd tot ± 12.000 kWh.

Figuur 6 laat echter ook zien dat in de maanden juli t/m oktober er nauwelijks overschot is en dat opslag voor gebruik 's nachts geen zin heeft.

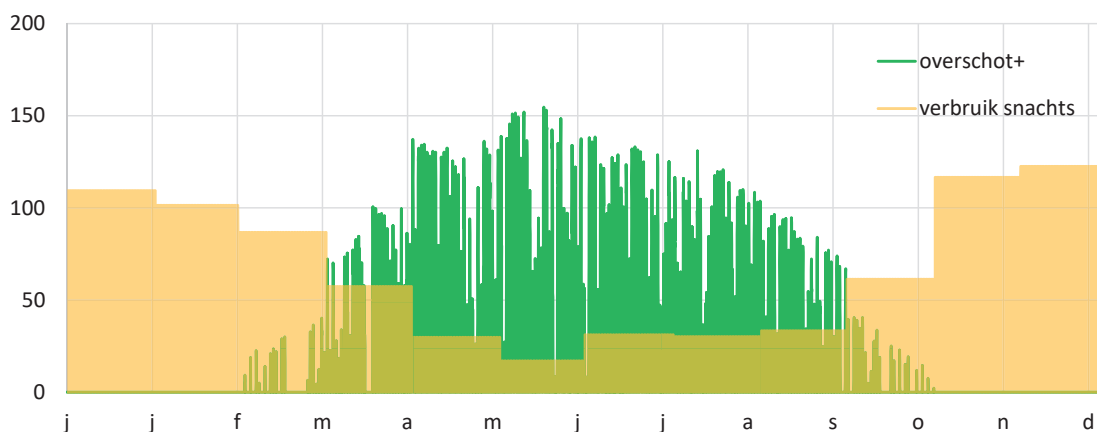
Ook bij een verdubbeling van het oppervlak zonnepanelen is er in die periode niet voldoende kWh-productie om het nachtelijk verbruik te dekken. Dan zou het oppervlak uitgebreid moeten worden tot 2640 m<sup>2</sup>. Het resterende overschot stijgt dan echter in april/juni kWh tot bijna 150.000 kWh, zie Tabel 2.

**Tabel 2**

oppv. panelen (m <sup>2</sup> )	740	1500	2640
totaal jaarlijks verbruik (kWh)	460.000	460.000	460.000
opgewekt	135.356	274.369	482.890
overschot*	31.757	123.233	303.106
april t/m juni			
overschot	29.973	83.834	168.008
gemiddeld per dag	329	921	1846
verbruik s'nachts	18.189	18.189	18.189
gemiddeld verbruik per nacht	200	200	200
overschot bij opslag	11.784	65.646	149.819
juli t/m oktober			
overschot	99	27.120	98.338
gemiddeld per dag	1	220	799
verbruik s'nachts	98.098	98.098	98.098
gemiddeld verbruik per nacht	798	798	798
overschot bij opslag	-97.999	-70.978	240

\* overschot wordt door de maandelijkse schatting van verbruik per uur onderschat.

Voor de leliebedrijven, met een gemiddeld oppervlak panelen van 1200 m<sup>2</sup>, is de schatting van het elektraverbruik 's nachts (kWh/uur) en het overschot kWh-productie weergegeven door Figuur 7.



**Figuur 7** Overschot kWh productie per uur op een leliebedrijf met een 1200 m<sup>2</sup> zonnepanelen, en het kWh-verbruik 's nachts.

De figuur laat zien dat leliebedrijven in de periode april t/m september een fors overschot aan kWh-productie hebben, ruim 102.000 kWh. Het elektraverbruik 's nachts is in die periode geschat op 53.000 kWh, gemiddeld 290 kWh per dag. Wordt dit opgeslagen dan wordt het overschot verminderd tot bijna 50.000 kWh.

Voor opslag van overmatig geproduceerde elektra zijn 2 uitersten te onderscheiden:

1. Opslag voor gebruik 's nachts in de periode april t/m juni op tulpenbedrijven en in de periode april t/m september op leliebedrijven.
2. Opslag op teeltbedrijven met lelie voor gebruik in de periode november t/m februari.

In het eerste geval zou het gaan om kortdurende opslag (1 – 2 dagen) van relatief kleine hoeveelheden, in het tweede geval om langdurige opslag (6 – 7 maanden) van grote hoeveelheden.

## 2.3 Accu ↔ H<sub>2</sub>

Het rendement van zonnepanelen ligt tussen de 15 – 20%. Opslag van elektrische energie in een Lithium-ion accu's heeft het hoogste rendement, > 95%. Productie van H<sub>2</sub> middels elektrolyse heeft een rendement van 65 – 75% (Jongsma C., *et al.* 2020), productie van elektra uit H<sub>2</sub> in de energiecentrale heeft een rendement van 55%, waardoor het rendement van opslag van elektra via H<sub>2</sub> op ongeveer 40% uit komt. Daarnaast speelt de vorm waarin H<sub>2</sub> wordt opgeslagen een rol: in hoge drukvaten (200, 350 of 700 bar), dit kost nog eens 6% van de in H<sub>2</sub> opgeslagen energie, of opgeslagen als vloeibare H<sub>2</sub>, dit kost 25% van de energie.

Gezien de gemiddelde hoeveelheden energie voor gebruik 's nachts van 200 tot 300 kWh op tulpenbedrijven van april t/m juni, respectievelijk op leliebedrijven van november tot januari is opslag in een accu voor de hand liggender. Het bedrijf Alfen laat op zijn website (<https://alfen.com>) een aantal opties zien, Figuur 8. De 2 typen in een 20 ft container zouden gemiddeld voldoende kunnen zijn voor opslag voor 1 nacht, voor meerdere nachten is een 40 ft container nodig.

De figuur laat ook zien de opslag van het resterende overschot van 12.000 kWh op tulpenbedrijven voor gebruik in juli t/m oktober, en van 50.000 kWh op leliebedrijven voor gebruik in november t/m februari resp. 6 en 25 accucontainers van 40 ft nodig zouden zijn, onhaalbare hoeveelheden.

Tabel 3

Voorbeeld van enkele typen grote accu's die 130 tot 1952 kWh op te slaan. Bron: <https://alfen.com/nl/energieopslag/thebattery-specifications>.

Standaard stapelbare opties:

Type	Baterij capaciteit (kWh)	Bruikbare capaciteit (kWh)	Power kVA (25 C)	Power kVA (40 C)	Container type (ft)	Systeem gewicht (kg)	Off-grid optie beschikbaar
TB-137-1C	137	130	180	141	10	4400	Nee
TB-274-1C	274	260	318	249	20	7200	Ja
TB-548-1C	548	521	636	498	20	10200	Ja
TB-891-1C	891	846	1272	995	40	16100	Ja
TB-1096-1C	1096	1041	1272	995	40	17900	Ja
TB-1507-1C	1507	1432	1908	1493	40	22700	Ja
TB-2055-1C	2055	1952	1952	1991	40	28700	Nee

Opslag van deze resterende overschotten via  $H_2$  is energetisch ongunstig: van de 12.000 kWh op tulpenbedrijven wordt via elektrolyse, opslag onder druk en productie van kWh met een brandstofcel ongeveer 35% over, 4200 kWh. Op leliebedrijven is dat 17.500 kWh, een fractie van het totale verbruik van ruim 400.000 kWh in de maanden oktober t/m maart.

## 2.4 Ontwikkelingen

Op de website van "Zonnepanelen op het dak" wordt aangegeven dat de laatste 10 jaar de prijzen van accu's met 89% zijn gedaald, de prijzen van zonnepanelen de laatste 20 jaar met 90% zijn gedaald en dat de verwachting is dat de komende 3 jaar de capaciteit van de accu's verdubbeld. Ziegler M.L. en Trancik J. (2021) lieten zien dat vanaf 1992 de prijs van Lithium-ion batterijen per kWh-opslagcapaciteit met 97% gedaald is en dat vooral voor het "stationaire" type sterke daling nog voort zet.

De ontwikkelingen in productie, opslag en omzetting in elektra van  $H_2$  gaan ook steeds sneller. De productiekosten van  $H_2$  waren in 2010 nog €10/kg, in 2020 €7/kg en de verwachtingen zijn €2-3/kg in 2030, (Jobe S., 2020.). Dit zijn ontwikkelingen in de waterstofproductie op grote schaal: een elektrolysefabriek van 2,2 MW die ongeveer 245.000 kg waterstof per jaar kan produceren. Op kleine schaal zoals het kWh-overschot van de zonnepanelen op bloembollenbedrijven waarmee 250 tot 1000 kg  $H_2$  per jaar geproduceerd zou kunnen worden liggen de kosten veel hoger. Het project Flexnode, 2018, concludeert uit hun onderzoek naar het ontwerp en de decentrale toepassing van een reversibele brandstofcel (RBC), die lokaal stroom kan omzetten in waterstof en deze voor langere periode opslaan en weer terug kan omzetten naar elektriciteit: o.m. dat "Waterstofopslag op kleine schaal lijkt vanwege hoge kosten en praktische inpassing geen logische route".



### 3 Conclusies en aanbevelingen

Tussen de verschillende bedrijven in de Bloembollensector verschilt het elektraverbruik en de elektra-productie met zonnepanelen sterk. Twee uitersten zijn tulpenbedrijven met teelt en broei en bedrijven met lelieteelt. Op tulpenbedrijven is het verbruik het hoogst in de periode juli t/m september en is er een fors productie overschot in april t/m juni, op de leliebedrijven is het verbruik het hoogst in november t/m februari en is er een zeer fors overschot van april t/m september.

Om het gemiddelde elektraverbruik 's nachts (van 200 tot 300 kWh) te dekken is voor beide bedrijfstypen het gemiddelde dagelijkse overschot voldoende. Voor deze kort cyclische opslag zijn containerbatterijen (20 – 40 ft) met een batterij-efficiëntie van >95% geschikt.

Om het resterende overschot van gemiddeld 12.000 kWh op tulpenbedrijven en 50.000 kWh op leliebedrijven langdurig op te slaan (seizoensopslag), zijn deze batterijen ongeschikt. Voor de opslag van 50.000 kWh zouden bijna 25 containers nodig zijn.

Voor opslag van deze resterende overschotten in H<sub>2</sub> middels een elektrolyser en vervolgens later weer terugwinnen met een brandstofcel is de efficiëntie te laag (35%) en is de H<sub>2</sub> productie te kleinschalig.

Het is daarom aanbevolen om alleen overmatige elektra van zonnepanelen op te slaan voor verbruik 's nachts. Hiervoor is de containerbatterij geschikt. Het resterende overschot kan het best aan het net worden terug geleverd. Bij opslag in H<sub>2</sub> gaat immers 65% van de duurzaam opgewekte elektra verloren.

De ontwikkelingen in opslagcapaciteiten en kosten van batterijen, en van kosten van zonnepanelen van elektrolyzers, van opslag van H<sub>2</sub> en van brandstofcellen gaan echter zeer snel, zodat er binnen enkele jaren waarschijnlijk meer mogelijkheden zijn op het gebied van kleinschalige H<sub>2</sub> productie.



# Literatuur en Bronnen

- Alfen Energy Storage Range Energie Opslag  
<https://alfen.com/nl/energieopslag/thebattery-specificaties>  
Flexnode, 2018.  
"Onderzoek naar mogelijke toepassingen voor een decentrale reversibele brandstofcel".  
Openbare eindrapportage, Projectnummer: TESI115003.
- Jobe S., 2020.  
"De nieuwe waterstofeconomie biedt grote kansen"  
Waterstof Magazine, <https://www.waterstofmagazine.nl/feiten-cijfers>
- Jongsma C., van der Veen R., Vendrik J., 2020.  
"Waterstof voor de gebouwde omgeving"  
CE Delft, Publicatienummer: 20.190307.001  
KNMI temperatuur en globale straling voor Berkhout en de Kooy:  
<https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/uurgegevens>
- Stultiens, E., 2021.  
"JinkoSolar verbreekt eigen wereldrecord: nieuw zonnepaneel met efficiëntie van 25,25 procent"  
<https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i24899/>
- Wildschut J., Kok M., Bisschop B., 2006.  
"Energiestromen tulp en hyacint"  
Wageningen University & Research, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
- Wildschut J., Kok M. 2007.  
"Energiestroom Lelie"  
Wageningen University & Research, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
- Wildschut J., 2020.  
"Energiemonitor van de Nederlandse Bloembollensector 2019"  
Rapport WPR-1036, Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw-Bloembollen.
- Ziegler M.L. en Trancik J., 2021.  
"Re-examining rates of lithium-ion battery technology improvement and cost decline"  
Energy & Environmental Science, 2021, 14, 1635.
- Zonnepanelen op het dak  
<https://www.zonnepanelenophetdak.nl/accu-op-het-erf/>









To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



Wageningen University & Research,  
BU Glastuinbouw - Bloembollen  
Postbus 20  
2665 ZG Bleiswijk  
Violierenweg 1  
2665 MV Bleiswijk  
T +31 (0)317 48 56 06  
F +31 (0) 10 522 51 93  
[www.wur.nl/glastuinbouw](http://www.wur.nl/glastuinbouw)

Rapport WPR-1060

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.